

令和3年度  
質の高いインフラの海外展開に向けた事業実施可能性調査事業

インド国・ムンバイ沿岸（バーソバ～ビラール間）  
海上道路建設計画調査

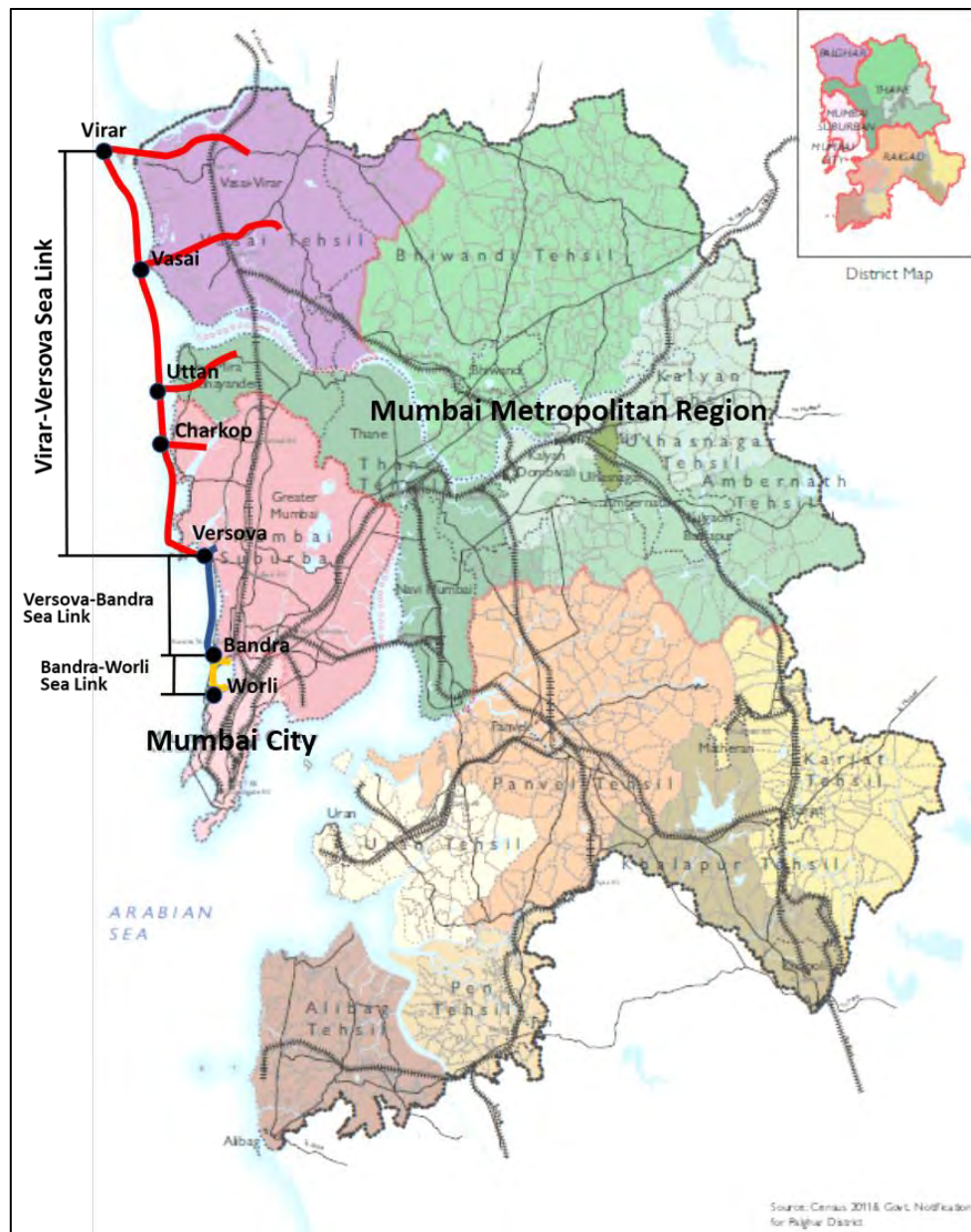
最終報告書  
（令和4年2月）

委託先  
株式会社パデコ

## 要 約

本調査はマハラシュトラ州道路セクターの優先先事業の一つであるムンバイ沿岸（バーソバ～ビラル間）海上道路建設事業（Versova – Virar Sea Link : VVSL : 下図赤線に示す道路事業）について、インド側で作成された Pre-F/S をレビューした。

また、円借款による支援案件として形成すべく、本邦企業が有する大規模海上橋梁の建設技術や日本の先進的な橋梁・O&M 技術等の導入を検討し、本邦企業の建設及び O&M への参画可能性を高める形での事業計画の作成、事業の評価を実施した。

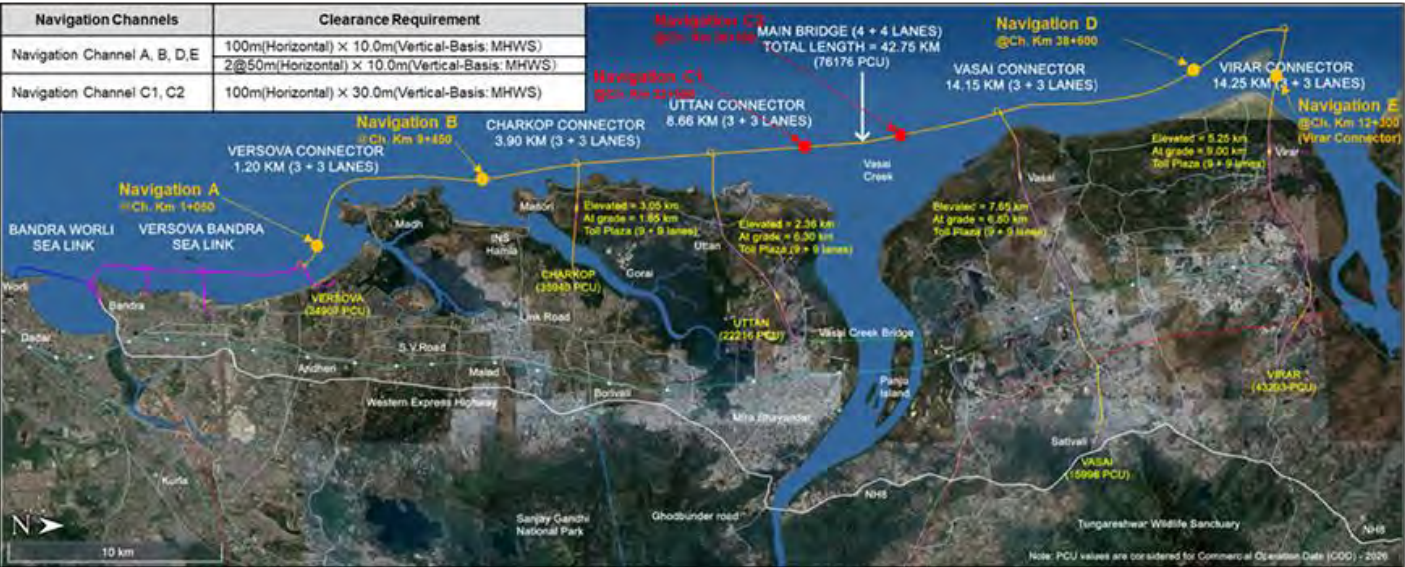


出典：調査団

図 1：ムンバイ都市圏における本 VVSL 事業の位置

本事業は、ムンバイ沿岸沖合約 1km に計画した海上道路 43km の建設だけでなく、本線に加えて、コネクタ道路・ジャンクション（土工・高架）を合計し、延べ 101km に及ぶ都市郊外道路の建設である。

海上道路には船舶通航箇所（延べ 1.86km、図中赤・黄色ドット）が 6 箇所あり、コネクタ道路にも長スパンを要する跨線橋などがあり、これら部分に本邦技術である鋼製橋梁を適用し、また、関連技術の導入可能性を検討した。



出典：Pre-F/S、北が右側となる。

図 2：全体路線図、航路部位置

表 1：全体工事スペック

| 道路種別            | 高架区間(Km)                  | 土工区間(Km) | 合計延長(Km) |
|-----------------|---------------------------|----------|----------|
| 海上道路本線          | 43.00km<br>うち、主航路部 1.86km | 0        | 43.00    |
| コネクタ道路          |                           |          |          |
| Virar (3+3 車線)  | 5.25                      | 8.70     | 14.25    |
| Vasai(3+3 車線)   | 7.65                      | 6.50     | 14.15    |
| Uttan(3+3 車線)   | 2.36                      | 6.30     | 8.56     |
| Charkop(3+3 車線) | 3.05                      | 0.85     | 4.90     |
| Versova(3+3 車線) | 1.20                      | 0        | 1.20     |
| 小計              | 19.51                     | 22.35    |          |
| ジャンクション部        |                           |          |          |
| Virar           | 1.8                       | 0        | 1.8      |
| Vasai           | 3.7                       | 0        | 3.7      |
| Uttan           | 3.7                       | 0        | 3.7      |
| Charkop         | 3.7                       | 0        | 3.7      |
| Versova         | 3.7                       | 0        | 3.7      |
| 小計              | 16.6                      |          | 16.6     |
| 合計              | 79.11                     | 22.35    | 101.46   |

出典：調査団

本調査を要約すると以下のようにまとめられる。

### **(1) 上位計画、沿岸開発の動向・計画（2章 2.1～2.2 節）**

ムンバイ都市圏における道路網計画や都市開発計画をレビューし、2008 年に策定された総合的な都市交通計画にて起草された沿岸道路計画をもとに提案された事業であることを示した。沿線地域では現状、およそ 900～1000 万人規模の人口が想定でき、南部では人口密度が 25,000/km<sup>2</sup> を超え、北部では年率 5～9%での人口増がみられ、第三次産業への従事者が多く、また、Virar の Global City のような 2 万世帯規模の集合住宅の開発も進められていることから、旺盛な都市開発需要があることを示した。沿線土地利用は、塩田や農業用地が残っており、将来沿線開発用地が十分にあることを示した。

### **(2) 本事業の背景及び必要性の整理（2章 2.3 節）**

本事業に接続する供用済み・施工中の海上道路の事業規模、事業実施過程、事業費、施工者を整理し、VVSL 事業との関連性を示した。ここでは、従来の WEH バイパス機能に加え、VVSL がインド国道庁の旗艦事業であるデリー・ムンバイ高速道路に直結する意義を示した。また、ムンバイ都市圏における道路事業者 3 主体を整理し、マハラシュトラ州道路公社（MSRDC）が本事業の実施主体となる背景を示した。

ムンバイ北部方面の道路交通の現状として、日 24 万～31 万 PCU の交通量が一本のウェスタン高速道路（WEH）に依存している現状を示し、VVSL 整備に十分な需要があることに加え、東京の城南方面の交通網と比較して、VVSL による道路網形成、冗長性の確保の重要性を示した。

また、インド側 Pre-F/S では VVSL 海上道路建設 43km に関する km 辺り単価が 48 億ルピー（約 70 億円）であったが、現在円借款資金により建設中で、日本の鋼橋導入を実現したムンバイ湾横断道路（MTHL～次ページ写真）の同価格は 65 億ルピー（約 90 億円）であり、現状、VVSL の価格想定が日本技術を取り込める余地があると判断した。

### **(3) 需要予測のレビュー（3章）**

Pre-F/S では交通需要予測の方法論として標準的な 4 段階推定法により、事業区間の将来交通量が推計されていたが、推計手法が明示されていなかった。このため、調査団では、交通量データを元に、本調査の手法で OD・交通需要の再推計を試みた。Pre-F/S では、VVSL 本線の日交通量が 2030 年時点で 74,700PCU<sup>1</sup>との推計であったが、本調査では 66,000PCU と保守的な結果を得て、また、2050 年までの需要を推計した。

また、Pre-F/S では、推計対象車種が、乗用車・バス・軽貨物に限ったものであったが、これは現状の都心部に直結する既往海上道路に関連する通行規制に基づくものであり、本調査では将来は大型貨物車の通行が必須になることを想定して需要推計を行った。

---

<sup>1</sup> 乗用車換算台数のこと





出典：調査団

図 3：円借款資金により建設中のムンバイ湾横断道路

#### (4) プロジェクト計画（4 章）

Pre-F/S で検討された路線 3 オプションについて、インドの開発制約を含めた 10 指標で再評価して、Option 1 の沖合 1km 海上ルートが最適案と結論づけた。また、路線条件として必要となる航路のクリアランス条件を確認した。（4.1 節、8.1 節も参照）

本事業の主体を占める橋梁（海上道路）計画では、インドと本邦他の設計基準を比較し、本邦基準適用の妥当性を示した（4.2 節）。周辺自然条件、既往事業（MTHL 等）の設計施工状況、工期短縮の必要性、Make in India 施策を考慮して、主に 50m スパンの PC 箱桁の適用を最適案として採用し、標準断面、施工方法などを示した。また、航路を跨ぐ区間については、本邦技術の連続鋼床版箱桁橋が経済的であると考え提案した。これは、一括架設が可能であり、工期短縮、安全性確保にも貢献するものである。（4.4 節）

海上施工に必要な仮設道路などの検討において、従来型のジャケット式仮栈橋に加え、ジオチューブによる施工に関しても提案した。（4.7 節）

本事業は、海上橋梁 43km だけでなく、コネクタ道路 4 路線の一体整備が必要であり、現地視察結果を交えて、沿線環境を考慮して鋼橋による一括仮設が必要となる区間を示した。（4.8 節）

VVSLの運用について、既往BWSL、計画済みのVBSL、インド国内の高速道路、本邦高速道路の運用状況等を参照し、ITS技術を含む管理方法、料金収受方法、維持管理点検方法について提案した。また、WEHのバイパスとして機能させるための交通情報提供、料金所施設を合理化するため技術に関しては積極的に提案した。（4.9節）

## (5) 事業規模の算出・工期（5章）

既往の参考となる工事費を収集し、上記4章のプロジェクト計画に示した事業規模に適用し、建設事業費を推計した。結論としては、全線整備するCase1では5,528億円（本線3,656億円、コネクタ道路1,696億円、実施監理177億円）と推計した。また、本邦鋼橋を提案したにもかかわらず、海上道路区間でのkm単価はMTHLよりも低価格な事業費を推計した。これは、仮設道路として全面的にジオチューブを採用したからであり、コスト上昇リスクがある。また、コネクタ区間の新幹線跨線橋部分では、追加的な鋼橋適用の可能性がある。あわせて、O&M費用なども推計した。

工期としてはCase1の場合の工事量を想定し、6年間と計画した。これは、鋼橋適用による短縮効果を含めたものである。

表2：総建設費推計（円貨：億円）

| 項目                  | 全線整備（Case1）  |              | 部分整備（Case2）  |              |
|---------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| <b>A) 本線工事費用</b>    | <b>3,656</b> | <b>66.1%</b> | <b>2,631</b> | <b>68.0%</b> |
| 一般管理費               | 317          | 5.7%         | 228          | 5.9%         |
| 仮設工                 | 623          | 11.3%        | 448          | 11.6%        |
| 下部工                 | 768          | 13.9%        | 544          | 14.1%        |
| 上部工 PC              | 1,618        | 29.3%        | 1,147        | 29.6%        |
| 上部工（Steel）          | 296          | 5.4%         | 237          | 6.1%         |
| 道路施設                | 34           | 0.6%         | 28           | 0.7%         |
| <b>B) コネクタ工事費用</b>  | <b>1,696</b> | <b>30.7%</b> | <b>1,114</b> | <b>28.8%</b> |
| 一般管理費               | 147          | 2.7%         | 97           | 2.5%         |
| 仮設工                 | 370          | 6.7%         | 270          | 7.0%         |
| 下部工                 | 389          | 7.0%         | 143          | 3.7%         |
| 上部工 PC              | 640          | 11.6%        | 531          | 13.7%        |
| 上部工（Steel）          | 69           | 1.3%         | 23           | 0.6%         |
| 道路工・道路排水            | 76           | 1.4%         | 47           | 1.2%         |
| 道路施設                | 4            | 0.1%         | 3            | 0.1%         |
| <b>C) 施工監理費用</b>    | <b>177</b>   | <b>3.2%</b>  | <b>124</b>   | <b>3.2%</b>  |
| <b>D) 総計（A+B+C）</b> | <b>5,528</b> |              | <b>3,869</b> |              |

出典：調査団

## (6) 経済財務分析（6章）

Pre-F/SでのIRR<sup>2</sup>推計には、従来の交通コスト節減、時間短縮による便益に加え、雇用増の便益を含めた推計がなされ、また、事業費も海上道路43km区間のみであり、結果的に30%前後のEIRRが示されていた。本調査では、5章で示された事業費をベースとして、交通コスト節減、時間短縮のみを需要予測結果を用いて推計し、Case1で

<sup>2</sup> 内部収益率=Internal rate of returnのこと。経済的内部収益率EIRR、財務的内部収益率FIRRを求める。

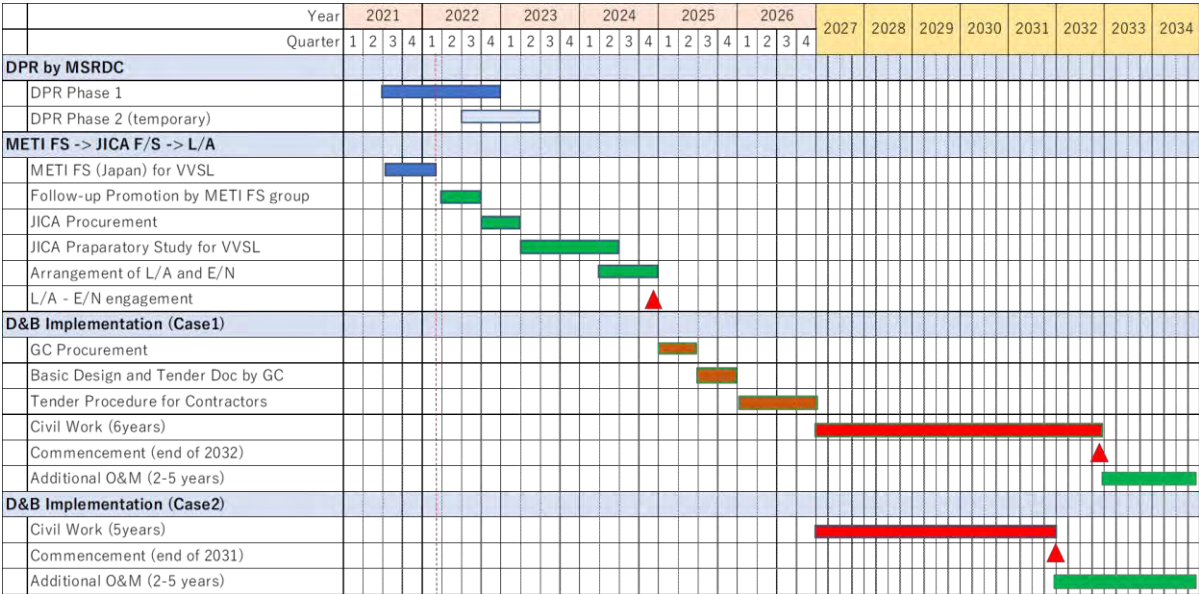
EIRR13.1%をえた。また、費用 10%増・便益 10%減の厳しい条件でも 11.2%で、途上国の経済インフラとしては十分な効果のある事業と推奨できる。

財務分析について、本事業は有料道路であり、料金収入を前提とした FIRR は Case1 で 2.6%となった。但し、インドの有料道路には周辺住民への支払免除制度があり、これを考慮すると Case1 で-0.1%となった。

(7) ファイナンスの検討、事業実施体制、実施スケジュール、O&M 体制（7 章）

インド国内のこれまでの円借款事業 86 件、道路事業（PPP<sup>3</sup>適用実績含む）30 件をレビューし、事業規模、投資者関心、トレンドなどから、本事業への PPP 適用は困難と判断し、EPC 方式で公共事業として調達することを提案した。また、インドのトレンドから、初期 10 年の O&M 体制は施工契約に含めることを示した。

最新のマハラシュトラ州（MSRDC）の動向から、既に公的資金・EPC<sup>4</sup>方式による事業検討が進められており、また、円借款へのアクセスに非常に高い関心を持っていることが分かった。MSRDC との協議から、2022 年下期の準備調査調達、2023 年中の準備調査実施、2024 年末を目処とした L/A 契約、GC/コントラクタ調達後、2027 年施工開始、2032 年供用開始という実施計画を示した。返済シミュレーションを示し、円借款条件の優位性を示した。



出典：調査団

図 4：事業全体に関するスケジュール案

(8) 環境社会的側面の検討（8 章）

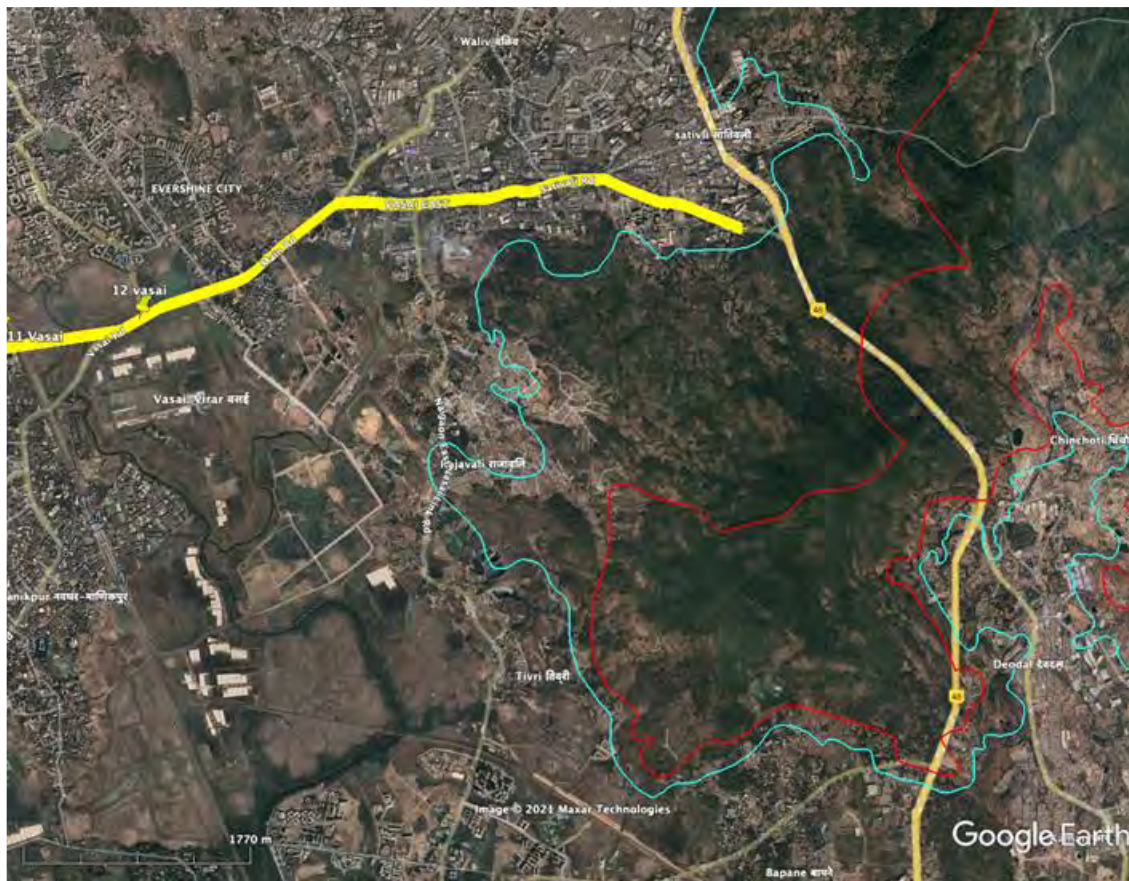
Pre-F/S で検討された路線 3 オプションについて、自然・社会条件に着目して、Option 1 の沖合 1km 海上ルートが最適案と結論づけた。

<sup>3</sup> 公民連携によるプロジェクト実施。民間主導・民間資金による道路整備、道路事業運営を指す。

<sup>4</sup> Engineering Procurement Construction で、建設工事の一般的な調達方式。



本事業実施に関連する JICA 環境社会配慮ガイドライン、インド国内法制度（用地取得・移転など含む）、影響評価プロセスをまとめた。特に、海上道路施工で検討すべき沿岸環境規制・漁業権、コネクタ道路施工に影響する保護区対応についてまとめた。ムンバイは大都市ではあるが、近隣に野生のヒョウなどが生息する国立公園・生物保護区が隣接し、マングローブ保護に関する関心も高く、事業実施には十分に配慮する必要がある。本章 8.3 節に予測される環境影響（スコーピング）をまとめた。



出典：調査団

**図 5：Vasai コネクタ道路終点（黄色）と Tungareshwar 野生生物保護区の Eco-sensitive Zone 境界（水色細線）の位置関係分析**

### CO2 排出削減の推計

世界的に温暖化ガス削減要請が高まっている。本事業は混雑する既存道路を走行する車両が本事業道路に転換することにより、燃料消費の節減が図られ、CO2 排出量の削減効果が得られる。この効果を算出し、事業を実施しない場合と比較し、事業を実施した場合年間 12 万トンの CO2 削減効果が期待できると推計された（Case1 開業時）。

### **(9) 本邦企業の優位性の確認（9 章）**

インドにおける本邦企業進出は 1,455 社であるが、建設業は全体の僅か 2% の 33 社である。国土交通省は、インド市場への進出に必要な具体的施策として、①展開国のソ



フトインフラ整備支援、②現地ニーズに合致したソリューション提供モデルの推進、③我が国のソリューション提案力の強化、の3点を強調している。

本事業では、本邦企業の経験が活用できる工期短縮手、鋼橋の適用、防食対策適用、環境保全対応、防災対応、広域的な交通管理対応が求められており、それぞれの分野で提案した「スペックイン」内容について整理した。

本事業自体は非常に大規模であり、道路交通分野だけではなく、ムンバイ都市圏を再構築し、市民生活に多分に影響を与える事業となる。環境ロードプライシングや海上パーキングエリア設置など、我が国の経験を活用した VVSL 事業のブランディングについて提言を加えた。



写真提供：NEXCO 東日本

**図 6：東京湾アクアラインの「海ほたる」パーキングエリア。  
海上道路の沿線にはこのような観光・休憩・防災施設の整備も必要**

## 目 次

|                                 |            |
|---------------------------------|------------|
| <b>1. 調査の背景、調査方法</b>            | <b>1-1</b> |
| 1.1 調査内容、方針、スケジュール              | 1-1        |
| 1.1.1 調査内容                      | 1-1        |
| 1.1.2 調査方法                      | 1-3        |
| 1.1.3 調査実施体制（公表版では非公開）          | 1-4        |
| 1.1.4 調査スケジュール                  | 1-5        |
| 1.2 相手国セクターの概要                  | 1-6        |
| 1.2.1 統治機構                      | 1-6        |
| 1.2.2 経済状況                      | 1-6        |
| 1.2.3 インドの財務状況                  | 1-8        |
| 1.2.4 インド各州の面積・人口               | 1-9        |
| 1.2.5 マハラシュトラ州と各州の経済状況比較        | 1-10       |
| 1.2.6 プロジェクトの対象セクター             | 1-12       |
| <b>2. 提案事業の内容、背景及び必要性</b>       | <b>2-1</b> |
| 2.1 上位計画整理                      | 2-1        |
| 2.2 沿線地域の開発動向                   | 2-4        |
| 2.2.1 沿線地域の定義                   | 2-4        |
| 2.2.2 沿線地域の比較（土地利用、人口、経済指標）     | 2-5        |
| 2.2.3 周辺スマートシティ計画               | 2-8        |
| 2.2.4 沿線の集合住宅開発                 | 2-12       |
| 2.2.5 沿線のフォーカルポイント              | 2-14       |
| 2.3 本事業と周辺道路事業の整理               | 2-15       |
| 2.3.1 本 VVSL 事業の位置・位置づけ         | 2-15       |
| 2.3.2 周辺の関連道路事業                 | 2-17       |
| 2.3.3 ムンバイにおける道路整備主体、運営事業者      | 2-27       |
| 2.4 本事業の必要性                     | 2-30       |
| 2.4.1 既往の西部高速道路（WEH）・在来鉄道への需要集中 | 2-30       |
| 2.4.2 質の高いインフラ整備と資金需要           | 2-38       |
| 2.4.3 我が国のインフラ輸出戦略、インドに対する外交政策  | 2-39       |
| <b>3. 需要予測のレビュー</b>             | <b>3-1</b> |
| 3.1 現状需要に関する評価                  | 3-1        |
| 3.1.1 Pre-F/S における現状道路交通調査と交通特性 | 3-1        |
| 3.1.2 交通特性など                    | 3-5        |
| 3.2 Pre-F/S における需要予測            | 3-7        |
| 3.2.1 分析手法・前提                   | 3-8        |
| 3.2.2 経済分析への活用                  | 3-13       |
| 3.2.3 将来需要予測の評価                 | 3-13       |
| 3.3 Pre-F/S 交通量の見直し             | 3-14       |

|           |                                    |            |
|-----------|------------------------------------|------------|
| 3.3.1     | 基準年（2019年）のOD交通量の再現.....           | 3-14       |
| 3.3.2     | VVSL本線区間、コネクタ区間の交通量推計.....         | 3-16       |
| 3.3.3     | 将来交通量推計.....                       | 3-20       |
| <b>4.</b> | <b>プロジェクト計画.....</b>               | <b>4-1</b> |
| 4.1       | 代替路線案のレビュー.....                    | 4-1        |
| 4.1.1     | 代替路線案.....                         | 4-1        |
| 4.1.2     | 代替路線案の比較.....                      | 4-1        |
| 4.1.3     | 代替路線の評価.....                       | 4-2        |
| 4.1.4     | 航路の位置と必要なクリアランス.....               | 4-5        |
| 4.2       | 橋梁計画、基本的な設計.....                   | 4-7        |
| 4.2.1     | 概要・基本方針.....                       | 4-7        |
| 4.3       | 過去の事業に関する資料のレビュー結果.....            | 4-8        |
| 4.3.1     | 設計基準.....                          | 4-8        |
| 4.3.2     | 標準海面水位のデータ、地盤条件及び船舶航行条件.....       | 4-14       |
| 4.3.3     | 地質についての補足.....                     | 4-15       |
| 4.3.4     | 橋梁形式のレビュー.....                     | 4-19       |
| 4.3.5     | 工期短縮への提言.....                      | 4-23       |
| 4.4       | 橋梁形式選定.....                        | 4-24       |
| 4.4.1     | コンクリート橋.....                       | 4-24       |
| 4.4.2     | 鋼橋.....                            | 4-34       |
| 4.4.3     | 橋梁形式選定のまとめ.....                    | 4-43       |
| 4.5       | 下部工および基礎工.....                     | 4-44       |
| 4.6       | 橋梁構造に対する防蝕対策.....                  | 4-46       |
| 4.6.1     | 水密性、耐久性の高い低炭素型コンクリート「スラグリート®」..... | 4-46       |
| 4.6.2     | エポキシ樹脂塗装鉄筋.....                    | 4-46       |
| 4.6.3     | コンクリート塗装.....                      | 4-47       |
| 4.6.4     | アルミ製伸縮装置.....                      | 4-49       |
| 4.6.5     | 防食塗装を施したゴム支沓.....                  | 4-49       |
| 4.7       | 海上橋としての環境対策.....                   | 4-52       |
| 4.7.1     | 場所打ち杭施工上の配慮.....                   | 4-52       |
| 4.7.2     | REED工法.....                        | 4-52       |
| 4.7.3     | 仮栈橋と仮設道路.....                      | 4-54       |
| 4.7.4     | 橋梁工事による二酸化炭素の排出量.....              | 4-59       |
| 4.8       | コネクタ道路の計画、基本的な設計.....              | 4-62       |
| 4.8.1     | 各コネクタ道路の予測交通量の確認.....              | 4-62       |
| 4.8.2     | 道路設計基準・指針の確認.....                  | 4-63       |
| 4.8.3     | 既存道路網との接続・交差の検討.....               | 4-66       |
| 4.8.4     | Pre-F/Sにおける海上部との接続方法の検討.....       | 4-73       |
| 4.9       | 運用・維持管理（O&M）に係る検討.....             | 4-74       |
| 4.9.1     | 運用・維持管理に関する現況整理（BWSL）.....         | 4-74       |
| 4.9.2     | ITS設備設置に関する現況整理.....               | 4-81       |



|           |                                        |            |
|-----------|----------------------------------------|------------|
| 4.9.3     | 運営・維持管理業務における課題                        | 4-92       |
| 4.9.4     | 維持管理に関する提案                             | 4-96       |
| 4.9.5     | 交通管理及び ITS 導入に関する提案                    | 4-98       |
| 4.9.6     | 料金収受方式に関する提案                           | 4-106      |
| 4.9.7     | 本邦技術の導入可能性                             | 4-111      |
| <b>5.</b> | <b>事業規模の算出</b>                         | <b>5-1</b> |
| 5.1       | 概要～4 章プロジェクト計画のまとめ～                    | 5-1        |
| 5.2       | 参照資料                                   | 5-1        |
| 5.2.1     | 既往の関連事業資料による工事費など                      | 5-1        |
| 5.2.2     | 本案件での積算                                | 5-5        |
| 5.2.3     | 概算数量                                   | 5-12       |
| 5.2.4     | 概算工事費                                  | 5-15       |
| 5.2.5     | 建設費積算評価                                | 5-21       |
| 5.2.6     | 建設費に関する今後の検討項目・課題                      | 5-22       |
| 5.3       | 工程計画                                   | 5-23       |
| <b>6.</b> | <b>経済財務分析</b>                          | <b>6-1</b> |
| 6.1       | 経済分析                                   | 6-1        |
| 6.1.1     | Pre-F/S における推計                         | 6-1        |
| 6.1.2     | 本調査による推計                               | 6-2        |
| 6.2       | 財務分析                                   | 6-7        |
| <b>7.</b> | <b>ファイナンス、実施スケジュール、事業実施・O&amp;M 体制</b> | <b>7-1</b> |
| 7.1       | ファイナンスの検討                              | 7-1        |
| 7.1.1     | 各州の対外借入について                            | 7-1        |
| 7.1.2     | 円借款導入の可能性                              | 7-1        |
| 7.1.3     | PPP 適用の可能性                             | 7-4        |
| 7.1.4     | 円借款の現状供与条件                             | 7-9        |
| 7.2       | マハラシュトラ州、MSRDC の動き                     | 7-10       |
| 7.3       | 今後のアプローチ                               | 7-12       |
| 7.3.1     | 詳細プロジェクト報告書（DPR）への技術提案                 | 7-13       |
| 7.3.2     | JICA 準備調査実施に関するスケジュール                  | 7-13       |
| 7.3.3     | 比較分析                                   | 7-15       |
| 7.4       | O&M 体制                                 | 7-16       |
| <b>8.</b> | <b>環境社会的側面の検討</b>                      | <b>8-1</b> |
| 8.1       | 代替案検討と環境影響最小化                          | 8-1        |
| 8.2       | 本事業（海上部・コネクター道路部を含む事業全体）の環境社会配慮        | 8-3        |
| 8.2.1     | JICA 環境社会配慮ガイドラインへの準拠                  | 8-3        |
| 8.2.2     | インド国内法制度: 環境影響                         | 8-4        |
| 8.2.3     | 社会影響に関するインド国内の法制度                      | 8-10       |
| 8.3       | スコーピング案（予測される主な環境社会影響）                 | 8-15       |

|            |                              |             |
|------------|------------------------------|-------------|
| 8.4        | CO2 排出削減の推計.....             | 8-20        |
| <b>9.</b>  | <b>本邦企業の優位性の確認.....</b>      | <b>9-1</b>  |
| 9.1        | 本邦企業とインド市場の整理.....           | 9-1         |
| 9.1.1      | 基本的な考え方.....                 | 9-1         |
| 9.1.2      | 建設業における本邦企業の国際競争力と受注の強化..... | 9-1         |
| 9.1.3      | インド建設業市場における本邦企業の参入の現状.....  | 9-2         |
| 9.1.4      | インド建設業市場への本邦企業の参入戦略.....     | 9-4         |
| 9.2        | 本プロジェクトへの本邦建設企業参入のための提案..... | 9-6         |
| 9.2.1      | 工期短縮工法.....                  | 9-7         |
| 9.2.2      | 鋼橋形式の採用.....                 | 9-7         |
| 9.2.3      | 防蝕対策.....                    | 9-8         |
| 9.2.4      | 環境保全.....                    | 9-9         |
| 9.2.5      | 防災対応.....                    | 9-10        |
| 9.2.6      | 効果的な交通管理.....                | 9-11        |
| 9.3        | 管理運営・ブランディングの知見.....         | 9-11        |
| <b>10.</b> | <b>提案事業まとめ・要約.....</b>       | <b>10-1</b> |

付録：（公表版では非公開とする）

|     |                           |      |
|-----|---------------------------|------|
| A1. | 電子版付録資料.....              | A-2  |
| A2. | 現地訪問・面談議事録.....           | A-3  |
| A3. | 運用・維持管理（O&M）に係る保全点検表..... | A-17 |

図

|                                                                         |      |
|-------------------------------------------------------------------------|------|
| 図 1.1 調査実施体制図（公表版では非公開） .....                                           | 1-4  |
| 図 1.2 インドの道路整備進展（2008～2017） .....                                       | 1-12 |
| 図 1.3 鉄道輸送量と軌道延長の推移（2009～2018） .....                                    | 1-13 |
| 図 2.1 Final Mumbai Metropolitan Regional Plan の道路計画図（目標年次 2036 年） ..... | 2-3  |
| 図 2.2 ムンバイ都市圏、Mira Bhayandar、Vasai Virar、ムンバイ郊外地区の位置 .....              | 2-4  |
| 図 2.3 VVSL 沿線の土地利用状況 .....                                              | 2-6  |
| 図 2.4 スマートシティ賞 2020 年の結果 .....                                          | 2-10 |
| 図 2.5 Virar コネクタ及び Vasai コネクタと通過する Ward の関係 .....                       | 2-12 |
| 図 2.6 Virar 駅西口 Global City 開発の様子 .....                                 | 2-13 |
| 図 2.7 グローバル・パゴタ外観及び内部の世界最大の石造ドーム空間 .....                                | 2-14 |
| 図 2.8 ムンバイ都市圏における本事業の位置 .....                                           | 2-16 |
| 図 2.9 本 VVSL 事業と関連道路事業の位置 .....                                         | 2-17 |
| 図 2.10 BWSL 概要 .....                                                    | 2-19 |
| 図 2.11 VBSL 概要 .....                                                    | 2-21 |
| 図 2.12 MTHL 道路およびセウリ・ウォルリ高架連結道路 位置図 .....                               | 2-23 |
| 図 2.13 MTHL 施工状況（2021 年） .....                                          | 2-24 |
| 図 2.14 VME Spur 路線（青）、MMC 路線（赤） .....                                   | 2-26 |
| 図 2.15 Mumbai Ring Road Concept .....                                   | 2-27 |
| 図 2.16 WEH 料金所（Dahisar 料金所）の混雑の様子 .....                                 | 2-30 |
| 図 2.17 Vasai Creek Bridge の混雑の様子 .....                                  | 2-32 |
| 図 2.18 Vasai Creek Bridge 拡幅事業の状況 .....                                 | 2-33 |
| 図 2.19 WEH Vasai フライオーバー（左）、WEH Virar フライオーバー（右） .....                  | 2-33 |
| 図 2.20 ウェスタン鉄道の混雑状況（2019 年） .....                                       | 2-34 |
| 図 2.21 WEH 沿線における現状交通量（2019 年 2 月、PCU） .....                            | 2-35 |
| 図 2.22 東京城南都市軸における道路交通量、道路網構成 .....                                     | 2-37 |
| 図 2.23 VVSL 整備に関する現状、問題点、課題、方針 .....                                    | 2-41 |
| 図 3.1 交通調査の調査地点 .....                                                   | 3-2  |
| 図 3.2 WEH 沿線の現況交通量（2019 年、AADT、PCU ベース） .....                           | 3-3  |
| 図 3.3 走行速度の計測路線 .....                                                   | 3-4  |
| 図 3.4 Dahisar 料金所から 20km 圏（周辺住民の通行料金免除対象） .....                         | 3-6  |
| 図 3.5 Dahisar 料金所における課金対象車両の月別推移（台、乗用車・SUV） .....                       | 3-7  |
| 図 3.6 交通ゾーン図（26 ゾーン） .....                                              | 3-8  |
| 図 3.7 希望線図（OD～全車種） .....                                                | 3-9  |
| 図 3.8 セクション毎の交通量予測（2026 年） .....                                        | 3-11 |
| 図 3.9 セクション毎の交通量予測（2026 年） .....                                        | 3-11 |
| 図 4.1 代替路線の比較 .....                                                     | 4-4  |
| 図 4.2 特定クリアランスが必要な航路の位置 .....                                           | 4-6  |
| 図 4.3 設計基本方針 .....                                                      | 4-7  |
| 図 4.4 Charkop コネクタ道路地質説明 .....                                          | 4-15 |
| 図 4.5 Uttan コネクタ道路地質説明 .....                                            | 4-16 |
| 図 4.6 Vasai コネクタ道路地質説明 .....                                            | 4-17 |
| 図 4.7 Virar コネクタ道路地質説明 .....                                            | 4-18 |
| 図 4.8 基礎工の概要 .....                                                      | 4-19 |
| 図 4.9 パイルベント形式・参考写真（施工中の MTHL 事業） .....                                 | 4-20 |
| 図 4.10 基礎工の概要 .....                                                     | 4-22 |

|                                                                                          |      |
|------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 図 4.11 ジャケット式栈橋 .....                                                                    | 4-24 |
| 図 4.12 PC 箱桁橋の概算工事費（支間長とコストの関係） .....                                                    | 4-28 |
| 図 4.13 PC 箱桁橋の全体一般図 .....                                                                | 4-29 |
| 図 4.14 コネクタ区間での PC- 2 主版桁橋の例 .....                                                       | 4-33 |
| 図 4.15 一般図（5 径間連続少数鈑桁橋） .....                                                            | 4-37 |
| 図 4.16 一般図（4 径間連続細幅箱桁橋） .....                                                            | 4-40 |
| 図 4.17 主航路部の位置 .....                                                                     | 4-41 |
| 図 4.18 航路部・鋼橋の一般図（95m-120m-95m） .....                                                    | 4-43 |
| 図 4.19 エポキシ樹脂塗装鉄筋使用例 .....                                                               | 4-46 |
| 図 4.20 コンクリート防蝕塗装例 .....                                                                 | 4-47 |
| 図 4.21 ゴム支沓の水平力に対する機能 .....                                                              | 4-50 |
| 図 4.22 分散支沓の図例 .....                                                                     | 4-50 |
| 図 4.23 分散支沓の防蝕塗装例 .....                                                                  | 4-51 |
| 図 4.24 ケーシング存置による海水汚濁防止例 .....                                                           | 4-52 |
| 図 4.25 仮栈橋の採用例（MTHL） .....                                                               | 4-54 |
| 図 4.26 ジオチューブの基本構造 .....                                                                 | 4-55 |
| 図 4.27 ジオチューブの施工例 .....                                                                  | 4-55 |
| 図 4.28 ジオチューブの配置横断図（1） .....                                                             | 4-56 |
| 図 4.29 ジオチューブの配置横断図（2） .....                                                             | 4-57 |
| 図 4.30 簡易栈橋の工事例（Pamban Bridge – INDIA） .....                                             | 4-58 |
| 図 4.31 上下線の離隔を縮小したジオチューブのレイアウト .....                                                     | 4-58 |
| 図 4.32 標準横断図（コネクタ道路の平面道路） .....                                                          | 4-64 |
| 図 4.33 交差接続の問題箇所 .....                                                                   | 4-66 |
| 図 4.34 Charkop コネクタと Manori 入江の交差点（マングローブ） .....                                         | 4-67 |
| 図 4.35 Uttan コネクタ計画路線に重なる丘陵（遠景）、マングローブ、塩田 .....                                          | 4-68 |
| 図 4.36 塩田の労働者 .....                                                                      | 4-68 |
| 図 4.37 Uttan コネクタ終点予定地 .....                                                             | 4-69 |
| 図 4.38 鉄道在来線と既存道（Vasai コネクタ計画路線近傍）の交差 .....                                              | 4-69 |
| 図 4.39 建設中の DFC .....                                                                    | 4-70 |
| 図 4.40 Vasai コネクタと新幹線との交差予定地 .....                                                       | 4-70 |
| 図 4.41 Vasai コネクタ終点と Tungareshwar 野生生物保護区の Eco-sensitive Zone 境界<br>（水色細線） .....         | 4-71 |
| 図 4.42 Vasai コネクタ終点付近の既存道と国道 NH48 号線との接続地点 .....                                         | 4-72 |
| 図 4.43 Virar コネクタ計画路線と重なる鉄道在来線と湿地 .....                                                  | 4-72 |
| 図 4.44 海上道路とコネクタ道路の接続 .....                                                              | 4-73 |
| 図 4.45 BWSL 路線位置 .....                                                                   | 4-74 |
| 図 4.46 交通管制室例（CCTV 画像モニタリング状況） .....                                                     | 4-79 |
| 図 4.47 サイクロン Tauktae の進路（2021 年 5 月）（左）、1961 年から 2020 年までのムン<br>バイ沿岸へのサイクロン到達軌跡（右） ..... | 4-80 |
| 図 4.48 BWSL 本線 ITS 機器設置状況 .....                                                          | 4-82 |
| 図 4.49 BWSL 本線料金所 .....                                                                  | 4-83 |
| 図 4.50 交通管理センターの例（TMC） .....                                                             | 4-85 |
| 図 4.51 車両検知器配置（VBSL） .....                                                               | 4-90 |
| 図 4.52 可変情報板配置（VBSL） .....                                                               | 4-91 |
| 図 4.53 CCTV 配置（VBSL） .....                                                               | 4-91 |
| 図 4.54 緊急電話配置（VBSL） .....                                                                | 4-91 |
| 図 4.55 ムンバイ周辺道路ネットワーク網 .....                                                             | 4-93 |



|                                                             |       |
|-------------------------------------------------------------|-------|
| 図 4.56 一般的な料金収受レーンの詳細 .....                                 | 4-94  |
| 図 4.57 FASTag (ETC) ハイブリット機器の設置 .....                       | 4-95  |
| 図 4.58 料金所に付設すべき事務所施設、軸重計測施設など .....                        | 4-95  |
| 図 4.59 アクアラインにおける橋梁点検状況 .....                               | 4-96  |
| 図 4.60 アクアラインにおける移動点検車（側面用及び下面用） .....                      | 4-97  |
| 図 4.61 NEXCO 東日本がインドで展開する路面性状測定車 .....                      | 4-98  |
| 図 4.62 交通管制システム構成概念図 .....                                  | 4-99  |
| 図 4.63 CCTV 配置案（映像確認範囲） .....                               | 4-101 |
| 図 4.64 配置案（VMS/ATCC/MET/ Power Supply Room） .....           | 4-102 |
| 図 4.65 配置案（ECB） .....                                       | 4-102 |
| 図 4.66 橋梁部設置機器イメージ（CCTV、ECB、MET） .....                      | 4-103 |
| 図 4.67 橋梁部設置機器イメージ（VMS、ATCC） .....                          | 4-103 |
| 図 4.68 橋梁部桁下設置機器イメージ（CCTV） .....                            | 4-103 |
| 図 4.69 橋梁部管路内布設イメージ（電力ケーブル、光ケーブル） .....                     | 4-104 |
| 図 4.70 国道設置機器イメージ（VMS） .....                                | 4-104 |
| 図 4.71 道路交通管制システム構成（案） .....                                | 4-105 |
| 図 4.72 料金収受方法（FASTag） .....                                 | 4-107 |
| 図 4.73 MLFF 配置案と設置の様子(参考写真).....                            | 4-109 |
| 図 4.74 シンガポール GNSS 課金 ERP2 (Electronic Road Pricing2) ..... | 4-111 |
| 図 5.1 全体路線図 .....                                           | 5-12  |
| 図 5.2 コネクタ道路土工部での標準断面 .....                                 | 5-13  |
| 図 5.3 ジャンクション部想定設計 .....                                    | 5-13  |
| 図 6.1 Pre-F/S における項目毎の便益の割合 .....                           | 6-1   |
| 図 7.1 セクター別 PPP 事業の件数及び投資額 .....                            | 7-5   |
| 図 7.2 MH 州による VVSL 会議議事録（2021 年 9 月） .....                  | 7-11  |
| 図 7.3 DPR 作業計画と METI-FS .....                               | 7-13  |
| 図 7.4 準備調査実施に関するスケジュール案 .....                               | 7-14  |
| 図 7.5 事業全体に関するスケジュール案 .....                                 | 7-14  |
| 図 7.6 返済シミュレーション .....                                      | 7-15  |
| 図 8.1 Pre-F/S で示された路線代替案 .....                              | 8-2   |
| 図 8.2 Vasai コネクタと主路線接続部分に広がる砂州・岩礁 .....                     | 8-9   |
| 図 8.3 事業対象地で行われている漁業（Uttan コネクタ周辺） .....                    | 8-14  |
| 図 9.1 エポキシ樹脂塗装鉄筋使用例 .....                                   | 9-8   |
| 図 9.2 ケーシング存置による海水汚濁防止例 .....                               | 9-10  |
| 図 9.3 阪神高速での環境ロードプライシング割引 .....                             | 9-13  |
| 図 9.4 東京湾アクアラインの「海ほたる」パーキングエリア .....                        | 9-15  |

## 表

|                                             |      |
|---------------------------------------------|------|
| 表 1.1 調査スケジュール                              | 1-5  |
| 表 1.2 インドの経済状況                              | 1-7  |
| 表 1.3 中央政府の財政状況（単位 1,000 万ルピー）              | 1-8  |
| 表 1.4 インド各州の面積と人口                           | 1-9  |
| 表 1.5 インド各州 GDP・1 人あたり GDP（2018 年度）         | 1-11 |
| 表 2.1 VVSL 事業に関連する上位計画                      | 2-1  |
| 表 2.2 VVSL 沿線の土地利用状況（単位 km <sup>2</sup> ）   | 2-5  |
| 表 2.3 人口比較（District 別）                      | 2-6  |
| 表 2.4 VVSL 沿線の人口推移と人口の増加率                   | 2-7  |
| 表 2.5 VVSL 沿線の産業構造                          | 2-7  |
| 表 2.6 対象地域不動産価格（売り値）                        | 2-8  |
| 表 2.7 対象地域の不動産価格（賃貸）                        | 2-8  |
| 表 2.8 Vasai Virar 地区の主な集合住宅開発の例             | 2-13 |
| 表 2.9 関連道路事業の諸元                             | 2-18 |
| 表 2.10 ムンバイ・東京の都市軸比較                        | 2-36 |
| 表 2.11 近隣道路事業の km 辺りコスト（INR）                | 2-38 |
| 表 2.12 インドの市中金利例（住宅ローン）                     | 2-39 |
| 表 3.1 路側 VT-OD 調査の調査地点とサンプル率                | 3-1  |
| 表 3.2 走行速度調査の結果                             | 3-4  |
| 表 3.3 Dahisar 料金所（乗用車）における課金割合の推計           | 3-5  |
| 表 3.4 Pre-F/S での需要予測結果（2026 年・2030 年）と必要車線数 | 3-10 |
| 表 3.5 道路設計におけるサービスレベルの定義                    | 3-11 |
| 表 3.6 各コネクタ道路の将来交通量                         | 3-12 |
| 表 3.7 Pre-F/S における経済分析（暫定値）                 | 3-13 |
| 表 3.8 現況 OD 表（3 車種、2019 年）                  | 3-15 |
| 表 3.9 コネクタと OD ペアの特定                        | 3-16 |
| 表 3.10 Pre-F/S 現況交通量（コネクタ）の再現試行と比較          | 3-17 |
| 表 3.11 基準 OD 交通量                            | 3-18 |
| 表 3.12 Compound PCU factor                  | 3-18 |
| 表 3.13 VVSL 本線の基準交通量                        | 3-19 |
| 表 3.14 VVSL コネクタの基準交通量                      | 3-19 |
| 表 3.15 Case 2 における 基準 OD 交通量                | 3-19 |
| 表 3.16 Case 2 における VVSL 本線・コネクタの基準交通量       | 3-20 |
| 表 3.17 車種別の自動車成長率の推定                        | 3-20 |
| 表 3.18 VVSL 本線将来交通量（ケース 1）                  | 3-21 |
| 表 3.19 VVSL コネクタ道路 将来交通量（ケース 1）             | 3-21 |
| 表 3.20 VVSL 本線将来交通量（ケース 2）                  | 3-22 |
| 表 3.21 VVSL コネクタ道路 将来交通量（ケース 2）             | 3-22 |
| 表 3.22 推計交通量：Pre-F/S との比較：ケース 1（単位：PCU）     | 3-23 |
| 表 3.23 現況 OD 表（3 車種、2019 年）                 | 3-23 |
| 表 4.1 代替路線の評価                               | 4-3  |
| 表 4.2 橋梁設計に関わるインド基準                         | 4-9  |
| 表 4.3 PC 単純箱桁（橋長 50m）における活荷重比較              | 4-13 |
| 表 4.4 標準海面水位、地盤条件の整理結果                      | 4-14 |
| 表 4.5 既存の航路条件整理結果                           | 4-14 |

|                                            |       |
|--------------------------------------------|-------|
| 表 4.6 航路条件整理結果.....                        | 4-19  |
| 表 4.7 航路条件整理結果.....                        | 4-20  |
| 表 4.8 下部工・基礎工条件整理結果.....                   | 4-21  |
| 表 4.9 航路条件整理結果.....                        | 4-21  |
| 表 4.10 橋梁形式整理結果.....                       | 4-22  |
| 表 4.11 SBS と MSS の工期比較.....                | 4-23  |
| 表 4.12 コンクリート橋第 1 次選定表.....                | 4-25  |
| 表 4.13 コンクリート橋選定上の判定項目.....                | 4-26  |
| 表 4.14 基礎工事費を対象とした PC 箱桁の支間長比較結果.....      | 4-27  |
| 表 4.15 スパンバイスパン工法の工事費検討結果.....             | 4-30  |
| 表 4.16 コンクリート橋第 1 次選定表.....                | 4-32  |
| 表 4.17 海上一般部・鋼橋の橋梁形式比較（60m）.....           | 4-35  |
| 表 4.18 海上一般部・鋼橋の橋梁形式比較（60m）.....           | 4-36  |
| 表 4.19 海上一般部・鋼橋の橋梁形式比較（75m）.....           | 4-38  |
| 表 4.20 海上一般部・鋼橋の橋梁形式比較（75m）.....           | 4-39  |
| 表 4.21 航路部・鋼橋の橋梁形式検討（95m-120m-95m）.....    | 4-42  |
| 表 4.22 基礎形式適用の目安.....                      | 4-44  |
| 表 4.23 基礎形式の比較検討結果.....                    | 4-45  |
| 表 4.24 地盤状況に関する評価.....                     | 4-45  |
| 表 4.25 主なコンクリート劣化防止材（塩害仕様）の比較.....         | 4-48  |
| 表 4.26 伸縮装置の比較結果.....                      | 4-49  |
| 表 4.27 REED 工法の提案.....                     | 4-53  |
| 表 4.28 仮栈橋とジオチューブによる仮設道路の工費比較.....         | 4-59  |
| 表 4.29 土木工種・構造別の CO2 排出原単位.....            | 4-60  |
| 表 4.30 製造・施工過程でみた橋種による CO2 排出量.....        | 4-60  |
| 表 4.31 各コネクタの交通量予測：Case01.....             | 4-62  |
| 表 4.32 各コネクタの交通量予測：Case02.....             | 4-63  |
| 表 4.33 インド設計基準の比較.....                     | 4-65  |
| 表 4.34 重要度分類及び環境及び载荷状況分類.....              | 4-77  |
| 表 4.35 各分類に対応した点検頻度一覧.....                 | 4-77  |
| 表 4.36 料金収受員構成.....                        | 4-81  |
| 表 4.37 ITS 導入企業（BWSL）.....                 | 4-81  |
| 表 4.38 路上設備設置状況.....                       | 4-82  |
| 表 4.39 設置状況（FASTag（ETC）レーン、ハイブリットレーン）..... | 4-83  |
| 表 4.40 ITS 配置計画一覧表.....                    | 4-88  |
| 表 4.41 過年度 JICA 報告書における交通管制システムの構成例.....   | 4-89  |
| 表 4.42 ITS 配置計画一覧表（VBSL）.....              | 4-90  |
| 表 4.43 VVSL 料金収受レーン数及びレーンの幅員）.....         | 4-94  |
| 表 4.44 本線設置機器及び目的.....                     | 4-100 |
| 表 4.45 配置計画（道路管制設備）.....                   | 4-100 |
| 表 4.46 課金方式の違いによる処理能力の違い.....              | 4-108 |
| 表 4.47 MLFF 導入における留意点.....                 | 4-109 |
| 表 5.1 MTHL パッケージ 1 積算結果.....               | 5-2   |
| 表 5.2 MTHL パッケージ 2 積算結果.....               | 5-2   |
| 表 5.3 MTHL パッケージ 3 積算結果.....               | 5-3   |
| 表 5.4 MTHL パッケージ 1 ブレークダウン（その 1）.....      | 5-3   |
| 表 5.5 MTHL パッケージ 1 ブレークダウン（その 2）.....      | 5-4   |

|                                                         |      |
|---------------------------------------------------------|------|
| 表 5.6 VVSL 主要単価 (Pre-F/S)                               | 5-5  |
| 表 5.7 MLFF 導入における留意点                                    | 5-5  |
| 表 5.8 日本国内での方式による下部工概算数量と単価構成                           | 5-7  |
| 表 5.9 参考となる下部工単価構成                                      | 5-8  |
| 表 5.10 参考となる橋梁事業諸元と本案件の検討結果                             | 5-9  |
| 表 5.11 本事業での主要数量・概算工事費推計                                | 5-10 |
| 表 5.12 仮栈橋とジオチューブによる仮設道路の工費比較                           | 5-11 |
| 表 5.13 工事数量                                             | 5-12 |
| 表 5.14 橋梁施工面積                                           | 5-14 |
| 表 5.15 コネクタ用道路盛土                                        | 5-14 |
| 表 5.16 路面排水溝など検討                                        | 5-14 |
| 表 5.17 一般管理費の対工事費比率                                     | 5-16 |
| 表 5.18 工事費内訳（本線のみ—Case1）                                | 5-17 |
| 表 5.19 コネクタ、JCT 部工事費                                    | 5-18 |
| 表 5.20 工事費内訳（本線のみ—Case2）                                | 5-19 |
| 表 5.21 コネクタ、JCT 部工事費                                    | 5-20 |
| 表 5.22 維持管理費用                                           | 5-21 |
| 表 5.23 総建設費比較（円貨：億円）                                    | 5-21 |
| 表 5.24 他プロジェクト単価との比較（1000 万ルピー）                         | 5-22 |
| 表 5.25 工程計画（Case1）                                      | 5-24 |
| 表 5.26 工程計画（Case2）                                      | 5-25 |
| 表 6.1 Pre-F/S による EIRR 推計結果                             | 6-1  |
| 表 6.2 Without・With-Project の場合のゾーン間平均走行距離               | 6-3  |
| 表 6.3 車種別の時間費用（TTC）単価（2021 年）                           | 6-3  |
| 表 6.4 車種別の車両走行経費（VOC）単価（2021 年）                         | 6-4  |
| 表 6.5 Case 1（Versova-Virar 間）の経済分析結果                    | 6-5  |
| 表 6.6 Case 2（Versova-Vasai 間）の経済分析結果                    | 6-6  |
| 表 6.7 EIRR 推計値の感度分析結果                                   | 6-7  |
| 表 6.8 バンドラ・ウォルリ海上道路（BWSL）の料金                            | 6-8  |
| 表 6.9 ムンバイ湾横断道路（MTHL）の想定料金                              | 6-8  |
| 表 6.10 本事業の Pre-F/S による VVSL 設定料金                       | 6-8  |
| 表 6.11 本調査の財務分析のための VVSL 設定料金                           | 6-8  |
| 表 6.12 Case 1（Versova-Virar 間）の財務分析結果                   | 6-10 |
| 表 6.13 Case 2（Versova-Vasai 間）の財務分析結果                   | 6-11 |
| 表 7.1 対インド円借款事業リスト（2011-20 年度承諾分）                       | 7-2  |
| 表 7.2 2019 年以降にファイナンス化クローズした道路セクター PPP 事業               | 7-7  |
| 表 7.3 Brownfield と Greenfield の事業規模比較                   | 7-8  |
| 表 7.4 円借款の供与条件（低・中所得国向け一般条件。2021 年 10 月 1 日改訂）          | 7-10 |
| 表 7.5 返済条件と計算結果                                         | 7-15 |
| 表 7.6 道路整備手法と O&M 実施スキーム                                | 7-16 |
| 表 8.1 本調査による代替案の評価結果                                    | 8-3  |
| 表 8.2 本事業の環境影響に適用が想定されるインド国内の法令                         | 8-4  |
| 表 8.3 インド国の EIA 法令に基づき環境認可が必要となる道路事業                    | 8-6  |
| 表 8.4 沿岸規制区域の規制内容・定義                                    | 8-8  |
| 表 8.5 用地取得・住民移転・生計回復にかかる JICA 環境社会配慮ガイドラインとインド国法制度との相違点 | 8-11 |
| 表 8.6 スコーピング案                                           | 8-15 |

|                                                 |      |
|-------------------------------------------------|------|
| 表 8.7 Case 1（Versova–Virar 間）の CO2 排出量推計値 ..... | 8-20 |
| 表 8.8 Case 2（Versova–Vasai 間）の CO2 排出量推計値.....  | 8-20 |
| 表 9.1 インド進出業種別本邦企業 .....                        | 9-3  |
| 表 9.2 インド進出建設業企業名（2020 年 10 月時点） .....          | 9-4  |
| 表 9.3 主なコンクリート劣化防止剤（塩害仕様）の比較 .....              | 9-9  |



## 略 語

| 略語              | 英語表記                                                               | 日本語表記           |
|-----------------|--------------------------------------------------------------------|-----------------|
| AADT            | Average Annual Daily Traffic                                       | 年平均日交通量         |
| AASHTO          | American Association of State Highway and Transportation Officials | 米国全州道路交通運輸行政官協会 |
| ARAP            | Abbreviated Resettlement Action Plan                               | 簡易住民移転計画        |
| ATCC            | Automatic Traffic Counter cum Classifier                           | 交通量計測装置         |
| AVI             | Automatic Vehicle Identification                                   | 車両識別装置          |
| B/D             | Basic Design                                                       | 基本設計            |
| BATT            | Battery                                                            | バッテリー           |
| BHK             | Bedroom, Hall, Kitchen                                             | ベッドルーム、ホール、キッチン |
| BJP             | Bharatiya Janata Party                                             | インド人民党          |
| BKC             | Bandra Kurla Complex                                               | バンドラ・クルラ新都市     |
| BMC             | Brihanmumbai Municipal Corporation                                 | ムンバイ市           |
| BOT             | Build Operate Transfer                                             | 建設・運営・移転        |
| BVSL            | Bandra-Versova Sea Link                                            | バンドラ・バーソバ海上道路   |
| BWSL            | Bandra-Worli Sea Link                                              | バンドラ・ウォルリ海上道路   |
| CCTV            | Closed Circuit Television                                          | 監視カメラシステム       |
| CD              | Chart Datum                                                        | 海図基準面           |
| CO <sub>2</sub> | Carbon Dioxide                                                     | 二酸化炭素           |
| COD             | Commercial Operation Date                                          | 商業運転開始日         |
| CPU             | Central Processing Unit                                            | 中央処理装置          |
| CRZ             | Coastal Regulation Zone                                            | 沿岸規制区域          |
| CS              | Cyclonic Storm                                                     | 最も低いカテゴリのサイクロン  |
| CTS             | Comprehensive Transport Study                                      | ムンバイ都市圏交通計画調査   |
| DMAF            | Data Maturity Assessment Framework                                 | データ成熟度評価フレームワーク |
| DPR             | Detailed Project Report                                            | 詳細プロジェクト報告書     |
| DSRC            | Dedicated Short Range Communications                               | 狭域通信            |
| DVR             | Digital Video Recorder                                             | デジタルビデオレコーダー    |
| EAC             | Expert Appraisal Committee                                         | 専門家委員会          |
| EC              | Environmental Clearance                                            | 環境クリアランス        |
| ECB             | Emergency Call Box                                                 | 非常電話            |

|      |                                           |                     |
|------|-------------------------------------------|---------------------|
| EPC  | Engineering, Procurement and Construction | 設計・調達・建設            |
| EPE  | Eastern Peripheral Expressway             | デリー周辺外環道路           |
| ERD  | Effective Revenue Deficit                 | 実効歳入赤字              |
| ERT  | Emergency Roadside Telephones             | 緊急路側帯電話             |
| ESCS | Extremely Severe Cyclonic Storm           | 最も強いカテゴリのサイクロン      |
| ET   | Emergency Telephone                       | 緊急電話                |
| ETC  | Electronic Toll Collection System         | 電子通行料金回収システム        |
| ETMS | EFKON Toll Management System              | EFKON 社製の料金管理システム   |
| FD   | Fiscal Deficit                            | 財政赤字                |
| FOIP | Free and Open Indo-Pacific                | 自由で開かれたインド太平洋構想     |
| FS   | Feasibility Study                         | 実行可能性調査             |
| GC   | General Consulting Service                | 総合コンサルティングサービス      |
| GDP  | Gross Domestic Product                    | 国内総生産               |
| GHG  | Greenhouse Gas                            | 地球温暖化ガス             |
| GL   | Guideline                                 | ガイドライン              |
| HAM  | Hybrid Annuity Model                      | ハイブリッド・アニュイティ・モデル   |
| HCC  | Hindustan Construction Company            | ヒンダスタン建設会社          |
| HHTL | Highest High Tide Level                   | 既往最高潮位              |
| HDC  | Hyundai Development Corporation           | ヒュンダイ開発会社           |
| hPa  | Hectopascal                               | ヘクトパスカル             |
| HTL  | High Tide Level                           | 満潮時の潮位              |
| HTMS | Highway Traffic Management System         | 高速道路交通管理システム        |
| IC   | Interchange                               | インターチェンジ            |
| ICCC | Integrated Command & Control Centre       | 統合コマンドアンドコントロールセンター |
| ICS  | Integrated Camera Systems                 | 内蔵カメラシステム           |
| ID   | Identification                            | 身分証明                |
| IPZ  | Island Protection Zone                    | 島嶼地域保護区             |
| IRC  | The Indian Roads Congress                 | インド道路協会             |
| IS   | Indian Standard                           | インド基準               |
| ISSN | International Standard Serial Number      | 国際標準逐次刊行物番号         |

|        |                                                    |                  |
|--------|----------------------------------------------------|------------------|
| ITS    | Intelligent Transport Systems                      | 高度道路交通システム       |
| JCT    | Junction                                           | ジャンクション          |
| JICA   | Japan International Cooperation Agency             | 独立行政法人国際協力機構     |
| JNPT   | Jawaharlal Nehru Port                              | ジャワハーラールネイルーポート  |
| JSHB   | Japanese Specifications for Highway Bridges        | 道路橋示方書           |
| Km     | Kilometer                                          | キロメートル           |
| KV     | Kilovolt                                           | キロボルト            |
| KVA    | Kilovolt Ampere                                    | キロボルトアンペア        |
| Kw     | Kilowatt                                           | キロワット            |
| L&T    | Larsen & Toubro                                    | ラーセン&トゥブロ        |
| L/A    | Loan Agreement                                     | 借款契約             |
| LCV    | Light Commercial Vehicle                           | 商用車              |
| LECC   | Local Equipment Control Cabinet                    | ローカル機器制御キャビネット   |
| LED    | Light Emitting Diode                               | 発光ダイオード          |
| LIBOR  | London Interbank Offered Rate                      | ロンドン銀行間取引金利      |
| LRT    | Light Rail Transit                                 | 次世代型路面電車システム     |
| MBC    | Manual Boost Controller                            | マニュアルブーストコントローラー |
| MCGM   | Municipal Corporation of Greater Mumbai            | ムンバイ市            |
| MEP    | MEP Infrastructure Developers Ltd.                 | MEP インフラ開発会社     |
| MET    | Meteorological Observation Equipment               | 気象観測装置           |
| MHWS   | Mean High Water Springs                            | 大潮平均高潮           |
| MMR    | Mumbai Metropolitan Region                         | ムンバイ都市圏          |
| MMRDA  | Mumbai Metropolitan Region Development Authority   | ムンバイ都市圏開発公社      |
| MOEF   | Ministry of Environment and Forest                 | インド国環境森林省        |
| MoEFCC | Ministry of Environment, Forest and Climate Change | 環境森林気候変動省        |
| MoHUA  | Ministry of Housing and Urban Affairs              | 住宅都市省            |
| MORTH  | Ministry of Road Transport and Highway             | 道路交通国道省          |
| Mpa    | Mega Pascal                                        | メガパスカル           |
| MSRDC  | Maharashtra State Road Development Corporation     | マハラシュトラ州道路開発公社   |

|          |                                                                                                 |                     |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| MSS      | Movable Scaffolding System                                                                      | 大型移動支保工架設           |
| MTHL     | Mumbai Trans Harbor Link                                                                        | ムンバイ湾横断道路           |
| MUTP     | Mumbai Urban Transport Project                                                                  | ムンバイ都市交通プロジェクト      |
| NDZ      | No Development Zone                                                                             | 開発不可地域              |
| NH8      | National Highway 8                                                                              | 国道 8 号線             |
| NHAI     | National Highways Authority of India                                                            | インド国道省              |
| NSV      | Network Survey Vehicle                                                                          | 路面性状測定車両            |
| O&M      | Operation and Maintenance                                                                       | 運用管理と保守点検           |
| OD       | Origin-Destination                                                                              | 起終点                 |
| OFC      | Optical Fiber Communications                                                                    | 光ファイバー通信            |
| OHLS     | Overhead Line Sign                                                                              | 門型式道路標識             |
| OLCS     | Overhead Lane Control Sign                                                                      | オーバーヘッドレーンコントロールサイン |
| OMT      | Operation Maintenance Toll collection                                                           | 運用管理、保守点検、料金回収      |
| ORR      | Hyderabad Outer Ring Road Project                                                               | ハイデラバド外郭環状道路事業      |
| PC       | Prestressed Concrete                                                                            | プレストレストコンクリート       |
| PCU      | Passenger Car Unit                                                                              | 乗用車換算台数             |
| PD       | Primary Deficit                                                                                 | 一次赤字                |
| PPP      | Public Private Partnership                                                                      | 公民連携                |
| Pre-F/S  | Pre-Feasibility Study                                                                           | 予備調査                |
| R&R      | Resettlement & Rehabilitation                                                                   | 家屋移転や生活再建           |
| RAP      | Resettlement Action Plan                                                                        | 住民移転計画              |
| RC       | Reinforced Concrete                                                                             | 鉄筋コンクリート            |
| RCC      | Reinforced Cement Concrete                                                                      | 鉄筋コンクリート            |
| RD       | Revenue Deficit                                                                                 | 歳入欠陥                |
| RFCTLARR | Right to Fair Compensation and Transparency in Land Acquisition, Rehabilitation and Resettlemen | 用地取得に係る公正な補償と透明性    |
| RFID     | Radio Frequency Identification                                                                  | 無線周波数識別             |
| RH       | Relative Humidity                                                                               | 温湿度                 |
| R-Infra  | Reliance Infrastructure Limited                                                                 | リライアンス・インフラストラクチャー  |
| RMA      | Return Merchandise Authorization                                                                | 管理番号                |

|       |                                                       |                   |
|-------|-------------------------------------------------------|-------------------|
| RWS   | Remote Weather Station                                | リモートウェザーステーション    |
| ROW   | Right of Way                                          | 道路用地              |
| RWS   | Road Weather Sensor                                   | 道路気象センサー          |
| RX    | Receiver                                              | 受信側               |
| SBS   | Span By Span                                          | スパンバイスパン          |
| SDGs  | Sustainable Development Goals                         | 持続可能な開発目標         |
| SEAC  | State Level Expert Appraisal Committee                | 州専門家委員会           |
| SEIAA | State Level Environmental Impact Assessment Authority | 州政府環境影響評価機関       |
| SMPS  | Switched-Mode Power Supply                            | スイッチング電源          |
| SMS   | Short Message Service                                 | ショートメッセージサービス     |
| SNS   | Social Network Service                                | ソーシャルネットワークサービス   |
| STEP  | Special Terms for Economic Partnership                | 本邦技術活用条件          |
| SUV   | Sport Utility Vehicle                                 | スポーツ・ユティリティー・ビークル |
| TAS   | Travel Advisory System                                | 旅行アドバイザリーシステム     |
| TBC   | To Be Confirmed                                       | 確認予定              |
| TBD   | To Be Determined                                      | 未定                |
| TE    | Total Expenditure                                     | 総支出               |
| TL    | Traffic Light                                         | 交通信号              |
| TMC   | Traffic Management Center                             | 交通管理センター          |
| TOT   | Toll, Operate and Transfer                            | 通行料金・運営・移転        |
| TR    | Total Receipts                                        | 総収入               |
| TX    | Transmitter                                           | 送信側               |
| UCS   | Unconfined Compressive Strength                       | 一軸圧縮強さ            |
| UDCPR | Unified Development Control and Promotion Regulations | 統一された開発管理および推進規則  |
| UFD   | User Fare Display                                     | 利用者料金表示           |
| UPS   | Uninterruptible Power Supply                          | 無停電電源             |
| VBSL  | Versova-Bandra Sea Link                               | バーソバ・バンドラ海上道路     |
| VD    | Vehicle Detector                                      | 車両感知器             |
| VES   | Video Enforcement System                              | ビデオエンフォースメントシステム  |

|       |                                       |                            |
|-------|---------------------------------------|----------------------------|
| VGF   | Viability Gap Funding                 | 採算補填                       |
| VIDS  | Vehicle Identification Defense System | 異常検知カメラ                    |
| VMS   | Variable Message Sign                 | 可変式道路情報板                   |
| VT-OD | Vehicle Traffic – Origin Destination  | 自動車起終点                     |
| VVSL  | Versova - Virar Sea Link              | ムンバイ沿岸（バーソバ〜ビラール間）海上道路建設事業 |
| WB    | World Bank                            | 世界銀行                       |
| WEH   | Western Express Highway               | ウェスタン高速道路                  |
| WR    | Western Railway                       | ウェスタン鉄道                    |
| WS    | Workstation                           | ワークステーション                  |



## 1. 調査の背景、調査方法

### 1.1 調査内容、方針、スケジュール

本調査はマハラシュトラ州道路セクターの優先事業の一つであるムンバイ沿岸（バーソバ～ビラール間）海上道路建設事業（Versova – Virar Sea Link : VVSL）の計画作成を行うことであった。また円借款による支援案件として形成すべく、本邦企業が有する大規模海上橋梁の建設技術や日本の先進的な橋梁・O&M 技術等の導入を検討し、本邦企業の建設及びO&Mへの参画可能性を高める形での事業計画の作成、事業の評価を実施した。

#### 1.1.1 調査内容

##### (1) 上位計画、沿岸開発の動向・計画

ムンバイにおける上位計画を整理し、本事業への位置づけを整理した。事業対象地域への波及効果を高める観点から、本事業との相乗効果の発現可能性がある各種都市計画・交通計画をレビューし、対象地域への波及効果を高め得る開発のあり方や具体的な施策の提言を行った。

##### (2) 本事業の背景及び必要性の整理

関連情報・計画の追加的な収集、関係機関からのヒアリングを通じて、本事業の背景及び必要性について十分確認した。また、本事業に関する沿岸道路整備の状況についても把握し、本事業の計画に参考になる情報を得た。

##### (3) 需要予測のレビュー

Pre-F/S では 2019 年 2～3 月に交通実態調査が実施され、交通需要予測の方法論として標準的な 4 段階推定法により、事業区間の将来交通量が推計されている。本調査では、Pre-F/S による需要予測の詳細なレビューを行い、その妥当性を確認した。

##### (4) プロジェクト計画

- 1) 代替路線案のレビュー
- 2) 本事業計画路線の代替案と評価内容について、事業主体であるマハラシュトラ州道路開発公社（MSRDC）及び Pre-F/S を実施したローカルコンサルタントに詳細を確認すると共に、第三者的視点から、選定された計画路線の妥当性を検討した。
- 3) 橋梁計画、基本的な設計
- 4) 海上道路案（Pre-F/S によれば延長約 43 km の海上橋梁）を想定し、橋梁計画の作成・簡略的な設計を行った。
- 5) コネクタ道路の計画、基本的な設計
- 6) Pre-F/S では、海上部の南端を現在建設中のバーソバ・バンドラ海上道路（VVSL）と接続し、加えて既存道路網と 4 本のコネクタ道路で接続する計画となっている。これらコネクタ道路の計画のレビューを行い、妥当性について検討した。
- 7) 運営・維持管理（O&M）に係る検討
- 8) 州道の O&M の頻度・内容等について、関係機関（MSRDC、州内の近隣の道路事業者）から情報収集を行う。本邦技術の導入可能性も考慮しつつ、インド

側のニーズを把握し、道路利用者の利便性を考慮した ITS の導入の検討を行った。

## **(5) 事業規模の算出・工期**

上記の橋梁計画、コネクタ道路の計画、O&M・ITS の検討を通じて設定した事業スコープ、概略的な数量と単価に基づき、事業費及び O&M 費用の概算を行う。段階的に整備しつつ、事業効果が適時に発現される形でのフェーズ分けについても検討を行った。

## **(6) 経済財務分析**

本調査で得られた交通需要予測、事業費、O&M 費用、及び実施スケジュールを用い、分析に必要な各種パラメータの検討・設定を行い、本事業の経済財務分析を行う。また、コスト上昇リスクや需要側のリスク等を考慮し、感度分析を行った。

## **(7) ファイナンスの検討、事業実施体制、実施スケジュール O&M 体制、**

インド国内のこれまでの道路事業をレビューし、インド国内の実施体制、事業費確保の状況、PPP 実施状況、などをレビューし、円借款へのアクセス可能性について論じた。また、本事業の実施機関は MSRDC であり、聞き取り調査などによって得られた最新情報から、円借款により実施される場合の体制について検討し、今後の実施スケジュールについて検討した。O&M 体制に関して、インドにおける ITS 設備の整備主体、O&M 体制等について関係機関からの情報収集を行った。

## **(8) 環境社会的側面の検討**

### コネクタ道路代替路線に係る検討

Pre-F/S においてコネクタ道路案が提案され、環境社会的側面からの比較検討が行われている。これらをレビューの上、妥当性の確認を行った。

### 本事業（海上部・コネクター道路部を含む事業全体）の環境社会配慮

本事業は、JICA 環境社会配慮ガイドライン上、カテゴリ A に分類されると想定される。パデコがこれまでインドで実施してきた円借款協力準備調査等を通じて、JICA ガイドラインとインドの環境社会配慮制度には大きな乖離が無いことが確認されており、この点についてレビューを行った。

### CO2 排出削減の推計

混雑する既存道路を走行する車両が本事業道路に転換することにより、燃料消費の削減が図られ、CO2 排出量の削減効果が得られる。この効果を算出した。

## **(9) 本邦企業の優位性の確認、事業による都市ブランディング**

本事業での活用が優位となる技術の本調査で確認の上、インド側関係機関に対してそれら技術の優位性について十分説明し、関係者の理解を促した。O&M についても同様の確認・説明を行った。また、本事業は非常に大規模であり、単なる道路事業にとどまらないものである。日本の経験に鑑みて、本事業の社会経済的なインパクトを予測し、事業の間接的な効果に言及した。

### 1.1.2 調査方法

前項の調査内容を下記の方法にて、主に遠隔で実施したが、12月には現地渡航を行い、MSRDC協議、現地視察を実施した。

#### (1) 初期分析

受注後、入手済資料のレビュー、インターネット等による関連情報収集、活用を検討する本邦技術の整理を行うと同時に、本調査の Scope・方法、スケジュール、想定するアウトプットの項目等をまとめた説明資料を作成し、経済産業省（及び他の国内関係機関）に対して説明を行った。

#### (2) 現地からの情報収集

MSRDCを含むインド側関係機関に対し、ウェブ会議にて本調査の概要の説明、追加で入手を要する情報・資料のリクエスト、聞き取りを行うと共に、先方からの要求事項や意向の把握も行った。

#### (3) 計画策定作業・中間報告会

先述の実施内容の作業を進め、9月末を目途に経済産業省に対する中間報告を提出し、10月に中間報告会を行った。調査の進捗状況、概ねの事業計画（案）、インド側の意向、取り纏め作業等を報告し、経済産業省のコメントを得た。

#### (4) 計画策定作業・ドラフト報告書作成

実施内容の結果を取り纏めた調査報告書のドラフト、及び概略調査報告書（パワーポイント）を作成する。国内関係組織・機関との意見交換も行う。11月下旬を目途に、ドラフト調査報告書及び概略調査報告書のドラフトを経済産業省に提出した。また、1月中旬にドラフト2稿を提出した。

#### (5) 現地最終報告会

国内関係組織・機関からの聞き取りの結果等を踏まえ、必要に応じてドラフト報告書を修正する。修正された概略調査報告書（英文）を用いて、MSRDCを含むインド側関係機関に対して、ウェブ会議にて、本邦技術活用・本邦企業参画を想定した事業計画の説明・協議を行う。

#### (6) 成果物の作成・納入

上記で出された先方関係機関からの意見やコメントへの対応の検討、経済産業省（及び国内関係機関）への報告を行う。必要に応じて報告書の加筆・修正を行い、経済産業省の了承を得た上で報告書を最終化し、2月末に成果物を納入する。

### 1.1.3 調査実施体制（公表版では非公開）

本項は、公表版では非公開とする。



図 1.1 調査実施体制図（公表版では非公開）

#### 1.1.4 調査スケジュール

主に遠隔で調査を実施した。契約後、直ちに情報収集、現状分析、各種検討を行い、9月末に中間報告を提出し、その後中間報告会を実施した。現地機関への最終報告会はテレビ会議にて1月中旬に行う予定である。

表 1.1 調査スケジュール

| 実施内容<br>時期                | 2021年度         |     |                                 |                 |                      |                 |
|---------------------------|----------------|-----|---------------------------------|-----------------|----------------------|-----------------|
|                           | 2021年          |     |                                 |                 | 2022年                |                 |
|                           | 9月             | 10月 | 11月                             | 12月             | 1月                   | 2月              |
| <b>作業項目</b>               |                |     |                                 |                 |                      |                 |
| (1) 本事業の背景及び必要性           | ■              |     |                                 |                 |                      |                 |
| (2) 沿線開発の動向・計画            | ■              | ■   |                                 |                 |                      |                 |
| (3) 需要予測のレビュー             | ■              | ■   |                                 |                 |                      |                 |
| (4) プロジェクト計画              | ■              | ■   | ■                               |                 |                      |                 |
| (5) 事業規模の算出               | ■              | ■   | ■                               |                 |                      |                 |
| (6) 経済財務分析                | ■              | ■   | ■                               |                 |                      |                 |
| (7) 事業実施体制、O&M体制、実施スケジュール | ■              | ■   |                                 |                 |                      |                 |
| (8) ファイナンスの検討             | ■              | ■   | ■                               |                 |                      |                 |
| (9) 環境社会的側面の検討            | ■              | ■   | ■                               |                 |                      |                 |
| (10) 本邦企業の優位性の確認          | ■              | ■   |                                 |                 |                      |                 |
| <b>報告書作成、現地最終報告会</b>      |                |     |                                 |                 |                      |                 |
| ドラフト調査報告書作成               |                |     | ■                               |                 |                      |                 |
| 概略調査報告書(PPT)作成            |                |     | ■                               |                 |                      |                 |
| 現地最終報告会                   |                |     |                                 |                 | ■                    |                 |
| 調査報告書(最終報告書)作成            |                |     |                                 |                 |                      | ■               |
| <b>マイルストーン</b>            | ▲<br>中間<br>報告会 |     | ▲<br>ドラフト<br>報告書<br>& PPT<br>提出 |                 | ▲<br>現地<br>最終<br>報告会 | ▲<br>成果物<br>の提出 |
|                           | 作業期<br>間       |     |                                 | 2月28日業務<br>完了期限 |                      |                 |

出典：調査団

## 1.2 相手国セクターの概要

### 1.2.1 統治機構

インドの政体は 29 州から成り立ち、大統領が元首となる連邦共和制である。

現在の元首（大統領）は、ラム・ナート・コビンド Ram Nath KOVIND（2017 年 7 月より現職、任期 5 年）である。議会制度は日本と同様の二院制、上院・州会議（ラジャ・サーバー）定数 245 名、任期 6 年と、下院・人民会議（ロク・サーバー）定数 545 名、任期 5 年からなる。首相はインド人民党（BJP）のナレンドラ・モディ（Narendra MODI）で、2014 年 5 月から現職である。

### 1.2.2 経済状況

次表は、2011 年～2020 年のインドの経済状況をまとめたものである。以下に項目毎に概説する。

- 実質 GDP 成長率は、2020 年はマイナス成長を示したものの、2019 年以外はおおむね 5%以上の成長率を示している。名目 GDP 総額は、2 兆 8,751 億ドルである。一人当たりの名目 GDP は、ここ数年は 2,000 ドル程度となっている。
- 鉱工業生産指数伸び率は、3%～5%で推移してきたが、2019 年度は 0.8%マイナス、2020 年度は 8.4%マイナスとなった。
- 消費者物価上昇率は 3～10%台で推移している。
- 失業率に関しては、昨年度は 7%と高いものの、概ね 5%台で推移してきた。
- 輸出額は 3 兆ドル前後で推移している。対日輸出額は、40 億ドル～60 億ドル前後で推移している。輸入額は 4 兆～5 兆ドルで推移している。対日輸入額は、100 億～120 億で推移している。
- 経常収支は、サービス収支と第二次所得収支の黒字額を貿易収支赤字額が上回るという構造があり、慢性的な赤字がここ 19 年ほど続いた。しかし、コロナ禍により輸入が減少し、貿易赤字が縮小し、2020 年の経常収支は黒字化した。今後、景気が回復して輸入が拡大すれば、経常収支は再び赤字に転落する可能性が高い<sup>1</sup>。
- 貿易収支は、慢性的な赤字である。昨年度は輸入が減少し、赤字額は 1 兆 20 億ドル程度に減少した。
- 金融収支は、140 億ドル～800 億ドルで推移してきたが、2020 年は 225 億ドルのマイナスで終了した。
- 直接投資受入額は、2000 年代後半から 2010 年代の 10 年で 300 億ドル台から 500 億ドル台へと順当に拡大している。
- 直接投資受入額で著しいのは製造業の対内直接投資である。これは 2010 年代後半、インドのビジネス環境が大幅に改善したことによる。ただ、未だにマレーシア、タイ、中国、ベトナム、インドネシアなどの主要アジア新興国の後塵を拝していることもあり、製造業の対内直接投資は十分な雇用を創出するほど増加しなかった。日本からインドへの直接投資残高も順当に増加している<sup>2</sup>。

<sup>1</sup> 堀江正人. 2021. インドの経済動向(2021 年 1-3 月期)三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング経済レポート

<sup>2</sup> 熊谷 章太郎. 2019. 2020 年代のインド経済の課題. 環太平洋ビジネス情報 RIM 2019 Vol.19 No.74.

表 1.2 インドの経済状況

| 項目                   | 単位\年度   | 2011         | 2012         | 2013         | 2014         | 2015         | 2016         | 2017         | 2018         | 2019         | 2020         | 出所      |
|----------------------|---------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------|
| 実質 GDP 成長率           | %       | 5.2          | 5.5          | 6.4          | 7.4          | 8            | 8.3          | 6.8          | 6.5          | 4            | △ 7.3        | 統計計画実行省 |
| 名目 GDP 総額            | 10 億ルピー | 87,363       | 87,363       | 98,014       | 105,277      | 113,695      | 123,082      | 131,446      | 140,033      | 145,693      | 135,127      | 統計計画実行省 |
| 一人当たりの名目 GDP         | ドル      | 1,497        | 1,471        | 1,475        | 1,610        | 1,639        | 1,749        | 1,983        | 2,036        | 2,099        | 1,965        | IMF     |
| 鉱工業生産指数伸び率           | %       | 2.9          | 3.3          | 3.3          | 4            | 3.3          | 4.6          | 4.4          | 3.8          | △ 0.8        | △ 8.4        | 統計計画実行省 |
| 消費者物価上昇率             | %       | 8.4          | 10.1         | 9.4          | 5.8          | 4.9          | 4.5          | 3.6          | 3.4          | 4.8          | 6.2          | 統計計画実行省 |
| 失業率                  | %       | 5.7          | 5.7          | 5.7          | 5.6          | 5.6          | 5.5          | 5.4          | 5.3          | 5.3          | 7.1          | 世界銀行    |
| 輸出                   | 100 万ドル | 305,727      | 300,150      | 314,416      | 310,352      | 262,291      | 275,102      | 303,373      | 330,079      | 313,288      | 290,761      | 商工省     |
| （伸び率）                | %       | 21.9         | △ 1.8        | 4.7          | △ 1.3        | △ 15.5       | 4.9          | 10.3         | 8.8          | △ 5.1        | △ 7.2        | —       |
| 対日輸出額                | 100 万ドル | 6,329        | 6,100        | 6,814        | 5,386        | 4,663        | 3,846        | 4,734        | 4,862        | 4,520        | 4,435        | 商工省     |
| （伸び率）                | %       | 24.3         | △ 3.6        | 11.7         | △ 21.0       | △ 13.4       | △ 17.5       | 23.1         | 2.7          | △ 7.0        | △ 1.9        | —       |
| 輸入                   | 100 万ドル | 489,148      | 490,204      | 450,214      | 448,033      | 381,008      | 384,357      | 464,713      | 514,050      | 474,709      | 391,059      | 商工省     |
| （伸び率）                | %       | 32.4         | 0.2          | △ 8.3        | △ 0.5        | △ 15.0       | 0.9          | 20.9         | 10.6         | △ 7.7        | △ 17.6       | —       |
| 対日輸入額                | 100 万ドル | 11,999       | 12,412       | 9,481        | 10,131       | 9,850        | 9,755        | 10,973       | 12,773       | 12,435       | 10,925       | 商工省     |
| （伸び率）                | %       | 39           | 3.4          | △ 23.6       | 6.9          | △ 2.8        | △ 1.0        | 12.5         | 16.4         | △ 2.6        | △ 12.1       | —       |
| 経常収支                 | 100 万ドル | △<br>78,179  | △<br>87,843  | △<br>32,257  | △<br>26,789  | △<br>22,088  | △<br>14,350  | △<br>48,661  | △<br>57,180  | △<br>24,550  | 24,011       | インド準備銀行 |
| 貿易収支                 | 100 万ドル | △<br>183,356 | △<br>190,336 | △<br>135,798 | △<br>137,681 | △<br>118,717 | △<br>108,505 | △<br>162,055 | △<br>184,000 | △<br>161,348 | △<br>102,785 | インド準備銀行 |
| 金融収支                 | 100 万ドル | 80,673       | 85,449       | 32,581       | 27,725       | 23,120       | 14,680       | 47,788       | 57,830       | 24,668       | △<br>22,589  | インド準備銀行 |
| 直接投資受入額<br>（フロー、ネット） | 100 万ドル | 32,957       | 26,953       | 30,762       | 35,284       | 44,907       | 42,216       | 39,431       | 43,302       | 56,006       | 54,928       | インド準備銀行 |
| 外貨準備高                | 100 万ドル | 321,421      | 317,738      | 325,790      | 360,676      | 380,291      | 389,824      | 446,029      | 435,942      | 508,385      | 610,864      | インド準備銀行 |
| 対外債務残高               | 100 万ドル | 360,766      | 409,374      | 446,178      | 474,675      | 485,081      | 471,308      | 529,290      | 543,112      | 558,548      | 569,985      | 財務省     |
| 政策金利                 | %       | 8.5          | 8            | 7.5          | 8            | 6.75         | 6.25         | 6            | 6.25         | 4.4          | 4            | インド準備銀行 |
| 対ドル為替レート             | ルピー     | 47.95        | 54.45        | 60.5         | 61.15        | 65.42        | 67.03        | 64.46        | 69.92        | 70.4         | 74.23        | CEIC    |

出典：それぞれ出所欄に記載。



### 1.2.3 インドの財務状況

次表は、インド政府の財務状況の概要を示す。ここでは、インド政府の財政赤字（14. FD）、歳入欠陥（16. RD）、実効歳入赤字（15. ERD）、一次赤字（17. PD）だけでなく、収支を示した。

財政赤字（14. FD）は、「歳入収入（1. RR）と非債務資本収入」と「総支出（TE）」の差である。財政赤字（14. FD）は、政府の総借入要件を反映する。歳入欠陥（16. RD）とは、歳入収入を超える歳入支出の超過を指す。（14. FD）も（16. RD）も増加傾向であるが、2021-22年度では減少がみられる。

実効歳入赤字（15. ERD）は、歳入欠陥（16. RD）と資本資産創出のための助成金の差である。一次赤字（17. PD）は、財政赤字（14. FD）から利払いを差し引いたものとして示される。こちらも（15. ERD）（17. PD）も増加傾向であるが、2021-22年度では減少がみられる。

2021-22年度の予算は、インフラ開発に投資することによって経済成長を後押しする政治活動が反映された。これは、2020-21年度に比べて設備投資が34.5%（14,215億ルピー）増加したことで示される。

2020-21年では、総支出（9. TE）は345,031億ルピーと見積もられており、暫定実績（2019-20）を76,398億ルピー上回る。

州に移転される総資産は、州債の委譲、助成金/貸付、中央支援スキームなどに基づく資産形成を含む、138,850億ルピーであり、前年度より7,547億ルピー上昇している<sup>3</sup>。

表 1.3 中央政府の 財政状況（単位 1,000 万ルピー）

|                            | 略称  | 2019-2020<br>(暫定実績) | 2020-2021<br>(予算) | 2020-2021<br>(予算) | 2021-2022<br>(予算) |
|----------------------------|-----|---------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 1.収入                       | RR  | 1,684,059           | 2,020,926         | 1,555,153         | 1,788,424         |
| 2.税収 (net to centre)       |     | 1,356,902           | 1,635,909         | 1,344,501         | 1,545,396         |
| 3.非課税収入                    |     | 327,157             | 385,017           | 210,652           | 243,028           |
| 4.資本収入                     |     | 1,002,271           | 1,021,304         | 1,895,152         | 1,694,812         |
| 5.ローンの回収                   |     | 18,316              | 14,967            | 14,497            | 13,000            |
| 6.その他収入                    |     | 50,304              | 210,000           | 32,000            | 175,000           |
| 7.借入およびその他の借金 <sup>2</sup> |     | 933,651             | 796,337           | 1,848,655         | 1,506,812         |
| 8.総収入 (1 + 4)              | TR  | 2,686,330           | 3,042,230         | 3,450,305         | 3,483,236         |
| 9.総支出 (10 + 13)            | TE  | 2,686,330           | 3,042,230         | 3,450,305         | 3,483,236         |
| 10.収益勘定                    |     | 2,350,604           | 2,630,145         | 3,011,142         | 2,929,000         |
| そのうちの                      |     |                     |                   |                   |                   |
| 11.利息の支払い                  |     | 612,070             | 708,203           | 692,900           | 809,701           |
| 12.資本資産の助成金                |     | 185,641             | 206,500           | 230,376           | 219,112           |
| 13.資本勘定について                |     | 335,726             | 412,085           | 439,163           | 554,236           |
| 14.財政赤字 (10-1) %           | RD  | 666,545             | 609,219           | 1,455,989         | 1,140,576         |
| 15.実効財政赤字 (14-12)          | ERD | 480,904             | 402,719           | 1,225,613         | 921,464           |
| 16. 歳入欠陥[9-(1 + 5 + 6)]    | FD  | 933,651             | 796,337           | 1,848,655         | 1,506,812         |
| 17.一次赤字 (16-11)            | PD  | 321,581             | 88,134            | 1,155,755         | 697,111           |

出典：Ministry of Finance

<sup>3</sup> Ministry of Finance. 2020-2021. Government of India Economic Survey 2019-2022 “Budget at a Glance”

## 1.2.4 インド各州の面積・人口

インドの国土面積は 328.7 万 km<sup>2</sup>、世界で 7 番目に広く、日本の国土面積の 8.7 倍に相当する。インドは宗教、文化、言語、気候等の面で著しい多様性がみられるが、インドの国土を北部、西部、南部、東部の 4 つに区分すると以下の表のようになる<sup>4</sup>。州別の面積と人口では、それぞれラジャスタン州（34 万 km<sup>2</sup>）、ウッタル・プラデシュ州（2 億人）が最大である。マハラシュトラ州の面積は、30 万 7,000km<sup>2</sup>で 3 位、人口は 1 億 2000 万人の 2 位で、広さ、人口共に大きい部類に分類される。

表 1.4 インド各州の面積と人口

|                | 面積        |        | 人口 (2017/3) |        |
|----------------|-----------|--------|-------------|--------|
|                | km2       | 構成比    | 万人          | 構成比    |
| 全国             | 3,289,084 | 100.0% | 129,940     | 100.0% |
| 北部             | 1,456,633 | 44.3%  | 50,728      | 39.0%  |
| ウッタル・プラデシュ     | 243,290   | 7.4%   | 21,751      | 16.7%  |
| ラジャスタン         | 342,239   | 10.4%  | 7,426       | 5.7%   |
| マディヤ・プラデシュ     | 308,350   | 9.4%   | 7,878       | 6.1%   |
| * デリー          | 1,483     | 0.0%   | 1,866       | 1.4%   |
| ハリヤナ           | 44,212    | 1.3%   | 2,742       | 2.1%   |
| パンジャブ          | 50,362    | 1.5%   | 2,983       | 2.3%   |
| チャッティスガル       | 135,191   | 4.1%   | 2,793       | 2.1%   |
| ウッタラカンド        | 53,483    | 1.6%   | 1,087       | 0.8%   |
| ヒマチャル・プラデシュ    | 55,673    | 1.7%   | 722         | 0.6%   |
| ジャンム・カシミール     | 222,236   | 6.8%   | 1,365       | 1.1%   |
| * チャンディガル      | 114       | 0.0%   | 114         | 0.1%   |
| 西部             | 507,439   | 15.4%  | 18,662      | 14.4%  |
| マハラシュトラ        | 307,713   | 9.4%   | 12,006      | 9.2%   |
| グジャラート         | 196,024   | 6.0%   | 6,505       | 5.0%   |
| ゴア             | 3,702     | 0.1%   | 152         | 0.1%   |
| 南部             | 644,497   | 19.6%  | 26,531      | 20.4%  |
| タミルナドゥ         | 130,058   | 4.0%   | 7,597       | 5.8%   |
| カルナタカ          | 191,791   | 5.8%   | 6,490       | 5.0%   |
| アンドラ・プラデシュ     | 162,968   | 5.0%   | 5,074       | 3.9%   |
| テランガナ          | 112,077   | 3.4%   | 3,751       | 2.9%   |
| ケララ            | 38,863    | 1.2%   | 3,432       | 2.6%   |
| * ポンディシェリ      | 490       | 0.0%   | 145         | 0.1%   |
| * アンダマン・ニコバル諸島 | 8,250     | 0.3%   | 43          | 0.0%   |
| 東部             | 680,515   | 20.7%  | 34,019      | 26.2%  |
| * 西ベンガル        | 88,752    | 2.7%   | 9,649       | 7.4%   |
| ビハール           | 94,163    | 2.9%   | 11,364      | 8.7%   |
| オリッサ           | 155,707   | 4.7%   | 4,441       | 3.4%   |
| アッサム           | 78,438    | 2.4%   | 3,353       | 2.6%   |
| ジャルカンド         | 79,714    | 2.4%   | 3,612       | 2.8%   |
| トリプラ           | 10,486    | 0.3%   | 393         | 0.3%   |
| メガラヤ           | 22,429    | 0.7%   | 334         | 0.3%   |
| ナガランド          | 16,579    | 0.5%   | 210         | 0.2%   |
| マニプル           | 22,327    | 0.7%   | 322         | 0.2%   |
| シッキム           | 7,096     | 0.2%   | 65          | 0.0%   |
| アナチャル・プラデシュ    | 83,743    | 2.5%   | 155         | 0.1%   |
| ミゾラム           | 21,081    | 0.6%   | 121         | 0.1%   |

出典：中央統計局、World Atlas 「The States Of India By Land Area」より作成

<sup>4</sup> JBIC 2019 年「インドの投資環境」

### 1.2.5 マハラシュトラ州と各州の経済状況比較

次表は 2018 年度の州別名目 GDP と州別の 1 人あたり GDP である。マハラシュトラ州は、州別で最も高い GDP を持ち、3.5 億ドルで、インド全体の 14%を占めている。これは、金融・商業都市ムンバイや製造業の集積が進むプネーなど大都市を擁するからである。次いで南部タミルナドゥ州（2.1 億ドル8.50%）、北部ウッタル・プラデシュ州（2.0 億ドル、8.00%）、と続く<sup>5</sup>。

1 人あたり GDP では、上位 4 者は、ゴア州（6,784\$）、デリー連邦直轄領（5,395\$）、シッキム州（5,298\$）、チャンディガル連邦直轄領（4,949\$）が全国平均（1,926\$）の 2 倍を超えている。マハラシュトラ州は、2,931\$で、12 位となっている。デリーを除くと所得の高い州はすべて人口の少ない州や連邦直轄領であることがわかる。

南部、西部に 1 人あたり GDP が全国平均以上を上回る比較的裕福な州が多く、逆に東部地域には貧困州が多い。尚、北東部の諸州（アッサム、アナチャル・プラデシュ、マニプル、トリプラ、ミゾラム、メガラヤ、ナガランド）には経済的な後発州が多いため、連邦政府による開発支援が重点的に行われている<sup>6</sup>。

---

<sup>5</sup> JBIC 2019 年「インドの投資環境」

<sup>6</sup> JBIC 2019 年「インドの投資環境」

表 1.5 インド各州 GDP・1人あたり GDP（2018 年度）

|     |                | 名目 GDP (2018/3) |        | 1人あたり GDP |        |
|-----|----------------|-----------------|--------|-----------|--------|
|     |                | 100 万ドル         | 構成比    | ドル        | 全国=100 |
| 全国  |                | 2,502,159       | 100.0% | 1,926     | 100    |
| インド | 北部             | 811,268         | 32.4%  | 1,599     | 83     |
|     | ウッタール・プラデシュ    | 200,809         | 8.0%   | 923       | 48     |
|     | ラジャスタン         | 121,910         | 4.9%   | 1,642     | 85     |
|     | マディヤ・プラデシュ     | 106,252         | 4.2%   | 1,349     | 70     |
|     | * デリー          | 100,687         | 4.0%   | 5,395     | 280    |
|     | ハリヤナ           | 91,343          | 3.7%   | 3,331     | 173    |
|     | パンジャブ          | 69,908          | 2.8%   | 2,343     | 122    |
|     | チャッティスガル       | 41,464          | 1.7%   | 1,484     | 77     |
|     | ウッタラカンド        | 32,512          | 1.3%   | 2,991     | 155    |
|     | ヒマチャル・プラデシュ    | 20,516          | 0.8%   | 2,842     | 148    |
|     | ジャンム・カシミール     | 20,206          | 0.8%   | 1,481     | 77     |
|     | * チャンディガル      | 5,662           | 0.2%   | 4,949     | 257    |
|     | 西部             | 553,958         | 22.1%  | 2,968     | 154    |
|     | マハラシュトラ        | 351,858         | 14.1%  | 2,931     | 152    |
|     | グジャラート         | 191,815         | 7.7%   | 2,949     | 153    |
|     | ゴア             | 10,285          | 0.4%   | 6,784     | 352    |
|     | 南部             | 746,556         | 29.8%  | 2,814     | 146    |
|     | タミルナドゥ         | 213,286         | 8.5%   | 2,808     | 146    |
|     | カルナタカ          | 197,006         | 7.9%   | 3,036     | 158    |
|     | アンドラ・プラデシュ     | 118,115         | 4.7%   | 2,328     | 121    |
|     | テランガナ          | 109,983         | 4.4%   | 2,932     | 152    |
|     | ケララ            | 102,209         | 4.1%   | 2,978     | 155    |
|     | * ボンディシエリ      | 4,809           | 0.2%   | 3,328     | 173    |
|     | * アンダマン・ニコバル諸島 | 1,148           | 0.0%   | 2,664     | 138    |
|     | 東部             | 390,377         | 15.6%  | 1,148     | 60     |
|     | * 西ベンガル        | 145,842         | 5.8%   | 1,511     | 78     |
|     | ビハール           | 70,725          | 2.8%   | 622       | 32     |
|     | オリッサ           | 63,668          | 2.5%   | 1,434     | 74     |
|     | アッサム           | 42,092          | 1.7%   | 1,255     | 65     |
|     | ジャルカンド         | 40,304          | 1.6%   | 1,116     | 58     |
|     | トリプラ           | 6,731           | 0.3%   | 1,714     | 89     |
|     | メガラヤ           | 4,492           | 0.2%   | 1,345     | 70     |
|     | ナガランド          | 3,543           | 0.1%   | 1,688     | 88     |
|     | マニプル           | 3,497           | 0.1%   | 1,085     | 56     |
|     | シッキム           | 3,428           | 0.1%   | 5,298     | 275    |
|     | アナチャル・プラデシュ    | 3,216           | 0.1%   | 2,079     | 108    |
|     | ミゾラム           | 2,839           | 0.1%   | 2,338     | 121    |

出典：中央統計局より調査団作成

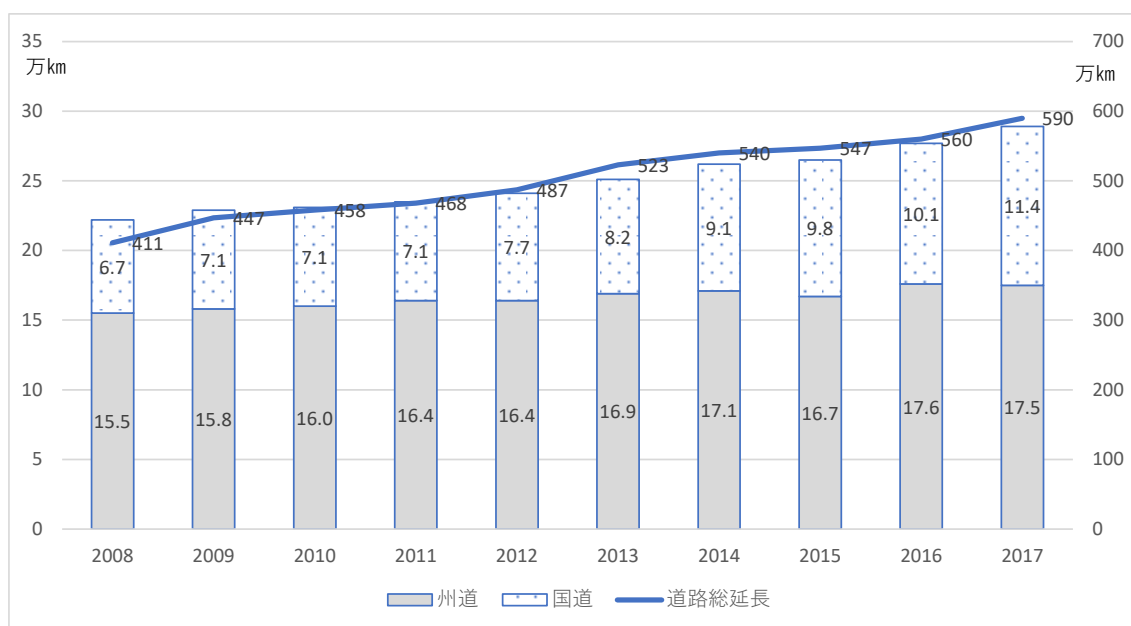
（注 1）\*印は連邦直轄領。ダマン・ディウ連邦直轄領、ダードラー及びナガル・ハヴエーリー連邦直轄領、ラクシャディープ連邦直轄領を除く

（注 2）2018 年年平均為替レート（1 ドル=68.54 ルピー）を用いてドル換算

## 1.2.6 プロジェクトの対象セクター

### (1) 道路

ここでは、本事業の対象である道路セクターについて確認する。2017 年 3 月末時点のインドの道路総延長距離は 590 万 km とされている<sup>7</sup>。主要幹線道路は 152 万 km で、総延長の 26%を占める。主要幹線道路の内訳は、国道 11 万 km（総延長の 2%）、州道 18 万 km（同 3%）、その他 123 万 km（同 21%）である。主要幹線道路の舗装率を見ると国道 100%、州道 96%である。主要幹線道路の舗装率は 2006 年時点の約 50%からは大きく改善しているものの、2017 年 3 月時点でも 60%程度となっている。このため、工業団地周辺であっても道路が未舗装の場合もある<sup>8</sup>。



出典：Ministry of Road Transport and Highways より調査団作成

左軸：各年の整備延長(棒グラフ)、右軸：道路総延長

図 1.2 インドの道路整備進展（2008～2017）

### (2) 鉄道

関連する鉄道セクターについても確認する。同国の鉄道は、鉄道省（Ministry of Railways）が管轄の国有企業であるインド国鉄（Indian Railways）の独占事業である。インド国鉄は、1853 年、英国統治時代に創業した。2018 年 3 月末時点、従業員数は約 127 万人という世界有数の巨大鉄道事業者である<sup>9</sup>。

2018 年度における鉄道の総延長は対前年度比 1.6%増の 6.8 万 km、貨物輸送量は対前年度比 4.8%増の 11.6 億トン、旅客輸送数は同 2.1%減の 82.9 億人である<sup>10</sup>。

インド政府は、原則として鉄道事業に対する外国企業の出資を禁止している。しかし、2014 年から高速鉄道、貨物専用鉄道、信号システムなど、鉄道開発や関連する事

<sup>7</sup> Ministry of Road Transport and Highways 2017 年

<sup>8</sup> JBIC 2019 年「インドの投資環境」

<sup>9</sup> JBIC 2019 年「インドの投資環境」

<sup>10</sup> 同上

業への FDI（外資直接投資）規制の緩和が行われた<sup>11</sup>。本邦企業もインドでの鉄道事業に関心が高く、デリー・ムンバイ産業大動脈構想における貨物専用鉄道に関連した受注実績が多くみられる。2016 年 11 月の日印首脳会談では、日印両政府はムンバイ・アーメダバード間高速鉄道を 2023 年までに開業することで合意<sup>12</sup>しており、この路線は本調査の対象地域を通過する。



出典：JETRO（統計・事業実施省「Statistical Year Book India 2018」より JETRO 作成）

左軸：各年の整備延長(棒グラフ)、右軸：道路総延長

図 1.3 鉄道輸送量と軌道延長の推移（2009～2018）

デリー・ムンバイ間産業大動脈（DMIC：Delhi-Mumbai Industrial Corridor）構想とは、インドの 2 大都市、デリー・ムンバイ間に貨物専用鉄道を敷設し、周辺に工業団地、物流基地、発電所、道路、港湾、住居、商業施設などのインフラを民間投資主体で整備する日印共同のインフラ開発プロジェクトである。

DMIC 構想の対象州はウッタル・プラデシュ、ハリヤナ、ラジャスタン、グジャラート、マディヤ・プラデシュ、マハラシュトラの 6 州で、雇用、工業生産、輸出量の拡大が目標である。同計画は 2006 年 12 月、当時のシン首相との日印首脳会談で合意され、経済産業省とインド商工省の間で協議が重ねられた。役割分担は、各事業のマスタープランの作成や案件形成調査の実施等が DMIC 開発公社（DMIC Development Corporation：DMICDC）、事業の柱となる貨物専用鉄道の建設は貨物専用鉄道公社（DFCCIL：Dedicated Freight Corridor Corporation of India Limited）となっている。事業の根幹となる鉄道敷設：貨物専用鉄道（DFC Dedicated Freight Corridor）西回廊プロジェクトについては、2021 年 1 月時点で部分開通し、運行が開始された。DFC は 2023 年の全線開通を予定している<sup>13</sup>。

<sup>11</sup> 同上

<sup>12</sup> 同上

<sup>13</sup> 日経新聞 2021 年 01 月 27 日



## 2. 提案事業の内容、背景及び必要性

### 2.1 上位計画整理

本事業を遂行するにあたり、既存の上位計画に関して整理をすることは、重要な意味を持つ。下表にムンバイ都市圏における運輸交通インフラ上位計画を示し、また、本 VVSL 事業について述べられている事項を簡潔に記す。

表 2.1 VVSL 事業に関連する上位計画

| 名称                                                                                                                                                    | 発行者                                      | 発行   | VVSL 及び都市開発に関連する記載                                                                                                                                                    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Final Mumbai Metropolitan Regional Plan                                                                                                               | MMRDA                                    | 2021 | Vasai を growth center（成長拠点）に指定。南北道路（VVSL）の提案。                                                                                                                         |
| Proposed Land use map for Vasai taluka                                                                                                                | MMRDA                                    | 2021 | Final regional plan of MMR-Vasai proposed Land use 土地利用計画                                                                                                             |
| Sanctioned Unified Development Control and Promotion Regulations for Maharashtra State 2020 (UDCPR), applicable to MMR except for MCGM, Matheran ESZ. | MMRDA                                    | 2021 | Vasai-Virar における低容積率地域の容積率を示す<br>Mira Bhayander における農地の住宅用地への転換への緩和（一定規模、農地所有者が浄化槽、排水、給水などのインフラ設備を自己負担で提供）<br>Manori-Gorai-Uttan 通知エリア 特別観光開発計画地域として開発/再開発ルールを遵守して開発。 |
| Sankalp Patra Lok Sabha 2019 BJP（インド人民党）のマニフェスト                                                                                                       | BJP                                      | 2019 | 都市交通の改善、公共交通機関の整備、2024年までに50都市で地下鉄を運行<br>全住居へのトイレの設置<br>全家庭への水道の整備<br>2024年までに60,000kmの幹線道路（国道）を建設<br>2020年までに幹線道路（国道）の総延長を2倍にする                                      |
| Maharashtra IT/ ITES Policy 2015                                                                                                                      | Government of Maharashtra                | 2015 | Integrated IT Township に Mira-Bhayandar が入る。<br>ICT の施設建設に伴う容積率の緩和                                                                                                    |
| Urban Infrastructure Development in Satellite Towns' scheme                                                                                           | Urban Development Ministry GOI           | 2009 | Maharashtra 州で Vasai-Virar が唯一衛星都市として発展を位置付けられる。2012 年目標年度。のちに 2013～2018 に延長される。                                                                                      |
| デリー・ムンバイ間産業大動脈（DMIC : Delhi-Mumbai Industrial Corridor）構想                                                                                             | DMIC Development Corporation-DMICDC      | 2006 | デリー・ムンバイ間に貨物専用鉄道を敷設し、周辺に工業団地、物流基地、発電所、道路、港湾、住居、商業施設などのインフラを民間投資主体で整備する、日印共同のインフラ開発プロジェクト                                                                              |
| Comprehensive Transport Study (CTS)                                                                                                                   | MMRDA/WB                                 | 2008 | Mumbai 広域で提案されているメトロ、道路網、郊外の鉄道網などが示される。                                                                                                                               |
| Sanctioned development plan of Vasai- Virar Sub-Region                                                                                                | Directorate of Town planning & Valuation | 2001 | Vasai-Virar サブリージョンの開発計画。将来の土地利用が示される。                                                                                                                                |

出典：調査団

バサイ・ビラール地域とムンバイを結ぶ 2 本目の幹線道路の整備は、2008 年に世銀支援を得て作成されたムンバイ都市圏交通計画調査（Comprehensive Transportation Study (CTS)）における長期道路網整備計画において最初に提案され、その後の計画に

も踏襲されている。2011 年にマハラシュトラ州のムンバイ沿岸道路に係る技術委員会でも検討されて、踏襲された。

下図は、2021 年の Final Mumbai Metropolitan Regional Plan の道路計画図（目標年次 2036 年）を示したものであり、全体的に 2008 年 CTS 調査の計画図とほぼ変わらないものが示されている。ムンバイの道路計画において下記のことが言える。

- ムンバイ旧市街・半島地区については、海岸道路やムンバイ湾横断道路（MTHL）が計画されており、2008 年の段階で海上域・沿岸域を用いた道路建設、道路網構築が示されている。これは、2000 年から建設が始まった BWSL の工事進捗の影響も受けているものと考ええる。
- VVSL 路線の沿線地域は、図中赤色破線の円で示した地域であり、ムンバイ中心部から西部高速道路 WEH のみで接続する地域である。これをバイパスするような並行道路として、BVSL および VVSL 路線が提案されている。
- BVSL 路線は BWSL に接続する海上提案路線（Proposed Road：点線）として計画されており、上記と同様に BWSL の海上開発コンセプトに影響されているものと考えられる。
- VVSL 路線は海上には描かれていないものの、BVSL 道路に続く計画として示される。Vasai 地区において河川沿岸道路と接続し、更に内陸部に接続する道路網を構成する路線として計画されている。
- VVSL におけるコネクタ道路は Vasai-Viral 地区で東西方向に 2 本、Mira Byandar 地区で 1 本提案されており、WEH と合わせて梯子状の道路網構築のコンセプトが示されている。

都市開発に関しては、2019 年 8 月の独立記念日、モディ首相は最終的な目標として国民の「暮らしやすさの向上」を掲げた。そのため、2024 年までの 5 年間で 100 兆ルピー（約 160 兆円）のインフラ投資を行うことを表明している。例えば 2,000 万人以上の貧困層のために住宅を提供すること、農村部での 1.5 億世帯への飲料水提供／1.25km の道路建設、全ての村落で光ファイバーによるブロードバンド接続を可能とすることなどが含まれる<sup>14</sup>。これらは、2019 年 4 月から 5 月にかけて実施された総選挙の際の BJP（インド人民党）のマニフェストにも盛り込まれた。このような政府の方針は、VVSL 建設と同時に、周辺に良好な都市環境を創出する必要性を示している。

---

<sup>14</sup> JBIC 2019 年「インドの投資環境」





資料：Final Mumbai Metropolitan Regional Plan 2021

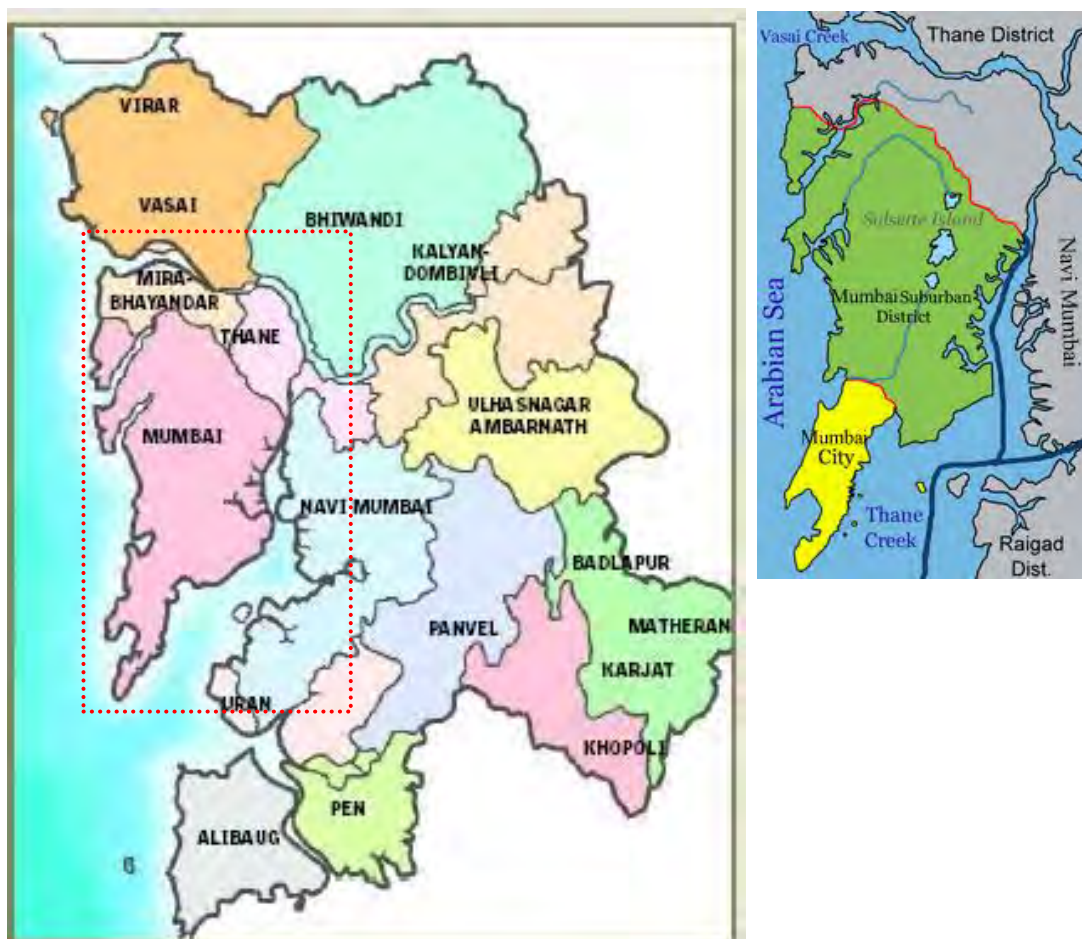
図 2.1 Final Mumbai Metropolitan Regional Plan の道路計画図（目標年次 2036 年）

## 2.2 沿線地域の開発動向

ムンバイ地域は、南北のアクセスが 25.3km の西部高速道路及びそれに接続する国道 48 号線<sup>15</sup>のみの状態が続いており（後述）、郊外開発の障壁となっている。今回事業である VVSL 整備により北部の郊外地域へのアクセスが向上し郊外開発の可能性が高まる。ここでは、Vasai-Virar と Mira Bhayander の概況及び都市開発動向を示しつつ、今後の開発可能性について整理する。

### 2.2.1 沿線地域の定義

次図左は、Mumbai Metropolitan Region（ムンバイ都市圏、MMR）全域を示したものである。本調査で扱う地域は、この地域内の北西部、Mumbai、Mira Bhayandar、及び Vasai～Virar という地域である。その他のエリアは道路網で接続されるが直接の関係はない。Mumbai は、右図に示すように、Mumbai City と Mumbai Suburban District（郊外地区）に分けられる。Vasai や Mira Bhayandar はムンバイ都市圏においては“郊外”であるが、本報告で「ムンバイ郊外地区」「郊外地区」と示した場合は Mumbai Suburban District を指す。



出典：en.wikipedia.org Mumbai Metropolitan Region/List of neighborhoods in Mumbai

図 2.2 ムンバイ都市圏、Mira Bhayandar、Vasai Virar、ムンバイ郊外地区の位置

<sup>15</sup> 現状 48 号であるが、以前は 8 号と呼ばれていたため、古い資料では 8 号の記載も散見される。

## 2.2.2 沿線地域の比較（土地利用、人口、経済指標）

今回の事業でアクセスが向上し、開発が進むと予測される Vasai-Virar と Mira Bhayandar の 2 地域と、以前より開発が進むムンバイ郊外地区と比較した。

### (1) 土地利用状況の比較

次図表は 3 地域それぞれの現在の土地利用状況と土地利用状況図である。土地利用の割合が多い順に記入すると次のようになる。

- Vasai Virar: 農地 34.2%、森林地 20.4%、市街地 18.7%、低木地/草地/湿地 10.5%、海浜的土地利用 9.4%、水域 4.8%
- Mira Bhayandar: 農地 23.5%、市街地 20.4%、海浜的土地利用 20.1%、森林地 17.2%、水域 12.1%、低木地/草地/湿地 6.4%
- ムンバイ郊外地区：農地 31.3%、低木地/草地/湿地 20.3%、森林地 19.1%、市街地 15.9%、海浜的土地利用 7.0%、水域 4.1%

