

ダムリニューアル工事 施工事例

2019年度版

一般社団法人 日本建設業連合会
インフラ再生委員会

No	目的	会社名	区分	工事名称	タイトル	特殊技術(要素技術)					ページ番号	
						分類	①	②	③	④		⑤
1	1. Technologies to increase reservoir volume 【貯水池容量の増大技術】	大林組	更新	サンピセンダム嵩上げ工事	既設ダム嵩上げによるダム貯水量の増量	1	積算温度管理による水平打継目処理	GEVRによる旧堤体との一体化			3	
2			更新	狭山池ダム建設工事	既設ため池の池内掘削と嵩上げによる貯水量の増量	1	二重仮締切による転流工	現場発生土による堤体嵩上げ盛土			5	
3			更新		堤体穴あけ時の仮締切工法	1	収納式密閉型仮締切					7
4			更新	当麻ダム洪水吐き建設工事	既設フルダムの洪水吐き新設による設計洪水流量の増大化	1	厳冬期の寒中コンクリートの品質確保技術					9
5		更新	鶴田ダム施設改造工事	堤体の穴あけ工事	1.2	全旋回オールケーシング工法	水中バックホウ(水中ブレーカ)	水中不分離性コンクリート打設	ロードヘッダによる削孔	水中型枠・鋼製多段チャンネル仮締切	11	
6		更新	天ヶ瀬ダム再開発トンネル設備流入部建設工事	シャフト式水中バックホウによる岩盤掘削・浚渫工事	1.2	前底部鋼管矢板締切内の掘削・浚渫					14	
7		点検	シュエバロダム建設工事	重要構造物へ与える振動監視	1.3	2種信号の同時出力アンブ作成	自動診断再起動装置	ワイヤレス通信機能			16	
8	2. Technologies to increase discharge capacity 【洪水調整能力の増強技術】	鹿島建設	更新	長安ロダム施設改造工事	堤体外取水設備工事	2.5	鋼製架台据付用アンカー	水中不分離性コンクリート	超音波計測器	水中ワイヤーソーによる掘削	19	
9		熊谷組	更新	月光川ダム施設改造工事	既設堤体穴あけ	2	自由断面掘削機による既設堤体の穴あけ	鋼製チャンネル型アンカー方式			21	
10			更新	西郷発電所ダム改造工事	既設堤体洪水吐き改造	2	上流仮締切の鋼矢板と仮設SR堰の組合せ	ワイヤーソーによる堤体撤去			23	
11		更新	熊野川ダム改修工事	ダム洪水吐きの改修	2	作業構台の盛替省力化	ワイヤーソー併用によるコンクリート取壊し	多連ドリル穿孔工法(SD工法)			25	
12		更新	尾口第一ダム改修工事	ダム洪水吐きの補修	2	下流面表面部への高強度コンクリート使用	既設橋梁の再利用				27	
13		更新	鹿野川ダムトンネル洪水吐新設工事	トンネル洪水吐新設工事	2	LIBRA-S工法	呑口トンネル接合部の地山安定化対策	全旋回オールケーシング工法	音響ビデオカメラ(DIDSON)		29	
14		更新	千五沢ダム改築工事	洪水吐の改修 仮設栈橋及び仮締切工	2	LIBRA-S工法	マイクロジョイントパイル工法				31	
15		更新	奥只見発電所増設工事	堤体の穴あけ	2	鋼コンクリート半円形仮締切工法	仮締切根入れ部のダム底面掘削	仮締切底盤部の台座コンクリート			33	
16		更新	新菅原発電所西畑ダム改造工事	ダムの嵩上げ・拡張工事	2	ワイヤーソーによる切断	ブレーカ掘削	拡張レア工法			35	
17		更新	水質保全対策事業雪谷川地区工事	堤体内放流管増設工事	2.5	ロードヘッダ工法	水中型枠				37	
18	3. Technologies to improve structural stability 【安全性の向上技術】	奥村組	更新	池原ダム	ダムリニューアル工事	3	静的破碎工法	油圧クサビによる割裂工法	油圧ブレーカによる小割		40	
19			更新	布引五本松堰	コンクリートダム堤体の補強	3	補強コンクリートの増厚				42	
20		更新	行徳可動堰改築工事	ゲートの交換・堰柱の補修	3	堰柱補強における品質確保	設計上の工夫				44	
21		その他	災害廃棄物処理業務 石巻ブロック	災害廃棄物処理	3	CSGによる防潮堤の築造					46	
22		更新	豊稔池補修工事	堤体補強工事	3	制御発破	超微粒子セメントによる基礎処理	液体窒素によるブレーキリング			48	
23		補修		アスファルト・コンクリート表面遮水面の補修	3	アスファルトの撤去	法面舗装工				50	
24	更新	安藤・間	貯水池内土砂移動における特殊エジェクター工法	4	土砂吸引工	土砂搬出工				53		
25	4. Technologies to control sediment 【堆砂の制御技術】	大林組	更新	矢作ダム排砂工法実証実験工事	ダム貯水池堆砂の「サイフォンによる移動式排砂工法」	4	サイフォンによる移動式吸引工法	補助動力による掘削			55	
26			更新		深い貯水池における浚渫工法	4	大深度貯水池浚渫排砂工法				57	
27			更新		ポンプ浚渫土砂の土運船内での分級工法	4	浚渫土砂分級				59	
28			更新		浚渫土の効率的な減容化処理技術	4	SFR浚渫土処理工法				61	
29		更新	奥村組	黒岳沢1号堰堤除石工事	ダム湖浚渫・排砂(スラリー連脱水システム)	4	スラリー連続脱水处理システム				63	
30		更新	熊谷組	静内ダム浚渫工事	エジェクター浚渫工法	4	エジェクター浚渫工法				65	
31		更新	五洋建設		ダム貯水池内の堆積土砂を下流地点との水位差により排出	4	マルチホールサクション排砂管工法				67	
32	維持			ダム貯水池の堆積土砂を除去する浚渫工法	4	クラブ・ボンブドレッジャー工法				69		
33	更新	大成建設		掘削カッター付ポンプによる排砂工	4	高深度水中での堆砂掘削				71		
34	5. Technologies to improve environments 【環境の向上技術】	安藤・間	更新	鹿野川選択取水設備施設外新設工事	水深下での取水塔コンクリート工事	5	LIBRA工法(プレスバンド先行)	水中ワイヤーソー	水中不分離性コンクリート打設		74	
35		濁池組	更新		浚渫土の脱水・固化処理技術	5	マグネシウム系固化材				76	
36		フジタ	更新	荒瀬ダム本体等撤去工事	水力発電ダムの撤去に伴う堤体穴あけ工事	5	GPS・ソナー搭載自律走行無人ボート	全旋回オールケーシング工法	水中不分離性コンクリート打設	FONDリル工法	78	
37	6. Others 【その他】	大林組	点検		水中点検ロボット「ディアグ」	-	姿勢制御技術	画像鮮明化技術	大深度対応	クラック計測技術	撮影対象物の清掃	82
38			鹿島建設	更新	羽田D滑走路建設外工事	維持管理業務を含んだ工事の発注	-					
39		熊谷組	補修		フライアッシュ混合の長距離圧送が可能な可塑性注入材	-	スーパーエコマックスによる空洞充填工					86
40		濁池組	補修		地盤内注入技術	-	動的グラウチング工法					88
41		五洋建設	点検		水中構造物診断システム(Cetus-V)	-	水中構造物診断システム					90
42		濁池組	点検		可視画像と赤外線画像によるハイブリッド画像診断システム	-	HIVIDAS					92
43		補修			ポリウレタン発砲型止水工法	-	ピングラウト工法					94
44		大成建設	点検		電磁波レーダを用いた遮水壁内部変状調査	-						96
45		竹中土木	更新			-	堤体穴明けの補強	水中作業の無人化	アンカーボルトによる耐震補強			98
46		飛鳥建設	更新	小原ダム改良工事	既設堤体の取壊し	-	ハンゾリ掘削					102

1 . Technologies to increase reservoir volume

【 貯水池容量の増大技術 】

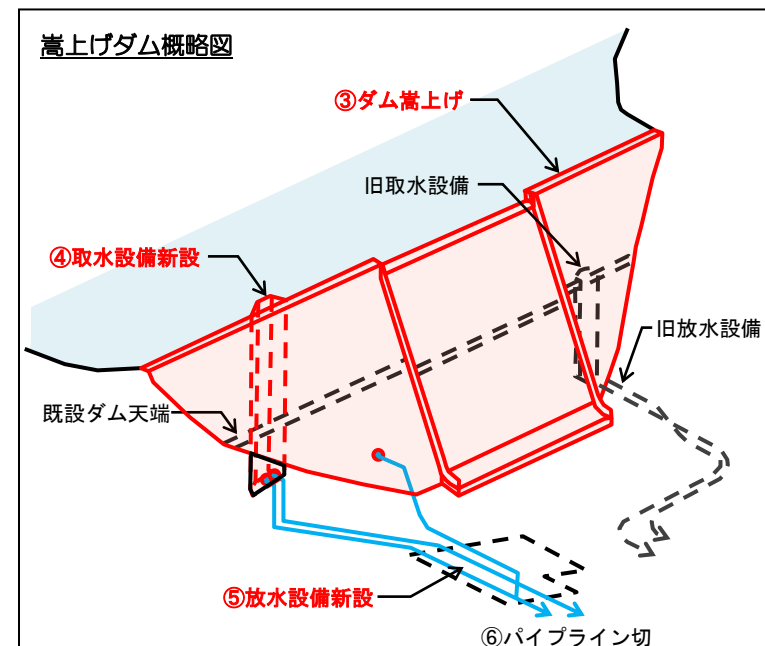
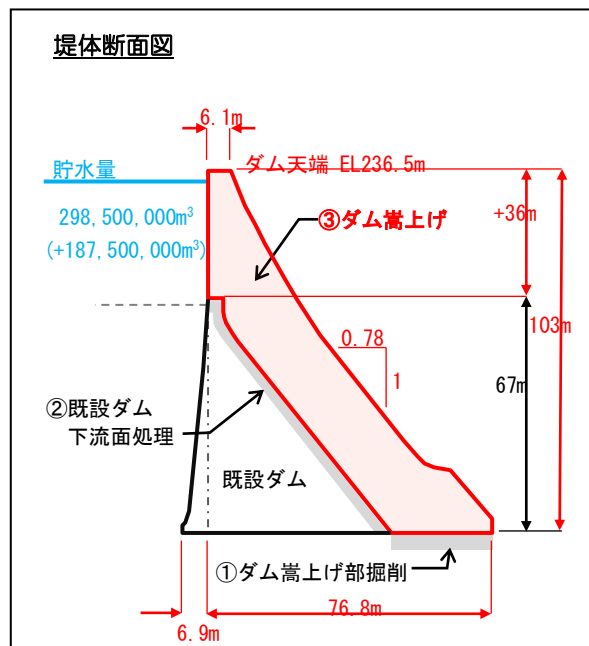
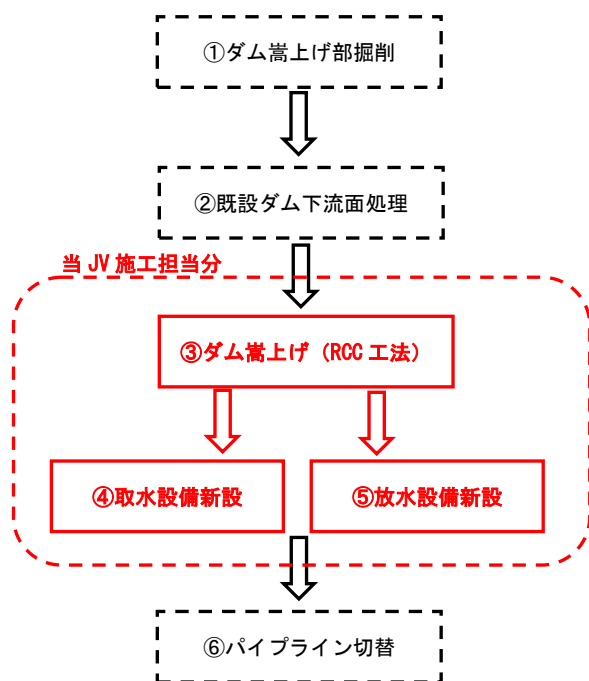
■技術の概要

米国カリフォルニア州サンディエゴ郡水道局による、緊急備蓄プロジェクトの一環。

サンディエゴ地域の水需要の増加に対応するため、1943年に建設されたサンビセンテダムを供用しながら36m嵩上げし、貯水量を増加させる。

ダム嵩上げにRCC（Roller Compacted Concrete）工法を採用。なお、嵩上げ高さは全米一。

堤体嵩上げ手順



RCC 打設実績

日平均打設量: 1,942 m³

日最大打設量: 5,142 m³

月平均打設量: 42,000 m³ (打ち上がり高 9.4 m)

月最大打設量: 65,882 m³ (打ち上がり高 9.6 m)

ダム諸元

型式: 重力式コンクリートダム

堤高: 103 m (+36 m)

堤頂長: 433 m (+134 m)

堤体積: 698,000 m³ (+460,000 m³)

貯水面積: 6,475,000 m² (+2,023,000 m²)

貯水量: 298,500,000 m³ (+187,500,000 m³)

※数値は嵩上げ後、() 内は嵩上げ分を示す。






ダム嵩上げ前



ダム嵩上げ後



堤体嵩上げ工

工種	要素技術	特徴と課題	備考
RCC打設工	<p>積算温度管理による水平打継目処理</p> <p>水平打継目の凝結・硬化状態を積算温度により管理し、その状態によって処理の程度を分類・選択する手法である。</p>	<p>■特徴</p> <p>① 処理方法を以下の4段階に分類し、この管理を積算温度によりを行った。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ホットジョイント（凝結開始前）：無処理（ルーズな骨材、余剰水の除去） ・ウォームジョイント（凝結開始から終結まで）：グラウト敷設 ・コールドジョイント（硬化後初期段階）：グリーンカット+グラウト敷設 ・スーパーコールドジョイント（硬化状態）：グリーンカット+グラウト敷設 <p>② 水平打継目の積算温度管理は、打設箇所の外気温による間接手法とした。</p> <p>③ 打設サイクル中のグリーンカットおよびグラウト敷設作業が減少し、施工速度を向上させた。</p> <p>■課題</p> <p>① ダンプトラックによる堤内運搬時の走路養生方法。</p> <p>② RCC連続打設を阻害しない施工設備のメンテナンス時間およびメンテナンス要員の確保。</p>	<p>① 平均外気温から算出した、打設完了から次打設までの概算時間</p> <p>ホットジョイント： 19時間以内</p> <p>ウォームジョイント： 47時間以内</p> <p>コールドジョイント： 65時間未満</p> <p>スーパーコールドジョイント： 65時間以上</p>
	<p>GEVRによる旧堤体との一体化</p> <p>GEVRによる上下流面等の施工</p> <p>旧堤体との接続部、上下流面、着岩部等を、GEVR（Grout Enriched Vibratable RCC）により施工した。</p> <p>GEVRとは、所定範囲にグラウト材（セメントミルク）を敷設し、そこにRCC材を投入した後、バイブレータにより締固める施工方法である。GEVRの施工幅は約50cmである。</p>	<p>■特徴</p> <p>① 接続面となる既設ダム下流面は、高圧力水によるチップング処理（処理深さ75mm程度）を施し、表面不良部の除去および付着性の向上を図った</p> <p>② 嵩上げ部上下流面の施工には、鋼製型枠を使用した。</p> <p>③ バッチャープラントでの製造がRCC配合のみとなり、製造および打設効率を向上させた。</p> <p>■課題</p> <p>① セメントミルクの敷設量、締固め状態等、現場におけるGEVR品質の定量的な評価方法の確立。凍結融解の可能性がある場合の耐久性についての別途対策。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="813 1002 1173 1219"> <p>既設ダム下流面処理状況</p>  </div> <div data-bbox="1245 1002 1682 1219"> <p>グラウト材敷設状況</p>  </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div data-bbox="813 1257 1173 1474"> <p>締固め状況（旧堤体接続部）</p>  </div> <div data-bbox="1245 1257 1682 1474"> <p>締固め状況（下流面）</p>  </div> </div>	<p>① 旧堤体との付着状況（試験施工）</p> <p>試験施工により、既設ダムから採取したコンクリートパネルにより既設ダムとの接続箇所を再現し、GEVRによる既設ダムとの一体性の確認を行った。</p> <div style="text-align: right;">  </div>

■技術の概要

日本最古のダム形式のため池である狭山池(大阪府狭山市)を、かんがい用貯水を確保しながら治水ダムとして改良。

改良した狭山池ダムは、均一型アースダム形式で貯水池内の掘り下げ(約 3m)と堤体嵩上げ(1.1m)により既設農業用水容量 180 万 m³ に治水容量 100 万 m³ を増加。

1. 貯水池内の土工事

貯水池流入水を二重仮締切りで河川を転流し、池底掘削と堤体嵩上げをドライワークとした。

2. 築堤材料の確保

貯水池内掘削土の含水比低下、粒度調整を行い築堤材として有効利用。

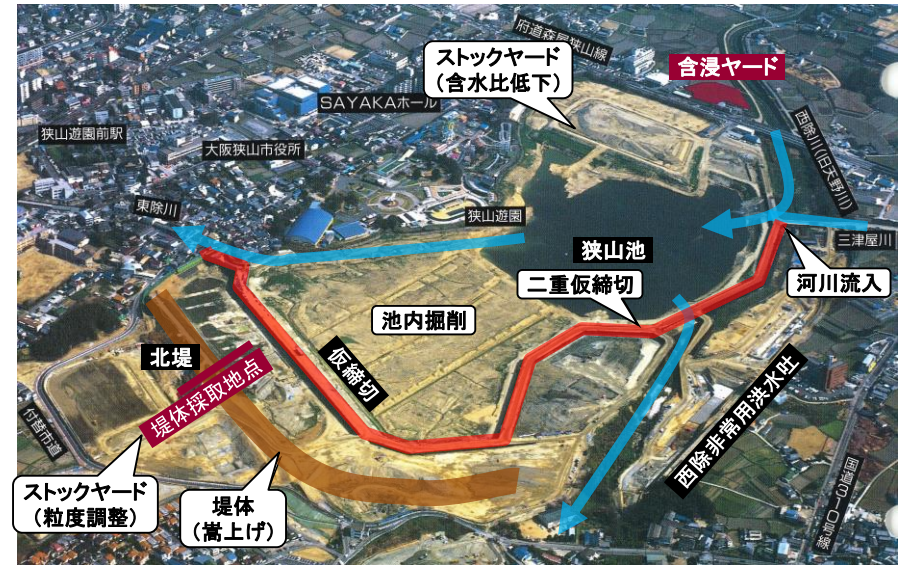
狭山池ダム改修前



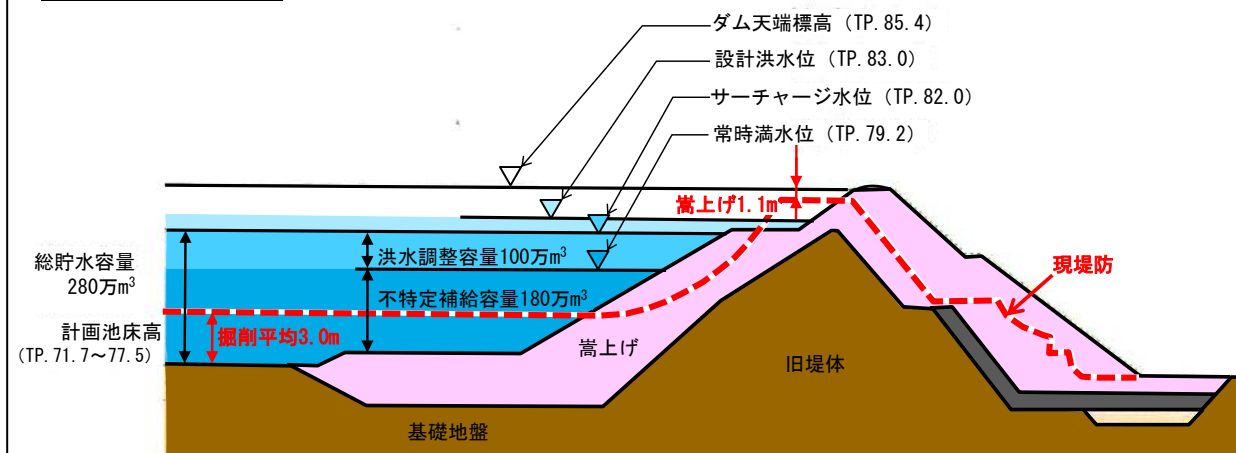
狭山池ダム改修後



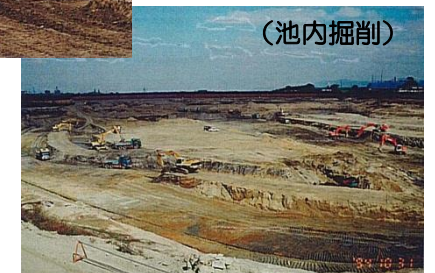
施工中の狭山池ダム



狭山池ダム改修断面




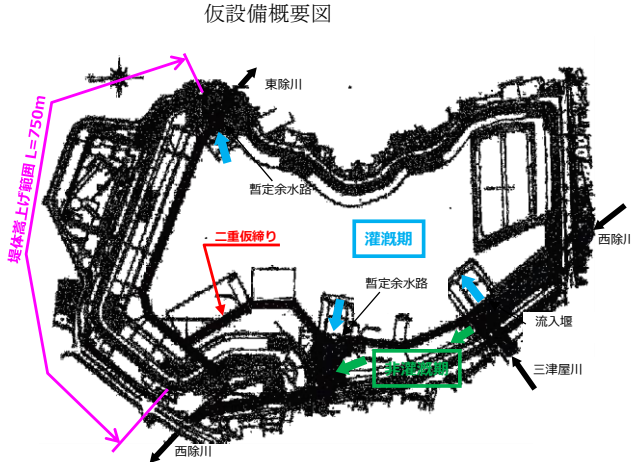
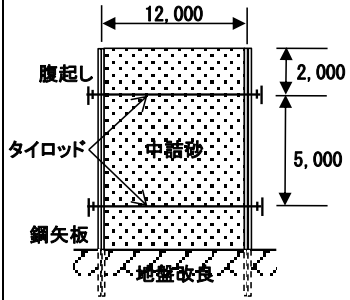
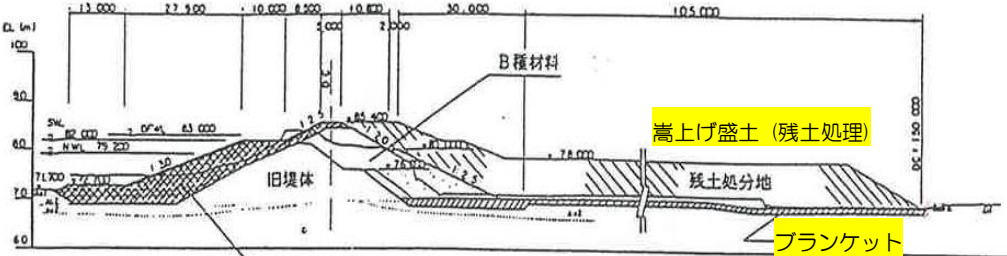

狭山池ダム堤体嵩上げ・池内掘削状況



更新

既設ため池貯水量の増量

池内掘削と堤体嵩上げ工

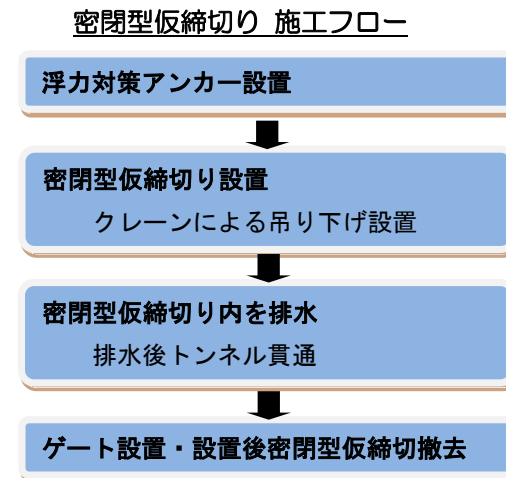
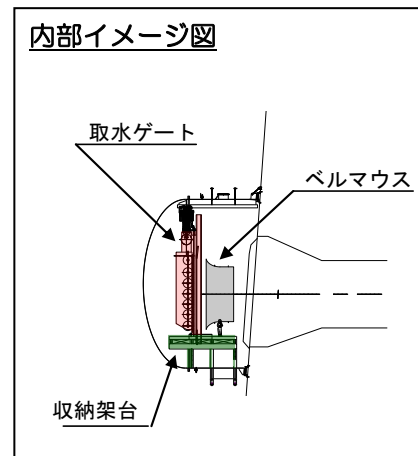
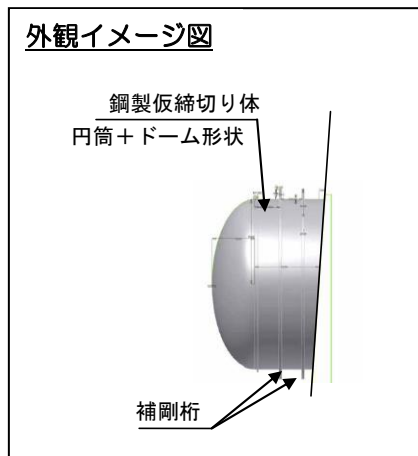
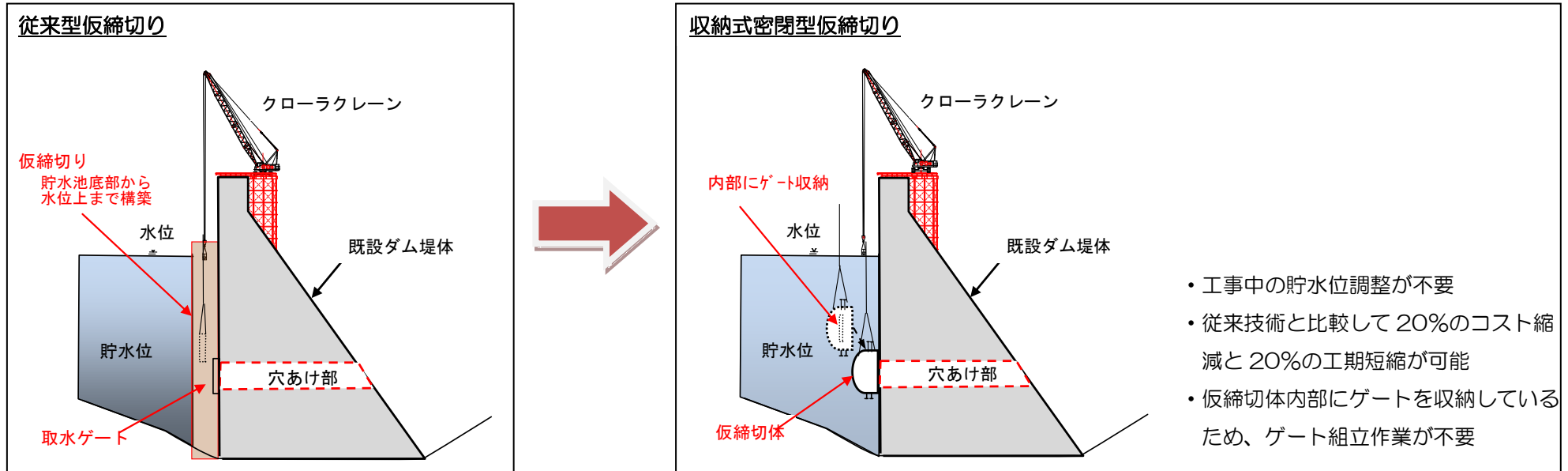
工種	要素技術	特徴と課題	備考
<p>転流工</p>	<p>二重仮締切りによる転流工</p> <p>貯水池内の長大な二重仮締切りと転流工により、ダム供用中の堤体嵩上げ、貯水池底部掘削のドライワークを可能とした。</p> <p>転流開始</p> 	<p>(従来のダム供用時)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・狭山池ダムには、西除川と三津屋川が流入し、灌漑期は満水状態となり、余水は東除及び西除洪水吐からそれぞれ東除川、西除川へと流出する。 (嵩上げ工事中) ・灌漑用水の補給のため、4月～9月の6ヶ月間、貯水池は湛水状態にしなければならない。 ・二重仮締切り及び仮設備（流入堰、余水吐）により水を切り廻し、非灌漑期の貯水池内及び灌漑期の仮締切り外部のドライワークを可能にした。 灌漑期の水の確保のため、西除川と三津屋川の合流箇所流入堰を、東除川、西除川の流出部に暫定余水吐を設置した。また、非灌漑期には西除川と三津屋川の流入水を直接西除川に転流した。 <p>仮設備概要図</p> 	<p>備考</p> <ul style="list-style-type: none"> ・二重仮締切り延長：約 1.3km 幅：12m <p>二重仮締切り標準断面図</p> 
<p>堤体嵩上げ盛土工</p>	<p>現場発生土の有効活用</p> <ul style="list-style-type: none"> ・現場発生土について含水比調整およびブレンドによる粒度調整を行い、堤体嵩上げ盛土に流用した。 ・ブランケット工を下流側に設け、その上部に現場発生土を盛土処理した。 	<ul style="list-style-type: none"> ・池底および洪水吐きの掘削により発生する土を堤体盛土に流用した。盛土への流用を図るため、ストックヤードを3箇所設けて、粒度調整・材料の均質化・含水比調整を図った。 ・基礎処理工（基礎の浸透水に対する対策工）は、灌漑期に貯水池を使用しなければならないため、堤体下流側にブランケットを設けた。 ・ブランケット上に約 170,000m³の残土を盛土処理し、この約 1.7ha のスペースを市民の憩いの場として活用した。 <p>狭山池ダム標準断面図</p>  <p>堤体嵩上げ盛土</p>	<p>南堤ストックヤード</p> 

■技術の概要

円形の鋼製密閉型函体をダム上流側の堤体に固定し、放流管増設部の周囲だけを仮締切りする。

(特長)

1. 仮締切および放水管部材の先行組立
2. 水位制約を受けない施工方法



収納式密閉型仮締切り

堤体穴あけ

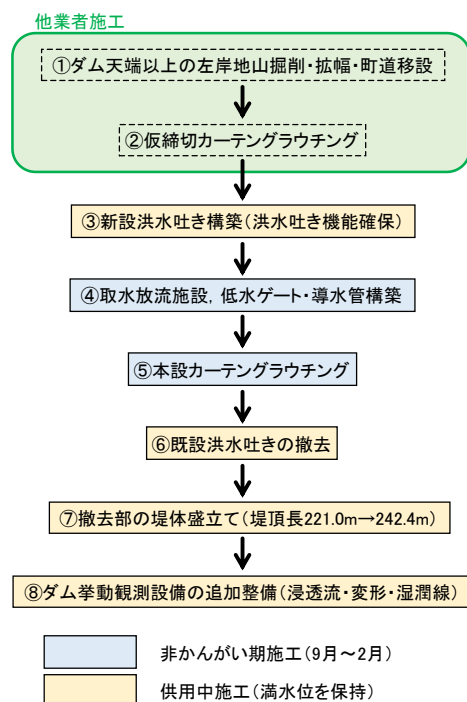
工種	要素技術	特徴と課題	備考
仮締切り	<p>収納式密閉型仮締切り</p> <p>従来の大規模な仮締切りに替えて、「お椀型」の仮締切りを穴あけ箇所を設置する。仮締切り体内部にゲート等を収納しておくことで、堤体下流面からの搬入・組立作業や仮締切り内につながるゲート搬入シャフトが不要となる。</p>	<p>■特徴</p> <ul style="list-style-type: none"> ・貫通箇所局部に設置すればよいため貯水位の調整（水位低下）が不要。 ・仮締切体の内部にゲートなどを収納しておくことで、仮締切体内の狭隘な空間内でのゲート組立作業が不要となり、現地での迅速な設置作業が可能。 ・水位を低下させる必要がないため、発電所運転および下流利水者へ影響を与えない。 ・貯水池底部から水面上まで仮締切りを構築する従来技術と比較して、施工規模が小さいため 工期短縮 20%とコスト削減 20%が可能。 <p>■課題</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ゲートなどを収納することで仮締切り設置時の吊り荷重が大きくなり、大型クレーンが必要。 	特許登録済み

