

凍土方式遮水壁の設置工事における 地下埋設物等への考慮について

平成26年6月6日

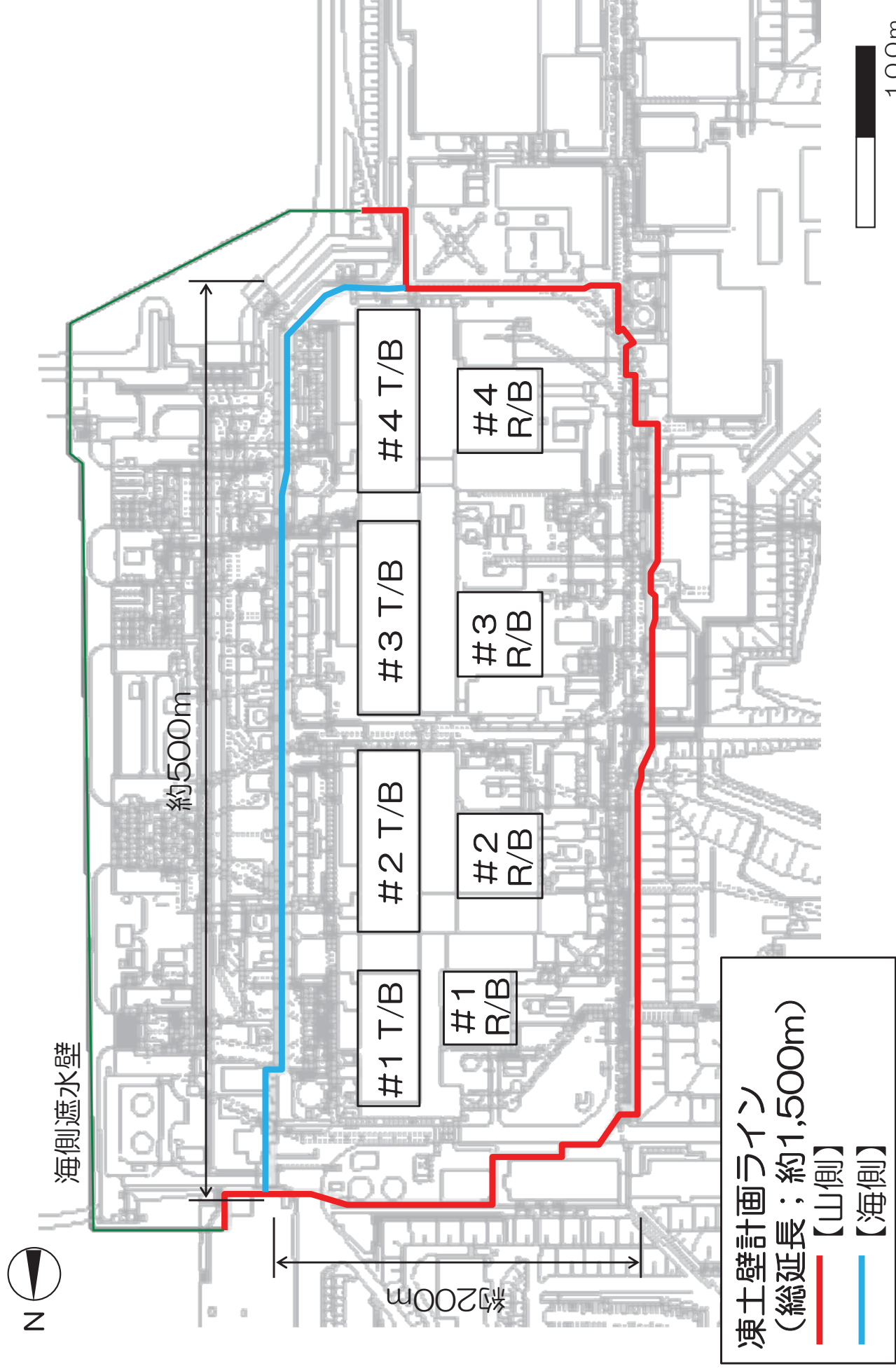
東京電力株式会社
鹿島建設株式会社

-
1. 全体計画と埋設物横断箇所施工方法
 2. 貫通施工方法
 3. 山側横断箇所の施工計画
 4. 凍土壁工事 工事進捗状況他

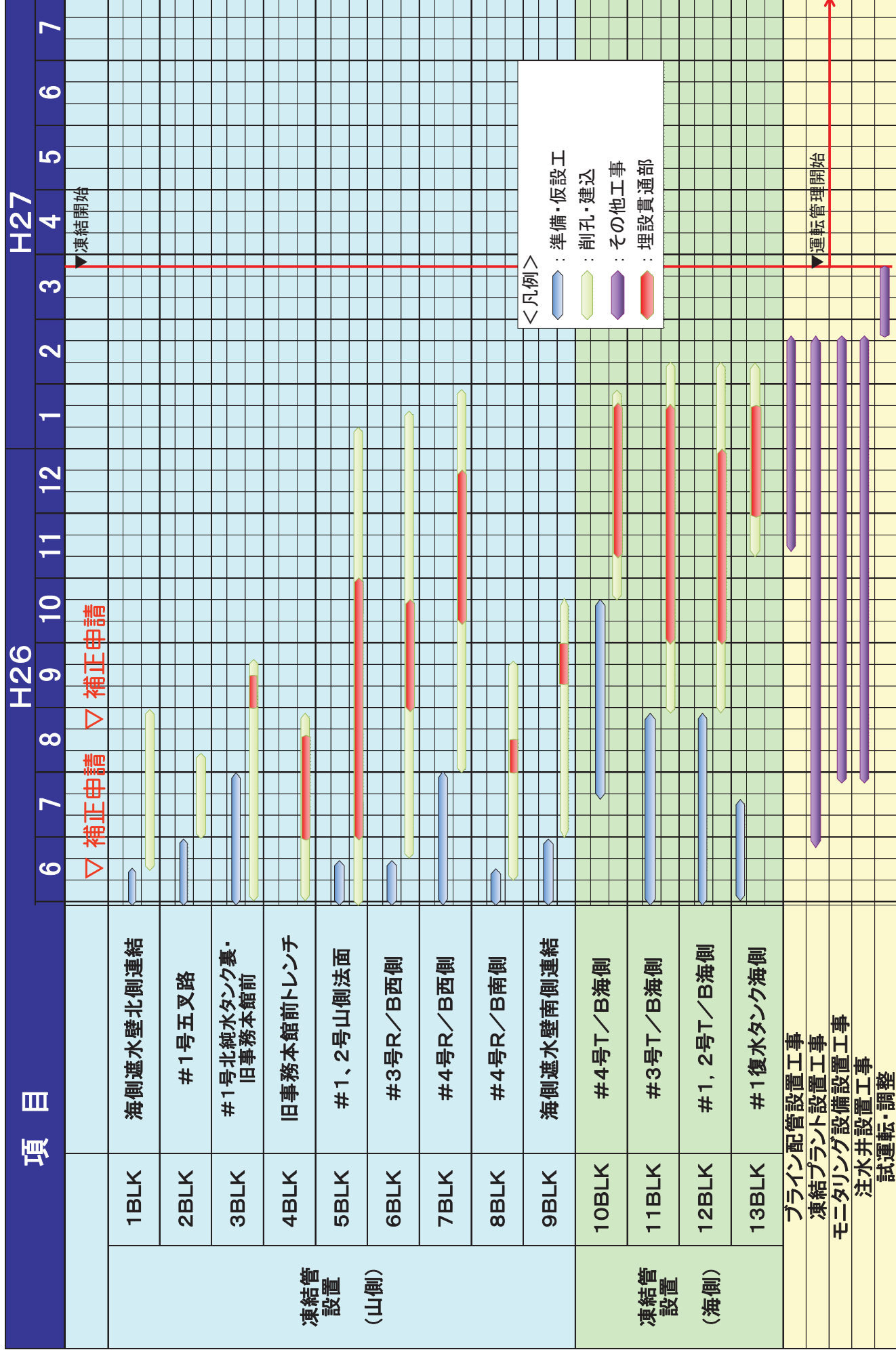
1. 全体計画と埋設物横断箇所施工方法

- 1.1 凍土壁計画ライン
- 1.2 凍土壁工事 工事工程
- 1.3 埋設物横断箇所
- 1.4 埋設物横断箇所リスト（山側横断箇所）
- 1.5 凍土壁施工手順
- 1.6 埋設物の種類
- 1.7 埋設物横断箇所の施工方法
- 1.8 埋設物横断箇所の施工方法の分類
- 1.9 埋設物横断箇所の施工方法の選定フロー
- 1.10 貫通施工時の留意事項

1.1 凍土壁計画ライン



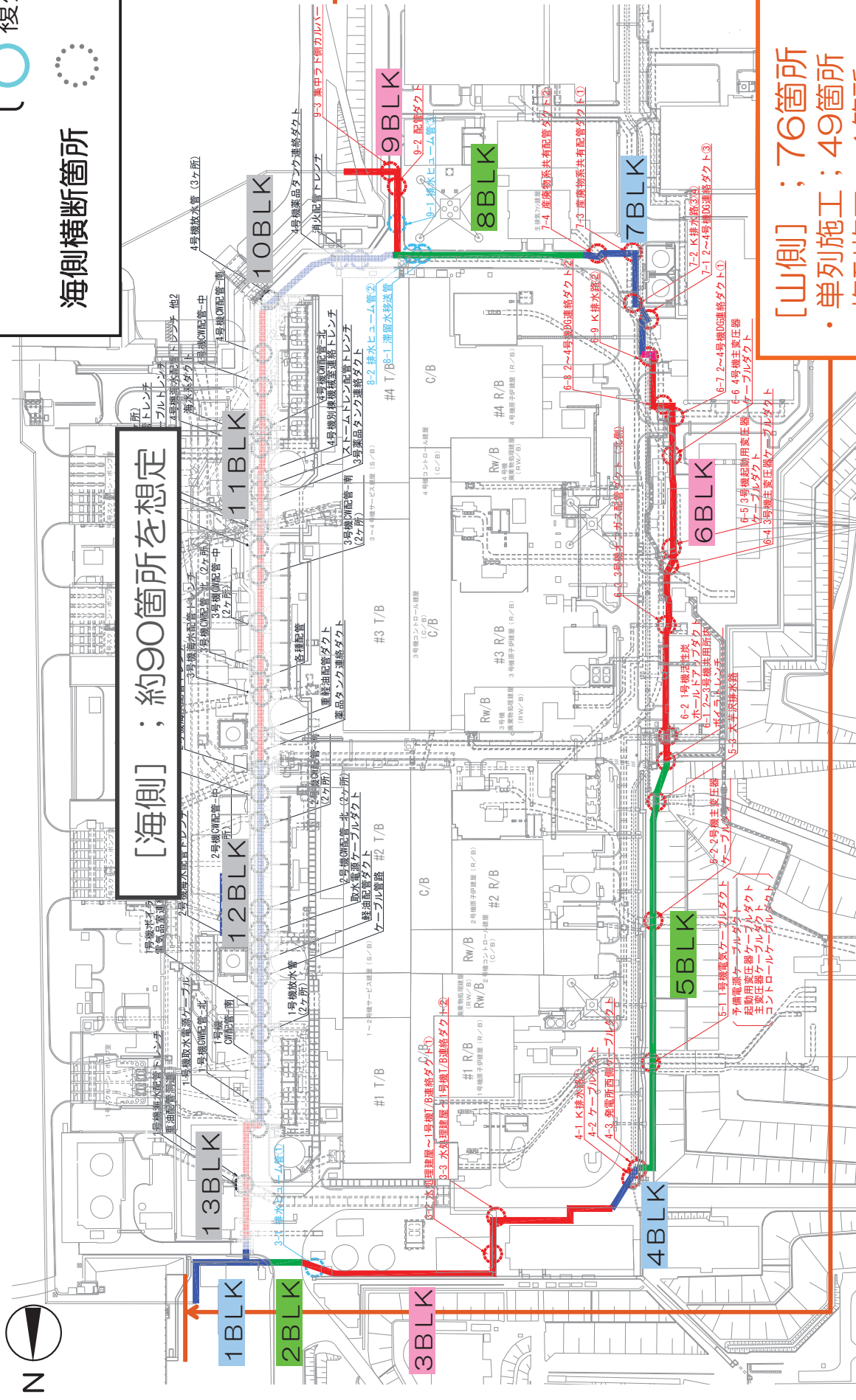
1.2 凍土壁工事工程



1.3 埋設物横断箇所

凍土壁ラインの埋設物横断箇所；約170箇所

- 貫通施工
 - 複列施工
- 山側横断箇所
- 海側横断箇所



[海側]；約90箇所を想定

- [山側]；76箇所
- ・ 単列施工；49箇所
 - ・ 複列施工；4箇所
 - ・ 貫通施工（2工法）；23箇所

1.4 埋設物横断箇所リスト（山側横断箇所）①

埋設物幅や機能に応じて施工方法を選定

- ; 複列施工
- ; 貫通施工（頂版単純貫通・底版マルチステップ）
- ; // （頂版・底版マルチステップ）

	構造物名	断面形状	幅員, 径(mm)	標高※2 OP(mm)	地下水位 OP(m)	溜り水	施工パターン	
3BLK	3-1 排水ヒューム管①φ1200-S-HP	円形	1,200	+7,295T	8.0	調査予定	複列 頂版: 単純貫通 底版: マルチ	
	3-2 水処理建屋～1号機T/B連絡ダクト①	矩形	1,200	+9,200T		10 ¹ Bq/cm ³ レベル以下		
	3-3 水処理建屋～1号機T/B連絡ダクト②	矩形	2,000	+9,200T		10 ¹ Bq/cm ³ レベル以下		
4BLK	4-1 K排水路①	矩形	2,000	+9,790T		調査予定	頂版: 単純貫通 底版: マルチ	
	4-2 ケーブルダクト	矩形	2,000	+10,000T		溜り水なし		頂版: 蓋撤去 底版: マルチ
	4-3 発電所西側ケーブルダクト	矩形	2,000	+10,000T		溜り水なし		頂版: 蓋撤去 底版: マルチ
5BLK	ケーブル1号機予備電源ケーブルダクト	矩形	8,250	+11,800T		溜り水なし	頂版: 単純貫通 底版: マルチ	
	1号機起動用変圧器ケーブルダクト							
	1号機主変圧器ケーブルダクト							
5BLK	1号機コントロールケーブルダクト	矩形	3,700	+11,800T	8.9	溜り水なし	頂版: 単純貫通 底版: マルチ	
	2号機主変圧器ケーブルダクト							
	大芋沢排水路							
6BLK	2～3号機共用所内ポイラレンチ	矩形	1,950	+10,000T		溜り水なし	頂版: 単純貫通 底版: マルチ	
	1号機活性炭ホルドアップダクト	矩形	3,050	+10,000T				
	3号機オプガス配管ダクト(北側)	矩形	1,650	+5,800T以深				
	3号機主変圧器ケーブルダクト	矩形	3,400	+6,350T				
	3号機起動用変圧器ケーブルダクト	矩形	2,500	+7,070T				
	4号機主変圧器ケーブルダクト	矩形	2,600	+6,400T				
	2～4号機DG連絡ダクト①	矩形	3,300	+8,500T(要確認)				
	2～4号機DG連絡ダクト②	円形	2,800	+2,000T				
	K排水路②	円形	2,700	+9,004T				

※1 上表には単列施工は含まない

※2 「T」; 頂版の上端レベル、「B」; 底版の下端レベル」を示す。

1.4 埋設物横断箇所リスト（山側横断箇所）②

埋設物幅や機能に応じて施工方法を選定

- ; 複列施工
- ; 貫通施工（頂版単純貫通・底版マルチステップ）
- ; //（頂版・底版マルチステップ）

	構造物名	断面形状	幅員, 径(mm)	標高※2 OP(mm)	地下水位 OP(m)	溜り水	施工パターン
7BLK	7-1 2~4号機DG連絡ダクト③	円形	2,800	+2,000T		10 ¹ Bq/cm ³ レベル以下	頂版:マルチ 底版:マルチ
	7-2 K排水路③④	円形	2,700	+8,942T	8.9	- (流水あり)	頂版:単純貫通 底版:マルチ
	7-3 廃棄物系共通配管ダクト①	矩形	2,700	+9,427T		10 ¹ Bq/cm ³ レベル以下	頂版:単純貫通 底版:マルチ
	7-4 廃棄物系共通配管ダクト②	矩形	2,200	+9,100T		溜り水なし	頂版:単純貫通 底版:マルチ
8BLK	8-1 滞留水移送管	矩形	2,100	+10,000B		調査予定	複列
	8-2 排水ヒューム管② φ700-S-HP	円形	1,150	+8,628T		調査予定	複列
9BLK	9-1 排水ヒューム管③ φ700-S-HP	円形	1,500	+8,600T	6.9	調査予定	複列
	9-2 配管ダクト(φ100-E-ACP,φ200×4-E-ACP)	矩形	1,700	+9,240T		調査予定	頂版:単純貫通 底版:マルチ
	9-3 集中ラド側カルバート	矩形	6,150	+9,500T		調査予定	頂版:単純貫通 底版:マルチ

※1 上表には単列施工は含まない

※2 「T」:頂版の上端レベル、「B」:底版の下端レベル」を示す。

【マルチステップ（多段式）ボーリング工法】

埋設物内部の溜り水と地下水の連通を防止するため、頂版・底版の貫通時に外ケーシングで切削を行い、先端部に固化材を充填した後、内ケーシングで貫通切削を行う工法（詳細は後述）

1.5 凍土壁施工手順

凍結管を地盤中に1m間隔で設置
凍結管内にブライン（冷却材、 -30°C ）を循環させ凍結管まわりに凍土壁を造成

① 試掘

地表付近の埋設物の確認
(出典：FS事業※)



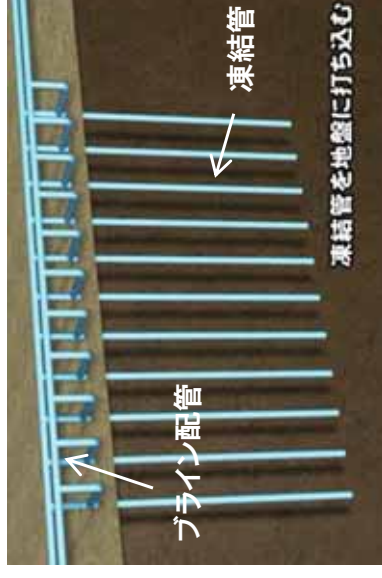
② 削孔

凍結管を建て込むための縦穴の施工
(出典：FS事業)

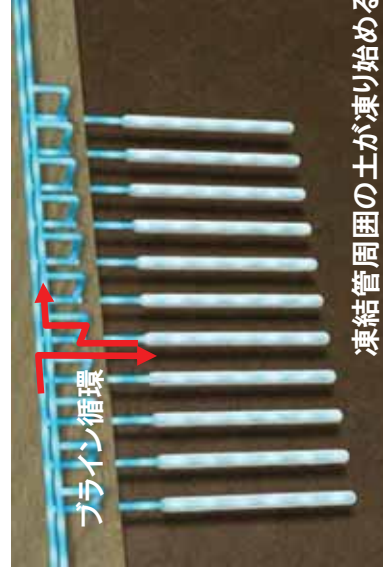


③ 凍結管建込・ブライン配管接続

凍結管を地中に建込、ブラインを循環させるための配管を接続



④ ブライン循環



⑤ 凍土壁造成



凍土のイメージ

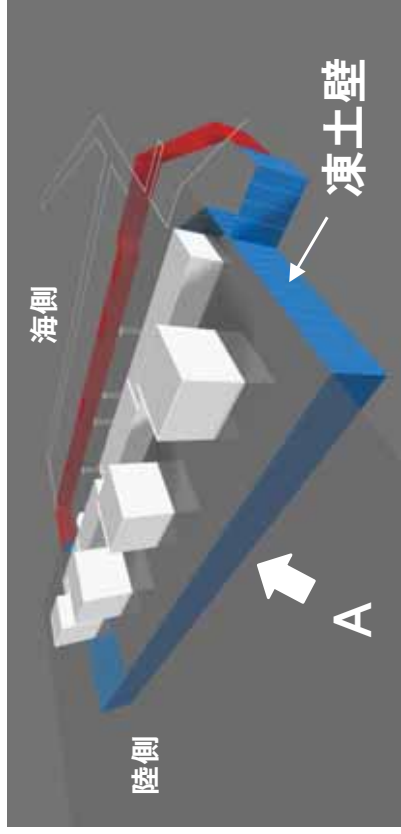


※ 平成25年度発電用原子炉等廃炉・安全技術基盤整備事業（地下水の流入抑制のための凍土方式による遮水技術に関するフェーズビリティ・スタディ事業）、以下「FS事業」

地盤中にできた凍土を周囲地盤を掘り返し確認できるようにした事例（出典：鹿島）

1.6 埋設物の種類

凍土壁ライン上の埋設物を図面・試掘・現地調査で確認し、構造形式、構造形式、内容物、埋設物内部の状況を整理して、施工計画を立案する。

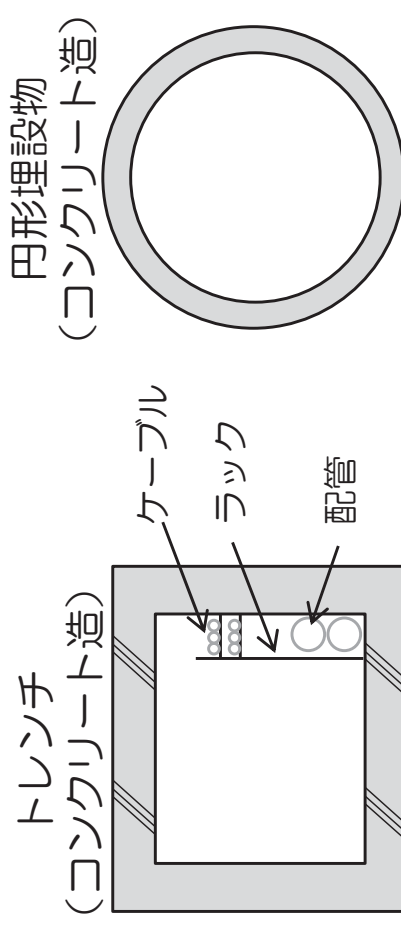
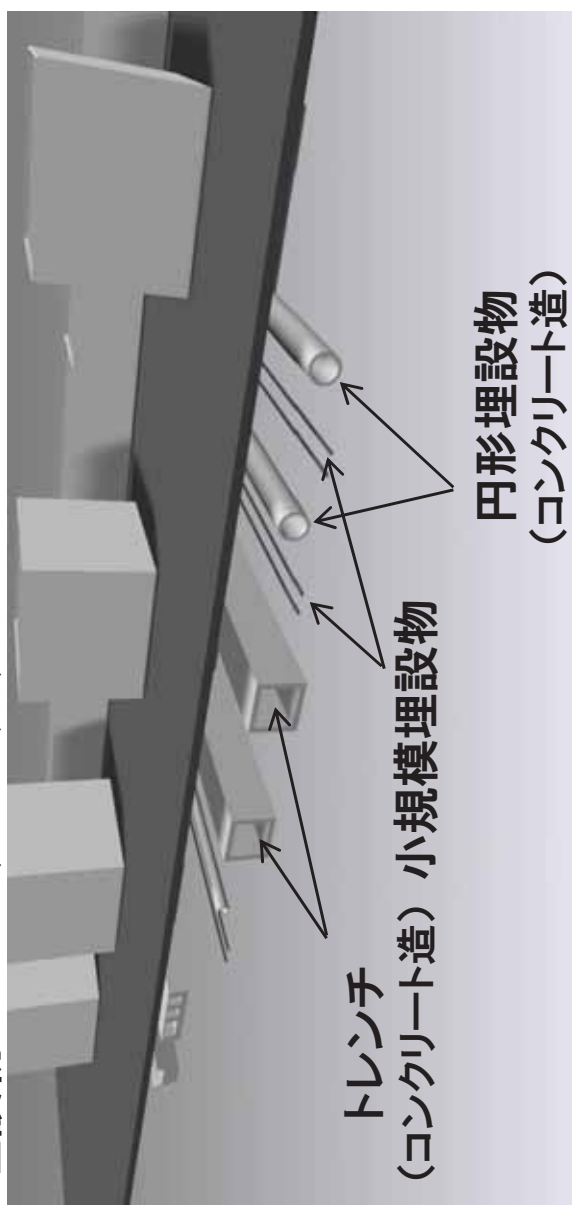


山側	76箇所※
海側	約90箇所※
合計	約170箇所※

※ 今後変更の可能性あり

構造形式：トレンチ、円形埋設物等
 内容物：電気・通信ケーブル、配管等

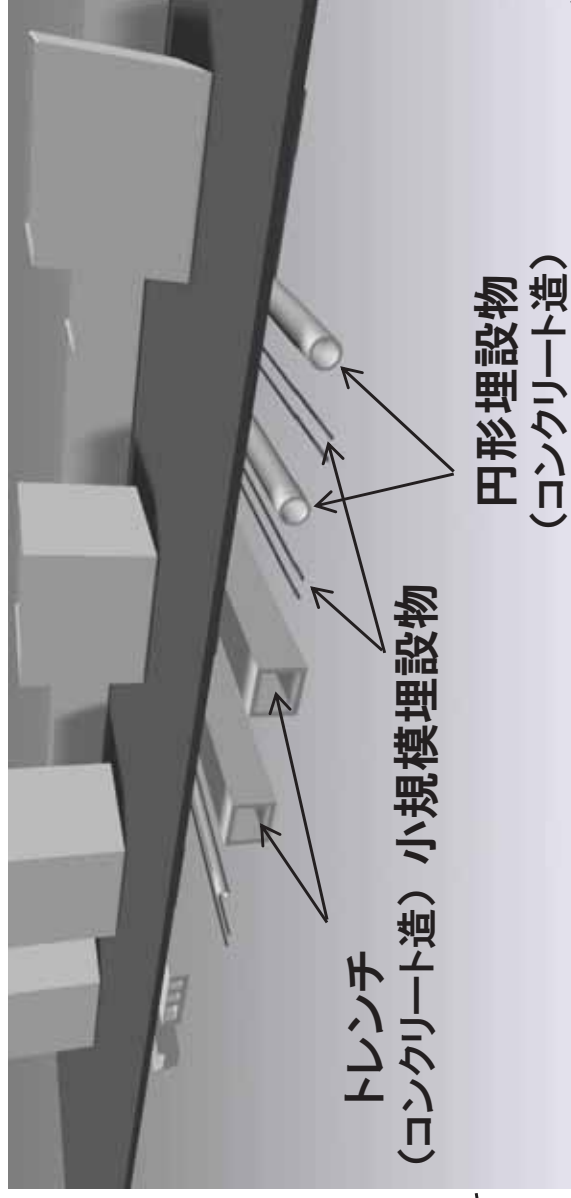
埋設物イメージ(Aより)



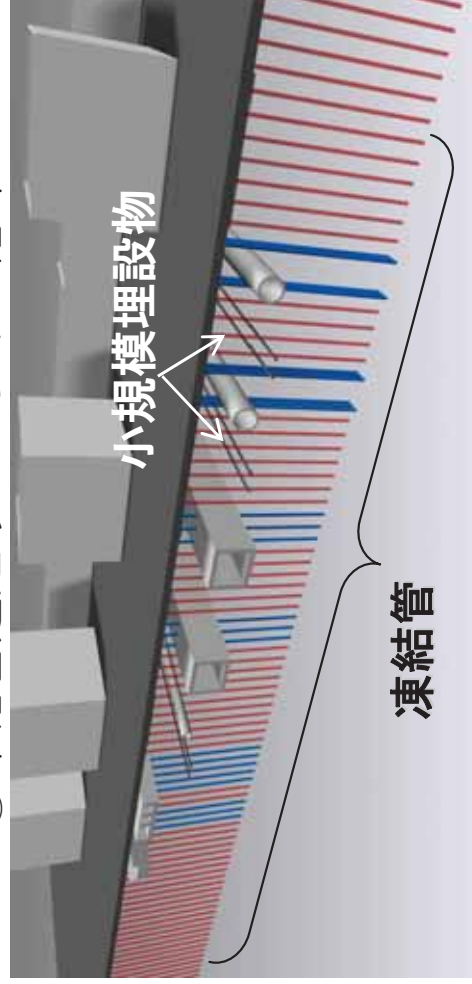
1.7 埋設物横断箇所の施工方法①

①単列施工

- ・一般部と同様に所定間隔（基本1mピッチ）で凍結管を設置
- ・埋設物の上下の地盤を巻き込み凍土壁を造成

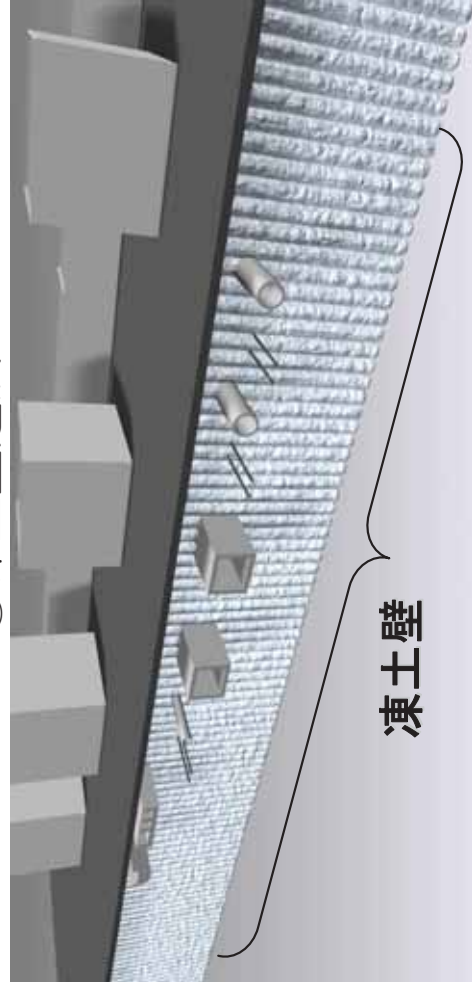


①凍結管建込み・ブライン循環



単列施工イメージ（赤色部）

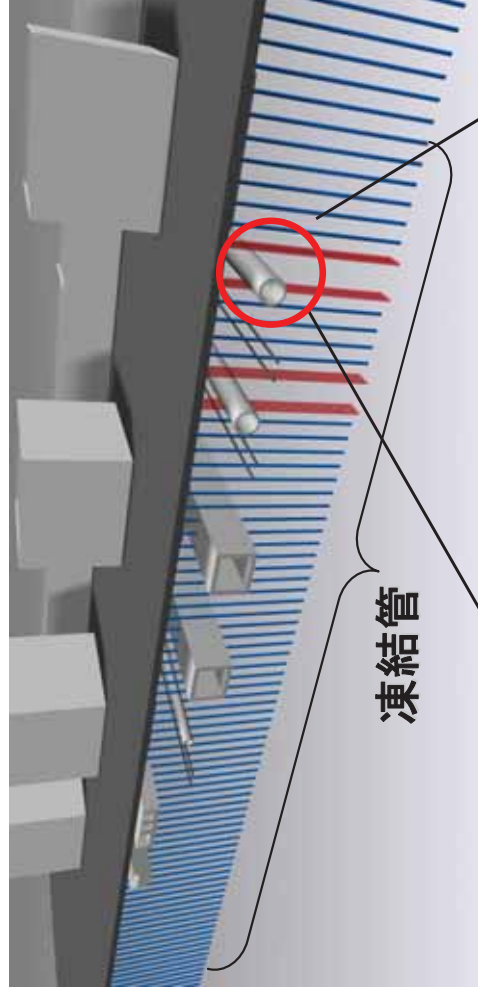
②凍土壁造成



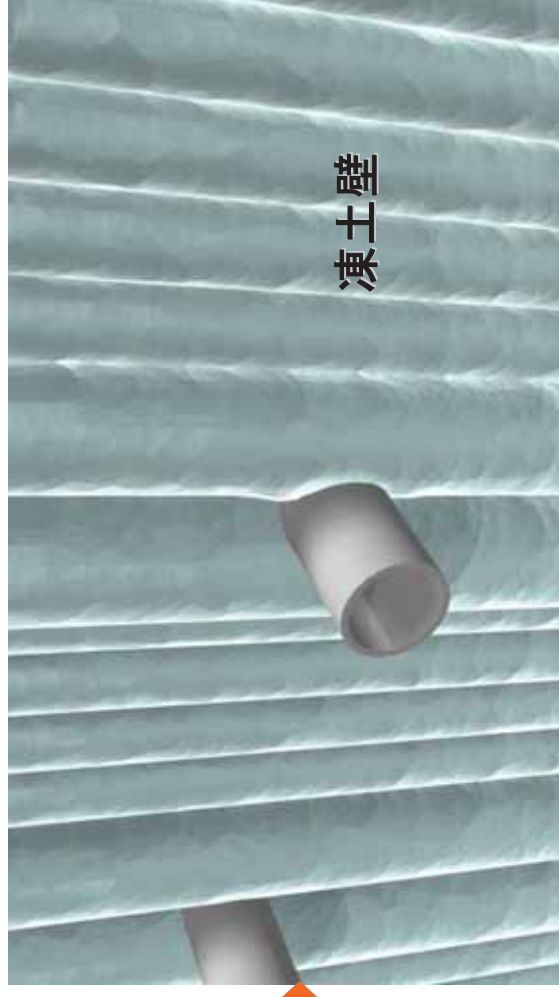
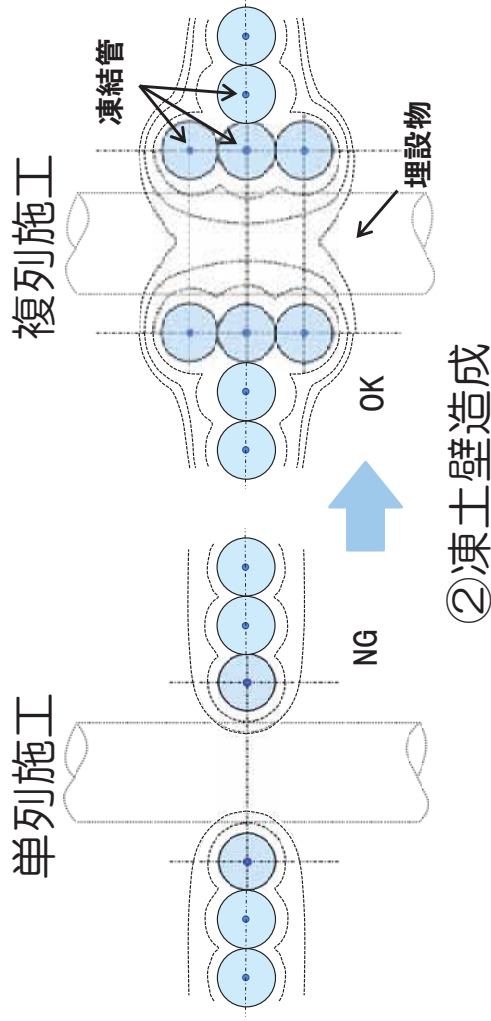
1.7 埋設物横断箇所の施工方法②