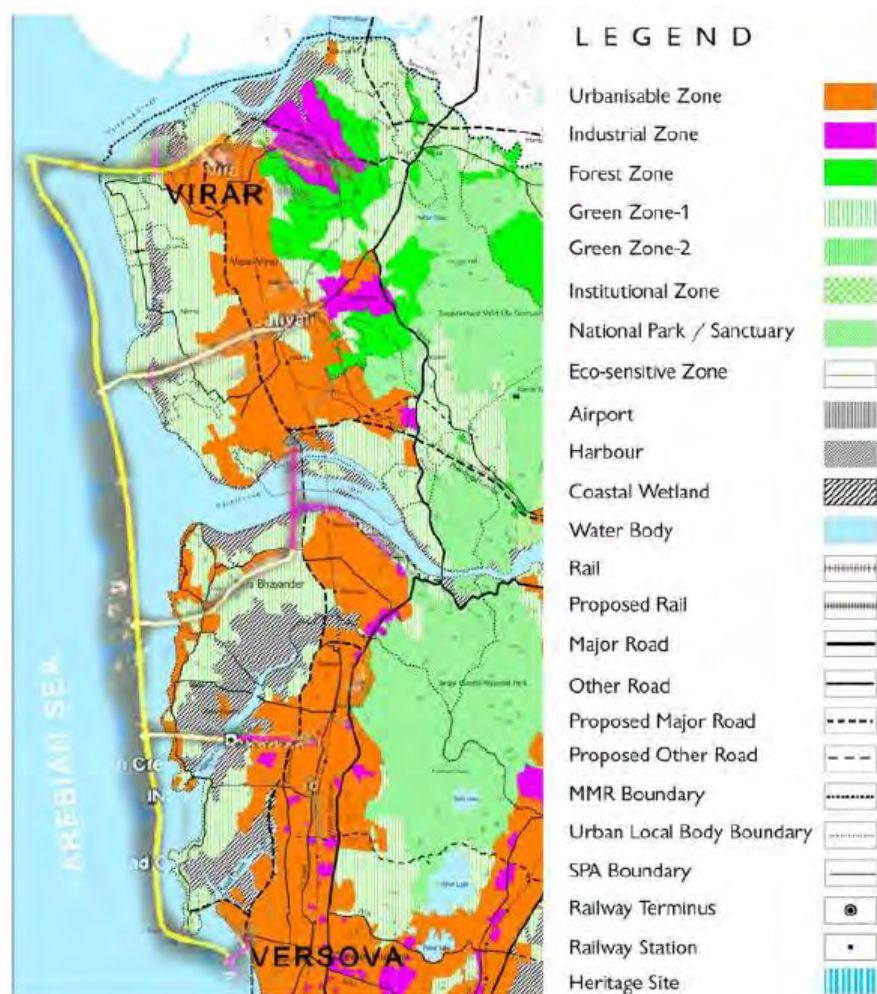
3 地域とも農地が最も多いことに特徴があり、全体の土地利用の 2 割から 3 割を占める。Mira Bhayandar では、市街地と海浜的土地利用が 2 割と次に続くが、Vasai Virar は森林地が 2 割と、森林地が市街地より多い割合となっている。

表 2.2 VVSL 沿線の土地利用状況（単位 km<sup>2</sup>）

|            | ムンバイ<br>郊外地区 | %     | Mira-<br>Bhayandar | %     | Vasai-<br>Virar | %     |
|------------|--------------|-------|--------------------|-------|-----------------|-------|
| 農業/一次産業    | 1367.4       | 31.3  | 22.21              | 23.5  | 100.8           | 34.2  |
| 市街地        | 697.0        | 15.9  | 19.31              | 20.4  | 55.0            | 18.7  |
| 空港         | 6.2          | 0.1   | 0.00               | 0.0   | 0.0             | 0.0   |
| 海浜的土地利用、湿地 | 304.1        | 7.0   | 19.06              | 20.1  | 27.7            | 9.4   |
| 森林地        | 833.1        | 19.1  | 16.23              | 17.2  | 60.0            | 20.4  |
| 工業地域       | 88.0         | 2.0   | 0.34               | 0.4   | 5.7             | 1.9   |
| 港湾/ジェティ    | 6.1          | 0.1   | 0.00               | 0.0   | 0.0             | 0.0   |
| 低木地/草地/湿地  | 889.6        | 20.3  | 6.06               | 6.4   | 31.0            | 10.5  |
| 水域         | 180.3        | 4.1   | 11.41              | 12.1  | 14.3            | 4.8   |
| 総面積        | 4371.8       | 100.0 | 94.62              | 100.0 | 294.5           | 100.0 |

出典：Final Mumbai Metropolitan Regional Plan 2021





出典： Final Prefeasibility Report Volume II (March 2020) p.27

図 2.3 VVSL 沿線の土地利用状況

## (2) 人口・人口密度の比較

人口密度は、Mira Bhayandar、Vasai-Virar でそれぞれ、10,194 人/km<sup>2</sup>、3,031 人/km<sup>2</sup> と、ムンバイ郊外に比べ低い。性比はムンバイ郊外で男性が多い傾向がみられる。

表 2.3 人口比較（District 別）

| 人口プロファイル<br>(District 別)         | ムンバイ郊外地区  | Mira-Bhayandar<br>(District) | Vasai-Virar City<br>(District) |
|----------------------------------|-----------|------------------------------|--------------------------------|
| 広さ (km <sup>2</sup> )            | 386.56    | 79.4                         | 311.0                          |
| 開発地 (km <sup>2</sup> )           |           | 47.9                         | 192.5                          |
| 総人口 (2001)                       | 8,640,419 | 520,388                      | 513,325                        |
| 総人口 (2011)                       | 9,356,962 | 809,378                      | 1,222,390                      |
| 人口密度 人/km <sup>2</sup><br>(開発地域) | 24,206    | 10194<br>(16,890)            | 3,931<br>(6,350)               |
| 総人口男性                            | 5,031,323 | 429,260                      | 648,172                        |
| 総人口女性                            | 4,325,639 | 380,118                      | 574,218                        |
| 性比                               | 860       | 886                          | 886                            |

出典：センサス 2011 註：2011 年が最新調査（2016 年刊）

人口の推移、増加率に関しては、下記のようになっている。3地域とも増加し続けているものの、ムンバイ郊外地区は、1980年代から、Mira- Bhayandar は、2000年代から人口の増加率は鈍化している。一方、Vasai-Virar は増加率も上昇傾向にある。

表 2.4 VVSL 沿線の人口推移と人口の増加率

| District 名      | 調査年    | 人口        | 前回の国勢調査以降の変動 |                | 年間成長率 (%) | 年間成長率の期間  |
|-----------------|--------|-----------|--------------|----------------|-----------|-----------|
|                 |        |           | 増加実数         | 10 年 成 長 率 (%) |           |           |
| Mumbai 郊外地区     | 1901 年 | 2,06,218  | -            | -              | -         | -         |
|                 | 1911 年 | 2,55,276  | 49,058       | 23.79          | 2.16      | 1901-11   |
|                 | 1921 年 | 3,06,763  | 51,487       | 20.17          | 1.85      | 1911-21   |
|                 | 1931 年 | 3,10,621  | 3,858        | 1.26           | 0.13      | 1921-31   |
|                 | 1941 年 | 4,00,297  | 89,676       | 28.87          | 2.57      | 1931-41   |
|                 | 1951 年 | 6,65,424  | 2,65,127     | 66.23          | 5.21      | 1941-51   |
|                 | 1961 年 | 13,80,123 | 7,14,699     | 107.41         | 7.57      | 1951-61   |
|                 | 1971 年 | 29,00,197 | 15,20,074    | 110.14         | 7.71      | 1961-71   |
|                 | 1981 年 | 49,58,365 | 20,58,168    | 70.97          | 5.51      | 1971-81   |
|                 | 1991 年 | 67,51,002 | 17,92,637    | 36.15          | 3.13      | 1981-91   |
|                 | 2001 年 | 86,40,419 | 18,89,417    | 27.99          | 2.50      | 1991-2001 |
|                 | 2011 年 | 69,629,35 | 7,16,543     | 8.29           | 0.80      | 2001-11   |
| Mira- Bhayandar | 1991 年 | 175,605   | -            | -              | -         | -         |
|                 | 2001 年 | 520,388   | 3,44,783     | 196.34         | 11.48     | 1991-2001 |
|                 | 2011 年 | 809,378   | 2,88,990     | 55.53          | 4.52      | 2001-2011 |
| Vasai-Virar     | 1991 年 | 232,417   | -            | -              | -         | -         |
|                 | 2001 年 | 5,13,325  | 2,80,908     | 120.86         | 8.25      | 1991-2001 |
|                 | 2011 年 | 12,22,390 | 7,09,065     | 138.13         | 9.06      | 2001-2011 |

出典：センサス 2011 註：2011 年が最新調査（2016 年刊）

### (3) 産業構造

ムンバイ郊外、Mira-Bhayandar、Vasai-Virar とともに、第 3 次産業が 93%以上で高く、ほとんどがサービス業に従事している。Vasai-Virar では農業人口が 4%と他に比べ高い。さらに、女性の非労働人口割合が高く、多くの女性は家庭内労働に従事すると考えられる。前掲の土地利用状況で見た、農地の割合に比較すると、第一産業人口が少ない。

表 2.5 VVSL 沿線の産業構造

| 産業構造 (District 別) | ムンバイ 郊外地区 | Mira-Bhayandar (District) | Vasai-Virar City (District) |
|-------------------|-----------|---------------------------|-----------------------------|
| 総人口 (2011)        | 9,356,962 | 809,378                   | 1,222,390                   |
| 総労働者数             | 3,515,922 | 281,675                   | 445,274                     |
| 労働者割合 (%)         | 37.6      | 34.8                      | 36.4                        |
| 非労働者割合 (%)        | 62.4      | 65.2                      | 63.6                        |
| 第一次産業従事者 %        | 0.80      | 1.15                      | 3.90                        |
| 第二次産業従事者 %        | 2.98      | 2.64                      | 2.78                        |
| 第三次産業従事者 %        | 96.22     | 96.22                     | 93.32                       |

出典：センサス 2011 註：2011 年が最新調査（2016 年刊）

#### (4) 不動産価格

下記は、Mira-Bhayandar、Vasai-Virar の  $\text{m}^2$  当たりの平均不動産売却価格を示したものである。水準は、Virar、Vasai、Mira-Bhayandar の順に高くなっている。坪単価は 30 万円～50 万円と、東京で行けば多摩地区（八王子や青梅）並みの価格となっており、現地庶民には手が届きにくい価格帯である。

表 2.6 対象地域不動産価格（売り値）

|                | US\$ / $\text{m}^2$ | US\$ / 坪 |
|----------------|---------------------|----------|
| Mira-Bhayandar | 1,266.4             | 4,179.3  |
| Vasai          | 852.2               | 2,812.2  |
| Virar          | 787.5               | 2,598.9  |

出典：<https://www.magicbricks.com/Property-Rates-Trends/Multistorey-Apartment-rates-Mira-Bhayandar-in-Mumbai>

下記は、Mira-Bhayandar、Vasai-Virar、の平均賃貸価格を示したものである。賃貸料水準は、売却価格と同様に Virar、Vasai、Mira-Bhayandar の順に高くなっている。

表 2.7 対象地域の不動産価格（賃貸）

| Location       | US\$ / $\text{m}^2$ |       |       | US\$ / 坪 |       |        |
|----------------|---------------------|-------|-------|----------|-------|--------|
|                | 1 BHK               | 1 BHK | 2 BHK | 3 BHK    | 2 BHK | 3 BHK  |
| Mira-Bhayandar | 1,847               | 2,392 | 3,606 | 6,094    | 7,894 | 11,901 |
| Vasai          | 1,456               | 1,808 | 2,628 | 4,805    | 5,966 | 8,673  |
| Virar          | 1,025               | 1,361 | -     | 3,384    | 4,491 | -      |

出典：<https://housing.com/price-trends/>、BHK: Bed, Hall, Kitchen

#### 2.2.3 周辺スマートシティ計画

##### (1) スマートシティ計画の概要

2014 年 6 月、第 1 次モディ政権が発足した直後に、モディ首相は地方から都市部への人口流入を吸収し、拡大する中間層の受け皿となるスマートシティを国内 100 カ所に設ける「スマートシティ・ミッション」計画を発表した。この計画では、スマートシティを「先進技術を用い、利便性と公共性の高いインフラを整備し、持続可能で質の高い生活をもたらす都市」と定義し、構成するインフラは、上下水道、電力、ごみ処理、交通網、住宅、IT およびデジタルネットワークの整備、治安、教育など多種多様である<sup>16</sup>。

2015 年から 2019 年にかけて 5 ラウンドに分けて、それぞれのラウンドで、20 都市、13 都市、27 都市、30 都市、10 都市が発表され、全 100 都市が選定された。これらの都市は、新都市の開発のみならず、既存都市の再開発が含まれる。選定が最も多い州は、ウッタル・プラデシュ州の 13 都市で、続いてタミルナドゥ州の 12 都市、マハラシュトラ州は 10 都市の選定で 3 位となっている。

<sup>16</sup> JETRO 2019 年 100 のスマートシティ建設掲げるインド

## (2) スマートシティ・ミッション計画の現在

### データポリシーとデータの運用

まず、Physical なインフラ整備ではなく、データ活用の標準化に関する動き（都市データポリシー）がインドスマートシティにおける特筆すべき動きであり、これについて言及する。

住宅都市省（MoHUA）の国家スマートシティ・ミッションの下で計画された 100 のスマートシティのうち合計 45 の都市は、すでに都市データポリシーを起草して承認しており、同省のデータ成熟度評価フレームワークを通じて実施したパフォーマンスの概要を明らかにしている<sup>17</sup>。また、35 の都市も、データ分析機能を活用して、利用可能な都市データから実用的な洞察を生成している。

100 のスマートシティはすべて、すでに都市データを収集している。現在までに、70 のスマートシティが、COVID19 対策の第一線として機能する統合コマンドアンドコントロールセンター（ICCC）を設置し、運用している。ICCC は、他のスマート・インフラストラクチャとともに、情報の普及、コミュニケーションの改善、予測分析、および効果的な管理のサポートを通じて、都市のパンデミック対策に役立たったと評価されている。ICCC は、国の 100 のスマートシティ全てで設置されている。データ主導のガバナンスにより、インドのスマートシティは、日常の機能に透明性、応答性、包括性、持続可能性を取り入れることができるようになった。このようにスマートシティ計画は現在、適切なデータポリシーを設定し、COVID19 対策など具体的な都市問題の解決に向けて、運用段階に入っているといえよう。

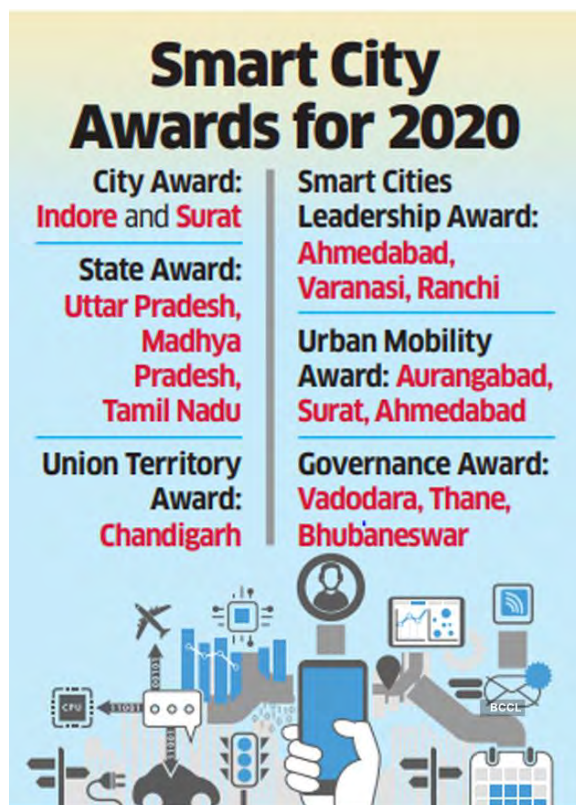
---

<sup>17</sup> The Economic news. Data policies of 45 out of 100 smart cities approved, 35 cities using insights for governance. June 25, 2021

## スマートシティ賞とデータ成熟度評価フレームワーク

2020 年、住宅都市省は、社会的側面、ガバナンス、文化、都市環境、衛生、経済、建築環境、水、都市のモビリティをテーマにしたスマートシティ賞を発表した。この賞では、全体的な発展が評価され、Indore と Surat の両市にベスト都市賞が与えられ、ウッタル・プラデシュ州がベスト州賞を獲得した。また、データを通じて都市に活力を与えるというビジョンを実現するため、同省は、DataSmartCities を含むさまざまなデータイニシアチブに着手した。

データ成熟度評価フレームワーク（DMAF）は、データに対する都市の準備状況を理解するため 2019 年に構想された。初回は 2019 年 12 月に終了した。DMAF の 2 番目の回は 2020 年 11 月に開始された。最初のサイクルと同様に、このサイクルは 22 の指標にわたって、システムの柱の 5 つの主要コンポーネントであるポリシー、人、プロセス、テクノロジー、および結果について都市を評価することに焦点を当てる。このように、スマートシティ・ミッションは、インド政府による都市再生プログラムとして、国全体でスマートシティを開発することで、都市同士の切磋琢磨を促進し、結果として市民に使いやすく、持続可能な都市とすることに成功している。



資料：The Economic news, June 25, 2021

図 2.4 スマートシティ賞 2020 年の結果

### (3) マハラシュトラ州のスマートシティ

マハラシュトラ州のスマートシティ選定数は 10 都市で、全国 3 番目の多さとなっていて、その内訳は、Thane, Kalyan-Dombivali, Nashik, Amravati, Solapur, Nagpur, Pune City (PMC & PCMC Limits)、Aurangabad である。中でもムンバイ近郊にあるものは、Thane と Kalyan-Dombivali の 2 都市である。ここでは Thane を例にスマートシティの取り組みについて示す。

#### Thane Smart City の主要政策

Thane のスマートシティは、2016 年のラウンド 3 にて選定された。2020 年の住宅都市省のスマートシティ賞では、「良いガバナンス賞」に選ばれる等、善戦しているといえよう。同市のスマートシティ紹介ホームページには下記のような政策が示されている<sup>18</sup>。

1. 無料の WIFI とケーブル TV
2. 統合都市データセンターとコマンド・コントロールルーム施設 (ICDCF)

<sup>18</sup> <https://thanesmartcity.in/>



3. 水道スマートメーター
4. ITS
5. 行政サービスの ICT 化
6. 行政と市民の ICT によるパートナーシップ化 (Digi Thane)
7. 既存の鉄道駅のマルチモーダルトランジットハブ- SATIS プロジェクト

### Digi-Thane の概要

上記 6 の Digi-Thane は、Thane 市の住民が、モバイルアプリと Web ポータルを介して、Thane 市と Thane Municipal Corporation に関連するすべての関連するパーソナライズされたサービスと情報にアクセスして受信できるようにする統合デジタルプログラムであり、以下のサービスを含む。

- 商業および地方自治体のサービスに簡単にアクセス可能にする
- 商業または自治体サービスの割引などによる金銭的利益がある
- 市民と自治体をつなぐためのデジタル化を奨励する
- 調査、世論調査、活動による市民参加を改善する

### SATIS プロジェクトの概要

上記 7. について、Thane 駅の混雑改善のため、既存の鉄道駅のマルチモーダルトランジットハブ化 (SATIS プロジェクト) が提案されている。中央鉄道 (Central Railway) の Thane 鉄道駅は、インドで最も古い鉄道駅の一つである。また MMR (ムンバイメトロ) Thane 駅は、MMR の地域で最も混雑した地下鉄駅の一つである。毎日 75 万人の通勤者が、Thane 駅を利用している。Thane 駅に到着するためには、通勤者は旧市街の狭い道路や混雑した地域を移動する必要がある。その結果、駅の接続道路への負荷が大幅に増加し、交通渋滞が日常的に問題になっている。この解決のために Thane West-SATIS West 間駅周辺にマルチモーダルトランジットハブの建設事業が提案された。

このプロジェクトは、東部高速道路の「Tuljha Bhavani Temple」区間に接続し、「Kopri Knahyanagar MJP Office」までの全長 2.24Km の幅 8.5m の 2 車線高架道路に付属する。この高架道路に沿って建設される、9,000 m<sup>2</sup>の大きさの Thane 鉄道駅東近くの公共交通管理のためのペDESTリアン・デッキエリアは、地下室、1 階、中層階、デッキエリアで構成される。同デッキエリアは、バス停とフードコートやトイレなどの旅客施設で構成され、既存の鉄道駅に直結される。デッキエリアには、インド鉄道が駅舎を今後開発する予定で、デッキエリアの下には、二輪車と四輪用の地下駐車場が提案されている。

ただ、こうした多くの積極的な試みはあるものの、Thane 市は住宅都市省の発表する Ease of Living Index 2020 で、2018 年の 3 位から今回 11 位にランクを大きく落としている。これは、2018 年以降、一般庶民に恩恵が及ばなかったという評価もある<sup>19</sup>。Thane 市の Naresh Mhaske 市長は、開発のための土地が容易に利用可能である Navi Mumbai とは異なり、土地の少ない Thane 市には多くの課題があると述べている<sup>20</sup>。

---

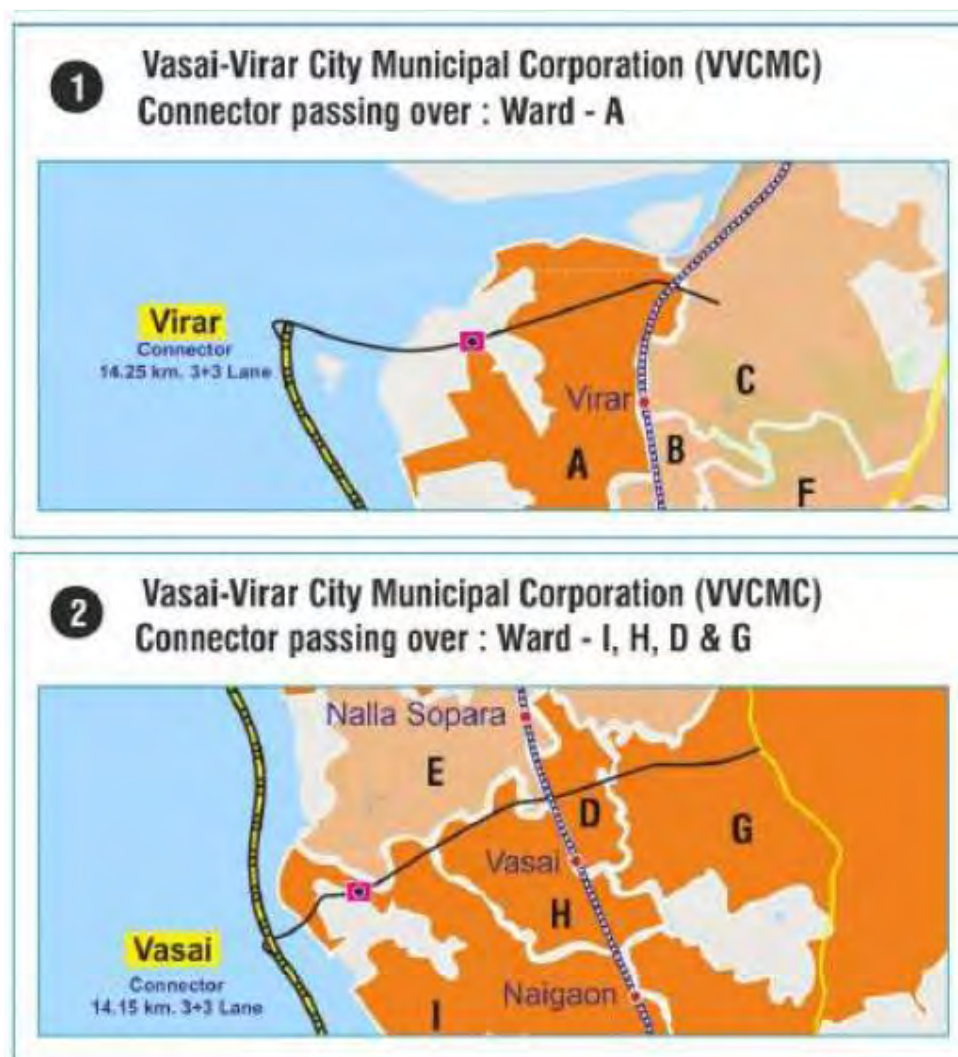
<sup>19</sup> The times of India. Mar 5, 2021. Mumbai: Kalyan ranking improves, Thane and Navi Mum drop a few notches

<sup>20</sup> The times of India. Mar 5, 2021. Mumbai: Kalyan ranking improves, Thane and Navi Mum drop a few notches

## 2.2.4 沿線の集合住宅開発

本節では、VVSL 沿線で進行する大規模な集合住宅開発について整理する。特に、近年人口が増え、人口で州内の 8 位に位置しながらも、農地、森林地、低木地/草地/湿地、海浜的土地利用などが多く、開発余地のある土地を持つ Vasai-Virar に着目する。

Vasai-Virar は、インドのマハラシュトラ州の Konkan Division にある Naiagan、Vasai、Nalla Sopara、Virar の 4 つの都市（Ward）を統治する地方自治体である。同事業では、Virar コネクタ（Virar を通過）、Vasai コネクタ（Naiagan、Vasai、Nalla Sopara を通過）の 2 つのコネクタ道路が通るエリアとなる（下図参照）。



出典：調査団

図 2.5 Virar コネクタ及び Vasai コネクタと通過する Ward の関係

次表は、Vasai-Virar の主な集合住宅開発の様子である。大規模の開発は概ね鉄道駅周辺に位置し、西側の海岸に近く位置していくほど、アクセスが悪いため、開発は疎らとなる。

表 2.8 Vasai Virar 地区の主な集合住宅開発の例

| テゴリ<br>開発名                 | 都市名             | 開始年  | 竣工年  | 面積   | 棟数 | 戸数    | 備考         |
|----------------------------|-----------------|------|------|------|----|-------|------------|
| 単位                         |                 |      |      | acre | #  | #     |            |
| Global City                | Virar West      | 2008 | 2021 | 217  | 31 | 20000 |            |
| Mhada Complex<br>Virar     | Virar West      | —    | —    | —    | —  | —     | 低所得者<br>向け |
| Yashwant Gaurav<br>Complex | Nalasopara West | 2009 | 2012 | 2    | 11 | 500   |            |
| Agarwal Doshi<br>Complex   | Vasai West      | 2009 | -    | 4    | 1  | 460   |            |
| Mittal Enclave             | Naigaon East    | 2005 | 2014 | 3    | 4  | 343   |            |

出典：https://www.mumbailive.com/、magicbricks などから調査団作成

この中で最大級の Global City は民間開発、中間層向けの大規模住宅開発であり、Virar 駅西口まで徒歩 10 分程度である。開発企業は将来の Virar 新幹線駅へのアクセス性もアピールしている。1LDK が 500 万円程度の提供価格である。



注：手前が北、奥が南。左手奥に Virar 駅がある。Virar コネクタ道路はこの写真の右端を通過する。

出典：https://www.rustomjee.com/residential-property/rustomjee-global-city-virar/

図 2.6 Virar 駅西口 Global City 開発の様子

Mhada Complex Virar は、ムンバイ住宅および地域開発局（Mumbai Housing and Area Development Authority-MHADA 1976 年設立）によって計画された低所得者向けの集合住宅である。ムンバイ及びムンバイ郊外地域では、このような低所得者向けの住宅開発も盛んであり、この地域は-MHADA の中の Konkan Housing and Area Development Board（Konkan 住宅・地域開発委員会 1981 年設立）が請け負っている。



## 2.2.5 沿線のフォーカルポイント

沿線には幾つかの集客施設、観光スポットがある。これらは何れも建築的・歴史的意義や規模、施設の質などで、インド国内ないし世界でも有数の観光資源となる要素を持つが、アクセスの悪さが集客のボトルネックとなっている。本事業の完成により、アクセスが改善されれば、集客数が飛躍的に伸びることが予測される。

### (1) グローバル・パゴタ（Global Vipassana Pagoda）

仏教施設の「ストゥーパ」または「パゴダ」は、偉大な仏教指導者の記念碑として建てられた塚である<sup>21</sup>。グローバル・ヴィパッサナー・パゴタは、ミャンマーのヤンゴンのシュエダゴンパゴダのレプリカとして設計されており、仏陀誕生国インドからの非宗派のヴィパッサナー瞑想の思想を純粋な状態で保ってきたミャンマーへの感謝の意を示している。仏陀の遺物が祀られ、アジアで最大の石造建築の1つである。その結果、世界最大の無柱石造ドーム空間を形成している。ビジャプールのゴールグンバズ（直径 27 m）の 3 倍以上のサイズである。

その中心には、8,000 人を収容できる直径 85 m の巨大な瞑想ホールを有する。高さは 99 m で、30 階建ての建物とほぼ同じ高さである。建設には約 250 万トンの石材が使用された。礎石は 1997 年 10 月に敷設され、2008 年 11 月に建設が完了。完工まで 11 年の年月、延べ 387 万人・日が投入された。建設工事は、世界中のヴィパッサナー瞑想者や信者によって支えられた。

主要道路からの同パゴタのアクセスは、NH 48、Western Express Hwy、Mira Bhayandar Rd、Uttan Rd を使って Gorai 村まで行く、もしくは、Borivali Rd から Global Pagoda Road に進むと着くとされているが、車幅も狭い道路も多く、アクセス良好とは言い難い。本事業で Charkop コネクタが完成すれば、アクセスは改善される。



出典： <https://globalpagoda.blogspot.com/p/sunday-vipassana-courses-in-global.html>, Economic times

図 2.7 グローバル・パゴタ外観及び内部の世界最大の石造ドーム空間

### (2) エッセルワールド Essel World

エッセルグループは、設立から 90 年の歴史を持つ、メディア、エンターテインメント、梱包、インフラストラクチャ、教育、貴金属、テクノロジー等、多様なビジネス

<sup>21</sup> 例えば仏陀の最後の日々を記録した談話であるマハパリニッバーナ・スッタには、彼の遺骨を称えるために 10 のパゴタが建てられたと言われている。

を持つ複合企業体である。同グループによって 1989 年に立ち上げられたエッセルワールドは、インド最大の遊園地であり、インドにおけるテーマパークの草分け的な存在である。園内にはあらゆる年齢層を想定した 71 以上のアトラクションがある。同園は、ウォーターキングダム（1998 年、アジア最大のプール・水遊びのテーマパーク）と、エッセルワールド・バードパーク（2019 年、約 1ha 弱の敷地に広がるインド初のインタラクティブな鳥類に特化したテーマパーク）を併設する。この広大な遊園地の場所は、前述のグローバル・パゴタに隣接する。Gorai 村もしくは、Malad のある P-North ward からのフェリーでのアクセスとなり、アクセスは良好とはいえない。本事業で Charkop コネクタが完成すれば、アクセスは改善される。

### (3) ジブダニ寺院 Jivdani Mata Mandir

鉄道の Virar 駅から北東に約 2km のところにある Jivdani 寺院は、Virar の Jivdani 丘陵に位置し、Virar で最も重要なランドマークの一つとなっている。1,375 段の階段の上に位置する、ヒンズー教の女神の一つである Jivdani を祭る唯一寺院として、全国的に有名である。ケーブルカーも整備されている。Jivdani 寺院は築後 150 年たつが、現在でも日曜日やヒンズー教の催事の期間中、何千人もの信者によって拝観される施設である。また、丘陵地帯にあるパパッドカンディダムは、主要な淡水源の 1 つである。本事業で Virar コネクタが完成すれば、東西からのアクセスが良好となる。

## 2.3 本事業と周辺道路事業の整理

本 VVSL の整理に加え、事業に関係する沿岸道路整備の状況についても把握する。本事業は、ムンバイ沿岸で整備が進められている一連の海上・沿岸道路と接続する計画となっていることがわかる。

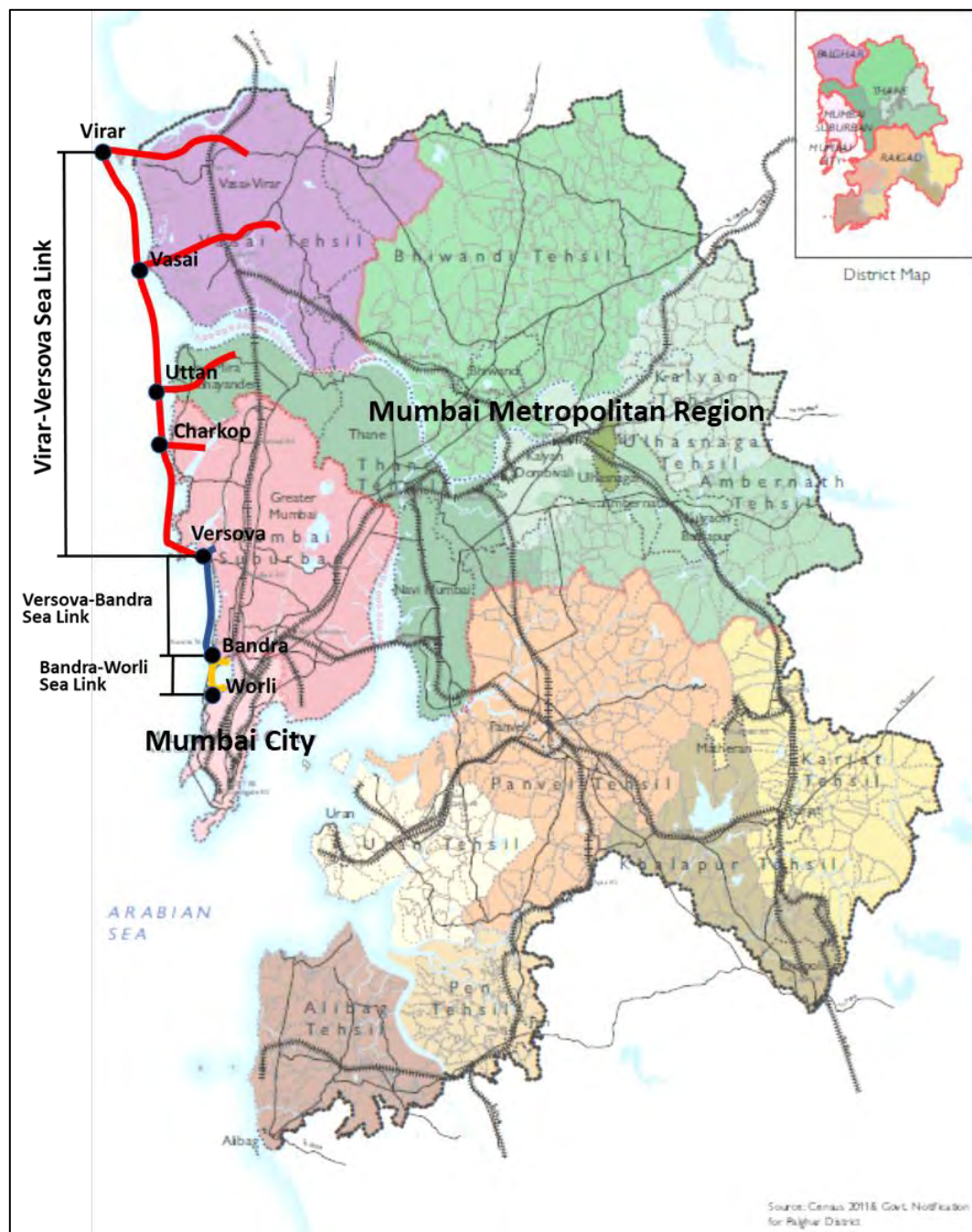
### 2.3.1 本 VVSL 事業の位置・位置づけ

マハラシュトラ州の州都ムンバイは、インドの金融都市ともいわれ経済発展が急速に進んでいる。アラビア海に面した沿岸都市は、多数の入江で分断されており活用できる土地が制限されているために、ムンバイ中心地から北部方向へ都市開発が進んできている。居住人口は北部郊外に集中しており、ムンバイ中心地への交通渋滞は蔓延化して毎日の通勤は過酷な状態になっており、交通網の拡充が急務の課題になっている。

マハラシュトラ州道路開発公社（MSRDC）は、南北方向の交通渋滞を緩和すべくバンドラ・ウォルリ海上道路（Bandra-Worli Sea Link : BWSL）を建設し、2010 年に供用開始した。引き続きその北部延伸としてバーソバ・バンドラ海上道路（Versova-Bandra Sea Link : VBSL）を現在工事中である。本事業のバーソバ・ビラル海上道路（Versova-Virar Sea Link : VVSL）は、さらに北上してビラル（Virar）まで接続する計画である。

本事業が完成すると、ムンバイ西部ウォルリ（Worli）とムンバイ都市圏（MMR：本地図上で着色してある地域）の西側最北端のビラル（Virar）を結び、ムンバイ中心地と北部を結ぶ幹線道路として道路交通渋滞の緩和に大きく貢献することを期待されている。

事業延長・スペックなどは Pre-F/S に最終提案がなされているが、南北約 40km、コネクタ道路を含めば 80km 程度の道路整備事業になる。詳細はエンジニアリング検討、需要予測検討などあるため、後述する。



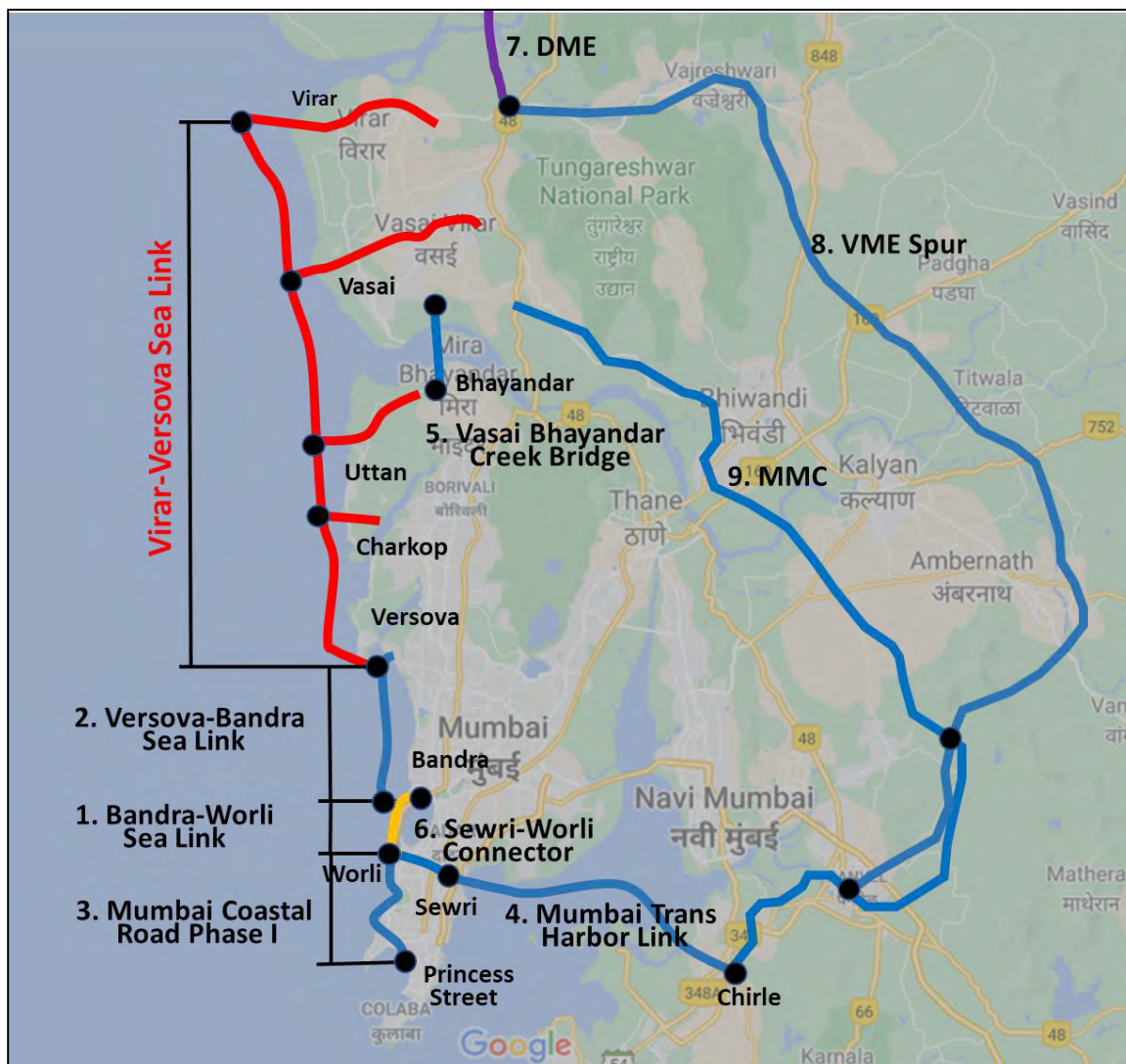
出典：調査団

図 2.8 ムンバイ都市圏における本事業の位置



### 2.3.2 周辺の関連道路事業

本事業はムンバイ都市圏（MMR）の西側北部に位置しており、その周辺関連道路事業として下記の 6 事業が挙げられる。それぞれの事業の概要、事業に関する課題、事業に関して公表されている批判等について、報道等の資料からその要点を整理する。下図及び下表に各道路事業の位置と諸元を示す。



赤線が本案件、青線は建設中もしくは計画中、黄色は供用済み  
出典：調査団

図 2.9 本 VVSL 事業と関連道路事業の位置



表 2.9 関連道路事業の諸元

| 番号 | プロジェクト名                        | 延長(km)                  | 構造の特徴           | 車線数          | 施工主            | 施工会社                                            | 事業費 (INR) | 現状                       |
|----|--------------------------------|-------------------------|-----------------|--------------|----------------|-------------------------------------------------|-----------|--------------------------|
| 1  | Bandra-Worli Sea Link          | 本線：5.6                  | 斜張橋<br>250m     | 4車線<br>x 2   | MSRDC          | • HCC                                           | 160億      | 工事開始：2000年<br>供用開始：2010年 |
| 2  | Versova-Bandra Sea Link        | 本線：9.8<br>接続道路：<br>7.37 | 斜張橋<br>300m     | 4車線<br>x 2   | MSRDC          | • R-Infra<br>• Astaldi                          | 699億      | 工事開始：2018年<br>供用予定：2027年 |
| 3  | Mumbai Coastal Road Phase I    | 本線：9.98                 | トンネル<br>延長1920m | 2-4車線<br>x 2 | BMC/MCGM       | • L&T<br>• HCC – HDC JV<br>• L&T                | 1,270億    | 工事開始：2018年<br>供用予定：2023年 |
| 4  | Mumbai Trans Harbor Link       | 本線：21.8                 | 鋼箱桁橋<br>180m    | 3車線<br>x 2   | MMRDA          | • L&T- IHI JV<br>• Daewoo,-<br>Tata JV<br>• L&T | 1,784億    | 工事開始：2018年<br>供用予定：2022年 |
| 5  | Vasai Bhayandar Creek Bridge   | 本線：4.98                 | Pajud島ラン<br>プ接続 | 3車線<br>x 2   | MMRDA          | • DPR：Stup<br>Consultants                       | 150億      | 工事開始：許可待<br>供用予定：2024年   |
| 6  | Sewri-Worli Elevated Connector | 本線：4.5                  | 橋脚高27m          | 2車線<br>x 2   | MMRDA          | • J Kumar Infra<br>Projects Ltd                 | 127億      | 工事開始：2021年<br>供用予定：2023年 |
| 7  | Delhi Mumbai Expressway        | 本線：1300                 | --              | 4車線<br>x 2   | NHAI/<br>DMEDL | • 多数                                            | 1兆        | 工事開始：2019年<br>供用予定：2023年 |
| 8  | VME Spur                       | 本線：94                   | トンネルあり          | 3車 x 2       | NHAI           | • 入札実施中                                         | 668億      | 入札実施中                    |
| 9  | MMC                            | 本線：124                  | トンネルあり          | 99m幅         | MSRDC          | • 入札実施中                                         | 2,230億    | 入札実施中                    |

注）MSRDC: Maharashtra State Road Development Corporation, BMC: Brihanmumbai Municipal Corporation, MCGM: Municipal Corporation of Greater Mumbai, MMRDA: Mumbai Metropolitan Region Development Authority, HCC: Hindustan Construction Company（インド）, R-Infra: Reliance Infrastructure Limited（インド）, L&T: Larsen & Toubro（インド）, HHTL: Hyundai Development Corporation（韓国）

出典：各種資料から調査団

### (1) バンドラ・ウォルリ海上道路（BWSL）

バンドラ・ウォルリ海上道路（Bandra-Worli Sea Link：BWSL）は、延長 5.6km の 8 車線海上道路でムンバイ郊外西部のバンドラ（Bandra）とムンバイ西部ウォルリ（Worli）を結び、計画中のウェスタン高速道路（Western Express Highway：WEH）の一部を形成する。事業主は本 VVSL 事業と同じ MSRDC である。

工事は 2000 年に開始したが環境問題に関する公益訴訟（Public Interest Litigation～後述）が相次ぎ、完成は 5 年間の遅れとなった。当初事業費は 66 億ルピー（約 100 億円）であったが、160 億ルピー（230 億円）に増加したがその内の 70 億ルピーが借入金に対する利息である。2010 年に供用開始したものの、南部および北部へ延びる接続道路の整備が遅れているために予想交通量 7 万台の半分以下の利用交通量である。乗用車の通行料金 70 ルピー（約 100 円）が高いことと、海上部は 7 分で通過するものの接続部の慢性渋滞が批判されている。ムンバイ島嶼部への大型貨物車乗り入れが規制されているため、BWSL は大型貨物車の通行が出来ない。また、二輪車も通行できない。

一方で、本事業はムンバイ初の海上道路・斜張橋であり、通常 45 分掛かる道路移動を 10 分に短縮し<sup>22</sup>、ムンバイの新しいシンボルとして受け入れられている。周辺のバ

<sup>22</sup> <https://economictimes.indiatimes.com/bandra-worli-sea-link-hcc-works-miracle-on-sea/articleshow/4742169.cms>

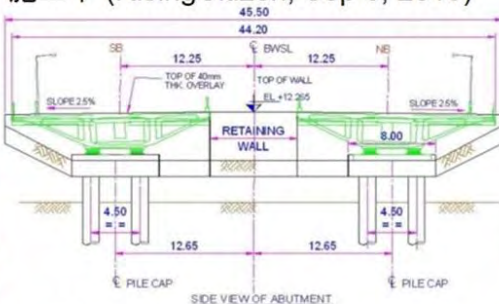
ンドラ地区は、インド証券取引所などが所在する新都心地域であり、旧市街と新都心へのアクセスとして不可欠な道路となっている。



位置図 (RisingCitizen, Sep 6, 2010)



施工中 (RisingCitizen, Sep 6, 2010)



設計図 (Archinomy.com, Bandra Worli Sea Link)



開通後の写真 (Tripadvisor)

出典：調査団（各写真の出所は図内に示した）

図 2.10 BWSL 概要

**BOX-1：インドの公益訴訟**

上記周辺関連道路事業の共通問題として、公益訴訟（Public Interest Litigation）が頻繁に出てくる。大型プロジェクトのデリー外環道路事業についても、中央政府と州政府の調整に最高裁が介入した事例があるが、公益訴訟はインド司法の独特の特徴といえる。行政上の問題が、公益という目的で簡単に訴訟されて裁判所の裁定を求めることができる。デリー外環道路事業のように中央政府や複数の州政府が関係するときは、最高裁判所が直接裁定を行う。道路交通省幹部の人事問題にも最高裁が介入する。日本企業も対象となったハイデラバド外環道路事業では、入札過程が不透明だとして十分な証拠がなくても不満を持った企業が起訴できる。また、起訴がなくても裁判所が疑問を持ったら、行政に直接介入して命令を出す。

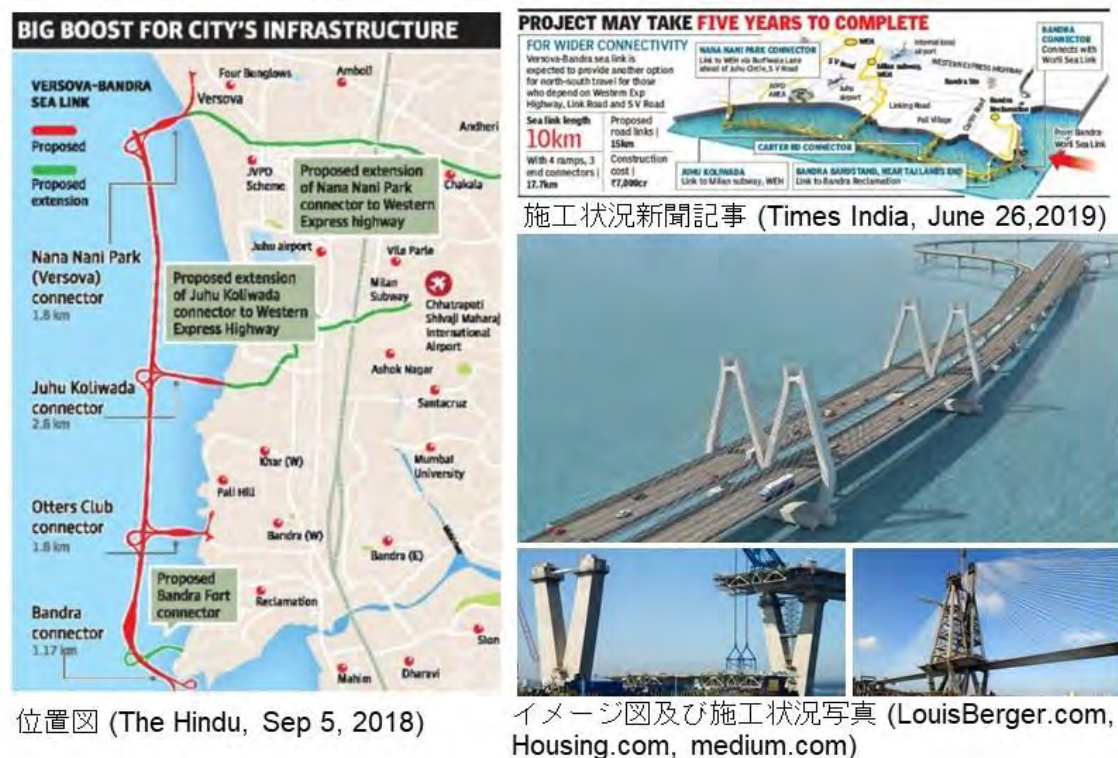
この公益訴訟は、インドの司法制度を変えたと言われている。公益と認められれば、当事者でなくても起訴でき、起訴も簡略化されており、証拠が不十分な状態で起訴される場合が多く、裁判所が直接調査を指示できる。行政府に対しても立法を命令し、行政問題を裁定し、またその命令の実行を監視できる。命令が守られない場合には、その行政の長を罰することもできる。

この様な公益訴訟制度がインドで生まれたのは、1970年代後半起きたインディラ・ガンディ首相の非常事態に対して、裁判所が司法を守ることができなかった、という反省がきっかけになっている。その後も政治や行政の腐敗は続き、機能を果たさない議会に対して国民が失望し、最後の頼みの綱として裁判所に、立法及び行政への介入を求めたという歴史がある。また、少数民族が多いこの国で、多数決のデモクラシーでは問題解決とはならず、裁判所に公益の立場から裁定を求めてきた。この様にして、様々な行政問題が裁判所に持ち込まれ、その裁定を仰ぐというインド独特の法制度になっている。

**(2) バースバ・バンドラ海上道路（VBSL）**

バーソバ・バンドラ海上道路（Versova-Bandra Sea Link、VBSL）は、本線延長 9.8km と接続道路 7.37km との計 17.17km の 8 車線海上道路で、バンドラ・ウォルリ海上道路から北上してアンデリ（Andheri）に隣接するバーソバ（Versova）へ接続する。事業主体は本調査対象事業 VVSL と同じく、MSRDC である。Andheri は、ムンバイ郊外部では最も開発が集中している地区の一つであり、Mumbai Metro 1 号線は Andheri 地区の東西移動抵抗を緩和させる目的で整備されており、周辺は交通需要が旺盛である。

2012 年に事業費 404.5 億ルピーで事業化されたが、PPP による事業実施を試みて不調となり、2018 年に技術・調達・建設（Engineering, Procurement, Construction～EPC）契約、事業費 699 億ルピーで発注された。2019 年 2 月、Juhu ビーチに計画された製作ヤードが沿岸管理当局の建設許可を受けたことに対し、環境活動家から異議申立がなされ、2019 年 4 月ボンベイ高等裁判所 CRZ ガイドライン違反を理由に建設許可を取り消した。その後、本件は製作ヤードの設置個所を Malad に変更することで 2020 年 7 月に解決した。コロナ禍で工事は遅延し、進捗率は 2021 年 8 月 15 日時点でわずか 2%である。当初の 2023 年完成予定は 2027 年に延期されている。



出典：調査団（各写真の出所は図内に示した）

### 图 2.11 VBSL 概要

### (3) ムンバイ沿岸道路フェーズ 1

ムンバイ沿岸道路フェーズ 1 (Mumbai Coastal Road Phase I) は、延長 9.98km の 4 車線区間および 8 車線区間道路で、プリンセス道路高架橋から北上してバンドラ・ウォルリ海上道路のウォルリ端末へ接続する。

2011 年にマハラシュトラ州道路開発公社（MSRDC）は、2010 年に海上道路の構造を PPP 契約で発注したが、契約上のトラブルと製作ヤードの確保ができなかったために 2011 年に契約を破棄した。2012 年に州政府は、ムンバイ南端部の Nariman Point から北部の Kandivali を結ぶ総延長 35.6km の沿岸道路構造で埋め立てを含むウェスタン高速道路を事業費 1000 億ルピーの全体計画を策定した。沿岸規制地区（Coastal Regulation Zone）基準は埋め立てを禁止しているために、州政府は中央政府にムンバイ沿岸道路を基準から除外する承認を得た。

2015 年にオランダ政府と埋立地環境保護時術協力を提携し、マングローブ保護費として事業費の 2%を計上することで 2017 年に環境森林省が計画を承認し、工事は 2018 年に開始した。しかし、環境グループが埋め立ては不法であると訴訟を起こし工事は中断したが、2019 年に最高裁の承認により工事再開となった。2023 年に完成の予定である。

(4) **ムンバイ湾横断道路 (MTHL)**

ムンバイ湾横断道路（Mumbai Trans Harbor Link、MTHL）は、延長 21.8km の 6 車線道路でムンバイと対岸にある衛星都市ナビムンバイ、インド最大のコンテナ港である

Jawaharlal Nehru Port (JNPT) とを結ぶ。ムンバイ側では東部高速道路 (Eastern Freeway) 及びセウリ・ウォルリ高架連結道路 (Sewri-Worli Elevated Connector～後述) に連結し、ナビムンバイ側ではムンバイ・プネ高速道路 (Mumbai Pune Expressway) に連結する。

2004 年に BOT 契約による入札を実施したが不調になり、その後 2 回にわたり入札不調となった。2011 年に州政府は担当庁を MSRDC から MMRDA へ変更し、40%の VGF が付けた PPP 契約で入札を試みたが不調に終わった。契約方式を PPP から直接契約に変更し、JICA から資金協力を受けることとした。フラミンゴ等の渡り鳥にとって重要な生息地としての大規模な干潟・マングローブへの影響という大きな問題を解決し、2017 年末に工事契約が完了し工事着工となった。

2005 年の事業費は 400 億ルピーであったが、2017 年では 1784 億ルピーに増大した。この事業費は漁業補償費、騒音対策費、マングローブ保護対策費、環境対策費を含んでいる。2021 年 2 月時点で工事進捗率は 35%で 2022 年に完成の予定である。

本事業は JICA 資金協力 (円借款) が提供<sup>23</sup>され、供与限度額・金利については、第 1 期は 1,447.95 億円 (円 LIBOR+10bp)、第 2 期は 669.09 億円 (円 LIBOR+85bp) で、ともに償還 30 年 (据置期間 10 年)、一般アンタイドの調達条件で供与された。(なお、コンサルサーサービスの金利は 0.01%を適用)

本事業の総合コンサルサーサービス (GC) は AECOM を契約主体とし、(株)パデコを含む共同事業体が受注している。本事業のコントラクタは表に示したとおりだが、鋼橋を含む契約区間 (第 1 工区) では、インド L&T 社と本邦(株)IHI インフラシステム (IIS 社) が受注し、本邦の質の高いインフラ技術提供の具体化に貢献している。また、第二工区 (Daewoo-Tata) のサブコントラクタとして本邦 JFE スチール(株)も参画している。

IIS 社、JFE 社の参画と鋼橋・鋼基礎技術提供は、インフラシステム海外展開戦略 2025<sup>24</sup>に示されたように、「コア・ジャパン」の具体化、現地・第三国企業との連携、現地リソース (Make In India) との融和アプローチであり、本 VVSL 事業形成でも参照すべきビジネスモデルと考える。

調査団は 2021 年 12 月に第 1 工区 (約 10km) の現地視察を行った。下部工はほぼ 100%、上部工も約 50%の進捗があり、180m スパンの鋼橋 (2 箇所) の施工準備が進められていた。

---

<sup>23</sup> [https://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/oda/press/shiryo/page22\\_000343.html](https://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/oda/press/shiryo/page22_000343.html) 等

<sup>24</sup> 経協インフラ戦略会議、R2 年 12 月 10 日





出典：調査団

図 2.12 MTHL 道路およびセウリ・ウォルリ高架連結道路 位置図





出典：調査団

図 2.13 MTHL 施工状況（2021 年）

#### (5) バサイ・バヤンダー入江橋

バサイ・バヤンダー入江橋（Vasai Bhayandar Creek Bridge）は、バサイ入江を横断して Vasai West と Bhayandar West を結ぶ延長 4.98km の 6 車線道路橋である。約 1km 上流に鉄道橋が平行して横断している。入江にある中洲 Panju 島にもランプで接続する。ムンバイ都市圏（MMR）の西側北部はバサイ入江で分断されており、これを結んでいるのは国道 48 号線（旧 8 号線）のバサイ橋の 1 本だけである。Vasai West から Bhayandar West を迂回距離の約 30km を約 5km に短縮する。

工事個所には 9.86 ヘクタール塩田があるが承認を得た。3.2 億ルピーを中央政府に支払い譲渡された。また 3.44 ヘクタールのマングローブがあり森林局からの承認を待っている状態である。詳細プロジェクト報告書（DPR）については、STUP Consultants が作成する予定である。完成予定は 2024 年である。2013 年に計画された時点での事業費は 30 億ルピーであったが、現在の事業費は 150 億ルピーである。

VVSL と並行する道路であり、需要面で競合する事業であるが、両端が市街地に接続し、南端はクリークにぶつかるため、調査団は、広域需要では VVSL 事業と競合しないと評価する。

## (6) セウリ・ウォルリ高架連結道路

セウリ・ウォルリ高架連結道路（Sewri-Worli Elevated Connector）は、延長 4.5km の 4 車線道路で 2 つの海上道路バンドラ・ウォルリ海上道路とムンバイ港横断道路とを接続する。2 本の鉄道を横断する跨線橋が含まれている。2016 年に事業費 49 億ルピーで計画されていたが、ムンバイ港横断道路と共に遅れることになり、現在の事業費は 127.6 億ルピーである。2021 年に施工開始し、完成予定は 2023 年である。556 本の樹木を伐採する必要があるため現在公聴会を開催している。住民移転と再建計画が重要課題となっている。

## (7) デリー・ムンバイ高速道路事業（DME）

首都のデリーとムンバイを接続する総延長 1350km、8 レーンの新設高速道路で、事業費は約 13,000 百万ドル（1.4 兆円）と想定されている。2025 年までに整備すべきインド国内の高速道路整備事業の中で最も注目度の高い事業である<sup>25</sup>。NHAI による整備であるが、特別会社である DME Development Limited が設置されている。制限速度が時速 120km であり、将来は 12 レーンまでの拡幅が計画されている。2017 年に建設承認され、2019 年 3 月に施工開始された。2023 年に供用が想定されており、供用後は世界最長の高速道路となる。自動車による所要時間が現状 24 時間から 12 時間に短縮することが想定されている。本道路には電気鉄道のような電線が設置され、トラック・バスはパンタグラフから電力供給を受け走行するシステムが導入される見込みで、e-Highway という呼称で実証実験中である。

ムンバイ側の終点は Virar 郊外であり、VVSL と下記の外郭環状道路に接続する道路となるため、VVSL はムンバイ都心部と DME を直結する道路に位置づけられている。

## (8) VME Spur 事業

Virar から JNPT 方面に接続する 94km、6 レーンの新設高速道路（事業費は 668 億ルピー）<sup>26</sup>で、上記 DME の終点 Virar から JNPT に接続する道路として計画、整備中である。整備主体は NHAI。途中にマハラシュトラ州を東西に横断する Mumbai -Nagpur 高速道路と接続地点（Samrudhi）がある。VME は Vadodara Mumbai Expressway の略称で、デリー・ムンバイ高速道路（DME）の旧称である（Vadodara はグジャラート州の主要都市の一つ）。Spur は枝線を意味する。

<sup>25</sup> <https://timesofindia.indiatimes.com/india/23-expressways-new-highways-coming-up-in-next-5-years/articleshow/77526921.cms>

<sup>26</sup> [http://mpcb.ecmpcb.in/notices/pdf/PH\\_Exesum\\_NHAI\\_.pdf](http://mpcb.ecmpcb.in/notices/pdf/PH_Exesum_NHAI_.pdf)



Figure 1-9: Details of NHAIS MVE Spur and Multi Modal Corridor

出典：https://themetrorailguy.com/

図 2.14 VME Spur 路線（青）、MMC 路線（赤）

## (9) Multi Modal Corridor (MMC)

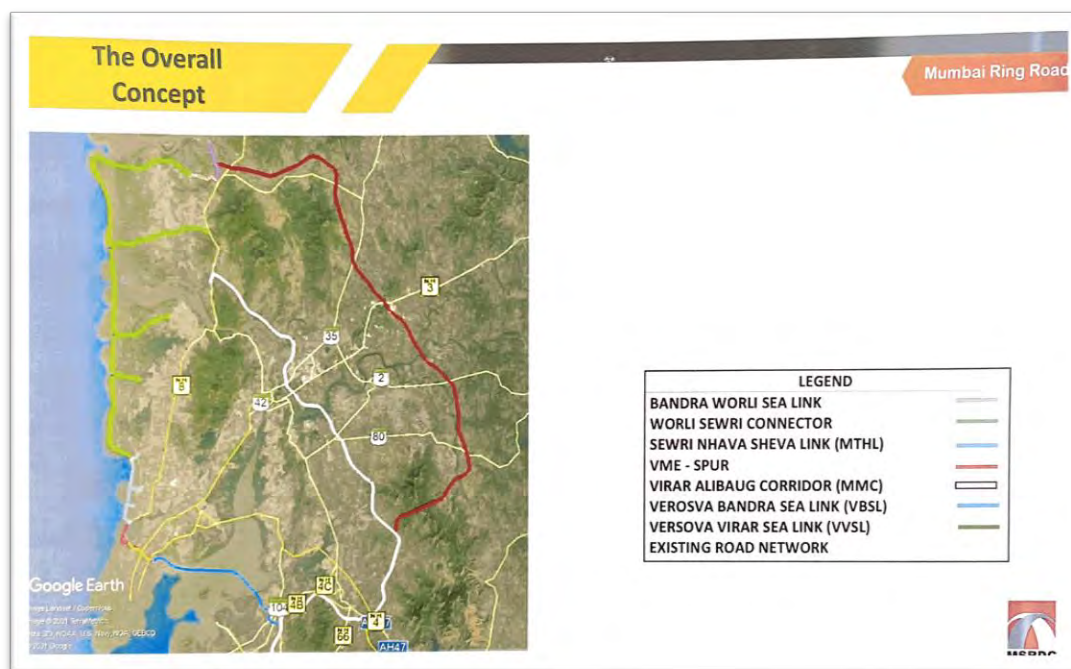
MMCはVirar地区南端（Vasai）からThane地区を通過しJNPT周辺のAlibaugに至る124kmの幹線道路計画であり、前述2008年のCTS計画において提唱された事業である。整備費用は約30億ドル（2230億INR）と想定されている。多くの放射道路と接続し、特に南端ではMumbai Pune Expresswayと接続する。99m幅の標準横断面が提案されており、中央にはメトロ整備が計画されている。近年まではMMRDAが整備主体として想定されていたが、2021年になってMSRDCが整備主体に交替している。



**BOX-2：ムンバイ環状道路整備計画と大型車通行規制**

MMC および VME Spur 事業の 2 者で、ムンバイ東側のバイパス道路を構成し、MMCはMTHLと接続してムンバイ西側のバイパス道路（BWSL~VVSL）とも接続する。この東西の環状道路が一体化し、完全な環状道路整備を達成することが、MSRDC などムンバイ道路関係者の目標となっており、MSRDC では下図のようなコンセプトペーパーを作成して、中央政府にも内諾を得ている。特に、北端の Virar に接続する Delhi Mumbai Expressway の接続が従来の NH48 では、DME 整備効果が十分に発揮されないことから、DME に直接接続する VVSL の重要性が主張されている。

現状、ムンバイ島嶼部（都心部）は大型車乗り入れ規制があるため、ここに繋がる BWSL は大型貨物車が通行不可である（設計は大型貨物車にも対応している）。このため、BWSL の運用を参照している VVSL の Pre-F/S では、需要予測に大型貨物車を含んでいない。将来、MTHL・DME に接続して環状道路として VVSL を運用するのであれば、当然ながら大型貨物車の通行を想定した事業計画・需要予測にする必要がある。調査団では MSRDC にこの通行規制に関する将来構想を確認することが出来なかったため、今後確認する必要がある。



出典：MSRDC, Vision of Mumbai Ring Road Concept, 2021

**図 2.15 Mumbai Ring Road Concept**

### 2.3.3 ムンバイにおける道路整備主体、運営事業者

前節では本 VVSL 事業に接続する高規格道路事業について説明したが、その整備主体は 3 者ある。本節ではこれらを整理する。また、運営事業者についても述べる。

#### (1) マハラシュトラ州道路開発公社（MSRDC）

インド・マハラシュトラ州政府が所有し、同州政府公共事業局の下部組織として 1996 年 7 月に設立された公社である。正式名称は、Maharashtra State Road Development

Corporation Limited である。定款<sup>27</sup>では、「MSRDC は、マハラシュトラ州の対象都市を接続する道路事業、フライオーバー、LRT、海上道路、水上交通施設などの計画・設計・建設・運用管理を所管する。MSRDC は沿道環境整備、その他関連インフラ整備にも関与する。MSRDC は、有料道路の通行料金徴収権を持ち、道路事業資金確保のための用地開発権を保持する。MSRDC は民間資金提供に基づく道路事業推進の主幹事として位置づけられ、また、上記を推進するため、市場からの資金確保、債券発行、料金徴収、政府資金により整備資金調達を進めている」と紹介されている。

また、同公社 Website<sup>28</sup>では、業務内容として、1) 道路事業の推進・運営、2) 対象道路事業の計画・調査・設計・建設・管理および周辺開発の実施、3) 道路事業に関連する資産管理、4) 関連事業に資する調達・契約監理、5) 計画・調査・設計・建設・管理および周辺開発にかかる業務への参画推進、6) 関連組織との連携推進、7) その他州政府による委託事項の実施、が示されている。

MSRDC の最初の事業は、1997 年 3 月より BOT 方式（30 年の事業期間）で開始されたムンバイ〜プネー高速道路事業（延長 94.5km）であり、1998 年に調達を行い、2000 年から順次開通し、2002 年に全線開通している。本道路は、マハラシュトラ州の教育・文化首都と位置づけられるプネー市とムンバイを接続し、インド国内でも最初の 6 車線高速道路として整備された。

その他、先述 BWSL・VBSL 道路、各種ムンバイ市内の WEH 上でのフライオーバー整備の他、ムンバイからナグプール（マハラシュトラ州の北東端、都市圏人口約 300 万人）まで、マハラシュトラ州を東西に横断する約 701km の都市間高速道路建設事業を EPC 契約で実施中である（2019 年 1 月から工事開始し、工事遅れ等もあるが、2021 年末から順次開通予定である）。

MSRDC 長官は、マハラシュトラ州政府の公共事業大臣が兼務する。組織は、Management Director 以下、総務・人事、工務（エンジニアリング）、料金徴収、土地収用、経理財務、営利事業（道路周辺の遊休土地・スペースなどの活用）、秘書、法務の部局から構成される。

## (2) ムンバイ都市圏開発庁（MMRDA）

MMRDA はムンバイ広域都市圏（MMR）を対象に、地域計画策定とインフラ整備を主管する州政府機関であり、1975 年に MMRDA 法（州法）により設立された。管理組織の議長はマハラシュトラ州都市開発省大臣が兼任する。

MMRDA の職務は、地域開発計画の策定、主要プロジェクトへの資金提供、自治体向けインフラ事業支援、プロジェクトの実施支援、開発事業推進に関連する規制策定、等であり、関連セクターは、交通、住宅整備、上水道、環境衛生と非常に広範囲である。

初期の MMRDA 主要プロジェクト事例として、ムンバイ郊外のバンドラ・クルラ都市開発事業（Bandra Kurla Complex : BKC 事業）が挙げられる。MMRDA は 1977 年に BKC 事業の実施主体として指定され、Mithi 川河口の湿地帯約 370Ha を埋め立て・土地

<sup>27</sup> [https://www.msrdc.in/Site/Upload/GR/organizational\\_particularRTIPalra1.pdf](https://www.msrdc.in/Site/Upload/GR/organizational_particularRTIPalra1.pdf)

<sup>28</sup> <https://www.msrdc.in/1218/About-us>

開発・インフラ整備し、現在の BKC 副都心（インド証券取引所やインド準備銀行等、多数の金融機関本部が集約される金融街）を管理している。

また、現在施工中のムンバイメトロ 3 号線（円借款事業、34km 全線地下、現状、世界的にも最大級の地下鉄建設、2023 年開業見込み）はムンバイ都市鉄道公社（MMRC）により実施されているが、MMRC は 2008 年に MMRDA により設立された公社であり、MMRDA から人的支援も受けている。メトロ建設事業のうち、現在建設中・準備中の 2, 4, 5, 6, 7 号線は MMRDA の所管で整備されている。モノレール建設・運営も MMRDA の所感である。また、ムンバイ都市圏の総合的な交通整備事業である Mumbai Urban Transport Project (MUTP) 第 1 期～第 3 期を通じて、道路改良、鉄道改良、関連する都市環境改善を推進した。

先述の MTHL 事業は、MSRDC が PPP（BOT 方式）により事業検討をしていたが、州政府の決定（2009 年 2 月）により MMRDA が事業実施を引き継ぐことになった。JICA 準備調査では MMRDA の大規模道路事業での事業管理能力が評価されたとしている。また、MSRDC は、当時は BOT 方式の道路整備事業を所掌していたので、EPC 方式に変更された 2014 年時点では MSRDC が担当する可能性がなかった<sup>29</sup>。一方で、現在では MSRDC も EPC 方式で VBSL 事業を推進しているため、VVSL 事業が EPC、BOT どちらとなっても MSRDC による事業実施が崩れる可能性は低いと考えられる。

### (3) ムンバイ市（BMC/MCGM）

ムンバイ市（BMC : Brihanmumbai Municipal Corporation、もしくは、MCGM : Municipal Corporation of Greater Mumbai）は自治体組織であり、1888 年に Mumbai Municipal Corporation Act により設立された。ムンバイ市の所管にインフラ整備も含まれるが、基礎自治体としての役割が強く、産業開発、保健、公設市場、治水、衛生、消防防災部門が主体である。先述の Coastal Road 事業は、2011 年までは MSRDC により PPP 事業として整備計画されていたが、2012 年に 1 月に提出された報告書により公的資金による整備が相応しいとされ、当時のマハラシュトラ州知事が BMC を事業主体に指名した経緯がある。Coastal Road 事業の範囲が旧市街地であり、郊外の開発を行う MMRDA ではなく、BMC が事業主体となりうる。

また、ムンバイ市の地理的な所掌範囲はムンバイ郊外を含まないため、VVSL 事業は地理的には BMC は所管しない。

### (4) MEP 社

ムンバイ都市圏・マハラシュトラ州における MSRDC 所有の高速道路事業の運営事業者である。現状では、WEH や BWSL、ムンバイ～プネ高速道路など 5 路線の料金徴収を行っている。運営事業は、料金徴収と維持管理（日常点検、安全管理など）であり、3 年毎に入札により事業者契約が更新されるが、2009 年の BWSL の運営事業者の調達以降、継続して MEP が運営事業者となっている。MEP 社は完全な民間事業者であり、また、MSRDC との資本関係もない。

<sup>29</sup> [https://libopac.jica.go.jp/images/report/12270336\\_03.pdf](https://libopac.jica.go.jp/images/report/12270336_03.pdf)



## 2.4 本事業の必要性

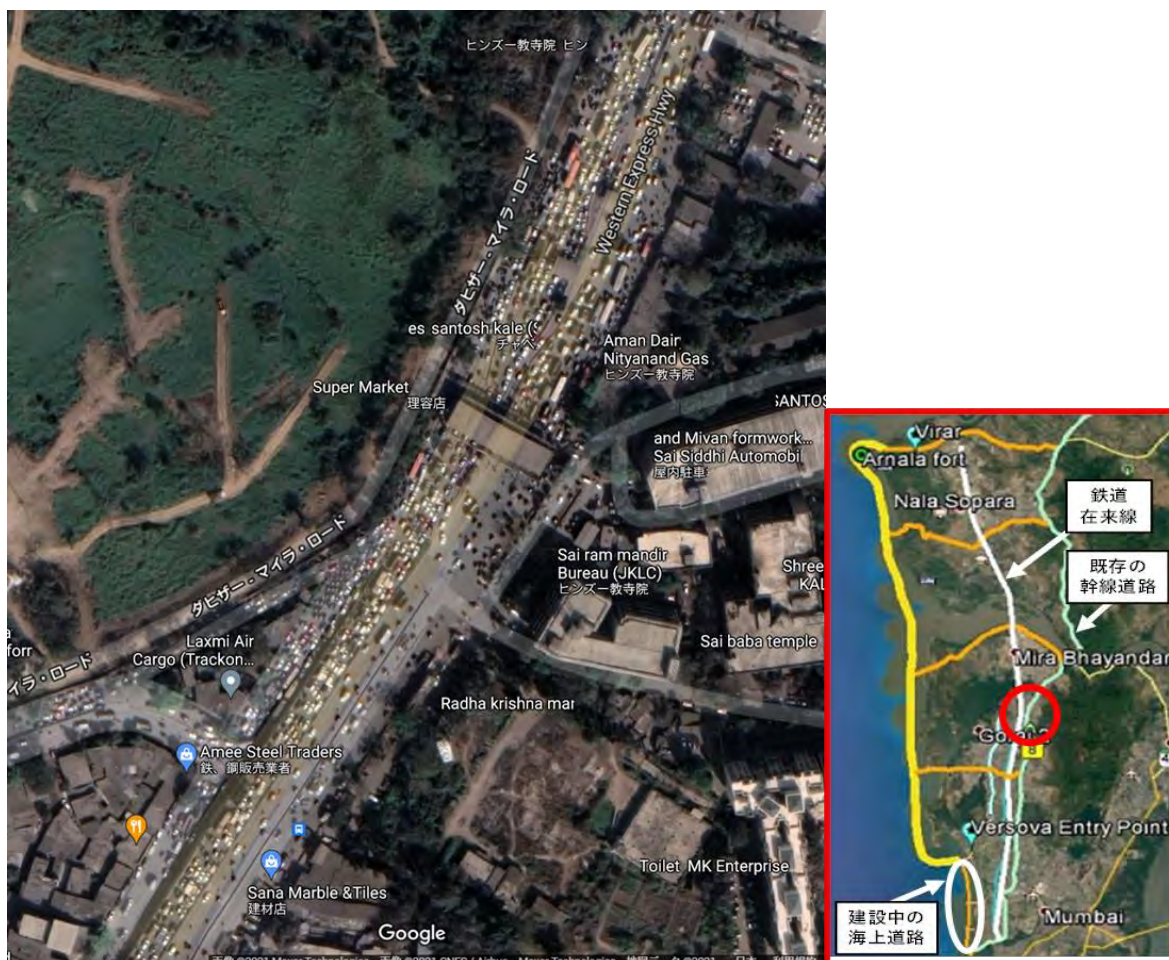
本節では上述の資料を含め VVSL 事業の必要性について、下記視点に基づき整理する。

### 2.4.1 既往の西部高速道路（WEH）・在来鉄道への需要集中

ムンバイの都市軸は北部方面に伸びている。Bandra、Andheri、Goregaon、Versova、Mira Bhayandar、Vasai、Virar と副都心・衛星都市が連担し、約 430 平方キロ、600～700 万人<sup>30</sup>の都市圏を構成する。これら都市圏を接続しているのは、ウェスタン高速道路（Western Express Highway：WEH）と呼ばれる広域幹線道路と、ウェスタン鉄道（Western Railway：WR）と呼ばれる在来鉄道である。これら都市軸における既存交通網を見てみると、一気通貫で接続しているのは、道路では WEH、鉄道では WR だけであり、その他に広域の代替路線がない。

#### (1) WEH の混雑状況・遅れ

WEH の走行速度調査によれば、VVSL に並行する区間での所要時間は制限速度の走行と比較し 2.5～3 倍の時間がかかっている（3.1 節参照）。遅れの原因となっている WEH の主要交差点における衛星写真を以下に示す。



出典：調査団

図 2.16 WEH 料金所（Dahisar 料金所）の混雑の様子

<sup>30</sup> <https://sedac.ciesin.columbia.edu/mapping/popest/gpw-v4/> に拠る推計（2015 年人口）

### Dahisar 料金所

ムンバイ郊外地区の北端に WEH の料金所（Dahisar 料金所）があり、両方向で混雑しているのが分かる。ムンバイ郊外地区に北側から入境する都市間道路はここだけであり、需要集中が避けられない。広域需要の大型貨物や大型バスが通行する一方、近隣需要のタクシーや三輪タクシー、バイクも混在し、Bhayandar 方面の交通と交差するため、渋滞が激しい。この付近では一般道、WEH あわせて片側 10 車線以上に拡幅されており、周辺は市街地や保護森林地区（国立公園）に隣接しているため拡幅の余地は少ない。ETC（Fastag）も導入されているが、近隣でメトロ工事を実施しているため本格的な ETC 設置工事が出来ておらず、料金所職員がハンドヘルドデバイスによる読み取りを行っている。。

### Vasai Creek Bridge と Thane 合流

Vasai Creek Bridge はムンバイ都市圏において唯一 Vasai 川を渡河できる道路であるため、広域需要だけでなく、近隣の交通需要も集中する。片側 2 車線、550m の橋梁であり、写真ではムンバイ方面へ入境する交通需要が渋滞しているのが観測できる（インドは日本と同じ左側通行）。特に、この橋梁の南側に Thane 方面へ分岐する交差点があり、交差点が飽和しているため、本線での渋滞が激しくなっている。

この混雑に対応する事業として、現在、Vasai Creek Bridge の拡幅事業が進められており、PC 橋での整備が進められている。この整備が進めば、交差点が立体化されるため、交差点による渋滞は緩和されるものと考えられる。

前節に示したが、本橋梁の西側に Vasai Bhayandar Creek Bridge 橋梁の整備が進められているが、この橋梁は前後に広域道路が接続されているわけではなく、Mira Bhayandar と Vasai の市街地を接続する域内道路であり、広域需要を吸収するものではない。



出典：調査団

図 2.17 Vasai Creek Bridge の混雑の様子





出典：調査団撮影（2021年12月）

図 2.18 Vasai Creek Bridge 拡幅事業の状況

### 進む既往フライオーバー整備

主要な交差点では十分な道路容量を確保し、通過交通を分離するためにフライオーバーが設置されている。渋滞対策投資はある程度進んでおり、あとは全線高架道路を道路敷内に設ける程度の容量確保策しか残されていない。



出典：調査団

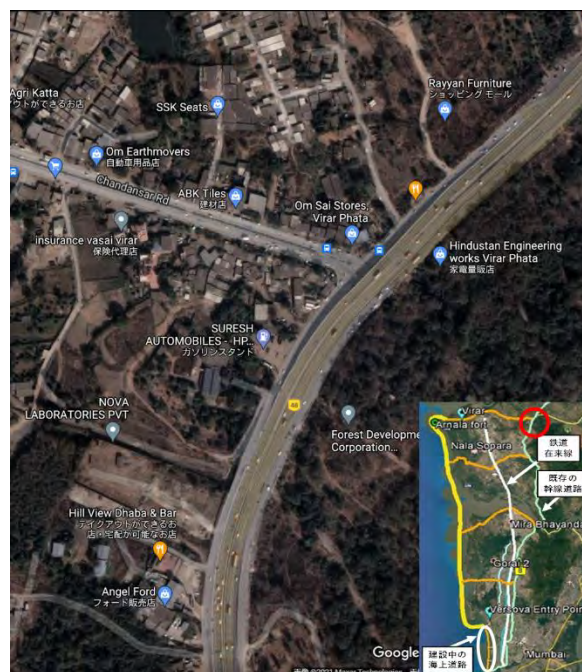


図 2.19 WEH Vasai フライオーバー（左）、WEH Viral フライオーバー（右）

## 地形と線形の悪さ

WEH は比較的丘陵地帯を通過しているため、横断・縦断ともに高速道路としての線形が不十分である。例えば、上述の Vasai の交差点周辺であるが、丘陵部を通過するため直線的な線形になっておらず、また、沿線立地が進んでいるため線形改良もままならない。

## (2) WR の整備状況・混雑状況、高速鉄道、DFC の整備状況

### ウェスタン鉄道の状況

ムンバイにおけるウェスタン鉄道（WR）は 1920 年代に電車運転を開始、1980 年代から世銀資金により整備された都市近郊鉄道であり、東京首都圏の鉄道にも劣らないフリクエントサービスを提供している。具体的に言えば、我が国鉄道車両よりも幅広い車体を持つ 12 両編成（一部 15 両編成）の電車が運行され、ピーク時には普通・快速が複数線でそれぞれ最短 3 分間隔でのサービスが提供されている。東京首都圏で言えば、東海道本線（快速）及び京浜東北線（普通）を合体させたレベルのサービス提供がなされている。集客圏も広く、乗車時間 1.5～2 時間程度の広範囲から集客し、ムンバイ都心部まで長距通勤輸送を行っている。

混雑状況も凄まじい（下記写真）。インドでの鉄道混雑状況は、車両床面積辺りの旅客人数で示されるが、調査に基づけば 8～12 人/平米（1 平米の床に 8～12 人が立つ状態であり、日本で言えば乗車率 200～300%）である。

前述のように、この都市軸において WR 以外の代替旅客路線はなく、また長距離優等列車や貨物輸送（Vasai Road 以北）も同じ経路を通過する。但し、日本の資金支援による高速鉄道プロジェクトが進行中であり、本路線をバイパスするため、近い将来、長距離優等列車の運行が合理化される可能性はある。但し、VVSL 区間に並行する新規通勤鉄道計画は存在しないため、近隣とムンバイを接続する道路交通需要は維持されることになり、VVSL における旅客需要のリスクも最小化出来るものと考ええる。



出典：調査団

図 2.20 ウェスタン鉄道の混雑状況（2019 年）



### 高速鉄道の整備計画と VVSL

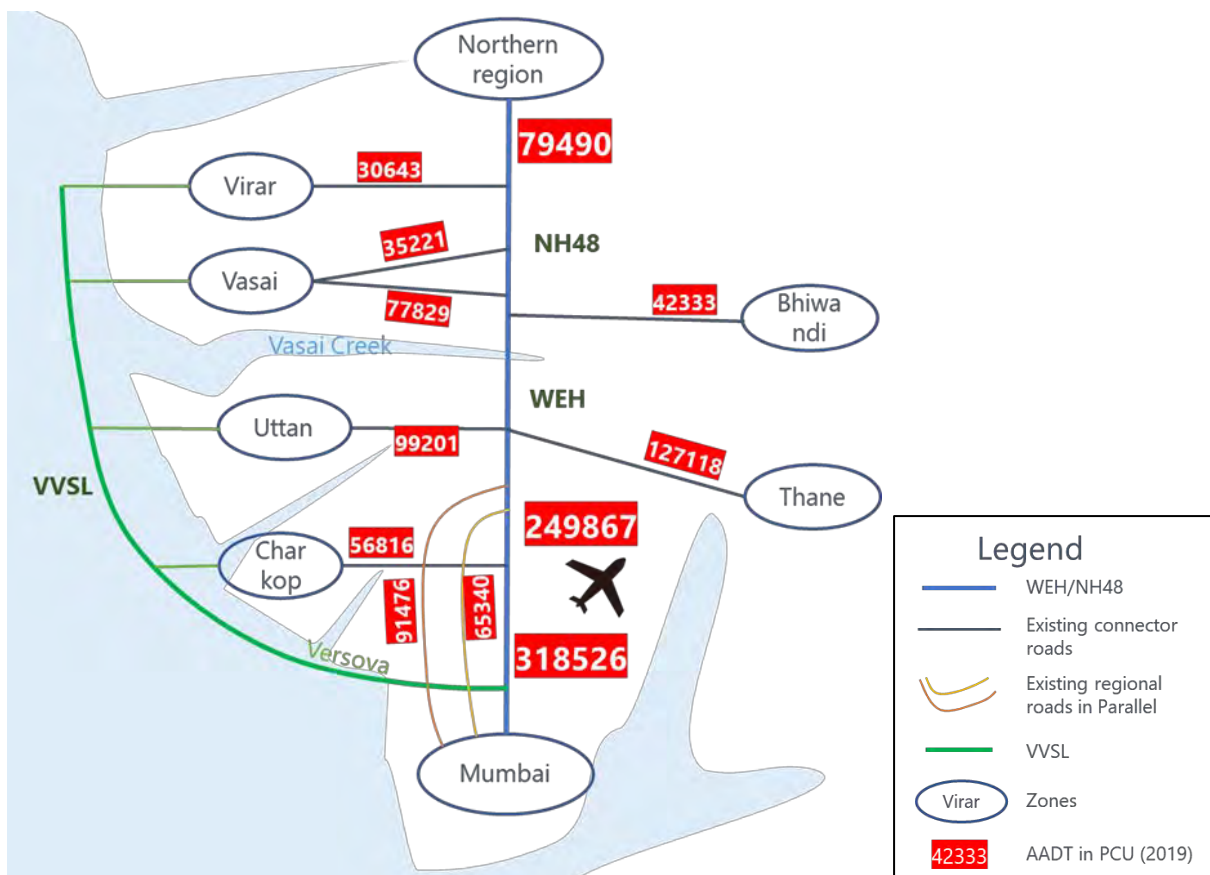
ムンバイーアフメダバード間約 508km を対象に高速鉄道の整備事業が進められている。日本から最大で 1 兆 4600 億円の円借款で資金調達することが 2015 年 12 月合意され、新幹線方式での整備が進められており、本邦との関係が深いプロジェクトである。高速鉄道の路線は、ムンバイ駅（新都心域－BKC 周辺、地下鉄 2 号線と接続）を出た後、Thane、Virar、Boisar を通過して、グジャラート州（アフメダバード）へ抜ける。（VVSL に並行する高速鉄道路線の状況は、図 4.33 を参照のこと）

Virar は VVSL 事業の対象地域であり、コネクタ道路で接続する。道路と鉄道であるため、直接の接続があるわけではないが Virar 自体は高速鉄道の新設駅を中心とした新都市計画などが進められており、新規需要なども検討できる。既往のバス旅客が高速鉄道などに転換する可能性はあるものの、高速鉄道の利用者は長距離かつ速達性を重視する旅客であり、近郊・アクセス性を重視する VVSL の利用者需要に影響を与えるものではない。

### DFC 整備と VVSL

Vasai-Virar 地区において Dedicated Freight Corridor（貨物専用線整備事業 DFC）第二期の整備が進められており、VVSL コネクタ道路（Vasai および Virar）がこれと交差する。広域鉄道であり、VVSL の需要に強く影響を与えるものではない。

### (3) WEH の現状道路交通量



出典：Pre-F/S データから調査団作成

図 2.21 WEH 沿線における現状交通量（2019 年 2 月、PCU）



上図は Pre-F/S 時点で調査された 2019 年 2 月時点の交通量である（PCU ベースの AADT に換算済み）。WEH の最大交通量は空港近辺の 31 万 PCU である。また、前述 Mira Bhayandar 近辺の料金所では 24.9 万 PCU である。上図に示すように、並行する道路はムンバイ郊外には存在し、空港近辺では、南北方向に合計で 45～48 万 PCU の交通量が見られる。なお、一路線において 31 万 PCU という数値は日本でもほぼ計測されない数値であり、都内湾岸線（約 16 万台→PCU 換算後 25 万 PCU 程度、H27 年センサス）、東名川崎周辺（約 14 万台→同 22 万 PCU 程度）である。

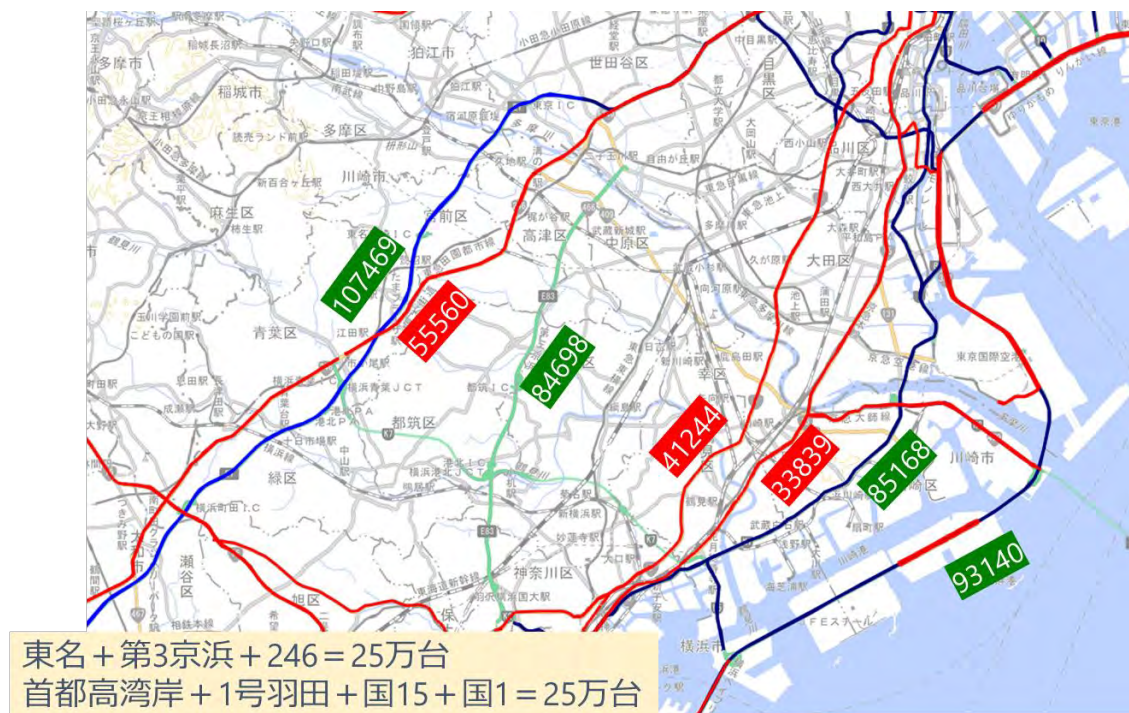
#### (4) WEH 都市圏と東京城南都市軸との道路網比較

東京の都市軸の一つである城南方面の都市軸（品川・渋谷～川崎・横浜方面）と Bandra-Vasai-Virar 都市軸を比較する。両都市軸ではほぼ同じ面積を比較すると、人口密度がほぼ同じなので、同様の人口が沿線に立地する。経済格差は大きく、また、自動車保有率にも差がある。また、交通インフラ整備の充実度にも差がある。

表 2.10 ムンバイ・東京の都市軸比較

|                  | ムンバイ・WEH/WR 都市軸                                            | 東京・城南都市軸                                                |
|------------------|------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| 範囲・面積            | およそ 400～500 平方キロ                                           |                                                         |
| 人口               | 600～700 万人                                                 |                                                         |
| 人口密度             | 平方kmあたり 1.5～2.0 万人                                         |                                                         |
| 主要都市名            | Bandra、Andheri、Goregaon、Versova、Mira Bhayandar、Vasai、Virar | 都区部（世田谷区、大田区）川崎市、横浜市                                    |
| 道路網              | WEH・国道 48 号                                                | 完全分離：首都高速、東名高速道路、第三京浜<br>主要国道：15 号、1 号、246 号、環状 7 号・8 号 |
| 鉄道網              | WR（複々線・電化）<br>高速鉄道（整備中）                                    | JR 東海道・京浜東北・湘南新宿線、京急、東急東横・田園都市線、JR 東海道新幹線               |
| 空港               | ムンバイ国際空港                                                   | 羽田空港                                                    |
| 一人あたり GDP        | USD 5,400 (Mumbai-2015)                                    | USD 30,000 (横浜市- 2015)                                  |
| 千人あたり車両保有台数（全車種） | 約 150 台（ムンバイ、2019）                                         | 437 台（神奈川県、2016）                                        |

出典：各種統計より調査団推計



出典：国土交通省道路局 IR データから調査団作成

図 2.22 東京城南都市軸における道路交通量、道路網構成

図中に示すのは城南都市軸における広域幹線道路・幹線道路を示す。本邦の数値は小型・大型の区別のない台数で示しており、インドの PCU と単純比較できないために留意が必要である。品川～川崎～横浜の都市軸においては、首都高湾岸線、首都高羽田線、国道 15 号、国道 1 号が並行して整備されており、広域・通過交通は首都高、域内交通は国道や都道で分離されている。これらの交通量を合算すれば約 25 万台であり、PCU 値に概算すればおよそ 35～40 万 PCU となる。同様に、世田谷～溝口～新横浜の都市軸では、東名、第三京浜、国道 246 号の 3 主要幹線が整備されており、同様に合算すれば 25 万台、およそ 35～40 万 PCU の交通量となる（東名は大型車混入率が高いため、若干上振れする可能性がある）

また、放射方向だけでなく、環状方向への接続が担保されているのも城南都市軸の強みである。都内では環状 7 号・環状 8 号、神奈川県内では首都高 K7 線がこれらを連携させており、各軸で梯子状の道路網を形成している。また、調査中であるが、川崎市を縦貫する東京外環道路も想定されている。

また、本邦道路事業者・管理者（含む交通管理者）は、ソフト面の運用にも注力しており、路側に置かれた情報提供板やラジオ、インターネット、ナビゲーションシステムを通じて、通行止め情報や迂回情報を提供し、渋滞回避や混雑からの早期回復を実現している。

ムンバイ都市圏と比較すれば、以下のことが示される。

- ムンバイ道路網は冗長性（リダンダンシー）に乏しく、WEHに慢性的に交通集中する構造になっている。これは、渋滞対応だけではなく、災害時の回復力（レジリエンス）確保にも重要である。
- 道路の階層構造に乏しく、広域需要と域内需要が混在し、運用上の効率性が上がらない構造になっている。城南都市軸のようにアクセスコントロールされた高規格道路と平面交差もある一般幹線道路の組み合わせを検討する必要がある。
- 並行するバイパス道路を入れる場合は、WEHとバイパス道路を接続し、梯子状の道路網を構成する必要がある。一方で、このような環状方向の接続道路整備は、放射方向の道路と比較して優先順位が低くなる傾向にあるので、優先順位を考慮しながら一体的な整備を図る。

## 2.4.2 質の高いインフラ整備と資金需要

上記では、交通需要・交通計画の分野から VVSL 事業の必要性について説明したが、その他事業面での必要性について下記の視点から列挙する。

### (1) 他道路事業契約額と VVSL

VVSL 事業の Pre-F/S 暫定想定額（海上道路区間 43km 部分のコスト）と、他近隣道路事業の契約額について下表のようにまとめる。

表 2.11 近隣道路事業の km 辺りコスト（INR）

| Project                 | Length (km) | Const. Cost (Cr) | Cost per km (Cr) |
|-------------------------|-------------|------------------|------------------|
| Versova-Bandra Sea Link | 9.8         | 6,993.99         | 714              |
| MTHL                    | 21.8        | 14,262           | 654              |
| Bandra-Worli Sea Link   | 5.6         | 1,600            | 286              |
| Versova-Virar Sea Link  | 43.0        | 21,000           | 488              |

出典：調査団、注：Cr（クロール）はインドの数値表記で 1,000 万（インド・ルピー）

VBSL、MTHL は建設中のため今後高ぶれる可能性がある。特に VBSL は、まだ 3%程度の進捗率であり、事業変更に従いコスト増の可能性がある。BWSL の建設期間は 2000～2010 年で、物価が安かった時代の契約額であるため、割り引いて考える必要がある。その前提で、4 者の km 辺り事業費を比較すれば、VVSL の現状コスト見積は比較的安価であると言える。また、MTHL は重要セクション（航路部分）に本邦の鋼橋技術が適用されている。

我が国の「質の高いインフラ整備」は、コストが割高になる、というネガティブな印象を与えることもあるが、現状の VVSL 想定価格は十分に安価であり、本邦技術を入れる余地は十分にあるものと考ええる。

### (2) EPC 契約と公的セクターからのインフラ資金需要の増加

先述したように、インドでは PPP による道路整備は縮小傾向にある。とくに、新設道路整備での PPP 適用事例は多数のプロジェクトにおいて調達段階で頓挫しており、ムンバイ近隣事例でも、MTHL は複数回の PPP 組成が頓挫した経験がある。この流れの中で、EPC 契約による公的資金調達の需要が高まっているのも事実である。

### インド一般銀行金利と JICA ソフトローンの優位性

例えば MSRDC が市中銀行や債権から事業資金調達をする場合を想定し、参考となる金利はインドにおける住宅ローン金利であろう。下表に示すようにインドの住宅ローン金利は 10%前後である。一方で、インドにおいては、円借款の本邦技術活用条件（STEP）の適用が出来ないが、一般条件であっても本体むけ金利 1.15%（償還期間 30 年、据置期間 10 年）が適用されており、国内資金調達よりも十分有利な条件と言える。

表 2.12 インドの市中金利例（住宅ローン）

|                           |                |
|---------------------------|----------------|
| HSBC Bank                 | 8.80% Onwards  |
| PNB Housing Finance       | 9.80% Onwards  |
| IDFC Bank                 | Up to 11.80%   |
| Karur Vysya Bank          | 10.00% Onwards |
| Union Bank of India       | 9.80% Onwards  |
| IDBI Bank                 | 10.20% Onwards |
| Oriental Bank of Commerce | 10.95% Onwards |
| Federal Bank              | 10.10% Onwards |
| Corporation Bank          | 10.85% Onwards |

出典：https://www.bankbazaar.com/mortgage-loan.html、2021 年 6 月

### 公益訴訟によるプロジェクト遅れと金利負担

インドでは、先述したような公益訴訟が一般的で、用地取得や樹木伐採に伴って発生する公益訴訟が頻繁に発生する。このため、近隣事業ではプロジェクトの実施遅延が目立つが、市中で資金調達した場合、その金利負担が事業費に跳ね返る。BWSL では、事業費の 40%がプロジェクト遅延に基づく金利負担であった。

円借款などのソフトローンでは返済据置期間があるため、このようなリスクヘッジに貢献できるのも大きい。

## 2.4.3 我が国のインフラ輸出戦略、インドに対する外交政策

首相官邸・経協インフラ戦略会議が 2020 年 12 月に提示した「インフラシステム海外展開戦略 2025<sup>31</sup>」は、我が国の「質の高いインフラ輸出」戦略であるが、これまでの戦略ペーパーからの方向転換があった。その一つは、「コア・ジャパン」の提唱であり、「コアとなる技術・価値やプロジェクトの主導権を確保しつつ、グローバル・パートナーシップを実現」することで、インフラ輸出の機会創出をはかるものと考えられる。

また、同戦略は、我が国政府が 2016 年に提唱した「自由で開かれたインド太平洋」（FOIP）のビジョンを参照し、同対象地域（インド太平洋）の連結性向上と地域繁栄

<sup>31</sup> https://www.kantei.go.jp/jp/singi/keikyoku/dai49/siryou2.pdf

の礎となる国際環境の構築に、我が国の質の高いインフラ整備は貢献できる、と提唱している。

### Make in India との調和

インドでは「Make in India」という産業振興策（GDP に占める製造業の割合を 25% にまで引きあげる、道路・高速道路を含む 25 の重点分野で雇用増・輸出拡大を図る）が進められている。

先述した現在実施中の MTHL 事業は、コア・ジャパンの実現と Make in India との調和を具体化した円借款案件であり、本事業の参考となる案件と言える。道路本線部分の一般区間はインドの得意な PC 橋による建設で距離を稼ぎながら「Make in India」を実現し、航路などの大きなスパンを稼ぐ区間は本邦鋼橋メーカーが現地企業とともに参画し、グローバル・パートナーシップを具体化するとともに、「コア・ジャパン」的な質の高いインフラ整備を実施中である。

### FOIP に貢献する地域インフラ

ムンバイはインドにおける最大の経済規模を持つ都市圏であり、インドの金融の中心地である。インド洋に面し、ムンバイに匹敵する金融街はドバイ、シンガポールなどがあるが、周辺後背地などの規模を考えると、インド洋第一の都市と言っても過言ではない。2008 年 11 月にパキスタン勢力による同時多発テロが発生したが、その後のインド・パキスタン関係の安定化から、同国の治安は安定している。

本 VVSL 事業は、インド洋を代表するムンバイにおいて、地域連結性と地域繁栄の礎となる環境構築を進める事業である。ムンバイ都市圏の中で最大の都市軸において慢性的に発生する渋滞改善に寄与し、災害時などのアクセス持続性確保にも貢献する事業である。地域内のエネルギー消費の効率化にも寄与するものと想定でき、ひいては、地球温暖化ガスの削減にも貢献する事業である。

### 円借款の余力・メトロの次

インド向け円借款は、高速鉄道への融資など大型案件が目白押しであるが、地方のメトロ融資などが一段落した状態にあり、「次の案件」を探している状態であると言える。一方で、前述したように円借款による資金調達の優位性、MTHL や各種メトロ事業組成の成功事例などを見て、円借款による資金調達を企図する事業が多く出現している。

本事業の実現のために、本調査において、マハラシュトラ州における VVSL 事業の位置づけ・優先順位を確認する必要があるだろう。



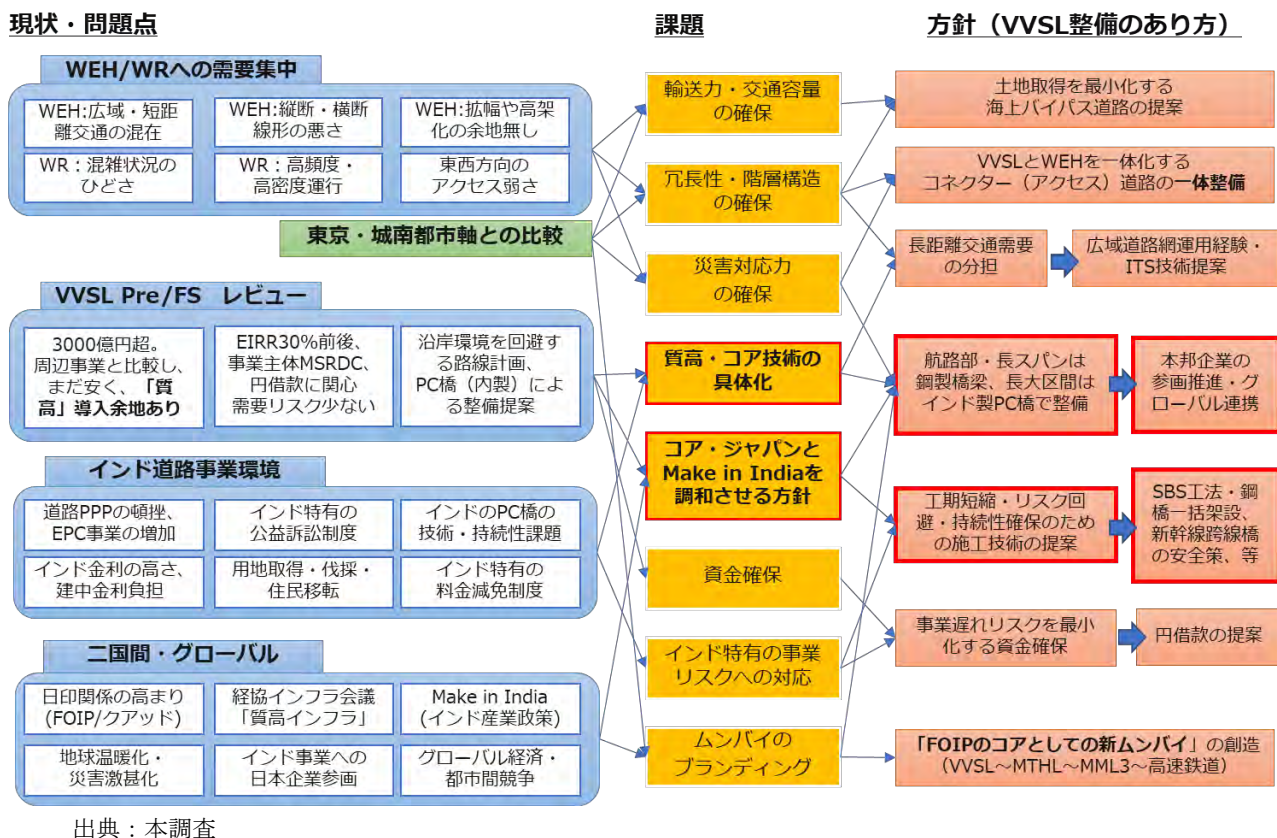


図 2.23 VVSL 整備に関する現状、問題点、課題、方針

これまでの議論を踏まえて、VVSL 整備に関する現状、問題点、課題、方針について上図のようにまとめる。

まず、現状の問題点としてはWEH・WR沿線の交通集中が挙げられる。WEHは広域交通だけではなく短距離交通が混在し、運用が困難になっている。縦断・横断線形の悪さも走行環境を悪化させ、既に拡幅やフライオーバー導入は済ませてあり、バイパス整備の必要性が高くなっている。また、平行するWRも既に高頻度運行を行っているものの混雑はひどい。地域的に縦貫方向だけでなく横断方向の交通施設が不足している。また、郊外化の進展、モータリゼーションは加速して進展しており、あらたな施設整備の必要性は高い。本論では東京の城南都市軸との比較も示したが、一人あたりGDPや車両保有状況は異なるが、交通量は比肩するものである。その一方で、WEHに過剰に依存するムンバイの道路交通状況をあぶり出すことが出来た。

VVSLのPre-F/Sでは事業費は3000億円超だが、kmあたり整備コストとしては周辺事業と比較して安く質高インフラの導入余地があると考慮する。またEIRRは十分に高く、需要リスクも少ない。事業主体が決まっており、最近の動きでは資金調達検討先について「円借款」を明示している。路線検討は、土地収用リスクを回避するために沿岸を遠く避け、沖合1kmを走行するPC橋の道路提案となっている。

インドの道路事情について、道路PPP事業形成の困難さを示した。また、金利の高さ、建中金利負担の重さは事業主体の関心のあるところである。伐採や住民移転への

関心高さと公益訴訟による事業遅延、通行料金減免など特有の課題もある。インドはPC橋整備を得意としているが、持続可能性に課題がある。

二国間関係として、まず、日印関係の高まりが指摘できる。民主主義を尊重する国家同士であり、安全保障の非公式な戦略的同盟であるクアッド（日米豪印戦略対話）も注目されている。日本は質高インフラを提唱する一方で、インドは「Make in India」産業戦略を推進しており、インドに進出する本邦企業は両方針を満たす動きを取る必要がある。地球温暖化と災害激甚化は避けられない状態にあり、都市間競争は激しさを増している。

この中で、VVSL 整備に求められる課題は、以下のように整理される。

- 道路計画の範囲であれば、輸送力・交通容量の確保、冗長性・階層構造の確保、災害対応力の確保が挙げられる。
- 渋滞対応としての交通容量の確保だけでなく、ネットワークとしての冗長性、広域交通と地域交通を上手く捌く道路階層構造を踏まえた道路計画が必須である。
- エンジニアリング検討の面では、質高インフラを具現化するコア技術の提案と Make in India との調和が求められる。
- 事業推進面の課題は資金確保とインド特有リスクへの対応である。リスク回避には他周辺事業の経験が有用である。
- これらに加え、ムンバイの都市としての価値を高める事業提案となる必要があると考える。

これらを受け、VVSL の整備方針として以下を提言する。

- 既に Pre-F/S で示されているが、土地取得を最小化する海上バイパス道路の整備が必要である。
- これに加え、VVSL と WEH を一体化するコネクタ道路の整備は、道路の階層構造、災害対応力を確保するためにも不可欠である。
- VVSL は WEH と比較し長距離の交通需要を分担すべきだが、これは ITS や情報提供などの運用経験にもとづく計画が必要である。この分野は本邦高速道路運用会社の得意とするところである。これは4章後半で検討している。
- 質高・コア技術としては、航路部の長スパン鋼橋を中心に事業計画を検討する。また、工期短縮や施工リスクの最小化、道路運用における持続性を確保する施工技術など様々なアイデアが提案できる。これは本編4章で検討している。
- 事業遅れが日常茶飯事のインドの事業環境では建中金利負担の最小化が図れる資金が最も魅力的な資金確保策と言えるのではないか。この視点に立って金利が低いだけでなく、環境配慮条件の充実している円借款による資金確保を提案する。
- 最後に本事業は、FOIP の中心都市であるムンバイの、中心的な都市軸である WEH/WR の交通環境を劇的に改善するものとして位置づけられる。WEH/WR 都市軸は、ムンバイ特有の産業である映画産業の中心地であり、また、日本の円借款事業である地下鉄3号線、高速鉄道が並行する。ここに VVSL〜VBSL〜MTHL という長大道路幹線が構築されることで、新しいムンバイの将来像が構築され、新産業の創造や経済交流が活性化されるものと確信する。

### 3. 需要予測のレビュー

本節では、Pre-F/S における需要予測に関する調査内容をレビューする。まず、2019 年 2 月～3 月にかけて大規模な沿線交通調査を実施しているので、この調査手法及び判明した交通特性について評価する。次に、Pre-F/S における得られた交通データの処理と将来需要推計の手法と結果、その妥当性について評価する。Pre-F/S 実施者から詳細なデータを入手できるわけではないので、レポート内の情報から推計手法の再現を試み、更に、精緻化の可能性、シナリオ分析を試みた。

#### 3.1 現状需要に関する評価

##### 3.1.1 Pre-F/S における現状道路交通調査と交通特性

###### (1) 交通調査

Pre-F/S 実施された交通調査の内容について下表のようにまとめる。また、調査地点を下図に示す。特長としては、2019 年 2～3 月にかけて実施されたため、コロナウィルスによるパンデミックの影響を受けていないデータである。実施された交通調査のうち重要な内容を下記にまとめる。

- 車種別方向別 断面交通量調査（調査地点は、図中  ）
  - ビデオカメラによる撮影後、マニュアルカウント
  - 11 箇所：1 週間（連続 7 日間）、24 時間
  - 1 箇所：3 日間、24 時間
- 路側 VT-OD（自動車起終点）調査（調査地点は、図中  ）
  - 路側での聞き取りによる調査、車種・サンプル率は下記であり、
  - 4 箇所、12 時間調査
- 走行速度調査
  - 代表的な 6 路線（6OD）における走行速度と遅れ分析
- Willingness to Pay 調査
  - OD 調査と同じ場所を実施

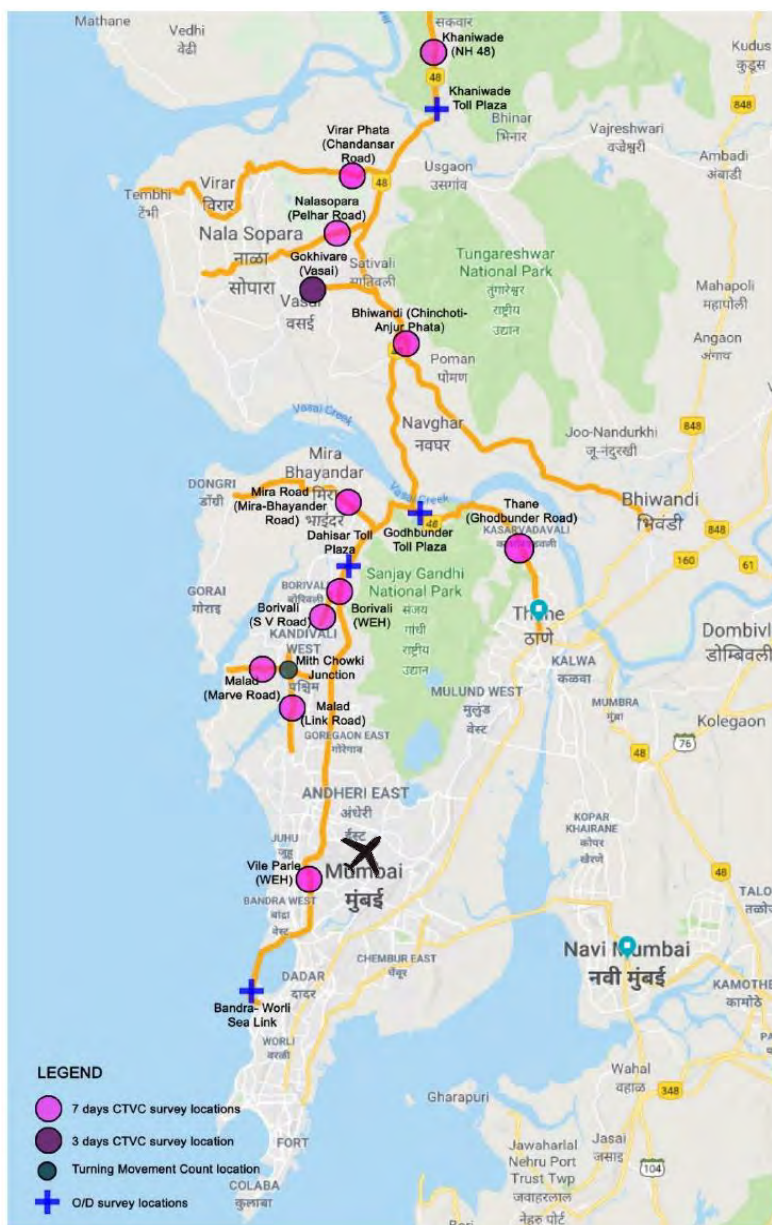
調査種類・地点は VVSL 事業評価をする上で必要な調査地点が網羅されていると考えられるが、最も重要な地点は OD 調査の Dahisar とそれに近隣する交通量調査の Bolivali のデータである。VVSL に並行する WEH にて、競合する区間の調査であり、これらの調査から将来転換するだろう交通量を求めるための重要なデータとなる。また、現状の渋滞状況を理解し、将来の時間短縮便益などを推計するための基礎データにもなる。

表 3.1 路側 VT-OD 調査の調査地点とサンプル率

| Type of Vehicle | Bandra Worli Toll Plaza |                      | Dahisar Toll Plaza |                      | Ghodbunder Toll Plaza |                      | Khaniwade Toll Plaza |                      |
|-----------------|-------------------------|----------------------|--------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
|                 | Sample Size             | % of Sample Size (%) | Sample Size        | % of Sample Size (%) | Sample Size           | % of Sample Size (%) | Sample Size          | % of Sample Size (%) |
| Car/ Van/ Jeep  | 4077                    | 9                    | 4475               | 16                   | 3759                  | 9                    | 5229                 | 30                   |
| Buses           | 76                      | 42                   | 946                | 45                   | 757                   | 17                   | 158                  | 19                   |
| LCV             | 63                      | 20                   | 1243               | 33                   | 946                   | 15                   | 915                  | 10                   |

出典：Pre-F/S





出典：Pre-F/S

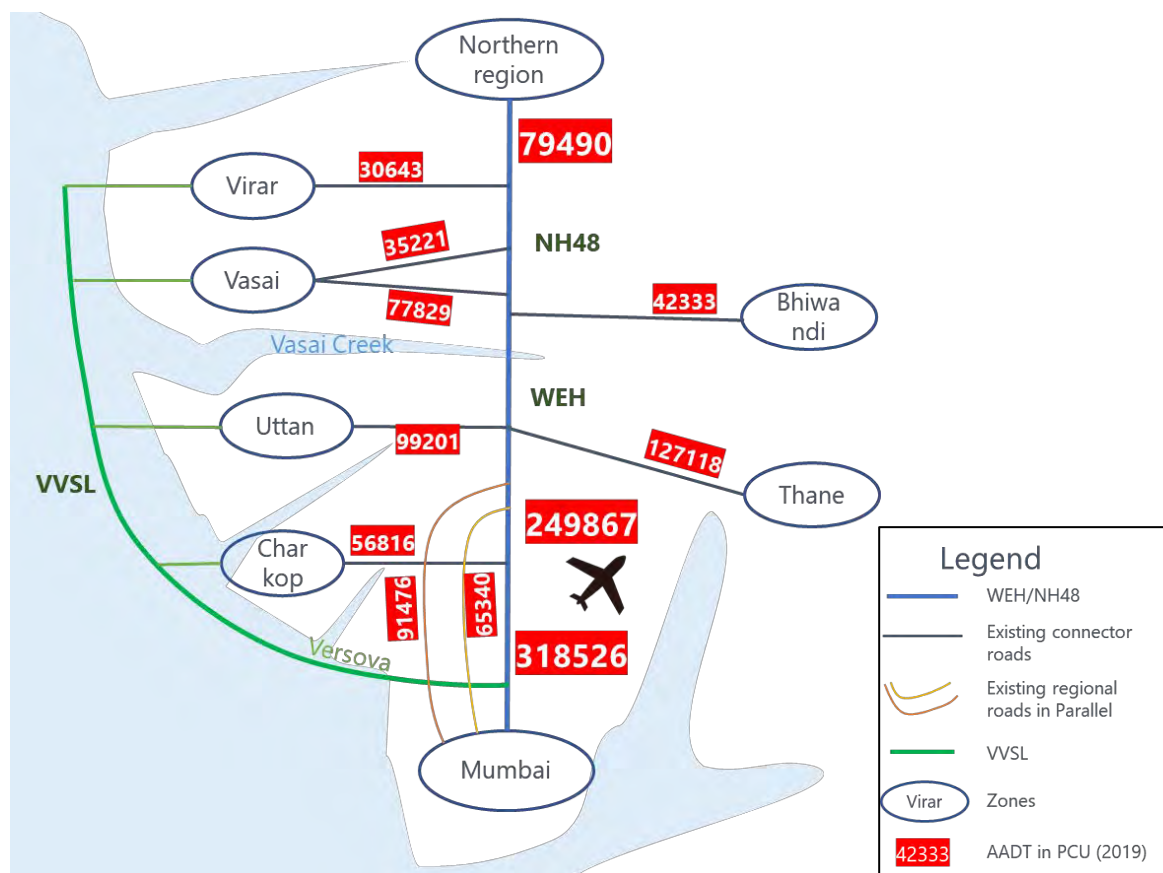
図 3.1 交通調査の調査地点

## (2) 現行沿線交通量

交通量調査に基づいた年平均日交通量の推計結果を下図に示す。PCU（乗用車換算台数）で示されており、インドの道路計画において標準的に示されている PCU を用いて換算された。

最大は Villa Parle 地点であり、約 32 万 PCU がカウントされている。また、Dahisar 料金所近辺の Bolivali 地点では 24 万 PCU がカウントされている。VVSL のコネクタ道路の起点・通過点に想定されている、Charkop、Uttan、Vasai、Viral の 4 地点から WEH にアクセスする道路区間の交通量を図中に示す。これらの交通量が将来推計のベースに

なる。また、WEH の東側 Thane、Bhiwandi への接続道路は重要幹線であるため、Pre-F/S では明示されていたが、本調査団ではこの需要が重要とは考えていない。

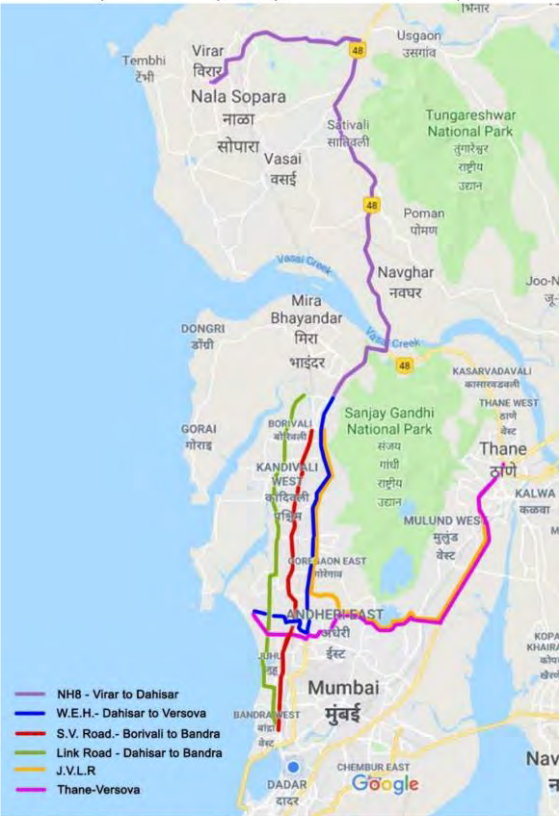


出典：Pre-F/S から調査団

図 3.2 WEH 沿線の現況交通量（2019 年、AADT、PCU ベース）



(3) 走行速度調査



出典：Pre-F/S

図 3.3 走行速度の計測路線

表 3.2 走行速度調査の結果

| Road Name / Locations Connected | Direction | Distance (km) | Travel Time (min) | Travel Time (hours) | Average Speed (km/hr) | Free Flow Speed | Delay (min) | Ideal Time to Be Taken (min) | % Delay |
|---------------------------------|-----------|---------------|-------------------|---------------------|-----------------------|-----------------|-------------|------------------------------|---------|
| NH8 - Virar to Dahisar          | NB        | 41            | 70                | 1.166               | 39.45                 | 55km/hr         | 20          | 50                           | 40      |
|                                 | SB        | 41            | 83                | 1.383               | 33.26                 | 55km/hr         | 33          | 50                           | 66      |
| WEH - Dahisar to Versova        | NB        | 19            | 46                | 0.766               | 24.80                 | 45km/hr         | 25          | 26                           | 96      |
|                                 | SB        | 19            | 103               | 1.716               | 11.07                 | 45km/hr         | 88          | 26                           | 338     |
| SV Road - Borivali to Bandra    | NB        | 24            | 83                | 1.383               | 17.35                 | 40km/hr         | 47          | 36                           | 131     |
|                                 | SB        | 24            | 132               | 2.2                 | 10.91                 | 40km/hr         | 96          | 36                           | 267     |
| Link Road - Dahisar to Bandra   | NB        | 26            | 95                | 1.583               | 16.42                 | 50km/hr         | 63          | 32                           | 197     |
|                                 | SB        | 26            | 81                | 1.35                | 19.26                 | 50km/hr         | 49          | 32                           | 153     |
| JVLR                            | EB        | 28            | 99                | 1.65                | 16.97                 | 50km/hr         | 65          | 34                           | 191     |
| Thane - Versova                 | WB        | 28            | 84                | 1.4                 | 20.00                 | 50km/hr         | 50          | 34                           | 147     |

出典：Pre-F/S

走行速度計測結果から、下記のことが言える。

全ての道路で遅れが生じているが、南向き（都心部向き～表中白色の行）の遅れが大きい。Dahisar～Versova 間は本 VVSL の南側半分の区間と並行する地点であるが、ここの遅れは想定時間の 3.3 倍（想定 26 分に対し 88 分）である。この遅れは、WEH 南北方向の走行の遅れだけではなく、Versova まで到達するための東西方向の移動における遅れの方も大きいと考える。（その分、コネクタ道路を整備する意義が大きい）

### 3.1.2 交通特性など

#### (1) 20km 圏の通行料金免除

インドの有料道路における独特な制度として、料金所から 20km 圏住民への料金免除制度<sup>32</sup>がある。料金所から 20km 圏に住む住民・運転手は、関係機関に証明書類を提出すれば、月あたり 150 ルピーを支払うことで通行料金が免除される電子通行証（FASTag<sup>33</sup>）が受領できる。これは、社会福祉事業の一環として実施されているものである（下記 BOX 参照）。

下表は、2019 年 2 月に Pre-F/S 調査により実施された WEH の Dahisar 料金所における交通量調査（台数）と、同料金所における課金対象車両（台数）を比較したものである。これによれば、乗用車において平日の課金割合は 3 割程度、休日は 5 割程度に留まっている。

表 3.3 Dahisar 料金所（乗用車）における課金割合の推計

| 日付          | 曜日      | 観測台数    | 課金車両台数 | 課金割合  |
|-------------|---------|---------|--------|-------|
| Feb-5,2019  | Tue 火曜  | 127,320 | 36,903 | 29.0% |
| Feb-6,2019  | Wed 水曜  | 109,382 | 34,974 | 32.0% |
| Feb-7,2019  | Thur 木曜 | 118,096 | 38,050 | 32.2% |
| Feb-8,2019  | Fri 金曜  | 110,214 | 40,640 | 36.9% |
| Feb-9,2019  | Sat 土曜  | 100,592 | 46,868 | 46.6% |
| Feb-10,2019 | Sun 日曜  | 99,238  | 52,535 | 52.9% |
| Feb-11,2019 | Mon 月曜  | 103,398 | 43,240 | 41.8% |
|             |         |         | 平日     | 34.4% |
|             |         |         | 週末     | 49.8% |

