

鉍害防止対策にかかる自主保安管理の 取組み事例と今後の計画について

令和2年2月18日

日本鉍業協会

1. 鉱害防止対策費

平成17年(2005年)に施行された改正鉱山保安法に基づく自主保安における鉱害防止対策費用について
 <近年の豪雨等を踏まえた対策強化の状況>

大手6社合計		2005年～2012年頃 (※3)	2013年頃～2018年 (※3)
鉱害防止対策費(※1)	操業管理費	約5.3億円/年 (年間平均)	約6.6億円/年 (年間平均)
	設備投資額	2.0億円 (※4)	約35.5億円 (発生源対策、新中和処理施設等)
安定化対策工事費(※2)			約34.5億円

※1 平成25年(2013年)に発生した秋田豪雨等の前後での鉱害防止対策費(操業費及び設備更新)

※2 平成23年(2011年)の東日本大震災の後に、平成24年(2012年)に改正された集積場の技術指針(レベル2耐震評価)に基づく対策工事費

※3 豪雨等を踏まえた対策強化の開始時期は個社の状況により多少異なるので「頃」と表記しています。

※4 上記「操業管理費」に含めて算定している会社もある。

注) 国が毎年予算措置している鉱害防止費用(操業管理関係)は以下の通り(義務者存在と不存在の両方を含め)
 経済産業省 休廃止鉱山の鉱害防止対策等予算案(令和2年度)
 休廃止鉱山鉱害防止等工事費補助金 : 約28億円 (対前年度▲69百万円)

2. 休廃止鉱山インフラのレジリエンス強化に関する取組スケジュール（案）

	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月～
中央鉱山保安協議会	★ 対応方針 の決定												★ 取組報告	
国		● 自主保安 強化策に 関する取 組を指示			● 進ちよく状 況の確認			● 進ちよく状 況の確認				● 取組結果 の確認・評 価		● 自主保安強化策の 見直し等を指示
		指示			報告			報告				報告		指示
業界団体 及び事業者		↓ 【P】改善方針及びアクション プランの策定 ↓ 【D】早急に措置すべき 改善策の実施 ↓ 団体：改善方針の策定 事業者：改善方針に従い、鉱山 毎のアクションプランを策定。また、早急に措置すべき改善策について実施。			↑ 【D】当該年度に措置すべき改善策の実施 ↑ 団体：進ちよく状況の把握 事業者：改善策の実施、進ちよく状況の報告						↑ 【C】取組の自己評価 ↓ 団体：取組（改善結果）の全体評価 事業者：取組（改善結果）の自己評価、報告		↓ 【A】改善方針等 の見直し ↓ 団体：改善方針の見直しの検討 事業者：鉱山毎のアクションプランの見直し	
		国と事業者との間で密接な意見交換の実施												

3. 鉱害防止対策（義務者存在鉱山における）

大手各社において、2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震以降に実施した鉱害防止対策の事例

- ① 発生源対策 2件（1社）
- ② 坑廃水処理 4件（4社）
- ③ 集積場管理 8件（5社）

鉍害防止対策 事例紹介(①発生源対策) 【A社】

【目的】

A鉍山B集積場周辺は、鉍化帯等の影響により、降雨等により発生する地表水が酸性水となり処理が必要となるため、豪雨時、融雪時に原水が急激に増大するリスクがあった。そこで、原水を一時貯留するピットを設置することで、水処理への負荷を平準化し、処理の安定化を図った。

【内容】

■概要：降雨時に発生する表流水を貯水するピットを構築した。ピットの堤体は改良土の盛土で構築し、湛水側の法面を遮水シートで被覆した。ピット底盤部は、浚渫がしやすいように鉄筋コンクリート構造とした。

■工事期間：2018～2019年度

■総工費：約4.4億円



【工事概要、効果】

■工事概要：

ピット上面面積：約16,000m²

ピット下面面積：約14,000m²

有効水深：2.3m

貯水量：約42,000m³
(既設 約8,000m³込み)

■集水エリア面積：82 ha

■濁水発生量(推定)：約32,000m³
(100年確率降雨量81mm/h時の発生量)



貯水ピット全景 (完成後)

鉍害防止対策 事例紹介(①発生源対策) 【A社】

【目的】

B鉍山において、広範囲にわたり表層に鉍化帯が露出・風化しており、降雨等により発生する地表水が、重金属を含有する酸性水となり処理が必要となるため、豪雨時、融雪時には原水が急激に増大するリスクがあった。そこで、表層を被覆することで、地表水を清水として回収・放流可能とし、原水の降雨等による急激な増大を抑制する（清濁分離）。