②複列施工

- ・埋設物の軸方向に複数の凍結管を設置
- ・埋設物上下の地盤を巻き込み凍土壁を造成



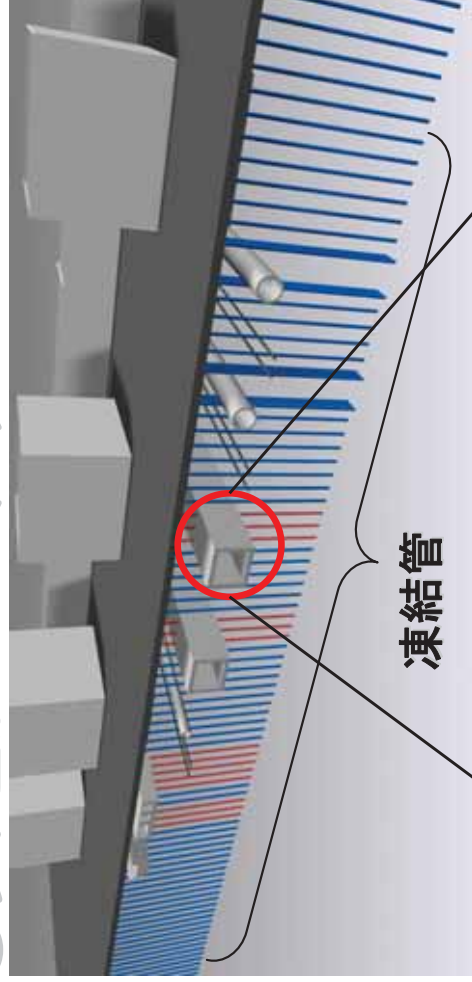
①凍結管建込み・ブライン循環



※複列施工の成立性については参考資料参照

1.7 埋設物横断箇所の施工方法③

③貫通施工 (1)

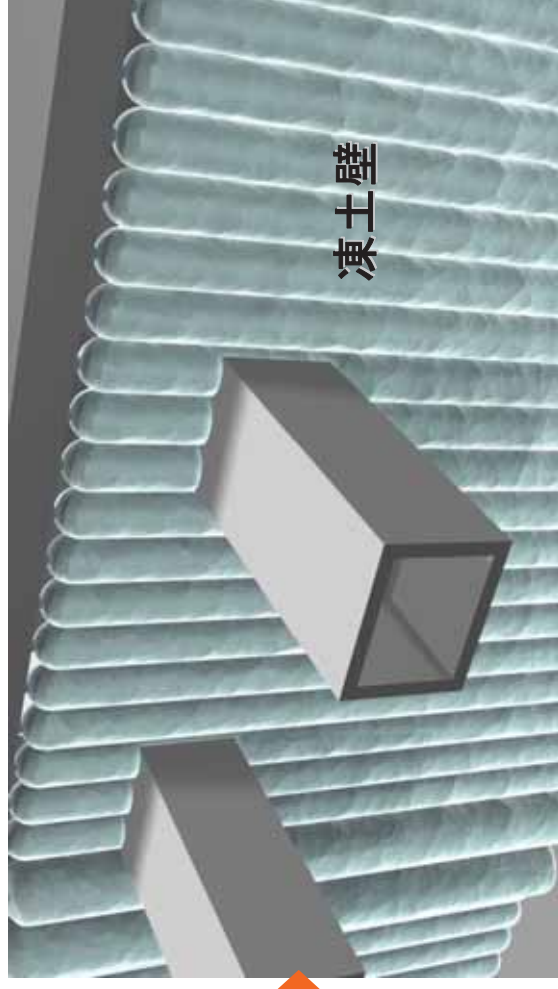


- ・ 頂版・底版を貫通し、凍結管を設置
- ・ 埋設物上下の地盤に凍土壁を造成

①凍結管建込み・ブライン循環



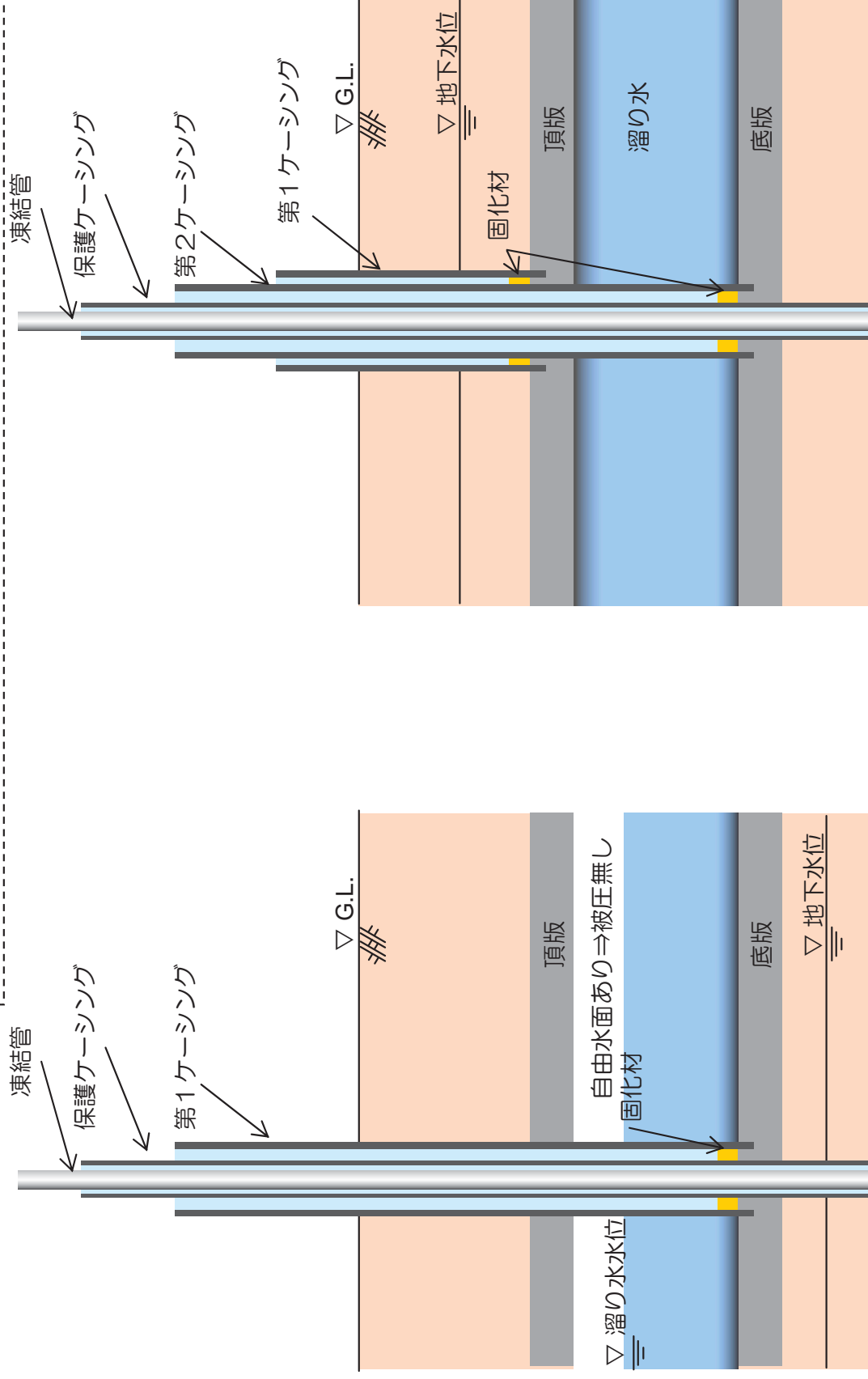
②凍土壁造成



1.7 埋設物横断箇所の施工方法④

③貫通施工 (2)

埋設物と地下水位の位置関係、溜り水の被圧有無（自由水面の有無）に応じて、頂版の止水対策要否（マルチステップ工法の要否）を判断



頂版単純貫通・底版マルチステップ

頂版・底版マルチステップ

1.8 埋設物横断箇所の施工方法の分類

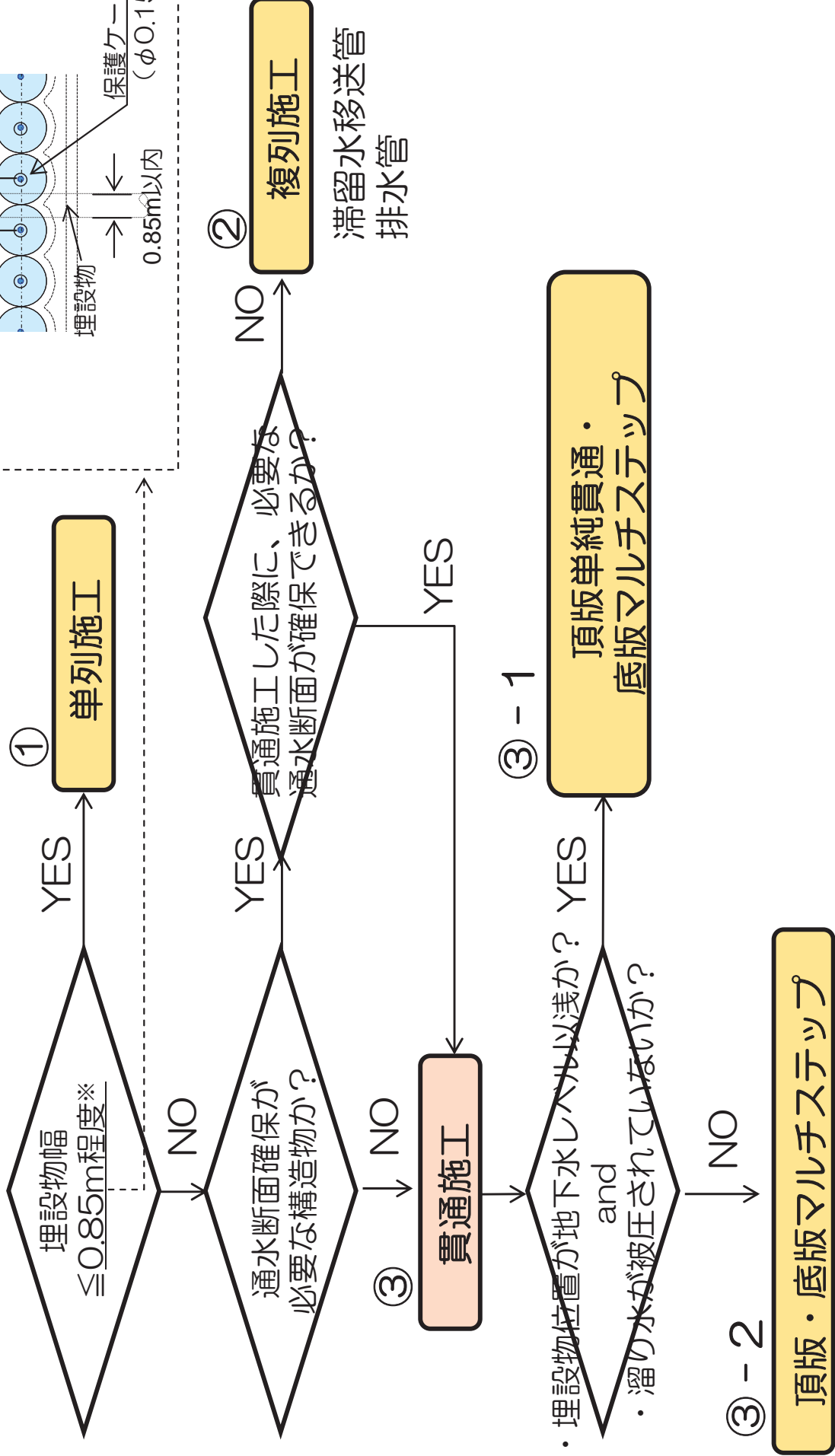
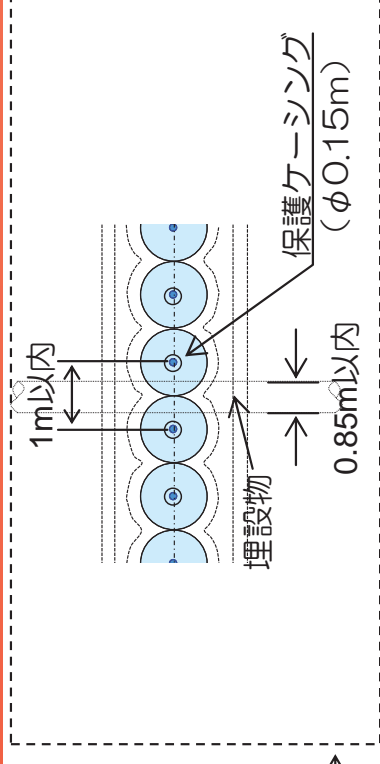
埋設物の幅・機能に応じた施工方法（凍結管配置）の分類

- ① 単列施工：凍結管を1列に配置
 - ・ 埋設物のない箇所
 - ・ 小規模埋設物敷設箇所
- ② 複列施工：凍結管を埋設物軸方向に複数本配置
 - ・ 貫通施工した際、必要な通水断面が確保できない箇所；滞留水移送管、排水管
- ③ 貫通施工：凍結管を埋設物に貫通して配置
 - ・ 上記①、②以外の箇所
- ③-1 頂版単純貫通・底版マルチステップ
 - ・ 埋設物が地下水レベル以下、かつ、溜り水の被圧がない箇所
- ③-2 頂版・底版マルチステップ
 - ・ 埋設物が地下水レベル以下、または、溜り水の被圧がある箇所

※ 埋設物は図面・試掘等により確認。

図面がない不明な埋設物が確認された場合は削孔を中断し、内容物の確認等を行った上で、適切な施工方法を選定、または、施工位置の移動等を行う（詳細は参考資料参照）。

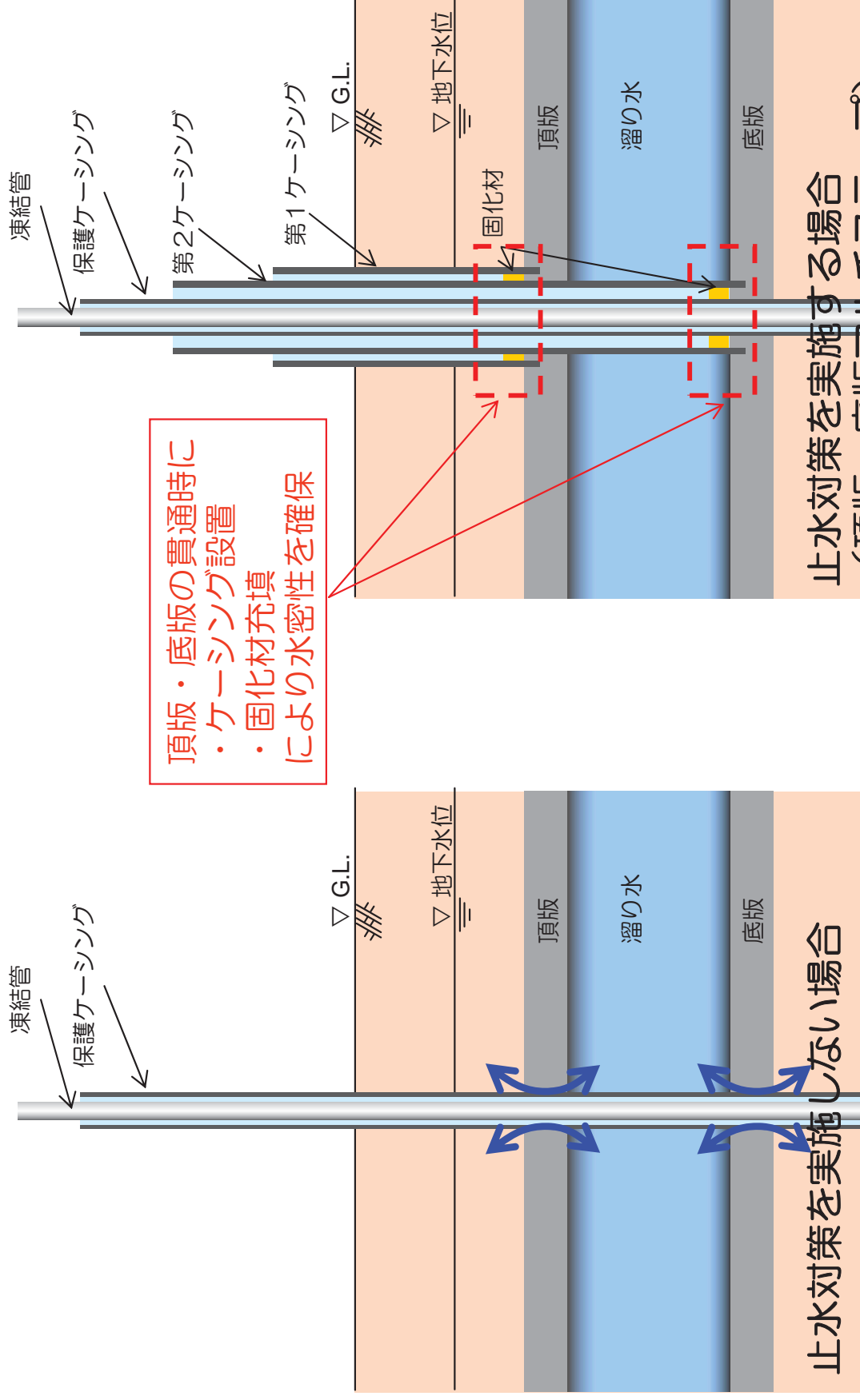
1.9 埋設物横断箇所での施工方法の選定フロー



1.10 貫通施工時の留意事項

貫通施工を行う際には以下について留意する必要がある。

- ・埋設物内の溜り水と地下水の連通を防止する（水密性の確保）。
- ・OFケーブル（Oil Filled、ケーブル油含む）や現状使用している通信・制御ケーブルの損傷を防止する。
 - OFケーブル；トレンチ内での確認・移動
 - 通信・制御ケーブル；図面・現地確認により使用状況を確認、必要に応じて移動

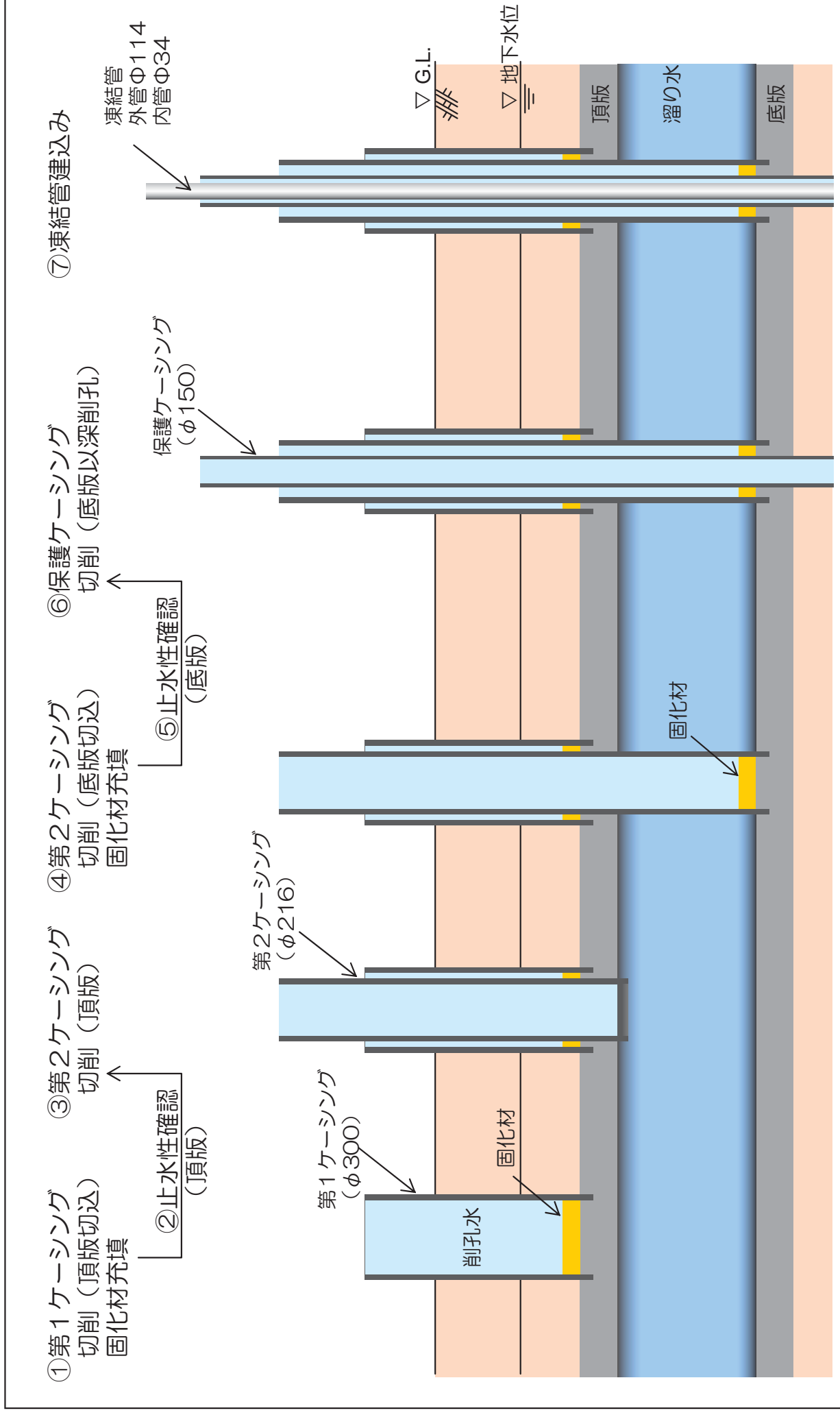


2. 貫通施工方法

- 2.1 貫通施工部の施工手順
- 2.2 FS事業における貫通施工成立性確認

2.1 貫通施工部の施工手順①

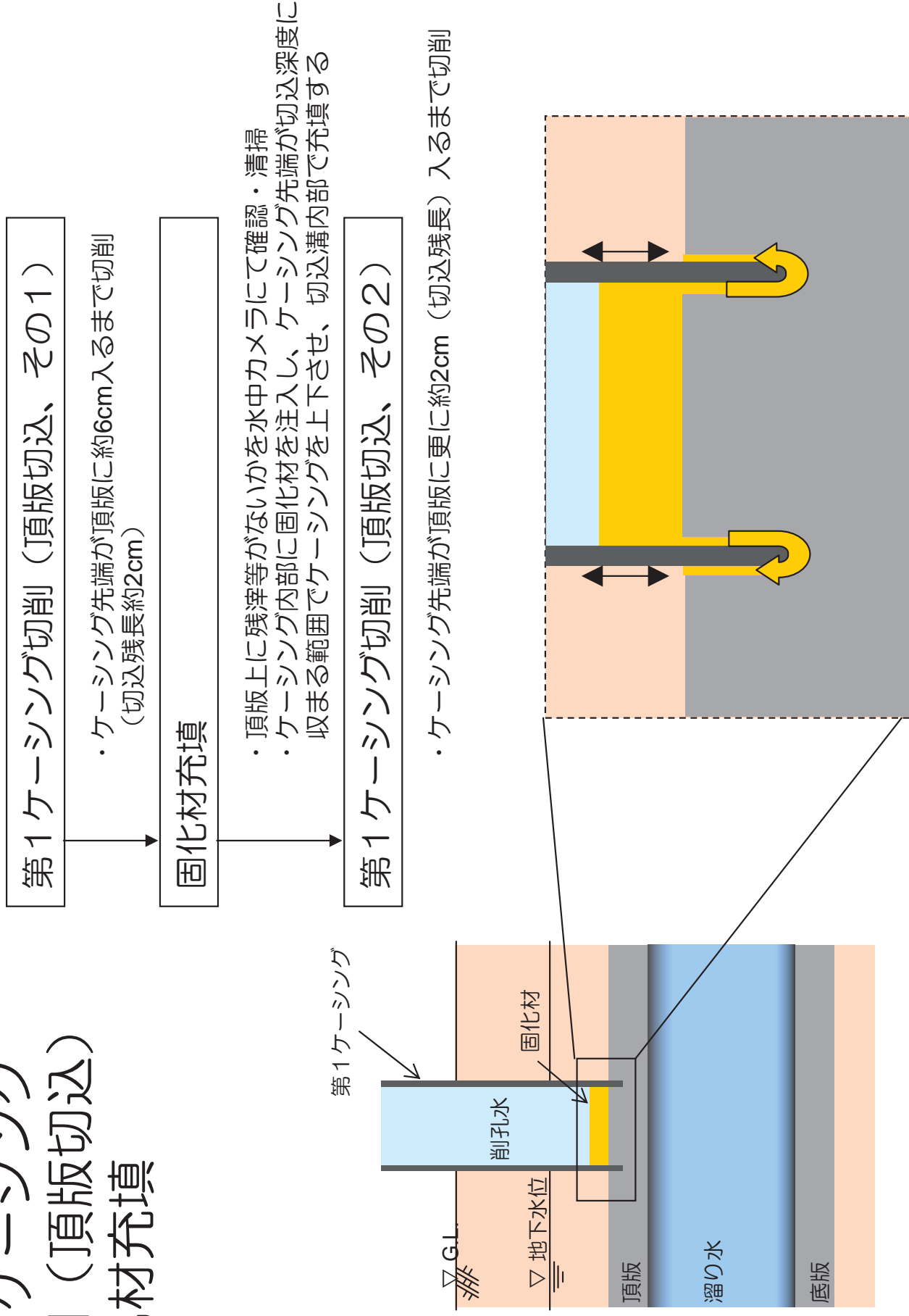
頂版・底版マルチステップ※ 施工フロー



※ 「頂版単純貫通・底版マルチステップ」について、頂版は固化材による止水処理等は実施しない

2.1 貫通施工部の施工手順②

①第1ケーシング切削 切削（頂版切込） 固化材充填



2.1 貫通施工部の施工手順③

② 止水性確認 (頂版)

第2ケーシング切削 (頂版切込)

- ・ 固化材硬化後、ケーシング先端が頂版に約8cm入るまで切削
(第1ケーシング切込深度と同一)

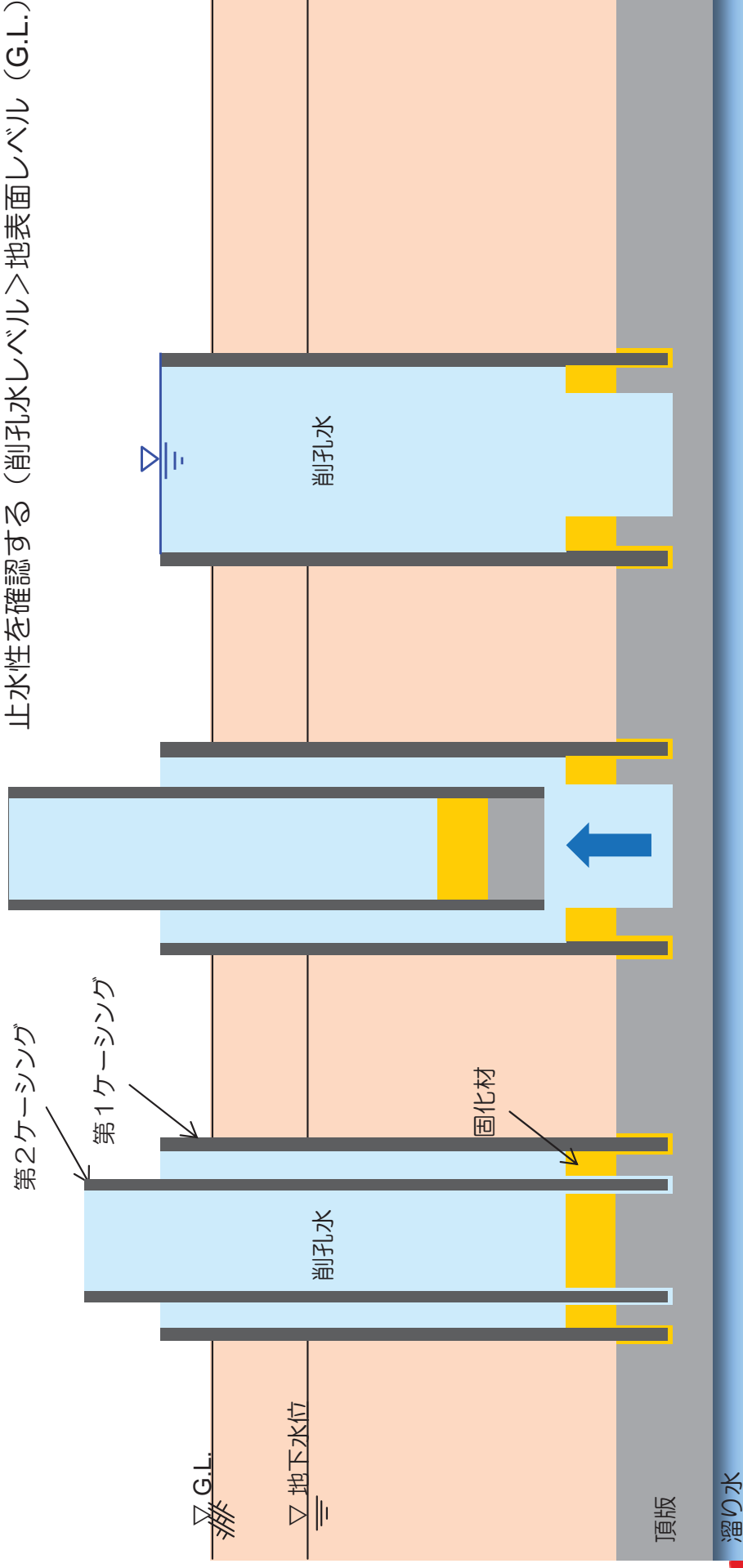
第2ケーシング引上げ

- ・ 第2ケーシング及び充填した固化材及び頂版 (上部) を引上げ

止水性確認 (水張りの試験)

- ・ 第1ケーシング内を削孔水で満たし、その水位変化を測定し、
止水性を確認する (削孔水レベル > 地表面レベル (G.L.))。

※ 止水性が確認できない場合は
固化材又はセメント系止水材
を充填



2.1 貫通施工部の施工手順④

③第2ケーシング 切削（頂版）

第2ケーシング切削

- ・ 止水性確認後、頂版を切削・貫通

内部状況の確認

- ・ 埋設物内部の状況（溜り水の有無、ケーブル・ケーブル・配管等）を水中カメラにて確認
- ・ ケーブル・配管等の損傷・切断の可否を確認の上、切削継続、または、切削位置の変更等の対応を行う。