出典：MSRDC 統計、PRE-F/S を基に調査団作成

Dahisar 料金所を例に 20km 圏を図示すると下図の通りであり、本事業の対象地域がほとんど含まれる。このことから、VVSL 事業沿線に居住し高頻度な利用者からの料金徴収は本制度が撤回されない限り困難であり、これは PPP（BOT）的な事業形成の困難さも示唆している。また、一般的に料金所での通行台数統計を元に料金所間 OD 等の推計が可能であるが、徴収免除されているため、そのような統計が示されていない。

<sup>32</sup> [https://tis.nhai.gov.in/Admin/MiscellaneousPdf/0303201757PM35\\_44073.pdf](https://tis.nhai.gov.in/Admin/MiscellaneousPdf/0303201757PM35_44073.pdf) P23 (3)。NHA I 資料より。

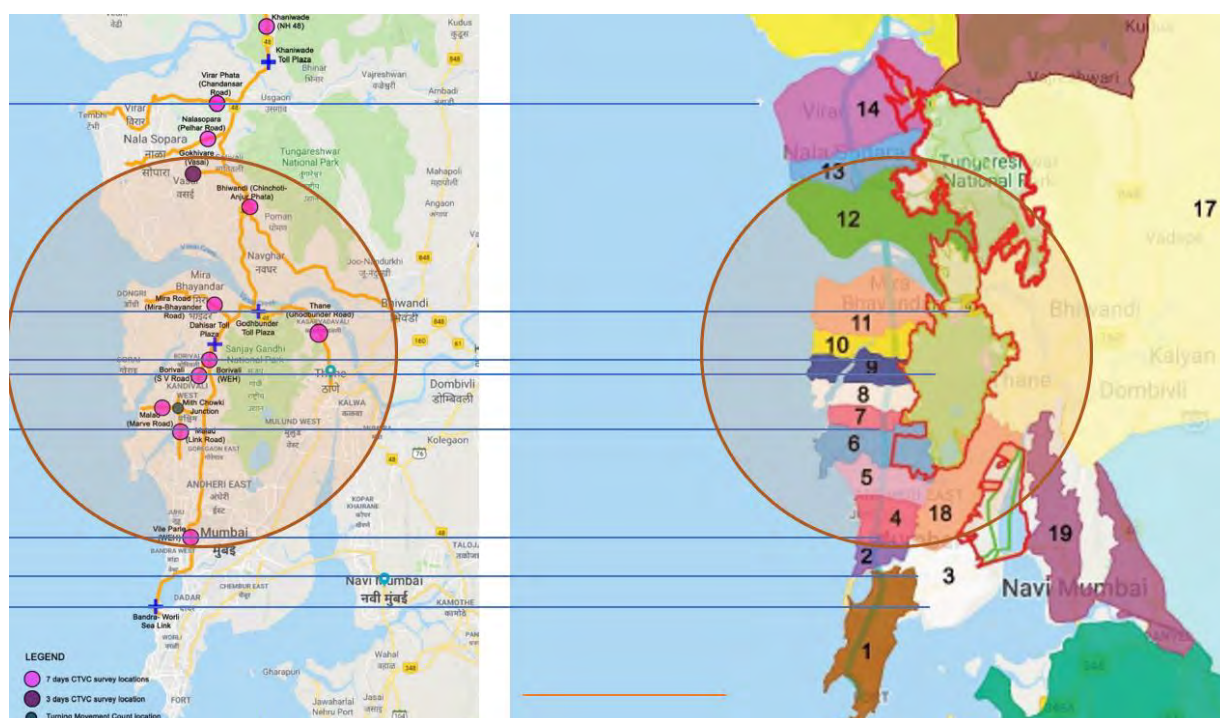
<sup>33</sup> <https://ihmcl.co.in/wp-content/uploads/2021/02/FAQ-FASTag.pdf>

### BOX-3：インドの有料道路制度

現在のインドの有料道路制度は、国道通行料金（率と徴収の決定）規則 2008 年（National Highways Fee (Determination of Rates and Collection) Rules, 2008）に基づいている。この有料道路制度の最大の特徴は、国道の拡幅事業に有料道路制度を取り入れたことである。これまで無料であった国道を拡幅して、完成後は料金所を設置して通行料金を徴収する。州道の有料道路もこの規定に倣っている。

地域住民からすると、これまで生活道路として無料で利用してきた国道が突然拡幅され、その後通行料金を徴収されることになる。国際標準の有料道路は、無料の代替道路の選択が可能であるという条件が多い。日本の場合も高速道路は有料であるが、代替えとして使える国道等は無料である。

インド政府はこの問題点を緩和するために、拡幅国道の両側にサービス道路を設置することや地域住民に対して通行料金の免除をしている。上記規則では、料金所から半径 20km の住民に対して無料パスを発行するとしている。この緩和策により地域住民は、通勤や買い物等の生活活動で料金所を無料で通過できる。一方、PPP 道路事業を考える場合は、道路を利用する車両の相当部分が料金免除になるために事業成立を難しくしている。

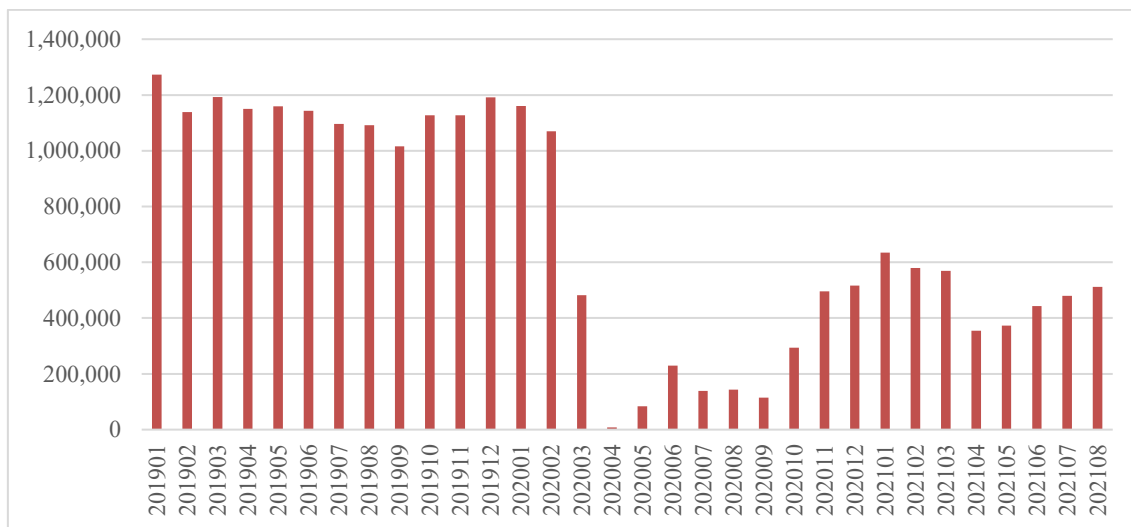


出典：調査団

図 3.4 Dahisar 料金所から 20km 圏（周辺住民の通行料金免除対象）

## (2) MSRDC 道路交通統計に基づくコロナの影響

2020年1月頃から中国で顕在化し、3月頃から世界的に蔓延した新型コロナウイルスによるパンデミックは、インド・ムンバイの交通状況にも大きな影響を及ぼした。特に、WEH・Dahisar 料金所における月別課金台数（乗用車・SUV）の推移を示す。



出典：MSRDC 統計、PRE-F/S を基に調査団作成

図 3.5 Dahisar 料金所における課金対象車両の月別推移（台、乗用車・SUV）

図に示すように、パンデミック以前は月あたり 110 万台前後の課金対象（乗用車・SUV）があったが、パンデミックの影響を受け、2020 年 3 月後半から通行数が減少し、4 月は完全なロックダウンの影響を受け通行がなくなった。その後、徐々に回復していくが、2021 年 3 月頃のインドにおけるデルタ株蔓延の影響を受け、同年 4 月に再度減少した。2021 年 8 月時点では 50 万台程度まで回復したが、パンデミック前の半分にも満たない状況である。

### 3.2 Pre-F/S における需要予測

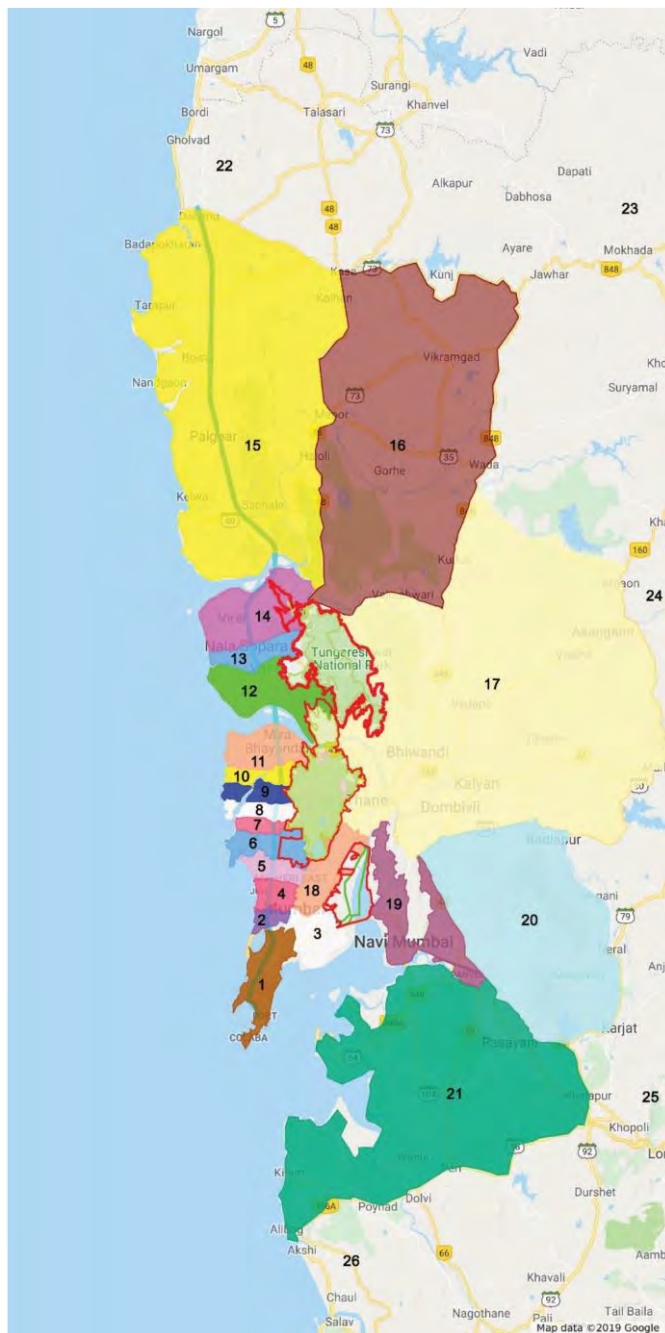
Pre-F/S における需要予測は簡易的な数式モデルを用いて推計されている。一般的な四段階推定法には準じているが、簡易的な方式で進められている。また、Pre-F/S では OD 調査は実施されたものの、完全な OD 表は提示されていない。以下にレビュー結果を示す。



### 3.2.1 分析手法・前提

### (1) 交通ゾーンと OD

交通ゾーンは下図に示すとおり、VVSL に沿って 15 ゾーン、沿線・近隣 6 ゾーン、域外 5 ゾーンの 26 ゾーンが設定されていた。



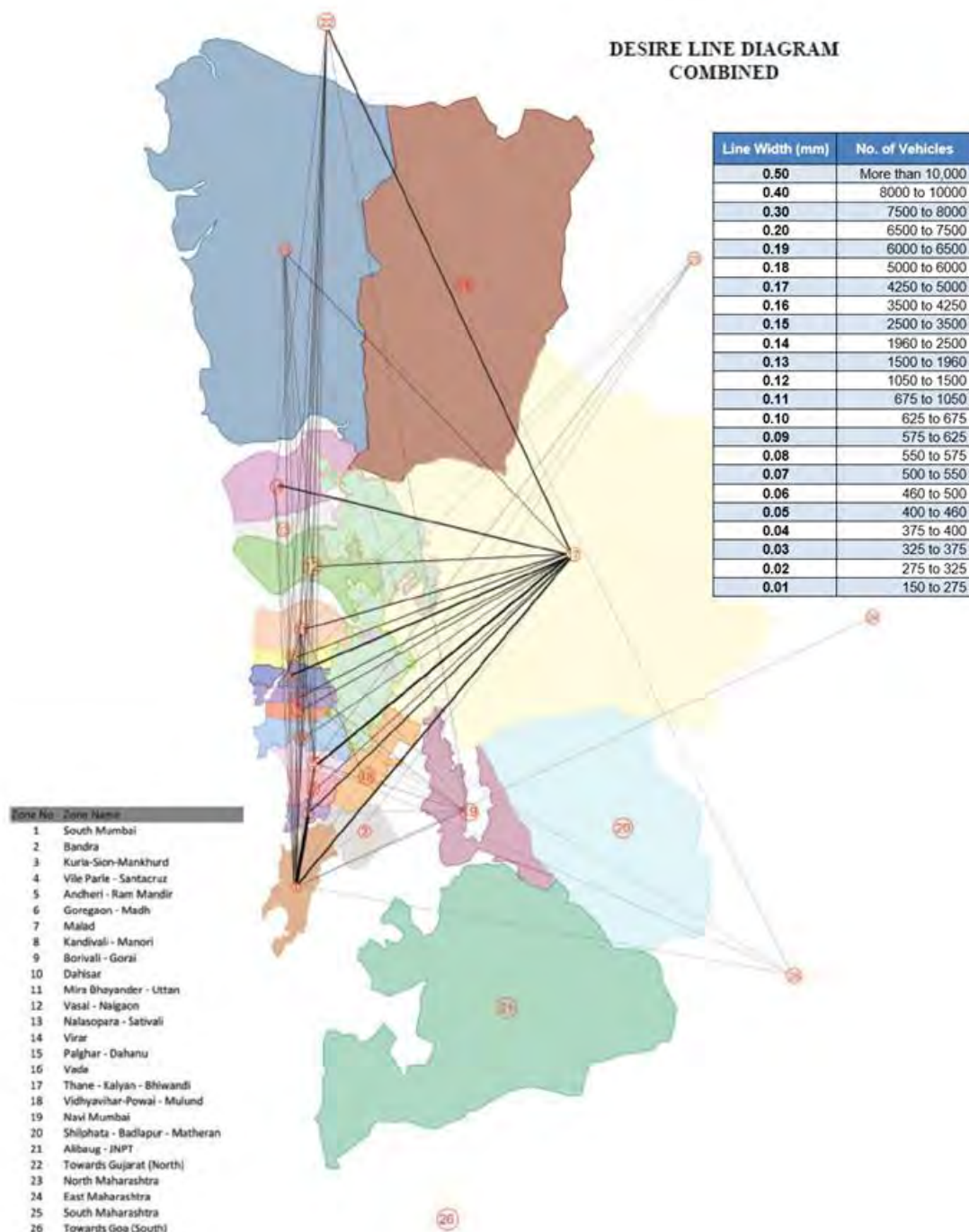
出典：PRE-F/S

図 3.6 交通ゾーン図 (26 ゾーン)

報告書内に OD 表の提示はなかったが、OD を図化した希望線図が掲載されているため下図に示す。但し、下図の希望線図では、Thane（ゾーン 17）からの交通量が大きく



表示されている一方で、VVSL 沿線が細かいゾーンに区切られているため、VVSL 沿線の交通量が余り大きく表示されていない点に注意を要する。Thane 自体の人口が多く、Thane から各ゾーンに向かう交通量が多いのは明らかだが、Thane からの交通は VVSL にアクセスするためにムンバイ郊外地区を横断する必要があるため、転換の対象にはなりにくいと言える。



出典：PRE-F/S

図 3.7 希望線図（OD～全車種）

## (2) 需要予測手法の評価

Pre-F/S で示された需要予測手法をまとめると以下のようになる。

- 現在 OD パターンを成長シナリオにて拡大するパターン法を適用している。特に分布モデルを適用しているわけではない。
- 成長シナリオにて拡大した OD 交通量のうち、VVSL に転換すると考えられる OD ペアを特定し、その部分に指定の VVSL 転換率を乗じることで、VVSL の交通量を推計している。
- 転換率は全ゾーン一律であり、乗用車が 33%、小型貨物車・バスは 14%としている。
- ネットワーク配分モデルによる配分は適用していない。OD から推計される単純な配分を適用している。また、本線だけではなく、5 本の各コネクタ道路の交通量も推計している。南端の Versova からのアクセス交通量については、VBSL との関係性は示されていない。
- 2026 年（もしくは 2025 年）を初年度として、2030 年～2050 年まで 5 年おきの交通量を推計している。
- 乗用車・バス・小型貨物車のみを予測対象としており、大型貨物の扱いは不明である。

非常に簡易的な手法ではあるが、ネットワーク自体が単純（WEH と VVSL の一次元的なネットワーク）であるため、特にこの手法にて特段の致命的な問題があるわけではない。

## (3) 需要予測結果とその評価

推計結果（ケース①）として提示された例を示す。表内上から、本線上の最大値、南端の Versova から北端の Virar までのコネクタ道路 5 本の交通量（PCU 換算）が示されている。本ケースでは 2026 年と 2030 年が示され、2030 年の交通量をベースとして、必要なレーン数が推計されている（インドの高速道路設計要領において 1 レーン当たりの交通容量が規定されており、それを規準に必要なレーン数が求められる。）

表 3.4 Pre-F/S での需要予測結果（2026 年・2030 年）と必要車線数

| Connector                         | 2026  | 2030  | Lane Requirement | Level of Service for 2030        |
|-----------------------------------|-------|-------|------------------|----------------------------------|
| VVSL Main Link (Versova to Virar) | 58645 | 74760 | 4+4 lane         | C (Considered Mid-Block Volumes) |
| Versova                           | 34907 | 44496 | 3+3 lane         | A                                |
| Charkop                           | 35940 | 45434 | 3+3 lane         | A                                |
| Uttan                             | 22216 | 28179 | 2+2 lane         | A                                |
| Vasai                             | 15996 | 20990 | 2+2 lane         | A                                |
| Virar                             | 43293 | 56254 | 3+3 lane         | B                                |

出典：PRE-F/S

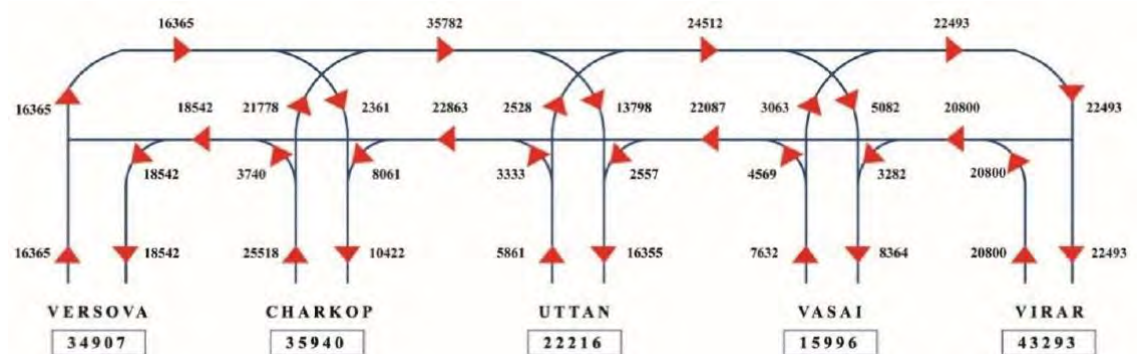
右端の Level of Service 値は、道路の交通容量に対する交通量の比率を示したサービス指数で、Aは十分に余裕のあるレベルであり、Cは自由流状態を保っているものの、飽和に近い状態になっているレベルである。下表にサービスレベルの定義を示す。

表 3.5 道路設計におけるサービスレベルの定義

| LOS | V/C Ratio    | Traffic Situation                                                                                                                                  |
|-----|--------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A   | 0.00 to 0.28 | Free flow with low volumes, densities and high speeds. Driver can maintain their desired speeds with little or no delay.                           |
| B   | 0.29 to 0.47 | Stable flow. Operating speeds beginning to be restricted somewhat by traffic conditions, some slight delay.                                        |
| C   | 0.48 to 0.66 | Stable flow, speeds and maneuverability are more closely controlled by higher volume. Acceptable delay.                                            |
| D   | 0.67 to 0.79 | Approaching unstable flow. Tolerable operating speeds which are considerably affected by operating conditions. Tolerable delay.                    |
| E   | 0.80 to 1.00 | Unstable flow. Yet lower operating speeds and perhaps stoppages of momentary duration. Volumes at or near capacity and intolerable delay.          |
| F   | More than 1  | Forced flow. Speeds and volume can drop to zero. Stoppage can occur for long periods. Queues of vehicles backing up from a restriction downstream. |

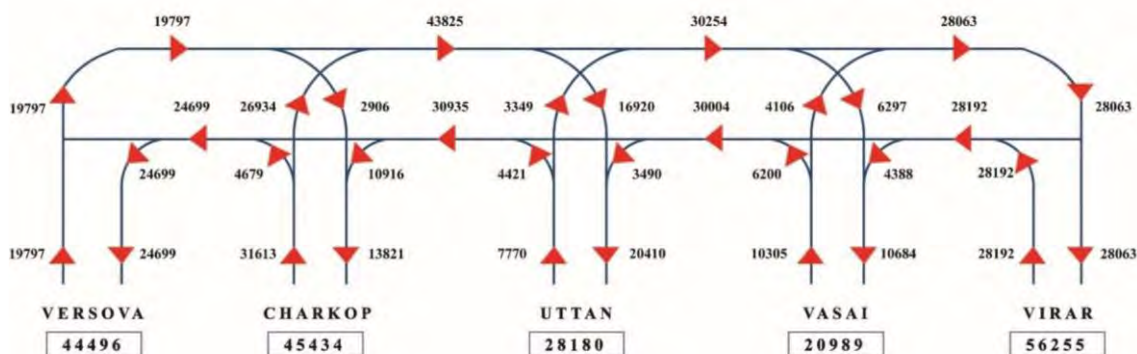
出典：Highway Capacity Manual

また、VVSLにおける各セクションの上下交通量も下図のように示している



出典：PRE-F/S

図 3.8 セクション毎の交通量予測（2026 年）



出典：PRE-F/S

図 3.9 セクション毎の交通量予測（2026 年）

本線交通量の最大値は Charkop~Uttan 間であるが、Pre-F/S 内の図面では、Uttan-Vasai 間に最大交通量が生じるように示している記載が多く、留意すべきところである。

また、下表に Pre-F/S の推計（各コネクタ道路の将来交通量（予測値））を示すが、他の記載事項と一部記載違いがあり、参照データとして留める。

表 3.6 各コネクタ道路の将来交通量

| MOST LIKELY SCENARIO |       |       |      |      |       |       |       |       |
|----------------------|-------|-------|------|------|-------|-------|-------|-------|
| Virar                |       |       |      |      |       |       |       |       |
| Period               | Car   |       | Bus  |      | LCV   |       | Total |       |
|                      | Nos.  | PCU   | Nos. | PCU  | Nos.  | PCU   | Nos.  | PCU   |
| 2019                 | 8437  | 8437  | 200  | 600  | 2178  | 3267  | 10815 | 12304 |
| 2025                 | 13591 | 13591 | 280  | 840  | 3186  | 4779  | 17057 | 19210 |
| 2030                 | 20323 | 20323 | 371  | 1113 | 4439  | 6659  | 25133 | 28095 |
| 2035                 | 29149 | 29149 | 474  | 1422 | 5955  | 8933  | 35578 | 39504 |
| 2040                 | 40635 | 40635 | 591  | 1773 | 7779  | 11669 | 49005 | 54077 |
| 2045                 | 55700 | 55700 | 725  | 2175 | 9989  | 14984 | 66414 | 72859 |
| 2050                 | 76349 | 76349 | 889  | 2667 | 12828 | 19242 | 90066 | 98258 |
| Vasai (Sativali)     |       |       |      |      |       |       |       |       |
| Period               | Car   |       | Bus  |      | LCV   |       | Total |       |
|                      | Nos.  | PCU   | Nos. | PCU  | Nos.  | PCU   | Nos.  | PCU   |
| 2019                 | 2683  | 2683  | 14   | 42   | 1226  | 1839  | 3923  | 4564  |
| 2025                 | 4322  | 4322  | 19   | 57   | 1818  | 2727  | 6159  | 7106  |
| 2030                 | 6463  | 6463  | 26   | 78   | 2534  | 3801  | 9023  | 10342 |
| 2035                 | 9269  | 9269  | 33   | 99   | 3399  | 5099  | 12701 | 14467 |
| 2040                 | 12922 | 12922 | 41   | 123  | 4440  | 6660  | 17403 | 19705 |
| 2045                 | 17713 | 17713 | 51   | 153  | 5702  | 8553  | 23466 | 26419 |
| 2050                 | 24279 | 24279 | 62   | 186  | 7322  | 10983 | 31663 | 35448 |
| Uttan                |       |       |      |      |       |       |       |       |
| Period               | Car   |       | Bus  |      | LCV   |       | Total |       |
|                      | Nos.  | PCU   | Nos. | PCU  | Nos.  | PCU   | Nos.  | PCU   |
| 2019                 | 3112  | 3112  | 23   | 69   | 292   | 438   | 3427  | 3619  |
| 2025                 | 4744  | 4744  | 31   | 93   | 435   | 653   | 5210  | 5490  |
| 2030                 | 6773  | 6773  | 41   | 123  | 608   | 912   | 7422  | 7808  |
| 2035                 | 8848  | 8848  | 47   | 141  | 779   | 1169  | 9674  | 10158 |
| 2040                 | 12105 | 12105 | 59   | 177  | 1043  | 1565  | 13207 | 13847 |
| 2045                 | 15979 | 15979 | 72   | 216  | 1343  | 2015  | 17394 | 18210 |
| 2050                 | 21092 | 21092 | 86   | 258  | 1730  | 2595  | 22908 | 23945 |
| Charkop              |       |       |      |      |       |       |       |       |
| Period               | Car   |       | Bus  |      | LCV   |       | Total |       |
|                      | Nos.  | PCU   | Nos. | PCU  | Nos.  | PCU   | Nos.  | PCU   |
| 2019                 | 12646 | 12646 | 953  | 2859 | 1419  | 2129  | 15018 | 17634 |
| 2025                 | 17807 | 17807 | 1148 | 3444 | 1960  | 2940  | 20915 | 24191 |
| 2030                 | 23740 | 23740 | 1340 | 4020 | 2569  | 3854  | 27649 | 31614 |
| 2035                 | 30618 | 30618 | 1523 | 4569 | 3254  | 4881  | 35395 | 40068 |
| 2040                 | 38559 | 38559 | 1697 | 5091 | 4020  | 6030  | 44276 | 49680 |
| 2045                 | 47821 | 47821 | 1862 | 5586 | 4884  | 7326  | 54567 | 60733 |
|                      | 59310 | 59310 | 2043 | 6129 | 5933  | 8900  | 67286 | 74339 |
| Versova              |       |       |      |      |       |       |       |       |
| Period               | Car   |       | Bus  |      | LCV   |       | Total |       |
|                      | Nos.  | PCU   | Nos. | PCU  | Nos.  | PCU   | Nos.  | PCU   |
| 2019                 | 8799  | 8799  | 452  | 1356 | 1089  | 1634  | 10340 | 11789 |
| 2025                 | 12009 | 12009 | 500  | 1500 | 1400  | 2100  | 13909 | 15609 |
| 2030                 | 15584 | 15584 | 541  | 1623 | 1726  | 2589  | 17851 | 19796 |
| 2035                 | 19588 | 19588 | 574  | 1722 | 2063  | 3095  | 22225 | 24405 |
| 2040                 | 24062 | 24062 | 598  | 1794 | 2409  | 3614  | 27069 | 29470 |
| 2045                 | 29120 | 29120 | 613  | 1839 | 2765  | 4148  | 32498 | 35107 |
| 2050                 | 35242 | 35242 | 629  | 1887 | 3175  | 4763  | 39046 | 41892 |

出典：PRE-F/S



### 3.2.2 経済分析への活用

Pre-F/S における経済分析は整備コストが暫定的ではあるものの、下表のように推計されている。推計された便益は、走行費用節減と走行時間縮減便益である。下表では、4 種類のパターンによる経済分析が示されており、上 2 つが Virar まで全線整備した場合のもの、下 2 つが Vasai までの整備（Vasai のコネクター道路を含む）に留めたもの、であり、それぞれ、土地収用コストの有無により計算を分けている。

表 3.7 Pre-F/S における経済分析（暫定値）

|                                                      | FY2035-36 | FY2040-41 | FY2045-46 | FY2049-50 |
|------------------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| <b>Versova-Virar (without land acquisition cost)</b> |           |           |           |           |
| Economic IRR                                         | 28.7%     | 31.8%     | 32.8%     | 33.1%     |
| Project IRR                                          | 1.6%      | 7.1%      | 9.9%      | 11.2%     |
| Average Cost of Funds                                | 6.0%      | 6.0%      | 6.0%      | 6.0%      |
| <b>Versova-Virar (with land acquisition cost)</b>    |           |           |           |           |
| Economic IRR                                         | 28.0%     | 31.1%     | 32.1%     | 32.5%     |
| Project IRR                                          | 1.2%      | 6.8%      | 9.6%      | 11.0%     |
| Average Cost of Funds                                | 5.8%      | 5.8%      | 5.8%      | 5.8%      |
| <b>Versova-Vasai (without land acquisition cost)</b> |           |           |           |           |
| Economic IRR                                         | 22.2%     | 26.1%     | 27.4%     | 27.8%     |
| Project IRR                                          | 3.5%      | 8.4%      | 10.8%     | 12.0%     |
| Average Cost of Funds                                | 6.7%      | 6.7%      | 6.7%      | 6.7%      |
| <b>Versova-Vasai (with land acquisition cost)</b>    |           |           |           |           |
| Economic IRR                                         | 21.6%     | 25.5%     | 26.9%     | 27.3%     |
| Project IRR                                          | 3.1%      | 8.0%      | 10.5%     | 11.7%     |
| Average Cost of Funds                                | 6.4%      | 6.4%      | 6.4%      | 6.4%      |

出典：Pre-F/S

### 3.2.3 将来需要予測の評価

Pre-F/S の需要予測手法は暫定的ではあるものの、下記の点について見直しが必要であり、本調査で見直しを試みる。

- データ処理方法やシナリオ設定が不明確であり、第三者が再現して、再検討できる状態にはなっていない。また、一部の結論に記載ミスがある。
- OD 調査結果の活用、拡大・調整の手法論が不明確である。
- 将来成長率のシナリオが不明確である。コロナによる成長率低下シナリオについても考慮すべきである。
- 転換率シナリオはゾーン間（ゾーン間距離の抵抗）で異なる設定とすべきである。また、有料道路としての料金抵抗に応じた転換率を設定すべきである。
- 対象車種が 3 種類しか示されておらず、大型貨物などの影響を考慮すべきである。



### 3.3 Pre-F/S 交通量の見直し

前節に示したように、Pre-F/S における交通需要予測は計算過程の説明が不十分であった。ここでは、Pre-F/S 内に示されたデータ・仮定を用いて一般的な交通需要予測の考え方に従って需要予測の再現を試み、Pre-F/S の予測値に Blackbox 的な仮定などがなく、妥当な推計結果か確認し、不十分な仮定であればそれを見直すこととした。

交通需要予測の確認・見直しは3つのステップで構成されている。

- 1) Pre-F/S から参照可能な OD 調査と交通量データに基づく、基準年（2019 年）の OD 交通量の再現
- 2) 前項で再現された OD 交通量に基づく、VVSL 本線区間と接続道路（コネクタ）の交通量推計
- 3) 社会・経済成長を考慮した、地域別の交通量（発生集中量）の成長率の推定と、2050 年までの VVSL 本線とコネクタの交通量予測

以下、前提条件やデータの処理、推計方法について、ステップごとに説明する。

#### 3.3.1 基準年（2019 年）の OD 交通量の再現

##### (1) 利用可能なデータ

Pre-F/S から参照可能なデータについて下記にまとめる（既に 3.1.1 項で紹介済み）。

- 2019 年に実施された OD サンプル調査結果。測定場所は Dahisar Toll Plaza（WEH 上の料金所で、VVSL の転換交通量が最も通過する地点と考えられる）、Bandra Worli Sea Link、Ghodbundar Toll Plaza、Khaniwade Toll Plaza の 4 地点で、車種は自動車、バス、LCV の 3 車種
- 2019 年に実施された 12 箇所での路側交通量調査結果。特に、Borivali 地点（WEH 道路上で、Dahisar 料金所に近い）、Ghodbundar Road、Kaniwade Road は、ネットワーク上及び OD 調査地点への近接性を考慮すれば、再現に欠かさないデータである。

##### (2) 前提条件

道路網の構成と交通量を考慮して、Dahisar Toll Plaza の OD 調査を全体 OD 再現における基礎データとする。OD 調査の総交通量は、WEH 道路上の Borivali 地点における伊交通量調査の AADT を採用することとした。交通ゾーンは、Pre-F/S で示された 26 ゾーンを採用した。

##### (3) データ処理・再現手順

以下のような推計手順で OD 表を調整した。

- FINAL PRE-FEASIBILITY REPORT（VOLUME III）から 4 地点の OD 調査データを読み込み、OD 表の対称化を実施。
- AADT データに基づいた、OD の拡大。Dahisar Toll Plaza の OD データは Borivali に拠る拡大、Ghodbunder, Khaniwade の OD 表は、それぞれ近隣 AADT に拠る拡大。

- 拡大した4OD表をまとめ、ネットワーク全体のODとして定義し、調査地点の関係から矛盾値の抽出、調整対応を行った。

最終的に推計した現況 OD 表（3車種、基準年 2019 年）は以下の通りである。

表 3.8 現況 OD 表（3車種、2019 年）

自動車 OD（現況）

| Zone name          | Zone No. | 1     | 2     | 3    | 4    | 5     | 6    | 7    | 8    | 9     | 10   | 11    | 12    | 13    | 14    | 15   | 16  | 17    | 18  | 19   | 20  | 21  | 22   | 23  | 24   | 25   | 26  | Total  |      |
|--------------------|----------|-------|-------|------|------|-------|------|------|------|-------|------|-------|-------|-------|-------|------|-----|-------|-----|------|-----|-----|------|-----|------|------|-----|--------|------|
| South Mumbai       | 1        | 0     | 10852 | 432  | 1597 | 3177  | 610  | 1203 | 464  | 971   | 189  | 2060  | 1698  | 1525  | 1351  | 869  | 41  | 4360  | 107 | 334  | 81  | 13  | 642  | 79  | 151  | 200  | 12  | 33016  |      |
| Bandra             | 2        | 10852 | 0     | 0    | 0    | 24    | 12   | 41   | 36   | 13    | 253  | 762   | 495   | 475   | 456   | 173  | 26  | 1645  | 54  | 132  | 72  | 36  | 160  | 120 | 36   | 84   | 12  | 15969  |      |
| Kurla-Sion-Manikh  | 3        | 432   | 0     | 0    | 0    | 2     | 2    | 0    | 2    | 3     | 116  | 158   | 135   | 121   | 107   | 79   | 0   | 161   | 0   | 24   | 0   | 0   | 45   | 12  | 12   | 24   | 0   | 1433   |      |
| Vile Parle - Santa | 4        | 1597  | 0     | 0    | 0    | 13    | 0    | 26   | 368  | 511   | 138  | 627   | 268   | 260   | 253   | 94   | 0   | 1002  | 0   | 81   | 26  | 0   | 107  | 84  | 0    | 13   | 0   | 5467   |      |
| Andheri - Ram Ma   | 5        | 3177  | 24    | 2    | 13   | 0     | 0    | 94   | 12   | 3056  | 823  | 2822  | 1150  | 964   | 777   | 563  | 13  | 3598  | 148 | 324  | 120 | 72  | 574  | 228 | 12   | 96   | 0   | 18662  |      |
| Goregaon - Madh    | 6        | 610   | 12    | 2    | 0    | 0     | 0    | 41   | 569  | 790   | 215  | 1096  | 635   | 515   | 375   | 146  | 0   | 1231  | 13  | 96   | 79  | 24  | 212  | 39  | 0    | 26   | 0   | 6742   |      |
| Malad              | 7        | 1203  | 41    | 0    | 26   | 94    | 41   | 0    | 79   | 94    | 507  | 1660  | 681   | 701   | 722   | 347  | 2   | 2435  | 54  | 255  | 66  | 12  | 293  | 39  | 26   | 72   | 0   | 9448   |      |
| Kandivalli - Manor | 8        | 464   | 36    | 2    | 368  | 12    | 569  | 79   | 0    | 36    | 448  | 1833  | 696   | 635   | 574   | 306  | 5   | 2983  | 79  | 240  | 120 | 48  | 361  | 26  | 24   | 36   | 0   | 9978   |      |
| Borivli - Gorei    | 9        | 971   | 13    | 3    | 511  | 3056  | 790  | 94   | 36   | 0     | 801  | 3478  | 1285  | 1036  | 788   | 548  | 2   | 4146  | 133 | 296  | 135 | 48  | 508  | 108 | 0    | 72   | 0   | 18858  |      |
| Dahisar            | 10       | 189   | 253   | 116  | 138  | 823   | 213  | 507  | 448  | 801   | 0    | 323   | 280   | 355   | 429   | 179  | 24  | 1117  | 0   | 276  | 0   | 24  | 312  | 60  | 0    | 120  | 0   | 6986   |      |
| Mira Bhayander -   | 11       | 2060  | 762   | 158  | 627  | 2822  | 1096 | 1660 | 1833 | 3478  | 323  | 0     | 340   | 430   | 521   | 217  | 0   | 1381  | 26  | 144  | 72  | 12  | 418  | 84  | 214  | 36   | 66  | 18780  |      |
| Vasai - Naigaon    | 12       | 1698  | 495   | 135  | 268  | 1150  | 655  | 681  | 696  | 1285  | 280  | 340   | 0     | 512   | 619   | 258  | 4   | 1201  | 24  | 72   | 24  | 36  | 562  | 24  | 79   | 24   | 66  | 11187  |      |
| Nalasopara - Sati  | 13       | 1525  | 475   | 121  | 260  | 964   | 515  | 701  | 635  | 1036  | 355  | 430   | 512   | 0     | 619   | 258  | 3   | 1519  | 18  | 60   | 24  | 30  | 518  | 14  | 86   | 36   | 54  | 10767  |      |
| Virar              | 14       | 1351  | 456   | 107  | 253  | 777   | 575  | 722  | 574  | 788   | 429  | 521   | 619   | 619   | 0     | 258  | 2   | 1837  | 13  | 48   | 24  | 24  | 474  | 4   | 92   | 48   | 41  | 10454  |      |
| Palghar - Dahanu   | 15       | 869   | 173   | 79   | 94   | 563   | 146  | 347  | 306  | 548   | 179  | 217   | 258   | 258   | 0     | 0    | 0   | 764   | 15  | 111  | 14  | 2   | 2    | 0   | 51   | 25   | 26  | 5302   |      |
| Vada               | 16       | 41    | 26    | 0    | 0    | 13    | 0    | 2    | 5    | 2     | 24   | 0     | 4     | 3     | 2     | 0    | 0   | 3     | 0   | 0    | 0   | 0   | 7    | 0   | 0    | 0    | 0   | 129    |      |
| Thane - Kalyan - B | 17       | 4360  | 1645  | 161  | 1002 | 3598  | 1231 | 2435 | 2983 | 4146  | 1117 | 1381  | 1201  | 1519  | 1837  | 764  | 3   | 0     | 54  | 48   | 36  | 0   | 1383 | 0   | 161  | 0    | 84  | 31146  |      |
| Vidhyavihar-Powai  | 18       | 107   | 54    | 0    | 0    | 148   | 13   | 54   | 79   | 133   | 0    | 26    | 24    | 18    | 13    | 15   | 0   | 54    | 0   | 0    | 0   | 0   | 40   | 12  | 0    | 13   | 0   | 801    |      |
| Navi Mumbai        | 19       | 334   | 132   | 24   | 81   | 324   | 96   | 255  | 240  | 296   | 276  | 144   | 72    | 60    | 48    | 111  | 0   | 48    | 0   | 0    | 0   | 0   | 236  | 2   | 0    | 0    | 12  | 2790   |      |
| Shilphata - Badia  | 20       | 81    | 72    | 0    | 26   | 120   | 79   | 66   | 120  | 135   | 0    | 72    | 24    | 24    | 24    | 14   | 0   | 36    | 0   | 0    | 0   | 0   | 25   | 0   | 0    | 0    | 0   | 917    |      |
| Alibaug - JNPT     | 21       | 13    | 36    | 0    | 0    | 72    | 24   | 12   | 48   | 48    | 24   | 12    | 36    | 30    | 24    | 2    | 0   | 0     | 0   | 0    | 0   | 0   | 5    | 0   | 0    | 0    | 0   | 385    |      |
| Towards Gujarat    | 22       | 642   | 160   | 45   | 107  | 574   | 212  | 293  | 361  | 508   | 312  | 418   | 562   | 518   | 474   | 2    | 7   | 1383  | 40  | 236  | 25  | 5   | 0    | 0   | 66   | 85   | 19  | 7050   |      |
| North Maharashtra  | 23       | 79    | 120   | 12   | 84   | 228   | 39   | 39   | 26   | 108   | 60   | 84    | 24    | 14    | 4     | 0    | 0   | 0     | 12  | 2    | 0   | 0   | 0    | 0   | 0    | 0    | 4   | 12     | 948  |
| East Maharashtra   | 24       | 151   | 36    | 12   | 0    | 12    | 0    | 26   | 24   | 0     | 0    | 214   | 79    | 86    | 92    | 51   | 0   | 161   | 0   | 0    | 0   | 0   | 0    | 0   | 0    | 0    | 13  | 0      | 1023 |
| South Maharashtra  | 25       | 200   | 84    | 24   | 13   | 96    | 26   | 72   | 36   | 72    | 120  | 36    | 24    | 36    | 46    | 25   | 0   | 0     | 13  | 0    | 0   | 0   | 0    | 0   | 85   | 4    | 13  | 0      | 1025 |
| Towards Goa (Sou   | 26       | 12    | 12    | 0    | 0    | 0     | 0    | 0    | 0    | 0     | 0    | 0     | 0     | 66    | 66    | 54   | 41  | 26    | 84  | 0    | 12  | 0   | 0    | 19  | 12   | 0    | 0   | 0      | 403  |
| Total              |          | 33016 | 15969 | 1433 | 5467 | 18662 | 6742 | 9448 | 9978 | 18858 | 6986 | 18780 | 11187 | 10767 | 10454 | 5302 | 129 | 31146 | 801 | 2790 | 917 | 385 | 7050 | 948 | 1023 | 1025 | 403 | 229666 |      |

バス OD（現況）

| Zone name                | Zone No. | 1    | 2   | 3   | 4   | 5    | 6    | 7   | 8   | 9    | 10  | 11   | 12  | 13   | 14   | 15  | 16 | 17   | 18 | 19  | 20 | 21 | 22  | 23 | 24 | 25  | 26 | Total |
|--------------------------|----------|------|-----|-----|-----|------|------|-----|-----|------|-----|------|-----|------|------|-----|----|------|----|-----|----|----|-----|----|----|-----|----|-------|
| South Mumbai             | 1        | 0    | 25  | 1   | 1   | 6    | 1    | 4   | 27  | 57   | 11  | 121  | 100 | 90   | 79   | 51  | 2  | 256  | 6  | 20  | 5  | 1  | 134 | 12 | 9  | 12  | 3  | 1034  |
| Bandra                   | 2        | 25   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0    | 4   | 6   | 384  | 75  | 64   | 26  | 68   | 110  | 5   | 0  | 3    | 0  | 0   | 0  | 0  | 5   | 0  | 0  | 0   | 0  | 776   |
| Kurla-Sion-Manikh        | 3        | 1    | 0   | 0   | 0   | 0    | 0    | 2   | 3   | 212  | 41  | 37   | 15  | 39   | 64   | 3   | 0  | 3    | 0  | 0   | 0  | 0  | 0   | 0  | 0  | 0   | 0  | 422   |
| Vile Parle - Santacruz   | 4        | 1    | 0   | 0   | 0   | 0    | 0    | 4   | 7   | 407  | 79  | 71   | 29  | 75   | 122  | 5   | 0  | 22   | 0  | 0   | 0  | 0  | 3   | 0  | 0  | 0   | 0  | 825   |
| Andheri - Ram Malviya    | 5        | 6    | 0   | 0   | 0   | 0    | 0    | 6   | 10  | 600  | 117 | 105  | 42  | 111  | 180  | 8   | 0  | 59   | 0  | 0   | 0  | 0  | 16  | 3  | 0  | 3   | 0  | 1267  |
| Goregaon - Madhopolis    | 6        | 1    | 0   | 0   | 0   | 0    | 0    | 16  | 25  | 512  | 302 | 272  | 110 | 289  | 468  | 21  | 0  | 34   | 0  | 0   | 0  | 0  | 0   | 0  | 0  | 0   | 0  | 2049  |
| Malad                    | 7        | 4    | 4   | 2   | 4   | 6    | 16   | 0   | 7   | 424  | 82  | 74   | 30  | 79   | 128  | 6   | 0  | 14   | 0  | 0   | 0  | 0  | 7   | 0  | 0  | 3   | 0  | 888   |
| Kandivalli - Manor Road  | 8        | 27   | 6   | 3   | 7   | 10   | 25   | 7   | 0   | 439  | 86  | 74   | 30  | 3    | 3    | 0   | 0  | 22   | 0  | 3   | 0  | 0  | 3   | 0  | 0  | 0   | 0  | 749   |
| Borivli - Goregaon       | 9        | 57   | 384 | 212 | 407 | 600  | 512  | 424 | 439 | 0    | 64  | 281  | 7   | 34   | 37   | 7   | 3  | 1611 | 3  | 69  | 0  | 0  | 90  | 32 | 3  | 68  | 3  | 5350  |
| Dahisar                  | 10       | 11   | 75  | 41  | 79  | 117  | 302  | 82  | 86  | 64   | 0   | 9    | 4   | 10   | 16   | 1   | 0  | 15   | 0  | 3   | 0  | 0  | 0   | 0  | 0  | 0   | 0  | 918   |
| Mira Bhayander - Vasai   | 11       | 121  | 64  | 37  | 71  | 105  | 272  | 74  | 74  | 281  | 9   | 0    | 17  | 44   | 71   | 3   | 0  | 237  | 0  | 7   | 0  | 0  | 0   | 3  | 41 | 25  | 30 | 1588  |
| Vasai - Naigaon          | 12       | 100  | 26  | 15  | 29  | 42   | 110  | 30  | 30  | 7    | 4   | 17   | 0   | 1    | 2    | 0   | 0  | 95   | 0  | 3   | 0  | 0  | 3   | 0  | 0  | 12  | 0  | 524   |
| Nalasopara - Sanpada     | 13       | 90   | 68  | 39  | 75  | 111  | 289  | 79  | 3   | 34   | 10  | 44   | 1   | 0    | 9    | 0   | 0  | 251  | 0  | 0   | 0  | 0  | 0   | 0  | 0  | 0   | 0  | 1104  |
| Virar                    | 14       | 79   | 110 | 64  | 122 | 180  | 468  | 128 | 3   | 37   | 16  | 71   | 2   | 9    | 0    | 13  | 0  | 407  | 3  | 0   | 0  | 0  | 3   | 0  | 0  | 15  | 0  | 1729  |
| Palghar - Dahanu         | 15       | 51   | 5   | 3   | 5   | 8    | 21   | 6   | 0   | 7    | 1   | 3    | 0   | 0    | 13   | 0   | 0  | 18   | 0  | 0   | 0  | 0  | 0   | 0  | 0  | 24  | 0  | 164   |
| Vada                     | 16       | 2    | 0   | 0   | 0   | 0    | 0    | 0   | 0   | 3    | 0   | 0    | 0   | 0    | 0    | 0   | 0  | 0    | 0  | 0   | 0  | 0  | 0   | 0  | 0  | 0   | 0  | 6     |
| Thane - Kalyan - Borivli | 17       | 256  | 3   | 3   | 22  | 59   | 34   | 14  | 22  | 1611 | 15  | 237  | 96  | 251  | 407  | 18  | 0  | 0    | 3  | 3   | 0  | 0  | 29  | 0  | 12 | 16  | 14 | 3124  |
| Vidhyavihar-Powai        | 18       | 6    | 0   | 0   | 0   | 0    | 0    | 0   | 0   | 3    | 0   | 0    | 0   | 3    | 0    | 0   | 0  | 3    | 0  | 0   | 0  | 0  | 0   | 0  | 0  | 0   | 0  | 16    |
| Navi Mumbai              | 19       | 20   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0    | 0   | 0   | 3    | 69  | 3    | 7   | 3    | 0    | 0   | 0  | 3    | 0  | 0   | 0  | 0  | 0   | 0  | 0  | 0   | 3  | 112   |
| Shilphata - Badli        | 20       | 5    | 0   | 0   | 0   | 0    | 0    | 0   | 0   | 0    | 0   | 0    | 0   | 0    | 0    | 0   | 0  | 0    | 0  | 0   | 0  | 0  | 0   | 0  | 0  | 0   | 0  | 5     |
| Alibaug - JNPT           | 21       | 1    | 0   | 0   | 0   | 0    | 0    | 0   | 0   | 0    | 0   | 0    | 0   | 0    | 0    | 0   | 0  | 0    | 0  | 0   | 0  | 0  | 0   | 0  | 0  | 0   | 0  | 1     |
| Towards Gujarat (North)  | 22       | 134  | 5   | 0   | 3   | 16   | 0    | 7   | 3   | 90   | 0   | 0    | 3   | 0    | 3    | 0   | 0  | 29   | 0  | 0   | 0  | 0  | 0   | 0  | 0  | 16  | 3  | 308   |
| North Maharashtra        | 23       | 12   | 0   | 0   | 0   | 3    | 0    | 0   | 0   | 32   | 0   | 3    | 0   | 0    | 0    | 0   | 0  | 0    | 0  | 0   | 0  | 0  | 0   | 0  | 0  | 0   | 0  | 50    |
| East Maharashtra         | 24       | 9    | 0   | 0   | 0   | 0    | 0    | 0   | 0   | 3    | 0   | 41   | 0   | 0    | 0    | 0   | 0  | 12   | 0  | 0   | 0  | 0  | 0   | 0  | 0  | 0   | 0  | 65    |
| South Maharashtra        | 25       | 12   | 0   | 0   | 0   | 3    | 0    | 3   | 0   | 68   | 0   | 25   | 12  | 0    | 15   | 24  | 0  | 16   | 0  | 3   | 0  | 0  | 16  | 0  | 0  | 0   | 0  | 195   |
| Towards Goa (South)      | 26       | 3    | 0   | 0   | 0   | 0    | 0    | 0   | 0   | 3    | 3   | 30   | 0   | 0    | 0    | 0   | 0  | 14   | 0  | 0   | 0  | 0  | 3   | 0  | 0  | 0   | 0  | 56    |
| Total                    |          | 1034 | 776 | 422 | 825 | 1267 | 2049 | 888 | 749 | 5350 | 918 | 1588 | 524 | 1104 | 1729 | 164 | 6  | 3124 | 16 | 112 | 5  | 1  | 308 | 50 | 65 | 195 | 56 | 23324 |

LCV-OD（現況）

| Zone name               | Zone No | 1    | 2   | 3   | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   | 14   | 15  | 16   | 17  | 18  | 19  | 20  | 21   | 22  | 23  | 24  | 25  | 26   | Total |      |
|-------------------------|---------|------|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-------|------|
| South Mumbai            | 1       | 0    | 61  | 5   | 10   | 20   | 278  | 239  | 234  | 490  | 96   | 64   | 965  | 227  | 90   | 53  | 26   | 397 | 0   | 19  | 0   | 0    | 237 | 42  | 8   | 11  | 6    | 2977  |      |
| Bandra-Don              | 2       | 61   | 0   | 6   | 0    | 6    | 199  | 171  | 167  | 350  | 69   | 38   | 190  | 127  | 64   | 13  | 6    | 137 | 0   | 13  | 4   | 0    | 53  | 16  | 0   | 11  | 0    | 1700  |      |
| Kurli-Sion-Mankli       | 3       | 5    | 6   | 0   | 0    | 0    | 139  | 120  | 117  | 245  | 48   | 19   | 58   | 51   | 45   | 6   | 6    | 19  | 0   | 0   | 0   | 37   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 922   |      |
| Vile Parle - Santa Cruz | 4       | 20   | 6   | 0   | 0    | 0    | 0    | 0    | 34   | 33   | 70   | 14   | 26   | 26   | 19   | 13  | 6    | 96  | 0   | 4   | 0   | 13   | 6   | 0   | 0   | 0   | 0    | 4921  |      |
| Andheri - Ram Mill      | 5       | 10   | 0   | 0   | 0    | 0    | 689  | 592  | 578  | 335  | 238  | 312  | 636  | 429  | 222  | 51  | 13   | 521 | 6   | 25  | 18  | 4    | 174 | 27  | 4   | 21  | 0    | 4921  |      |
| Worliang - Madhav       | 6       | 278  | 139 | 40  | 680  | 0    | 222  | 175  | 155  | 89   | 162  | 235  | 158  | 83   | 32   | 6   | 318  | 27  | 11  | 14  | 0   | 85   | 16  | 0   | 14  | 0   | 0    | 3474  |      |
| Malad - Marine          | 7       | 239  | 177 | 122 | 34   | 592  | 292  | 0    | 167  | 355  | 69   | 51   | 190  | 127  | 64   | 19  | 0    | 273 | 0   | 0   | 0   | 51   | 6   | 0   | 0   | 0   | 0    | 2780  |      |
| Kandivli - Manor        | 8       | 234  | 167 | 117 | 33   | 578  | 217  | 167  | 0    | 455  | 89   | 162  | 235  | 158  | 83   | 27  | 11   | 267 | 6   | 32  | 11  | 0    | 51  | 26  | 0   | 0   | 0    | 3117  |      |
| Borivli - Gorel         | 9       | 490  | 350 | 245 | 70   | 335  | 455  | 350  | 455  | 0    | 174  | 149  | 312  | 237  | 162  | 19  | 26   | 560 | 4   | 38  | 13  | 0    | 32  | 38  | 4   | 11  | 4    | 4530  |      |
| Dahisar                 | 10      | 96   | 69  | 48  | 14   | 238  | 89   | 69   | 89   | 174  | 0    | 76   | 84   | 52   | 19   | 6   | 4    | 110 | 7   | 25  | 36  | 0    | 16  | 21  | 0   | 28  | 4    | 1372  |      |
| Vasli-Bhayander         | 11      | 64   | 38  | 19  | 26   | 312  | 182  | 51   | 162  | 149  | 76   | 0    | 108  | 67   | 25   | 79  | 18   | 401 | 7   | 57  | 50  | 0    | 100 | 16  | 32  | 47  | 0    | 4085  |      |
| Mira - Nigaydon         | 12      | 365  | 190 | 58  | 26   | 636  | 233  | 190  | 228  | 312  | 84   | 108  | 67   | 0    | 244  | 92  | 269  | 6   | 440 | 0   | 50  | 21   | 4   | 421 | 53  | 19  | 68   | 13    | 2148 |
| Malasparda - Sar        | 13      | 227  | 127 | 51  | 13   | 422  | 158  | 156  | 357  | 190  | 228  | 312  | 84   | 108  | 67   | 0   | 244  | 92  | 269 | 6   | 440 | 0    | 50  | 21  | 4   | 421 | 53   | 19    | 2401 |
| Virar                   | 14      | 90   | 64  | 45  | 13   | 422  | 83   | 64   | 162  | 19   | 25   | 92   | 64   | 0    | 111  | 4   | 103  | 4   | 4   | 0   | 0   | 200  | 18  | 6   | 7   | 19  | 149  | 1498  |      |
| Palghar - Dahanu        | 15      | 53   | 13  | 6   | 5    | 51   | 32   | 19   | 27   | 19   | 79   | 289  | 200  | 111  | 0    | 6   | 321  | 6   | 95  | 32  | 16  | 58   | 4   | 11  | 74  | 16  | 17   | 1547  |      |
| Vandri                  | 16      | 26   | 6   | 6   | 0    | 13   | 6    | 0    | 11   | 26   | 4    | 18   | 6    | 0    | 4    | 6   | 0    | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 22  | 0   | 0   | 0   | 0    | 0     | 168  |
| Thane - Kailyan - C     | 17      | 397  | 137 | 19  | 96   | 521  | 318  | 273  | 267  | 560  | 110  | 401  | 440  | 271  | 103  | 321 | 0    | 0   | 4   | 6   | 4   | 0    | 857 | 111 | 16  | 18  | 0    | 5249  |      |
| Vidhyavathi-Pad         | 18      | 0    | 0   | 0   | 0    | 0    | 0    | 0    | 6    | 4    | 7    | 7    | 0    | 0    | 6    | 0   | 4    | 0   | 0   | 0   | 0   | 22   | 4   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0     | 64   |
| New Mumbai              | 19      | 19   | 13  | 7   | 11   | 31   | 7    | 11   | 31   | 7    | 11   | 31   | 7    | 11   | 31   | 7   | 11   | 31  | 7   | 11  | 31  | 7    | 11  | 31  | 7   | 11  | 31   | 7     | 740  |
| Shilphatna-Badli        | 20      | 0    | 4   | 0   | 0    | 18   | 14   | 6    | 11   | 13   | 36   | 50   | 21   | 0    | 0    | 32  | 0    | 4   | 0   | 0   | 0   | 137  | 6   | 0   | 4   | 0   | 0    | 0     | 352  |
| Alibag - JMT            | 21      | 0    | 0   | 0   | 0    | 4    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 16   | 0   | 4    | 0   | 0   | 0   | 0   | 22   | 6   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0     | 54   |
| Towards Gujarat         | 22      | 237  | 53  | 37  | 13   | 174  | 85   | 51   | 51   | 32   | 16   | 100  | 421  | 0    | 200  | 58  | 22   | 857 | 22  | 268 | 137 | 22   | 0   | 18  | 69  | 231 | 22   | 3191  |      |
| North Maharashtra       | 23      | 42   | 16  | 0   | 6    | 27   | 11   | 6    | 26   | 38   | 21   | 16   | 53   | 0    | 18   | 4   | 0    | 111 | 4   | 58  | 6   | 18   | 0   | 6   | 43  | 11  | 541  | 141   |      |
| East Maharashtra        | 24      | 8    | 0   | 0   | 0    | 4    | 0    | 0    | 4    | 0    | 4    | 32   | 19   | 0    | 0    | 0   | 0    | 16  | 0   | 0   | 0   | 69   | 6   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0     | 173  |
| South Maharashtra       | 25      | 11   | 2   | 14  | 11   | 0    | 0    | 0    | 14   | 12   | 47   | 68   | 0    | 22   | 74   | 11  | 18   | 0   | 0   | 0   | 0   | 331  | 3   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0     | 631  |
| Towards Goa (So         | 26      | 6    | 0   | 0   | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 4    | 13   | 0    | 19  | 16   | 0   | 0   | 0   | 0   | 22   | 11  | 4   | 0   | 0   | 0    | 0     | 83   |
| Total                   | 2977    | 1700 | 922 | 409 | 4921 | 3471 | 2780 | 3117 | 4530 | 1372 | 2085 | 4148 | 2430 | 1498 | 1547 | 168 | 5249 | 64  | 716 | 352 | 54  | 3191 | 541 | 173 | 612 | 93  | 4910 | 4910  |      |

### 3.3.2 VVSL 本線区間、コネクタ区間の交通量推計

本節では、現況 OD 表を利用して、VVSL 本線区間とコネクタ区間の交通量を推計する（2019 年に仮に VVSL 道路が存在した場合の交通量を推計する）。手順、仮定、条件などを下記に示す。

#### (1) 前提条件

- VVSL への転換率：Pre-F/S と同じ数値を採用する。自動車は 33%、LCV とバスは 14%（Pre-F/S と同じ）。
- 自動車は Car/Jeep/Ban/Taxi、バスは Mini-Bus と Standard-Bus、LCV は Mini-LCV と LCV、トラックは 2-Axle、3-Axle、MAV を表しています。
- VVSL 本線区間交通量は、4 区間の中で最大の交通量を推計する（後述するが、分析結果では Charkop-Uttan 間となる）。

#### (2) 推計作業

- VVSL コネクタ道路（5 路線）に関連する OD ゾーンを特定する。
- 対象となる OD ペア交通量に転換率を適用し、その結果を Pre-F/S と比較し、再現状況を確認する。
- VVSL 本線区間、コネクタ区間の交通量を、PCU 単位で示す。

#### コネクタとゾーンの特定

VVSL コネクタ道路と対象地域（OD ゾーン）の関係は以下の様になる（図 3.6 交通ゾーン図（26 ゾーン）も参照）。例えば、VVSL 最南端の Versova コネクタは、起点がゾーン 1, 2, 4, 5 からの交通量が接続するものとし、その一つ北側の Charkop はゾーン 6, 7, 8, 9 から集客するものと仮定している。

表 3.9 コネクタと OD ペアの特定

| コネクタ道路     | 交通ゾーン          |
|------------|----------------|
| Versova    | 1,2,4,5        |
| Charkop    | 6,7,8,9        |
| Ghodbunder | 10,11          |
| Vasai      | 12             |
| Virar      | 13,14,15,16,22 |

出典：本調査

関連するゾーンペア交通量に転換率を適用することで、コネクタ道路の交通量を推計した。転換率について、Pre-F/S では、一般的な転換率として自動車は 33%、LCV/バスは 14%を提示しており、確認のためにこれを用いて推計した。下表に、ゾーンペアごとに、Pre-F/S における推計結果、本調査による推計（OD ペア交通量と転換交通量）、比較結果（乖離状況）を示す。

表 3.10 Pre-F/S 現況交通量（コネクター）の再現試行と比較

## 自動車

| コネクタ間 OD   |            | Pre-F/S における推計 | 本調査による再現 |       | Pre-F/S からの乖離 |
|------------|------------|----------------|----------|-------|---------------|
|            |            |                | 現状総 OD   | 転換交通量 |               |
| Versova    | Virar      | 3766           | 9324     | 3077  | -18%          |
| Charkop    | Virar      | 3507           | 8075     | 2665  | -24%          |
| Ghodbunder | Virar      | 1196           | 2883     | 952   | -20%          |
| Vasai      | Virar      | 834            | 1954     | 645   | -23%          |
| Versova    | Vasai      | 1176           | 3611     | 1191  | 1%            |
| Charkop    | Vasai      | 987            | 3317     | 1095  | 11%           |
| Ghodbunder | Vasai      | 7              | 621      | 205   | *             |
| Versova    | Ghodbunder | 1890           | 6272     | 2070  | 10%           |
| Charkop    | Ghodbunder | 2534           | 8067     | 2662  | 5%            |
| Versova    | Charkop    | 1944           | 5431     | 1792  | -8%           |
| Total      |            | 17839          | 49555    | 16353 | -8%           |

\*) の区間は交通量が十分小さいので比較対象としない。

## バス

| コネクタ間 OD   |            | Pre-F/S における推計 | 本調査による再現 |       | Pre-F/S からの乖離 |
|------------|------------|----------------|----------|-------|---------------|
|            |            |                | 現状総 OD   | 転換交通量 |               |
| Versova    | Virar      | 242            | 1065     | 149   | -38%          |
| Charkop    | Virar      | 224            | 1177     | 165   | -26%          |
| Ghodbunder | Virar      | 0              | 145      | 20    | *             |
| Vasai      | Virar      | 3              | 5        | 1     | -70%          |
| Versova    | Vasai      | 8              | 197      | 28    | *             |
| Charkop    | Vasai      | 4              | 177      | 25    | *             |
| Ghodbunder | Vasai      | 0              | 20       | 3     | *             |
| Versova    | Ghodbunder | 50             | 361      | 51    | 2%            |
| Charkop    | Ghodbunder | 255            | 702      | 98    | -61%          |
| Versova    | Charkop    | 28             | 1498     | 210   | *             |
| Total      |            | 811            | 5348     | 749   | -8%           |

## LCV

| コネクタ間 OD   |            | Pre-F/S における推計 | 本調査による再現 |       | Pre-F/S からの乖離 |
|------------|------------|----------------|----------|-------|---------------|
|            |            |                | 現状総 OD   | 転換交通量 |               |
| Versova    | Virar      | 756            | 1836     | 257   | -66%          |
| Charkop    | Virar      | 428            | 1437     | 201   | -53%          |
| Ghodbunder | Virar      | 205            | 385      | 54    | -74%          |
| Vasai      | Virar      | 717            | 1052     | 147   | -79%          |
| Versova    | Vasai      | 291            | 1217     | 170   | -41%          |
| Charkop    | Vasai      | 299            | 963      | 135   | -55%          |
| Ghodbunder | Vasai      | 6              | 192      | 27    | *             |
| Versova    | Ghodbunder | 112            | 440      | 62    | -45%          |
| Charkop    | Ghodbunder | 249            | 545      | 76    | -69%          |
| Versova    | Charkop    | 42             | 2257     | 316   | *             |
| Total      |            | 3102           | 10322    | 1445  | -53%          |

出典：本調査

車種毎、コネクタ間の比較結果は大きな違いが見られた。総交通量については自動車とバスでは乖離は 10%内に留まったものの、LCV の転換交通量の再現試行では Pre-F/S の半数程度となった。データが不十分であり、十分な再現結果を得るのは困難ではあるが、以下の課題を示す。

- LCV の乖離は車種定義による乖離と推計する。Pre-F/S 本編の別節を読めば、Pre-F/S の LCV には他の貨物車（大型貨物車など）も含まれていて、本調査の LCV 単体の推計と単純比較できない。このため、この後の推計では、トラック交通量を含めて OD 間交通量を推計することとした。
- 自動車・バスについて、Pre-F/S と本調査推計を比較、特に長距離の OD ペア（例えば Virar を目的地とするもの）についての Pre-F/S での推計転換量が大きい。恐らく、距離帯に応じて転換係数を増分していると考えられるが、Pre-F/S 本文にはそのような記載が無いため確認できなかった。一方で、長距離になれば平均速度や LOS が高い VVSL への転換が進むのは自然な傾向であり、また、一般的な需要予測においてもそのようなモデル化が行われるので、Pre-F/S の推計は許容される可能性はある。

最終的に、本調査での再推計による各コネクタ間の基準 OD 交通量（2019 年時点で VVSL が存在する場合の交通量）を下表にまとめる。

表 3.11 基準 OD 交通量

| コネクタ間 OD ペア |         |         | 車種別基準交通量・台数 <sup>1</sup> |       |       |                    | 合計：PCU 換算 |
|-------------|---------|---------|--------------------------|-------|-------|--------------------|-----------|
|             |         |         | Car                      | Bus   | LCV   | Truck <sup>2</sup> |           |
| 1           | Virar   | Versova | 6,154                    | 298   | 514   | 636                | 9,715     |
| 2           | Virar   | Charkop | 5,330                    | 330   | 402   | 498                | 8,379     |
| 3           | Virar   | Uttan   | 1,903                    | 41    | 108   | 133                | 2,591     |
| 4           | Virar   | Vasai   | 1,290                    | 1     | 295   | 364                | 2,871     |
| 5           | Vasai   | Versova | 2,383                    | 55    | 341   | 422                | 4,361     |
| 6           | Vasai   | Charkop | 2,189                    | 50    | 270   | 333                | 3,768     |
| 7           | Vasai   | Uttan   | 410                      | 6     | 54    | 67                 | 716       |
| 8           | Uttan   | Versova | 4,140                    | 101   | 123   | 152                | 5,072     |
| 9           | Uttan   | Charkop | 5,324                    | 197   | 153   | 189                | 6,675     |
| 10          | Charkop | Versova | 3,584                    | 419   | 632   | 782                | 8,104     |
| Total       |         |         | 32,707                   | 1,498 | 2,892 | 3,576              | 52,252    |

出典：本調査

注：1) 両方向の交通量が示されている。2) トラック交通量は Borivali での AADT を参照して推計した。3) PCU 換算係数は下記を採用した（インドで用いられる標準的な PCU 換算値を Borivali での車種構成比率を勘案して重み付けしたものである）。

表 3.12 Compound PCU factor

| Car   | Bus   | LCV   | Truck |
|-------|-------|-------|-------|
| 1.000 | 2.700 | 1.340 | 3.250 |

出典：本調査

また、この結果を利用して、VVSL 本線の基準交通量、コネクタ区間の基準交通量は下記の様に推計された。



表 3.13 VVSL 本線の基準交通量

| VVSL 本線区間       | 基準交通量 (PCU) | コネクタ間 OD 交通量内訳 |
|-----------------|-------------|----------------|
| Virar-Vasai     | 23,556      | 1+2+3+4        |
| Vasai-Uttan     | 29,530      | 1+2+3+5+6+7    |
| Uttan-Charkop   | 37,970      | 1+2+5+6+8+9    |
| Charkop-Versova | 27,252      | 1+5+8+10       |

出典：本調査

表 3.14 VVSL コネクタの基準交通量

| コネクタ道路  | 基準交通量 (PCU) | コネクタ間 OD 交通量内訳 |
|---------|-------------|----------------|
| Virar   | 23,556      | 1+2+3+4        |
| Vasai   | 11,716      | 4+5+6+7        |
| Uttan   | 15,054      | 3+7+8+9        |
| Charkop | 26,926      | 2+6+9+10       |
| Versova | 27,252      | 1+5+8+10       |

出典：本調査

### (3) シナリオ別の推計

Pre-F/S では、段階的な建設シナリオが想定されている。2つのケースが提案されていて、ケース 1 が全線 Virar-Versova の一括建設、ケース 2 が Vasai-Versova 区間（途中まで）の建設である。上記の基準交通量はケース 1 の推計である。

ケース 2 については、Virar コネクタにおける交通量が Vasai コネクタに接続することが想定されている。Pre-F/S を参照し、Virar 関連のコネクタ OD ペア (No.1-4) が、Vasai 発着の交通量として 100%合算されるものとした。ケース 2 の基準交通量の推計結果を下記の様にまとめる。

表 3.15 Case 2 における 基準 OD 交通量

| Connector OD pair |         |         | Total Traffic in PCU |
|-------------------|---------|---------|----------------------|
| 5                 | Vasai   | Versova | 14,076               |
| 6                 | Vasai   | Charkop | 12,147               |
| 7                 | Vasai   | Uttan   | 3,307                |
| 8                 | Uttan   | Versova | 5,072                |
| 9                 | Uttan   | Charkop | 6,675                |
| 10                | Charkop | Versova | 8,104                |
| Total             |         |         | 49,381               |

出典：本調査

表 3.16 Case 2 における VVSL 本線・コネクタの基準交通量

| Link section    | Base Traffic, PCU | Composition of Connector OD pair |
|-----------------|-------------------|----------------------------------|
| Vasai-Uttan     | 29,530            | 5+6+7                            |
| Uttan-Charkop   | 37,970            | 5+6+8+9                          |
| Charkop-Versova | 27,252            | 5+8+10                           |

| Connector | Base Traffic, PCU | Composition of Connector OD pair |
|-----------|-------------------|----------------------------------|
| Vasai     | 29,530            | 5+6+7                            |
| Uttan     | 15,054            | 7+8+9                            |
| Charkop   | 26,926            | 6+9+10                           |
| Versova   | 27,252            | 5+8+10                           |

出典：本調査

#### (4) その他コメント

将来的に MTHL が開通した場合、Navi Mumbai 地区から VVSL に迂回する交通量が増えると考えられるものの、Pre-F/S の推計には含まれておらず、言及もされていない。本調査の交通量推計には含めていないが、広域交通の基幹となる経路であり、円借款資金を想定したプロジェクト形成を促進するためにも、今後の課題として言及しておく。

### 3.3.3 将来交通量推計

ここでは、社会・経済成長を考慮し、地域別の交通量（発生集中量）成長率の推定を行い、それを適用して 2050 年までの VVSL 本線とコネクタの交通量を推計する。

#### (1) 成長率の試算

地域の人口成長率、GDP 成長率、自動車登録台数の成長率を考慮して交通量成長率を推定し、適用した成長率を以下の表に示す。

表 3.17 車種別の自動車成長率の推定

|       | 2023  | 2024  | 2025  | 2026-2030 | 2031-2035 | 2036-2040 | 2041-2045 | 2046-2050 |
|-------|-------|-------|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Car   | 7.56% | 7.20% | 7.08% | 6.96%     | 6.05%     | 5.50%     | 4.50%     | 4.00%     |
| Bus   | 6.93% | 6.60% | 6.49% | 6.38%     | 5.50%     | 5.00%     | 4.05%     | 3.60%     |
| LCV   | 6.93% | 6.60% | 6.49% | 6.38%     | 5.50%     | 5.00%     | 4.05%     | 3.60%     |
| Truck | 6.93% | 6.60% | 6.49% | 6.38%     | 5.50%     | 5.00%     | 4.05%     | 3.60%     |

出典：本調査

#### (2) 将来交通量の推計

上記の成長率を基準交通量に適用し、ケース 1 と 2 について、VVSL 本線交通量とコネクタ道路を対象とした将来交通量を推計した。

表 3.18 VVSL 本線将来交通量（ケース 1）

| Year            | 2022    | 2023    | 2024    | 2025    | 2026    | 2027    | 2028    | 2029    | 2030           | 2031    |
|-----------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------------|---------|
| Virar-Vasai     | 23,556  | 25,490  | 27,497  | 29,631  | 31,899  | 34,344  | 36,978  | 39,818  | 42,879         | 45,794  |
| Vasai-Uttan     | 29,530  | 31,873  | 34,292  | 36,857  | 39,572  | 42,489  | 45,623  | 48,989  | 52,607         | 56,021  |
| Uttan-Charkop   | 37,970  | 40,867  | 43,842  | 46,983  | 50,295  | 53,841  | 57,637  | 61,701  | <b>66,052</b>  | 70,115  |
| Charkop-Versova | 27,252  | 29,145  | 31,072  | 33,094  | 35,212  | 37,470  | 39,878  | 42,443  | 45,179         | 47,690  |
| Year            | 2032    | 2033    | 2034    | 2035    | 2036    | 2037    | 2038    | 2039    | 2040           | 2041    |
| Virar-Vasai     | 48,910  | 52,243  | 55,808  | 59,620  | 63,381  | 67,385  | 71,648  | 76,187  | 81,021         | 85,373  |
| Vasai-Uttan     | 59,660  | 63,537  | 67,670  | 72,074  | 76,385  | 80,958  | 85,808  | 90,954  | 96,412         | 101,255 |
| Uttan-Charkop   | 74,430  | 79,010  | 83,873  | 89,036  | 94,041  | 99,329  | 104,914 | 110,815 | <b>117,048</b> | 122,480 |
| Charkop-Versova | 50,346  | 53,154  | 56,125  | 59,268  | 62,278  | 65,447  | 68,783  | 72,296  | 75,996         | 79,146  |
| Year            | 2042    | 2043    | 2044    | 2045    | 2046    | 2047    | 2048    | 2049    | 2050           |         |
| Virar-Vasai     | 89,966  | 94,815  | 99,935  | 105,340 | 110,539 | 116,005 | 121,753 | 127,798 | 134,155        |         |
| Vasai-Uttan     | 106,347 | 111,700 | 117,328 | 123,246 | 128,874 | 134,766 | 140,934 | 147,391 | 154,153        |         |
| Uttan-Charkop   | 128,164 | 134,114 | 140,340 | 146,857 | 152,965 | 159,328 | 165,956 | 172,861 | <b>180,054</b> |         |
| Charkop-Versova | 82,434  | 85,867  | 89,449  | 93,190  | 96,646  | 100,238 | 103,973 | 107,855 | 111,891        |         |

出典：本調査

表 3.19 VVSL コネクタ道路 将来交通量（ケース 1）

| Year    | 2022   | 2023   | 2024   | 2025    | 2026    | 2027    | 2028    | 2029    | 2030           | 2031   |
|---------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|----------------|--------|
| Virar   | 23,556 | 25,490 | 27,497 | 29,631  | 31,899  | 34,344  | 36,978  | 39,818  | <b>42,879</b>  | 45,794 |
| Vasai   | 11,716 | 12,694 | 13,711 | 14,795  | 15,949  | 17,195  | 18,540  | 19,992  | <b>21,559</b>  | 23,059 |
| Uttan   | 15,054 | 16,247 | 17,480 | 18,786  | 20,170  | 21,657  | 23,256  | 24,975  | <b>26,823</b>  | 28,568 |
| Charkop | 26,926 | 28,790 | 30,686 | 32,675  | 34,758  | 36,978  | 39,344  | 41,866  | <b>44,553</b>  | 47,018 |
| Versova | 27,252 | 29,145 | 31,072 | 33,094  | 35,212  | 37,470  | 39,878  | 42,443  | <b>45,179</b>  | 47,690 |
| Year    | 2032   | 2033   | 2034   | 2035    | 2036    | 2037    | 2038    | 2039    | 2040           | 2041   |
| Virar   | 48,910 | 52,243 | 55,808 | 59,620  | 63,381  | 67,385  | 71,648  | 76,187  | <b>81,021</b>  | 85,373 |
| Vasai   | 24,666 | 26,387 | 28,231 | 30,207  | 32,165  | 34,254  | 36,483  | 38,860  | <b>41,396</b>  | 43,699 |
| Uttan   | 30,429 | 32,415 | 34,533 | 36,793  | 39,005  | 41,355  | 43,850  | 46,501  | <b>49,316</b>  | 51,818 |
| Charkop | 49,623 | 52,378 | 55,292 | 58,373  | 61,321  | 64,424  | 67,691  | 71,130  | <b>74,750</b>  | 77,827 |
| Versova | 50,346 | 53,154 | 56,125 | 59,268  | 62,278  | 65,447  | 68,783  | 72,296  | <b>75,996</b>  | 79,146 |
| Year    | 2042   | 2043   | 2044   | 2045    | 2046    | 2047    | 2048    | 2049    | 2050           |        |
| Virar   | 89,966 | 94,815 | 99,935 | 105,340 | 110,539 | 116,005 | 121,753 | 127,798 | <b>134,155</b> |        |
| Vasai   | 46,134 | 48,709 | 51,435 | 54,318  | 57,110  | 60,052  | 63,153  | 66,421  | <b>69,866</b>  |        |
| Uttan   | 54,453 | 57,228 | 60,149 | 63,227  | 66,159  | 69,234  | 72,459  | 75,843  | <b>79,393</b>  |        |
| Charkop | 81,037 | 84,388 | 87,885 | 91,535  | 94,902  | 98,401  | 102,038 | 105,817 | <b>109,746</b> |        |
| Versova | 82,434 | 85,867 | 89,449 | 93,190  | 96,646  | 100,238 | 103,973 | 107,855 | <b>111,891</b> |        |

出典：本調査

表 3.20 VVSL 本線将来交通量（ケース 2）

| Year            | 2022    | 2023    | 2024    | 2025    | 2026    | 2027    | 2028    | 2029    | 2030           | 2031    |
|-----------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------------|---------|
| Vasai-Uttan     | 29,530  | 31,873  | 34,292  | 36,857  | 39,572  | 42,489  | 45,623  | 48,989  | 52,607         | 56,021  |
| Uttan-Charkop   | 37,970  | 40,867  | 43,842  | 46,983  | 50,295  | 53,841  | 57,637  | 61,701  | <b>66,052</b>  | 70,115  |
| Charkop-Versova | 27,252  | 29,145  | 31,072  | 33,094  | 35,212  | 37,470  | 39,878  | 42,443  | 45,179         | 47,690  |
| Year            | 2032    | 2033    | 2034    | 2035    | 2036    | 2037    | 2038    | 2039    | 2040           | 2041    |
| Vasai-Uttan     | 59,660  | 63,537  | 67,670  | 72,074  | 76,385  | 80,958  | 85,808  | 90,954  | 96,412         | 101,255 |
| Uttan-Charkop   | 74,430  | 79,010  | 83,873  | 89,036  | 94,041  | 99,329  | 104,914 | 110,815 | <b>117,048</b> | 122,480 |
| Charkop-Versova | 50,346  | 53,154  | 56,125  | 59,268  | 62,278  | 65,447  | 68,783  | 72,296  | 75,996         | 79,146  |
| Year            | 2042    | 2043    | 2044    | 2045    | 2046    | 2047    | 2048    | 2049    | 2050           |         |
| Vasai-Uttan     | 106,347 | 111,700 | 117,328 | 123,246 | 128,874 | 134,766 | 140,934 | 147,391 | 154,153        |         |
| Uttan-Charkop   | 128,164 | 134,114 | 140,340 | 146,857 | 152,965 | 159,328 | 165,956 | 172,861 | <b>180,054</b> |         |
| Charkop-Versova | 82,434  | 85,867  | 89,449  | 93,190  | 96,646  | 100,238 | 103,973 | 107,855 | 111,891        |         |

出典：本調査

表 3.21 VVSL コネクタ道路 将来交通量（ケース 2）

| Year    | 2022    | 2023    | 2024    | 2025    | 2026    | 2027    | 2028    | 2029    | 2030           | 2031    |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------------|---------|
| Vasai   | 29,530  | 31,873  | 34,292  | 36,857  | 39,572  | 42,489  | 45,623  | 48,989  | <b>52,607</b>  | 56,021  |
| Uttan   | 15,054  | 16,247  | 17,480  | 18,786  | 20,170  | 21,657  | 23,256  | 24,975  | <b>26,823</b>  | 28,568  |
| Charkop | 26,926  | 28,790  | 30,686  | 32,675  | 34,758  | 36,978  | 39,344  | 41,866  | <b>44,553</b>  | 47,018  |
| Versova | 27,252  | 29,145  | 31,072  | 33,094  | 35,212  | 37,470  | 39,878  | 42,443  | <b>45,179</b>  | 47,690  |
| Year    | 2032    | 2033    | 2034    | 2035    | 2036    | 2037    | 2038    | 2039    | 2040           | 2041    |
| Vasai   | 59,660  | 63,537  | 67,670  | 72,074  | 76,385  | 80,958  | 85,808  | 90,954  | <b>96,412</b>  | 101,255 |
| Uttan   | 30,429  | 32,415  | 34,533  | 36,793  | 39,005  | 41,355  | 43,850  | 46,501  | <b>49,316</b>  | 51,818  |
| Charkop | 49,623  | 52,378  | 55,292  | 58,373  | 61,321  | 64,424  | 67,691  | 71,130  | <b>74,750</b>  | 77,827  |
| Versova | 50,346  | 53,154  | 56,125  | 59,268  | 62,278  | 65,447  | 68,783  | 72,296  | <b>75,996</b>  | 79,146  |
| Year    | 2042    | 2043    | 2044    | 2045    | 2046    | 2047    | 2048    | 2049    | 2050           |         |
| Vasai   | 106,347 | 111,700 | 117,328 | 123,246 | 128,874 | 134,766 | 140,934 | 147,391 | <b>154,153</b> |         |
| Uttan   | 54,453  | 57,228  | 60,149  | 63,227  | 66,159  | 69,234  | 72,459  | 75,843  | <b>79,393</b>  |         |
| Charkop | 81,037  | 84,388  | 87,885  | 91,535  | 94,902  | 98,401  | 102,038 | 105,817 | <b>109,746</b> |         |
| Versova | 82,434  | 85,867  | 89,449  | 93,190  | 96,646  | 100,238 | 103,973 | 107,855 | <b>111,891</b> |         |

出典：本調査

本調査の推計交通量と Pre-F/S の推計結果との比較を下表に示す。前述したように本調査の方が保守的な仮定による推計を行っており、交通量推計結果は Pre-F/S よりも少なくなっている。

**表 3.22 推計交通量：Pre-F/S との比較：ケース 1（単位：PCU）**

| 区間                              | Pre-F/S | 本調査    |         |         |
|---------------------------------|---------|--------|---------|---------|
|                                 | 2030    | 2030   | 2040    | 2050    |
| VVSL 本線交通量<br>(Charkop – Uttan) | 74,760  | 66,052 | 117,048 | 180,054 |
| Versova Connector               | 44,496  | 45,179 | 75,996  | 111,891 |
| Charkop Connector               | 45,434  | 44,553 | 74,750  | 109,746 |
| Uttan Connector                 | 28,179  | 26,823 | 49,316  | 79,393  |
| Vasai Connector                 | 20,990  | 21,559 | 41,396  | 69,866  |
| Virar Connector                 | 56,254  | 42,879 | 81,021  | 134,155 |

注：VVSL Main Link では、上記の Charkop – Uttan 区間の予測交通量が最大。

出典：調査団、Final Pre-F/S Report

**表 3.23 現況 OD 表（3 車種、2019 年）**

推計交通量：Pre-F/S との比較：ケース 1（単位：PCU）

| 区間                              | Pre-F/S | 本調査    |         |         |
|---------------------------------|---------|--------|---------|---------|
|                                 | 2030    | 2030   | 2040    | 2050    |
| VVSL 本線交通量<br>(Charkop – Uttan) | 74,444  | 66,052 | 117,048 | 180,054 |
| Versova Connector               | 44,496  | 45,179 | 75,996  | 111,891 |
| Charkop Connector               | 45,434  | 44,553 | 74,750  | 109,746 |
| Uttan Connector                 | 28,179  | 26,823 | 49,316  | 79,393  |
| Vasai Connector                 | 77,244  | 52,607 | 96,412  | 154,153 |

注：VVSL Main Link では、上記の Charkop – Uttan 区間の予測交通量が最大。

出典：調査団、Final Pre-F/S Report

将来需要予測をうけて必要とされる各コネクタ道路のレーン数に関する考察は 4.8.1 節を参照のこと。



## 4. プロジェクト計画

### 4.1 代替路線案のレビュー

MSRDC は代替路線案として、①海上道路案（沿岸から 1 km 沖）、②沿岸の高架道路案、③沿岸道路案を検討し、②と③は、①より建設費は低いものの、沿岸環境（マングローブを含む）への影響及び社会環境への負の影響が大きいため、①を採用している。また、Pre-F/S において、複数の路線案が検討されており、幾つかの評価項目による評価の結果、本事業計画路線が選択されている。

本調査では、第三者的視点から、選定された計画路線の妥当性を再検討した。

#### 4.1.1 代替路線案

Virar Versova Sea Link (VVSL) の路線選定に当たっては、まずこの路線の出発地及び目的地である Virar と Versova とを（本線延長=42.75km）最短距離で結ぶこと、そしてその 2 点間の旅行時間を最短にするように計画することが基本である。

路線の候補として考えられるのは、ア) 海岸線の近くを通過する、イ) 海岸線の沖合を通過する、ウ) 海岸線と一体とする、エ) 地下トンネル、オ) 海上部トンネルが考えられる。路線候補の比較については、1) 時間短縮効果、2) 施工容易性、3) 深浅測量、4) 地質の特徴、5) 自然環境やマングローブ等の保全地域、6) 社会環境への影響、7) 家屋移転や生活再建 (R&R) の必要性等、様々な要素を比較検討する必要がある。また、交通量の将来予測については、現在施工中あるいは計画中のインフラプロジェクト等が VVSL に及ぼす影響について調査検討する必要がある。

#### 4.1.2 代替路線案の比較

路線候補の比較に当たり Pre-F/S コンサルタントは、プロジェクトの所有者である MSRDC と協議した結果、路線候補を 3 案に絞り比較検討を行っている。

##### (1) オプション 1：沖合約 1km 海上本線橋ルート

オプション 1 の沖合約 1km 海上本線橋ルートは、Versova Bandra Sea Link の北端 Versova から沿岸に沿って約 1km の沖合を北上して Virar を結ぶ海上ルートである。海上本線橋から内陸へ結ぶ 4 本の接続道路を含めて総延長は 83.71km である。

- Charkop 接続道路：Charkop 接続道路は、Gorai 地区と Manori 入江を横断して Charkop8 区の RSC 道路へ接続する。高架橋の延長が 3.05km、地上部の延長が 0.85km で片側 3 車線の 6 車線道路である。片側 9 車線の 18 車線通行料金所を併設している。
- Uttan 接続道路：Uttan 接続道路は、Uttan 道路を横断して建設中の Vasai・Bhayandar 入江橋への分岐点に接続する。高架橋の延長が 2.36km、地上部の延長が 6.30km で片側 2 車線の 4 車線道路である。片側 6 車線の 12 車線通行料金所を併設している。
- Vasai 接続道路：Vasai 接続道路は、Bhuigaon 地区、Nirmal 道路、Tarkhad 道路を横断し、Western Suburban 鉄道線と交差し、Sativali 道路を經由して国道 8 号線に接続する。高架橋の延長が 7.65km、地上部の延長が 6.50km である。車線数については、Versova・Virar 全区間建設の場合（ケース 1）は、片側 2 車線

の4車線道路で片側6車線の12車線通行料金所である。Versova・Vasai区間建設の場合（ケース2）は、片側3車線の6車線道路で片側9車線の18車線通行料金所を併設する。

- Virar接続道路：Virar接続道路は、Umrle地区を横断し、Western Suburban鉄道線と交差し、Chandansar道路に接続する。高架橋の延長が5.55km、地上部の延長が8.70kmで片側3車線の6車線道路である。片側9車線の18車線通行料金所を併設する。

## (2) オプション2：沖合約1km海上本線橋ルート（Versova区間陸上）

オプション2の沖合約1km海上本線橋ルート（Versova陸上ルート）は、Versova Bandra Sea Linkの北端VersovaからMalad入江を約1km北上した後に、Madh-Marve道路に沿ってさらに北上しMarveでManori入江を横断し、海上へ出て沿岸の約1kmの沖合を北上してVirarを結ぶ陸上と海上を併設したルートである。陸上部分の延長は6.0kmで3本の接続道路を含めた海上ルートの延長は70.139kmである。3本の接続道路は、オプション1と同じのUttan接続道路、Vasai接続道路、Virar接続道路である。

## (3) オプション3：沖合約1km海上本線橋ルート（Versova・Dongri区間陸上）

オプション3の沖合約1km海上本線橋ルート（Versova・Dongri間陸上ルート）は、オプション2と同様にVersova Bandra Sea Linkの北端VersovaからMalad入江を約1km北上した後に、Madh-Marve道路に沿ってさらに北上しMarveに接続後Manori入江に沿って北上した後にUttan北部のDongriから海上へ出て沿岸の約1kmの沖合を北上してVirarを結ぶ陸上と海上を併設したルートである。陸上部分の延長は29.27kmで3本の接続道路を含めた海上ルートの延長は51.80kmである。2本の接続道路は、オプション1と同じのVasai接続道路、Virar接続道路である。

### 4.1.3 代替路線の評価

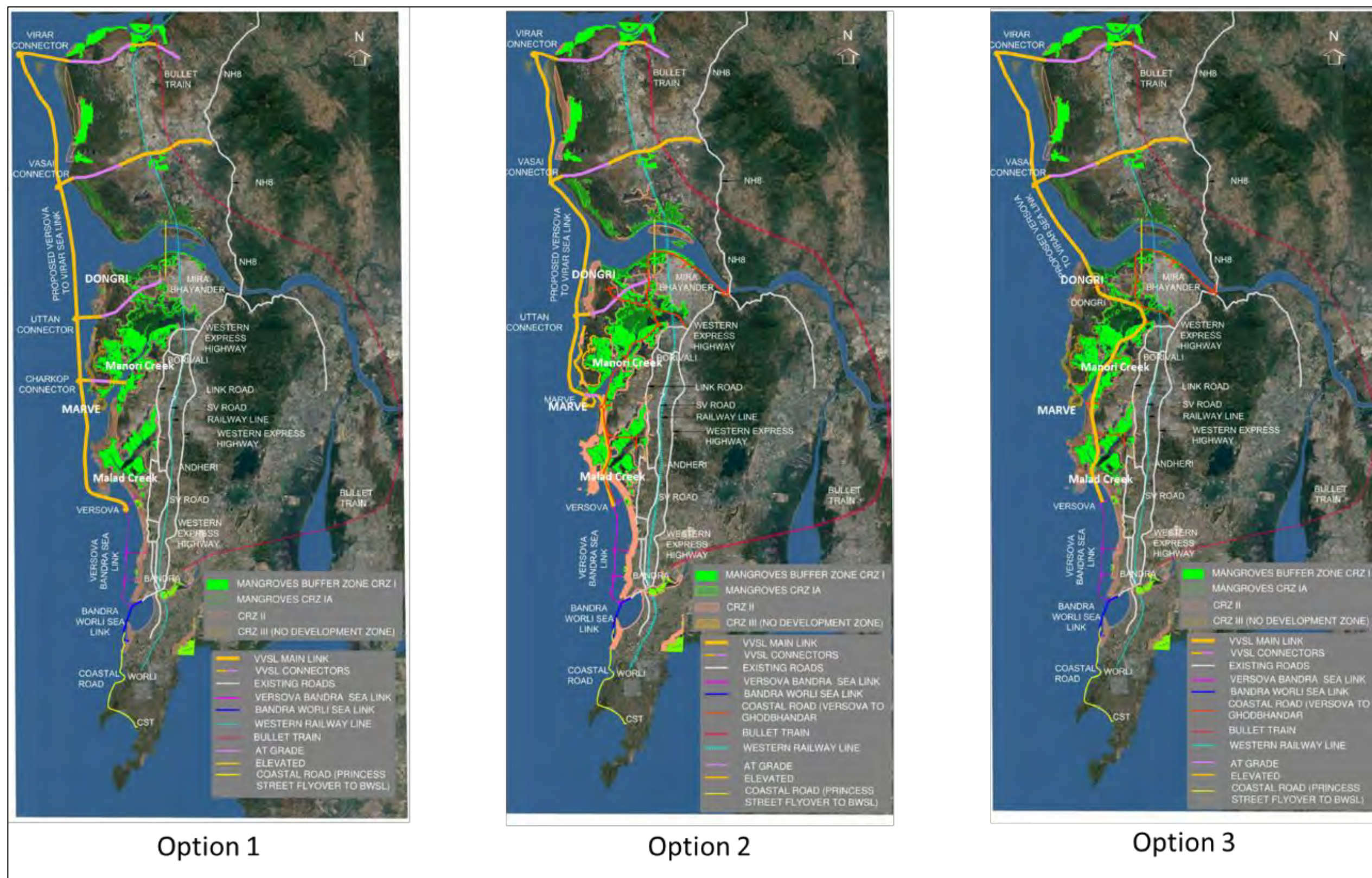
この3案について、1) 沿岸道路割合、2) 延長、3) 建設費、4) 用地取得面積、5) 再建及び移転の規模、6) マングローブ林の面積、7) 自生草木の規模、8) 必要工期、9) 既存交通への影響、10) 生計への影響、についてそれぞれ比較検討を行った。各項目の重要度に従って重みを付け、またそれぞれを有利、中間、不利、3段階で100%、75%、50%で採点してより客観的な比較にした。その結果は下表のとおりでオプション1が最も高い評価となった。

表 4.1 代替路線の評価

| 番号 | 評価項目     | 加重    | 評価値 最大   |          |          | 有利100%、中間75%、不利50% |                |                |
|----|----------|-------|----------|----------|----------|--------------------|----------------|----------------|
|    |          |       | Option 1 | Option 2 | Option 3 | Option 1           | Option 2       | Option 3       |
| 1  | 沿岸道路割合   | 7.5   | 7.5      | 5.625    | 3.75     | 短<br>0%            | 中<br>7.9%      | 長<br>36.2%     |
| 2  | 総延長      | 7.5   | 3.75     | 7.5      | 5.625    | 長<br>83.71 km      | 短<br>76.14 km  | 中<br>81.07 km  |
| 3  | 建設費      | 12.0  | 6.0      | 9.0      | 12.0     | 大<br>20,736 Cr     | 中<br>18,750 Cr | 小<br>16,966 Cr |
| 4  | 用地取得面積   | 12.0  | 12.0     | 9.0      | 6.0      | 小<br>140.13 Ha     | 中<br>167.97 Ha | 大<br>397.59 Ha |
| 5  | 再建及び移転   | 12.0  | 12.0     | 9.0      | 6.0      | 小                  | 中              | 大              |
| 6  | マングローブ   | 10.0  | 10.0     | 7.5      | 5.0      | 小<br>7.19 Ha       | 中<br>17.54 Ha  | 大<br>65.84 Ha  |
| 7  | 自生草木     | 12.0  | 12.0     | 9.0      | 6.0      | 小                  | 中              | 大              |
| 8  | 必要工期     | 10.0  | 5.0      | 7.5      | 10.0     | 長                  | 中              | 短              |
| 9  | 既存交通への影響 | 5.0   | 5.0      | 3.75     | 2.5      | 小                  | 中              | 大              |
| 10 | 生計への影響   | 12.0  | 12.0     | 9.0      | 6.0      | 小                  | 中              | 大              |
|    | 計        | 100.0 | 85.25    | 76.875   | 62.875   |                    |                |                |

出典：Pre-F/S レポートを参考に調査団作成





出典：Pre-F/S レポートに基づき調査団作成

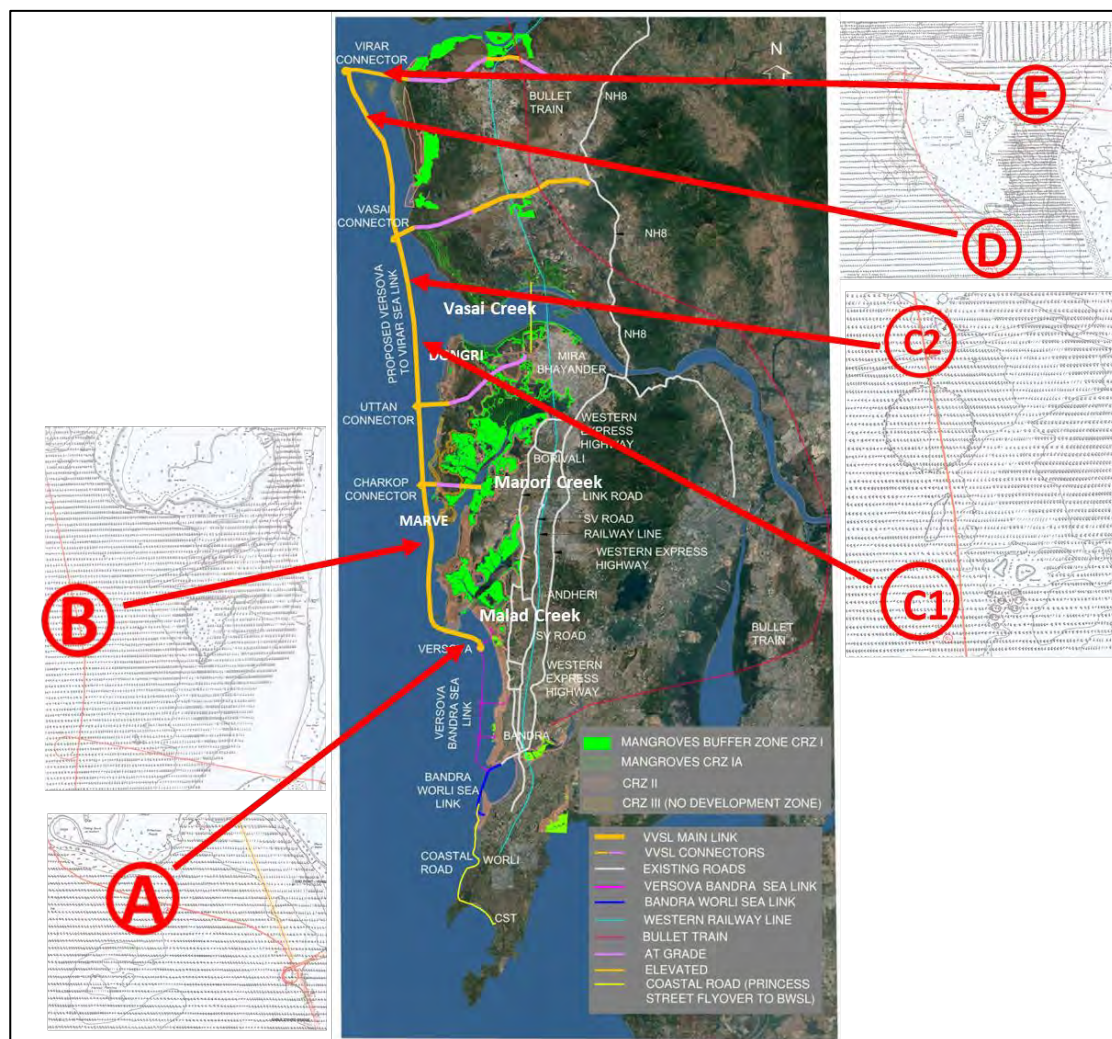
図 4.1 代替路線の比較

#### 4.1.4 航路の位置と必要なクリアランス

本事業は沖合約 1km の海岸線に位置しているために、航路と必要なクリアランスについてマハラシュトラ州海事局から 2019 年 3 月 6 日に文書で提示している。その要点は以下の通りである。

- 計画路線は Malad 入江、Manori 入江、Vaitarna 川、Amala 要塞近辺にある航路を横断しており、隣接する橋脚側面からの幅 100m を 1 か所あるいは幅 50m を 2 か所について添付深淺測量図に示している A、B、D、E の位置にクリアランスを設けること。鉛直方向については大潮平均高潮面（Mean High Water Springs）から 10m を確保すること。
- Vasai 入江については国定水路 53 号線（NW53）が通過しており、将来の港湾開発と航路拡大を考慮して、添付深淺測量図に示している C1 及び C2 の位置に、幅 100m で鉛直方向については大潮平均高潮面（Mean High Water Springs）30m のクリアランスを確保すること。
- 海岸線には様々な船着き場があり、また港の開発計画もあることから漁業委員会（Fishery Commissioner）からの同意を得ること。
- 本事業の Versova 近辺については、海底に様々な光ファイバー（OFC）が設置されているために路線を確定する前に各事業者から許可を得ること。
- 本文書は Pre-F/S に対する回答であり最終ではない。路線の最終化と道路用地（ROW）の確定については必要な詳細技術書を添えてマハラシュトラ州海事局から許可を得ること。





出典：Pre-F/S レポートに基づき調査団作成

図 4.2 特定クリアランスが必要な航路の位置

## 4.2 橋梁計画、基本的な設計

### 4.2.1 概要・基本方針

本プロジェクトの橋梁計画検討は、以下の基本概念に基づくものとする。図中詳細は後述する。



出典：調査団

図 4.3 設計基本方針

作業をすすめるにあたり、以下の点につき事前に検討を行った。

## (1) 過去の事業に関する資料のレビュー

本作業の対象は以下の報告書である。

- Versova Bandra Sea Link (VBSL) に関する技術的及び経済的評価報告書  
(Apr. 2013 by MSRDC)
- Versova Bandra Sea Link (VBSL) に関する提案書応募資料  
(Aug. 2017 by MSRDC)
- The Project for Construction of Mumbai Trans Harbour Link 事前準備調査  
(Jan. 2017 by JICA)
- Versova Bandra Sea Link up to Virar に関する Pre-F/S 調査（つまり、VVSL の Pre-F/S）  
(Feb. 2020 by MSRDC)

レビュー作業は以下の項目について実施した。

- 設計基準
- 海水位
- 上部構造形式
- 下部構造形式と基礎形式
- 既存交通網とのコネクタ道路及びジャンクション設計方法
- 施工方法
- 工事費積算

## (2) 最適な構造物形式の選定

- 上部構造形式の検討
- 下部構造形式と基礎形式の検討
- 橋梁附属物の検討
- 海上橋としての防蝕対策

## 4.3 過去の事業に関する資料のレビュー結果

### 4.3.1 設計基準

既存の設計データを適用するためには、プロジェクトの計画にあたって使用可能な設計基準を確認する必要がある。そのため、インドの高速道路橋の規格を含む各種設計基準の比較をおこなった。その基準類は以下の通りである。

- インド基準：IRC (The Indian Roads Congress)
- AASHTO LRFD Bridge Design Specifications 4<sup>th</sup> Edition 2007
- 道路橋示方書：JSHB (Japanese Specifications for Highway Bridges) Mar 2012

## (1) インド基準

橋梁設計に関するインド基準は前述の関連事業の文献から以下の様にまとめられる。

表 4.2 橋梁設計に関わるインド基準

| No. | Code No.       | Description                                                                                                                               |
|-----|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1   | IRC SP 99 2013 | Manual of Specifications and Standards of Expressways                                                                                     |
| 2   | IRC: 2-1968    | Route Marker signs for National Highways (First Revision)                                                                                 |
| 3   | IRC: 8-1980    | Type Designs for Highway Kilo-meter Stone (Second Revision)                                                                               |
| 4   | IRC: 12-2016   | Recommended Practice for Location and layout of Roadside Motor Fuel Filling and Motor Fuel Filling-cum Service Stations (Second Revision) |
| 5   | IRC: 15-2011   | Standard Specification and Code of Practice for Construction of Concrete Roads (Second Revision)                                          |
| 6   | IRC: 25-1967   | Type Designs for Boundary Stones                                                                                                          |
| 7   | IRC: 26-1967   | Type Design for 200-meter stones                                                                                                          |
| 8   | IRC: 30-1968   | Standard Letters and Numbers of Different Heights for Use on Highway signs                                                                |
| 9   | IRC: 32-1969   | Standards for Vertical and Horizontal Clearances of Overhead Electric Power and Telecommunication Lines as Related to Roads               |
| 10  | IRC: 35-2015   | Code of Practice for Road Markings                                                                                                        |
| 11  | IRC: 36-2010   | Recommended Practice for the Construction of Earth Embankment for Road Works                                                              |
| 12  | IRC: 38-1988   | Guidelines for Design of Horizontal Curves for Highways and Design Tables (First Revision)                                                |
| 13  | IRC: 56-2011   | Recommended Practice for Treatment of Embankment Slopes for Erosion Control                                                               |
| 14  | IRC: 57-2006   | Recommended Practice for Sealing of Joints in Concrete Pavements                                                                          |
| 15  | IRC: 58-2015   | Guidelines for the Design of Rigid Pavements for Highways                                                                                 |
| 16  | IRC: 61-1976   | Tentative Guidelines for the Construction of Cement Concrete Pavements in Hot Weather                                                     |
| 17  | IRC: 62-1976   | Guidelines for Control of Access on Highways                                                                                              |
| 18  | IRC: 64-1990   | Guidelines for Capacity of Roads in Rural Areas (First Revision)                                                                          |
| 19  | IRC: 66-1976   | Recommended Practice for Sight Distance on Rural Highways                                                                                 |
| 20  | IRC: 67-2012   | Code of Practice for Road Signs                                                                                                           |
| 21  | IRC: 69-1977   | Space Standards for Road in Urban Areas                                                                                                   |
| 22  | IRC: 70-1977   | Guidelines on Regulation and Control of Mixed Traffic in Urban Areas                                                                      |
| 23  | IRC: 73-1980   | Geometric Design Standards for Rural (Non-Urban) Highways                                                                                 |
| 24  | IRC: 75-2015   | Guidelines for the Design of High Embankments                                                                                             |
| 25  | IRC: 79-1981   | Recommended practice for Road Delineators                                                                                                 |
| 26  | IRC: 84-1983   | Code of Practice for curing of Cement Concrete Pavements                                                                                  |
| 27  | IRC: 86-1983   | Geometric Design Standards for urban Roads in Plains                                                                                      |
| 28  | IRC: 91-1985   | Tentative Guidelines for Construction of Cement Concrete Pavement in                                                                      |

出典：PRE-F/S を基に調査団作成



| No. | Code No.                         | Description                                                                                                                   |
|-----|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|     |                                  | Cold Weather                                                                                                                  |
| 29  | IRC: 92-1985                     | Guidelines for the Design of Interchanges in Urban Areas                                                                      |
| 30  | IRC: 93-1985                     | Guidelines on Design and Installation of Road                                                                                 |
| 31  | IRC: 98-2011                     | Guidelines on Accommodation of Under Ground Utility Services Along and Across Roads in urban Areas                            |
| 32  | IRC: 103-2012                    | Guidelines for Pedestrian Facilities                                                                                          |
| 33  | IRC: 106-1990                    | Guidelines for Capacity of Urban Roads in Plain Areas                                                                         |
| 34  | IRC: SP:11-1988                  | Hand Book of Quality Control for Construction of Roads and Runways (Second Revision)                                          |
| 35  | IRC: SP:12-2015                  | Tentative Recommendation on the Provision of Parking Spaces for Urban Areas                                                   |
| 36  | IRC: SP:21-2009                  | Manual on Landscaping of Roads                                                                                                |
| 37  | IRC: SP:23-1983                  | Vertical curves for Highways                                                                                                  |
| 38  | IRC: SP:31-1992                  | New Traffic signs                                                                                                             |
| 39  | IRC: SP:41-1994                  | Guidelines on Design of At-Grade Intersections in Rural and Urban areas                                                       |
| 40  | IRC: SP:42-2014                  | Guideline on Road Drainage                                                                                                    |
| 41  | IRC: SP:44-1994                  | Highway Safety Code                                                                                                           |
| 42  | IRC: 5-1998                      | Standard Specifications and Code of Practice for Road Bridges, Section 1, General Features of Design (Seventh Revision), 1998 |
| 43  | IRC: 6-2000                      | Standard Specifications and Code of Practice for Road Bridges, Section 2, Loads and stresses, 1994                            |
| 44  | IRC: 18-2000                     | Design Criteria for Prestressed Concrete Road Bridges (Post-Tensioned Concrete)                                               |
| 45  | IRC: 21-2000                     | Section 3 -Cement Concrete (Plain & Reinforced)                                                                               |
| 46  | IRC: SP33-1989                   | Supplemental Measure for Important Bridge Structures                                                                          |
| 47  | IRC: 83-1996                     | Section IX - Part 1 -Metallic Bearings                                                                                        |
| 48  | IRC: 83-2002                     | Section IX – Part 2 – Elastomeric Bearings                                                                                    |
| 49  | IRC: 112-2011                    | Code of Practice for Concrete Road Bridges                                                                                    |
| 50  | IRC: 875 (Part 1) - 1987         | Practice for Building and structure – Dead Loads                                                                              |
| 51  | IRC: 875 (Part 2) – 1987         | Practice for Building and Structure – Imposed Loads                                                                           |
| 52  | IRC: 875 (Part 3) - 1987         | Practice for Building and Structure – Wind Load                                                                               |
| 53  | IS: 2911-1987 (Part 1, Section1) | Code of Practice for Design and Construction of Pile Foundations (Driven cast in Sithu Piles)                                 |

出典：PRE-F/S を基に調査団作成



| No. | Code No.                           | Description                                                                                                                      |
|-----|------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 54  | IS: 1893-2000                      | Criteria for Earthquake resistant design of Structures                                                                           |
| 55  | IS: 2911-1987<br>(Part1, Section2) | Code of Practice for Design and Construction of Pile Foundations, Precast Concrete Piles                                         |
| 56  | IS: 2911-1983 Part3                | Code of Practice for Design and Construction of Pile Foundations, under reamed Piles                                             |
| 57  | IS: 2911-1985 Part4                | Code of Practice for Design and Construction of Pile Foundations, Load Test on Piles                                             |
| 58  | IRC: 45-1972                       | Recommendations for estimating the resistance of soil below the maximum scour level in the design of well foundations of bridges |
| 59  | PT Institute (PTI)                 | Recommendations for cable Stay Design, Testing and Installation, 1993 (Alternate 2)                                              |
| 60  | AASHTO                             | Guide Specifications for Design and Construction of Segmental Concrete Bridges, 1989 with revisions                              |
| 61  | CEB-FIP                            | CEB-FIP Model Code 1990                                                                                                          |
| 62  | JRS                                | SPECIFICATON FOR HIGHWAY BRIDES ( I / II / III / IV / V )                                                                        |

IRC : The INDIAN ROADS CONGRESS

IS : INDIAN STANDARD

AASHTO : American Association of State Highway and Transportation Officials

CEB : COMITE EURO-INTERNATIONAL DU BETON

JRS: JAPAN ROAD ASSOCIATION

出典：PRE-F/S を基に調査団作成

## (2) インド基準と AASHTO の比較

IRC と AASHTO の比較に関しては参考となる研究報告がいくつかあり、70 トン車両による床版への活荷重の影響を除き、AASHTO による活荷重は全般的に IRC よりも大きいと判断した。各文献の概要とキーワードを次に示す。

- **Comparative Study of Live Load Condition on RCC Girder Span Bridge using IRC and AASHTO**

(Journal of Civil Engineering and Environmental Technology p-ISSN: 2349-8404; e-ISSN: 2349-879X; Volume 3, Issue 4; January-March 2016, pp. 280-28)

概要：

- これら 2 つの基準は様々な荷重組み合わせを規定して、各限界状態で荷重に対して異なる安全係数を用いているが両者の比較により、AASHTO に従った荷重組み合わせの方はインド基準より活荷重に対する係数が大きく、安全側となることが明らかである。

- **Design and Analysis of Bridge Girders using Different Codes**

(International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT))

<http://www.ijert.org> ISSN: 2278-0181 IJERTV8IS070188

(This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.) Published by: [www.ijert.org](http://www.ijert.org) Vol. 8 Issue 07, July-2019)

概要：

- インド基準、AASHTO 及び Euro codes を比較した結果、Euro codes は他の 2 つに比べオーバースペックと考えられる。
- Euro codes によるせん断力、曲げモーメント、たわみなどはいずれも他の基準による計算結果の 2 倍ほどに達している。
- 支間 25m までのコンクリート桁においてはインド基準が他の 2 種類の基準に比べ最も経済的な設計である。
- インド基準が他の 2 種類の基準に比べ最も適切な荷重組み合わせを想定している基準と考えられる。
- インド基準に従えば他の基準に比べ最少のたわみと曲げモーメントを与えており、インドにおいてはこの基準で設計することがもっとも経済性に優れた荷重組み合わせを与えることが出来る。

- **Analysis of RC Bridge Decks for Selected National and International Standard Loadings using Finite Element Method**

(IJRET: International Journal of Research in Engineering and Technology eISSN: 2319-1163 | pISSN: 2321-7308)

概要：

- スラブ桁に関しては、インド基準に従った A 荷重と 70 トン軸重車両が床版に与えるたわみと橋軸方向曲げモーメントは相互に 7%以下の差しか生じない。
- 同様の状態を T 桁の床版で見ると -22%から +37%という差が出る。AASHTO の荷重組み合わせに従うと、インド基準と比べて橋軸方向のたわみで -7%から +17%の違いがあり、また、曲げモーメントで 5%以下の差が出る。
- 一方、EURO コードに従った場合は、その差は 1.7~1.8 倍となる。

- 一般的に言って、スラブ桁においてはT桁の床版に比べ、橋軸直角方向の最大曲げモーメントと最大ねじりモーメントはより顕著であり、それぞれ、15～20%、30～40%増加している。また、ただし、床版の橋軸方向の場合は5%以下の差となるが、この理由は橋軸直角方向の床版の剛性が高いこととねじり剛性の高いことが挙げられる。

### (3) AASHTO と道路橋示方書の比較

3車線構造の両者の活荷重の比較を行ったところ、その結果は以下に示すようである。

表 4.3 PC 単純箱桁（橋長 50m）における活荷重比較

| No. | 項目        | AASHTO                                   | 道路橋示方書              |
|-----|-----------|------------------------------------------|---------------------|
| 1   | 橋長 (m)    | 50.0                                     |                     |
| 2   | 支間長 (m)   | 48.7                                     |                     |
| 3   | 車線数       | 3                                        |                     |
| 4   | 活荷重       | HL93 (Vietnamese name: same with AASHTO) | B 活荷重 <sup>34</sup> |
| 6   | 最大曲げモーメント | 18,385 kNm (100%)                        | 21,126 kNm (115.1%) |

出典：調査団

### (4) 本調査における活荷重のレビュー結果

上記の検討結果により、インド基準と AASHTO では一般的に考えて AASHTO を適用すれば問題は無いこと、AASHTO と日本の道路橋示方書では日本の基準がより安全側であることが判明した。このため、日本国内で使用されている橋梁形式、工事費などの統計資料などは本案件での橋梁形式の選定や概算工事費の比較に使用しても差し支えないと判断し、これらを活用する事を決定した。

<sup>34</sup> 日本の基準で、大型車交通量が多い道路に求められる荷重条件

### 4.3.2 標準海面水位のデータ、地盤条件及び船舶航行条件

標準海面水位、地盤条件、船舶航行条件について下表にまとめる。

表 4.4 標準海面水位、地盤条件の整理結果

| No. | 検討項目  |                             | VVSL                | VBSL                         | MTHL                                      |
|-----|-------|-----------------------------|---------------------|------------------------------|-------------------------------------------|
| 1   | 潮位※1  | Adopted design water level  | +4.50m              | +3.30m                       | +5.60m                                    |
| 2   |       | Highest High Water Recorded | TBC                 | N/A                          | +5.39m                                    |
| 3   |       | Mean High Water Spring      | +4.50m              | +4.42m                       | +4.42m                                    |
| 4   |       | High Tidal Level            | TBC                 | +3.30m                       | N/A                                       |
| 5   |       | Mean High Water Neap        | TBC                 | N/A                          | +3.30m                                    |
| 6   |       | Mean Sea Level              | TBC                 | +2.51m                       | +2.51m                                    |
| 7   |       | Lowest Low Water recorded   | TBC                 | N/A                          | -0.44m                                    |
| 8   |       | Low Tide Level              | TBC                 | -1.75m                       | N/A                                       |
| 9   | 海底深さ  | Seabed                      | -0.9m ~ -2.5m       | -2.7m ~ -8.1m                | +4.0m ~ -10.0m                            |
| 10  | 支持層深さ | Bearing Stratum             | Basalt / Tuff<br>※2 | -20.0m (CD)<br>Basalt / Tuff | Basalt<br>(Over 40MPa of UCS test result) |

注記：上記の表に示したように、この事業区域の特徴は「浅水深」であり、そのため、仮設・架設工法や橋梁の種類を慎重に検討する必要がある。赤字は着目すべき数値として示している。

※1：The datum of elevation：CD（Chart Datum）

※2：本事業は未だプレ FS レベルであり、地質調査は実施されておらず、支持層の推定を隣接区間の別案件である VBSL を基に行うものとする。

表 4.5 既存の航路条件整理結果

| VVSL(Pre-FS)                                                                    | VBSL(EPC Basis)                                                        | MTHL(JICA Preparatory Study)                                                            |
|---------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| Horizontal：100.0m / 2x50m<br>Vertical：10.0m (Basis: MHWS)<br>：14.5m (Basis: CD) | Horizontal：79.0m<br>Vertical：12.0m (Basis: HTL)<br>：15.3m (Basis: CD)  | Horizontal：94.0m (Maximum 105m)<br>Vertical：25.2m (Basis: HHTL)<br>：31.0m (Basis: CD)   |
| Horizontal：100.0m / 2x50m<br>Vertical：30.0m (Basis: MHWS)<br>：34.5m (Basis: CD) | Horizontal：136.0m<br>Vertical：12.0m (Basis: HTL)<br>：15.3m (Basis: CD) | Horizontal：2x94.0m (Maximum 105m)<br>Vertical：25.2m (Basis: HHTL)<br>：31.0m (Basis: CD) |

出典：調査団

注：VBSL と MTHL 事業においては橋梁が航路に対して斜めに横過しているため最大支間長が航路幅に比して増加している。JICA 準備調査である MTHL 事業においては長支間には鋼橋が、またそれ以外の区間には PC 箱桁が採用されている。箱桁形状は全区間にわたりほぼ同一でジャンクション区間で曲線部には RC 中空床版橋が採用されている。）

### 4.3.3 地質についての補足

VBSL、MTHL 工事では玄武岩（Basalt）又は凝灰岩（Tuff）が支持層であった。VVSL でも同様に支持層として玄武岩又は凝灰岩が推定される。これら岩石の由来はデカントラップと呼ばれる洪水玄武岩を主とする大規模な火成活動の結果である。このようにして主に玄武岩からなる溶岩台地のデカン高原が大陸移動して現在の位置に形成された。ムンバイはデカン高原の西縁に位置するので玄武岩が岩床となるのは自然なことである。火成活動において火山灰が水中に堆積したものが凝灰岩となった。ムンバイでは、凝灰岩も玄武岩より割合は低い岩床として存在する。その他、粗面岩、粗粒玄武岩、流紋岩等の火成岩も予定路線近辺の沿岸で観察されている。

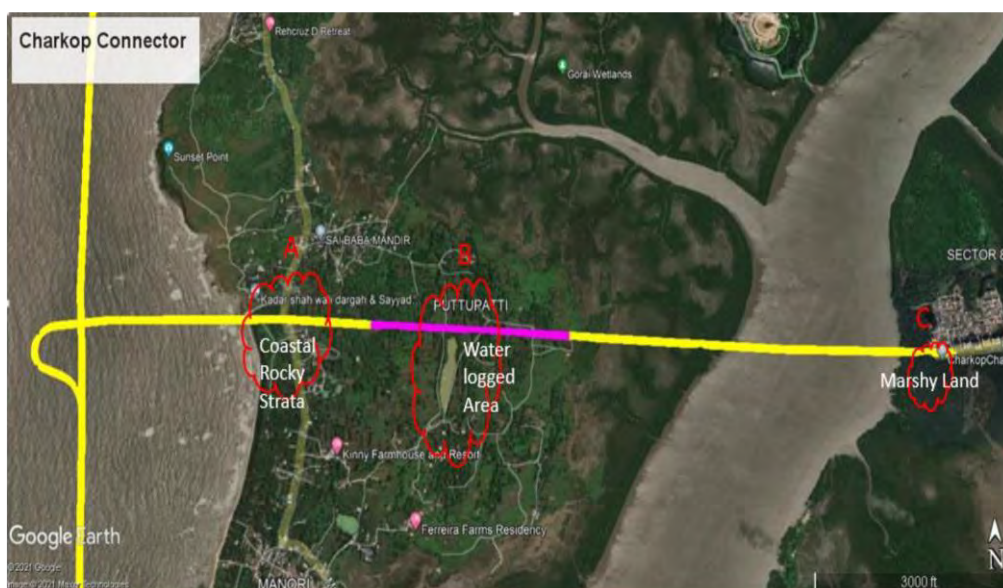
Pre-feasibility Study における現地調査では、VVSL の沿岸域において露頭岩に節理が観察されている。支持層の安定に影響するか留意する必要がある。PIPL による沿岸調査では路線北側で岩盤上の堆積土が厚く、路線南側で岩が露頭する傾向となっている。PIPL ではコネクタ（コネクタ道路）部においても現地土質調査を実施している。下記に経路・地点別の地質特性などを示す。

#### (1) Charkop コネクタ

堆積土厚平均：約 15m、岩盤：風化した凝灰角礫岩／頁岩

コネクタ沿いの調査 3 地点 A～C（下図内）それぞれの特徴は

- A      大きく風化した凝灰岩が露頭している。
- B      表層：水たまりで砂利混り灰黄色シルト質粘土及び完全に風化した砂利大の岩片  
表層下：他の沿岸部と同様に凝灰角礫岩か角礫岩があると推定される。
- C      表層：2～20m 厚の海洋性粘土（玄武岩の露頭もあり）  
表層下：凝灰岩及び玄武岩



出典：調査団作成

図 4.4 Charkop コネクタ道路地質説明



## (2) Uttan コネクタ

堆積土厚平均：約 10m、岩盤：風化した角礫岩／玄武岩

コネクタ沿いの（下図内）調査 5 地点 A～E それぞれの特徴は

- A** 表層：2～10m 厚の緩いシルト質砂から締まった細砂が分布し、完全に風化した岩片と、ところどころに岩盤が露頭  
表層下：玄武岩／角礫岩
- B** 路線は丘陵を通過する。丘陵にある主要な岩は玄武岩である。表層土、岩共に相当程度風化している。ほとんどの土は玄武岩由来である。土は3種類に分類される。-厚さ数 m から 20m に及ぶ沖積土、-濃い灰色の粘土ないしローム土、-谷に沿って中程から東側の平原にある黒色土である。
- C** 路線は丘陵を通過する。丘陵にある表層土は、緩い状態から締まった状態の暗灰色細粒のシルト質砂で、砂利サイズに完全に風化した岩と副次的にゼオライトを伴った中程度から大きい強度をもつ灰色玄武岩の岩盤がある。
- D、E** 路線の約 20～30 パーセントは平らな沼沢地及び塩田を通過する。土質は大きく2種に分類される。一つは軟弱で鋭敏比が高く不安定な海洋性粘土で厚さが 10m 以上となる場所もある、もう一つは風化した角礫岩又は副次的にゼオライトを伴った中程度から大きい強度をもつ灰色玄武岩である。