【内容】

■概要：

遮水シート工法、チップクリート緑化工法の2種の方法により被覆工事を実施するとともに水路整備により清水、濁水、敷地外水の切り分け（清濁分離）を実施する。

■工事期間：2015～2020年度

■総工費：約60億円（計画）



遮水シート工法

【工事面積、効果】

■工事面積（計画）：

チップクリート	4ha
遮水シート	8ha
その他	3ha

■濁水エリア面積（計画）：

工事前 61ha ⇒ 工事後 23ha

■濁水発生量（推定）：

工事前 133m³/min ⇒ 工事後 56m³/min
（100年確率降雨量81mm/h時の発生量）



チップクリート緑化工法（被覆後）

鉱害防止対策 事例紹介(②坑廃水処理) 【A社】

【目的】

C鉱山では、坑口から坑内水を約750m導水し下流の坑水処理場で殿物繰り返し中和法により処理を実施している。しかし、施設の老朽化が進むと共に近年の気候変動による負荷の増加への対応が必要となったことから、原水導水設備および坑水処理施設の能力増強・更新を実施し、処理の安定化を図った。

【内容】

■概要：原水導水設備、調整槽・中和槽・凝集槽から成る中和設備、石灰溶解槽を2系統設置し、トラブル時、メンテナンス時等のバックアップを容易な構造とした。その他、シックナー、砂ろ過設備、送泥設備等を設置した。

■工事期間：2015～2016年度（導水管）
2018～2020年度（処理施設）

■総工費：約15億円

【工事概要、効果】

■設備仕様

導水設備：φ400×750m×2系統
中和槽：容積22.9m³×2槽×2系統
シックナー：1基（直径40m）
砂ろ過：ろ過面積30m²
処理能力：8m³/min



鉱害防止対策 事例紹介(②坑廃水処理)

【B社】

【目的】

近年、気象条件の変化により、突発的な坑廃水処理量の増加や供給路の寸断が発生し、既存の薬剤貯蔵量では不足する懸念があった。薬剤貯蔵タンクの増設、また薬剤添加施設を増設することで、不測の事態に対応できるようにした。引き続きレジリエンス強化工事を検討している。

【内容】

■概要

A鉱山: 石灰受入供給設備増設(バックアップ)

・ 40m³ サイロ×1基

・ 26m³ 石灰攪拌槽×2基

受電設備・非常用発電機増強更新

B鉱山: フィルタープレス1基増設

・ 28室 310L

薬剤貯蔵タンク1基増設

(苛性ソーダ: 10m³ → 20m³)

薬剤貯蔵タンク1基老朽化更新

抜泥装置老朽化更新

C鉱山: 薬剤貯蔵タンク2基老朽化更新

薬注ポンプ2台老朽化更新

薬注ポンプ2台増設(計4台)

非常用発電機増強更新

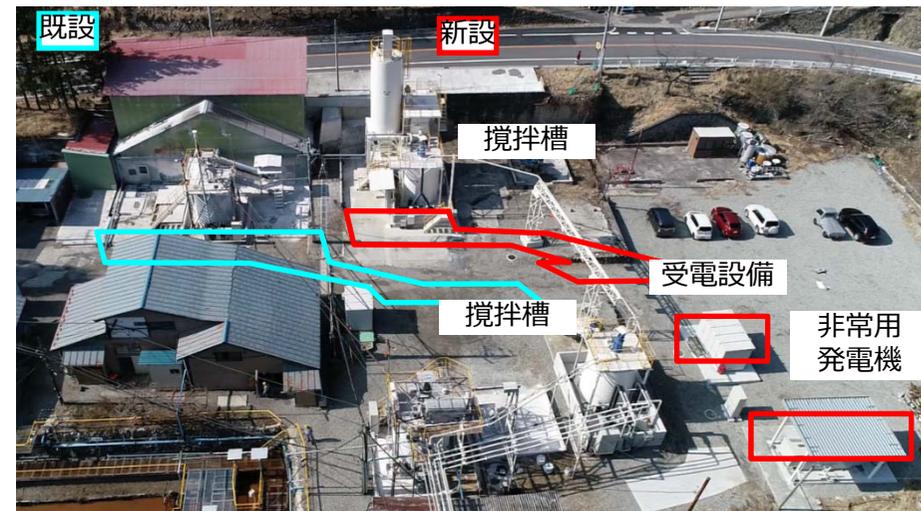
■ 工事期間 : 2016~2019年度

■ 総工費 : 約332 百万円

A鉱山 : 202 百万円

B鉱山 : 108 百万円

C鉱山 : 22 百万円



A鉱山: 石灰受入供給設備
貯蔵サイロ, 攪拌槽, 受電設備, 非常用発電機



B鉱山: フィルタープレス



C鉱山: 薬注ポンプ

鉱害防止対策 事例紹介(②坑廃水処理) 【C社】

2015年～2019年

A鉱山 廃水処理設備の更新、貯水槽増設、清濁分離工事

【目的】 亜鉛排水基準(2mg/L)への対応、非常時の貯水機能確保、清濁分離

【内容】 新処理設備の設置、貯水槽の設置(約550m³)、濁水浸出箇所の整備等(総工費約1.5億円)