■技術の概要

1967年（昭和42年）完成のかんがい用フィルダムの設計洪水流量の増大化を図る目的で、洪水吐き新設～既設洪水吐き撤去、既設洪水吐き撤去部の堤体盛立（30cmの天端嵩上げを含む）、および取水放流施設新設を行うリニューアル工事。

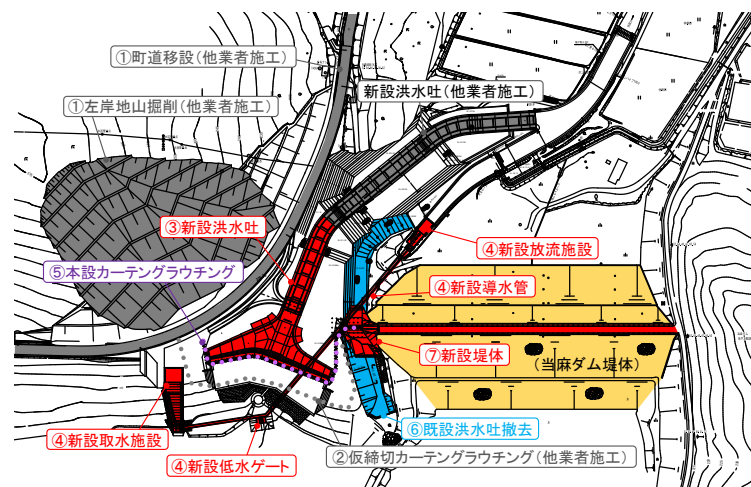
ダムを供用しながらのリニューアル工事であるため、堤体が常時貯水している状態で堤体下流の地山・堤体の掘削、既設洪水吐き撤去および堤体盛立を行うとともに、最低気温-20℃以下、最深積雪1m以上の非かんがい期に貯水池内の取水施設構築を含むコンクリート工事を施工。

リニューアル工事フロー



洪水吐きの新設により洪水流下能力を141m³/sから268m³/sに増強することで、大雨洪水時における農作物および農地等の広域的な災害を防止。

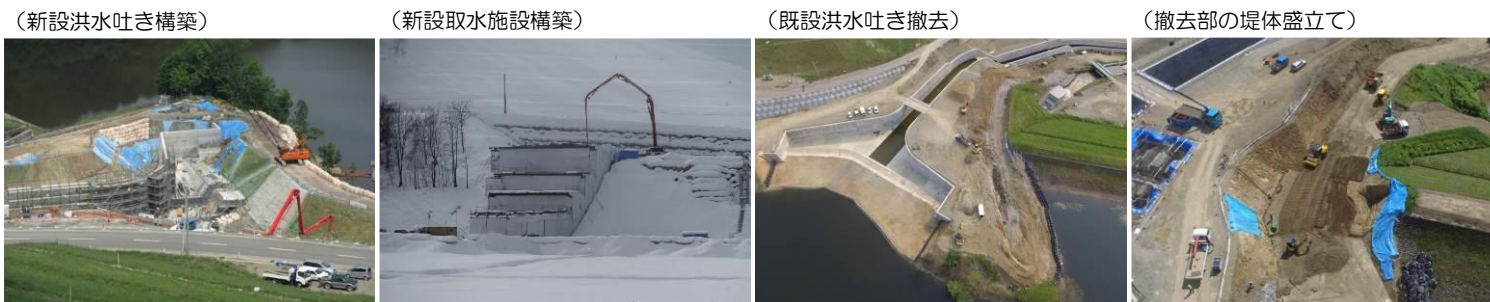
当麻ダム平面図



当麻ダム全景



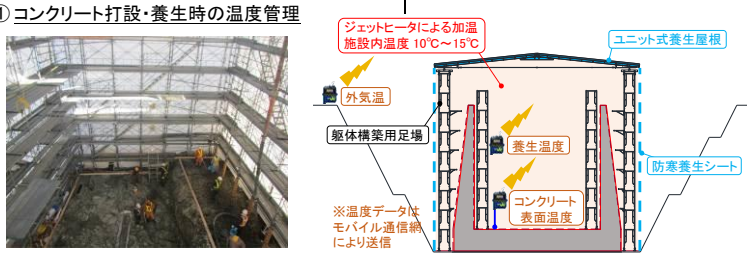
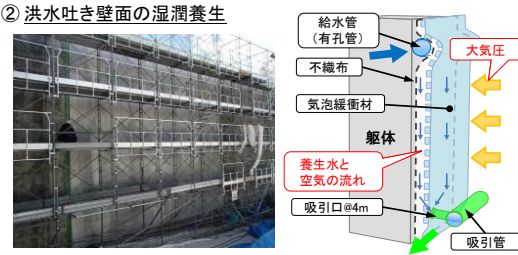
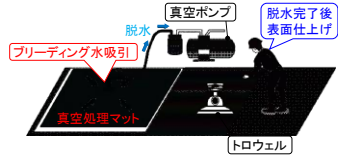

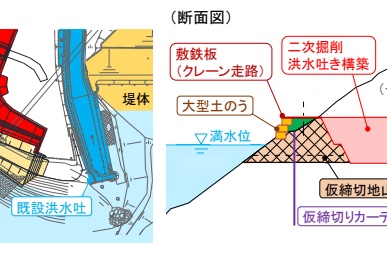
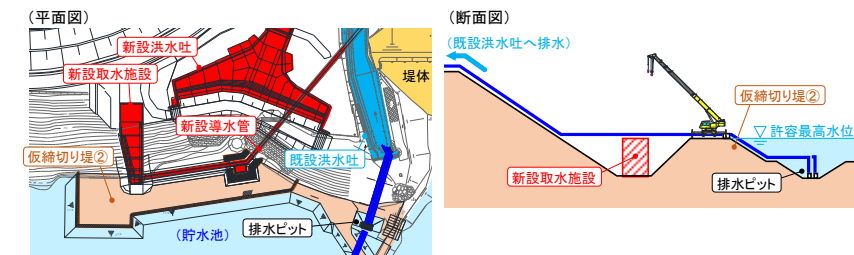
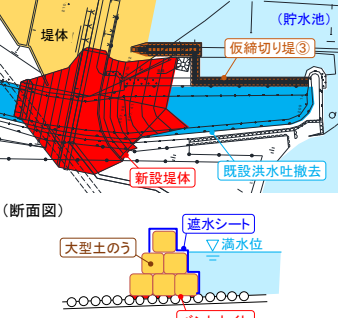
工事状況



更新

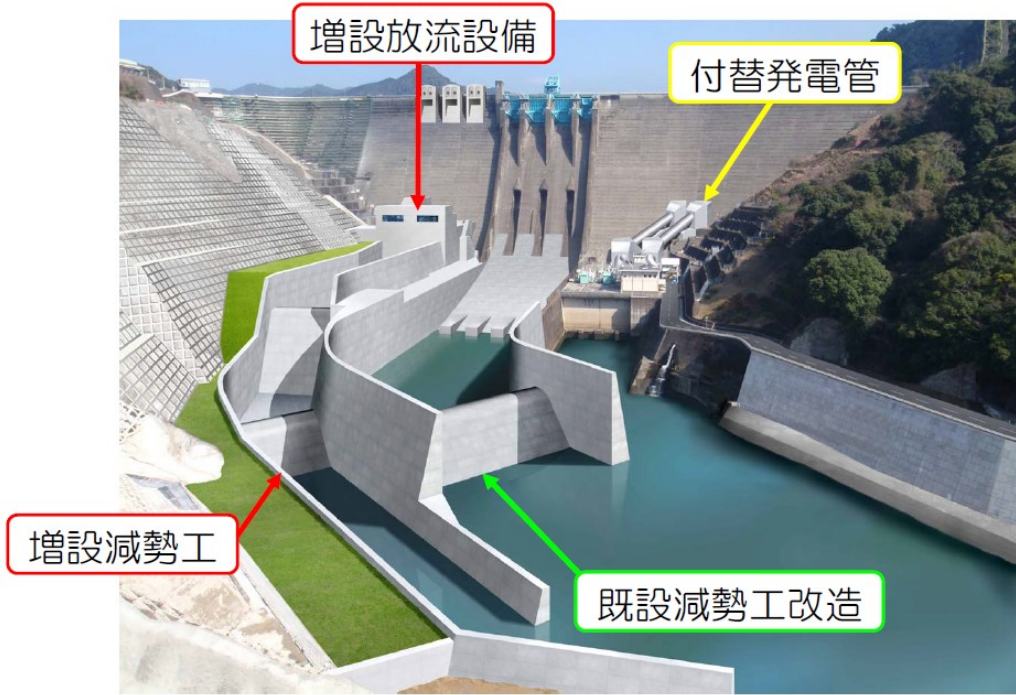
供用中ダムのリニューアル工事

洪水吐きの改修・堤体外取水設備

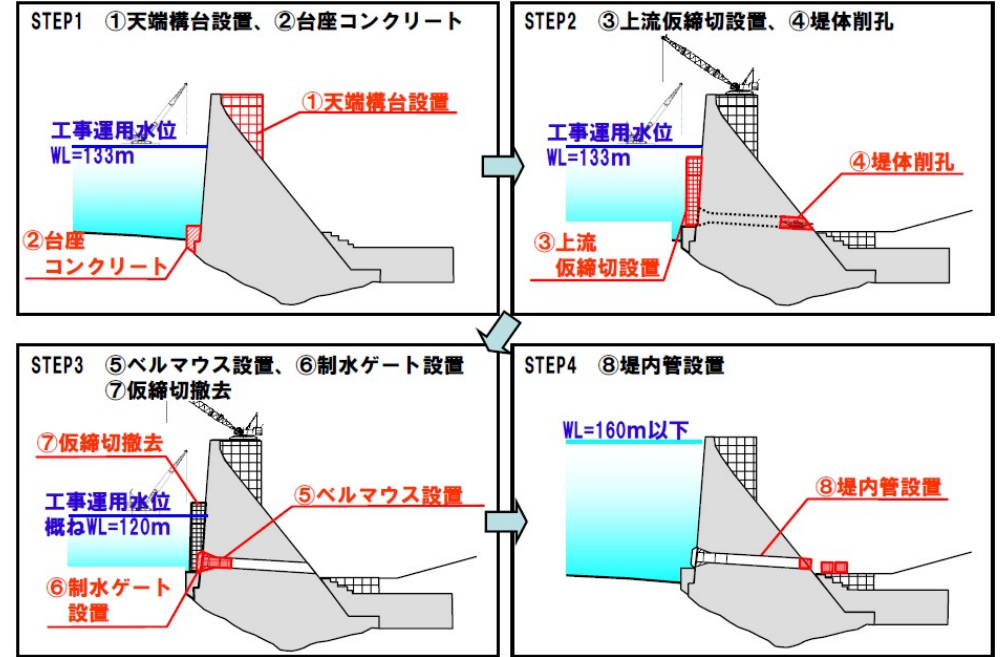
工種	要素技術	特徴と課題	備考
洪水吐き構築工 取水放流施設構築工	<p>厳冬期における寒中コンクリートの品質確保対策</p> <p>最低気温-20℃以下、最深積雪 1m 以上となる施工条件下でのコンクリート工事において、以下の寒中コンクリート対策を実施。</p> <ol style="list-style-type: none"> ① コンクリート打設・養生時の温度管理 ② 洪水吐き壁面の湿潤養生 ③ 洪水吐き底版コンクリートの耐久性確保 <p>①コンクリート打設・養生時の温度管理</p> 	<p>■特徴</p> <ol style="list-style-type: none"> ① コンクリート打設・養生時の温度管理 洪水吐きおよび取水施設の躯体全体を、躯体構築用足場を支柱とした保温機能の高いユニット式養生屋根と断熱効果の高い防寒養生シートによる雪寒仮囲いで被覆。被覆施設内はジェットヒータにより加温し、24 時間リアルタイムで温度計測。また、パトライトとサイレンによる現場内周知および職員の携帯端末への自動通知が可能なシステムを採用し、温度管理を実施。 ② 洪水吐き壁面の湿潤養生 加温養生に伴うコンクリート壁面の乾燥によるクラック発生や強度増進の遅延を防止するために、養生水散水用の有孔管と全体を湿潤化させる不織布等からなる養生システムにより壁面全体に均一な水膜を形成し、水中養生と同等の環境を維持。 ③ 洪水吐き底版コンクリートの耐久性確保 底版コンクリートの表面仕上げ後の初期凍害防止および流水に対する耐久性向上のために、真空脱水処理システムによりコンクリート締固め後の表面のブリーディング水の除去および圧密効果によるコンクリート表層部の緻密化。 <p>②洪水吐き壁面の湿潤養生</p> 	<ol style="list-style-type: none"> ①雪寒仮囲い 「ADMフラットパネル」+「ADM防寒養生シート」 ②コンクリートの給水養生システム 「アクアカーテン」 (NETIS HR-110011-VE) ③コンクリート床脱水圧密工法 「ベストフロアーシステム CN 工法」 (NETIS CB-100033-VE) <p>③洪水吐き底版コンクリートの耐久性確保</p>  
仮締切り堤の構造 ①新設洪水吐き構築時	<p>仮締切り堤の築堤による、堤体貯水・供用状況下での施工</p> 	<p>■特徴</p> <p>①新設洪水吐き構築時、②取水施設構築時および③既設洪水吐き撤去～堤体盛立て時において、それぞれ構造の異なる仮締切り堤を築堤。堤体が貯水している状況下でのドライワークを確保。</p> <p>②取水施設構築時(非かんがい期)</p> 	<p>③既設洪水吐き撤去～堤体盛立て時(かんがい期)</p> 

更新

堤体の穴あけ工事 《工事例：鶴田ダム施設改造工事》 【鹿島建設(株)】



施工ステップ

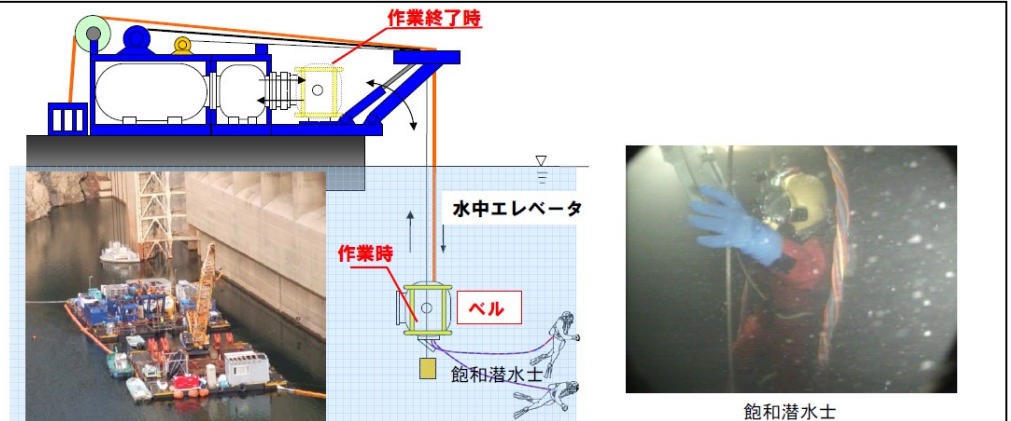


特殊技術

※潜水技術『飽和潜水』とは

- ・飽和潜水とは、深海の水圧に体をさらしつつ、大深度への潜水を実現するための技術。
- ・実際に飽和潜水を行う際には、地上・船上で高圧環境を実現するための再圧タンク、及び高圧環境を維持したままで再圧タンクから湖底までを往復するためのベルを使用し、長期間（約1ヶ月）、このシステムの中に滞在して作業を行う。

今回の仮締切を設置するために最大水深65mでの水中施工が必要となります。水深30m以上の作業の効率化と作業員の安全のため飽和潜水による施工を行います。



特殊技術

1. 水中掘削

工種	要素技術	現状と課題	備考
岩盤掘削 コンクリート撤去	全旋回オールケーシング工法 回転するケーシングの先端に取付けたビットで、 ケーシング刃先の岩盤のみを切削 し、ケーシング内部の岩盤は ハンマグラブで揚土 する工法である。	<ul style="list-style-type: none"> ダム堤体直近は湖底地盤の傾斜が厳しく、斜面上では SEP のレグが滑り、据付けに多大な時間を要する。 亀裂の少ない岩盤やコンクリートでは、表面への食付きが悪く掘削に時間を要する。 (大水深でケーシングが長い場合、先端のプレが大きいため。) 大水深における掘削精度の確保が難しい。 (全旋回の掘削精度は 1/200~1/500) 亀裂の少ない岩盤やコンクリートの場合、削孔したケーシング内の岩盤、コンクリートを砕岩棒等で破碎しないとハンマグラブで掴めない。 	<ul style="list-style-type: none"> 全旋回回転掘削機による掘削方法は、水面上からの掘削であるので、掘削そのものは出来るが、透視度が低く大水深下であるため、掘削した岩盤の出来形の確認が難しい。 全て水面上の作業であるため、安全性が高い。
	水中バックホウ（水中プレーカ） 水中バックホウ を湖底に下ろし、 ダイバー がそれに乗って運転し、掘削する工法である。掘削ズリは別途グラブ船等により揚土する。	<ul style="list-style-type: none"> 水中バックホウが適用されるのは、捨石マウンドの敷き均し等水深 20~30m 以浅で、透視度が高く、平坦な海底での作業が主体であり、ダム湖のような条件の厳しいところでは適用が難しい。 大水深下での人力による掘削であり、掘削能力が低い。特に、透視度が低いと作業できない。 大水深下では飽和潜水が必要となり、ダイバーの教育と設備に多大な時間と費用を要する。 飽和潜水ができるのは日本ではアジア海洋（株）のみであり、競争原理が働かない。 	<ul style="list-style-type: none"> すべてが大水深下での水中作業となり、安全性に問題がある。 水中では人間の思考力は極端に落ち、単純作業しかできない。

2. 台座コンクリート

工種	要素技術	現状と課題	備考
台座コンクリート	水中不分離性コンクリート打設	<ul style="list-style-type: none"> 打設可能量は潜水士の潜水時間に制限される。飽和潜水における潜水時間は 1 方 6 時間であり、最大でも 2 方 12 時間が限度である。 仕上がり精度は水中コンクリートの流動平滑性による依存度が高い。潜水士が仕上げ作業することは不可能である。 底部戸当り内へのコンクリート充填状況はセンサーによる依存度が高い。水中視距 50 c m 程度では戸当り鋼材の隅々まで点検できない。 通常の打設に比べ準備、後片付けに時間がかかる。 	<ul style="list-style-type: none"> 準備作業等により実打設可能時間は低下する。 潜水士はコンクリートが圧送されているか等不具合の確認が主務となります。 無理すると潜水機材を損傷するなどの危険が伴う。 深度による影響が大きい。

3. 堤体削孔

工種	要素技術	現状と課題	備考
堤体削孔	ロードヘッダによる削孔	<ul style="list-style-type: none"> 削孔対象範囲における埋設物・計器などの確実な情報が必要である。貫通後の締切内作業はで安全確保から期間が制限されており情報不足による削孔工程の遅延は工事全体に大きく影響する。 堤体削孔はクリティカルな工種であること、仮締切内の抜水に合わせて貫通させることから工程管理が重要であるが、機械の増強が不可能、昼夜施工で計画されていることから効果的な遅延対策がないのが現状である。また、削孔精度と進捗は反比例するので事前検討が重要である。 貫通時は削孔コンクリートガラが締切内に落下することが予想されるが、安全を確実に確保する上で仮締切に損傷を与えてはならない。 発進構台は見学者の安全を確実に確保する見学スペース（設備）が必要である。 削孔コンクリートガラは産廃処理されるケースが多い。埋戻し材等への有効活用が望まれる。 	<ul style="list-style-type: none"> 現在、リニューアル対象のダムは建設時期が古く情報が少ない。 早目に着手するしかないが機械等の供用日数が増加する傾向にある。 事前の縁切りは堤体の損傷防止を主眼としている。 見学者が最も多くなる。 仮置ヤードの確保が必要となる。

4. 水中型枠

工種	要素技術	現状と課題	備考
水中不分離性 コンクリート	ダイバーによる組立式水中型枠	<ul style="list-style-type: none"> 大水深での作業となるため飽和潜水が必要となる。 透視度 30～40cm の水中では、非常に作業効率が悪い。 組立式型枠のため、型枠組立・セパレーター用アンカー設置・セパレーター取付け等全てが水中での潜水作業となる。 	<ul style="list-style-type: none"> すべてが大水深下での水中作業となり、安全性に問題がある。 水中では人間の思考力は極端に落ち、単純作業しかできない。

5. 仮締切り

工種	要素技術	現状と課題	備考
仮締切り	台座コンクリート	<ul style="list-style-type: none"> 大水深での作業となるため飽和潜水が必要となる。 透視度 30～40cm の水中では、非常に作業効率が悪い。 ドライアップ時の仮締切り工に作用する浮力は、台座コンクリートに引張力として作用する。各層の打継目処理はこの引張力に耐えられるよう処理しておく必要がある。 	<ul style="list-style-type: none"> すべてが大水深下での水中作業となり、安全性に問題がある。 水中では人間の思考力は極端に落ち、単純作業しかできない。
	鋼製多段チャンネル型仮締切り工	<ul style="list-style-type: none"> 大水深での作業となるため飽和潜水が必要となる。 透視度 30～40cm の水中では、非常に作業効率が悪い。 大水深でしかも透視度 30～40cm の湖底で、高精度を要求される鋼製多段チャンネル型仮締切り工を設置していくことは、非常に困難なことである。 	<ul style="list-style-type: none"> 同上

工事例：天ヶ瀬ダム再開発トンネル設備流入部建設工事(発注者：国土交通省近畿地方整備局)

■工事概要

本工事は、天ヶ瀬ダムの再開発として放流設備の増設を行い、より効率的な貯水池運用を図るため、既設天ヶ瀬ダムの左岸部に建設するトンネル式放流設備の流入部建設に関するものである。工事の内容は(1)実施設計(前庭部1式、流入部1式、止水工1式、仮設工1式)と(2)施工(掘削工 23,000m³、鋼管矢板工 39本、底版コンクリート工 950m³ 仮締切工(流入部1式、止水工1式、仮設工1式)からなっている。

本工事は、技術提案を受けた上で実施設計及び施工を一括して発注する設計・施工一括発注方式(高度技術提案型[AⅢ型])の試行工事である。

■技術の概要

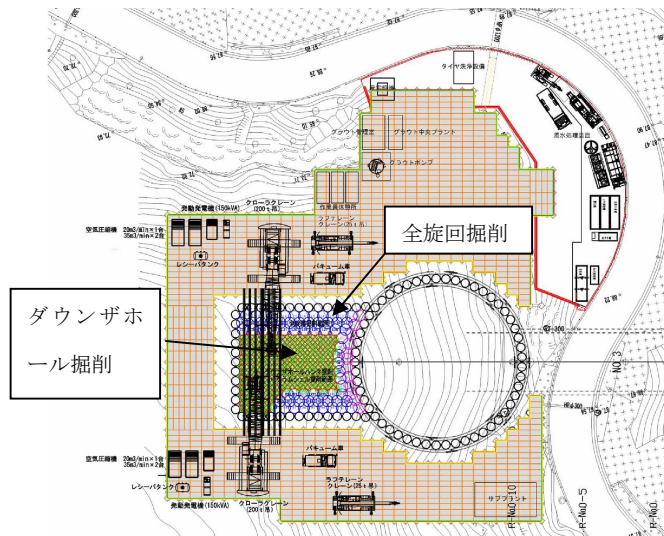
ここで使用する開発技術である「シャフト式水中バックホウ」は、本工事の前庭部の鋼管矢板締切内の水中岩盤掘削・浚渫工事に適用する。

「シャフト式水中バックホウ」は、水上の台船から地盤にシャフトを降ろし、そのシャフトを昇降する作業機に様々なアタッチメントを取り付けて砕岩、掘削、ズリ処理、精密測深、撮影などの一連の水中作業を遠隔操作で安全かつ確実にこなせる機械である。

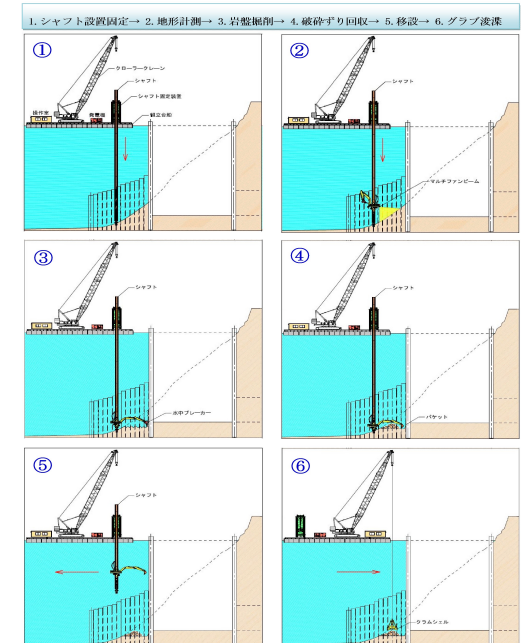
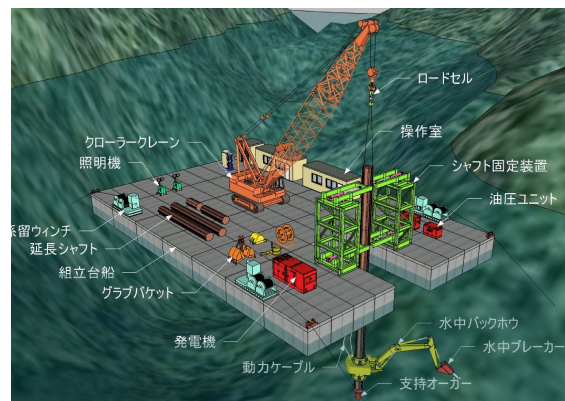
水中の各種作業を、ダイバーを使わずに施工するために開発された機械で、ダム湖のように深く、急峻で、視界の悪い場所での施工に威力を発揮する。可視化技術と ICT 施工により遠隔で操作を行うため安全性と施工性が大幅に向上した。

前庭部の鋼管矢板締切内の水中岩盤掘削・浚渫工事 標準案

全旋回掘削とダウンザホールによる先行掘削後クラムシェル浚渫



開発技術「シャフト式水中バックホウ」(特許第 4792123 号) による掘削・浚渫



更新

水中岩盤掘削及び浚渫

シャフト式水中バックホウ

工 種	要素技術	特徴と課題	備 考
前庭部掘削工	前庭部鋼管矢板締切内の土砂から中硬岩までの掘削・浚渫	<p>■特 徴</p> <ul style="list-style-type: none"> ・水上の台船から地盤にシャフトを降ろし、そのシャフトを昇降する作業機に様々なアタッチメントを取り付けて砕岩、掘削、ズリ処理、精密測深、撮影などの一連の水中作業を遠隔操作で安全かつ確実にできる機械である。 ・水中の各種作業を、ダイバーを使わずに施工するために開発された機械で、ダム湖のように深く、急峻で、視界の悪い場所での施工に威力を発揮する。可視化技術と ICT 施工により遠隔で操作を行うため安全性と施工性が大幅に向上した。 ・最大水深-50m（天ヶ瀬仕様、-100m まで対応可能） <p>■課 題</p> <ul style="list-style-type: none"> ・掘削した堆砂には大量の水分を含むため、濁水処理は別途計画が必要 ・残ズリの処理をエアリフトやサクシオンポンプで行うとき、濁水処理が必要。 	<ul style="list-style-type: none"> ・工事実績は無いが、天ヶ瀬ダム再開発トンネル設備流入部建設工事で平成 26 年 7 月頃使用予定

点 検

重要構造物へ与える振動の監視 (技術の名称)

《工事例:シューパーダム建設工事》

【大成建設株式会社】

■技術の概要

シューパーダム工事は、上流に二股発電所と大夕張ダムが通常運用される隣接状況下で施工。ダム建設に伴う掘削工事の振動を監視し、この重要構造物の安全運用に悪影響を及ぼさない管理施工を行う無人の振動監視装置である。その後、現場における各種の計測環境に対応するように改良し場内計測管理に使用された。

振動計測センサ・ケーブル・監視装置配置図

振動監視装システム図

監視統計処理装置

ピーク値表示

波形記録表示

時刻	4-X	4-Y	4-Z	3-X	3-Y	3-Z
2012/04/23 14:00:00	9.9	8.7	-14.4	4.6	4.6	-9.5
2012/04/23 14:01:00	9.9	8.7	-14.4	4.6	4.6	-9.5
2012/04/23 14:02:00	9.9	8.7	-14.4	4.6	4.6	-9.5
2012/04/23 14:03:00	9.9	8.7	-14.4	4.6	4.6	-9.5
2012/04/23 14:04:00	9.9	8.7	-14.4	4.6	4.6	-9.5
2012/04/23 14:05:00	9.9	8.7	-14.4	4.6	4.6	-9.5
2012/04/23 14:06:00	9.9	8.7	-14.4	4.6	4.6	-9.5
2012/04/23 14:07:00	9.9	8.7	-14.4	4.6	4.6	-9.5
2012/04/23 14:08:00	9.9	8.7	-14.4	4.6	4.6	-9.5
2012/04/23 14:09:00	9.9	8.7	-14.4	4.6	4.6	-9.5
2012/04/23 14:10:00	9.9	8.7	-14.4	4.6	4.6	-9.5
2012/04/23 14:11:00	9.9	8.7	-14.4	4.6	4.6	-9.5
2012/04/23 14:12:00	9.9	8.7	-14.4	4.6	4.6	-9.5
2012/04/23 14:13:00	9.9	8.7	-14.4	4.6	4.6	-9.5
2012/04/23 14:14:00	9.9	8.7	-14.4	4.6	4.6	-9.5
2012/04/23 14:15:00	9.9	8.7	-14.4	4.6	4.6	-9.5
2012/04/23 14:16:00	9.9	8.7	-14.4	4.6	4.6	-9.5
2012/04/23 14:17:00	9.9	8.7	-14.4	4.6	4.6	-9.5
2012/04/23 14:18:00	9.9	8.7	-14.4	4.6	4.6	-9.5
2012/04/23 14:19:00	9.9	8.7	-14.4	4.6	4.6	-9.5
2012/04/23 14:20:00	9.9	8.7	-14.4	4.6	4.6	-9.5
2012/04/23 14:21:00	9.9	8.7	-14.4	4.6	4.6	-9.5
2012/04/23 14:22:00	9.9	8.7	-14.4	4.6	4.6	-9.5
2012/04/23 14:23:00	9.9	8.7	-14.4	4.6	4.6	-9.5
2012/04/23 14:24:00	9.9	8.7	-14.4	4.6	4.6	-9.5
2012/04/23 14:25:00	9.9	8.7	-14.4	4.6	4.6	-9.5
2012/04/23 14:26:00	9.9	8.7	-14.4	4.6	4.6	-9.5
2012/04/23 14:27:00	9.9	8.7	-14.4	4.6	4.6	-9.5
2012/04/23 14:28:00	9.9	8.7	-14.4	4.6	4.6	-9.5
2012/04/23 14:29:00	9.9	8.7	-14.4	4.6	4.6	-9.5
2012/04/23 14:30:00	9.9	8.7	-14.4	4.6	4.6	-9.5

管理結果を数値とグラフで表示

本振動装置は2種（ガルとカイン）の信号をリアルタイムで同時に処理できる。このため工事に関するほぼ全ての振動管理に対応できた。

計測値は、ワイヤレス通信に対応しているため本装置を現場内にセットして各種振動計測を行った。また、センサ入力アンプを交換して「ひずみ」・「熱電対」などの計測監視も対応した。