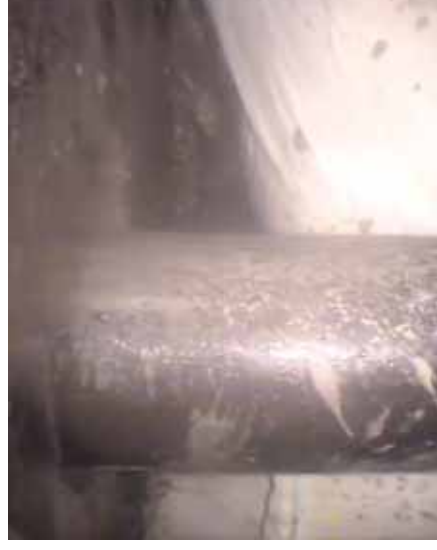
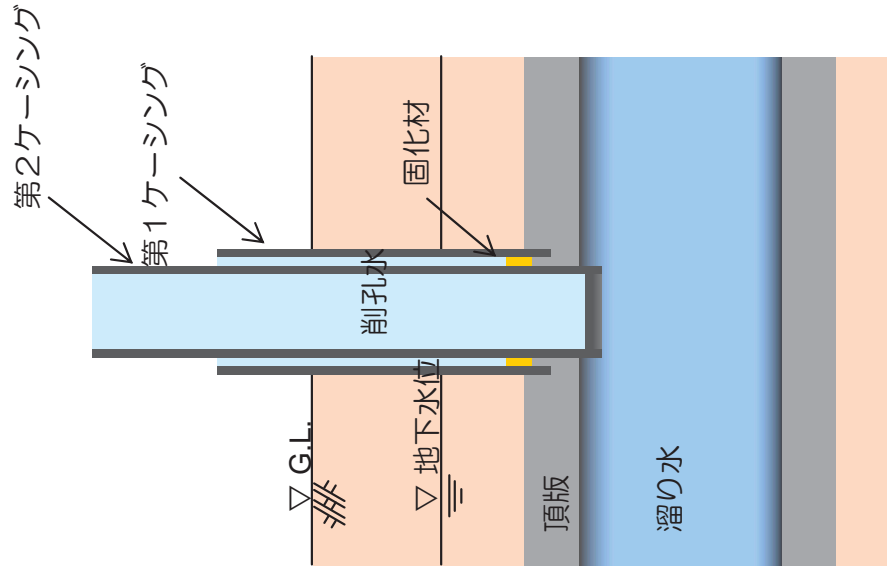
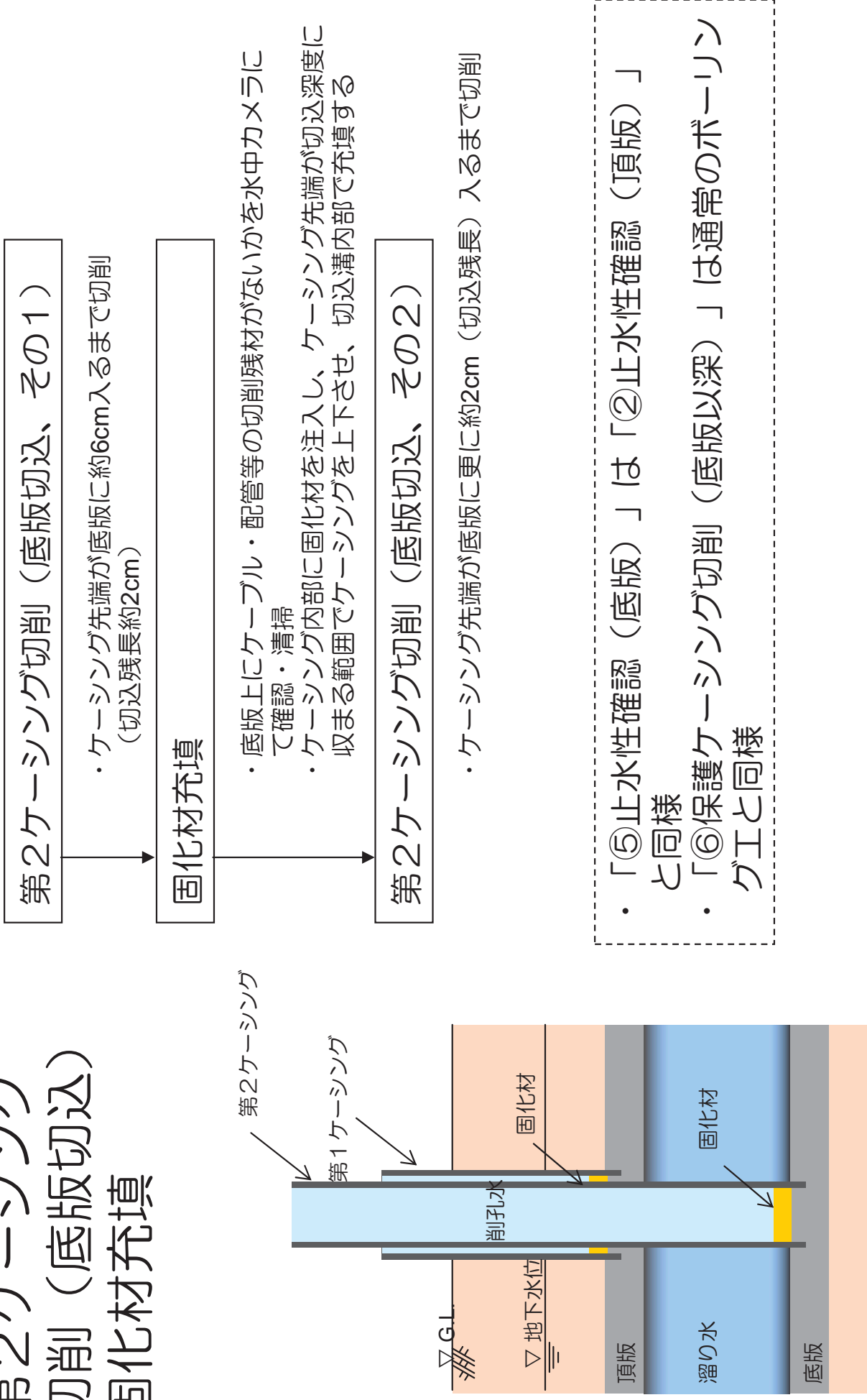


写真 水中カメラ映像
（海水配管トレンチ止水工事）

2.1 貫通施工部の施工手順⑤

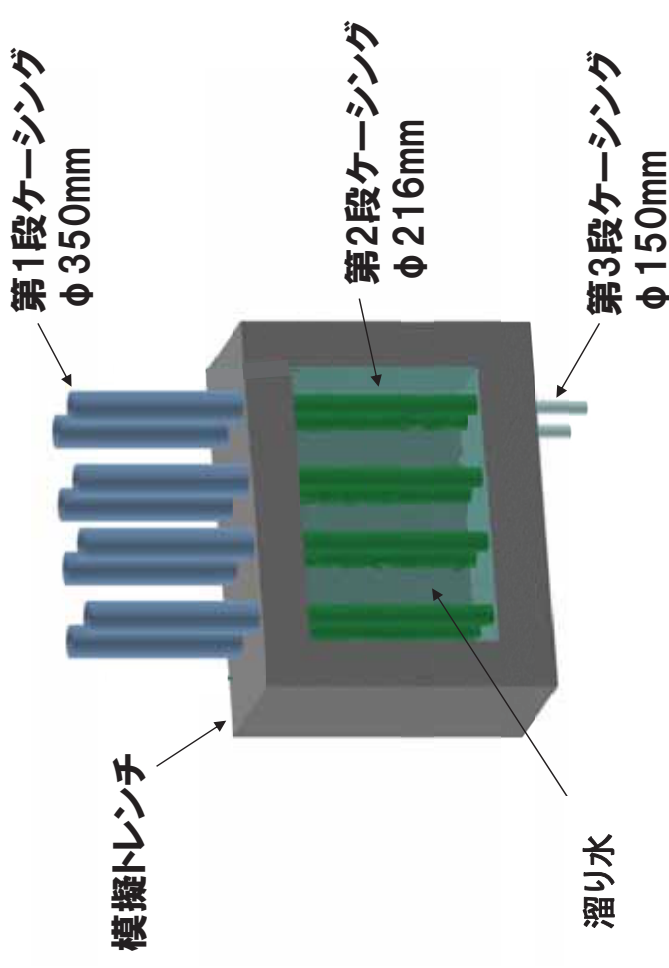
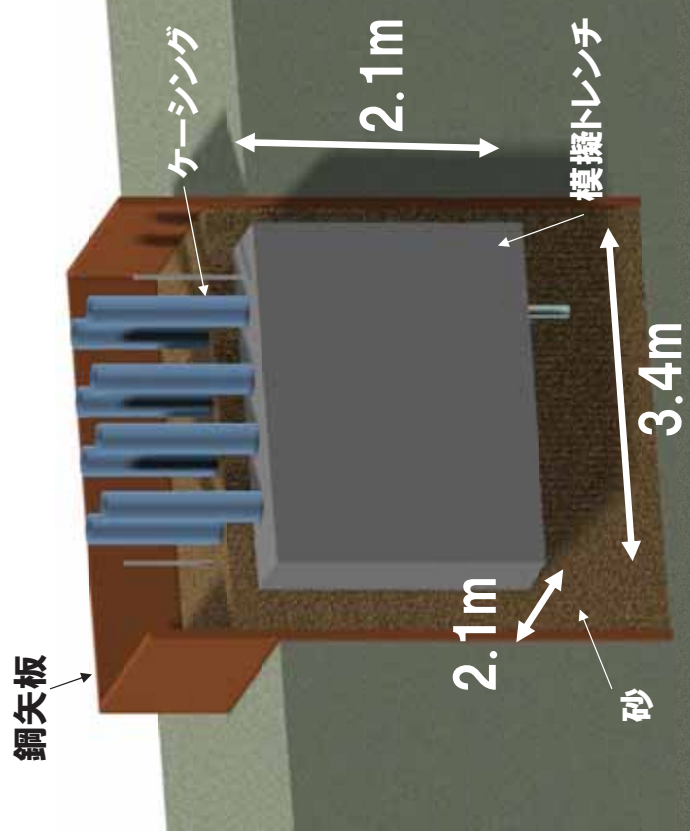
④第2ケーシング 切削（底版切込） 固化材充填



2.2 FS事業における貫通施工成立性確認①

(1) 試験目的

- 埋設物頂版・底版への凍結管の貫通施工時の水密性確保に対する成立性を確認する。



モックアップ試験のイメージ

模擬トレンチ仕様

- ・ 頂版・底版厚さ 0.3m
- ・ 鉄筋 D19@250×D13@250
(被り※ d=10cm)

※被り：構造物表面から鉄筋の中心位置までの長さ

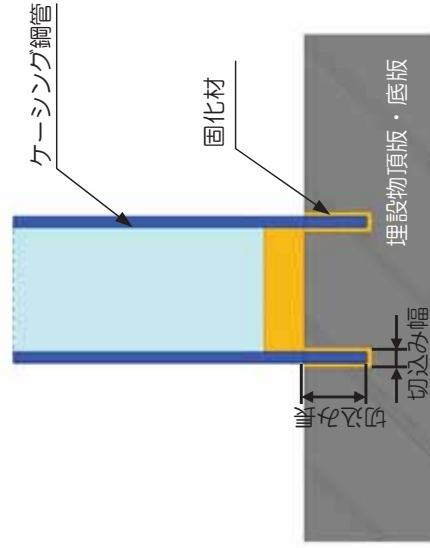
2.2 FS事業における貫通施工成立性確認②

(2) 試験概要①

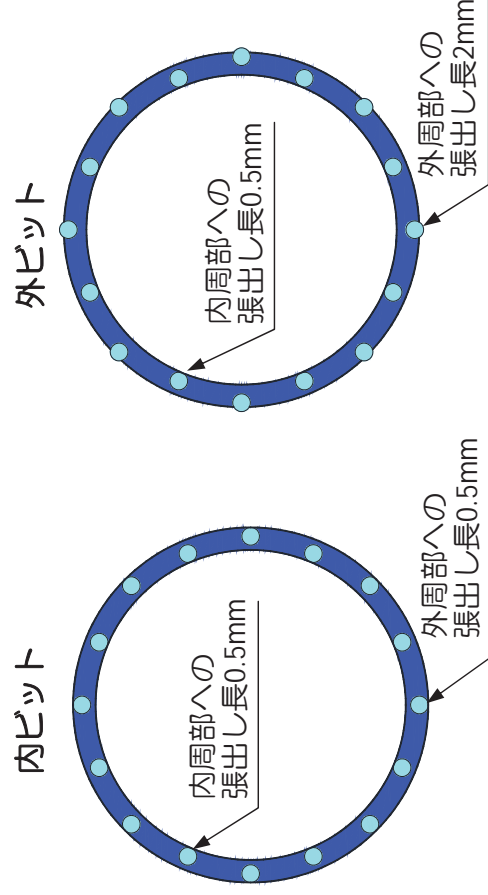
- 水密性の確認に対し、止水性能を構成する3つの要素(切込み長(深さ)・ビット配置形式(切込み幅)・固化材配合)をパラメータとして試験ケースを設定。

試験ケース一覧表

	CASE1	CASE2	CASE3	CASE4
切込み長(深さ)		8cm		18cm
ビット配置形式(切込み幅)	内ビット	外ビット	内ビット	外ビット
固化材配合 (セメントミルクW/C)		60%		100%
底版貫通切削		なし		あり
試験数量	2本	2本	2本	2本



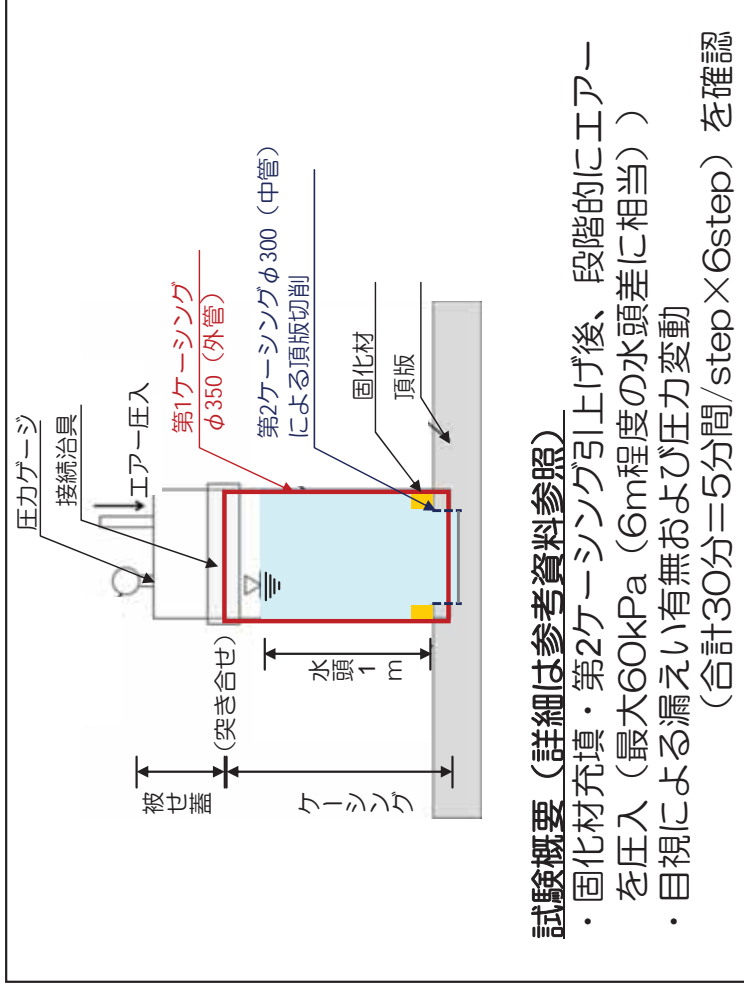
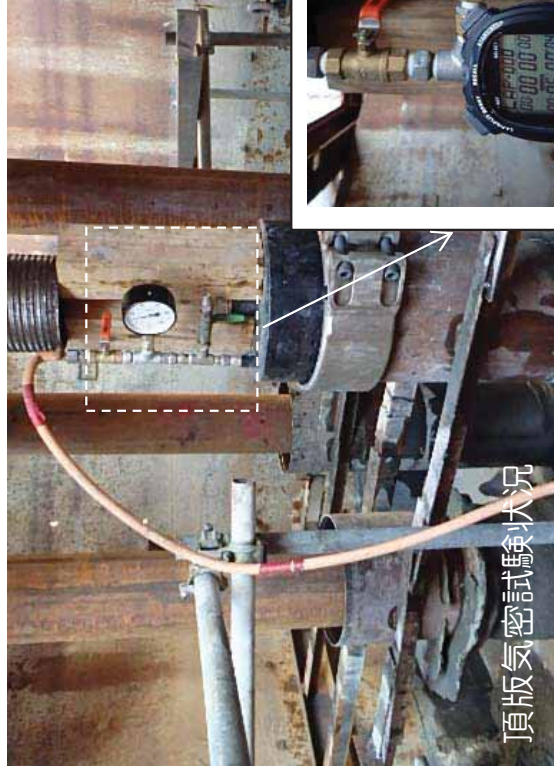
止水処理部の概要



ケーシング先端部
(ビット配置；外ビット)

2.2 FS事業における貫通施工成立性確認③

(2) 試験概要②



2.2 FS事業における貫通施工成立性確認④

(3) 試験結果

- 今回の気密試験において、止水性能への影響が最も大きいパラメータは「ビット配置形式（切込み幅）」であり、内ビット形式の試験結果は、設定圧力を全て満足する結果を得ることができた。
- 内ビット形式により、切込み溝の幅を小さくし、固化材のより密実強固な間詰を図ることが水密性確保に有効であることを確認した。

気密試験結果（詳細は参考資料参照）

CASE No.	1-1	1-2	2-1	2-2	3-1	3-2	4-1	4-2	4-1'	4-2'
	頂版									
ケーシング径 (mm)	φ350	φ350	φ350	φ350	φ350	φ350	φ350	φ350	φ216	φ216
切込み長 (cm)	8	8	8	8	18	18	18	18	18	18
ビット配置形式 (切込み幅)	内	内	外	外	内	内	外	外	外	外
固化材配合 (セメントミルグW/C%)	60	60	60	60	100	100	100	100	100	100
ボーリングマシンの 回転数 (r.p.m)	30	15	15	15	15	15	15	15	15	15
試験結果	—※1	○	○	○※2	○	○	×	○	○	○

※1 CASE1-1は気密試験の初期段階で目視による漏えいが確認された。

ボーリングマシンの回転数が影響していると推定し、以降の試験ではボーリングマシンの回転数を落として切削した結果、同様の事象は確認されなかった。

※2 CASE2-2は目視による漏えいは確認されなかったが、気密試験の最終段階（設定圧力60kPa）でゲージ圧の低下が確認された。

2.2 FS事業における貫通施工成立性確認⑤

(4) 実証試験結果より設定した施工条件

評価項目	選定結果
切込み長	約8 cm
ビット配置形式 (切込み幅)	内ビット
固化材配合 (セメントミルクW/C)	100%
ボーリングマシンの回転数	15 r p m

- 切込み長：標準的なかぶり厚（鉄筋とコンクリート表面までの厚さ）である8 cmとすることで、構造物への損傷を少なくする。
- ビット配置形式（切込み幅）：外ビットは内ビットに比べて削孔周が広がるため施工性に富むが、試験結果から気密性が保たれない可能性があることから内ビットを採用する。
- 固化材配合：W/C（水とセメントの配合比）は60%と100%では試験結果に差異は見られないため、一般的なセメントミルク配合の100%を採用する。

3. 山側横断箇所の施工計画

- 3.1 山側横断箇所の施工計画（施工方法による分類）
- 3.2 代表的な貫通施工計画
- 3.3 代表的な複列施工計画

3.1 山側横断箇所の施工計画（施工方法による分類）

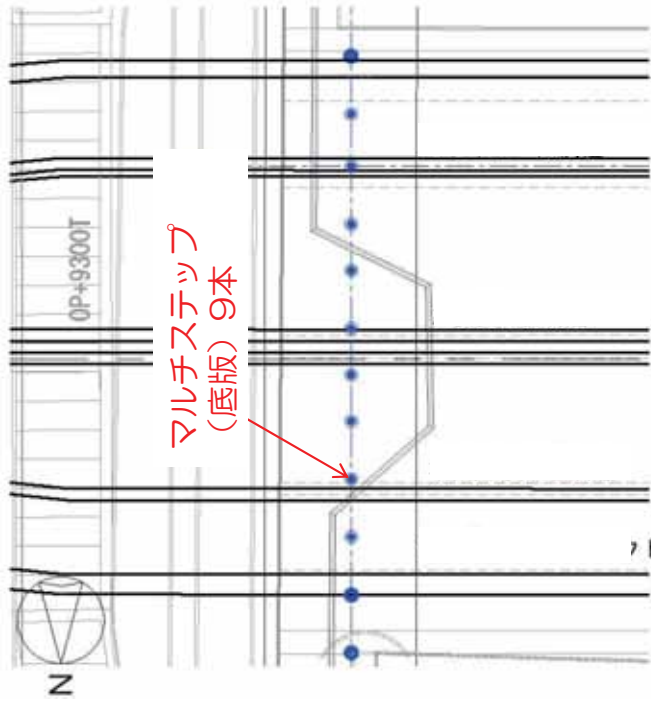
施工方法	断面形状	幅員、径 (m)	標高 (O.P.+m)	地下水位	数量
貫通施工 (頂版単純貫通・底版マルチステップ)	矩形	1.2~8.3	9.1~11.8	6.9~8.9	13
	円形	2.7	8.9、9.0	8.9	2
	矩形	1.7~3.4	5.8以深~ 10.0	8.9	6
貫通施工 (頂版・底版マルチステップ)	円形	2.8	2.0	8.9	2
	矩形	2.1	10	6.9	1
複列施工	円形	1.2~1.5	7.3~8.6	6.9~8.0	3

貫通箇所 計 23箇所
複列施工箇所 計 4箇所

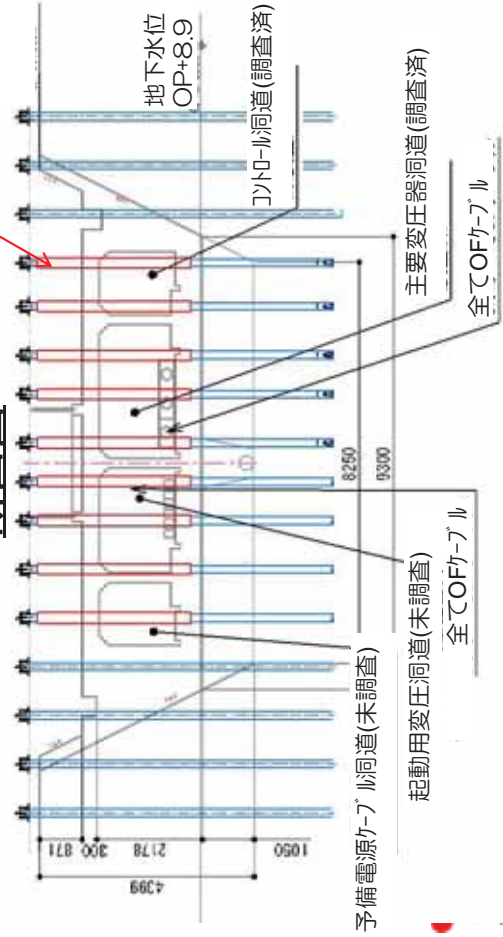
3.2 代表的な貫通施工計画（頂版単純貫通・底版マルチステップ、矩形）

5-1「1号機電気ケーブルダクト」

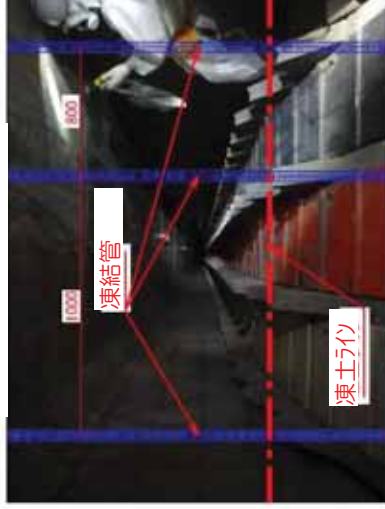
平面図



断面図



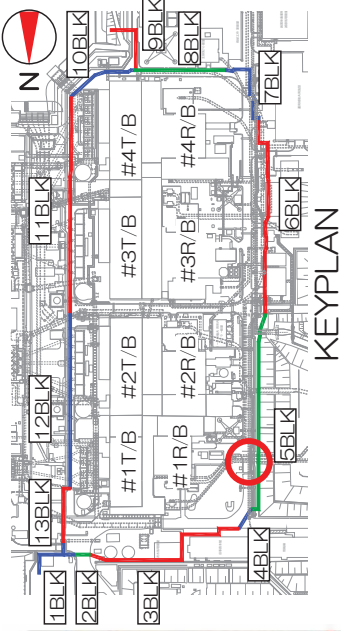
外部写真



内部写真



内部写真（溜り水）



<埋設物情報>

位置：山側 5BLK
 形状：矩形
 寸法：幅8.3m
 標高：OP+11.8m
 溜り水：有
 地下水位：OP+8.9m
 内部施設：電気ケーブル
 (OFケーブル)

<施工パターン>

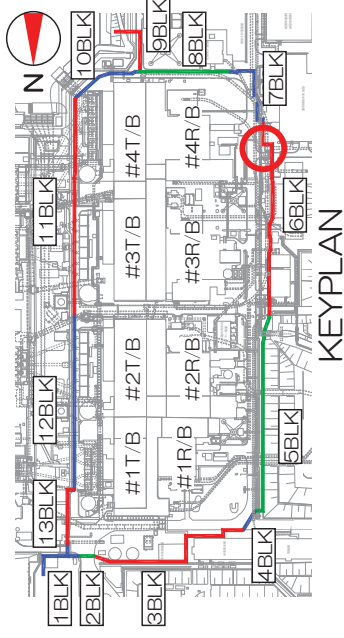
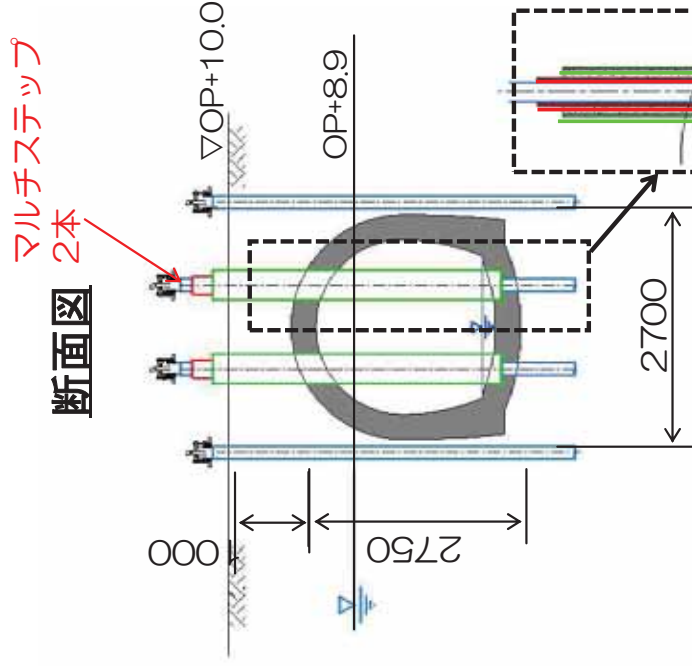
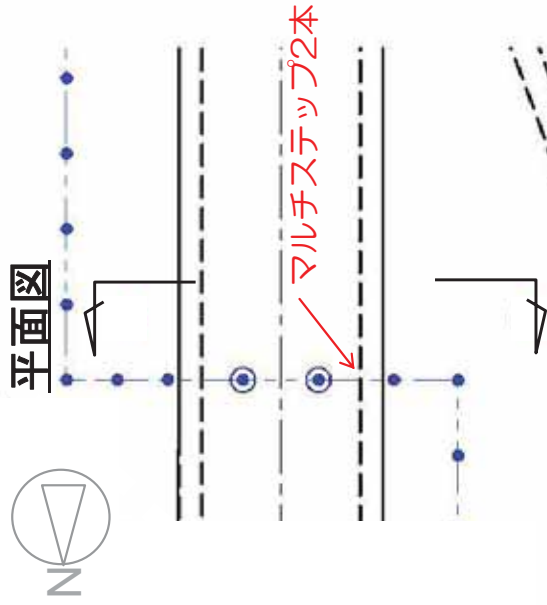
【頂版】単純貫通
 【底版】マルチステップ
 (OFケーブルは貫通しない)

ケーシング凡例
 第1保護ケーシング
 凍結管保護ケーシング

※凍結管の施工方法は、今後の現場調査により変更の可能性がある

3.2 代表的な貫通施工計画（頂版単純貫通・底版マルチステップ、円形）①

6-9 「K排水路②」



<埋設物情報>

位置：山側 6BLK
 形状：円形
 寸法：幅2.7m
 標高：OP+9.0m
 溜り水：有
 地下水位：OP+8.9m
 内部施設：雨水排水

<施工パターン>

【頂版】単純貫通
 【底版】マルチステップ

- ・排水路内部は凍結管に断熱材取付け（排水流量は確保）

ケーシング凡例	
—	第1保護ケーシング (断熱材保護用)
—	第2保護ケーシング
—	凍結管保護ケーシング



内部写真

通水あり

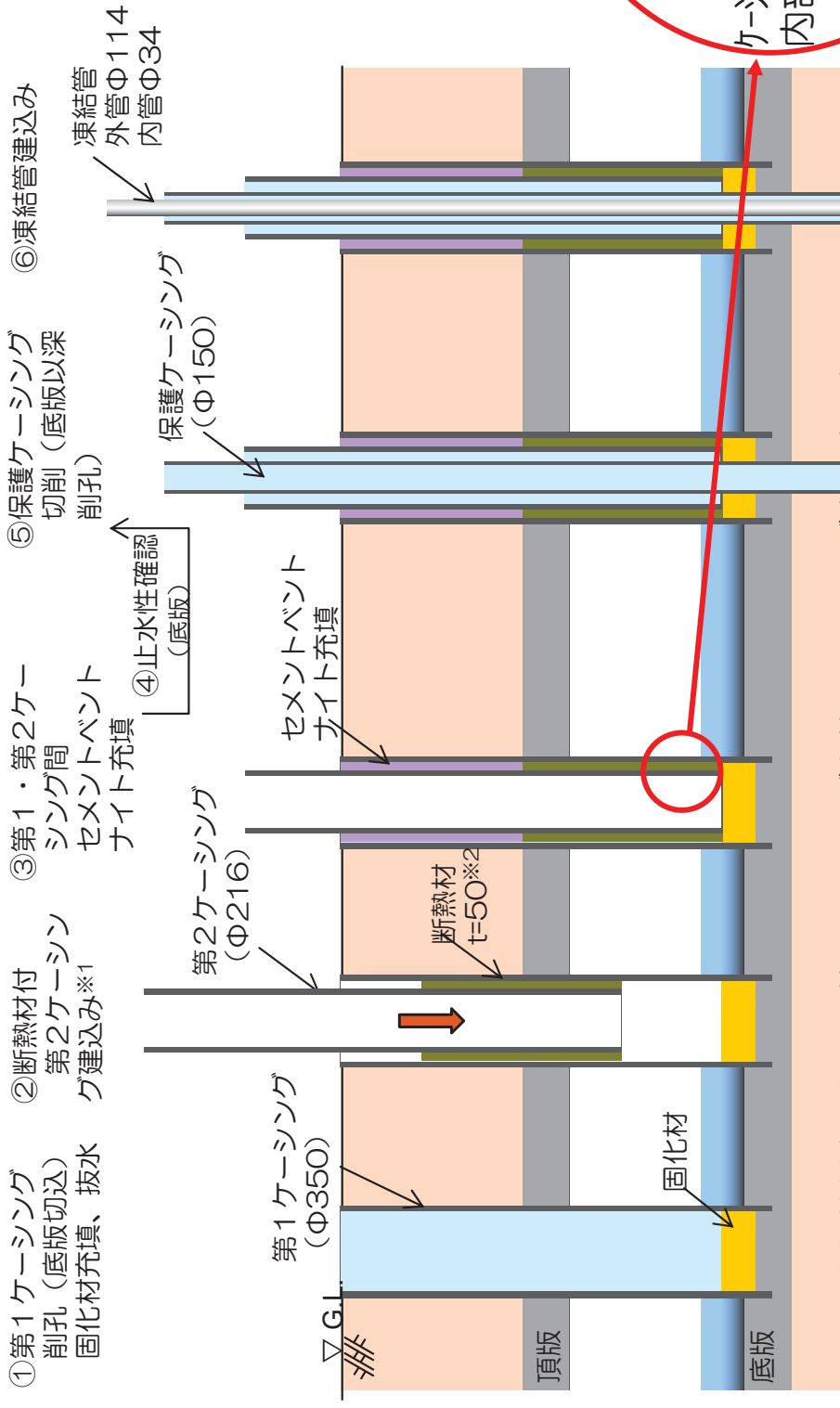
※1 ポリスチレンフォーム t=50mm 予めケーシングに取付け建込み

※凍結管の施工方法は、今後の現場調査により変更の可能性がある

3.2 代表的な貫通施工計画（頂版単純貫通・底版マルチステップ、円形）②

6-9 「K排水路②」

断熱材設置方法 施工フロー

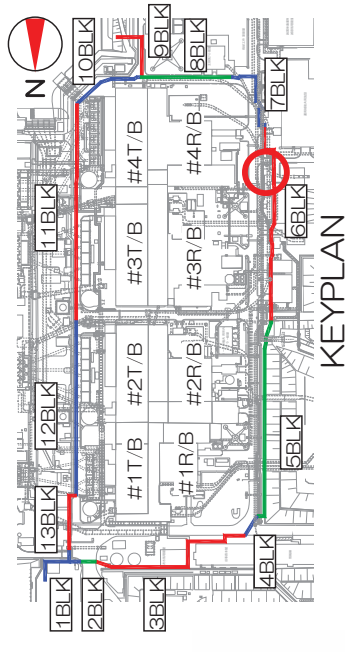


- ① 第1ケーシング 断熱材付 ② 断熱材付 ③ 第1・第2ケーシング間 セメントベントナイト充填 ④ 止水性確認 (底版)
- ⑤ 保護ケーシング 切削 (底版以深 削孔)
- ⑥ 凍結管建込み 凍結管 外管Φ114 内管Φ34