【効果】 処理水亜鉛濃度1mg/L以下を維持。貯水能力18日間。清濁分離は継続実施中。



2018年～2019年

B鉱山 廃水処理設備の更新、貯水槽設置、清濁分離工事

【目的】 坑廃水の安定処理、非常時の貯水機能確保、清濁分離

【内容】 新処理設備の設置、貯水槽の設置(約700m³)、法面舗装、水路整備等(総工費約4億円)

【効果】 廃水処理の24時間自動化、貯水能力5日間、清濁分離は継続実施中



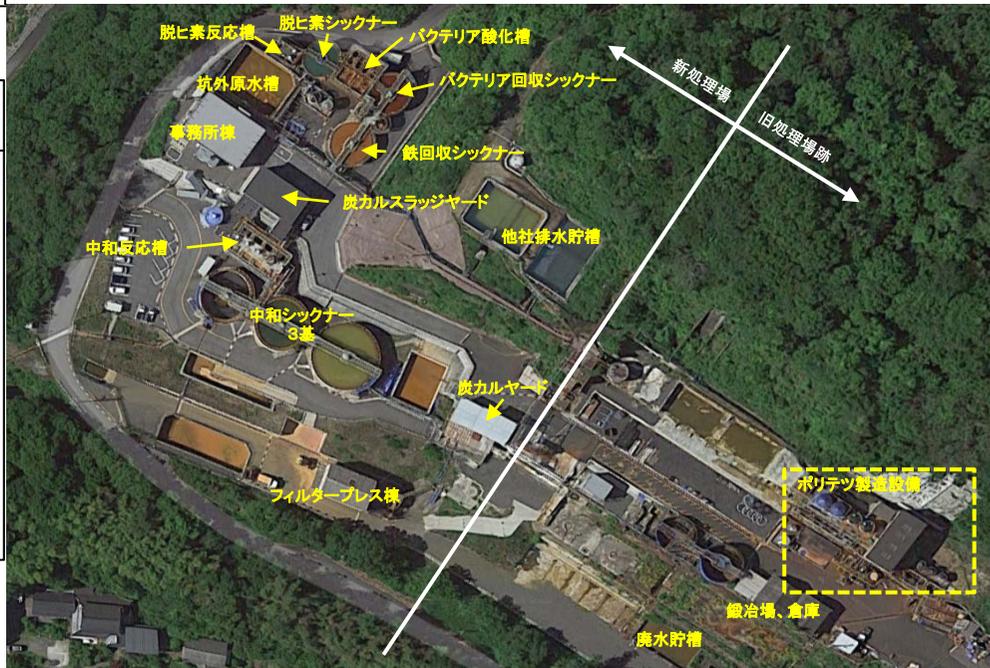
その他:2017年 C鉱山 法面補強工事(総工費約3千万円)、2017年～2018年 L2安定性解析(指針対象外の全堆積場、約2億円)

鉍害防止対策 事例紹介(②坑廃水処理)

【D社】

目 的	工事内容、効果
<p>(1) 設備操業トラブル防止</p> <ul style="list-style-type: none"> ・老朽化設備更新 → 漏洩、地下浸透防止 ・処理能力強化 → 突発豪雨等への対応 ・操作性、作業性の向上・改善 → 操作ミスによる事故防止 <p>(2) 地震による倒壊防止</p> <ul style="list-style-type: none"> ・設備設置箇所移転、地盤強化 → 倒壊防止 <p>(3) コスト削減、ダムの延命</p> <ul style="list-style-type: none"> ・処理プロセス最適化によるランニングコスト削減 ・副産物生産＝中和殿物減によるダム延命化 	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ 全設備更新、降雨を含めた場内水の導水確保 ⇒ 処理能力5.5→6.0m³/分、場内集水槽構築、坑内湛水方改善 ⇒ 集中コントロール方式、モニターカメラ、緊急遮断装置等の採用 ⇒ 設備基礎等地盤改良による地震時(震度5以上)安全率≥ 1.1 ⇒ 酸化方法改善、インバータ等の導入で≈ 4百万/年削減 ⇒ ダム延命効果≥ 30年

工事概要	
<p>工事方法</p>	<p>処理継続のため、新設備完成後、随時切替を実施</p>
<p>施工期間</p>	<p>2011年11月～2015年3月</p>
<p>総工事費</p>	<p>新処理場建設 ≈ 12億 旧設備解体費 ≈ 1億 計 ≈ 13億</p>