記録バックアップ用のピークホールド装置は、波形記録を必要しない管理計測に対応できた。

ブレーカー掘削 **岩盤振動** **ガルカイン同時印刷** **音声通話携帯通報表示** **温度監視** **ひずみ監視**

点 検

重要構造物へ与える振動の監視

振動計測

工 種	要素技術	特徴と課題	備 考
調査・計測	<p>■ 2種信号の同時出力アンプ作成 1個のセンサ信号でリアルタイムに2種類の出力モードを得られる。片方または両方選べるのでセンサ、アンプ個数及び信号ケーブル条数の縮減ができる。</p> <p>■ 自動診断再起動装置装備 現地は雷の発生頻度が高い。また積雪期間は機器のメンテナンスを十分行えない期間がある。耐雷対策や計測システムの多重化に加えて、毎日の自己診断や再起動に加えて遠隔地操作により長期間の無人化が可能。</p> <p>■ ワイヤレス通信機能 通話型携帯電話のボタン信号により各種の計測開始/終了、データ転送、波形記録の開始が遠隔操作で選択できる。計測箇所の近くに本装置を設置できるため計測ケーブルの延長距離を縮減が可能。</p>	<p>■ 積分装置（加速度→速度変換） 汎用の加速度アンプの加速度出力を分岐して、加速度→速度変換出力する積分装置を作成した。安価な加速度アンプにこの積分装置を介することで高価な積分処理が瞬時に行える。</p> <p>■ リフレッシュ再起動装置 無人の自動監視のために、停電や電圧異常、温度、湿度及び入力信号の過負荷による計測機器のフリーズが発生する。このため毎日、計測管理に影響を及ぼさない時刻に、システムを決められた順番にクローズ処理を行い、再度、決められた順に立ち上げをCPUとメモリーのリフレッシュを実施する。</p> <p>■ 携帯電話方式波形記録スタート装置 電話回線や無線ランが使えない場所は、本装置の載せた通話用携帯電話に電話を掛けて波形記録をスケジュール記録と併用できる装置を作成した。また、モデムを繋げる携帯電話を用いてインターネット上に計測値を配信できる。</p> <p>■ 課 題</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 使用電源をソーラー+バッテリーに対応する。 ○ 振動波形記録もパソコンを使用しない小型省電力消費機器の開発する。 ○ 配信先をスマートホンに対応できるように変更する。 ○ 近距離(500m)は、通信料金が掛からない2点間ワイヤレス通信モードにも対応する。 ○ 振動センサからの信号ケーブルの本数の縮小 	<p>課題に対する対応</p> <p>①現場環境に対応してソーラー+バッテリー電源は開発済み。</p> <p>②近距離通信装置は、開発済み。</p> <p>③その他は、現在開発中。</p>

2. Technologies to increase discharge capacity

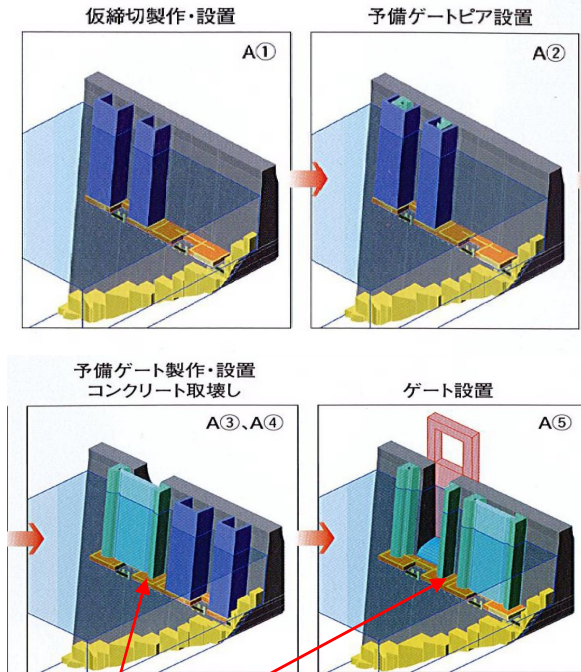
【 洪水調整能力の増強技術 】

更新

堤体外取水設備工事 《工事例：長安ロダム施設改造工事》 【鹿島建設株】



施工ステップ



鋼製架台
(SUS製鋼製ブラケット+水中コンクリート床版構造)

特殊技術
仮締切及び本設の予備ゲートの台座として供用される鋼製架台 (SUS製鋼製ブラケット+水中コンクリート床版構造) の大深度水深下での施工

更新

特殊技術

1. 底部架台

工種	要素技術	特徴と課題	備考
底部架台	鋼製架台据え付け用アンカーの施工 仮締切及び本設の予備ゲートの台座として、 SUS製の鋼製ブラケット を堤体に取り付け、その上に コンクリート床版 を構築するという前例のない工法を採用している。	<ul style="list-style-type: none"> 本設の構造体としても活用される鋼製架台を、作業性の悪い大深度水深下で精度よく据え付けることは困難である。据え付け精度をよくするために、測量及びアンカーボルトの精度を向上させる必要がある。 大水深下での空気潜水作業であり、安全に潜水作業を行うためには減圧管理が重要である。 大水深下での空気潜水作業では1回の潜水作業が非常に短いことに加え、透視度も低いため作業効率が悪い。また、多数のアンカーボルトを、潜水士により精度良く削孔することは非常に困難。 	
	コンクリート床版の構築 水中不分離性コンクリート	<ul style="list-style-type: none"> コンクリート床版は水中コンクリートによる施工となるが、水中不分離性コンクリートであることマスコンクリートであること等から、様々な要因による貫通ひび割れの発生が懸念される。 仮締切供用時や予備ゲート等荷重や抜水後の浮力により、水中コンクリートの変形やこれらに起因する水密性の低下も懸念される。 	

2. 水中計測

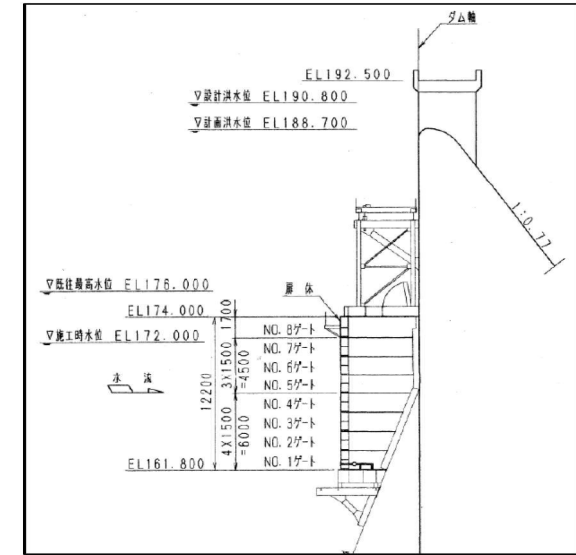
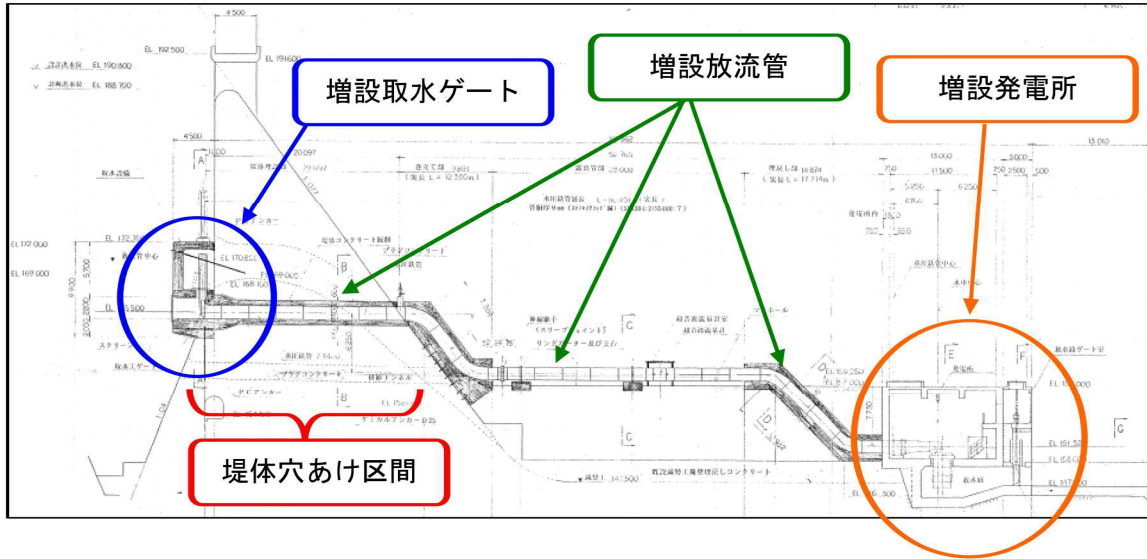
工種	要素技術	特徴と課題	備考
水中計測	超音波計測器 堤体上下流面の不陸を連続計測し、仮締切、予備ゲート等の基準となる基面を決定する。	<ul style="list-style-type: none"> 潜水士による計測に比べて、迅速かつ安全に計測できる。 測定可能な距離は1m程度である。また広範囲を一度に計測できないため（左右15度まで）、測定器の段取り替えが頻繁に発生する。 	

3. 構造物取壊し

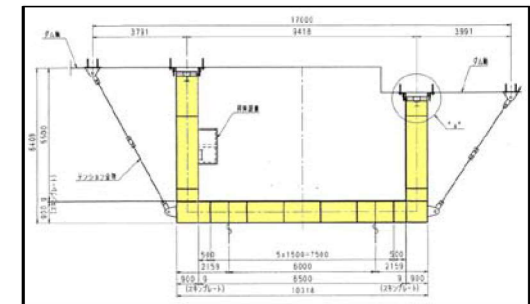
工種	要素技術	特徴と課題	備考
既設構造物取壊し	水中ワイヤーソーによる切削	<ul style="list-style-type: none"> 供用中のダムかつ通年で施工であり、出水期には稼働率が低下する。 ワイヤーソーはコア中心を通るため、切削する既設構造物（フーチング）と堤体との間に切り残しができる。 	
	戸当り部の既設堤体不陸修正	<ul style="list-style-type: none"> 潜水士による人力研りが主体となるため、作業効率が悪く、安全上の観点からも機械化が必要な工種である。 	

■工事の概要（発注者：山形県）

発電所を増設する目的で、既設堤体上流面に取水ゲート、堤体内部に放流管を設置する工事である。放流管設置のための既設堤体の穴あけに自由断面掘削機を使用、上流仮締切としては、鋼製チャンネル型アンカー方式を採用した。



上流仮締切断面図



鋼製チャンネル型アンカー方式上流仮締切



自由断面掘削機による取壊し



上流仮締切設置状況（1）



上流仮締切設置状況（2）

既設堤体穴あけ

工種	要素技術	特徴と課題	備考
堤体穴明け	自由断面掘削機による既設堤体の穴あけ (鋼管水路 (D=1.4m×L=80m) の設置用)	<p>■特徴</p> <ul style="list-style-type: none"> 対象コンクリートに含まれる骨材が固いと、自由断面掘削機のビットの摩耗が大きい。 機械毎に、振動性能が異なる。 <p>■課題</p> <ul style="list-style-type: none"> 掘削効率や、振動性能を向上させるためには、ビット配置、ビット材質、機械のパワーに工夫の余地がある。 	
上流仮締切	鋼製チャンネル型アンカー方式	<p>■特徴</p> <ul style="list-style-type: none"> コの字型の鋼製チャンネルによって構成。 固定方法は、堤体にアンカーで固定しテンション金物で左右岸方向へ堤体へ押し付ける構造。 設置は堤体上からクレーンにて1ピース毎設置するが、その殆どが水中作業となる。 <p>■課題</p> <ul style="list-style-type: none"> 既設堤体に不陸があるため水密性確保に工夫がいる。 	

更新

既設堤体洪水吐き改造

《工事例：西郷発電所ダム通砂対策工事》

【(株)熊谷組】

■工事の概要（発注者：九州電力株式会社）

貯水池に流入する土砂を円滑に下流に流下させ貯水池周辺の浸水リスクを低減することを目的とした堤体改造工事である。既設洪水吐きゲート8門のうち中央4門を撤去しダムの一部を約4m切り下げ、新たに大型洪水吐きゲート2門(幅:17.6m、高さ:10.2m)を設置する。上流仮締切は鋼矢板で仮設の堰(基礎部)を造りその上に仮設SR堰を設置した形式を採用している。

※大型洪水吐きゲート設置は別途

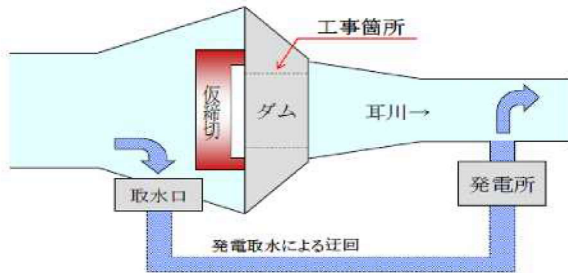


現在

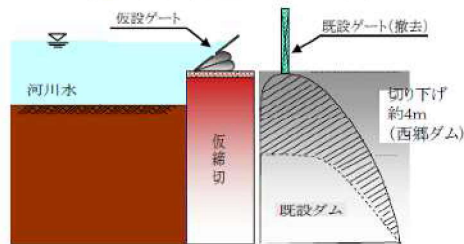


改造後

〔発電取水による河川水の迂回（イメージ）〕



〔仮締切の設置（イメージ）〕



既設洪水吐きゲート撤去状況（平成25年3月末）

(1) 工事1年目 (H23.11~H24.5)



(2) 工事2年目 (H24.11~H25.5)



(3) 工事3~4年目 (H25.11~H27.5)



既設洪水吐改造

工種	要素技術	特徴と課題	備考
上流仮締切	鋼矢板(V型)と仮設SR堰(H=4m)の組合	<p>■特徴</p> <ul style="list-style-type: none"> 鋼矢板打設には硬質岩盤クリヤ工法を採用。 仮締切の地盤改良に深層混合処理工(エポコラム工法を採用)を実施。 鋼矢板打設のため上流側に作業構台(LIBRA工法を採用)を設置、また工程短縮のため作業台船による打設も実施。 上流仮締切が仮設SR堰の基礎を兼用する構造となっている。 SR堰の高さL=4mは国内最大規模。ただし仮設扱いであり堤体改造後は撤去。 SR堰の運用は、渇水期は常時堰を立て、洪水期は出水時にのみ堰を倒し流入水を流下させる。 <p>■課題</p> <ul style="list-style-type: none"> 在来工法の組合せであるが、渇水期施工が基本であり工程短縮のための計画が重要となる。作業構台は渇水期に入ってから設置、出水期に入る前までに撤去する必要がある。 	
堤体コンクリート撤去	ワイヤーソー工	<p>■特徴</p> <ul style="list-style-type: none"> 堰柱部分はワイヤーソーでブロック単位(10t/体程度)で切断。現場外に搬出し小割破碎。 堤体部分は、左右岸の最端部をワイヤーソーで切断縁切り後、大型ブレーカーで破碎。 コンクリート撤去のために下流側に作業構台設置。 <p>■課題</p> <ul style="list-style-type: none"> ワイヤーソー切断時は河川内作業となるため、濁水処理計画に留意が必要。 下流側の作業構台も、渇水期に入ってから設置、出水期に入る前までに撤去する必要があり、3渇水期間、設置撤去を繰り返さなければならない。 	
堤体コンクリート打設		<p>■特徴：工法最終検討中。</p>	

■工事の概要

神通川水系熊野川の上流にある熊野川ダムの再開発で、3門の常用洪水吐の位置を2.9m (EL. 318.5→EL. 315.6) 下げることにより、ダムの洪水調節容量を増やし、ダム地点の計画高水流量 490m³/秒のうち 300m³/秒を調節し、熊野川下流域の洪水に対する安全性を高める。



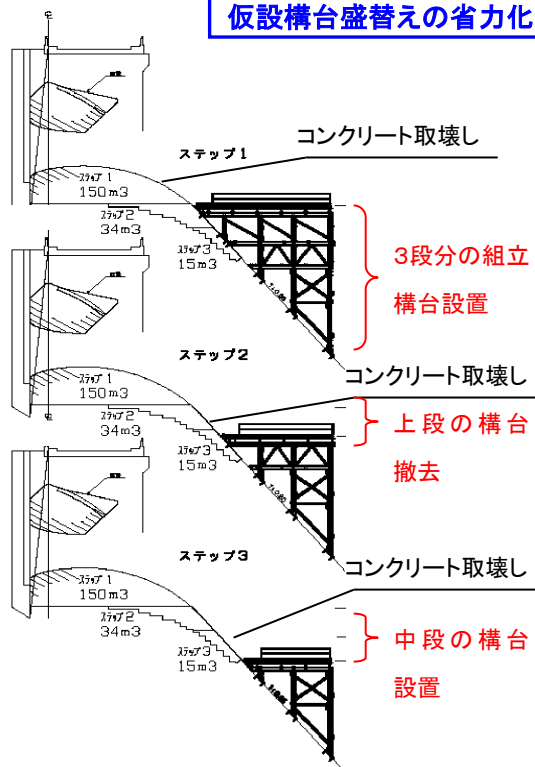
工事着手前の常用洪水吐(下流側)



完成した常用洪水吐(下流側)

名称	ダム名	熊野川ダム	事業主体	富山県
所在地	富山県富山市手出地内		河川名	神通川水系熊野川
本体諸元	目的	多目的	形式	重力式コンクリートダム
	堤高	89.0m	堤頂長	220.0m
	堤体積	371,000m ³	総貯水容量	9,100,000m ³
施工業者	本体	前田・大成・丸新志鷹	改修	佐藤工業(株)
	時期	本体竣工 昭和 59 年	改修完了	平成 25 年

仮設構台盛替えの省力化



組立作業構台

コンクリート取壊し

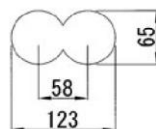
ワイヤーソーによる
コンクリート切断



大型ブレーカ (800kg 級) に
よるコンクリート取壊し



多連ドリル穿孔工法 (SD工法) によるコンクリート縁切り



スロットスターの姿図とスロットの形状

更新

ダム洪水吐の改修

仮設構台設置

工種	要素技術	特徴と課題	備考
仮設構台設置撤去	仮設構台盛替えの省力化 高さの異なる3段分の仮設構台を予め組立て設置し、作業段階ごとに撤去のみで作業構台とすることで、構台の盛替え作業を省力化する。	■特徴 <ul style="list-style-type: none"> ・コンクリート取壊し用の高さの異なる3段分の仮設構台を、盛替えすることなく撤去のみで作業構台とすることができる。 ・非洪水期の限られた工期の中で、仮設構台の盛替え作業工程が短縮できる。 ■課題 <ul style="list-style-type: none"> ・上部の構台は大型となり自重が重いため、材料の軽量化が望まれる。 ・組立式作業構台であるため、設置完了後は載荷試験を実施して、安全確認を行う必要がある。 	

構造物取壊し

工種	要素技術	特徴と課題	備考
コンクリート取壊し	ワイヤーソーと大型ブレーカによるコンクリートの取壊し コンクリート切断面をワイヤーソーで切断して縁切りし、撤去部分を大型ブレーカでコンクリートを取り壊す。	■特徴 <ul style="list-style-type: none"> ・ダイヤモンドワイヤーを被切断物に巻きつけ切断する。 ・ワイヤーは柔軟性があるため、曲面を含む形状でも切断ができる。 ・低振動で切断できるため周囲のコンクリートを損傷することが無く、また切断面が平坦である。 ・大型ブレーカで効率よく撤去部分のコンクリート取壊しができる。 ■課題 <ul style="list-style-type: none"> ・下部の減勢工は維持用水が流れており、ワイヤーソー作業時の切削汚水対策が必要であった。 	

構造物取壊し

工種	要素技術	特徴と課題	備考
コンクリート取壊し	多連ドリル穿孔工法（SD工法）によるコンクリートの縁切り コンクリート切断面をスロットドリルで孔を連続穿孔して溝を設け、コンクリートを縁切りする	■特徴 <ul style="list-style-type: none"> ・2連式油圧ドリルであるスロットスターを用いてφ65mm×123mmの孔を連続穿孔する。 ・低振動で穿孔できるため、周囲のコンクリートを損傷することなく縁切りができる。 ・クローラドリルに搭載して、狭隘な作業箇所でも施工可能である。 ■課題 <ul style="list-style-type: none"> ・溝で縁切りされた底部の切断は、別の方法（ワイヤーソー）で切断が必要である。 ・スロットドリルの揚重機械に大型のトラッククレーン（90t級）が必要である。 ・一定の面積（6m×10m）の作業構台の盛替えが必要である。 ・高圧（400V）の電気設備が必要で、設備費が高くなる。 ・本工事のクレスト部では、上記の理由により当初計画のみで実施していない。 	

更新

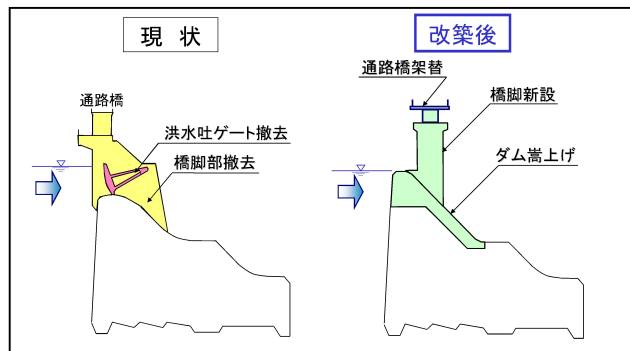
ダム洪水吐きの改修

《工事例：尾口第一ダム》

【佐藤工業（株）】

■工事概要

尾口第一ダムの洪水吐きゲート（ラジアル：4門）の老朽化（経年70年）に伴う改修工事である。堤体下流面を部分補修するとともに洪水吐きを自然越流方式に変更しゲートレス構造とする。これにより、ダム勤務員として通常時1名が常駐管理しているところを、非常駐管理とすることができ、ダム管理の効率化を図ることができる。



名称	ダム名	尾口第一ダム	事業主体	北陸電力(株)
所在地	石川県白山市尾添		河川名	手取川水系尾添川
本体諸元	目的	発電	形式	重力式コンクリートダム
	堤高	26.9m	堤頂長	41.7m
	堤体積	100,700m ³	貯水容量	(取水ダム)
施工業者	本体	佐藤工業(株)	改修	佐藤工業・山崎・みのり JV
時期	本体竣工	昭和13年	改修完了	平成23年

埋設型枠による 異種配合コンクリ ートの同時打設



改修前の下流面



埋設型枠(鋼材+ラス網)



コンクリート打設状況
仕切り(鋼材+ラス網)



高強度コンクリートの下流面
高強度コンクリート

横引き工法による 天端通路橋の 設置



仮設橋脚(ベント)



桁地組(既設橋梁上)
立入禁止



桁の横引き



設置完了


更新

ダム洪水吐の改修

コンクリート工


工種	要素技術	特徴と課題	備考
コンクリート打設	埋設型枠設置による異種配合コンクリートの同時打設 下流表面の高強度コンクリートを内部コンクリートとの境界に埋設型枠を設置し、異種配合のコンクリートを同時に打設する。	■特徴 <ul style="list-style-type: none"> 埋設型枠は等辺山形鋼と金網で事前に設置する。(勾配 1:1.0、外部コン厚さ 50cm) 異種配合のコンクリートを同時に打設でき、区分毎に所定の配合で打設できる。 富配合を優先する打設方法によらず、経済的である。 ■課題 <ul style="list-style-type: none"> 埋設型枠設置は、ほとんど溶接作業で手間がかかる。 埋設型枠部がコンクリートの縁切れとならない型枠材料(金網)とする必要がある。 	外部：高強度コンクリート (50N/mm ²) 内部：普通コンクリート (21N/mm ²)

天端通路橋

工種	要素技術	特徴と課題	備考
橋梁架設	横引き工法による天端通路橋の架設 既設の天端通路橋の上で新たな鋼製通路橋の桁を地組みし、直下流の所定の場所に横引きする方法で天端通路橋を架設する。	■特徴 <ul style="list-style-type: none"> 桁を吊上げる大型のクレーンの設置ヤードが、河床部及び天端付近に無い場合の架設方法の一つである。 横引きはチルトタンクで移動し、ジャッキダウンにより支承部に固定する。 ■課題 <ul style="list-style-type: none"> 既設の天端通路橋の橋脚が、新たに地組みする桁の荷重を支えられることが条件となる。 横引き時、及びジャッキダウン時の移動量の管理は慎重に行う必要があるが、これらが自動制御できる管理方法が望まれる。 	

桁横引き時のチルトタンク

半川締切工

工種	要素技術	特徴と課題	備考
転流工	二重鋼矢板の上流締切工による半川締切工 堤体上流の中央部に両側が自立式鋼矢板からなる土堤の仮締切をして、その上流を土堤で切り替えて半川締切りにする。	■特徴 <ul style="list-style-type: none"> 鋼矢板で土堤の側面を鉛直にすることで、狭い河床でも洪水対象流量に相当する河道断面が確保できる。また土堤側面の洗掘防止ができる。 両面鋼矢板の土堤を中央に設置することで、兩岸の半川締切に使用できる。河道の反対側は工事用道路として使用できる。 ■課題 <ul style="list-style-type: none"> 洪水対象流量を越える洪水が発生した場合は、土堤との接合部や鋼矢板天端が浸食される恐れがある。→布型枠で法面保護した。 過去5ヶ年の最大流量で仮締切の高さ設計したが、工期中の3年間でこれを越える洪水被害が数回あった。作業の安全確保のための仮設備の規模と、それに掛かる費用の兼ね合いが課題である。 	

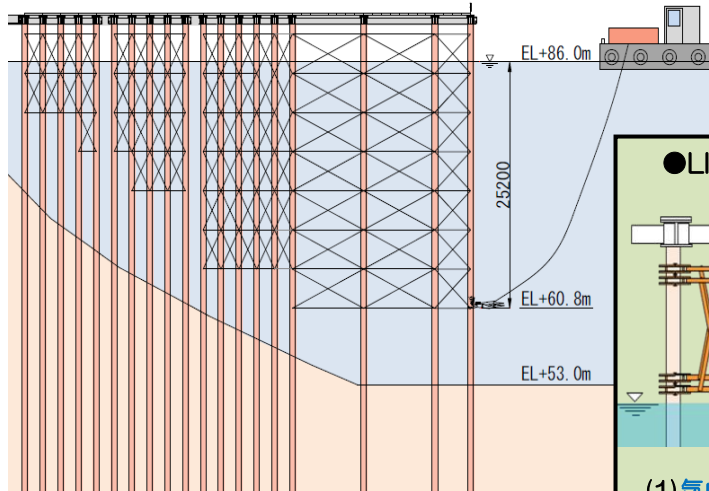
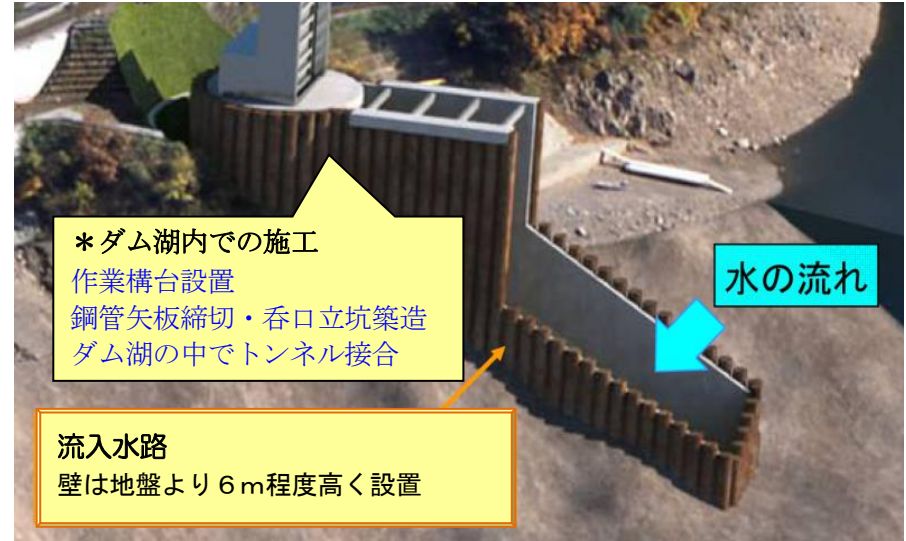
二重鋼矢板の上流締切

洪水時の最大流量 340t/s

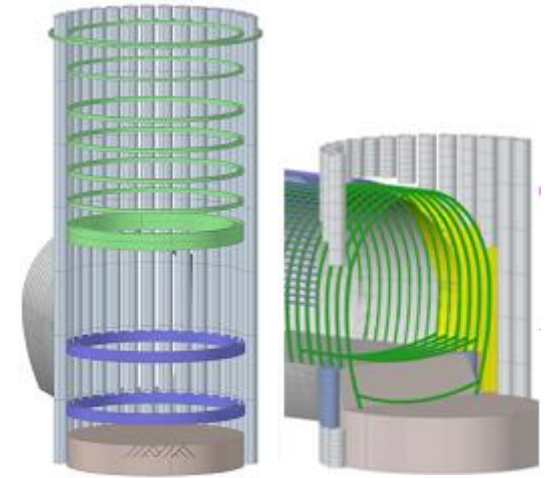
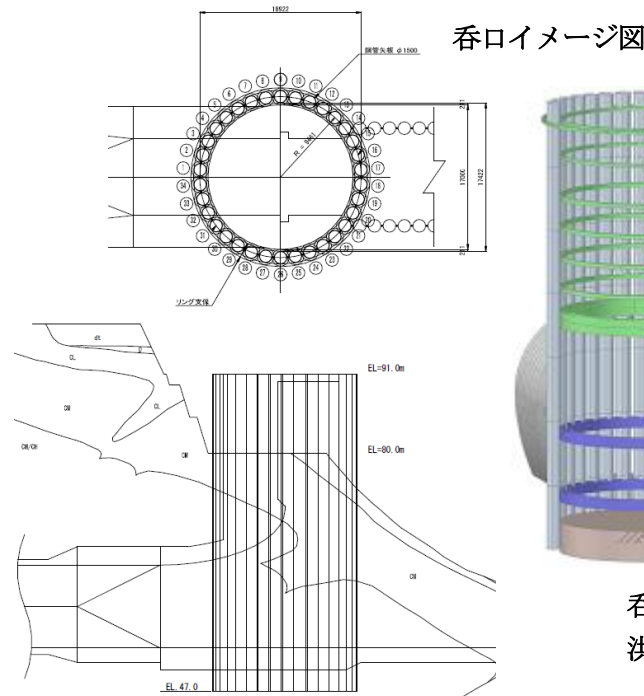
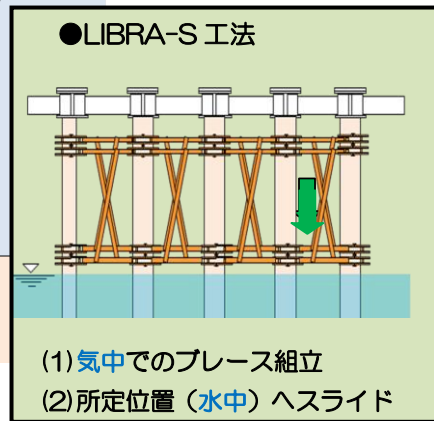
工事例：鹿野川ダムトンネル洪水吐新設工事（国土交通省四国地方整備局）



トンネル洪水吐とは？
 鹿野川ダムに設置する新しい放流設備で、ダムの貯水池と下流のトンネルをつなぎます



呑口部 構台施工の合理化



呑口部 鋼管矢板締切と洪水吐トンネル接合



更新

特殊技術

1. 仮設構台設置

工種	要素技術	現状と課題	備考
仮設構台設置 濁水処理	LIBRA-S工法 LIBRA-S工法は、 水上でブレスリングとブレス材をユニット化して仮組みし、水中に順次スライドさせ所定の位置に固定 することにより潜水作業を大幅に低減するものである。	■現状 <ul style="list-style-type: none"> ・呑口構造物施工においては、ダム貯水機能維持のため水中施工にならざるを得ない。 ・ダム湖は大水深で視界不良（視野約50cm程度）の場合が多く、施工の安全性と作業効率の一層の向上が課題となっている。 ・呑口作業構台は、水深が大きいため、水平継材とブレスを数段（水深が50mの場合6段程度）取り付ける必要がある。 ・作業構台の工程上のクリティカル作業はブレス設置作業であり、経済性においてもこの作業の効率化は重要である。 ■課題 <ul style="list-style-type: none"> ・杭の打込み精度の確保 	<ul style="list-style-type: none"> ・水中作業が大幅に低減するため安全性が高く、作業効率も向上するため工程短縮にも寄与する。 ・併せて建て込み精度向上対策（精度1/300程度まで）が必要となる。