出典：調査団作成

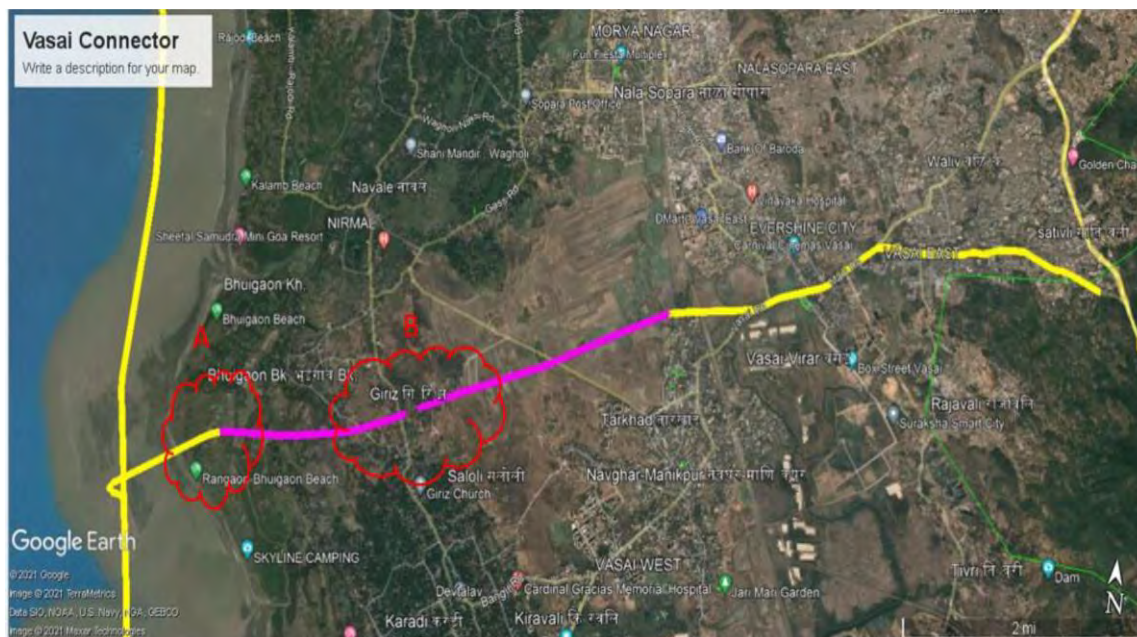
図 4.5 Uttan コネクタ道路地質説明

### (3) Vasai コネクタ

積土厚平均：約 20m、岩盤：風化した角礫岩／玄武岩

コネクタ沿いの調査 2 地点下図内 A、B の特徴は以下の通りである。

- 路線の約 50 パーセントは勾配のある海洋性粘土地帯か沼沢地を通過する。
- 海洋性砂は、海岸線で岩場と隣接するものと、平野の外縁部に存在する。
- 10m よりも厚い沖積砂がある。
- 海洋性粘土は軟弱で鋭敏比が高く不安定で厚さが 20m に達する。



出典：調査団作成

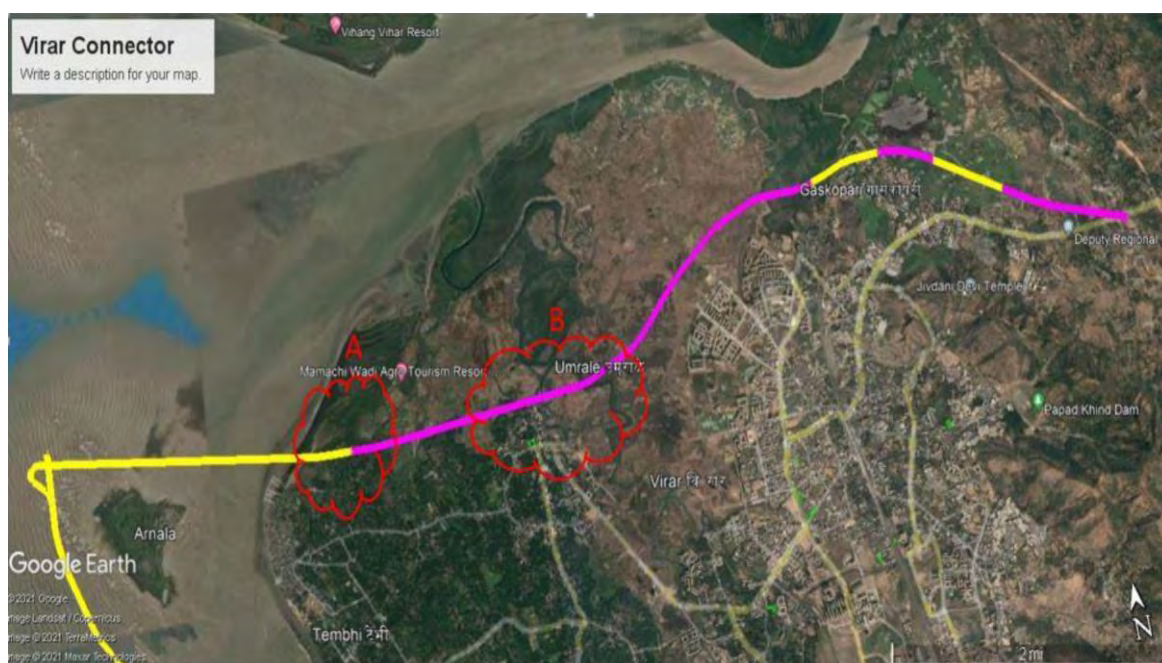
図 4.6 Vasai コネクタ道路地質説明

#### (4) Virar コネクタ

堆積土厚平均：約 18m 以上、岩盤：風化した角礫岩／玄武岩

コネクタ沿いの調査 2 地点下図内 A、B の特徴は以下の通りである。

- 路線の約 50 パーセントは勾配のある海洋性粘土地帯か沼沢地を通過する。
- 考慮すべき地層は、黄色のシルト質砂／シルト質粘土、海洋性粘土そして沼沢地である。
- 黄色シルト質粘土は沖積土でその厚さは路線に沿って 7～10m に変化する。
- A 地点の海洋性粘土は軟弱で鋭敏比が高く不安定で厚さが 15～20m に達する。
- B 地点の軟粘土は厚さが 15～18m に達する。



出典：調査団作成

図 4.7 Virar コネクタ道路地質説明



#### 4.3.4 橋梁形式のレビュー

本節では、既往の VVSL の Pre-F/S で提案されている橋梁形式について取りまとめ、また、MTHL、VBSL で提案されている橋梁形式についても取りまとめ、比較する。

### (1) VVSL (Pre-F/S) の橋梁形式

## 1. 上部工

### 1.1. 航路限界

**表 4.6 航路條件整理結果**

| 区間        | 注記                                                                       |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------|
| 主航路（その 1） | 幅 100m × 高さ 30.0m（対象海面: MHWS）                                            |
| 主航路（その 2） | 幅 100m × 高さ 10.0m（対象海面: MHWS）<br>幅 2@50m × 高さ 10.0m（対象海面: MHWS）          |
| 全区間       | 漁船の通行に配慮するとともに魚類・鳥類の産卵・繁殖に対して悪影響を及ぼさないこと。<br>報告書に示される橋梁の支間長に関する制限の記載は無し。 |

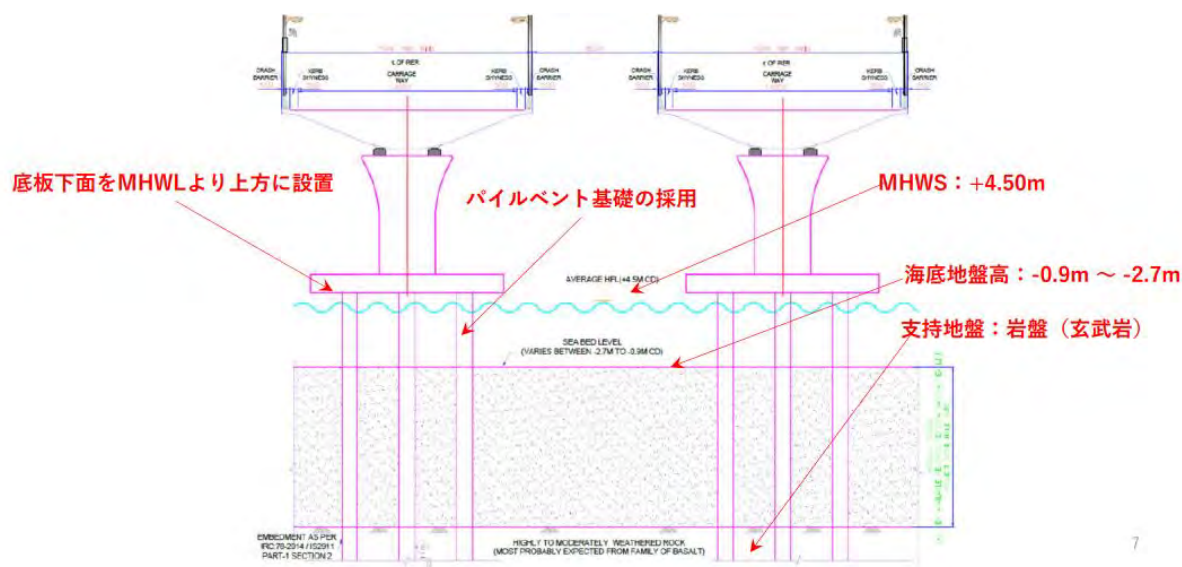
出典：調査団

## 2. 下部工

- パイルベント方式の場所打ち杭を採用。フーチング下面は Mean High Water Level（平均高水位）より上方に位置するように決定されている。

### 3. 基礎工

- 支持層：岩（玄武岩）
- 本事業は未だプレ FS レベルであり、地質調査は実施されておらず支持層の推定は隣接区間の別案件である VBSL を基に行う。
- Pre-F/S 報告書には杭長や杭径は記載が無い。
- Pre-F/S 報告書には海底面より突出している部分の杭の防蝕対策に関しての記載は無い。



### 図 4.8 基礎工の概要

**(2) MTHL の橋梁形式**

## 1. 上部工

## 1.1 航路限界

**表 4.7 航路条件整理結果**

| 区間        | 注記                                                                                                                 |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 主航路（その 1） | 幅 94m x 高さ 25.2m（対象海面: HTL）<br>幅 2 x 94m x 高さ 25.2m（対象海面: HTL）                                                     |
|           | [採用橋梁形式]<br>鋼床版鋼箱桁（大ブロック架設） - 最大支間長：180m                                                                           |
| 全区間       | 最小支間長は漁船の航行、浚渫作業並びに環境保護の観点から 50m とする。                                                                              |
|           | [採用橋梁形式]<br>PC 箱桁（スパンバイスパン架設による） - 標準支間長：50m                                                                       |
| 陸上部       | 標準支間長は大型架設機を用いて製作ヤードにて用意された長さ 30m のプレキャストセグメントを一括架設するというムンバイ地域でいくつかの事業で採用されたものを適用する。                               |
|           | [採用橋梁形式]<br>PC 箱桁（プレキャスト一括方式） / 標準支間長：30m<br>PC 箱桁（スパンバイスパン架設 / 支間長：45m (特殊区間)<br>鋼橋（クレーンによる一括架設） / 支間長：70m (特殊区間) |

出典：調査団

## 2. 下部工

- 海底面から低水位までが 4m 以下の場合：パイルベント形式を採用し、フーチング下面は高水位より 1.0m 上方とする。
- 海底面から低水位までが 4m 以上の場合：フーチングは海底面以下に設置し土被りは 0.2m を確保。

## 3. 基礎工

- 支持層：岩（玄武岩）
- 低水位面から海底面まで 4.0m 以下：パイルベント形式。
- 低水位面から海底面まで 4.0m 以上：場所打ち杭。
- 海底面より突出している部分の杭の防蝕対策は施工後も存置されるケーシングによる。
- パイルベント方式の杭径は 2,000mm から 2,400mm。

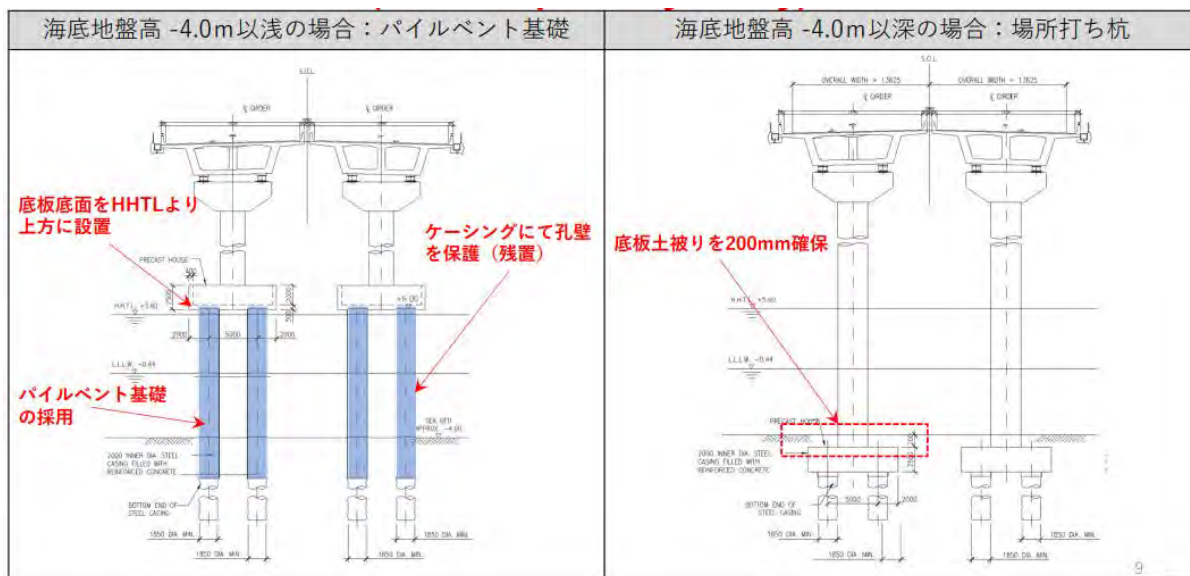


出典：調査団

**図 4.9 パイルベント形式・参考写真（施工中の MTHL 事業）**



表 4.8 下部工・基礎工条件整理結果



出典：調査団

### (3) Versova Bandara Sea Link の橋梁形式

#### 1. 上部工

##### 1.1 航路限界

表 4.9 航路条件整理結果

| 区間            | 注記                                                                  |
|---------------|---------------------------------------------------------------------|
| 主航路<br>(その 1) | ➤ 幅 79m × 高さ 12.0m (対象海面: HTL)                                      |
|               | ➤ 幅 136m × 高さ 12.0m (対象海面: HTL)                                     |
|               | [採用橋梁形式]<br>➤ PC 箱桁 (片持ち架設)/最大支間長: 100m<br>➤ PC 箱桁 斜張橋 /最大支間長: 150m |
| 全区間           | ● The standard span length was adopted 60m following RFP.           |
|               | [採用橋梁形式]<br>● PC 箱桁 (スパンバイスパン架設/ 支間長 : 60m (標準))                    |

出典：調査団

#### 2. 下部工

- フーチングの底面は平均海面高さ（Mean Sea Level）より 2m 上方とする。

#### 3. 基礎工

- 支持層：岩（玄武岩、凝灰岩）一軸圧縮強さが 30～60MPa。
- パイルベント方式を採用。
- 報告書には海底面より突出している部分の杭の防蝕対策についての記載は無い。
- 杭径は 1,500mm。

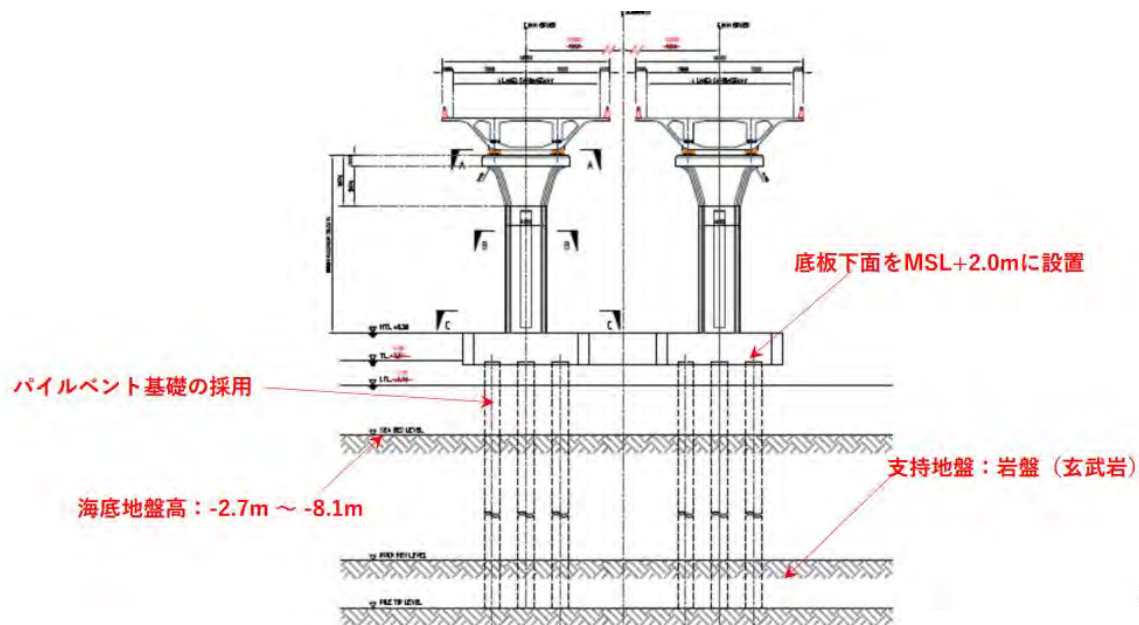


図 4.10 基礎工の概要

各事業の橋梁形式のまとめ（VVSL, VBSL, MTHL）は次のようになる。

表 4.10 橋梁形式整理結果

| No. | Decision for This Study |                     | VVSL<br>(Pre-F/S)         | VBSL<br>(EPC Basis)                                                                            | MTHL<br>(JICA Preparatory Study)                                                          |
|-----|-------------------------|---------------------|---------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1   | Bridge Type             | Main Bridge         | TBD（DPR でエンジニアリング検討中）     | PC Cable Stayed Bridge<br>(最大スパン長 150m)<br>PSC Box Girder (Cantilever Method)<br>(最大スパン長 100m) | Steel Box Girder with Steel Slab<br>(最大スパン長 180m) /<br>PC Box Girder (SBS)<br>(標準スパン 50m) |
| 2   |                         | Approach Span       | TBD（同上）                   | PC Box Girder<br>(標準スパン 60m)                                                                   | PC Box (SBS & Staging & Full Span Erection)                                               |
| 3   |                         | Ramp (Approach)     | TBD（同上）                   | PC Box Girder                                                                                  | PC Box (標準スパン 30m)                                                                        |
| 4   |                         | Ramp (Loop Section) | TBD（同上）                   | PC Box Girder                                                                                  | RC Hollow Slab<br>(標準スパン 30m)                                                             |
| 5   | Foundation Type         |                     | Pile Bent with All Casing | Pile Bent with All Casing                                                                      | Pile Bent with All Casing                                                                 |

出典：調査団 注記：VBSL と MTHL 事業においては橋梁が航路に対して斜めに横過しているため最大支間長が航路幅に比して増加している。

#### (4) 橋梁付属物に関するレビュー結果

既存の事業に関する参考文献の中には特に記載は無し。

#### (5) 防蝕対策に関するレビュー結果

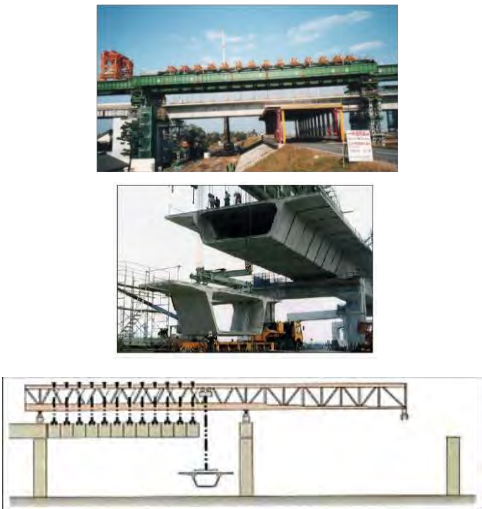
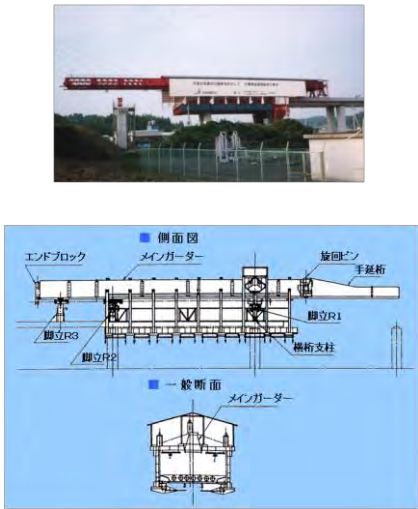
既存の事業に関する参考文献の中には場所打ち杭施工時の海水汚濁を防止するためのケーシング採用や下部工へのエポキシ樹脂塗装鉄筋の採用などが見られる。

### 4.3.5 工期短縮への提言

#### (1) コンクリート橋に関する概要

コンクリート上部工においては、プレキャストセグメント工法や移動支保工が主桁の工期短縮を図る上で有効であると考えられている。従って、ここではこれらの工法の工事期間に関する検討例を挙げて、適切な工法選定の根拠とする。検討対象はプレキャストセグメントを用いたスパンバイスパン（SBS）工法と現場打ちによる大型移動支保工架設（MSS）である。

表 4.11 SBS と MSS の工期比較

| 評価項目    | スパンバイスパン工法<br>( 30 $\phi$ 50.0m x 3 girders = 4,500.0m )                                                                                                                                                                                                                                                                    | 移動支保工<br>22 $\phi$ 50m x 2 + 23 $\phi$ 50m x 2 = 4,500.0m)                                                                                                                                                                                                                |
|---------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 写真と施工概要 |                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                        |
| 施工方法と工期 | <p>架設機の発注、引き渡しには1年が必要。<br/>架設機の設置後、セグメントが架設機の下方に運搬される必要がある。海上部では、架設完了後の橋面をトレーラーが逆走することで、1か所にセグメント搬入場所を限定可能。</p> <p>統一された工場製品として、品質管理上、優位性がある。</p> <p>延長4.5kmの施工において、移動支保工に比べ15か月、工期短縮が可能。</p> <p>架設機の組み立てに： 60 日<br/>1 span 15日 x 90 スパン= 1,350 days<br/>(架設機1機使用の場合)<br/>架設機解体に： 45 日<br/>広大な面積のセグメント製作・ストックヤードを必要とする。</p> | <p>架設機の発注、引き渡しには1年が必要。<br/>架設機の設置後、型枠内で、鉄筋、PC鋼材の組み立てを行い、通常の場所打ち桁同様に、コンクリートを打設する。</p> <p>品質管理は通常の場所打ちコンクリートと同程度である。</p> <p>延長4.5kmの施工において、スパンバイスパンに比べ15か月、工期が長い。</p> <p>架設機の組み立てに： 60 日<br/>1スパン 20 日 x 90スパン = 1800 days<br/>架設機解体に： 45 日<br/>コンクリート打設は吊り下げた型枠内で行われる。</p> |
| 評価      | 工期短縮上、有利な工法である。                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                           |

出典：調査団

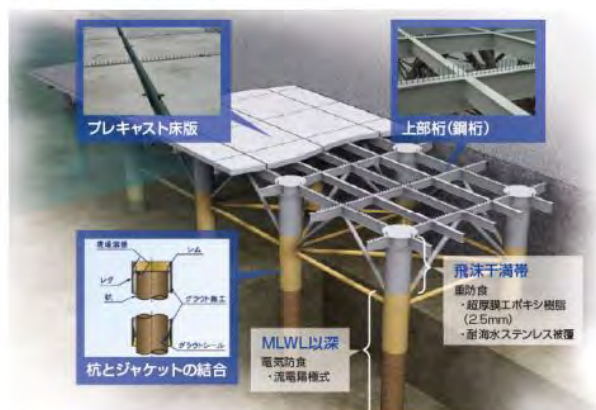
上記の表に示すように架設機を1台使用した場合の工期の差は1支間5日あり、この差を解消するためにはMSSの場合、SBSの架設機3台に比べ4台を必要とする。この比較結果に拠ればプレキャストセグメントを用いることで、桁製作の時間を下部工施工と同時期にセットして、かつ、現場打ちのようにコンクリート硬化時間を待つことなく架設時間を縮小することができ架設費自体も縮減可能であるため、SBSの有利性

は明らかで有り、今後のコンクリート橋の形式選定にはこの検討結果も考慮した上で適切な形式選定を行うこととする。

## (2) 仮設工事に関する工期短縮案

本事業の主工事となる海上橋建設では現地の水深が押しなべて浅いことから台船を使用する工事期間が制限される場合も考えられ、その場合、仮設橋、仮設道路などが必要となる可能性が高い。このようなケースでは次に示すジャケット式栈橋が工事期間短縮に有効であり、検討対象として挙げられる。一方で、新しい工法として、ジオチューブを用いた工期短縮も考えられるが、これは本節末尾に別途記載する。

ジャケット式栈橋とは、基礎杭に、鋼管で組み立てた立体トラスを被せた栈橋です。  
(羽織るという意味で「ジャケット」と呼ばれます)



出典：JFE エンジニアリング株式会社ウェブページ  
<https://www.jfe-eng.co.jp/products/bridge/co06.html>

図 4.11 ジャケット式栈橋

## 4.4 橋梁形式選定

### 4.4.1 コンクリート橋

#### (1) 第1次選定

延長約 43km に及ぶ区間の大部分を占める本線橋梁の一般分に対してコンクリート橋を適用する場合、次の選定表を用いる事とする。

表 4.12 コンクリート橋第 1 次選定表

## リンクリート橋形式

### 構造形式と適用支間長 (3)

[illegible]

( ) 書ぞは標準設計の最大支間を示す。

一般的な適用支間

検査対象支間

出典：設計施工マニュアル(案) 平成28年3月 東北地方整備局  
PCアシスタント(2020年版) (一社)フイットスト・コンクリート建設業協会  
NEXCO設計要領第二集 橋梁建設編 平成28年8月 NEXCO各社

圖書集成



前表の記載から標準的な支間は 50m 以上と考え、更に次に示す表から各要素の妥当性（構造的性、維持管理性、景観性）を加味すると、支間長 50～60m の PC 箱桁が適切と考えられる。

表 4.13 コンクリート橋選定上の判定項目

|       | 判定 | 判定内容                          |
|-------|----|-------------------------------|
| 構造的性  | ◎  | 実績が多い                         |
|       | ○  | 支間長が適用支間の上限に近い                |
|       | △  | 実績が少ない                        |
| 施工性   | ◎  | 主要部材の多くが工場製作によるもので現場作業工数が少ない  |
|       | ○  | 主部材の一部が現場製作によるものであり、足場・支保工が必要 |
|       | △  | 主部材が現場製作によるものであり、現場作業工数が多い    |
| 工期短縮  | ◎  | 主部材の多くが工場製作によるもので、工期短縮となる     |
|       | ○  | 主部材の一部が工場製作によるものであり、工期短縮となる   |
|       | △  | 現場作業が多く工期短縮が見込めない             |
| 維持管理性 | ◎  | 支承・伸縮装置が少ない                   |
|       | ○  | 主構造に対して定期的なメンテナンスが必要          |
|       | △  | 支承・伸縮装置が多い                    |
| 景観性   | ◎  | 構造がシンプルで橋脚数が少ない               |
|       | ○  | 多主桁、多橋脚                       |
|       | △  | 上部工・下部工の構造形式の連続性が無い           |

出典：調査団

以上の結果を踏まえ、更に、下部工の数量の面から支間長の比較を 50m と 60m で行うと、下表に示すような検討結果が得られた。なお、この検討において使用した下部工検討用の地盤条件などは前述の関連事業のレビュー結果をもとにして定めたものである。

表 4.14 基礎工事費を対象とした PC 箱桁の支間長比較結果

## 1. 概算作用反力-1基当り

| 上部工形式            |              | 上部工反力 (kN) |       |        | 下部工反力<br>(kN) | 合計<br>(kN) |
|------------------|--------------|------------|-------|--------|---------------|------------|
|                  |              | 死荷重        | 活荷重   | 小計     |               |            |
| PC箱桁             | 6@50m = 300m | 15,300     | 3,400 | 18,700 | 7,000         | 25,700     |
|                  | 5@60m = 300m | 18,300     | 3,900 | 22,200 | 7,000         | 29,200     |
| 鋼5径間連続合成箱桁橋      | 5@60m = 300m | 15,000     | 3,900 | 18,900 | 7,000         | 25,900     |
| 鋼2主細幅箱桁、合成床版     | 4@75m = 300m | 18,800     | 4,800 | 23,600 | 7,000         | 30,600     |
| 鋼3主少数主桁、合成床版     | 6@50m = 300m | 10,700     | 3,400 | 14,100 | 7,000         | 21,100     |
| 鋼3主少数主桁、合成床版     | 6@60m = 300m | 13,200     | 3,900 | 17,100 | 7,000         | 24,100     |
| [Conector]PC2主版桁 | @35m         | 11,000     | 3,400 | 14,400 | 7,000         | 21,400     |

## 2. 必要杭本数-1基当り

| 上部工形式            |              | 配置杭本数 |     |               | 作用反力合計<br>(kN) |
|------------------|--------------|-------|-----|---------------|----------------|
|                  |              | 杭径(m) | 杭本数 | 総支持力(kN)-1基当り |                |
| PC箱桁             | 6@50m = 300m | 1.5   | 4   | 29,700        | 25,700         |
|                  | 5@60m = 300m | 1.5   | 5   | 37,100        | 29,200         |
| 鋼5径間連続合成箱桁橋      | 5@60m = 300m | 1.5   | 4   | 29,700        | 25,900         |
| 鋼2主細幅箱桁、合成床版     | 4@75m = 300m | 1.5   | 5   | 37,100        | 30,600         |
| 鋼3主少数主桁、合成床版     | 6@50m = 300m | 1.5   | 4   | 29,700        | 21,100         |
| 鋼3主少数主桁、合成床版     | 6@60m = 300m | 1.5   | 4   | 29,700        | 24,100         |
| [Conector]PC2主版桁 | @35m         | 1.2   | 5   | 23,800        | 21,400         |

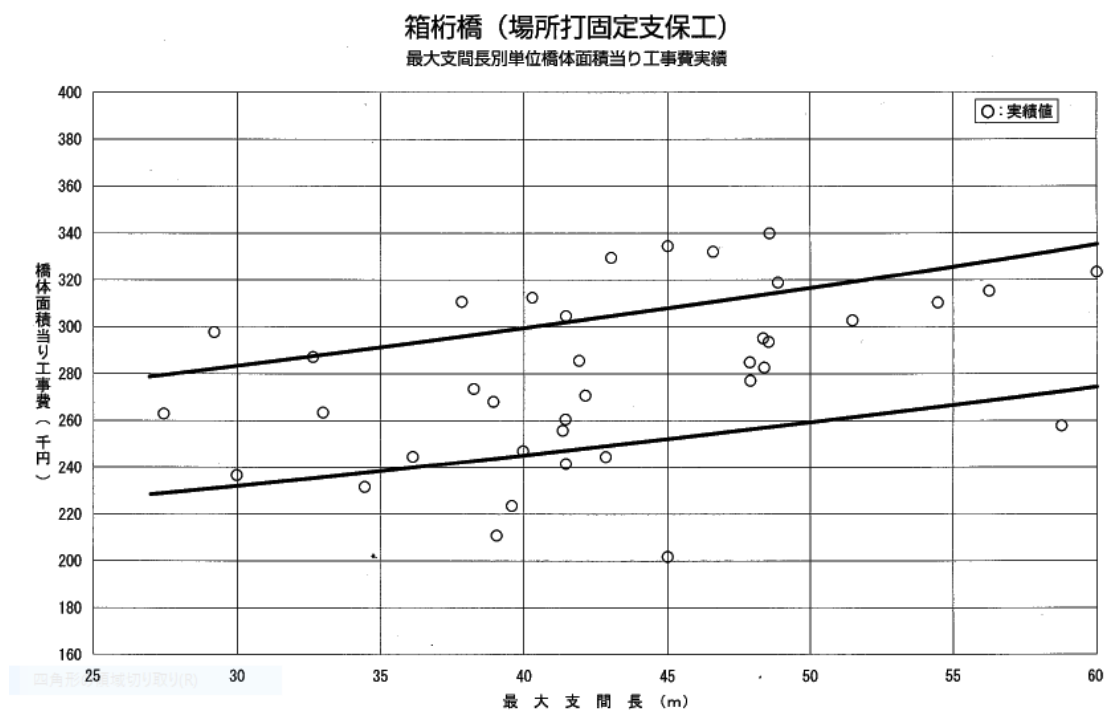
## 3. 総杭本数 (1橋当り)

| 上部工形式        |              | 下部工基数 | 杭本数<br>1基当り | 杭本数<br>1橋当り | 杭本数差<br>1橋当り |
|--------------|--------------|-------|-------------|-------------|--------------|
|              |              |       |             |             |              |
| PC箱桁         | 6@50m = 300m | 7     | 4           | 28          | 4            |
|              | 5@60m = 300m | 6     | 5           | 30          | 6            |
| 鋼5径間連続合成箱桁橋  | 5@60m = 300m | 6     | 4           | 24          | 0            |
| 鋼2主細幅箱桁、合成床版 | 4@75m = 300m | 5     | 5           | 25          | 1            |
| 鋼3主少数主桁、合成床版 | 6@50m = 300m | 7     | 4           | 28          | 4            |
| 鋼3主少数主桁、合成床版 | 5@60m = 300m | 6     | 4           | 24          | 0            |

出典：調査団

PC 箱桁橋の 50m スパン案、60m スパン案を比較すると、下記の理由により 50m スパン案の方が経済性に優れるといえる。

- 上部工については、支間長が伸びると  $m^3$  単価が増加する（下図の関係図）。
- 下部工については、50m スパンでは、60m スパン案に比較して下部工数が 1 基増える。ただし、杭の総本数に関しては、負担荷重の大きい 60m スパン案の方が多くなる。よって、下部工工費に大きな差は生じない。



出典：プレストレストコンクリート建設業協会 2020 年度版

**図 4.12 PC 箱桁橋の概算工事費（支間長とコストの関係）**

以上の検討結果から、第 1 次選定結果としては、基本的に PC 箱桁案は支間長 50m のケースを採用する。

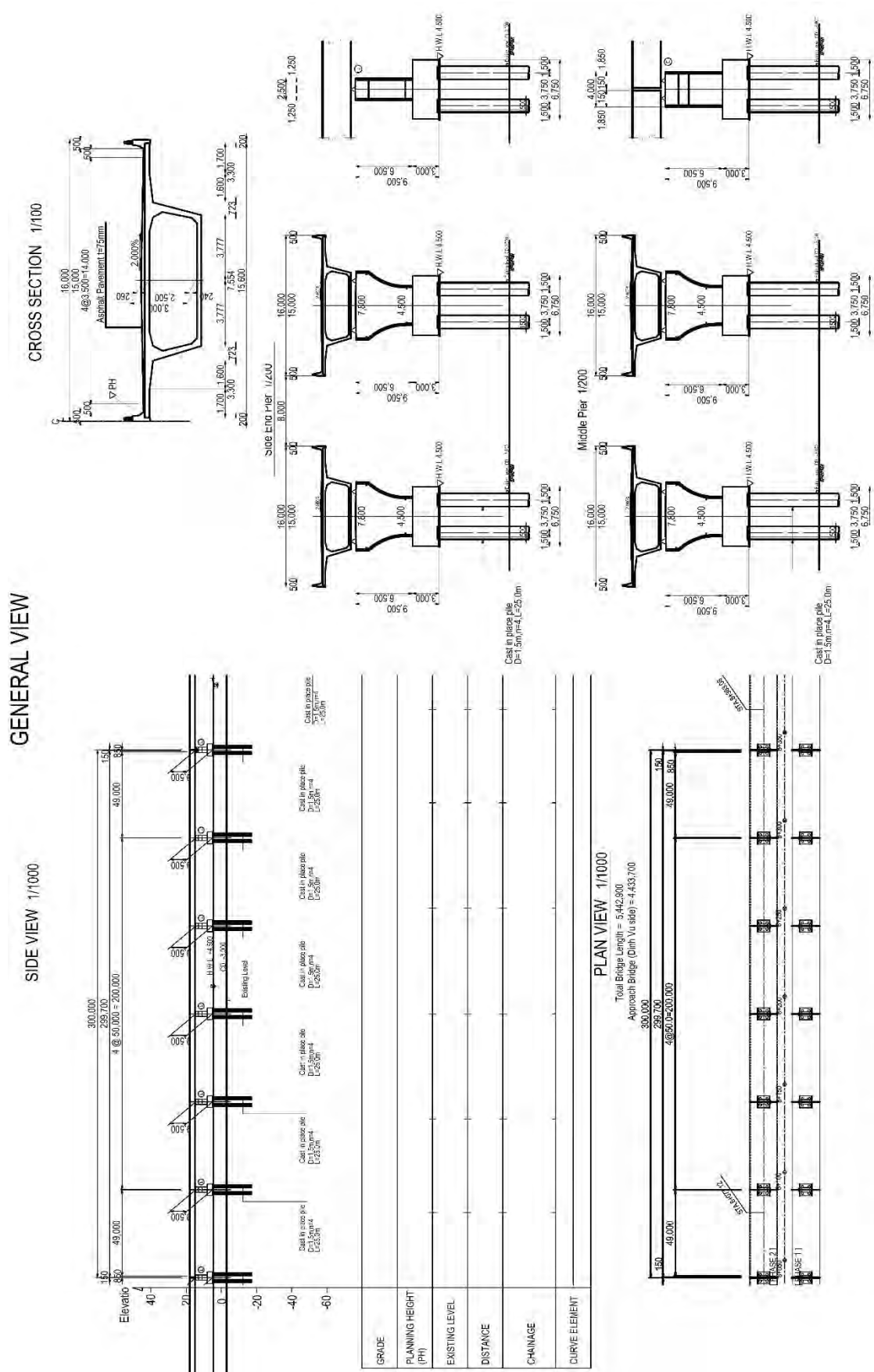


図 4.13 PC 箱桁橋の全体一般図

因查調：典出

## (2) 工事費を含むスパンバイスパン工法の詳細検討

前述までの検討結果より、コンクリート橋における選定形式はスパンバイスパン工法による支間長 50m の PC 箱桁案となった。この報告書における選定結果をより堅固にするために過去の事例に基づき、次のような比較検討を実施した。

表 4.15 スパンバイスパン工法の工事費検討結果

|                       | Unit | 工事概要                                                          |                                                                |                                              |
|-----------------------|------|---------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| 案件名                   |      | LH                                                            | MA                                                             | 本案件                                          |
| 建設地                   |      | ベトナム                                                          | インドネシア                                                         | インド                                          |
| 建設環境                  |      | 海上                                                            | 市街地                                                            | 海上                                           |
| 案件概要                  |      | ODAによる5径間連続PC箱桁が15連（上下線が各2車線で合計4車線）                           | 民間投資による単純PC箱桁が74連（3車線x上下線）、7径間ずつリンクスラブにて接続（伸縮装置は7径間ごと）         | 6径間連続PC箱桁が143連（4車線x上下線）                      |
| 設計基準など                |      | VN Standards (AASHTO)                                         | SIN & AASHTO                                                   |                                              |
| 施工業者                  |      | 日本                                                            | インドネシア                                                         | インド                                          |
| 施工期間                  |      | 2014.05~2017.08                                               | 2018.04~2020.09                                                |                                              |
| 為替レート                 |      |                                                               |                                                                |                                              |
| 橋長                    |      | 延長4,433km                                                     | 延長3.6km                                                        | 延長43.0km                                     |
| 比較用の支間長               |      | 5@60=300                                                      | 6@50=300                                                       | 6@50=300                                     |
| 幅員                    |      | B=16m(3.5m x 4)                                               | B=10.54m(2.75m x 3) x 2                                        | B=16.00m(3.5m x 4) x 2                       |
| 桁高                    |      | H=3.20m                                                       | H=2.60m                                                        | H=3.00m                                      |
| 主桁Cell数               |      | 1室                                                            | 1室                                                             | 1室                                           |
| 主桁断面積                 | m2   | 8.750~10.100                                                  | 5.015                                                          | 8.662~9.912                                  |
| セグメント長                |      | 3.0m                                                          | 2.8m                                                           | 3.0m                                         |
| セグメント重量               |      | 79トン                                                          | 35トン                                                           | 77トン                                         |
| セグメント数                |      | 1,405個、標準60mスパンで1径間あたり、19個+2個(支点上)                            | 2,758個、標準50mスパンで1径間あたり、17個+2個(支点上)                             | 30,960個、標準50mスパンで1径間あたり、16個+2個(支点上)          |
| セグメント製作日数             |      | 2015.04.29~2016.09.15<br>(16.5 months: 85/month)<br>ショートライン6基 | 2018.09.24~2020.04.29<br>(19.0 months: 145/month)<br>ショートライン9基 | 3年間<br>(36 months: 860/months)<br>ショートライン60基 |
| セグメント製作工程             |      | 昼夜兼行                                                          | 昼夜兼行                                                           | 昼夜兼行                                         |
| 総コンクリート体積（主桁）：300m当たり | m3   | 3,142                                                         | 1,661（片ライン当たり）                                                 | 3,100                                        |
| 上部工架設期間               |      | 2015.06.25~2016.11.28<br>(18カ月: 240m/month)                   | 2019.08/08~2020.05.19<br>(9.5カ月: 380m/month)                   | 架設機を上下線、それぞれ4基として210径間ずつを施工すると、3.5年          |
| 最短架設時間（1径間）           |      | 7日                                                            | 4日                                                             | 6日                                           |
| 施工方法                  |      | スパンバイスパン                                                      | スパンバイスパン                                                       | スパンバイスパン                                     |
| 架設機                   |      | 合計で2基使用<br>陸上用：1360トン<br>海上用：1400トン<br>最大吊上げ荷重：80トン           | 合計で2基使用<br>上り線：(650トン)<br>下り線：(650トン)<br>最大吊上げ荷重：50トン          | 合計で8基使用<br>上り線：4基(1300トン)<br>下り線：4基(1300トン)  |
| 架設機製作地                |      | マレーシア                                                         | 中国                                                             |                                              |

|             |                 | 工事費内訳                  |                             |                           |                      |           |         |            |               |               |                 |
|-------------|-----------------|------------------------|-----------------------------|---------------------------|----------------------|-----------|---------|------------|---------------|---------------|-----------------|
| 交換レート       |                 | 1 JPY = 212.41 VND     | 0.075 JPY = 1 Rp            |                           |                      | 契約単価 (円)  |         |            |               | 上部工工事費 (円)    |                 |
| 直結工事費：開削工事費 |                 | 75% : 25%              | Non-disclosure              |                           |                      | 開削費含む     | 開削費含む   | 本案件採用価     | LH            | MA            | 本案件             |
| 主桁コンクリート    |                 | m3                     | 46,481 (0.655m3/m2)         | 39,793 (0.524m3/m2)       | 888,667 (0.646m3/m2) | 54,298    | 58,311  | 51,575     | 2,320,369,623 | 2,320,369,623 | 45,833,350,525  |
| セグメント架設     |                 |                        | 1,405 tons (75 spans)       | 148 spans                 | 1,720 spans          | 1,255,244 | 975,798 | 14,125,026 | 1,763,617,820 | 1,442,266,104 | 24,295,045,161  |
| 鉄筋          |                 | ton                    | 6,734.9 (145kg/m3)          | 5,650.6 (142kg/m3)        | 128,764              | 173,853   | 120,000 | 163,026    | 1,170,882,570 | 678,072,000   | 20,992,146,547  |
| PC鋼材        | 主方向(19S15.2)    | kg                     | 1,130,940 (24.3kg/m3)       | 0                         | 21,622,363           | 881       | 0       | 826        | 996,358,140   | 0             | 17,863,186,327  |
|             | 主方向(12S15.2)    | kg                     | 706,088 (15.2kg/m3)         | 2,118,011 (53.2kg/m3)     | 13,499,647           | 502       | 364     | 471        | 354,456,176   | 770,956,004   | 6,354,860,084   |
|             | 主方向(19S15.2)    | kg                     | 0                           | 0                         | 0                    | 0         | 0       | 0          | 0             | 0             | 0               |
|             | 横方向(1S28.6)     | kg                     | 625,329 (13.5kg/m3)         | 0                         | 11,955,622           | 813       | 0       | 762        | 508,392,477   | 0             | 9,114,704,319   |
|             | 鉛直筋(φ32)        | kg                     | 34,395 (0.7kg/m3)           | 0                         | 657,760              | 1,378     | 0       | 1,292      | 47,396,310    | 0             | 849,956,189     |
| 支保          | 分敷管(570 ton)    | 個                      | 60                          | 0                         | 1,144                | 5,175,813 | 0       | 4,893,538  | 310,548,760   | 0             | 5,592,447,954   |
|             | 分敷管(1082 ton)   | 個                      | 120                         | 0                         | 2,860                | 5,424,357 | 0       | 5,086,606  | 650,922,840   | 0             | 14,447,694,130  |
|             | LRB (470 ton)   | 個                      | 0                           | 592                       | 0                    | 0         | 333,069 | 0          | 0             | 197,176,848   | 0               |
|             | アルミ製 (160mm)    | m                      | 15.10                       | 0.00                      | 60.40                | 606,612   | 0       | 568,841    | 9,159,841     | 0             | 34,357,994      |
|             | アルミ製 (250mm)    | m                      | 211.40                      | 0.00                      | 4,228.00             | 1,029,093 | 0       | 675,511    | 217,550,260   | 0             | 2,856,061,180   |
| 工事費         | 開削              | m                      | 0.00                        | 228.96                    | 0.00                 | 0         | 252,208 | 0          | 0             | 57,745,544    | 0               |
|             | 高欄 (Hand Rail)  | m                      | 88,661.00                   | 0.00                      | 0.00                 | 15,097    | 0       | 0          | 1,338,515.117 | 0             | 0               |
|             | 高欄コンクリート        | m3                     | 2,874.30                    | 6,264.00                  | 74,820.00            | 23,868    | 24,469  | 22,382     | 68,603,792    | 153,273,816   | 1,674,609,677   |
|             | 同上鉄筋            | ton                    | 376.70                      | 0.00                      | 9,801.42             | 173,853   | 0       | 163,028    | 65,490,425    | 0             | 1,597,905,356   |
|             | 橋面防水層 (排水パイプ含む) | m2                     | 66,178.00                   | 0.00                      | 1,290,000.00         | 979       | 0       | 918        | 64,788,262    | 0             | 1,184,274,134   |
|             | 舗装              | m2                     | 66,178.00                   | 68,688.00                 | 1,290,000.00         | 1,636     | 2,319   | 1,534      | 108,267,208   | 159,287,472   | 1,979,032,258   |
|             | 排水側             | 個                      | 442.00                      | 3,172.00                  | 8,575                | 14,110    | 2,546   | 13,231     | 62,626,620    | 8,075,912     | 113,456,627     |
|             | 排水装置            | m                      | 1,476.90                    | 0.00                      | 28,652               | 2,484     | 0       | 2,329      | 3,668,626     | 68,739,569    | 68,739,569      |
|             | φ200            | m                      | 3,002.60                    | 13,607.00                 | 58,250               | 2,723     | 4,081   | 2,553      | 55,530,167    | 148,739,290   | 148,739,290     |
|             | 電気・通信           |                        |                             |                           |                      |           |         |            |               |               |                 |
| 工事費総計       |                 |                        |                             |                           |                      |           |         |            | 8,453,238,856 | 5,843,753,490 | 155,058,566,871 |
| m2単価        |                 | 16.0 x 4433 = 70,928m2 | 10.54 x 2 x 3600 = 75,888m2 | 36.0x2x4300 = 1,376,000m2 |                      |           |         |            | 119,181       | 77,005        | 112,688         |

(注：LHでは、現場管理費（準備工、提出書類、工事費、仮設橋、ヤードなど）は含まず。）

LH 現場管理費: JPY 718,944,145

一般的な仮設費: JPY 2,350,488,005

工事費総計: JPY 3,069,432,150（上部工工事費の36%、下部工工事費の18%）

MA 一般管理費 + 現場管理費： 契約額の5%

出典：調査団



以上の検討結果からスパンバイスパン架設によるプレキャストセグメント形式の PC 箱桁案は本線上部工形式として工事費及び工期短縮の面から十分な適性を有していると判断できる。

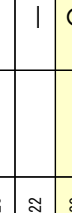
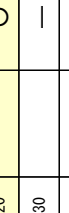
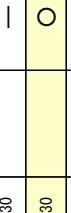
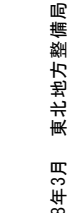
### (3) コネクタ区間（コネクター道路）におけるコンクリート橋形式の選定

延長約 43km に及ぶ区間の中で合計 4 カ所の接続ルートが設定されるが、それらの大部分は土工区間と想定され、それ以外の交差部やジャンクション部において橋梁構造物が必要となる予定である。これらの部分に対してコンクリート橋を適用する場合、次の選定表を用いる事とする。選定にあたって考慮するのは、次のような点である。

- 景観面の配慮から構造物の統一性を図ることが可能で、かつ、曲線部に対する対応性に優れている構造であること。
- 想定される地質条件から下部工・基礎工の工事費全体に占める割合は上部工工事費に比べ小さい形式（具体的には支間長）

上記の条件を考慮した結果、次ページに示す PC-2 主版桁形式を選定した。この形式の施工方法は大型移動支保工を用いた連続桁の架設、もしくは固定式支保工による架設でいずれのケースも場所打ち工法である。

表 4.16 コンクリート橋第 1 次選定表

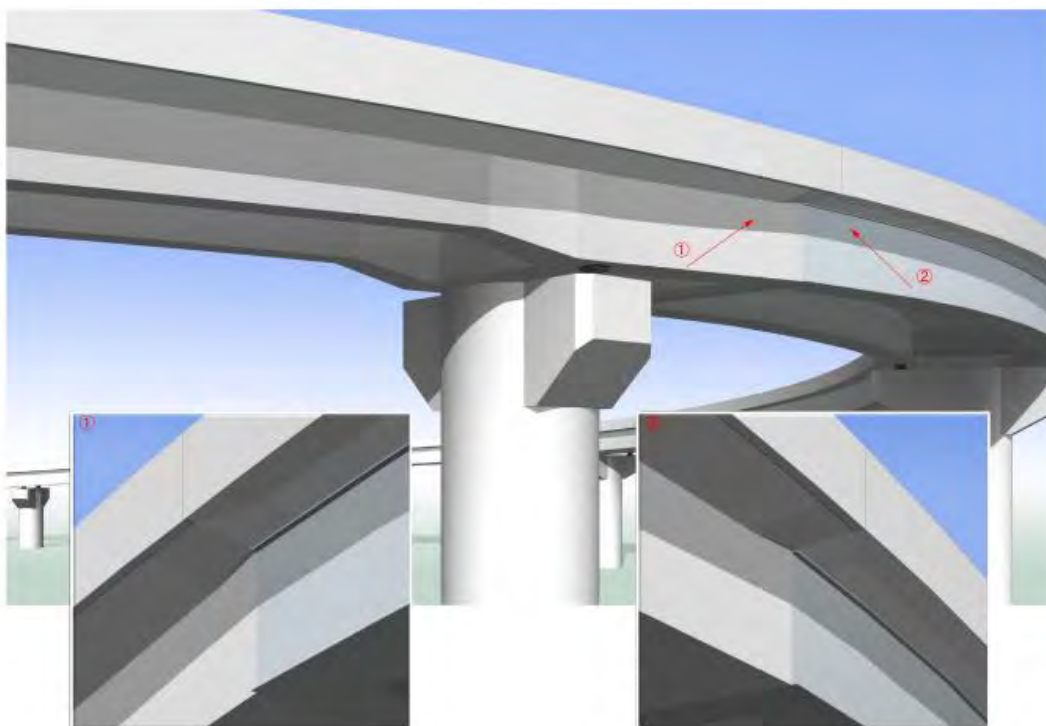
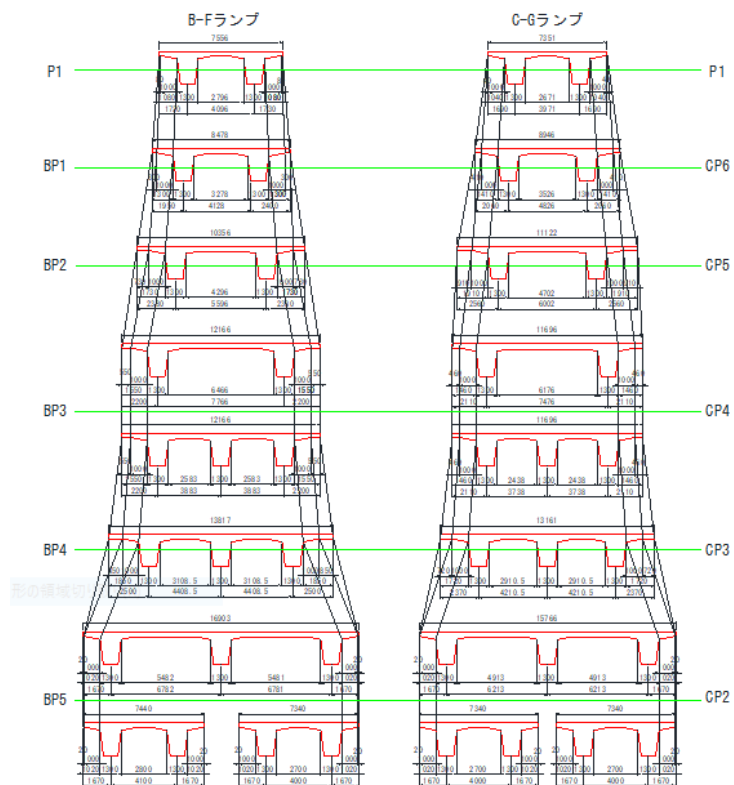
| 形式        | 架設工法              | 適用 支 間 (m)                                                                          |    |    |    |     |     |     |     |     |  | 実績最大<br>支間 (m) | 桁高支間比                | 摘 要 | 本橋での<br>適用可否 | 備 考               |
|-----------|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|--|----------------|----------------------|-----|--------------|-------------------|
|           |                   | 20                                                                                  | 40 | 60 | 80 | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 |  |                |                      |     |              |                   |
| プレートガーダー橋 | 単純鋼合成 I 桁橋        |    |    |    |    |     |     |     |     |     |  | 25             | $h/L = 1/14 \sim 27$ |     | —            | 適用支間外のた<br>め検討対象外 |
|           | 単純鋼非合成 I 桁橋 (多主桁) |    |    |    |    |     |     |     |     |     |  | 標準設計<br>44     | $1/15 \sim 20$       |     | —            |                   |
|           | 単純鋼非合成 I 桁橋 (少主桁) |    |    |    |    |     |     |     |     |     |  | 60             | $1/14 \sim 19$       |     | —            | 非合成構造のた<br>め適用外   |
|           | 単純鋼合成 I 桁橋        |    |    |    |    |     |     |     |     |     |  | 60             | $1/16 \sim 21$       |     | —            |                   |
|           | 単純鋼非合成箱桁橋         |    |    |    |    |     |     |     |     |     |  | 70             | $1/18 \sim 25$       |     | —            | 単純桁構造のた<br>め対象外   |
|           | 単純鋼合成箱桁橋          |    |    |    |    |     |     |     |     |     |  | 75             | $1/19 \sim 26$       |     | —            |                   |
|           | 連続鋼 I 桁橋 (多主桁)    |   |    |    |    |     |     |     |     |     |  | 65             | $1/16 \sim 22$       |     | —            | 適用支間外             |
|           | 連続鋼 I 桁橋 (少主桁)    |  |    |    |    |     |     |     |     |     |  | 91             | $1/15 \sim 20$       |     | ○            |                   |
|           | 連続鋼非合成箱桁橋         |  |    |    |    |     |     |     |     |     |  | 190            | $1/20 \sim 30$       |     | —            | 非合成構造のた<br>め適用外   |
|           | 鋼開断面箱桁橋           |  |    |    |    |     |     |     |     |     |  |                | $1/20 \sim 30$       |     | —            |                   |
|           | 鋼軸桁箱桁橋 (合成・PC床版)  |  |    |    |    |     |     |     |     |     |  |                | $1/20 \sim 30$       |     | ○            |                   |
|           | 鋼床版 I 桁橋          |  |    |    |    |     |     |     |     |     |  | 80             | $1/17 \sim 21$       |     | —            | 経済性に劣るの<br>で対象外   |
|           | 鋼床版箱桁橋            |  |    |    |    |     |     |     |     |     |  | 300            | $1/22 \sim 28$       |     | ○            |                   |

連続桁形式  
支間長  $L = 70 \sim 80,000m$

■ 一般的に良く適用される範囲      ■ 比較的適用される範囲

(注) (1) アーチ形式の桁高は、スパンライズ比を示す。  
(2) トラスの場合、支間長に対する主構高さを示す。  
(3) 連続鋼 I 桁橋 (少数主桁) は直橋を基本とするが、斜角 75° 以上、最小半径 1000m 程度の橋を採用の目安とする。  
出典：設計施工マニュアル(案) [道路橋編] 平成 28 年 3 月 東北地方整備局  
'16 デザインデータブック (一社) 日本橋梁建設協会

出典：調査団



出典：調査団

図 4.14 コネクタ区間での PC-2 主版桁橋の例

#### **4.4.2 鋼橋**

##### **(1) 橋梁形式の比較（海上一般部）**

鋼橋(海上一般部)の形式選定は既往の実績と概略設計ソフトによる試算により実施した。この検討の結果、60m 支間の少数鉸桁が最も有利と考えられる。

表 4.17 海上一般部・鋼橋の橋梁形式比較（60m）

| 構造形式と適用支間長 (1)    |                  |            |    |    |    |     |     |     |     |     |  |                |                |                      |              |                   |
|-------------------|------------------|------------|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|--|----------------|----------------|----------------------|--------------|-------------------|
| 形式                | 架設工法             | 適用 支 間 (m) |    |    |    |     |     |     |     |     |  | 実績最大<br>支間 (m) | 桁高支間比          | 摘 要                  | 本橋での<br>適用可否 | 備 考               |
|                   |                  | 20         | 40 | 60 | 80 | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 |  |                |                |                      |              |                   |
| プレート<br>ガーダー<br>橋 | 単純鋼合成H桁橋         |            |    |    |    |     |     |     |     |     |  |                | 25             | $h/L = 1/14 \sim 27$ |              | 適用支間外のため<br>検討対象外 |
|                   | 単純鋼非合成I桁橋 (多主桁)  |            |    |    |    |     |     |     |     |     |  | 標準設計<br>44     | $1/15 \sim 20$ |                      | —            |                   |
|                   | 単純鋼非合成I桁橋 (少主桁)  |            |    |    |    |     |     |     |     |     |  | 60             | $1/14 \sim 19$ |                      | —            | 単純桁構造のため<br>対象外   |
|                   | 単純鋼合成I桁橋         |            |    |    |    |     |     |     |     |     |  | 60             | $1/16 \sim 21$ |                      | —            |                   |
|                   | 単純鋼非合成箱桁橋        |            |    |    |    |     |     |     |     |     |  | 70             | $1/18 \sim 25$ |                      | —            |                   |
|                   | 単純鋼合成箱桁橋         |            |    |    |    |     |     |     |     |     |  | 75             | $1/19 \sim 26$ |                      | —            |                   |
|                   | 連続鋼I桁橋 (多主桁)     |            |    |    |    |     |     |     |     |     |  | 65             | $1/16 \sim 22$ |                      | —            |                   |
|                   | 連続鋼I桁橋 (少主桁)     |            |    |    |    |     |     |     |     |     |  | 91             | $1/15 \sim 20$ | ○                    | —            |                   |
|                   | 連続鋼非合成箱桁橋        |            |    |    |    |     |     |     |     |     |  | 190            | $1/20 \sim 30$ | —                    | —            |                   |
|                   | 鋼開断面箱桁橋          |            |    |    |    |     |     |     |     |     |  |                | $1/20 \sim 30$ | —                    | —            |                   |
|                   | 鋼細幅箱桁橋 (合成・PC床版) |            |    |    |    |     |     |     |     |     |  |                | $1/20 \sim 30$ | ○                    | —            |                   |
|                   | 鋼床版I桁橋           |            |    |    |    |     |     |     |     |     |  | 80             | $1/17 \sim 21$ | —                    | —            |                   |
|                   | 鋼床版箱桁橋           |            |    |    |    |     |     |     |     |     |  | 300            | $1/22 \sim 28$ | ○                    | —            |                   |

連続桁形式  
支間長 L=50~60.000m

一般的に良く適用される範囲 比較的適用される範囲

出典：調査団



表 4.18 海上一般部・鋼橋の橋梁形式比較（60m）

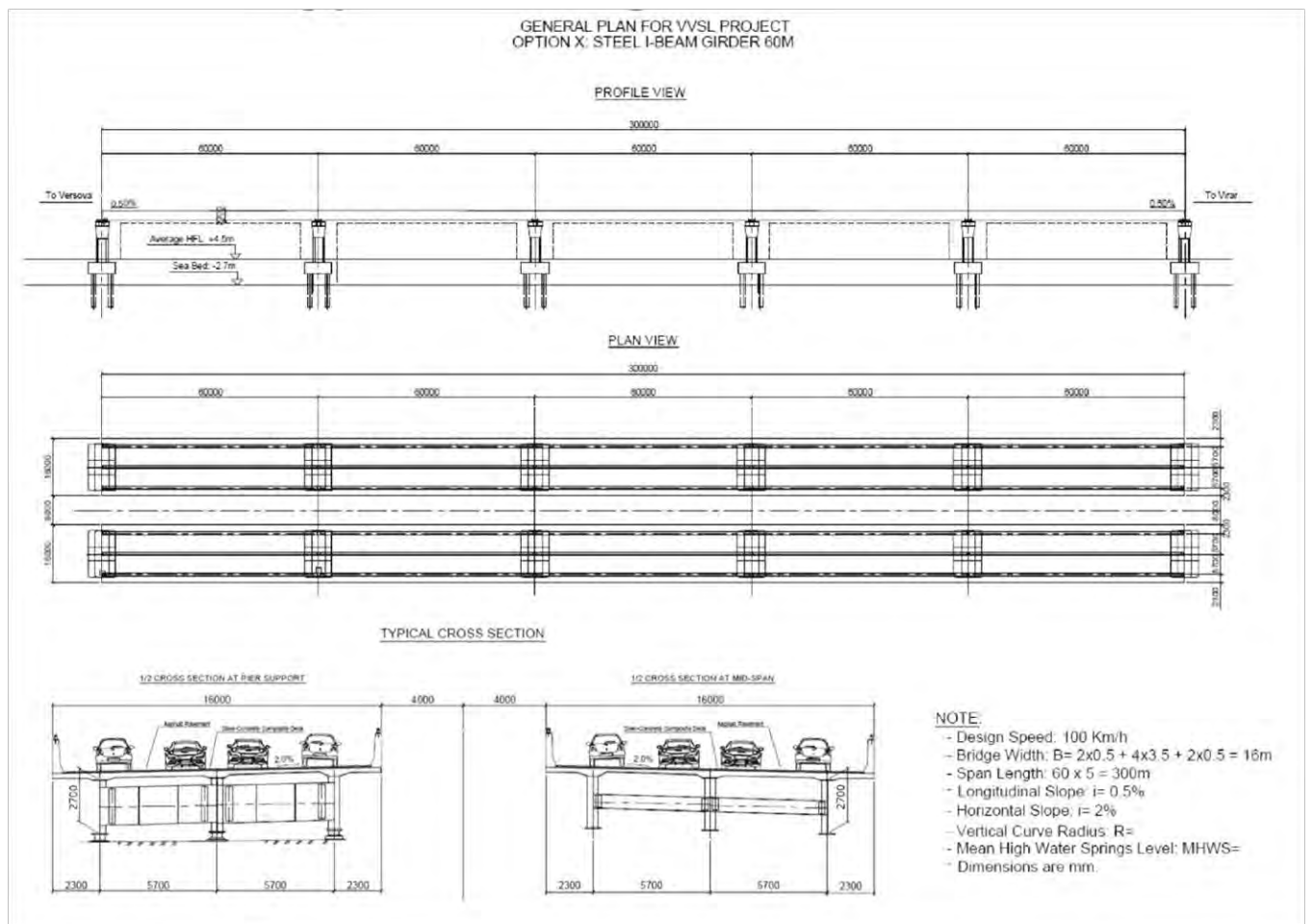
| 比較①：一般部ver1の桁形式 |                       |             |       |       |       |       |       |       |       |       |                              |             |       | (参考) 支間長と鋼材量の関係 |        |        |       |        |        |       |           |         |       |        |        |       |  |  |  |  |                              |                                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|-----------------|-----------------------|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------------------------------|-------------|-------|-----------------|--------|--------|-------|--------|--------|-------|-----------|---------|-------|--------|--------|-------|--|--|--|--|------------------------------|--------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| 形式              |                       | 3主少数主桁，合成床版 |       |       |       |       |       |       |       |       |                              | 2主細幅桁桁，合成床版 |       |                 |        |        |       |        |        |       |           |         |       |        |        |       |  |  |  |  |                              |                                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| スパン割            |                       | 6@50m=300m  |       |       |       |       |       |       |       |       |                              | 5@60m=300m  |       |                 |        |        |       |        |        |       |           |         |       |        |        |       |  |  |  |  |                              |                                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 一般図             | 側面図                   |             |       |       |       |       |       |       |       |       |                              |             |       |                 |        |        |       |        |        |       |           |         |       |        |        |       |  |  |  |  |                              |                                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                 | 断面図                   |             |       |       |       |       |       |       |       |       |                              |             |       |                 |        |        |       |        |        |       |           |         |       |        |        |       |  |  |  |  |                              |                                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                 | 一般図                   |             |       |       |       |       |       |       |       |       |                              |             |       |                 |        |        |       |        |        |       |           |         |       |        |        |       |  |  |  |  |                              |                                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                 | 死・活載<br>大支反力<br>(kN)  | A1          | P1    | P2    | P3    | P4    | P5    | A2    | A1    | P1    | P2                           | P3          | P4    | A2              | Σ      | Σ      | Σ     | Σ      | A1     | P1    | P2        | P3      | P4    | A2     | Σ      | Σ     |  |  |  |  |                              |                                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                 |                       | 2,409       | 5,837 | 5,146 | 5,401 | 5,146 | 5,837 | 2,409 | 2,818 | 6,983 | 6,231                        | 6,231       | 6,983 | 2,818           | 4,123  | 10,321 | 9,119 | 9,119  | 10,321 | 4,123 | 4,123     | 10,321  | 9,119 | 9,119  | 10,321 | 4,123 |  |  |  |  |                              |                                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1,946           |                       | 4,634       | 4,143 | 4,352 | 4,143 | 4,634 | 1,946 | 2,230 | 5,419 | 4,817 | 4,817                        | 5,419       | 2,230 | 2,230           | 5,419  | 4,817  | 4,817 | 5,419  | 2,230  | 4,123 | 10,321    | 9,119   | 9,119 | 10,321 | 4,123  |       |  |  |  |  |                              |                                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2,409           |                       | 5,837       | 5,146 | 5,401 | 5,146 | 5,837 | 2,409 | 2,818 | 6,983 | 6,231 | 6,231                        | 6,983       | 2,818 | 4,123           | 10,321 | 9,119  | 9,119 | 10,321 | 4,123  | 4,123 | 10,321    | 9,119   | 9,119 | 10,321 | 4,123  |       |  |  |  |  |                              |                                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 上部工             | 鋼桁重量                  | 1,070       |       |       |       |       |       |       |       |       |                              | 223         |       |                 |        |        |       |        |        |       |           | 鋼桁重量(t) |       |        |        |       |  |  |  |  |                              | 橋面積当りの鋼桁重量(kg/m <sup>2</sup> ) |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                 | 210 kg/m <sup>2</sup> |             |       |       |       |       |       |       |       |       | 210 kg/m <sup>2</sup>        |             |       |                 |        |        |       |        |        |       | 参考値※1     |         |       |        |        |       |  |  |  |  | 参考値※1                        |                                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                 | 合計死荷重(kN)             |             |       |       |       |       |       |       |       |       | 橋面積当りの死荷重(N/m <sup>2</sup> ) |             |       |                 |        |        |       |        |        |       | 合計死荷重(kN) |         |       |        |        |       |  |  |  |  | 橋面積当りの死荷重(N/m <sup>2</sup> ) |                                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                 | 56,407                |             |       |       |       |       |       |       |       |       | 11,751                       |             |       |                 |        |        |       |        |        |       | 57,889    |         |       |        |        |       |  |  |  |  | 12,060                       |                                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 橋脚              | 7                     |             |       |       |       |       |       |       |       |       | 6                            |             |       |                 |        |        |       |        |        |       | 6         |         |       |        |        |       |  |  |  |  | 6                            |                                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 総合評価            | ×                     |             |       |       |       |       |       |       |       |       | ○                            |             |       |                 |        |        |       |        |        |       | △         |         |       |        |        |       |  |  |  |  |                              |                                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

(b-1) 連続非合成 I 桁橋 (少数主桁) [平均支間長]

(b-2) 連続非合成桁橋 [細幅・平均支間長]

※1 橋面積当りの鋼材量の参考値は，“日本橋梁建設協会，デザインデータブック，2021年”の値を引用した。

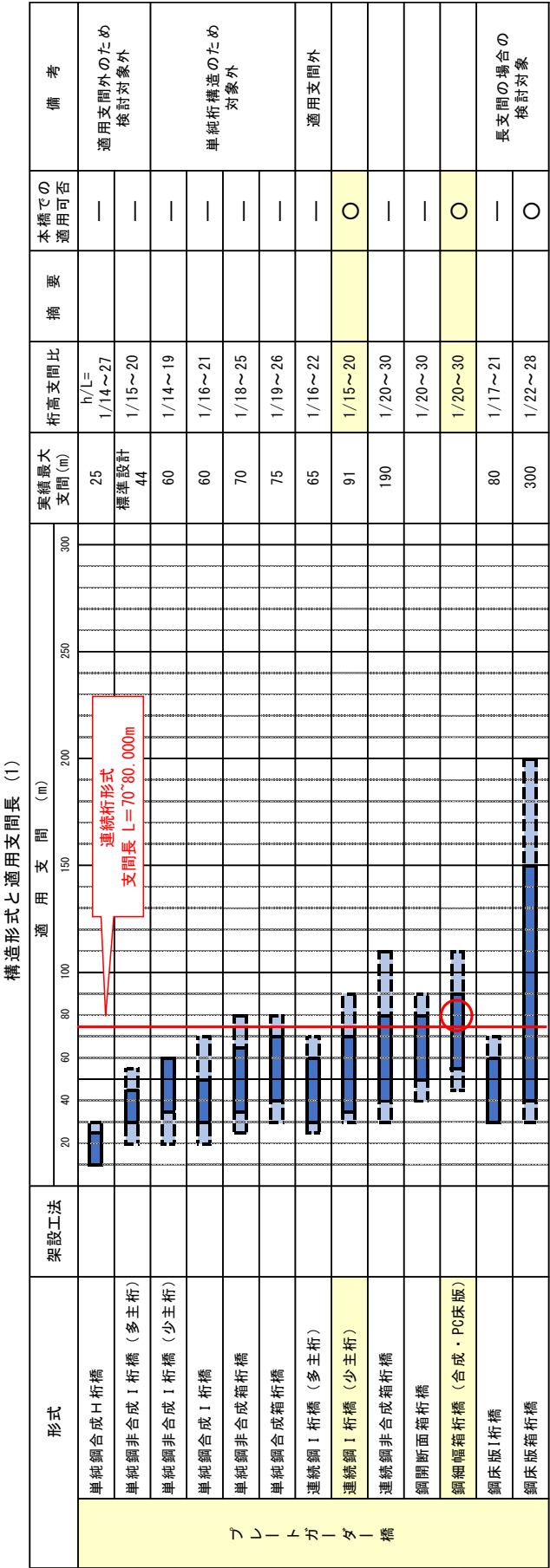
出典：調査団



出典：調査団

図 4.15 一般図（5 径間連続少数鋼桁橋）

表 4.19 海上一般部・鋼橋の橋梁形式比較（75m）



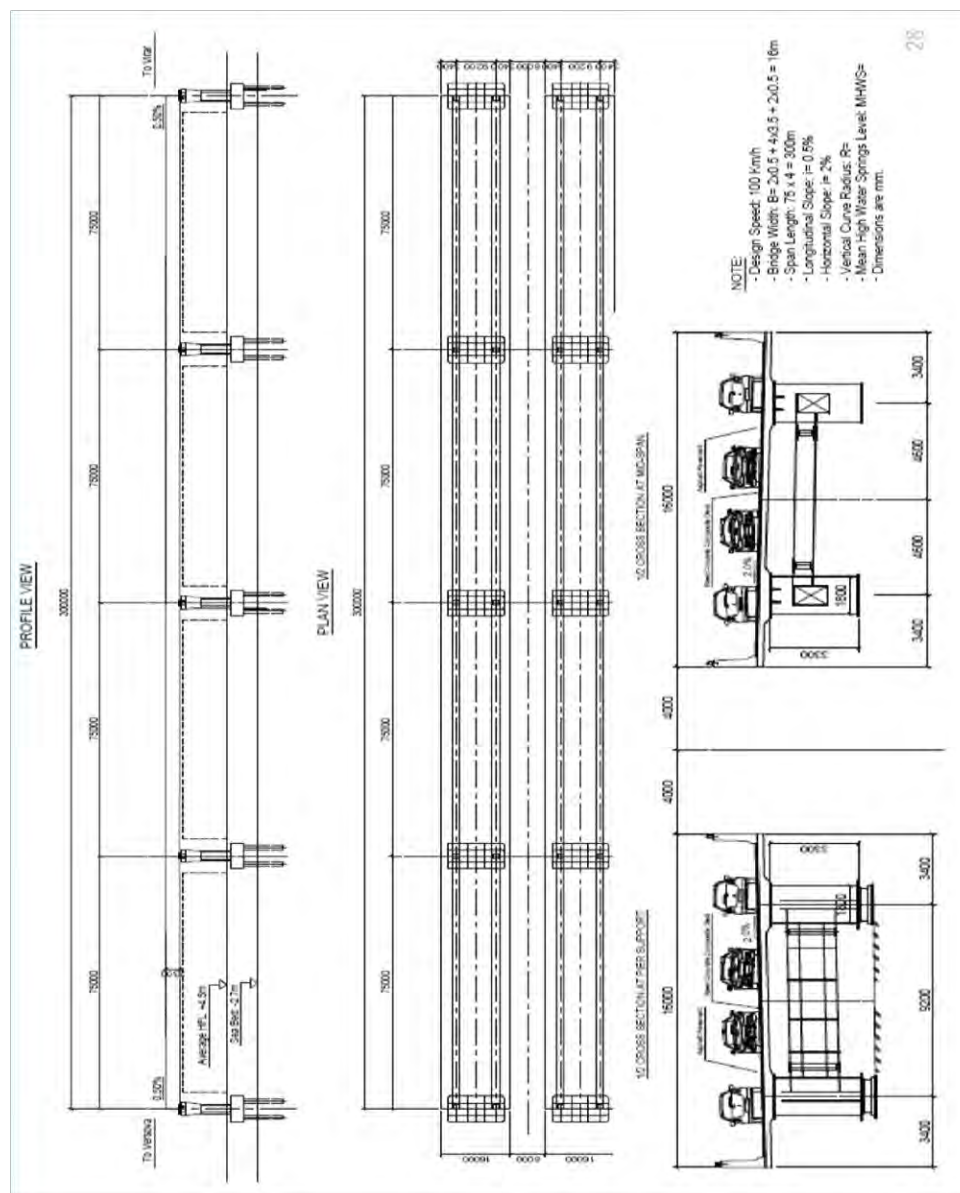
出典：調査団

表 4.20 海上一般部・鋼橋の橋梁形式比較（75m）

| 比較②：一般部ver2の桁形式 |                       |                       |       |       |       |              |                       |        |        |                               |       |                                |
|-----------------|-----------------------|-----------------------|-------|-------|-------|--------------|-----------------------|--------|--------|-------------------------------|-------|--------------------------------|
| 形式              |                       | 3主少数主桁，合成床版           |       |       |       | 2主細幅箱桁，合成床版  |                       |        |        | (参考) 支間長と鋼材重量の関係              |       |                                |
| スパン割            |                       | 4@7.5m=30.0m          |       |       |       | 4@7.5m=30.0m |                       |        |        | (6) 1 連続非合成1桁橋 (少数主桁) 【平均支間長】 |       |                                |
| 一般図             | 側面図                   |                       |       |       |       |              |                       |        |        | (6) 1 連続非合成1桁橋 (少数主桁) 【平均支間長】 |       |                                |
|                 | 断面図                   |                       |       |       |       |              |                       |        |        | (6) 2 連続非合成箱桁橋 (箱幅・平均支間長)     |       |                                |
| 上部工             | 死・活最大<br>支点反力<br>(kN) | A1                    | P1    | P2    | P3    | A2           | A1                    | P1     | P2     | P3                            | A2    |                                |
|                 | E                     | 3,443                 | 8,856 | 7,625 | 8,856 | 3,443        | 4,962                 | 12,791 | 10,762 | 12,791                        | 4,962 |                                |
|                 | G                     | 2,777                 | 6,971 | 5,837 | 6,971 | 2,777        |                       |        |        |                               |       |                                |
|                 | G                     | 3,443                 | 8,856 | 7,625 | 8,856 | 3,443        | 4,962                 | 12,791 | 10,762 | 12,791                        | 4,962 |                                |
| 橋脚              | 鋼桁重量                  | 鋼桁重量(t)               |       |       |       |              | 鋼桁重量(t)               |        |        |                               |       | 橋面積当たり鋼桁重量(kg/m <sup>2</sup> ) |
|                 | 上                     | 1,545                 |       |       |       |              | 1,476                 |        |        |                               |       | 308                            |
|                 | 部                     | 参考値※1                 |       |       |       |              | 参考値※1                 |        |        |                               |       |                                |
|                 | 工                     | 250 kg/m <sup>2</sup> |       |       |       |              | 325 kg/m <sup>2</sup> |        |        |                               |       |                                |
| 橋脚              | 死荷重                   | 橋面積当たり死荷重(kN)         |       |       |       |              | 橋面積当たり死荷重(kN)         |        |        |                               |       | 橋面積当たり死荷重(N/m <sup>2</sup> )   |
|                 |                       | 61,282                |       |       |       |              | 65,366                |        |        |                               |       |                                |
|                 | 橋脚本数                  | 4                     |       |       |       |              | 4                     |        |        |                               |       |                                |
|                 | 総評価面                  | ×                     |       |       |       |              | ○                     |        |        |                               |       | 更に支間増大(80m~90m)が経済性にメリット有      |

※1 橋面積当たり鋼材重量の参考値は，“日本橋梁建設協会，デザイン・タブック，2021年”の値を引用した。

出典：調査団

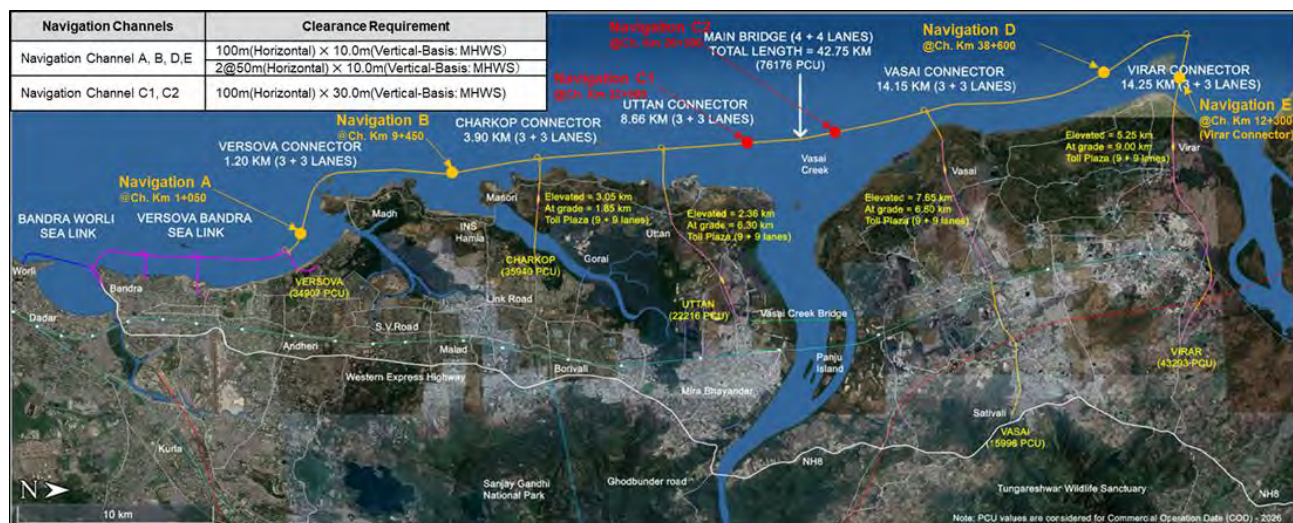


出典：調査団

図 4.16 一般図（4 径間連続細幅箱桁橋）



## (2) 鋼橋形式の選定 (主航路部)



| Navigation Channels           | Clearance Requirement                                                                             |
|-------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Navigation Channel A, B, D, E | 100m(Horizontal) × 10.0m(Vertical-Basis: MHWS)<br>2@50m(Horizontal) × 10.0m(Vertical-Basis: MHWS) |
| Navigation Channel C1, C2     | 100m(Horizontal) × 30.0m(Vertical-Basis: MHWS)                                                    |

出典：調査団

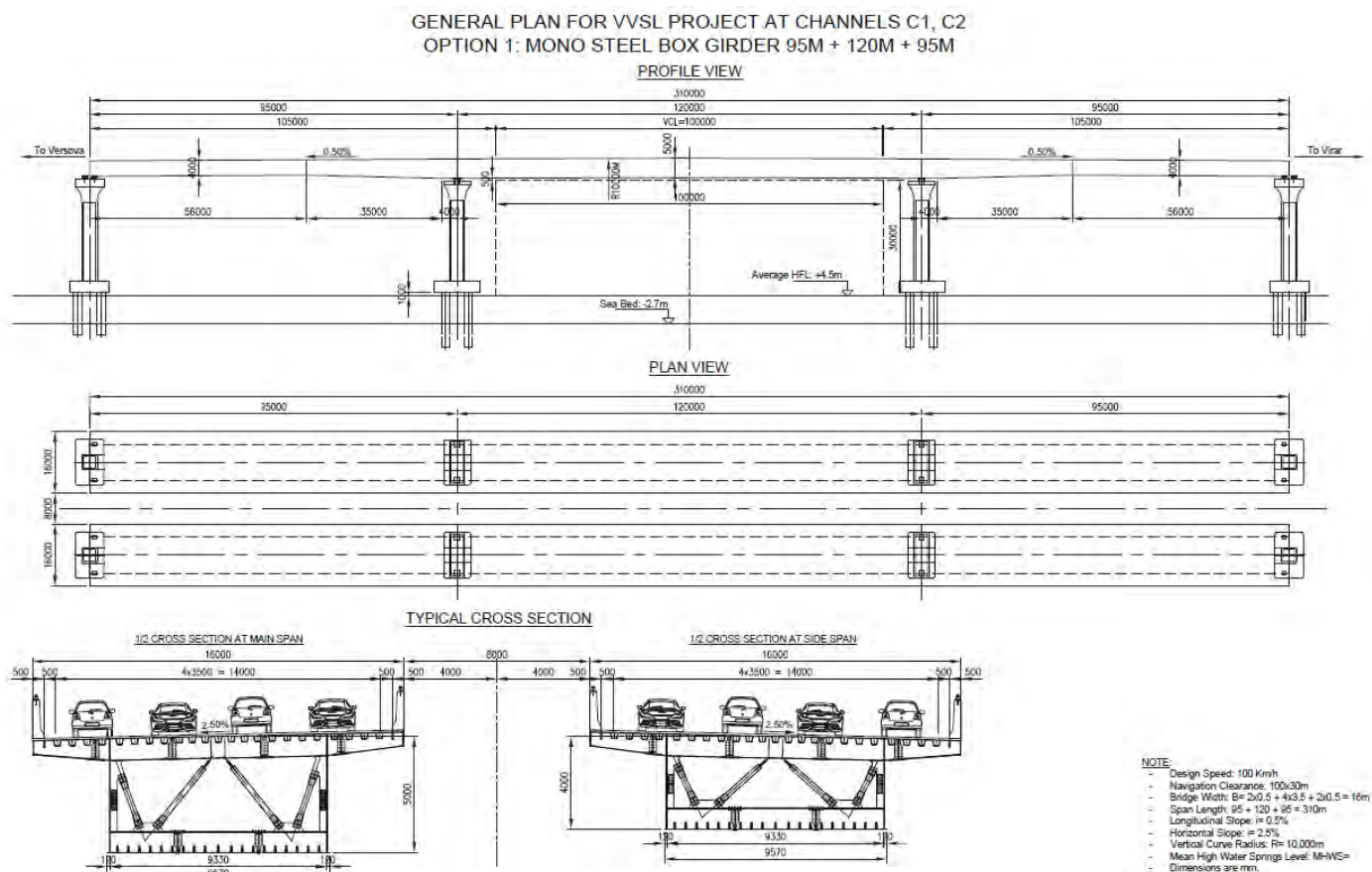
図 4.17 主航路部の位置

既往の実績と概略設計ソフトによる試算の結果、中央径間 120m の 3 径間連続鋼床版箱桁橋を選定した。

表 4.21 航路部・鋼橋の橋梁形式検討（95m-120m-95m）

|                           |              | Option 1: 鋼床版 1 主箱桁橋           |
|---------------------------|--------------|--------------------------------|
|                           |              | At Channels A, B, C1, C2, D, E |
|                           | デザインデータブックより | 解析結果                           |
| 支間長と総長の関係 (デザインデータブックより)  |              | 側面図<br>                        |
|                           |              | 断面図<br>                        |
|                           |              | 平面図<br>                        |
|                           |              |                                |
| 単位重量 (kg/m <sup>2</sup> ) | 450          | 424                            |
| 総幅員 (m)                   | 16           | 16                             |
| 支間長 (m)                   | 95+120+95    | 95+120+95                      |
| 橋面積 (m <sup>2</sup> )     | 4,960        | 4,960                          |
| 総鋼重 (ton)                 | 2,232        | 2,220                          |

出典：調査団



出典：調査団

図 4.18 航路部・鋼橋の一般図（95m-120m-95m）

#### 4.4.3 橋梁形式選定のまとめ

本事業で長大区間を整備する必要のある本線橋梁部分については、現地資源を活用して経済的に整備することを考慮し、50m 支間長の PC 箱桁による整備が適切と想定される。また、スパンバイスパン工法を適用することで、長大区間でも工期短縮と施工品質確保が可能であり、また、インド国内でも適用されている工法であることを確認した。但し、ミクロな施工条件によっては、鋼橋を適用すべき区間もあるはずで、その場合は、50m～60m の支間長の場合は 60m の少数鉸桁が有利であり、もう少し長スパン（75m）場合は、細幅箱桁が有利であると考えられる。この支間長の鋼橋適用はより詳細な FS で検討すべき事項である。また、ライフサイクル的な GHG 排出量の多寡による形式選定に関しても検討すべきであり、FR 時に再度提案を練り直す。

一方、航路上で 100m 以上の支間長を確保すべき地点では、95m-120m-95m 支間長で組み合わせた連続鋼床版箱桁橋が経済的であると考え提案した。これは、一括架設が可能であり、工期短縮、安全性確保にも貢献する。また、本邦施工事業者の関心が高い工事内容でもあり、「コア・ジャパン」を具体化するための提案となり得る。

#### 4.5 下部工および基礎工

基礎形式選定にあたっては、以下の条件を考慮するものとした。

1. 支持層の深さ：5m～25m
2. 支持地盤の種類：岩盤（玄武岩、凝灰岩）。一軸圧縮試験結果の平均値は、30～60MPaの硬岩。（VBSLの報告書より）
3. 水上施工：水深 5m 未満。（水上部での場所打ち杭の施工実績については、隣接プロジェクト・他プロジェクトで実績有り。）

上記の条件を考慮すると、場所打ち杭、場所打ち杭を使用したパイルベント、鋼管矢板基礎とPCウェルが候補案として選定される。これらの特性を検討した結果、施工性や硬岩への適用性、ムンバイ他案件での実績から場所打ち杭を利用したパイルベント方式が推奨される。

表 4.22 基礎形式適用の目安

|         |                                         |                    | 直接基礎                 | 杭基礎      |     |        |            |        |        |            |        |              |            |            |            |        |          | 深礎基礎    | ケーソン基礎 |       | 鋼管矢板基礎（打込み工法） | 地中連続壁基礎 |         |
|---------|-----------------------------------------|--------------------|----------------------|----------|-----|--------|------------|--------|--------|------------|--------|--------------|------------|------------|------------|--------|----------|---------|--------|-------|---------------|---------|---------|
|         |                                         |                    |                      | 丁ち込み杭工法  |     | 中掘り杭工法 |            |        |        |            |        | 鋼管ソイルセメント杭工法 | 場所打ち杭工法    |            |            | 組杭工法   | 柱状工法     | ニューマチック | オープン   |       |               |         |         |
|         |                                         |                    |                      |          |     |        |            |        |        |            |        |              | オールケーシング工法 | リパース工法     | アースドリル工法   |        |          |         |        | 回転杭工法 |               |         |         |
|         |                                         |                    |                      | PHC杭・SC杭 | 鋼管杭 | 打撃工法   | ハイドロハンマー工法 | 最終打撃方式 | 噴出攪拌方式 | コンクリート打設方式 | 最終打撃方式 | 噴出攪拌方式       | コンクリート打設方式 | プレボーリング杭工法 | オールケーシング工法 | リパース工法 | アースドリル工法 | 回転杭工法   | 組杭工法   | 柱状工法  |               |         | ニューマチック |
| 地盤条件    | 支持層まで                                   | 表層近傍又は中間層にごく軟弱層がある | ○                    | ○        | ○   | ○      | ○          | ○      | ○      | ○          | ○      | ○            | ×          | ○          | ○          | ○      | ×        | ×       | ○      | △     | ○             | ○       |         |
|         |                                         | 中間層にごく硬い層がある       | △                    | △        | △   | ○      | ○          | ○      | ○      | ○          | ○      | ○            | ○          | △          | ○          | ○      | ○        | ○       | ○      | △     | △             | ○       |         |
|         |                                         | 中間層にれき 50mm以下      | △                    | ○        | ○   | ○      | ○          | ○      | ○      | ○          | ○      | ○            | ○          | ○          | ○          | ○      | ○        | ○       | ○      | ○     | ○             | ○       |         |
|         |                                         | 中間層にれき 50～100mm    | △                    | △        | △   | △      | △          | △      | △      | △          | △      | ○            | △          | ×          | ○          | ○      | ○        | ○       | ○      | ○     | △             | △       |         |
|         |                                         | 中間層にれき 100～500mm   | ×                    | ×        | ×   | ×      | ×          | ×      | ×      | ×          | ×      | ×            | ×          | △          | ×          | ×      | ○        | ○       | ○      | △     | ×             | △       |         |
|         | 支持層の状態                                  | 液状化する地盤がある         | ○                    | ○        | ○   | ○      | ○          | ○      | ○      | ○          | ○      | ○            | ○          | ○          | ○          | ○      | ○        | ○       | ○      | ○     | ○             | ○       |         |
|         |                                         | 深度                 | 5m未満                 | ○        | ×   | ×      | ×          | ×      | ×      | ×          | ×      | ×            | ×          | ×          | ×          | ×      | ×        | ○       | ○      | ×     | ×             | ×       | ×       |
|         |                                         |                    | 5～15m                | △        | ○   | ○      | ○          | ○      | ○      | ○          | ○      | ○            | ○          | ○          | △          | ○      | ○        | ○       | ○      | ○     | ○             | △       | △       |
|         |                                         |                    | 15～25m               | ×        | ○   | ○      | ○          | ○      | ○      | ○          | ○      | ○            | ○          | ○          | ○          | ○      | ○        | ○       | ○      | ○     | ○             | ○       | ○       |
|         |                                         |                    | 25～40m               | ×        | ○   | ○      | ○          | ○      | ○      | ○          | ○      | ○            | ○          | ○          | △          | ○      | △        | △       | △      | ○     | ○             | ○       | ○       |
|         |                                         |                    | 40～60m               | ×        | △   | ○      | ○          | △      | △      | △          | ○      | ○            | ○          | ○          | △          | ○      | ×        | ○       | ×      | ×     | △             | ○       | ○       |
|         |                                         | 60m以上              | ×                    | ×        | △   | △      | ×          | ×      | ×      | ×          | ×      | ×            | △          | △          | ×          | ×      | ×        | ×       | ×      | △     | △             | △       |         |
|         |                                         | 土質                 | 砂・砂れき（30≦ <i>N</i> ） | ○        | ○   | ○      | ○          | ○      | ○      | ○          | ○      | ○            | ○          | ○          | △          | ○      | ○        | ○       | ○      | △     | △             | ○       | △       |
|         |                                         |                    | 粘性土（20≦ <i>N</i> ）   | ○        | ○   | ○      | ○          | △      | ×      | ○          | △      | ×            | △          | ×          | ○          | ○      | △        | ○       | △      | △     | ○             | ○       | △       |
| 軟岩・土丹   |                                         |                    | ○                    | ×        | ○   | △      | ○          | △      | ×      | ○          | △      | ×            | △          | △          | ○          | △      | △        | ○       | ○      | ○     | ○             | ○       |         |
| 硬岩      | ○                                       | ×                  | ×                    | ×        | ×   | ×      | ×          | ×      | ×      | ×          | ×      | △            | △          | ×          | ○          | ○      | △        | ×       | ×      | △     |               |         |         |
| 地状下水の状態 | 傾斜が大きい、断面の凹凸が激しい等、支持層の位置が同一深度ではない可能性が高い | △                  | △                    | △        | △   | △      | △          | △      | △      | △          | △      | △            | ○          | ○          | ○          | ○      | ○        | △       | ×      | ○     | ○             |         |         |
|         | 地下水位が地表に近い                              | △                  | ○                    | ○        | ○   | ○      | ○          | ○      | ○      | ○          | ○      | ○            | △          | △          | △          | △      | △        | △       | ○      | ○     | ○             | △       |         |
|         | 湧水量が極めて多い                               | △                  | ○                    | ○        | ○   | ○      | ○          | ○      | ○      | ○          | △      | △            | △          | △          | △          | ○      | ×        | ×       | ○      | ○     | ○             | △       |         |
|         | 地表より2m以上の被圧地下水                          | ×                  | ○                    | ○        | ○   | ×      | ×          | ×      | ×      | ×          | ×      | ×            | ×          | ×          | ×          | ×      | ×        | ×       | △      | △     | ○             | ×       |         |
| 支持形式    | 地下水流速3m/min以上                           | ×                  | ○                    | ○        | ○   | ×      | ×          | ×      | ×      | ×          | ×      | ×            | ×          | ×          | ×          | ×      | ×        | ×       | ○      | △     | ○             | ×       |         |
|         | 支持杭                                     | ○                  | ○                    | ○        | ○   | ○      | ○          | ○      | ○      | ○          | ○      | ○            | ○          | ○          | ○          | ○      | ○        | ○       | ○      | ○     | ○             | ○       |         |
| 施工条件    | 摩擦杭                                     | ○                  | ○                    | ○        | ×   | ×      | ×          | ×      | ×      | ×          | ○      | ×            | ○          | ○          | ○          | ×      | ○        | ○       | ○      | ○     | ○             | ○       |         |
|         | 水上施工                                    | 水深5m未満             | △                    | △        | ○   | ○      | △          | △      | △      | △          | △      | ×            | ×          | ×          | ×          | ×      | ○        | ○       | △      | △     | ○             | ×       |         |
|         |                                         | 水深5m以上             | ×                    | △        | ○   | ○      | △          | △      | △      | △          | △      | ×            | ×          | ×          | ×          | ×      | ○        | ○       | △      | △     | ○             | ×       |         |
|         | 作業空間が狭い                                 | ○                  | △                    | △        | △   | △      | △          | △      | △      | △          | △      | △            | △          | △          | △          | △      | ○        | △       | △      | ×     | △             | ○       |         |
|         | 斜杭の施工                                   | ○                  | ○                    | ○        | ×   | ×      | ×          | ×      | ×      | ×          | ×      | ×            | ×          | ×          | ×          | ×      | ○        | ×       | ○      | ○     | ○             | ○       |         |
| 周辺環境    | 有害ガスの影響                                 | ○                  | ○                    | ○        | ○   | ○      | ○          | ○      | ○      | ○          | ○      | ○            | ○          | ○          | ○          | ×      | ×        | ×       | ○      | ○     | ○             | ○       |         |
|         | 振動騒音対策                                  | ○                  | ×                    | ×        | △   | △      | ○          | ○      | △      | ○          | ○      | ○            | ○          | ○          | ○          | ○      | ○        | ○       | ○      | ×     | ○             | ○       |         |
|         | 隣接構造物に対する影響                             | ○                  | ×                    | △        | △   | △      | ○          | ○      | △      | ○          | ○      | ○            | ○          | ○          | ○          | ○      | △        | △       | △      | △     | △             | ○       |         |

○：適用性が高い △：適用性がある ×：適用性が低い

出典：調査団



表 4.23 基礎形式の比較検討結果

|     | 杭基礎-通常型式                                                                                       | 杭基礎-ハイルベント型式                                                                                                                | 鋼管矢板基礎                                                                                                                                                                                | PC ウェル                                                                                                                                                                                                                  |
|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 形状図 |                                                                                                |                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                         |
| 概要  | <ul style="list-style-type: none"><li>・フーチングを地中に掘入した案</li><li>・フーチング、躯体施工時に仮締切が必要となる</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>・フーチングおよび杭頭部を突出させた案</li><li>・施工時の仮締切は不要である</li><li>・VBSL およびムンバイ横断自動車道で実績あり</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>・仮締切兼用型の鋼管矢板基礎案</li><li>・基礎の平面寸法は、柱と鋼管との施工距離から決定し、20本の杭が必要となる</li><li>・仮締切部の鋼管はスクラップとなる</li><li>・鋼管の防食対策が必要となる</li><li>・インド国内での施工実績なし</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>・円環上のプレキャスト部材を圧入沈設する案</li><li>・基礎施工時の仮締切は不要だが、柱施工時には仮締切が必要となる</li><li>・PCウェルを延長して柱部材とすることで仮締切が不要となるが、柱が太くなり不合理である</li><li>・圧入のための架台とグラウンドアンカーが必要</li><li>・インド国内での施工実績なし</li></ul> |
| 評価  |                                                                                                | ○                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                         |

出典：調査団

尚、本プロジェクトにおける地盤状況については、“Consultant’s Services for the Technical Support on the Feasibility Study for the Construction of VERSOVA-VIRAR SEA LINK (VVSL) For Ministry of Economy, Trade and Industry (METI)”において確認をした。

地層構成に関しては、隣接工区の VBSL の地質報告書に記載があるものと大きな相違がないことが確認できた。概ね、現地盤面下、10m～20m程度の位置に支持層となり得る岩が支持層として存在する。

表 4.24 地盤状況に関する評価

Charkop connector 沿線の地層構成

| Layer Number | Description                             | Grade of Strata | Arrange Depth (m) |
|--------------|-----------------------------------------|-----------------|-------------------|
| Layer 1      | Filled up Soil of Topsoil               | N.A             | 1.5 to 3.0        |
| Layer 2      | Soft to Medium Greyish Clay with Gravel | IV              | 3.0 to 15.0       |
| Layer 3      | Weathered Tuff Breccia / Shale          | IV to II        | More than 15.0m   |

Uttan connector 沿線の地層構成

| Layer Number | Description                             | Grade of Strata | Arrange Depth (m) |
|--------------|-----------------------------------------|-----------------|-------------------|
| Layer 1      | Reddish brown loose to dense Silty Sand | N.A             | 1.5 to 5.0        |
| Layer 2      | Soft to Medium Greyish Clay with Gravel | VI              | 3.0 to 10.0       |
| Layer 3      | Weathered Breccia / Basalt              | IV to II        | More than 10.0m   |



## Vasai connector 沿線の地層構成

| Layer Number | Description                                   | Grade of Strata | Arrange Depth (m) |
|--------------|-----------------------------------------------|-----------------|-------------------|
| Layer 1      | Greyish Black loose Marine Sand / Marine Clay | N.A             | 1.5 to 10.0       |
| Layer 2      | Soft to Medium Greyish Clay with Gravel       | VI              | 10.0 to 20.0      |
| Layer 3      | Weathered Breccia / Basalt                    | IV to II        | More than 20.0m   |

## Virar connector 沿線の地層構成

| Layer Number | Description                                   | Grade of Strata | Arrange Depth (m) |
|--------------|-----------------------------------------------|-----------------|-------------------|
| Layer 1      | Greyish Black loose Marine Sand / Marine Clay | N.A             | 1.5 to 7.0        |
| Layer 2      | Soft to Medium Greyish Clay with Gravel       | VI              | 7.0 to 18.0       |
| Layer 3      | Weathered Breccia / Basalt                    | IV to II        | More than 18.0m   |

出典：調査団

## 4.6 橋梁構造に対する防蝕対策

海上橋の特性から必要となる塩害対策については、種々のものが考えられるが、ここでは、適切な対策を選定する上で、各方法の比較を行うこととする。

## 4.6.1 水密性、耐久性の高い低炭素型コンクリート「スラグリート®」

海上橋のコンクリートとして必要な性質としては水密性、耐久性があり、これらの向上が図れる材料の採用が推奨される。

高炉スラグ微粉末でセメント質量の 70%を置換した低炭素型コンクリートの「スラグリート」という製品の使用実績が日本においてはある。

本コンクリートは、水密性、耐久性の向上が図れる他、マスコンクリートの温度ひび割れの低減や、二酸化炭素排出量を 65%削減させることが可能となる。

## 4.6.2 エポキシ樹脂塗装鉄筋

この材料は鉄筋の腐食に対して非常に有効なものであり、ハンドリングに注意を要するものの、近隣の事業である MTHL 工事においても次の写真に示すように採用されており、重要な候補案の一つである。



出典：調査団

図 4.19 エポキシ樹脂塗装鉄筋使用例

#### 4.6.3 コンクリート塗装

海上構造物に対する海水の影響を削減するために用いられるコンクリート塗装は日本国内では長い歴史を有しており、特に本州四国連絡橋関連で採用されているものはその代表例の一つである。以下に示すのはアクリルゴム系の塗装材料であり、経年変化にも十分対応している。（なお、MTHL ではコンクリート塗装は採用されていない）



### 本州四国連絡橋における耐久性の確認

コンクリートケーソンに $0.2\sim 0.5\text{mm}$ 幅のひび割れが生じ(写真-1)、1991年に上面と側面に防水工工事として施工した。



写真-1 施工前のひび割れ部処理状況



写真-2 17年後のアクリルゴム塗膜状況

塗膜採取では、**密着性良好・ひび割れ追従性良好！**

|                  |                    |
|------------------|--------------------|
| <ひび割れ追従性試験>      |                    |
| 初期: <b>6.5mm</b> | 17年後: <b>3.2mm</b> |

出典：調査団

図 4.20 コンクリート防蝕塗装例

表 4.25 主なコンクリート劣化防止材（塩害仕様）の比較

|         | アロンプルコート Z-I                                                                                               | レジガード#200システム                                                                                                                                                     | タフガード                                                                                      |
|---------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| 社名      |  株式会社 新井ハルテック<br>アロンプルコート |  大日本塗料株式会社                                                                       |  日本ペイント |
| 主材      | 水系アクリルゴム                                                                                                   | エポキシ樹脂                                                                                                                                                            | ウレタン/フレア樹脂                                                                                 |
| 仕様      | 下地・下塗剤                                                                                                     | 水系エポキシ樹脂                                                                                                                                                          | エポキシ樹脂プライマー・エポキシ樹脂                                                                         |
|         | 中塗剤                                                                                                        | 水系アクリルゴム                                                                                                                                                          | エポキシ樹脂系水性ウレタンプライマー                                                                         |
|         | 上塗剤                                                                                                        | 水系アクリルウレタン樹脂                                                                                                                                                      | ウレタン/ウレア樹脂系塗料中塗                                                                            |
| 特徴      | 水蒸気遮断性<br>(水蒸気透過性)                                                                                         | 水蒸気透過性はない。<br>コンクリート内の水蒸気は閉じこめられた状態になり、アルカリ骨材反応や凍害の原因となる。                                                                                                         | 水蒸気透過性はない。<br>コンクリート内の水蒸気は閉じこめられた状態になり、アルカリ骨材反応や凍害の原因となる。                                  |
|         | ひび割れ追従性                                                                                                    | 塗膜は固いため、ひび割れ追従性に劣っている。<br>伸び率は数%程度<br>アルカリ骨材反応による残存膨張が残っている場合は、塗膜の破断が懸念される。                                                                                       | 伸び率45%                                                                                     |
|         | 環境性                                                                                                        | 主に水系材料を使用しており、異臭、皮膚のかぶれはほとんどなく周辺環境や作業者に優しい。                                                                                                                       | 有機系材料のため、かぶれや中毒の可能性はある。                                                                    |
|         | 再補修性                                                                                                       | 塗り替え時には既存塗膜を剥がすこと無く、その上から塗り重ねることができる。                                                                                                                             | 剥落が発生した場合、劣化部分をハクリ取り、表面調整後、塗装する。                                                           |
|         | 遮塩性                                                                                                        | 遮塩性は他に比べやや劣る ( $10^{-3}\text{ng}/\text{cm}^2 \cdot \text{日}$ 以下)。過去の実績でほとんど問題なし (Z-I、II仕様)。※トップコートの仕様変更により $10^{-3}\text{ng}/\text{cm}^2 \cdot \text{日}$ 以下を確保可能。 | 規格値内 ( $10^{-3}\text{ng}/\text{cm}^2 \cdot \text{日}$ 以下)                                   |
|         | 耐久性<br>(調査結果)                                                                                              | 1989年から施工開始した本州四国連絡橋（瀬戸大橋）で23年の実績あり。塗膜採取では、密着性・ひび割れ追従性良好。北陸道・能登自動車道で9～17年の実績あり。ひび割れに追従し良好 (Z-I、II仕様)                                                              | 2004年頃に開発された材料のため、10年経過後の状況確認不可。                                                           |
|         | 臭気                                                                                                         | すべて水系材料のためほとんど臭いはしない。                                                                                                                                             | 中塗りまでは臭いはしないが、上塗りは有機溶剤特有の臭いがする。                                                            |
| 実働日数    | 4日 (下地処理～上塗り) (100㎡当たり)                                                                                    | 5日 (下地処理～上塗り) (100㎡当たり)                                                                                                                                           | 5日 (下地処理～上塗り) (50㎡当たり)                                                                     |
| 施工性     | ローラーやコテで簡単に塗布でき、また吹付け施工が可能である。                                                                             | 刷毛やローラー塗りが主な施工方法である。                                                                                                                                              | 省工程・超速乾システムにより高所作業所での施工効率が良い。コテ塗りのため、狭部の作業に優れる。                                            |
| 工費 (比率) | 5740円/㎡<br>(1.00)                                                                                          | 5957円/㎡<br>(1.04)                                                                                                                                                 | 御見積書提出なし                                                                                   |

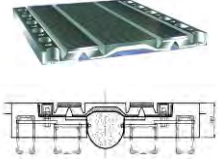
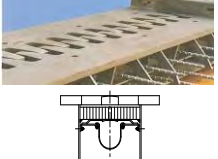
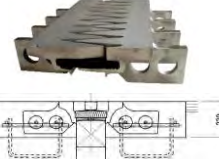
出典：調査団



#### 4.6.4 アルミ製伸縮装置

以下に示す比較表の結果から判断して、耐久性およびライフサイクルコストまで考慮した経済性の面から、アルミニウムを主体とした伸縮装置が適切であると言える。ただし、伸縮装置は供用期間の中で取替が確実に必要になるので、維持管理の観点からインドにおいて調達可能な安価なものを選定する必要がある。（なお、MTHL ではコンクリート塗装は採用されていない）

表 4.26 伸縮装置の比較結果

| 標準遊間<br>250～350mm                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                        | 伸縮装置比較検討(案)                                                                                                           |                                                                                                             |                                                                                             |                                                                                                 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 形式                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                        | コ型ゴムジョイント                                                                                                             | 鋼製フィンガージョイント                                                                                                | モジュール型 鋼製ジョイント                                                                              | 三角歯型 アルミ合金ジョイント                                                                                 |
| 基本構造図                                                                                                                                                                                                                |                       |                                      |                           |          |                                                                                                 |
| 構造特性                                                                                                                                                                                                                 | ゴムと鋼材の一体構造であり、ゴムのせん断変形によって伸縮する。縦軸直交方向にもある程度はスレインに追随可能。軸荷重は中央の荷重支持板にて支持し、床版端部の衝撃緩和ゴムで両端への衝撃を吸収。荷重支持タイプ。 | オーダーメイドによる左右側面フェースプレート間の中央隙間で伸縮量を確保する。軸荷重はフェースプレートにて支持する。U型構造の両端のため、水平方向の動きには対応不可。遊間に設ける弾性シール材＋止水ゴム構造で止水機能を補う。荷重支持タイプ | 基本構造は、型鋼とシールゴムの組み合わせである。サポートビームは、約1.5m間隔で、原則として伸縮方向に配置され、その間にコントロール機構が設けられている。縦軸直交方向にも追随可能なタイプを備える。荷重支持タイプ。 | 本体はアルミ合金鋼製で重量が軽く、塩・油・酸に強い。止水用防水ゴムはシール構造（ヘビカム状）でエチレンプロピレン製。U型構造の両端のため、水平方向の動きには対応不可。荷重支持タイプ。 |                                                                                                 |
| 許容伸縮量[mm]                                                                                                                                                                                                            | 200(±100)                                                                                              | 任意に設定可能                                                                                                               |                                                                                                             | 240(±120)                                                                                   | 230(±115)                                                                                       |
| 切欠き深さ[mm]                                                                                                                                                                                                            | 180                                                                                                    | 約 400                                                                                                                 |                                                                                                             | 400                                                                                         | 230                                                                                             |
| 耐久性                                                                                                                                                                                                                  | 荷重をゴム弾性と鋼材の剛性で吸収・分散し、床版への悪影響は低減される。耐酸性・耐油性に優れたゴム材料の採用、全面被覆構造による防錆機能を確保する。しほし、表面ゴムの磨耗が懸念される。            | ○                                                                                                                     | 構造的に頑丈であり、伸縮部と本体の耐久性は高い。止水用弾性シール材にはしほが懸念される。                                                                | ○                                                                                           | 本体は鋼製であるため、剛性が高く、本体の耐久性は高い。本体内部にセッተる防水ゴムの接合部からのしほが懸念される。                                        |
| 走行性                                                                                                                                                                                                                  | 車両通過時の衝撃を表面ゴム及び被覆ゴムによって吸収、折の回転等による路面の不陸にも柔軟に対応。表面ゴムのスタンディング時の反力は良好でスリップは発生しない。                         | ○                                                                                                                     | ある程度の勾配・回転に対して、構造上左右のフェースに段差が生じなければ、走行性は良いが、段差の発生が懸念される。                                                    | ○                                                                                           | 折の回転等による不陸に対し上下ベアリングにより追従する。路面にビーム遊間溝が複数存在するため、若干の走行振動がある。                                      |
| 止水性                                                                                                                                                                                                                  | 伸縮装置のつなぎ目は凹凸構造で、端面排水されるため良好である。ジョイント下面のシールと遊間部のゴム層を設置し、二次止水の機能を確保している。                                 | ◎                                                                                                                     | 弾性シール材を用いる非排水構造である。しかし、弾性シール材の接合界面への応力集中による剥離が懸念される。                                                        | ○                                                                                           | 水密機構は、エンドビーム、ミドルビームにシールゴムのめ込んだシール構造を採用し、雨水等はドレンボックスに排水されている。排水構造形式である。水密性の性能維持のために定期的な補修が必要である。 |
| 環境性(騒音)                                                                                                                                                                                                              | ゴム弾性により車両通過時の衝撃を吸収分散するため、騒音は小さい。遊間部止水ゴム内にバックアップ材を挿入することで、遊間部から下へ抜ける音は小さくなる。                            | ○                                                                                                                     | 表面の不陸、U型フェースプレート間の打撃音は比較的大きくなる。遊間部は弾性シール材が充填されているため下へ抜ける騒音は小さい。                                             | △                                                                                           | 路面のビーム遊間溝を横断する打撃音は比較的大きくなる。遊間部から下へ抜ける騒音も比較的大きい。                                                 |
| 施工性                                                                                                                                                                                                                  | 幅狭さ深さが浅く床版との取り合いに制約が少ない。鋼材フェース・鉄板に伸縮部と鋼材を固定した後、後打ちコンクリートを打設するため施工性は比較的良好。                              | ○                                                                                                                     | 先付け工法のため、床版打設各段階の荷重による荷たわみと、設置時の温度変化による継手遊間及びフェースプレートの平坦性管理が複雑となる。                                          | △                                                                                           | コンクリート部材は比較的大きな箱抜きが必要となる。本体重量が大きくなり、重機等を使用する比較的大掛かりな工事となる。                                      |
| 補修性                                                                                                                                                                                                                  | 後打ちコンクリートをははる事無く、定尺単位の本体のみの取替が可能。補修に伴う規制時間が短く、作業が容易。                                                   | ○                                                                                                                     | 本体のみの交換は不可能。後打ちコンクリートのははり作業範囲が非常に大きいため、大がかりな工事となる。                                                          | △                                                                                           | 部分的な部品交換も可能であるが、車線幅員単位での補修となれば、費用と時間が大幅に上がり、重機等を使用した大がかりな工事となる。                                 |
| 推定耐用年数                                                                                                                                                                                                               | 20年                                                                                                    | 30年                                                                                                                   |                                                                                                             | 20年                                                                                         | 30年                                                                                             |
| 経済性<br>ライフサイクルコスト                                                                                                                                                                                                    | 初期投資費 ￥720,000 / m                                                                                     | 初期投資費 ￥970,000 / m                                                                                                    | 初期投資費 ￥820,000 / m                                                                                          | 初期投資費 ￥782,000 / m                                                                          | 初期投資費 ￥772,000 / m                                                                              |
|                                                                                                                                                                                                                      | 材料費 ￥601,000 / m                                                                                       | 材料費 ￥820,000 / m                                                                                                      | 材料費 ￥622,000 / m                                                                                            | 材料費 ￥622,000 / m                                                                            | 材料費 ￥652,000 / m                                                                                |
|                                                                                                                                                                                                                      | 施工費 ￥120,000 / m                                                                                       | 施工費 ￥150,000 / m                                                                                                      | 施工費 ￥160,000 / m                                                                                            | 施工費 ￥160,000 / m                                                                            | 施工費 ￥120,000 / m                                                                                |
|                                                                                                                                                                                                                      | 取替補修費 ￥751,000 / m                                                                                     | 取替補修費 ￥1,000,000 / m                                                                                                  | 取替補修費 ￥822,000 / m                                                                                          | 取替補修費 ￥822,000 / m                                                                          | 取替補修費 ￥802,000 / m                                                                              |
| <div><div>材料費 ￥601,000 / m</div><div>施工費 ￥150,000 / m (本体のみ取替可)</div><div>ライフサイクルコスト 4回/100年</div><div>721,000 + ( 751,000 × 4回 ) = 3,725,000 / m</div><div>3,725,000 / 100 = 37,250 / 年</div><div>1.000</div></div> |                                                                                                        |                                                                                                                       |                                                                                                             |                                                                                             |                                                                                                 |
| <div><div>材料費 ￥820,000 / m</div><div>施工費 ￥180,000 / m</div><div>ライフサイクルコスト 3回/100年</div><div>1,070,000 + ( 1,000,000 × 3回 ) = 3,970,000 / m</div><div>3,970,000 / 100 = 39,700 / 年</div><div>1.066</div></div>       |                                                                                                        |                                                                                                                       |                                                                                                             |                                                                                             |                                                                                                 |
| <div><div>材料費 ￥622,000 / m</div><div>施工費 ￥200,000 / m</div><div>ライフサイクルコスト 4回/100年</div><div>782,000 + ( 822,000 × 4回 ) = 4,070,000 / m</div><div>4,070,000 / 100 = 40,700 / 年</div><div>1.093</div></div>           |                                                                                                        |                                                                                                                       |                                                                                                             |                                                                                             |                                                                                                 |
| <div><div>材料費 ￥652,000 / m</div><div>施工費 ￥150,000 / m</div><div>ライフサイクルコスト 3回/100年</div><div>772,000 + ( 802,000 × 3回 ) = 3,178,000 / m</div><div>3,178,000 / 100 = 31,780 / 年</div><div>0.853</div></div>           |                                                                                                        |                                                                                                                       |                                                                                                             |                                                                                             |                                                                                                 |

出典：調査団

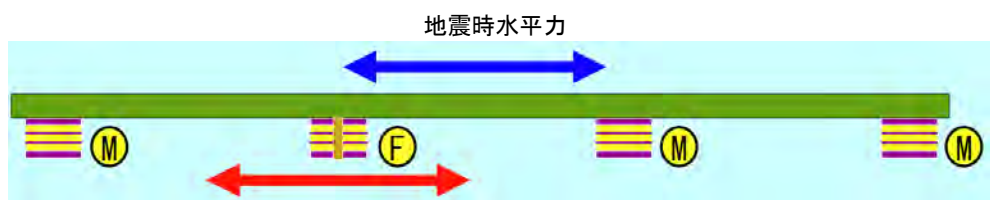
#### 4.6.5 防食塗装を施したゴム支査

耐久性及び防食性の面からは、防食塗装を施したゴム支査の採用が推奨できる。

##### (1) 本線コンクリート橋に対する支査形式

##### (i) 一般的なゴム支査と分散支査の地震時機能

連続桁に使用される支査の形式としては、従来、固定支査と可動支査の組み合わせが採用されてきたが、この場合、地震の水平力は固定橋脚に集中し、下図に示すように、固定支査とそれを支える橋脚に大きな負荷を与えることになる。それを避けるために、全ての橋脚に地震力を分散できる支査システムを採用することが合理的と考えられる。



出典：調査団

固定橋脚にて地震時水平力を負担

(a) 固定支査と可動支査の組み合わせ方式



出典：調査団

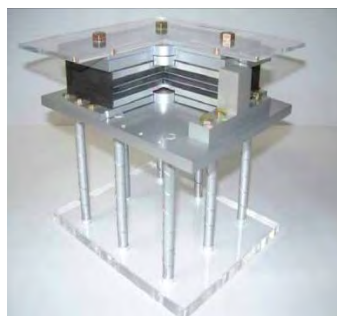
(b) 分散支査

図 4.21 ゴム支査の水平力に対する機能

(M: 可動, F: 固定, E: 分散)

## (ii) 連続桁への分散支査の適用

連続 PC 箱桁に使用する分散支査は、各橋脚に地震力を分散し、温度変化や地震に伴う水平反力を吸収する機能を持っている。この支査はゴムの上部と下部に固定プレートを備えた積層弾性ゴムで構成され、連続桁の下面の橋脚間の水平力の分散を図るものである。この支査の写真画像を次の図に示す。支査は鉛直および水平反力に従って設計されている。ゴムの材料は 100%天然ゴムである。



出典：調査団

図 4.22 分散支査の図例

## (2) 防蝕機能の選定

ゴムを主体とした分散支査の金属部分への防蝕対策にはいくつかの種類があるが、そのうちの有力なケースの一つは以下に示す例である。



# 100年防錆処理 ～ST-SGN12～

NETIS登録番号  
KK-050065

## ライフサイクルコストの削減を実現する100年防錆仕様

### ○ ST-SGN12(高防錆表面処理)とは…

溶融亜鉛めっきの数倍という防錆効果を誇るSGめっき(ST-SG)に、耐水性、耐塩水性に優れるナイロン#12をライニングすることで、これまでに無いハイグレードな耐久性能を発揮する100年対応2重防錆表面処理

### ○ 複合サイクル試験結果

(塩水噴霧→湿潤→熱風→温風→塩水噴霧を繰り返す過酷な試験)

| 防錆方法                | 試験前                                                                               | 試験後(90日後)                                                                         | 試験後の外観      |
|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| 溶融亜鉛めっき<br>(HDZ55)  |  |  | 所々に赤錆が発生    |
| SGめっき<br>(HDZ35相当)  |  |  | 所々に白錆が発生    |
| ST-SGN12<br>(400μm) |  |  | 錆びる形跡が見られない |

100年防錆処理を施したゴム支承  
(沖縄県北部地区 歩道橋)



試験方法: JHS403-2004に準拠

### ○ 高防錆処理の耐久性能

| 利用地域 | 溶融亜鉛めっき<br>(550g/㎡) |      | SGめっき<br>(350g/㎡) |       | ST-SGN12 | 重鉛めっきと比べて… |
|------|---------------------|------|-------------------|-------|----------|------------|
|      | 腐食速度<br>(g/㎡/年)     | 耐用年数 | 腐食速度<br>(g/㎡/年)   | 耐用年数  | 耐用年数     |            |
| 過酷地帯 | 90.0                | 約6年  | 28.5              | 約12年  | 約88年     | ← 約11倍     |
| 工業地帯 | 34.0                | 約15年 | 12.9              | 約24年  | 約100年以上  | ← 約7倍      |
| 都市地帯 | 15.0                | 約33年 | 5.0               | 約63年  | 約100年以上  | ← 約3倍～5倍   |
| 田舎地帯 | 10.0                | 約50年 | 2.7               | 約100年 | 約100年以上  | ← 約2倍～4倍   |

高防錆処理  
の耐久性能



高防錆表面処理は、  
鋼材を使用する殆どの製品で適用可能です



出典：東京ファブリック工業株式会社

図 4.23 分散支査の防蝕塗装例

## 4.7 海上橋としての環境対策

海上橋の建設にあたり考慮しなければならないことは、工事中の環境対策であり、具体的には海水汚濁防止策となる。

### 4.7.1 場所打ち杭施工上の配慮

海水汚濁防止のためには、場所打ち杭のコンクリート打設においてコンクリートを一切、杭の外へ排出させないことが必要であり、このためには地中部を除き、ケーシングを全長にわたり使用し、コンクリート打設後もそのまま撤去せずにおく方法があげられる。この方法は以下の写真に示すように本事業の近隣区間（MTHL）でも採用されている有効な案である。



出典：調査団

図 4.24 ケーシング存置による海水汚濁防止例

### 4.7.2 REED 工法

突起付き H 形鋼と高耐久性埋設型枠を使用した鉄骨コンクリート複合構造橋脚の構造形式と施工方法である。突起付き H 形鋼は、主鉄筋の代わりに配置して引張力を負担し、また、高耐久性埋設型枠は圧縮力を負担することが出来る。橋脚の設計は、鉄骨を等価な鉄筋に置き換えた鉄筋コンクリート方式で行う。

本工法の特徴として下記が挙げられる。

- 単純化された作業の繰り返しのため省人化、省力化、および工期短縮が図れる。（急速施工を実現）
- 剛性の高い H 形鋼を使用しているため耐震性が向上する。
- 高耐久性埋設型枠を使用しているため塩害、当該、中性化などに対する抵抗性が改善できる。（耐久性の向上）



表 4.27 REED 工法の提案

| 突起付き H 型鋼の建込み状況                                                                    | 高耐久性埋設型枠の建込み状況                                                                      |
|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|   |   |
| 高耐久性埋設型枠                                                                           | 突起付き H 形鋼                                                                           |
|  |  |

出典：調査団

### 4.7.3 仮栈橋と仮設道路

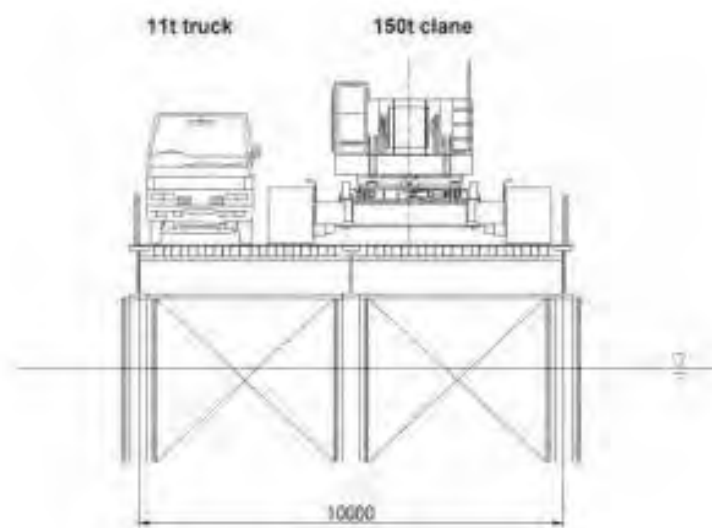
橋梁建設工事が浅瀬で行われる場合、環境性、経済性、施工性など多くの要素から適切な工事のためのアクセスを決定するのは難しいことになる。ここでは、環境面から許容できる種類に限った上で各種の形式を比較検討する。