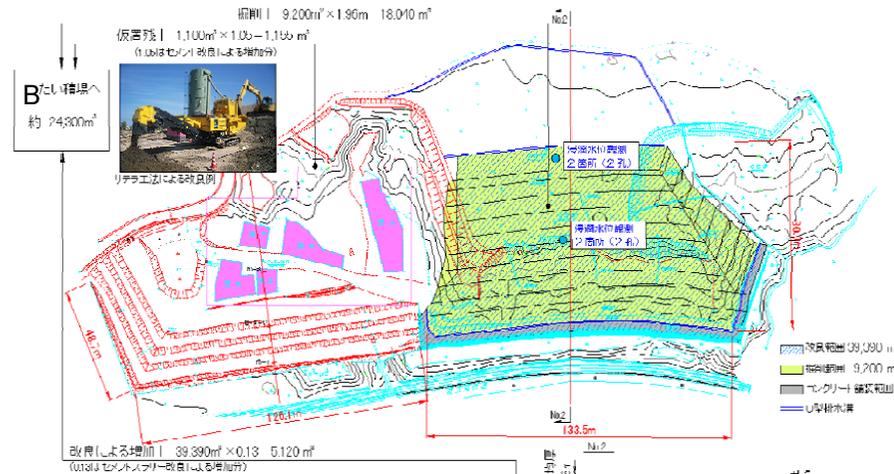
鉦害防止対策 事例紹介(③集積場管理) 【B社】

経緯

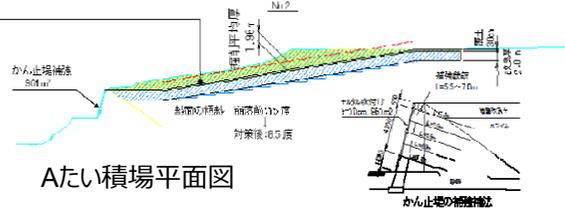
2011年3月11日14時46分に発生した東北地方太平洋沖地震により、地区内において2分間以上にもおよぶ長時間で、震度4～5弱の強い地震が観測され、Aたい積場のたい積斜面が崩れ、覆土を含むたい積物が鉄道線路、河川に流出した。



震災直後



パワーバンダー工法による改良例



Aたい積場平面図

安定化対策工概要

概算金額 520,000 [千円]

a) セメント地盤改良工事 (金額 440,000 千円)

崩落した箇所を地盤改良しながら掘削を行い、斜面を緩やかに整形した後に表面を覆土・緑化する。工事により発生する24,300m³の土砂(仮置き残土を含む)はBたい積場に運搬し盛土する

【主要工種】

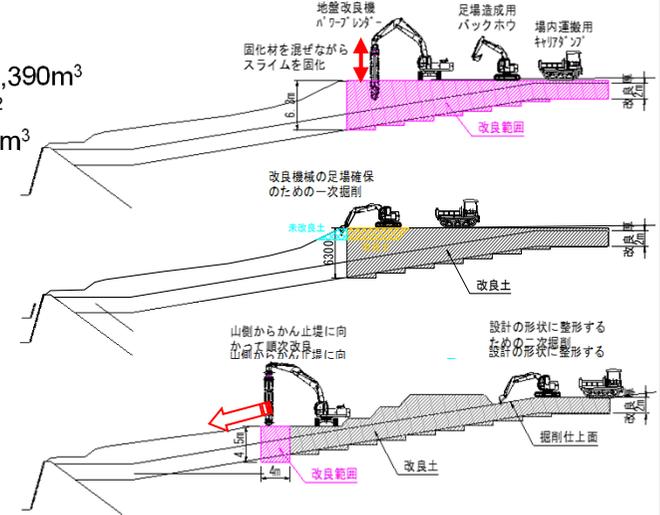
セメント地盤改良: 39,390m³

覆土・緑化: 9,200m²

改良土運搬: 24,300m³



安定化対策工事後



b) かん止堤補強工事 (金額 80,000 千円)

石積みかん止堤の壁面の補強を行う。

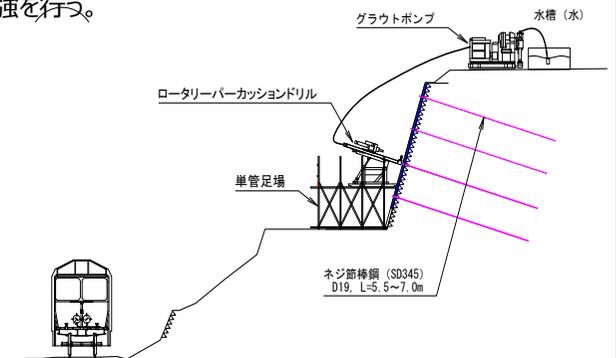
【主要工種】

モルタル吹付: 961m²

440本鉄筋挿入



石積み補強後



鉱害防止対策 事例紹介(③集積場管理) 【B社】

経緯

2011年3月11日14時46分に発生した東北地方太平洋沖地震により、地区内において2分間以上にもおよぶ長時間で、震度4～5弱の強い地震が観測され、Aたい積場のたい積斜面が崩れ、覆土を含むたい積物が鉄道線路、河川に流出した。