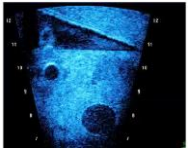
2. トンネル接合

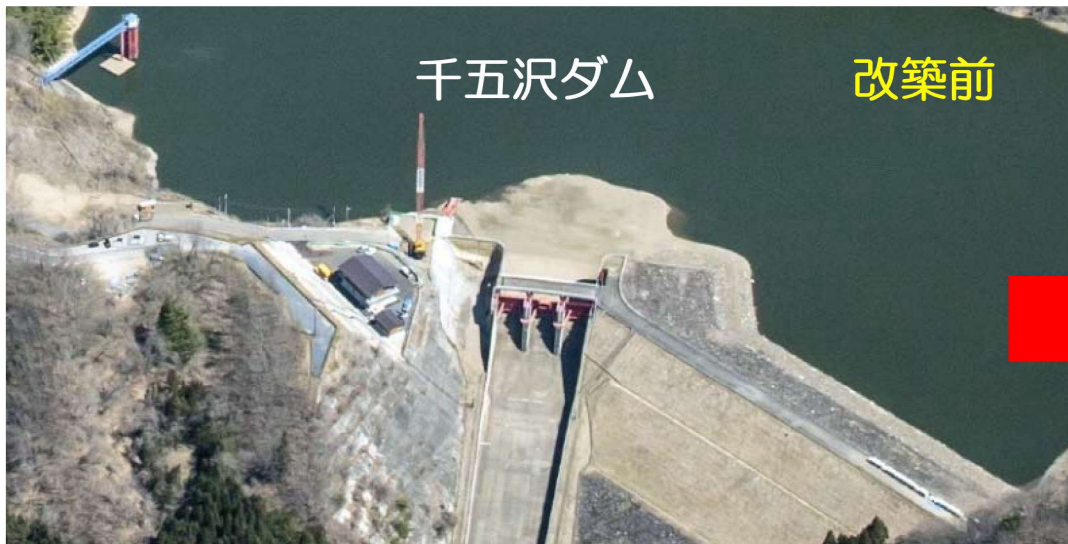
工種	要素技術	現状と課題	備考
鋼管矢板締切と 洪水吐トンネルの 接合	呑口部トンネル接合部の地山の安定化対策 ダム湖内に 鋼管矢板締切（φ20m、取水塔築造部）を設置 し、下部から トンネル（φ16m）掘削 を行う。 施工の安全確保 が最重要である。	■現状 <ul style="list-style-type: none"> ・接合部周辺地山の徹底したグラウチングが必要 ・鋼管矢板切断時に湖水の流入防止対策が必要 ・トンネル掘削時の鋼管矢板締切の変形防止 ・変位計測と3次元解析値との比較検証 ・長尺先受け工法の導入による地山変位防止 ・鋼管矢板締切内部掘削時の無振動掘削工法の適用 ■課題 <ul style="list-style-type: none"> ・接続部となる大口径開口部の構造安定性及び止水性の確保 	<ul style="list-style-type: none"> ・鋼管矢板締切（φ20m）から非常に大きな断面のトンネル（φ16m）を発進する。ダム湖の下に相当する部分であり、施工時の安全確保が最重要となる。

3. 水中掘削

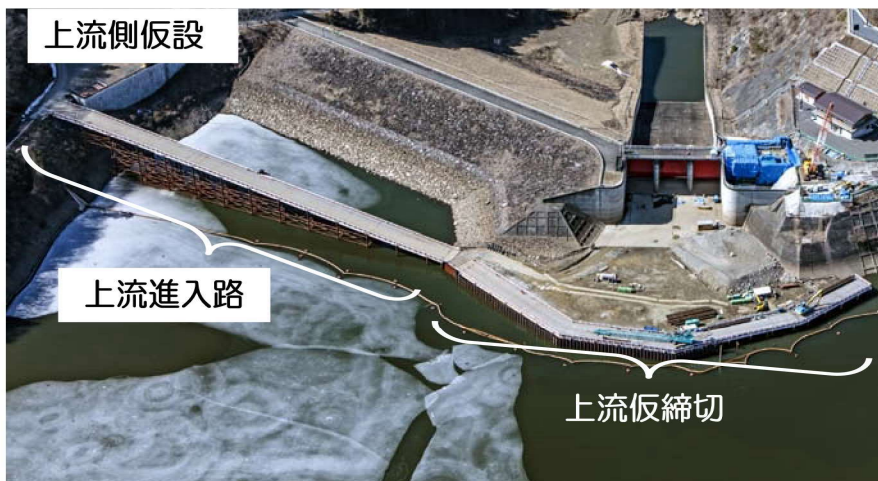
工種	要素技術	現状と課題	備考
岩盤掘削	全旋回オールケーシング工法 刃先が付いた ケーシングを反復回転させながら油圧ジャッキで岩盤に圧入 し、内部を 砕岩棒で掘削 する。ズリ出しはクラムシェルで行う。	■現状 <ul style="list-style-type: none"> ・仮設構台上からの施工となるため、ケーシング揺動に耐える強固な足場構造が必要となる。 ・一軸圧縮強度が100N/mm²程度以上の新鮮な硬岩の場合、パーカッション工法併用となり、掘削に時間を要する。 ・円形掘削のため、掘残しを防止するにはラップ施工が必要となり、非効率。 ・水中における掘削精度（特に底部の不陸正整）の確保が難しい。底面施工だけ、別途掘削機械（水中ブレイカ等）が必要となる。 ・掘削作業に多数の機械（CD機、クローラクレーン、ダンプ、ケーシングチューブ）が必要。 ■課題 <ul style="list-style-type: none"> ・水中岩盤掘削のさらなる合理化 	<ul style="list-style-type: none"> ・掘削した岩盤の出来形の確認が難しい。また、掘削後の整形、清掃にも課題がある。 ・広い作業エリアが必要で構台面積が増える傾向にある。

4. 潜水作業

工種	要素技術	現状と課題	備考
潜水作業監視	音響ビデオカメラ（DIDSON） 光が届かない大水深や濁りが激しい水域では通常の水の中カメラが使用出来ない。DIDSONは、音響データを利用し、 濁った湖水や夜間での潜水作業監視を可能 とする。	■現状 <ul style="list-style-type: none"> ・日本への輸入実績が少なく、港湾での使用が少数である。 ■課題 <ul style="list-style-type: none"> ・精度の高い計測（mm単位）が困難 ・*その他、音響計測装置もあるが、精度の問題は残る。 	 <p>水中撮影例</p> <ul style="list-style-type: none"> ・水中作業の点検、監視には大きな力となる。 ・自動潜水機能が待たれる。



千五沢ダム改築工事は、かんがい専用の既設ダムに治水機能を付加するため、洪水吐き施設を改築する工事です。本工事により建設される洪水吐きは「ラビリンス型自由越流方式」と呼ばれ、全国でも形状が珍しい構造となっています。この施設の完成により福島県石川町の洪水被害が軽減され、流域の安全安心が図られます。



特殊技術

1. 上流進入路設置

工種	要素技術	特徴と課題	備考
仮設栈橋設置	<p>L I B R A - S 工法 (プレスバンド先行設置)</p> <p>貯水池内における L I B R A 工法のプレス材取付作業について、気中にてスライド機構を有するプレスバンドを先行設置し、プレス材を組立て後、水中にスライド降下させ固定する。</p> <p>これにより大水深下における潜水作業 (取付位置の計測、プレス材の溶接による取付作業) を大幅に低減することが可能となる。</p>	<p>■特徴</p> <ul style="list-style-type: none"> 仮設栈橋の杭長は、最大 38m 程度と長い。 施工箇所での水深は 4~8m 程度であり、水中施工となる。 プレス材の段数は最大 3 段 (4m/段) であり、水中部の段数は最大 2 段 (水深 8m) 設置する必要がある。 かんがいに使用する貯水池である。 貯水池内のため、透明度が低く、可視範囲は最大 1m 程度と作業環境が悪い。 <p>以上より、水中部での水平材、プレス材の設置において、水中施工の安全性の確保、施工効率向上を図ることが非常に重要である。</p> <p>■課題</p> <ul style="list-style-type: none"> 支持地盤標高の確認 (根入れ長の確認、正確なプレスバンド設置位置の確認) 杭の打込み精度の確保 ハンマ潤滑油による汚染の防止 	<ul style="list-style-type: none"> 気中部でプレス材を組立てるため、確実な設置が可能である。 特に、水中作業を減らすことで工程の短縮が図られる。 ハンマ潤滑油に生分解性オイルを使用し、汚染を防止できる。

2. 仮締切工

工種	要素技術	特徴と課題	備考
仮締切工	<p>マイクロジョイントパイル工法</p> <p>貯水池内の鋼管矢板仮締切の施工において、従来の P-P 型継手ではなく、マイクロジョイント (P-P 型と比較して約 1/4 の大きさ) に変更し、拡径式ダウンザホールハンマを使用して鋼管を建込ながら削孔を行う。拡径式のハンマを使用することにより、ジョイント部分の先行削孔が不要となり、削孔と同時に鋼管杭の建込が完了する。</p> <p>また、従来工法による先行削孔部の孔壁崩壊リスクも回避できる。</p>	<p>■特徴</p> <ul style="list-style-type: none"> 杭長が 13.5m と長い。 D・CL 級岩盤内への根入れ長が約 5m。 かんがいに使用する貯水池である。 貯水池内のため、透明度が低く、可視範囲は最大 1m 程度と作業環境が悪い。 <p>以上より、継手部の先行削孔を不要とし施工効率の向上を図ることや、硬質岩盤削孔にも対応できること及び汚染を防止することが重要である。</p> <p>■課題</p> <ul style="list-style-type: none"> 支持地盤標高の確認 (根入れ長の確認) 杭の打込み精度の確保 ハンマ潤滑油による汚染の防止 	<ul style="list-style-type: none"> 継手部の先行削孔が不要となり、工程短縮が図られ、孔壁崩壊リスクを回避できる。 ダウンザホールハンマにより硬質岩盤にも対応可能。 ハンマ潤滑油に生分解性オイルを使用し、汚染を防止できる。

■ 技術の概要

本工事は、既設の奥只見ダム・貯水池を有効利用し、地下にある奥只見発電所を拡張して、有効落差 164.2m、最大使用水量 138m³/s、最大出力 20万kW の出力増加を図る発電所の増設工事である。第1工区は、仮締切工事、取水口工事、水圧管路工事を鹿島・東洋共同企業体で施工し、このうち、仮締切工事を担当した。

水面下約 35m に位置するダム堤体部に取水口を施工する増設取水口工事において、希少猛禽類等に対する種々の環境保全対策のため、限られた期間での施工が余儀なくされた。そこで、短期間での設置・撤去が可能であり、なおかつ設置水深約 50m の高水圧に耐える仮締切が可能な鋼コンクリート半円形仮締切工法を適用した。



図-1 奥只見ダム発電所増設概要

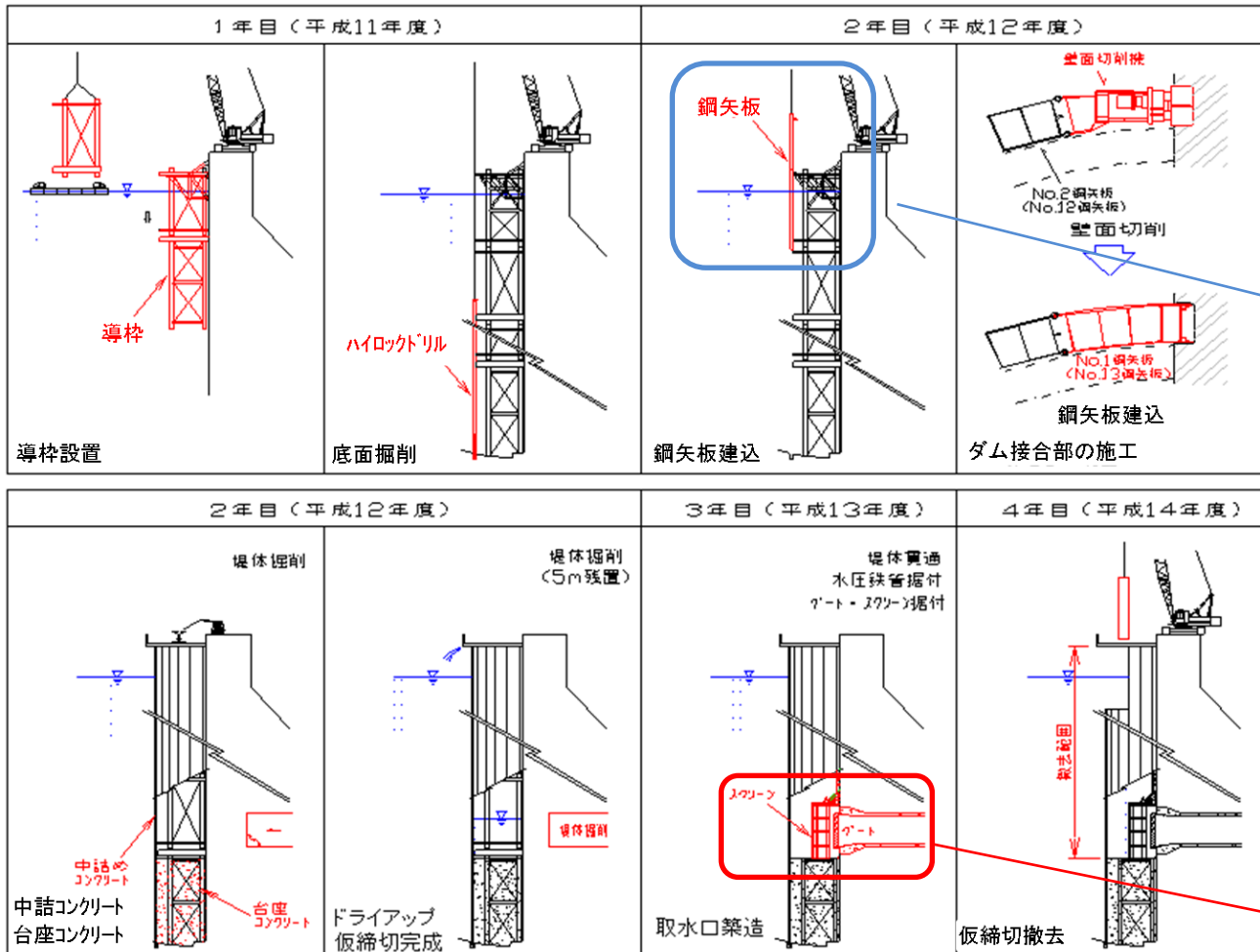


図-2 仮締切施工フロー



写真-1 鋼矢板建込状況



写真-2 堤体掘削状況

堤体の穴あけ

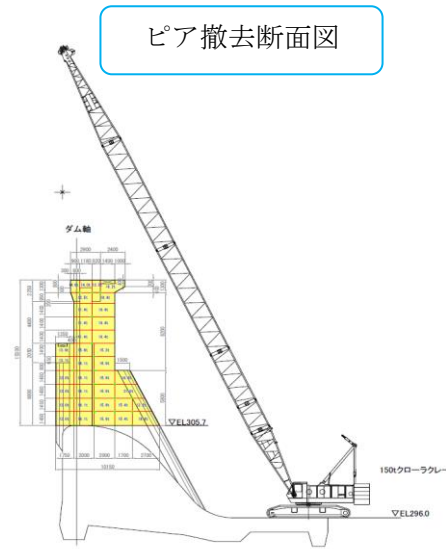
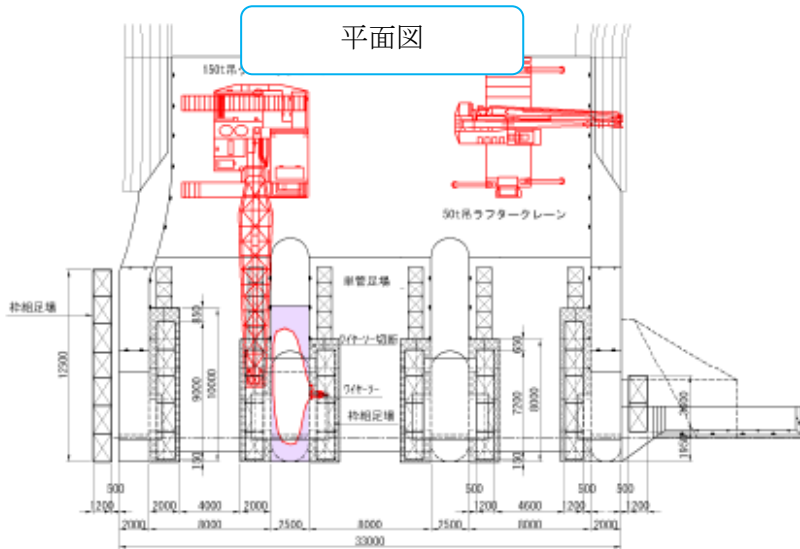
工種	要素技術	特徴と課題	備考
<p>仮締切工</p>	<p>鋼コンクリート半円形仮締切工法 ⇒堤体孔掘削の到達部をドライにするため、ダム湖側の壁面に半円形の仮締切壁を構築</p>  <p>写真-3 仮締切全景</p>	<p>■特徴</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本工事は、仮締切方法として、ボックス型鋼矢板＋中詰コンクリートの構造形式を採用 ・水深 50m の止水性能を確保するため、①鋼矢板継手はかん合継手とし、②仮締切下端(ダム底面)は、予めコンクリートを削孔した箇所(詳細後述)に矢板を根入れした後、根固めモルタル充填し、③堤体壁との接合は、堤体壁面切削＋モルタル充填＋戸当たりサイドパッカーを行った。 ・大水深での潜水作業が必要になることから、潜水士の安全対策に配慮した。 <p>■課題</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ダム堤体の壁面に傾斜がある場合の構造検討が別途必要(当該壁面は垂直)。  <p>図-3 かん合継手詳細図</p>  <p>図-4 ダム堤体壁面部の接合部</p>	 <p>写真-4 仮締切の内部状況</p> <p>← 写真-4 ダム堤体壁面部の接合部</p>
	<p>仮締切壁根入れ部のダム底面掘削 ⇒仮締切壁下端の止水性と耐荷性を保持するため、底面コンクリート版を溝状に削孔し根入れ長を確保する。</p>	<p>■特徴</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本工事は、コンクリート版を確実に削孔するため、ハイロックドリル工法を採用した。 ・約 57m 下の水底面を正確に掘削するため、堤体頂部から張り出した作業構台から、ハイロックドリル機専用の移動装置を製作、鋼矢板建込用の導枠を使用して水中カメラによる位置決めを行った。削孔ガラは、エアリフトにより地上部に搬出した。 <p>■課題</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ダム底面に土砂が堆積していた場合の施工方法及び止水性能確保の検討が別途必要。  <p>ダム底面掘削イメージ</p>	 <p>写真-5 底面掘削機械</p>
	<p>仮締切底盤部の台座コンクリート ⇒取水口設備を設置する台座コンクリートを仮締切底盤部に構築するため、仮締切内部をドライアップする前に水中コンクリートを打設する。</p>	<p>■特徴</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本工事では、水中不分離性コンクリートをトレミー管で打設した。 ・水中におけるマスコンクリート(約 607m³)となったため、ひび割れ対策として、打設時コンクリートのプレクーリングを実施した <p>■課題</p> <ul style="list-style-type: none"> ・50mを越える大水深となった場合の台座コンクリートの厚みの検討が必要。 ・特に、取水口がダム底面から高い位置となる場合、浮力との関係より、台座の検討が必要。 	 <p>写真-6 LN₂噴射によるプレクーリング</p>

■技術の概要

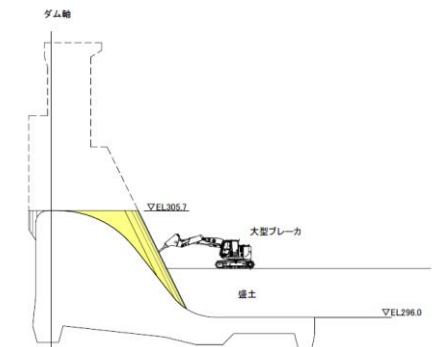


ダムの放流能力不足を解消し、ダムの安全性を確保するとともに、ダム管理運用の改善を図るため、既設洪水吐ゲートを撤去し、越流天端の嵩上げ、堤頂長を延伸して『越流式ダム』へ改造することで、ダム管理の万全を図る

ダム本体及びピア撤去



ダム本体解時



更新

堤体除却

工種	要素技術	特徴と課題	備考
堤体除却	ワイヤーソーによる切断 既設堤体への影響を考慮し、堤体取壊しにワイヤーソーを使用する。 鉛直、水平切断し、切断ブロックをクローラクレーンにより吊降ろし、1300kg級ブレーカで小割、搬出する	■特徴 <ul style="list-style-type: none"> ・施工ヤードが狭く、配置する設備や機械数が制限されるため、適正な機械配置計画が重要である ・切断ブロックの大きさがクレーン能力により決定するため、クレーンの選定を考慮し工程、コストの削減を図る必要がある。 ・切断ブロックはクレーン吊降ろし後、ブレーカによる小割を行い、産廃搬出するためブロックの大きさとブレーカ小割能力の相関を把握する必要がある。 ■課題 除却作業の効率化	

基礎掘削

工種	要素技術	特徴と課題	備考
基礎掘削工	ブレーカ掘削 既設堤体近傍の掘削に伴い、堤体への影響を低減する。	■特徴 <ul style="list-style-type: none"> ・存置する堤体に悪影響をおよぼさないために、発破掘削を変更して、ブレーカ掘削としているが、発破掘削と比較して掘削能力が劣るため、機械配置計画により作業の効率化を図る。また、ブレーカ掘削が堤体におよぼす振動の評価が必要である。 ・騒音、振動に対して配慮した施工が必要 ■課題 近隣地域とのコミュニケーションによる作業の円滑化	

堤体工

工種	要素技術	特徴と課題	備考
堤体工	拡張リア工法 クローラクレーン 200 t +コンクリートバケット 3m ³	■特徴 <ul style="list-style-type: none"> ・堤体下流河床にクローラクレーンを配置し、コンクリートバケットにて打設する。 ・コンクリート製造は本体から約 1.5 km 下流に設け、運搬は 10 t ダンプトラックで行う。 ・コンクリート打設期間を非出水期（11 月～5 月）としている。そのため、コンクリート工の工程遅延は次期に影響する。 ■課題 リフト厚の増厚による総リフト数の低減	

更新

特殊技術

1. 堤体掘削

工種	要素技術	特徴と課題	備考
堤体コンクリート掘削撤去	<p>ロードヘッダ工法</p> <p>トンネル掘削機械のロードヘッダの部類に属する機械をダムコンクリートの掘削に転用した工法である。</p> <p>使用機械（パワーヘッダPH-75S）</p>	<p>■現 状</p> <ul style="list-style-type: none"> 設計掘削断面（H=2.00m、B=3.20）に対して施工機械が大きく、坑内での角度調整の自由度がなく作業効率を向上させる必要がある。 オペレータの姿勢及び視界の確保が十分でないことから、安全性及び操作性が低くなる。（足元のズリ及び粉じんのため視界がほとんど確保できない状況となる。） 掘削断面が小さいことから、掘削精度を保つために実稼働率が低くなる。（特に下半部分の掘削時、精度の確保が困難である） <p>■課 題</p> <ul style="list-style-type: none"> 小断面に適した掘削能力を満足する小型機械の開発が必要である コンクリート掘削時の粉じん対策の向上につながる装置が必要である。 	<ul style="list-style-type: none"> ダムコンクリートの骨材寸法が大きい場合は、骨材の強度を考慮して掘削機械を選定する必要がある。

2. 水中コンクリート

工種	要素技術	特徴と課題	備考
水中コンクリート	<p>水中型枠（上流面の補強）</p>	<p>■現 状</p> <ul style="list-style-type: none"> 水深0～7mの区間で視界が20～30cm程度しかない状況での作業となり、効率が極度に劣る。 上部に障害物があり、分割した型枠の吊込・搬入が不能なため、一体型の水中型枠を製作したが、取付にダイバー技術に頼る部分が多く施工段階での確認が容易でない。 一体型の型枠は設計及び材料に多大の時間とコストが掛る。 <p>■課 題</p> <ul style="list-style-type: none"> 水中型枠の簡便化 施工時の水中視界の確保技術の開発 	<ul style="list-style-type: none"> 視界の少ない水中作業となり安全性の確保が必要。



水中コンクリート型枠

3. Technologies to improve structural stability

【 安全性の向上技術 】



洪水吐破損状況

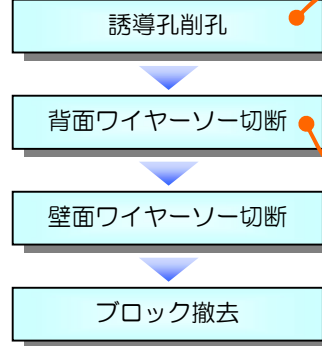


破損コンクリート撤去完了

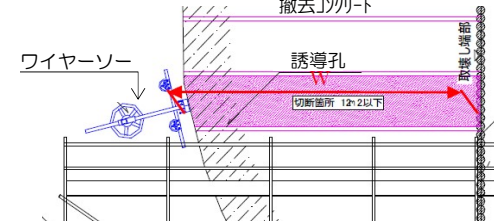
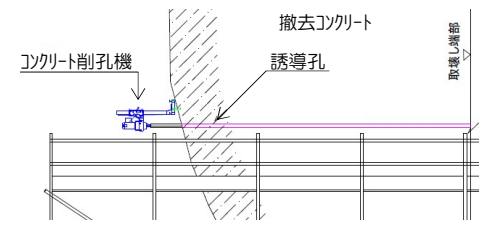
台風23号に伴う出水により破損した池原ダム洪水吐シュートにおいて、残置コンクリートを「岩盤との接着性の悪い範囲」および「表面のみが剥離した範囲」に分類し、取壊しを行ないました。

取壊し完了後、コンクリート打設を行い現状復旧しました。

特殊技術



コンクリートブロック撤去フロー



岩盤背面および水平壁面をダイヤモンドワイヤーソーにより切断

特殊技術



堆積コンクリート撤去フロー

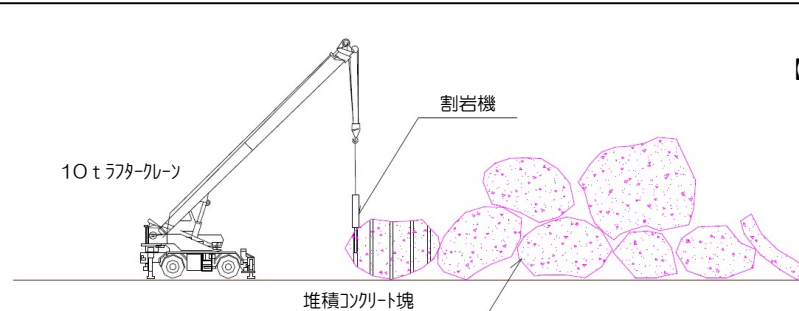


堆積コンクリート

減勢工内に、シュート部と減勢工の損壊したコンクリートが堆積していたため、クローラークレーン（50 t）が吊上げ可能な大きさまで、大型油圧割岩機による無発破岩盤破碎工法（ビッカー工法）にて1次破碎を行いました。



ビッカー工法による割裂状況



ビッカー工法による割裂概要図

【ビッカー工法とは】

削孔した孔中に2枚のウェッジライナーを挿入し、油圧力で押し込むことにより割岩を行う

更新

ダムリニューアル工事

補修・補強

工種	要素技術	特徴と課題	備考
コンクリート撤去	<p>静的破碎工法 (ワイヤーソー、連続コア、ウォールソー) コアドリルにより誘導孔を設置して、ワイヤーソーで切断する。</p>	<p>■課題</p> <ul style="list-style-type: none"> ・時間・コストともに多大となる。 	
コンクリート塊取壊し	<p>油圧クサビによる割裂工法と油圧ブレーカーによる小割 クローラドリルにて削孔し、クレーンで油圧クサビ（ビッガー工法）を吊込み、2～7 tに割裂後、油圧ブレーカーで小割を行う。</p>	<p>■課題</p> <ul style="list-style-type: none"> ・機械の入替や置場への運搬作業が発生し、時間・コストともに多大となる。 ・再生資源としての活用方法の多くは、再生路盤材になっていると思われるが、それ以外に活路を見出すには、政策的な誘導が必要。 	

更新

コンクリートダム堤体の補強

《工事例：布引五本松堰補強工事》

【(株) 奥村組】

■技術の概要 工事例：布引五本松堰堤補強工事(神戸市)

布引ダムは1900年(明治33年)に完成した日本最古の重力式粗石コンクリートダムである。既設堤体の基本三角形の形状について安定計算を行った結果、常時満水位で安定性が確保されていないことが判明し、堤体前面に補強コンクリートを増厚(フィレット)して対処することとした。

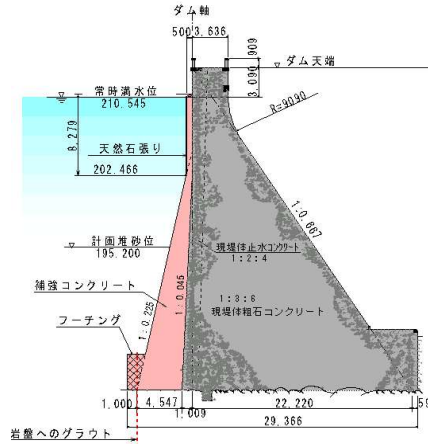
■工事内容

①新規に打設するコンクリートは温度応力解析による検討を実施し、発生する引張温度応力に対して安全率2.0を確保するための対策を行った。

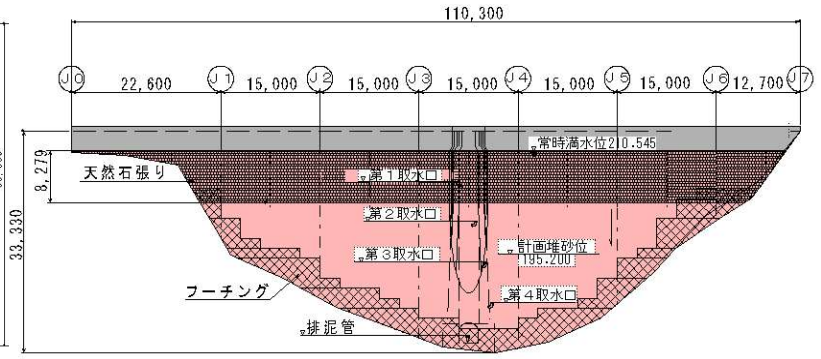
- ・1.5mリフトで打設するフィレットは施工時期と打設温度を規制した。

- ・上部の止水コンクリート部分では目地間隔を15mから7.5mに変更した。

②現堤体とフィレットの接合面におけるせん断応力に対して、部分的に常時の安全率が1.0~1.5であることから、鉄筋で補強し、安全率3.0を確保した。

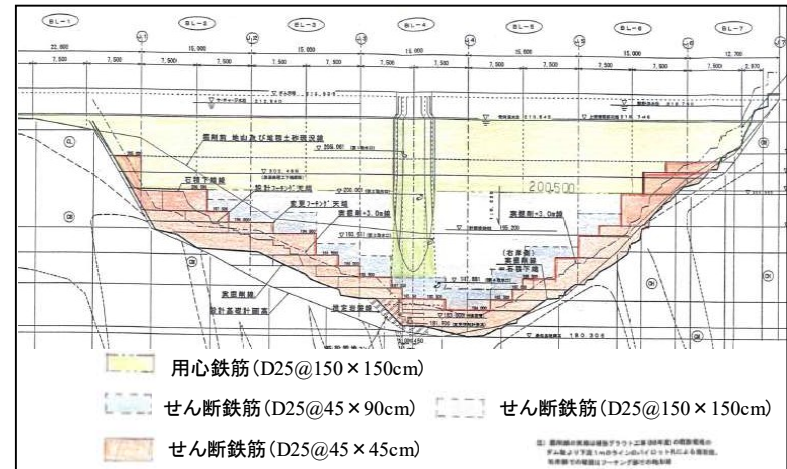


標準断面図



上流面図

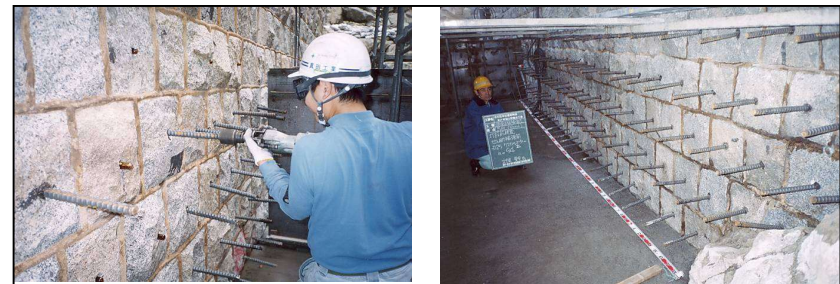
せん断鉄筋施工箇所



リフトスケジュール

リフト	Vol(m ³)
1	95.25
2	91.00
3	88.00
4	77.75
5	81.00
6	104.50
7	114.50
8	176.25
9	201.00
10	219.00
11	246.00
12	290.00
13	261.75
14	237.00
15	224.00
16	210.00
17	210.45
18	159.00
19	145.55
20	106.50
21	15.90
合計	3,253.30