#### (1) 仮栈橋

この方法は海上部での橋梁工事において最も一般的な形式で、漁業権と海水汚濁に配慮したものとして多くの場合に採用されている。関連事業の一つである MTHL プロジェクトでも以下に示すように浅水部において 6.6 km ほどが採用されている。



出典：調査団

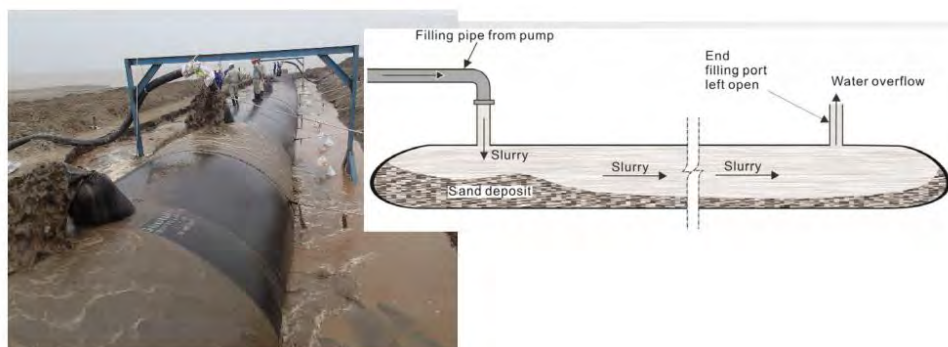


出典：調査団

図 4.25 仮栈橋の採用例（MTHL）

## (2) ジオチューブによる仮設道路

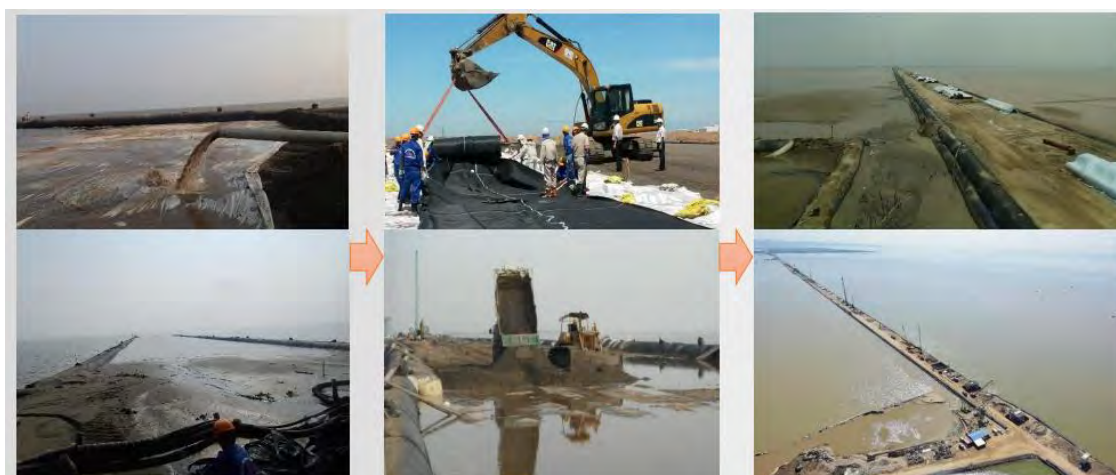
この方式は海上部において行われる工事に対して仮栈橋案より経済性に勝ると考えられるケースで数多く採用されている案である。使用材料は不織布からなるチューブ以外は現地調達の手砂と海水であり、撤去に際しては、ジオチューブのみ考慮すればよい、という環境面での有利性も持つ方法である。



出典：調査団

図 4.26 ジオチューブの基本構造

採用例の一つとして以下に示すのはベトナム国のラクフェン国際港取り付け道路の工事において採用された方法である。海水と海砂からなるスラリーは攪拌されたのち、22kw の 6 インチサンドポンプによりジオチューブ内へ圧送され、所定の充填率に達すると形成が完了する。採用されたジオチューブの長さは 50m で高さは各種のサイズが用意されている。写真のサイズは高さ 1.5m のもので充填に 2～3 時間を要している。材料の構成比率は海砂 40%と海水 60%であり、施工速度は一日当たり平均 102m である。

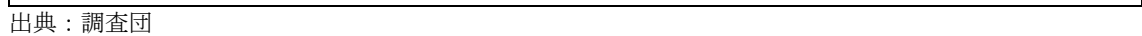


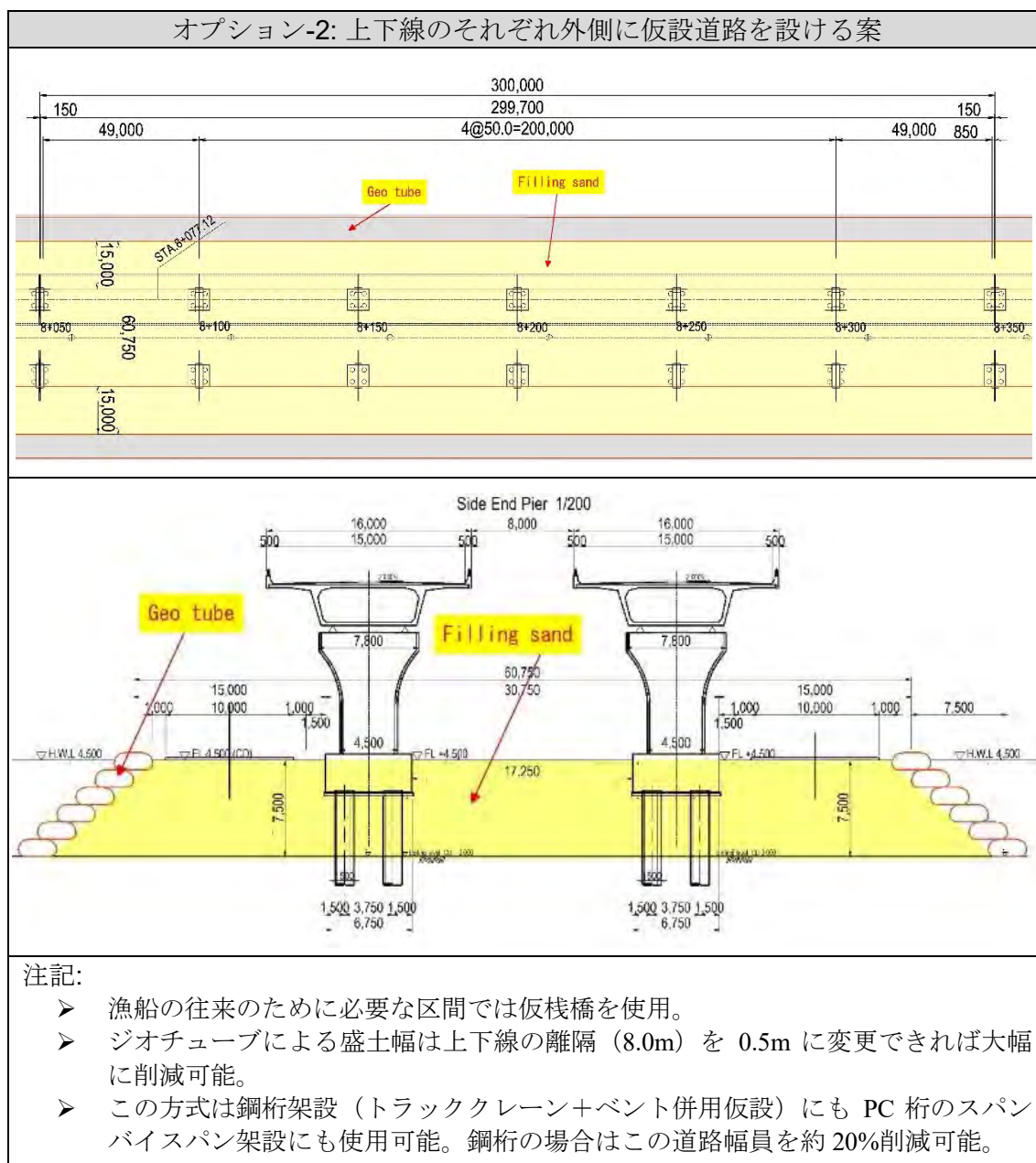
出典：調査団

図 4.27 ジオチューブの施工例

このジオチューブを本事業に適用する場合のレイアウトを数例、いかに示す。これらの適切な配置案としては、は上下部工の施工法に連携して選定するものとする。







出典：調査団

図 4.29 ジオチューブの配置横断面図（2）

### (3) ジオチューブと簡易栈橋の複合案

前述のジオチューブによる仮設盛土と以下の写真に示す簡易栈橋の組み合わせも検討対象とする。この簡易栈橋は簡易トラス上にて、クレーンを載せた構台が移動できるシステムとなっており、先端部分で場所打ち杭を施工しながら前進可能である。ただし、簡易トラスの構造上、支間長が小規模なものに限定される。

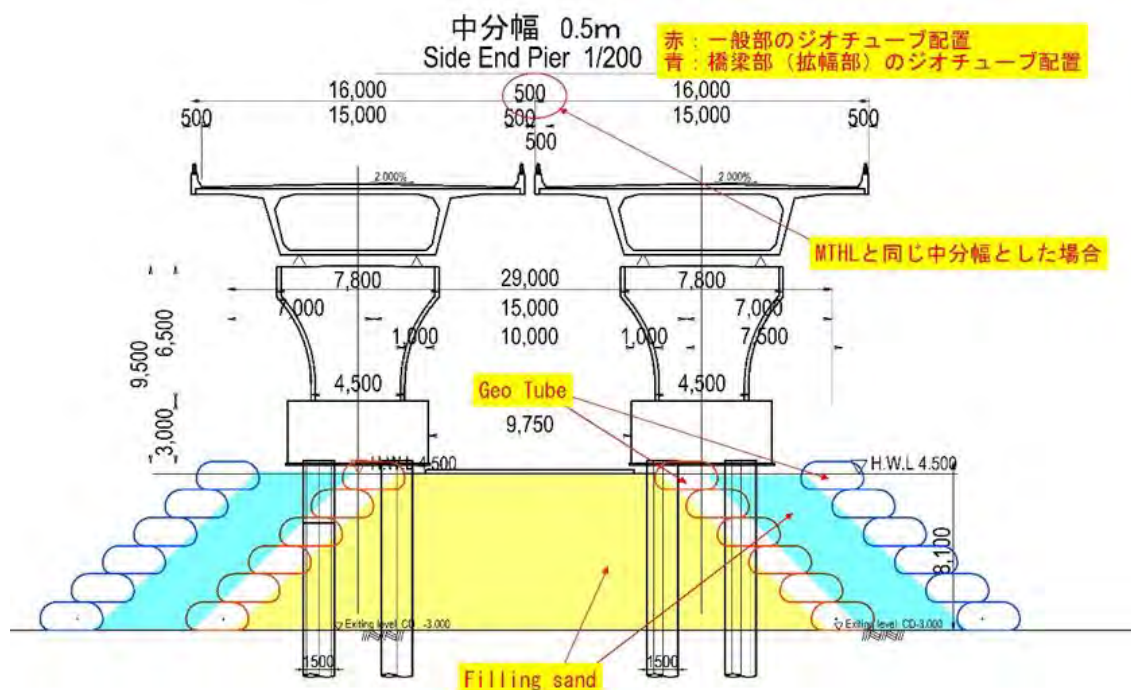


出典：調査団

図 4.30 簡易栈橋の工事例（Pamban Bridge – INDIA）

（参考）

以下に示す案は上部工の上下線の離隔を 8.0m から 0.5m へ縮小した場合のジオチューブのレイアウトである。



出典：調査団

図 4.31 上下線の離隔を縮小したジオチューブのレイアウト

#### (4) 仮栈橋案とジオチューブによる仮設道路案の比較検討

以下に示す表は既存の事業の実施単価などから検討した 2 案の工事費の比較概要である。ジオチューブの単価は前述のオプション 2 に示した実績から引用している。この結果、ジオチューブによる仮設道路は、工事費の面では仮栈橋案よりかなり安価となることが判明した。

表 4.28 仮栈橋とジオチューブによる仮設道路の工費比較

| Item                    | 仮栈橋         |                       |                                        |           | ジオチューブ                               |                              |                 |
|-------------------------|-------------|-----------------------|----------------------------------------|-----------|--------------------------------------|------------------------------|-----------------|
|                         | LH DD       | LH Actual             | Irab Bridge DD                         | VVSL      | LH DD                                | LH Actual                    | VVSL            |
| 設計期間と工事期間               | Oct.2012    | May.2014<br>~May.2017 | Jun. 2005                              |           | Oct.2012                             | May.2014<br>~May.2017        |                 |
| 幅員（車道幅）(m)              | 18.0        | 18.0                  | 6.0 & 8.0 ~ 10.0                       | 30.0      |                                      |                              |                 |
| 延長 (m)                  | 85.5        | 85.5                  | 1,590+2399= 3,989                      | 4300.0    |                                      |                              | 43,000          |
| 仮設道路面積 (m2)             | 1540.0      | 1540.0                | 9,387+6,690 =16,077                    | 129,000.0 |                                      |                              |                 |
| 栈橋の杭長さ (m)              | 35m         | 35m                   | 25m (平均長)                              | 11m (平均長) |                                      |                              |                 |
| 栈橋の杭種                   | H形鋼         | H形鋼 + 鋼管杭             | H形鋼<br>H-350x350-12-19                 |           |                                      |                              |                 |
| 工事費総額 (円)               | 298,627,042 | 404,389,078           | 1,721,342,000 X<br>1.25= 2,151,677,500 |           |                                      |                              |                 |
| 単価 (円): /m2             | 193,914     | 246,240               | 133,836                                | 採用せず      |                                      |                              |                 |
| 幅員（車道幅）(m)              |             |                       |                                        |           | 10.0 ~ 15.0                          | 25.28                        | 15m x 2 = 30.00 |
| 延長 (m)                  |             |                       |                                        |           | 4,000                                | 3,640                        | 43,000          |
| 盛土断面積 (m2)              |             |                       |                                        |           | 57,660                               | 92,019                       | 1,290,000       |
| ジオチューブの寸法               |             |                       |                                        |           | 2.0 x 0.65, 2.0 x<br>1.5 & 3.0 x 1.5 | 1.86 x 0.85,<br>2.41 x 1.15, | 3.0 x 1.5       |
| ジオチューブの段数               |             |                       |                                        |           | 2                                    | 3~4                          | 5               |
| ジオチューブの高さ (m)           |             |                       |                                        |           | 2.150                                | 3.350                        | 7.500           |
| ジオチューブ内の充填砂の体積 (m3)     |             |                       |                                        |           | 55,351                               | 56,598                       | 3,096,000       |
| ジオチューブの内側の盛土体積 (砂) (m3) |             |                       |                                        |           | 278,415                              | 452,588                      | 13,545,000      |
| 栗石(クラッシャーラン)(m3)        |             |                       |                                        |           | 7,819                                | 8,108                        | 258,000         |
| 工事費総額 (円)               |             |                       |                                        |           | 1,682,876,860                        | 2,564,635,394                | 61,146,000,000  |
| 単価 (円): /m2             |             |                       |                                        |           | 29,186                               | 27,871                       | 47,400          |

出典：調査団

また、環境面からも現地材料を主に使用して復旧後は元に戻すことが可能であり、問題は一時的にせよ海水の流れを阻害することで、生物学的な面でどのような影響を与えるかを検討する必要がある。さらに、工期短縮の面から他の工法との比較が総合的な判断の前に必要となる。

#### 4.7.4 橋梁工事による二酸化炭素の排出量

二酸化炭素の排出量は、建設工事の種類（例えばプレストレストコンクリート橋か鋼橋など）や工程で異なる。二酸化炭素の排出量については、近年、建設業における課題として、カーボンニュートラルという呼び名で広く浸透しつつある問題で、本事業においてもその規模から考えて、出来る限り環境負荷の小さな構造物を生産するような目標を掲げる必要がある。

##### (1) 工種・構造別の CO2 排出原単位

この工事ごとの排出量については、種々の論文があり、統一的な見解は存在しておらず、あくまでも参考例にとどまるので、下表に代表的な 2 例を挙げる。



表 4.29 土木工種・構造別の CO2 排出原単位

| 工 事             | 単 位                                | 新 設     | 維持<br>管理 | 解体<br>廃棄 | 合 計     |
|-----------------|------------------------------------|---------|----------|----------|---------|
| 道路改良工事          | kg-CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> | 118.8   | —        | 23.7     | 142.5   |
| 道路舗装工事          | kg-CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> | 261.5   | 323.6    | —        | 585.1   |
| 橋梁工事<br>(PC 橋)  | kg-CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> | 646.8   | 20.1     | 96.9     | 763.8   |
| 橋梁工事<br>(鋼橋)    | kg-CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> | 128.4   | 12.0     | 4.3      | 144.7   |
| トンネル工事          | kg-CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> | 734.7   | 13.0     | —        | 747.7   |
| 河川工事<br>(築堤護岸)  | kg-CO <sub>2</sub> /m              | 1543.8  | 1.0      | 81.5     | 1626.3  |
| 砂防工事<br>(砂防ダム)  | kg-CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> | 1952.7  | —        | 85.8     | 2038.5  |
| 海岸工事            | kg-CO <sub>2</sub> /m              | 10663.3 | —        | 1843.6   | 12506.9 |
| 公園工事<br>(街区公園)  | kg-CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> | 17.5    | —        | —        | 17.5    |
| 下水道工事<br>(開削工事) | kg-CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> | 127.6   | —        | —        | 127.6   |
| 下水道工事<br>(推進工事) | kg-CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> | 531.8   | —        | —        | 531.8   |
| 下水道工事<br>(シールド) | kg-CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> | 916.6   | —        | —        | 916.6   |

出典：土木技術資料 48-12 (2006)

表 4.30 製造・施工過程でみた橋種による CO2 排出量

表-1 比較設計 3 案の基本データ

|       | 形式                          | 工事価格        |
|-------|-----------------------------|-------------|
| 第 1 案 | 5 径間連続 PC ラーメン橋             | 8 億 6300 万円 |
| 第 2 案 | 5 径間連続鋼箱桁橋                  | 9 億 5300 万円 |
| 第 3 案 | 3 径間連続 PC ラーメン橋<br>+単純 PC 橋 | 9 億 5800 万円 |

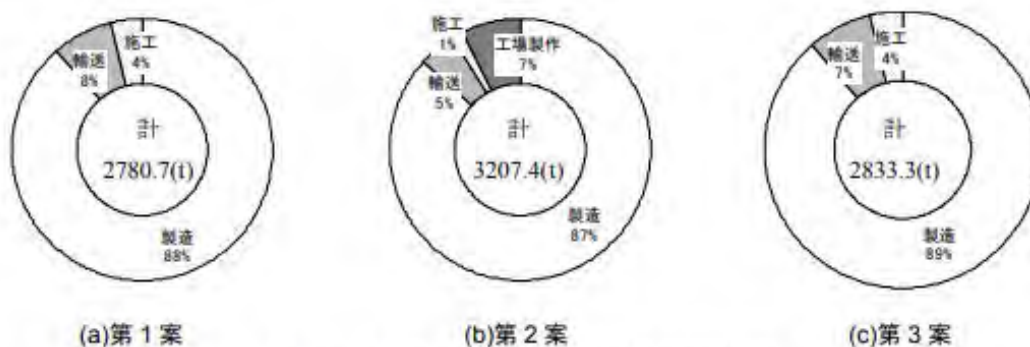


図-1 各案の CO<sub>2</sub> 排出における各段階の割合

出典：コンクリート工学論文集（2009）

“論文 PC・鋼橋比較設計における環境負荷評価と環境負荷低減の総合評価 落札方式への適用  
Application of Evaluation for EIA & it's Mitigation to Tendering (Concrete Journal 2009 “Collection of Papers”)



## (2) CO<sub>2</sub> 排出量に関する評価方法ガイドライン

建設業界における CO<sub>2</sub> 排出量を評価するためのガイドラインは環境省等からつぎのような資料が出されている。

- 道路建設事業における 温室効果ガス排出量算定技術ガイド（素案）環境省 2018
- 総合評価方式における コンクリート起源 CO<sub>2</sub> 削減評価マニュアル 香川県 2020

## (3) CO<sub>2</sub> 排出量削減への新工法・新材料

コンクリート構造物においては、基本的には高炉スラグ、石炭灰を高炉スラグ粉末、やフライアッシュとしてセメントに置き換える原理を中心に研究が進んでいるが、2017 年の G7 サミットにおいて表明された 2050 年カーボンニュートラルを目指した様々な研究は途中段階である。

現時点で採用可能な材料の一つは“高炉スラグ微粉末高含有コンクリート「スラグリート」”であり、現地において適正な粒度分布の材料が得られれば、多少、従来のセメントに比べて高価（コンクリート単価で、2,500～5,000 円/m<sup>3</sup> 程度割高）ではあるが本四公団のコンクリート構造物に採用されているフライアッシュセメント（高炉スラグセメント B 種）を用いたコンクリートと同様、海上橋における対防蝕性にも優れている。

また、最近の新しい研究結果では“エネルギー消費と CO<sub>2</sub> 排出量を 6 割以上削減できる低炭素型セメント「ECM セメント」”が開発され、コストの面で従来のポルトランドセメントより高価ではあるが、エネルギー削減の面では圧倒的に優れており、環境面での規制が厳しい海外工事の場合は高評価を得ることが出来る。

## (4) 鋼材の製造・製作過程における各種採用工法の違いによる CO<sub>2</sub> 排出量

鋼材の製造過程・製作過程における、各種採用方法の違いによる CO<sub>2</sub> 排出量の違いを参考値として下記表に記載する。

| 工 種    | 方 法                | CO <sub>2</sub> 排出量 |
|--------|--------------------|---------------------|
| 鋼材の製造  | 高炉法                | 2 tC / t            |
|        | 電炉法                | 0.5 tC / t          |
| ボルト／窄孔 | ボール盤               | 0.466 kgC / 孔       |
|        | NC 窄孔機（本体）         | 0.322 kgC / 孔       |
|        | NC 窄孔機（添接板）        | 0.152 kgC / 孔       |
| 鋼材切断   | ガス切断               | 0.466 kgC / m       |
|        | レーザー切断             | 0.322 kgC / m       |
|        | プラズマ切断             | 0.152 kgC / m       |
| 溶接     | 手溶接                | 0.256 kgC / m       |
|        | CO <sub>2</sub> 溶接 | 0.171 kgC / m       |
|        | SAW 溶接             | 0.196 kgC / m       |

出典：各種資料から調査団作成

## 4.8 コネクタ道路の計画、基本的な設計

Pre-F/S では、海上部の南端を現在建設中のバーソバ・バンドラ海上道路（Versova-Bandra Sea Link）と接続し、加えて既存道路網と 4 本のコネクタ道路で接続する計画となっている。これらコネクタ道路の計画のレビューを行い、妥当性について検討する。

### 4.8.1 各コネクタ道路の予測交通量の確認

Pre-F/S では 2019 年を基準年とし、推定交通増加率を乗ずることにより 2019-20~2053-54 までの 35 年間の交通量予測を算定した。さらに 2026 年に海上道路が完成すると想定し、2026 年、2030 年の各コネクタの交通量予測により、車線数を提案した。海上道路においては、商業運転開始日（COD<sup>35</sup>）の最大交通量を 76,176 PCUs とし 4+4 車線を推奨した。これは南からの Versova-Bandra Sea Link（VBSL）の車線数と合致するため、スムーズな交通が確保できる。

また Pre-F/S では、海上道路を Versova から Virar までの全区間を建設した場合（Case 01）、Versova から Vasai までを建設した場合（Case 02）の 2 案を想定し、各ケースのコネクタ道路の将来交通量より車線数を提案した。

- Case 01：海上道路を Versova から Virar まで建設
- Case 02：海上道路を Versova から Vasai まで建設

Case 01 は、交通量予測より Versova、Charkop、および Virar のコネクタ道路は 3+3 車線、Uttan 及び Vasai のコネクタ道路は 2+2 車線を推奨する。Case 02 の Virar と Vasai は、東西の交通と市街道路等の接続が良好であるため、Virar および国道 8（NH8）からの通勤者は Vasai コネクタ道路から海上道路を使うと予測されるため、Vasai コネクタ道路の交通量が増加する。従って Case 02 は、Virar コネクタ道路の交通量の 100% が Vasai コネクタに移行すると想定し、Versova、Charkop、Vasai コネクタ道路は 3+3 車線、Uttan コネクタ道路は 2+2 車線を提案した。将来のコネクタ道路の交通量予測について、現在施工中の VBSL、計画中のインフ・プロジェクト、利用者の交通手段の傾向等が、VVSL に及ぼす影響について検討をする必要がある。

下表に Pre-F/S で算定した各コネクタの将来交通量、必要車線数を示す。

表 4.31 各コネクタの交通量予測：Case01

| Connector                         | 2026  | 2030  | Lane Requirement | Level of Service for 2030        |
|-----------------------------------|-------|-------|------------------|----------------------------------|
| VVSL Main Link (Versova to Virar) | 58645 | 74760 | 4+4 lane         | C (Considered Mid-Block Volumes) |
| Versova                           | 34907 | 44496 | 3+3 lane         | A                                |
| Charkop                           | 35940 | 45434 | 3+3 lane         | A                                |
| Uttan                             | 22216 | 28179 | 2+2 lane         | A                                |
| Vasai                             | 15996 | 20990 | 2+2 lane         | A                                |
| Virar                             | 43293 | 56254 | 3+3 lane         | B                                |

出典：Pre-F/S

<sup>35</sup> Commercial Operation Date (COD)

表 4.32 各コネクタの交通量予測：Case02

| Connector                         | 2026  | 2030  | Lane Requirement | Level of Service for 2030        |
|-----------------------------------|-------|-------|------------------|----------------------------------|
| VVSL Main Link (Versova to Vasai) | 61708 | 74444 | 4+4 lane         | C (Considered Mid-Block Volumes) |
| Versova                           | 34907 | 44496 | 3+3 lane         | A                                |
| Charkop                           | 35940 | 45434 | 3+3 lane         | A                                |
| Uttan                             | 22216 | 28179 | 2+2 lane         | A                                |
| Vasai                             | 59289 | 77244 | 3+3 lane         | C                                |

出典：Pre-F/S

## 4.8.2 道路設計基準・指針の確認

### (1) 設計基準

Pre-F/S ではインド道路協会<sup>36</sup>の設計基準 Manual of Specifications and Standards for Expressways (IRC SP99-2013) に準拠した道路設計を行っている。前項の各コネクタ道路について標準的な幅員構成要素を整理するため、以下の 4 種類の幾何構造基準を比較した。また他国基準である米国基準 (AASHTO<sup>37</sup>)、日本基準 (道路構造令の解説と運用) も比較対象とした。

#### <インド国基準>

1. Guidelines for Expressways, Volume-I and II (April 2010), MORTH<sup>38</sup>
2. Manual of Specifications and Standards for Expressways, IRC SP99-2013
3. Manual of Specifications & Standards for Four Laning of Highways Through Public Private Partnership, IRC SP84-2019
4. Manual of Specifications & Standards for Six Laning of Highways Through Public Private partnership, IRC SP87-2019

#### <他国基準>

1. 米国基準：A Policy on Geometric Design of Highways and Streets (AASHTO)
2. 日本基準：道路構造令の解説と運用 (日本道路協会)

VVSL の手前の区間である Versova Bandra Sea Link (VVSL) との整合性を確認するため以下の既往文献を参照した。

- Construction of Versoova Bandra Sea Link (VBSL) on Engineering, Procurement and Construction (EPC) Basis, MSRDC

### (2) 車線幅員

なだらかな平地に各コネクタ道路が計画されているため、Pre-F/S の地形区分は平地 (Plain, Rolling Terrain) を適用している。MORTH および IRC SP99-2013 の設計基準書

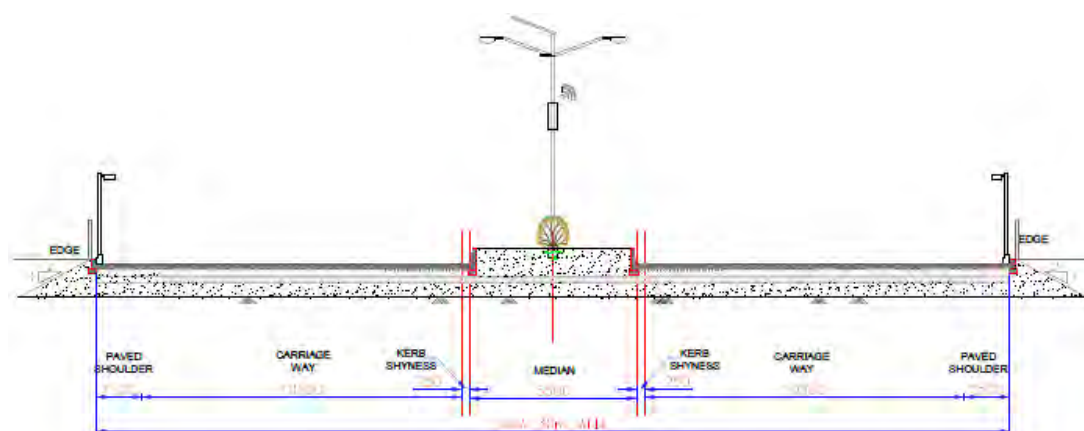
<sup>36</sup> Indian Roads Congress (IRC)

<sup>37</sup> American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)

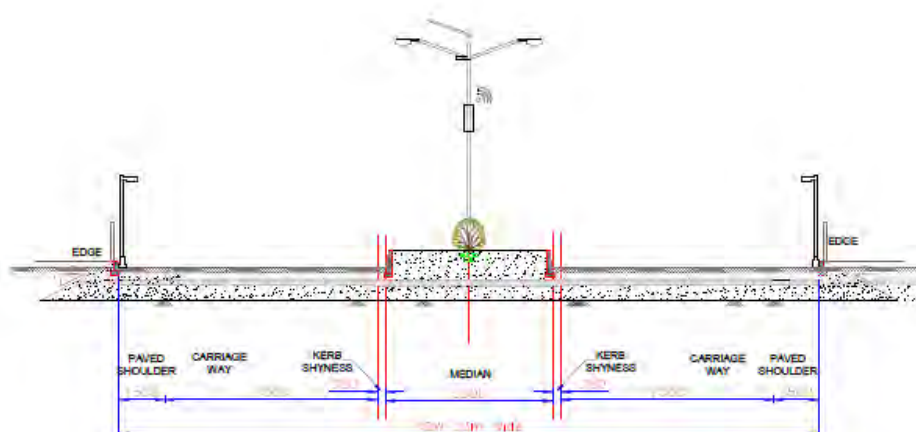
<sup>38</sup> Ministry of Road Transport & Highways (MORTH)

では、平地の車線幅は 3.75 m を標準幅としているが、IRC 設計基準書の 4 車線（IRC SP84-2019）、6 車線（IRC SP87-2019）は一般国道も対象としているため、車道幅は 3.5 m であった。Pre-F/S のコネクタ道路は、設計速度 70 km/h に対し車道幅は、3.5 m を採用しており、これは VBSL のコネクタ道路の車道幅と合致する。

Pre-F/S コンサルタントによる交通量調査では、VVSL 周辺の目的地への移動は、一般車の利用が 80%以上で、バス、LCV に比べ圧倒的に多かった。また海上道路および高架道路以外の平面道路の区間は、ガードレール、防護柵の設置が提案されている。線形も比較的直線または緩やかなカーブのため、安全性が確保でき、経済的な最小限の幅員構成でも円滑な通行が可能と想定する。他国の標準車線幅員は、米国基準は 3.6 m、日本基準では 3.5 m であった。従って、最低 3.5 m を確保すれば標準的な規格および機能を満足するため、車道幅 3.5 m は妥当であると判断する。下図に Pre-F/S で提案されている平面道路における標準断面を示す。



TYPICAL CROSS SECTION FOR AT GRADE (3+3 Lane)



TYPICAL CROSS SECTION FOR AT GRADE (2+2 Lane)

出典：Pre-F/S

図 4.32 標準横断図（コネクタ道路の平面道路）

### (3) 路肩

MORTHおよびIRC SP99-2013の設計基準書では路肩幅は3.0 mを基準としているが、IRC設計基準書の4車線（IRC SP84-2019）、6車線（IRC SP87-2019）は一般国道も対象としているため、路肩幅は2.5 mであった。Pre-F/Sの平面道路では、道路幅員の外側にガードレールまたは防護柵を設置するため1.5 mの路肩幅を提案している。IRC SP99-2013の外側にCrash Barrierを設置した場合の最小路肩幅（舗装）は0.75 mであり、Pre-F/SはIRC SP99-2013基準に準拠するため問題ないと判断する。下表に各基準の比較を示す。

表 4.33 インド設計基準の比較

| 基準書                                          | Guidelines for Expressways, Volume-I and II (April 2010), MORTH | Manual of Specifications and Standards for Expressways, IRC SP99-2013                                    |                                                                                                          | Manual of Specifications & Standards for Four Laning of Highways Through Public Private Partnership, IRC SP84-2019 | Manual of Specifications & Standards for Six Laning of Highways Through Public Private partnership, IRC SP87-2019 | Pre-FS MSRDC February 2020 (Connector/ IC Ramps and Loops)                           |
|----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
|                                              |                                                                 | 4-Lane Expressways (fill section)                                                                        | 6-Lane Expressways (fill section)                                                                        |                                                                                                                    |                                                                                                                   |                                                                                      |
| 地形                                           | 平地<br>Plain, Rolling Terrain                                    | 平地<br>Plain, Rolling Terrain                                                                             | 平地<br>Plain, Rolling Terrain                                                                             | 平地<br>Plain, Rolling Terrain                                                                                       | 平地<br>Plain, Rolling Terrain                                                                                      | 平地<br>Plain, Rolling Terrain                                                         |
| 車道 (m)<br>Lane width                         | 3.75                                                            | 3.75                                                                                                     | 3.75                                                                                                     | 3.5                                                                                                                | 3.5                                                                                                               | 3.5                                                                                  |
| 路肩 (m)<br>Paved Shoulder                     | 3.0<br>(including edge strip width of 0.5 m)                    | 3.0                                                                                                      | 3.0                                                                                                      | 2.5                                                                                                                | 2.5                                                                                                               | 1.5<br>(including edge strip width of 1.0 m)                                         |
| 側帯 (m)<br>Edge strip width                   | 0.75<br>(Median side)                                           | 1.5 nearside edge strip (right,slow lane) / 0.75 offside edge strip (left, fast lane) with crash barrier | 1.5 nearside edge strip (right,slow lane) / 0.75 offside edge strip (left, fast lane) with crash barrier | 0.5-0.6                                                                                                            | 0.5-0.6                                                                                                           | 1.0 near side edge strip (right,slow lane)/ 0.5 offside edge strip (left, fast lane) |
| 中央帯 (m)<br>Median                            | 3.0<br>(including edge strip width of 0.75 m)                   | -                                                                                                        | -                                                                                                        | 5.0-7.0<br>(including edge strip width of 0.6 m)                                                                   | 5.0-7.0<br>(including edge strip width of 0.6 m)                                                                  | 6.0 (including 2x0.25 kerb shyness)                                                  |
| 保護路肩 (m)<br>(土工区間)<br>Earthen Shoulder width | 1.5                                                             | 2.0 (outer)/ 1.0 (median side)                                                                           | 2.0 (outer)/ 1.0 (median side)                                                                           | 1.5                                                                                                                | 1.5                                                                                                               | -                                                                                    |

出典：調査団

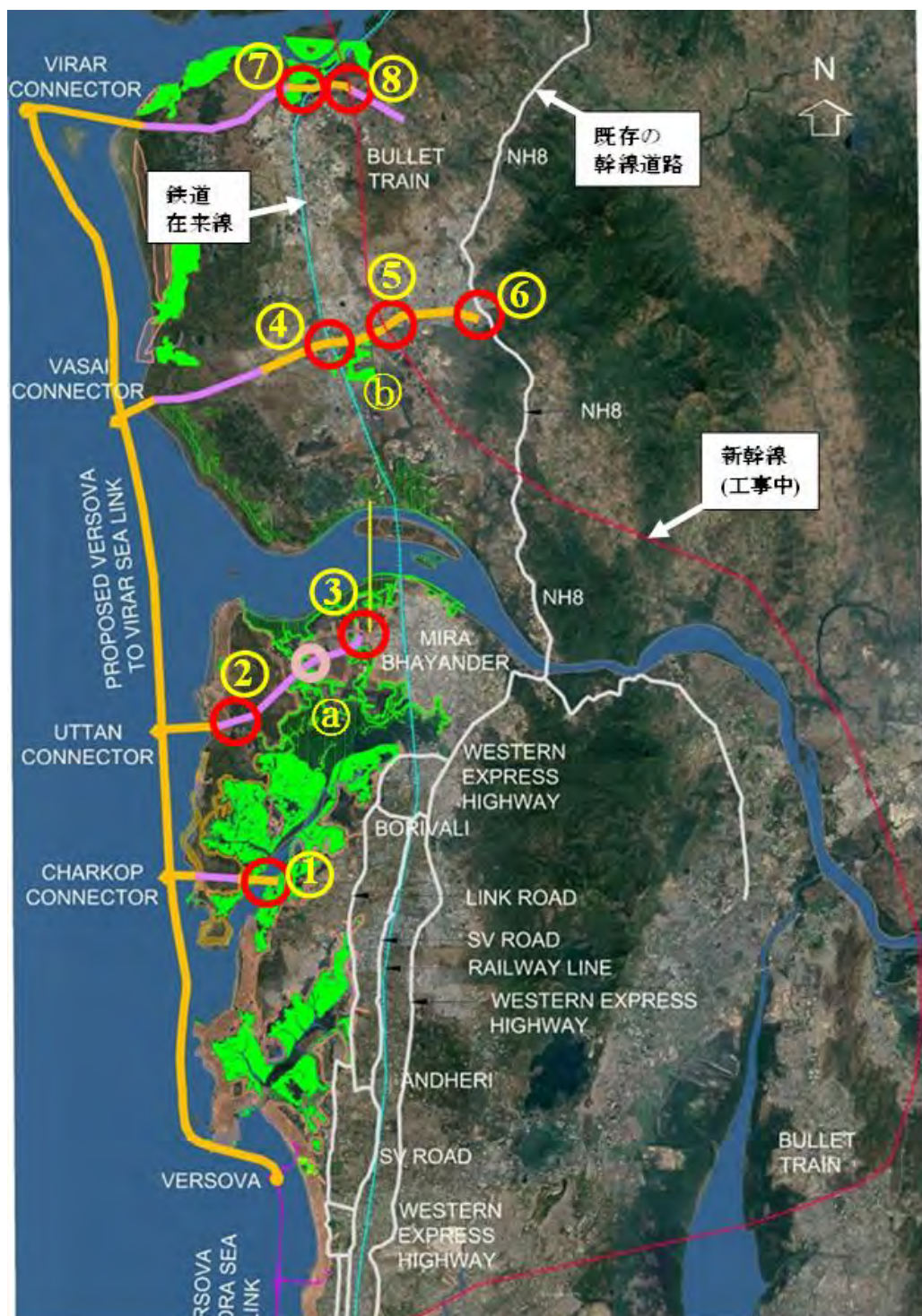
### (4) 中央帯

各種のインド基準では、中央帯の両側にCrash Barrierを設置し安全を確保する条件となっている。MORTHの基準は3.0 mで最小であった。IRC設計基準書の4車線（IRC SP84-2019）、6車線（IRC SP87-2019）は側帯を含む中央帯の幅は5.0 ~7.0 mであり、Pre-F/Sは6.0 mを提案しているため妥当であると判断する。



#### 4.8.3 既存道路網との接続・交差の検討

Pre-F/S では接続・交差についての詳細が記載されていないため、調査団は既存の資料・情報を基に検討を行った。問題が顕著な箇所①~⑧、および、a、bについて、改善を提案する。



出典：Pre-F/S、現地調査を基に調査団作成

図 4.33 交差接続の問題箇所

- ① Charkop コネクタ道路（最も南のコネクタ道路）は、海上の主路線から海岸に至り、Gorai 地区と Manori 入江を横断して、Charkop 8 区（商業地区）の RSC 道路 No.25 へ接続する。Manori 入江の両岸にはマングローブが存在する（図）。同地域は州政府が承認済みの Coastal Zone Management Plan においても CRZ I A（マングローブ及びマングローブバッファゾーン）とされており、同地域での道路建設には CRZ クリアランス、マングローブ林伐採にかかる森林クリアランスと高等裁判所の許可が必要となる。また、入江部分では、施工性、維持管理の容易性、経済性及びインドでの実績を考慮して、支間長 30 m の PC 箱桁の橋梁方式が適用できる。コネクタ道路と接続する RSC 道路 No.25 の拡幅および既存道路照明の移設、電気等の公共公益設備の移設、スムーズな交通流を確保するための既存交差点の改良など、更なる精査が必要である。



出典：調査団

図 4.34 Charkop コネクタと Manori 入江の交差点（マングローブ）

- ② Pre-F/S では、Uttan コネクタ道路（南から 2 番目のコネクタ道路）は既存道路の Uttan Road と平面交差するが、通行料金所から海上道路までの間に位置するため、南北の交通を遮断させないために、この交差は高架橋またはボックスカルバートを提案する。また西側より料金所までの平面道路区間におけるコネクタ道路の線形は、2 か所の丘を走行する。切土になるため斜面对策工が必要となる。
- ④ Uttan コネクタの中間付近の丘陵から内陸側終点までの路線の多くの部分は、現状マングローブおよび塩田である（図）。州政府が承認済みの Coastal Zone Management Plan でも、マングローブおよびそのバッファゾーンが CRZ I A として指定され、マングローブ周辺の塩田は CRZ I B として指定されている。道路建設には CRZ クリアランスが必要である。加えて、マングローブ林伐採について森林クリアランスと高等裁判所の許可が求められる。この周辺のコネクタ道路建設には軟弱地盤対策が必要となり、インドで一般的に適用されている PVD（Prefabricated Vertical Drain）工法、Stone Column 工法などによる対策を検討する。



また海水を取り入れる水路の建設、塩田従事者の往来のためのアンダーパスの設置が必要と想定するため、更なる精査が必要である。



出典：調査団

**図 4.35 Uttan コネクタ計画路線に重なる丘陵（遠景）、マングローブ、塩田**



出典：調査団

**図 4.36 塩田の労働者**

- ③ Uttan コネクタ道路の内陸側の終点は、北側の Vasai Creek Bridge、既存道路（Uttan Road）の合流となるため、ラウンドアバウト等による、交通制御が望ましい。



出典：調査団

図 4.37 Uttan コネクタ終点予定地

- ④ Vasai コネクタ（南から 3 番目のコネクタ道路）は、図 4.33 に示すとおり、東側の半分以上が高架橋として計画されている（図中のオレンジ色の線）。現状として、既存の道路用地には幅員があり、この部分での大きな土地収用と住民移転は想定されない（図）。鉄道在来線（Western Rail Line）との交差は施主となる MSRDC と鉄道管理者（インド国鉄道公社）が協議を行い、橋梁構造を決める必要がある。交差箇所より約 600 m 南に跨線橋（Vasai Flyover）があり鉄道を跨いでいる。鉄道停止中の架設工事となるため、工事期間短縮及び施工性とインドでの実績を考慮して、スパンバイスパンによる支間長 45 m の PC 箱桁橋、またはクレーンによる一括架設で支間長 70 m の鋼橋を提案する。杭の打ち込みにより、鉄道のレールに変状を起こさないよう措置を講じる必要がある。フェンスの設置、架空線および線路への防護対策としてフェンスの設置など鉄道側への安全対策は必須である。



出典：調査団

図 4.38 鉄道在来線と既存道（Vasai コネクタ計画路線近傍）の交差



一方、西側（図中のピンク色の線）のコネクタ道路は平面道路が提案されている。Pre-F/S ではコネクタ道路と交差する 2 か所（Vasai Gass Raod、Nirmal Road）において VUP（Vehicle Under Pass）が提案されている。また湿地帯を走行する区間においては軟弱地盤対策が必要であり、インドで一般的に適用されている PVD（Pre-fabricated Vertical Drains）工法、Stone Column 工法による対策を検討する。

- ⑥ 現在、Main Road 南側では貨物専用鉄道（DFC：Dedicated Freight Corridor）の延伸工事が行われており、さらに北部への延伸には、Main Road（Gokhivare Road）をまたぐ鉄道高架橋の建設が必須となる。DFC より約 400m 東側の Main Road 上には同じく新幹線の高架橋建設が予定されているため、この南北に走る 2 本の線路をまたぐ跨線橋が提案される。コネクタ道路と DFC、新幹線との交差について、下記⑤に記す。



出典：調査団

図 4.39 建設中の DFC

- ⑤ 新幹線建設により、Vasai コネクタ道路と交差する新幹線の線路上に跨線橋が必要となる（図）。Vasai コネクタ道路の高架道路部分は、既存道路（Main Road）上の建設であり、現況の交通量を確保しながらの工事を想定する。新幹線と DFC の両方をまたぐ跨線橋建設のため、洗練された形状、優れた景観性に留意する。鉄道停止中の架設工事となるため、工事期間短縮及び施工性とインドでの実績を考慮して、スパンバイスパンによる支間長 45 m の PC 箱桁橋、またはクレーンによる一括架設で支間長 70 m の鋼橋を提案する。実際の工事時期が新幹線の付設工事よりも先となった場合でも、走行性を考慮して跨線橋で新幹線と DFC の両方の線路をまたぐ方が望ましい。Vasai 中心部のため遮音壁、DFC および新幹線の線路側への安全対策としてフェンス設置、架空線の防護工の設置など鉄道側への安全対策は必須である。DFC、新幹線供用中の施工及び恒久的に安全管理を保持できるような、日本の技術採用を強く提案する。これについては、更なる精査が必要である。

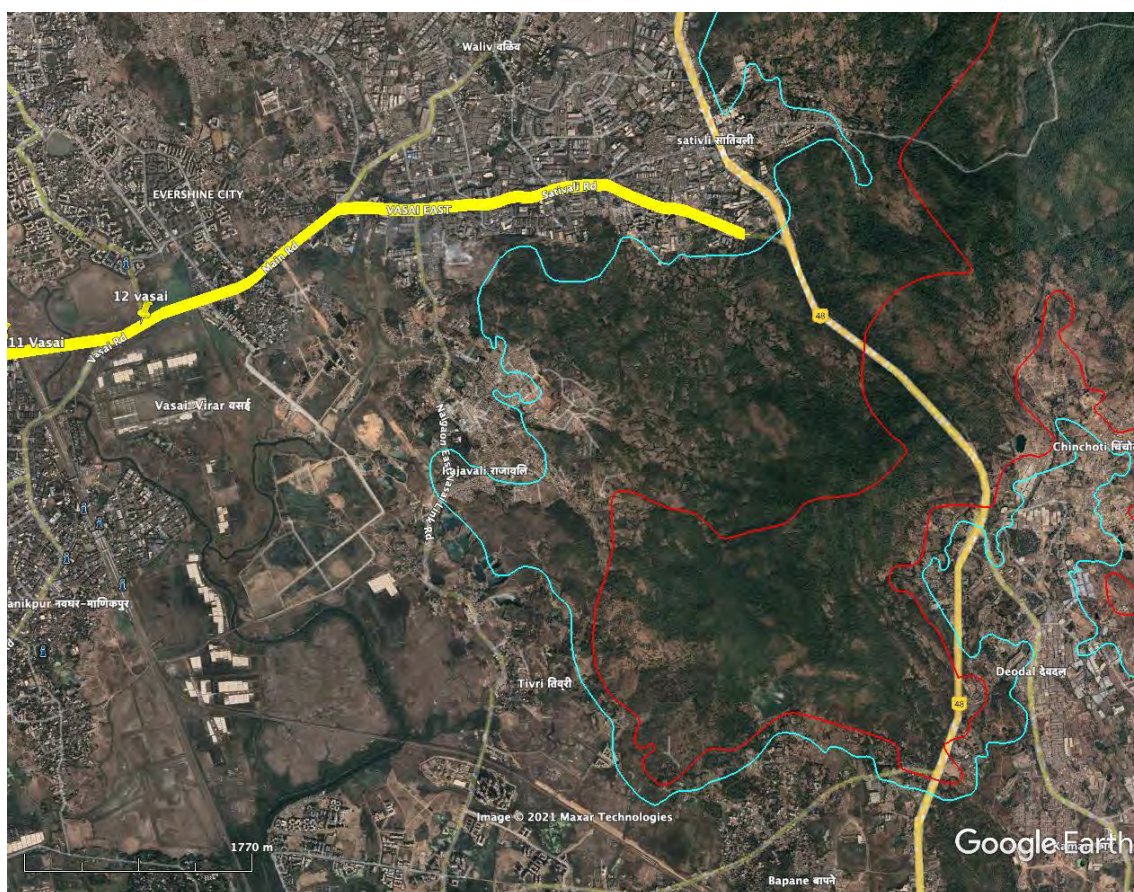


出典：調査団

図 4.40 Vasai コネクタと新幹線との交差予定地



- ⑥ Pre-F/S では Vasai コネクタ道路の終点が既存の幹線道路（Western Express Highway）に接続されていないため、Vasai コネクタ道路の利用者は、既存道路を使って幹線道路に合流することになる。渋滞を回避しコネクタ道路からのスムーズな交通を確保するため、立体的に Vasai コネクタ道路と既存の幹線道路が接続することを提案する。海上道路とコネクタ道路はトランペット型のインターチェンジが提案されているため、幹線道路とコネクタ道路との交差も同様にトランペット型のインターチェンジが提案できる。また、Vasai コネクタの終点は、Tungareshwar 野生生物保護区の周辺に指定されたバッファゾーンである Eco-sensitive Zone (ESZ) に接している（図）。既存の幹線国道 NH48 は終点から数百メートル既存道を進んだ ESZ の内側にある。本事業で幹線道との接続部分も含めて改善する場合、既存の道路用地幅を越えて建設工事を行うのであれば、ESZ 内での建設工事となり、野生生物保護法に基づく ESZ クリアランス、森林法に基づく森林クリアランスが必要となる。したがって Vasai コネクタ終点付近の路線を北方ないし南方にずらすか、立体的に幹線道路を接続することで、ESZ を避ける事も可能である。



出典：調査団

図 4.41 Vasai コネクタ終点と Tungareshwar 野生生物保護区の Eco-sensitive Zone 境界（水色細線）





出典：調査団

図 4.42 Vasai コネクタ終点付近の既存道と国道 NH48 号線との接続地点

- ⑦ Virar コネクタ道路と鉄道在来線（Western Rail Line）との交差部分は、施主となる MSRDC と鉄道管理者が協議を行い、構造を決める必要がある。上記⑤の跨線橋と同様に安全・工期面については、日本の技術採用を強く提案できるが、更なる精査が必要である。また Virar コネクタの計画路線上、鉄道在来線に接する西側、およびより海岸に近い幾つかの地域には、CRZ I A および I B と指定されているマングローブを含む湿地があり、道路建設には CRZ クリアランス、森林クリアランス、高等裁判所の許可が求められる（図）。この周辺のコネクタ道路建設には軟弱地盤対策が必要となり、インドで一般的に適用されている PVD（Pre-fabricated Vertical Drains）工法、Stone Column 工法などによる対策を検討する。



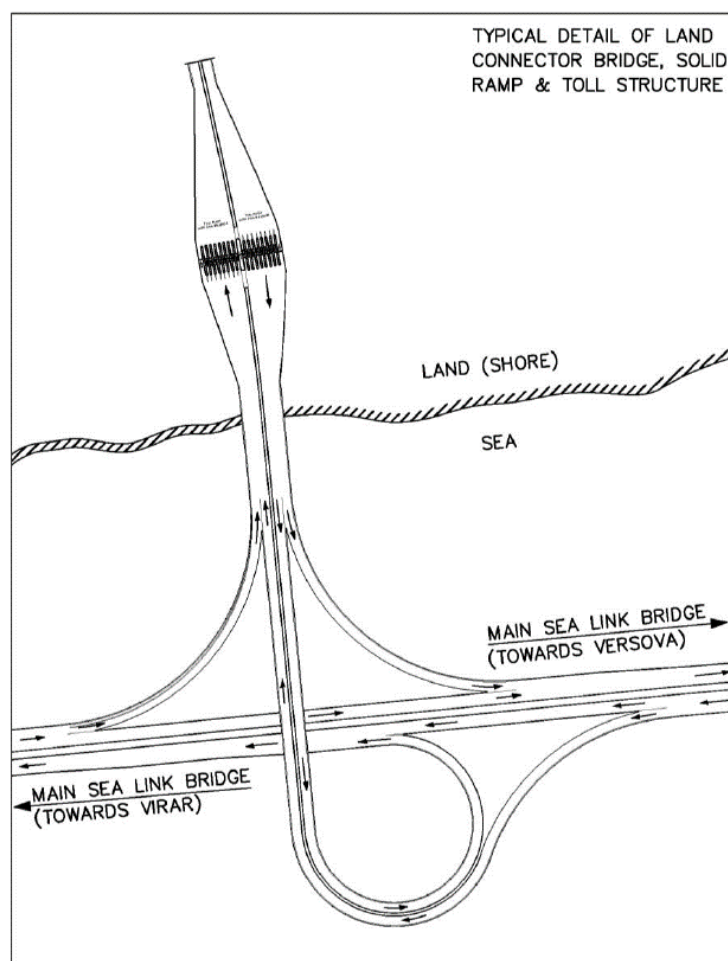
出典：調査団

図 4.43 Virar コネクタ計画路線と重なる鉄道在来線と湿地

⑧ 上記⑤と同様である。

#### 4.8.4 Pre-F/S における海上部との接続方法の検討

Pre-F/S では海上道路とコネクタ道路は、次図のようなトランペット型のインターチェンジで立体的な接続が提案されている。各コネクタ道路の陸側の平面には 18 車線（Uttan 以外）、12 車線（Uttan）の通行料金所の設置が提案されている。VBSL でもトランペット型のインターチェンジで海上道路と陸側からの道路が接続されているため妥当な設計である。十分な加速・減速車線を付帯することにより、衝突事故を防ぎ安全が確保される。



出典：Pre-F/S

図 4.44 海上道路とコネクタ道路の接続

## 4.9 運用・維持管理（O&M）に係る検討

本項では、VVSL における運営・維持管理（O&M）を検討するにあたり、MSRDC や近隣道路における事例等について現況整理を行ったうえで、VVSL における運営・維持管理に関する内容を提案する。また、運営・維持管理を行っていく上で重要となる高度道路交通システム（ITS）の計画についても本項にて導入の検討を行う。

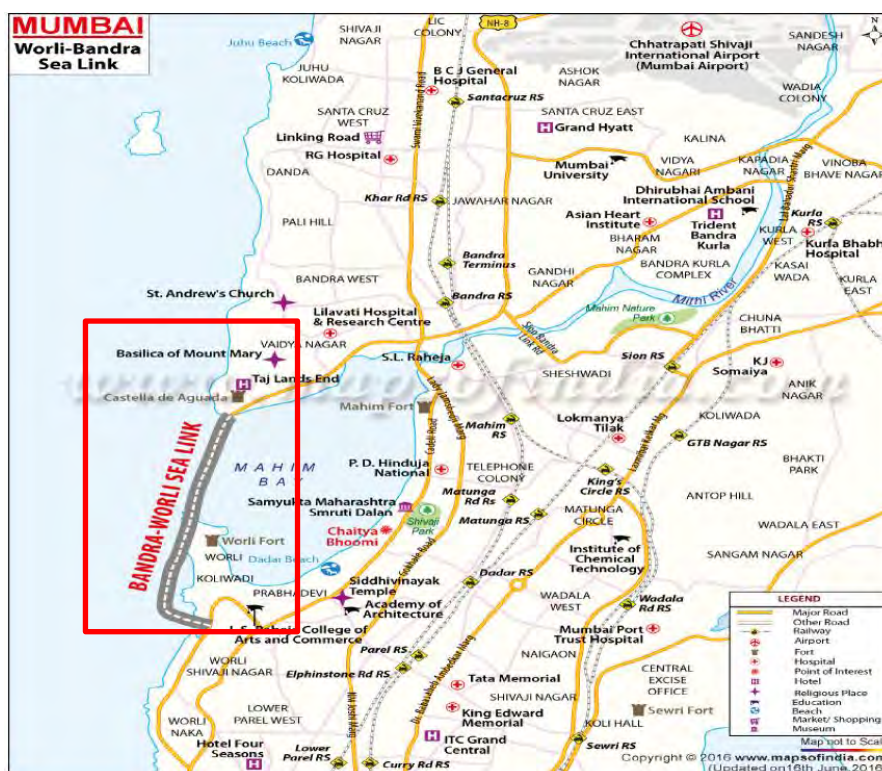
### 4.9.1 運用・維持管理に関する現況整理（BWSL）

Pre-F/S 資料において、運営・維持管理に関しての詳細な記述がないことから、本項では、ムンバイ都市圏の有料道路の運営・維持管理業務の概況として、MSRDC の事業として運営されている主な高速道路として Bandra Worli Sea Link (BWSL) を選定して比較を行う。

BWSL は、ムンバイ半島西側の沿岸部橋梁整備事業であり、海上橋梁かつアクセスコントロールされた有料道路事業として本事業と道路構造及び事業形態が類似しており、本事業の運営・維持管理計画の検討に際して参考とする。

#### (1) 路線概要

ムンバイ南部の南北交通の渋滞ボトルネック解消を目的にウェスタン・エクスプレス・フリーウェイの一部として沿岸部の Bandra～Worli 間の海上に高架形式の自動車専用道路として整備された路線である。2010 年 3 月に完成し、延長 5.6km である。通行車両は 4 輪以上の自動車に限定され、車線数は片側 4 車線の計 8 車線からなっている。



出典：Map of India

図 4.45 BWSL 路線位置

## (2) 管理方式について

BWSL は当初 BOT 方式により建設及び維持管理されていたが、2010 年以降、OMT (Operation Maintenance Toll collection) 事業として、MEP Infrastructure Developers Ltd. (MEP) によって管理され、料金収受業務、維持補修業務、交通管理業務が実施されている。

## (3) 運用・維持管理業務の概況

### (a) 運用・維持管理体制

現在の運営・維持管理体制としては、BWSL 本線料金所部に管理事務所 1 か所があり、料金収受業務、維持補修業務、交通管理業務の各セクションで業務を実施している。

### (b) 保全点検業務

保全点検業務として、BWSL では橋梁及び附属物点検が主体となる。

VVSL と供用条件が類似の海上橋梁である BWSL の維持管理マニュアルに定める点検作業には、3 種類あり、i) Routine ii) Extended iii) Special Inspection に区分される。加えて、道路利用者や近隣の人々からの情報、事故や器物損壊の報告による不定期な点検がある。

#### i) Routine Inspection

維持管理マニュアルに基づくチェックリストと橋梁維持管理担当部局のローカルルールや環境条件を考慮し、定期的（1 年・3 年・5 年：Extended Inspection の中間時）に実施する点検であり、橋梁技術者の指導の下、点検員が前回調査と比較しながら点検を行い、構造物の状態を記録する。目視点検を主体とし、備え付けの設備以外の点検用設備を使用しない。

MEP 社へのヒアリングの結果、BWSL では、橋梁構造物は下面カメラによる目視、ボートを利用した遠方目視点検を実施しているが、橋梁点検車による近接目視等の実施は確認できなかった。また、海面下は水中カメラ等によりひび割れ等の変状確認を行っている。

#### ii) Extended Inspection

各構成部材の状態をより詳細に確認するために長周期（2 年・6 年・10 年：構成要素の重要度と環境条件に基づき設定）で実施する点検である。足場や高所作業車、遠隔監視技術、コアサンプルの採取、非破壊検査等が必要となる。点検に際して、Routine Inspection のチェックリストに加え、特殊な橋梁構造部材に対する指示書を参照する。

#### iii) Special Inspection

Routine Inspection と Extended Inspection の実施間隔において、以下の様な事象が生じた時に実施する臨時点検である。

- 橋梁に損傷（ステイケーブルの振動を含む）を及ぼし得る想定以上の強風時
- 超重車両の通行時



- 橋脚、パラペット、主塔、斜材ケーブル、ケーブル定着部及び橋台に車両や船舶の衝突時
- 有害物質、可燃性または腐食性物質の流出時
- 橋梁部材に損傷を及ぼす程の地震発生時
- 違法な破壊行為による損傷発生時
- 想定以上に強い波浪により橋脚の損傷の可能性がある時

#### iv) 点検頻度について

点検頻度については、OM マニュアルにおいて、各構造物の重要度及び置かれた環境に応じて上記 Routine Inspection および Extended Inspection の頻度が決定されている。

それぞれの重要度及び環境状況について、以下に示す。

#### 構造物の重要度分類

- Class 1:** Where possible failure would have catastrophic consequences and/or where the serviceability of the structural member is of vital importance.
- Class 2:** Where possible failure might cost lives and/or where the serviceability of the structural member is of considerable importance.
- Class 3:** Where it is unlikely that possible partial failure would lead to fatal consequences and/or where a period with the structural member out of service could be tolerated.

#### 環境及び載荷状況分類

- Very severe:** The environment is aggressive and there is cyclic or fatigue loading.
- Severe:** The environment is aggressive, with static loading, or the environment is normal, with cyclic or fatigue loading.
- Normal:** The environment is normal, with static loading.

出典：BWSL 運用資料

表 4.34 重要度分類及び環境及び载荷状況分類

| Structural Component      | Structural Class | Environmental Condition |
|---------------------------|------------------|-------------------------|
| Piles                     | 1                | very severe             |
| Pile caps                 | 2                | severe                  |
| Piers                     | 1                | very severe             |
| Pylons                    | 1                | very severe             |
| Bridge bearings           | 2                | severe                  |
| Bridge deck               | 2                | severe                  |
| Stay cables               | 1                | very severe             |
| Stay anchorage            | 1                | very severe             |
| Abutments                 | 2                | severe                  |
| Concrete Kerb             | 3                | normal                  |
| Bituminous wearing course | 3                | normal                  |
| Concrete wearing course   | 3                | normal                  |
| Walkway wearing course    | 3                | normal                  |
| Expansion joints          | 2                | severe                  |
| Approach road and median  | 3                | normal                  |
| Control Building          | 2                | severe                  |
| Sub-station Building      | 2                | severe                  |

出典：BWSL 運用資料

表 4.35 各分類に対応した点検頻度一覧

| Environmental and Loading Conditions | Classes of Structure |                     |                    |                     |                             |                     |
|--------------------------------------|----------------------|---------------------|--------------------|---------------------|-----------------------------|---------------------|
|                                      | 1                    |                     | 2                  |                     | 3                           |                     |
|                                      | Routine Inspection   | Extended Inspection | Routine Inspection | Extended Inspection | Routine Inspection          | Extended Inspection |
| Very Severe                          | 2*                   | 2                   | 6*                 | 6                   | 10*                         | 10                  |
| Severe                               | 6*                   | 6                   | 10*                | 10                  | 10                          | -                   |
| Normal                               | 10*                  | 10                  | 10                 | -                   | Only Superficial Inspection |                     |

\* Midway between extended inspections

出典：BWSL 運用資料

なお、舗装点検（Bituminous wearing course）は、表面点検のみとされており具体的な点検頻度は決められていない。国道を管轄する NHAI では 2021 年 4 月に路面性状測定車両（NSV）を用い 6 か月ごとの舗装点検を義務化している。しかし、MEP 社によると BWSL は州道であり、未だ義務化はされていないことが確認できた。このようなことから、MEP 社へ本邦技術として NSV を紹介したところ大変関心を持ち、導入へ前向きな姿勢であったことも挙げられ、本邦技術の参入に期待できると考えられる。

### (c) 維持管理業務

維持管理作業は、i) Routine Maintenance ii) Major Maintenance/ Periodic Renewal iii) Special Repairs として分類されており、i), ii) については、MEP 社により実施されているが、iii) Special Repairs については、MSRDC 側から専門業者へ発注を行っている。

#### i) Routine Maintenance

Routine Maintenance は、MEP 社により実施されている日常的な維持管理業務であり、道路清掃、縁石塗装、レーンマーク、防護柵取り換え、標識照明取り換え、標識柱補修、ポットホール補修、伸縮接手部の補修が含まれている。

#### ii) Major Maintenance/ Periodic Renewal

MEP 社が実施する 3 年に 1 度の定期的な維持管理業務であり、主に下記の内容が含まれる。

##### 舗装補修

路面の平坦性を表す International Roughness Index (IRI) がコンセッションアグリーメントに定められており、その数値を規定値以上維持するために、IRI を専門業者へ依頼の上、Bump Integrator と呼ばれる機器を使用して測定を行っている。その測定後、マイクロサーフェシングやオーバーレイなどによる維持管理を行っている。また、中性化防止塗装（コンクリート塗装）についても、塩分環境を考慮して行っている。

なお、IRI の計測に用いられている Bump Integrator は、走行中に車輪の上下の動き（変位量）を計測する装置であり、相関式から IRI を推定するものである。

#### iii) Special Repair

想定される問題に対する補修方針と予防措置について維持管理マニュアルに定めているが、補修・修繕作業については、コンセッション契約には含まれておらず、MSRDC が専門業者へ発注を行っている。なお、MEP 社へのヒアリングの結果、供用開始から 10 年とまだ日が浅いことから、構造物の状態が健全であり大きな補修までは至っていないことが確認できた。

#### (d) 交通管理業務

BWSL の交通管理業務における運営・維持管理について以下に示す。

##### i) 道路パトロール

BWSL では、モーターサイクルによる道路巡回を常時 2 名で 3 シフトによる 24 時間体制で行っている。

##### ii) 路上設備及び交通管制室

BWSL は Closed Circuit Television（以下、CCTV という。）にて本線上を全線監視されており、料金所周辺や本線両側の道路照明柱などに約 160m 間隔で設置されている。また、橋梁桁下にも同様にセキュリティを目的とした CCTV が約 400m 間隔で設置されている。これらの CCTV の映像は、交通管制室にて常時モニタリングが行われている。図 4.46 交通管制室（CCTV 画像モニタリング状況）を示す。

一方、交通量計測装置（ATCC）による自動渋滞イベントの生成機能がないため、自路線での情報提供は手動にて行われている。また、接続している他路線（WEH、NH48）における広域交通情報の情報交換を行っていないため、本線上の可変式道路表示板（VMS）において、広域交通情報の提供ができない。

交通管制室のオペレーターは、24 時間 3 シフト交代の常時 2 名体制で、CCTV のモニタリングを行っている。前述のとおり、交通量計測装置（ATCC）による自動渋滞イベントの生成機能がないため、オペレーターが交通状況进行判断し、可変式道路表示板（VMS）へ手動にて交通情報イベントを入力している。



出典：インド国 ムンバイ横断道路建設事業準備調査

図 4.46 交通管制室例（CCTV 画像モニタリング状況）

路上設備及び交通管制室設置設備に関する維持管理内容及び周期について、付録 A3～保全点検表（路上設備、交通管制室）に整理した。

路上設備の点検周期については、概ね 1 ヶ月、3 ヶ月点検となっており、消耗品（キーボードやマウス）については毎週行うような規定になっている。

また、交通管制室については、概ね 2 週間、1 ヶ月点検となっている。無停電電源は、BATT の充放電点検 4～6 ヶ月（夏季期間は 2 ヶ月）点検を行う。ET 操作ユニットのみ毎日点検を行うようになっているが、「外観確認（清掃含む）」、「各種コネクタ、ケーブル類の接続確認」、「動作 LED 点灯状況確認」など運用前の始業確認のオペレーターが対応可能と思われる。

### iii) 管理用車両

一般的にインドにおけるコンセッション契約の中には、管理用車両や機材などの①道路パトロール車、②救急車、③牽引車を配備し、これらの業務を実施することが定められている。BWSL では沿線に救急施設があるため、救急車の配置は行っていないが、VWSL においては距離が長いため一定距離において救急車の配置が必要であると考えられる。

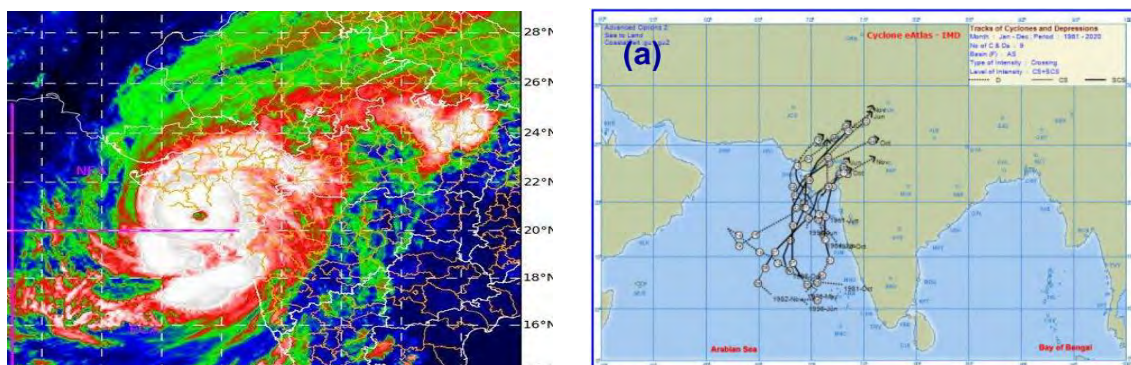
### iv) 防災対応

BWSL は、海上部に位置するため、サイクロン等気象の影響を強く受ける。2021 年 5 月にアラビア海沿岸を襲ったサイクロン Tauktae は、最大時には中心気圧 950hPa、中心最大風速 100mph（約 45m/s）の最も強いカテゴリ（Extremely Severe Cyclonic Storm（ESCS））であり、16 人が死亡する大きな被害を出した。

MEP 社へのヒアリングの結果、このサイクロンによって、BWSL は 5/17 10:00AM ～5/19 0:00PM まで通行止めを余儀なくされた。なお、コロナを除き、当該サイクロンを除く自然現象による通行止めを実施したことは無い状況である。これは、過去の気象現象としてムンバイ近郊へ接近したサイクロンを確認すると、最小カ

テゴリである CS (Cyclonic Storm : 風速約 27m/s~39m/s) 以上は 1961-2020 年の 60 年間で 8 回のみであり、BWSL が開業してからは初めてのサイクロン経験となったことと一致する。

一方で、MEP 社とのヒアリングでは、気象条件に伴う通行止め基準は設定していないとされていたことから、今後沿岸道路の管理上、今後もサイクロンや強風の影響を強く受け、都度通行止め作業・台風後の点検作業が発生することが想定されることから、予め強風等による通行止め基準を設けておく必要があると想定される。



出典 : Extremely Severe Cyclonic Storm TAUKTAE over the Arabian Sea (14th-19th May, 2021): A Report (IMD :India Meteorological Department)

図 4.47 サイクロン Tauktae の進路 (2021 年 5 月) (左)、1961 年から 2020 年までのムンバイ沿岸へのサイクロン到達軌跡 (右)

#### (e) 料金収受業務

##### i) 運用状況

BWSL の本線料金所は Bandra 側の本線料金所 1 箇所のみで、料金収受レーンは 16 レーン設置されている。インド国内においては、2019 年 2 月 16 日から全ての車両に対して FASTag (RFID TAG 方式) を取り付けることを義務化した。このことにより、国道の料金所においては、全レーンを FASTag (ETC) レーンとして運用を行っている。

また、一部現金支払いが可能な FASTag (ETC) ハイブリットレーンも設置されており、現金で通行する車両に対しては、2 倍の通行料を請求している。

インド国内の FASTag は日本の ETC (DSRC 方式) のようなノンストップで通過できる料金収受システムではなく、路側無線装置と FASTag 間で認識ができない場合もあり、料金ブース外スタッフが専用の機器を FASTag に向けて課金を行っている。このようなことから、料金所ではまだ少々の待ち渋滞が発生している状況である。

FASTag (ETC) ハイブリットレーン及び一般レーンの料金収受体制について示す。BWSL における体制は、監督員、料金ブース内スタッフ、料金ブース外スタッフ、警備員に分類されており、1 シフト 8 時間、3 交代で運用を行っている。下表に料金収受人員 1 シフト (8 時間) 時の料金収受人員構成を示す。



表 4.36 料金収受員構成

| 料金収受機器<br>料金収受員 | FASTag (ETC)<br>ハイブリットレーン | 一般レーン<br>(現金収受他) |
|-----------------|---------------------------|------------------|
| 監督員             | 4                         |                  |
| 料金ブース内スタッフ      | 14                        |                  |
| 料金ブース外スタッフ      | 20                        |                  |
| 警備員             | 35                        |                  |

出典：本調査

## ii) 維持管理

料金収受システムは、「レーンエリア装置」、「アイランドエリア装置」、「ブースエリア装置」、「プラザエリア装置」の 4 つのエリア毎に分かれて管理されている。これら装置類の点検は適切な周期に基づき実施することで、偶発故障、摩耗故障などの発生可能性を低減することが可能であり、料金収受システムを停止させることなく点検実施が可能な内容及びその周期が定められていた。料金収受システムの点検内容、周期について、付録 A3 に整理した。

点検周期は、1 ヶ月、2 ヶ月、3 ヶ月、6 ヶ月、12 ヶ月点検や毎日、毎週、2 週間など比較的短期間で行う点検は、ブースエリア、プラザエリアに集中しており、車両通過時の排気ガスによる汚損や埃、気候や環境に相関があるように思われる。

参考ではあるが、日本の ETC 路側機器の一部である車両検知器の点検は、2 ヶ月に 1 回点検を行っている。特に車両検知センサー部のガラス面はレーン通過時の排気ガスにより汚損されるため、入念な清掃を実施している。同様に車両通過時の振動などにより、各路側機器のコネクタや各種ケーブル類の接続に異常がないかなど外観確認が主な点検項目となっている。

## 4.9.2 ITS 設備設置に関する現況整理

当該項目では、BWSL に設置された ITS 設備の詳細について現況整理を行った。

## (1) 現状での設置状況

MSRDC が事業実施機関である BWSL は供用中の海上道路であり、将来 VBSL、VVSL 他との道路ネットワーク網として接続される路線である。この BWSL の ITS である交通管制システム、料金収受システムに関する現況整理を行う。

BWSL の ITS の導入企業は、下表のとおりである。

表 4.37 ITS 導入企業（BWSL）

|       |                                                       |
|-------|-------------------------------------------------------|
| 企業名   | EFKON GmbH                                            |
| 本社所在地 | ラーバ（オーストリア）                                           |
| 設立年   | 1994 年                                                |
| 代表者   | Norbert Hofmann                                       |
| 従業員数  | 約 72,900 人                                            |
| 事業内容  | 高度道路交通システム（ITS）、自動料金収受（ETC）といった交通テレマティックソリューションを提供する。 |

出典：EFCON HP

## (2) 交通管制システム

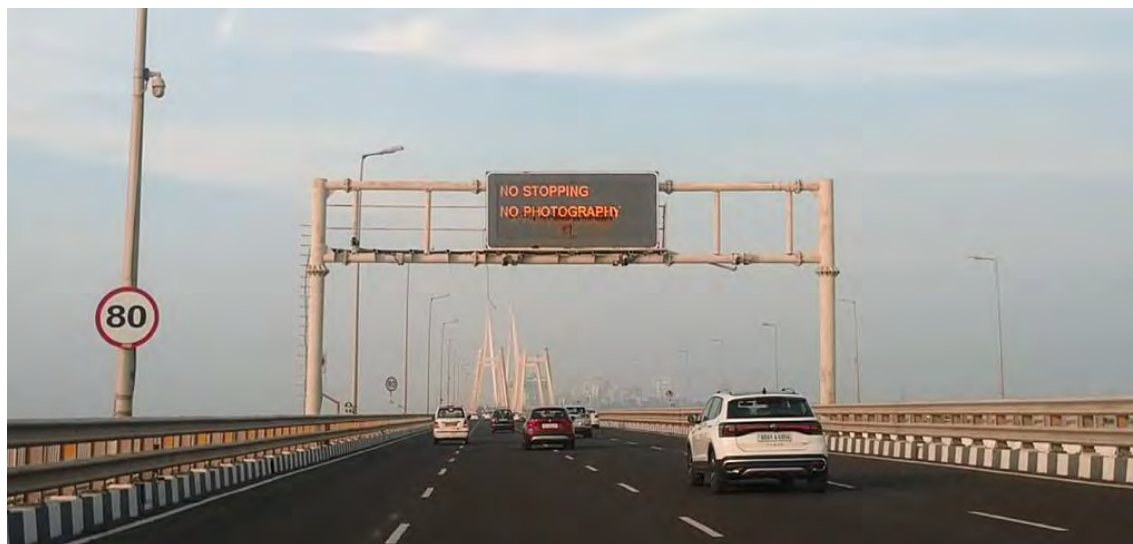
BWSL の交通管制システムは、EFKON 社製の Highway Traffic Monitoring System（以下、HTMS という。）を導入している。この HTMS は、路上設備と光伝送ネットワーク網にて構築されている。

CCTV を含むその他路上設備の設置状況について下表に示す。特徴として全長 5.7km+連絡道に対して、CCTV（路上）が 57 台設置されている。このことは、本線全線に対して CCTV により交通流の画像監視を行っていることが分かる。また、CCTV（桁下）設置は、現在のインド国において周辺国と緊張状態にあり、海上からの侵入などを監視するため、セキュリティを目的に設置されていると思われる。

表 4.38 路上設備設置状況

| 路上設備          | 設置数量 | 設置間隔   | 設置箇所                   |
|---------------|------|--------|------------------------|
| CCTV（路上）      | 57   | 約 160m | 路側支柱                   |
| CCTV（桁下）      | 15   | 約 400m | 中央分離帯下部                |
| 非常電話（ECB）     | 11   | 約 1km  | 路側                     |
| 可変式道路情報板（VMS） | 3    | —      | 流入側<br>料金所手前<br>両方向流入後 |
| 交通量計測装置（ATCC） | 2    | —      | 両方向の料金所<br>通過後         |
| 気象観測装置（MET）   | —    | —      | —                      |

出典：本調査



出典：本調査

図 4.48 BWSL 本線 ITS 機器設置状況

## (3) 料金収受システム

BWSL の料金所は Bandra 側の本線料金所 1 箇所のみでレーン数は 16 あり、内 14 レーンが FASTag（ETC）ハイブリットレーンとして運用されており、残りの 2 レーンが

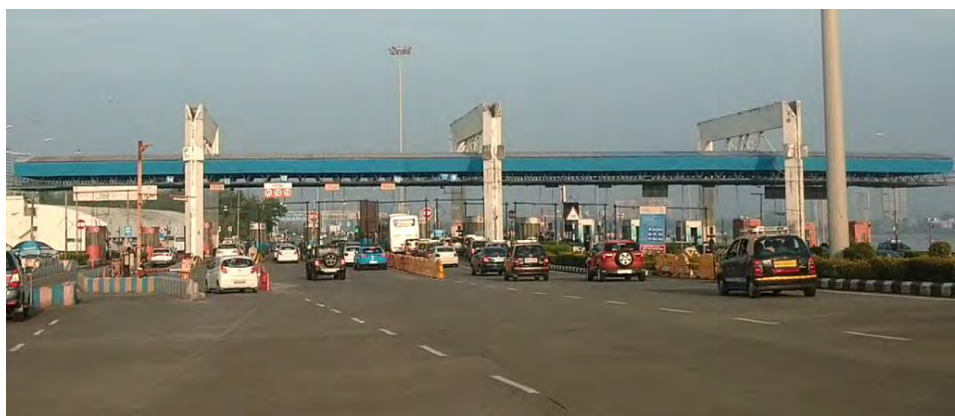
一般レーンとなっている。インド国内の ETC 規格は前述のとおり、RFID TAG 方式（FASTag）である。

料金収受システムは、交通管制システム同様、EFKON 社製の Toll Management System（以下、ETMS という。）を導入している。ETMS は、レーン側（路側装置）とコントロールルーム側に区別され、レーン側には路側無線装置及び料金ブース内のレーンコントローラによる料金収受処理とレーン監視を行うアプリケーションを備えている。コントロールルームはワークステーションで構成され、料金収入の管理、料金計算、料金所設備のモニタリングや収受員の不正監視などを行っている。

**表 4.39 設置状況（FASTag（ETC）レーン、ハイブリットレーン）**

|             | FASTag（ETC）ハイブリットレーン | 一般レーン<br>（現金収受他） |
|-------------|----------------------|------------------|
| BWSL（本線料金所） | 14                   | 2                |

出典：本調査



出典：本調査

**図 4.49 BWSL 本線料金所**

#### (4) 過年度業務における ITS 機器の配置計画（レビュー）

Pre-F/S では ITS の具体的な配置計画はなく、必要と思われる ITS システムの抽出および機能などの概念的な記述に留まっている。また、過年度において実施した JICA 調査報告書においては、対象道路における ITS 配置計画が記述されている。なお、現在建設中の VBSL の FS 報告書では具体的に設置する箇所が記載されており、VVSL の ITS 配置計画を考える上で参考になると思われる。

以下に Pre-F/S および過年度に実施した JICA 調査報告、VBSL FS 報告書の ITS 配置計画のレビューについて整理を行った

##### (a) Pre-F/S

前述のとおり ITS 配置計画はなく ITS の概念的な内容となっている。Pre-F/S における ITS システムレビューについて以下に示す。

### i) ITS システムの適用

VVSL の ITS については、各種センサー類の設置、通信ネットワーク、適応型交通管理システム、可変標識板、電子料金管理システムを実装する。また、交通管理センターでは、道路利用者に対してリアルタイムな情報提供と交通監視が行えるよう構築を行う。CCTV カメラは 300m 毎に設置し、本線状況の交通監視を行う。

### ii) ITS システムの応用分野

ITS においては、交通情報収集、分析、その分析結果に基づく情報提供が必要であり、それらの機器を設置する場所が交通運用管理、制御に重要な役割を果たすシステムとなる。以下にその 10 システムについて示す。

1. Adaptive Traffic Management System
2. Passenger Information System
3. Electronic Toll Collection System
4. Advanced Public Transportation System
5. Video Surveillance System for Road
6. Enforcement Camera for monitoring
7. Variable Message Signage for information Sharing
8. Emergency Response System
9. Advanced Communication System for Commuters
10. Digital Signage

### iii) ITS システムの機能

ここでは運輸当局が管理する技術システムである交通管理センター（TMC）の機能、役割（データ収集、データ送信、データ分析、旅行者情報）について記載されている。

以下に交通管理センターの機能、役割について示す。

#### データ収集

正確かつリアルタイムで広範囲な交通情報の迅速なデータ収集が必要不可欠であり、様々な ITS 機器を介して収集される。これらの機器は、GPS を活用した自動車両ロケーター、各種センサー、カメラ、通行料データなどを基に交通量、監視、移動速度、旅行時間、場所、車両重量、遅延など様々なデータをサーバにて記録し、分析のため大量データを保存する。

#### データ送信

リアルタイムな交通情報データは、高度道路交通システム実装における鍵である。この交通情報データは、各周辺道路などから交通管理センター（TMC）に送信され、その収集したデータを分析し、道路利用者に対してインターネット、SMS、セルラー通信、赤外線通信を活用した、交通情報の提供を行うものである。

#### データ分析

交通管理センターにて収集した各種データは、エラー修正、データクリーニング、データ合成など様々な処理を行った上で分析され、データ不整合の場合は

専用ソフトウェアにより識別され修正が行われる仕様となる。これらのデータはさらに処理されたのち蓄積される。蓄積されたデータは、交通渋滞予測などで活用される。

### 旅行者情報

旅行アドバイザーシステム（TAS）は、旅行中のユーザーに交通機関の最新情報を通知するために使用する。このシステムは、道路上における旅行時間、移動速度、遅延、事故、迂回路、作業区域の状態などのリアルタイム情報を配信する。これらの情報は、可変式道路情報板（VMS）、ハイウェイラジオ、インターネット、SMS、携帯電話による自動音声などの様々な電子デバイスにより配信される。

上記、「データ収集」、「データ送信」、「データ分析」、「旅行者情報」を導入することにより、VVSL のアクセスコントロールが可能と思われる。しかし、VVSL の建設計画には、ムンバイ周辺道路における道路ネットワーク網の整備、交通渋滞の解消などを担っている。前述のデータ送信のとおり、VVSL への広域情報提供を行うためには、ムンバイ周辺道路との広域情報交換が必要である。よって、WEH、BWSL、建設中の VBSL、MTHL、Sewri、MCRP などの各路線における広域交通情報交換がアクセスコントロールを考える上で重要となる。



出典：Pre - FS 報告書

図 4.50 交通管理センターの例（TMC）

### (b) 過年度 JICA 調査報告書及び VBSL FS 報告書

過年度に実施した JICA 調査報告書における「システム概要」、「交通管制システム（装置）」、「配置計画」、「交通管制システム構成」について、過年度 JICA 報告書レビューに整理した。

また、同様に現在 MSRDC の事業として建設中の VBSL の ITS 配置計画についても VBSL FS 報告書レビュー（ITS 配置計画）に整理した。



#### i) 過年度 JICA 調査報告書レビュー

- システム概要

システム概要の中では主に交通管制システムにおける概念的なことが記載されている。

- 交通管制システム（道路を安全かつ効率的に管理するための支援システム）

交通管制システムは、主に情報収集系、情報提供系、通信システム、無停電電源装置、交通管制センターにより構成

- 交通管制システム（装置）

交通管制システム（装置）の中では、主に前述のシステム概要の情報収集系、情報提供系などの導入する装置類の機能と目的について整理されていた。

主な装置類は以下のとおりである。

- ・ CCTV（路上、桁下）
- ・ 気象観測（MET）
- ・ 非常電話（ECB）
- ・ 交通量計測装置（ACTT）
- ・ 可変式道路情報板（VMS）
- ・ 画像事象検知（VIDS）

- 配置計画

海上道路（MTHL）とインド国内の陸上道路（ORR～ハイデラバド外郭環状道路事業 Hyderabad Outer Ring Road Project、EPE～デリー周辺外環道路 Eastern Peripheral Expressway:EPE）では道路特性や環境などが違うことから、同じ装置が設置されていても、設置間隔や用途が違う装置も確認できた。

前述の「(4)ITS 設備設置に関する現況」においても、BWSL では、CCTV による交通流監視（全線）、桁下には気象の影響による海上確認及びテロなどを監視するためのセキュリティ目的とした CCTV が設置されており、MTHL も同じ海上道路であることから、CCTV の設置に関しては概ね踏襲していると思われる。

JICA 報告書及び BWSL の配置計画について下表に示す。

- 交通管制システムの構成

交通管制システムの構成は、MTHL、EPE とともに本線に光ファイバーケーブルを敷設し、交通管制室を中心とした光伝送装置によるネットワーク（リング構成）が構成させている。仮に光伝送装置～光伝送装置間で光ファイバーケーブルが切断されても、情報収集、情報提供に影響のないネットワーク構成を構築する計画となっていた。同様に交通管制室側に設置する各種サーバ類も装置故障などを想定し、二重化によるバックアップ構成による構築を計画している。

また、ORR の光伝送装置のネットワーク（リング構成）は MTHL、EPE と考え方は一緒であるが、交通管制室に設置する各種サーバ類は二重化によるバック

アップではなく、交通管制室（メイン）と交通管制室（サブ）の別の建物に各々サーバ類を設置し、メインとサブ間において、二重化によるバックアップを構築していた。この構成は、サーバ類の障害だけでなく、自然災害（火災、水害、地震など）が発生した際に非常に有効であると考ええる。

表 4.40 ITS 配置計画一覧表

| 路線別           | BWSL           |                      | MTHL                                    |                          | ORR  |              | EPE  |           |
|---------------|----------------|----------------------|-----------------------------------------|--------------------------|------|--------------|------|-----------|
|               | 設置間隔           | 設置箇所                 | 設置間隔                                    | 設置箇所                     | 設置間隔 | 設置箇所         | 設置間隔 | 設置箇所      |
| CCTV（路上）      | 約 160m         | 路側支柱                 | 約 333m                                  | 路側支柱                     | —    | IC と JCT 合流部 | —    | IC 間 1 箇所 |
| CCTV（桁下）      | 約 400m         | 中央分離帯下部              | 約 1km                                   | 中央分離帯下部                  | —    | —            | —    | —         |
| 気象観測（MET）     | —              | —                    | 約 7km                                   | 路側                       | —    | 各 IC 内       | —    | 各 IC 内    |
| 非常電話（ECB）     | 約 1km          | 両路側                  | 約 1km                                   | 11                       | 1km  | 両路側          | —    | ※4        |
| 交通量計測装置（ACTT） | —              | 両方向の料金所通過後           | —                                       | Shivaji Nagar IC の前後（本線） | —    | 各 IC 間       | —    | 各 IC 間    |
| 可変式道路情報板（VMS） | 料金所手前<br>本線流入後 | 流入側:料金所手前<br>両方向の流入後 | 流入前:1.5km<br>流入後<br>Shivaji Nagar IC 手前 | ※1                       | —    | ※2           | —    | ※3        |
| 画像事象検知（VIDS）  | —              | —                    | —                                       | —                        | —    | —            | —    | ブラックスポット  |

※1 Chirle→Mumbai 流入側:料金所手前 Sewri→Navi Mumbai 両方向の流入後 Shivaji Nagar IC 手前（一般道）移動型情報板（管理車両ルーフ）

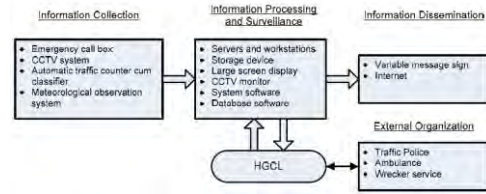
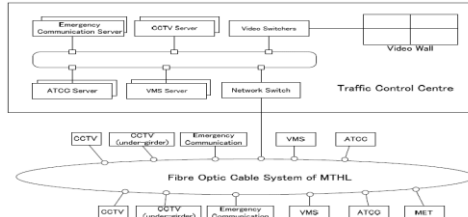
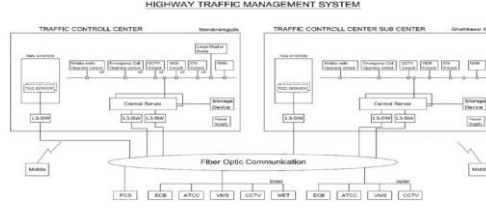
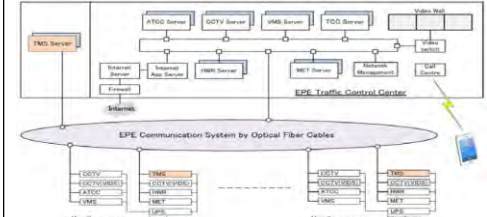
※2 IC 出口ランプ上流側 ORR と接続する国道 IC 手前

※3 本線情報板（IC 出口部 200m 手前付近）IC 入口情報板（大型（EPE 外側:IC 入口手前 100m 付近））

IC 入口情報板（小型（EPE 内側:IC 入口手前 100m 付近））

※4 ハイウェイ緊急番号” 1033” 導入済

表 4.41 過年度 JICA 報告書における交通管制システムの構成例

| 路線名                                                | MTHL                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | ORR                                                                                                                                                                                                                                                                            | EPE                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                              |                     |                                                   |                                     |                                            |                 |                             |               |                                                    |             |                                |                                      |       |           |              |       |                                         |                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |    |       |        |                                                        |         |                                                      |                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        |                                                      |        |                                 |                         |                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         |       |                |                       |                |                   |                  |                       |                |                                                                                                    |                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |              |                      |                |                                                         |                        |                 |                |                         |          |                     |                      |                     |                |                                                      |    |                     |         |     |              |         |    |                |                     |   |         |                        |   |            |                              |       |          |                         |     |          |                          |    |
|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------|---------------------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------------|-----------------|-----------------------------|---------------|----------------------------------------------------|-------------|--------------------------------|--------------------------------------|-------|-----------|--------------|-------|-----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|-------|--------|--------------------------------------------------------|---------|------------------------------------------------------|---------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|------------------------------------------------------|--------|---------------------------------|-------------------------|--------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-------|----------------|-----------------------|----------------|-------------------|------------------|-----------------------|----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|----------------------|----------------|---------------------------------------------------------|------------------------|-----------------|----------------|-------------------------|----------|---------------------|----------------------|---------------------|----------------|------------------------------------------------------|----|---------------------|---------|-----|--------------|---------|----|----------------|---------------------|---|---------|------------------------|---|------------|------------------------------|-------|----------|-------------------------|-----|----------|--------------------------|----|
| システム概要                                             | <p>・交通管制システムは、情報収集系設備(CCTV、ECB、ATCC、気象観測装置(以下、METとする。))と情報提供系設備(VMS)で構成。</p> <p>・CCTVは1km当たり3箇所程度で配置され、ほぼ全線を監視可能。</p> <p>・非常電話・気象観測装置・交通量計測装置の情報も管制センターにおいて収集。収集された情報が情報板に表示。</p> <p>・情報は、MTHLに敷設する光ファイバーケーブルを媒体として交通管制センターに伝送。</p>  <p>図1-1概念的システム構成</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | <p>・交通管制システムは情報収集系、情報監視処理系、情報提供系の3つで構成。</p> <p>・情報収集系システムは、ORRに沿って設置される様々なセンサーによって、ORRにおける交通状況、路面状況、気象状況を収集する。これらの装置で収集されたデータはHTMSシステム下にあるデジタル伝送装置によって交通管制センターに送付。</p>  <p>図2-1概念的システム構成</p> | <p>・ATMSは、道路状況、交通状況や気象情報を交通管制センターで収集し、必要な道路、交通、気象情報を道路利用者に24時間365日間提供することにより、安全で円滑な交通を確保することを目的とした。</p> <p>・情報収集系機器、情報提供系機器、通信システム、無停電電源装置、交通管制センターの5つで構成。</p>  <p>図3-1概念的システム構成</p> |                                              |                     |                                                   |                                     |                                            |                 |                             |               |                                                    |             |                                |                                      |       |           |              |       |                                         |                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |    |       |        |                                                        |         |                                                      |                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        |                                                      |        |                                 |                         |                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         |       |                |                       |                |                   |                  |                       |                |                                                                                                    |                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |              |                      |                |                                                         |                        |                 |                |                         |          |                     |                      |                     |                |                                                      |    |                     |         |     |              |         |    |                |                     |   |         |                        |   |            |                              |       |          |                         |     |          |                          |    |
| 交通管制システム                                           | <p>交通管制システムを構成する情報収集システム及び情報提供システム</p> <p>表1-1.情報収集システム及び情報提供システム</p> <table><tr><th>設置名</th><th>目的/機能</th></tr><tr><td>CCTV: on-road<br/>(Closed Circuit Television)</td><td>・本線の交通流監視、渋滞・事故等の監視</td></tr><tr><td>CCTV: under-girder<br/>(Closed Circuit Television)</td><td>・交通管制センター側からの遠隔監視機能によるズーム・発着等の操作が可能</td></tr><tr><td>MET<br/>(Meteorological Observation System)</td><td>・橋梁下部においてテロ等の監視</td></tr><tr><td>ECB<br/>(Emergency Call Box)</td><td>・ムンバイ南気象状況の監視</td></tr><tr><td>ATCC<br/>(Automatic Traffic Counter-cum-Classifier)</td><td>・雨量、風、風向風速等</td></tr><tr><td>VMS<br/>(Variable Message Sign)</td><td>・災害、故障、事故等における救急時、交通管制センターへの連絡支援システム</td></tr><tr><td></td><td>・本線交通量の計測</td></tr><tr><td></td><td>・車種分類</td></tr><tr><td></td><td>・道路利用者に対する道路状況・天候等の情報提供</td></tr></table> | 設置名                                                                                                                                                                                                                                                                            | 目的/機能                                                                                                                                                                                                                                                                   | CCTV: on-road<br>(Closed Circuit Television) | ・本線の交通流監視、渋滞・事故等の監視 | CCTV: under-girder<br>(Closed Circuit Television) | ・交通管制センター側からの遠隔監視機能によるズーム・発着等の操作が可能 | MET<br>(Meteorological Observation System) | ・橋梁下部においてテロ等の監視 | ECB<br>(Emergency Call Box) | ・ムンバイ南気象状況の監視 | ATCC<br>(Automatic Traffic Counter-cum-Classifier) | ・雨量、風、風向風速等 | VMS<br>(Variable Message Sign) | ・災害、故障、事故等における救急時、交通管制センターへの連絡支援システム |       | ・本線交通量の計測 |              | ・車種分類 |                                         | ・道路利用者に対する道路状況・天候等の情報提供                                                          | <p>高速道路交通管制システムは、情報を集める普及するための様々な路上設備が存在する。表2-1に要約する。これらの装置は、光ケーブルを使用したデータ送信システムを、データセンターとこれらの場所の装置とを接続するため、ORRに沿って設置される予定。</p> <p>表2-1.情報収集システム及び情報提供システム</p> <table><tr><th>設備</th><th>機能/目的</th></tr><tr><td>非常電話装置</td><td>災害、故障その他の事故の時の支援として、ORR利用者や交通マネジメント組織間の情報伝達ツールを提供するもの。</td></tr><tr><td>CCTV 装置</td><td>ORRの重要な部分における交通流を監視する。自動的に事故を検出し、オペレーターの行動のために警報を出す。</td></tr><tr><td>交通量計測装置</td><td>ORR IC間のそれぞれの区間において、交通量を計測する。</td></tr><tr><td>気象観測装置</td><td>雨量、降水、風速、風向、視程を検出する。VMSを通じて悪化の道路状況を ORR 利用者に知らせ警告する。</td></tr><tr><td>可変式情報板</td><td>ORR 利用者による、道路、天候状況その他の他の情報を伝える。</td></tr><tr><td>光ファイバーケーブル<br/>とデジタル伝送装置</td><td>ORR の HTMS 機器を TCC 及び TCC-Sub-Center に情報伝送するための光ファイバーケーブルを利用したシステム</td></tr></table> | 設備 | 機能/目的 | 非常電話装置 | 災害、故障その他の事故の時の支援として、ORR利用者や交通マネジメント組織間の情報伝達ツールを提供するもの。 | CCTV 装置 | ORRの重要な部分における交通流を監視する。自動的に事故を検出し、オペレーターの行動のために警報を出す。 | 交通量計測装置                   | ORR IC間のそれぞれの区間において、交通量を計測する。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 気象観測装置 | 雨量、降水、風速、風向、視程を検出する。VMSを通じて悪化の道路状況を ORR 利用者に知らせ警告する。 | 可変式情報板 | ORR 利用者による、道路、天候状況その他の他の情報を伝える。 | 光ファイバーケーブル<br>とデジタル伝送装置 | ORR の HTMS 機器を TCC 及び TCC-Sub-Center に情報伝送するための光ファイバーケーブルを利用したシステム | <p>表3-1.情報収集システム及び情報提供システム他</p> <table><tr><th>設備</th><th>機能/目的</th></tr><tr><td>交通監視カメラ (CCTV)</td><td>道路を走行する車両を撮影し、その映像を出力</td></tr><tr><td>異常監視カメラ (VIDS)</td><td>異常検知時に交通管制センターに通知</td></tr><tr><td>交通量計測装置 (ATCC)</td><td>大型車と小型車の交通量、速度、占有率を検出</td></tr><tr><td>可変式道路情報板 (VMS)</td><td>渋滞、所要時間、事故、気象状況等の情報を視覚的に提供</td></tr><tr><td>移動型情報板 (Mobile VMS)</td><td>二次災害の防止を目的 (道路工事や事故処理など作業中であることを上流側の車両に伝達)</td></tr><tr><td>気象観測装置 (MET)</td><td>道路管理上必要となる気象情報を即時に把握</td></tr><tr><td>ハイウェイラジオ (HWR)</td><td>3 言語(Hindi, English, Regional Language)を用いた音声による交通情報の提供</td></tr><tr><td>インターネット</td><td>交通情報を提供、通行料金を検索</td></tr><tr><td>光ファイバーケーブル</td><td>道路の両側に光ケーブルを設置</td></tr><tr><td>伝送システム機器</td><td>自動的に代替ケーブルに切替る機能を果た</td></tr><tr><td>電源供給システム</td><td>各機器に電源ケーブルを接続し電気を供給</td></tr></table> | 設備                      | 機能/目的 | 交通監視カメラ (CCTV) | 道路を走行する車両を撮影し、その映像を出力 | 異常監視カメラ (VIDS) | 異常検知時に交通管制センターに通知 | 交通量計測装置 (ATCC)   | 大型車と小型車の交通量、速度、占有率を検出 | 可変式道路情報板 (VMS) | 渋滞、所要時間、事故、気象状況等の情報を視覚的に提供                                                                         | 移動型情報板 (Mobile VMS) | 二次災害の防止を目的 (道路工事や事故処理など作業中であることを上流側の車両に伝達)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 気象観測装置 (MET) | 道路管理上必要となる気象情報を即時に把握 | ハイウェイラジオ (HWR) | 3 言語(Hindi, English, Regional Language)を用いた音声による交通情報の提供 | インターネット                | 交通情報を提供、通行料金を検索 | 光ファイバーケーブル     | 道路の両側に光ケーブルを設置          | 伝送システム機器 | 自動的に代替ケーブルに切替る機能を果た | 電源供給システム             | 各機器に電源ケーブルを接続し電気を供給 |                |                                                      |    |                     |         |     |              |         |    |                |                     |   |         |                        |   |            |                              |       |          |                         |     |          |                          |    |
| 設置名                                                | 目的/機能                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                              |                     |                                                   |                                     |                                            |                 |                             |               |                                                    |             |                                |                                      |       |           |              |       |                                         |                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |    |       |        |                                                        |         |                                                      |                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        |                                                      |        |                                 |                         |                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         |       |                |                       |                |                   |                  |                       |                |                                                                                                    |                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |              |                      |                |                                                         |                        |                 |                |                         |          |                     |                      |                     |                |                                                      |    |                     |         |     |              |         |    |                |                     |   |         |                        |   |            |                              |       |          |                         |     |          |                          |    |
| CCTV: on-road<br>(Closed Circuit Television)       | ・本線の交通流監視、渋滞・事故等の監視                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                              |                     |                                                   |                                     |                                            |                 |                             |               |                                                    |             |                                |                                      |       |           |              |       |                                         |                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |    |       |        |                                                        |         |                                                      |                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        |                                                      |        |                                 |                         |                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         |       |                |                       |                |                   |                  |                       |                |                                                                                                    |                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |              |                      |                |                                                         |                        |                 |                |                         |          |                     |                      |                     |                |                                                      |    |                     |         |     |              |         |    |                |                     |   |         |                        |   |            |                              |       |          |                         |     |          |                          |    |
| CCTV: under-girder<br>(Closed Circuit Television)  | ・交通管制センター側からの遠隔監視機能によるズーム・発着等の操作が可能                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                              |                     |                                                   |                                     |                                            |                 |                             |               |                                                    |             |                                |                                      |       |           |              |       |                                         |                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |    |       |        |                                                        |         |                                                      |                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        |                                                      |        |                                 |                         |                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         |       |                |                       |                |                   |                  |                       |                |                                                                                                    |                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |              |                      |                |                                                         |                        |                 |                |                         |          |                     |                      |                     |                |                                                      |    |                     |         |     |              |         |    |                |                     |   |         |                        |   |            |                              |       |          |                         |     |          |                          |    |
| MET<br>(Meteorological Observation System)         | ・橋梁下部においてテロ等の監視                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                              |                     |                                                   |                                     |                                            |                 |                             |               |                                                    |             |                                |                                      |       |           |              |       |                                         |                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |    |       |        |                                                        |         |                                                      |                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        |                                                      |        |                                 |                         |                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         |       |                |                       |                |                   |                  |                       |                |                                                                                                    |                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |              |                      |                |                                                         |                        |                 |                |                         |          |                     |                      |                     |                |                                                      |    |                     |         |     |              |         |    |                |                     |   |         |                        |   |            |                              |       |          |                         |     |          |                          |    |
| ECB<br>(Emergency Call Box)                        | ・ムンバイ南気象状況の監視                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                              |                     |                                                   |                                     |                                            |                 |                             |               |                                                    |             |                                |                                      |       |           |              |       |                                         |                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |    |       |        |                                                        |         |                                                      |                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        |                                                      |        |                                 |                         |                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         |       |                |                       |                |                   |                  |                       |                |                                                                                                    |                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |              |                      |                |                                                         |                        |                 |                |                         |          |                     |                      |                     |                |                                                      |    |                     |         |     |              |         |    |                |                     |   |         |                        |   |            |                              |       |          |                         |     |          |                          |    |
| ATCC<br>(Automatic Traffic Counter-cum-Classifier) | ・雨量、風、風向風速等                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                              |                     |                                                   |                                     |                                            |                 |                             |               |                                                    |             |                                |                                      |       |           |              |       |                                         |                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |    |       |        |                                                        |         |                                                      |                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        |                                                      |        |                                 |                         |                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         |       |                |                       |                |                   |                  |                       |                |                                                                                                    |                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |              |                      |                |                                                         |                        |                 |                |                         |          |                     |                      |                     |                |                                                      |    |                     |         |     |              |         |    |                |                     |   |         |                        |   |            |                              |       |          |                         |     |          |                          |    |
| VMS<br>(Variable Message Sign)                     | ・災害、故障、事故等における救急時、交通管制センターへの連絡支援システム                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                              |                     |                                                   |                                     |                                            |                 |                             |               |                                                    |             |                                |                                      |       |           |              |       |                                         |                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |    |       |        |                                                        |         |                                                      |                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        |                                                      |        |                                 |                         |                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         |       |                |                       |                |                   |                  |                       |                |                                                                                                    |                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |              |                      |                |                                                         |                        |                 |                |                         |          |                     |                      |                     |                |                                                      |    |                     |         |     |              |         |    |                |                     |   |         |                        |   |            |                              |       |          |                         |     |          |                          |    |
|                                                    | ・本線交通量の計測                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                              |                     |                                                   |                                     |                                            |                 |                             |               |                                                    |             |                                |                                      |       |           |              |       |                                         |                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |    |       |        |                                                        |         |                                                      |                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        |                                                      |        |                                 |                         |                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         |       |                |                       |                |                   |                  |                       |                |                                                                                                    |                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |              |                      |                |                                                         |                        |                 |                |                         |          |                     |                      |                     |                |                                                      |    |                     |         |     |              |         |    |                |                     |   |         |                        |   |            |                              |       |          |                         |     |          |                          |    |
|                                                    | ・車種分類                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                              |                     |                                                   |                                     |                                            |                 |                             |               |                                                    |             |                                |                                      |       |           |              |       |                                         |                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |    |       |        |                                                        |         |                                                      |                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        |                                                      |        |                                 |                         |                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         |       |                |                       |                |                   |                  |                       |                |                                                                                                    |                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |              |                      |                |                                                         |                        |                 |                |                         |          |                     |                      |                     |                |                                                      |    |                     |         |     |              |         |    |                |                     |   |         |                        |   |            |                              |       |          |                         |     |          |                          |    |
|                                                    | ・道路利用者に対する道路状況・天候等の情報提供                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                              |                     |                                                   |                                     |                                            |                 |                             |               |                                                    |             |                                |                                      |       |           |              |       |                                         |                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |    |       |        |                                                        |         |                                                      |                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        |                                                      |        |                                 |                         |                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         |       |                |                       |                |                   |                  |                       |                |                                                                                                    |                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |              |                      |                |                                                         |                        |                 |                |                         |          |                     |                      |                     |                |                                                      |    |                     |         |     |              |         |    |                |                     |   |         |                        |   |            |                              |       |          |                         |     |          |                          |    |
| 設備                                                 | 機能/目的                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                              |                     |                                                   |                                     |                                            |                 |                             |               |                                                    |             |                                |                                      |       |           |              |       |                                         |                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |    |       |        |                                                        |         |                                                      |                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        |                                                      |        |                                 |                         |                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         |       |                |                       |                |                   |                  |                       |                |                                                                                                    |                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |              |                      |                |                                                         |                        |                 |                |                         |          |                     |                      |                     |                |                                                      |    |                     |         |     |              |         |    |                |                     |   |         |                        |   |            |                              |       |          |                         |     |          |                          |    |
| 非常電話装置                                             | 災害、故障その他の事故の時の支援として、ORR利用者や交通マネジメント組織間の情報伝達ツールを提供するもの。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                              |                     |                                                   |                                     |                                            |                 |                             |               |                                                    |             |                                |                                      |       |           |              |       |                                         |                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |    |       |        |                                                        |         |                                                      |                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        |                                                      |        |                                 |                         |                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         |       |                |                       |                |                   |                  |                       |                |                                                                                                    |                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |              |                      |                |                                                         |                        |                 |                |                         |          |                     |                      |                     |                |                                                      |    |                     |         |     |              |         |    |                |                     |   |         |                        |   |            |                              |       |          |                         |     |          |                          |    |
| CCTV 装置                                            | ORRの重要な部分における交通流を監視する。自動的に事故を検出し、オペレーターの行動のために警報を出す。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                              |                     |                                                   |                                     |                                            |                 |                             |               |                                                    |             |                                |                                      |       |           |              |       |                                         |                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |    |       |        |                                                        |         |                                                      |                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        |                                                      |        |                                 |                         |                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         |       |                |                       |                |                   |                  |                       |                |                                                                                                    |                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |              |                      |                |                                                         |                        |                 |                |                         |          |                     |                      |                     |                |                                                      |    |                     |         |     |              |         |    |                |                     |   |         |                        |   |            |                              |       |          |                         |     |          |                          |    |
| 交通量計測装置                                            | ORR IC間のそれぞれの区間において、交通量を計測する。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                              |                     |                                                   |                                     |                                            |                 |                             |               |                                                    |             |                                |                                      |       |           |              |       |                                         |                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |    |       |        |                                                        |         |                                                      |                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        |                                                      |        |                                 |                         |                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         |       |                |                       |                |                   |                  |                       |                |                                                                                                    |                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |              |                      |                |                                                         |                        |                 |                |                         |          |                     |                      |                     |                |                                                      |    |                     |         |     |              |         |    |                |                     |   |         |                        |   |            |                              |       |          |                         |     |          |                          |    |
| 気象観測装置                                             | 雨量、降水、風速、風向、視程を検出する。VMSを通じて悪化の道路状況を ORR 利用者に知らせ警告する。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                              |                     |                                                   |                                     |                                            |                 |                             |               |                                                    |             |                                |                                      |       |           |              |       |                                         |                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |    |       |        |                                                        |         |                                                      |                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        |                                                      |        |                                 |                         |                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         |       |                |                       |                |                   |                  |                       |                |                                                                                                    |                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |              |                      |                |                                                         |                        |                 |                |                         |          |                     |                      |                     |                |                                                      |    |                     |         |     |              |         |    |                |                     |   |         |                        |   |            |                              |       |          |                         |     |          |                          |    |
| 可変式情報板                                             | ORR 利用者による、道路、天候状況その他の他の情報を伝える。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                              |                     |                                                   |                                     |                                            |                 |                             |               |                                                    |             |                                |                                      |       |           |              |       |                                         |                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |    |       |        |                                                        |         |                                                      |                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        |                                                      |        |                                 |                         |                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         |       |                |                       |                |                   |                  |                       |                |                                                                                                    |                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |              |                      |                |                                                         |                        |                 |                |                         |          |                     |                      |                     |                |                                                      |    |                     |         |     |              |         |    |                |                     |   |         |                        |   |            |                              |       |          |                         |     |          |                          |    |
| 光ファイバーケーブル<br>とデジタル伝送装置                            | ORR の HTMS 機器を TCC 及び TCC-Sub-Center に情報伝送するための光ファイバーケーブルを利用したシステム                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                              |                     |                                                   |                                     |                                            |                 |                             |               |                                                    |             |                                |                                      |       |           |              |       |                                         |                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |    |       |        |                                                        |         |                                                      |                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        |                                                      |        |                                 |                         |                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         |       |                |                       |                |                   |                  |                       |                |                                                                                                    |                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |              |                      |                |                                                         |                        |                 |                |                         |          |                     |                      |                     |                |                                                      |    |                     |         |     |              |         |    |                |                     |   |         |                        |   |            |                              |       |          |                         |     |          |                          |    |
| 設備                                                 | 機能/目的                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                              |                     |                                                   |                                     |                                            |                 |                             |               |                                                    |             |                                |                                      |       |           |              |       |                                         |                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |    |       |        |                                                        |         |                                                      |                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        |                                                      |        |                                 |                         |                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         |       |                |                       |                |                   |                  |                       |                |                                                                                                    |                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |              |                      |                |                                                         |                        |                 |                |                         |          |                     |                      |                     |                |                                                      |    |                     |         |     |              |         |    |                |                     |   |         |                        |   |            |                              |       |          |                         |     |          |                          |    |
| 交通監視カメラ (CCTV)                                     | 道路を走行する車両を撮影し、その映像を出力                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                              |                     |                                                   |                                     |                                            |                 |                             |               |                                                    |             |                                |                                      |       |           |              |       |                                         |                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |    |       |        |                                                        |         |                                                      |                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        |                                                      |        |                                 |                         |                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         |       |                |                       |                |                   |                  |                       |                |                                                                                                    |                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |              |                      |                |                                                         |                        |                 |                |                         |          |                     |                      |                     |                |                                                      |    |                     |         |     |              |         |    |                |                     |   |         |                        |   |            |                              |       |          |                         |     |          |                          |    |
| 異常監視カメラ (VIDS)                                     | 異常検知時に交通管制センターに通知                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                              |                     |                                                   |                                     |                                            |                 |                             |               |                                                    |             |                                |                                      |       |           |              |       |                                         |                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |    |       |        |                                                        |         |                                                      |                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        |                                                      |        |                                 |                         |                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         |       |                |                       |                |                   |                  |                       |                |                                                                                                    |                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |              |                      |                |                                                         |                        |                 |                |                         |          |                     |                      |                     |                |                                                      |    |                     |         |     |              |         |    |                |                     |   |         |                        |   |            |                              |       |          |                         |     |          |                          |    |
| 交通量計測装置 (ATCC)                                     | 大型車と小型車の交通量、速度、占有率を検出                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                              |                     |                                                   |                                     |                                            |                 |                             |               |                                                    |             |                                |                                      |       |           |              |       |                                         |                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |    |       |        |                                                        |         |                                                      |                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        |                                                      |        |                                 |                         |                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         |       |                |                       |                |                   |                  |                       |                |                                                                                                    |                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |              |                      |                |                                                         |                        |                 |                |                         |          |                     |                      |                     |                |                                                      |    |                     |         |     |              |         |    |                |                     |   |         |                        |   |            |                              |       |          |                         |     |          |                          |    |
| 可変式道路情報板 (VMS)                                     | 渋滞、所要時間、事故、気象状況等の情報を視覚的に提供                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                              |                     |                                                   |                                     |                                            |                 |                             |               |                                                    |             |                                |                                      |       |           |              |       |                                         |                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |    |       |        |                                                        |         |                                                      |                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        |                                                      |        |                                 |                         |                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         |       |                |                       |                |                   |                  |                       |                |                                                                                                    |                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |              |                      |                |                                                         |                        |                 |                |                         |          |                     |                      |                     |                |                                                      |    |                     |         |     |              |         |    |                |                     |   |         |                        |   |            |                              |       |          |                         |     |          |                          |    |
| 移動型情報板 (Mobile VMS)                                | 二次災害の防止を目的 (道路工事や事故処理など作業中であることを上流側の車両に伝達)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                              |                     |                                                   |                                     |                                            |                 |                             |               |                                                    |             |                                |                                      |       |           |              |       |                                         |                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |    |       |        |                                                        |         |                                                      |                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        |                                                      |        |                                 |                         |                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         |       |                |                       |                |                   |                  |                       |                |                                                                                                    |                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |              |                      |                |                                                         |                        |                 |                |                         |          |                     |                      |                     |                |                                                      |    |                     |         |     |              |         |    |                |                     |   |         |                        |   |            |                              |       |          |                         |     |          |                          |    |
| 気象観測装置 (MET)                                       | 道路管理上必要となる気象情報を即時に把握                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                              |                     |                                                   |                                     |                                            |                 |                             |               |                                                    |             |                                |                                      |       |           |              |       |                                         |                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |    |       |        |                                                        |         |                                                      |                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        |                                                      |        |                                 |                         |                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         |       |                |                       |                |                   |                  |                       |                |                                                                                                    |                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |              |                      |                |                                                         |                        |                 |                |                         |          |                     |                      |                     |                |                                                      |    |                     |         |     |              |         |    |                |                     |   |         |                        |   |            |                              |       |          |                         |     |          |                          |    |
| ハイウェイラジオ (HWR)                                     | 3 言語(Hindi, English, Regional Language)を用いた音声による交通情報の提供                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                              |                     |                                                   |                                     |                                            |                 |                             |               |                                                    |             |                                |                                      |       |           |              |       |                                         |                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |    |       |        |                                                        |         |                                                      |                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        |                                                      |        |                                 |                         |                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         |       |                |                       |                |                   |                  |                       |                |                                                                                                    |                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |              |                      |                |                                                         |                        |                 |                |                         |          |                     |                      |                     |                |                                                      |    |                     |         |     |              |         |    |                |                     |   |         |                        |   |            |                              |       |          |                         |     |          |                          |    |
| インターネット                                            | 交通情報を提供、通行料金を検索                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                              |                     |                                                   |                                     |                                            |                 |                             |               |                                                    |             |                                |                                      |       |           |              |       |                                         |                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |    |       |        |                                                        |         |                                                      |                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        |                                                      |        |                                 |                         |                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         |       |                |                       |                |                   |                  |                       |                |                                                                                                    |                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |              |                      |                |                                                         |                        |                 |                |                         |          |                     |                      |                     |                |                                                      |    |                     |         |     |              |         |    |                |                     |   |         |                        |   |            |                              |       |          |                         |     |          |                          |    |
| 光ファイバーケーブル                                         | 道路の両側に光ケーブルを設置                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                              |                     |                                                   |                                     |                                            |                 |                             |               |                                                    |             |                                |                                      |       |           |              |       |                                         |                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |    |       |        |                                                        |         |                                                      |                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        |                                                      |        |                                 |                         |                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         |       |                |                       |                |                   |                  |                       |                |                                                                                                    |                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |              |                      |                |                                                         |                        |                 |                |                         |          |                     |                      |                     |                |                                                      |    |                     |         |     |              |         |    |                |                     |   |         |                        |   |            |                              |       |          |                         |     |          |                          |    |
| 伝送システム機器                                           | 自動的に代替ケーブルに切替る機能を果た                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                              |                     |                                                   |                                     |                                            |                 |                             |               |                                                    |             |                                |                                      |       |           |              |       |                                         |                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |    |       |        |                                                        |         |                                                      |                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        |                                                      |        |                                 |                         |                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         |       |                |                       |                |                   |                  |                       |                |                                                                                                    |                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |              |                      |                |                                                         |                        |                 |                |                         |          |                     |                      |                     |                |                                                      |    |                     |         |     |              |         |    |                |                     |   |         |                        |   |            |                              |       |          |                         |     |          |                          |    |
| 電源供給システム                                           | 各機器に電源ケーブルを接続し電気を供給                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                              |                     |                                                   |                                     |                                            |                 |                             |               |                                                    |             |                                |                                      |       |           |              |       |                                         |                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |    |       |        |                                                        |         |                                                      |                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        |                                                      |        |                                 |                         |                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         |       |                |                       |                |                   |                  |                       |                |                                                                                                    |                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |              |                      |                |                                                         |                        |                 |                |                         |          |                     |                      |                     |                |                                                      |    |                     |         |     |              |         |    |                |                     |   |         |                        |   |            |                              |       |          |                         |     |          |                          |    |
| 配置計画                                               | <p>路上装置の配置計画は、周辺の有料道路等におけるITS導入状況の状況調査結果を踏まえて、MMRDCとの協議に基づき計画を行った。</p> <p>表1-2.路上設備配置計画</p> <table><tr><th>種類</th><th>設置数量</th><th>設置間隔</th><th>設置箇所</th></tr><tr><td>CCTV (路上)</td><td>132</td><td>約 333m</td><td>路側支柱</td></tr><tr><td>CCTV (桁下)</td><td>22</td><td>約 1km</td><td>中央分離帯の下部</td></tr><tr><td>非常電話 (ECB)</td><td>44</td><td>約 1km</td><td>路側</td></tr><tr><td>可変式情報板 (VMS)</td><td>4</td><td>流入前 1.5km<br/>流入後<br/>Shivaji Nagar IC 手前</td><td>Chirle—Mumbai 流入側・料金所手前<br/>Sevri—Navimumbai 両方向の流入後<br/>Shivaji Nagar IC 手前 (一般道)</td></tr><tr><td>気象観測装置 (MET)</td><td>3</td><td>約 7km</td><td>路側</td></tr><tr><td>交通量計測装置 (ATCC)</td><td>4</td><td></td><td>Shivaji Nagar IC の前後 (本線)</td></tr></table>                                                                                 | 種類                                                                                                                                                                                                                                                                             | 設置数量                                                                                                                                                                                                                                                                    | 設置間隔                                         | 設置箇所                | CCTV (路上)                                         | 132                                 | 約 333m                                     | 路側支柱            | CCTV (桁下)                   | 22            | 約 1km                                              | 中央分離帯の下部    | 非常電話 (ECB)                     | 44                                   | 約 1km | 路側        | 可変式情報板 (VMS) | 4     | 流入前 1.5km<br>流入後<br>Shivaji Nagar IC 手前 | Chirle—Mumbai 流入側・料金所手前<br>Sevri—Navimumbai 両方向の流入後<br>Shivaji Nagar IC 手前 (一般道) | 気象観測装置 (MET)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 3  | 約 7km | 路側     | 交通量計測装置 (ATCC)                                         | 4       |                                                      | Shivaji Nagar IC の前後 (本線) | <p>路側機器の配置計画は、施設配置基準に従って設置。なお、実際の設置位置は現場状況を確認して、若干の修正を行う。例えば、非常電話の設置位置が橋梁上になった場合、橋梁以外の場所になるように調整を行う。設置数量についても将来変更される可能性がある。</p> <p>表2-2.路上設備配置計画</p> <table><tr><th>設備</th><th>設置箇所</th><th>数量</th></tr><tr><td>非常電話装置</td><td>ORR の両方の路肩に 1km 毎に設置する。</td><td>328</td></tr><tr><td>CCTV 装置</td><td>各 IC とジャンクションの合流部に設置する。</td><td>41</td></tr><tr><td>交通量計測装置</td><td>各 IC 間に設置する。</td><td>73</td></tr><tr><td>気象観測装置</td><td>ORR の 4IC に設置する。</td><td>4</td></tr><tr><td>可変式情報板</td><td>・ Shamirpet, Ghatkesar, Tukguguda, APPA<br/>すべてのインターチェンジ出口ランプの上流側に設置する。<br/>ORR と接続する国道で IC 手前に設置する。</td><td>47</td></tr></table> | 設備     | 設置箇所                                                 | 数量     | 非常電話装置                          | ORR の両方の路肩に 1km 毎に設置する。 | 328                                                                | CCTV 装置                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 各 IC とジャンクションの合流部に設置する。 | 41    | 交通量計測装置        | 各 IC 間に設置する。          | 73             | 気象観測装置            | ORR の 4IC に設置する。 | 4                     | 可変式情報板         | ・ Shamirpet, Ghatkesar, Tukguguda, APPA<br>すべてのインターチェンジ出口ランプの上流側に設置する。<br>ORR と接続する国道で IC 手前に設置する。 | 47                  | <p>・ATMSのITSコンポーネントは、「IRC:SP-99-2013 MANUAL OF SPECIFICATIONS AND STANDARDS FOR EXPRESSWAYS」及「UMORTH, NHA, IHMCL」との打合せにより、以下のように決定。</p> <p>表3-2.路上設備配置計画</p> <table><tr><th>設備</th><th>設置箇所</th><th>数量</th></tr><tr><td>交通監視カメラ (CCTV)</td><td>IC 間に1箇所設置 (VMSが1つに設置)</td><td>22</td></tr><tr><td>異常監視カメラ (VIDS)</td><td>交通事故等が起こりやすいブラックスポットに設置</td><td>30</td></tr><tr><td>交通量計測装置 (ATCC)</td><td>IC 間に1箇所 (VMSが1つに設置)</td><td>14</td></tr><tr><td>可変式道路情報板 (VMS)</td><td>・本線情報板 (IC出口部200m手前付近)<br/>・インター入口情報板 (IC入口手前100m 付近)</td><td>35</td></tr><tr><td>移動型情報板 (Mobile VMS)</td><td>管理車庫ルーフ</td><td>必要数</td></tr><tr><td>気象観測装置 (MET)</td><td>全ICの敷地内</td><td>10</td></tr><tr><td>ハイウェイラジオ (HWR)</td><td>全ICに送信局と高さ30mの鉄塔を設置</td><td>9</td></tr><tr><td>インターネット</td><td>高速道路の情報をインターネットで利用者へ提供</td><td>1</td></tr><tr><td>光ファイバーケーブル</td><td>両路側ガードレール外側に管路、光ファイバーケーブルを敷設</td><td>272km</td></tr><tr><td>伝送システム機器</td><td>効率よく交通管制センターへ伝送できる場所へ設置</td><td>必要数</td></tr><tr><td>電源供給システム</td><td>IC内に設置 (無停電電源装置及び自家発電装置)</td><td>10</td></tr></table> | 設備           | 設置箇所                 | 数量             | 交通監視カメラ (CCTV)                                          | IC 間に1箇所設置 (VMSが1つに設置) | 22              | 異常監視カメラ (VIDS) | 交通事故等が起こりやすいブラックスポットに設置 | 30       | 交通量計測装置 (ATCC)      | IC 間に1箇所 (VMSが1つに設置) | 14                  | 可変式道路情報板 (VMS) | ・本線情報板 (IC出口部200m手前付近)<br>・インター入口情報板 (IC入口手前100m 付近) | 35 | 移動型情報板 (Mobile VMS) | 管理車庫ルーフ | 必要数 | 気象観測装置 (MET) | 全ICの敷地内 | 10 | ハイウェイラジオ (HWR) | 全ICに送信局と高さ30mの鉄塔を設置 | 9 | インターネット | 高速道路の情報をインターネットで利用者へ提供 | 1 | 光ファイバーケーブル | 両路側ガードレール外側に管路、光ファイバーケーブルを敷設 | 272km | 伝送システム機器 | 効率よく交通管制センターへ伝送できる場所へ設置 | 必要数 | 電源供給システム | IC内に設置 (無停電電源装置及び自家発電装置) | 10 |
| 種類                                                 | 設置数量                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 設置間隔                                                                                                                                                                                                                                                                           | 設置箇所                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                              |                     |                                                   |                                     |                                            |                 |                             |               |                                                    |             |                                |                                      |       |           |              |       |                                         |                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |    |       |        |                                                        |         |                                                      |                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        |                                                      |        |                                 |                         |                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         |       |                |                       |                |                   |                  |                       |                |                                                                                                    |                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |              |                      |                |                                                         |                        |                 |                |                         |          |                     |                      |                     |                |                                                      |    |                     |         |     |              |         |    |                |                     |   |         |                        |   |            |                              |       |          |                         |     |          |                          |    |
| CCTV (路上)                                          | 132                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 約 333m                                                                                                                                                                                                                                                                         | 路側支柱                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                              |                     |                                                   |                                     |                                            |                 |                             |               |                                                    |             |                                |                                      |       |           |              |       |                                         |                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |    |       |        |                                                        |         |                                                      |                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        |                                                      |        |                                 |                         |                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         |       |                |                       |                |                   |                  |                       |                |                                                                                                    |                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |              |                      |                |                                                         |                        |                 |                |                         |          |                     |                      |                     |                |                                                      |    |                     |         |     |              |         |    |                |                     |   |         |                        |   |            |                              |       |          |                         |     |          |                          |    |
| CCTV (桁下)                                          | 22                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 約 1km                                                                                                                                                                                                                                                                          | 中央分離帯の下部                                                                                                                                                                                                                                                                |                                              |                     |                                                   |                                     |                                            |                 |                             |               |                                                    |             |                                |                                      |       |           |              |       |                                         |                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |    |       |        |                                                        |         |                                                      |                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        |                                                      |        |                                 |                         |                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         |       |                |                       |                |                   |                  |                       |                |                                                                                                    |                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |              |                      |                |                                                         |                        |                 |                |                         |          |                     |                      |                     |                |                                                      |    |                     |         |     |              |         |    |                |                     |   |         |                        |   |            |                              |       |          |                         |     |          |                          |    |
| 非常電話 (ECB)                                         | 44                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 約 1km                                                                                                                                                                                                                                                                          | 路側                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                              |                     |                                                   |                                     |                                            |                 |                             |               |                                                    |             |                                |                                      |       |           |              |       |                                         |                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |    |       |        |                                                        |         |                                                      |                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        |                                                      |        |                                 |                         |                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         |       |                |                       |                |                   |                  |                       |                |                                                                                                    |                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |              |                      |                |                                                         |                        |                 |                |                         |          |                     |                      |                     |                |                                                      |    |                     |         |     |              |         |    |                |                     |   |         |                        |   |            |                              |       |          |                         |     |          |                          |    |
| 可変式情報板 (VMS)                                       | 4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 流入前 1.5km<br>流入後<br>Shivaji Nagar IC 手前                                                                                                                                                                                                                                        | Chirle—Mumbai 流入側・料金所手前<br>Sevri—Navimumbai 両方向の流入後<br>Shivaji Nagar IC 手前 (一般道)                                                                                                                                                                                        |                                              |                     |                                                   |                                     |                                            |                 |                             |               |                                                    |             |                                |                                      |       |           |              |       |                                         |                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |    |       |        |                                                        |         |                                                      |                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        |                                                      |        |                                 |                         |                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         |       |                |                       |                |                   |                  |                       |                |                                                                                                    |                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |              |                      |                |                                                         |                        |                 |                |                         |          |                     |                      |                     |                |                                                      |    |                     |         |     |              |         |    |                |                     |   |         |                        |   |            |                              |       |          |                         |     |          |                          |    |
| 気象観測装置 (MET)                                       | 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 約 7km                                                                                                                                                                                                                                                                          | 路側                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                              |                     |                                                   |                                     |                                            |                 |                             |               |                                                    |             |                                |                                      |       |           |              |       |                                         |                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |    |       |        |                                                        |         |                                                      |                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        |                                                      |        |                                 |                         |                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         |       |                |                       |                |                   |                  |                       |                |                                                                                                    |                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |              |                      |                |                                                         |                        |                 |                |                         |          |                     |                      |                     |                |                                                      |    |                     |         |     |              |         |    |                |                     |   |         |                        |   |            |                              |       |          |                         |     |          |                          |    |
| 交通量計測装置 (ATCC)                                     | 4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                | Shivaji Nagar IC の前後 (本線)                                                                                                                                                                                                                                               |                                              |                     |                                                   |                                     |                                            |                 |                             |               |                                                    |             |                                |                                      |       |           |              |       |                                         |                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |    |       |        |                                                        |         |                                                      |                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        |                                                      |        |                                 |                         |                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         |       |                |                       |                |                   |                  |                       |                |                                                                                                    |                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |              |                      |                |                                                         |                        |                 |                |                         |          |                     |                      |                     |                |                                                      |    |                     |         |     |              |         |    |                |                     |   |         |                        |   |            |                              |       |          |                         |     |          |                          |    |
| 設備                                                 | 設置箇所                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 数量                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                              |                     |                                                   |                                     |                                            |                 |                             |               |                                                    |             |                                |                                      |       |           |              |       |                                         |                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |    |       |        |                                                        |         |                                                      |                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        |                                                      |        |                                 |                         |                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         |       |                |                       |                |                   |                  |                       |                |                                                                                                    |                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |              |                      |                |                                                         |                        |                 |                |                         |          |                     |                      |                     |                |                                                      |    |                     |         |     |              |         |    |                |                     |   |         |                        |   |            |                              |       |          |                         |     |          |                          |    |
| 非常電話装置                                             | ORR の両方の路肩に 1km 毎に設置する。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 328                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                              |                     |                                                   |                                     |                                            |                 |                             |               |                                                    |             |                                |                                      |       |           |              |       |                                         |                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |    |       |        |                                                        |         |                                                      |                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        |                                                      |        |                                 |                         |                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         |       |                |                       |                |                   |                  |                       |                |                                                                                                    |                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |              |                      |                |                                                         |                        |                 |                |                         |          |                     |                      |                     |                |                                                      |    |                     |         |     |              |         |    |                |                     |   |         |                        |   |            |                              |       |          |                         |     |          |                          |    |
| CCTV 装置                                            | 各 IC とジャンクションの合流部に設置する。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 41                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                              |                     |                                                   |                                     |                                            |                 |                             |               |                                                    |             |                                |                                      |       |           |              |       |                                         |                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |    |       |        |                                                        |         |                                                      |                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        |                                                      |        |                                 |                         |                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         |       |                |                       |                |                   |                  |                       |                |                                                                                                    |                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |              |                      |                |                                                         |                        |                 |                |                         |          |                     |                      |                     |                |                                                      |    |                     |         |     |              |         |    |                |                     |   |         |                        |   |            |                              |       |          |                         |     |          |                          |    |
| 交通量計測装置                                            | 各 IC 間に設置する。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 73                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                              |                     |                                                   |                                     |                                            |                 |                             |               |                                                    |             |                                |                                      |       |           |              |       |                                         |                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |    |       |        |                                                        |         |                                                      |                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        |                                                      |        |                                 |                         |                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         |       |                |                       |                |                   |                  |                       |                |                                                                                                    |                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |              |                      |                |                                                         |                        |                 |                |                         |          |                     |                      |                     |                |                                                      |    |                     |         |     |              |         |    |                |                     |   |         |                        |   |            |                              |       |          |                         |     |          |                          |    |
| 気象観測装置                                             | ORR の 4IC に設置する。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 4                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                              |                     |                                                   |                                     |                                            |                 |                             |               |                                                    |             |                                |                                      |       |           |              |       |                                         |                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |    |       |        |                                                        |         |                                                      |                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        |                                                      |        |                                 |                         |                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         |       |                |                       |                |                   |                  |                       |                |                                                                                                    |                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |              |                      |                |                                                         |                        |                 |                |                         |          |                     |                      |                     |                |                                                      |    |                     |         |     |              |         |    |                |                     |   |         |                        |   |            |                              |       |          |                         |     |          |                          |    |
| 可変式情報板                                             | ・ Shamirpet, Ghatkesar, Tukguguda, APPA<br>すべてのインターチェンジ出口ランプの上流側に設置する。<br>ORR と接続する国道で IC 手前に設置する。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 47                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                              |                     |                                                   |                                     |                                            |                 |                             |               |                                                    |             |                                |                                      |       |           |              |       |                                         |                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |    |       |        |                                                        |         |                                                      |                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        |                                                      |        |                                 |                         |                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         |       |                |                       |                |                   |                  |                       |                |                                                                                                    |                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |              |                      |                |                                                         |                        |                 |                |                         |          |                     |                      |                     |                |                                                      |    |                     |         |     |              |         |    |                |                     |   |         |                        |   |            |                              |       |          |                         |     |          |                          |    |
| 設備                                                 | 設置箇所                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 数量                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                              |                     |                                                   |                                     |                                            |                 |                             |               |                                                    |             |                                |                                      |       |           |              |       |                                         |                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |    |       |        |                                                        |         |                                                      |                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        |                                                      |        |                                 |                         |                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         |       |                |                       |                |                   |                  |                       |                |                                                                                                    |                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |              |                      |                |                                                         |                        |                 |                |                         |          |                     |                      |                     |                |                                                      |    |                     |         |     |              |         |    |                |                     |   |         |                        |   |            |                              |       |          |                         |     |          |                          |    |
| 交通監視カメラ (CCTV)                                     | IC 間に1箇所設置 (VMSが1つに設置)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 22                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                              |                     |                                                   |                                     |                                            |                 |                             |               |                                                    |             |                                |                                      |       |           |              |       |                                         |                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |    |       |        |                                                        |         |                                                      |                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        |                                                      |        |                                 |                         |                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         |       |                |                       |                |                   |                  |                       |                |                                                                                                    |                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |              |                      |                |                                                         |                        |                 |                |                         |          |                     |                      |                     |                |                                                      |    |                     |         |     |              |         |    |                |                     |   |         |                        |   |            |                              |       |          |                         |     |          |                          |    |
| 異常監視カメラ (VIDS)                                     | 交通事故等が起こりやすいブラックスポットに設置                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 30                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                              |                     |                                                   |                                     |                                            |                 |                             |               |                                                    |             |                                |                                      |       |           |              |       |                                         |                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |    |       |        |                                                        |         |                                                      |                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        |                                                      |        |                                 |                         |                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         |       |                |                       |                |                   |                  |                       |                |                                                                                                    |                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |              |                      |                |                                                         |                        |                 |                |                         |          |                     |                      |                     |                |                                                      |    |                     |         |     |              |         |    |                |                     |   |         |                        |   |            |                              |       |          |                         |     |          |                          |    |
| 交通量計測装置 (ATCC)                                     | IC 間に1箇所 (VMSが1つに設置)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 14                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                              |                     |                                                   |                                     |                                            |                 |                             |               |                                                    |             |                                |                                      |       |           |              |       |                                         |                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |    |       |        |                                                        |         |                                                      |                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        |                                                      |        |                                 |                         |                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         |       |                |                       |                |                   |                  |                       |                |                                                                                                    |                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |              |                      |                |                                                         |                        |                 |                |                         |          |                     |                      |                     |                |                                                      |    |                     |         |     |              |         |    |                |                     |   |         |                        |   |            |                              |       |          |                         |     |          |                          |    |
| 可変式道路情報板 (VMS)                                     | ・本線情報板 (IC出口部200m手前付近)<br>・インター入口情報板 (IC入口手前100m 付近)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 35                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                              |                     |                                                   |                                     |                                            |                 |                             |               |                                                    |             |                                |                                      |       |           |              |       |                                         |                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |    |       |        |                                                        |         |                                                      |                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        |                                                      |        |                                 |                         |                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         |       |                |                       |                |                   |                  |                       |                |                                                                                                    |                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |              |                      |                |                                                         |                        |                 |                |                         |          |                     |                      |                     |                |                                                      |    |                     |         |     |              |         |    |                |                     |   |         |                        |   |            |                              |       |          |                         |     |          |                          |    |
| 移動型情報板 (Mobile VMS)                                | 管理車庫ルーフ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 必要数                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                              |                     |                                                   |                                     |                                            |                 |                             |               |                                                    |             |                                |                                      |       |           |              |       |                                         |                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |    |       |        |                                                        |         |                                                      |                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        |                                                      |        |                                 |                         |                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         |       |                |                       |                |                   |                  |                       |                |                                                                                                    |                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |              |                      |                |                                                         |                        |                 |                |                         |          |                     |                      |                     |                |                                                      |    |                     |         |     |              |         |    |                |                     |   |         |                        |   |            |                              |       |          |                         |     |          |                          |    |
| 気象観測装置 (MET)                                       | 全ICの敷地内                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 10                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                              |                     |                                                   |                                     |                                            |                 |                             |               |                                                    |             |                                |                                      |       |           |              |       |                                         |                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |    |       |        |                                                        |         |                                                      |                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        |                                                      |        |                                 |                         |                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         |       |                |                       |                |                   |                  |                       |                |                                                                                                    |                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |              |                      |                |                                                         |                        |                 |                |                         |          |                     |                      |                     |                |                                                      |    |                     |         |     |              |         |    |                |                     |   |         |                        |   |            |                              |       |          |                         |     |          |                          |    |
| ハイウェイラジオ (HWR)                                     | 全ICに送信局と高さ30mの鉄塔を設置                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 9                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                              |                     |                                                   |                                     |                                            |                 |                             |               |                                                    |             |                                |                                      |       |           |              |       |                                         |                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |    |       |        |                                                        |         |                                                      |                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        |                                                      |        |                                 |                         |                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         |       |                |                       |                |                   |                  |                       |                |                                                                                                    |                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |              |                      |                |                                                         |                        |                 |                |                         |          |                     |                      |                     |                |                                                      |    |                     |         |     |              |         |    |                |                     |   |         |                        |   |            |                              |       |          |                         |     |          |                          |    |
| インターネット                                            | 高速道路の情報をインターネットで利用者へ提供                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 1                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                              |                     |                                                   |                                     |                                            |                 |                             |               |                                                    |             |                                |                                      |       |           |              |       |                                         |                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |    |       |        |                                                        |         |                                                      |                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        |                                                      |        |                                 |                         |                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         |       |                |                       |                |                   |                  |                       |                |                                                                                                    |                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |              |                      |                |                                                         |                        |                 |                |                         |          |                     |                      |                     |                |                                                      |    |                     |         |     |              |         |    |                |                     |   |         |                        |   |            |                              |       |          |                         |     |          |                          |    |
| 光ファイバーケーブル                                         | 両路側ガードレール外側に管路、光ファイバーケーブルを敷設                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 272km                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                              |                     |                                                   |                                     |                                            |                 |                             |               |                                                    |             |                                |                                      |       |           |              |       |                                         |                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |    |       |        |                                                        |         |                                                      |                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        |                                                      |        |                                 |                         |                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         |       |                |                       |                |                   |                  |                       |                |                                                                                                    |                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |              |                      |                |                                                         |                        |                 |                |                         |          |                     |                      |                     |                |                                                      |    |                     |         |     |              |         |    |                |                     |   |         |                        |   |            |                              |       |          |                         |     |          |                          |    |
| 伝送システム機器                                           | 効率よく交通管制センターへ伝送できる場所へ設置                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 必要数                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                              |                     |                                                   |                                     |                                            |                 |                             |               |                                                    |             |                                |                                      |       |           |              |       |                                         |                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |    |       |        |                                                        |         |                                                      |                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        |                                                      |        |                                 |                         |                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         |       |                |                       |                |                   |                  |                       |                |                                                                                                    |                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |              |                      |                |                                                         |                        |                 |                |                         |          |                     |                      |                     |                |                                                      |    |                     |         |     |              |         |    |                |                     |   |         |                        |   |            |                              |       |          |                         |     |          |                          |    |
| 電源供給システム                                           | IC内に設置 (無停電電源装置及び自家発電装置)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 10                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                              |                     |                                                   |                                     |                                            |                 |                             |               |                                                    |             |                                |                                      |       |           |              |       |                                         |                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |    |       |        |                                                        |         |                                                      |                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        |                                                      |        |                                 |                         |                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         |       |                |                       |                |                   |                  |                       |                |                                                                                                    |                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |              |                      |                |                                                         |                        |                 |                |                         |          |                     |                      |                     |                |                                                      |    |                     |         |     |              |         |    |                |                     |   |         |                        |   |            |                              |       |          |                         |     |          |                          |    |
| 交通管制システム構成                                         |  <p>図1-2 交通管制システム構成</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |  <p>図2-2 交通管制システム構成</p>                                                                                                                                                                    |  <p>図3-2 交通管制システム構成</p>                                                                                                                                                            |                                              |                     |                                                   |                                     |                                            |                 |                             |               |                                                    |             |                                |                                      |       |           |              |       |                                         |                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |    |       |        |                                                        |         |                                                      |                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        |                                                      |        |                                 |                         |                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                         |       |                |                       |                |                   |                  |                       |                |                                                                                                    |                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |              |                      |                |                                                         |                        |                 |                |                         |          |                     |                      |                     |                |                                                      |    |                     |         |     |              |         |    |                |                     |   |         |                        |   |            |                              |       |          |                         |     |          |                          |    |