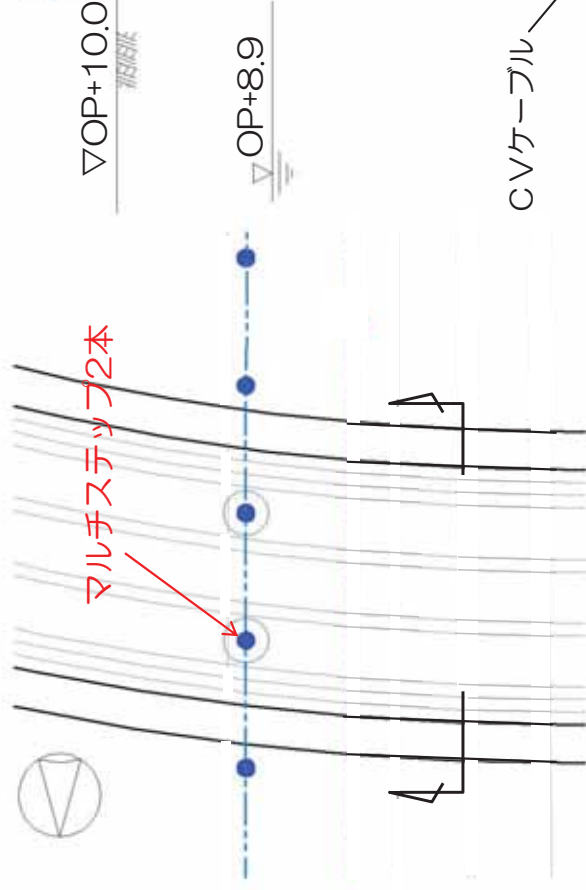
- ※1 予め断熱材を取付けた第2ケーシングを第1ケーシング内に建込む
なお、断熱材が削孔水と接触しないようにFRPにてコーティングを行う
- ※2 断熱材：ポリスチレンフォーム t=50mm
 - ・水中に浸漬しても、膨潤したり、軟化、変形、変質することがない
 - ・熱伝導率0.040W/m・K以下

3.2 代表的な貫通施工計画（頂版・底版マルチステップ、矩形）

6-6 「4号機主変圧器ケーブルダクト」

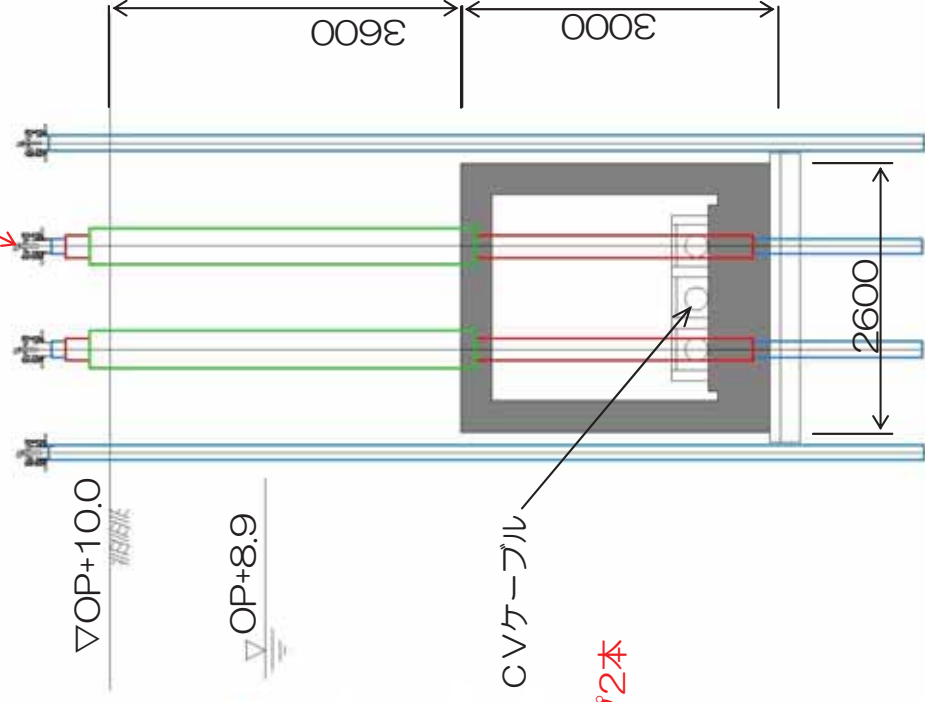


平面図



マルチステップ
2本

断面図



ケーシング凡例
 第1保護ケーシング
 第2保護ケーシング
 凍結管保護ケーシング

<埋設物情報>

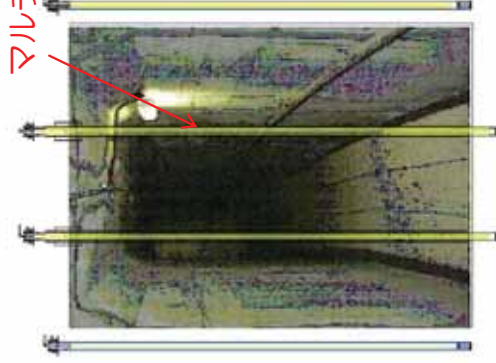
位置：山側 6BLK
 形状：矩形
 寸法：幅2.6m
 標高：OP+6.4m
 溜り水：有
 地下水位：OP+8.9m
 内部施設：電気ケーブル
 (CVケーブル※)

<施工パターン>

【頂版】マルチステップ
 【底版】マルチステップ

※CVケーブル：
 架橋ポリエチレン絶縁ビニルシースケーブル

マルチステップ2本



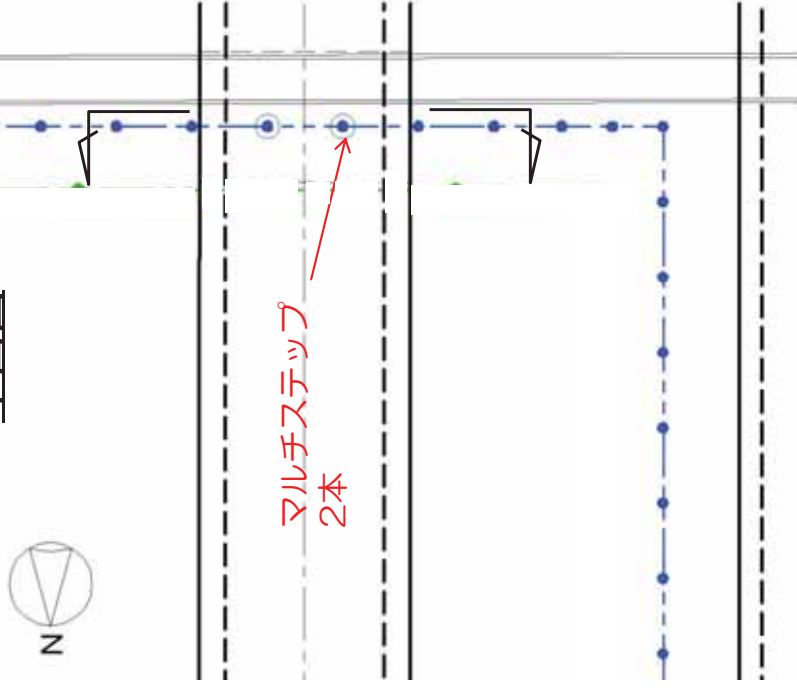
内部写真

※凍結管の施工方法は、今後の現場調査により変更の可能性がある

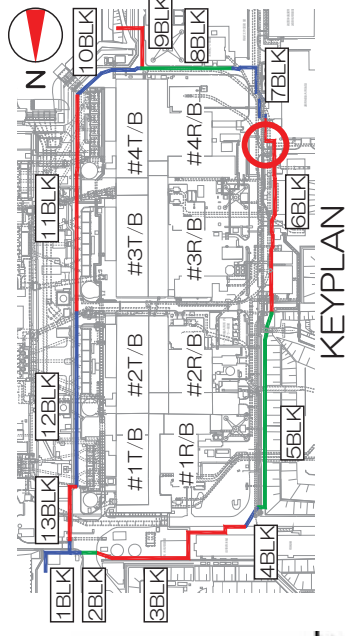
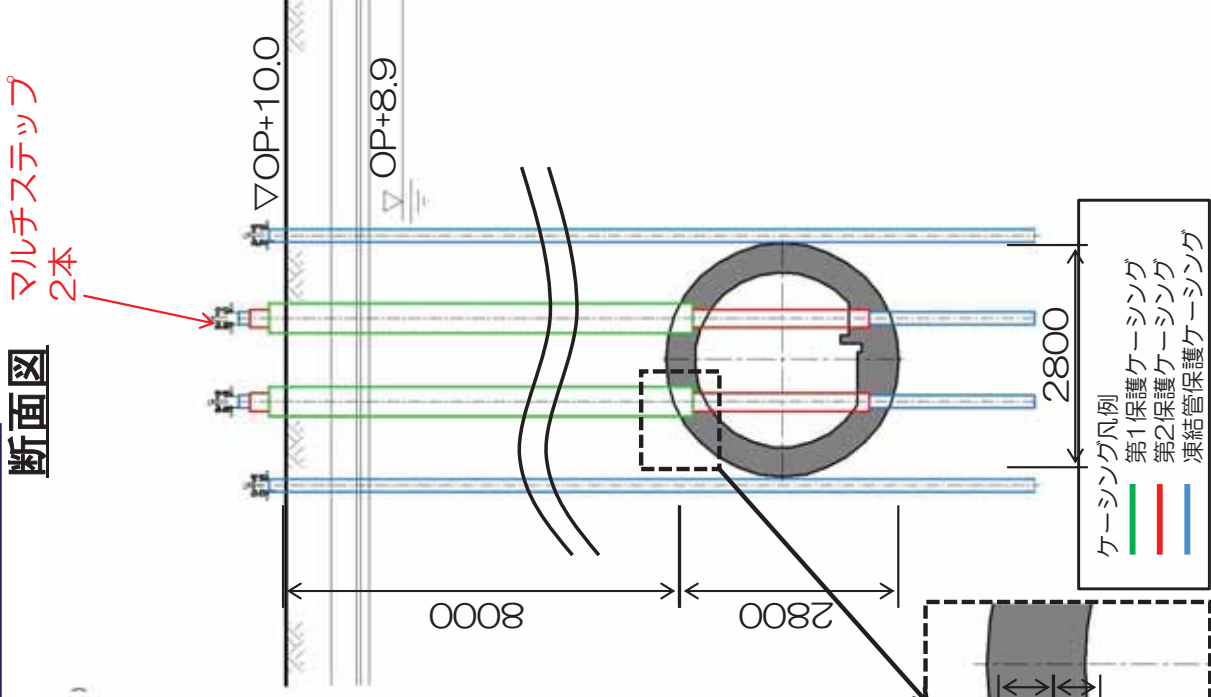
3.2 代表的な貫通施工計画（頂版・底版マルチステップ、円形）

6-8「2~4号機DG連絡ダクト②」

平面図



断面図



<埋設物情報>

位置：山側 6BLK
 形状：円形
 寸法：幅2.8m
 標高：OP+2.0m
 溜り水：有
 地下水位：OP+8.9m
 内部施設：電気ケーブル

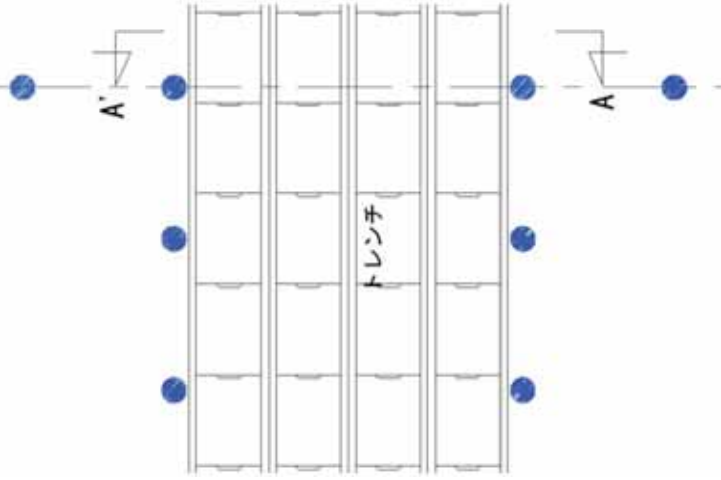
<施工パターン>

【頂版】 マルチステップ
 【底版】 マルチステップ

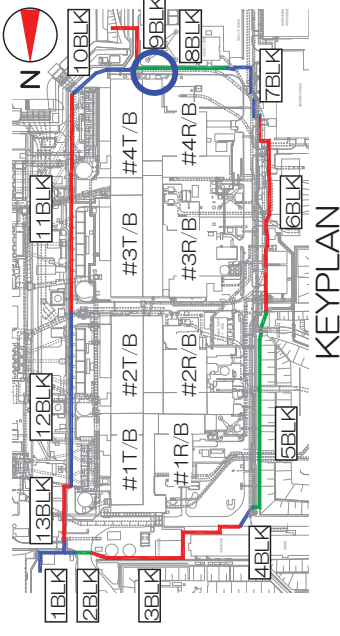
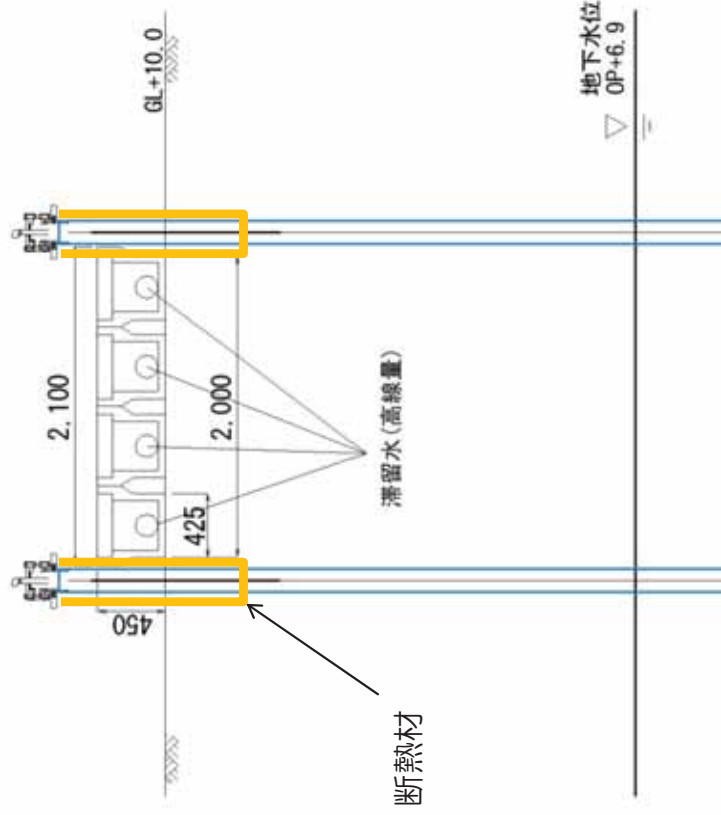
3.3 代表的な複列施工計画

8-1 「滞留水移送管」

平面図



断面図



<埋設物情報>

位置：山側 8BLK
 形状：矩形
 寸法：外幅2.1m
 標高：OP+10.0m（下端）
 溜り水：調査予定
 地下水位：OP+6.9m
 内部施設：

<施工パターン>

複列



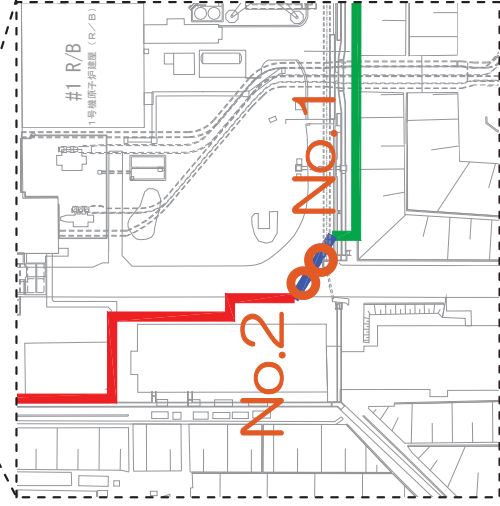
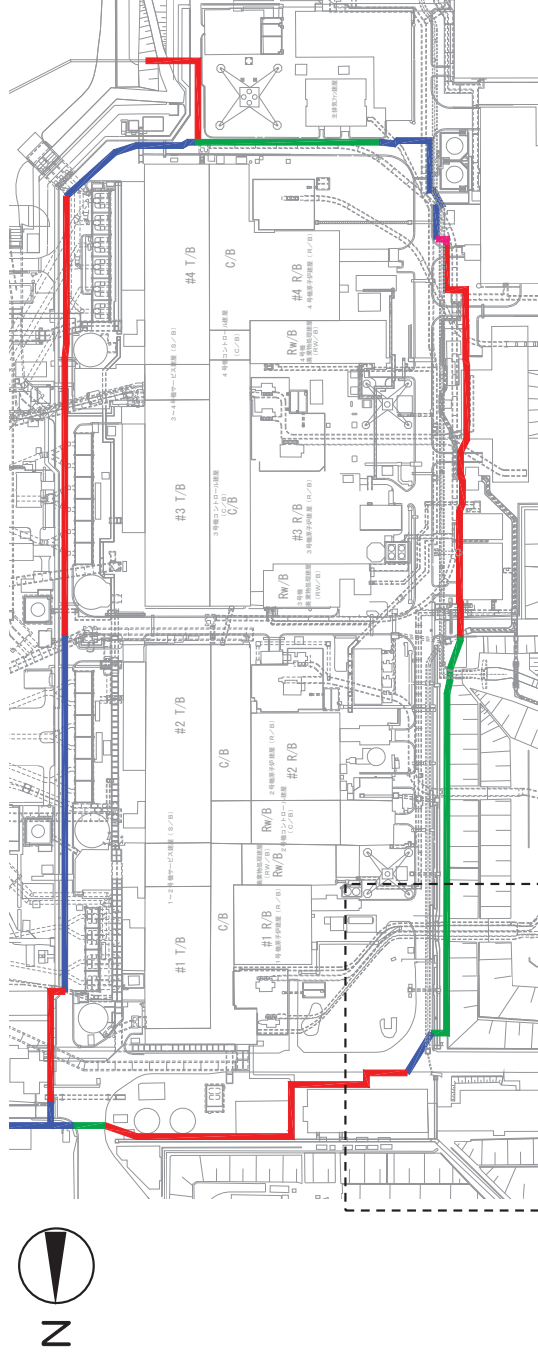
ケーシング凡例

4. 凍土壁工事 工事進捗状況他

4.1 凍土壁工事 工事進捗状況

4.2 凍土壁工事 労働安全上の配慮事項

4.1 凍土壁工事 工事進捗状況



【4BLK】(2/28本削孔中)

No.1 ; 削孔深度 24.0m (6/5完了時点)

No.2 ; 削孔深度 4.5m (//)

※ 計画削孔深度 ; 30m



4.2 凍土壁工事 労働安全上の配慮事項①

予想される災害	対策
試掘中の掘削面崩落	<ul style="list-style-type: none">・多段掘削の実施・単独作業の禁止・状況に応じた土留めの設置
ボーリングマシン回転部等の挟まれ・巻きこまれ	<ul style="list-style-type: none">・回転部カバーの確実な取付け・保護具の着用・起動前オペ発声による合図の実施
重量物の落下	<ul style="list-style-type: none">・荷下への侵入禁止・専任監視員の配置
作業架台からの墜落	<ul style="list-style-type: none">・落下防止柵、昇降設備の配備・作業架台の点検
熱中症	<ul style="list-style-type: none">・体調管理のチェック（チェック表活用）・作業員同士の声掛け・作業前後の水分・塩分の摂取・クールベストの着用・WBG Tに応じた休憩時間の設定
作業員の被ばく	<ul style="list-style-type: none">・L型擁壁、タグ・ステップ、RCパネル設置・表土すきとり、被覆・遮蔽ベスト着用 等

4.2 凍土壁工事 労働安全上の配慮事項②

新規入場者のための管理区域作業トレーニング



仮設ヤード屋外での模擬作業

カリキュラム

- ・ 試掘作業の体験
- ・ 不明埋設物接触時の体験
- ・ 足場組立・解体の体験
- ・ 溶接作業の養生体験
- ・ ケーシング接続作業の体験

二人一組で正しく
装備できてい
るか確認しま
しょう

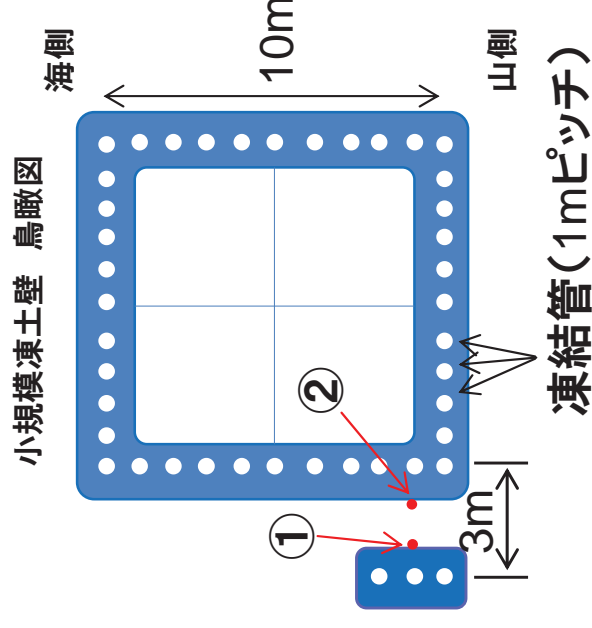
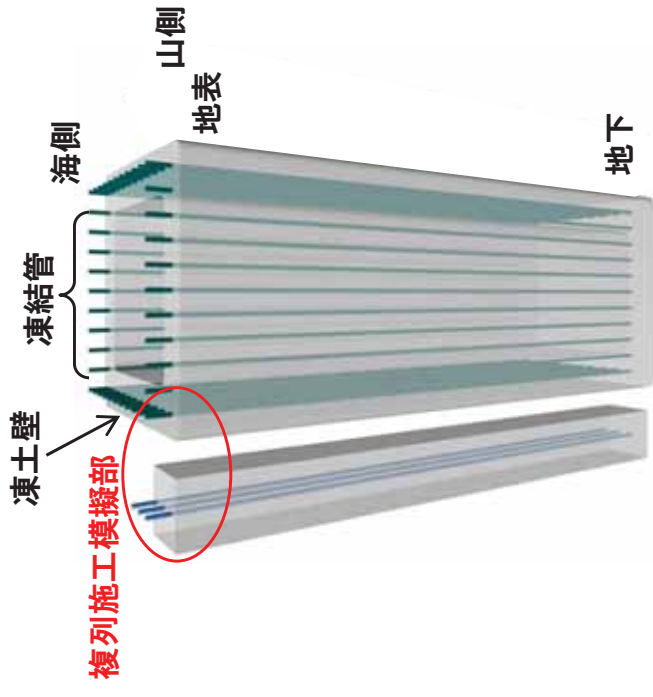


＜参考資料＞

- ＜参考1＞ 複列施工の成立性確認
- ＜参考2＞ 不明埋設物への対処方法
- ＜参考3＞ FS事業における貫通施工試験
- ＜参考4＞ 貫通施工計画
- ＜参考5＞ 複列施工計画
- ＜参考6＞ 凍土壁工事 主な被ばく線量低減対策

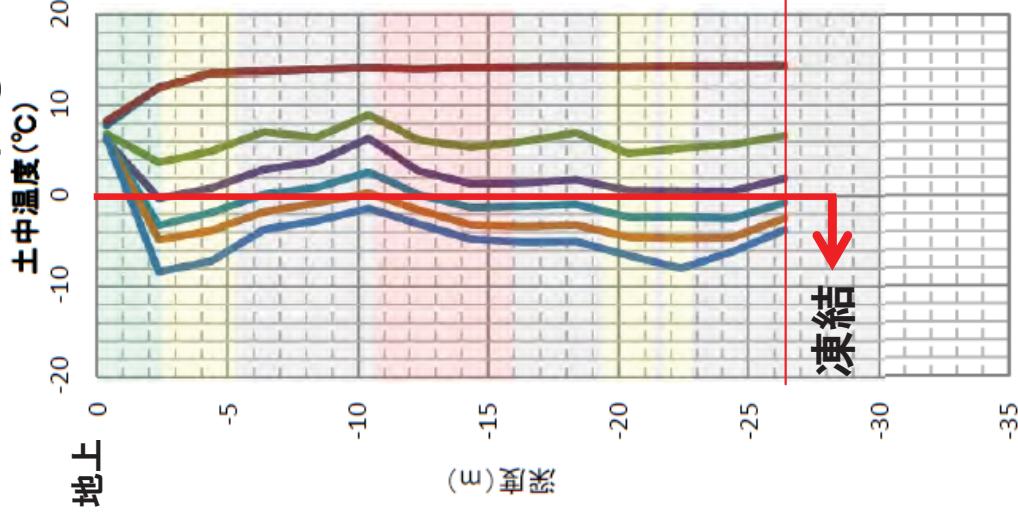
<参考1> 複列施工の成立性確認①

- 凍結管ピッチ3m幅に対して複列施工した場合の凍土壁の閉合成立性を実証中
- 現在凍土壁造成が進行し6月上旬に閉合見込み

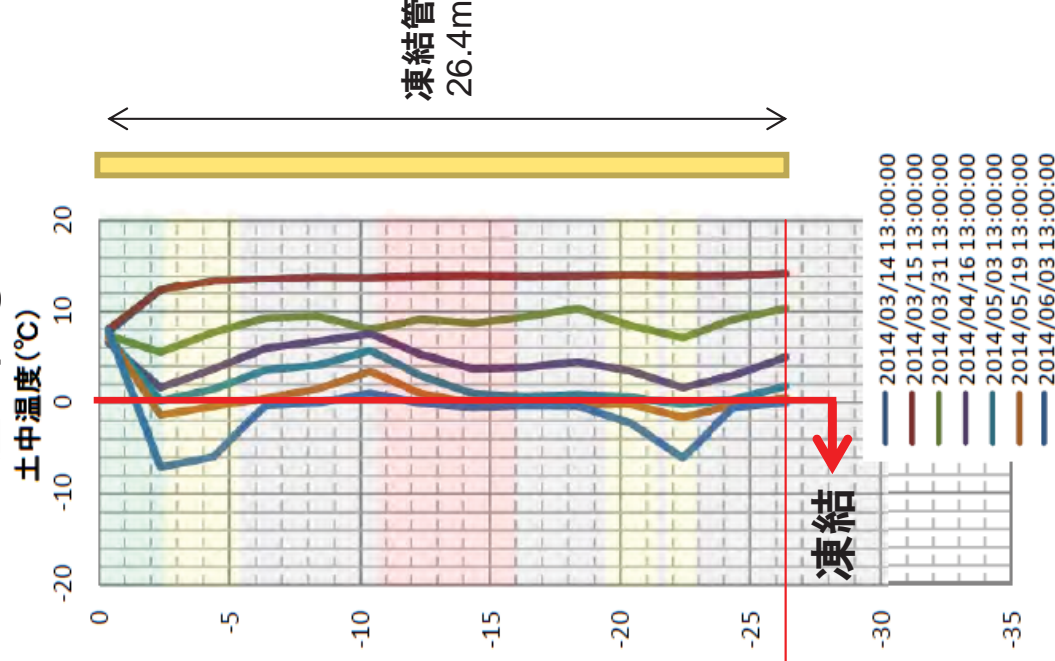


小規模凍土壁 平面図

測温位置①

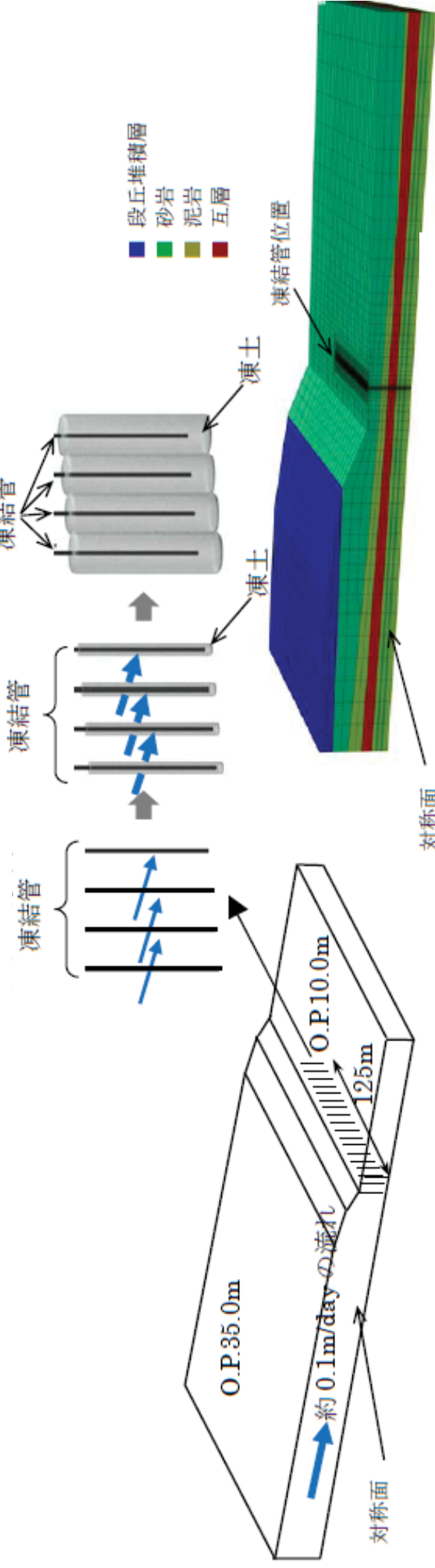


測温位置②



＜参考1＞ 複列施工の成立性確認②

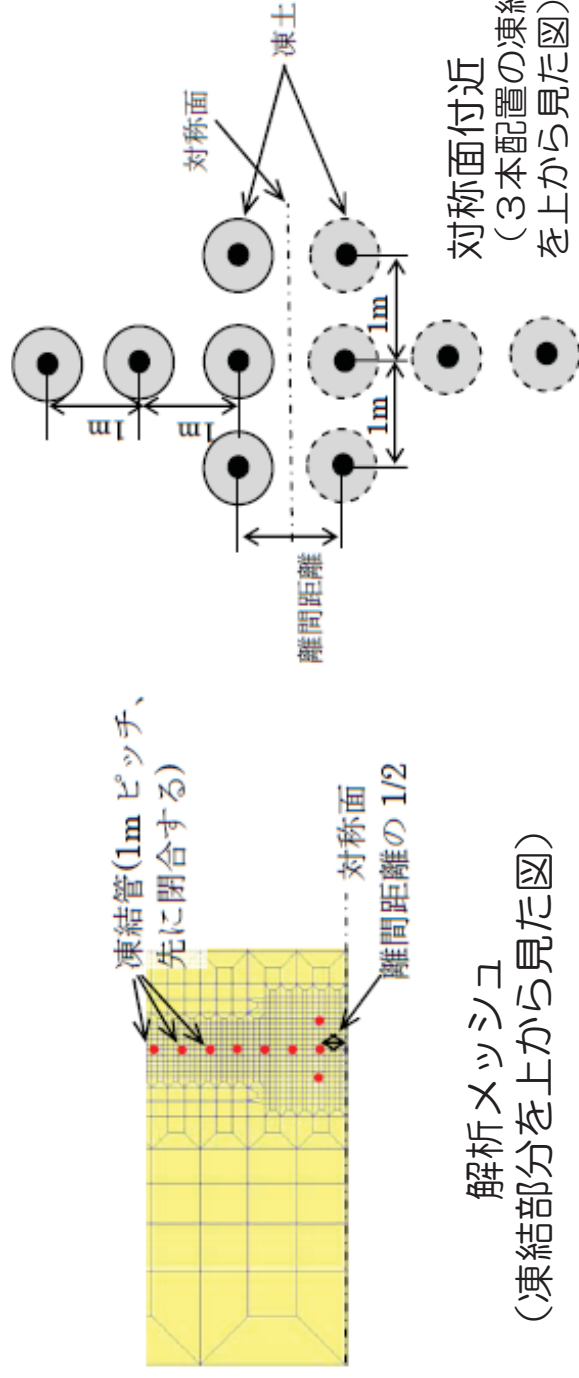
複列施工による凍結閉合の成立性確認を以下の条件で実施
 (凍結管を軸方向に3本増設した場合でダムアップを考慮したケース)