ブロック層数 (m)	1	2	3	4	5	6	7	合計
BL	110.75	494.25	607.20	721.75	904.85	463.00	51.50	3,253.30
Vol	110.75	494.25	607.20	721.75	904.85	463.00	51.50	3,253.30



コンクリートダム堤体の補強

堤体補強

工 種	要素技術	特徴と課題	備 考
コンクリートダムの補強	コンクリートダム堤体の補強として、現堤体前面に補強コンクリートを増厚(フィレット)する。	<p>■特 徴</p> <p>布引五本松堰堤は戦前に築造されたコンクリートダムであり、常時・満水位・地震時等において上流端に引張を生じ、現在の設計基準を満足していないことが判明した。</p> <p>そこで、新規に増厚するコンクリートの温度応力解析による検討を実施し、発生する引張温度応力に対して、所要のひびわれ指数を確保した。</p> <p>また、現堤体とフィレットの接合面におけるせん断応力に対して、部分的に常時の安全率が 1.0～1.5 であることから、鉄筋でせん断補強し、所要の安全率を確保した。</p> <p>■課 題</p> <ul style="list-style-type: none"> ・旧堤体コンクリート状態の把握 ・新旧堤体コンクリートの一体化 	

更新

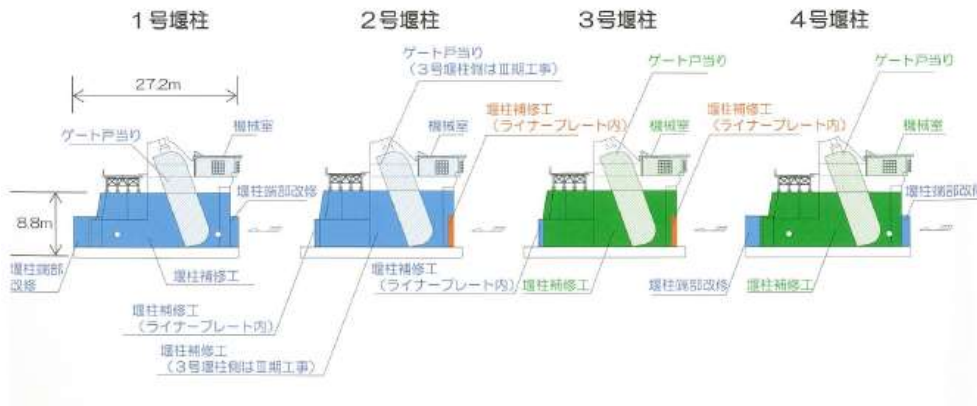
ゲートの交換・堰柱の補修 ≪工事例：行徳可動堰改築工事≫ 【鹿島建設株】

老朽化の進んだゲートの交換と堰柱の補修・耐震補強
(旧ゲート・堰柱を供用しながら非洪水期に部分改修)



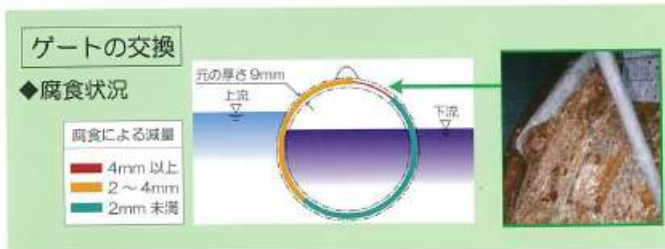
施工ステップ

断面図



施工概要

1 ゲートの交換

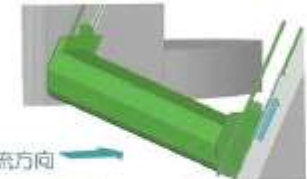


既設（ローリングゲート）



回転しながら上昇
・下流側の塩水が胴体内部に入る。
・異物を巻き込む可能性がある。

更新施設（シェル構造ローラゲート）



直線上昇
・腐食防止の目的で下流側の塩水が胴体内部に入らない構造である。
・異物の巻き込みや、水圧による浮上りを防止する。

2 堰柱の耐震化



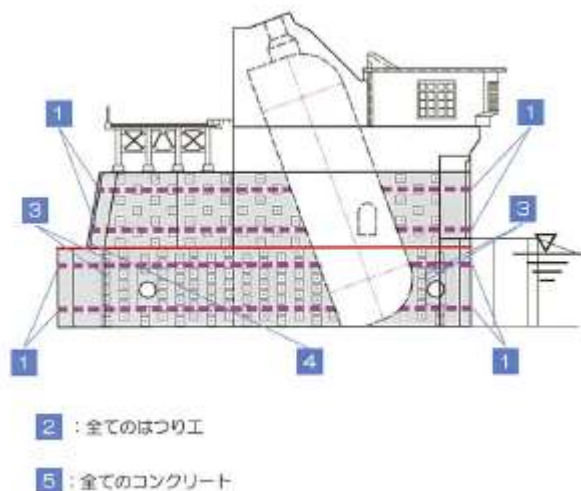
鉄筋露出

更新

施工上の特徴

堰柱補強における品質の確保

行徳橋の橋梁下部としても使用されている堰柱の耐震補強では、より高い品質を確保する施工を行います。



2 : 全てのはつり工

5 : 全てのコンクリート

1 鉄筋探査用電磁波レーダーの使用

既設鉄筋の位置とかぶりを正確に把握します。既設鉄筋に損傷を与えず、腐食状態を正確に確認することができます。

2 ウォータージェットによる仕上げ

はつり表面のうき、剥離および微細なクラックを除去し、新たに打設する補修コンクリートとの付着力が向上します。

3 超低粘性グラウト用混和材の使用

高い充填性により堰柱と補強鉄筋の一体性が確保できるとともに、補強鉄筋の錆びに対する保護を確保します。

4 水平施工目地の減少

水平施工目地を4箇所から2箇所に減らすことで、劣化因子の浸入による補強鉄筋および既設鉄筋の発錆を低減します。

5 膨張コンクリートの使用

乾燥収縮ひずみや温度ひずみによるひび割れを抑制し、劣化因子の浸入による鉄筋の発錆を抑えます。

設計上の工夫

行徳可動堰のゲートは、洪水時以外、常に全閉状態で使用されるため、海水に接しています。このため、ゲート本体には、長期的な耐久性や洪水時の確実な開操作を可能とするための維持管理の向上を図ります。



1 ダストシールの設置

主ローラ軸の両端部にダストシールを設け、グリースによる潤滑を不要とすることでメンテナンスフリー化します。

2 管理運転回路の追加

操作盤に設けたボタンを押すだけで管理運転が可能になる回路を付加します。

施工上の課題

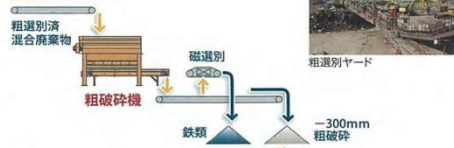
10m弱の水深下締切内でのドライワークが主体となり、施工時期は非洪水期に限定される。同時期においても、降雨時急激な水位上昇等の危険性も懸念されることから、締切内作業時には、底板の水圧管理や緊急時避難体制確保等万全の安全確保対策を講ずる必要がある。



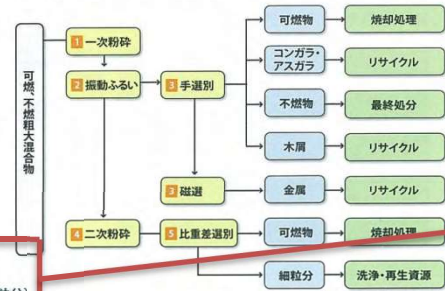
災害廃棄物処理 《工事例：災害廃棄物処理業務 石巻ブロック》 【鹿島建設株】

混合廃棄物の処理フロー

1 一次破碎



混合廃棄物は図のようなフローを経て分別されます。



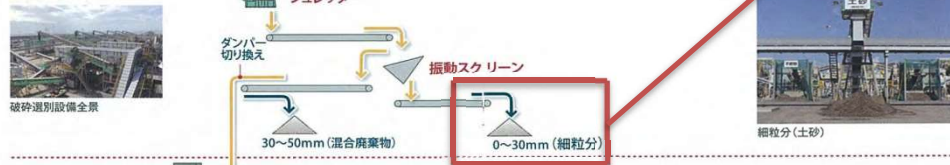
2 振動ふるい



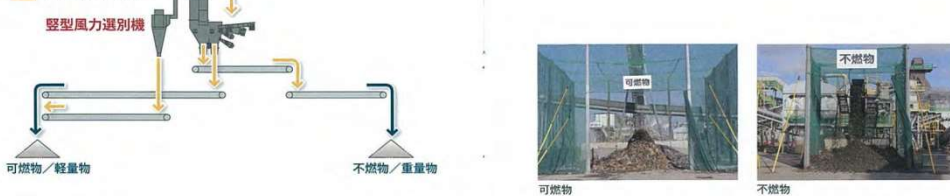
3 手選別・磁選



4 二次破碎

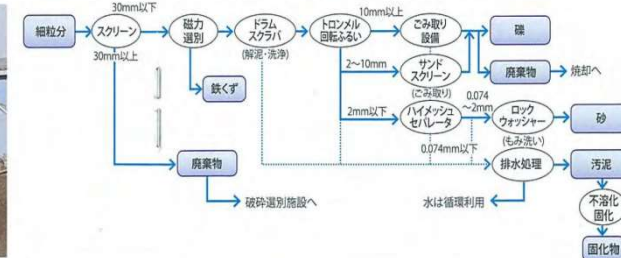


5 比重差選別



土壌洗浄設備(A)

破碎選別ヤードにて選別した土砂(細粒分)を洗浄して、再利用できる礫・砂と廃棄物とに分類します。



土砂・津波堆積物

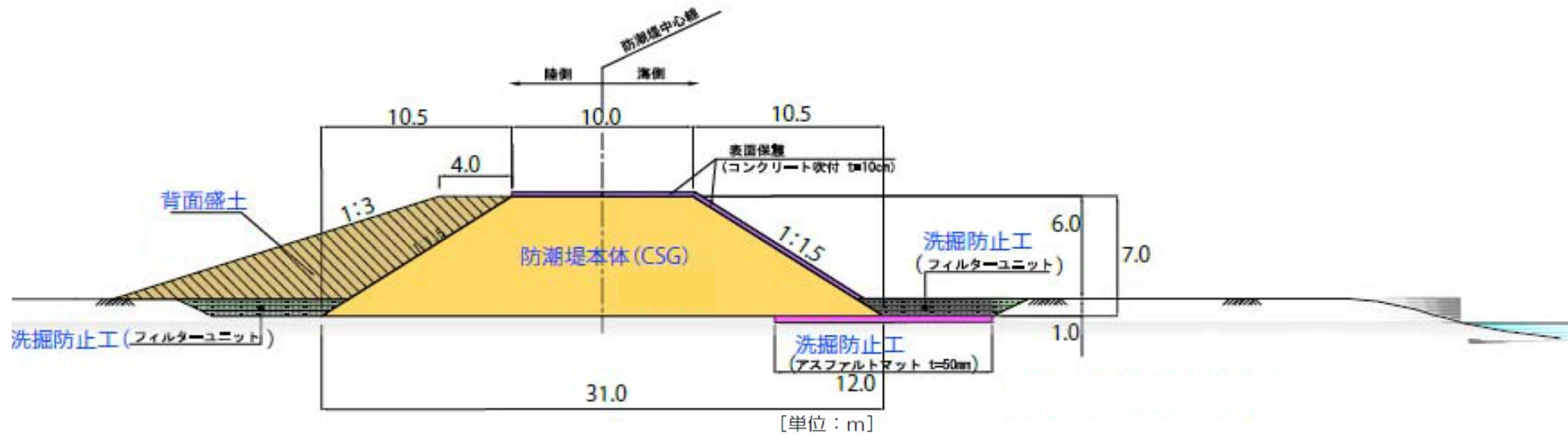
混合廃棄物に含まれる土砂の洗浄、津波堆積物を洗浄・改質することで復興資材として再利用します。



特殊技術

東日本大震災による災害廃棄物の一部を洗浄し、分別されて出来た洗浄砂・礫等を材料に用いたセメント現地攪拌混合工法（CSG工法等）による防潮堤の築造

セメント現地攪拌混合工法（CSG工法等）の防潮堤への適用事例



特殊技術

1. 防潮堤築堤工

工種	要素技術	特徴と課題	備考
防潮堤築堤工 (試験施工)	<p>災害廃棄物を用いたセメント現地攪拌混合工法（CSG工法等）による防潮堤の築造</p> <p>石巻ブロックにおいては、建設資材等への再利用を目的として、災害廃棄物の一部（津波堆積物等）を洗浄し、洗浄砂・礫等に分別している。これらを用いたセメント現地攪拌混合工法（CSG工法等）による防潮堤築造工事の試験施工を行った。</p>	<ul style="list-style-type: none"> 発生場所ごとに発生材・品質の異なる災害廃棄物に対し、CSG材等混合材としての品質（粒度、密度、吸水率等）のばらつき の把握や、それに 応じた配合・施工の検討が必要となり、その手法を熟知している技術者が 必要不可欠となる。 地元企業等が施工することを考慮した場合、品質保証システム（CM制度等で経験のある会社の活用）を構築する必要がある。 防潮堤用のCSG設計・施工マニュアル・積算基準等の整備が必要。 	

工事例：豊稔池補修工事（香川県）

補修工事の思想：旧堤体のイメージを極力残し、完成後もダム機能を生かし防災上および農業振興に役立つ構造物に再生する。

施工条件：工事中も灌漑期4月～9月末は農業用ため池として使用する。

補修工事設計上の課題：

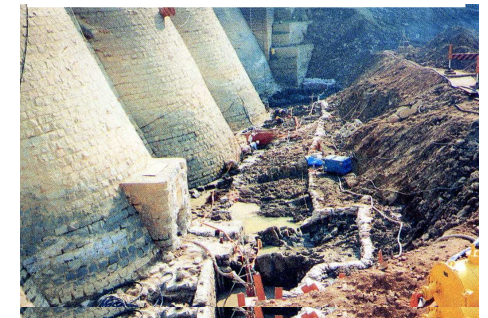
- ①工事中も灌漑期4月～9月末は農業用ため池として使用するため、工事中の作業が旧堤体に悪影響を及ぼさないよう施工する必要がある。
→対応：旧堤体へ悪影響を及ぼさない基礎掘削作業管理基準を設定し施工管理する。
- ②旧堤体アーチ部とバットレス部の接合部やアーチクラウン部にひび割れがあり、これらのひび割れから漏水が見られるため、堤体の力学的安定性を向上させるとともに堤体からの漏水を極力減少させる必要がある。
→対応：旧堤体形状とほぼ同様のアーチコンクリート壁を堤体上流面に施工して補強することになる。これにひび割れを生じさせない配合設計と施工計画をたてる。
- ③岩盤内の亀裂から漏水がある。
→対応：基礎岩盤の水理地質特性を適切に把握し、旧堤体に影響を及ぼさない方法でグラウチングを行う。
- ④旧取水設備は老朽化が進み、水漏れ、変形、きしみ等があり、管理的にも交換すべき時期に来ている。
→対応：旧堤体を損傷しない方法で旧取水設備と同規模の設備に取り換える。

施工状況写真

下流側 扶壁間の
フーチング基礎掘削



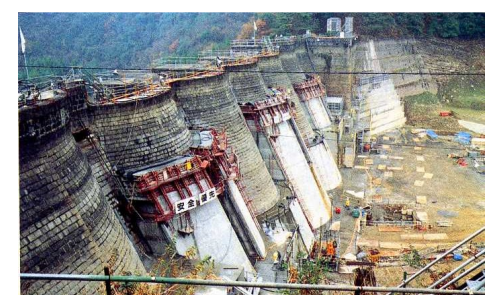
上流側 フーチング基礎掘削



上流フーチングコンクリート
施工状況



アーチ部コンクリート
施工状況



補強完成（下流側）



補強完成（上流側）



更新

特殊技術

1. 岩掘削

工種	要素技術	現状と課題	備考
発破掘削	制御発破 旧堤体に振動等の悪影響を与えないよう 小薬量、多段発破 を実施した。薬量、段数は試験施工を実施し設定した。また、施工中は、堤体部で 振動の計測管理 を実施した。	<ul style="list-style-type: none"> ・堤体に悪影響を与える振動が計測された場合は、機械掘削、または人力掘削を余儀なくされた。岩盤が堅固なため、作業が難航し工程遅延の原因となった。 ・発破段数を10段以上にして施工したため、導火管雷管を使用した。 ・低振動で、作業効率の良い掘削方法の開発が待たれる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・雷が多い地域であったが、導火管雷管のため、心配せずに施工できた。

2. 基礎処理

工種	要素技術	現状と課題	備考
カーテングラウト	超微粒子セメント 通常セメントでは注入不可能な岩盤に、 超微粒子セメント を使用した グラウチング を実施した。	<ul style="list-style-type: none"> ・地質が複雑であったため、通常セメントでも施工可能な箇所があった。事前に注入試験を実施したが、施工区分する作業で工程を費やすこととなった。 ・地質性状を早く、正確に把握する試験方法が待たれる。 ・止水ゾーンが必要以上に広がり、不経済となる。 ・注入距離がコントロールできるグラウチング技術が必要である。 	<ul style="list-style-type: none"> ・現在では、セメント系材料で硬化のゲルタイムを調整する薬剤が存在する。これを使用し止水ゾーンの事前設置が可能。

3. 堤体コンクリート

工種	要素技術	現状と課題	備考
コンクリート打設	液体窒素によるプレクーリング ・生コンクリートに 直接、液体窒素を噴射 し、コンクリート打込み温度を低減させる。	<ul style="list-style-type: none"> ・旧堤体の拘束によるひび割れ防止を目的としたものであるが、使用材料が高価である。 ・液体窒素を製造している工場が近傍にないと採用できない技術である。 ・液体窒素の噴射量は、予測温度応力の結果をもって設定されるので安全側にならざるを得ない。 ・生コンを経済的に冷却する技術開発が必要である。 	<ul style="list-style-type: none"> ・アジテータの壁面が痛む場合があり、長期使用になると補強が必要な場合もある。

■技術の概要

アスファルト表面遮水壁型ダムは、ダム表面部に遮水を目的として、遮水や変形性能に優れる水工用密粒度アスファルトコンクリートを舗設している。ダム表面部で遮水している為、点検や補修などの維持管理が容易である。当該工法は、従来の斜面舗設工に斜面切削工を加える事で大規模補修が可能な技術である。施工機械は、牽引された状態で斜面上を移動し、各工種に合わせた機械にて縦方向に施工を行う。



施工状況

施工状況写真(施工手順)



適用ダムの諸元

型式：アスファルト表面遮水壁ロックフィルダム

施工年：1971年

舗設面積：13,500m²

ダム高さ：33.0m

法面勾配：(上流側) 1 : 1.8, (下流側) 1 : 1.7

堤体長：380.0m

適用例：中津川第一発電所高野山ダム修繕工事（東京電力）

【1期工事】 工期：平成13年 8月 1日～平成13年11月30日

【2期工事】 工期：平成16年 7月14日～平成16年11月26日

工種	要素技術	特徴と課題	備考
<p>アスファルト・コンクリート表面遮水面の補修</p>	<p>アスファルトの撤去 施工機械は牽引された状態で縦方向に移動する。大型の牽引装置を使用して、下方向で施工を行う。大型の施工機械を用いる場合は、斜面上で材料の運搬が可能な斜面用供給車を併走させて、切削材の回収を行う。</p> <p>法面舗装工 施工機械は牽引された状態で縦方向に移動する。舗設は、大型の牽引装置を使用して、上方向で施工を行う。合材供給は、斜面用供給車で行う。転圧は、中型の牽引装置を使用して、斜面用転圧機械で行う。</p>	<p>■特徴 斜面用切削機の外観を写真-1、仕様例を表-1に示す。</p>  <p>写真-1 斜面用切削機の外観</p> <p>斜面用舗設機械の外観を写真-2、仕様例を表-2に示し、斜面用転圧機械の外観を写真-3、仕様例を表-3に示す。</p>  <p>写真-2 斜面用舗設機械の外観</p>  <p>写真-3 斜面用転圧機械の外観</p> <p>■課題 ・施工機械を牽引し、法長方向に施工するため、斜め移動など損傷に沿った施工が困難である。 ・施工レーンが替わる度に、準備時間（横移動、施工機械の斜面移動、施工機械の設置 など）を要する。その為、斜長延長が短くなると、施工時間に対して準備時間の割合が高くなり、施工効率が低下する。</p>	

表-1 斜面用切削機の仕様例

主要寸法	全長×全幅×全高	
	8,200 (mm)×4,305 (mm)×2,800 (mm)	
主要機能	エンジン定格出力	295 (Kw)/2,000 (min ⁻¹)
	切削幅	1,800 (mm)
	切削深さ	100 (mm)
	作業速度	0~45 (m/min)

表-2 斜面用舗設機械の仕様例

主要寸法	全長×全幅×全高	
	7,111 (mm)×4,355 (mm)×2,800 (mm)	
主要機能	総重量	17.6 (ton)
	舗設幅	4,000 (mm) 3,100 (mm)

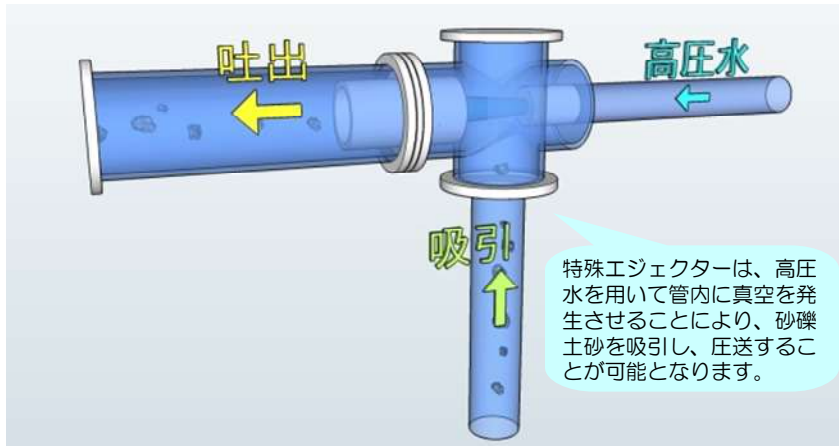
表-3 斜面用転圧機械の仕様例

主要寸法	全長×全幅×全高	
	1,970 (mm)×1,115 (mm)×1,485 (mm)	
主要機能	総重量	1.6 (ton)
	静線圧	78.4 (N/cm) ※前輪
		73.5 (N/cm) ※後輪
	起振力	9.22 (N/cm) ※両輪

4. Technologies to control sediment

【 堆砂の制御技術 】

■技術の概要



「特殊エジェクター工法」は、高压のジェット水を利用して負圧を発生し、土砂を吸引・輸送する工法で、以下のような特徴があります。

- 15cm 程度の砂礫やごみ、枝葉も吸引・輸送可能です。
- 構造がシンプルなので詰まりや磨耗に強く、効率的で経済的です。
- 土砂の運搬には周辺環境に影響を及ぼすダンプトラックを使用する必要がなく、貯水池内に設置した輸送管を用いて連続的に運搬することができます。
- システムがコンパクトなので狭い山間の道路でもアクセスが可能です。
- 土砂をバケットですくう工法では濁りが発生しますが、本工法では吸引する部分はまったく濁りません。
- 圧送中に洗浄効果を発揮します。



特殊エジェクター一部



排出部
(サイクロン)



スクリーパー破砕機



最大直径150mmの砂礫を1km以上輸送できます。
600mの距離で輸送能力は50m³/h (15cm砂礫) です。

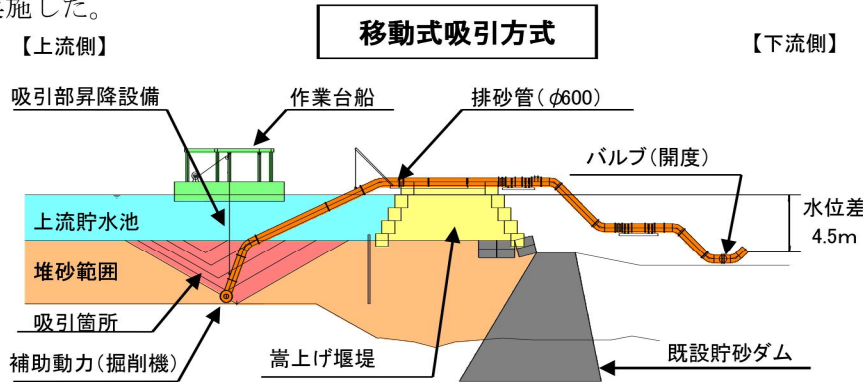
特殊エジェクター工法<礫送>

貯水機能維持

工種	要素技術	特徴と課題	備考
土砂吸引工	<p>高圧のジェット水を利用して負圧を発生し、土砂を吸引・輸送する工法。</p> <p>ダム貯水池の土砂を吸引し、貯水池内に移動したり、貯水池の外に排出したりするシステム。</p> <p>輸送距離 400m の場合吸引能力は最大粒径 15cm の砂礫土で約 35m³/h、砂質土で約 70m³/h。</p> <p>適用水深は 20m 程度まで。</p>	<p>■特徴</p> <p>15cm 程度の砂礫やごみ、枝葉も吸引・輸送可能。構造がシンプルなので詰まりや磨耗に強く、効率的で経済的。システムがコンパクトなので狭い山間の道路でもアクセスが可能。吸引部は濁らない。圧送中に洗浄効果を発揮。</p> <p>■課題</p> <p>吸引能力を大きくすることと適用水深を深くすること。</p>	
土砂輸送工	<p>エジェクター工法を利用して土砂を輸送するシステム。</p> <p>最大直径 150mm の砂礫を 1km 以上輸送できる。</p> <p>600m の距離で郵送能力は 50m³/h (15cm 砂礫)。</p>	<p>土砂を輸送するシステム。土砂を直接特殊エジェクターに投入して輸送することができる。圧縮空気を利用することでスラグ流 (Slag Flow) という流れの状態にする。これにより、水、空気、土砂の 3 層流において最適効率で土砂を輸送する。</p> <p>スラグ流とは、気体部分と液体部分が交互に存在する流れのこと。流速の方向や強さが一様でなく、速い流れの部分を利用して重い礫を輸送することができる。</p>	

■技術の概要（実証実験の技術）

矢作ダム管理所（国土交通省中部地方整備局）が排砂工法の一つの手法として実証実験を公募し、「サイフォンによる移動式排砂工法」（㈱大林組・㈱ダムドレ共同研究）で共同実験を行った。実験設備は、矢作ダム貯水池内の既設貯砂ダムを利用して半川締切で設置し、実験は実機レベルのφ600大口径排砂管（延長L=47.0m）を使って、水位差4.5mで実施した。



実験内容

実験ケース	吸引対象土砂	バルブ開度	実験目的
ケース①	現況河床堆積土砂	100%	・現況河床堆積土砂を吸引した時の吸引特性調査 ・補助掘削機の有無による影響確認
ケース②	採取土砂	100%	・採取土砂を吸引した時の吸引特性調査 ・補助掘削機の有無による影響確認
ケース③	採取土砂	100%	・オペレーションによる最適排砂濃度の確認 ・排砂濃度の違いによる吸引特性調査
ケース④	採取土砂	50,75,100%	・管内流速を変化させたときの吸引特性調査
ケース⑤	採取土砂(塵芥混入)	100%	・塵芥を混入させたときの吸引特性調査

吸引状況の計測は、圧力センサー（8箇所）、超音波流量計（1箇所）、γ線密度計（1箇所）、圧力式水位計（1箇所）のほか、オペレーション観測用に補助掘削機油圧センサー、回転計および先端部深度計を設置した。

また、管内排砂状況観測のため、アクリル管を2箇所配置し、目視観測した。



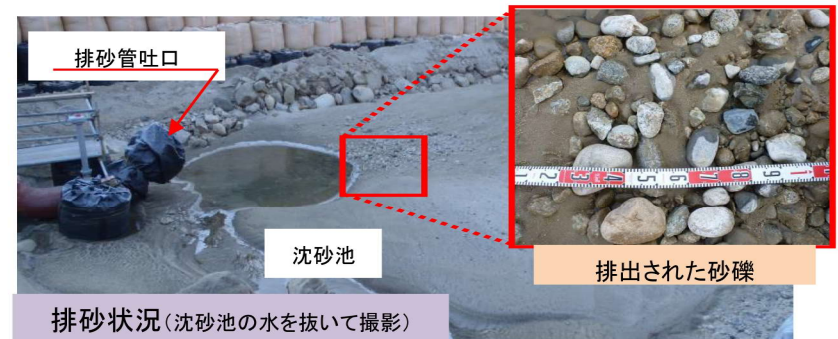
実験設備全景



掘削状況（貯水池の水を抜いて撮影）



排出された沈木



排砂状況（沈砂池の水を抜いて撮影）

④ 更新

貯水池堆砂の排砂技術

移動式排砂工法

工 種	要素技術	特徴と課題	備 考
<p>排砂・掘削</p>	<p>サイフォンによる移動式吸引工法</p> <p>上流貯水池と排砂管下流端との水位差により、サイフォン原理を利用して貯水池内の土砂を水とともに吸引し、下流に排出するものであり、化石燃料等をほとんど使用しない工法である。</p> <p style="text-align: center;">サイフォン起動設備</p> <p>移動式とは、吸引部を装備した台船の水平移動と吸引部の上下移動で、任意の位置での作業を可能にするものである。</p> <p style="text-align: center;">台船設備</p>	<p>■試験結果</p> <p>①試験結果は、現在整理中であるが、今回の実験条件（水位差他）では、以下の結果が得られている。</p> <div style="border: 1px solid blue; padding: 5px;"> <p>管内流速 3.8m/s 排砂土砂濃度 2.7%で排砂。濃度 4.3%で管内堆砂の傾向 礫径 最大長径 30cm、短径 12cmは吸引・排出 沈木 85cm以下は吸引・排出（補助動力で砕けて小さくなっている）</p> </div> <p>②管内堆砂が発生すると、管内流速が低下し、急速に堆砂が発達して吸引効率を低下させる。</p> <p>③管内堆砂が極端に進行しても、完全に閉塞することなく、吸引部を引き上げる（水だけ吸わせる：管内フラッシュ）ことで、吸引機能を回復することができた。</p> <p>④掘削深さが増すにつれて、吸引できない礫が円錐形の底部に集まり、吸引効率を低下させる要因となった。今回の実験ではヤードの大きさに制約があり、横方向の移動ができなかったが、移動式の利点である吸引部の移動で、礫の集中は回避することができる。</p> <p>⑤掘削深度が増すと、斜面からの崩落土砂量の増大による管内濃度の上昇が起こり、管内堆砂を助長した。</p> <p>■実用化に向けた課題</p> <p>効率的な排砂には、管内堆砂を生じない「最適な排砂濃度」の維持が必要。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・管内濃度、流速などの計測精度の向上 ・計測値を基にした吸引部の位置移動等のオペレーション技術の確立 ・堆積土砂の特性に応じた1ステップの最適な掘削深度および吸引部の移動速度の把握。 	<p>各ダムの堆砂状況に応じた、移動式吸引工法の活用のための検討が必要。</p> <p>コンクリートダム堤体の排砂ルートや排砂トンネルとの併用などが考えられる。</p>
	<p>補助動力による掘削</p> <p>吸引口先端に補助掘削機（サイドカッター）を取付け、土砂を切り崩しながら吸引する。</p> <p style="text-align: center;">補助掘削機</p>	<p>■試験結果</p> <p>①補助掘削機作動の場合と作動させない場合では、作動させた方が吸引効率は向上する。</p> <p>②埋木等が存在する場合でも、補助掘削機で弾かれ、また、柔らかいものは破碎されて小さくなって排出された。</p> <p>③排砂面形状は整った円錐形で、斜面の勾配もほぼ一定となった。</p> <p>■課 題</p> <p>①効率的な排砂には補助掘削機が有効であるため、貯水池内堆積土砂の特性に合わせた補助掘削機構の検討が必要。</p> <p>②最適排砂濃度を維持するため、補助掘削機の回転数と排砂濃度の関係をオペレーションにフィードバックすることが必要。</p>	