Aたい積場の流出物と安定勾配にするための余剰堆積物は、Bたい積場に搬送した。また、Bたい積場においても、改正された技術指針に則った構造とするために地盤改良工事を行った。



震災直後Aたい積場



Bたい積場平面図

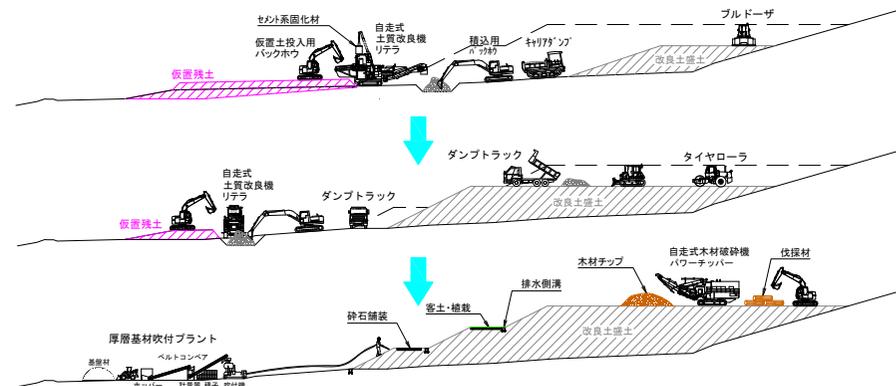
安定化対策工概要

概算金額 270,000 [千円]

【盛土工事】

Aたい積場から運搬した改良土24,300m³とBたい積場内の残土を改良した改良土14,900m³を、安定勾配で盛土(最大盛土高 10.6m, 平均2.95m)した後、盛土表面を覆土・緑化する。

【主要工種】盛土：39,200m³ (AとBの合計), 覆土・緑化：7,500m²



仮置土改良工(リテラ)



盛土工事後

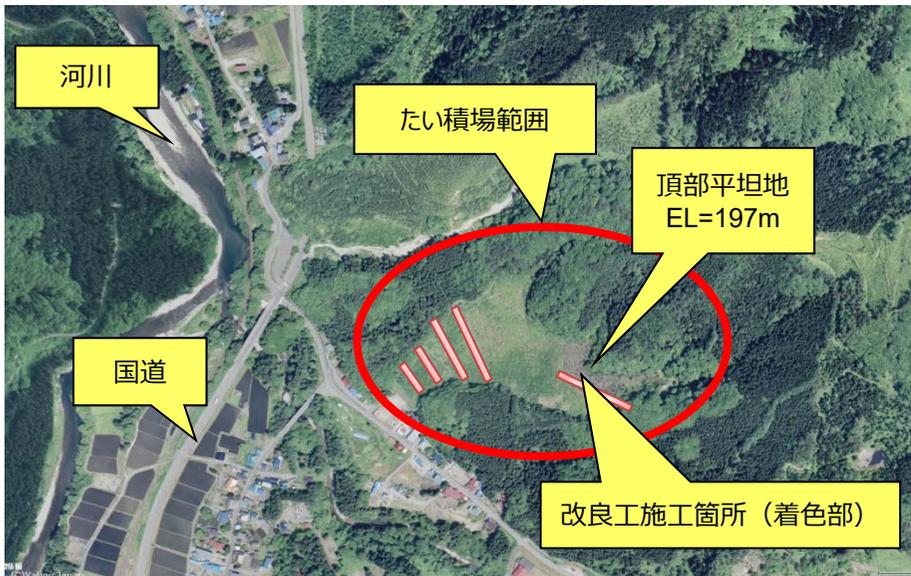
鉤害防止対策 事例紹介(③集積場管理) 【B社】

目的

たい積場におけるリスク管理の強化及び東北地方太平洋沖地震により発生した流出事故を踏まえて改正された技術指針に則った構造とするために地盤改良工事を行う。

工事概要

- (1) たい積場の崩落防止及び液状化の可能性のあるスライム等の流出抑止を図るため、抑止効果大きい固結工法を選定した。
- (2) 主工法として高圧噴射攪拌工法を選定し、施工深度が15m以下の範囲における施工では工期短縮及びコスト削減を図るため機械攪拌工法を併用した。
- (3) 本対策工は、たい積場盛土における、「すべり対策」、「側方変位抑止」、「液状化対策」を目的とすることから、「格子式改良」を選定した。
- (4) 地盤改良工事及び仮設道路設置に伴い発生する残土の処分場所は、最上段平地(旧泥面)とした。なお、仮設道路は、管理用道路として残す。地盤改良部は現状復旧し、残土置き場と合わせて覆土・緑化を行う。