解析モデル (1/2対称モデル)

解析メッシュ (1/2対称モデル)

- ・ 複列施工の対象構造物で最大の幅員は2.1m
- ・ ケーシング径は0.15m
- ・ ゆえに2.4mの離間で閉合を確認 (解析は2.5mで実施)

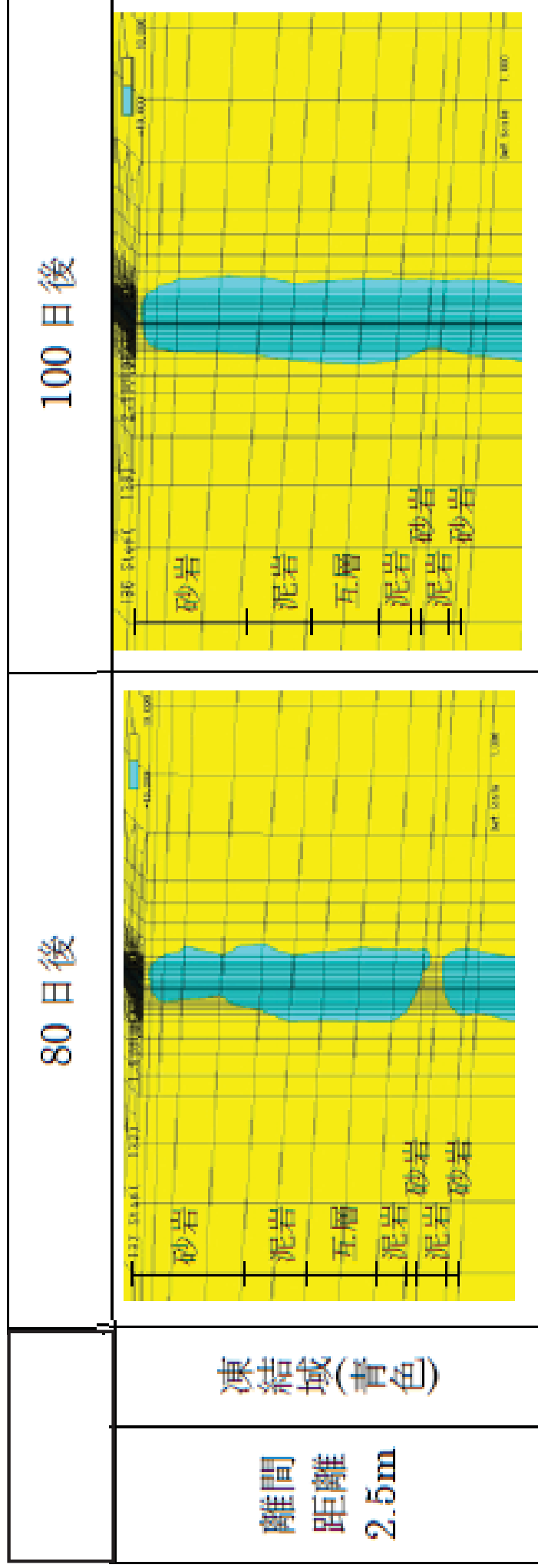


解析メッシュ
 (凍結部分を上から見た図)

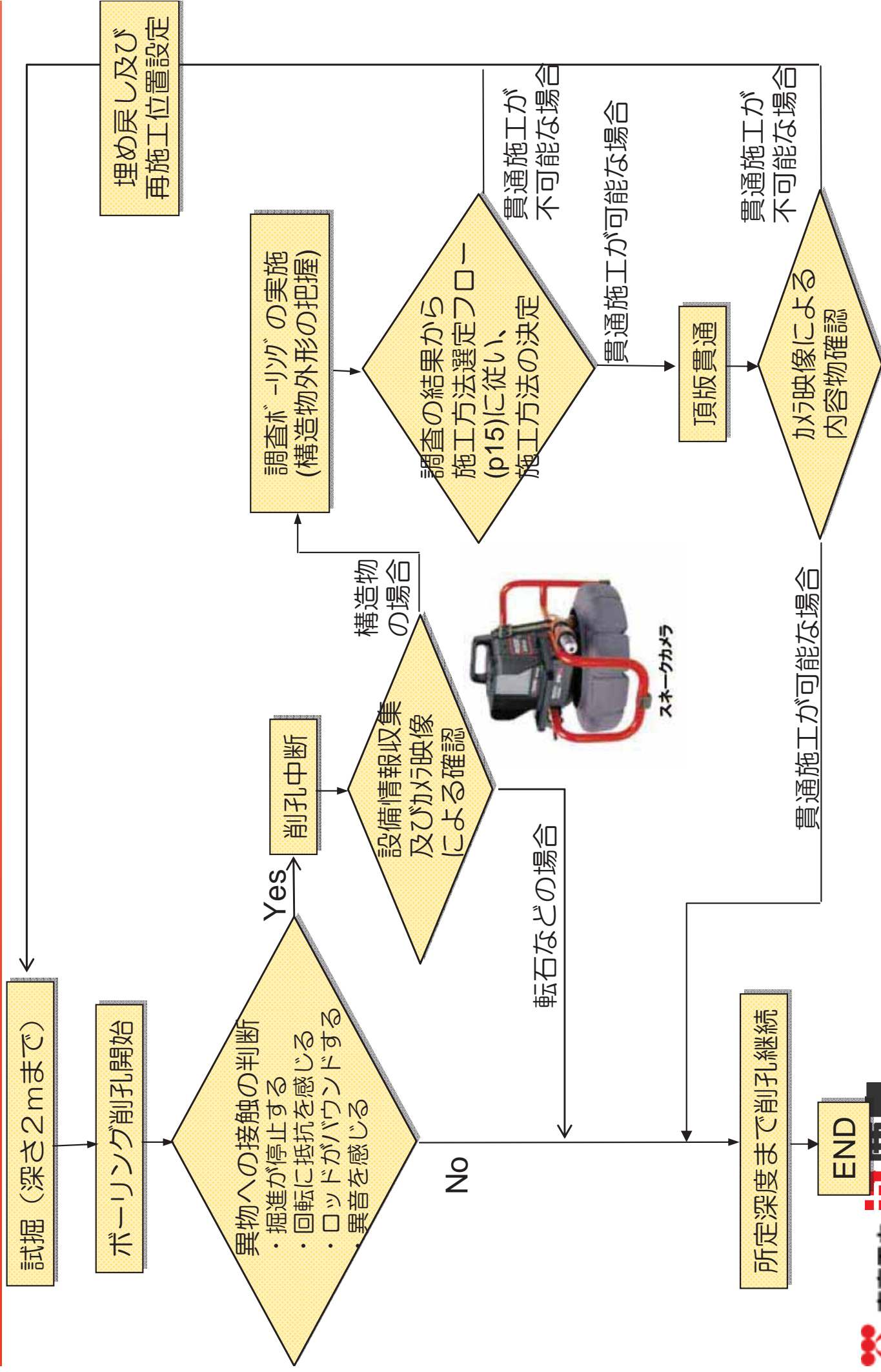
対称面付近
 (3本配置の凍結管を上から見た図)

<参考1> 複列施工の成立性確認③

解析の結果、2.5mの離間では100日後に閉合する

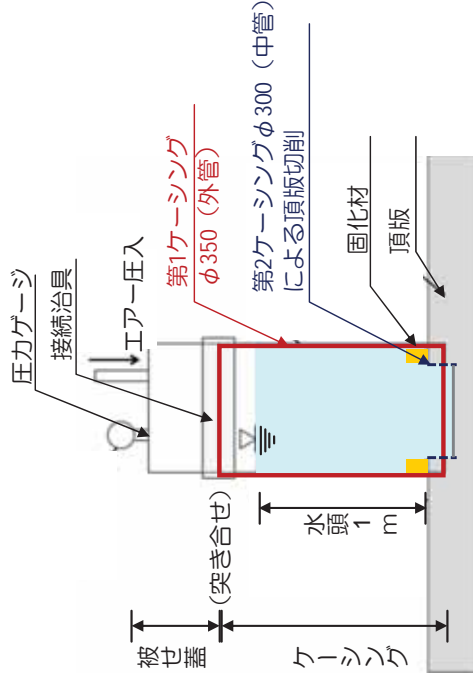


<参考2> 不明埋設物への対処方法



<参考3> FS事業における貫通施工試験①

(1) 気密試験の概要・実施フロー（頂版試験の例）



<外管の頂版への止水>

Step1：第1ケーシング（φ350）による削孔その1

削孔深さは、切込み長設定値に対して、2cmを残す深さまで削孔

Step2：セメントミルク注入充填

ケーシング内部に固化材を注入し、ケーシング先端が切込深度に収まる範囲でケーシングを上下させ、切込溝内部で充填する

Step3：第1ケーシング（φ350）による削孔その2

切込み長残尺2cmに対して、削孔水の供給を行わず（無水削孔）、所定深さまで削孔

Step4：第2ケーシング（φ300）による削孔

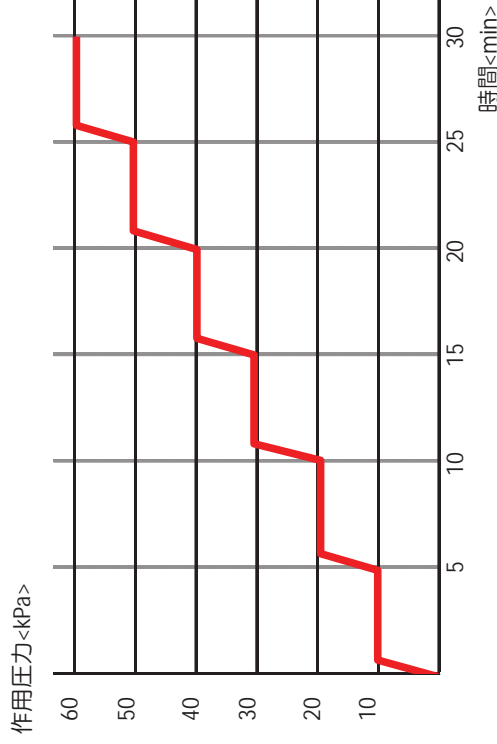
外管の封入深さと同等以上の深度まで削孔

<気密試験>

Step5：気密試験の実施

設定圧力 $P=10 \cdot 20 \cdot 30 \cdot 40 \cdot 50 \cdot 60\text{kPa}$ に対して、目視による漏えい有無及び圧力変動（合計30分間（5分間/圧力step））を確認

試験概要図



試験圧力ステップ図

<参考3> FS事業における貫通施工試験②

(2) 気密試験の結果

頂版気密試験結果一覧表

設定圧力kPa	10	20	30	40	50	60
水頭圧力kPa	10	10	10	10	10	10
空気圧力初期値kPa	-	10	20	30	40	50
空気圧読み値kPa	-					
漏えい有無	NG					
CASE1-1						
空気圧読み値kPa	-	10	18	29	38	48
漏えい有無	OK	OK	OK	OK	OK	OK
CASE1-2						
空気圧読み値kPa	-	10	20	30	39	49
漏えい有無	OK	OK	OK	OK	OK	OK
CASE2-1						
空気圧読み値kPa	-	10	17	26	35	44
漏えい有無	OK	OK	OK	OK	OK	OK
CASE2-2						
空気圧読み値kPa	-	10	17	28	40	50
漏えい有無	OK	OK	OK	OK	OK	OK
CASE3-1						
空気圧読み値kPa	-	10	19	30	40	50
漏えい有無	OK	OK	OK	OK	OK	OK
CASE3-2						
空気圧読み値kPa	-	10	18	26	32	37
漏えい有無	OK	OK	OK	OK	OK	NG
CASE4-1						
空気圧読み値kPa	-	10	20	30	40	50
漏えい有無	OK	OK	OK	OK	OK	OK
CASE4-2						
空気圧読み値kPa	-	10	20	30	40	50
漏えい有無	OK	OK	OK	OK	OK	OK

※ 試験ケースはp.24参照

底版気密試験結果一覧表

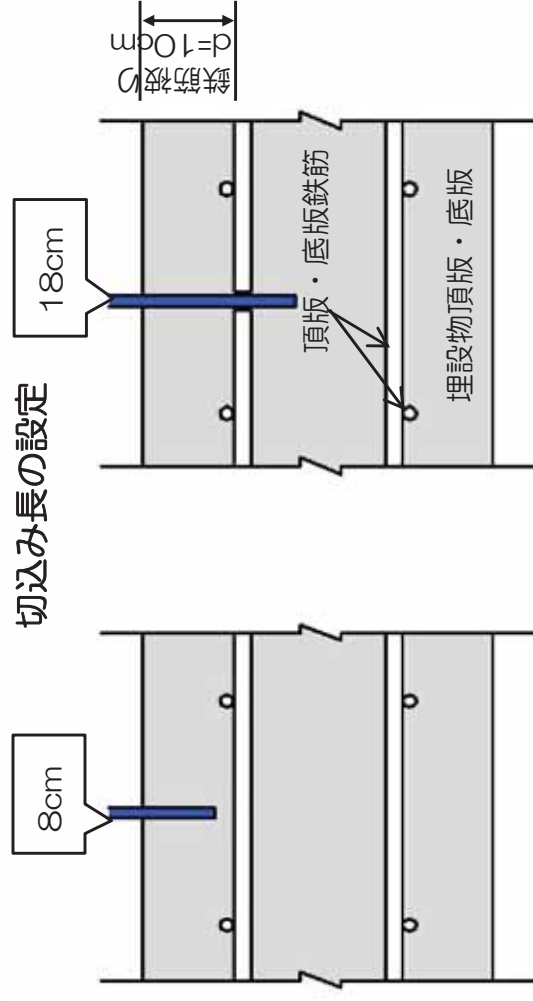
設定圧力kPa	10	20	30	40	50	60
水頭圧力kPa	10	20	20	20	20	20
空気圧力初期値kPa	-	-	10	20	30	40
空気圧読み値kPa	-	-	10	20	29	39
CASE4-1						
漏えい有無	OK	OK	OK	OK	OK	OK
CASE4-2						
空気圧読み値kPa	-	-	10	20	29	40
漏えい有無	OK	OK	OK	OK	OK	OK

- CASE1-1は気密試験の初期段階（設定圧力10kPa）で目視による漏えいが確認された。
ボアリングマシンの回転数が影響していると推定し、以降の試験ではボアリングマシンの回転数を落として切削した結果、同様の事象は確認されなかった。
- CASE2-2は目視による漏えいは確認されなかったが、気密試験の最終段階（設定圧力60kPa）でゲージ圧の低下が確認された。
- CASE4-1は気密試験の最終段階（設定圧力60kPa）で目視による漏えい及びゲージ圧の低下が確認された。
→ 気密性が保たれない可能性があるCASE4-1及びCASE2-2は双方とも外ビット配置形式であった。
一方、内ビット配置形式の試験は、全て、目視による漏えい及びゲージ圧低下は確認されなかった。

<参考3> FS事業における貫通施工試験③

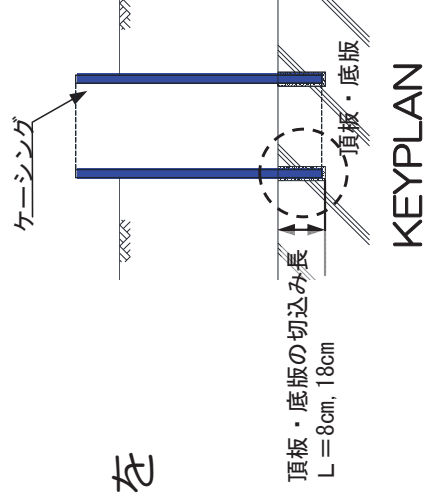
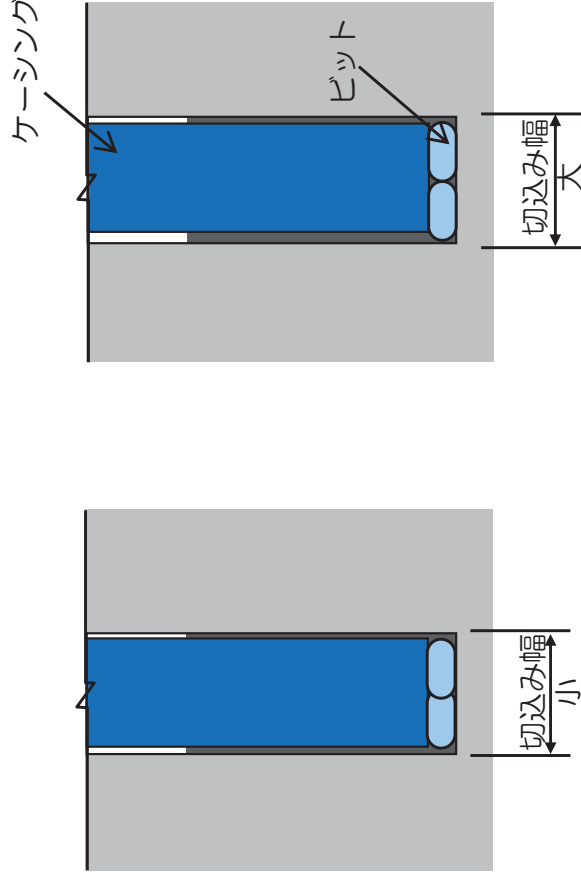
(3) 気密試験のパラメータ設定

- ① 「切込み長(深さ)」の設定
 - ・当該構造物の規模から頂版・底版鉄筋の被りを $d=10\text{cm}$ とした。既存の鉄筋位置の前後で止水処理部を設定
 - ・止水処理部の延長をパラメータとした



② 「ビット配置形式(切込み幅)」の設定

- ・止水溝部の切込み幅による止水性とビット配置形式による削孔効率をパラメータとした



③ 「固化材配合」の設定

- ・固化材の配合と充填性をパラメータとした

内ビット配置形式
(削孔効率：良)

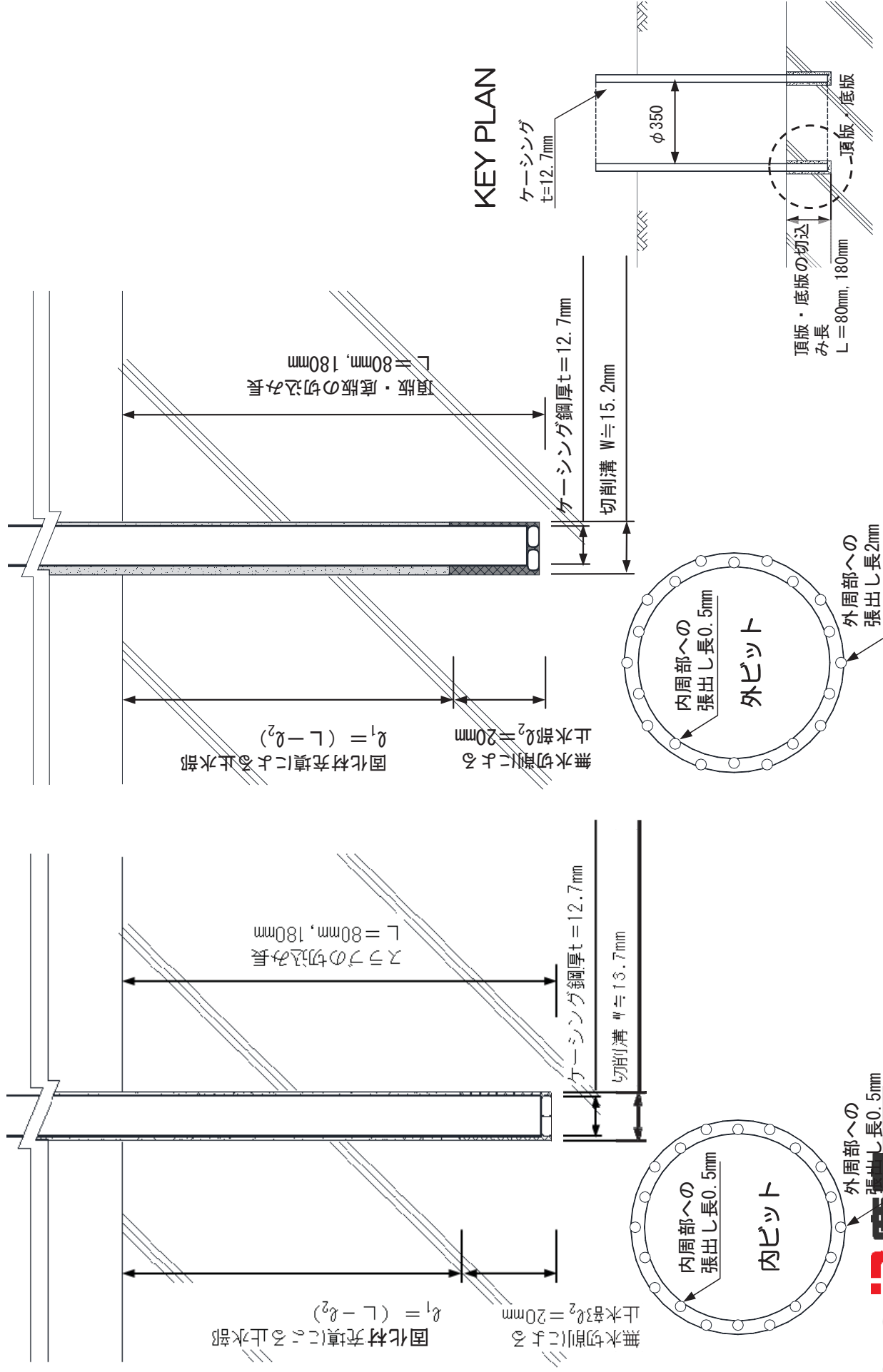
外ビット配置形式
(削孔効率：優)

<参考3> FS事業における貫通施工試験④

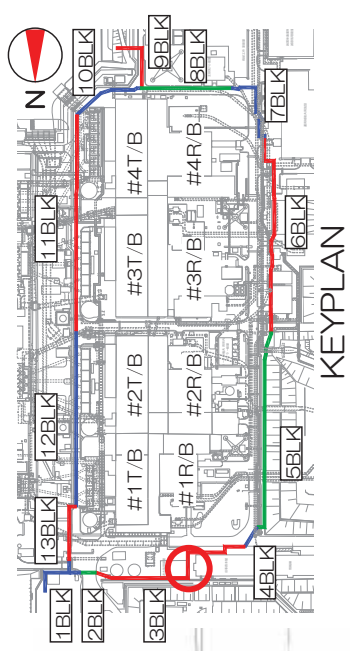
(4) ビット配置形式による止水処理部の概要

内ビット方式による止水処理部拡大概要図

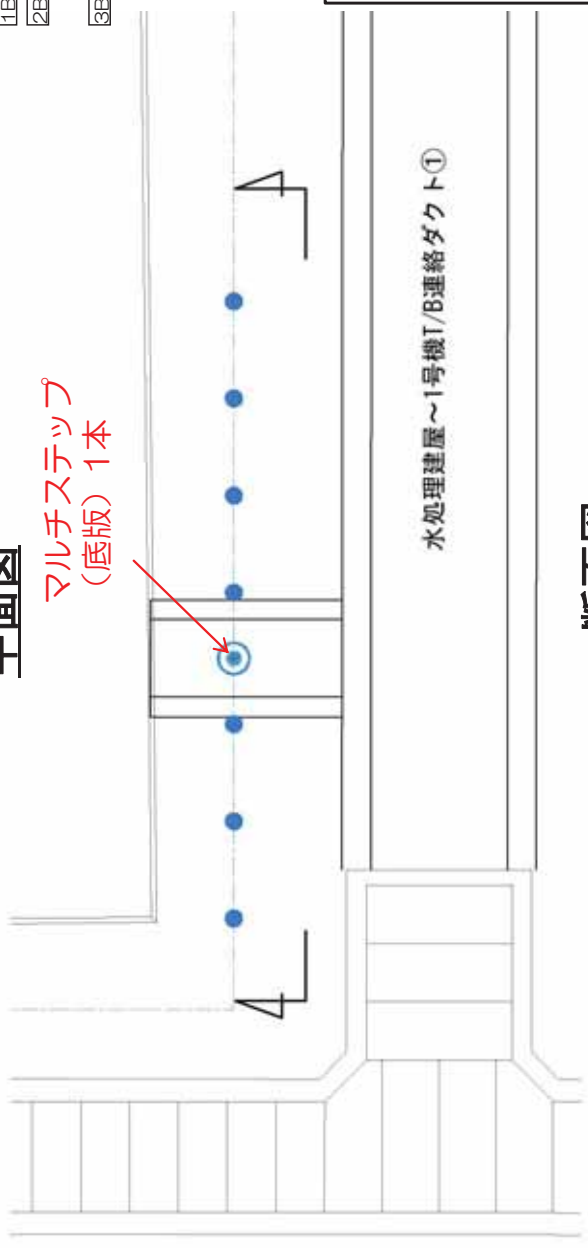
外ビット方式による止水処理部拡大概要図



＜参考4＞ 貫通施工計画；3-2「水処理建屋～1号機T/B連絡ダクト①」



平面図



マルチステップ
(底版) 1本

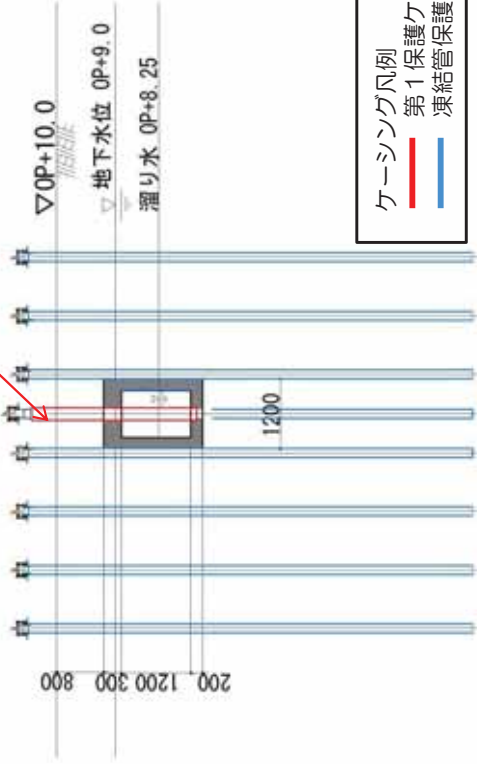
水処理建屋～1号機T/B連絡ダクト①

断面図

マルチステップ
(底版) 1本



写真(震災後)



ケーシング凡例
 ■ 第1保護ケーシング
 ■ 凍結保護ケーシング

＜埋設物情報＞

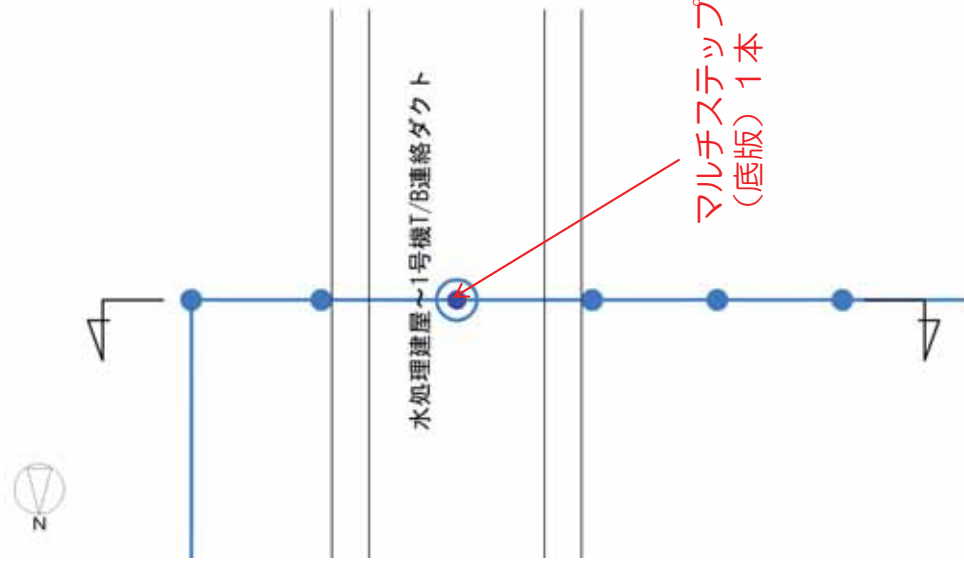
位置：山側 3BLK
 形状：矩形
 寸法：幅1.2m
 標高：OP+9.2m
 溜り水：有
 地下水位：OP+9.0m
 内部施設：電気ケーブル

＜施工パターン＞

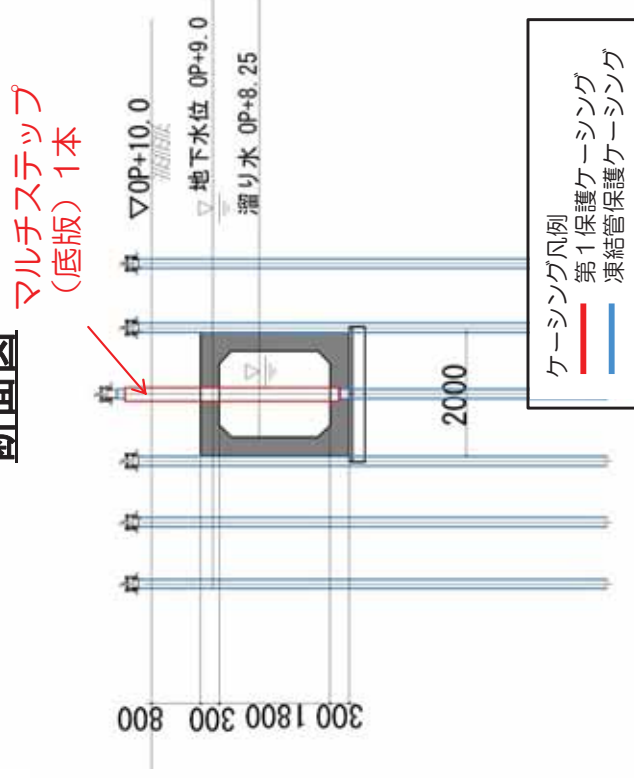
【頂版】単純貫通
 【底版】マルチステップ

＜参考4＞ 貫通施工計画；3-3「水処理建屋～1号機T/B連絡ダクト②」

平面図



断面図



写真(震災後)