■技術の概要

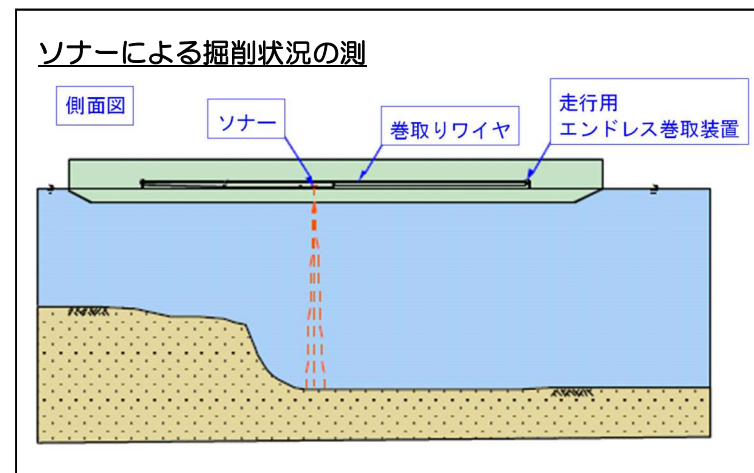
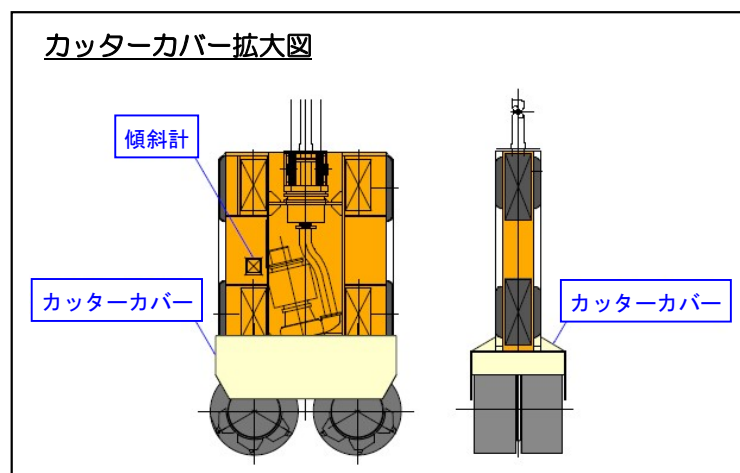
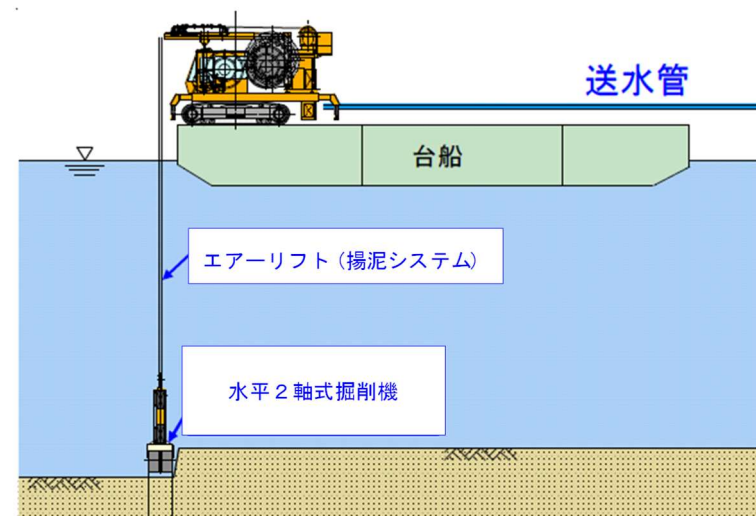
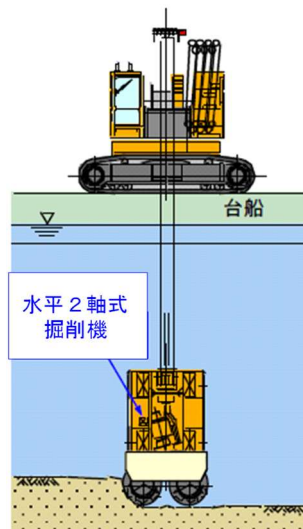
貯水池水深 30m 程度が限界である浚渫工事を、最大 75m まで可能にする工法。これまで排砂することのできなかつたダム貯水池における大深度部の堆積土砂を除去する。

(特長・効果)

1. 大深度での浚渫作業が可能
2. 沈木や玉石を含む硬質な堆積地盤にも対応可能
3. 環境にやさしい工法（貯水池の濁り発生の防止）
4. 掘削機に取り付けている鋼製のカッターカバーにより浚渫土砂を効率よく揚土
5. GPS 搭載による掘削位置の正確な把握
6. ソナー搭載により貯水池底部地形の測定が可能

(主な用途)

- ・すべてのダム湖や海洋で適用可能
- ・特に大深度での堆積土砂の除去に適する
- ・ポンプ船や吸引工法で浚渫できない沈木、玉石、および硬質地盤に適する



大深度貯水池浚渫排砂工法

浚渫排砂

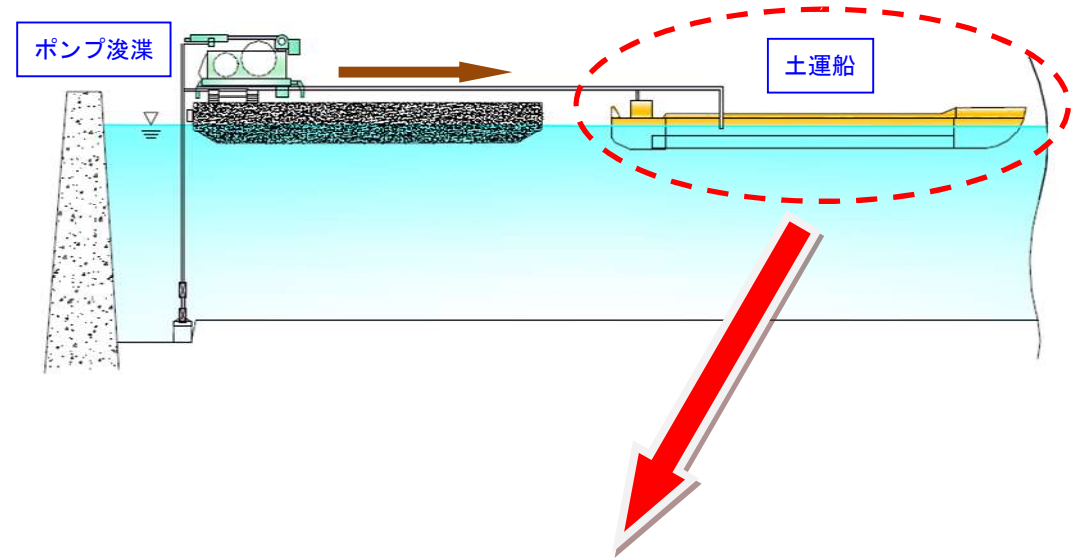
工種	要素技術	特徴と課題	備考														
浚渫工	<p>深い貯水池における浚渫工法</p> <p>台船上から操作する水中掘削機により浚渫した土砂をエアリフトで揚土することにより、これまで排砂することのできなかつたダム貯水池における大深度部の堆積土砂まで除去できる。</p>	<p>■特徴</p> <ul style="list-style-type: none"> ・大深度での浚渫作業が可能 ・台船からワイヤーで吊り下げた水中掘削機で浚渫し、エアリフトで揚土するため、バケットアームの長さに限度のあるバケット船等と比較して大深度（最大 75m）での浚渫作業が可能である。 ・沈木や玉石を含む硬質な堆積地盤にも対応可能 ・水中掘削機に水平 2 軸式カッターを使用することで、硬質地盤でも容易に掘削できる。 ・ポンプ船や吸引工法での浚渫では対応できなかった沈木や玉石を含むあらゆる堆積物を細かく砕き排出できる。 <p>掘削機の適用地質</p> <table border="1" data-bbox="855 722 1671 802"> <thead> <tr> <th>粘性土</th> <th>中位砂</th> <th>密な砂</th> <th>礫>150mm</th> <th>礫<150mm</th> <th>泥岩・軟岩</th> <th>硬岩</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>○</td> <td>◎</td> <td>◎</td> <td>△</td> <td>○</td> <td>◎</td> <td>○</td> </tr> </tbody> </table> <ul style="list-style-type: none"> ・環境にやさしい工法 ・掘削機を水中に沈めたままの連続作業であるため、1 サイクルごとにバケットを上下させるバケット船と異なり、浚渫による貯水池の濁りを発生させない。 ・GPS 搭載による掘削位置の正確把握 ・容易に、また確実に計画位置での施工ができる。 ・ソナー搭載により貯水池底部地形の測定が可能 ・掘削前の堆砂性状の把握と、掘削後の出来形の確認を正確に行うことができる。 ・掘削機に取り付けている鋼製カバーにより浚渫土を効率よく揚土 ・泥土を吸込むポンプ横からの水の吸込みを制限することで、浚渫土砂を効率よく揚土できる。 <p>■課題</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ダム貯水池への適用による実証。 	粘性土	中位砂	密な砂	礫>150mm	礫<150mm	泥岩・軟岩	硬岩	○	◎	◎	△	○	◎	○	<ul style="list-style-type: none"> ・ダム貯水池で、流木、木切れ、ゴミ等の障害物があっても適用できる。 ・当社連続地中壁での実績 ・中之島新線 北浜建設工事 ・京葉線 東京地下駅工事 ・大阪駅 新北ビル工事 他多数 ・特許第 5359070 号
粘性土	中位砂	密な砂	礫>150mm	礫<150mm	泥岩・軟岩	硬岩											
○	◎	◎	△	○	◎	○											

■技術の概要

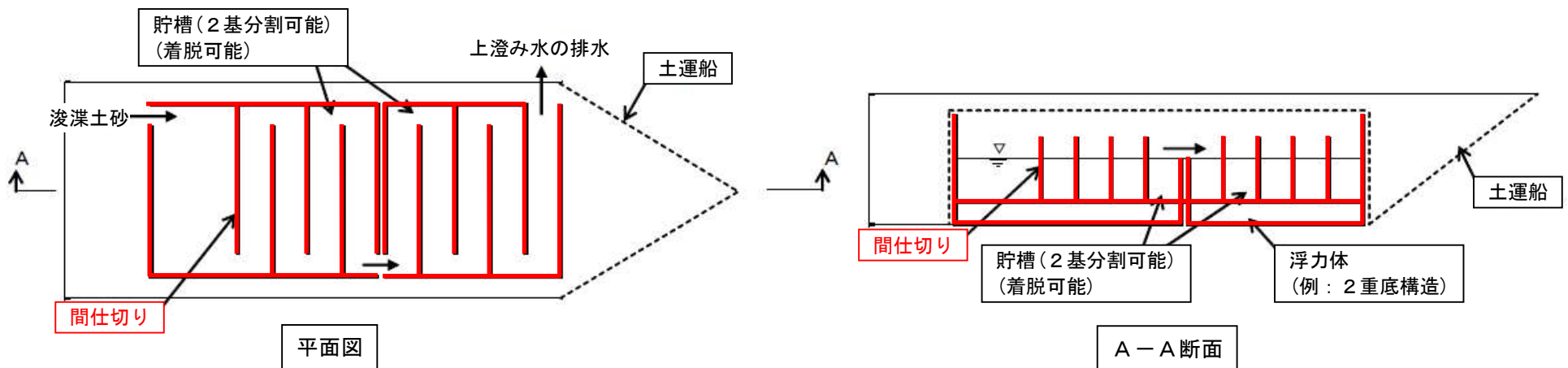
水底からの浚渫土砂の分級を、土運船で運搬する際に船内で行う工法。船の貯槽内を間仕切りし、浚渫土砂が間仕切り内を流動する際の土粒子の沈降速度の違いを利用することで、分級作業の効率化が可能。

(特長・効果)

1. 土運船での運搬過程での浚渫土砂の分級が可能
2. 陸上での分級施設が不要
3. 細粒分の回収により建設資材への有効利用が可能



土運船 貯槽内間仕切り



土運船を利用した浚渫土砂の分級

浚渫土砂分級

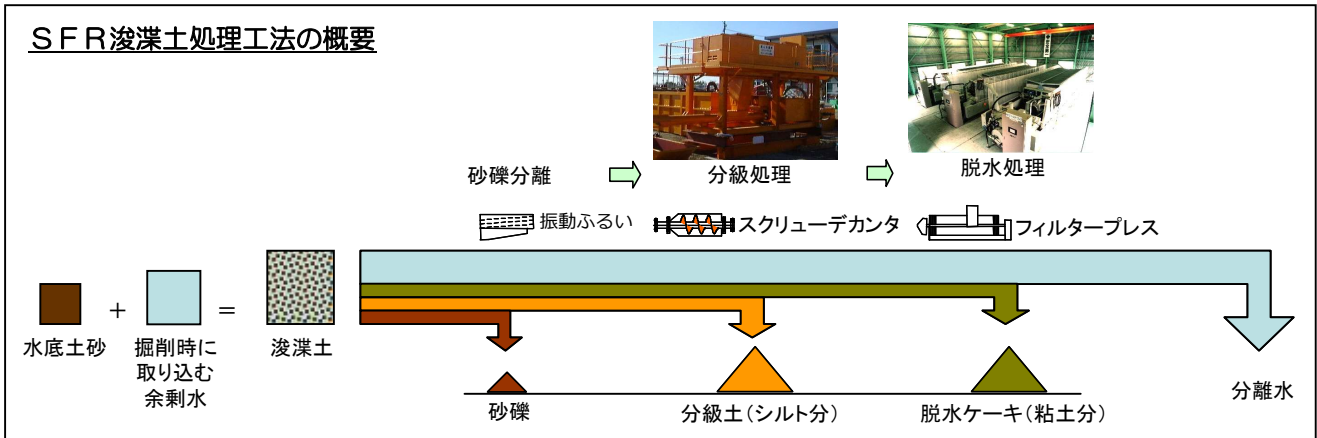
工種	要素技術	特徴と課題	備考
浚渫土砂の分級	<p>ポンプ浚渫土砂の土運船内での分級工法</p> <p>浚渫土砂を建設材料へ再利用するための砂分の分級を、土運船での運搬時に船内で効率的に行うことが可能な工法。</p>	<p>■特徴</p> <ul style="list-style-type: none"> 土運船での運搬過程での浚渫土砂の分級が可能 浚渫土砂の分級を土運船内で運搬しながら行うため、分級が終了するまでの時間短縮が可能。また、分級に自然沈降方式を用いるため、設備構築が安価。 陸上での分級施設が不要 土運船内で分級するため、陸上に沈砂池や分級設備等の大掛かりな設備設置が不要となり、工事費全体のコスト削減が可能。 細粒分の回収が可能 土運船または貯槽のみの連結による簡易な設備の拡大で、堆積土砂の流動時間を長くし、沈降に時間を要する細粒分の回収も可能。 <p>■課題</p> <ul style="list-style-type: none"> 現場への適用に向けて検討中である。 	<ul style="list-style-type: none"> 特許出願中

■技術の概要

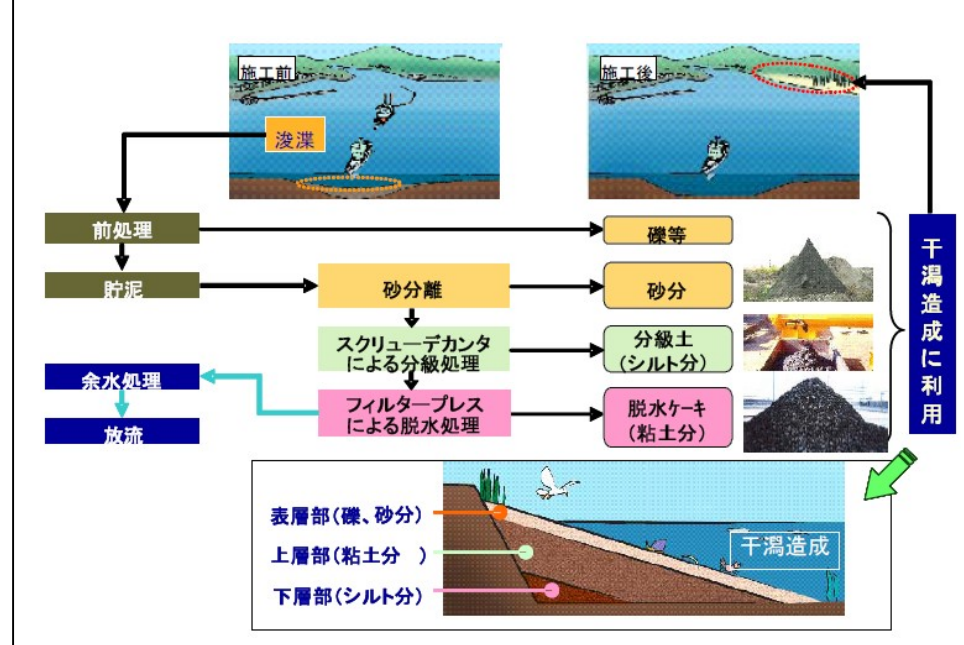
浚渫土の減容化において、フィルタープレスによる脱水処理の前段で、スクリュージェカントによりシルト分を分級し、粘土分の多い泥水のみを脱水することにより、減容化率を向上し、コスト削減を図る。

(特長・効果)

1. 浚渫土の減容化率の向上
2. 処理時間の短縮
3. 処理コストの削減



SFR浚渫土処理工法を用いた干潟造成事例の施工フロー



(主な用途)

- ・ 処分地が狭いため、泥土を減容化したいケース
- ・ 泥土の減容化を短時間に行い、盛土材や、干潟・湿地の造成材料として早期に有効利用したいケース
- ・ 泥土を減容化したいが、処理ヤードが狭いため、短時間で処理して連続的に処分地に搬出したいケース
- ・ 泥土の発生場所と処分地が遠く離れており、途中陸送運搬等が必要なため泥土を減容化したいケース等

スクリュージェカントによる分級処理土



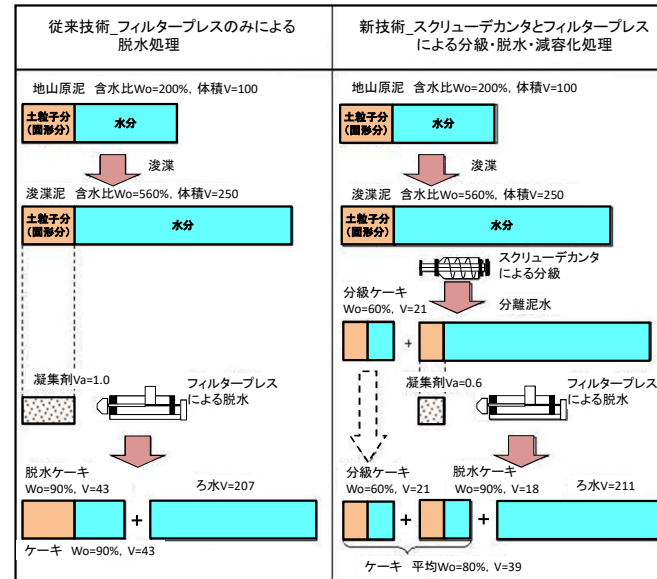
フィルタープレスによる脱水ケーキ



浚渫土減容化

工種	要素技術	特徴と課題	備考
浚渫土処理	<p>SFR浚渫土処理工法</p> <p>浚渫土の処理用地や処分地の不足は慢性的な課題であり、特に細粒分を多く含む浚渫土はそのままでは埋立てできないため、減容化・強度増加が常に求められている。</p> <p>本工法は、フィルタープレスによる脱水処理の前段に遠心力を利用するスクリーデカンタを配備して、シルト分を分級（分離回収）し、粘土分の多い泥水のみをフィルタープレスにより処理することで、一層の減容化、コスト削減を図る。</p>	<p>■特徴</p> <ul style="list-style-type: none"> 浚渫土の減容化率の向上 <p>スクリーデカンタにより分級したシルト分の含水比はフィルタープレスによる脱水ケーキよりも低い為、浚渫土全てをフィルタープレスのみで脱水処理した場合に比べ、減容化率が向上する。</p> 処理時間の短縮 <p>スクリーデカンタにより分級した後の粘土分を多く含む泥水のみをフィルタープレスで処理するため、クリティカルとなるフィルタープレス処理の対象土量を減量でき、処理時間を短縮できる。</p> 処理コストの削減 <p>スクリーデカンタは、フィルタープレスよりも専有面積あたりの処理能力が大きく、設備費用も安価である。よって、フィルタープレスが複数台必要な大規模工事の場合、スクリーデカンタを組み合わせることで、処理設備の設置面積および費用を削減できる。</p> <p>フィルタープレスによる処理では凝集剤を使用するが、粘土分を多く含む泥水のみをフィルタープレスで脱水処理するため、凝集剤の使用量および費用を削減できる。</p> <p>■課題</p> <ul style="list-style-type: none"> スクリーデカンタにより分級したシルト分は強度が小さいため、干潟等の造成材料には利用できるが、より大きい強度が要求される場合は固化処理の併用が必要となる。 	<ul style="list-style-type: none"> ダム湖浚渫土処理に適用できる。また、堆砂性状により分級されるため、堆砂の有効利用にも効果がある。 当社実績 <ul style="list-style-type: none"> 特許 2836346 特許 2850772 中国四国農政局 児島湖底泥浚渫処理工事にて試験工事を実施

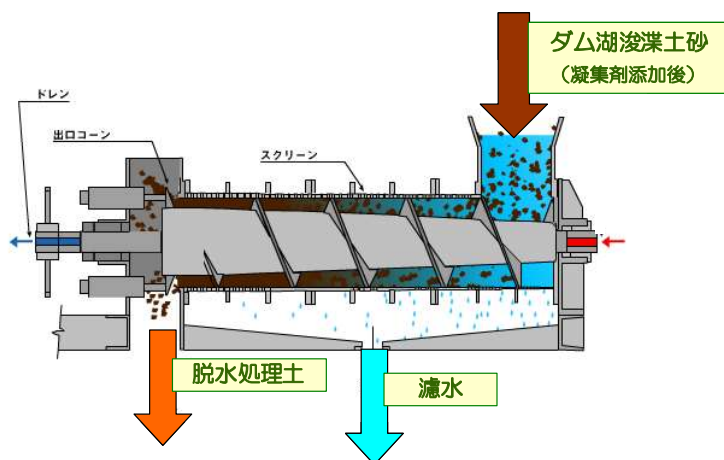
従来技術と新技術との比較



■技術の概要 工事例:黒岳沢川1号堰堤除石工事(北海道開発局)

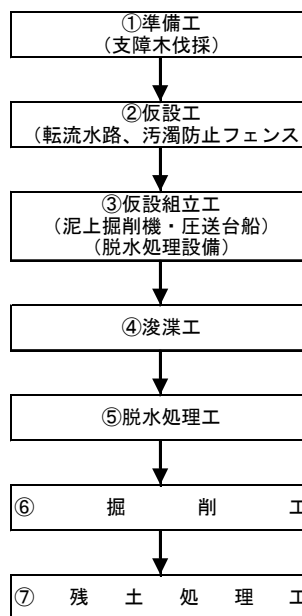
本技術はスクリープレス機、コーン指数自動制御システムなどを用いることにより、従来の脱水処理技術に比べ「設置スペースの縮小化」、「連続的な処理による省力化・低コスト化」、「脱水処理土の品質向上・減容化」を実現した軟弱土（スラリー）の脱水処理システムである。ダム湖堆積土処理のほか、各建設分野の軟弱土及び建設汚泥処理に適用が可能である

工事名称	石狩川砂防事業のうち黒岳沢川第一号ダム除石工事
工事場所	北海道上川郡上川町層雲峡地内
工期	2007年7月24日～2008年3月4日（約7.5ヶ月）
発注者	国土交通省 北海道開発局 旭川開発建設部
施工者	(株)奥村組



スクリープレスのイメージ（横型スクリープ®）

施工フロー

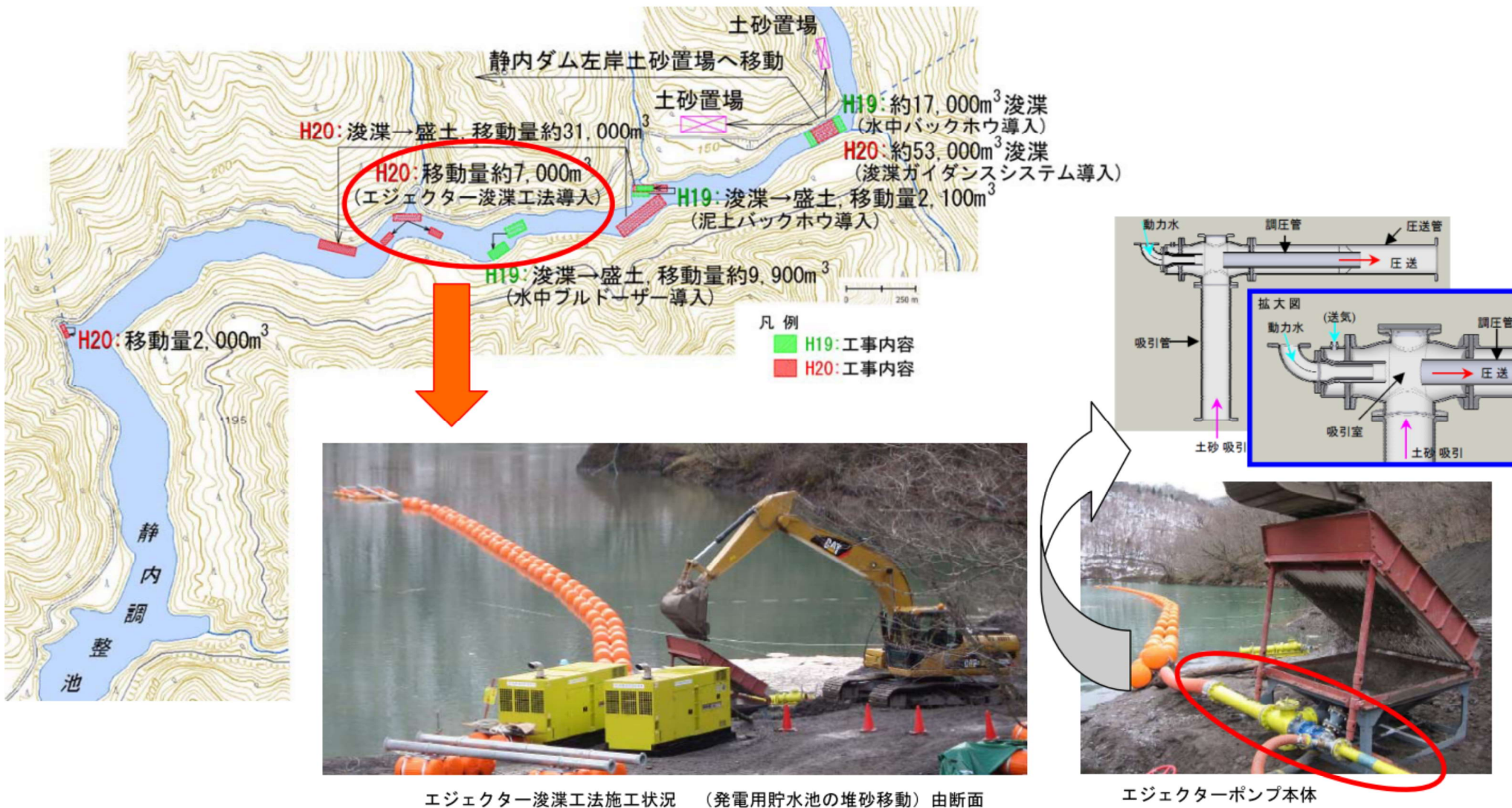


スラリー連続脱水

工種	要素技術	特徴と課題	備考
浚渫土の処理	<p>スラリー連続脱水処理システム</p> <p>浚渫土（スラリー）を連続的にスクリープレスで脱水できる処理方法。</p>	<p>■特徴</p> <ul style="list-style-type: none"> ・設置スペースの縮小化への対応、処理土の品質確保、省力化、処理コストの低減を実現 ・フィルタープレス機に比べ、横型で20%、縦型で30%の省面積化を実現 ・サイクル運転となるフィルタープレス機に比べ、連続運転による工期短縮とコスト縮減が可能 ・出口開口量とスクリー回転数の制御により、脱水ケーキの強度制御と減容化を実現 ・脱水ケーキの減容化に伴い、ダンプトラック運搬台数を低減し、CO₂排出量を削減 ・同規模のフィルタープレス機に比べ、使用電力量が45%低下し、CO₂排出量を削減 <div data-bbox="920 762 1512 1225" style="text-align: center;"> </div> <p>■課題</p> <ul style="list-style-type: none"> ・添加凝集剤の使用量の縮減 ・脱水処理土保管場所を含めた降雨対策の効率化 	<ul style="list-style-type: none"> ・シールドトンネル工事で発生する掘削土の改質にも適用が可能

■工事の概要（発注者：北海道電力株式会社）

水力発電所の揚水機能の回復を目的として、下池である静内発電所調整池への流入堆積土砂を浚渫する工事である。総浚渫土量 122 千 m^3 のうち 7 千 m^3 を湖岸に一次仮置きし、エジェクター浚渫工法により貯水池内死水容量内に移動した。



特殊技術

1. ダム貯水池浚渫

工種	要素技術	特徴と課題	備考
堆砂移動	エジェクター浚渫工法	<p>■特徴</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 高圧の動力水をノズルで噴射する際に発生する負圧により、浚渫土を吸引、動力水でそのまま圧送するシステムである。 ・ 専用のエンジンポンプで高圧水を発生させ吸引と圧送を一つの装置で同時に行うことが出来る。 ・ こぶし大までの土砂、礫の圧送が可能。 ・ エジェクターポンプ内部に機械的可動部がなく故障の可能性が少ない。 ・ 装置の構成が簡易で可搬性に優れる。 <p>■課題</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ こぶし大以上の礫は搬送困難。また長さ 10 cm 以上の木片等が混入するとエジェクターポンプ内で目詰まりを起こす可能性が高い。そのため土砂投入ホッパーの上に簡易なグリズリー形式の除去設備を設ける必要がある。 ・ 長距離を運搬するには中継ポンプが必要となる。 	

ダム貯水池内の堆積土砂を下流地点との水位差により排出 《マルチホールサクシオン (MHS) 排砂管工法》 【五洋建設株式会社】

■ 技術の概要

◎ ダムの貯水位と下流放流地点の水位差を利用してパイプにより堆積土砂をダム下流側に排出

- ・ MHS 排砂管工法は、ダム貯水池内の堆積土砂の排除方法の内の「水圧吸引土砂排除システム (HSRS)」に分類されます。
- ・ ダム貯水位と下流地点の水位差による「自然営力」を利用して、貯水池内の堆積土砂をパイプによりダム下流へ排出します。