たい積場付近の状況

安定化対策工概要

概算金額 1,220,000 [千円]

地盤改良工

【主要工種】

- 機械攪拌工法 : $\Phi 900$ L=3.5~14.5m 1,621本
- 高圧噴射工法 : $\Phi 1100$ L=15.0~28.0m 1,364本



b) 高圧噴射攪拌工



鉱害防止対策 事例紹介(③集積場管理) 【D社】

目的

鉱業上使用する工作物等の技術基準を定める省令の技術指針(内規)の改定に伴い、かん止堤が外盛式ではあるが、レベル1、レベル2地震動に対する評価をしたところ、レベル2地震動に対する安全率が満足していないことが判明したため、押え盛土によるかん止堤の安定化対策を実施。

計算結果

計算条件	常時	レベル1 地震動	レベル2 地震動
GH=93.5m(現在の形状)	2.463	1.293	0.946
GH=102.0mまで押え盛土した場合(+8.5m)	3.242	1.644	1.220

工事概要

工事内訳 盛土量 71,600m³ 排水溝 1式 暗渠工 1式
工事期間 2018年8月～2019年8月
総工事費 ≒80百万

着工前



完成



鉱害防止対策 事例紹介(③集積場管理) 【E社】

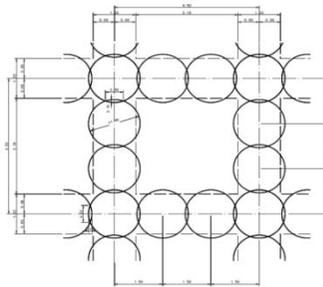
【概要】

- 液状化の可能性があるスライム等の流出抑止を図るため、抑止効果の大きいセメント固化工法で地盤改良を実施。
- かん止堤の緑化対策を行うとともに、工事では並行して豪雨対策として暗渠閉塞工事及び新たな排水管の整備工事を実施。

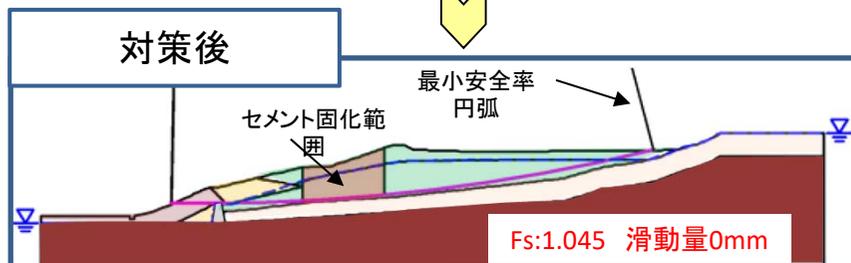
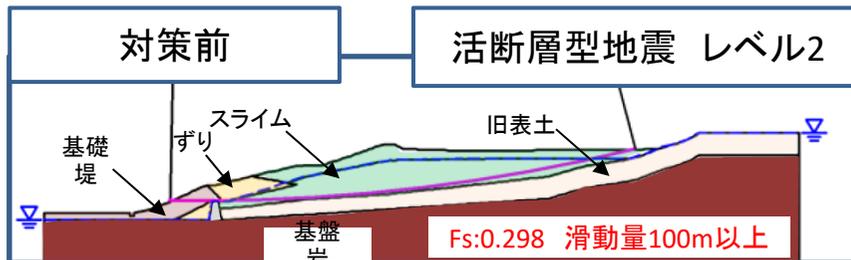
【施工内容】

- かん止堤地盤改良 (対象度量15,500m³)
- かん止堤緑化 (面積3,000m²)
- 底設暗渠閉塞及び排水管設置 (全長200m)
- 工事費 : 約3億円
- 工事期間 : 2014年9月～2016年3月

【改良仕様】



改良材	セメントミルク(W/C=100%)
設計基準強度	1100kN/m ²
セメント添加量	地下水位以浅240kg/m ³ 地下水位以深290kg/m ³
改良体の形状	円柱体の格子状配置
改良率%	50%
改良体の直径	直径1.6m
改良体の配列	縦横4.5mピッチの 格子状配置