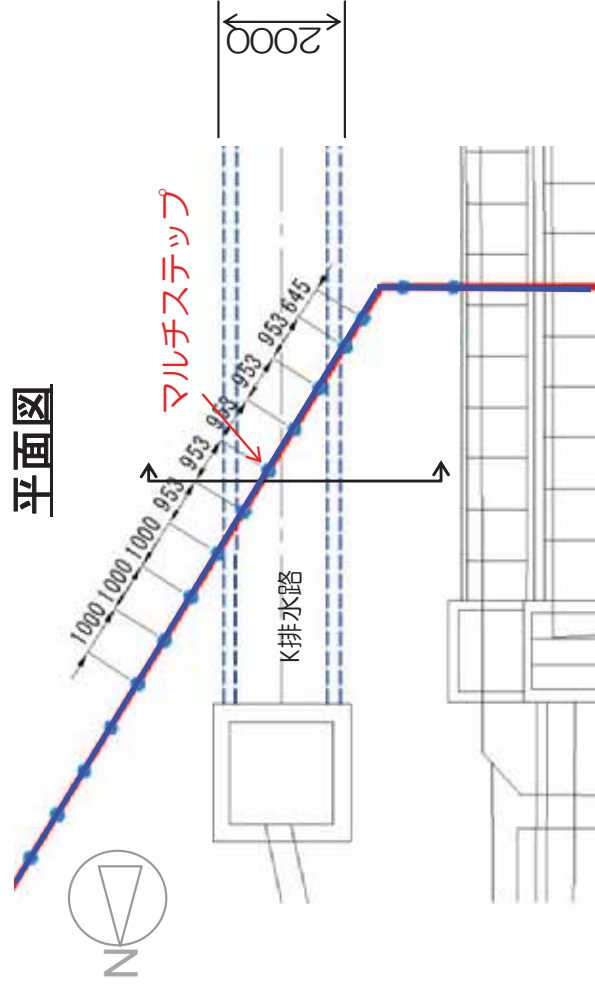
＜埋設物情報＞

位置：山側 3BLK
 形状：矩形
 寸法：幅2.0m
 標高：OP+9.2m
 溜り水：有
 地下水位：OP+9.0m
 内部施設：電気ケーブル

＜施工パターン＞

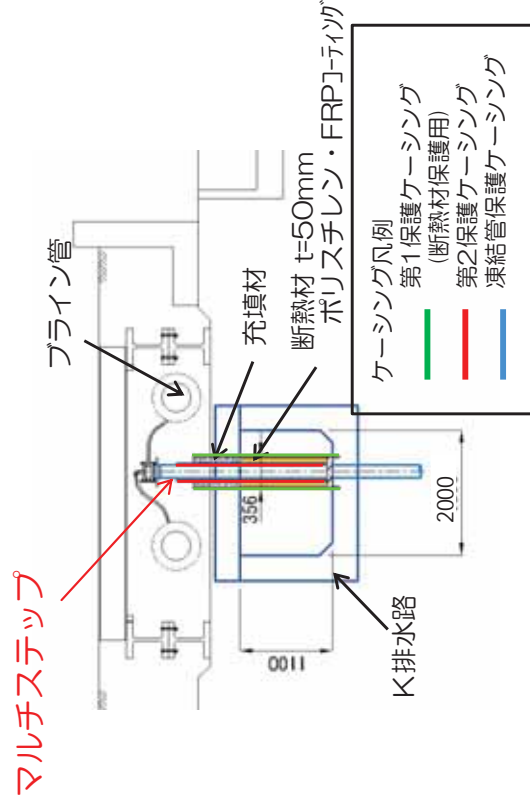
【頂版】単純貫通
 【底版】マルチステップ

＜参考4＞ 貫通施工計画；4-1 「K排水路①」

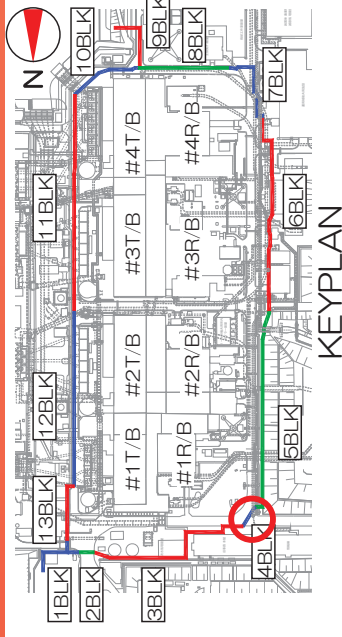


平面図

断面図



※凍結管の施工方法は、今後の現場調査により変更の可能性がある



＜埋設物情報＞

位置：山側 4BLK
 形状：矩形
 寸法：幅2.0m
 標高：OP+9.8m
 溜り水：調査予定
 地下水位：OP+8.9m
 内部施設：雨水排水

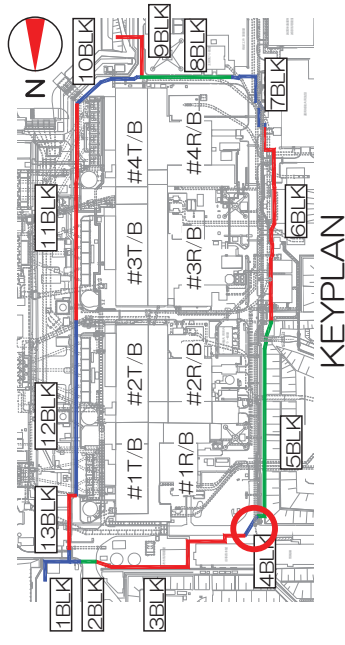
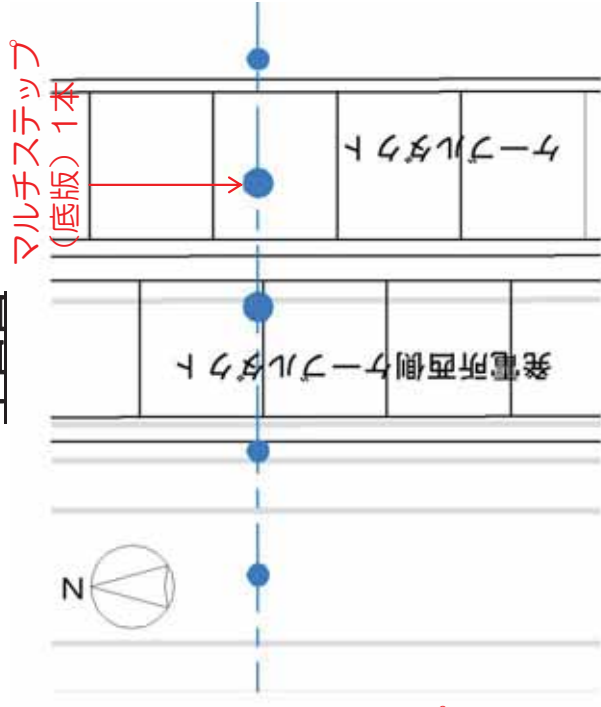
＜施工パターン＞

【頂版】単純貫通
 【底版】マルチステップ

- ・排水路内部は凍結管に断熱材取付け（排水流量は確保）

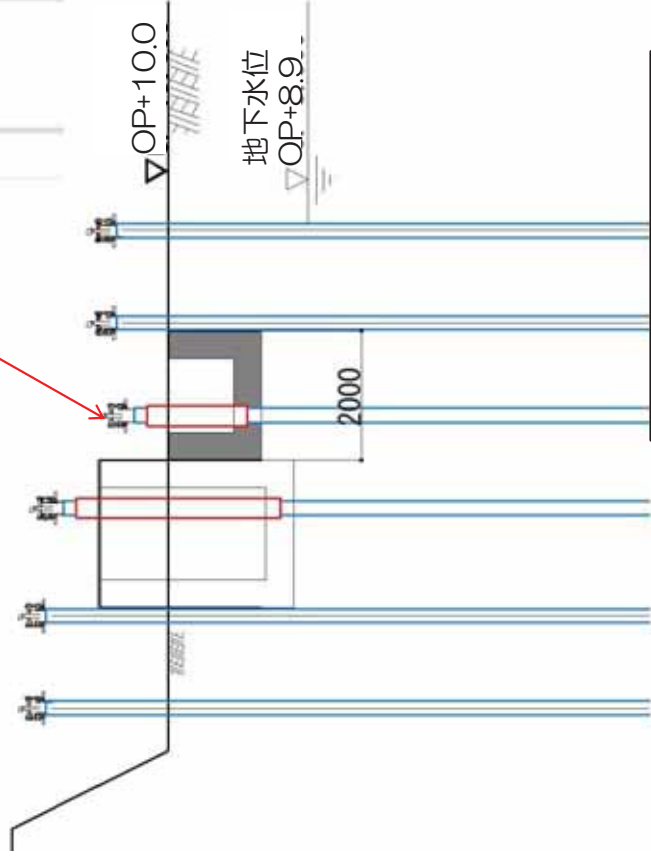
<参考4> 貫通施工計画；4-2「ケーブルダクト」

平面図



断面図

マルチステップ
(底版) 1本



ケーシング凡例
第1保護ケーシング
凍結保護ケーシング

<埋設物情報>

位置：山側 4BLK
形状：矩形
寸法：幅2.0m
標高：OP+10.0m
溜り水：無
地下水位：OP+8.9m
内部施設：電気ケーブル

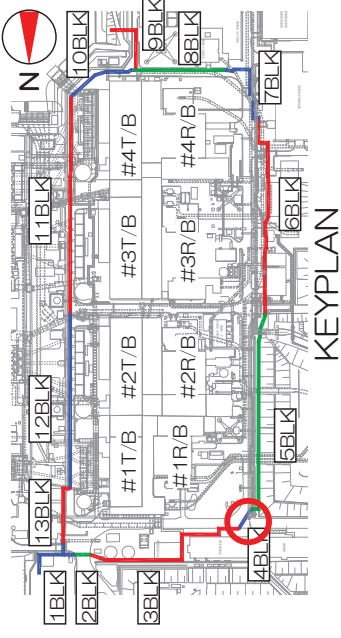
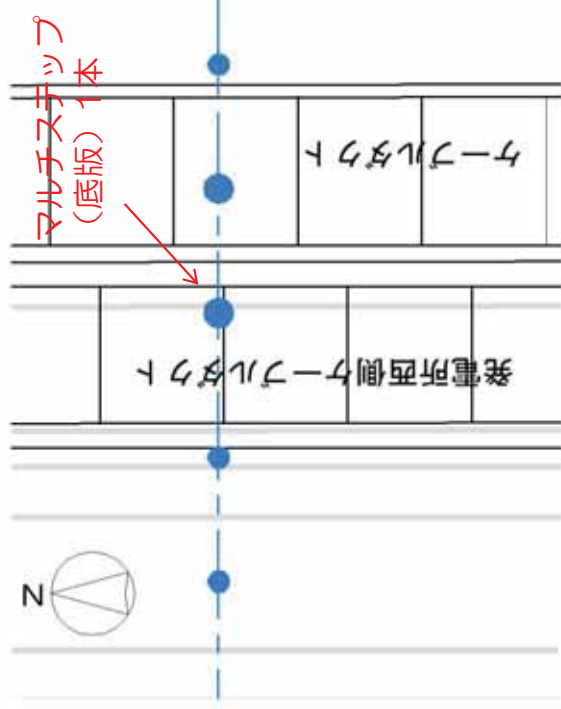
<施工パターン>

【頂版】 蓋撤去
【底版】 マルチステップ

※凍結管の施工方法は、今後の現場調査により変更の可能性がある

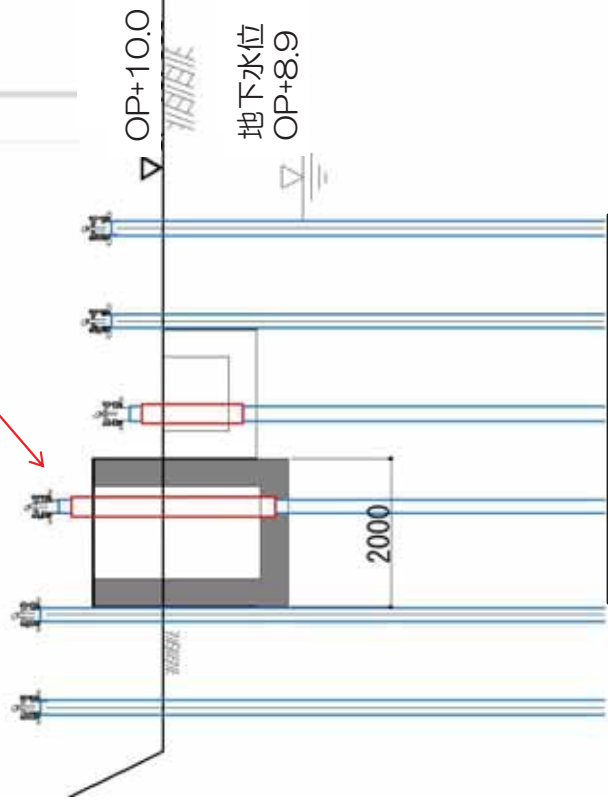
<参考4> 貫通施工計画；4-3「発電所西側ケーブルダクト」

平面図



断面図

マルチステップ
(底版) 1本



ケーシング凡例
 第1保護ケーシング
 ケーシング
 凍結管保護ケーシング

<埋設物情報>

位置：山側 4BLK
 形状：矩形
 寸法：幅2.0m
 標高：OP+10.5m
 溜り水：無
 地下水位：OP+8.9m
 内部施設：電気ケーブル

<施工パターン>

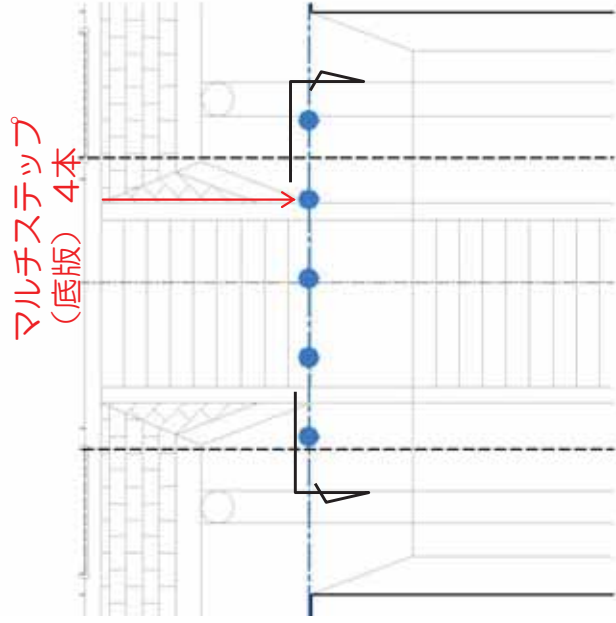
【頂版】 蓋撤去
 【底版】 マルチステップ

※凍結管の施工方法は、今後の現場調査により変更の可能性がある

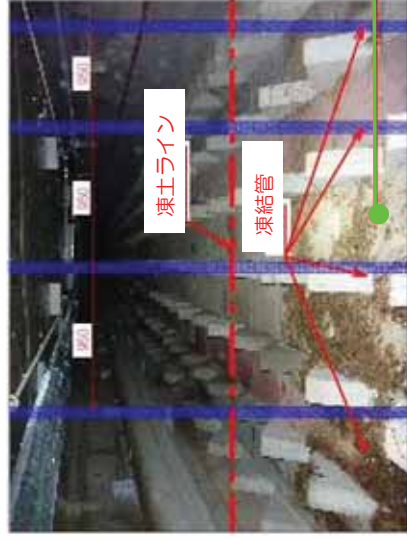
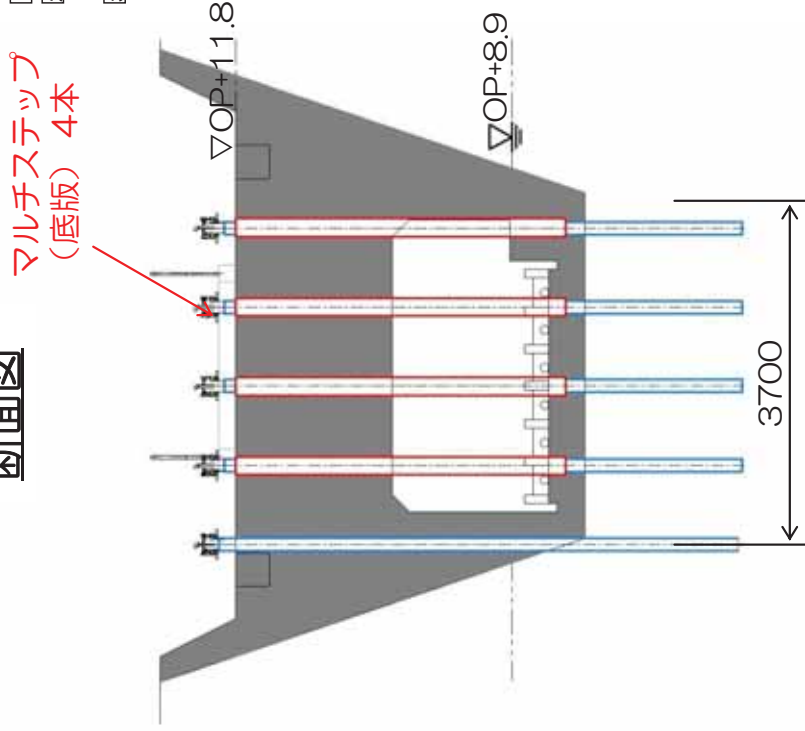
<参考4> 貫通施工計画；5-2「2号機主変圧器ケーブルダクト」



平面図



断面図



2号機主変圧器ケーブルダクト



OFケーブル

<埋設物情報>

位置：山側 5BLK
 形状：矩形
 寸法：幅3.7m
 標高：OP+11.8m
 地下水位：OP+8.9m
 内部施設：電気ケーブル
 (OFケーブル)

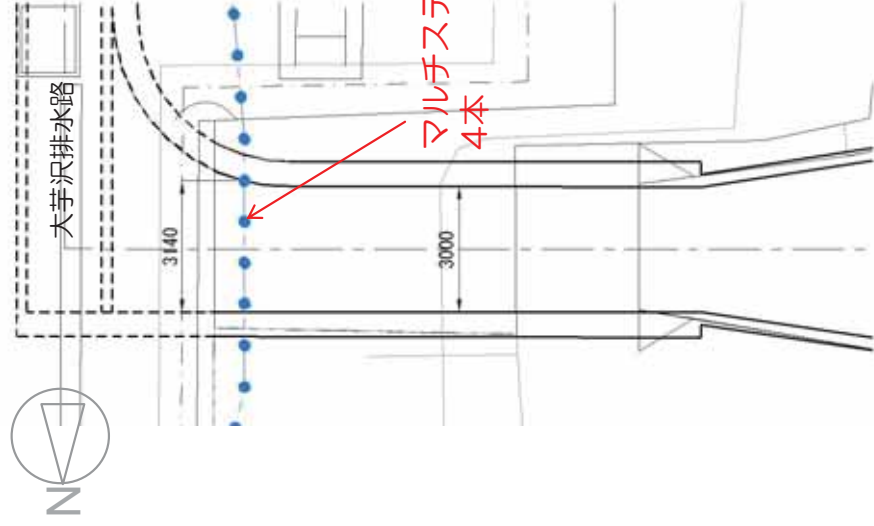
<施工パターン>

- 【頂版】 単純貫通
- 【底版】 マルチステップ
(OFケーブルは貫通しない)

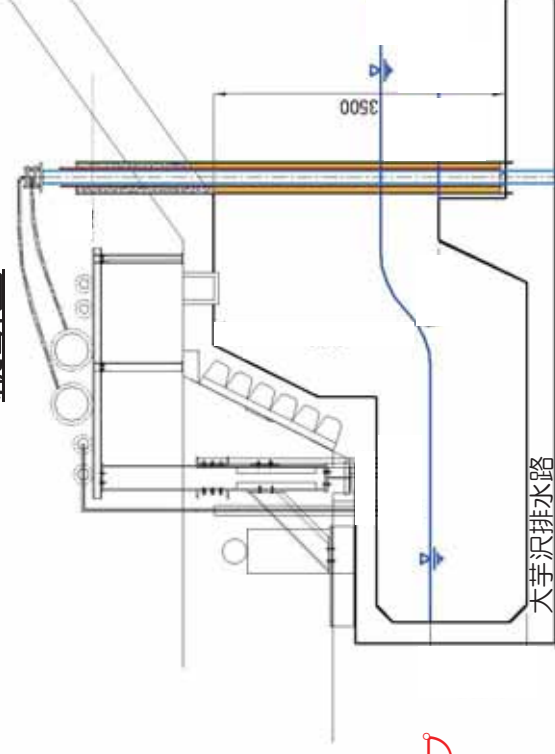
※凍結管の施工方法は、今後の現場調査により変更の可能性がある

<参考4> 貫通施工計画；5-3「大芋沢排水路」

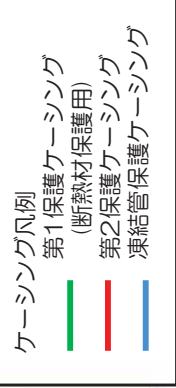
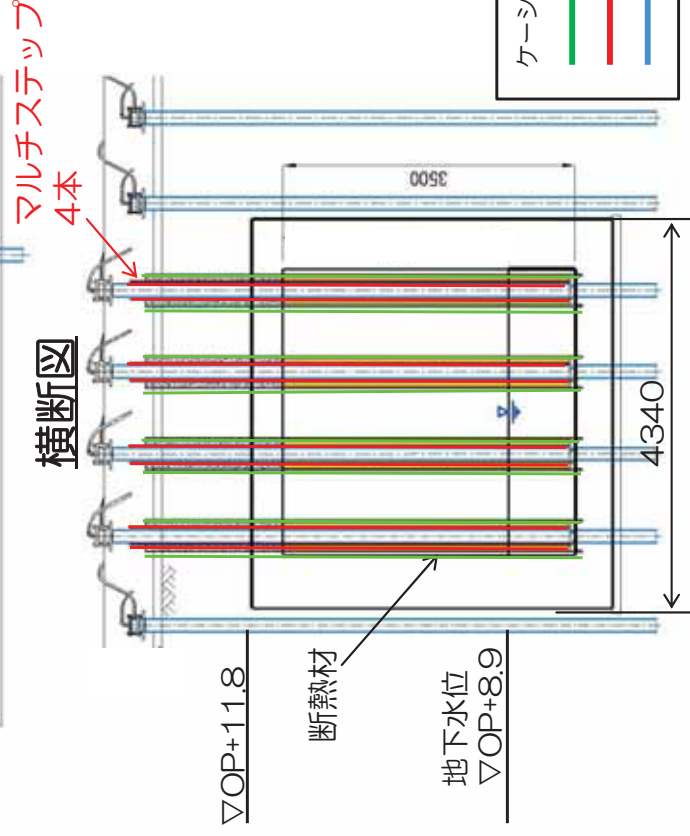
平面図



縦断面図



横断面図



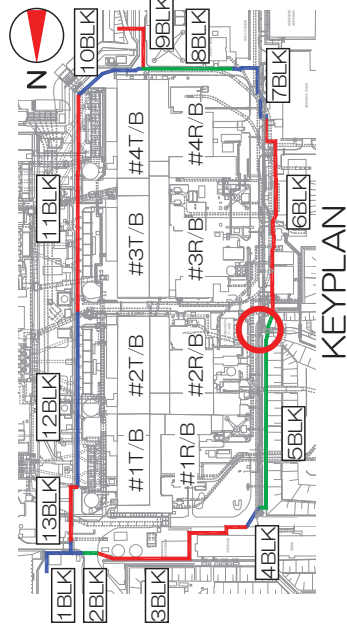
<埋設物情報>

位置：山側 5BLK
 形状：矩形
 寸法：幅4.3m
 標高：OP+11.8m
 溜り水：有
 地下水位：OP+8.9m
 内部施設：雨水排水

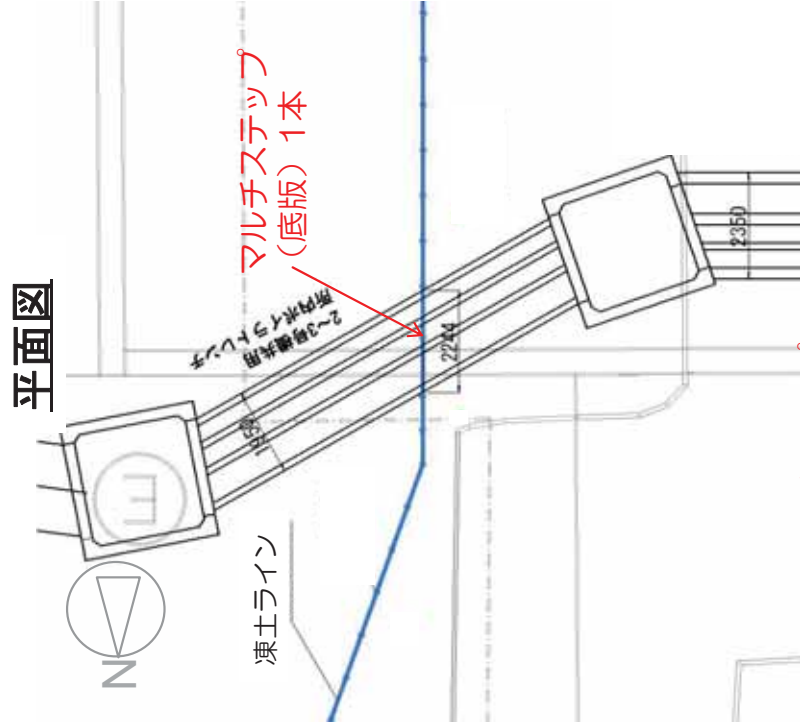
<施工パターン>

【頂版】単純貫通
 【底板】マルチステップ

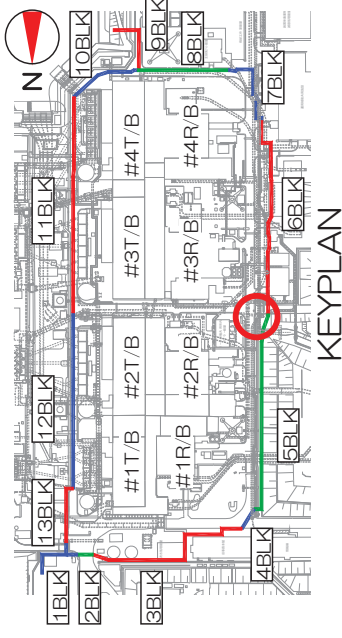
- ・排水路内部は凍結管に断熱材取付け（排水流量は確保）



＜参考4＞ 貫通施工計画；6-1「2～3号機共用ボイラトレンチ」



周辺写真

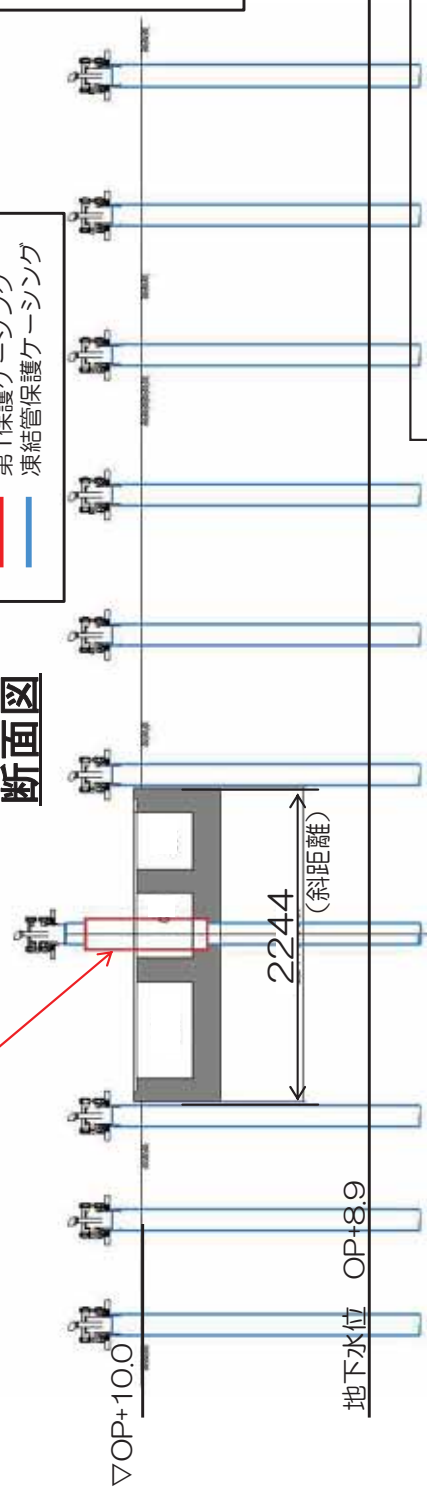


＜埋設物情報＞

位置：山側 6BLK
 形状：矩形
 寸法：幅1.95m
 標高：OP+10.0m
 溜り水：無
 地下水位：OP+8.9m
 内部施設：電気ケーブル

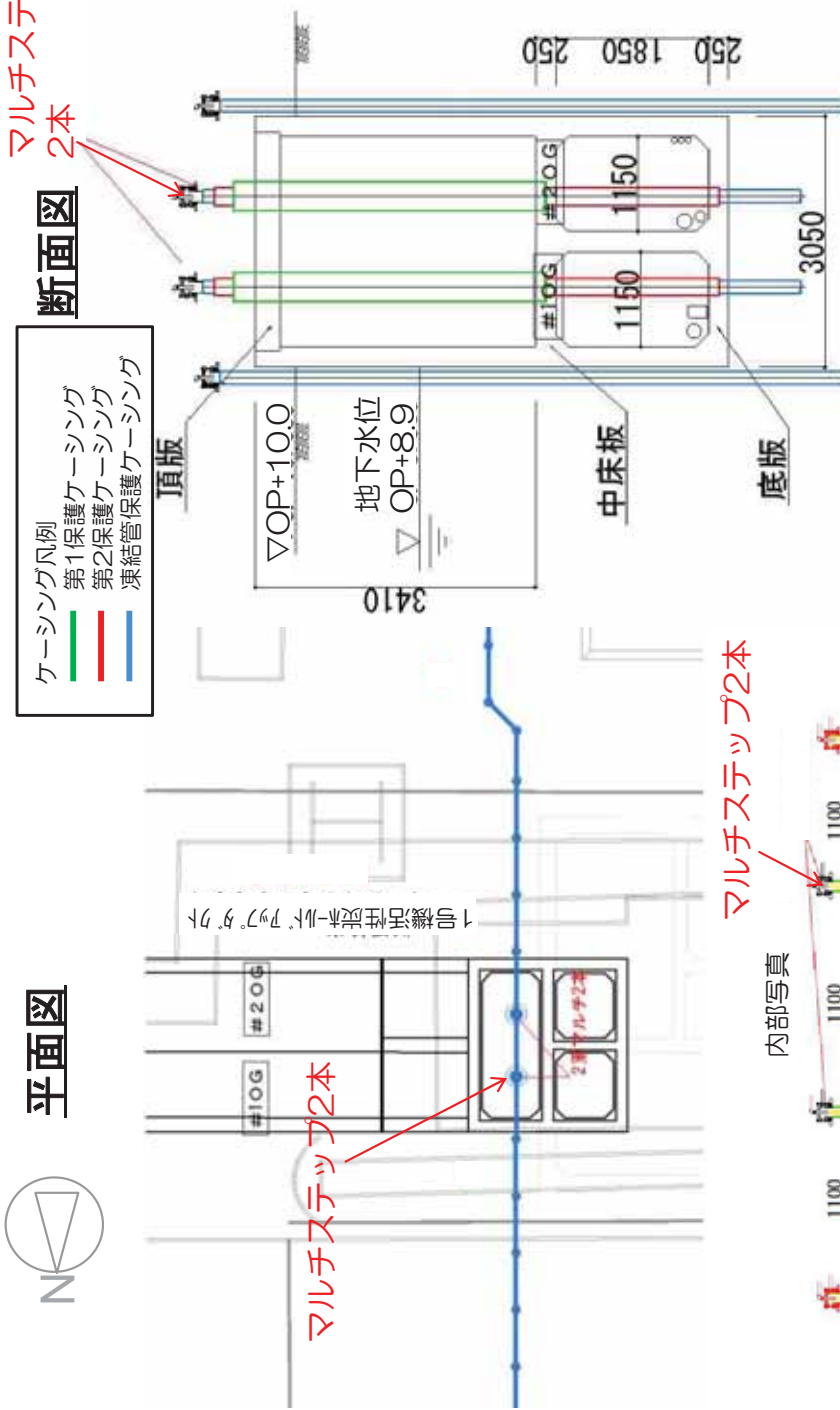
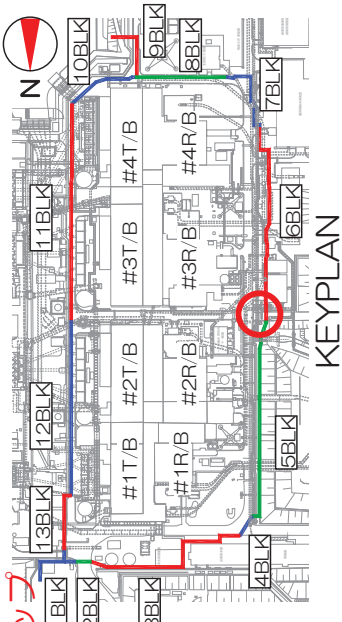
マルチステップ
 (底版) 1本