## ii) VBSL FS 報告書レビュー（ITS 配置計画）

VBSL は、全長 17km で海上道路部分の道路延長は 9.8km で、本線 4+4 車線、連絡道の車線数は 3+3 もしくは 2+2 となる。

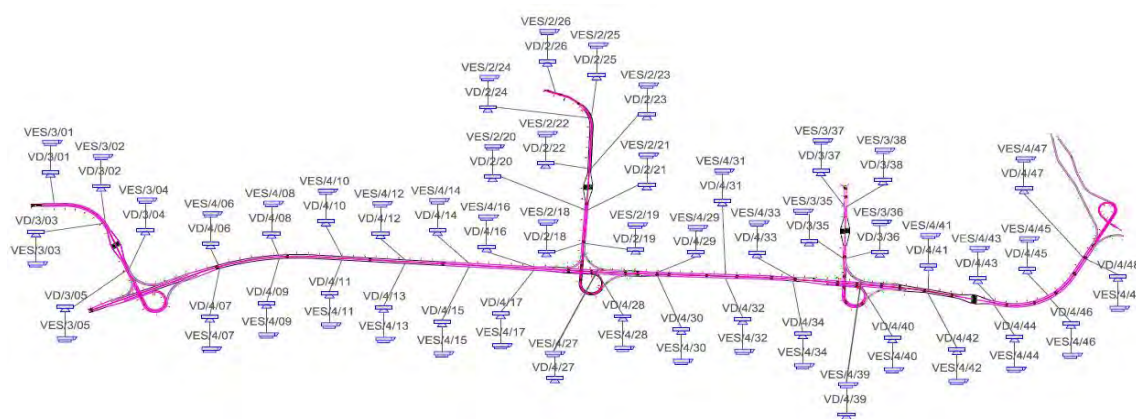
VBSL に配置する ITS 機器の設置間隔、設置箇所、設置数量について、下表の ITS 配置計画一覧表（VBSL）に整理した。

BWSL、MTHL 同様、VBSL においても、CCTV による全線交通流監視のため、約 1.1km 間隔で設置されており、北行き、南行きで CCTV カメラ本体を千鳥で設置し両車線を補完しているため旋回やズーム、パンを行うことで、約 550m 間隔で映像の確認が可能である。この設置方法を行うことで、約半分の数量で CCTV カメラを設置することが可能となる。以下に、VBSL の ITS 配置計画および配置図について示す。

表 4.42 ITS 配置計画一覧表（VBSL）

| ITS 機器名                                 | 設置間隔             | 設置箇所      | 設置数量 |
|-----------------------------------------|------------------|-----------|------|
| VD (Vehicle Detector)                   | 約 550m           | ガントリー     | 165  |
| VES (Video Enforcement System – Camera) | 約 550m           | ガントリー     | 165  |
| OLCS Overhead Lane control sign         | 約 550m           | ガントリー     | 165  |
| VMS (variable message sign)             | —                | IC 間に 2 台 | 21   |
| CCTV (Closed Circuit TV)                | 約 1.1km（ランプなど除く） | 路側、千鳥で設置  | 34   |
| ERT (Emergency Roadside Telephones)     | 約 1km            | 路側        | 28   |
| LECC (Local Equipment Control Cabinet)  | —                | 主にガントリー   | —    |

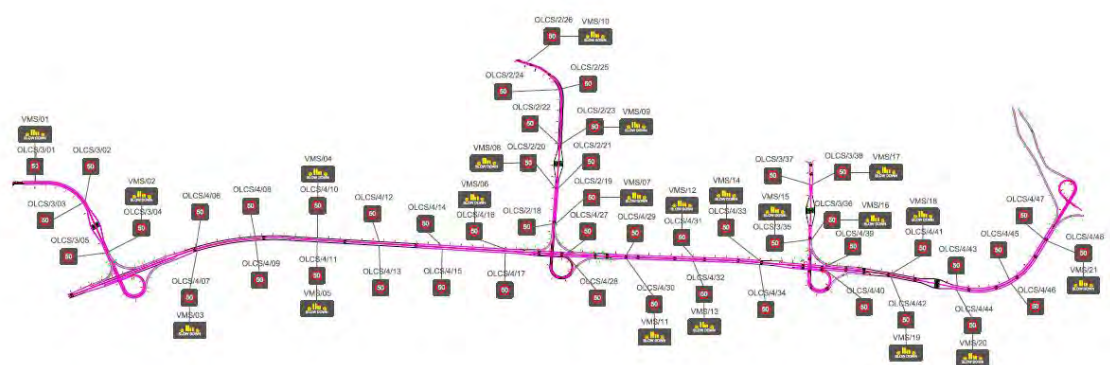
出典：VBSL 基本設計



出典：VBSL 基本設計

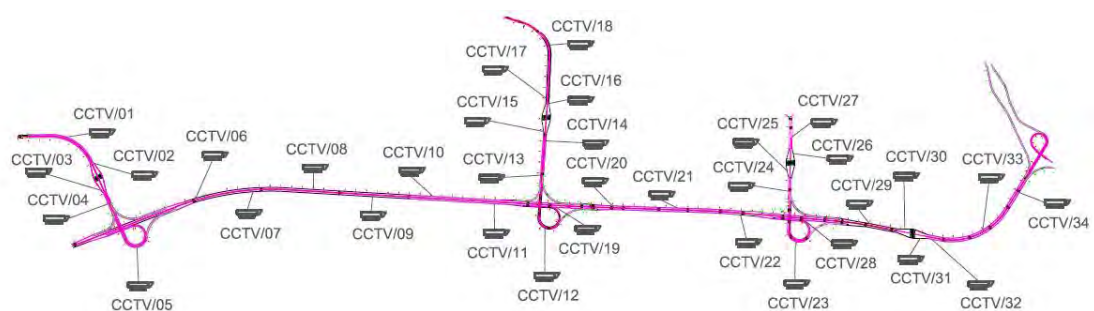
図 4.51 車両検知器配置（VBSL）





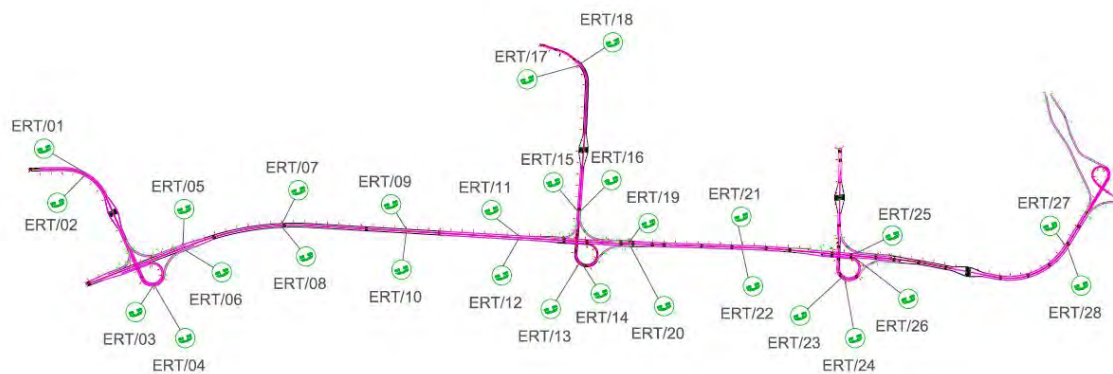
出典：VBSL 基本設計

図 4.52 可変情報板配置 (VBSL)



出典：VBSL 基本設計

図 4.53 CCTV 配置 (VBSL)



出典：VBSL 基本設計

図 4.54 緊急電話配置 (VBSL)

### 4.9.3 運営・維持管理業務における課題

BWSL は、道路延長が約 5km の短距離路線なのに対し、VVSL の道路延長は約 43km、各アクセス道路の総道路延長が約 41km 併せて約 84km を管理する必要がある。よって、これまでよりも効率的な運営・維持管理業務の遂行が求められる。

また、VVSL が開通することにより、ムンバイ周辺道路における道路ネットワーク網の構築は概ね整備され、各コンセッショネアの交通管理業務においても課題である。

同様に料金収受業務においても、従来の FASTag (ETC) ハイブリットレーンにおいては一般的な料金所 ETC ゲート課金方式のため、概ね 1 レーン 1 時間あたりの処理台数は 1,200~1,800 台となっており、処理台数を増やすためにはレーン数を増やす必要があり、建設、運用、維持管理において課題となる。

このようなことから、維持管理業務、交通管理業務、料金収受業務の課題について以下に示す。

#### (1) 保全点検・維持管理業務における課題

##### i) 橋梁点検・維持管理業務

上述した通り、効率的な点検業務の遂行が課題である一方、床板下面等の視認が困難な部分については、床板下のカメラや海上ボート等を用いた遠方目視のみにとどまっており、近接目視等が実施されていない点も課題である。現時点では供用開始後日が浅いため大きな損傷は見当たらないが、予防保全の観点から、近接目視・打音点検等を適切に実施する必要がある。

##### ii) 舗装点検に関する課題

現状、Bump Integrator を用いて車両の変位から IRI を算出し、その数値から舗装補修範囲を決定し、オーバレイ等を実施しているが、簡易方法としては良いが、車両の応答等を含む変位から IRI を推定しているため、IRI が簡易的な算出となっており、維持補修範囲の最適化が出来ていないことが課題である。

#### (2) 交通管理業務における課題

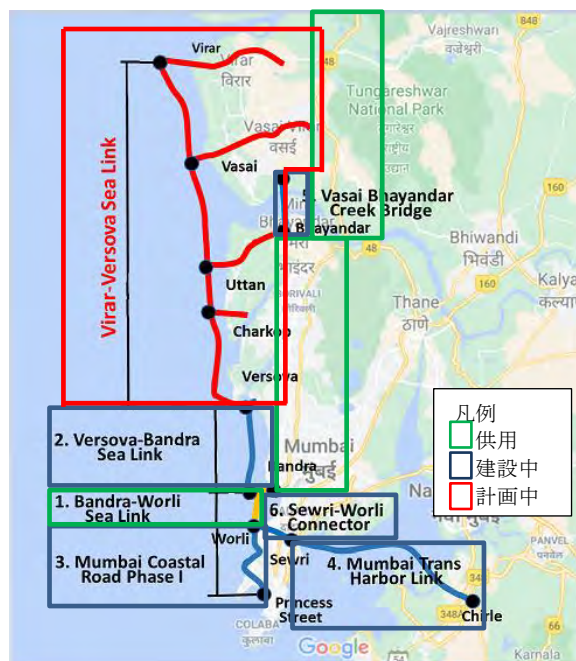
##### i) 交通管理

現在、BWSL と WEH、NH48 は一筆書きで結ばれた道路ネットワークとなっているため、BWSL における広域交通情報は必要であると考えられる。しかし、現地視察により、BWSL における交通管理（事故や通行止めなど）はオペレーターが必要に応じ、可変式道路情報板（VMS）へ情報提供を行っていることが確認できた。

また、路線視察において WEH 及び NH48 については、交通量計測装置（ATCC）や可変式道路情報板（VMS）など ITS 機器が未設置のため、交通情報の収集・提供が出来ないことも確認できた。

上記内容を踏まえて、VVSL が開通する頃には、ムンバイ周辺の道路ネットワーク網の構築は概ね整備完了し、道路利用者にとって様々なルート選択が可能となると思われる。

しかし、ムンバイ周辺道路における交通管理業務は各コンセッショナが各々行っており、道路ネットワーク網としての連携した交通管理業務が出来ないことが課題と考える。



出典：本調査

図 4.55 ムンバイ周辺道路ネットワーク網

## ii) 防災管理

また、海上橋梁部の特徴として、気象条件も陸上よりも厳しい条件下に置かれることから、遠隔地における気象情報の適切な把握と通行止め等の適切な対応が必要であるが、通行止め基準が設定されておらず、MSRDCの担当者が現場状況を見て判断するのみであることから、基準を設定する必要がある。

## (3) 料金収受業務における課題

料金収受業務における課題について以下のとおり整理を行った。

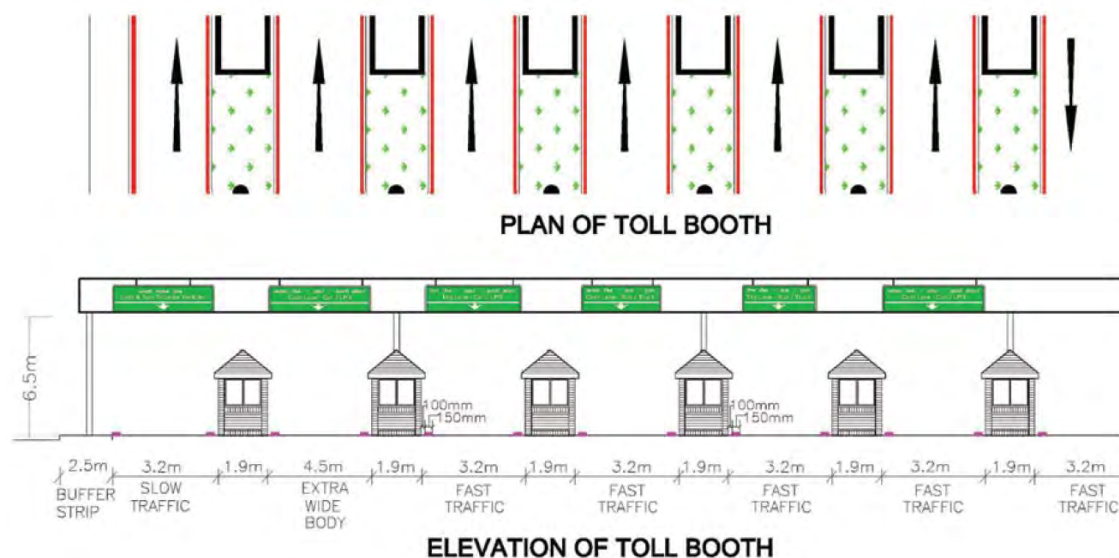
### i) 料金所における待ち渋滞

前述のとおり、インド国内に設置されてる FASTag (ETC) ハイブリットレーンとは日本の ETC の様なノンストップで通過できる料金収受システムとは違い、路側無線装置と FASTag 間での通信が認識できない場合もあり、料金所では少々の待ち渋滞が発生している状況である。

### ii) 料金収受レーン数及びレーン幅員

VVSL において料金収受業務を行う際、各連絡道（ビサールコネクター、バサイコネクター、ウッタルコネクター、チャーコップコネクター）へ料金所を設置した場合、VVSL は州道ではあるが、国道の規定である IRC SP:73 2018 の SECTION-10 TOLL PLAZAS を参考とした。下図に諸元を示す。

料金収受業務におけるレーン数及びレーン幅員について、下表に諸元を整理した。



出典：IRC:SP:73-2018 MANUAL OF SPECIFICATIONS and STANDARDS FOR TWO LANING OF HIGHWAYS WITH PAVED SHOULDER (Second Revision)

図 4.56 一般的な料金収受レーンの詳細

表 4.43 VVSL 料金収受レーン数及びレーンの幅員)

| 料金所         | レーン数及びレーン幅 | 料金収受<br>レーン数 | 普通レーン幅<br>(3.2m) | 大型レーン幅<br>(4.5m) | 料金所レーン<br>幅 (m) |
|-------------|------------|--------------|------------------|------------------|-----------------|
| ビラールコネクター   |            | 18           | 16               | 2                | 102.6           |
| バサイコネクター    |            | 18           | 16               | 2                | 102.6           |
| ウツタルコネクター   |            | 12           | 10               | 2                | 72.0            |
| チャーコップコネクター |            | 18           | 16               | 2                | 102.6           |

出典：本調査

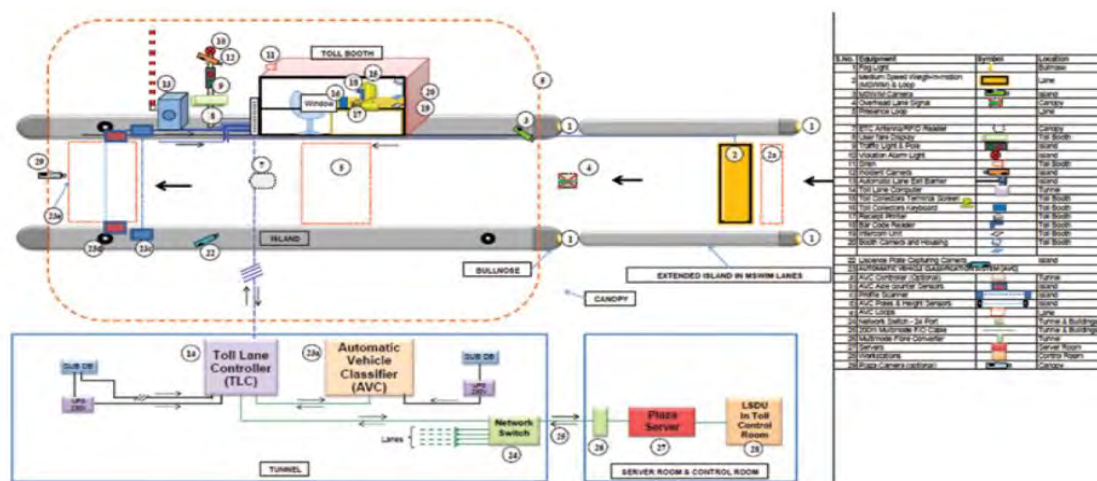
上表に示した幅員より、各コネクタへ料金所を設置するためには、最低でもレーンの幅員程度の広い用地が必要になり、用地確保に対するコストが課題となる。

### iii) 料金所に付設すべき ETC 機器、事務所施設、軸重計測施設など

インド国内の国道においては FASTag の義務化により、料金収受レーン上に FASTag (ETC) ハイブリット機器が設置されている。(下図参照)。

同様に州道においても FASTag (ETC) ハイブリットが設置されている。





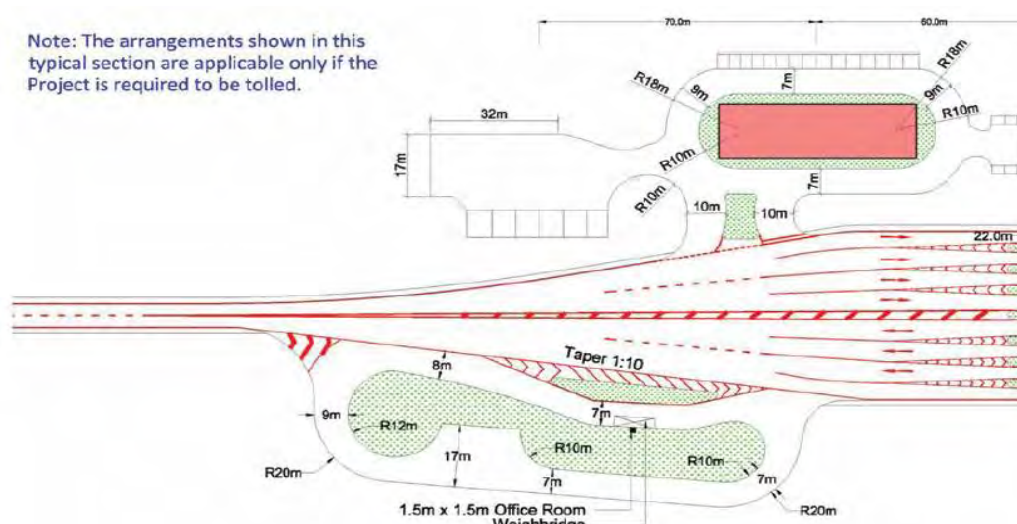
出典：IRC:SP:73-2018 MANUAL OF SPECIFICATIONS and STANDARDS FOR TWO LANING OF HIGHWAYS WITH PAVED SHOULDER (Second Revision)

図 4.57 FASTag (ETC) ハイブリット機器の設置

また、料金所建屋については、以下の条件を満たす建屋の設置が必要となる（下図）

- 料金所で働く職員他のための快適なオフィススペースとすること
- 料金所敷地内に職員他の駐車スペースを確保すること
- 料金所は将来拡張なども考慮した場所を取得すること
- 料金事務所と料金所ブース間の移動には、すべての車線を横切る地下トンネルを設置すること

その他に、各料金収受レーンに対してミディウム スピード ウェインモーションの設置及び車両重量計測、車両重量計測室の設置も必要である。



出典：IRC:SP:73-2018 MANUAL OF SPECIFICATIONS and STANDARDS FOR TWO LANING OF HIGHWAYS WITH PAVED SHOULDER (Second Revision)

図 4.58 料金所に付設すべき事務所施設、軸重計測施設など



このようなことから、料金所における待ち渋滞の解消、建設コストや機器導入コスト、維持管理コスト、人件費などコスト削減を考える上で課題であると考ええる。

#### 4.9.4 維持管理に関する提案

##### (1) 点検・維持管理業務における提案事項

###### (i) 橋梁点検車

日本における点検業務は、主には日常点検・詳細点検・緊急点検に分類される。アクアラインでは日常点検は、5回／2週、海上は1回／月、夜間1回／年実施。海上点検では、管理用船舶を使用した目視点検により橋梁・護岸等を点検するものである。これは、概ね BWSL で実施している Routine Inspection と同一と想定される。

アクアラインの詳細点検は、橋梁点検車を用い、橋梁の側面・下面を近接目視及び打音によって点検している。BWSL ではボートを用いた遠方目視点検が実施されているものの、近接目視・打音検査が重要である。

よって、VVSL では近接目視・打音検査を適切に実施すべく、橋梁点検車を機材として購入・導入し、点検業務を実施するものを基本とするのが良いと考える。なお、橋梁点検車による点検は、1日おおよそ 1,600m<sup>2</sup> 程度を想定しており、約 43km、8車線の VVSL の点検を 1年以内に実施するためには、概ね 4 台の橋梁点検車が必要となると想定している。



出典：NEXCO 東日本資料

図 4.59 アクアラインにおける橋梁点検状況

###### (ii) UAV

現在日本でも実用段階に入っている無人航空機（UAV：Unmanned Aerial Vehicle）を利用した点検についても利用が可能であると考えられる。UAV 撮影により近接目視相当の画像を撮影することで、日常点検・詳細点検・緊急点検に臨機に利用することが可能となる。そのため、UAV 撮影は、目標解像度がクラック幅を適切にとらえられるように、0.5mm×0.5mm/画素以下となるよう、カメラの画素数及び離隔距離を決定し、その離隔距離内で撮影を行うものとする。ただし、撮影対称面まで接近しすぎると、

突風などの影響により、期待が構造物に接触する危険があるため、使用する UAV の性能を考慮し、操縦には十分注意が必要である。なお、インド国内で UAV を操作・利用するためには、インドにおける航空局への登録申請が必要となっている点に留意が必要である。

### (iii) 移動点検車両（ゴンドラ）

VVSL の長大橋部は、鋼箱桁部が採用されており、アクアブリッジとも合致することから、アクアブリッジにて運用されている移動点検車両（ゴンドラ）を提案する。これは、橋梁床板下及び側面にレールを取り付け、そのレール上をゴンドラが動くものである。床板下面のゴンドラは、橋軸方向・橋軸直角方向へ回転する機能を有しており、床板下面全体を直接目視することが可能である。この移動点検車を詳細点検時に利用することにより、近接目視及び打音点検を効率的に実施することが可能となる。



出典：NEXCO 東日本資料

図 4.60 アクアラインにおける移動点検車（側面用及び下面用）

### (iv) 路面性状測定車

舗装点検における技術として、アクアブリッジを含む国内の高速道路では、高速走行かつ高精度で IRI 等の指標測定が可能な路面性状測定車が用いられている。日本の高速道路で用いられている路面性状測定車は、BWSL で使用されている Bump Integrator とは異なり、測量により計測した縦断プロファイルから算出した真値の IRI とほぼ同等な精度をもち、100 km/h で走行可能な高精度な機器である。また、一般的に路面性状測定車では IRI だけでなく、ひび割れ・わだち掘れ等の路面の損傷評価も同時に測定可能である。

また、NEXCO 東日本では、質の高いインフラ輸出の一環として、当該技術のインド輸出を目指し、車両製作・ライセンス取得を経て 2021 年 12 月よりインド国内での営業を開始しているところであり、VVSL 事業に対しても適用可能である。



出典：NEXCO 東日本資料

図 4.61 NEXCO 東日本がインドで展開する路面性状測定車

#### (v) 維持管理について

点検によって発見された通常のメンテナンス、すなわち清掃や簡易補修については、現状 BWSL でも運用されている通り、コンセッショネアでの対応を想定する。一方、事故による破損の修理や機器の点検・補修等については、日常の維持管理業務として外部の業者への委託、もしくはその専属部隊によって実施される。これらは、通常の維持管理コストとして含まれる想定である。

一方、舗装は長期的に利用したのちに打ち換え等が必要となる。一般的に土工部では、5年～10年程度で打ち換えが行われるが、VVSL 本線はほぼ全線が橋梁部であり、通行車両による荷重は橋梁の床板へ伝達されるため、舗装自体の損傷は急激には進まないものと考えられる。東京湾アクアラインにおいても、10年以内の打ち換えは一度も実施していない状況である。そのため、定期メンテナンスとしては舗装の打ち換え補修を8年毎に実施すると想定する。

## (2) 防災計画に関する提案

利用者の安全確保の為、防災要領の作成が必要である。日本における防災要領では、地震、大雨、津波・高潮、強風、濃霧に伴うものに対し、それぞれの基準値を設け、速度規制基準・通行止め基準を定めている。

VVSL においても、大雨、強風、濃霧時の速度規制基準、通行止め基準値の設定を行い、利用者へ適切に知らせたうえで安全管理を行うことを提案する。

### 4.9.5 交通管理及び ITS 導入に関する提案

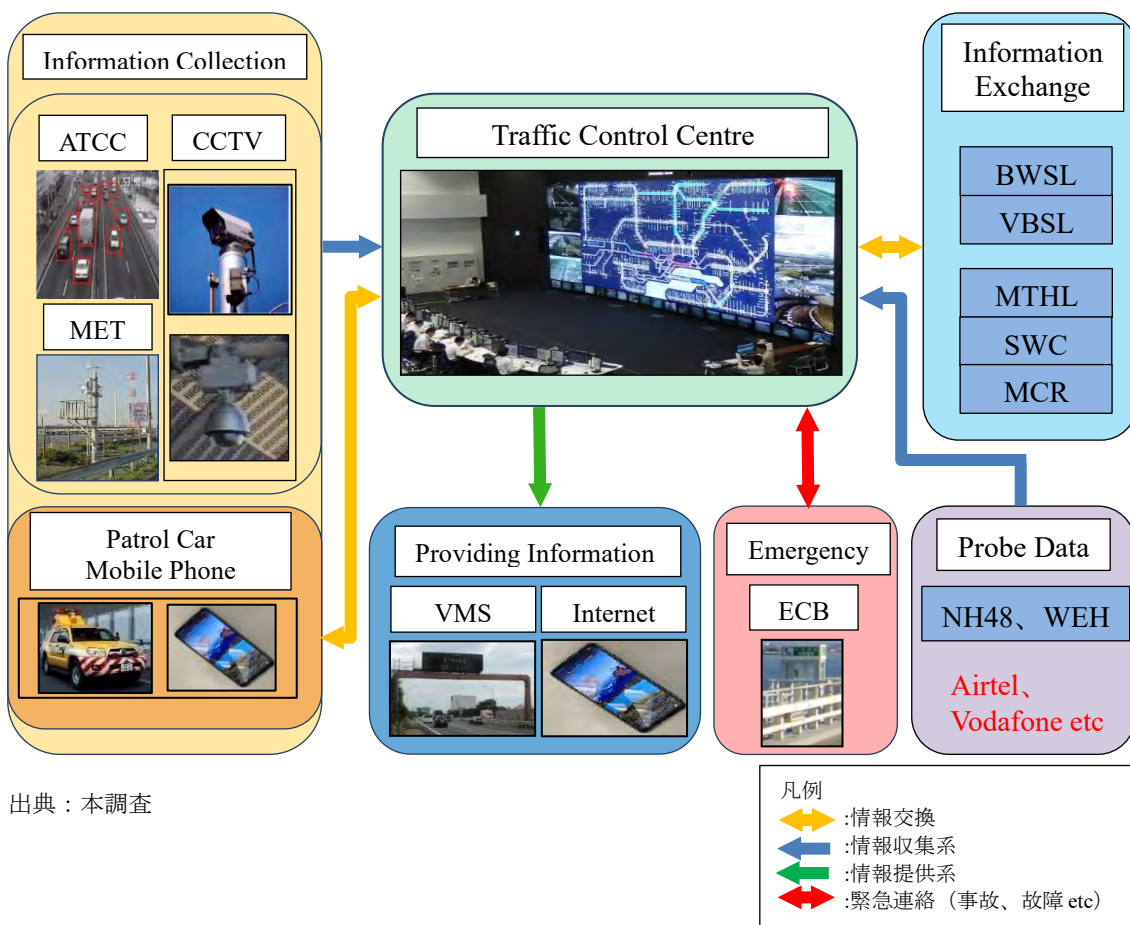
過年度における ITS 配置計画のレビューや VVSL の利便性及び安全性の向上、また、車両進行方向に対する交通情報や気象情報の提供など、ムンバイ周辺道路における広域交通情報の情報交換システムを構築した交通管制システムの導入について提案する。

## (1) 道路交通管制システム

### (a) システム概要

前節「ITS 設備設置に関する現況整理」の（４）過年度業務における ITS 機器の配置計画（レビュー）などを考慮し、VVSL における道路交通管制システムについて整理を行った。

過年度業務における ITS 機器の配置計画においては、アクセスコントロールを目的とした情報収集系機器及び情報提供系機器を設置する傾向が見受けられた。特に現在建設中の MTHL、VBSL については、CCTV の画像による本線の全線監視などが計画されている。このような事から海上道路における ITS 機器の傾向は、VVSL においても踏襲すべきと考える。VVSL における交通管制システム構成の概念について下図に示す。



出典：本調査

図 4.62 交通管制システム構成概念図

### (b) 道路管制設備

#### 1) 本線設置機器及び目的

VVSL において必要な各種機器について下表に示す。



表 4.44 本線設置機器及び目的

| 機器名                                                         | 目的                                                                                                                 |
|-------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| CCTV（本線、連絡道）<br>(Closed Circuit Television:on-road)         | <ul style="list-style-type: none"> <li>・本線の交通流監視、渋滞、事故などの監視</li> <li>・交通管制センターからの遠隔制御機能によるズーム・旋回等の操作が可能</li> </ul> |
| CCTV（桁下）<br>(Closed Circuit Television:under-girder)        | <ul style="list-style-type: none"> <li>・橋梁下部においてテロ等の監視</li> </ul>                                                  |
| ATCC（交通量計測装置）<br>(Automatic Traffic Counter-cum-Classifier) | <ul style="list-style-type: none"> <li>・本線交通量の計測</li> <li>・車種分類</li> </ul>                                         |
| MET（気象観測装置）<br>(Meteorological Observation System)          | <ul style="list-style-type: none"> <li>・気象状況の監視</li> <li>・雨量、霧、風向風速等</li> </ul>                                    |
| VIDS（画像事象検知装置）<br>(Video incident Detection System)         | <ul style="list-style-type: none"> <li>・本線上の車両停止や落下物、逆走などの異常事象による自動検知</li> </ul>                                   |
| ECB（非常電話）<br>(Emergency Call Box)                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>・火災、故障、事故、救急における緊急時の交通管制センターへの非常通報支援システム</li> </ul>                         |
| VMS（可変式道路情報板）<br>(Variable Message Sign)                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>・道路利用者に対する道路状況・天候等の情報提供</li> </ul>                                          |

出典：本調査

## 2) 配置計画（道路管制設備）

本線設置機器の配置計画は、前述「ITS 設備設置に関する現況整理」の（4）過年度業務における ITS 機器の配置計画（レビュー）など調査結果に基づき機器配置計画を行った。下表に詳細を示す。

表 4.45 配置計画（道路管制設備）

| 機器名                         | 設置数量          | 設置間隔     | 設置箇所                                                                                              |
|-----------------------------|---------------|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| CCTV（本線、連絡道）<br>(VIDS 機能含む) | 168           | 約 500m※1 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・路側支柱（本線、連絡道）</li> <li>・ガントリー（本線、連絡道）</li> </ul>           |
| CCTV（桁下）<br>(VIDS 機能含む)     | 86            | 約 500m   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・中央分離帯下部</li> </ul>                                        |
| ATCC<br>(VIDS 機能含む)         | 34<br>16      | —        | <ul style="list-style-type: none"> <li>・IC-IC 間、IC 手前</li> <li>・連絡道出入口</li> </ul>                 |
| MET                         | 4             | —        | <ul style="list-style-type: none"> <li>・各 IC(路側)</li> </ul>                                       |
| ECB                         | 168           | 約 1km    | <ul style="list-style-type: none"> <li>・路側（本線、連絡道）</li> </ul>                                     |
| VMS                         | 17<br>8<br>10 |          | <ul style="list-style-type: none"> <li>・IC-IC 間、IC 手前</li> <li>・連絡道（出入口）</li> <li>・国道他</li> </ul> |

出典：本調査

## ① CCTV（本線、連絡道）

CCTV（本線、連絡道）の設置に関しては約 500m ピッチで千鳥に設置し、各 CCTV の機能として旋回、ズーム、パン機能により、本線全線が映像で補完することが可能。また、同様に画像処理技術を活用する事で、本線もしくは



は連絡道における VIDS 機能も可能であり、本線における車両停止（事故、故障）、避走、落下物などの事象検知も可能である。下図に配置案を示す。

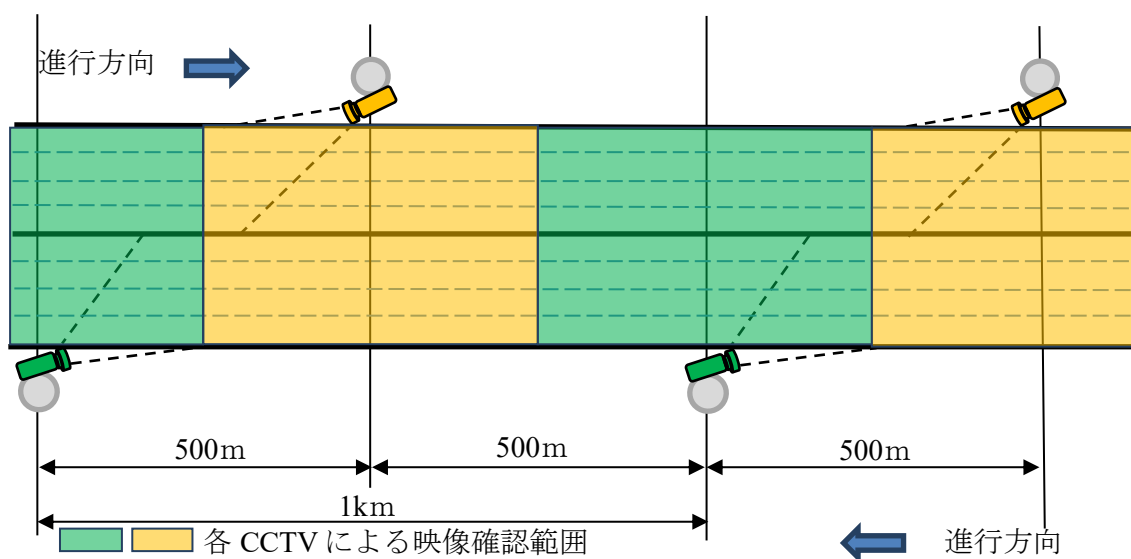


図 4.63 CCTV 配置案（映像確認範囲）

## ② CCTV（桁下）

CCTV（桁下）の設置に関しては約 500m ピッチで中央分離帯下部に設置。各 CCTV の機能として旋回、ズーム、パン機能により、桁下を確認することが可能。また、画像処理技術により、桁下に接近する船舶や侵入者などを検知することが可能。

## ③ ATCC、MET、VMS

ATCC の設置に関しては、IC-IC 間及び連絡道出入口に設置。MET の設置は、IC-IC 間の路側に設置。VMS の設置は、IC-IC 間及び IC 出口手前、一般道の連絡道入口付近に設置。



出典：本調査

図 4.64 配置案 (VMS/ATCC/MET/ Power Supply Room)

#### ④ ECB

ECB の設置に関しては、VVSL 同様の海上道路である BWSL、MTHL、VBSL と同約 1km ピッチで設置。また、日本の高速道路においても、1km 間隔（明かり部）で設置。

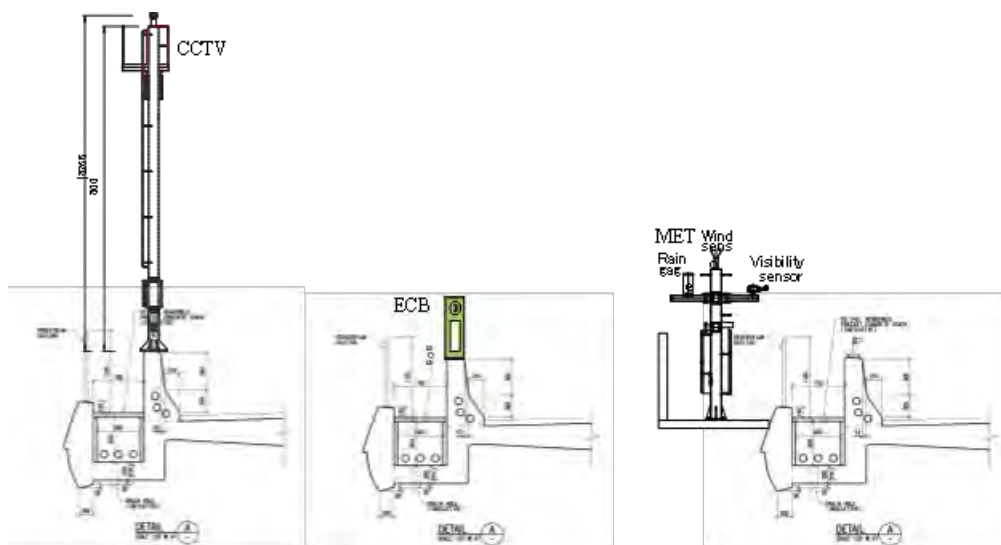


出典：本調査

図 4.65 配置案 (ECB)

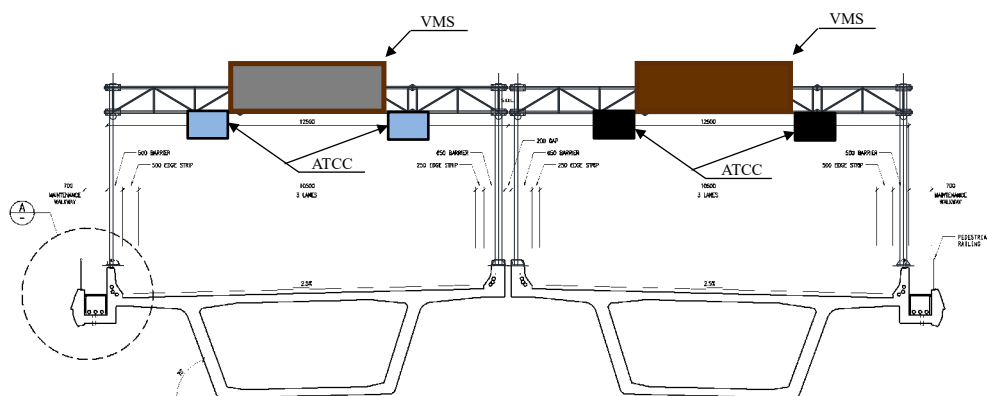
### 3) 設置案

① 橋梁部における各設備の設置イメージを以下に示す。



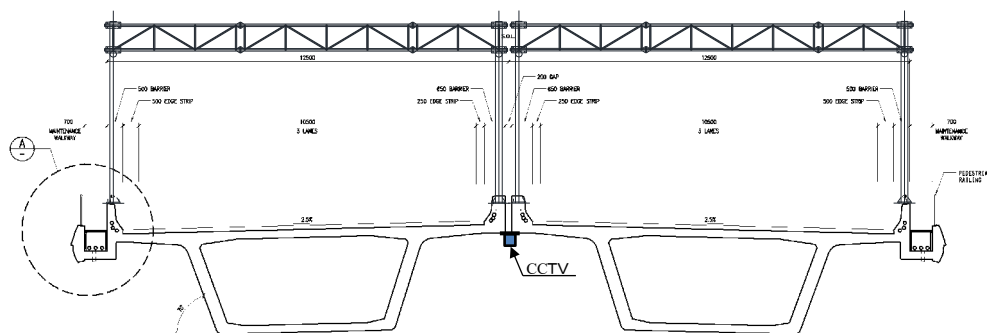
出典：本調査

図 4.66 橋梁部設置機器イメージ (CCTV、ECB、MET)



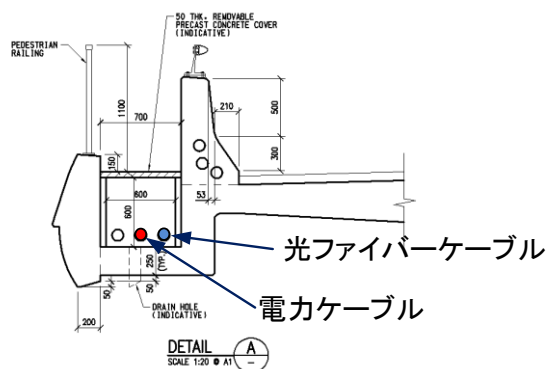
出典：本調査

図 4.67 橋梁部設置機器イメージ (VMS、ATCC)



出典：本調査

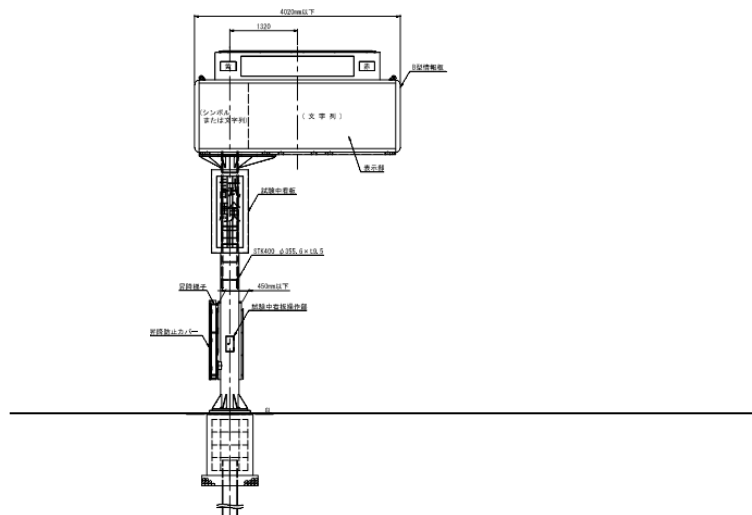
図 4.68 橋梁部桁下設置機器イメージ (CCTV)



出典：本調査

図 4.69 橋梁部管路内布設イメージ（電力ケーブル、光ケーブル）

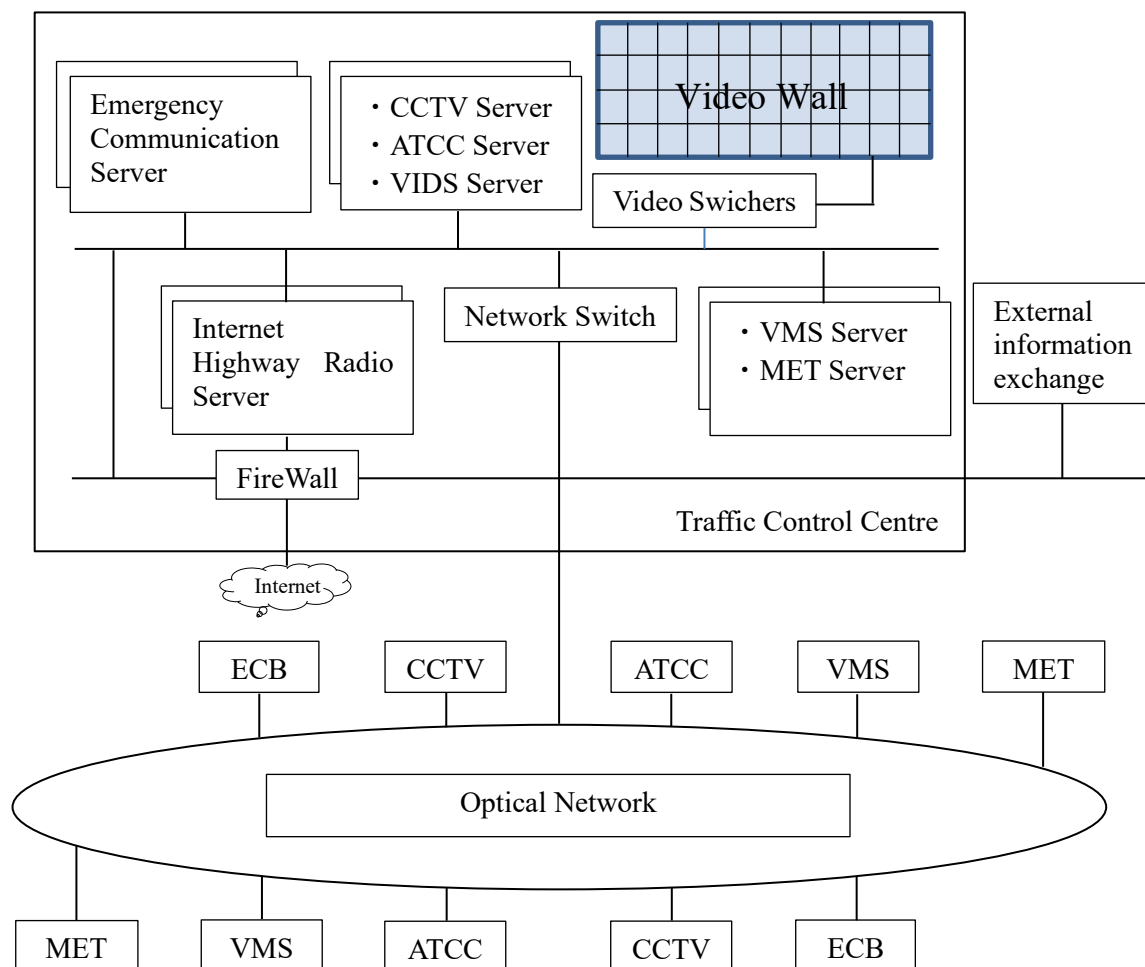
② 国道（IC入口手前）におけるVMS設備の設置イメージを以下に示す。



出典：本調査

図 4.70 国道設置機器イメージ (VMS)

#### 4) 道路交通管制システム構成（案）



出典：本調査

図 4.71 道路交通管制システム構成（案）



#### 4.9.6 料金収受方式に関する提案

料金収受システムは、主に ETC や現金による料金収受、タッチ&ゴーなど様々な種類の収受方法がある。インド国内の国道に関しては FASTag を義務化したことにより、FASTag (ETC) ハイブリットレーンを設置して運用を行っている。VVSL は国道ではなくマハラシュトラ州の州道にあたるが、現在供用開始している BWSL は国道同様、全レーン（2レーンを除く）FASTag の導入実績もある。このような状況から VVSL においては前述の料金収受業務における課題を考慮し、FASTag による MLFF 方式（詳細後述）を提案する。一方で、インド国内では、GNSS による通行状況識別に対応した料金収受が検討されている。

以下に、FASTag による通常料金収受と MLFF による料金収受計画、GNSS 方式の適用可能性について述べる。

##### (1) FASTag による通常の料金収受について

###### (a) 特徴 FASTag (RFID : Radio Frequency Identifier 方式)

路側機からの電波を受信することにより、タグに記録されている情報が発信される方式である。タグには ID 情報を書き込んだ IC チップとアンテナのみが実装されており、電池は内蔵されていない。そのため、コンパクトであり、フロントガラスやヘッドライトに張り付け可能である。なお、動作に必要な電力は路側機から送信される電波等から得ている。また、タグは構造が簡単なため、製造コストを下げやすく、ETC のみならず物流や物品管理など幅広く使われている。

一方、FASTag (RFID 方式) はメモリーが少ないため、我が国で普及する DSRC 方式と比較すると、車両側で受信できる渋滞情報等の交通情報の提供を受けることができないことが短所となる。

###### (b) FASTag による通常の料金収受方法について以下に示す。

###### i) FASTag (ETC) アンテナ～RFID Tag 間無線通信

- 道路利用者の車両は、「FASTag」と言う固有の RFID タグによって識別され分類
- 料金所内の FASTag (ETC) レーンを RFID タグ付きの車両が通過した際、送受信アンテナが無線通信により RFID タグを読み取る
- RFID タグを読み取り後、FASTag (ETC) レーンを通過すると通行料金が直ちに課金され通行可能
- 道路利用者は、携帯電話の SMS メッセージにて、通行料金が差し引かれた車両を追跡することが可能
- 各コンセッションネアが、道路利用者それぞれの通行料の料金徴収データへのアクセス権を持つことが可能

###### ii) AUTOMATIC VEHICLE IDENTIFICATION (AVI)

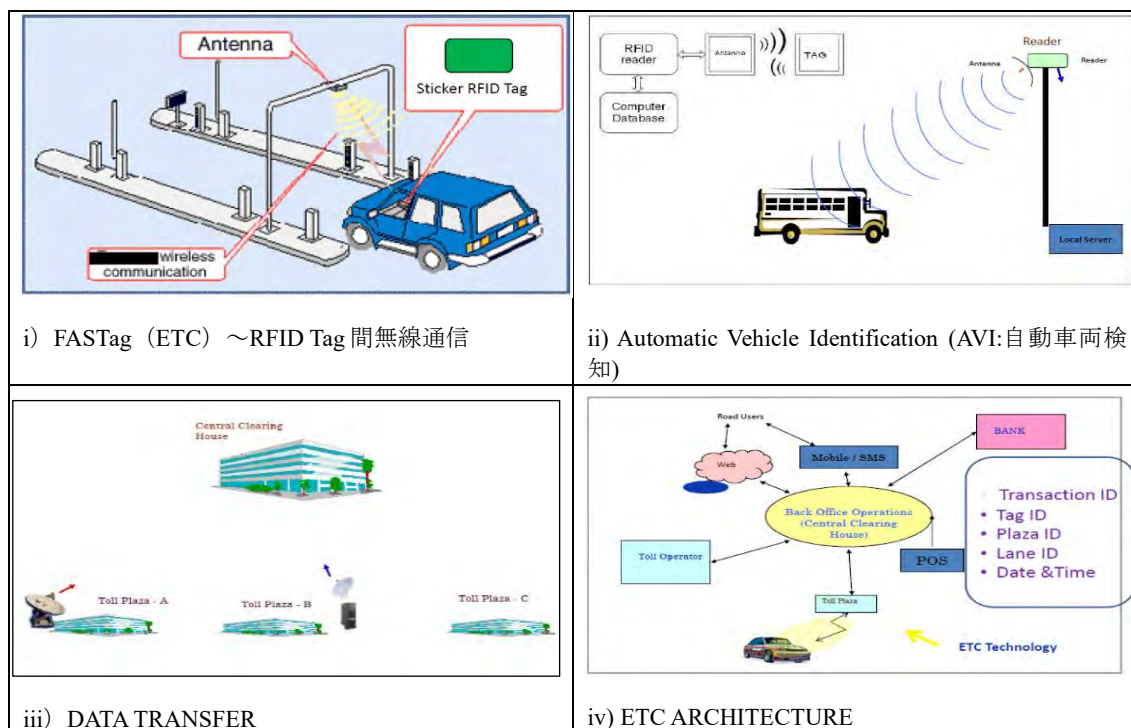
- 道路利用者の FASTag 車両がレーン上のアンテナを通過する際、RFID Tag を RFID reader が読み取り、コンピュータデータベース（ローカルサーバー）へアクセスを行う。

### iii) DATA TRANSFER

- 料金所のローカルサーバーから中央清算機関へデータ転送を行う。

### iv) ETC ARCHITECTURE

- FASTag（ETC）システムのアーキテクチャ。



出典：Morth HP (<http://morth-roadsafety.nic.in/admnis/admin/showimg.aspx?ID=216>)

図 4.72 料金收受方法（FASTag）

## (2) MLFF を用いた料金收受計画について

### (a) 特徴 MLFF（Multi-Lane Free Flow 方式）

マルチレーン・フリーフロー（以下、MLFF）とは、有料道路の複数車線を走行する自動車を減速させることなく、車両を特定し、自動的に課金するシステムである。課金の処理能力が高く、料金所が必要ないため、運用コストも安くなる。近年、オーストラリア、台湾、トルコ、ポルトガル、ブラジル、南アフリカ等多くの国で導入されている。

MLFF の運用の流れは、①通過する車両の検知と分類、②車載器の ID による車両の特定とナンバープレートの読み取り、③センターに送信されたデータに基づく課金額の計算となる。車載器の無い車両や検知できなかった車両は、同時に撮影したナンバープレートから車両を特定し請求する。

MLFF には車載器を使用する DSRC 方式と、Tag を使用する RFID 方式の 2 つが存在するが、ロンドンの Dart Charge のような自動ナンバープレート認識（ANPR）機能によるカメラのみで運用する計画もある。

MLFF と料金所の ETC ゲートの大きな違いは、MLFF の場合、複数レーンを走行する車両を減速させることなく課金をするため、単位時間あたりの処理能力（台数）が、他の方式と比較して秀でている点である<sup>39</sup>。

表 4.46 課金方式の違いによる処理能力の違い

| 課金方法         | 車線当たり処理能力（処理台数/時間）  | 料金所の有無 |
|--------------|---------------------|--------|
| 現金           | 130～240（15秒/台）      | 必要     |
| ANPR         | 600～950（4-6秒/台）     | 必要     |
| 料金所の ETC ゲート | 1,200～1,800（2～3秒/台） | 必要     |
| MLFF         | 道路の幾何構造による設計交通量     | 必要なし   |

出典：一般財団法人 ITS サービス高度化機構（令和2年版 ETC 便覧 Web 版）

上表を参考にすると、主にインド国内の国道に設置されている FASTag の課金方法は、「料金所の ETC ゲート」に該当し、車線当たりの処理能力（処理台数/時間）は、「1,200～1,800（2～3秒/台）」に該当する。

しかし、現地にて MEP にヒアリングを行った結果、現状はこれよりも少ない1レーン1時間当たり 500～600 台の処理台数と言うことが確認できた。

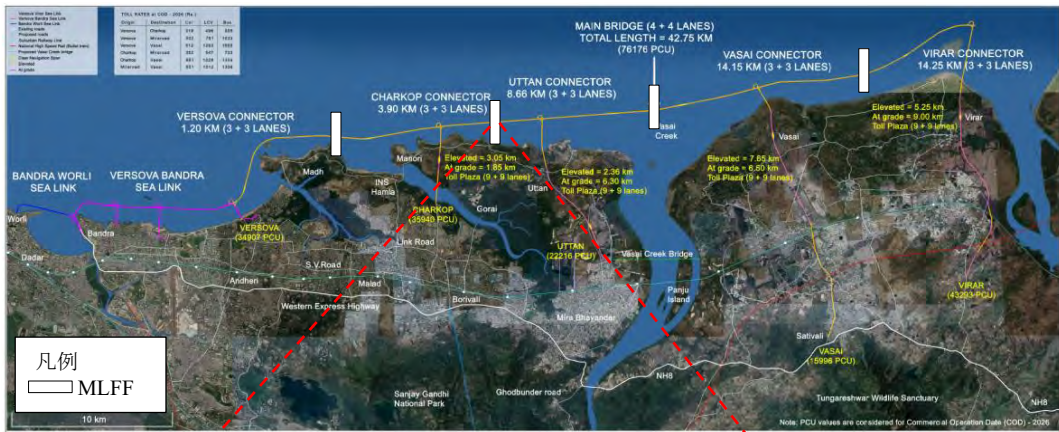
一方、課金方法が「MLFF」の場合、車線当たりの処理能力（処理台数/時間）は、「道路の幾何構造による設計交通量」となっており、「料金所の ETC ゲート」と違い車両速度を減速せず、シームレスに課金することが可能である。

#### (b) MLFF 配置計画

前述のとおり料金収受業務における課題でも記載したが、従来通りの料金収受機器の設置を行った場合、料金所建設コストや料金収受レーン機器導入コスト、維持管理コスト、料金収受に係る人件費など様々なコストが課題となる。

しかし、MLFF は IC-IC 間へガントリーを設置し、MLFF 機器一式を取り付けて、そのデータを Central Clearing House へ転送する方式なので、料金所設置が不要となる。

<sup>39</sup> 出典：一般財団法人 ITS サービス高度化機構（令和2年版 ETC 便覧 Web 版）



出典：本調査



出典：  
<https://safe.menlosecurity.com/docview/viewer/docNFF386FEEBEBFb492f0493e8202e8dd8a31eab41ca968c1994709cb15302de6a8a07d316138c>

図 4.73 MLFF 配置案と設置の様子(参考写真)

(c) MLFF 導入に当たっての留意点について

MLFF 導入にあたり、下表に MLFF 導入における留意点を整理した。

表 4.47 MLFF 導入における留意点

| 項目  | 留意点                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 一般論 | <ul style="list-style-type: none"><li>・ エンフォースメントの仕組みが必要（エンフォースメントカメラで不正車両の取締りが重要）</li><li>・ 民意の醸成が不可欠（ただ乗り問題など）</li><li>・ 全ての車両に RFID タグの装備が必要（タグを装備していない車の扱いや強制力の有無）</li><li>・ 通信範囲内に複数のタグが存在した場合に通信完了する前に通信領域を出る可能性がある。</li><li>・ RFID タグから読取るデータが大きい場合、高速走行での読取りに時間が不足し、通信出来ない可能性がある。</li><li>・ 前撮カメラと後撮カメラとアンテナを設置する場合のガントリー配置。</li><li>・ MLFF のアンテナ配置やカメラ配置は入念な検討が必要である。（路側を考慮したり、通信領域を重ねたりする等）</li><li>・ ①公（交通関係省庁）、②電波法、③警察、④銀行、⑤民間が同一ベクトルで進めなければ実現困難。</li></ul> |

| 項目                     | 留意点                                                                                                                                           |
|------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| RFID のマルチベンダー化         | 現行 RFID タグがマルチベンダー化されている場合、タグによって通信特性が異なることがあり得る。<br>シングルレーン ETC では、低速走行、短距離通信で問題が無かったとしても MLFF 化したときに、高速走行や長距離通信に対応可能なタグと対応不可のタグが混在する可能性がある。 |
| 未払い                    | MLFF の場合は、未払いへの対応が必要。（エンフォースメント）<br>未払い者に対するエンフォースメントを誰がどういった法に基いて施行できるのかを明確にする必要がある。                                                         |
| ライセンスプレート<br>のレギュレーション | ライセンスプレートが町のカーショップ等で作成可能な場合、レギュレーションに合致していないもの（プレートが掛けている/文字が欠落している/文字間隔が狭すぎる/フォントが特殊など）が出回り、ANPR において認識精度面で課題となる。                            |
| サーバ負荷                  | RFID タグには走行時の情報を記録しないため、全車両の走行経路情報はサーバ側での一元管理。                                                                                                |
| ガントリー設置機器<br>の冗長性      | 24 時間稼働における信頼性向上。                                                                                                                             |
| RFID タグの<br>セキュリティ     | RFID タグの複製・偽造への対応。                                                                                                                            |

出典：本調査

### (3) GNSS 課金の動向

#### GNSS（Global Navigation Satellite System）＋携帯通信

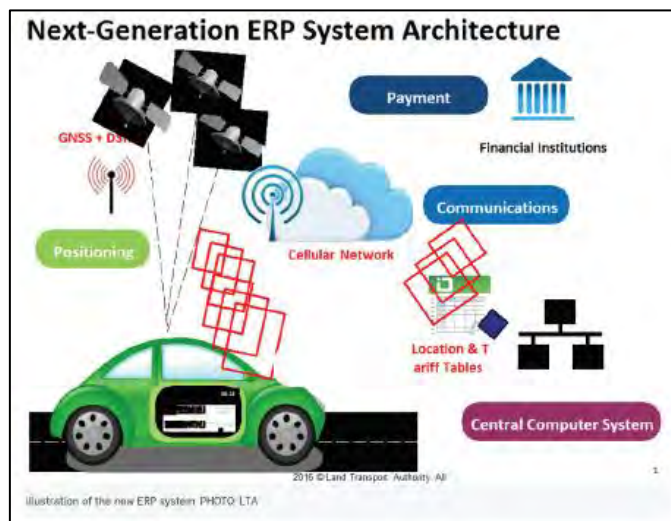
GNSS の測位情報を用いて車載器を搭載した車両の位置や走行経路を把握する方式で、課金対象の道路もしくはエリアへの進入を検知し、課金の要否判断を行う。トンネル内や高層ビル街のような GNSS 信号の受信が難しい場合には、ジャイロや加速度センサー、マップマッチング技術等により位置補正を行う。DSRC や RFID 方式と違い、路側機が必要ない。また、車両の位置を常に把握可能なため、課金エリアの変更や柔軟な料金設定が可能である。

経路情報の把握については、Thick Client と Thin Client の 2 つの方式がある。Thick Client は、車載器側に地図データが内蔵されているため、車載器の負荷が高く、利用者による定期的な地図更新が必要となる。また、車載器の価格が高額となる。一方、Thin Client は、車載器側に地図データがなく、センターで地図と照合して走行経路を把握する。

ドイツ、スロベニアは、Thin Client 方式を採用している。シンガポールは、2020 年から DSRC 方式から GNSS 方式へ移行する予定であり、Thick Client 方式となる<sup>40</sup>。

<sup>40</sup> 出典：一般財団法人 ITS サービス高度化機構（令和 2 年版 ETC 便覧 Web 版）





出典: 三菱重工機械システム（株）

図 4.74 シンガポール GNSS 課金 ERP2（Electronic Road Pricing2）

一方、MEP にてヒアリングを行った際、インド国においては前述のとおり国道を主導とし、料金收受について FASTag 設置を行っている。同様に州道においても FASTag を設置している。

しかし、インド国の料金收受の動向としてロシアの GNSS（GLONASS）を活用した課金計画を考えており、デリー-メーラト高速道路にて実証実験が行われていることを承知しており、数年後には GNSS による課金が普及すると MEP は想定している。

#### 4.9.7 本邦技術の導入可能性

##### (1) 点検・維持管理における本邦技術の導入可能性

BWSL のコンセッショネアである MEP 社へ対しヒアリングを行ったところ、日本の路面性状測定車について大変な関心を示し、詳細な説明を求められたところである。前述のとおり、BWSL ではまだ Bump Integrator を使用した IRI の推定に留まっていることから、ひび割れやわだち等を高精度で測定可能な日本の路面性状測定車について興味を示しているようであった。このような、日本で利用された機器とその運用を合わせて導入することで、インド側の維持管理水準の向上に寄与し、その部分に本邦技術の導入可能性があると考えられる。

##### (2) ITS 技術における本邦技術の導入可能性

本案件において、日本企業が取得する可能性のある ITS 技術（画像処理技術）の、本邦技術の導入可能性についてヒアリングを行った。

現在開発段階の画像処理技術になるが、交通量計測装置（ATCC）として活用できる製品として紹介する。本製品はステレオカメラ（複眼カメラ）技術と AI 技術を活用し、自動二輪、小型車など比較的小さな車両は AI にて学習させ、形状が似ているが大きさの異なる大型車などの識別には、ステレオカメラの特徴である 3 次元情報を生成することで、その車両の形状（奥行や幅、高さ）などを識別し、車種判定が可能な技

術である。よって、ステレオカメラ技術と AI 技術を活用することにより、インド国道庁が目指している 6 車種判定による計測が可能である。

また、画像事象検知（VIDS）機能も備えているため、車両停止や落下物、逆走などの危険運転による自動検知や交通事故の予兆因子の検知、交通違反による取締りなどにも活用できる。その他、ブラックスポットへ設置することで、精緻な交通事故分析、対策にも期待ができ、導入の可能性があると考えられる。

参考ではあるが、交通量計測装置（ATCC）の検知方法には、画像処理の他ループコイル式、超音波式などがあるが、インド国の交通事情を考慮すると、ドライバーが車線に従わない走行車両が多く、計測した値が実交通量から大きくかけ離れることが想定される。そのため、車線にとらわれない検出が可能な画像処理式が有効であると考えられる。その中でもステレオカメラ技術と AI 技術を活用した交通量計測装置（ATCC）がインドの車両走行状況には最も適していると思われる。下表に各交通量計測装置（ATCC）システムの比較を示す。

表 4.48 ATCC システム比較

| 検知方法 | ループコイル式                                                                                                                                                                            | 超音波式                                                                                                                                    | 画像処理式<br>(単眼カメラ)                                                                                          | 画像処理式<br>(複眼カメラ)                                                                                                                                                |
|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|      |                                                                                                  |                                                       |                        |                                                                             |
| 検知対象 | 大型車、小型車<br>(自動二輪含)<br>(2 車種判定)                                                                                                                                                     | 大型車、小型車<br>(自動二輪含)<br>(2 車種判定)<br>(但し、検知範囲内に限る)                                                                                         | 大型車、小型車<br>(自動二輪含)<br>(2 車種判定)                                                                            | 大型車、小型車、自動二輪他<br>3 車種<br>(6 車種判定)                                                                                                                               |
| 検知速度 | 1-160km/h 程度                                                                                                                                                                       | 1-120km/h 程度                                                                                                                            | 1-150km/h 程度                                                                                              | 1-100km/h 程度                                                                                                                                                    |
| 特徴   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・舗装の損傷、オーバーレイの都度、ループコイルが損傷するため、交換が必要。</li> <li>・ループコイルの交換時は、通行止めが必要。</li> <li>・1 レーンで車両を 1 台検出するが、レーンを跨ぐ車両は測定不可。</li> <li>・低コスト。</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・限られた検出エリア。</li> <li>・検知範囲外走行が想定される場合は適さない。</li> <li>・1 基で 1 車線まで計測可能。</li> <li>・低コスト</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・広い検出エリア</li> <li>・カメラ 1 台あたり 3 車線計測が可能。</li> <li>・高コスト</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・カメラ 1 セットあたり 2 車線計測が可能。</li> <li>・高コスト。</li> <li>・現時点において検知速度は 1-100km/h であるが、ステレオカメラの仕様変更より、150km/h まで対応可能。</li> </ul> |
| 検知精度 | 99.7%程度                                                                                                                                                                            | 97%程度                                                                                                                                   | 90%程度                                                                                                     | 90%程度                                                                                                                                                           |

## 5. 事業規模の算出

### 5.1 概要～4章プロジェクト計画のまとめ～

本線部分の橋梁形式の選定は、最適橋台位置および交差条件より決定する橋脚位置の検討から決定された橋長・支間割りに対し、実績表より上部工形式を抽出し、構造的・経済性・施工性・工期短縮性・維持管理性・景観性を含めた総合評価で行う。しかしながら、本事業における海上橋としての諸条件は異なるものであり、以下の条件を考慮して別途定めることとした。

- 近隣の他事業が漁業従事者への配慮から 50m 以上の支間長を規定。
- 工期短縮、品質の向上を考慮したスパンバイスパンがかなりの割合で複数の関連事業において採用されている。形式は連続桁形式で走行性、維持管理性に配慮されている。
- 下部構造形式と基礎形式の決定を受けて上下部工事費の合計で最適な橋梁形式を選定する。

既存の交通網からのコネクタ道路は土工区間と高架区間に分けられているため、本線に相当する海上橋とは別の基準で橋梁形式選定を行う。この部分は土工区間と橋梁区間の境界には橋台が設置されるので、最適橋台位置および交差条件より決定する橋脚位置の検討が必要となる。

- 交差条件により高架橋形式となった場合、そこに料金所が設置されることも考慮し、幅員変化に柔軟に対応できる形式も選定条件に考慮する。
- 下部構造形式と基礎形式の決定を受けて上下部工事費の合計で最適な橋梁形式を選定する。

また、航路部については別途、諸条件を整理したうえで選定作業を行うものとする。

### 5.2 参照資料

#### 5.2.1 既往の関連事業資料による工事費など

VVSL 事業の積算資料として参考となる事業積算結果などを以下にまとめる。

##### (1) バンドラ・ウォルリ海上道路（BWSL）

2010 年の供用開始であること、また、事業費以外の積算データはないので、この検討には含めない。

##### (2) パーソバ・バンドラ海上道路（VBSL）

2013 年 4 月完成の Techno Economic Feasibility Study であり、詳細に積算を積み上げている。為替レートは、INR 1=1.72 円、1 円=0.58 INR（2013 年 4 月）である。報告書作成時点を考えると 10 年程度経過しており、より直近の事業費を用いて参考とすることにして、必要に応じて参照する。

**(3) ムンバイ湾横断道路（MTHL）：JICA 準備調査**

下表に JICA 準備調査における積算結果を示す。為替レートは、INR 1=1.83 円、1 円=0.55 INR（2016 年 1 月）であり、パッケージごとに平米単価など多少の差はあるが、ほぼ似通った数字である。したがって、価格のブレイクダウンに関しては、一番規模が大きいパッケージ 1 を参照することとした。以下に、パッケージ 1～3 の積算結果、パッケージ 1 のブレイクダウン結果を示す。

**表 5.1 MTHL パッケージ 1 積算結果**

| Item                          | Unit           | Quantity | Unit Price |           | Total         |
|-------------------------------|----------------|----------|------------|-----------|---------------|
|                               |                |          | Foreign    | Local     |               |
|                               |                |          | JPY '000   | INR '000  | JPY '000      |
| Investigation & Tests         | L.Sum          | 1        |            | 554,254.8 | 1,013,637.1   |
| Detailed Design               | L.Sum          | 1        |            | 326,292.0 | 596,732.2     |
| Existing Utilities Relocation | L.Sum          | 1        |            | 838,688.2 | 1,533,817.1   |
| Temporary Jetty               | m <sup>2</sup> | 72,625   |            | 63.8      | 8,473,035.7   |
| Earthworks                    |                | 1        |            |           |               |
| Foundation                    | m              | 57,412   |            | 173.6     | 18,231,959.6  |
| Substructure                  | m <sup>3</sup> | 176,851  |            | 38.2      | 12,360,413.9  |
| Superstructure (Concrete)     | m <sup>2</sup> | 235,920  | 7.1        | 64.0      | 29,293,613.0  |
| Superstructure (Steel)        | t              | 58,792   | 764.3      |           | 44,932,223.6  |
| Dolphins                      | No             | 36       |            | 32,434.7  | 2,135,433.0   |
| Pavement                      | m <sup>2</sup> | 751,526  |            | 0.6       | 841,140.8     |
| Road Furniture                | L.Sum          | 1        |            | 743,648.2 | 1,360,005.3   |
| Total                         |                |          |            |           | 120,772,011.5 |

出典：JICA 準備調査（MTHL）

**表 5.2 MTHL パッケージ 2 積算結果**

| Item                          | Unit           | Quantity | Unit Price |             | Total        |
|-------------------------------|----------------|----------|------------|-------------|--------------|
|                               |                |          | Foreign    | Local       |              |
|                               |                |          | JPY '000   | INR '000    | JPY '000     |
| Investigation & Tests         | L.Sum          | 1        |            | 401,665.4   | 734,577.2    |
| Detailed Design               | L.Sum          | 1        |            | 234,190.5   | 428,294.4    |
| Existing Utilities Relocation | L.Sum          | 1        |            | 607,100.0   | 1,110,282.0  |
| Temporary Jetty               | m <sup>2</sup> | 65,761   |            | 88.1        | 10,591,552.0 |
| Earthworks                    | L.Sum          | 1        |            | 3,590,652.9 | 6,566,689.5  |
| Foundation                    | m              | 28,537   |            | 192.8       | 10,064,495.2 |
| Substructure                  | m <sup>3</sup> | 103,984  |            | 38.1        | 7,239,744.3  |
| Superstructure (Concrete)     | m <sup>2</sup> | 140,798  | 6.6        | 61.4        | 16,730,351.1 |
| Superstructure (Steel)        | t              | 43,596   | 768.6      |             | 33,507,312.7 |
| Dolphins                      | No             | 16       |            | 57,129.6    | 1,671,683.5  |
| Pavement                      | m <sup>2</sup> | 494,964  |            | 0.6         | 556,700.7    |
| Road Furniture                | L.Sum          | 1        |            | 285,261.1   | 521,693.7    |
| Total                         |                |          |            |             | 89,723,376.3 |

出典：JICA 準備調査（MTHL）

表 5.3 MTHL パッケージ 3 積算結果

| Item                          | Unit  | Quantity | Unit Price |             | Total               |
|-------------------------------|-------|----------|------------|-------------|---------------------|
|                               |       |          | Foreign    | Local       |                     |
|                               |       |          | JPY '000   | INR '000    | JPY '000            |
| Investigation & Tests         | L.Sum | 1        |            | 126,309.5   | 230,998.4           |
| Detailed Design               | L.Sum | 1        |            | 58,255.4    | 106,539.1           |
| Existing Utilities Relocation | L.Sum | 1        |            | 178,066.6   | 325,653.4           |
| Temporary Jetty               | m²    |          |            |             |                     |
| Earthworks                    | L.Sum | 1        |            | 2,933,803.7 | 5,365,424.9         |
| Foundation                    | m     | 33,271   |            | 95.3        | 5,797,254.7         |
| Substructure                  | m³    | 44,766   |            | 35.7        | 2,923,909.3         |
| Superstructure (Concrete)     | m²    | 58,482   | 2.2        | 62.4        | 6,802,970.9         |
| Superstructure (Steel)        | t     | 3,198    |            | 315.0       | 1,842,108.2         |
| Dolphins                      | No    |          |            |             |                     |
| Pavement                      | m²    | 186,996  |            | 0.6         | 205,190.2           |
| Road Furniture                | L.Sum | 1        |            | 169,990.0   | 310,882.5           |
| <b>Total</b>                  |       |          |            |             | <b>23,910,931.5</b> |

出典：JICA 準備調査（MTHL）

表 5.4 MTHL パッケージ 1 ブレークダウン（その 1）

| (01) Investigation & Tests | Unit          | Quantity | Unit Cost (INR) | Total (INR)        | Conditions                             |
|----------------------------|---------------|----------|-----------------|--------------------|----------------------------------------|
| a) Investigation & Tests   | L. Sum        | 1        | 280,852,000     | 280,852,000        | 0.50% of construction cost without O.H |
| <b>Subtotal</b>            | <b>L. Sum</b> | <b>1</b> |                 | <b>280,852,000</b> |                                        |

| (02) Detailed Design (Superstructure) | Unit          | Quantity | Unit Cost (INR) | Total (INR)        | Conditions                             |
|---------------------------------------|---------------|----------|-----------------|--------------------|----------------------------------------|
| a) Detailed Design (Superstructure)   | L. Sum        | 1        | 252,767,000     | 252,767,000        | 0.45% of construction cost without O.H |
| <b>Subtotal</b>                       | <b>L. Sum</b> | <b>1</b> |                 | <b>252,767,000</b> |                                        |

| (03) Existing Utilities Relocation | Unit          | Quantity | Unit Cost (INR) | Total (INR)        | Conditions                     |
|------------------------------------|---------------|----------|-----------------|--------------------|--------------------------------|
| a) Existing Utilities Relocation   | L. Sum        | 1        | 506,453,000     | 506,453,000        | 1% of direct construction cost |
| <b>Subtotal</b>                    | <b>L. Sum</b> | <b>1</b> |                 | <b>506,453,000</b> |                                |

| (04) Temp. Yard & Temporary Jetty | Unit          | Quantity | Unit Cost (INR) | Total (INR)          | Conditions          |
|-----------------------------------|---------------|----------|-----------------|----------------------|---------------------|
| a) Temporary Yard                 | m²            | 163,068  | 1,500           | 244,602,000          | Yard size: 508x321m |
| b) Temporary Jetty                | m²            | 72,625   | 65,000          | 4,720,625,000        |                     |
| <b>Subtotal</b>                   | <b>L. Sum</b> | <b>1</b> |                 | <b>4,965,227,000</b> |                     |

| (05) Earthworks          | Unit          | Quantity | Unit Cost (INR) | Total (INR)       | Conditions |
|--------------------------|---------------|----------|-----------------|-------------------|------------|
| a) Excavation (Softsoil) | m³            | 104      | 350             | 36,400            |            |
| b) Backfill              | m³            | 49,420   | 650             | 32,123,000        |            |
| <b>Subtotal</b>          | <b>L. Sum</b> | <b>1</b> |                 | <b>32,159,400</b> |            |

| (06) Foundation                | Unit     | Quantity      | Unit Cost (INR) | Total (INR)          | Conditions    |
|--------------------------------|----------|---------------|-----------------|----------------------|---------------|
| a) Pile Ø1000mm (cast in situ) | m        | 1,736         | 80,000          | 138,880,000          | Land zone     |
| b) Pile Ø1200mm (cast in situ) | m        | 11,286        | 100,000         | 1,128,600,000        | Land zone     |
| c) Pile Ø1500mm (cast in situ) | m        | 1,023         | 130,000         | 132,990,000          | Land zone     |
| d) Pile Ø2000mm (cast in situ) | m        | 11,970        | 185,000         | 2,214,450,000        | T. Jetty zone |
| e) Pile Ø2400mm (cast in situ) | m        | 15,096        | 210,000         | 3,170,160,000        | Marine zone   |
| f) Pile Ø2400mm (cast in situ) | m        | 2,992         | 290,000         | 867,680,000          | Marine zone   |
| <b>Subtotal</b>                | <b>m</b> | <b>44,103</b> |                 | <b>7,652,760,000</b> |               |

出典：JICA 準備調査（MTHL）



表 5.5 MTHL パッケージ 1 ブレークダウン（その 2）

| (07) Substructure       | Unit                 | Quantity       | Unit Cost (INR) | Total                | Conditions     |
|-------------------------|----------------------|----------------|-----------------|----------------------|----------------|
| a) Ramp Piers           | m <sup>3</sup>       | 25,670         | 35,000          | 898,450,000          | Land zone      |
| b) Main Alignment Piers | m <sup>3</sup>       | 57,179         | 35,000          | 2,001,265,000        | T...Jetty zone |
|                         | m <sup>3</sup>       | 96,425         | 40,000          | 3,857,000,000        | Marine zone    |
| <b>Subtotal</b>         | <b>m<sup>3</sup></b> | <b>179,274</b> |                 | <b>6,756,715,000</b> |                |

| (08) Superstructure (Concrete) | Unit                 | Quantity       | Unit Cost (INR) | Total                 | Conditions              |
|--------------------------------|----------------------|----------------|-----------------|-----------------------|-------------------------|
| a) PC Box (50 m Span)          | m <sup>2</sup>       | 139,445        | 45,000          | 6,275,025,000         | Temp. Jetty & Land zone |
|                                | m <sup>2</sup>       | 121,241        | 50,000          | 6,062,050,000         | Marine zone             |
| b) PC Box (30 m Span)          | m <sup>2</sup>       | 53,564         | 40,000          | 2,142,560,000         | Land zone               |
| <b>Subtotal</b>                | <b>m<sup>2</sup></b> | <b>314,250</b> |                 | <b>14,479,635,000</b> |                         |

| (09) Superstructure (Steel)   | Unit     | Quantity      | Unit Cost (INR) | Total                 | Conditions |
|-------------------------------|----------|---------------|-----------------|-----------------------|------------|
| a) Steel Deck Slab Box Girder | t        | 58,792        | 430,000         | 25,280,560,000        |            |
| <b>Subtotal</b>               | <b>t</b> | <b>58,792</b> |                 | <b>25,280,560,000</b> |            |

| (10) Dolphins   | Unit      | Quantity  | Unit Cost (INR) | Total                | Conditions |
|-----------------|-----------|-----------|-----------------|----------------------|------------|
| a) 6 Piles Type | No        | 16        | 48,000,000      | 768,000,000          |            |
| b) 3 Piles Type | No        | 20        | 25,000,000      | 500,000,000          |            |
| <b>Subtotal</b> | <b>No</b> | <b>36</b> |                 | <b>1,268,000,000</b> |            |

| (11) Pavement              | Unit                 | Quantity       | Unit Cost (INR) | Total              | Conditions                                   |
|----------------------------|----------------------|----------------|-----------------|--------------------|----------------------------------------------|
| a) Concrete Bridge Section | m <sup>2</sup>       | 270,800        | 1,250           | 338,500,000        | SMA 1 layer and DGA 1 layer                  |
| b) Steel Bridge Section    | m <sup>2</sup>       | 84,160         | 1,400           | 89,824,000         | SMA 2 layers                                 |
| c) Road Section            | m <sup>2</sup>       | 3,600          | 2,000           | 7,200,000          | SMA 1 layer / DGA 1 layer / Subbase 2 layers |
| <b>Subtotal</b>            | <b>m<sup>2</sup></b> | <b>338,560</b> |                 | <b>435,524,000</b> |                                              |

| (12) Road Furniture                     | Unit           | Quantity | Unit Cost (INR) | Total                | Conditions                               |
|-----------------------------------------|----------------|----------|-----------------|----------------------|------------------------------------------|
| a) RCC Crash Barrier                    | m              | 52,512   | 4,000           | 210,048,000          |                                          |
| b) Noise Barrier                        | m <sup>2</sup> | 25,500   | 6,000           | 153,000,000          |                                          |
| c) Opaque Barrier                       | m <sup>2</sup> | 18,000   | 18,000          | 324,000,000          |                                          |
| d) Anti Falling Object Barrier          | m <sup>2</sup> | 2,814    | 4,000           | 11,256,000           |                                          |
| e) Drainage 100mm                       | m              | 57,860   | 300             | 17,358,000           |                                          |
| f) Line Mark                            | m              | 71,661   | 250             | 17,915,167           |                                          |
| g) Retro-Reflectorised Traffic Sign     | No             | 78       | 15,000          | 1,170,000            |                                          |
| h) Inspection Platform                  | No             | 77       | 2,200,000       | 169,400,000          |                                          |
| j) Road Illumination Installation Works | No             | 773      | 150,000         | 115,950,000          | Main Align.: 3 per 50m / Ramp: 1 per 50m |
| <b>Subtotal</b>                         | <b>L. Sum</b>  | <b>1</b> |                 | <b>1,020,097,167</b> |                                          |

出典：JICA 準備調査（MTHL）

#### (4) 本事業プレ FS 資料（VVSL）

為替レートは、INR 1=1.52 円、1 円=0.66 INR（2020 年 1~2 月）であり、報告書には以下の記述がみられる。

表 5.6 VVSL 主要単価（Pre-F/S）

| Sl. No | Items                                                   | Unit     | Unit Rate (Rs.) |
|--------|---------------------------------------------------------|----------|-----------------|
| 1      | Main Sea link Bridge                                    | Rs. /Sqm | 1,12,000        |
| 2      | Cable Stayed Bridge                                     | Rs. /Sqm | 1,80,000        |
| 3      | Viaduct on SEA                                          | Rs. /Sqm | 1,80,000        |
| 4      | Bridge on Creek                                         | Rs. /Sqm | 1,12,000        |
| 5      | At Grade Road                                           | Rs. /Sqm | 4,300           |
| 6      | Elevated Road                                           | Rs. /Sqm | 70,000          |
| 7      | Solid Ramp with Retaining Wall                          | Rs. /Sqm | 21,000          |
| 8      | Rail over Bridge (ROB)                                  | Rs. /Sqm | 70,000          |
| 9      | Vehicular Under Pass (VUP) with 5.5m Vertical Clearance | Rs. /Sqm | 14,000          |
| 10     | Lighting                                                | Rs. /Km  | 1,27,03,104     |
| 11     | Traffic Surveillance                                    | Rs. /Km  | 84,62,069       |
| 12     | Road Furniture                                          | Rs. /Km  | 1,13,79,320     |
| 13     | Environmental Plan                                      | Rs. /Km  | 2,05,64,260     |
| 14     | Toll Plaza, Building and Equipment (2+2 Lane)           | Per set  | 15,00,00,000.00 |
| 15     | Toll Plaza, Building and Equipment (3+3 Lane)           | Per set  | 22,00,00,000.00 |

出典：Pre-F/S

上記の表より、一般的な平米単価が、高架橋（項 1 の Main Sea Link Bridge）では約 170,240 円、コンクリート斜張橋（同項 2）の場合で約 273,600 円（いずれのケースも上下部工の合計工事費）であった。

## 5.2.2 本案件での積算

### (1) 既往の事業資料による積算結果など

ムンバイ湾横断道路に関する積算結果・単価（JICA 準備調査）の例を以下に示す。

表 5.7 MLFF 導入における留意点

| 工種                          | 単位 | 単価（円）   | 備考   |
|-----------------------------|----|---------|------|
| 調査・試験                       | 式  |         |      |
| 既設構造物撤去                     | 式  |         |      |
| 仮設ヤード                       | m2 | 2,745   |      |
| 仮栈橋                         | m2 | 118,950 |      |
| 道路土工(掘削)                    | m3 | 640     | 軟弱地盤 |
| 道路土工（埋め戻し）                  | m3 | 1,190   |      |
| 基礎（オールケーシングによる場所打ち杭） φ 1000 | m  | 146,400 | 陸打ち  |
| φ 1200                      | m  | 183,000 | 陸打ち  |
| φ 1500                      | m  | 237,900 | 陸打ち  |
| φ 2000                      | m  | 338,550 | 栈台打ち |
| φ 2000                      | m  | 384,300 | 台船打ち |
| φ 2400                      | m  | 530,700 | 台船打ち |
| 下部工（ランプ）                    | m3 | 64,050  |      |
| 下部工（本線）                     | m3 | 64,050  | 栈台打ち |

|                         |     |            |      |
|-------------------------|-----|------------|------|
| 下部工（本線）                 | m3  | 73,200     | 台船打ち |
| 上部工（コンクリート）PC 箱桁 50m 支間 | m2  | 82,350     | 栈橋架設 |
| 上部工（コンクリート）PC 箱桁 50m 支間 | m2  | 91,500     | 台船架設 |
| 上部工（コンクリート）PC 箱桁 30m 支間 | m2  | 82,350     |      |
| 上部工（鋼）鋼床版               | ton | 786,900    |      |
| 係船杭 6 本杭                | 箇所  | 87,840,000 |      |
| 係船杭 3 本杭                | 箇所  | 45,750,000 |      |
| 舗装 コンクリート橋              | m2  | 2,290      |      |
| 舗装 鋼橋                   | m2  | 2,560      |      |
| 舗装 道路                   | m2  | 3,660      |      |
| 道路施設                    | 式   |            |      |

出典：JICA 準備調査（MTHL）

## (2) 日本国内における上部工概算工事費資料

本邦国内で採用されている上部概算工事費資料を参照、下記単価を採用する。

- PC 箱桁（支間 50m）全支保工場所打ち工法：300,000 円/m2
- PC 箱桁（支間 60m）全支保工場所打ち工法：320,000 円/m2
  - 注：上記のようにスパンバイスパン案には対応していないため、別途、検証を行う。
- PC2 主版桁（支間 35m）全支保工場所打ち工法：240,000 円/m2
  - 実績から判断して、PC 中空床版橋を準用
- 鋼少数主桁版桁（支間 50m トラッククレーン・ベント併用）：280,000 円/m2
- 鋼細幅箱桁（支間 60m トラッククレーン・ベント併用）：340,000 円/m2
  - 注：上記以外の特許工法、すなわち、海上での台船架設、手延べ桁による送り出し架設のような場合は、別途、検証を行う。）

## (3) 下部工の工事費単価

下部工については日本国内の統一的な単価資料は見当たらないため、基礎工も含め、概算数量を算定した上で、既往の事業入札単価などから本事業で採用する単価を推定することとする。推計結果を下表に示す。

## a) 日本国内での方式による下部工概算数量と単価構成

表 5.8 日本国内での方式による下部工概算数量と単価構成

橋脚高さ：12.5m（杭4本）

単位：千円

| 工 種   | 種 別        | 細 目                           | 単 位            | 数 量   | 単 価   | 金 額    |
|-------|------------|-------------------------------|----------------|-------|-------|--------|
| 躯体工   | コンクリート工    | $\sigma_{ck}=24\text{N/mm}^2$ | $\text{m}^3$   | 346.2 | 19    | 6,578  |
|       | 型枠工        | 普通                            | $\text{m}^2$   | 213.8 | 8.8   | 1,881  |
|       | 鉄筋工        | S0345                         | t              | 34.6  | 134.1 | 4,642  |
|       | 足場工        | 枠組足場                          | 掛 $\text{m}^2$ | 311.6 | 4.4   | 1,371  |
|       | 支保工        | H°イ°H°ト支保工                    | 空 $\text{m}^3$ | 94.5  | 7.4   | 699    |
|       | 均しコンクリート工  | $\sigma_{ck}=18\text{N/mm}^2$ | $\text{m}^3$   | 4.8   | 18.2  | 88     |
|       | 均しコンクリート型枠 | -                             | $\text{m}^2$   | 1.4   | 4.5   | 6      |
|       | 基礎碎石工      | t=200mm                       | $\text{m}^2$   | 48.3  | 1.3   | 63     |
| 小 計   |            |                               | -              | -     | -     | 15,328 |
| 土工    | 掘削         | オープン                          | $\text{m}^3$   | 358.4 | 1.2   | 430    |
|       | 埋戻し        | -                             | $\text{m}^3$   | 212.8 | 1.7   | 362    |
|       | 残土         | -                             | $\text{m}^3$   | 145.7 | 2.6   | 379    |
|       | 小 計        |                               | -              | -     | -     | 1,171  |
| 基礎工   | 場所打ち杭      | $\phi 1.5\text{m}$ , L=20.0m  | m              | 80.0  | 103   | 8,240  |
| 直接工事費 |            |                               | -              | -     | -     | 24,739 |

注：条件としては以下の通り。

橋脚高さは12.5m。フーチング底面はHHTL(+4.5m)より、やや上にセットする。海底面は、-2.5m、従ってフーチング底面から海底地盤までは7.0m、これを上回る高さでジオチューブ(H=1.5m x 5段)をセットすると、その内側での陸上施工となり、杭打ちは通常の陸上施工で、ケーシングの全損は含んでいない。フーチング施工時に仮締切や掘削、埋め戻しは不要となる。かつ、フーチングを海上施工する際に必要となる大規模な浮き型枠も不要となる。平均水位は2.5m。支持層は海底面から下側10m程度で現れる。ただし、環境面からジオチューブの大規模仕様が困難であれば、ムンバイ湾横断道路（MTHL）方式の施工方法に基づいて再度、単価設定を行う必要がある。以下に、そのような場合となる海上施工の例を取り上げ、工事費の試算を行うものとする。）

出典：本調査

## b) 他国の事例による台船打ちの下部工単価構成

次頁に示すような工費内訳となり、下部工一式の  $\text{m}^3$  当たり単価は  $28,475,175 \times 1/346.3 = 82,300$  円となる。もし、ケーシングを施工後、存置させてパイルベント方式とした場合は、この数値が  $19,965,381 \times 1/346.3 = 57,650$  円となる。この値は2013年の入札価格であることから、インフレ率を考慮すれば、前述のムンバイ湾横断道路（MTHL）の単価表と比較して、妥当な数字となっている。

また、杭 $\phi 1500$ の1m当たりの単価については、 $26,174,650 \times 1/80 = 327.183$  円となる。これは、前述のムンバイ湾横断道路（MTHL）の単価表と比較して、妥当な数字であると判断される。（注：この試算はベトナムにおける海上橋工事の入札価格：2013年を基本として行った。）

表 5.9 参考となる下部工単価構成

海上打設（バージ船使用）

単位：円

| 工 種   | 種 別         | 細 目                                   | 単 位            | 数 量   | 単 価     | 金 額        |
|-------|-------------|---------------------------------------|----------------|-------|---------|------------|
| 躯体工   | コンクリート工     | (橋脚躯体) $\sigma_{ck}=28\text{N/mm}^2$  | $\text{m}^3$   | 209.5 | 45,100  | 9,448,450  |
|       |             | (フーチング) $\sigma_{ck}=28\text{N/mm}^2$ | $\text{m}^3$   | 136.7 | 24,700  | 3,376,490  |
|       | 型枠工         | コンクリートに含む                             | $\text{m}^2$   |       |         | 0          |
|       | 鉄筋工         | SD345                                 | t              | 34.6  | 171,300 | 5,930,192  |
|       | 足場工         | コンクリートに含む                             | 掛 $\text{m}^2$ |       |         | 0          |
|       | 支保工         | コンクリートに含む                             | 空 $\text{m}^3$ |       |         | 0          |
|       | 均しコンクリート工   | $\sigma_{ck}=15\text{N/mm}^2$         | $\text{m}^3$   | 4.8   | 13,545  | 65,426     |
|       | 均しコンクリート型枠  | コンクリートに含む                             | $\text{m}^2$   | 1.4   | 4.5     | 6          |
|       | 基礎砕石工       | t=200mm                               | $\text{m}^2$   | 48.3  | 23,701  | 1,144,818  |
| 小 計   |             |                                       | -              | -     | -       | 19,965,381 |
| 土工    | 掘削          | 鋼矢板による仮締切内での掘削                        | $\text{m}^3$   | 358.4 | 22,200  | 7,957,327  |
|       | 埋戻し         | 鋼矢板による仮締切内での埋め戻し                      | $\text{m}^3$   | 212.8 | 1,912   | 406,779    |
|       | 残土          | クレーン台船による引き揚げと処分                      | $\text{m}^3$   | 145.7 | 1000    | 145,688    |
|       | 小 計         |                                       |                | -     | -       | -          |
| 躯体工   |             |                                       |                |       |         | 28,475,175 |
| 基礎工   | 場所打ち杭コンクリート | 海底面以下に打設 $\phi 1.5\text{m}$ , L=20.0m | $\text{m}^3$   | 141.4 | 94,350  | 13,341,090 |
|       | 鉄筋工         | 141.4x75kg/m3                         | t              | 10.6  | 165,000 | 1,749,000  |
|       | ケーシング       | 20m x 4                               | m              | 80.0  | 138,557 | 11,084,560 |
|       | 小 計         |                                       |                |       |         | 26,174,650 |
| 直接工事費 |             |                                       | -              |       |         | 54,649,825 |

出典：本調査

#### (4) 下部工・上部工単価まとめ

上記の計算は、支間 50m の PC 箱桁に関する下部工に対して行ったものであり、上部工工事費と合算すると以下ようになる。

$$\{16.0 \times 50.0 \times 113,000/\text{m}^2 + (19,965,381 + 26,174,650)\} \times 1/(16.0 \times 50.0) = 170,700 \text{ 円}/\text{m}^2$$

#### (5) コンクリート橋上部工単価の設定

##### a) 一般部

前述 4 章の検討結果のとおり、一般部コンクリート橋における選定形式は支間長 50m の PC 箱桁案となった。この報告書における選定結果をより堅固にするために過去の事例に基づき、コンクリート橋の形式選定における支間長 50m 選択の根拠を整理した。検討方法は、スパンバイスパン工法による既往の実施例から主要材料などの契約単価を基に 50m 案と 60m 案の比較を行うものとする。

##### a-1) 工事諸元の比較

ベトナムおよびインドネシアで実施されたスパンバイスパン工法による PC 箱桁架設工事の諸元を基に、本案件での採用形式を 50m 支間の 6 径間連続桁として検討した結果は以下の表に示すとおりである。



表 5.10 参考となる橋梁事業諸元と本案件の検討結果

|                       | Unit | 工事概要                                                          |                                                                |                                              |
|-----------------------|------|---------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| 案件名                   |      | LH                                                            | MA                                                             | 本案件                                          |
| 建設地                   |      | ベトナム                                                          | インドネシア                                                         | インド                                          |
| 建設環境                  |      | 海上                                                            | 市街地                                                            | 海上                                           |
| 案件概要                  |      | ODAによる5径間連続PC箱桁が15連（上下線が各2車線で合計4車線）                           | 民間投資による単純PC箱桁が74連（3車線x上下線）、7径間ずつリンクスラブにて接続（伸縮装置は7径間ごと）         | 6径間連続PC箱桁が143連（4車線x上下線）                      |
| 設計基準など                |      | VN Standards (AASHTO)                                         | SIN & AASHTO                                                   |                                              |
| 施工業者                  |      | 日本                                                            | インドネシア                                                         | インド                                          |
| 施工期間                  |      | 2014.05~2017.08                                               | 2018.04~2020.09                                                |                                              |
| 為替レート                 |      |                                                               |                                                                |                                              |
| 橋長                    |      | 延長4.433km                                                     | 延長3.6km                                                        | 延長43.0km                                     |
| 比較用の支間長               |      | 5@60=300                                                      | 6@50=300                                                       | 6@50=300                                     |
| 幅員                    |      | B=16m(3.5m x 4)                                               | B=10.54m(2.75m x 3) x 2                                        | B=16.00m(3.5m x 4) x 2                       |
| 桁高                    |      | H=3.20m                                                       | H=2.60m                                                        | H=3.00m                                      |
| 主桁Cell数               |      | 1室                                                            | 1室                                                             | 1室                                           |
| 主桁断面積                 | m2   | 8.750~10.100                                                  | 5.015                                                          | 8.662~9.912                                  |
| セグメント長                |      | 3.0m                                                          | 2.8m                                                           | 3.0m                                         |
| セグメント重量               |      | 79トン                                                          | 35トン                                                           | 77トン                                         |
| セグメント数                |      | 1,405個、標準60mスパンで1径間あたり、19個+2個(支点上)                            | 2,758個、標準50mスパンで1径間あたり、17個+2個(支点上)                             | 30,960個、標準50mスパンで1径間あたり、16個+2個(支点上)          |
| セグメント製作日数             |      | 2015.04.29~2016.09.15<br>(16.5 months: 85/month)<br>ショートライン6基 | 2018.09.24~2020.04.29<br>(19.0 months: 145/month)<br>ショートライン9基 | 3年間<br>(36 months: 860/months)<br>ショートライン60基 |
| セグメント製作工程             |      | 昼夜兼行                                                          | 昼夜兼行                                                           | 昼夜兼行                                         |
| 総コンクリート体積（主桁）：300m当たり | m3   | 3,142                                                         | 1,661（片ライン当たり）                                                 | 3,100                                        |
| 上部工架設期間               |      | 2015.06.25~2016.11.28<br>(18カ月: 240m/month)                   | 2019.08/08~2020.05.19<br>(9.5カ月:380m/month)                    | 架設機を上下線、それぞれ4基として210径間ずつを施工すると、3.5年          |
| 最短架設時間（1径間）           |      | 7日                                                            | 4日                                                             | 6日                                           |
| 施工方法                  |      | スパンバイスパン                                                      | スパンバイスパン                                                       | スパンバイスパン                                     |
| 架設機                   |      | 合計で2基使用<br>陸上用：1360トン<br>海上用：1400トン<br>最大吊上げ荷重：80トン           | 合計で2基使用<br>上り線：(650トン)<br>下り線：(650トン)<br>最大吊上げ荷重：50トン          | 合計で8基使用<br>上り線：4基(1300トン)<br>下り線：4基(1300トン)  |
| 架設機製作地                |      | マレーシア                                                         | 中国                                                             |                                              |

出典：本調査

## a-2) 主要数量と概算工事費の推定

上記の事業の契約単価と数量を使用して、本事業での概算工事費を計算すると次頁のようになる。単価のベースはベトナムにおいて、2013年に応札された ODA 案件における日系企業の提案書に基づき、その諸経費率（直接工事費に対して 33.3%を計上）を 25%に下げて計算した単価である。インドネシアの民間工事における入札価格はそのまま記載している。

比較検討の結果は、m2 単価で 2016 年 2 月に提出されたムンバイ湾横断道路（MTHL）JICA 事前準備調査の価格に近年のインフレ率を乗じれば、これらとほぼ一致しており、この結果を使用することは何ら問題ないと判断できるので、今後の更なる資料収集までは経済性検討の基本資料とすることが可能である。

表 5.11 本事業での主要数量・概算工事費推計

| 交換レート       |                 | 工事費内訳              |                        |                             |                            |           |           |            |               |               |               | 上部工工事費 (円)    |               |                 |
|-------------|-----------------|--------------------|------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------|-----------|------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-----------------|
| 直接工事費：間接工事費 |                 | 1 JPY = 212.41 VND | 0.075 JPY = 1 Rp       | 契約単価 (円)                    |                            | 間接費含む     |           | 間接費含む      |               | 本案件採用価        |               | LH            | MA            | 本案件             |
| 工 事 費       | 主桁コンクリート        | m3                 | 75%・25%                | Non-disclosure              | 888,667 (0.646m3/m2)       | 54,298    | 58,311    | 51,575     | 2,523,825,338 | 2,320,369,623 | 2,320,369,623 | 2,523,825,338 | 2,320,369,623 | 45,833,350,525  |
|             | セグメント架設         | ton                | 1,405 nos. (75 spans)  | 148 spans                   | 1,720 spans                | 1,255,244 | 9,751,798 | 14,125,026 | 1,763,617,820 | 1,443,266,104 | 1,443,266,104 | 1,763,617,820 | 1,443,266,104 | 24,295,045,161  |
|             | 鉄筋              | kg                 | 6,734.9 (145kg/m3)     | 5,650.6 (142kg/m3)          | 128,764.1                  | 173,853   | 120,000   | 163,028    | 1,170,882,570 | 678,072,000   | 678,072,000   | 1,170,882,570 | 678,072,000   | 20,992,146,547  |
|             | 主方向(19S15.2)    | kg                 | 1,130,940 (24.3kg/m3)  | 0                           | 21,622,363                 | 881       | 0         | 826        | 996,358,140   | 0             | 0             | 996,358,140   | 0             | 17,863,186,237  |
|             | 主方向(12S15.2)    | kg                 | 706,088 (15.2kg/m3)    | 2,118,011 (53.2kg/m3)       | 13,499,647                 | 502       | 364       | 471        | 354,456,176   | 770,956,004   | 770,956,004   | 354,456,176   | 770,956,004   | 6,354,860,084   |
|             | PC鋼材            | kg                 | 0                      |                             |                            |           |           |            | 0             |               |               | 0             |               | 0               |
|             | 橋方向(1S28.6)     | kg                 | 625,329 (13.5kg/m3)    | 0                           | 11,955,622                 | 813       | 0         | 762        | 508,392,477   | 0             | 0             | 508,392,477   | 0             | 9,114,704,319   |
|             | 鉛直締め(φ32)       | kg                 | 34,395 (0.7kg/m3)      | 0                           | 657,760                    | 1,378     | 0         | 1,292      | 47,396,310    | 0             | 0             | 47,396,310    | 0             | 849,956,189     |
|             | 分散重(570 ton)    | 個                  | 60                     | 0                           | 1,144                      | 5,175,813 | 0         | 4,853,538  | 310,548,780   | 0             | 0             | 310,548,780   | 0             | 5,552,447,554   |
|             | 分散重(1082 ton)   | 個                  | 120                    | 0                           | 2,860                      | 5,424,357 | 0         | 5,086,606  | 650,922,840   | 0             | 0             | 650,922,840   | 0             | 14,547,694,130  |
|             | LRB (470 ton)   | 個                  | 0                      | 592                         | 0                          | 0         | 333,069   | 0          | 0             | 197,176,848   | 0             | 0             | 197,176,848   | 0               |
|             | アルミ製 (160mm)    | m                  | 15.10                  | 0.00                        | 60.40                      | 606,612   | 0         | 568,841    | 9,159,841     | 0             | 0             | 9,159,841     | 0             | 34,357,994      |
|             | 伸縮装置            | m                  | 211.40                 | 0.00                        | 4,228.00                   | 1,029,093 | 0         | 675,511    | 217,550,260   | 2,856,061,180 | 2,856,061,180 | 217,550,260   | 2,856,061,180 | 0               |
|             | 鋼製              | m                  | 0.00                   | 228.96                      | 0.00                       | 0         | 252,208   | 0          | 0             | 57,745,544    | 0             | 0             | 57,745,544    | 0               |
|             | 高欄 (Hand Rail)  | m                  | 88,661.00              | 0.00                        | 0.00                       | 15,097    | 0         | 0          | 1,338,515,117 | 0             | 0             | 1,338,515,117 | 0             | 0               |
|             | 高欄コンクリート        | m3                 | 2,874.30               | 6,264.00                    | 74,820.00                  | 23,868    | 24,469    | 22,382     | 68,603,792    | 153,273,816   | 153,273,816   | 68,603,792    | 153,273,816   | 1,674,609,677   |
|             | 同上鉄筋            | ton                | 376.70                 | 0.00                        | 9,801.42                   | 173,853   | 0         | 163,028    | 65,490,425    | 0             | 0             | 65,490,425    | 0             | 1,597,905,356   |
|             | 橋面防水層 (排水パイプ含む) | m2                 | 66,178.00              | 0.00                        | 1,290,000.00               | 979       | 0         | 918        | 64,788,262    | 0             | 0             | 64,788,262    | 0             | 1,184,274,194   |
|             | 舗装              | m2                 | 66,178.00              | 68,688.00                   | 1,290,000.00               | 1,636     | 2,319     | 1,534      | 108,267,208   | 159,287,472   | 159,287,472   | 108,267,208   | 159,287,472   | 1,979,032,258   |
|             | 排水材             | 個                  | 442.00                 | 3,172.00                    | 8,575                      | 14,110    | 2,546     | 13,231     | 6,236,620     | 8,075,912     | 8,075,912     | 6,236,620     | 8,075,912     | 113,456,627     |
|             | 排水装置            | φ150               | 1,476.90               | 0.00                        | 28,652                     | 2,484     | 0         | 2,329      | 3,668,620     | 66,739,549    | 66,739,549    | 3,668,620     | 66,739,549    | 0               |
|             | φ200            | m                  | 3,002.60               | 13,607.00                   | 58,250                     | 2,723     | 4,081     | 2,553      | 8,176,080     | 55,530,167    | 55,530,167    | 8,176,080     | 55,530,167    | 148,739,290     |
|             | 電気・通信           |                    |                        |                             |                            |           |           |            |               |               |               |               |               |                 |
|             | 工事費総計           |                    |                        |                             |                            |           |           |            |               |               |               |               |               |                 |
|             | m2単価            |                    | 16.0 x 4433 = 70,928m2 | 10.54 x 2 x 3600 = 75,888m2 | 16.0x2x43000 = 1,376,000m2 |           |           |            |               |               |               | 8,453,238,856 | 5,843,753,490 | 155,058,566,871 |
|             |                 |                    |                        |                             |                            |           |           |            |               |               |               | 119,181       | 77,005        | 112,688         |