【かん止堤全景 (竣工後)】

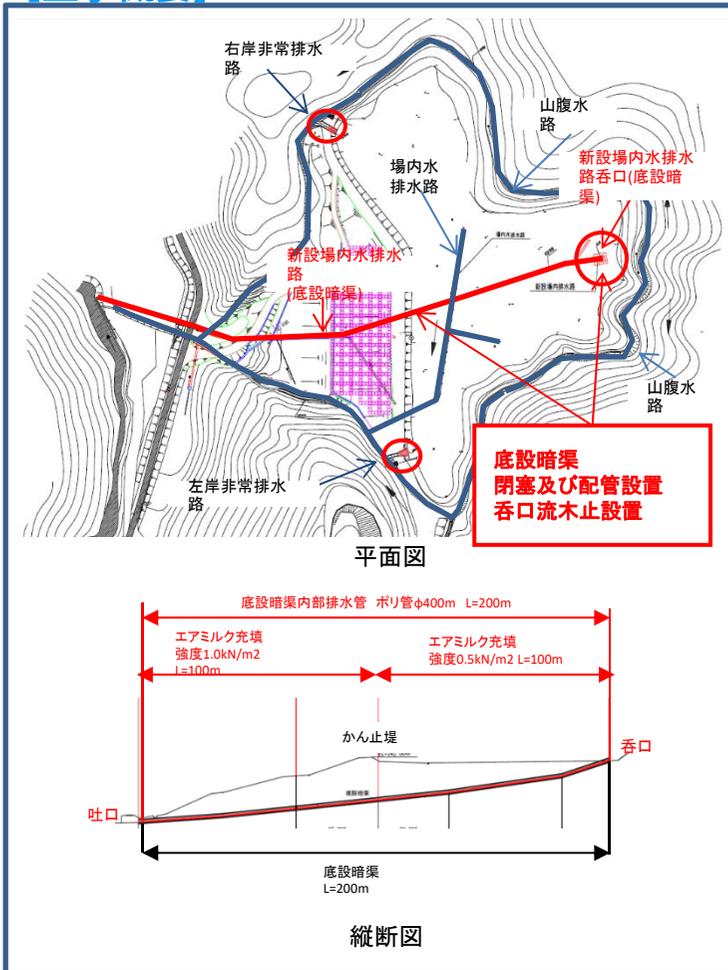


鉱害防止対策 事例紹介(③集積場管理) 【E社】

【概要】

Z鉱山の集積場において、融雪時、豪雨時に集積場内の表面水が急激に増大するリスクがあったため、集積場の安定化対策工事を実施する時期に合わせて老朽化した暗渠の閉塞工事後に新たな排水路の確保、流木止め等の対策工事を実施。

【工事概要】



【施工内容】

- 底設暗渠閉塞及排水管設置 (全長200m)
- 底設暗渠の味口流木止め設置
- 工事費 : 約30百万円
- 工事期間 : 2014年9月~2016年3月

【底設暗渠閉塞及び配管設置工事】

対策前

対策前底設暗渠断面

スケール

・亀裂が多数確認でき、底設暗渠の崩壊や亀裂からの鉱さいの漏出を懸念

底設暗渠排水管設置(施工中)

対策後

対策後断面

エアミルク
ポリ管
エアミルク注入時の内部

・ポリ管を挿入し必要な通水能力は確保したまま、エアミルクにより底設暗渠を閉塞し、崩壊と鉱さいの漏出を対策

底設暗渠呑口流木止

鉱害防止対策 事例紹介(③集積場管理) 【F社】

【目的】

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震により、東北及び関東の3つの鉱山の集積場で集積物の流出事故が発生した。これを踏まえ経済産業省では集積場に係わる技術指針を改定し、一定規模以上の集積場に対して、大規模地震動(レベル2地震動)に対する安定性評価を実施する方針を打ち出した。これを踏まえ対象堆積場の安定性評価を行った。

【概要】

入力地震動は過去に発生した地震や活断層やプレート境界等の情報から調査して内陸型および海洋型の双方について検討した。耐震性能評価方法は、二次元FEMによる地盤内応力時刻歴を算定し、液状化判定、すべり安全率、液状化を考慮した地震時変形・滑動を解析した。

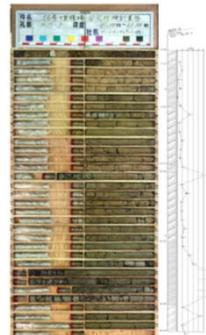
■ 工事期間：平成25年度、 ■ 費用：4,100[千円]

【内容】

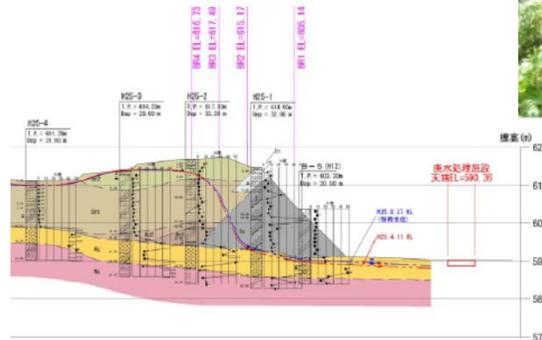
- 地形・地質状況：ボーリング(4孔)、標準貫入試験
- 地下水位状況：自記水位観測1年間(3孔)
- 入力地震動の設定：内陸活断層型地震、プレート境界型地震の2種類
- 解析モデル、液状化判定、解析作業