断面図



※凍結管の施工方法は、今後の現場調査により変更の可能性がある

＜参考4＞貫通施工計画；6-2「1号機活性炭ホルドアップダクト」

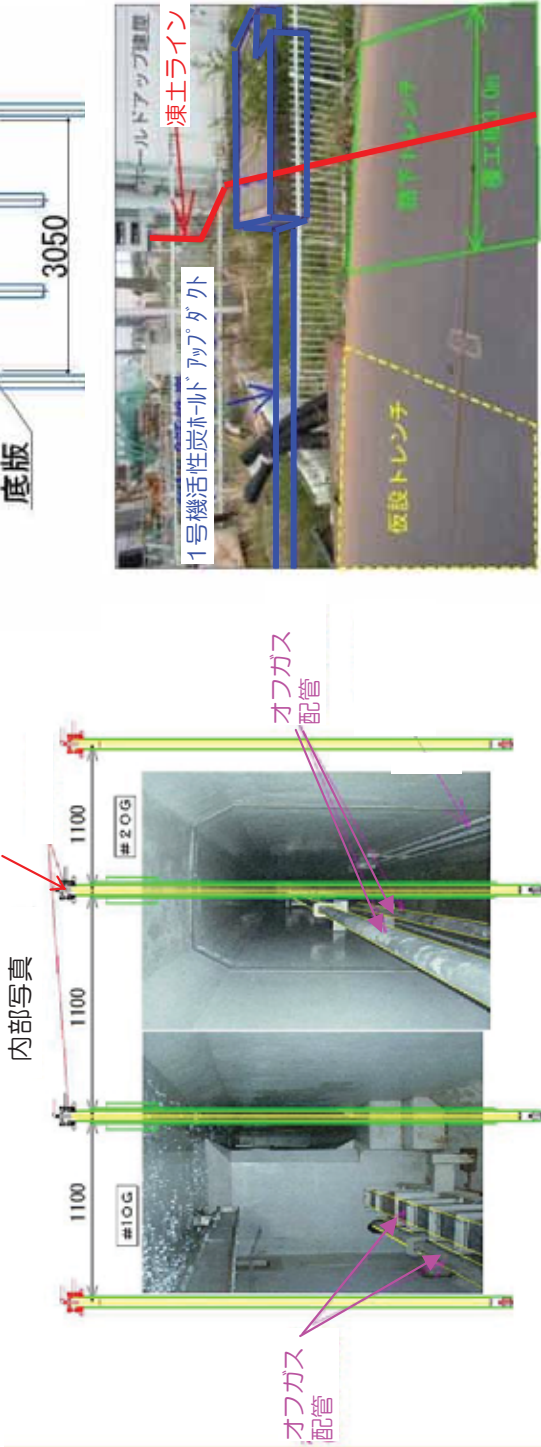


＜埋設物情報＞

位置：山側 6BLK
 形状：矩形
 寸法：幅3.05m
 標高：OP+10.0m
 溜り水：有
 地下水位：OP+8.9m
 内部施設：電気ケーブル
 オフガス配管

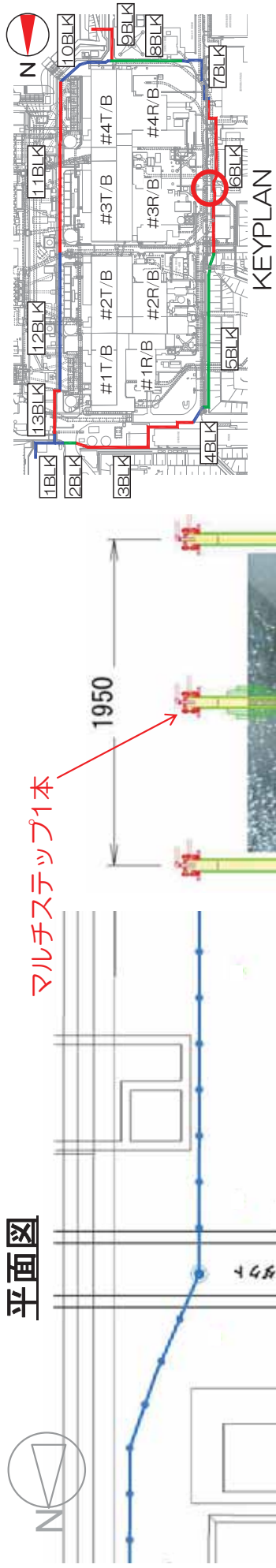
＜施工パターン＞

【頂版】 単純貫通
 【中床板】 マルチステップ
 【底版】 マルチステップ

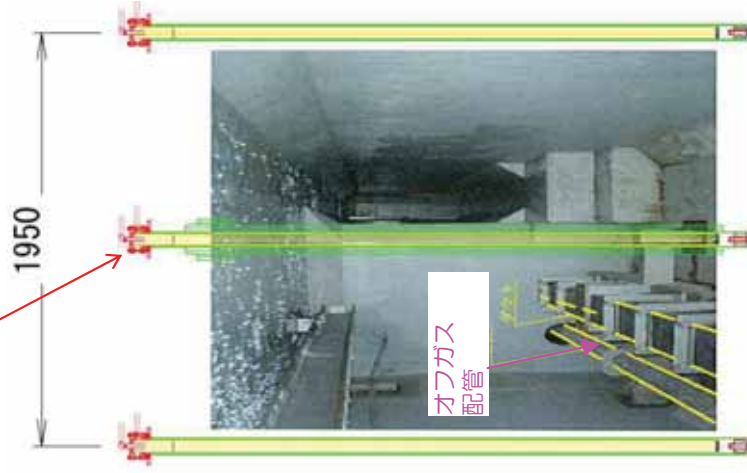


※凍結管の施工方法は、今後の現場調査により変更の可能性がある

＜参考4＞ 貫通施工計画；6-3「3号機オフガス配管ダクト（北側）」

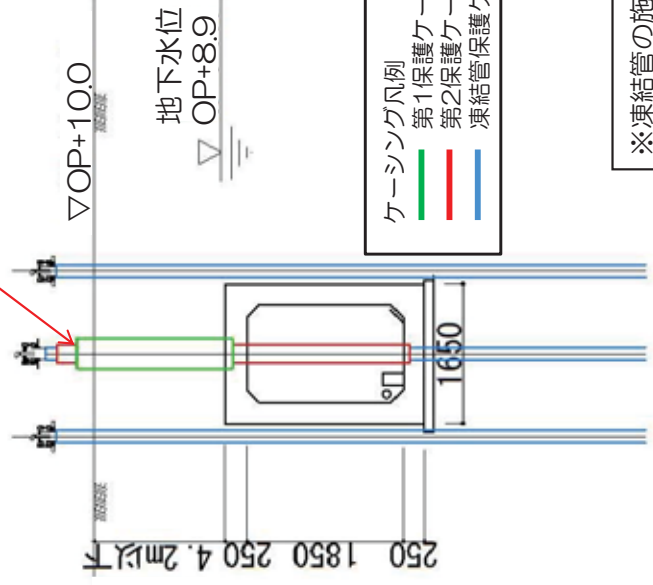


マルチステップ1本



マルチステップ1本

断面図



＜埋設物情報＞

位置：山側 6BLK
 形状：矩形
 寸法：幅1.65m
 標高：OP+5.8m以上
 溜り水：調査予定
 地下水位：OP+8.9m
 内部施設：電気ケーブル
 オフガス配管

＜施工パターン＞

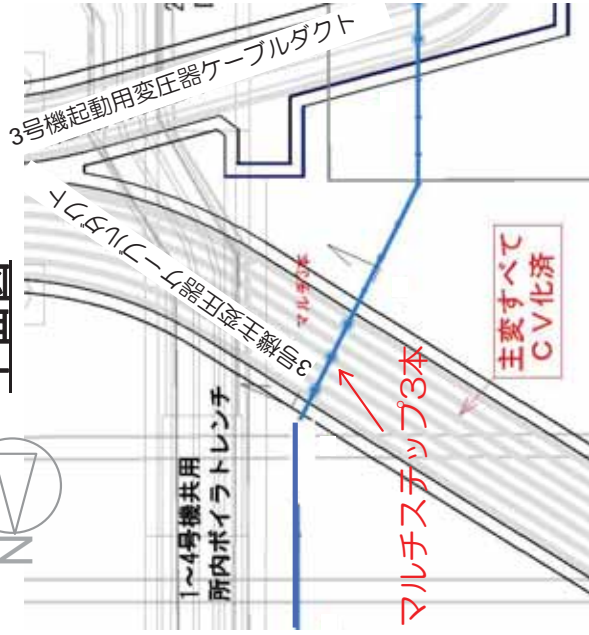
【頂版】 マルチステップ
 【底版】 マルチステップ

※凍結管の施工方法は、今後の現場調査により変更の可能性がある

<参考4> 貫通施工計画；6-4「3号機主変圧器ケーブルダクト」

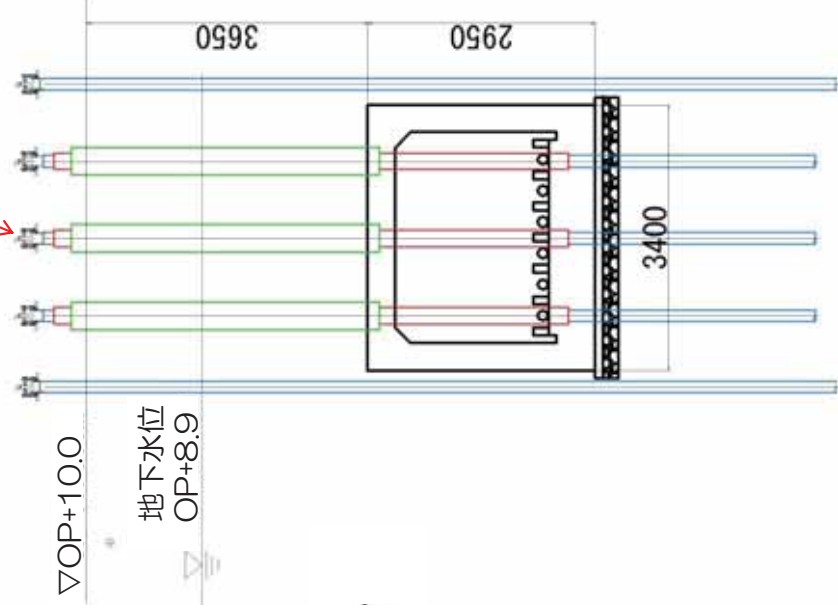


平面図

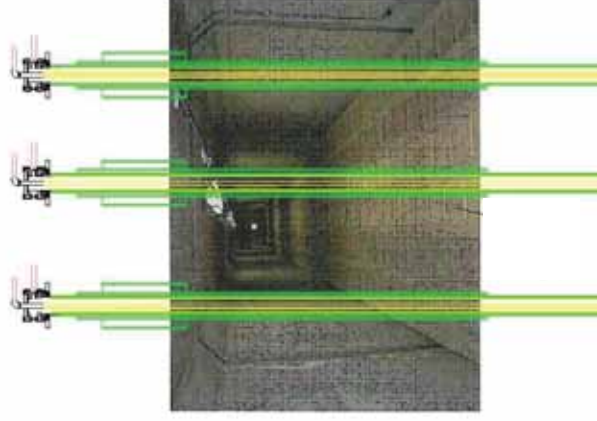


断面図

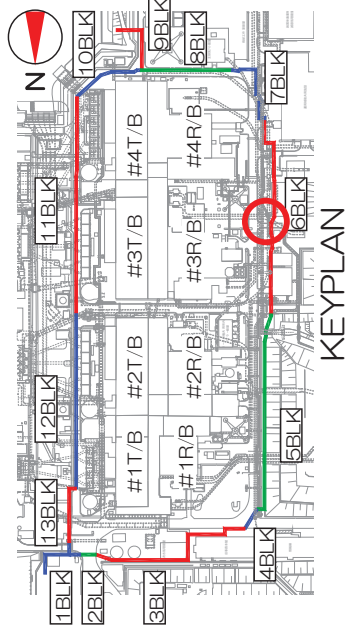
マルチスチップ3本



- ケーシング凡例
- 第1保護ケーシング
 - 第2保護ケーシング
 - 凍結管保護ケーシング



写真



KEYPLAN

<埋設物情報>

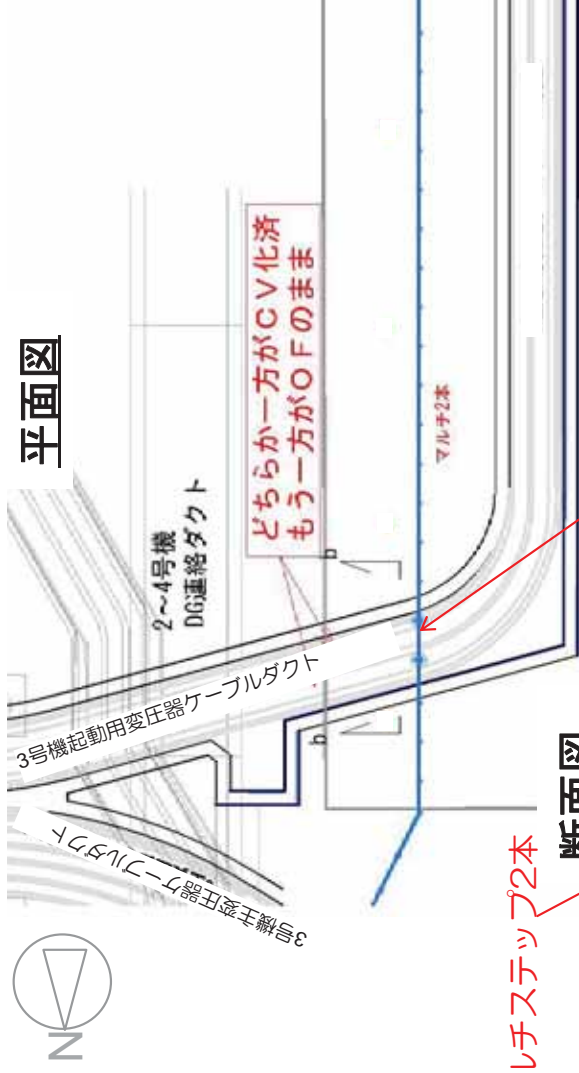
位置：山側 6BLK
 形状：矩形
 寸法：幅3.4m
 標高：OP+6.35m（天端）
 溜り水：有
 地下水位：OP+8.9m
 内部施設：電気ケーブル

<施工パターン>

【頂版】 マルチスチップ
 【底版】 マルチスチップ

※凍結管の施工方法は、今後の現場調査により変更の可能性がある

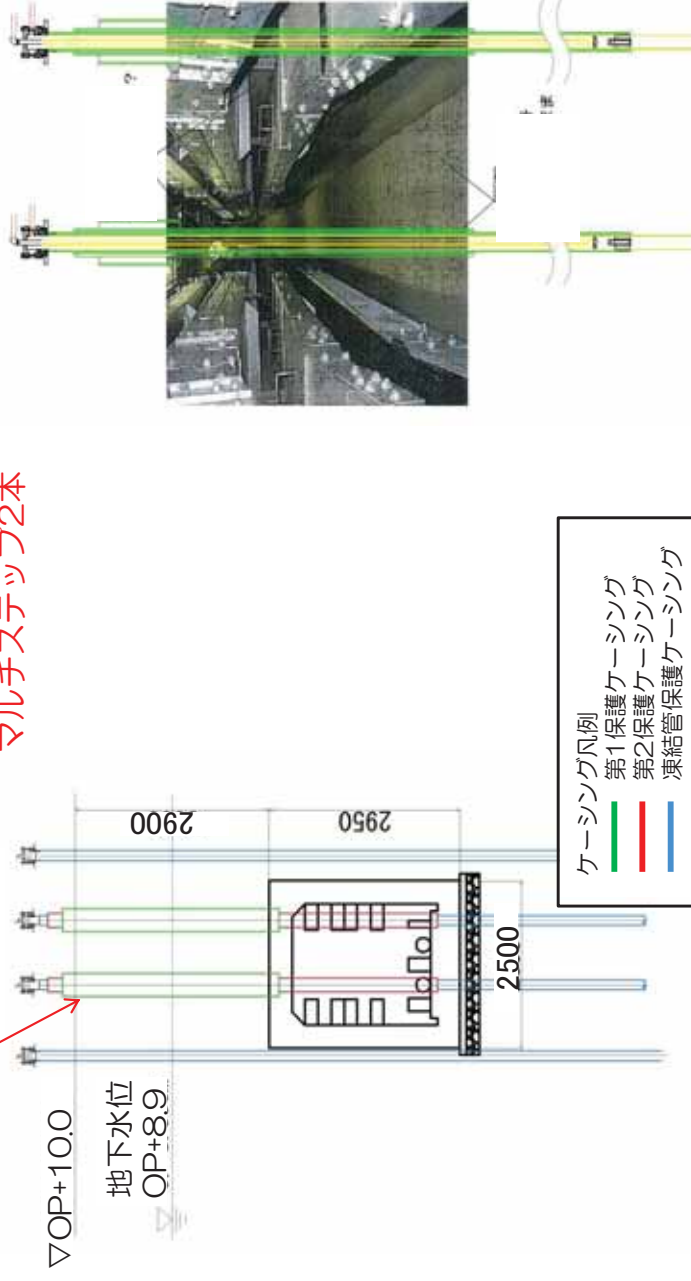
＜参考4＞貫通施工計画；6-5「3号機起動用変圧器ケーブルダクト」



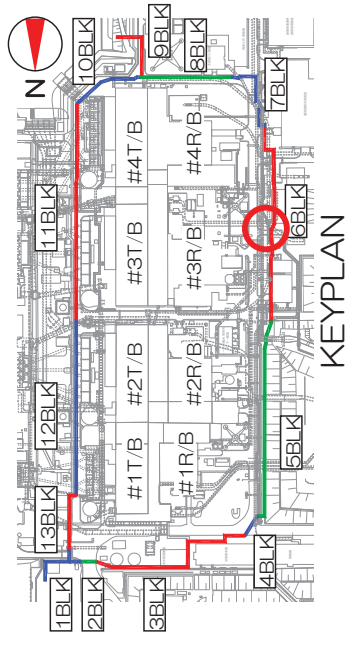
断面図

マルチステップ2本

マルチステップ2本



- ケーシング凡例
- 第1保護ケーシング
 - 第2保護ケーシング
 - 凍結管保護ケーシング



＜埋設物情報＞

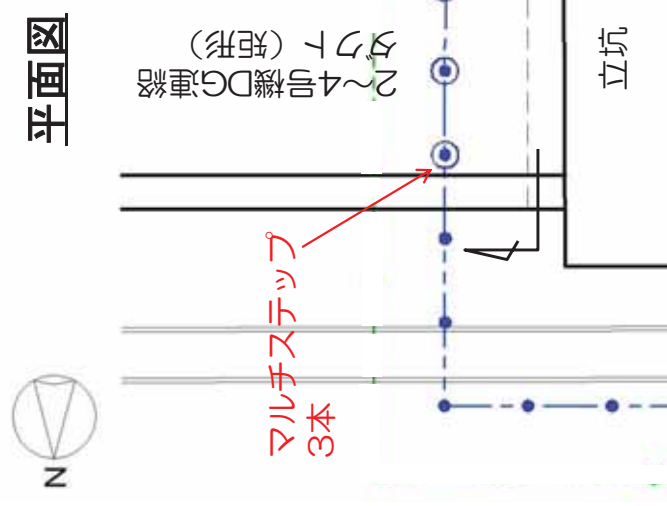
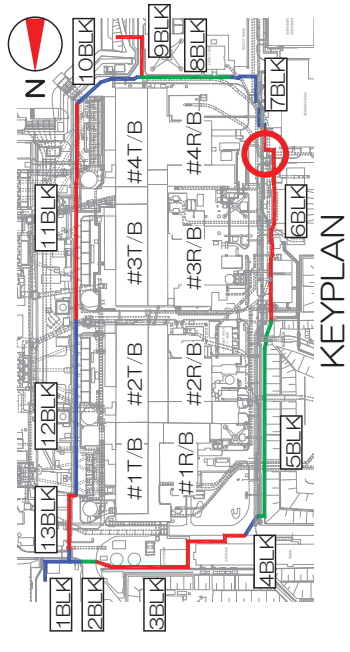
位置：山側 6BLK
 形状：矩形
 寸法：幅2.5m
 標高：OP+7.1m (天端)
 溜り水：有
 地下水位：OP+8.9m
 内部施設：電気ケーブル
 (CVケーブル・OFケーブル)

＜施工パターン＞

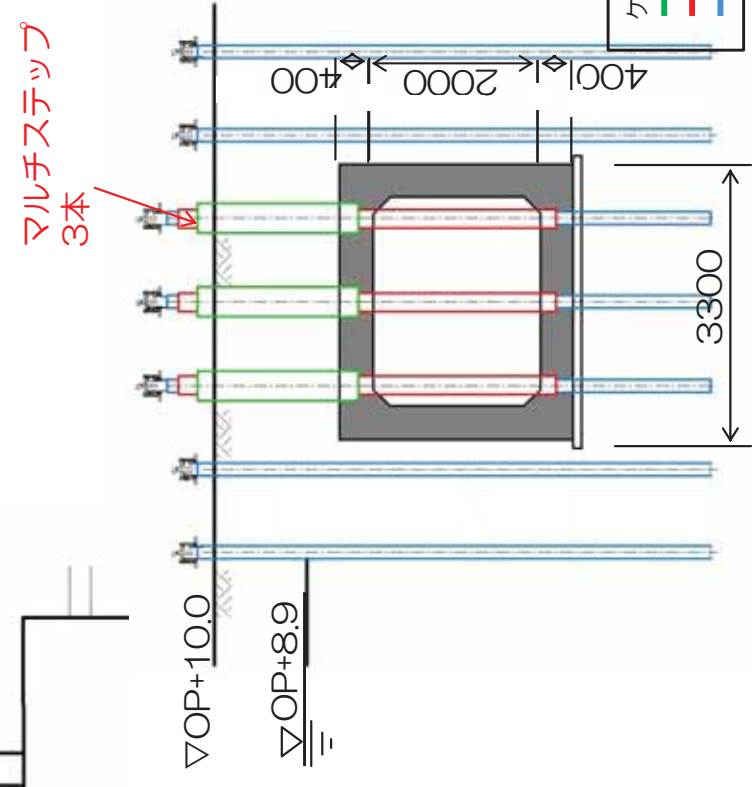
【頂版】マルチステップ
 【底版】マルチステップ
 (OFケーブルは貫通しない)

※凍結管の施工方法は、今後の現場調査により変更の可能性がある

＜参考4＞貫通施工計画；6-7「2～4号機DG連絡ダクト①」



断面図



ケーシング凡例

- 第1保護ケーシング
- 第2保護ケーシング
- 凍結管保護ケーシング

＜埋設物情報＞

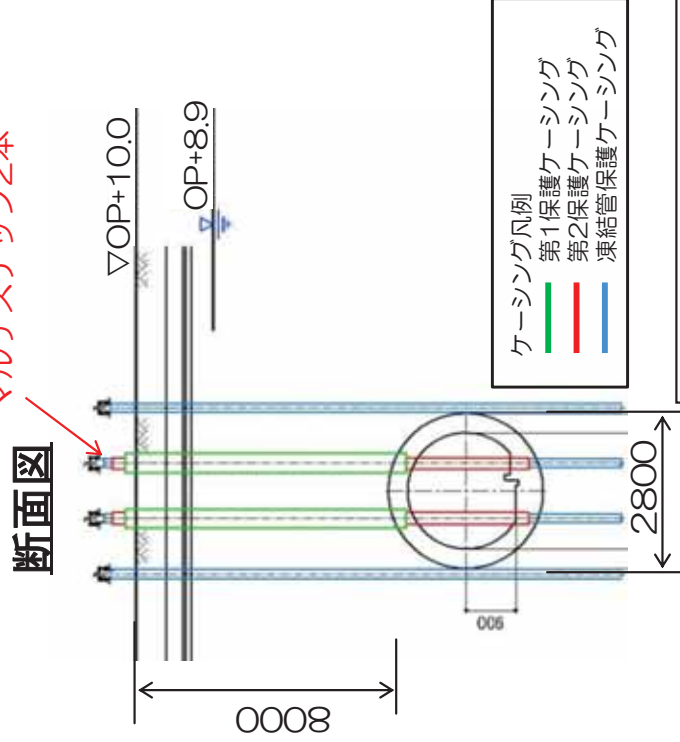
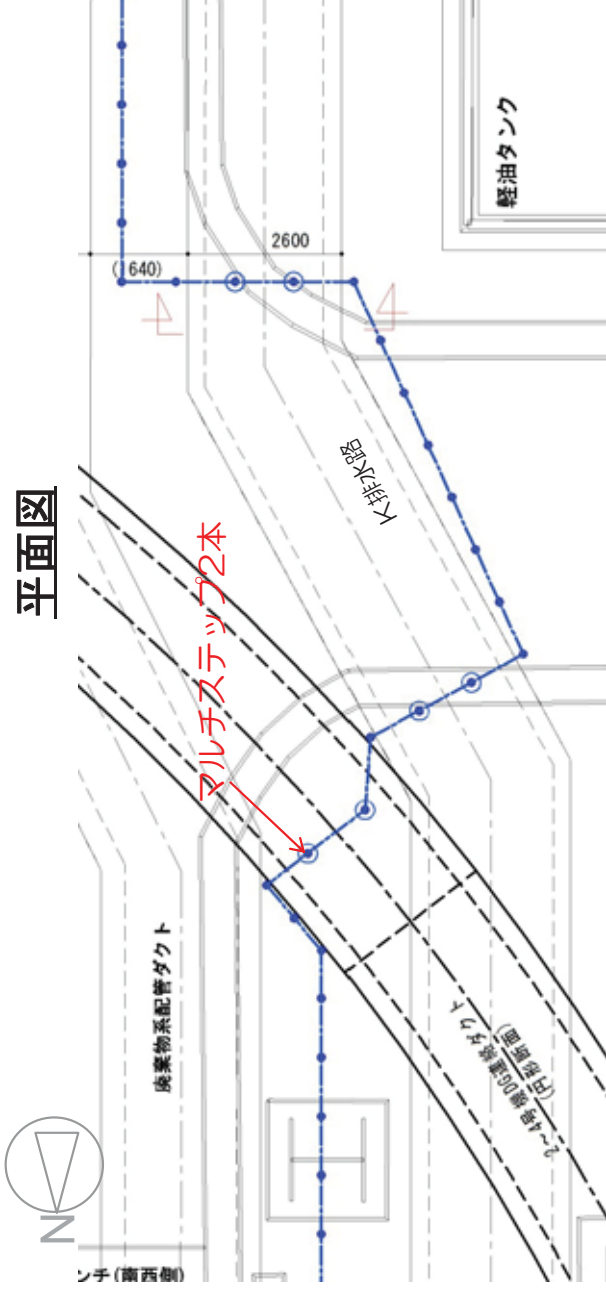
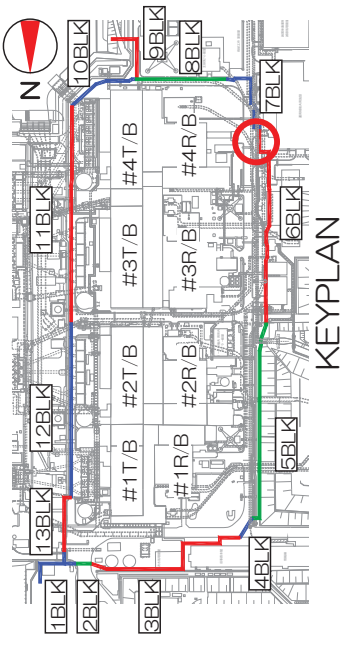
位置：山側 6BLK
 形状：矩形
 寸法：幅3.3m
 標高：OP+8.5m
 溜り水：有
 地下水位：OP+8.9m
 内部施設：電気ケーブル
 (CVケーブル)

＜施工パターン＞

【頂版】 マルチステップ
 【底版】 マルチステップ

※凍結管の施工方法は、今後の現場調査により変更の可能性がある

<参考4> 貫通施工計画；7-1「2~4号機DG連絡ダクト③」



<埋設物情報>

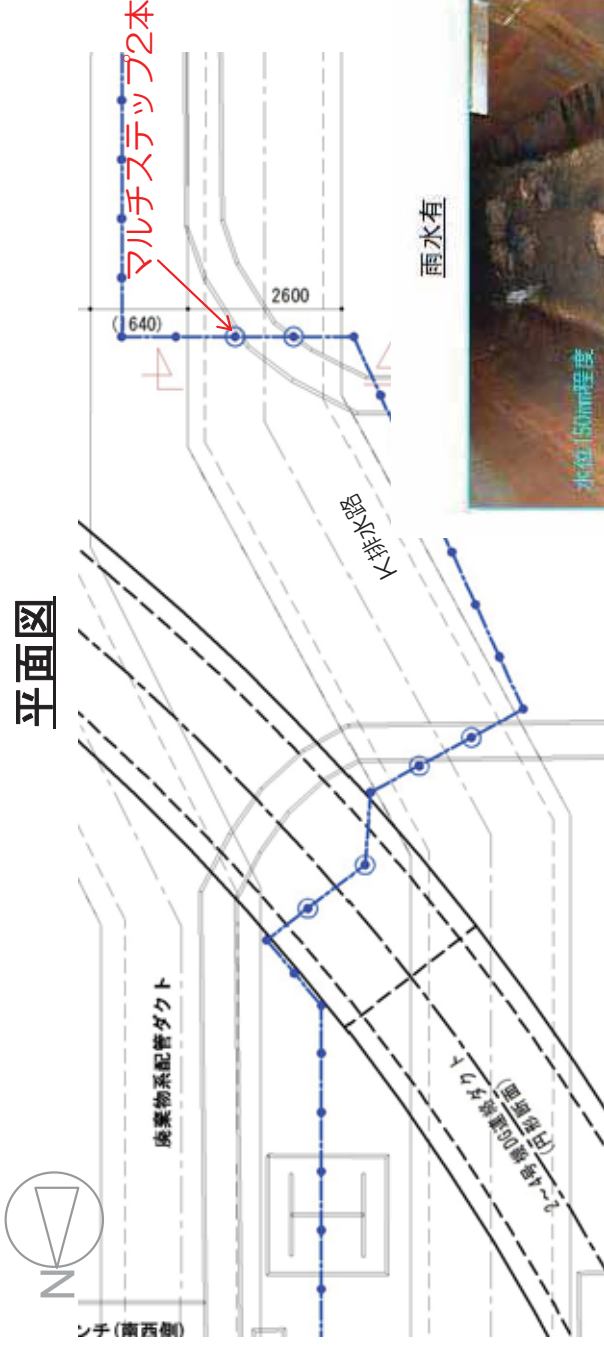
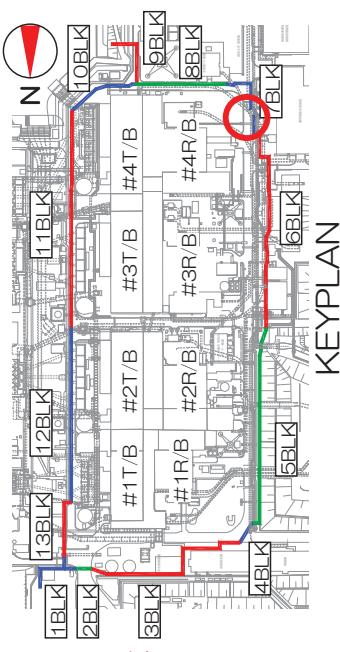
位置：山側 7BLK
 形状：円形
 寸法：幅2.8m
 標高：OP+2.0m
 溜り水：有
 地下水位：OP+8.9m
 内部施設：電気ケーブル