■ 技術の特徴

1) 水圧吸引土砂排除システム (HSRS) の特徴

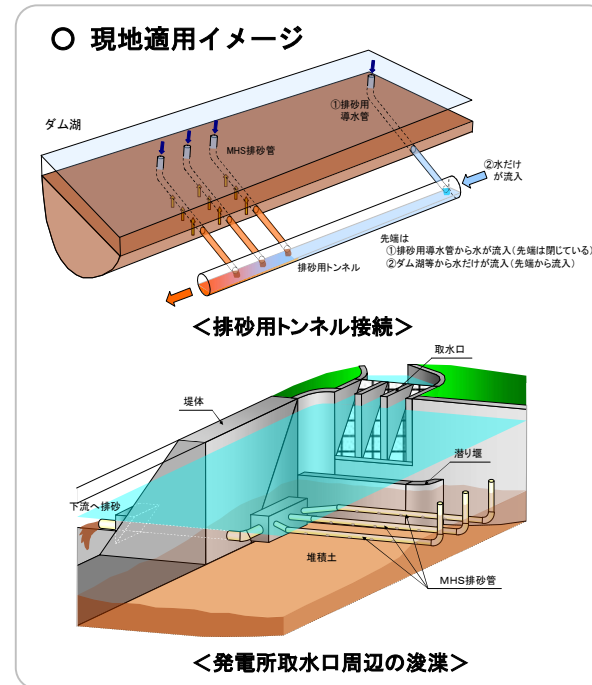
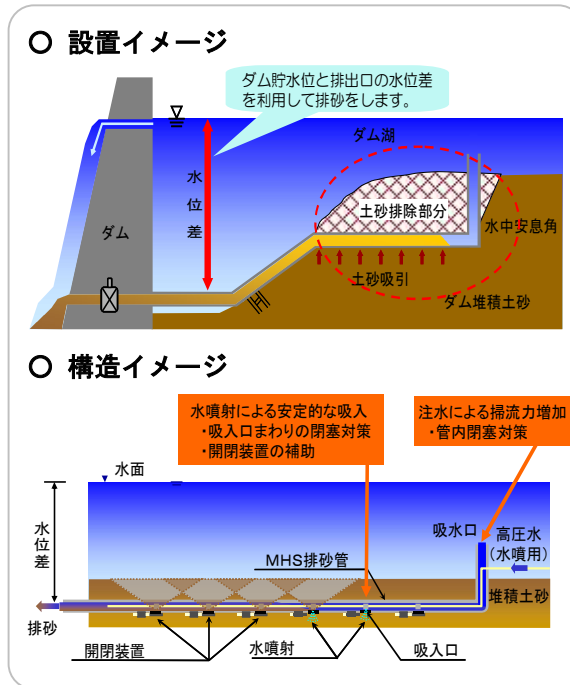
- ・ 構造が単純で、安価な施設で排砂することが可能
- ・ 水位差エネルギー (自然営力) の利用
- ・ 土砂の下流への直接排出による土砂処分地の解消
- ・ 上流の給水口による管内掃流力の向上 (管閉塞の防止)
- ・ 砂質土およびシルト質土に適用が可能

2) MHS 排砂管工法による追加的な特徴

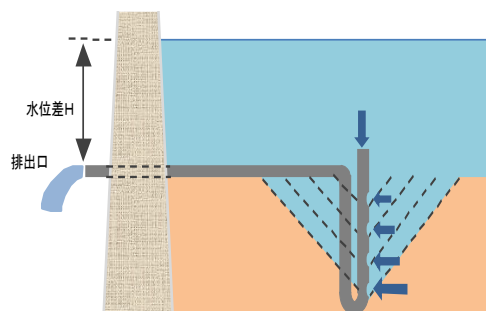
- ・ 排砂管外周への高圧水噴射による土砂吸入の促進
- ・ 開閉制御装置による土砂排除範囲の拡大

■ 技術の適用拡大に際しての課題

- ・ 粘性土の吸引方法の確立⇒(対策) 吸引口の改良/鉛直配置
- ・ 流木等による吸引口の閉塞防止など⇒(対策) スクリーン設置等



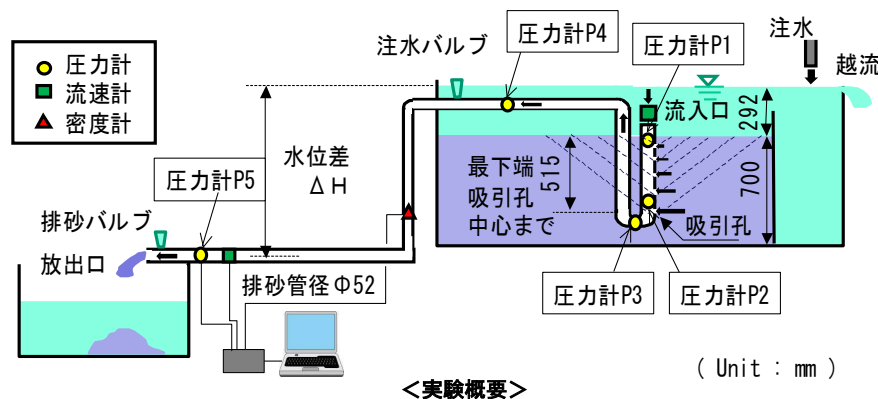
○ 鉛直型への改良【縦型 MHS 工法】



鉛直型の特長

- ・ 吸引土厚のスライス (高土厚対応)
- ・ 施工維持管理効率化 (埋設範囲縮小)

【縦型 MHS 工法の構造イメージ】



【小規模室内実験 (H23)】



＜実験水槽＞



＜吸引後の地形＞

【中規模室内実験 (H24)】

マルチホールサクシオン (MHS) 排砂管工法

浚渫

工種	要素技術	特徴と課題	備考
ダム浚渫 (排砂)	<p>マルチホールサクシオン (MHS) 排砂管工法</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ダムの貯水位と下流放流地点の水位差を利用して、貯水池内から堆積土砂を、吸引部を堆積土砂内に埋設した管路により、ダム下流側に排出する工法 ・水位差を利用してダム堆積土砂を排除する工法を総称して水圧吸引土砂排除システム (Hydrosuction Sediment Removal Systems ; HSRS) と呼び、移動式と固定式があり、当該工法は固定式に該当 	<p>■特徴</p> <ul style="list-style-type: none"> ・構造が単純で、安価な施設で排砂することが可能である。 ・従来の水圧吸引土砂排除システムと比較して、排砂管外周への高圧水を噴射することにより土砂吸入の促進が図られる。 ・堆積土砂を下流への直接排出できるため、従来必要であった土砂処分地の確保の必要がない ・通常の浚渫船による作業と比較して、ダム湖面上での船舶による作業がないため、洪水等の影響が小さく安全性が高い。 <p>■課題</p> <p><u>粘性の高い土砂に対する吸引方法の確立</u> ⇒ 縦型 MHS 工法</p> <ul style="list-style-type: none"> ・吸引対象土厚 1 m 程度の現地スケール実験結果あり。ただし 5 m 土厚の現地試験では吸引が不調に終わった。 ・吸引対象土砂に対して、吸引対象土厚が大きくなると、また粘性が高くなると土砂が自立 (アーチアクション等の影響) して崩壊せず吸引が進行しない。前者に対しては、吸引管を縦に埋設し吸引口を鉛直配置することにより対応できるように改良検討中である。 <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p><実験水槽></p> </div> <div style="text-align: center;">  <p><吸引後の地形></p> </div> </div> <p>【H24 鉛直型の中規模室内実験】</p> <p><u>障害物 (流木等) による吸引口の閉塞防止対策</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ダム堆積土砂内に含まれる流木、木切れ、葉、ゴミ等の障害物が吸引口に集積されると吸引が不能になる可能性が高い。この対策としては事前にスクリーン等で吸引口まで障害物が到達しないようにする等の工夫が必要であるが、スクリーンに蓄積された障害物を除去する必要もあり、現在、最適対応方法について検討中である。 ・上記の障害物除去の他に、管内流下土砂による摩耗などのため管材や吸引装置の更新が必要であるが、堆積土砂中であることやダム湖の水位低下ができない環境での作業になる可能性もある。加えて、まだ現地に長期設置した実績がなく、更新期間、更新方法等について検討中である。 	<p>・開発は一般社団法人ダム水源地土砂対策技術研究会と財団法人ダム水源地環境整備センターとの共同研究による。</p> <p>◆ 現地排砂実験状況</p> <div style="text-align: center;">  <p>【H16 美和実験①】</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>【H16 美和実験②】</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>【H21 公募実証実験】</p> </div>

■技術の概要

◎ダム内に堆積している**障害物を含んだ土砂**を確実に除去し、**遠方の目的地に搬送**

- ・本工法はバケットを使用した浚渫した土砂を浚渫ポンプとブースターポンプによって長距離搬送を可能とした浚渫工法です。
- ・ダム堆砂土砂浚渫で問題になりやすい土砂内の障害物を確実に迅速に除去し、大容量の土砂を短時間で浚渫ができます。

■技術の特徴

1) 油圧Grabバケットの使用

- ・ダム堆砂特有の沈木・木根・転石・腐植物などが多量に含まれる土質に対して、大きな掘削力を保有

2) 障害物処理は3段階で選別

第一段階：油圧バケットから放出された掘削土砂に含まれた大きな障害物は、ホッパースクリーンで選別

第二段階：ホッパースクリーンを通過した掘削土は、カッターストレーナーに取り付けられたスクリーンで再選別

第三段階：カッターストレーナーに吸入された木根は、ポンプカッターにより切断し、土砂とともにスラリー輸送

3) 分割可搬式

- ・浚渫設備は分割可搬式構造を採用
- ・林道などの道路状況に応じて、トラック運搬が可能
- ・設備の組立は陸上クレーンで行い、すべてボルト接合

■技術の用途

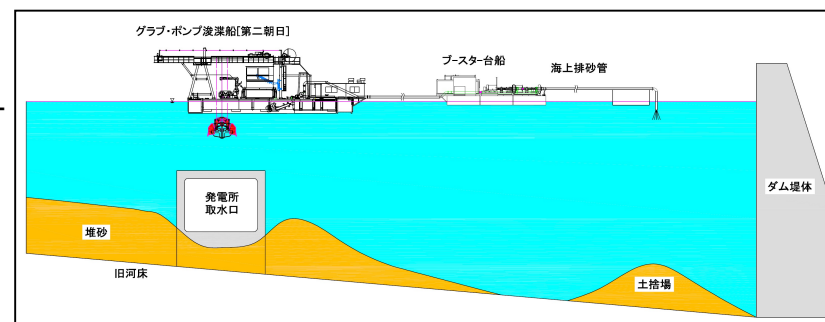
★ダム湖の維持浚渫など



Grabポンプ浚渫船「第二朝日」



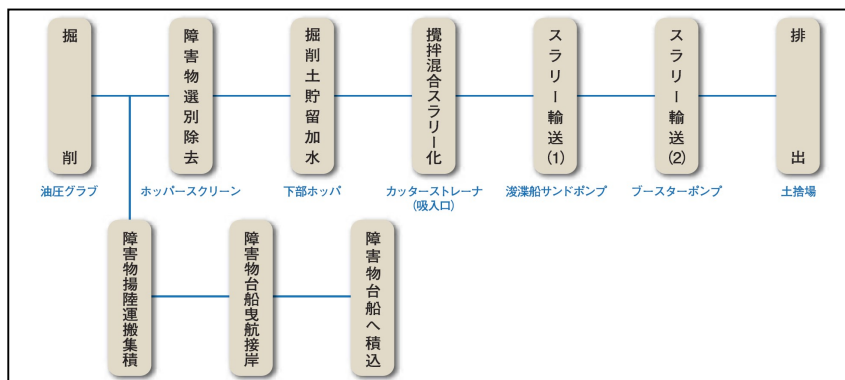
油圧Grabバケット



システム設備

名称	主な使用	単位	数量
浚渫船	油圧Grab 5.5 m ³ (14.5t)	隻	1
	サンドポンプ 240kW×1基		
ブースター台船	サンドポンプ 300kW×2基	隻	1
スラリーライン	水上管 φ300×6,000L	m	2400
	フロータ 6,000L		
	ゴムスリーブ φ300×900L		
障害物台船	20t積	隻	2
揚鏟船	D70PS 0.9t吊	〃	1
工事用電力設備	15PS	〃	1
交通測量船	4t積 2.9t吊	台	1
クレーン付きトラック	3φ-A C400V・700kVA-50Hz	〃	2
工事用発電設備	3φ-A C6kV / AC3kV・1,500kVA-50Hz	式	1



システム主要諸元



システムフロー

グラブ・ポンプドレッチャー工法

浚渫

工種	要素技術	特徴と課題	備考
<p>ダム浚渫</p>	<p>グラブポンプ・ドレッチャー工法</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本工法はバケットを使用した浚渫した土砂を浚渫ポンプとブースターポンプによって長距離搬送を可能とした浚渫工法 ・ダム堆砂土砂浚渫で問題になりやすい土砂内の障害物を確実に除去し、大容量の土砂を短時間で浚渫が可能 	<p>■特徴</p> <ul style="list-style-type: none"> ・油圧グラブバケットを装備しており、ダム堆砂特有の沈木・木根・転石・腐植物などが多量に含まれる土質に対して、大きな掘削力を保有 ・障害物は3段階で処理 <p>第一段階： 油圧バケットから放出された掘削土砂に含まれた大きな障害物は、ホッパースクリーンで選別</p> <p>第二段階： ホッパースクリーンを通過した掘削土は、カッターストレーナーに取り付けられたスクリーンで再選別</p> <p>第三段階： カッターストレーナーに吸入された木根は、ポンプカッターにより切断し、土砂とともにスラリー輸送</p> <ul style="list-style-type: none"> ・浚渫設備は分割可搬式構造を採用 ・林道などの道路状況に応じて、トラック運搬が可能 ・設備の組立は陸上クレーンで行い、すべてボルト接合 <p>■課題</p> <ul style="list-style-type: none"> ・組立・解体（越冬対策時）にそれぞれ約1ヶ月の時間を要する ・本システムは発電設備を装備していないため、陸上に高圧受電設備が必要 ・数多くの自動制御システムを搭載しているため、常時、高度な知識を持った作業員が必要 <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">   </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center; margin-top: 10px;"> 障害物選別状況 設備組立状況 </div>	<p>施工実績（2016年現在）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ダム浚渫土量：160万m³以上

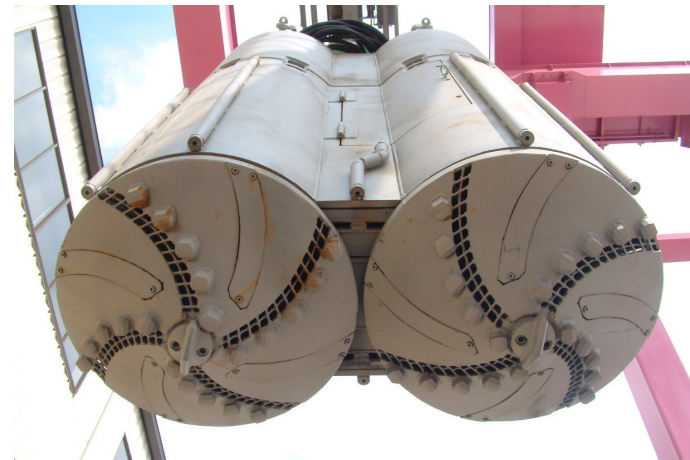
■技術の概要

レキや沈木等を含んだ堆砂を、クリーンで、効率的に浚渫する掘削機械を開発した。

掘削機全景



底部面板



○掘削機の特徴としては以下の機能を有する。

- ・ 処理水を閉鎖循環させるため濁水の発生を抑制できる。
- ・ 掘削機側面より、処理水をジェット噴射して、堆砂を緩めることにより、掘削効率を上げる。
- ・ 掘削中に大レキ等の障害物にあると吸い込まずに掘削箇所外に除去する。
- ・ 排砂時に濃度管理を行い、ポンプが閉塞しないように管理運転を行なう。
- ・ 面板のスリット形状により、所定の大きさ以上のレキ等を吸引しない。（-40mm程度以下の礫を吸引）
- ・ 配管・ポンプの詰りを防止するため、枝を吸込んだ場合には内蔵カッターにより細かく切断してポンプ内から排出する。

○堆砂の処理方法および掘削可能深度

- ・ ハイメッシュセパレータ、フィルタープレス等の機械により脱水処理、または、固化剤を混合して、盛立土・埋め戻し土等として有効利用する
- ・ 掘削した堆砂を河川敷きに仮置きし、洪水時に下流へ流す。
- ・ 掘削可能深度 3～50m

工種	要素技術	特徴と課題	備考
ダム堆砂浚渫工法	高深度水中での堆砂掘削	<p>1. 現状</p> <ul style="list-style-type: none"> ・現状のダム湛水池においての水中での堆砂処理は、巨礫や沈木、ゴミ等の雑物が多く、効率的な掘削・排砂ができないが、それを改良したシステム ・堆砂の大部分を占める 40 mm程度以下の砂礫掘削を対象とする。 ・実機モデルでの実績はないが、1/2 モデルでダム湖で実証試験を実施して、性能は確認済み。砂質が主体であればそのまま適応可能 ・ダムの堆砂や今回の東北地方太平洋沖地震で堆積した河川の土砂掘削に適用可能 <p>2. 工法・技術の特徴・有効性</p> <ul style="list-style-type: none"> ・掘削機の原理は、ポンプ浚渫の一種で、掘削機能を装備し堆積物を流体移送しながら、余剰濁水をリサイクルするシステム ・水深 3～50m で施工が可能 ・40 mm程度以下の砂礫を対象にして掘削する。 ・排砂濃度をコントロールすることで配管の詰まりを抑制する。 ・沈木の小枝等は、内蔵カッターにより切削してポンプ内から排出する。 ・余剰水は掘削箇所への噴出水として再利用するため、濁水の発生が少ない。 <p>3. 課題</p> <ul style="list-style-type: none"> ・掘削した堆砂には大量の水分を含むため、濁水処理は別途計画が必要 ・掘削土砂の処理方法は、現地条件により検討が必要 (骨材・盛土材等への有効利用、下流河川への放流他) ・掘削土砂の効率的な運搬方法の検討が必要 (ポンプ圧送、ダンプ運搬他) 	<ul style="list-style-type: none"> ・工事実績は無いが、高滝ダム、横山ダムで現地試験を実施して実証済み

5. Technologies to improve environments

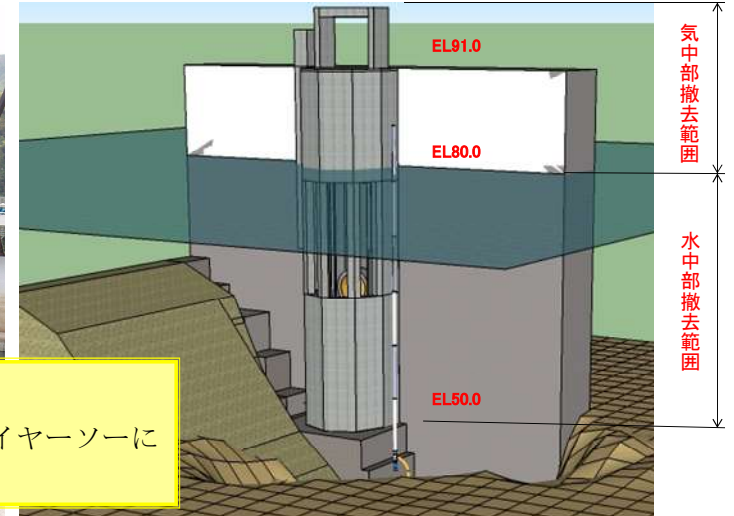
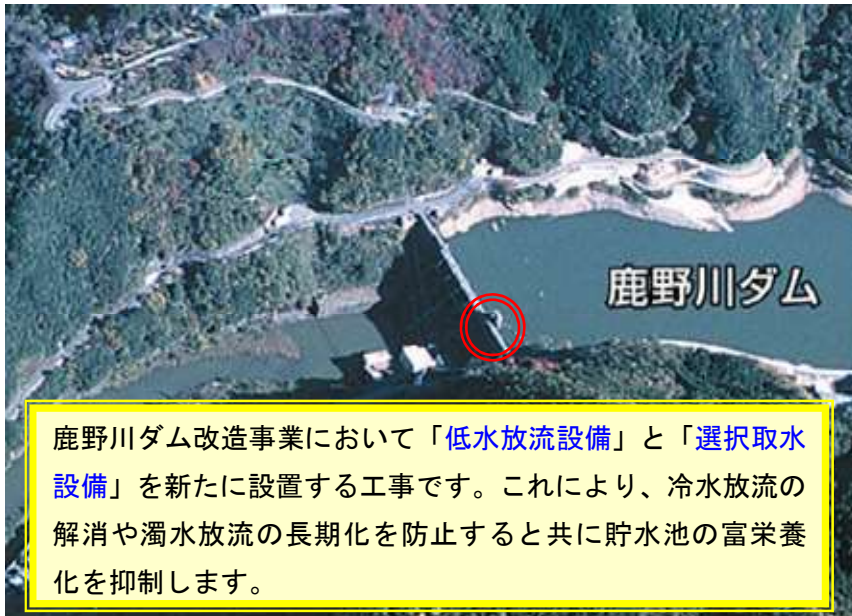
【 環境の向上技術 】

更新

水深下での取水塔コンクリート工事

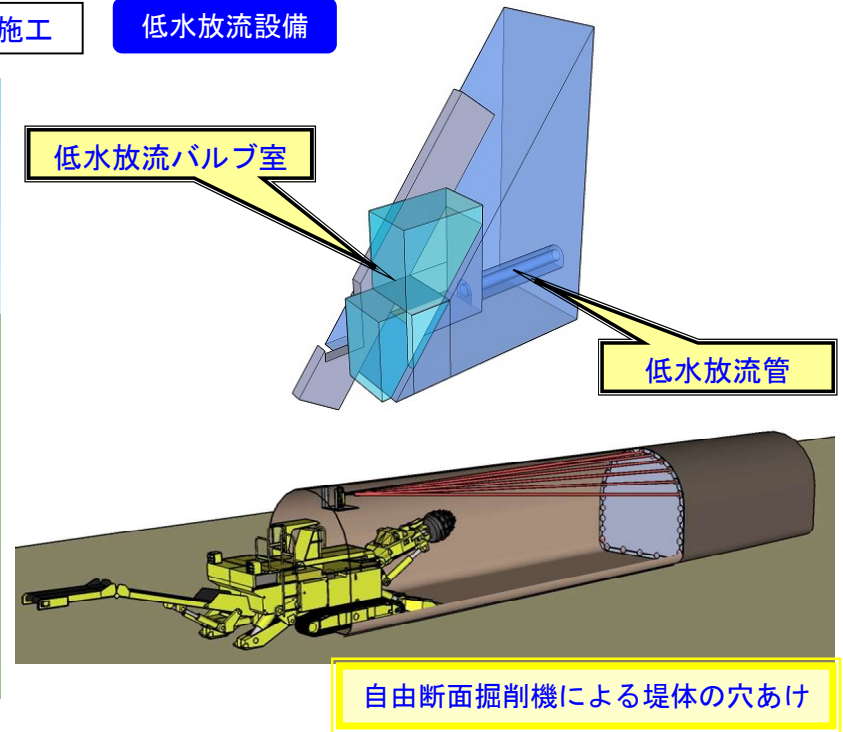
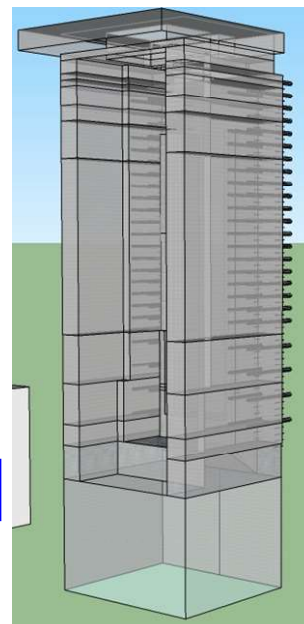
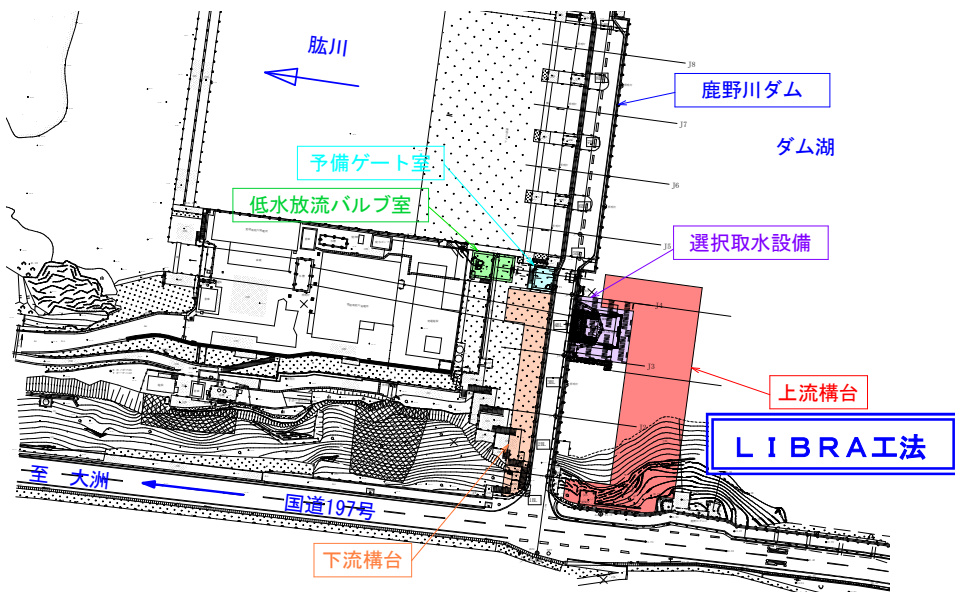
《工事例：鹿野川選択取水設備施設外新設工事》

【安藤ハザマ】



新設選択取水設備の水中施工

低水放流設備



更新

特殊技術

1.仮設構台設置

工種	要素技術	特徴と課題	備考
仮設構台設置	<p>LIBRA工法（プレスバンド先行設置）</p> <p>貯水池内におけるLIBRA工法において、杭建て込み降下時の気中においてプレスバンドを先行設置して杭の打設を行う。これにより、大水深下における潜水作業（取り付け位置の計測、プレスバンドの溶接による取り付け作業）を大幅に低減することが可能となる。</p>	<p>■現 状</p> <ul style="list-style-type: none"> 取水塔近傍の仮設構台の杭長は最大 60m 程度と非常に長い。 施工箇所での水深は 40m と非常に深い位置での施工となるため、大水深での水中施工となる。 プレス材の段数は最大 11 段（4m/1 段）であり、水中部の段数は最大 9 段（水深 36m）設置する必要がある。 貯水池内のため透明度が低く可視範囲は最大 1m 程度と非常に作業環境が悪い。 <p>以上より、水中部での水平材、プレス材の設置において、水中施工の安全性確保、施工効率の向上を図ることが非常に重要となる。</p> <p>■課 題</p> <ul style="list-style-type: none"> 支持地盤標高の確認（正確なプレスバンド設置位置の確認） 杭の打ち込み精度の確保 	<ul style="list-style-type: none"> 気中部でプレスバンドを溶接により取り付けるため、確実な設置が可能である。 特に、大水深部での水中作業を減らすことで工程の短縮が図られる。

2.コンクリート構造物撤去

工種	要素技術	特徴と課題	備考
既設取水塔撤去	<p>水中ワイヤーソー</p> <p>既設取水塔の撤去は、水中部においてワイヤーソーにより切断し 120t クローラクレーンにより撤去する。</p>	<p>■現 状</p> <ul style="list-style-type: none"> 既設取水塔（鉄筋コンクリート構造物）の撤去は、最大水深が 30m と大水深下での作業となる。。 濁水が発生させると、更に透明度が低下し作業環境を悪化させる恐れがある。 安全性、作業効率の向上のため潜水作業の低減が必要である。 <p>■課 題</p> <ul style="list-style-type: none"> ワイヤーソー作業時の水中部での安全確保 	<ul style="list-style-type: none"> コア削孔作業、ワイヤーソー切断作業における水中での錯綜、安全性の確保。（水中での視界不良）

3.取水塔構築

工種	要素技術	特徴と課題	備考
取水塔水中コンクリート	<p>水中不分離性コンクリート打設</p>	<p>■現 状</p> <ul style="list-style-type: none"> 取水塔は鉄筋コンクリート構造物であり、コンクリート中に鉄筋、固定用アンカー等の埋設物が存在する。 最大水深は 40m と非常に深い位置での施工となる。 潜水時間は 40 分/回程度であり、潜水士により水平打継部の平滑性（均し仕上）を確保することは困難である。 <p>■課 題</p> <ul style="list-style-type: none"> 水平打継部の付着確保 充填の確認方法 	<ul style="list-style-type: none"> 透明度が低いいため、潜水士による打設状況の確認方法。 打設能力の向上

脱水・固化処理技術は、酸化マグネシウム (MgO) を主成分としたマグネシウム系固化材を、濃縮処理された脱水前の浚渫土に直接添加・混合することで、脱水処理と固化処理を同一工程で行い、脱水ケーキを高品質化する極めて合理的かつ効率的な工法である。

本技術で作製された脱水処理土(脱水ケーキ)は、高品質なりサイクル材として幅広い用途への有効利用が可能。またマグネシウム系固化材は重金属等の不溶化剤でもあるため、浚渫土に重金属等の有害物質が含まれている場合には、汚染物質の不溶化処理も同時に可能となる。

■対象範囲

処理対象物：浚渫土、重金属汚染底質等、スラリー状で脱水処理が可能な性状のもの

対象工事：フィルタープレス等の機械式脱水機による脱水処理工事

◆均一な品質

・浚渫土と固化材の均一な混合が可能となり、脱水ケーキの品質にばらつきがほとんど生じない。

◆汚染物質の不溶化を同時処理

・浚渫土に重金属等の有害物質が含まれている場合、汚染物質の不溶化処理を同時に行える。

◆脱水処理効率の向上・脱水時間の短縮

・本材の添加により脱水時間が短縮される。

◆脱水ケーキをリサイクル材として活用可能

・脱水ケーキの品質が安定しており、含水比増加や強度低下等の品質変化がほとんどない。

・固化処理により高強度化された脱水ケーキは、道路用盛土、河川堤防、土地造成等に利用できる。

・固化材添加量の調整により、CBR10%以上が求められる高規格道路等へも適用できる。

◆脱水ケーキの水中安定性が高い

・脱水ケーキの水中安定性が高く、水中投入時や長期間水中に置かれた状態においても再泥化等の懸念が少なく、湖岸堤や底泥覆砂代替などの湖底還元に再利用することが可能。



固化材スラリーの前添加状況



盛土への活用(現場実証試験)

固化・不溶化技術

更新

工種	要素技術	特徴と課題	備考
浚渫	<p>マグネシウム系固化材</p> <p>本技術は、重金属等に汚染された土壌の不溶化処理のうち、セメント等の固化材を用いた「固化・不溶化処理」において、セメント等の固化材に代わり、非常に不溶化効果の高い、新しい固化材であるマグネシウム系固化材を用いた「固化・不溶化工法」です。</p>  <p>マグネシウム系固化材</p>	<p>■特徴</p> <ul style="list-style-type: none"> ●マグネシウム系固化材は、酸化マグネシウム (MgO) を主成分とした低アルカリで、六価クロム等の重金属を含まない特殊固化材です。 ●長期間に及ぶ土壌とのポズラン反応が石灰類と同様に起こり、耐久性のある硬化物が生成され、低アルカリ領域で汚染土壌を固化します。 ●マグネシウム系固化材は「通常用」と「高濃度用」を用意しており、対象汚染物質、濃度、複合汚染の組み合わせ等に応じて使い分けます。 ●重金属等に対する不溶化効果が高いため、少ない添加量でも不溶化処理が可能です。 ●地盤改良分野で通常使用する施工機械で対応することが可能です。 ●短期間で大量に汚染土壌を処理することができます。 ●不溶化処理が難しいとされるフッ素、シアン、六価クロム汚染土壌に対しても適用できます。 ●鉛を含む複合汚染土壌 (例えば鉛、ヒ素、フッ素複合汚染土壌) に対して適用できます。 ●地盤環境 (例えば pH 等) の変化に対する緩衝能力が高いため、不溶化処理効果の長期安定性が優れています。 ●処理後の土壌強度は、セメント系固化材を使用した場合のように過大になることはありません (適度に固化する)。 <p>適用事例</p> <p>①汚染物質：フッ素 施工機械：スタビライザ</p>  <p>②汚染物質：シアン 施工機械：ミキシングバケット装着バックホウ</p>  <p>③汚染物質：ヒ素 施工機械：自走式土質改良機</p>  <p>■課題</p> <p>セメント系の材料と比較してマグネシウム系固化材のコストは高い。</p>	<p>●特許第 4109017 号「汚染土壌の固化・不溶化方法」</p> <p>●国土交通省 新技術情報提供システム (NETIS)</p> <p>NETIS 登録番号：KK-040059-A</p> <p>「マグネシウム系固化材を用いた固化・不溶化処理技術</p> <p>河川湖沼、ダム湖の浚渫工事に適用</p>