(注：LHでは、現場管理費 (準備工、提出書類、工事看板、仮設橋、ヤードなどは含まず。)

現場管理費: JPY 718,944,145

一般的な仮設費: JPY 2,350,488,005

工事費総額: JPY 3,069,432,150 (上部工工事費の36%、上下部工工事費の18%)

LH

MA 一般管理費 + 現場管理費： 総契約額の 5%

**(6) その他の工事費単価****a) 仮栈橋案とジオチューブによる仮設道路案の比較検討**

以下に示す表は既存の事業の実施単価などから検討した仮設道路 2 案の工事費の比較概要である。ジオチューブの単価はベトナムおよび日本国内（沖縄県）に示した実績から引用している。この結果、ジオチューブによる仮設道路は、工事費の面では仮栈橋案よりかなり安価となることが判明した。

**表 5.12 仮栈橋とジオチューブによる仮設道路の工費比較**

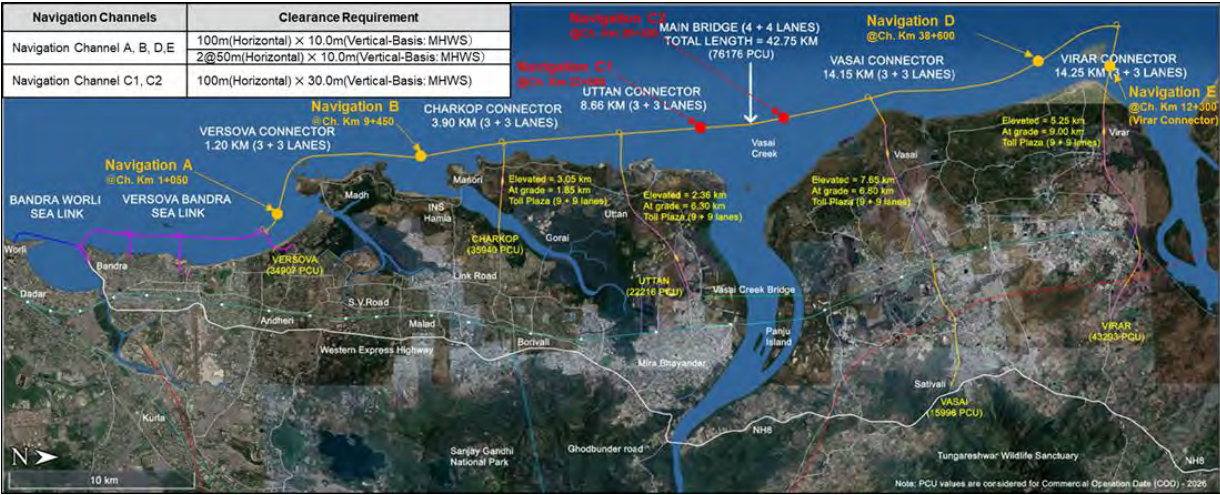
| Item                       | 仮栈橋         |                       |                                        |           | ジオチューブ                               |                              |                 |
|----------------------------|-------------|-----------------------|----------------------------------------|-----------|--------------------------------------|------------------------------|-----------------|
|                            | LH DD       | LH Actual             | Irab Bridge DD                         | VVSL      | LH DD                                | LH Actual                    | VVSL            |
| 設計期間と工事期間                  | Oct.2012    | May.2014<br>~May.2017 | Jun. 2005                              |           | Oct.2012                             | May.2014<br>~May.2017        |                 |
| 幅員（車道幅）(m)                 | 18.0        | 18.0                  | 6.0 & 8.0 ~ 10.0                       | 30.0      |                                      |                              |                 |
| 延長 (m)                     | 85.5        | 85.5                  | 1,590+2399= 3,989                      | 4300.0    |                                      |                              | 43,000          |
| 仮設道路面積 (m2)                | 1540.0      | 1540.0                | 9,387+6,690 =16,077                    | 129,000.0 |                                      |                              |                 |
| 栈橋の杭長さ(m)                  | 35m         | 35m                   | 25m (平均長)                              | 11m (平均長) |                                      |                              |                 |
| 栈橋の杭種                      | H形鋼         | H形鋼 + 鋼管杭             | H形鋼<br>H-350x350-12-19                 |           |                                      |                              |                 |
| 工事費総額 (円)                  | 298,627,042 | 404,389,078           | 1,721,342,000 X<br>1.25= 2,151,677,500 |           |                                      |                              |                 |
| 単価 (円): /m2                | 193,914     | 246,240               | 133,836                                | 採用せず      |                                      |                              |                 |
|                            |             |                       |                                        |           |                                      |                              |                 |
| 幅員（車道幅）(m)                 |             |                       |                                        |           | 10.0 ~ 15.0                          | 25.28                        | 15m x 2 = 30.00 |
| 延長 (m)                     |             |                       |                                        |           | 4,000                                | 3,640                        | 43,000          |
| 盛土断面積(m2)                  |             |                       |                                        |           | 57,660                               | 92,019                       | 1,290,000       |
| ジオチューブの寸法                  |             |                       |                                        |           | 2.0 x 0.65, 2.0 x<br>1.5 & 3.0 x 1.5 | 1.86 x 0.85,<br>2.41 x 1.15, | 3.0 x 1.5       |
| ジオチューブの段数                  |             |                       |                                        |           | 2                                    | 3~4                          | 5               |
| ジオチューブの高さ (m)              |             |                       |                                        |           | 2.150                                | 3.350                        | 7.500           |
| ジオチューブ内の充填砂<br>の体積 (m3)    |             |                       |                                        |           | 55,351                               | 56,598                       | 3,096,000       |
| ジオチューブの内側の盛<br>土体積 (砂)(m3) |             |                       |                                        |           | 278,415                              | 452,588                      | 13,545,000      |
| 栗石(クラッシャーラ<br>ン)(m3)       |             |                       |                                        |           | 7,819                                | 8,108                        | 258,000         |
| 工事費総額 (円)                  |             |                       |                                        |           | 1,682,876,860                        | 2,564,635,394                | 61,146,000,000  |
| 単価 (円): /m2                |             |                       |                                        |           | 29,186                               | 27,871                       | 47,400          |

出典：調査団

5.2.3 概算数量

(1) 区間ごとの概算距離

延長 43km に及ぶ本線区間と各コネクタの高架橋、土工区間の内訳は以下に示す全体路線図から、次表にまとめることが出来る。



出典：Pre-F/S

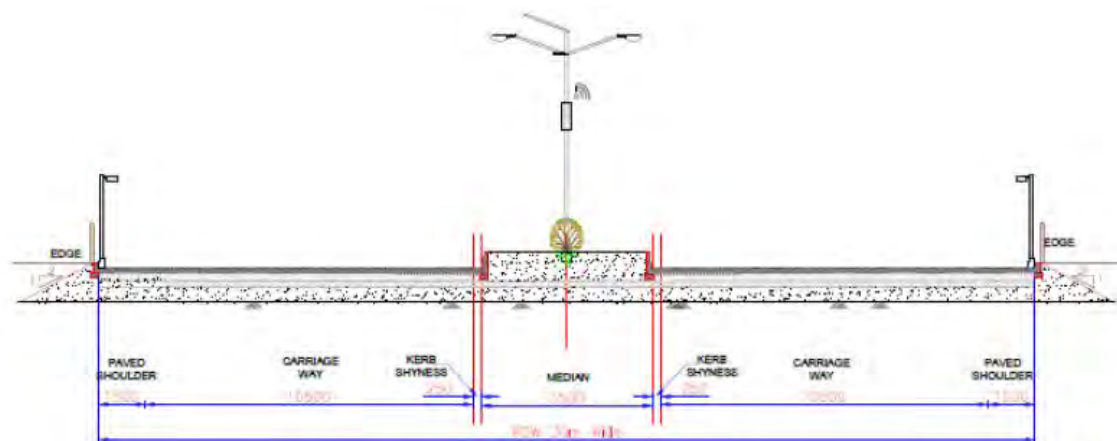
図 5.1 全体路線図

表 5.13 工事数量

| 道路種別            | 高架区間<br>(Km)            | 土工区間<br>(Km) | 合計延長<br>(Km) | 備考                       |
|-----------------|-------------------------|--------------|--------------|--------------------------|
| 本線<br>(主航路＋一般部) | 43.00km =<br>1.86+41.14 | 0            | 43.00        |                          |
| Virar (3+3 車線)  | 5.25                    | 8.70         | 14.25        | 3 車線、Pre-F/S の資料<br>による。 |
| Vasai(3+3 車線)   | 7.65                    | 6.50         | 14.15        |                          |
| Uttan(3+3 車線)   | 2.36                    | 6.30         | 8.56         |                          |
| Charkop(3+3 車線) | 3.05                    | 0.85         | 4.90         |                          |
| Versova(3+3 車線) | 1.20                    | 0            | 1.20         |                          |
| 小計              | 19.51                   | 22.35        |              |                          |
| ジャンクション部        |                         |              |              |                          |
| Virar           | 1.8                     | 0            | 1.8          | 3 車線、Pre-F/S の資料<br>による。 |
| Vasai           | 3.7                     | 0            | 3.7          |                          |
| Uttan           | 3.7                     | 0            | 3.7          |                          |
| Charkop         | 3.7                     | 0            | 3.7          |                          |
| Versova         | 3.7                     | 0            | 3.7          |                          |
| 小計              | 16.6                    |              | 16.6         |                          |

出典：調査団

コネクタ区間の土工部幅員は Pre-F/S を参照して、以下の図から想定している。



**TYPICAL CROSS SECTION FOR AT GRADE (3+3 Lane)**

出典：Pre-F/S

### 図 5.2 コネクタ道路土工部での標準断面

また、ジャンクション部は Pre-F/S を参照し、Virar 以外は、基本的にはトランペット形式にて想定している。Virar は他区間のジャンクションの 1/2 の延長として考える。

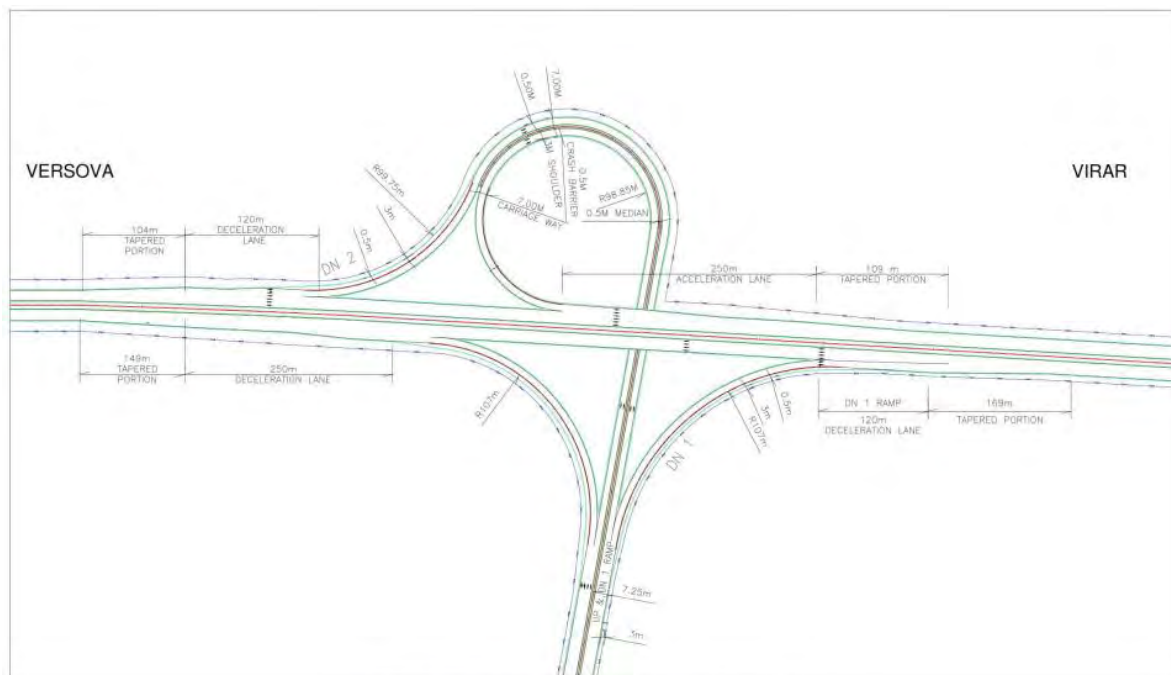


**Figure 5-5: Typical Trumpet Interchange Connector (Complete Interchange)**

出典：Pre-F/S

図 5.3 ジャンクション部想定設計

また、料金所は、前述のように本線上での課金、GNSS による課金などが導入できる可能性があり、本件では、ジャンクションにおける料金所整備は不要とした。



## (2) 概算数量の検討

## 1) 橋梁

表 5.14 橋梁施工面積

| 区間名          | 形式   | 延長(m):L | 幅員(m):B     | 橋面積<br>(m <sup>2</sup> ):A=BL | 備考           |
|--------------|------|---------|-------------|-------------------------------|--------------|
| 本線（主航路）      | 鋼桁   | 1,860   | 16.0 x 2    | 59,520                        |              |
| 本線（一般部）      | 鋼桁   | 41,140  | 16.0 x 2    | 1,316,480                     | いずれかのケースとする。 |
|              | PC 桁 | 41,140  | 16.0 x 2    | 1,316,480                     |              |
| Geo-Tube     |      |         |             |                               |              |
| コネクタ<br>（橋梁） | 全体   | 19,510  |             |                               |              |
|              | 一般部  | PC 桁    | 12.5 x 2    | 417,125                       |              |
|              | 新幹線  | 鋼桁      | 12.5 x 2    | 7,750                         |              |
|              | 料金所  | PC 桁    | 33.0~120 x2 | 225,900                       |              |
| コネクタ（土工）     | 土工   | 23,650  | 30.0        | 709,500                       |              |
| ジャンクション      | PC 桁 | 16.650  | 12.5        | 16,650                        | Pre-F/S による  |
| 小計           |      |         |             |                               |              |

出典：調査団

2) 土工（単位：m<sup>3</sup>）

表 5.15 コネクタ用道路盛土

| 区間                        | 幅員（m）     | 土工区間<br>延長(Km) | 辺長(m) |       | 土量    |                       |
|---------------------------|-----------|----------------|-------|-------|-------|-----------------------|
|                           |           |                | 上面(m) | 下面(m) | 高さ(m) | 盛土体積(m <sup>3</sup> ) |
| Virar                     | 30.0~30.0 | 8.7            | 30.0  | 50.0  | 5.00  | 1,740,000             |
| Vasai                     |           | 6.5            |       |       |       | 1,300,000             |
| Uttan                     |           | 6.3            |       |       |       | 1,260,000             |
| Charkop                   |           | 0.85           |       |       |       | 170,000               |
| 小計                        |           | 22.35          |       |       |       | 4,470,000             |
| サーチャージ(+15%)、軟弱地盤対策(+15%) |           |                |       |       |       | 5,811,000             |

出典：調査団 注：盛土は舗装施工前に沈下促進も行うことと仮定して、舗装を含む横断面に対して全面積を考慮の上、サーチャージ分も含め 15%増しの数量とする。のり面勾配は 1:2 とする。さらに軟弱地盤対策がありと想定して 15%程度の増分を見込む。

## 3) 路面排水工

表 5.16 路面排水溝など検討

| 区間      | 幅員（m） | 土工区間延長(Km) |
|---------|-------|------------|
| Virar   | 30.0  | 8.7        |
| Vasai   |       | 6.5        |
| Uttan   |       | 6.3        |
| Charkop |       | 0.85       |
| 小計      |       | 22.35      |

出典：調査団

## 5.2.4 概算工事費

### (1) 仮定条件

#### a) 一般的条件

- 単価は極力、既往の参考となる事業から流用する。
- Main Line と Connector は区別して、JCT は Connector に含む。
- Connector は土工区間と高架区間に分け、その根拠は全体路線図によるものとする。
- 料金所は本線道路区間（GNSS による料金徴収）に対応するものとし簡素化する。コネクタ道路には設置せず、料金所での 9 車線確保も行わない。
- Connector の幅員構成は Final Pre-F/S by TATA による。土工区間と高架区間とも、同様な扱いである。
- JCT の概算延長は Final Pre-F/S by TATA による（1 か所当たり 3700m、曲線半径など日本の規格と比較し大きいと考えられるが、安全側で採用している。）
- Main Line の航路部は 6 箇所、一律、(95 + 120 + 95m = 310m, 鋼重 2,220 トン) の鋼橋とする。この単価は MTHL 準備調査（JICA Preparatory Study）のトン当たり単価として、ここには橋面工も含むものとした。（PC 箱桁に準ずる。）
- PC 箱桁の単価は前述の既往の事業例を参照して決定している。参考として MTHL 準備調査の採用単価と比べたが、大きな差異はない。
- PC2 主版の単価は、PC 中空床版の実績などから判断して、箱桁より落として採用している。
- Connector（最北）は新幹線を横過するため、この区間は手延べ桁による送り出し工法で鋼橋が架設されるものとする。（航路部と同様の 310m の橋長を仮定して、仮定鋼重は航路部より低減した値とする。）
- Main Line は航路部 6 か所の延長（310m x 6、95-120-95m=310m）を除いた部分を一般部として PC 桁（SBS）にて計上している。
- 土工区間は 5m 高さの盛土に対して沈下・軟弱地盤対策などを想定し、さらに、舗装部分を含めた単価を設定した。排水工事は道路両側の排水溝に加え、一定間隔で路面からの排水路工事を加えた。
- MTHL 準備調査では General Item の扱いが不明であったが、本調査ではこの部分を計上することとした。諸経費を含む工事費とこの General の合計が全体工事費と考え、そのパーセンテージを既往の事業から推定している（下表）。これによって工事費用が推計される。
- GC サービス（調達管理、施工管理）については、総計に対して一般的な比率により推計した。事業費用は、工事費用と GC サービスの合計額とした。

b) 一般管理費の対工事費比率

表 5.17 一般管理費の対工事費比率

| No. | 項目            | Lach Huyen      |  | Makassar        | JICA (MTLH)<br>(PK-1) | 採用値  |
|-----|---------------|-----------------|--|-----------------|-----------------------|------|
| 1   | 設計とエンジニアリング   | 0               |  | 1.55            | 0.00                  |      |
| 2   | 詳細設計          | 0               |  |                 | 0.49                  | 3.00 |
| 3   | 準備費・撤去費       | 2.15            |  | 0.81            | 0                     | 2.00 |
| 4   | 現場事務所         | 0               |  | 0.67            | 0                     |      |
| 5   | 工事看板          |                 |  |                 | 0                     |      |
| 6   | 請負者図書製作費      | 0.5             |  |                 | 0                     | 0.50 |
| 7   | 地質調査          | 0.13            |  |                 | 0                     | 0.90 |
| 8   | 試験費           |                 |  | 0.22            | 0                     |      |
| 9   | HIV/AIDS対策費   | 0.15            |  |                 | 0                     |      |
| 10  | 安全衛生費         | 0               |  | 0.29            | 0                     |      |
| 11  | 安全管理費（交通規制含む） | 0               |  | 0.96            | 0                     | 1.00 |
| 12  | 環境対策費         | 0.11            |  |                 | 0                     | 0.80 |
| 13  | 船舶航行管理費       | 0.87            |  |                 | 0                     |      |
| 14  | 入関税           | 0.62            |  |                 | 0                     |      |
| 15  | 土地借用日         | 0.47            |  |                 | 0                     |      |
| 16  | 測量            | 0               |  | 0.16            | 0                     |      |
| 17  | 地質調査・試験費      | 0               |  |                 | 0.9                   |      |
| 18  | 交通管理費         | 0.07            |  | 0.96            | 0                     |      |
| 19  | 公共施設移転        | 0               |  |                 | 1.32                  | 1.30 |
|     | 合計            | 5.07            |  | 5.62            | 2.71                  | 9.50 |
|     | 直接工事費         | 35,930 mil. JPY |  | 11,973 mil. JPY | 121,772 mil. JPY      |      |

**(2) 工事費 : Case1****a) 工事費内訳（本線のみ）**

本線 43km の海上道路工事費用を下記の様にまとめる。円貨で約 3,650 億円となる。  
 （表中の一般管理費はコントラクタ側の管理費である。）

**表 5.18 工事費内訳（本線のみ—Case1）**

| 項目                          | 単位   | 数量        | 単価          |         | 金額          |
|-----------------------------|------|-----------|-------------|---------|-------------|
|                             |      |           | 外貨          | 内貨      |             |
|                             |      |           | JPY'000     | INR'000 | JPY'000     |
| 一般管理費                       |      |           |             |         |             |
| 準備工・片付け（現場事務所の設営を含む）        | LS   |           | 6,677,226   |         | 6,677,226   |
| 土質調査・測量・試験費                 | LS   |           | 3,004,752   |         | 3,004,752   |
| 詳細設計                        | LS   |           | 10,015,839  |         | 10,015,839  |
| 既存施設移転                      | LS   |           | 4,340,197   |         | 4,340,197   |
| 請負者作成図書                     | LS   |           | 1,669,306   |         | 1,669,306   |
| 安全管理費（交通規制含む）               | LS   |           | 3,338,613   |         | 3,338,613   |
| 環境・衛生対策                     | LS   |           | 2,670,890   |         | 2,670,890   |
| 一般管理費合計                     |      |           |             |         | 31,716,823  |
| 仮栈橋                         | m2   | 0         |             |         | 0           |
| 仮設ヤード                       | m2   | 500,000   | 3.0         |         | 1,500,000   |
| ジオチューブ                      | m2   | 1,282,500 | 47.4        |         | 60,790,500  |
| 場所打ち杭基礎 φ1500mm             | m    | 165,000   | 299.6       |         | 49,434,000  |
| 下部工                         | m3   | 481,800   | 56.8        |         | 27,366,240  |
| 上部工（コンクリート橋）: PC Box by SBS | m2   | 1,318,400 | 122.7       |         | 161,767,680 |
| 上部工（鋼橋）                     | ton  | 22,200    | 1,334.0     |         | 29,614,800  |
| 係船柱                         | nos. | 0         |             |         | 0           |
| 道路施設（照明）                    | nos. | 4,914     | 100.0       |         | 491,400     |
| 道路施設（交通情報板ほか）               | LS   | 1         | 2,896,676.0 |         | 2,896,676   |
| 工事費合計                       |      |           |             |         | 333,861,296 |
| 総合計                         |      |           |             |         | 365,578,119 |

出典：調査団

参考とするムンバイ湾横断道路（MTHL）事業費は 22km の海上道路（約 2,700 億円、km 辺り 122 億円）と比較すると、ジオチューブでの仮設橋対応対応、鋼橋施工量が相対的に小さいことにより、距離別単価として MTHL よりも安価になっている。一方で、ジオチューブが適用できない箇所については仮栈橋での対応となるため追加費用が上乗せされることになる。

**b) コネクタ、JCT 部工事費**

VVSL 事業を成立させるには、上記本体工事費以外に 4 本のコネクタ道路の工事費用が必要となる。コネクタ、ジャンクション工事費用推計を下記にまとめる。結果として全て整備したとして 1,670 億円程度と推計された。

表 5.19 コネクタ、JCT 部工事費

| 項目                          | 単位   | 数量      | 単価        |         | 金額          |
|-----------------------------|------|---------|-----------|---------|-------------|
|                             |      |         | 外貨        | 内貨      |             |
|                             |      |         | JPY'000   | INR'000 | JPY'000     |
| 一般管理費                       |      |         |           |         |             |
| 準備工・片付け（現場事務所の設営を含む）        | LS   |         | 3,097,905 |         | 3,097,905   |
| 土質調査・測量・試験費                 | LS   |         | 1,394,057 |         | 1,394,057   |
| 詳細設計                        | LS   |         | 4,646,857 |         | 4,646,857   |
| 既存施設移転                      | LS   |         | 2,013,638 |         | 2,013,638   |
| 請負者作成図書                     | LS   |         | 774,476   |         | 774,476     |
| 安全管理費（交通規制含む）               | LS   |         | 1,548,952 |         | 1,548,952   |
| 環境・衛生対策                     | LS   |         | 1,239,162 |         | 1,239,162   |
| 一般管理費合計                     |      |         |           |         | 14,715,048  |
|                             |      |         |           |         | 0           |
| 仮栈橋                         | m2   |         |           |         | 0           |
| 仮設ヤード                       | m2   |         |           |         | 0           |
| ジオチューブ                      | m2   | 780,400 | 47.4      |         | 36,990,960  |
| 場所打ち杭基礎 φ1200mm（海上）         | m    | 35,750  | 231.6     |         | 8,279,700   |
| 場所打ち杭基礎 φ1200mm（陸上）         | m    | 113,500 | 83.0      |         | 9,420,500   |
| 下部工（海上）                     | m3   | 83,569  | 56.8      |         | 4,746,719   |
| 下部工（陸上）                     | m3   | 265,318 | 62.2      |         | 16,502,780  |
| 上部工（コンクリート橋）：PC 2 主版桁橋      | m2   | 470,500 | 92.7      |         | 43,615,350  |
| 上部工（鋼橋）：航路部                 | ton  | 3,469   | 1,334.0   |         | 4,627,646   |
| 上部工（鋼橋）：WRL とクリーク部の横過       | ton  | 1,732   | 1,334.0   |         | 2,310,488   |
| 上部工（コンクリート橋）：ジャンクション部       | m2   | 189,459 | 107.7     |         | 20,404,734  |
| 係船柱                         | nos. |         |           |         | 0           |
| ボックスカルバートA (Drainage)       | m    | 403     | 555       |         | 223,665     |
| ボックスカルバートB (Passenger, Cow) | m    | 466     | 1186      |         | 552,676     |
| ボックスカルバートC (Carriageway)    | m    | 129     | 942       |         | 121,518     |
| 道路排水工                       | m    | 66,220  | 16        |         | 1,059,520   |
| 道路(盛土および舗装を含む)              | km   | 22.35   | 251,141   |         | 5,613,001   |
| 道路施設(照明)                    | nos. | 3,277   | 130       |         | 425,984     |
| 道路施設(交通情報板ほか～本線価格に含める)      | LS   | 1       |           |         | 0           |
| 料金所(建築・施設～本線価格に含める)         | nos. |         |           |         | 0           |
| 工事費合計                       |      |         |           |         | 154,895,241 |
| 総合計                         |      |         |           |         | 169,610,289 |

出典：調査団

## c) 総工事費

上記 a) 本線工事費、および、b) コネクタ、JCT 部工事費を合計し、GC サービスを追加して、総建設費は約 5,528 億円と推計した。

| 項目     | 単位 | 数量 | 単価      |         | 金額          |
|--------|----|----|---------|---------|-------------|
|        |    |    | 外貨      | 内貨      |             |
|        |    |    | JPY'000 | INR'000 | JPY'000     |
| 全体工事費  |    |    |         |         | 535,188,409 |
| 施工監理費用 |    |    |         |         | 17,661,217  |
| 総建設費   |    |    |         |         | 552,849,626 |

出典：調査団



**(3) 工事費 : Case2**

Vasai まで短絡した場合の工事費について推計した。

**a) 工事費内訳（本線のみ）**

本線 30.75km の海上道路工事費用を下記のようにまとめる。円貨で約 2,630 億円となる。  
（表中の一般管理費はコントラクタ側の管理費である。）

**表 5.20 工事費内訳（本線のみ—Case2）**

| 項目                          | 単位   | 数量      | 単価          |         | 金額          |
|-----------------------------|------|---------|-------------|---------|-------------|
|                             |      |         | 外貨          | 内貨      |             |
|                             |      |         | JPY'000     | INR'000 | JPY'000     |
| 一般管理費                       |      |         |             |         |             |
| 準備工・片付け（現場事務所の設営を含む）        | LS   |         | 4,805,879   |         | 4,805,879   |
| 土質調査・測量・試験費                 | LS   |         | 2,162,645   |         | 2,162,645   |
| 詳細設計                        | LS   |         | 7,208,818   |         | 7,208,818   |
| 既存施設移転                      | LS   |         | 3,123,821   |         | 3,123,821   |
| 請負者作成図書                     | LS   |         | 1,201,470   |         | 1,201,470   |
| 安全管理費（交通規制含む）               | LS   |         | 2,402,939   |         | 2,402,939   |
| 環境・衛生対策                     | LS   |         | 1,922,351   |         | 1,922,351   |
| 一般管理費合計                     |      |         |             |         | 22,827,923  |
| 仮栈橋                         | m2   | 0       |             |         | 0           |
| 仮設ヤード                       | m2   | 359,649 | 3.0         |         | 1,078,947   |
| ジオチューブ                      | m2   | 922,500 | 47.4        |         | 43,726,500  |
| 場所打ち杭基礎 φ1500mm             | m    | 116,800 | 299.6       |         | 34,993,280  |
| 下部工                         | m3   | 341,056 | 56.8        |         | 19,371,981  |
| 上部工（コンクリート橋）: PC Box by SBS | m2   | 934,400 | 122.7       |         | 114,650,880 |
| 上部工（鋼橋）                     | ton  | 17,760  | 1,334.0     |         | 23,691,840  |
| 係船柱                         | nos. | 0       |             |         | 0           |
| 道路施設（照明）                    | nos. | 3,535   | 100.0       |         | 353,463     |
| 道路施設（交通情報板ほか）               | LS   | 1       | 2,427,040.0 |         | 2,427,040   |
| 工事費合計                       |      |         |             |         | 240,293,931 |
| 総合計                         |      |         |             |         | 263,121,855 |

出典：調査団

**b) コネクタ、JCT 部工事費**

VVSL 事業を成立させるには、上記本体工事費以外に 4 本のコネクタ道路の工事費用が必要となる。コネクタ、ジャンクション工事費用推計を下記にまとめる。結果として全て整備したとして 1,110 億円程度と推計された。

表 5.21 コネクタ、JCT 部工事費

| 項目                           | 単位   | 数量      | 単価        |         | 金額          |
|------------------------------|------|---------|-----------|---------|-------------|
|                              |      |         | 外貨        | 内貨      |             |
|                              |      |         | JPY'000   | INR'000 | JPY'000     |
| 一般管理費                        |      |         |           |         |             |
| 準備工・片付け（現場事務所の設営を含む）         | LS   |         | 2,035,477 |         | 2,035,477   |
| 土質調査・測量・試験費                  | LS   |         | 915,965   |         | 915,965     |
| 詳細設計                         | LS   |         | 3,053,215 |         | 3,053,215   |
| 既存施設移転                       | LS   |         | 1,323,060 |         | 1,323,060   |
| 請負者作成図書                      | LS   |         | 508,869   |         | 508,869     |
| 安全管理費（交通規制含む）                | LS   |         | 1,017,738 |         | 1,017,738   |
| 環境・衛生対策                      | LS   |         | 814,191   |         | 814,191     |
| 一般管理費合計                      |      |         |           |         | 9,668,516   |
|                              |      |         |           |         | 0           |
| 仮栈橋                          | m2   |         |           |         | 0           |
| 仮設ヤード                        | m2   |         |           |         | 0           |
| ジオチューブ                       | m2   | 570,400 | 47.4      |         | 27,036,960  |
| 場所打ち杭基礎 φ1200mm（海上）          | m    | 28,600  | 231.6     |         | 6,623,760   |
| 場所打ち杭基礎 φ1200mm（陸上）          | m    | 75,000  | 83.0      |         | 6,225,000   |
| 下部工（海上）                      | m3   | 6,774   | 56.8      |         | 384,786     |
| 下部工（陸上）                      | m3   | 17,520  | 62.2      |         | 1,089,744   |
| 上部工（コンクリート橋）：PC 2 主版桁橋       | m2   | 353,000 | 92.7      |         | 32,723,100  |
| 上部工（鋼橋）：WRL とクリーク部の横過        | ton  | 1,732   | 1,334.0   |         | 2,310,488   |
| 上部工（コンクリート橋）：ジャンクション部        | m2   | 189,459 | 107.7     |         | 20,404,734  |
| 係船柱                          | nos. |         |           |         | 0           |
| ボックスカルバート A (Drainage)       | m    | 269     | 555       |         | 149,110     |
| ボックスカルバート B (Passenger, Cow) | m    | 297     | 1186      |         | 351,703     |
| ボックスカルバート C (Carriageway)    | m    | 129     | 942       |         | 121,518     |
| 道路排水工                        | m    | 40,443  | 16        |         | 647,088     |
| 道路(盛土および舗装を含む)               | km   | 13.65   | 251,141   |         | 3,428,075   |
| 道路施設(照明)                     | nos. | 2,137   | 130       |         | 277,784     |
| 道路施設(交通情報板ほか～本線価格に含める)       | LS   |         |           |         | 0           |
| 料金所(建築・施設～本線価格に含める)          | nos. |         |           |         | 0           |
| 工事費合計                        |      |         |           |         | 101,773,850 |
| 総合計                          |      |         |           |         | 111,442,366 |

出典：調査団

## c) 総工事費

上記 a) 本線工事費、および、b) コネクタ、JCT 部工事費を合計し、GC サービスを追加して、総建設費は約 3,870 億円と推計した。

| 項目     | 単位 | 数量 | 単価      |         | 金額          |
|--------|----|----|---------|---------|-------------|
|        |    |    | 外貨      | 内貨      |             |
|        |    |    | JPY'000 | INR'000 | JPY'000     |
| 全体工事費  |    |    |         |         | 374,564,220 |
| 施工監理費用 |    |    |         |         | 12,360,619  |
| 総建設費   |    |    |         |         | 386,924,840 |

出典：調査団

#### (4) 維持管理及び ITS 費用

維持管理費用（O&M コスト）は、日常的な維持管理コストについては、国道や MTHL での O&M コストを参考にし、年当たり建設費用の 0.2%と設定した。舗装部分の定期的な改良については、8 年毎に行い、ITS 設備関係については、10 年毎の取り換えと設定した。

表 5.22 維持管理費用

| 項目                   | 費用（百万 Rs） |
|----------------------|-----------|
| 通常維持管理費用             | 817.9     |
| 更新費用（舗装、8 年毎）        | 1,265.4   |
| ITS 設備費用、更新費用（10 年毎） | 2,978.3   |

出典：調査団

#### 5.2.5 建設費積算評価

Case1、2 の場合を含め、総建設費をまとめると以下ようになる。

表 5.23 総建設費比較（円貨：億円）

| 項目                 | Case1        |              | Case2        |              |
|--------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| <b>A)本線工事費用</b>    | <b>3,656</b> | <b>66.1%</b> | <b>2,631</b> | <b>68.0%</b> |
| 一般管理費              | 317          | 5.7%         | 228          | 5.9%         |
| 仮設工                | 623          | 11.3%        | 448          | 11.6%        |
| 下部工                | 768          | 13.9%        | 544          | 14.1%        |
| 上部工 PC             | 1,618        | 29.3%        | 1,147        | 29.6%        |
| 上部工（Steel）         | 296          | 5.4%         | 237          | 6.1%         |
| 道路施設*1             | 34           | 0.6%         | 28           | 0.7%         |
| <b>B)コネクタ工事費用</b>  | <b>1,696</b> | <b>30.7%</b> | <b>1,114</b> | <b>28.8%</b> |
| 一般管理費              | 147          | 2.7%         | 97           | 2.5%         |
| 仮設工                | 370          | 6.7%         | 270          | 7.0%         |
| 下部工                | 389          | 7.0%         | 143          | 3.7%         |
| 上部工 PC             | 640          | 11.6%        | 531          | 13.7%        |
| 上部工（Steel）         | 69           | 1.3%         | 23           | 0.6%         |
| 道路工・道路排水           | 76           | 1.4%         | 47           | 1.2%         |
| 道路施設               | 4            | 0.1%         | 3            | 0.1%         |
| <b>C)施工監理費用</b>    | <b>177</b>   | <b>3.2%</b>  | <b>124</b>   | <b>3.2%</b>  |
| <b>D)総計（A+B+C）</b> | <b>5,528</b> |              | <b>3,869</b> |              |

出典：調査団、\*1）一部、コネクタ部分の ITS 施設を含む

下記に積算における課題を列記する。今後の事業費見直しの面で考慮すべき事項である。

- 総建設費において、本線工事費は 66～68%、特に上部工コンクリート橋（PC）が 30%を占める。
- 日本側で主導期待する鋼橋に関する事業費は本線で 296 億、コネクタ側で 69 億、合計で 370 億円程度であり、全事業費の 7～8%程度である。また、純粋な

日本技術ではないが、本調査で提案するジオチューブを適用した仮設工は約1000億円（18%）である。

- 海上道路部分に関して、MTHLやPre-F/Sの事業費と比較すると（下表）、本計画見積もりは比較的低めに見積もりしている（2.4.2節も参照のこと）。MTHL事業費よりも低い価格での見積もりは、仮設工にジオチューブを全面的に採用しており、バリューエンジニアリングとして十分検討できるものである。

**表 5.24 他プロジェクト単価との比較（1000 万ルピー）**

| Project        | Length(km) | Construction Cost (Cr) | Cost per Km (Cr) |
|----------------|------------|------------------------|------------------|
| VBSL           | 9.8        | 6,994                  | 714              |
| MTHL           | 21.8       | 14,262                 | 654              |
| BWSL           | 5.6        | 1,600                  | 286              |
| VVSL (Pre-F/S) | 43.0       | 21,000                 | 488              |
| VVSL (MET-FS)  | 43.0       | 24,682                 | 574              |

出典：調査団、VVSLは海上道路区間のみ（Case1）の比較、円＝ルピー換算 1.53

## 5.2.6 建設費に関する今後の検討項目・課題

### (1) ジオチューブ・仮設工を「使い捨て」にせず、事業ブランディングに使う

- コスト上振れリスクがあるのは仮設工である。本線の仮設工は全てジオチューブで設計している。ジオチューブは設置や片付けが簡便で全体的に安価であるが、海中の水循環を締め切ることになるため、施工中の環境影響に関して十分な検討をすべきであり、全面的な採用は難しいものとする。JCTなど海岸線に対して直角に道路を建設する場合の仮設工はジオチューブで実施することは可能と考える。また、JCTから両側2～3kmの区間はジオチューブで実施し、他はバージ（台船）もしくは従来型の仮設工によるが適切と考えられる。従来型の仮設工の単価は、ジオチューブの約3倍程度の平米単価であり、上振れリスクとなる。

▶ 例えば、本線仮設工をジャケット式仮設道路・同規模で適用した場合、Case 1での本線工事費は3656億円から4870億円、Km当たり単価は57.4億ルピーから77億ルピーに跳ね上がる。

- 事故などが起きた場合の避難路、救急・事故対応施設などが十分考慮されていない。また、中間地点でのパーキングエリア・トイレ・給油（給電・給水素）の施設などが計上されていない。トンネル区間ではないので火災・煙対応は必要ないものの、救急・災害対応系の追加費用は検討すべき分野である。
- 日本ではパーキングエリアに観光機能を設けることがある。本道路も魅力的なドライブウェイであり、中間地点の海上などにパーキングエリアを設けることを検討すべきだろう。但し、本レビューでは計上していないので追加コストとなるが、ジオチューブで海上に仮設した工事用地を永久構造物として使用することで具体化することは可能である。

▶ 例えば、ムンバイはインドにおける映画産業の拠点である。ロケ地としての利用や映画テーマパークとしての活用（埋立地におけるエンターテインメ

ント施設の誘致）、東京における海ほたるなどの類似提案を組み合わせ、ムンバイ市民が希求する「まだ見ぬ価値」を提案することが重要である。

- キャスティングヤードなどの工事用地に関しては、工事単価や一般管理費に含まれている。現状 VBSL などの工事に使われるヤード転用なども検討でき、周辺域は空地が多いので、レンタルによる工事用地確保については上振れ要因にはならないと考える。
  - ▶ キャスティングヤードも広大な土地を確保する必要があるため、テーマパークや都市開発などへの転用を検討した上での事業計画を進めたい。
- ジャンクション部分の PC 橋について、緩やかなカーブでの提案がなされており比較的高めの価格が入っている。まだ割引できる可能性があるが、このコスト上振れ分を途中の海上パーキングエリアへのアクセスなどに用いればよい。

## (2) 本邦鋼橋技術の適用機会を増やす

- 鋼橋適用は、本線航路上の架橋、Uttan コネクタクリーク上の架橋、Vasai コネクタの既往鉄道の跨線橋にとどめている。Vasai および Virar コネクタに新幹線跨線橋があり、架橋スパンが PC で十分なため本調査では PC 適用にとどめたが、運用中新幹線の安全確保の面で鋼橋適用の妥当性も検討できる。調査団で新幹線整備主体である NHSRCL 社に問い合わせたところ、インド新幹線に架かる跨線橋の材料基準・安全基準が存在しないことが確認されたため、今後追加検討が可能である。
- Vasai コネクションの NH48 接続部分については、4.8.3 節に示したように自然公園のバッファおよび市街地に隣接し、地形も山がちであるため、施工方法が非常に難しい。一方で、この接続はムンバイの環状道路を実現するためには重要な接続である。地形制約の多い道路用地への施工として、鋼橋適用や 2 階建ての道路設計などを適用すべき地点といえる。

## (3) コスト低減策をアピールする。

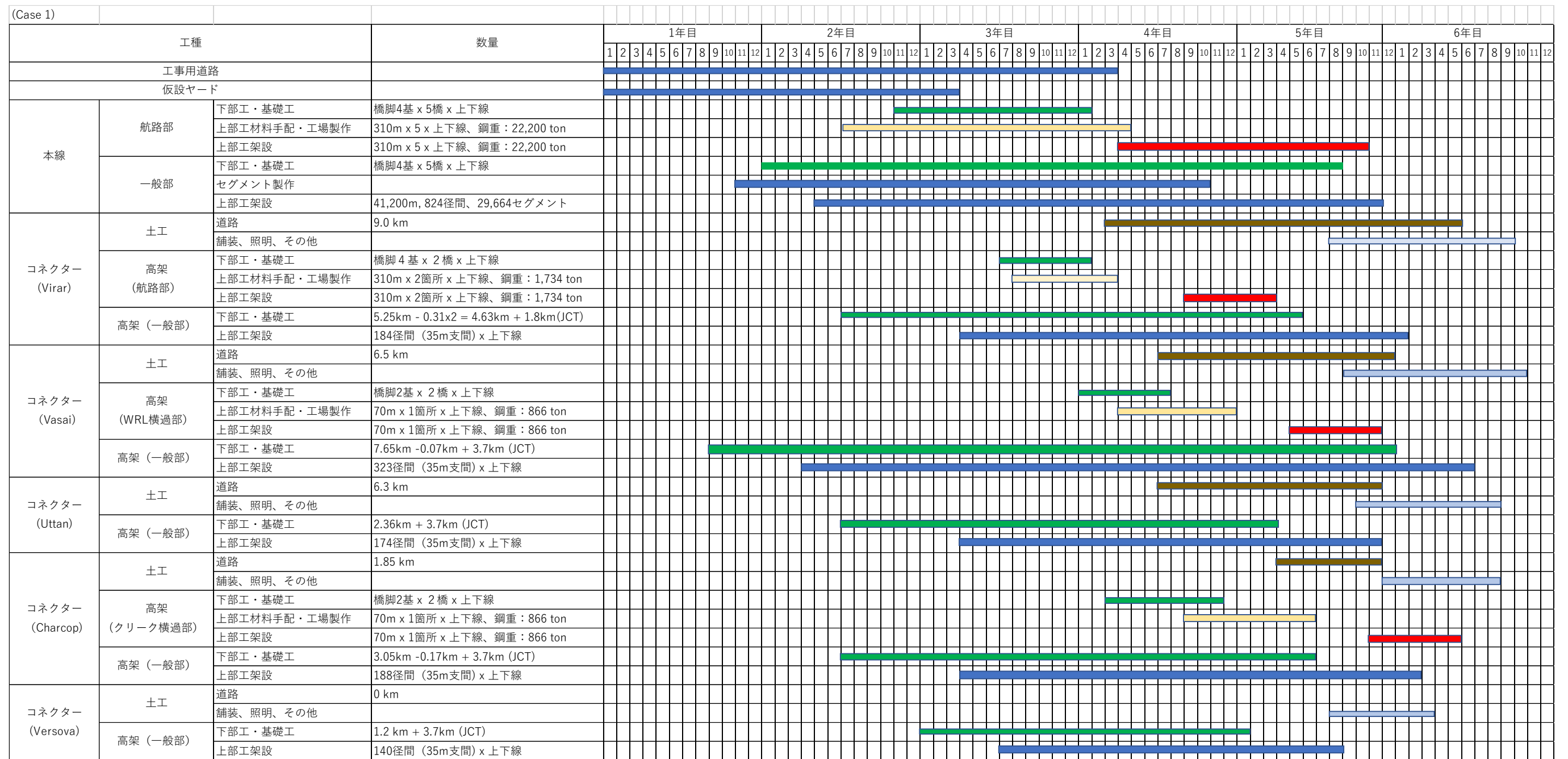
- 料金所については、インドにおける ITS 活用の状況に鑑み GNSS による本線上での料金収受システムを採用することで、片側 9 レーンを要する料金所施設を不要とした。これは、用地取得リスクや環境影響リスクを大幅に下げる。既にデリー近隣の高速道路において実験的に導入が検討されている。
- 前述のジオチューブ提案も相当なコスト低減策であり、十分なアピールが必要である。

## 5.3 工程計画

VVSL 建設事業に係る工程計画を次ページに示す。本線、各コネクタでそれぞれにスケジュールを整理し、Case1、Case2 の 2 パターンで検討した。数量などを考慮し、各工程で必要となる月数を考慮してバーチャート形式で示した。最終的に、Case1 の工期は約 6 年、Case2 の工期は 5 年と想定した。



**表 5.25 工程計画 (Case1)**



出典：調査団



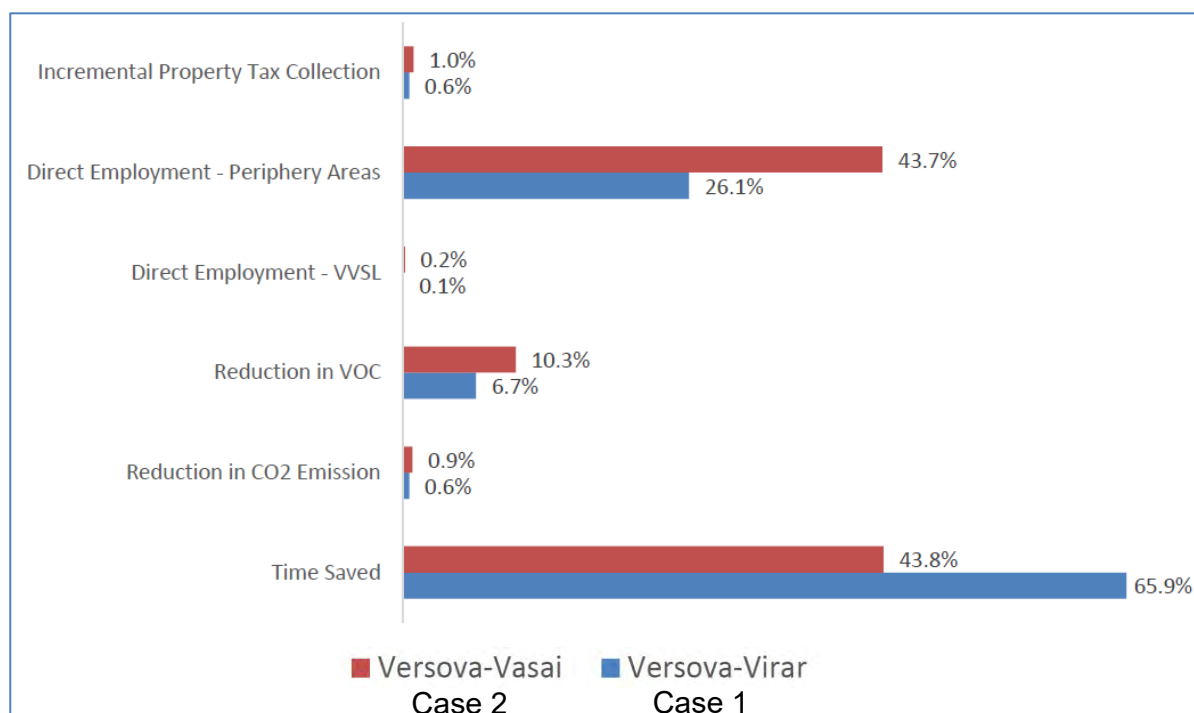
## 6. 経済財務分析

### 6.1 経済分析

本事業の経済分析として、Pre-F/S における経済分析をレビューした上で、Versova－Virar 間建設のケース（ケース 1）と Versova－Vasai 間建設のケース（ケース 2）の経済的内部収益率（Economic Internal Rate of Return：EIRR）の推計を行った。

#### 6.1.1 Pre-F/S における推計

Pre-F/S における便益計算では、旅行時間の短縮、CO2 排出の削減、車両走行経費（Vehicle Operating Cost：VOC）の節減に加えて、建設中の雇用創出、波及効果としての雇用創出、土地価格上昇による固定資産税の税収増が推計されている。下図は、これらの項目毎の便益総額に対する割合である。波及効果である雇用創出の、便益総額に占める割合が非常に大きいことが分かる。



出典：Pre-F/S

図 6.1 Pre-F/S における項目毎の便益の割合

これらの便益の算出を基に推計された EIRR は次表の通りである。Case 1、Case 2 共に、非常に高い EIRR の推計結果となっている。

表 6.1 Pre-F/S による EIRR 推計結果

| Case                 | EIRR          |               |
|----------------------|---------------|---------------|
|                      | 評価期間 25 年間の場合 | 評価期間 30 年間の場合 |
| Case 1：Versova－Virar | 32.1%         | 32.5%         |
| Case 2：Versova－Vasai | 26.9%         | 27.3%         |

注：上記は、土地取得費を事業費に含む場合の結果。 出典：Pre-F/S

しかしながら、費用便益分析において、波及効果の便益への算入は必ずしも適切ではない。事業対象地域において、事業の波及効果として、どのような開発がどの時点で、どの程度実施されるかは不確実性が高く、何らかの恣意的な推計の危険性も有り得る。また、仮に、かなりの確からしさで何らかの開発が生ずると推測される場合でも、他の開発機会を犠牲にすることなく、経済全体にとって純付加的に開発がなされるかについても多くの場合、不確実である。

また、Pre-F/S で算出されている土地価格上昇による固定資産税の税収増についても、波及効果の一つであり、便益への算入には問題があり得る。仮に土地価格の上昇が生じた場合、それらの土地を何らかの経済活動に使用する側が損失を被ることもあり得る。その場合、それらの経済活動からの税収は減少し得る。また、税金は移転項目であり、費用便益分析では除くのが通常である。

このような、事業実施による直接効果（本事業の場合、交通費用の低下）に起因する波及効果（間接効果）は、不確実性が高いことに加え、推計して便益に算入した場合、便益の過大推計になり得る。このようなことから、費用便益分析では、波及効果（間接効果）は便益に算入しないのが一般的である。

## 6.1.2 本調査による推計

上記のレビューを踏まえつつ、本調査で算出された需要予測結果、事業費、O&M 費用等に基づき、本事業の EIRR を推計した。評価期間は、コンサルタント業務の開始を想定する 2025 年から 2050 年までの 26 年間とした。為替レートは、1 INR = 1.53 円を用いた。また、通常費用便益分析と同様に、インフレは考慮していない。以下に方法論及び分析結果を示す。

### (1) 費用

#### 投資費用

- 投資費用は、第 5 章で示した本事業の工事費、土地取得費<sup>41</sup>、予備費<sup>42</sup>、コンサルタント費<sup>43</sup>の合計とした。
- 評価期間の最終年における残存価値を投資費用から差し引いた。残存価値の推計のため、平均的な経済的耐用年数を 35 年と設定した。土地については減価しないと仮定した。
- 財務費用から経済費用への変換係数については、インド道路協会の道路事業経済評価マニュアル<sup>44</sup>における関連の記載を参考にして 0.85 と設定した。
- 第 5 章で示した工程計画に従って、Case 1（Versova – Virar 間）の建設期間は 6 年、Case 2（Versova – Vasai 間）の建設期間は 5 年とした。

#### O&M 費用

- 本事業の O&M 費用として、第 5 章で示した通常維持管理費用、舗装の更新費用、ITS 設備の更新費用、及び Pre-F/S で考慮されているアドミ費用の合計と

<sup>41</sup> 土地取得費は、Pre-F/S に基づき Case 1 では 6,535 百万 INR、Case 2 では 4,794 百万 INR とした。

<sup>42</sup> 予備費は、JICA ムンバイ湾横断道路建設事業準備調査と同様に、工事費の 10%と設定した。

<sup>43</sup> コンサルタント費は、JICA ムンバイ湾横断道路建設事業準備調査を参考にして、工事費と予備費の合計の 3%と仮定した。

<sup>44</sup> IRC, Manual on Economic Evaluation of Highway Projects in India (Third Revision), December 2019.

した。通常維持管理費用とアドミ費用については、交通量に比例して上昇すると仮定した。

- 投資費用と同様、財務費用から経済費用への変換係数を 0.85 と設定した。

## (2) 便益

事業が実施された場合（With-Project ケース）と実施されなかった場合（Without-Project ケース）の比較により、以下の便益を定量化した。

- 旅行時間の短縮効果（Travel Time Cost : TTC の縮減）
- 車両走行経費の節減効果（Vehicle Operating Cost : VOC の節減）

前項の Pre-F/S 経済分析のレビューで記した通り、波及効果（間接効果）については不確実性が高い上に、費用便益分析では便益に算入されないのが一般的であることから、本調査では定量化項目から除いた。

需要予測と同様に、5 本のコネクタ道路に対応する 5 つのゾーンを考え、これらゾーン間（合計 10 個のゾーンペア）毎に便益を算出し、合計することにより便益を推計した。10 個のゾーンペアの、Without-Project ケースと With-Project ケースの平均走行距離を、Pre-F/S のデータに基づき下表の通り設定した。

表 6.2 Without・With-Project の場合のゾーン間平均走行距離

| ゾーンペア   |         | 平均走行距離 (km) |          |
|---------|---------|-------------|----------|
|         |         | Without ケース | With ケース |
| Virar   | Versova | 60.0        | 58.20    |
| Virar   | Charkop | 50.2        | 47.60    |
| Virar   | Uttan   | 50.4        | 46.91    |
| Virar   | Vasai   | 15.2        | 40.65    |
| Vasai   | Versova | 48.0        | 44.85    |
| Vasai   | Charkop | 38.9        | 35.25    |
| Vasai   | Uttan   | 39.1        | 34.56    |
| Uttan   | Versova | 29.0        | 27.61    |
| Uttan   | Charkop | 24.9        | 18.01    |
| Charkop | Versova | 23.0        | 17.40    |

出典：Pre-F/S のデータに基づき調査団設定

旅行時間の短縮効果（TTC の節減）については、車種別の時間費用（TTC）単価（2021 年）を次表の通り設定し、乗用車とバスの平均的な乗車人数を、車種別の交通量調査結果及び IRC 道路事業経済評価マニュアルを参考にしつつ、乗用車 1.5 人、バス 25 人と設定した。

表 6.3 車種別の時間費用（TTC）単価（2021 年）

| (単位：Rs/時) |      |     |       |
|-----------|------|-----|-------|
| Car       | Bus  | LCV | Truck |
| 242.1     | 73.2 | 9.5 | 88.8  |

注：Car と Bus は乗車一人当たりの単価。LCV と Truck は輸送貨物の平均的な時間当たり機会費用。

出典：IRC 道路事業経済評価マニュアル（2019）における TTC 単価に基づき調査団設定



Without-Project ケースでは、Pre-F/S の走行速度調査の結果から得られる平均速度を現時点のベース速度として用いた。With-Project ケースでは、本線部分の Free Flow Speed (FFS) を Pre-F/S における設定と同様の 80 km/hr、コネクタ道路の FFS を Virar・Vasai : 55 km/hr、Uttan : 50 km/hr、Charkop・Versova : 45km/hr と設定し、これらの 90% の速度を現時点のベース速度として用いた。また、With 及び Without ケース共に、将来的な交通量の増加による速度低下を仮定した。

車両走行経費（VOC）の節減効果については、車種別の車両走行経費（VOC）単価として、JICA ムンバイ湾横断道路建設事業準備調査の経済分析で用いられた車種別 VOC 単価を、2021 年単価に更新することにより設定した。2021 年単価への更新は、IRC 道路事業経済評価マニュアル（2019）における VOC 単価を用いて行った。下表に、2021 年時点の VOC 単価を示す。

表 6.4 車種別の車両走行経費（VOC）単価（2021 年）

(単位 : Rs/km)

| Car  | Bus   | LCV   | Truck |
|------|-------|-------|-------|
| 4.68 | 17.63 | 21.01 | 24.28 |

出典：IRC 道路事業経済評価マニュアル（2019）における VOC 単価に基づき調査団設定

### (3) EIRR 推計結果

以上の設定の下、費用及び便益を推計し、経済的内部収益率（EIRR）を算出した。次表に経済分析の計算結果を示す。Case 1（Versova－Virar 間）の EIRR は 13.1%、Case 2（Versova－Vasai 間）は 15.5%との結果となった。これらは、開発途上国において一般的に用いられる公共投資の機会費用（10%～12%程度）を上回っており、本事業への投資は、国民経済的な視点から妥当との推計結果と言える。

表 6.5 Case 1（Versova-Virar 間）の経済分析結果

（単位：百万 Rs）

| 年    | 費用       |        | 便益     |         | 純便益<br>フロー |
|------|----------|--------|--------|---------|------------|
|      | 投資費用     | O&M 費用 | VOC 節減 | TTC 縮減  |            |
| 2025 | 883      |        |        |         | -883       |
| 2026 | 1,276    |        |        |         | -1,276     |
| 2027 | 34,593   |        |        |         | -34,593    |
| 2028 | 67,910   |        |        |         | -67,910    |
| 2029 | 67,910   |        |        |         | -67,910    |
| 2030 | 67,910   |        |        |         | -67,910    |
| 2031 | 67,910   |        |        |         | -67,910    |
| 2032 | 34,593   |        |        |         | -34,593    |
| 2033 |          | 1,308  | 5,188  | 30,729  | 34,609     |
| 2034 |          | 1,389  | 5,485  | 34,113  | 38,208     |
| 2035 |          | 1,475  | 5,798  | 37,872  | 42,194     |
| 2036 |          | 1,559  | 6,100  | 41,634  | 46,174     |
| 2037 |          | 1,648  | 6,418  | 45,773  | 50,542     |
| 2038 |          | 1,742  | 6,753  | 50,327  | 55,338     |
| 2039 |          | 1,842  | 7,105  | 55,338  | 60,601     |
| 2040 |          | 3,024  | 10,547 | 71,611  | 79,133     |
| 2041 |          | 2,041  | 11,008 | 77,642  | 86,609     |
| 2042 |          | 4,670  | 11,491 | 84,187  | 91,008     |
| 2043 |          | 2,241  | 11,995 | 91,290  | 101,044    |
| 2044 |          | 2,349  | 12,522 | 99,000  | 109,173    |
| 2045 |          | 2,462  | 13,074 | 107,368 | 117,980    |
| 2046 |          | 2,569  | 13,589 | 115,347 | 126,367    |
| 2047 |          | 2,681  | 14,126 | 123,927 | 135,372    |
| 2048 |          | 3,875  | 14,685 | 133,154 | 143,964    |
| 2049 |          | 2,922  | 15,267 | 143,079 | 155,424    |
| 2050 | -141,607 | 3,051  | 15,873 | 153,754 | 308,182    |

**EIRR = 13.1%**

出典：調査団

表 6.6 Case 2（Versova-Vasai 間）の経済分析結果

（単位：百万 Rs）

| 年    | 費用      |        | 便益     |         | 純便益<br>フロー |
|------|---------|--------|--------|---------|------------|
|      | 投資費用    | O&M 費用 | VOC 節減 | TTC 縮減  |            |
| 2025 | 687     |        |        |         | -687       |
| 2026 | 1,030   |        |        |         | -1,030     |
| 2027 | 30,203  |        |        |         | -30,203    |
| 2028 | 59,376  |        |        |         | -59,376    |
| 2029 | 59,376  |        |        |         | -59,376    |
| 2030 | 59,376  |        |        |         | -59,376    |
| 2031 | 30,203  |        |        |         | -30,203    |
| 2032 |         | 915    | 4,834  | 24,320  | 28,238     |
| 2033 |         | 970    | 5,116  | 26,984  | 31,131     |
| 2034 |         | 1,029  | 5,416  | 29,943  | 34,330     |
| 2035 |         | 1,091  | 5,734  | 33,228  | 37,871     |
| 2036 |         | 1,151  | 6,041  | 36,514  | 41,404     |
| 2037 |         | 1,215  | 6,366  | 40,127  | 45,278     |
| 2038 |         | 1,282  | 6,709  | 44,102  | 49,528     |
| 2039 |         | 2,214  | 7,070  | 48,473  | 53,330     |
| 2040 |         | 1,428  | 10,060 | 62,633  | 71,265     |
| 2041 |         | 3,519  | 10,509 | 67,880  | 74,869     |
| 2042 |         | 1,562  | 10,979 | 73,571  | 82,988     |
| 2043 |         | 1,634  | 11,471 | 79,746  | 89,583     |
| 2044 |         | 1,709  | 11,987 | 86,445  | 96,723     |
| 2045 |         | 1,788  | 12,527 | 93,714  | 104,453    |
| 2046 |         | 1,862  | 13,034 | 100,637 | 111,809    |
| 2047 |         | 2,800  | 13,562 | 108,079 | 118,842    |
| 2048 |         | 2,020  | 14,114 | 116,080 | 128,174    |
| 2049 |         | 2,104  | 14,689 | 124,682 | 137,267    |
| 2050 | -96,042 | 2,192  | 15,289 | 133,931 | 243,070    |

EIRR = 15.5%

出典：調査団

#### (4) 感度分析

上記の経済分析においては、設定したパラメータの値について不確実性が伴う。このため、主要パラメータの値の変化による EIRR 推計値への影響を見るため、感度分析を行った。

上記の結果をベースケースとして、コスト上昇及び需要側のリスクを考慮し、下表のとおり、費用 10%増のケース、便益 10%減のケース、及び費用 10%増・便益 10%減の両方のケースの EIRR を算出した。費用 10%増・便益 10%減の場合でも、10%程度の EIRR が確保される結果となった。

表 6.7 EIRR 推計値の感度分析結果

| ケース                      |                      | EIRR  |
|--------------------------|----------------------|-------|
| Case 1 : Versova – Virar | (a) ベースケース           | 13.1% |
|                          | (b) 費用 10% 増         | 12.2% |
|                          | (c) 便益 10% 減         | 12.1% |
|                          | (d) 上記 (b) と (c) の両方 | 11.2% |
| Case 2 : Versova – Vasai | (a) ベースケース           | 15.5% |
|                          | (b) 費用 10% 増         | 14.5% |
|                          | (c) 便益 10% 減         | 14.4% |
|                          | (d) 上記 (b) と (c) の両方 | 13.4% |

出典：調査団

## 6.2 財務分析

本事業の財務分析として、Versova－Virar 間建設のケース（ケース 1）と Versova－Vasai 間建設のケース（ケース 2）について、事業自体の収益性を推計するため、財務的内部収益率（Financial Internal Rate of Return：FIRR）を算出した。

### (1) 前提条件

財務分析では、以下の前提の下でキャッシュフローを作成し、FIRR を算出した。

- 事業キャッシュフロー：事業自体のキャッシュフローの観点からの分析を行ったものであり、融資や金利等のファイナンス、及び税金は考慮していない。
- 評価期間：経済分析と同様に、2025 年から 2050 年までの 26 年間とした。
- インフレ：経済分析と同様に、インフレは考慮していない。
- 為替レート：1 INR = 1.53 円を用いた。

### (2) キャッシュ・アウトフロー

経済分析と同様の費用項目、すなわち投資費用及び O&M 費用の推計値（ただし財務費用）を用いた。

### (3) キャッシュ・インフロー

キャッシュ・インフローは料金収入とした。1 km 当たりの料金単価を設定し、本調査で推計したゾーンペア毎の将来交通量予測値を用いて、料金収入を推計した。

料金単価の設定に当たり、既存のバンドラ・ウォルリ海上道路（BWSL）の料金、現在建設中のムンバイ湾横断道路（MTHL）の想定料金、及び、本事業の Pre-F/S における料金設定を参考にした。これらの料金及び 1 km 当たりの金額を、以下の 3 つの表に示す。

**表 6.8 バンドラ・ウォルリ海上道路（BWSL）の料金**

| 項目               | 2021 年 3 月まで |             |           | 2021 年 4 月から |             |           |
|------------------|--------------|-------------|-----------|--------------|-------------|-----------|
|                  | Car          | Minibus/LCV | Bus/Truck | Car          | Minibus/LCV | Bus/Truck |
| 料金/トリップ (Rs)     | 70           | 110         | 145       | 85           | 130         | 175       |
| 1 km 当たり (Rs/km) | 12.5         | 19.6        | 25.9      | 15.2         | 23.2        | 31.3      |

注：上記は Single Trip の場合の料金。1 km 当たりの金額は BWSL の延長 5.6 km から算出した。

出典：調査団調べ

**表 6.9 ムンバイ湾横断道路（MTHL）の想定料金**

| 項目                 | Car  | Bus  | LCV  | HCV  | MAV  |
|--------------------|------|------|------|------|------|
| 全線のトリップ当たりの料金 (Rs) | 240  | 550  | 310  | 550  | 780  |
| 1 km 当たり (Rs/km)   | 11.0 | 25.2 | 14.2 | 25.2 | 35.8 |

注：1 km 当たりの金額は MTHL の延長 21.8 km から算出した。

出典：MTHL Project, Quarterly Progress Report-No. 18 (July 1, 2021 – September 30, 2021)、調査団

**表 6.10 本事業の Pre-F/S による VVSL 設定料金**

| 項目                 | Car  | Bus  | LCV  |
|--------------------|------|------|------|
| 1 km 当たり料金 (Rs/km) | 17.4 | 27.4 | 36.1 |

出典：Pre-F/S で設定されたゾーン間料金を基に調査団算出

BWSL は、延長が MTHL や本事業と比べて短く、キロ当たりの料金を比較すると、全体として MTHL の想定料金よりも高い。本事業の Pre-F/S による設定料金については、Pre-F/S の記述によれば、BWSL の料金に準ずるとの仮定の下で設定されている。BWSL の料金は、マハラシュトラ州の州令により 4 年毎に 18% ずつ引き上げられることとなっており、上記の Pre-F/S の料金は、2 度の引き上げが実施された時点（2024–2025）での料金である。

現段階で適正な料金レベルの検討を行うことは困難であるが、本調査の財務分析のための設定としては、延長が 20 km 超で大部分が海上区間である MTHL が本事業と比較的類似することから、MTHL の想定料金と同レベルの料金設定の下で分析を行った。具体的には、下表の通りである。

**表 6.11 本調査の財務分析のための VVSL 設定料金**

| 項目                 | Car  | Bus  | LCV  | Truck |
|--------------------|------|------|------|-------|
| 1 km 当たり料金 (Rs/km) | 11.0 | 25.2 | 14.2 | 30.5  |

出典：調査団



#### (4) FIRR 推計結果

以上の設定の下で、キャッシュ・インフロー及びキャッシュ・アウトフローを推計し、FIRR を算出した。需要予測で推計された車種別台数全てが料金を支払うと仮定した場合、Case 1（Versova－Virar 間）の FIRR は 2.6%、Case 2（Versova－Vasai 間）は 3.2%との結果となった。次表に計算結果を示す。

なお、第 3 章 3.1.2 節で示した通り、現状、有料道路近郊（料金所から 20 km 圏）に居住する住民に対する料金免除制度が存在し、ウェスタン高速道路（Western Express Highway : WEH）における 2019 年 2 月上旬時点の実績では、乗用車の課金割合は、平日 3 割強、休日は 5 割程度となっている。このような制度が VVSL に適用された場合の影響を見るため、乗用車の課金割合が 4 割になった場合の FIRR についても算出したところ、Case 1 は-0.1%、Case 2 は 0.3%となった。

料金設定については、事業対象地域及び近郊における他の有料道路の料金レベルを踏まえながら、地域住民や経済活動への影響も考慮しつつ、事業準備の過程で検討されることが必要と考える。

表 6.12 Case 1（Versova-Virar 間）の財務分析結果

（単位：百万 Rs）

| 年    | キャッシュ・アウトフロー |        | キャッシュ・イン<br>フロー：料金収入 | ネット・<br>キャッシュフロー |
|------|--------------|--------|----------------------|------------------|
|      | 投資費用         | O&M 費用 |                      |                  |
| 2025 | 1,034        |        |                      | -1,034           |
| 2026 | 1,494        |        |                      | -1,494           |
| 2027 | 40,508       |        |                      | -40,508          |
| 2028 | 79,522       |        |                      | -79,522          |
| 2029 | 79,522       |        |                      | -79,522          |
| 2030 | 79,522       |        |                      | -79,522          |
| 2031 | 79,522       |        |                      | -79,522          |
| 2032 | 40,508       |        |                      | -40,508          |
| 2033 |              | 1,532  | 15,940               | 14,408           |
| 2034 |              | 1,627  | 16,966               | 15,339           |
| 2035 |              | 1,728  | 18,058               | 16,331           |
| 2036 |              | 1,826  | 19,127               | 17,301           |
| 2037 |              | 1,930  | 20,261               | 18,331           |
| 2038 |              | 2,040  | 21,464               | 19,423           |
| 2039 |              | 2,157  | 22,740               | 20,583           |
| 2040 |              | 3,547  | 24,095               | 20,548           |
| 2041 |              | 2,390  | 25,296               | 22,906           |
| 2042 |              | 5,483  | 26,559               | 21,076           |
| 2043 |              | 2,624  | 27,888               | 25,264           |
| 2044 |              | 2,751  | 29,286               | 26,536           |
| 2045 |              | 2,883  | 30,757               | 27,874           |
| 2046 |              | 3,009  | 32,157               | 29,148           |
| 2047 |              | 3,140  | 33,623               | 30,483           |
| 2048 |              | 4,544  | 35,160               | 30,616           |
| 2049 |              | 3,422  | 36,770               | 33,348           |
| 2050 | -165,841     | 3,573  | 38,458               | 200,727          |

**FIRR = 2.6%**

出典：調査団

表 6.13 Case 2（Versova-Vasai 間）の財務分析結果

（単位：百万 Rs）

| 年    | キャッシュ・アウトフロー |        | キャッシュ・イン<br>フロー：料金収入 | ネット・<br>キャッシュフロー |
|------|--------------|--------|----------------------|------------------|
|      | 投資費用         | O&M 費用 |                      |                  |
| 2025 | 808          |        |                      | -808             |
| 2026 | 1,212        |        |                      | -1,212           |
| 2027 | 35,533       |        |                      | -35,533          |
| 2028 | 69,854       |        |                      | -69,854          |
| 2029 | 69,854       |        |                      | -69,854          |
| 2030 | 69,854       |        |                      | -69,854          |
| 2031 | 35,533       |        |                      | -35,533          |
| 2032 |              | 1,077  | 11,851               | 10,774           |
| 2033 |              | 1,142  | 12,588               | 11,446           |
| 2034 |              | 1,211  | 13,371               | 12,161           |
| 2035 |              | 1,284  | 14,204               | 12,921           |
| 2036 |              | 1,354  | 15,015               | 13,660           |
| 2037 |              | 1,429  | 15,872               | 14,443           |
| 2038 |              | 1,508  | 16,780               | 15,272           |
| 2039 |              | 2,604  | 17,741               | 15,136           |
| 2040 |              | 1,680  | 18,758               | 17,078           |
| 2041 |              | 4,140  | 19,650               | 15,510           |
| 2042 |              | 1,838  | 20,586               | 18,748           |
| 2043 |              | 1,922  | 21,568               | 19,646           |
| 2044 |              | 2,011  | 22,599               | 20,588           |
| 2045 |              | 2,103  | 23,680               | 21,577           |
| 2046 |              | 2,191  | 24,700               | 22,510           |
| 2047 |              | 3,294  | 25,766               | 22,472           |
| 2048 |              | 2,377  | 26,880               | 24,504           |
| 2049 |              | 2,476  | 28,044               | 25,568           |
| 2050 | -112,991     | 2,579  | 29,261               | 139,672          |

**FIRR = 3.2%**

出典：調査団

## 7. ファイナンス、実施スケジュール、事業実施・O&M 体制

前章までの計画・推計により、本事業は非常に大規模であるものの、技術的にも経済的にも成立し、実施可能であり、更に本邦技術導入が可能な分野もあることを示した。

本章では、円借款資金による本事業実施を検討するため、インド、特に州レベルの道路事業への円借款資金導入の現状、道路事業資金確保の現状について動向・最新情報を整理し、円借款による事業推進に必要な条件をまとめた。それを受けてのMSRDCの意見を示す。

### 7.1 ファイナンスの検討

#### 7.1.1 各州の対外借入について

各州の対外借入は、中央政府を通して行われる。借入人はインド大統領である<sup>45</sup>。中央政府から各州政府への転貸条件は援助機関からの借入条件と同一であるが、通貨はルピーで為替リスクは州政府が負う。国内借入も含めた各州の借入額上限は、財政責任・予算管理法（Fiscal Responsibility and Budget Management (FRBM) Act）により各州のGDPの4%と規定されている<sup>46</sup>。但し、Special Category States と位置付けられる貧困州（北東部の州とウッタラカンド州、ヒマチャル・プラデシュ州）に対しては、72%のグラント（補助金）が中央政府より供与される。

各州が対外借入を行う場合は、随時中央政府に申請する。中央政府が借入を承認したら、その都度ローリングプランと呼ばれる国全体の対外借入候補事業リストに当該事業が追加され、借入を要請する援助機関に事業リストの改訂版が提出される。

インド政府の対外借入を含む援助受入方針の主な特徴は、①一定の条件を除いてタイド条件での援助は受け入れない（入札における透明性の欠如と限定された入札により高価格となり得ることに加え、適切な技術導入につながらない可能性あり）、②援助依存度を徐々に下げる、③借款は譲許性<sup>47</sup>の高いものを優先する、④一部の州への集中を是正する、⑤資金協力の補完として技術協力を位置づける、などの点である<sup>48</sup>。

#### 7.1.2 円借款導入の可能性

2011-20年度に承諾された対インド円借款事業のリストを次表に示す。2014年度を除き、毎年度3,000億円程度或いはそれ以上の承諾を行っている。今後も最大の受け入れ国の一つであるインドへの円借款は、良質の事業がある限り高水準が維持されるものと思われる。以下に、円借款導入可能性について、インド側、日本側のそれぞれの視点から考察する。

<sup>45</sup> ムンバイ湾横断道路（MTHL）に対する円借款の借入人がMMRDA（保証人は大統領）となっているのは例外。MMRDAに相応の不動産収入があるため、FRBM Actの枠外と位置付けられている模様。

<sup>46</sup> コロナで借入上限が緩和されている可能性はあるので、可能であれば確認したい。

<sup>47</sup> 一般にはあまり用いられない用語であるが、市場資金に比してどの程度借り手に有利な条件が設定されているかを示す概念であり、償還期間の長さ、据置期間の長さなどの要素で判断される。

<sup>48</sup> JICA JCAP より。

表 7.1 対インド円借款事業リスト（2011-20 年度承諾分）

| No | 案件                                | 契約日        | 金額(百万円) | 調達条件    | 事業実施者             | MH州との関係  |
|----|-----------------------------------|------------|---------|---------|-------------------|----------|
| 1  | アンドラ・プラデシュ州農村部高圧配電網整備事業           | 2011/6/16  | 18,590  | 一般アンタイド | アンドラ・プラデシュ州中央配電公社 |          |
| 2  | バンガロール・メトロ建設事業（2）                 | 2011/6/16  | 19,832  | 一般アンタイド | バンガロール交通公社        |          |
| 3  | マディヤ・プラデシュ州送電網整備事業                | 2011/6/16  | 18,475  | 一般アンタイド | マディヤ・プラデシュ州送電公社   |          |
| 4  | ラジャスタン州植林・生物多様性保全事業（フェーズ2）        | 2011/6/16  | 15,749  | 一般アンタイド | ラジャスタン州森林局        |          |
| 5  | 中小零細企業・省エネ支援事業（フェーズ2）             | 2011/6/16  | 30,000  | 一般アンタイド | インド小企業開発銀行        |          |
| 6  | 新・再生可能エネルギー支援事業                   | 2011/6/16  | 30,000  | 一般アンタイド | インド再生可能エネルギー開発公社  |          |
| 7  | デリー高速輸送システム建設事業フェーズ3              | 2012/3/29  | 127,917 | 一般アンタイド | デリー交通公社           |          |
| 8  | 西ベンガル州森林・生物多様性保全事業                | 2012/3/29  | 6,371   | 一般アンタイド | 西ベンガル州森林局         |          |
|    | FY2011計                           |            | 266,934 |         |                   | 0件       |
| 9  | タミル・ナド州送電網整備事業                    | 2012/9/28  | 60,740  | 一般アンタイド | タミル・ナド州送電公社       |          |
| 10 | ラジャスタン州地方給水・フッ素症対策事業              | 2012/9/28  | 37,598  | 一般アンタイド | ラジャスタン州公衆衛生局      |          |
| 11 | デリー上水道改善事業                        | 2012/10/29 | 28,975  | 一般アンタイド | デリー水道局            |          |
| 12 | ビハール州国道整備事業                       | 2013/2/22  | 22,903  | 一般アンタイド | インド国道公団           |          |
| 13 | チェンナイ地下鉄建設事業（III）                 | 2013/3/28  | 48,691  | 一般アンタイド | チェンナイ交通公社         |          |
| 14 | 西ベンガル州上水道整備事業                     | 2013/3/28  | 14,225  | 一般アンタイド | 西ベンガル州公衆衛生局       |          |
| 15 | 貨物専用鉄道建設事業（フェーズ2）（II）             | 2013/3/28  | 136,119 | 日本タイド   | 鉄道省・貨物専用鉄道公社      | △        |
|    | FY2012計                           |            | 349,251 |         |                   | △1件      |
| 16 | ムンバイメトロ3号線建設事業                    | 2013/9/17  | 71,000  | 一般アンタイド | ムンバイ都市鉄道公社        | ○        |
| 17 | タミル・ナド州投資促進プログラム                  | 2013/11/12 | 13,000  | 一般アンタイド | タミル・ナド州 財務局       |          |
| 18 | インド工科大学ハイデラバード校整備事業               | 2014/1/28  | 5,332   | 一般アンタイド | インド工科大学ハイデラバード校   |          |
| 19 | インド工科大学ハイデラバード校整備事業（フェーズ2）        | 2014/1/28  | 17,703  | 一般アンタイド | インド工科大学ハイデラバード校   |          |
| 20 | ビハール州国道整備事業（フェーズ2）                | 2014/1/30  | 21,426  | 一般アンタイド | ビハール州道路開発公社       |          |
| 21 | アグラ上水道整備事業（II）                    | 2014/3/31  | 16,279  | 一般アンタイド | ウッタラ・プラデシュ州水道局    |          |
| 22 | デリー高速輸送システム建設事業（フェーズ3）（II）        | 2014/3/31  | 140,000 | 一般アンタイド | デリー交通公社           |          |
| 23 | ハリヤナ州配電設備改善事業                     | 2014/3/31  | 26,800  | 一般アンタイド | ハリヤナ州配電公社および電力公社  |          |
|    | FY2013計                           |            | 311,540 |         |                   | ○1件      |
| 24 | ウッタラカンド州森林資源管理事業                  | 2014/4/11  | 11,390  | 一般アンタイド | ウッタラカンド州森林局       |          |
| 25 | 中小零細企業・省エネ支援事業（フェーズ3）             | 2014/9/1   | 30,000  | 一般アンタイド | インド小企業開発銀行        |          |
| 26 | 新・再生可能エネルギー支援事業（フェーズ2）            | 2014/9/1   | 30,000  | 一般アンタイド | インド再生可能エネルギー公社    |          |
| 27 | グワハティ下水処理整備事業                     | 2015/2/27  | 15,620  | 一般アンタイド | グワハティ水道公社         |          |
| 28 | レンガリ灌漑事業（フェーズ2）                   | 2015/3/30  | 33,959  | 一般アンタイド | オディシヤ州水資源局        |          |
|    | FY2014計                           |            | 120,969 |         |                   | 0件       |
| 29 | オディシヤ州送電網整備事業                     | 2015/5/15  | 21,787  | 一般アンタイド | オディシヤ州送電公社        |          |
| 30 | ブネ市ムラ・ムタ川汚染緩和事業                   | 2016/1/13  | 19,068  | 一般アンタイド | 国家河川保全局           | ○        |
| 31 | アーメダバード・メトロ事業（第一期）                | 2016/3/4   | 82,434  | 一般アンタイド | アーメダバード・メトロ交通公社   |          |
| 32 | チェンナイ地下鉄建設事業（第四期）                 | 2016/3/4   | 19,981  | 一般アンタイド | チェンナイ交通公社         |          |
| 33 | 官民連携インフラ・ファイナンス促進事業               | 2016/3/11  | 50,000  | 一般アンタイド | インドインフラ金融公社       |          |
| 34 | オディシヤ州総合衛生改善事業（第二期）               | 2016/3/31  | 25,796  | 一般アンタイド | オリッサ州上下水道公社       |          |
| 35 | ジャルカンド州 点滴灌漑導入による園芸強化事業           | 2016/3/31  | 4,652   | 一般アンタイド | ジャルカンド州生計向上促進総合局  |          |
| 36 | タミル・ナド州 都市保健強化事業                  | 2016/3/31  | 25,537  | 一般アンタイド | タミル・ナド州保健家族福祉局    |          |
| 37 | マディヤ・プラデシュ州送電網増強事業                | 2016/3/31  | 15,457  | 一般アンタイド | マディヤ・プラデシュ州送電公社   |          |
| 38 | 貨物専用鉄道建設事業（フェーズ1）（第三期）            | 2016/3/31  | 103,664 | 日本タイド   | 貨物専用鉄道公社および鉄道省    | (MH州内無し) |
|    | FY2015計                           |            | 368,372 |         |                   | ○1件      |
| 39 | オディシヤ州森林セクター開発事業（フェーズ2）           | 2017/3/31  | 14,512  | 一般アンタイド | オディシヤ州森林環境局       |          |
| 40 | タミル・ナド州投資促進プログラム（フェーズ2）           | 2017/3/31  | 22,145  | 一般アンタイド | タミル・ナド州政府財務局      |          |
| 41 | チェンナイ地下鉄建設事業（第五期）                 | 2017/3/31  | 33,321  | 一般アンタイド | チェンナイ交通公社         |          |
| 42 | デリー東部外環道路高度道路交通システム導入事業           | 2017/3/31  | 6,870   | 一般アンタイド | インド国道庁            |          |
| 43 | ナガランド州森林管理事業                      | 2017/3/31  | 6,224   | 一般アンタイド | ナガランド州環境・森林・気候変動局 |          |
| 44 | ムンバイ湾横断道路建設事業（第一期）                | 2017/3/31  | 141,735 | 一般アンタイド | ムンバイ都市開発庁         | ○        |
| 45 | ラジャスタン州水資源セクター・生計向上事業（第一期）        | 2017/3/31  | 13,725  | 一般アンタイド | ラジャスタン州水資源局       |          |
| 46 | 北東州道路網連結性改善事業（フェーズ1）（第一期）         | 2017/3/31  | 67,170  | 一般アンタイド | 国道インフラ開発公社        |          |
|    | FY2016計                           |            | 308,762 |         |                   | ○1件      |
| 47 | グジャラート州アラブ及びソナヤ地区シップリサイクル環境管理改善事業 | 2017/9/15  | 8,520   | 一般アンタイド | 一般アンタイド           |          |
| 48 | グジャラート州投資促進プログラム                  | 2017/9/15  | 16,825  | 一般アンタイド | グジャラート州政府財務局      |          |

(次ページに続く)



インド国・ムンバイ沿岸（バーソバ〜ビラール間）海上道路建設計画調査

|         |                                     |            |           |         |                   |         |
|---------|-------------------------------------|------------|-----------|---------|-------------------|---------|
| 49      | ムンバイ・アーメダバード間高速鉄道研修施設建設事業           | 2017/9/15  | 10,453    | タイド     | インド高速鉄道公社         | (MH州外)  |
| 50      | 貨物専用鉄道建設事業（電気機関車調達）                 | 2017/9/15  | 108,456   | 一般アンタイド | インド鉄道省            | △       |
| 51      | アンドラ・ブラデシュ州灌漑・生計改善事業（フェーズ2）（第一期）    | 2017/12/13 | 21,297    | 一般アンタイド | アンドラ・ブラデシュ州水資源局   |         |
| 52      | ベンガルール上下水道整備事業（フェーズ3）（第一期）          | 2018/1/24  | 45,000    | 一般アンタイド | バンガロール上下水道局       |         |
| 53      | チェンナイ海水淡水化施設建設事業（第一期）               | 2018/3/29  | 30,000    | 一般アンタイド | チェンナイ都市圏上下水道公社    |         |
| 54      | ヒマーチャル・ブラデシュ州森林生態系保全・生計改善事業         | 2018/3/29  | 11,136    | 一般アンタイド | ヒマーチャル・ブラデシュ州森林局  |         |
| 55      | ムンバイメトロ3号線建設事業（第二期）                 | 2018/3/29  | 107,000   | 一般アンタイド | ムンバイ都市鉄道公社        | ○       |
| 56      | 北東州道路網連結性改善事業（フェーズ2）                | 2018/3/29  | 38,666    | 一般アンタイド | 国道インフラ開発公社        |         |
| FY2017計 |                                     |            | 390,353   |         |                   | ○1件、△1件 |
| 57      | コルカタ東西地下鉄建設事業（第三期）                  | 2018/9/28  | 25,903    | 一般アンタイド | コルカタ交通公社          |         |
| 58      | ムンバイ・アーメダバード間高速鉄道建設事業（第一期）          | 2018/9/28  | 89,547    | タイド     | インド高速鉄道公社         | △       |
| 59      | ウミナム・ウムトゥル第3水力発電所改修事業               | 2018/10/29 | 5,497     | 一般アンタイド | メガラヤ州発電公社         |         |
| 60      | デリー高速輸送システム建設事業フェーズ3（III）           | 2018/10/29 | 53,675    | 一般アンタイド | デリー交通公社           |         |
| 61      | トリプラ州持続的水源林管理事業                     | 2018/10/29 | 12,287    | 一般アンタイド | トリプラ州森林局          |         |
| 62      | ムンバイ・アーメダバード間高速鉄道建設事業（第二期）          | 2018/10/29 | 150,000   | タイド     | インド高速鉄道公社         | △       |
| 63      | 北東州道路網連結性改善事業（フェーズ3）（第一期）           | 2018/10/29 | 25,483    | 一般アンタイド | 国道インフラ開発公社        |         |
| 64      | トゥルガ揚水発電所建設事業（第一期）                  | 2018/11/2  | 29,442    | 一般アンタイド | 西ベンガル州配電公社        |         |
| 65      | チェンナイ地下鉄建設事業（フェーズ2）（第一期）            | 2018/12/21 | 75,519    | タイド     | チェンナイ交通公社         |         |
| 66      | 酪農開発事業                              | 2018/12/21 | 14,978    | 一般アンタイド | 全国酪農開発機構          |         |
| 67      | インドにおける持続可能な開発目標に向けた日印協力行動に関するプログラム | 2019/1/18  | 15,000    | 一般アンタイド | インド行政委員会          |         |
| 68      | チェンナイ周辺環状道路建設事業（フェーズ1）              | 2019/1/18  | 40,074    | 一般アンタイド | タミル・ナド州高速道路・港湾局   |         |
| FY2018計 |                                     |            | 537,405   |         |                   | △2件     |
| 69      | アーメダバード・メトロ事業（第二期）                  | 2020/3/27  | 13,967    | 一般アンタイド | グジャラート交通公社        |         |
| 70      | グジャラート州生態系再生事業                      | 2020/3/27  | 13,757    | 一般アンタイド | グジャラート州森林局        |         |
| 71      | ナグプール市ナグ川汚染緩和事業                     | 2020/3/27  | 29,082    | 一般アンタイド | 水省国家河川保全局         | ○       |
| 72      | マディヤ・ブラデシュ州地方給水事業                   | 2020/3/27  | 55,474    | 一般アンタイド | マディヤ・ブラデシュ州水道公社   |         |
| 73      | ムンバイメトロ3号線建設事業（第三期）                 | 2020/3/27  | 65,935    | 一般アンタイド | ムンバイ都市鉄道公社        | ○       |
| 74      | ムンバイ湾横断道路建設事業（第二期）                  | 2020/3/27  | 65,905    | 一般アンタイド | ムンバイ都市圏開発庁        | ○       |
| 75      | メガラヤ州における住民参加型森林管理及び生計改善事業          | 2020/3/27  | 10,397    | 一般アンタイド | メガラヤ流域開発機構        |         |
| 76      | 北東州道路網連結性改善事業（フェーズ4）                | 2020/3/27  | 14,926    | 一般アンタイド | 国道インフラ開発公社        |         |
| 77      | 貨物専用鉄道建設事業（フェーズ1）（第四期）              | 2020/3/27  | 130,000   | タイド     | 貨物専用鉄道公社          | △       |
| FY2019計 |                                     |            | 374,440   |         |                   | ○3件、△1件 |
| 78      | 新型コロナウイルス感染症危機対応緊急支援借款              | 2020/8/31  | 50,000    | 一般アンタイド | インド保健・家族福祉省       |         |
| 79      | 社会保護のための新型コロナウイルス感染症危機対応支援借款        | 2021/1/8   | 30,000    | 一般アンタイド | インド財務省経済局         |         |
| 80      | 北東州道路網連結性改善事業（フェーズ5）                | 2021/3/26  | 15,285    | 一般アンタイド | 国道インフラ開発公社        |         |
| 81      | コルカタ東西地下鉄建設事業（第四期）                  | 2021/3/26  | 9,091     | 一般アンタイド | コルカタ交通公社          |         |
| 82      | デリー高速輸送システム建設事業（フェーズ4）（第一期）         | 2021/3/26  | 119,978   | 一般アンタイド | デリーメトロ公社          |         |
| 83      | ヒマーチャル・ブラデシュ州作物多様化推進事業（フェーズ2）       | 2021/3/26  | 11,302    | 一般アンタイド | ヒマーチャル・ブラデシュ州農業局  |         |
| 84      | ベンガルール・メトロ建設事業（フェーズ2）               | 2021/3/26  | 52,036    | 一般アンタイド | バンガロール交通公社        |         |
| 85      | ラジャスタン州地方給水・フッ素症対策事業（フェーズ2）         | 2021/3/26  | 45,816    | 一般アンタイド | ラジャスタン州公衆衛生局      |         |
| 86      | 全インド医科大学マドゥライ校整備事業                  | 2021/3/26  | 22,788    | 一般アンタイド | 全インド医科教育委員会マドゥライ校 |         |
| FY2020計 |                                     |            | 356,296   |         |                   | 0件      |
| 総計      |                                     |            | 3,384,322 |         |                   | ○7件、△5件 |

【MH州との関係の整理】

| 【MH州との関係の整理】     |   |           |       |    |       |
|------------------|---|-----------|-------|----|-------|
|                  |   | 金額        | 割合    | 件数 | 割合    |
| MH州のみ対象の事業→      | ○ | 470,778   | 13.9% | 7  | 8.1%  |
| MH州を含め複数州が対象の事業→ | △ | 614,122   | 18.1% | 5  | 5.8%  |
| （「全土案件」は除いた）     | 計 | 1,084,900 | 32.1% | 12 | 14.0% |

出典：JICA 等資料から本調査

## (1) 【インド側の視点】

上記に述べた通り、FRBM Act による借入額上限の下、まずは各州政府による承認が必要である。MMRDA が新規メトロ、トンネル等の複数の事業に対し円借款を要請するとの情報もあり、MH 州内での競争が激しい可能性がある<sup>49</sup>。

中央政府との関係では、MH 州における複数の大規模事業に円借款を供与していることから、上述の援助受入方針の特徴④「一部の州への集中を是正する」に留意する必要がある。表 7.1 に補足してあるように、この 10 年間における MH 州関連事業の割合は、金額で 32%、件数で 14%である。なお、これには国家事業とも言える「貨物専用鉄道建設事業」と「ムンバイ・アーメダバード間高速鉄道建設事業」も含まれるので、これを除くとそれぞれ 14%と 8%となる。FRBM Act による借入上限を満たしさえすれば「さほど問題にはならない」との見方もあるが、中央政府の感触は確認しておく必要がある。その際、MH 州は野党が政権を担っていることに留意する。中央と MH 州との共同事業であるムンバイメトロ 3 号線建設事業で障害が発生しているのは、与党・野党対立の側面もあるとの見方がある。

## (2) 【日本側の視点】

対インド円借款においては、大都市メトロ事業への円借款供与が一巡したこともあって新規案件を積極的に発掘する段階であり、本 VVSL への借款資金適用可能性はある。但し、上述の援助受入方針の特徴①にある通り STEP 条件の適用が難しい中、本邦技術の適用度合い（≒本邦企業の受注確率増）もひとつのポイントとなる。なお、新規建設事業でもあり O&M 借款の組み込みまでは難しいが、O&M に本邦企業が参画しやすい工夫があれば、採り上げの可能性が高まるのは言うまでもない。

### 7.1.3 PPP 適用の可能性

道路事業資金確保策として、民間出資に拠る有料道路での実施（通行料金による事業資金回収）に期待する PPP 事業の可能性もある。ここではインドにおける PPP 道路事業の現状を整理し、本事業が PPP により実施される可能性があるか検討する。

#### (1) インドにおける PPP 全般の経緯と動向

インド政府は、1990 年代から膨大なインフラ整備の資金需要を満たすため、PPP（官民パートナーシップ）の活用を推進してきた。2000 年代半ばまでは包括的な取組、明確な政策枠組、組織体制、将来の成長に向けたロードマップが欠如したため活用は限定的であったが、その後首相を議長とするインフラ委員会が立ち上がり、審査や許認可プロセスの確立や関係書類の標準化により事業展開が迅速化するとともに、Viability Gap Funding（VGF）やインフラ投融資を専門とする機関の設置など金融面の支援も整い、2007～2012 年度の第 11 次 5 か年計画期間中には、インド全土のインフラの 37%が民間資金で整備され、インフラ投資の対 GDP 比も 5%から 7%に上昇した。

この成果を受け、第 12 次 5 か年計画の期間（2012～2017 年度）には、インフラ開発の資金ニーズが前 5 ヶ年計画の 4,112 億米ドルから約 1 兆米ドルへと大幅に引き上げられると共に、民間セクターによる投資も全体の約 37%から 48%にまで高めることを目指した。しかしながら、PPP が積極的に導入されてきた道路セクターにおいて、過度

<sup>49</sup> 面談にて MSRDC に現状の借入意思を確認済みであり、次節 7.2 を参照。当然のことながら追って MH 州政府（財務当局）にも確認が必要。

な価格競争による採算性の悪化、入札不調の頻発、価格重視の入札評価方法と道路資産の流動化促進策による質を担保するインセンティブの低下などの問題が顕在化し、他のセクターにおいても民間投資家の参入意欲が減退した。

これに対しインド政府は、政府機関によるモニタリングの強化、事業遅延を防止するための迅速な紛争解決メカニズムの導入、過度な価格競争を防止するための入札プロセスの改善、投資家に対する適切なインセンティブを与える資金メカニズムの整備などに取り組む方針を示しているところである。

## (2) 道路セクターにおける PPP 動向

図 7.1 に示すように道路セクターは電力と並び PPP 適用が活発なセクターである。しかしながら、先述の通り 2010 年代前半に民間投資家の参入意欲が減退し、技術・調達・建設（EPC）方式がプロジェクト発注の主流になっていった<sup>50</sup>。



出典：世銀 Private Participation in Infrastructure (PPI) Database

図 7.1 セクター別 PPP 事業の件数及び投資額

インド政府はこれを克服するため、ハイブリッド・アニュイティ・モデル（HAM）と呼ぶ、VGF とアニュイティ・ペイメント<sup>51</sup>を組み合わせた方式<sup>52</sup>を編み出した。この方式では、建設費用の一部（投資額の 4 割）および運営開始後の需要リスクを政府が負うので、民間事業者のリスク負担がより低減される。この新方式による高揚感から、HAM による発注の割合は、2015-16 年度に発注された全プロジェクトの 8%（延長比）から、2016-17 年度には 53% とシェアを大幅に伸ばし、2019 年度までに 121 本 6,800km の国道プロジェクトが HAM で発注された。

しかしながら、2017-18 年度は 46%、2018-19 年度は 40% と伸び悩み、2019-20 年度には 24% まで落ち込んだ。国道庁によれば、2020-21 年度上期（4 月から 9 月）はコロナ禍の困難な時期にも関わらず、延長が 1,330km で合計額 4,730 億ルピーの 40 件の道路プロジェクトが発注され、内訳は 24 件が EPC、残りの 16 件が HAM で契約されてい

<sup>50</sup> 一例として、MTHL は中央政府が事業費の 20%、州政府がさらに 20% の補助金を約束し、2013 年に PPP 事業（HAM 方式と思われる）として入札を実施したが成立せず、実施機関（MMRDA）が円借款要請へ舵を切ったという経緯がある。

<sup>51</sup> インド固有の Wording であり、広く「アベイラビリティ・ペイメント」と言われるもの。

<sup>52</sup> 別の切り口で、EPC と BOT との組み合わせと説明される場合もある。

る（HAM 適用率 40%）が、特にコロナ禍の影響により民間投資家のバランスシートが良くないため、HAM の近い将来の見通しは良くないとの見方が一般的である。

低迷の理由は、資金調達や用地取得問題が浮上し、開発者が応札に慎重になったことである。さらに近年の銀行利率の低下やコロナ禍により交通量の予測が難しくなってきたことも、BOT 及び HAM、即ち PPP 全般の低迷に拍車をかけている。

HAM による事業実施が直面している課題としては、①入札額の高止まり（2020 年公示事業の最低の入札額は国道庁が積算した EPC コストより 25-35%高い）、②低い競争性（BOT プロジェクトでは 25-30 社であった入札者数が、HAM ではその 5-10%に限られている）、③開始条件の遅延（資金調達が完了しても 3 分の 1 に近い数が用地取得や規制承認のために未だ任命日を待っている）、④銀行が流動資産の制約や問題を抱えるローンが積み重なってインフラプロジェクトへの融資を選択的に、⑤開発者の大部分のバランスシートが伸び切ってしまうと資金調達が完了するのが難しくなっている、等が挙げられる。

個別の PPP 事業の状況を確認するため、世銀 Private Participation in Infrastructure (PPI) Database より 2019 年以降にファイナンス化された道路セクター事業を表 7.2 にリスト化した（2021 年 12 月 6 日に検索）。要点は以下の通り。

- 1) 合計 30 事業。Brownfield が 20 事業、Greenfield が 10 事業と Brownfield が 3 分の 2 を占める。なお、コロナ禍が始まった 2020 年に投資が決定した 6 事業はすべて Brownfield である一方、2021 年の 5 事業はすべて Greenfield であった。
- 2) Brownfield の Mumbai-Pune Expressway 事業が突出して大規模の事業であるが、それでも投資額は約 870 百万ドルであり、本調査検討事業である VVSL とは比較にならない。なお、Brownfield と Greenfield の事業規模を比較するため、投資額と距離の平均、最大値及び最小値を表 7.3 に示した。Mumbai-Pune Expressway 事業による最大値の違いを除けば、両者に顕著な差異は見られなかった。
- 3) 「政府支援」欄に「Capital Subsidy」とある事業は 23 件。これらのすべてもしくはほとんどが HAM 事業と思われる。また「N.A.」となっている Telangana road 事業は Web 情報<sup>53</sup>で HAM とされていることから、「N.A.」とある 7 件も少なくとも多くは HAM 事業と思われる（純粋な BOT 事業は少ないもしくは皆無）。
- 4) MH 州の 5 事業はすべて Brownfield で、うち 4 件は「政府支援」欄に「Capital Subsidy」となっている。

<sup>53</sup> <https://www.roadtraffic-technology.com/news/dilip-buildcon-road-project-telangana-india/>



表 7.2 2019 年以降にファイナンスルローズした道路セクターPPP 事業

| No | 事業名                                                                                    | Green /Brown | 方式   | 位置             | 契約年数 | 中央／州 | 政府支援            | 政府支援額  | 資本     | 投資年  | 投資額    | 距離 (km) | 調達方法                |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------|--------------|------|----------------|------|------|-----------------|--------|--------|------|--------|---------|---------------------|
| 1  | 2-laning of the section Meensurutti-Chidambaram part of NH227                          | Greenfield   | BOT  | Tamil Nadu     | 15   | 中央   | Capital subsidy | 27.13  | 12.5   | 2019 | 67.83  | 31.5    | Competitive bidding |
| 2  | 4-Laning of Ausa - Chakur, section of NH-361                                           | Brownfield   | BROT | Maharashtra    | 15   | 中央   | Capital subsidy | 48.38  | 14.41  | 2019 | 120.95 | 58.51   | Competitive bidding |
| 3  | 4-Laning of Chakur-Loha, section of NH-361                                             | Brownfield   | BROT | Maharashtra    | 15   | 中央   | Capital subsidy | 57.05  | 17.12  | 2019 | 142.62 | 73.35   | Competitive bidding |
| 4  | 4-Laning of Loha-Waranga, section of NH-361                                            | Brownfield   | BROT | Maharashtra    | 15   | 中央   | Capital subsidy | 61.32  | 18.26  | 2019 | 153.03 | 56.57   | Competitive bidding |
| 5  | 4-laning of NH-161 from Kandi to Ramsanpalle                                           | Brownfield   | BROT | Telangana      | N.A. | 州    | Capital subsidy | 55.82  |        | 2019 | 139.55 | 39.98   | Competitive bidding |
| 6  | 4-laning of NH-161 from Mangloor to Telangana/Maharashtra Border                       | Brownfield   | BROT | Telangana      | 15   | 中央   | Capital subsidy | 53.81  | 80.71  | 2019 | 134.52 | 48.96   | Competitive bidding |
| 7  | 4-Laning of Oddanchatram - Madathukulam section of NH - 209                            | Brownfield   | BROT | Tamil Nadu     | 17   | 州    | Capital subsidy | 51.61  |        | 2019 | 129.02 | 45.38   | Competitive bidding |
| 8  | 4-laning of Sangli-Solapur (Package-4, Mangalwedha to Solapur) section of NH-166       | Brownfield   | BROT | Maharashtra    | 15   | 中央   | Capital subsidy | 65.92  | 98.87  | 2019 | 164.79 | 56.5    | Competitive bidding |
| 9  | 4-laning of section Bellary to Byrapura, part of NH-150A                               | Brownfield   | BROT | Karnataka      | 15   | 中央   | Capital subsidy | 75.43  | 113.15 | 2019 | 188.58 | 54.95   | Competitive bidding |
| 10 | 4-laning of Trichy to Kallagam section of NH 227 highway                               | Greenfield   | BOT  | Tamil Nadu     | 15   | 中央   | Capital subsidy | 60.14  | 29.95  | 2019 | 150.34 | 39.1    | Competitive bidding |
| 11 | 4-laning of Tumkur-Shivamogga section, part of NH-206                                  | Brownfield   | BROT | Karnataka      | 15   | 中央   | Capital subsidy | 56.62  | 84.94  | 2019 | 141.56 | 48.52   | Competitive bidding |
| 12 | 4/6-laning of the Narnaul Bypass crossing to Paniyala section of National Highway 148B | Brownfield   | BROT | Haryana        | N.A. | 中央   | N.A.            |        | 17.5   | 2019 | 79.50  | 45.3    | Not Available       |
| 13 | 6-laning of Bengaluru-Nidagatta section, part of NH-275                                | Brownfield   | BROT | Karnataka      | 15   | 中央   | Capital subsidy | 126.23 | 189.35 | 2019 | 315.58 | 56.2    | Competitive bidding |
| 14 | 6-laning of section Chittor to Mallavaram part of NH140                                | Greenfield   | BOT  | Andhra Pradesh | 15   | 中央   | Capital subsidy | 96.33  | 55.53  | 2019 | 240.83 | 61.1    | Competitive bidding |
| 15 | 6-laning of section Nidagatta-Mysore, part of NH-275                                   | Brownfield   | BROT | Karnataka      | 15   | 中央   | Capital subsidy | 131.59 | 197.39 | 2019 | 328.98 | 61.1    | Competitive bidding |
| 16 | 6-laning of the new NH-248A in Haryana (13 km section)                                 | Brownfield   | BROT | Haryana        | 15   | 中央   | Capital subsidy | 34.04  | 51.06  | 2019 | 85.10  | 13      | Competitive bidding |

(次ページに続く)



|                                                                                                                                 |                                                                           |            |       |                   |      |    |                 |       |        |          |          |        |                     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|------------|-------|-------------------|------|----|-----------------|-------|--------|----------|----------|--------|---------------------|
| 17                                                                                                                              | Hapur Bypass on NH-9 between Hapur to Moradabad section                   | Greenfield | BOT   | Uttar Pradesh     | 22   | 中央 | N.A.            |       | 258.94 | 2019     | 480.00   | 99.867 | Competitive bidding |
| 18                                                                                                                              | Six Laning of Gorhar to Kharratunda Sector of NH-2                        | Brownfield | BROT  | Jharkhand         | 17   | 中央 | N.A.            |       |        | 2019     | 133.30   | 39.49  | Not Applicable      |
| 19                                                                                                                              | Two Laning Road with Paved Shoulder of Gadag to Honnali (SH 57 and SH 26) | Greenfield | BOT   | Karnataka         | 9    | 州  | N.A.            |       | 15.1   | 2019     | 138.70   | 138.2  | Competitive bidding |
| 20                                                                                                                              | 4-laning of section Belgaum - Khanapur , part of NH-4A                    | Brownfield | BROT  | Karnataka         | 15   | 中央 | Capital subsidy | 46.8  | 73.96  | 2020     | 117.00   | 30     | Competitive bidding |
| 21                                                                                                                              | Ashoka Kandi Ramsanpalle Road                                             | Brownfield | BROT  | Kandi-Ramsanpalle | N.A. | 中央 | Capital subsidy | 54.8  | 82.2   | 2020     | 137.00   | 39     | Competitive bidding |
| 22                                                                                                                              | Four Laning of Aligarh-Kanpur section                                     | Brownfield | BROT  | Uttar Pradesh     | 18   | 中央 | Capital subsidy | 100   | 144    | 2020     | 250.00   | 60     | Competitive bidding |
| 23                                                                                                                              | Mumbai-Pune Expressway                                                    | Brownfield | Other | Maharashtra       | 10   | 中央 | N.A.            |       |        | 2020     | 868.19   | 205.4  | Direct negotiation  |
| 24                                                                                                                              | Sattanathapuram-Nagapattinam highway section                              | Brownfield | BROT  | Tamil Nadu        | 15   | 中央 | Capital subsidy | 124.4 |        | 2020     | 311.00   | 55     | Competitive bidding |
| 25                                                                                                                              | Upgrade to 4-lane of section Rewari-Ateli Mandi, part of NH-11            | Brownfield | ROT   | Haryana           | 15   | 中央 | Capital subsidy | 32.27 |        | 2020     | 80.67    | 30.45  | Competitive bidding |
| 26                                                                                                                              | 4-laning of Jagdishpur-Faizabad                                           | Greenfield | BOT   | Uttar Pradesh     | 17   | 中央 | N.A.            |       |        | 2021     | 209.68   | 59.88  | Competitive bidding |
| 27                                                                                                                              | Gandeva-Ena Road                                                          | Greenfield | BOT   | Gujarat           | 17   | 中央 | Capital subsidy | 95.98 | 34.59  | 2021     | 232.71   | 27.5   | Not Available       |
| 28                                                                                                                              | NH-119 (New NH-34) Meerut-Nazibabad Road Section                          | Greenfield | BOT   | Meerut-Nazibabad  | 17   | 中央 | Capital subsidy | 95.98 |        | 2021     | 194.95   | 54     | Not Available       |
| 29                                                                                                                              | Rewari Bypass                                                             | Greenfield | BOT   | Haryana           | 17   | 中央 | Capital subsidy | 28.62 |        | 2021     | 71.54    | 14.4   | Competitive bidding |
| 30                                                                                                                              | Telangana road                                                            | Greenfield | BOT   | Telangana         | N.A. | 中央 | N.A.            |       |        | 2021     | 153.00   | 52.6   | Competitive bidding |
| 【凡例】 BOT: Build, operate and transfer, BROT: Build, rehabilitate, operate and transfer, ROT: Rehabilitate, operate and transfer |                                                                           |            |       |                   |      |    |                 |       | 計      | 5,960.52 | 1,695.81 |        |                     |
| 【備考】 政府支援がある事業がHAM方式と思われる。                                                                                                      |                                                                           |            |       |                   |      |    |                 |       | 平均     | 198.68   | 56.53    |        |                     |
| 【出典】 世銀Private Participation in Infrastructure (PPI) Database                                                                   |                                                                           |            |       |                   |      |    |                 |       | MAX    | 868.19   | 205.40   |        |                     |
|                                                                                                                                 |                                                                           |            |       |                   |      |    |                 |       | MIN    | 67.83    | 13.00    |        |                     |

出典：世銀 Private Participation in Infrastructure (PPI) Database

表 7.3 Brownfield と Greenfield の事業規模比較

投資額による比較（単位：百万ドル）

| 分類         | 平均     | MAX    | MIN   |
|------------|--------|--------|-------|
| 全体         | 198.68 | 868.19 | 67.83 |
| Brownfield | 201.05 | 868.19 | 79.50 |
| Greenfield | 193.96 | 480.00 | 67.83 |

距離による比較（単位：km）

| 分類         | 平均    | MAX    | MIN   |
|------------|-------|--------|-------|
| 全体         | 56.53 | 205.40 | 13.00 |
| Brownfield | 55.88 | 205.40 | 13.00 |
| Greenfield | 57.81 | 138.20 | 14.40 |

出典：世銀 Private Participation in Infrastructure (PPI) Database から本調査

### (3) VVSL における PPP 資金導入の困難さ

PPP が盛んなインドにおいても、PPP 事業の形成及び実施が必ずしも順調に行われているわけではなく、数々の課題が顕在化し様々な調整が行われている状況である。電力セクターと並んで PPP 適用が活発な道路セクターにおいても同様に、ハイブリッド・アニュイティ・モデル（HAM）を編み出すなど工夫や努力が行われているが、依然 EPC による発注が過半を超えている。

課題である資金調達や用地取得問題、そしてそれらに起因して開発者が応札に慎重になったことが簡単には解決しないのに加え、近年の銀行利率の低下やコロナ禍により交通量の予測が難しくなっていることも、PPP 事業形成の低迷に拍車をかけている。従って、現状においては VVSL に PPP を適用するのは（BOT であれば、HAM であれば）難しいと料する<sup>54</sup>。表 7.2 に示される次の 2 点は、この結論を補強する材料として挙げられる。

- a 近年の PPP 道路事業においては、Brownfield（既往道路の拡張・リハビリ）が多くを占めている。これはある程度の精度をもって収益を見込める事業が選好されていることを示すものと思われる。VVSL は純粋な新規道路建設事業（Greenfield）である。
- b 2 件を除き投資額は 300 百万ドル程度以下の事業である。VVSL のような巨大事業（投資額概算 3,000 百万ドル前後）への応札は、資金調達の問題から見ても開発者が極めて慎重になることが予想される。

先述したように、インドの有料道路制度には、周辺住民の支払免除条項があるため、そもそも料金収入に基づく PPP 自体が成り立ちにくい背景がある。

#### 7.1.4 円借款の現状供与条件

上記の通り本事業への PPP 適用は困難であるため、EPC 方式で公共事業として調達することになる。インドが分類される低・中所得国の円借款の供与条件（一般条件）は表 7.4 の通りで<sup>55</sup>、固定金利の基準条件は金利 1.2%、償還期間 30 年（うち 10 年据え置き）である。インドの市中金利が 12% 程度であることを考えると、長期の償還期間や据え置き期間の存在もあわせ、円借款は十分魅力があり、上記(1)で挙げた援助受け入れ方針の特徴の「③借款は譲許性の高いものを優先する」にも合致するファイナンスと言える。

<sup>54</sup> MSRDC に現時点の考え方は完全ではないが EPC、海外開発パートナー（ドナー）による資金確保を想定している。次節 7.2 を参照。MH 州政府（財務局、PPP Cell 等）及び国道庁にも要確認。

<sup>55</sup> 2021 年 10 月 1 日改訂版。半年ごとに改訂される。

表 7.4 円借款の供与条件（低・中所得国向け一般条件。2021 年 10 月 1 日改訂）

|      |      |         |             |    |    |
|------|------|---------|-------------|----|----|
| 一般条件 | 変動金利 | 長期オプション | TORF +110bp | 40 | 10 |
|      |      | 基準      | TORF +90bp  | 30 | 10 |
|      |      | オプション1  | TORF +80bp  | 25 | 7  |
|      |      | オプション2  | TORF +70bp  | 20 | 6  |
|      |      | オプション3  | TORF +60bp  | 15 | 5  |
|      | 固定金利 | 基準      | 1.20        | 30 | 10 |
|      |      | オプション1  | 1.05        | 25 | 7  |
|      |      | オプション2  | 0.85        | 20 | 6  |
|      |      | オプション3  | 0.65        | 15 | 5  |

出典：JICA Website、注：TORF は「東京ターム物リスク・フリー・レート」であり、ロンドン銀行間取引金利（LIBOR）の代替として最近用いられるようになった金利指標。

## 7.2 マハラシュトラ州、MSRDC の動き

本節では、VVSL 事業形成に向けた州政府・MSRDC の動きについて整理する。<sup>56</sup>

### (1) Pre-F/S の実施、DPR の調達

VVSL 事業の具体化に関する最初の動きは、Pre-F/S の実施であり、この調査は 2018 年～2020 年にかけて MSRDC により実施された。実際の調査は Tata Consulting Engineer 社によるものであり、最終レポートは 2020 年 3 月に提出された。

この結果を受けて、MSRDC は正式な F/S である DPR（Detailed Project Report）作成を進めるため、DPR コンサルタントの調達・選定作業を 2021 年 5 月～7 月に実施し、2021 年 8 月末にコンサルタントを選定した。

DPR の TOR は下記の 2 段階の構成になっており、実施期間は 2021 年 10 月頃から 2 年間を想定している。

- Phase1:概略設計・試算・事業計画（約 1 年半）
  - 測量実施・自然条件調査、EIA、交通量調査・需要予測
  - 橋梁・接続道路部分の概略設計（Conceptual Design）
    - ✧ 橋梁長・タイプ（航路検討）、接続道路長、レーン数、高架・トンネル、など～3 種類の概略設計案の提示、コスト調査（Design&Build 形式の発注のため、詳細設計はコントラクタ持ち）

<sup>56</sup> 本節の記載については 2021 年 12 月での MSRDC 訪問・Joint MD 聞き取り結果に基づく。参考として付録に訪問記録などを示す。

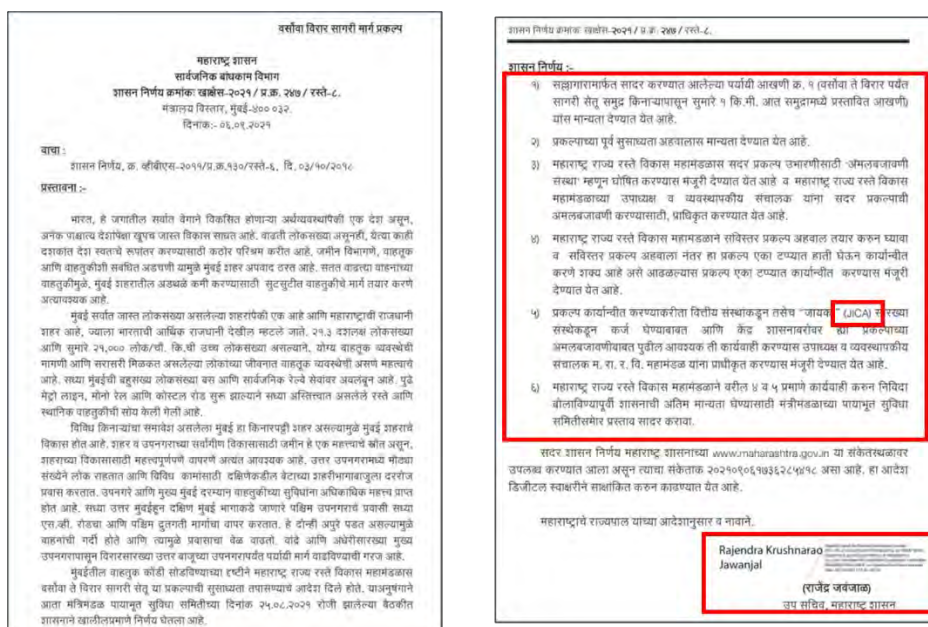
◇ 環境対応、災害対応、用地取得計画、漁業補償案  
➤ 事業計画（実施スケジュール、パッケージ、財源）

- Phase2：調達書類、調達実施・監理・選定（重複しながら1年）  
➤ 実施コントラクタの選定まで含む

調査 Phase 1 について、広範囲の測量・自然条件調査を含む調査内容のため、かなりのスピードでの調査となる。調査団では、コロナ禍による調査動員の困難さを差し引いても1年半では完了しないと見通しており、2021年12月時点でのMSRDCへの聞き取りにおいても調査進捗は遅れ気味であった。

## (2) マハラシュトラ州、MSRDCの動き

マハラシュトラ州（MH州）公共事業省は2021年9月6日にVVSL Pre F/S 調査およびDPR 調査コンサルタンツ調達結果に関する会議を行い、下記の議事録を公表した。MH州政府公共事業省事務次官のRajendra Krushnarao Jawanjale氏により署名されている。



出典：https://msrdc.in/Site/Upload/GR/GRVVSLPAlignmentApprovalandNodalAgency.pdf

図 7.2 MH 州による VVSL 会議議事録（2021 年 9 月）

前半部分は VVSL 案件形成の歴史的な背景を整理しているが、後半赤枠部分に 6 点の結論が示されており、和訳すると以下の通りである。

1. MH 州は Pre-F/S の Option1 路線（1km 沖合）を承認
2. Pre-F/S の承認
3. MSRDC を実施機関として指定
4. DPR 調査実施の承認（1 フェーズで実施可能であれば実施についても承認）
5. 「JICA」などインフラ系の資金ソース協議を進めることを承認
6. MSRDC が 4.と 5.について推進すること

項 1 について、本調査 4.1 節にも示したが、Option 1 である 1km 沖合の路線を事業路線として承認している。項 3 について、VVSL 事業の実施機関を指定しており、事業実施に向けた第一歩である。また、項 4 は DPR コンサルタント調達結果を受けた調査実施を承認しているが、DPR の結果次第では、Pre-F/S に示したような段階的整備案（ケース 2：Virar まで延伸せず、Vasai コネクタまでの実施）を行わず、一括実施に Go サインを出している。DPR 調査結果次第ではあるが、DPR は調達手続きを含んだ作業内容であり、実質的に 3,000 億円以上の事業費が想定されている巨大案件への Go サインと言える。

項 5 は資金調達協議の開始指示が示されており、資金調達先の例として JICA 名が示されていた。2021 年 12 月時点での MSRDC 幹部聞き取りでは、「ムンバイでの大型インフラ資金供給元として代表的な組織が JICA であるため、例として挙げられたものであり、JICA に優先的に交渉するというものではない」、「世銀、ADB、AIIB などが他候補として挙げられる」と言うコメントがあった。但し、PPP による資金確保ではなく、海外開発パートナーによるソフトローンによる資金調達、EPC 契約による事業実施が具体的に示されたことになる。

### (3) 中央政府への働きかけ

2 章にも示したが、MSRDC は、2021 年にインド中央政府の道路開発省に VVSL 整備に関する働きかけを進めている。特に、インド中央政府の優先案件であるデリー〜ムンバイの高速道路路線に直結する完全な環状道路整備を達成する最後のピースとして、VVSL 事業を訴求する資料を作成した。丁度、インド道路交通省大臣である、Nitin Gadkari 氏（2014〜現在）は MH 州出身で、同州公共事業大臣だった経歴もあり、MSRDC に近い存在である。MSRDC からは、非公式ながら Gadkari 大臣の承認を得ているとの説明があった。

### (4) MSRDC 内の円借款への関心

本調査では、MSRDC の幹部級（Joint Management Director2 名）と意見交換を行い、円借款への関心について以下のコメントを得ている。

- MTHL 事業が VVSL 事業実施のプロトタイプであり、円借款による資金調達が基本線と考えている。MTHL 事業主体である MMRDA と情報交換している。
- DPR はインド独自の基準で作成するものなので、METIFS での技術提案を DPR に入れ込むことは難しい。一方で、準備調査により技術提案の比較表をつけて妥当な提案をしてもらえば十分検討できる。
- 日本技術の導入は円借款資金確保に必要な要素と納得している。
- JICA による準備調査調達から L/A 手交までの期間が 30 ヶ月（2 年半）程度であれば十分許容できる。

## 7.3 今後のアプローチ

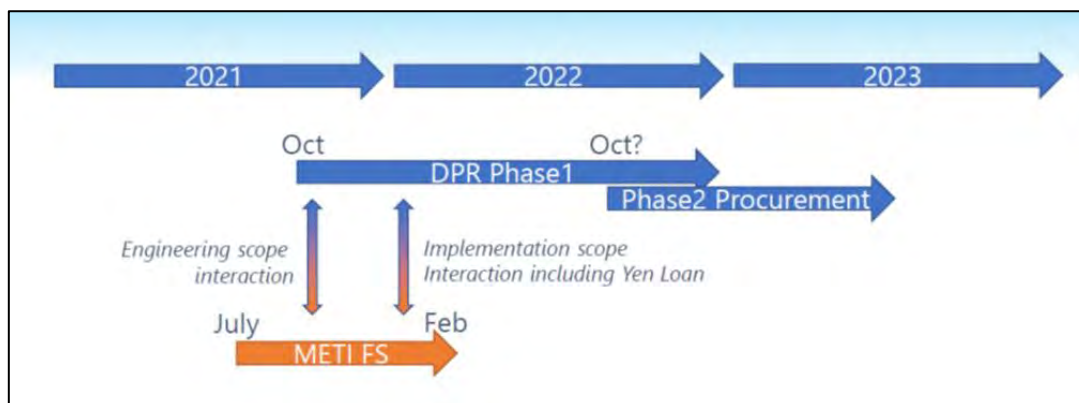
本節では、前節のファイナンス条件の検討や現地の動きを踏まえながら、円借款の案件形成検討に必要なアクションの提案を行う。



### 7.3.1 詳細プロジェクト報告書（DPR）への技術提案

インドにおける大規模プロジェクトの実施には Detailed Project Report（DPR：詳細プロジェクト報告書）の作成が必須である。METIFS 提案時には、MSRDC は Pre-F/S（DPR の前の段階の事業検討）までしか準備されていなかったが、2021 年 6 月から DPR 調査の調達に MSRDC によって開始され、2021 年 9 月に担当コンサルタントが決定した。調査自体は 10 月から開始された。

DPR の調達ドキュメントに拠れば、DPR は 2 段階の調査であり、1 段階目がエンジニアリング調査、2 段階目が調達ドキュメントの作成・調達作業補助となる。およそ 2 年間の作業スケジュールと想定されている。各段階でどの程度の期間が想定されているのかは不明だが、エンジニアリング調査には地盤調査（ボーリング）などの作業も含まれているため、本調査としては最小でも 1 年半程度必要とみている。調達作業はある程度の第 1 段階との重複を含みながら 1 年程度かけて実施されるものと想定する。このため、現 DPR の TOR に基づく調達は 2023 年の中盤には終了するものと想定されるが、このような巨大案件であり、より時間が掛かるものとする。また、接続道路である VBSL の進捗を考えれば、時間は十分にあると言えよう。



出典：調査団

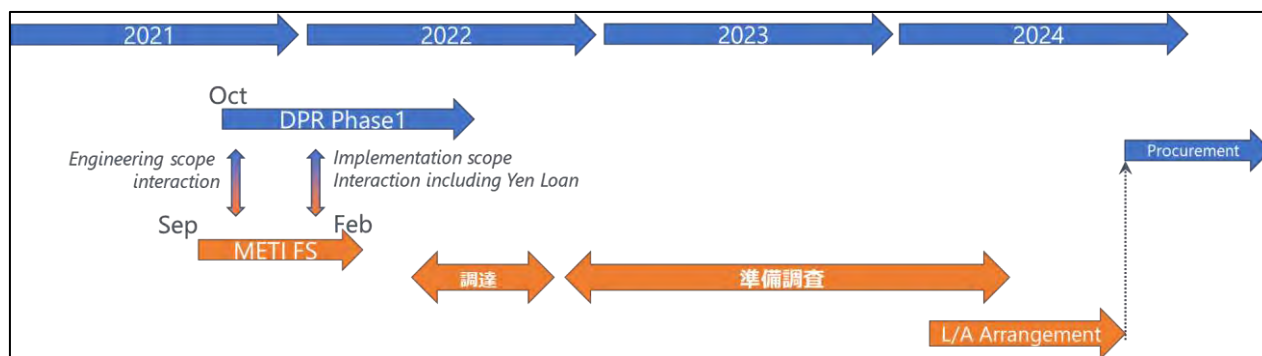
図 7.3 DPR 作業計画と METI-FS

現地詳細プロジェクト報告書（DPR）が 2021 年 10 月に開始されており、本調査（METIFS）からエンジニアリング提案、実施計画提案が丁度良いタイミングで MSRDC に Input 可能である。一方で、MSRDC からは、DPR は定型的なフォーマットがあるため、調査自体に METI-FS の提案を掲載することは出来ないが、JICA 準備調査で技術比較を表形式で示してほしいとの提案があった。このため、JICA 資金の斡旋、本邦技術提案を入れ込むためには準備調査が必須である。

### 7.3.2 JICA 準備調査実施に関するスケジュール

準備調査の実施に関して、下記を提案する。

DPR の Phase 1 完了タイミングを伺いながら、JICA 内調達をすすめ、準備調査を実施する。JICA 内調達に半年、準備調査の実施に 1 年半と考える。また、準備調査に並行して L/A 協議を開始する。2022 年下期に調達が進めば、2024 年上期に準備調査が結論に達し、並行して 2024 年上期に L/A 協議が開始出来るというスケジュールを提案する。

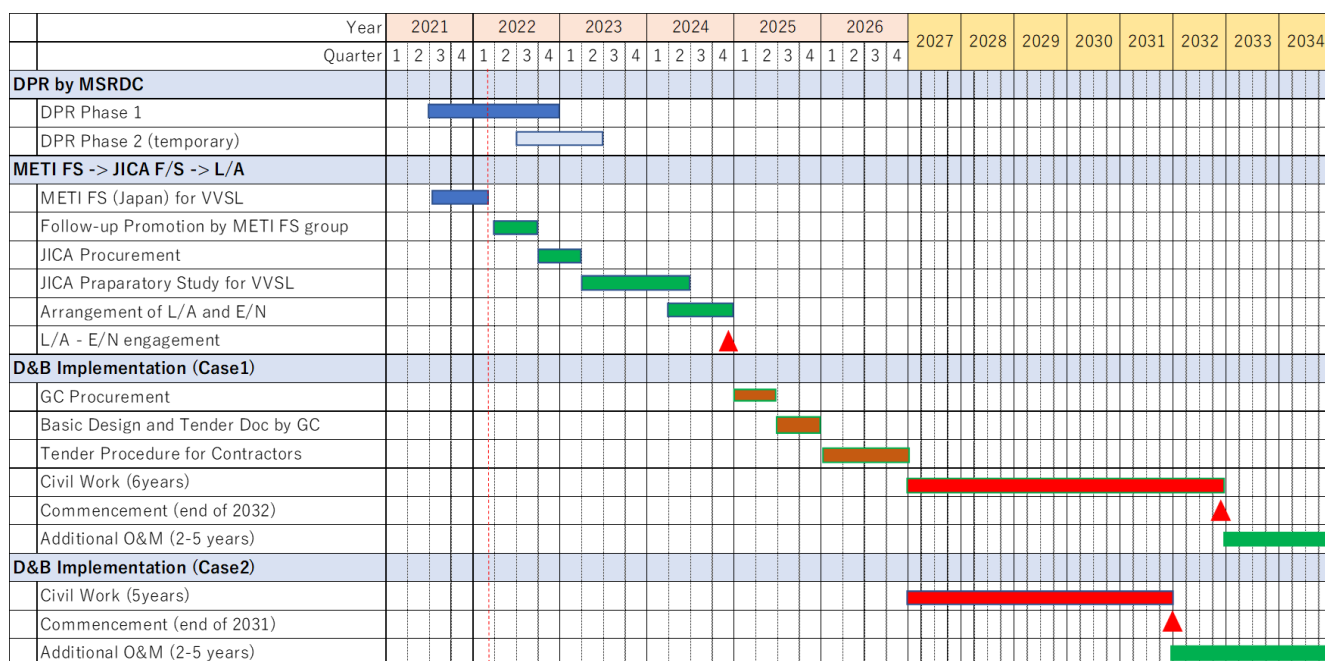


出典：調査団

図 7.4 準備調査実施に関するスケジュール案

MSRDC の JMD である Gaikwad 氏と調査団の協議では、JICA による準備調査調達から L/A 手交までの期間が 30 ヶ月（2 年半）程度であれば十分許容できるとのコメントがあった。

準備調査実施から施工に至るまでの想定スケジュールを下図に示す。EPC 契約（設計施工契約）を前提とした調達が実施されるものとする。2024 年中に L/A 合意に至り、2025 年から総合コンサルタントの調達が行われ、基本設計および入札書類の作成が進められ、2026 年にはコントラクタ調達が実施される。2027 年から施工が開始され、Case1（Virar までのフル整備）の場合であれば 6 年間の施工期間を想定する。2032 年中に施工完了し 2033 年からの供用開始を想定する。Case2（Vasai までの整備）の場合であれば 5 年間の施工期間として 2032 年からの供用開始とする。インドの場合、コントラクタが 2～5 年間の O&M 業務を実施する契約となるのが通常なので、必要に応じて O&M 業務が建設事業実施契約に付与される。なお、6 章における経済分析は本事業スケジュール提案に基づいて計算された。

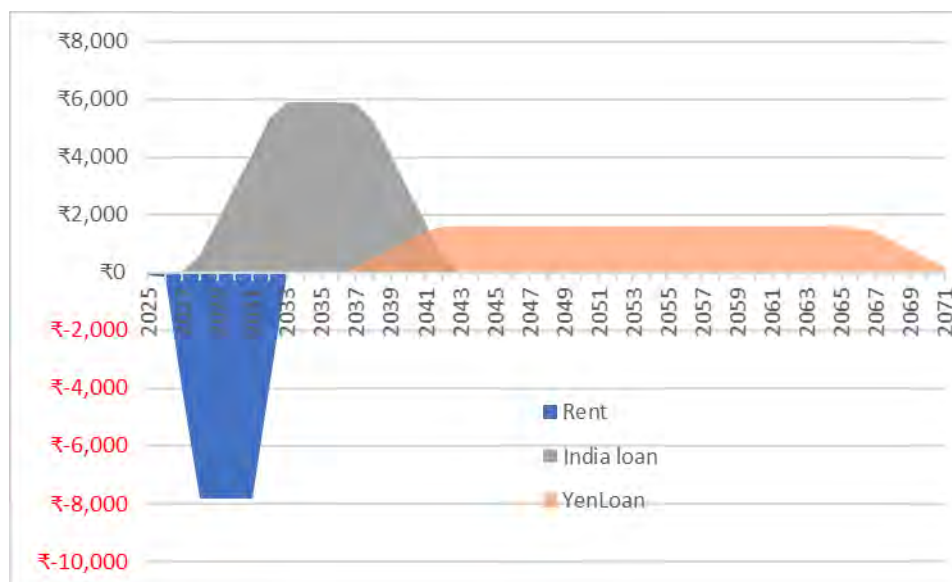


出典：調査団

図 7.5 事業全体に関するスケジュール案

### 7.3.3 比較分析

Case1 での財務費用（土地取得費用を含まないもの、約 6,063 億円、3,963 億ルピー、6.2 節参照）を全額円借款で負担した場合とインドの標準的な市中資金で負担した場合の返済想定シミュレーションを示すと下記ようになる。



出典：調査団 縦軸は Crore（1000 万ルピー）

図 7.6 返済シミュレーション

表 7.5 返済条件と計算結果

|                         | 円借款     | インド市中銀行 | 差分     |
|-------------------------|---------|---------|--------|
| 年利                      | 1.20%   | 8.00%   |        |
| 返済期間（年）                 | 30      | 10      |        |
| 返済猶予期間（年）               | 10      | 0       |        |
| 総借入額 (Crore INR)        | ₹39,632 | ₹39,632 |        |
| 総返済額 (Crore INR)        | ₹47,428 | ₹59,063 | 124.5% |
| 年あたり最大返済額 (Crore INR)   | ₹1,581  | ₹5,906  | 373.6% |
| 事業開始時点の NPV (Crore INR) | ₹8,336  | ₹30,218 | 362.5% |

出典：調査団、NPV 推計はインド長期国債を参照し割引率を 6%とした。

円借款はインド市中銀行に比較して条件がソフトである。総借入額（事業費）は両者とも同じ条件であれば、割り引いていない総返済額はインド資金の方が 25%高く、年あたりの返済額のピークは 3.7 倍高く、事業開始時点の支払額の現在価値も 3.7 倍負担が大きい。逆に言えば、円借款は 25%安く、年あたり最大返済負担は 4 分の 1 程度であり、為替リスクを考慮しなければ実質的な負担感はインド資金の 4 分の 1 程度である。

## 7.4 O&M 体制

インドにおける国道（有料）道路整備手法に組み込まれた O&M 実施スキームについて整理すると下表のようにまとめられる。

**表 7.6 道路整備手法と O&M 実施スキーム**

| 方式  | 手法                                                           | 完成後の O&M 実施者               |
|-----|--------------------------------------------------------------|----------------------------|
| PPP | BOT (Toll)、BOT (Annuity)<br>BOT (HAM : Hybrid Annuity Model) | 15 年～30 年：コントラクタ           |
| 請負  | EPC (Engineering, Procurement, Construction)                 | As 舗装：5 年間<br>Con 舗装：10 年間 |

2000 年代後半までは政府債務の拡大を背景に BOT (Toll, Annuity) モデルの適用が多かったものの、PPP プロジェクトの行き詰まりにより、2010 年代以降、EPC 契約や BOT (HAM) 契約の適用が多くなっている状況である。EPC 契約の場合、道路事業の持続可能性の観点から、最初の 5～10 年間の維持管理業務を請負契約に含めた契約とすることが一般的である。建設工事請負者も O&M 期間中の維持管理支出を最小化するインセンティブが働くため、建設工事自体の質低下の抑制にもなっている。

完成後の O&M 期間終了後については、TOT (Toll, Operate and Transfer) 等が活用されており、新たな事業者の選定がなされることが多い。

## 8. 環境社会的側面の検討

### 8.1 代替案検討と環境影響最小化

Pre-F/S では、事業全体の線形案として下図に示す 3 代替案が示されている。道路線形には、海岸近くの海上、海岸から離れた海上、海岸沿い、地下または海中・水中の道路など、さまざまな代替案がありうる。推奨される線形案は、時間の節約、建設の容易さ、水深、地盤工学的側面に加え、マングローブなどの環境面で脆弱な地域、社会影響、住民移転・生計回復などの環境社会影響も考慮して検討されている。加えて、周辺で建設中・検討中のインフラ開発事業が本事業に与えるの影響も検討された。

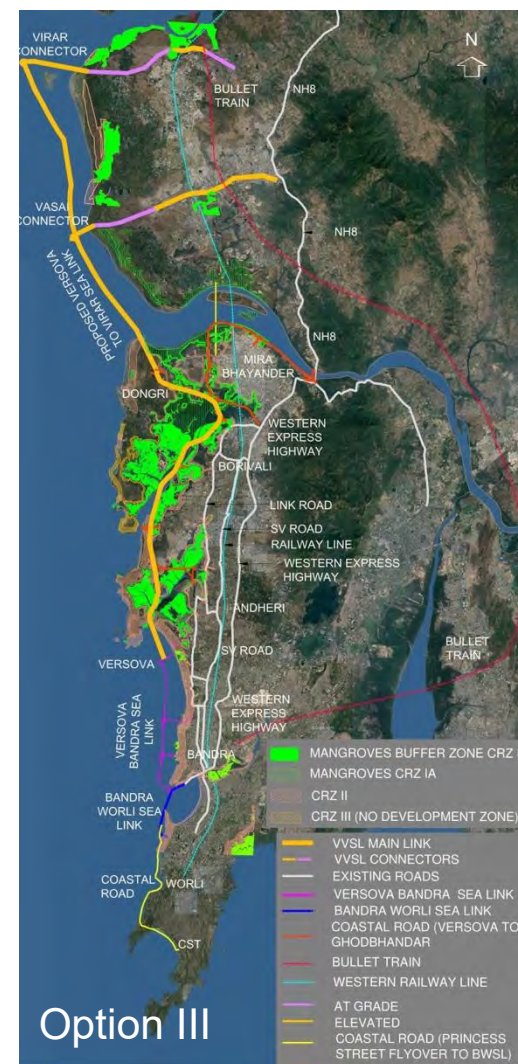
Pre-F/S で示された三つの線形代替案を下図に示す。代替案 1（図中 Option1）は、海岸から 1km の海上橋を主線とする案、代替案 2（同 Option2）は主線の一部が海岸に沿った海上道路を通る案、代替案 3（同 Option3）は主線の一部を海岸道路とする案である。

Pre-F/S に示された、これら 3 つの代替案の検討結果を参考に、本調査団が行った代替案の検討結果を下表に示す。10 の評価項目を設けているが、そのうち 4 つ、項目 4) 用地取得面積の小ささ、項目 5) 住民移転・必要な生計回復の小ささ、項目 6) マングローブへの影響の小ささ、項目 7) 自然生息地への影響の小ささ、が環境社会影響にかかる評価項目となっている。また、各評価項目の加重としても、この 4 つの項目への配点の合計が 100 点満点のうち 46 を占めている。

このように環境社会影響に配慮した代替案検討をした結果、総合評点が最も高い代替案 1 が、総合評点が最も高くなっている。

- 項目 4) 用地取得面積の小ささについては、主路線が全て海上道路であり 4 本の連結道路について用地取得が必要となる代替案 1 が、主路線の一部が陸上にある代替案 2、主路線の約半分が陸上を通り代替案 3 に比べて最も高評価となった。
- 項目 5) 住民移転・必要な生計回復の小ささについては、路線と人口密集地との重なりを確認したところ、代替案 1、2、3 の順で人口密集地への影響が大きくなると評価された。
- 項目 6) マングローブへの影響の小ささについては、路線案とマングローブとの重なりを確認した結果、代替案 1、2、3 の順でマングローブへの影響が大きくなると評価された。
- 項目 7) 自然生息地への影響の小ささについては、マングローブ以外の干潟、二つの保護区周辺の Eco Sensitive Zones、塩田等、動植物の生息地として重要と思われる地域に対する影響を予測した結果、代替案 1、2、3 の順で影響が大きくなると評価された。





出典：Pre-F/S, volume I, pp106-109.