対象堆積場上部



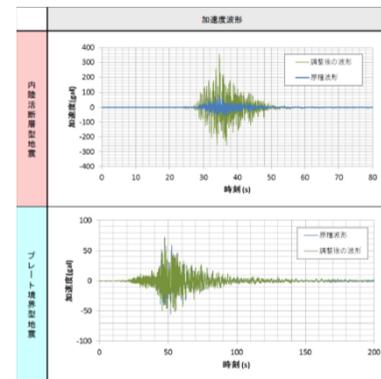
ボーリング調査



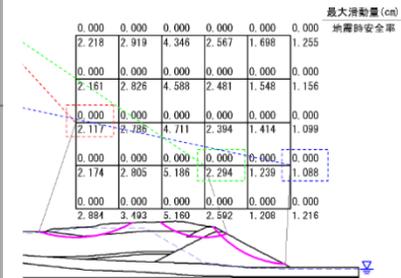
分布地質および地下水分布状況



観測孔



入力地震動の設定



動的すべり安定解析結果

鉍害防止対策 事例紹介(集積場管理) 【G社】

【概要】

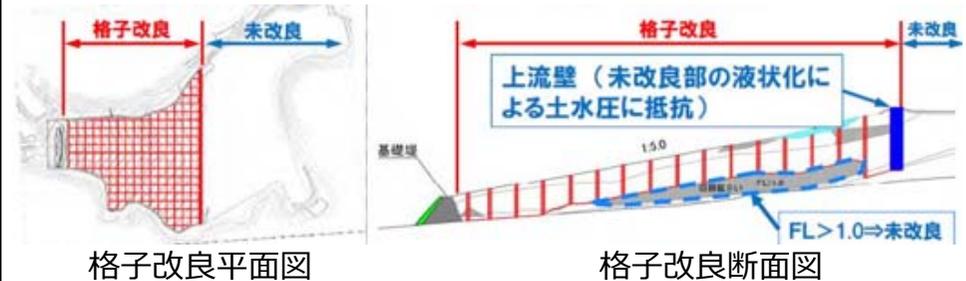
- 液状化の可能性のある鉍さい等の流出抑止を図るため、セメント固化工法による地盤改良を格子状に実施した。
- 集積場傾斜部を中層混合処理工（パワーブレンダー工法：最大深度13m）と深層混合処理工法（CDM工法：最大深度28m）による対策工事を実施した。

【施工内容】

- 集積場堆積量 約27万m³
- 地盤改良土量 5.3万m³ セメント使用量 2.6万m³
- 基礎かん止堤 コンクリート（厚さ1m）のもたれ擁壁による補強
- 工事費 約13億円
- 工事期間 2014年4月～2015年3月

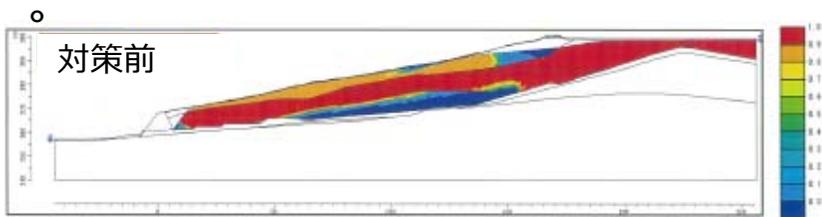
【改良仕様】

改良幅 1 m、10m格子で地盤改良
セメント配合 260kg/m³ 設計強度、1,900KN/m²

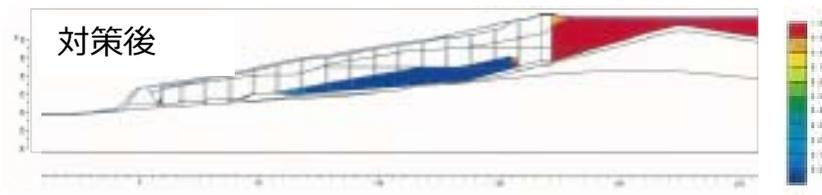


【過剰間隙水圧比分布図】

傾斜部、水平部の過剰間隙水圧比が上昇し液状化する。



傾斜部は対策工事の効果で過剰間隙水圧比は上昇せず液状化しない。水平部は上流壁で流出を防止する。



【パワーブレンダー工法】



【CDM工法】