<施工パターン>

【頂版】 マルチステップ
 【底版】 マルチステップ

※凍結管の施工方法は、今後の現場調査により変更の可能性がある

<参考4> 貫通施工計画；7-2「K排水路③④」



<埋設物情報>

位置：山側 7BLK
 形状：円形
 寸法：幅2.7m
 標高：OP+8.9m (天端)
 溜り水：有
 地下水位：OP+8.9m
 内部施設：雨水排水

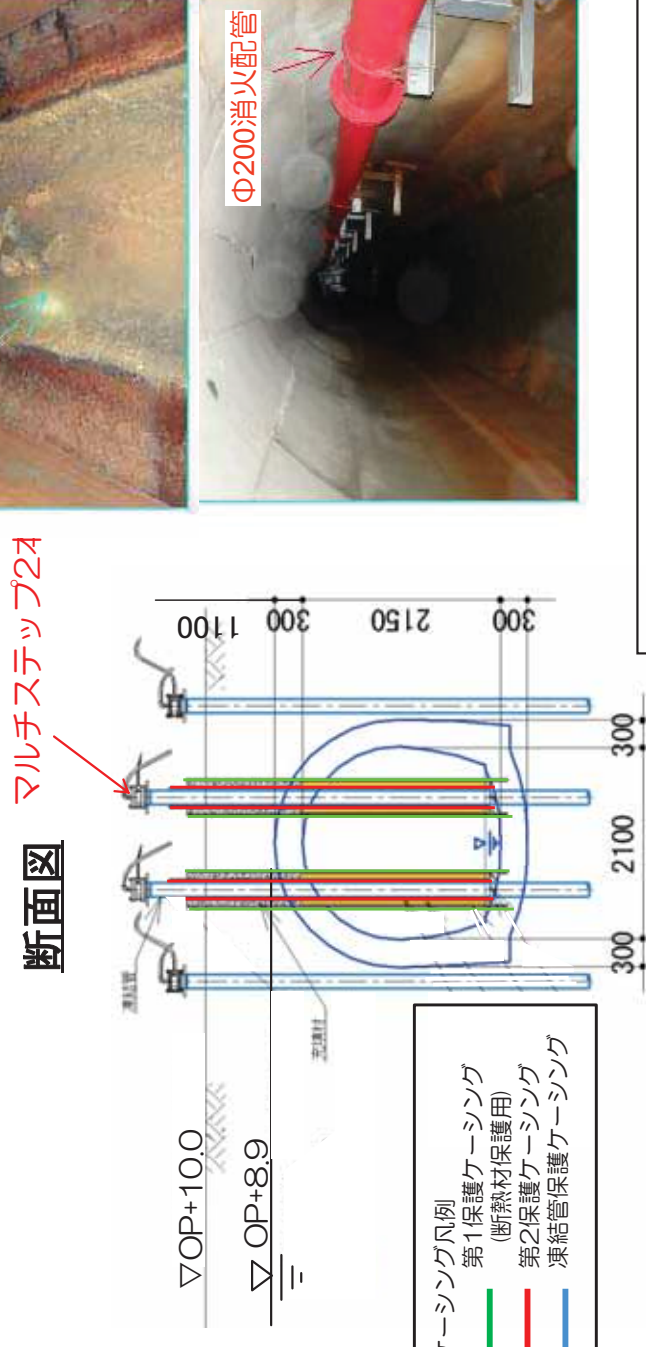
<施工パターン>

【頂版】単純貫通
 【底版】マルチステップ

- 排水路内部は凍結管に断熱材取付け (排水流量は確保)



断面図



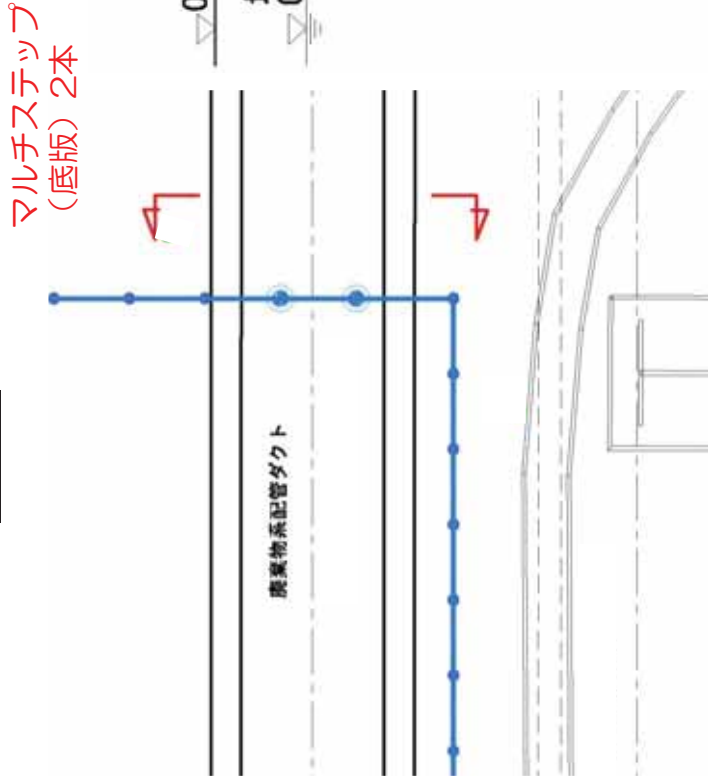
- ケーシング凡例
- 第1保護ケーシング (断熱材保護用)
 - 第2保護ケーシング
 - 凍結管保護ケーシング

※凍結管の施工方法は、今後の現場調査により変更の可能性がある

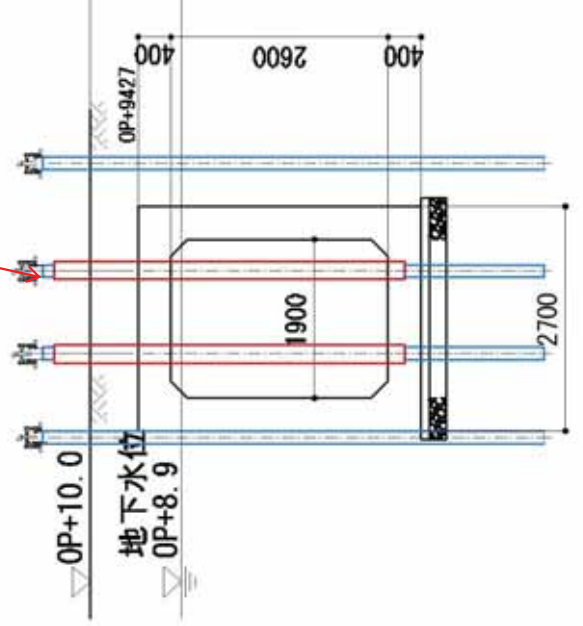
<参考4> 貫通施工計画；7-3「廃棄物系共通配管ダクト①」



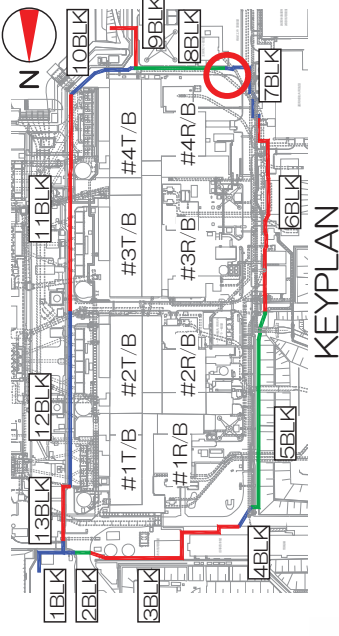
平面図



断面図
マルチステップ
(底版) 2本



ケーシング凡例
 第1保護ケーシング
 結管保護ケーシング



<埋設物情報>

位置：山側 7BLK
 形状：矩形
 寸法：幅2.7m
 標高：OP+9.4m
 溜り水：有
 地下水位：OP+8.9m
 内部施設：配管

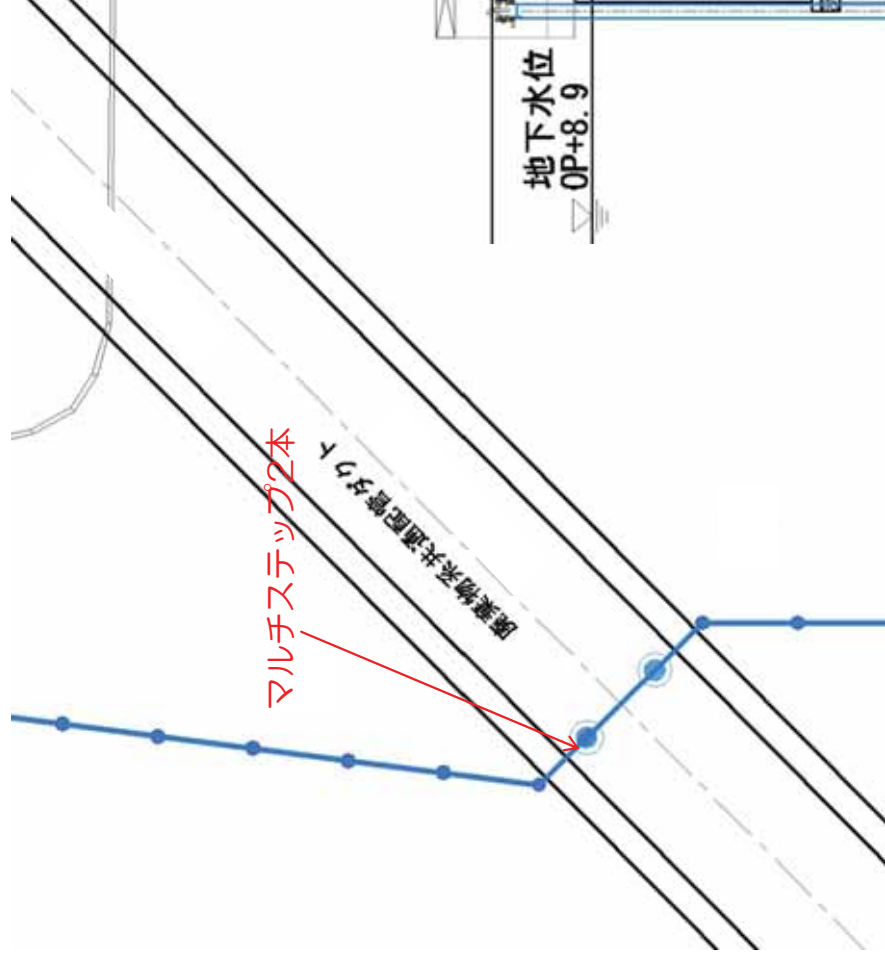
<施工パターン>

【頂版】 単純貫通
 【底版】 マルチステップ

＜参考4＞ 貫通施工計画；7-4「廃棄物系共通配管ダクト②」



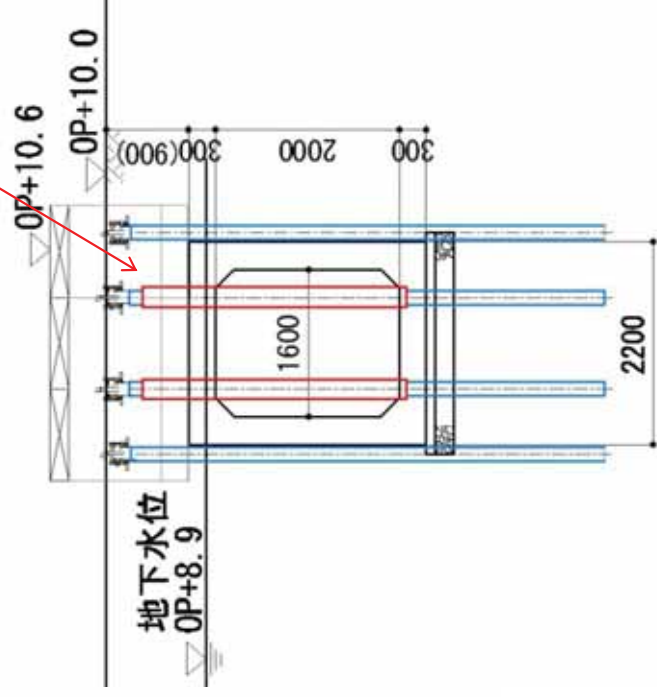
平面図



KEYPLAN

断面図

マルチステップ2本



ケーシング凡例
 第1保護ケーシング
 結管保護ケーシング

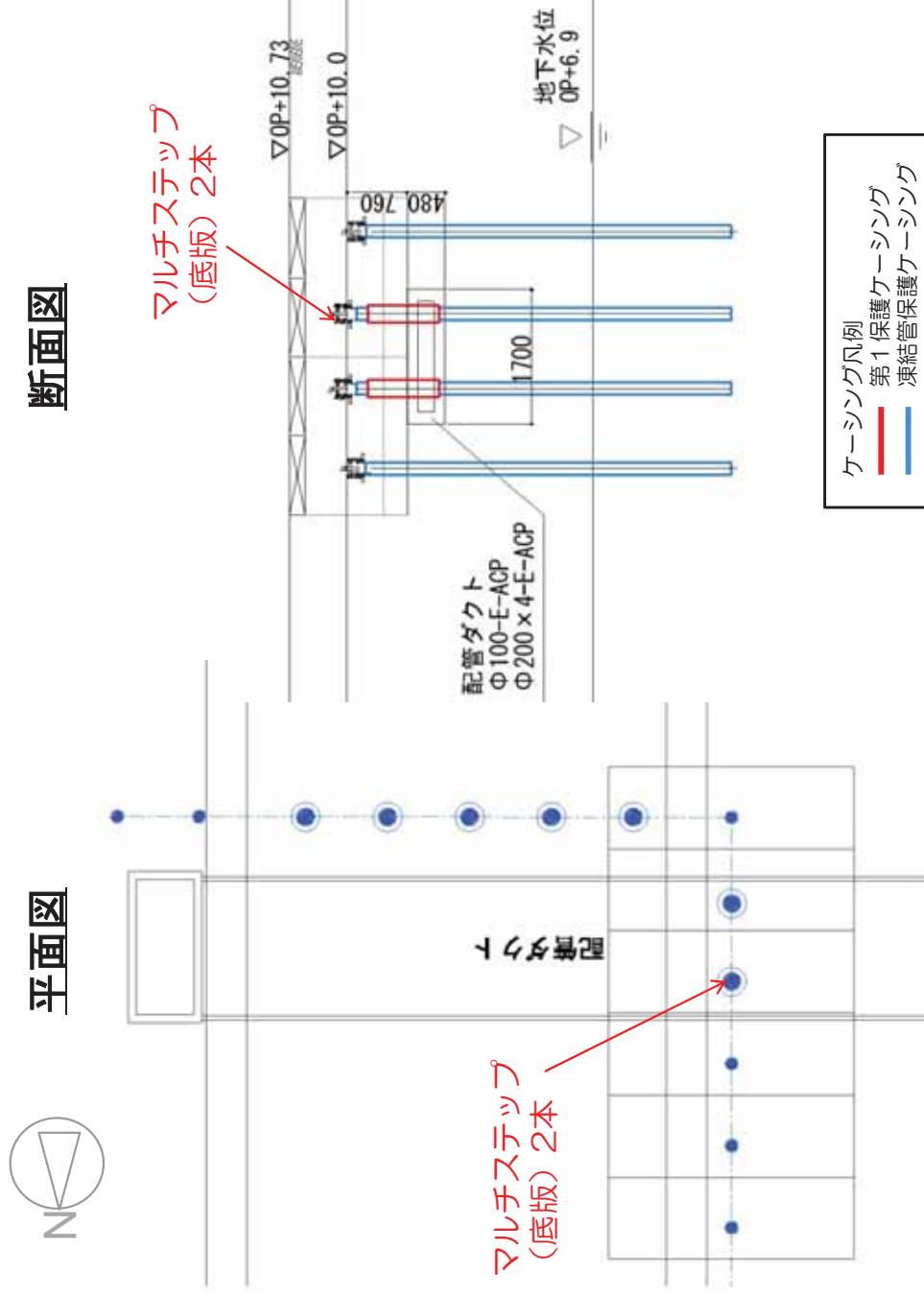
＜埋設物情報＞

位置：山側 7BLK
 形状：矩形
 寸法：幅2.2m
 標高：OP+9.1m
 溜り水：有
 地下水位：OP+8.9m
 内部施設：配管

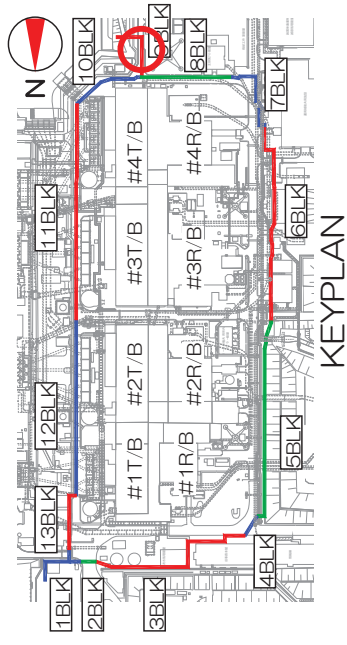
＜施工パターン＞

【頂版】 単純貫通
 【底版】 マルチステップ

＜参考4＞ 貫通施工計画；9-2 「配管ダクト（φ100-E-ACP、φ200×4-E-ACP）、φ200×4-E-ACP）」



ケーシング凡例
 第1保護ケーシング
 凍結管保護ケーシング



＜埋設物情報＞

位置：山側 9BLK
 形状：矩形
 寸法：幅1.7m
 標高：OP+9.2m
 溜り水：調査予定
 地下水位：OP+6.9m
 内部施設：配管

＜施工パターン＞

【頂版】 単純貫通
 【底版】 マルチステップ

※凍結管の施工方法は、今後の現場調査により変更の可能性がある

<参考4> 貫通施工計画；9-3「集中ラド側カルバート」

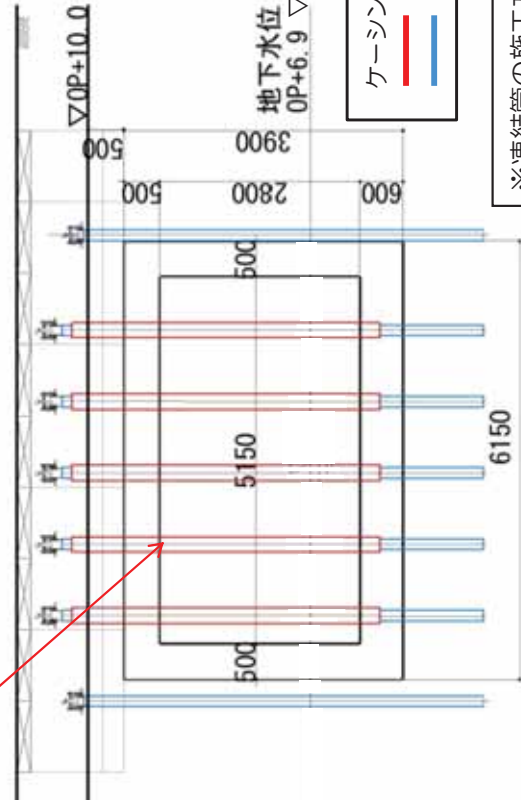
平面図



集中ラド側カルバート
OP+9500T

マルチステップ
(底版) 5本

断面図



ケーシング凡例
第1保護ケーシング
凍結管保護ケーシング

<埋設物情報>

位置：山側 9BLK
形状：矩形
寸法：幅6.2m
標高：OP+9.5m
溜り水：調査予定
地下水位：OP+6.9m
内部施設：海水配管

<施工パターン>

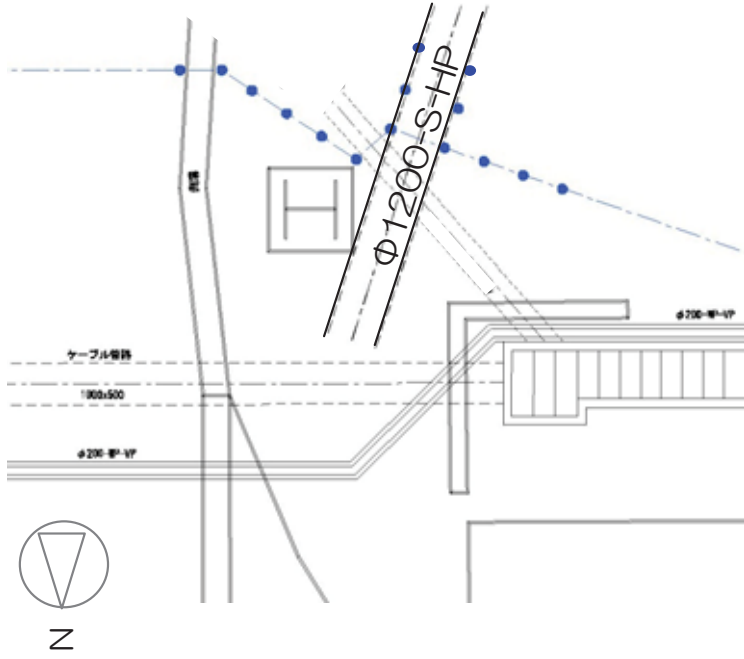
【頂版】 単純貫通
【底版】 マルチステップ

※凍結管の施工方法は、今後の現場調査により変更の可能性がある

<参考5> 複列施工計画；3-1「排水ヒューム管①φ1200-S-HP」

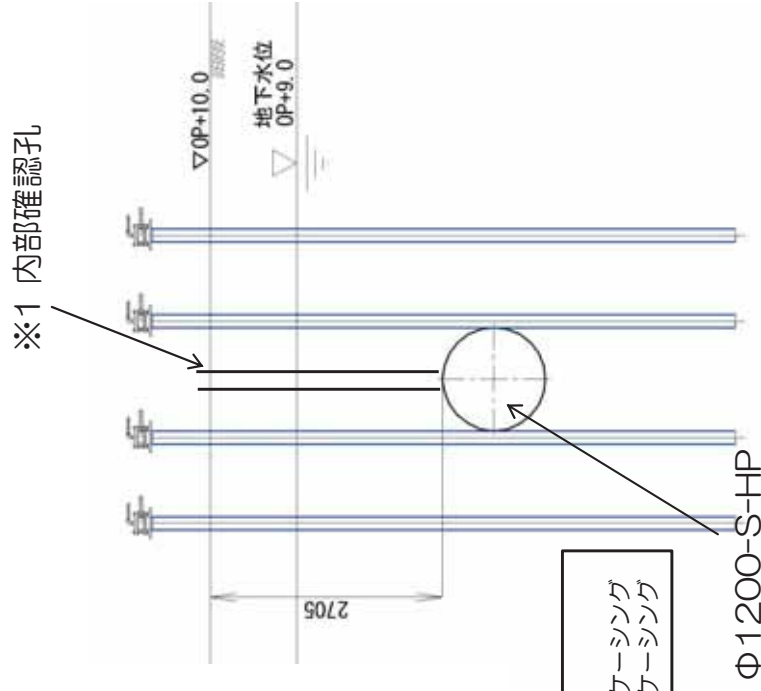


平面図



- ケーシング凡例
- 凍結管保護ケーシング
 - 内部確認孔ケーシング

断面図



<埋設物情報>

位置：山側 3BLK
 形状：円形
 寸法：幅1.2m
 標高：OP+7.3m
 溜り水：調査予定
 地下水位：OP+9.0m
 内部施設：雨水排水

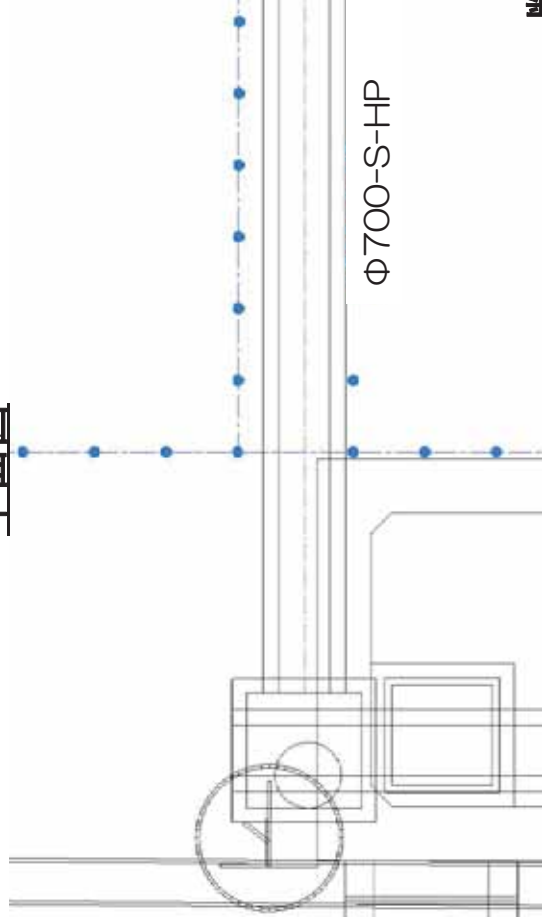
<施工パターン>

複列

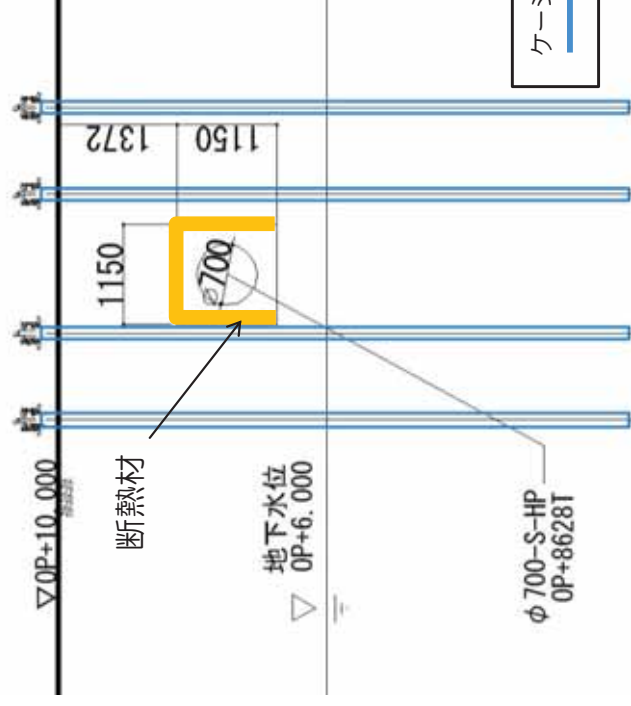
※1 ヒューム管内部を確認しながら凍土造行を行う
 異常が確認された場合はその都度対応を行う

<参考5> 複列施工計画；8-2「排水ヒューム管②φ700-S-HP」

平面図



断面図



<埋設物情報>

位置：山側 8BLK
 形状：矩形
 寸法：幅1.15m
 標高：OP+8.6m
 溜り水：調査予定
 地下水位：OP+6.9m
 内部施設：雨水排水

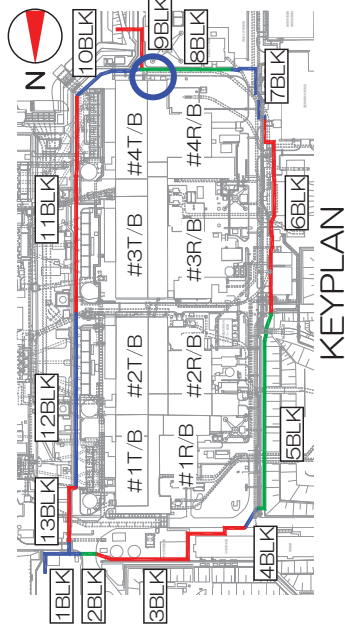
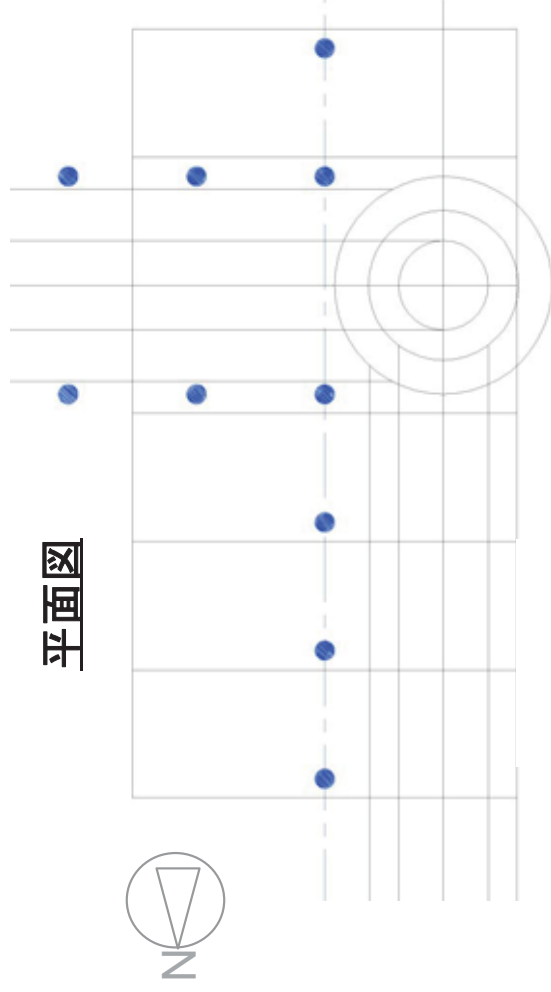
<施工パターン>

複列

ケーシング凡例
 凍結管保護ケーシング

※凍結管の施工方法は、今後の現場調査により変更の可能性がある

<参考5> 複列施工計画；9-1「排水ヒューム管③φ700-S-HP」



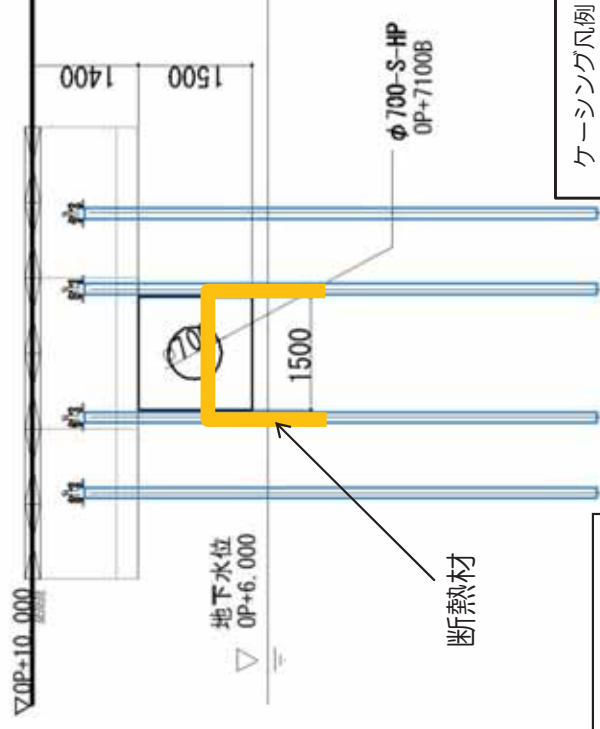
<埋設物情報>

位置：山側 8BLK
 形状：矩形
 寸法：幅1.5m
 標高：OP+8.6m
 溜り水：調査予定
 地下水位：OP+6.9m
 内部施設：雨水排水

<施工パターン>

複列

断面図

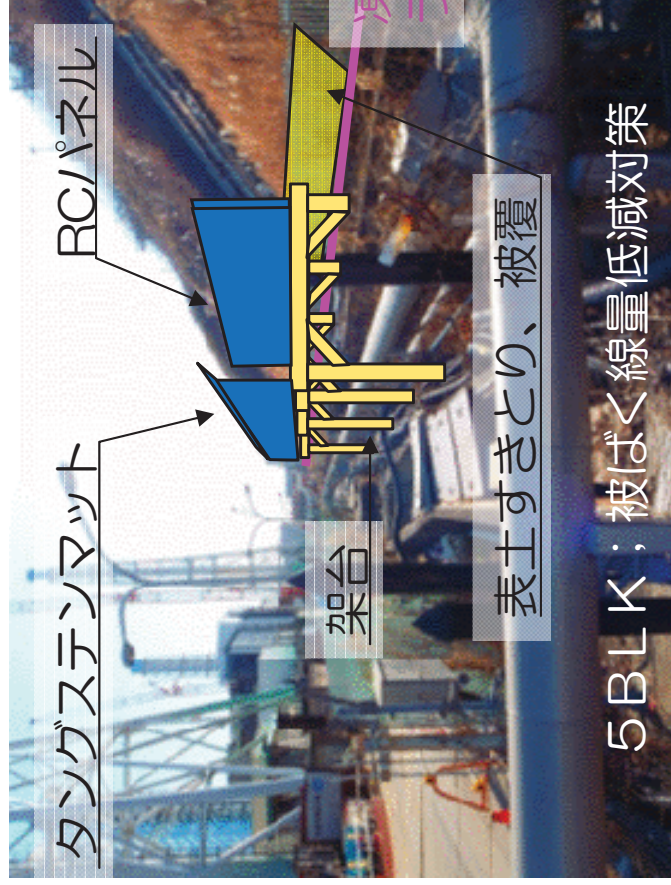


※凍結管の施工方法は、今後の現場調査により変更の可能性がある

<参考6> 凍土壁工事 主な被ばく線量低減対策①

空間線量率・現場状況等に応じて適切な被ばく線量低減対策を実施

- ・L型擁壁、タングステンマット、RCパネル設置
- ・表土すきとり、被覆
- ・遮蔽バラスト着用 等



<参考6> 凍土壁工事 主な被ばく線量低減対策②

軽量遮蔽ベスト NT-SE-3-STD 型 (FR-1PT)

(ラディバリヤー201 厚み 3mm 使用)



【主な仕様】

ガンマ線遮へい性能 15~20%

- ・放射線量(初期)：10.1mSv/h 線源 Cs137
- ・測定機器：CsI(Tl)シンチレーター方式 (HDS-101GN)
- ・室内での実験、厚みと共に距離も変動する実験

質量 約5~6kg

※ カンテック(株)資料より