図 8.1 Pre-F/S で示された路線代替案

表 8.1 本調査による代替案の評価結果

| 番号 | 評価項目             | 加重    | 評点 最大    |          |          | 評価値・相対評価       |                |                |
|----|------------------|-------|----------|----------|----------|----------------|----------------|----------------|
|    |                  |       | Option 1 | Option 2 | Option 3 | Option 1       | Option 2       | Option 3       |
| 1  | 沿岸道路割合           | 7.5   | 7.5      | 5.625    | 3.75     | 短<br>0 %       | 中<br>7.9 %     | 長<br>36.2 %    |
| 2  | 総延長              | 7.5   | 3.75     | 7.5      | 5.625    | 長<br>83.71 km  | 短<br>76.14 km  | 中<br>81.07 km  |
| 3  | 建設費              | 12.0  | 6.0      | 9.0      | 12.0     | 大<br>20,736 Cr | 中<br>18,750 Cr | 小<br>16,966 Cr |
| 4  | 用地取得面積の小ささ       | 12.0  | 12.0     | 9.0      | 6.0      | 小<br>140.13 Ha | 中<br>167.97 Ha | 大<br>397.59 Ha |
| 5  | 住民移転・必要な生計回復の小ささ | 12.0  | 12.0     | 9.0      | 6.0      | 小              | 中              | 大              |
| 6  | マングロープへの影響の小ささ   | 10.0  | 10.0     | 7.5      | 5.0      | 小<br>7.19 Ha   | 中<br>17.54 Ha  | 大<br>65.84 Ha  |
| 7  | 自然生息地への影響の小ささ    | 12.0  | 12.0     | 9.0      | 6.0      | 小              | 中              | 大              |
| 8  | 必要工期             | 10.0  | 5.0      | 7.5      | 10.0     | 長              | 中              | 短              |
| 9  | 既存交通への影響         | 5.0   | 5.0      | 3.75     | 2.5      | 小              | 中              | 大              |
| 10 | 生計への貢献           | 12.0  | 12.0     | 9.0      | 6.0      | 小              | 中              | 大              |
|    | 計                | 100.0 | 85.25    | 76.875   | 62.875   |                |                |                |

出典：Pre-F/S, volume I, p109 を参考に調査団作成

## 8.2 本事業（海上部・コネクター道路部を含む事業全体）の環境社会配慮

本調査の段階で、本事業計画に必要とされる環境・社会配慮として、JICA 環境社会ガイドラインへの準拠にかかる提案、本事業で想定される環境影響にかかるインド国内法制度、社会影響にかかる国内法制度について、以下に述べる。

### 8.2.1 JICA 環境社会配慮ガイドラインへの準拠

本事業は、JICA 環境社会配慮ガイドライン上、以下の点から、カテゴリ A に分類されると思われる。まず本事業は、道路セクターのプロジェクトである。JICA ガイドラインでは、影響を及ぼしやすいセクター、影響を受けやすい地域のプロジェクトはカテゴリ A に含まれるとしている。そして、「影響を及ぼしやすいセクター」の例に、「『道路、鉄道、橋梁』セクターのうち大規模なもの」が含まれており、本事業はこれに該当する。加えて、「影響を受けやすい地域」の例として「生態学的に重要な生息地（珊瑚礁、マングローブ湿地、干潟等）」が示されており、マングローブと干潟に影響を及ぼす本事業はこれにも該当する。さらに、本事業はどの線形案を採ったとしても、住民移転が生じる可能性がある。現行の JICA 環境社会配慮ガイドラインの運用では、200 名以上の住民移転が生ずることをめやすに、住民移転計画（RAP）を作成することを求めている。また、現在検討されているガイドラインの改訂において、用地取得・住民移転が生ずる場合、規模を問わず RAP の作成を求めることが提案されて

いる。以上から、本事業は JICA ガイドライン上カテゴリ A に分類される可能性が極めて高い。

2022 年 1 月、JICA 環境社会配慮ガイドラインは、2010 年以來のものから、改訂された。本改訂は「2010 年の JICA 環境社会配慮ガイドラインの施行から 10 年を経て、近年の SDGs や、気候変動の脅威に対する国際社会の対応、環境社会配慮の質の向上に資する取組を踏まえながら見直しの要否を検討し」たものであり、まず世界銀行の旧セーフガードポリシーではなく現行の環境社会配慮ポリシー（2018 年策定）に準拠（大きな乖離がないこと）している。旧ガイドラインからの主な変更点・追加点としては以下がある。

- GHG（地球温暖化ガス）排出量の予測の定量化
- 構造物の設計への気候変動考慮
- リスクに応じた事業分類
- 環境社会影響に対するミティゲーション・ヒエラルキー（影響への対応の優先度の階層を回避＞最小化＞復元/緩和＞オフセット/代償とする）
- 現地ステークホルダーとの意味ある協議
- 用地取得・住民移転が生ずる場合、その規模を問わない住民移転計画の作成

円借款事業として本事業の協力準備調査が実施される場合、この改訂版 JICA ガイドラインが適用される。このため、本調査では、新ガイドラインの追加・変更点にも配慮して、本事業の環境社会影響の検討を行った。

## 8.2.2 インド国内法制度: 環境影響

### (1) 本事業で生じる環境影響にかかるインド国内法制度

以下に、本事業に想定される環境影響に適用されうるインド国内の法令を示す。

表 8.2 本事業の環境影響に適用が想定されるインド国内の法令

| 法令                                                                                                                                                       | 実施官庁              | 条件                  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|---------------------|
| <b>環境保全</b>                                                                                                                                              |                   |                     |
| The Environment Protection Act 1986（2003 年改定）                                                                                                            | 森林環境気候変動省（MoEFCC） | CRZ クリアランスに伴う諸条件の遵守 |
| <b>大気汚染防除</b>                                                                                                                                            |                   |                     |
| The Air (Prevention and Control of Pollution) Act, 1981, amended in 1987 and the Air (Prevention and Control of Pollution) Rules 1982（1992 年 2 月 28 日改訂） | マハラシュトラ州公害防止委員会   | 同法の遵守               |
| <b>Prevention and Control of Water Pollution</b>                                                                                                         |                   |                     |
| The Water (Prevention and Control of Pollution) Act, 1974（1988 年改訂）                                                                                      | マハラシュトラ州公害防止委員会   | 同法の遵守               |
| <b>騒音</b>                                                                                                                                                |                   |                     |
| The Noise (Regulation & Control) Rules, 2000 as amended in January 2010                                                                                  | マハラシュトラ州公害防止委員会   | 排出基準の遵守             |



| 法令                                                                                                                   | 実施官庁                           | 条件                                    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------|
| <b>環境影響評価</b>                                                                                                        |                                |                                       |
| EIA notification 2006 & amendments                                                                                   | MoEFCC                         | Notification に沿った環境影響評価の実施            |
| <b>Coastal Regulation Zone</b>                                                                                       |                                |                                       |
| Coastal Regulation Zone notification 2019                                                                            | マハラシュトラ州沿岸域管理局及び MOEFCC 専門家評議会 | CRZ notification 2019 に基づく CRZ クリアランス |
| <b>森林保全</b>                                                                                                          |                                |                                       |
| The Forest (Conservation) Act, 1980                                                                                  | マハラシュトラ州森林局（MoEFCC 下）          | 森林伐採クリアランス                            |
| <b>Eco Sensitive Zone</b>                                                                                            |                                |                                       |
| Wildlife protection act, 1972<br>ESZ Notification- Tungareshwar Wildlife Sanctuary vide S.O. 3250 (E) dtd 11.09.2021 | 野生生物国家委員会（NBWL）                | NBWL クリアランス                           |
| <b>マングローブ保全</b>                                                                                                      |                                |                                       |
| Public Interest Litigation no.87 of 2006                                                                             | ムンバイ高等裁判所                      | マングローブ伐採に先立つ、高等裁判所からの伐採への異議無し証明書      |
| <b>マハラシュトラ州海事局からの異議無し証明書</b>                                                                                         |                                |                                       |
| NOC for marine works                                                                                                 | マハラシュトラ州海事局                    | 建設に先立つマハラシュトラ州海事局からの異議無し証明書           |
| <b>廃棄物管理</b>                                                                                                         |                                |                                       |
| Hazardous Wastes (Management Handling and Transboundary Movement) Rules, 2016 and subsequent amendments.             | マハラシュトラ州公害防止委員会                | 左記法令に定められた基準の遵守                       |
| Solid Waste Management Rules 2016                                                                                    |                                |                                       |
| C&D waste Management Rules 2016                                                                                      |                                |                                       |

出典：Pre-F/S に基づき調査団が改訂

## (2) インド国内の環境影響評価プロセスと本事業

パデコがこれまでインドで実施してきた円借款協力準備調査等を通じて、JICA ガイドラインとインドの環境社会配慮にかかる法制度には大きな乖離が無いことが確認されている。「グジャラート州アラン及びソシヤ地区シップリサイクル環境管理改善事業」（2017 年円借款 L/A 調印）について、弊社は事前調査を実施し、現在事業実施支援を行っており、沿岸規制地域（CRZ）におけるインフラ開発への諸規制を含むインドの法制度を確認した。また、2018 年～2020 年に実施した「北東部地域における連結性改善に係る情報収集・確認調査」では、インド北東諸州を対象として、道路ネットワークの強化及び地域住民への社会サービス（教育、保健医療等）の向上に向けたセクターローンの形成に係る基礎情報収集・確認を行い、インドにおける道路新設・改善事業に伴う環境社会影響の評価・対応についての法制度を確認した。現在実施中の「インド国北東州道路網連結性改善事業（国道 208 号・127B 号線）」では、JICA 環境社会配慮ガイドライン上カテゴリ A とされる 3 件の道路改善の円借款事業としての承

認に向けて、環境社会配慮を実施し JICA 環境社会配慮助言委員会の審査に協力している。インド国内の道路改善事業に伴う環境社会配慮にかかる法制度の最新の運用状況を確認している。

インド国で、環境影響評価に関わる基本的な法令は「Environmental Protection Act 1986（2003 年改訂）」である。またその関連規則として細則が規定され、年々改訂が行われている。環境影響評価の必要性は同法に規定されており、その手続きについては環境影響評価通達（2006、2009、2012）に明記されている。また、カテゴリ上の基準に該当する事業は事前に環境クリアランス（Environmental Clearance：EC）の取得が必要とされる。

カテゴリ A に該当する案件は環境審査会 (EAC) の審査後に、中央政府の環境森林気候変動省 (MoEFCC) から環境クリアランスを取得しなければならない。インド国環境森林省 (MOEF、現 MoEFCC) 施行の EIA 通達 14.09.2006 (2013 年 8 月改訂) によれば、カテゴリ A の道路プロジェクトが 1) 「国道新設」及び 2) 「国道の拡幅工事の場合、延長 100km 以上で現道における拡幅が 40m を越えるかバイパス等を挿入した場合の道路占有幅が 60m までの道路」においては EIA 調査が必要であると規定されている。カテゴリ B に該当する案件は、州政府の環境許認可権者の審査のもと、州政府環境影響評価委員会から環境クリアランスを取得することが必要である。州政府は、対象となるカテゴリ B プロジェクトが、B1 ないし B2 カテゴリに分類されるかどうかを判断する。カテゴリ B1 プロジェクトは EIA レポートの作成が求められる。それ以外のカテゴリ B プロジェクトは、カテゴリ B2 プロジェクトと分類され、EIA レポート提出は求められない。

表 8.3 インド国の EIA 法令に基づき環境認可が必要となる道路事業

| カテゴリ A                                                                                                                      | カテゴリ B                                                                         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| i) 国道 (National Highway) の新設<br>ii) 100km 以上の既存国道の拡張で、現道に追加で幅 40m 以上の ROW の用地取得もしくは、幅 60m 以上の Re-alignment もしくはバイパス建設を行う場合。 | iii) 州道 (State Highway) の新設<br>iv) 海拔 1000m 以上の地域、および希少な生態系がある地域で実施される州道の拡幅、延長 |

出典：EIA 通達（2006、2009、2013）、EIA Guidance Manual for Highways (2010)

マハラシュトラ州政府が所有する開発公社である MSRDC が計画している本道路事業は州道の新設とみなされるため、国内の環境影響評価法の下カテゴリ B として分類され、州政府環境影響評価機関（State Level Environmental Impact Assessment Authority: SEIAA）から環境クリアランスが必要とされると想定される。SEIAA の環境クリアランスにいたる手続きの中で、事業は州専門家委員会（State Level Expert Appraisal Committee: SEAC）の審査により EIA を必要とする事業（カテゴリ B1）と必要としない事業（カテゴリ B2）に分類され、前者の場合は EIA 報告書の提出を受け、それに対する SEAC の勧告の後、SEIAA による環境クリアランス発給となる。

### (3) 近隣道路事業における環境影響評価と対応

本計画路線の南端に接続し、本件と同じく MSRDC が実施し、すでに着工しているバーソバ・バンドラ海上道路（VBSL）は、2016 年 10 月に SEAC による審査を受けカ



テゴリ B1 とされ（EIA 通達 2006 別表にある項目「8(b)市域・地域開発事業」とみなされた為）、EIA 報告書提出の後、マハラシュトラ州 SEIAA から環境クリアランスが下りている（2017 年 2 月）。なお、後述の CRZ クリアランスも MOEF より 2013 年 1 月に発給され、その後改訂版の CRZ クリアランスが 2020 年 1 月に MOEFCC から発給されている。

ムンバイ湾横断道路（Mumbai Trans Harbor Link: MTHL）は、当初本事業と同じく MSRDC が実施機関であったが、2011 年に州政府は事業実施を MMRDA に移管し、事業は円借款を受け 2017 年に着工されている。当初 MSRDC が計画した本事業は、EIA 通達 1994 に沿って 2005 年 3 月に MOEF から環境クリアランスを受けた。しかし、同 EIA 通達は着工前の環境クリアランスの有効期限を 5 年と定めていたために、2010 年に環境クリアランスは失効した。これを受けて MMRDA は新たに環境クリアランスを受けるため、2012 年に Rapid EIA を実施した。その後、2013 年 7 月に MOEF からの CRZ クリアランスが出され、2016 年 1 月には森林クリアランスが、2017 年 3 月には MoEF の専門家委員会（Expert Appraisal Committee: EAC）が事業に合意している。なお、円借款事業としては、JICA 環境社会配慮ガイドラインに沿って、MTHL 事業はカテゴリ A とされ、審査が行われた。

本提案の VVSL の南端につながる上記バーソバ・バンドラ海上道路（VBSL）、そしてその南側にはバンドラ・ウォルリ海上道路（BWSL）が開通している。さらにその南側にはムンバイ湾岸道路（Coastal Road）が建設中である。この湾岸道路の区間について、かつて海上道路の建設計画（Worli-Haji Ali Sea Link/WHSL）があり、その計画は 2010 年に環境クリアランスも受け、その後入札により建設業者も選定された。しかし、2013 年に工事契約は破棄され、2015 年に入札も破棄され、同区間には海上道路ではなく新たに湾岸道路が建設されることとなった。海上道路建設の中止と同区間の湾岸道路への変更は、州政府内での政党間の政策の乖離によるとする見方もあるが、海上道路が海岸の景観を損なうという批判もあったことには注意を要する。

#### (4) 沿岸規制区域(CRZ)に関する規制

脆弱な海岸地域を保全するための施策として、インド政府は沿岸規制区域（Coastal Regulation Zone: CRZ）を定め、そこでの開発行為などを規制している、これまで 1991 年、2011 年、2019 年に、CRZ に係る通達が出されている。1991 年に森林環境省（MOEF）により初めて発布された CRZ Notification 1991（CRZ 1991）では、満潮線から内陸側（100m～500m）の潮汐の影響を受ける土地、および満潮線と干潮線の間の土地を CRZ と定義し、さらにそれを土地利用や周辺環境に対する脆弱性に応じて 4 つのゾーン（CRZ-I、CRZ-II、CRZ-III、CRZ-IV）に細分した<sup>57</sup>。2011 年には、漁村や沿岸資源に依存する集落の生計手段の確保、沿岸域の保全並びに保護、科学的根拠に基づいた持続可能な方法での開発の促進を目指す CRZ Notification 2011（CRZ2011）<sup>58</sup>が、森林環境気候変動省（MOEFCC）から発行されたほか、島嶼地域の保護を目的とした Island Protection Zone Notification（IPZ 2011）も併せて発行された。その後、CRZ 2011 に対する各州や連邦直轄領政府、利害関係者からの見解も踏まえ見直しがなされ、CRZ Notification 2019（CRZ 2019）が、MOEFCC から発行された<sup>59</sup>。CRZ 2019 では、エ

<sup>57</sup> <http://environmentclearance.nic.in/writereaddata/SCZMADocument/CRZ%20Notification,%201991.pdf>（2021 年 9 月 20 日閲覧）。

<sup>58</sup> <http://www.environmentwb.gov.in/pdf/CRZ-Notification-2011.pdf>（2021 年 9 月 20 日閲覧）。

<sup>59</sup> [http://environmentclearance.nic.in/writereaddata/SCZMADocument/CRZ\\_Notification2019.pdf](http://environmentclearance.nic.in/writereaddata/SCZMADocument/CRZ_Notification2019.pdf)（2021 年 9 月 20 日閲覧）。

コツーリズムなど新しい産業の促進や、建物の容積率等の規制緩和、開発不可地域（No Development Zone（NDZ））内での開発に対する許可などに見られるように、厳しい開発規制から、国内の食糧安全保障に鑑みて経済成長の促進を考慮した施策へとシフトしている<sup>60</sup>。開発規制緩和について、環境保護団体や漁業者からの批判も上がっている。最新版の通達である CRZ 2019 で定められている、CRZ の細分類毎の規制内容を下表に示す。

表 8.4 沿岸規制区域の規制内容・定義

| CRZ 細分類   | 定義・規制                                                                                                                                                                                                                                           |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| CRZ-I A   | 生態学的に敏感かつ重要な土地。エコツーリズム、パイプライン敷設、特記された用途の道路等の例外を除き、活動を禁じる。                                                                                                                                                                                       |
| CRZ-I B   | 潮間帯。特記された目的以外の埋め立て、建設など禁じる。                                                                                                                                                                                                                     |
| CRZ-II    | 海岸線沿いまたはその近くの開発された土地（市域ないしその他の法的な都市域の指定を受けている土地）、かつ建ぺい率が 50%以上の土地。CRZ-I A および I B で許可される活動に加えて、既存道の内陸側での住居・事務所・公共施設などの建設、ガイドラインに沿ったビーチリゾートの新設等は許可される。                                                                                           |
| CRZ-III A | CRZ-II に含まれない比較的開発が進んでいない地域を CRZ-III とし、そのうち、2011 年国勢調査において人口密度が 2,161 人/km <sup>2</sup> 以上の人口密集地を III A とする。CRZ-III A 内の満潮線から内陸 50m 以内の土地は、No Development Zone (NDZ) とする。CRZ III では、CRZ-I B と同様の活動に加え、NDZ 以外ではビーチリゾート等の建設、石灰岩・放射性物質の採掘等が認められる。 |
| CRZ-III B | CRZ-III のうち、2011 年国勢調査において人口密度が 2,161 人/km <sup>2</sup> 未満の土地。但し、満潮線から内陸方向へ 200m の土地は、NDZ とする。                                                                                                                                                  |
| CRZ-IV A  | 干潮線から沖合方向へ 12 カイリの水域。CRZ-IV では伝統的漁業、特記された目的による埋め立て、沖合の施設に必要な活動、水上風力発電・波力発電等が認められる。                                                                                                                                                              |
| CRZ-IV B  | 潮汐の変化の影響を受ける水域。                                                                                                                                                                                                                                 |

出典：CRZ 2019

本事業は海上道路の建設を伴うため、道路線形の多くが海と沿岸地域に位置する。

本事業の線形が通る地域は、マハラシュトラ州の Coastal Zone Management Plan (2019) に従ってさまざまな CRZ カテゴリに分類されている。CRZ 内の道路建設は、マハラシュトラ沿岸地帯管理局（MCZMA）による CRZ 勧告と、CRZ 通知 2019 の 7 (ii) 条に基づく MoEFCC からの CRZ クリアランスを得て、承認されうる。

特に規制の厳しい CRZ-I A 地域に分類される、マングローブおよびそのバッファゾーンに、本事業計画路線が重なる部分については 4.8.3 節に記した通りである。また、干潟・岩礁を含む潮間帯は事業地域周辺の海岸全域に存在し、そこは CRZ-I B 地域として開発が規制されている。海岸の傾斜がなだらかであることから潮間帯は幅広い。本事業の 4 本のコネクタは全て、また場合によっては主路線もこの潮間帯を横切る。Vasai コネクタの沿岸部分には、干潮時に海上に現れる砂州・岩礁が広がっており、希少な生態系・生物種が存在する可能性もある（図）。

<sup>60</sup> 国際航業. 2020. 「インドのマングローブ林と気候変動対策〜グジャラート州沿岸部マングローブ植林に見る空間情報技術の利用可能性〜」. [https://www.kkc.co.jp/service/env\\_energy/news.html](https://www.kkc.co.jp/service/env_energy/news.html) (2021 年 9 月 20 日閲覧).



出典：調査団

図 8.2 Vasai コネクタと主路線接続部分に広がる砂州・岩礁

#### (5) 保護区（ESZ）・森林伐採にかかる許認可など

本事業で建設する Vasai コネクタの終点（東端）は、Tungareshwar 野生生物保護区の周辺に指定されたバッファゾーンである Eco-sensitive Zone（ESZ）に接している。本事業で、同コネクタの終点から、幹線道 NH48 との接続部分までを改善する場合、ESZ 内での建設工事となり、野生生物保護法に基づく ESZ クリアランス、森林法に基づく森林クリアランスが必要となる可能性がある（4.8.3 節参照）。

また、本事業の線形は、いくつかの場所でマングローブ林と重なっている。マングローブ林の伐採には、上記 CRZ クリアランスに加え、森林法に基づく森林クリアランス、および高等裁判所の許可が必要となる。

森林伐採許可の取得には、州及び中央政府の審査を通過しなければならない。マングローブをはじめ、森林局が定める森林の伐採が生じる場合、それに応じた代償植栽

が求められる。通常、代償植栽は伐採面積の数倍の規模で実施することが求められる。例として、バーソバ・バンドラ海上道路（VBSL）では、CRZ クリアランスに伴う条件として MOEFCC から影響を受けるマングローブの本数（1,585 本）が示され、この 10 倍の代償植栽（15,850 本）を行うことが求められている。ムンバイ港横断道路（MTHL）に 2013 年 7 月に下された CRZ クリアランスでも、破壊・伐採されるマングローブの少なくとも 5 倍の本数の代償植栽が求められ、0.1776ha の干潟ないしマングローブの損失に対して 30ha のマングローブ植林が求められている。本事業でもマングローブへの影響が生じる場合、同様の緩和策が求められると想定される。

上記環境アセスメント、CRZ、森林伐採に関する許認可以外に、インド国内法に沿って本事業に必要となる可能性がある環境社会影響関連の許認可については以下のとおりである。

- 1) 水及び大気法に基づいて、施工業者はホットミックスプラント、バッチャープラントなどの建設機械据付けに伴う環境クリアランスを受けなければならない。
- 2) 石切り場の開発には州鉱山局から環境クリアランスを受けなければならない。
- 3) 建設工事に必要とされる深井戸を設置する場合には、州地下水管理局の許可を受けなければならない。
- 4) 工場法（1948）、労働法（1988）及び建設工事に従事する労働者法（1996）に基づいて、建設工事期間中の公衆衛生ならびに健康被害の防護が義務付けられている。
- 5) 有毒危険物取り扱い法（1989）及び化学薬品事故防止法（1996）に基づいて、建設期間における事故の防御対策を講じなければならない。
- 6) 廃棄物処理に関しては、有害廃棄物の管理と取り扱いにかかる規則（1989）有害廃棄物の管理と取り扱いにかかる許可手続き（1989, 2003）及び固形廃棄物管理規則（2016）都市固形廃棄物の収集、分別、保管、運搬、処理と処分に関する規定、最終処分場に関する規定、堆肥化、浸出水の処理および焼却に関する基準等（2016）建設・解体廃棄物処理規、建設資材、破片、瓦礫などの建設および解体廃棄物の処理（2016）に基づいて行わなければならない。

## 8.2.3 社会影響に関するインド国内の法制度

### (1) 用地取得・住民移転・生計回復

本事業対象は MSRDC が州道として建設することを提案するが、まず国道にかかる社会影響緩和の法制度を参照する。

国道法（1956 年）はインドで最も強権的な法律の 1 つで、国道開発の用地取得に適うされる。国道法を含む旧法に基づく強制的な用地取得に対する批判の高まりを受け、インド国政府は 2013 年に用地取得の法的枠組みを大幅に更新した。国道開発事業の用地取得に関わる法令は 2 つの主要法に加え、一つのガイドラインで成り立っている。それら 3 つの枠組みは、1) 国道法 1956、2) 用地取得法 2013（RFCTLARR）、および 3) 国道法に基づく国道の用地取得に関するガイドラインマニュアル 2018（道路交通国道省：MORTH）である。

国道事業の用地取得・住民移転・生計回復にかかる制度は、JICA 環境社会配慮ガイドラインとの大きな乖離はないが、若干の違いがある。詳細を下表に整理した。

**表 8.5 用地取得・住民移転・生計回復にかかる JICA 環境社会配慮ガイドラインと  
インド国法制度との相違点**

| No. | JICA 環境社会配慮ガイドライン (JICA GL)                                                                                     | インド国内法                                                                                                          | JICA GL と国内法の相違                       | 本事業における対応案                                                                                        |
|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1   | 非自発的住民移転と生計手段の喪失は、すべての実行可能な選択肢を探索することによって可能な場合は避けるべきである。(JICA GL)                                               | 「国道拡幅のための線形/ルートの決定に係る 2018 年 MORTH 通達」：既存道から数 km 離れた場所に、未開発地域を通る線形といった代替手段を検討する。                                | 無し                                    | 代替案の検討を行い、可能な限り避ける                                                                                |
| 2   | 住民移転が避けられない場合は、影響を最小限に抑え、損失を補うための効果的な対策を講じる必要がある。(JICA GL)                                                      | 「用地取得、伐採、ユーティリティ移設のための線形移設に関する政策ガイドラインにかかる 2018 年 MORTH 通達」：追加の用地取得、ユーティリティ移設の最適化、木の伐採の必要性を最小限に抑える。             | 無し                                    | 影響を最小限に抑え、損失を補償するための効果的な措置を講じる。                                                                   |
| 3   | 非自発的に住民移転しなければならない人や、生活の手段が妨げられるか失われる人々は、生活水準、所得機会、生産水準を事業前の水準に改善または少なくとも回復できるように、十分な補償と支援を受けなければならない。(JICA GL) | RFCTLARR 別表 2 および 3：補償規定は、生活水準の回復を保証する。                                                                         | 無し                                    | 非自発的に住民移転しなければならない、生活の手段が妨げられるか失われる被影響住民は、十分に補償され、少なくとも生活水準、収入機会、生産レベルを事業前のレベルに戻すように支援されなければならない。 |
| 4   | 補償は、可能な限り完全な移転費用に基づいている必要がある。(JICA GL)                                                                          | 「合意を通じた一括取得から欠落した土壌画の取得にかかる 2016 年 MORTH 通達」(vii)：土地の補償/移転費用が土地所有者に与えられる。関連するすべての税金、登録料、および印紙等の費用は、事業実施機関が負担する。 | 無し                                    | 土地の補償/移転費用が土地所有者に与えられるものとする。関連するすべての税金、登録料、および印紙等の費用は、事業実施機関が負担するものとする。                           |
| 5   | 補償やその他の種類の援助は、移転前に提供されなければならない。(JICA GL)                                                                        | 国道法：補償額は、土地を所有する前に政府によって預託されなければならない。(3H)                                                                       | 有り。国道法と関連する規制・ガイドラインで支援のタイミングが欠落している。 | 補償やその他の種類の援助は、移転前に提供されなければならない。                                                                   |



| No. | JICA 環境社会配慮ガイドライン (JICA GL)                                                                                                                                | インド国内法                                                                                                 | JICA GL と国内法の相違     | 本事業における対応案                                                                                                                                    |
|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 6   | 大規模な非自発的住民移転を伴う事業では、住民移転計画を準備し、一般に公開する必要がある。(JICA GL)                                                                                                      | 定義なし                                                                                                   | 有り。国道法には SIA 要件はない。 | 大規模な非自発的住民移転を伴う事業では、住民移転計画を準備し、一般に公開する必要がある。                                                                                                  |
| 7   | 住民移転計画を作成するに当たっては、被影響住民とその地域社会との間で、事前に十分な情報を得て協議を行わなければならない。(JICA GL)                                                                                      | 土地所有者との個々の交渉を除き、国道法と関連通達に具体的な規定はない。                                                                    | 有り。国道法の下で特定の要件はない。  | 住民移転計画を作成するに当たっては、被影響住民とその地域社会との間で、事前に十分な情報を得て協議を行わなければならない。                                                                                  |
| 8   | 協議を行う際には、被影響住民に理解できる形、方法、言語で説明を行う必要がある。(JICA GL)                                                                                                           | 土地所有者との個々の交渉を除き、高速道路の行為と通知に従う具体的な規定はない。                                                                | 有り。国道法の下で特定の要件はない。  | 協議を行う際には、被影響住民に理解できる形、方法、言語で説明を行う必要がある。(JICA GL)                                                                                              |
| 9   | 住民移転計画の計画、実施、モニタリングにおいて、被影響住民の適切な参加を促進する必要がある。(JICA GL)                                                                                                    | 土地所有者との個々の交渉を除き、国道法と関連通達に具体的な規定はない。                                                                    | 有り。国道法の下で特定の要件はない。  | 住民移転計画の計画、実施、モニタリングにおいて、影響を受ける人々の適切な参加を促進しなければならない                                                                                            |
| 10  | 適切でアクセス可能な苦情処理メカニズムは、被影響住民とその地域社会のために確立されなければならない。(JICA GL)                                                                                                | 国道法 (1956 年) には仲裁人の任命の規定が含まれており、そのような紛争の処理について、民事裁判所にも言及している。この法律の規定に従い、1996 年の仲裁調停法の規定が、すべての仲裁に適用される。 | 無し                  | 適切でアクセス可能な苦情処理メカニズムは、影響を受ける人々とその地域社会のために確立されなければならない。                                                                                         |
| 11  | 被影響住民は、最初のベースライン調査（適格性の締め切り日、資産インベントリ、社会経済調査として機能するセンサスを含む）を通じて適格性を確立するために、好ましくは、そのような利益を得ようとする侵入者の流入を防ぐために、事業の確認段階で、可能な限り早期に特定され、記録されるべきである。(世界銀行 OP4.12) | 影響を受ける世帯、土地、財産は、サイト調査 (3B) を通じて特定され、その後の流入を防ぐための具体的な規定はない。                                             | 無し。その後の侵入者の防止策を除き。  | 被影響住民は、最初のベースライン調査（適格性の締め切り日、資産インベントリ、社会経済調査として機能するセンサスを含む）を通じて適格性を確立するために、好ましくは、そのような利益を得ようとする侵入者の流入を防ぐために、事業の確認段階で、可能な限り早期に特定され、記録されるべきである。 |

| No. | JICA 環境社会配慮ガイドライン (JICA GL)                                                                                                                                             | インド国内法                                                                                             | JICA GL と国内法の相違                                                      | 本事業における対応案                                                                                                                                                 |
|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 12  | 給付金の適格性には、土地に対する正式な法的権利（法律で認められた慣習的および伝統的な土地の権利を含む）を有する被影響住民、土地に対する正式な法的権利を持たないが、センサス調査時に土地または資産に対する主張を持つ被影響住民、および彼らが占有している土地に対する認識可能な法的権利を持たない被影響住民が含まれる。（世界銀行 OP4.12） | RFCTLARR の別表には、正式な土地所有者と、土地所有権を持たない人々（借地人、分益小作人、職人。不法占拠者と侵入者を除く。）の適格性を保証するが、少なくとも 3 年間の事前証拠が必要である。 | 無し。土地所有権を持たない人々の適格性に、3 年間の占有を証明する条件と、被影響世帯からの不法占拠者と侵入者が除外されていることを除き。 | 給付金の適格性には、土地に対する正式な法的権利（法律で認められた慣習的および伝統的な土地の権利を含む）を有する被影響住民、土地に対する正式な法的権利を持たないが、センサス調査時に土地または資産に対する主張を持つ被影響住民、および彼らが占有している土地に対する認識可能な法的権利を持たない被影響住民が含まれる。 |
| 13  | 生計が土地に依存している被影響住民のための土地ベースの住民移転戦略が優先されるべきである。（世界銀行 OP4.12）                                                                                                              | RTFCLARR の規定では当てはまるが、MORTH ガイドラインマニュアル（2018）では除外されている。                                             | 有り。この選好は MORTH 用地取得ガイドラインによって除外される。                                  | 生計が土地に依存している被影響住民のための土地ベースの住民移転戦略が優先されるべきである。                                                                                                              |
| 14  | 移行期間（移転と生計回復の間）を支援する。（世界銀行 OP4.12）                                                                                                                                      | RFCTLARR 別表および MORTH 用地取得ガイドラインは、移行期間中の支援を保証する。                                                    | 無し                                                                   | RTFCLARR に従って移行期間（移転と生計回復の間）の支援を提供する。                                                                                                                      |
| 15  | 避影響住民、特に貧困ライン以下の人々、土地無し住民、高齢者、女性と子供、少数民族など、脆弱なグループのニーズに特に注意を払う必要がある。（世界銀行 OP4.12）                                                                                       | RFCTLARR 別表および MORTH 用地取得ガイドラインは、SC、ST、などの社会的に脆弱なグループを保証する。                                        | 無し                                                                   | 避影響住民、特に貧困ライン以下の人々、土地無し住民、高齢者、女性と子供、少数民族など、脆弱なグループのニーズに特に注意を払う必要がある。                                                                                       |
| 16  | 200 人未満の用地取得または非自発的住民移転を伴う事業では、簡易住民移転計画（ARAP）を準備する必要がある。（世界銀行 OP4.12）                                                                                                   | なし                                                                                                 | 簡易住民移転計画（ARAP）はインドのフレームワークによって定義されていない。                              | JICA ガイドラインの改訂案では住民移転が発生する場合その規模を問わず住民移転計画（RAP）の策定が求められるので、これに従う。                                                                                          |

出典：調査団

## (2) 漁業権・漁業への影響に関する配慮

本事業による海上・沿岸部道路の建設工事、また建設された海上道路と沿岸部のコネクタ道路により、漁場・採集地の喪失など沿岸漁業に影響が生じる可能性がある。これにより、船舶によらない漁業者（foot fisherman）を含む漁民の生計（図）に損失が生じる可能性がある。漁業権など土地によらない生計損失に対する補償の法的枠組みは、インド国内法では十分整備されていない。先行事例として、Mumbai Trans Harbor Link (MTHL)事業では、社会影響評価・配慮の一環として、2010年に設立された環境問題にかかる事件の迅速な処理を行う特別法廷たる国家グリーン法廷（National Green Tribunal）による2015年のJawaharlal Nehru Port Trustにかかる判例を参照し、漁民との交渉が持たれ、漁民に対する補償方針・計画が策定された<sup>61</sup>。



出典：調査団

図 8.3 事業対象地で行われている漁業（Uttan コネクタ周辺）

<sup>61</sup> Building Environment (India) Pvt. Ltd. 2015. *Mumbai Trans Harbour Link Project (MTHL): Sewri to Nhava Social Impact Assessment Final Report*.

### 8.3 スコーピング案（予測される主な環境社会影響）

環境社会影響について JICA 環境チェックリスト（道路セクター）等を適用して網羅的に確認したところ、本事業では下表に示す環境影響が生じる可能性が認められる。また、本事業の道路線形の現況を示す写真とその撮影位置を Google Earth 上に表示するファイル、及び同線形の現地踏査報告書（英文）を付録として本報告書に添付する。

表 8.6 スコーピング案

| 影響項目        | 評価の結果 |     |     |                                                                                                                     |
|-------------|-------|-----|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|             | 工事前   | 工事中 | 供用後 | 評価の根拠<br>(P: 工事前、C: 工事中、O: 供用後)                                                                                     |
| <b>生活環境</b> |       |     |     |                                                                                                                     |
| 大気質         |       | ✓   | ✓   | P: 本事業による影響は予想されない。                                                                                                 |
|             |       |     |     | C: 建設機械の稼働及び工事用車両の走行により、特に乾季において工事に伴う大気汚染が予想される。                                                                    |
|             |       |     |     | O: 通過交通の増加により、大気汚染の増加が想定される。                                                                                        |
| 悪臭          |       |     |     | P/C/O: 本事業による影響は予想されない。                                                                                             |
| 水質          |       | ✓   | ✓   | P: 本事業による影響は予想されない。                                                                                                 |
|             |       |     |     | C: 洋上での道路建設に伴う海洋汚染が予想される。陸上部コネクタ道路の土工事及び橋脚工事による濁水、並びに工事現場及び作業員の宿舍からの汚水による河川/水路の水質への影響が予想される。                        |
|             |       |     |     | O: 道路の利用者からの汚水、道路の維持管理作業に伴う廃水による海洋/河川/水路の水質への影響が予想される。                                                              |
| 底質          |       | ✓   | ✓   | P: 本事業による影響は予想されない。                                                                                                 |
|             |       |     |     | C: 洋上での道路建設に伴う海洋底質の大きな攪乱が予想される。陸上部については、水質汚染に伴い底質への影響も予想されるが、河川底質への影響は小さいと予想される。                                    |
|             |       |     |     | O: 洋上の道路・橋脚建設の海流・日照への影響に伴う底質への影響が予想される。維持管理作業に伴う廃水の発生があるが、その廃水による底質への影響は小さいと予想される。                                  |
| 土壌汚染        |       | ✓   |     | P: 本事業による影響は予想されない。                                                                                                 |
|             |       |     |     | C: 建設対象地・建設資材の土壌がなんらかの要因（自然条件・産業廃棄物）で汚染物質を含有している場合、土壌汚染が予想されるが、工事現場における建設機材・建築資材由来の土壌汚染の影響は小さいと予想される。               |
|             |       |     |     | O: 本事業による影響は予想されない。                                                                                                 |
| 地盤沈下        |       |     |     | P/C/O: 本事業による影響は予想されない。                                                                                             |
| 騒音/振動       |       | ✓   | ✓   | P: 本事業による影響は予想されない。                                                                                                 |
|             |       |     |     | C: 建設機械及び工事用車両による騒音・振動の発生が予想される。それらは一時的であるが、村落の近く、特に静寂を必要とする施設（学校、病院、宗教施設など）近くで工事を実施する際には工事スケジュール等に適切な配慮が必要となる。     |
|             |       |     |     | O: 新設道路、および既存道改善部分は通過交通の増加、速度の向上により、騒音・振動の発生が予想される。人口密集地を通過する際の制限速度の設定には、居住区や静寂を必要とする施設（学校、病院、宗教施設など）の位置を考慮する必要がある。 |
| 日照障害        |       |     | ✓   | P: 本事業による影響は予想されない。                                                                                                 |
|             |       |     |     | C: 本事業による影響は予想されない。                                                                                                 |
|             |       |     |     | O: 高架橋建設部分については、日照障害が予想される。                                                                                         |



| 影響項目     | 評価の結果 |     |     |                                                                                                                                                                                             |
|----------|-------|-----|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|          | 工事前   | 工事中 | 供用後 | 評価の根拠                                                                                                                                                                                       |
|          |       |     |     | (P：工事前、C：工事中、O：供用後)                                                                                                                                                                         |
| 廃棄物/有害物質 |       | ✓   | ✓   | P: 本事業による影響は予想されない。                                                                                                                                                                         |
|          |       |     |     | C: 工事現場や作業員の宿舎から建設残土、廃材、およびゴミが発生する。また、それらには有害物質が含まれる恐れもある。                                                                                                                                  |
|          |       |     |     | O: 国道利用者からのゴミの発生、維持管理作業に伴う廃棄物の発生がある。                                                                                                                                                        |
| 自然環境     |       |     |     |                                                                                                                                                                                             |
| 気候/気象現象  |       | ✓   | ✓   | P: 本事業による影響は予想されない。                                                                                                                                                                         |
|          |       |     |     | C: 影響は一時的であり小さいが、建設機械の稼働及び工事用車両の走行により温室効果ガス(GHG)が排出される。                                                                                                                                     |
|          |       |     |     | O: 交通量の増加、移動時間の短縮等により GHG 排出量への影響が予想される。また、地滑り、土壌侵食対策を検討する際に気候変動による影響（降水量の増加等）を考慮することで、適応策を実施する。排出量削減見積もり、適応策については別途評価・検討する。                                                                |
| 地形       |       | ✓   | ✓   | P: 本事業による影響は予想されない。                                                                                                                                                                         |
|          |       |     |     | C: 洋上の橋脚建設に伴う堆砂・浸食などが予想される。陸上部では切取や盛土が発生し、地形への影響が予想される。                                                                                                                                     |
|          |       |     |     | O: 洋上に建設された橋脚の影響による堆砂・浸食などが予想される。                                                                                                                                                           |
| 地質       |       |     | ✓   | P: 本事業による影響は予想されない。                                                                                                                                                                         |
|          |       |     |     | C: 本事業による影響は予想されない。                                                                                                                                                                         |
|          |       |     |     | O: 道路建設により表流水の水位・流量が変化し、地質が変化する可能性がある。                                                                                                                                                      |
| 土壌侵食     |       | ✓   |     | P: 本事業による影響は予想されない。                                                                                                                                                                         |
|          |       |     |     | C: 工事に伴い、特にモンスーン時に土壌侵食が予想される。                                                                                                                                                               |
|          |       |     |     | O: 斜面の保護と安定化の手段が土壌侵食を防ぐはずであるため、事業の実施により、土壌侵食は改善すると想定される。                                                                                                                                    |
| 水文/水象    |       | ✓   | ✓   | P: 本事業による影響は予想されない。                                                                                                                                                                         |
|          |       |     |     | C: 洋上の道路・橋脚建設工事により海流に影響が生じる可能性がある。陸上部の土地・地形改変により水文・水象へ一時的な影響が生じる可能性がある。                                                                                                                     |
|          |       |     |     | O: 洋上に建設された橋脚により海流に影響が生じる可能性がある。陸上の道路新設部分、特に盛土・切取区間においては、水文・水象に影響を及ぼす恐れがある。                                                                                                                 |
| 地下水      |       |     |     | P: 本事業による影響は予想されない。                                                                                                                                                                         |
|          |       |     |     | C: 本事業では地下水の利用を想定しておらず、地下水流の変動は想定されない。                                                                                                                                                      |
|          |       |     |     | O: 地下水位へ影響を及ぼす程度ではない。                                                                                                                                                                       |
| 生態系      |       | ✓   | ✓   | P: 本事業による影響は予想されない。                                                                                                                                                                         |
|          |       |     |     | C: 建設期間中、事業路線に重なる、ESZ 等の陸上部森林、マングローブ、干潟、沿岸の岩礁、海洋生態系等の自然生態系、および塩田など高い生態系サービスを提供する生態系が、攪乱ないし破壊される。                                                                                            |
|          |       |     |     | O: 交通量の増加、地形の変化、水文条件の変化等により、生態系へ影響が生じる恐れがある。                                                                                                                                                |
| 保護区      |       | ✓   | ✓   | P: 本事業による影響は予想されない。                                                                                                                                                                         |
|          |       |     |     | C: 本事業で建設する Vasai コネクタの終点（東端）が、Tungareshwar 野生生物保護区周辺の Eco-sensitive Zone (ESZ) に接している。本事業で、ESZ 内での建設工事を行う場合、ESZ 内の生態系に影響を及ぼす。またインド国内法制度により沿岸部は沿岸規制区 (CRZ) として開発規制がかかっている。本事業は CRZ に影響を及ぼす。 |
|          |       |     |     | O: 交通量の増加により、上記 ESZ および保護区本体、および CRZ に影響が生じるおそれがある。                                                                                                                                         |



| 影響項目         | 評価の結果 |     |     |                                                                                                                                                     |
|--------------|-------|-----|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|              | 工事前   | 工事中 | 供用後 | 評価の根拠                                                                                                                                               |
|              |       |     |     | (P：工事前、C：工事中、O：供用後)                                                                                                                                 |
| 沿岸域          |       | ✓   | ✓   | P: 本事業による影響は予想されない。                                                                                                                                 |
|              |       |     |     | C: 海岸に沿った洋上の主路線と 4 本のコネクタ道路の建設により、沿岸域に影響が生じる。                                                                                                       |
|              |       |     |     | O: 海岸に沿って建設された洋上の主路線と 4 本のコネクタ道路と その利用により、沿岸域に影響が生じる。                                                                                               |
| 景観           |       | ✓   | ✓   | P: 本事業による影響は予想されない。                                                                                                                                 |
|              |       |     |     | C: 洋上道路の建設中、事業地域沿岸部からの海上の景観は大きく変化する。陸上部で特に切取や盛土が発生する道路新設地域では、景観への影響が予想される。                                                                          |
|              |       |     |     | O: 建設された洋上道路により事業地域沿岸部からの海上の景観は大きく変化する。陸上部で特に切取や盛土が発生する道路新設地域では、景観への影響が予想される。                                                                       |
| 自然災害         |       | ✓   | ✓   | P: 本事業による影響は予想されない。                                                                                                                                 |
|              |       |     |     | C: 建設に伴う、切り取りや盛り土、表流水・排水条件の変化により、地滑り、土壌侵食、洪水のリスクが高まる可能性がある。                                                                                         |
|              |       |     |     | O: 道路建設後の地形の変化、水文条件の変化により、地滑り、土壌侵食、洪水のリスクが高まる可能性がある。                                                                                                |
| 社会環境         |       |     |     |                                                                                                                                                     |
| 非自発的住民移転     | ✓     |     |     | P: 道路の新設・拡幅に伴い、住民移転が発生する。Pre-F/S によれば 4 本のコネクタ道路の建設のために合計 140.13ha の土地収用が発生する。                                                                      |
|              |       |     |     | C/O: RFCTLARR (2013) 等の国内法に沿って移転・補償・生計回復支援が実施されれば、移転後の影響は殆どないと想定される。                                                                                |
| 土地利用         | ✓     | ✓   | ✓   | P: 用地取得や住民移転に伴い、土地利用への影響が生じる可能性がある。                                                                                                                 |
|              |       |     |     | C: 既存道路の拡幅、改修については、土地利用の改変は小規模と考えられるが、新設部分については、農業、漁業、居住、塩田、商業を含む土地利用に顕著な影響が生じる。                                                                    |
|              |       |     |     | O: 新設道路部分では、土地利用が恒久的に変更される。交通量が増えると、地元住民による道路や周辺地域の利用に影響を与える可能性がある。                                                                                 |
| 地域資源利用       | ✓     | ✓   | ✓   | P: 用地取得や住民移転に伴い、地域資源利用への影響が生じる可能性がある。                                                                                                               |
|              |       |     |     | C: 船舶によらない漁業者 (foot fisherman) を含む沿岸漁業に、海上・沿岸部道路の建設工事が悪影響を生じる可能性がある。建設工事が船舶の航行・クリアランスに影響する可能性もある。建設のための砂や採石場などでの地域資源の過大な利用は、地域住民による他の利用の妨げとなる恐れがある。 |
|              |       |     |     | O: 建設された海上道路と沿岸部のコネクタ道路により、漁場・採集地の喪失など、沿岸漁業に影響が生じる可能性がある。また、船舶の航行・クリアランスに影響する可能性もある。道路インフラの改善により、商品流通の流れが変化し、地域資源の利用に影響を与える可能性がある。                  |
| 基本計画、地域/都市計画 |       |     | ✓   | P: 本事業による、地域の開発計画に対する負の影響は予想されない。                                                                                                                   |
|              |       |     |     | C: 本事業による負の影響は予想されない。                                                                                                                               |
|              |       |     |     | O: インフラ整備にともない、人口の流入や無秩序な産業開発が加速し、負の影響を生じる可能性がある。                                                                                                   |

| 影響項目                              | 評価の結果 |     |     |                                                                                                                |
|-----------------------------------|-------|-----|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                   | 工事前   | 工事中 | 供用後 | 評価の根拠                                                                                                          |
|                                   |       |     |     | (P: 工事前、C: 工事中、O: 供用後)                                                                                         |
| 社会組織<br>や地域の<br>意思決定<br>組織        | ✓     | ✓   | ✓   | P: 用地取得及び移転に伴い、社会関係資本や地域の意思決定機関等の社会組織への影響が予想される。                                                               |
|                                   |       |     |     | C: 建設作業員や地域外からの人々の流入によって、社会関係資本や地域の意思決定機関等の社会組織への影響が予想される。                                                     |
|                                   |       |     |     | O: 地域外からの人々の流入によって、社会関係資本や地域の意思決定機関等の社会組織への影響が予想される。                                                           |
| 社会イン<br>フラや社<br>会サービ<br>ス         | ✓     | ✓   | ✓   | P: 本事業により、パンチャヤットオフィス、警察署、学校などの路線沿いの公共サービス施設の移転が必要となる可能性がある。                                                   |
|                                   |       |     |     | C: 建設ヤードや労働者の宿泊施設の建設や、建設車両の運転による渋滞のため、社会インフラやサービスへのアクセスが一時的に影響を受ける可能性がある。                                      |
|                                   |       |     |     | O: 公共サービス施設の移転を含む住民移転は、社会インフラとサービスの長期にわたる混乱をもたらす可能性がある。                                                        |
| 地域経済<br>と生活・<br>生計                | ✓     | ✓   | ✓   | P: 非自発的住民移転や土地利用の変化による収入源や生計手段の喪失は、地域の経済や生活に悪影響を及ぼすと可能性がある。                                                    |
|                                   |       |     |     | C: 非自発的住民移転と土地利用の変化が、地域の経済と生計手段、特に漁業、農業、塩田等に悪影響を与えると予想される。                                                     |
|                                   |       |     |     | O: 建設工事の終了により、建設作業員の短期的な失業が発生する可能性がある。また、本事業は、地域外の人々の流入とビジネスにおける競争の激化と地元の天然資源への圧力等、地域社会への意図しない悪影響を引き起こす可能性がある。 |
| 被害と便<br>益の偏在                      | ✓     | ✓   | ✓   | P: 用地取得及び住民移転において、移転が必要な世帯とそうでない世帯との間で、被害と便益の偏在が生じる恐れがある。                                                      |
|                                   |       |     |     | C: 建設工事においても、工事の悪影響を受ける世帯がある一方、近隣の影響を受けない人は建設関係者を相手に商業の機会を得るなど、被害と便益の偏在が生じる恐れがある。                              |
|                                   |       |     |     | O: 道路沿いに住む住民は、そうでない住民の間と比べてより大きな便益（商業機会の増加等）を得る可能性があり、格差の拡大に繋がる可能性がある。                                         |
| 地域内の<br>利害対立                      | ✓     | ✓   | ✓   | P/C/O: 被影響住民の内部、あるいは被影響住民とそれ以外との間で、事業に伴う被害と便益の偏在などに起因して、地域内の利害対立が発生する可能性がある。                                   |
| 水利用、<br>水利権及<br>び共同体<br>の権利       | ✓     | ✓   |     | P: 用地取得及び住民移転により、移転世帯の水利用への影響が生じる可能性があるが、大きな影響は予想されない。                                                         |
|                                   |       |     |     | C: 工事活動による水源へのアクセスの阻害等、水利用への影響は小さく一時的であると考えられる。しかし影響の評価には、水利用の現状などについて更なる調査が必要である。                             |
|                                   |       |     |     | O: 本事業による影響は予想されない。                                                                                            |
| 文化的・<br>歴史的遺<br>産                 | ✓     | ✓   | ✓   | P: 計画路線が文化・歴史遺産に重なる場合、移転が求められる。                                                                                |
|                                   |       |     |     | C: 工事により周辺の文化・歴史遺産が影響を受ける可能性がある。                                                                               |
|                                   |       |     |     | O: 道路の運用により文化・歴史遺産が影響を受ける可能性がある。                                                                               |
| 宗教施設                              | ✓     | ✓   | ✓   | P: 計画路線が宗教施設に重なる場合、移転が求められる。                                                                                   |
|                                   |       |     |     | C/O: 道路沿いの宗教施設は、建設工事や交通量の増加により、建設中や運転中の騒音や振動の影響を受ける可能性がある。                                                     |
| 配慮を要<br>する施設<br>(例:病<br>院、学<br>校) | ✓     | ✓   | ✓   | P: 計画路線が配慮を要する施設に重なる場合、移転が求められる。                                                                               |
|                                   |       |     |     | C: 工事による騒音・振動などの影響が周辺の病院・学校などに生じる可能性がある。                                                                       |
|                                   |       |     |     | O: これらの施設は、交通量の増加による騒音や振動により影響を受ける可能性がある。また、混雑はそのような施設の有用性を損なう可能性がある。                                          |

| 影響項目          | 評価の結果 |     |     |                                                                                                                                                                            |
|---------------|-------|-----|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|               | 工事前   | 工事中 | 供用後 | 評価の根拠<br>(P: 工事前、C: 工事中、O: 供用後)                                                                                                                                            |
|               |       |     |     |                                                                                                                                                                            |
| 貧困層           | ✓     | ✓   |     | P: 住民移転において、貧困層が特に大きい影響を被る可能性がある。<br>C: 貧困層は、変化への対応能力が限られているために、建設工事においても、他より大きい負担を負う可能性がある。<br>P: 道路運用に伴う、とりわけ貧困層に対する悪影響は予想されない。                                          |
| 少数民族<br>/先住民  |       |     |     | P/C/O: 本事業対象地域はムンバイ都市圏の郊外であり、少数民族・先住民の居住地は確認されていない。                                                                                                                        |
| ジェンダー         | ✓     | ✓   | ✓   | P: 住民移転の悪影響が女性に偏在する可能性がある。<br>C: 建設工事においても、女性がより大きい悪影響を被る可能性がある。<br>P: 道路運用に伴う、とりわけ女性に対する悪影響は予想されない。                                                                       |
| 子どもの<br>権利    | ✓     |     |     | P: 住民移転の悪影響が女性に偏在する可能性がある。用地取得や生計手段を失った家庭の子供が、学校中退を強いられる可能性がある。<br>C: インド憲法の第 24 条によれば、児童労働は違法である。プロジェクトによって創出される雇用機会の対象となるのは成人のみである。<br>O: 道路運用に伴う、とりわけ子どもに対する悪影響は予想されない。 |
| 公衆衛生<br>(伝染病) |       | ✓   | ✓   | P: 本事業による影響は予想されない。<br>C: 多くの工事関係者が流入することによる公衆衛生への影響が予想される。さらに作業員と地域住民との間に COVID-19、性感染症 (STD/STI)、HIV/AIDS 等に関するリスクの増加が予想される。<br>O: 人流の増加による伝染病リスクの拡大が予想される。              |
| 労働安全<br>衛生    |       | ✓   | ✓   | P: 本事業による影響は予想されない。<br>C: 建設工事に伴う事故発生のリスクがある。<br>O: 国道の維持管理作業に伴う事故発生のリスクがある。                                                                                               |
| その他           |       |     |     |                                                                                                                                                                            |
| 事故            |       | ✓   | ✓   | P: 本事業による影響は予想されない。<br>C: 建設機械の稼働及び工事用車両の走行に起因する事故発生のリスクの増加が予想される。<br>O: 交通量の増加、高速化による事故発生のリスクの増加が予想される。一方、路線改修や事故防止策の実施（カーブに反射鏡の設置等）により事故リスクを軽減されることが考えられる。               |

\*本スコーピング案の影響項目は JICA 環境社会配慮ガイドライン等を参考に選定した。

出典：調査団

## 8.4 CO2 排出削減の推計

混雑する既存道路を走行する車両が本事業道路に転換することにより、燃料消費の節減が図られ、CO2 排出量の削減効果が得られる。この効果を、Without Project ケースにおける CO2 排出量（ベースライン排出量）と With Project ケースにおける CO2 排出量（プロジェクト排出量）の差を算出することにより推計した。

With 及び Without ケースの車種別の CO2 排出量原単位については、地球環境ファシリティ（Global Environment Facility：GEF）の支援により作成された Manual for Calculating Greenhouse Gas Benefits of Global Environment Facility Transportation Projects<sup>62</sup> 及び GEF 案件の評価で用いられている Transport Emissions Evaluation Models for Projects (TEEMP)<sup>63</sup> による推計値を用いた<sup>64</sup>。

下表に、Case 1（Versova – Virar 間）及び Case 2（Versova – Vasai 間）における、既存道路から本事業道路に転換する交通による CO2 ベースライン排出量（Without Project ケース）、CO2 プロジェクト排出量（With Project ケース）、及び本事業により削減される排出量の推計結果を示す。

表 8.7 Case 1（Versova–Virar 間）の CO2 排出量推計値

（単位：トン／年）

| 年          | ベースライン排出量<br>(Without Project ケース) | プロジェクト排出量<br>(With Project ケース) | 排出削減量   |
|------------|------------------------------------|---------------------------------|---------|
| 2033 (開業年) | 439,474                            | 313,812                         | 125,662 |
| 2035       | 497,297                            | 355,200                         | 142,096 |
| 2040       | 763,914                            | 477,745                         | 286,169 |
| 2045       | 973,430                            | 608,709                         | 364,721 |
| 2050       | 1,215,301                          | 759,884                         | 455,417 |

注：上記は本事業道路に転換する交通による排出量推計値

出典：調査団

表 8.8 Case 2（Versova–Vasai 間）の CO2 排出量推計値

（単位：トン／年）

| 年          | ベースライン排出量<br>(Without Project ケース) | プロジェクト排出量<br>(With Project ケース) | 排出削減量   |
|------------|------------------------------------|---------------------------------|---------|
| 2032 (開業年) | 325,754                            | 232,844                         | 92,910  |
| 2035       | 389,647                            | 278,655                         | 110,993 |
| 2040       | 592,808                            | 370,695                         | 222,112 |
| 2045       | 746,787                            | 466,925                         | 279,862 |
| 2050       | 921,004                            | 575,789                         | 345,215 |

注：上記は本事業道路に転換する交通による排出量推計値

出典：調査団

<sup>62</sup> [https://www.thegef.org/sites/default/files/publications/GEF\\_CalculatingGHGbenefits\\_webCD\\_1.pdf](https://www.thegef.org/sites/default/files/publications/GEF_CalculatingGHGbenefits_webCD_1.pdf)

<sup>63</sup> <https://www.itdp.org/what-we-do/climate-and-transport-policy/transport-emissions-evaluation-models-for-projects/>

<sup>64</sup> JICA でも CO2 排出量推計のための「気候変動対策支援ツール／緩和策（JICA Climate-FIT）」が作成されている。JICA Climate-FIT で提供されている CO2 排出量原単位は乗客・km 当たり、貨物トン・km 当たりの数値である一方、上記の GEF ツールでは、車種別・速度別の台・km 当たりの原単位推計値が提供されている。このため、本調査で直接活用することができる後者の推計値を用いた。

## 9. 本邦企業の優位性の確認

本章では本邦企業が VVSL 事業にどのように関わるべきか考察し提言する。まず、現状の日本とインドの政治経済状況について整理し、本邦建設企業のインド進出状況やインドにおける競争力について論じ、本邦企業のインド参入戦略について整理した。

この参入戦略をベースとして、VVSL 事業に本邦企業がどのように参画できるか、4 章で提案した事業スコープを参照しながら可能性を示した。

### 9.1 本邦企業とインド市場の整理

#### 9.1.1 基本的な考え方

我が国政府は、インフラシステム輸出による経済成長の実現のため、2013 年に「インフラシステム輸出戦略」を策定して以降各種政策を推進してきた。一方において、世界経済の発展に際し、インフラ投資に対する膨大な需要が見込まれる中で、「質の高い成長」を実現するためには、「量」だけではなく「質」の伴ったインフラ投資が世界及び日本の経済成長に不可欠であることを認識した。

2019 年 6 月 8、9 日の G20 財務大臣・中央銀行総裁会議において、「質の高いインフラ投資に関する G20 原則」<sup>65</sup>が承認され、6 月 28、29 日の G20 大阪サミットにおいて、首脳レベルでも同原則が承認された。同原則の中で、とりわけ、①インフラの開放性、②透明性、③ライフサイクルコストから見た経済性、④債務持続可能性などが重視された。

また「インフラシステム海外展開 2025」<sup>66</sup>において、インフラ戦略として展開地域の経済的繁栄・廉潔性向上を掲げており、その具体的施策として質の高いインフラと現地との協創モデルの推進を掲げている。現地の社会課題に対するソリューション基盤の構築の中で①展開国のソフトインフラ整備支援、②現地ニーズに合致したソリューション提供モデルの推進、③我が国のソリューション提案力の強化を掲げている。

一方においてインド政府は、2014 年から“Make in India”政策に取り組んでいる。これはインド企業が開発、製造、製作等をインド国内で実行可能にする取り組みで、製造業への直接投資を誘導するものである。政策の柱は、投資促進、近代的かつ効率的インフラの整備、外国投資新セクター創設等からなる。25 部門の経済セクターにおいて、雇用創設と技能開発を掲げ、インド国をグローバルな設計・製造の輸出国へ成長させていくものである。

これらの基本的な考え方をベースにして、インドの大規模な建設事業である当該プロジェクトにおける本邦企業の優位性を確認する。

#### 9.1.2 建設業における本邦企業の国際競争力と受注の強化

国土交通省においては、この成長戦略を具体化するため、2016 年以降、毎年、「国土交通省インフラシステム海外展開行動計画（以下「行動計画」）」<sup>67</sup>を策定し、行動計画に基づき、関係省庁と連携しつつ、インフラシステム海外展開を促進するための

<sup>65</sup> 外務省＜<https://www.mofa.go.jp/gaiko/oda/files>＞

<sup>66</sup> 経協インフラ戦略会議 2025＜<https://www.kantei.go.jp/singi/dai49/siryu2>＞

<sup>67</sup> 国土交通省、国土交通省インフラシステム海外展開行動計画 2021、2021 年 6 月



各種取組を進めてきている。特に我が国の強みを活かした案件形成に関しては、次のように行動計画を示している。

#### BOX 4 「我が国の強みを活かした案件形成のための行動計画」抜粋

「質の高いインフラシステム」について、相手国の実情やニーズを踏まえ、質を維持しつつもコスト削減が可能なオプションの提示についても検討していくとともに、競合国が技術力を向上させていることを踏まえ、我が国企業が比較優位を有するコアとなる技術は何かという視点を意識し、新技術の活用も含めた我が国の強みを改めて検証し特定していく。

また、「質の高いインフラシステム」は、高い技術力のもとより、低廉なライフサイクルコスト、相手国の人材育成・技術移転等にエッセンスがあり、ソフト面における我が国の強みを活かし、インフラシステムの整備から O&M、そして人材育成・技術移転まで継続して関与することにより、「質の高さ」を最大限発揮するよう注力する。

他方、近年、「川上」で、我が国が優位性のある技術の活用を前提に案件が形成されたにもかかわらず、「川下」において、供給能力の問題等により、必ずしも我が国企業による受注に至らない事態が発生しており、案件形成後の継続的なフォローや、「川下」までを見据えた案件形成が求められることに留意する。

出典：国土交通省、国土交通省インフラシステム海外展開行動計画 2021、2021 年 6 月

このような「質の高いインフラシステム」の考え方をベースにして、当該プロジェクトにおいて提案すべき本邦企業の優位性を確認する。

### 9.1.3 インド建設業市場における本邦企業の参入の現状

2020 年 10 月時点におけるインド進出本邦企業の数、在インド大使館とジェトロの調査によると 1,455 社である。建設業は全体の僅か 2%の 33 社である。これはインドネシアやベトナム等に比べて極めて限定的である。

その理由として国土交通省国土技術政策総合研究所 (NILIM)による「アジア諸国への現地法人等海外事務所設立に関する調査報告書」<sup>68</sup>によると、インド政府が海外企業の誘致に積極的ではなかったこと、連邦国家のため州毎に会社設立や税に関する諸制度が異なり複雑なこと、またこれに起因しインドにおいて過去日系建設企業が大規模な赤字を生む事業を経験することなど、インドにおけるビジネスの難しさが露呈したことを挙げている。

上述報告書の調査時点においては、「現地法人を設立する日系ゼネコンは三井住友建設のみであったが、当時において特にインドの南部地域においてコルカタ等国際港のアクセス性を利点に自動車産業を中心とした日系企業の進出が目覚ましく、この進出をフォローすべく、清水建設、竹中工務店、前田建設工業等複数の日系建設企業が現地法人を設立している」と記述している。

<sup>68</sup> 国土技術政策総合研究所、平成 23 年度企画部国際研究推進室研究活動報告書

約10年後の現在においてもその傾向に大きな変化は見られないが、2018年に着工したインドを代表する大型プロジェクトであるムンバイ湾横断道路（MTHL）に株式会社IHIインフラシステムとJFEエンジニアリング株式会社が参画しており、小さな変化の兆しがみられる。また鉄道事業においても「ムンバイ・アーメダバード間高速鉄道建設事業（MAHSR）」、「デリー〜ムンバイ間貨物専用鉄道橋建設工事」等での受注実績が出始めている。

表 9.1 インド進出業種別本邦企業

| 表2 業種別の進出日系企業数推移 (単位:社、%) |             |             |          |            |
|---------------------------|-------------|-------------|----------|------------|
| 業種別分類                     | 企業数         |             |          |            |
|                           | 2019        | 2020        | 増減数      | 増減率        |
| 1 農業, 林業                  | 8           | 8           | 0        | 0.0        |
| 2 漁業                      | 0           | 0           | 0        | 0.0        |
| 3 鉱業, 採石業, 砂利採取業          | 3           | 4           | 1        | 33.3       |
| 4 建設業                     | 33          | 33          | 0        | 0.0        |
| 5 製造業                     | 713         | 717         | 4        | 0.6        |
| 6 電気・ガス・熱供給・水道業           | 7           | 8           | 1        | 14.3       |
| 7 情報通信業                   | 82          | 86          | 4        | 4.9        |
| 8 運輸業, 郵便業                | 69          | 71          | 2        | 2.9        |
| 9 卸売業・小売業(卸売業)            | 187         | 188         | 1        | 0.5        |
| 9 卸売業・小売業(小売業)            | 39          | 36          | △ 3      | △ 7.7      |
| 10 金融業・保険業                | 33          | 31          | △ 2      | △ 6.1      |
| 11 不動産業, 物品賃貸業            | 16          | 15          | △ 1      | △ 6.3      |
| 12 学術研究, 専門・技術サービス業       | 17          | 19          | 2        | 11.8       |
| 13 宿泊業, 飲食サービス業           | 72          | 55          | △ 17     | △ 23.6     |
| 14 生活関連サービス業, 娯楽業         | 2           | 2           | 0        | 0.0        |
| 15 教育, 学習支援業              | 17          | 18          | 1        | 5.9        |
| 16 医療, 福祉                 | 8           | 7           | △ 1      | △ 12.5     |
| 17 サービス業(他に分類されないもの)      | 148         | 154         | 6        | 4.1        |
| 18 区分不明                   | 0           | 3           | 3        |            |
| <b>総計</b>                 | <b>1454</b> | <b>1455</b> | <b>1</b> | <b>0.1</b> |

(出所)在インド日本大使館・ジェトロ「インド進出日系企業リスト(2020年10月時点)」

出典：インド進出日系企業リスト 2021年3月在インド大使館、ジェトロ

表 9.2 インド進出建設業企業名（2020 年 10 月時点）

| 番号 | 企業名                                                 | 進出都市名                                                                                                                                                              |
|----|-----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | Antelec                                             | Mumbai                                                                                                                                                             |
| 2  | Asada corporation India                             | Navi Mumbai                                                                                                                                                        |
| 3  | DAIICHI KOGYO INDIA                                 | Gurugram                                                                                                                                                           |
| 4  | Fujita Engineering India                            | Gurugram/ Varanasi/ Ahmedabad/ Bengaluru/ Chennai                                                                                                                  |
| 5  | Hitachi Zosen India                                 | Gurugram/ Hyderabad                                                                                                                                                |
| 6  | JFE Engineering India                               | Pune/ Navi Mumbai/ Vadodara                                                                                                                                        |
| 7  | Japan Metal Building Systems                        | New Delhi/ Bengaluru/ Chennai/ Hosur                                                                                                                               |
| 8  | KAJIMA INDIA                                        | Gurugram/ Ahmedabad                                                                                                                                                |
| 9  | Kinden India                                        | Gurugram                                                                                                                                                           |
| 10 | L&T-Chiyoda                                         | Vadodara                                                                                                                                                           |
| 11 | MAEDA CORPORATION INDIA                             | New Delhi                                                                                                                                                          |
| 12 | NIPPO INDIA                                         | Gurugram                                                                                                                                                           |
| 13 | NIPPON KOEI INDIA                                   | New Delhi                                                                                                                                                          |
| 14 | NIPPON KOEI INDIA                                   | New Delhi                                                                                                                                                          |
| 15 | NIPPON STEEL ENGINEERING INDIA                      | New Delhi                                                                                                                                                          |
| 16 | NOHMI BOSAI (INDIA)                                 | Gurugram                                                                                                                                                           |
| 17 | Nohara Trading & Services India.                    | New Delhi                                                                                                                                                          |
| 18 | Oriental Consultants India                          | Delhi                                                                                                                                                              |
| 19 | PADECO INDIA                                        | Mumbai                                                                                                                                                             |
| 20 | PADECO INDIA                                        | Mumbai                                                                                                                                                             |
| 21 | PENTA-OCEAN CONSTRUCTION (INDIA)                    | Gurugram                                                                                                                                                           |
| 22 | Parker engineering India                            | Gurugram                                                                                                                                                           |
| 23 | Permasteelisa India                                 | Bengaluru                                                                                                                                                          |
| 24 | SMCC CONSTRUCTION India                             | New Delhi/ Ahmedabad/ Chennai                                                                                                                                      |
| 25 | Shimizu Corporation India                           | Bengaluru                                                                                                                                                          |
| 26 | Shinryo Suvidha Engineers India                     | Noida/ Kolkata/ Mumbai/ Pune/ Ahmedabad/ Bengaluru/ Chennai/ Hyderabad                                                                                             |
| 27 | TAISEI CORPORATON                                   | Gurugram                                                                                                                                                           |
| 28 | TOSHIBA JOHNSON ELEVATOR                            | Amritsar/ Delhi/ Gurugram/ Ghaziabad/ Jaipur/ Dehradun/ Shimla/ Bhubaneswar/ Mumbai/ Pune/ Ahmedabad/ Bengaluru/ Chennai/ Vijayawada/ Hyderabad/ Kochi/ Puducherry |
| 29 | TPSC (India)                                        | Greater Noida/ Hyderabad                                                                                                                                           |
| 30 | Taikisha Engineering India                          | Gurugram/ Manesar/                                                                                                                                                 |
| 31 | Takenaka India                                      | Gurugram/ Ahmedabad/ Chennai                                                                                                                                       |
| 32 | Toshiba Transmission & Distribution Systems (India) | Kolkata                                                                                                                                                            |
| 33 | Toyo Engineering India                              | New Delhi/ Mumbai                                                                                                                                                  |

出典：インド進出日系企業リスト 2021 年 3 月在インド大使館・ジェトロに基づき調査団作成

#### 9.1.4 インド建設業市場への本邦企業の参入戦略

インド建設業市場への本邦企業の参入戦略を、国土交通省インフラシステム海外展開行動計画をもとにして考察する。行動計画の具体的施策として質の高いインフラと現地との協創モデルの推進を掲げている。現地の社会課題に対するソリューション基盤の構築の中で①展開国のソフトインフラ整備支援、②現地ニーズに合致したソリューション提供モデルの推進、③我が国のソリューション提案力の強化を掲げている。

## (1) インド国のソフトインフラ整備支援

道路整備事業は、地域に密着した事業であり、地元ネットワークを持つ現地企業をパートナーとして連携することで、相手国の実情や現地のニーズへの柔軟な対や提案が可能となり、企業の競争力が向上することが期待される。また、事業の実施に際しても、相手国政府・自治体や地域住民との持続的かつ良好な関係を構築・維持するでも大きなメリットがある。また、日本企業の技術的に優れた点について、長期的視点に立っての技術移転も可能である。現在においては、インド企業とのパートナーリングの事例は少ないが、今後さらに拡大していくことでインド建設業市場への参入のきっかけになると考えられる。

また、2017 年の安倍首相とモディ首相との間で、自由で開かれ、繁栄したインド太平洋に向けて日印共同声明が発表された。その中で連結性に資するインフラの整備や使用を確保する重要性を強調した。両首脳はまた、地域の経済・開発戦略との整合性、安全性、強靱性、社会及び環境面の影響、雇用創出並びに現地コミュニティの能力構築等を確保する「質の高いインフラ」の重要性を再確認している。この声明に沿いインド北東州の道路網連結性の改善について JICA は継続的に資金支援を行ってきている。この協力準備調査において、本邦コンサルタント企業である JICA 調査団は、詳細プロジェクト調査（DPR）を実施するインド側コンサルタントと共同作業を行うことで道路調査や道路設計で技術移転を行っている。

## (2) 現地ニーズに合致したソリューション提供モデルの推進

建設業は、労働集約的であり、現地調達が必要な多種多様な建設資材のサプライチェーンが不可欠な「地場産業」であるために国際的な進出にはなじまないと言われる。また、建設業は、地場の政治的影響を受けやすいセンシティブな業界であるがゆえに、インドを含めて各国においても保護的な色彩の強い産業であり、国際的に自由な競争が阻害されやすく、建設業の海外展開は難しいとの指摘を良くされる。インドも決してその例外ではない。

従って、現地ニーズに合致したソリューションの提案を行う際には、他の産業に比較してもさらに深くインド事情を理解した上で、インドで役に立つにはどのような工夫が必要なのかの十分な検討が必要である。先進的な日本の建設技術等の導入を検討する場合には、多くの場合に日本の技術がそのままインドで役に立つことは少ないと考え、インド事情に合わせた技術の工夫が必要である。

インドを道路建設が本格的に始まったのは、2000 年に策定された国道整備計画からである。インド政府はこの計画を推進するために、まず民間セクターと一体になり国を挙げての道路整備を取り組み、インド版官民パートナーシップ（PPP）の制度を早急に整備して、驚異的な速度で国土を縦横する国道整備を推し進めてきた。通行料金で建設費を補う仕組みである PPP に限界が出始めた 2012 頃からは、政府発注の技術・調達・建設（EPC）に舵を切り、引き続き道路整備を推し進めている。この約 20 年間の道路整備の実績の蓄積により、官側の標準契約書の整備も確立してきており、民間建設会社の道路建設技術も格段に進歩を見せてきた。

現在のインドの道路整備が求めているものは、①多種多様な道路整備資金の調達、②安価で迅速な道路整備技術、③道路整備が遅れている北東州の山岳道路整備技術、④ライフサイクルコストを考慮した安全で効率的な道路維持管理、⑤迅速な道路用地

買収と環境承認等である。本邦建設企業は、この様な変化を続けるインドのニーズに合致したソリューションを提供していく必要がある。

### (3) 我が国のソリューション提案力の強化

我が国企業とインド企業が参加するセミナーにおいて良く指摘されるのが、日本のプレゼンテーションは日本技術の自慢話に終始しているということである。日本の技術力の高さは分かるが、それは日本国だから通用するのであるという指摘は多くのインド人参加者から聞かれる。インドのニーズに合った提案になっていないという点を反省すべきである。基本的なことではあるが日本人プレゼンターの英語力の貧弱さも指摘される。インドでは英語力が教養レベルを表すとの認識もある。

ソリューション提案力を強化するには、インド国の歴史、文化、制度、習慣、宗教、価値観等の理解を深めることも不可欠である。インド人の一般的な価値観に訴えるプレゼンテーションが必要である。そのためにはインド人に対する理解が必要である。例えば、インド国会議事堂の正面に飾られているチャンドラ・ボーズが日本とどの様な関わり合いがあったのか、インドのカースト制度の現状はどうなのか、インドの日常生活の中で右手と左手の違いがどうなのか、第二次世界大戦中にアンダマン・ニコバル諸島やインパールでインドと日本がどの様な関わり合いがあったのか。インド人に対する理解も無く、インド人が感銘を受けるようなソリューションのプレゼンテーションは無理である。一方において、インドは他民族国家であるがゆえに、歴史的に相手が信頼できるかどうかの見極める眼力がある。一度信頼した相手は全面的に受け入れるという面も有している。

道路技術は、その対象延長も長く多面にわたることから、それを理解するには現地を詳細に踏査することから始まるといわれる。日本の道路技術を提案するには、日本の優れた道路をインド技術者に実際に見て体験してもらうことも効果的である。これまでの JICA の技術プロジェクトにおいては、本邦研修に招待するのはインドで影響力を持っている幹部の人材に限られている。10 年先を見据えた若い人材を日本へ招待して日本を理解してもらうことが、長期的に必ず効果的であると考えられる。

また北東州の道路整備に当たっては、JICA はこれまでフェーズ 1 から 4 までの協力を実施している。さらにフェーズ 5 から 7 についても日印政府間で協力についての協議が進んでいるところである。ここで行われている日本からの道路建設資金と道路技術の移転についての PR は出てこない。インドの新聞記事で取り上げたことはあるが、日本側からの発信はあまり聞かれない。宣伝すべきところは積極的に発信することも、ソリューション提案力に繋がると考えられる。

## 9.2 本プロジェクトへの本邦建設企業参入のための提案

本プロジェクトにおいて、インドに導入することでプロジェクトの質の向上に効果的であると思われるの本邦技術の提案を行う。道路事業は鉄道事業と同じで専門用語で「ながもの」と呼ばれ狭い区域で長距離の工事を行う。区間によっては用地買収や環境承認の問題が長引くことを良くある。

本プロジェクトに本邦企業が参入するには、まずインド建設企業とのパートナーリングが必要である。日印建設企業がパートナーリングで協働し、本プロジェクトに本当に役に立つ日本の技術を活用することで、本邦企業の役割が高く評価されることになる。



本プロジェクトで有効であると考えられる本邦技術は、①工期短縮工法、②鋼橋形式、③防蝕対策、④環境保全、⑤防災対応、⑥効果的交通管理である。

### 9.2.1 工期短縮工法

#### (1) プレキャストセグメントを用いたスパンバイスパン（SBS）工法

コンクリート上部工においては、プレキャストセグメント工法や移動支保工が主桁の工期短縮を図る上で有効であると考えられている。従って、ここではこれらの工法の工事期間に関する検討例を挙げて、適切な工法選定の根拠とする。検討対象はプレキャストセグメントを用いたスパンバイスパン（SBS）工法と現場打ちによる大型移動支保工架設（MSS）である。

この比較結果に拠ればプレキャストセグメントを用いることで、桁製作の時間を下部工施工と同時期にセットして、かつ、現場打ちのようにコンクリート硬化時間を待つことなく架設時間を縮小することができ架設費自体も縮減可能であるため、SBSの有利性は明らかであり、今後のコンクリート橋の形式選定にはこの検討結果も考慮した上で適切な形式選定を行うこととする。（本編 4.3.4 (1)）

#### (2) 仮設工事

本事業の主工事となる海上橋建設では現地の水深が押しなべて浅いことから台船を使用しての工事期間が制限される場合も考えられ、その場合、仮栈橋、仮設道路などが必要となる可能性が高い。このようなケースでは次に示すジャケット式栈橋が工事期間短縮に有効であり、検討対象として挙げられる。一方で、新工法として、ジオチューブを用いた工期短縮も考えられるが、これは本節末尾に別途記載する。（本編 4.3.4 (2)）

### 9.2.2 鋼橋形式の採用

本事業で長大区間を整備する必要のある本線橋梁部分については、現地資源を活用して経済的に整備することを考慮し、50m 支間長の PC 箱桁による整備が適切と想定される。また、スパンバイスパン工法を適用することで、長大区間でも工期短縮と施工品質確保が可能であり、また、インド国内でも適用されている工法であることを確認した。但し、ミクロな施工条件によっては、鋼橋を適用すべき区間もあるはずで、その場合は、50m～60m の支間長の場合は 60m の少数鉸桁が有利であり、もう少し長スパン（75m）場合は、細幅箱桁が有利であると考えられる。この支間長の鋼橋適用はより詳細な FS で検討すべき事項である。また、ライフサイクル的な GHG 排出量の多寡による形式選定に関しても検討すべきであり、FR 時に再度提案を練り直す。

一方、航路上で 100m 以上の支間長を確保すべき地点では、95m-120m-95m 支間長で組み合わせた連続鋼床版箱桁橋が経済的であると考え提案した。これは、一括架設が可能であり、工期短縮、安全性確保にも貢献する。また、本邦施工事業者の関心が高い工事内容でもあり、「コア・ジャパン」を具体化するための提案となり得る。（本編 4.4.2）

また、インフラ専門誌である Indian Infrastructure の 2020 年 10 月号が、ムンバイ港横断道路（MTHL）で採用した鋼橋形式の利点について記事にしていることから、本ブ

プロジェクトにおいても鋼橋形式の提案は有望であると考えられる。該当部分の記事内容は以下のとおりである。

#### BOX-5 MTHL 事業における鋼橋形式導入の現地評価

ムンバイ港横断道路（MTHL）プロジェクトの進捗率は約 27%である。鋼製箱桁橋（OSD）の現場搬入が始まった。鋼製箱桁橋は、現場における急速施工や作業の省力化を可能にする。本プロジェクトにおいて、斜張橋や吊橋を使うことなく径間 180m を確保するために採用されている。ムンバイ港横断道路の延長 21.8km の橋梁の内、鋼製箱桁橋の延長は 4.1km である。鋼製箱桁橋に使われる鋼材の総重量は約 85,000 トンである。鋼製箱桁橋の架設作業は 2021 年 4 月に始まる予定である。このプロジェクトを担当している MMRDA は、環境影響保全のためにも既に 13.5 億ルピーを支出している。プロジェクトの総建設費は 1,420 億ルピーである。（出典：Indian Infrastructure: October 2021）

### 9.2.3 防蝕対策

海上橋のコンクリートとして必要な性質としては水密性、耐久性があり、これらの向上が図れる材料としてフライアッシュセメントの使用が推奨される。

この材料は鉄筋の腐食に対して非常に有効なものであり、ハンドリングに注意を要するものの、近隣の事業である MTHL 工事においても次の写真に示すように採用されており、重要な候補案の一つである。



出典：調査団

図 9.1 エポキシ樹脂塗装鉄筋使用例

海上構造物に対する海水の影響を削減するために用いられるコンクリート塗装は日本国内では長い歴史を有しており、特に本州四国連絡橋関連で採用されているものはその代表例の一つである。以下に示すのはアクリルゴム系の塗装材料であり、経年変化にも十分対応している。（なお、MTHL ではコンクリート塗装は採用されていない）

以下に示す比較表の結果から判断して、耐久性およびライフサイクルコストまで考慮した経済性の面から、アルミニウムを主体とした伸縮装置が適切であると言える。ただし、伸縮装置は供用期間の中で取替が確実に必要になるので、維持管理の観点か

らインドにおいて調達可能な安価なものを選定する必要がある。（なお、MTHL ではコンクリート塗装は採用されていない）

耐久性及び防食性の面からは、防食塗装を施したゴム支査の採用が推奨できる。ゴムを主体とした分散支査の金属部分への防蝕対策にはいくつかの種類があるが、そのうちの有力なケースの一つを提示した。

表 9.3 主なコンクリート劣化防止剤（塩害仕様）の比較

|        |                | アロンブルコート Z-I                                                                                                                                                    | レジガード2000システム                                                                               | タフガード                                                                                      |
|--------|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| 社名     |                |  株式会社 野井ハルテック                                                                  |  大日本塗料株式会社 |  日本ペイント |
| 主材     |                | 水系アクリルゴム                                                                                                                                                        | エポキシ樹脂                                                                                      | ウレタン/アクリル樹脂                                                                                |
| 仕様     | 下地・下塗剤         | 水系エポキシ樹脂                                                                                                                                                        | エポキシ樹脂プライマー・エポキシ樹脂                                                                          | エポキシ樹脂系水性ウレタンプライマー                                                                         |
|        | 中塗剤            | 水系アクリルゴム                                                                                                                                                        | エポキシ樹脂塗料                                                                                    | ウレタン/ウレタン樹脂系塗料中塗                                                                           |
|        | 上塗剤            | 水系アクリルウレタン樹脂                                                                                                                                                    | ポリウレタン樹脂塗料                                                                                  | 弾性ウレタン樹脂系上塗                                                                                |
| 特徴     | 水蒸気遮断性（水蒸気透過性） | 水蒸気を選択的に通しやすい性質があり、コンクリート施工後でも、コンクリート中の水分を水蒸気として放出する。このため、コンクリート中の水分が大きな劣化要因となるアルカリ骨材反応や凍害を防ぐことができる。                                                            | 水蒸気透過性はない。コンクリート内の水蒸気は閉じこめられた状態になり、アルカリ骨材反応や凍害の原因となる。                                       | 水蒸気透過性はない。コンクリート内の水蒸気は閉じこめられた状態になり、アルカリ骨材反応や凍害の原因となる。                                      |
|        | ひび割れ追従性        | 柔軟で耐久性に優れたアクリルゴムを使用することで長期的に塗膜が破断せず、ひび割れ追従性に優れている。伸び率は100%以上ある。                                                                                                 | 塗膜は固いため、ひび割れ追従性に劣っている。伸び率は数%程度。アルカリ骨材反応による残存膨張が残っている場合は、塗膜の破断が懸念される。                        | 伸び率45%                                                                                     |
|        | 環境性            | 主に水系材料を使用しており、臭気、皮膚のかぶれはほとんどなく周辺環境や作業者に優しい。                                                                                                                     | 有機溶剤臭などの臭気、有機系材料で見られる皮膚のかぶれが懸念される。                                                          | 有機系材料のため、かぶれや中毒の可能性はある。                                                                    |
|        | 再塗修性           | 塗り替える時には既存塗膜を剥がすことなく、その上から塗り重ねることができる。                                                                                                                          | 既存塗膜は、撤去してから再施工となる。                                                                         | 剥落が発生した場合、劣化部分をハクリ取り、表面調整後、塗装する。                                                           |
|        | 遮塩性            | 遮塩性は他に比べやや劣る（ $10^{-3}\text{mg}/\text{cm}^2 \cdot \text{日}$ 以下）。過去の実績でほとんど問題なし（Z-I、II仕様）。※トップコートの仕様変更により $10^{-3}\text{mg}/\text{cm}^2 \cdot \text{日}$ 以下を確保可能。 | 規格値内（ $10^{-3}\text{mg}/\text{cm}^2 \cdot \text{日}$ 以下）                                     | 規格値内（ $10^{-3}\text{mg}/\text{cm}^2 \cdot \text{日}$ 以下）                                    |
|        | 耐久性（調査結果）      | 1989年から施工開始した本州四国連絡橋（瀬戸大橋）で23年の実績あり。塗膜採取では、密着性・ひび割れ追従性良好。北陸道・能登自動車道で9～17年の実績あり。ひび割れに追従し良好（Z-I、II仕様）                                                             | 2000年頃に開発された材料。北陸道で9年経過後の観察を行った結果、損傷あり。（ひび割れに追従できず塗膜に割れ発生）                                  | 2004年頃に開発された材料のため、10年経過後の状況確認不可。                                                           |
|        | 臭気             | すべて水系材料のためほとんど臭いはしない。                                                                                                                                           | 有機溶剤特有の臭いがする。                                                                               | 中塗りまでは臭いはしないが、上塗りには有機溶剤特有の臭いがする。                                                           |
| 実働日数   |                | 1日（下地処理～上塗り）（100㎡当たり）                                                                                                                                           | 5日（下地処理～上塗り）（100㎡当たり）                                                                       | 5日（下地処理～上塗り）（50㎡当たり）                                                                       |
| 施工性    |                | ローラーやコテで簡単に塗布でき、また吹付け施工が可能である。                                                                                                                                  | 刷毛やローラー塗りが主な施工方法である。                                                                        | 省工程・超速乾システムにより高所作業所での施工効率が良い。コテ塗りのため、狭部の作業に優れる。                                            |
| 工費（比率） |                | 5740円/㎡<br>(1.00)                                                                                                                                               | 5957円/㎡<br>(1.04)                                                                           | 御見積書提出なし                                                                                   |

出典：調査団

## 9.2.4 環境保全

海上橋の建設にあたり考慮しなければならないことは、工事中の環境対策であり、具体的には海水汚濁防止策となる。

海水汚濁防止のためには、場所打ち杭のコンクリート打設においてコンクリートを一切、杭の外へ排出させないことが必要であり、このためには地中部を除き、ケーシングを全長にわたり使用し、コンクリート打設後もそのまま撤去せずにおく方法があ

げられる。この方法は以下の写真に示すように本事業の近隣区間（MTHL）でも採用されている有効な案である。



出典：調査団

図 9.2 ケーシング存置による海水汚濁防止例

橋梁建設工事が浅瀬で行われる場合、環境性、経済性、施工性など多くの要素から適切な工事のためのアクセスを決定するのは難しいことになる。ここでは、環境面から許容できる種類に限った上で各種の形式を提示した。

ジオチューブ仮設道路は海上部において行われる工事に対して仮栈橋案より経済性に勝ると考えられるケースで数多く採用されている案である。使用材料は不織布からなるチューブ以外は現地調達 of 海砂と海水であり、撤去に際しては、ジオチューブのみ考慮すればよい、という環境面での有利性も持つ方法である。

前述のジオチューブによる仮設盛土と以下の写真に示す簡易栈橋の組み合わせも検討対象とする。この簡易栈橋は簡易トラス上にクレーンを載せた構台が移動できるシステムとなっており、先端部分で場所打ち杭を施工しながら前進可能である。ただし、簡易トラスの構造上、支間長が小規模なものに限定される。

前述の 3 案に加え、工期短縮の面から有利であるジャケット式栈橋も提示した。

### 9.2.5 防災対応

BWSL は、海上部に位置するため、サイクロン等気象の影響を強く受ける。2021 年 5 月にアラビア海沿岸を襲ったサイクロン Tauktae は、最大時には中心気圧 950hPa、中心最大風速 100mph（約 45m/s）の最も強いカテゴリ（Extremely Severe Cyclonic Storm (ESCS)）であり、16 人が死亡する大きな被害を出した。

このサイクロンによって、BWSL は 5/18 朝～5/19 昼まで通行止めを余儀なくされた。



なお、サイクロンのカテゴリの最小である CS（Cyclonic Storm：風速約 27m/s~39m/s）以上は 1961-2020 年の 60 年間で 8 回アラビア海沿岸都市へ到達しているが、BWSL が開業してからは初めての大型サイクロンとなった。

沿岸道路においては、今後もサイクロンや強風の影響を強く受け、都度通行止め作業・台風後の点検作業が発生することが想定されることから、予め強風等による通行止め基準を設けておく必要がある。

### 9.2.6 効果的な交通管理

ムンバイ周辺でネットワーク型管理の行われていない現状を考慮すると、多大な交通量を捌くため、ネットワークとしての機能を発揮させるためには、最適な交通管理を行う必要がある。その為には、適切な ITS 設備を導入し、交通情報の最適な把握・交通情報の提供を通じて利用者を誘導する必要がある。

また、海上橋梁部分は、気象条件も陸上よりも厳しい条件下に置かれることから、遠隔地の気象情報の適切な把握と通行止め等の適切な対応が必要である。

また、事故等の発生時の対応等が必要であり、ネットワーク管理を行うため、交通管制室のような一元管理を行う機能を持つ施設と運用が必要である。

## 9.3 管理運営・ブランディングの知見

インドは高速道路の建設ラッシュにあるが、前述したように 2010 年辺りから本格的に高速道路の運営が開始されており、運営経験は乏しい。一方で我が国は、1963 年の名神高速道路全通を経て 60 年近い運用経験があり、長期的な視点にたった管理運営に貢献することが可能である。

VVSL の管理運営は、利用者の快適性・安全性・時間短縮が期待されていることに加え、環状道路としてのネットワーク交通を担う側面を持つ道路として高度な交通運用が必要である、また自然環境の厳しい海上を通過することから、効率的かつ管理水準の高い運営管理を行うことが必要となる。日本での厳しい自然環境の中を通過する高速道路を 50 年以上にわたって管理運営してきた経験は、世界的にも高い水準の提供を行いうる国際競争力を備えている。以下に、管理運営に反映される日本の技術について述べる。

また、インド道路は量的整備の段階にあり、VVSL 計画についても質的整備に関する言及は少ないのが現状である。日本の高速道路整備の知見から、環境対応を通じた道路事業のブランディング、沿線開発、生活への影響に関する知見についても言及する。

### (1) 海上に架橋された長大橋の維持管理

海上での長支間橋梁の建設技術にとどまらず、日本では海上橋梁を長期にわたり維持管理・運営してきた実績がある。長期にわたる管理運営の期間、土木構造物としては特異な状況である海上での厳しい自然環境にさらされることから、塩分による劣化に対する対策や強風時の交通管理、構造物の保全・点検など追加的な要素を加味する必要がある。ここでは、NEXCO 東日本が管理する日本の特徴的な海上道路について、その概要を記載する。



## 東京湾アクアライン

東京湾アクアラインは東京・横浜・千葉などの大都市が沿岸部に位置する東京湾の中央を横断する延長約 15.1km の有料道路である。建設にあたっては、自然環境および社会環境との調和を図りながら、環境に与える影響を極力小さくする数々の環境保全対策、調査を実施した。また、工事中には所要の護岸構築後の埋立用の土砂の投入、浚渫工事箇所への汚濁防止膜の設置など、環境への影響を最小限に留めるために効果的な工法を導入した。

管理においても多数の技術的配慮がなされている。橋梁部では耐風設計が施されている。形式の選定において風洞実験を行い、動態観測により安全性が判断されている。上部構造は海上大気部であるので、鋼箱桁の外面についてはフッ素樹脂を上塗りとする塗装仕様を適用し、内面は変性エポキシ樹脂塗料による防食措置が取られている。現場継手に使用する高力ボルトは摩擦接合用防錆処理がなされたボルトを使用し、長期にわたる海上での侵食に耐える配慮がなされている。

## 北陸自動車道親不知高架橋

北陸自動車道の親不知高架橋は「海を渡る」形態の海上橋ではないが、日本海に面する海岸に沿って架橋されており、強い波浪の侵食を受ける厳しい自然環境にさらされている。

NEXCO 東日本は、波浪による侵食や衝撃について十分な検討を行い、建設時にその対策を踏まえ設計・施工を行うとともに、供用後に点検・検討を継続的に実施し、状況に応じた保全・維持管理を実施している。実際には想定された以上の波浪侵食を受けており、その検証を踏まえ、保全対策工事も実施している。

## **(2) 交通安全及び交通管理技術**

地上部では、地形の変化により風力が抑制されることも多いが、海上橋梁では、通過交通が強風の影響を受けることも多い。NEXCO 東日本が管理運営する東京湾アクアラインは、東京湾の東西海岸を結ぶ海上道路であることは前述したが、風の影響により橋梁部の走行安全性が確保できない場合に通行止めを実施している。この場合、対岸に渡る道路利用者は数十キロの迂回を余儀なくされることになるため、利用者への道路状況に関する情報提供が不可欠であり、自然現象（強風）に限らず、事故通行止めや事故走行注意等、交通への影響を最低限とする道路情報を提供する交通管理システムが求められる。

日本では、道路状況把握するため、人的なパトロールのみならず、気象状況把握装置、トラフィックカウンター、CCTV（テレビカメラ）、非常電話等を通じ、交通状況を自動的に把握するとともに、交通管制センターで情報の集中制御を行い、適切な情報提供を実施している。

以上のように、NEXCO 東日本が目指している『安全・安心・快適・便利』な道路空間の提供は、特に VVSL のように気象条件等の影響も受けやすく、かつムンバイを代表する路線の管理水準として求められると考えられる。

### (3) 環境対応ロードプライシング

VVSL は WEH・NH48 のバイパスとして機能し、更に広域的な機能として、ムンバイ南部の JNPT コンテナ港からの貨物車の代替経路として利用される可能性がある。但し、多少の遠回りとなる可能性もあるため、渋滞の少ない VVSL・海上道路への誘導施策が必要となる。

我が国での参照事例として、阪神高速湾岸線で適用される環境ロードプライシングを挙げる。大阪～神戸間では都心部を通過する国道 43 号および 3 号神戸線、湾岸部・工業地帯を通過する 5 号湾岸線が並行して整備されている。阪神高速では、国道 43 号・3 号神戸線沿道の大気環境改善のため、2001 年 11 月から 5 号湾岸線の貨物車などの 15～30%程度の料金を割り引く「環境ロードプライシング割引」を実施している。湾岸線は線形もよく、渋滞も少ないため、低速走行時の CO<sub>2</sub> や NO<sub>x</sub> 発生が少なくなり、環境改善に貢献し、現在では 20 年近くの運用実績があり、環境対応の道路事業として定着している。但し、この制度は ETC での利用に限られ、また、割引率も一定であり、時間帯や渋滞状況によって動的に割引が行われるわけではない。

ムンバイにおいても同様に WEH・NH48 の渋滞時に VVSL に誘導できるよう料金設定を行い、都心部の大気環境改善に資する機能を提言していくことが望まれる。その時には、渋滞状況による動的な割引率の設定やムンバイ広域での交通需要の適正化などが図れるよう、ITS を用いた適切な誘導・案内などが行われるべきであり、日本はそのような分野に十分貢献可能である。



出典：阪神高速 Web

図 9.3 阪神高速での環境ロードプライシング割引

### (4) 観光機能や都市ブランディング

前述したが、VVSL 事業は海上での整備延長が 43km であり、世界的にも希有な観光道路に位置づけられるだろう。類似事例として、世界的に有名なフロリダ・キーウェストのオーバースーズ・ハイウェイ（全長 182km）が挙げられる。規模的には及ばないものの、VVSL から VBSL、BWSL に至る総延長 50km、6 車線におよぶ海上道路は、

インドだけでなく世界中の自動車利用者、ドライブ愛好者にユニークな体験を提供するものとなる。

VVSL は、現状、インド国道庁の目玉プロジェクトである、デリー・ムンバイ高速道路（2000km、走行時間 12 時間）に直結する道路として位置づけられている。デリー周辺の乾燥域からやってきた運転手は、南下し、海岸に近づくにつれて植生の変化を感じ、ムンバイ地域の特異性を意識し始める。Virar コネクタ道路を通過し、最初に VVSL 海上道路に達したとき、ムンバイ都市圏のユニークさに打ちのめされるはずである。現状、VVSL 航路部では単純な鋼製桁橋を提案しているが、更なるユニークさを示すための斜張橋などの適用も提案する意義はある。ムンバイの入り口に置けるシンボルとして、アイコニックな役割を果たし、また、日本技術・資金支援の「見える化」「魅せる化」（Visibility）の実現にもなる。似たような事例としては、横浜ベイブリッジやレインボーブリッジが挙げられる。

沿線の観光開発も重要だろう。既にエッセルワールドなどの観光施設は存在するが、これらの観光施設にテコ入れして、ディズニーランドやユニバーサルスタジオ的なブランディングを進める必要がある。Charkop や Uttan の後背地は西側からのアクセスが悪く、この周辺の観光地開発は VVSL アクセスに依存することになる。沿線観光施設のクオリティが上がれば、VVSL 自体のブランディング確保にも良い影響を与えることになる。東京の湾岸線の隣にディズニーランドがあるように、ムンバイの VVSL の隣にも異次元の観光施設を確保したい。

前述したが、本事業では沿道パーキングエリアの計画がまだなされていない。例えば、異次元の観光施設の一つとして、海上パーキングエリアの具体化を提言したい。施工中に海上道路周辺に仮設工事用地の確保をする必要があり、ジオチューブによる仮設工事用地確保が安価に実現出来ることは説明済みだが、パーキングエリアとしての利用を考慮すればよりリーズナブルな施工計画となる。海上道路において沿線に避難地などの設定がないため、通行止めや火災・救急対応においても避難地を確保する必要がある。「海上道路でしか行けないパーキングエリア」の設置は、インド人利用者にも非常に魅力的に映るものと確信する。本邦には前述のように東京湾アクアラインにおける「海ほたる」の運用経験があり、計画や事業運用にも貢献できるだろう。



写真提供：NEXCO 東日本

**図 9.4 東京湾アクアラインの「海ほたる」パーキングエリア**

## 10. 提案事業まとめ・要約

本調査はマハラシュトラ州道路セクターの優先事業の一つであるムンバイ沿岸（バーソバ～ビラール間）海上道路建設事業（Versova – Virar Sea Link : VVSL）について、インド側で作成された Pre-F/S をレビューした。

また円借款による支援案件として形成すべく、本邦企業が有する大規模海上橋梁の建設技術や日本の先進的な橋梁・O&M 技術等の導入を検討し、本邦企業の建設及び O&M への参画可能性を高める形での事業計画の作成、事業の評価を実施した。

本調査を要約すると以下のようにまとめられる。

### (1) 上位計画、沿岸開発の動向・計画（2.1～2.2）

ムンバイ都市圏における道路網計画や都市開発計画をレビューし、2008 年に策定された総合的な都市交通計画 CTS にて起草された沿岸道路計画をもとに提案された事業であることを示した。沿線地域では現状、およそ 900～1000 万人規模の人口が想定でき、南部では人口密度が 25,000/km<sup>2</sup> を超え、北部では年率 5～9%での人口増がみられ、第三次産業への従事者が多く、また、Virar の Global City のような 2 万世帯規模の集合住宅の開発も進められていることから、旺盛な都市開発需要があることを示した。沿線土地利用は、塩田や農業用地が残っており、将来沿線開発用地が十分にあることを示した。

### (2) 本事業の背景及び必要性の整理（2.3～）

本事業に接続する供用済み・施工中の海上道路の事業規模、事業実施過程、事業費、施工者を整理し、VVSL 事業との関連性を示した。ここでは、従来の WEH バイパス機能に加え、VVSL がインド国道庁の旗艦事業であるデリー・ムンバイ高速道路に直結する意義を示した。また、ムンバイ都市圏における道路事業者 3 主体を整理し、MSRDC が本事業の実施主体となる背景を示した。

ムンバイ北部方面の道路交通の現状として、日 24 万～31 万 PCU の交通量が一本の道路（WEH）に依存している現状を示し、VVSL 整備に十分な需要があることに加え、東京の城南方面の交通網と比較して、VVSL による道路網形成、冗長性の確保の重要性を示した。

また、インド側 Pre-F/S では VVSL 海上道路建設 43km に関する km 辺り単価が 48 億ルピー（約 70 億円）であったが、現在円借款資金により建設中で、日本の鋼橋導入を実現したムンバイ湾横断道路（MTHL）の同価格は 65 億ルピー（約 90 億円）であり、現状、VVSL の価格想定が日本技術を取り込める余地があると判断した。

### (3) 需要予測のレビュー（3 章）

Pre-F/S では交通需要予測の方法論として標準的な 4 段階推定法により、事業区間の将来交通量が推計されていたが、推計手法が明示されていなかった。このため、調査団では、交通量データを元に、本調査の手法で OD・交通需要の再推計を試みた。Pre-F/S では、VVSL 本線の日交通量が 2030 年時点で 74,700PCU との推計であったが、本調査では 66,000PCU と保守的な結果を得て、また、2050 年までの需要を推計した。



また、Pre-F/S では、推計対象車種が、乗用車・バス・軽貨物に限ったものであったが、これは現状の都心部に直結する BWSL に掛かる通行規制に基づくものであり、本調査では将来は大型貨物車の通行が必須になることを想定して需要推計を行った。

#### (4) プロジェクト計画（4章）

Pre-F/S で検討された路線 3 オプションについて、インドの開発制約を含めた 10 指標で再評価して、Option 1 の沖合 1km 海上ルートが最適案と結論づけた。また、路線条件として必要となる航路のクリアランス条件を確認した。（4.1 節、8.1 節も参照）

本事業の主体を占める橋梁（海上道路）計画では、インドと本邦他の設計基準を比較し、本邦基準適用の妥当性を示した（4.2 節）。周辺自然条件、既往事業（MTHL 等）の設計施工状況、工期短縮の必要性、Make in India 施策を考慮して、主に 50m スパンの PC 箱桁の適用を最適案として採用し、標準断面、施工方法などを示した。また、航路を跨ぐ区間については、本邦技術の連続鋼床版箱桁橋が経済的であると考え提案した。これは、一括架設が可能であり、工期短縮、安全性確保にも貢献するものである。（4.4 節）

海上施工に必要な仮設道路などの検討において、従来型のジャケット式仮栈橋に加え、ジオチューブによる施工に関しても提案した。（4.7 節）

本事業は、海上橋梁 43km だけでなく、コネクタ道路 4 路線の一体整備が必要であり、現地視察結果を交えて、沿線環境を考慮して鋼橋による一括仮設が必要となる区間を示した。（4.8 節）

VVSL の運用について、既往 BWSL、計画済みの VBSL、インド国内の高速道路、本邦高速道路の運用状況等を参照し、ITS 技術を含む管理方法、料金収受方法、維持管理点検方法について提案した。また、WEH のバイパスとして機能させるための交通情報提供、料金所施設を合理化するための GNSS 収受に関しては積極的に提案した。（4.9 節）

#### (5) 事業規模の算出・工期（5章）

既往の参考となる工事費を収集し、上記 4 章のプロジェクト計画に示した事業規模に適用し、建設事業費を推計した。結論としては、全線整備する Case1 では 5,528 億円（本線 3,656 億円、コネクタ道路 1,696 億円、実施監理 177 億円）と推計した。また、本邦鋼橋を提案したにもかかわらず、海上道路区間での km 単価は MTHL よりも低価格な事業費を推計した。これは、仮設道路として全面的にジオチューブを採用したからであり、コスト上昇リスクがある。また、コネクタ区間の新幹線跨線橋部分では、追加的な鋼橋適用の可能性がある。あわせて、O&M 費用なども推計した。

工期としては Case1 の場合の工事量を想定し、6 年間で計画した。これは、鋼橋適用による短縮効果を含めたものである。

#### (6) 経済財務分析（6章）

Pre-F/S での IRR 推計には、従来の交通コスト節減、時間短縮による便益に加え、雇用増の便益を含めた推計がなされ、また、事業費も海上道路 43km 区間のみであり、結果的に 30%前後の EIRR が示されていた。本調査では、5 章で示された事業費をベース

として、交通コスト節減、時間短縮のみを需要予測結果を用いて推計し、Case1 で EIRR13.1%をえた。また、費用 10%増・便益 10%減の厳しい条件でも 11.2%で、途上国の経済インフラとしては十分な効果のある事業と推奨できる。

財務分析について、本事業は有料道路であり、料金収入を前提とした FIRR は Case1 で 2.6%となった。但し、インドの有料道路には周辺住民への支払免除制度があり、これを考慮すると Case1 で-0.1%となった。

## **(7) ファイナンスの検討、事業実施体制、実施スケジュール、O&M 体制（7 章）**

インド国内のこれまでの円借款事業 86 件、道路事業（PPP 適用実績含む）30 件をレビューし、事業規模、投資者関心、トレンドなどから、本事業への PPP 適用は困難と判断し、EPC 方式で公共事業として調達することを提案した。また、インドのトレンドから、初期 10 年の O&M 体制は施工契約に含めることを示した。

最新のマハラシュトラ州（MSRDC）の動向から、既に EPC 方式による事業検討が進められており、また、円借款へのアクセスに非常に高い関心を持っていることが分かった。MSRDC との協議から、2022 年下期の準備調査調達、2023 年中の準備調査実施、2024 年末を目処とした L/A 契約、GC/コントラクタ調達後、2027 年施工開始、2032 年供用開始という実施計画を示した。返済シミュレーションを示し、円借款条件の優位性を示した。

## **(8) 環境社会的側面の検討（8 章）**

Pre-F/S で検討された路線 3 オプションについて、自然・社会条件に着目して、Option 1 の沖合 1km 海上ルートが最適案と結論づけた。

本事業実施に関連する JICA 環境社会配慮ガイドライン、インド国内法制度（用地取得・移転など含む）、影響評価プロセスをまとめた。特に、海上道路施工で検討すべき沿岸環境規制・漁業権、コネクタ道路施工に影響する保護区対応についてまとめた。ムンバイは大都市ではあるが、近隣に野生のヒョウが生息する自然公園が隣接し、マングローブ保護に関する関心も高く、事業実施には十分に配慮する必要がある。本章 8.3 節に予測される環境影響（スコーピング）をまとめた。

### CO2 排出削減の推計

世界的に温暖化ガス削減要請が高まっている。本事業は混雑する既存道路を走行する車両が本事業道路に転換することにより、燃料消費の節減が図られ、CO2 排出量の削減効果が得られる。この効果を算出し、事業を実施しない場合と比較し、事業を実施した場合年間 12 万トンの CO2 削減効果が期待できると推計された（Case1 開業時）。

## **(9) 本邦企業の優位性の確認（9 章）**

インドにおける本邦企業進出は 1,455 社であるが、建設業は全体の僅か 2%の 33 社である。国土交通省は、インド市場への進出に必要な具体的施策として、①展開国のソフトインフラ整備支援、②現地ニーズに合致したソリューション提供モデルの推進、③我が国のソリューション提案力の強化、の 3 点を強調している。

本事業では、本邦企業の経験が活用できる工期短縮手法、鋼橋の適用、防食対策適用、環境保全対応、防災対応、広域的な交通管理対応が求められており、それぞれの分野で提案した「スペックイン」内容について整理した。

本事業自体は非常に大規模であり、道路交通分野だけではなく、ムンバイ都市圏を再構築し、市民生活に多分に影響を与える事業となる。環境ロードプライシングや海上パーキングエリア設置など、我が国の経験を活用した VVSL 事業のブランディングについて提言を加えた。