更新

特殊技術

1.水中測量

工種	要素技術	特徴と課題	備考
水中測量・計測および現況確認	GPS・UAV搭載自律走行無人ボート GPS機能(位置記録)、測深機、データロギング機能、パソコン画面表示機能を有した無人ボート水面上を走行させることにより水中の任意点の三次元データを取得する	<p>■特徴</p> 船長1,060mm、船幅250mm、船高270mm、重量13kgのボートを遠隔操作することにより、水深0.5m～80mの水域で正確な測量(測深分解能1cm)を行うことができる。 <p>■課題</p> データ取得可能範囲は500mとなっているが、陸上等よりオペレータの視認による操作することから、実際上は、数十m程度以内にオペレータを配置できる環境が必要である。 この追認性を改善すれば、さらに効果的な手法と思われる。	少人数・簡便に正確なデータを得ることができ、水中測量としては有力な方法である。

2.水中掘削

工種	要素技術	特徴と課題	備考
水中岩盤掘削・コンクリート撤去	全旋回オールケーシング工法 回転するケーシングの先端に取り付けたビットで、ケーシングは先の岩盤等を切断し、ケーシング内部の岩盤等は重錘を用いた破碎を併用しつつハンマグラブで揚土する工法である	<p>■特徴①</p> 台船を搬入・組み立てるヤードもなく、浮かべるだけの水深もないことから、湛水域を埋め立てて作業ヤードを確保して施工した。 <p>■課題①</p> このため、濁水期の施工とはいえ、降雨による増水の度に退避を強いられ、工程遅延を招いた ⇒組立てが比較的簡便で浅水深対応可能な台船 または 同種の機能を有する設備 <p>■特徴②</p> ケーシングで周囲から切断された岩盤・コンクリートは重錘自由落下をさせて破碎した後、ハンマグラブで揚土したが、岩盤およびコンクリートが非常に堅硬なためこの小割り作業に多大な時間を要した。 <p>■課題②</p> ケーシング内の切断物の二次破碎を短時間で実施可能な技術・設備・機械等	<ul style="list-style-type: none"> ・ケーシングの設置制度、対象岩盤の傾斜等が掘削制度に影響する。 ・深さ方向の出来形は水準測量と重錘等による掘削深さの確認で十分対応できる。

3.水中コンクリート

工種	要素技術	特徴と課題	備考
仮締切隔壁コンクリート	水中不分離性コンクリート打設	<p>■特徴</p> <p>施工箇所近傍でクレストを越流し跳水した流れがある中での施工となる。</p> <p>■課題</p> <p>型枠の設置自体が困難であり、河川水の流れを断ち切り、静水状態を確保する必要がある。 ⇒大型土のうを設置して、締切兼型枠として活用した。</p>	水中不分離性コンクリートの漏出防止に工夫が必要である。

4.堤体削孔

工種	要素技術	特徴と課題	備考
水位低下設備放流工用の堤体穴あけ工	FONドリル工法 低公害岩盤掘削工法であり、掘削対象域周囲に連続孔を設けて縁切りした後、油圧割岩機およびブレーカで掘削する。	<p>■特徴</p> <p>汎用のホイールジャンボのドリルの横にサブロッドを取り付け、これを先行穿孔に挿入して連続孔を造成してゆく工法である。特殊機械を必要とせず、汎用ホイールローダ1台で連続孔・割岩孔の施工ができ、施工性・経済性がよい。</p> <p>■課題</p> <p>機械の特性から、切羽に直角に連続孔を造成することはできない。15°程度拡幅角度をつけて連続孔を造成してゆくこととなる。この時の余掘量は10%程となる。</p>	既存のホイールジャンボを設置・稼働できる大きさがあれば、かなりの小断面でも施工できる。

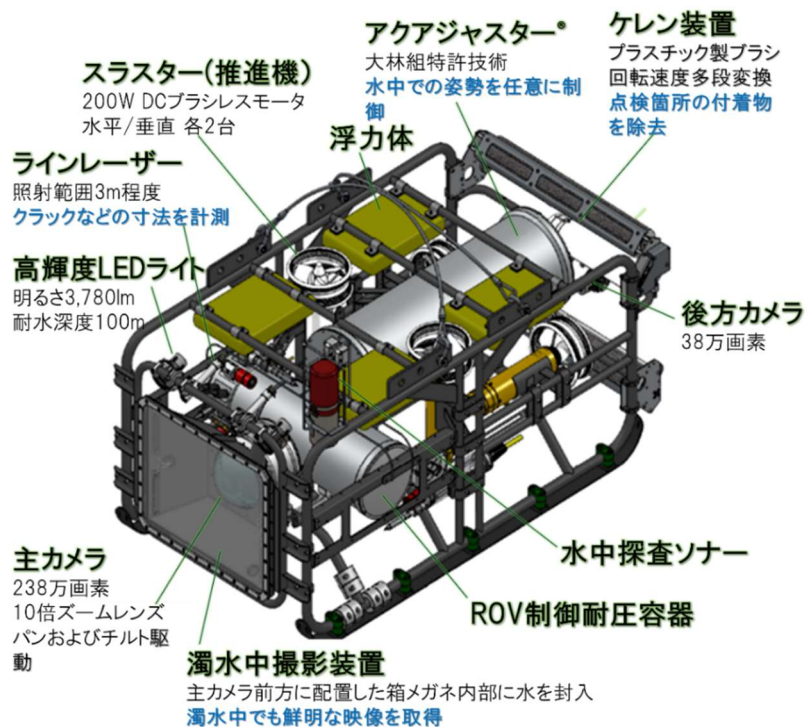
6. Others

【 その他 】

■技術の概要

潜水士を利用して行っていた水中部でのゲート設備や堤体の点検を、潜水士を利用することなく水上から行える技術である。流れのある水中での姿勢制御技術「アクアジャスター」を搭載することで水中での姿勢が安定し、対象物を的確にとらえることが可能である。濁りのある水中でも箱メガネ付高解像度カメラと画像詳細強化装置により鮮明な画像を取得でき、地上または船上からの遠隔操作で任意の場所に移動できるROVを組み合わせることで、目視困難な水中にある構造物の広域・迅速な測定/点検を可能とする。平成27年度に国土交通省の「次世代社会インフラ用ロボット開発・導入」において3つ星評価を獲得し、28年度の試行的導入段階を終えて今後の本格導入を目指す。

- ・本 体：ROV(Remotely Operated Vehicle) 水深100m対応
 - ・姿勢制御：超小型「アクアジャスター」内蔵
- 幅780×奥行1508×高さ711mm ⇒作業員4人で持ち運び可能
重量 約130kg



実証実験状況



操作用リモコン



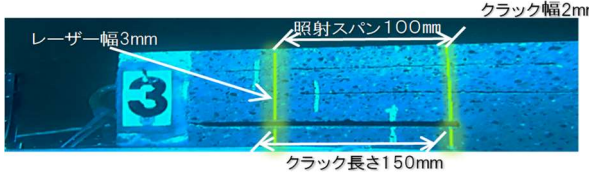

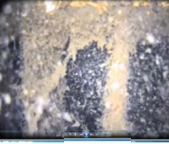

ロボットの操作はリモコンを使用して誰でも簡単に行うことができ、資格不要である。



点 検

水中構造物の点検技術

次世代社会インフラ用ロボット

工 種	要素技術	特徴と課題	備 考
水中構造物点検	<p>① 姿勢制御技術</p> <p>② 画像鮮明化技術</p> <p>③ 大深度対応</p> <p>④ クラック計測技術</p> <p>⑤ 撮影対象物の清掃</p>	<p>■特 徴</p> <p>①ジャイロ効果を利用した当社保有技術「アクアジャスター」*1により流れのある水中（流速1ノット/sまで）でも姿勢が安定し、対象物を的確にとらえることが可能。</p> <p>②水中での光量不足や濁りによる不鮮明な映像のノイズを除去し、映像を最適化して映し出す装置（画像詳細強化装置）*2によりリアルタイムに鮮明な映像を見ることが可能。</p> <p>③潜水士での点検では、潜水深度によって作業時間の制限や危険を伴う作業が発生する。ROVは、機器・電線・コネクター等を耐圧仕様にすることで水深100mまでの点検作業を長時間連続して安全に行うことが可能。</p> <p>④ラインレーザーを照射してクラック等の寸法を測定可能*3。照射するラインレーザーは幅3mm、間隔100mmで、取込んだ画像からスケールアップして寸法測定を行う。</p> <p>⑤本体後方にケレン装置を搭載しているため、撮影する構造物が汚れていても清掃することができ*4、対象物を明瞭に撮影することが可能。</p> <p>■課 題</p> <p>点検時の画像データからモザイクマップなどの成果品を作成する際の省力化。</p>	<p>※1 東京スカイツリー建設時に活用した吊荷制御技術「スカイジャスター」の水中版であり、ジャイロ効果とは地球ゴマのように物体が自転運動する際、高速になるほど姿勢保持できる現象</p> <p>※2 画像詳細強化装置による鮮明画像</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p>未使用時</p>  </div> <div style="font-size: 2em;">→</div> <div style="text-align: center;"> <p>使用時</p>  </div> </div> <p>※3 ラインレーザー照射状況</p>  <p>※4 スクリーン清掃状況</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p>清掃前</p>  </div> <div style="font-size: 2em;">→</div> <div style="text-align: center;"> <p>清掃中</p>  </div> <div style="font-size: 2em;">→</div> <div style="text-align: center;"> <p>清掃後</p>  </div> </div>

(発注者)

(施工業者)

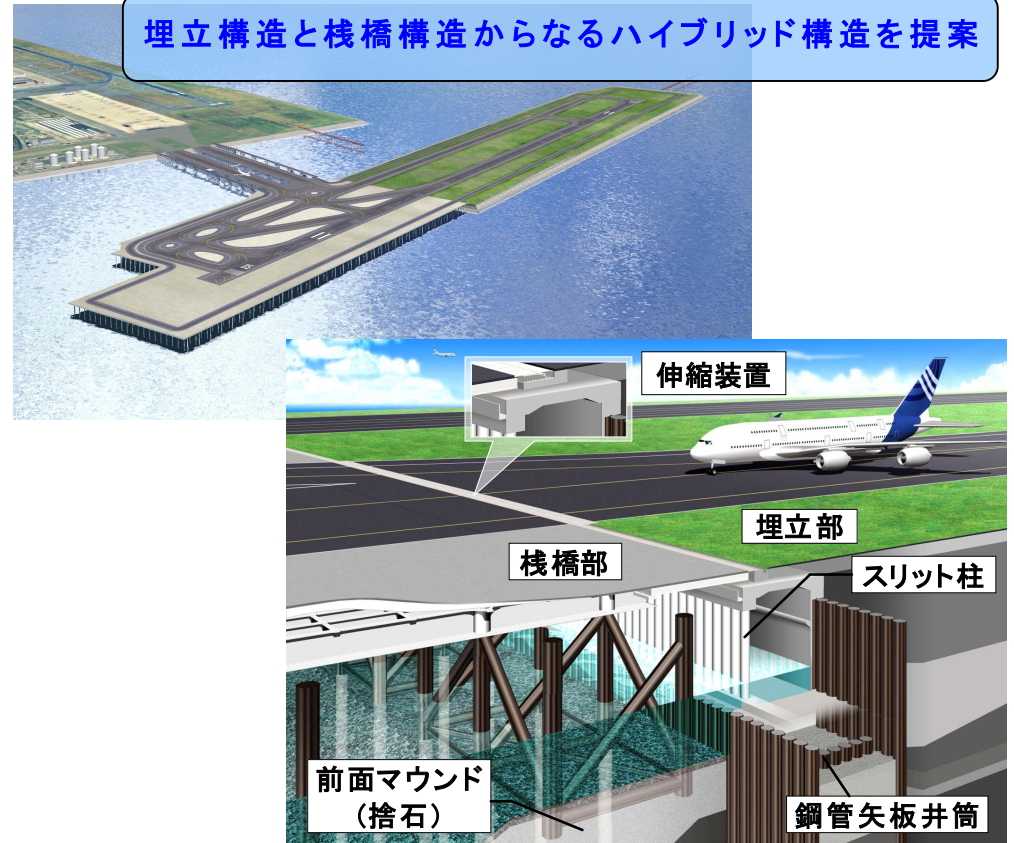
2004/7/27

入札説明書

4. 工事概要

本工事は、……東京国際空港 D 滑走路建設外工事に係る設計及び施工、維持管理計画等に係る技術提案を受けた上で、実施設計及び施工を一括して発注する設計・施工一括発注方式及び入札時に工事目的物引渡し後 30 年間の維持管理費の提案を受け……落札者を決定する総合評価落札方式の試行工事である。

埋立構造と栈橋構造からなるハイブリッド構造を提案



維持管理費見積り要領

1. 総則

東京国際空港 D 滑走路建設外工事の入札時に提出する維持管理費は、技術提案書に定める 100 年間の維持管理計画に基づいて算出した、D 滑走路建設工事の工事目的物引渡し後 30 年間の費用とする。

2005/3/29

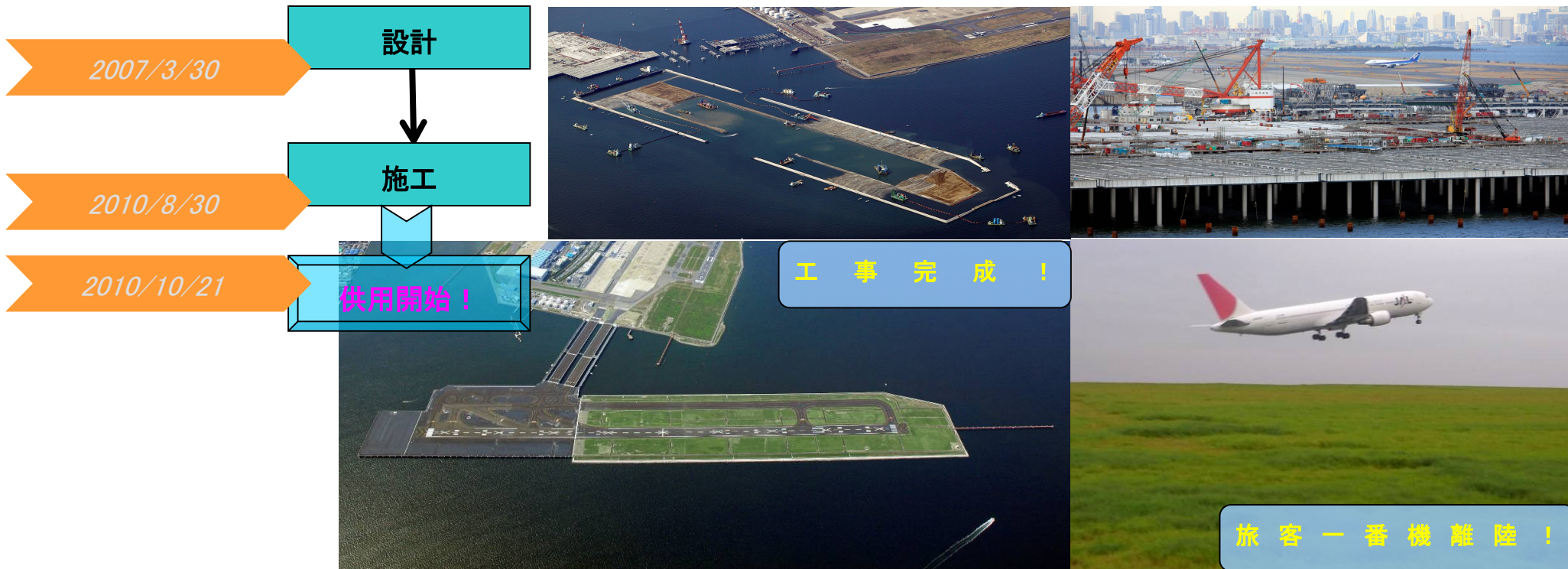
入札・契約

入札価格+維持管理費提案額提出

- 1. 入札価格(設計費+施工費) : 5,700億円
- 2. 30年間の維持管理費提案額 : 142億円

課題

維持管理業務におけるリスクの内容と分担の明確化(契約書・仕様書等への明記)



工事(設計・施工一括型)請負契約書(維持管理に関する)
特則(工事目的物の完成・引渡し後の維持管理契約)
 本特則において、第1回から第〇回まで計〇回にわたり、発注者より請負者に維持管理等に関する請求を実施し、契約を締結する。…請求する維持管理期間は30年を超えることはできない。

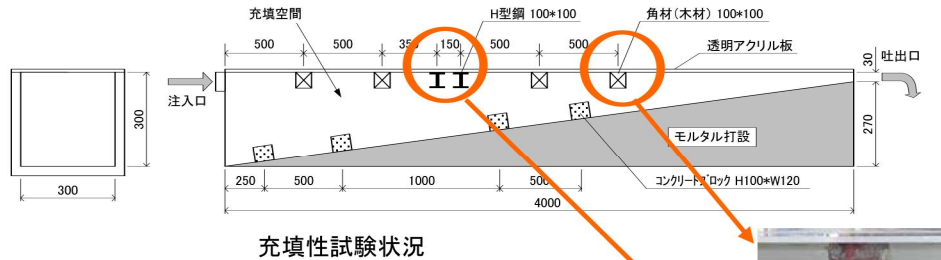
維持管理契約の締結の請求
 2010年度 第1回
 ~
 2013年度 第4回

- 維持管理業務遂行**
1. 点検(巡回、定期)
 2. 調査・計測
 3. 維持工事
 4. 補修工事
 5. 記録

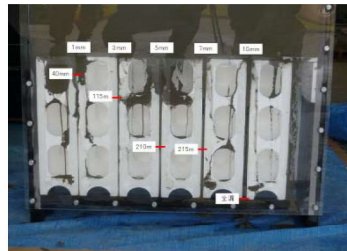


■技術の概要

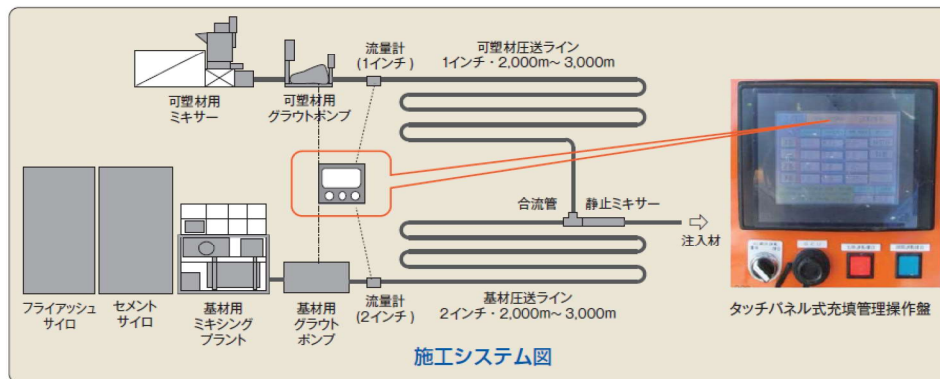
空洞充填材としての必要性能「充填性」「水中不分離性」「非漏出性」「非収縮性」を備えた可塑性注入材である。フライアッシュを大量に使用することで他の可塑性注入材より材料費を抑えている。さらに注入直前に基材と可塑性材を混合する形式を採用することで、3,000m程度の長距離圧送性能を確保している。



水中不分離性試験状況



非漏出性試験状況

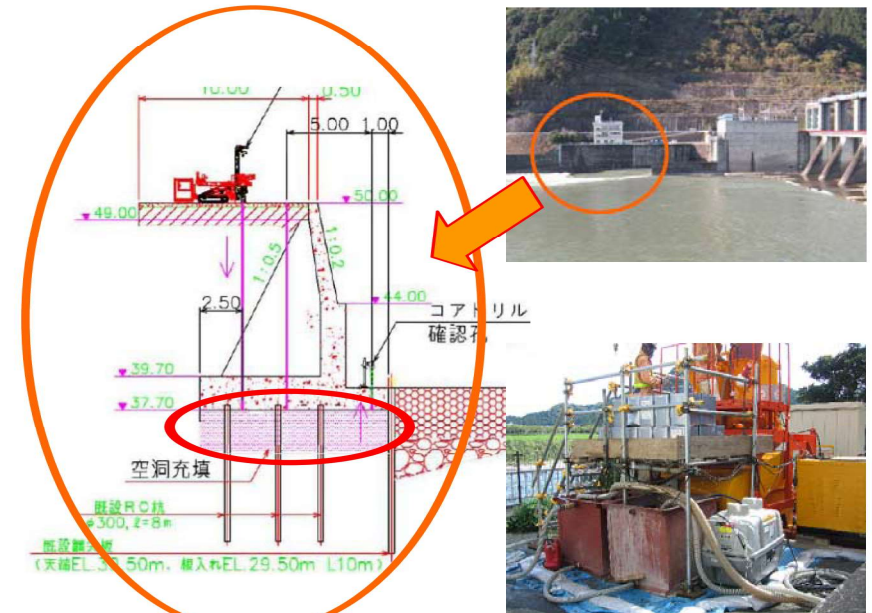


標準配合

1m当たり標準配合表

基 材					可塑性材			
セメント kg	フライアッシュ kg	水 kg	減水剤 kg	空気調整剤 kg	可塑性SC kg	可塑性SA kg	可塑性SB kg	水 kg
350	350	590	1.8	0.55	1.1	1.1	9.0	138

■施工事例 (ダム導流壁下部洗掘空洞部への充填)



可塑性材用ミキサー



フライアッシュ・セメントサイロ



基材用ミキシングプラント

補修

スーパーエコマックス

補修・補強

工種	要素技術	特徴と課題	備考
空洞充填工	スーパーエコマックス	<p>■特徴</p> <ul style="list-style-type: none"> ・フライアッシュを大量に使用するため他の可塑性充填材に比べ安価。 ・3,000m程度までの長距離圧送が可能。 ・トンネル空洞充填の場合は、坑外にプラントを設置するため小断面トンネルにも適用可能。 ・注入圧力、注入量をコンピュータ制御しており、材料品質の安定化と施工安全性の向上が図れる。 ・優れた水中不分離性を有するため、地下水が豊富な環境下でも品質を確保した充填が可能。 ・優れた非漏出性および非収縮性により、亀裂等からの漏出がなく必要な箇所に限定的な確実な充填ができる。 ・地山相当強度（1.5N/mm²）以上の強度を発現。標準配合で2.4N/mm²。 <p>■課題</p> <ul style="list-style-type: none"> ・流水環境での充填は困難。 ・適用するフライアッシュ毎に試験練りにより配合を確定する必要がある。 	

動的グラウチング工法は、注入圧力を5~10Hz程度で定期的に振動させることにより、グラウトの見かけ粘度を低減して、グラウトの流動性・浸透性を向上させる工法である。さらに、脈動によってセメント粒子の不規則運動が促進され、注入孔内の亀裂入口や亀裂中の断面変化部等においてセメント粒子の目詰まりを抑制する効果が期待できる。

動的グラウチング工法の技術は、ダム工事や岩盤地下空洞工事等の岩盤注入による止水技術として開発されてきたが、樋管部に生じた空洞へのセメントベントナイトの注入に応用した。

【施工事例】 動的グラウチング工法による樋管空洞充填工事

■施工方法

①概要

注入孔数：6孔
 総注入量：合計 2,240t
 総注入時間：293分

②施工方法

動的グラウチング工法は右図に示す動的グラウチングシステムを用いて施工した。動的グラウチングシステムは従来の注入システムに脈動を発生させるグラウトパルサーを追加するだけの簡単なシステムである。

③注入仕様

注入圧力：初期圧 +0.5 ± 0.25 kgf/cm²
 (脈動の振幅：0.25 kgf/cm²)

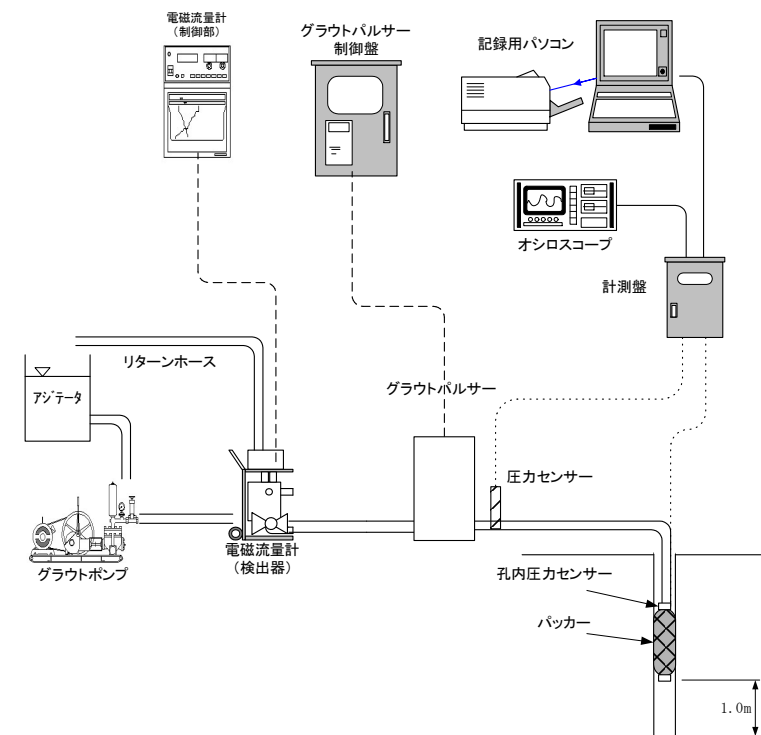
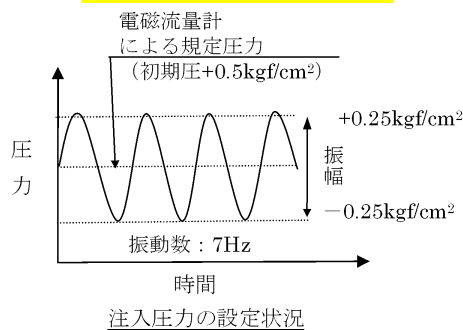
脈動の振動数：7Hz

④事前及び事後調査

事前調査では地下レーダー探査を行い、空洞の位置と規模を調査した。事後調査では地下レーダー探査とコアボーリング及び連通試験を実施して、事前調査のデータと比較して空洞の充填状況、改良効果を確認した。



動的グラウチング作業全景

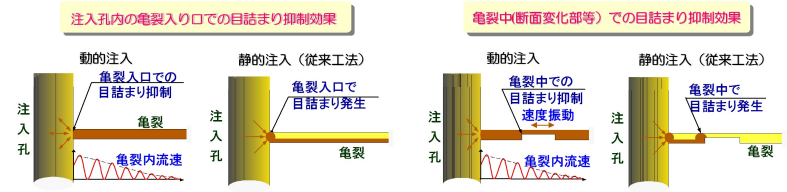
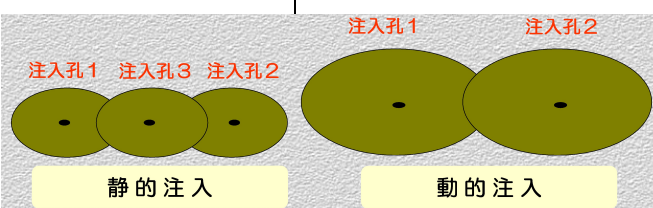



動的グラウチングシステム

■適用工事（補修技術として）

- 岩盤・地中空洞充填工事：トンネル覆工補修工事、樋管等空洞充填工事、既設ダム・砂防ダム岩盤補修工事（空洞・亀裂）
- 既設構造物クラック補修工事

補修・補強

工種	要素技術	特徴と課題	備考
注入工事	<p>動的グラウチング工法</p> <p>動的グラウチング工法は、注入圧力を5～10Hz程度で規則的に振動させることにより、グラウトの見かけ粘度を低減して、グラウトの流動性・浸透性を向上させる工法である。さらに、脈動によってセメント粒子の不規則運動が促進され、注入孔内の亀裂入口や亀裂中の断面変化部等においてセメント粒子の目詰まりを抑制する効果が期待できる。</p>	<p>【動的グラウチング工法の特徴】</p> <p>①目詰まり効果の抑制</p> <p>注入孔内の亀裂入口でのセメント粒子の目詰まり及び亀裂中の段差部（開口幅の変化部）での目詰まりを抑制して、改良効果と施工効率が向上します。</p>  <p>目詰まりの発生状況と動的グラウチング工法の効果</p> <p>②多種にわたる注入材料への適用</p> <p>動的グラウチング工法によるグラウト材料の流動性の向上は、多種の懸濁型の注入材料に対して有効性を確認しています。特に周波数5～10Hzの脈動を与えることで、一様に効果が認められます。</p> <p>③注入孔数の削減および注入範囲の拡大</p> <p>動的グラウチング工法は、静的注入に比べ、改良範囲の拡大が期待できます。そのため、注入孔数の削減によるコスト削減ができます。</p>  <p>静的注入 動的注入</p> <p>④動的グラウチングシステム</p> <p>動的グラウチングシステムは、従来の注入システムに、脈動を付加するグラウトパルサーを追加した簡易なシステムであり、その現場適用性は原位置試験及びこれまでの実施工において確認しています。グラウトパルサーは小型軽量であるため、狭隘な施工箇所でも対応が可能です。</p> <p>【課題】</p> <p>特になし</p>	<p>①岩盤グラウトの施工方法及びその施工装置 特許第 3096244 号</p> <p>②グラウトの施工方法及び施工システム 特許第 3153799 号</p> <p>③グラウト施工システムにおける脈動圧力振幅制御機構及び脈動圧力の振幅制御方法並びにその脈動派生装置 特許第 4098614 号</p> <p>（①、②は当社と日本基礎技術の共願、③は当社、日本基礎、東電の共願）</p> <p>[NETIS 登録] KT-990360-A</p>  <p>グラウトパルサー</p>

■技術の概要

◎ダムなどの水中構造物の点検にロボットを使用して水中調査を無人化

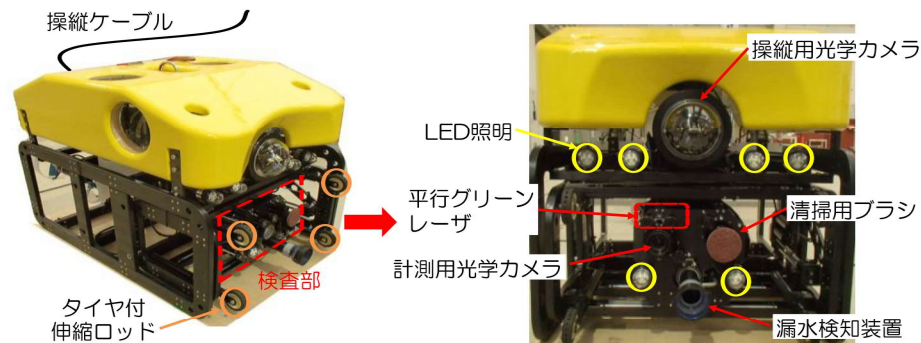
- ・水中構造物診断システムは、陸上や船上で水中調査ロボットを操縦して、大水深構造物の健全性調査（概査および精査）・診断を行う技術です。
- ・水深 40m 以上の大水深域や安全性等の問題で潜水士による調査が難しい水域で、威力を発揮します。

■技術の特徴

- ・陸上や船上からロボットを操縦し、水深 150m までの調査可能
- ・光学カメラによる画像撮影や濁水中でも音響カメラによる画像撮影可能
- ・設定深度・方位でのスラスト制御による位置保持
- ・タイヤ付伸縮ロッドにより離隔距離を保ちながら構造物に沿って移動可能
- ・GNSS 又はトータルステーションと水中音響測位 で潜航位置の把握可能
- ・調査箇所において清掃・鋼材の肉厚測定・構造物からの漏水量測定可能
- ・計測データの保存・解析による健全性の診断可能

■技術の用途

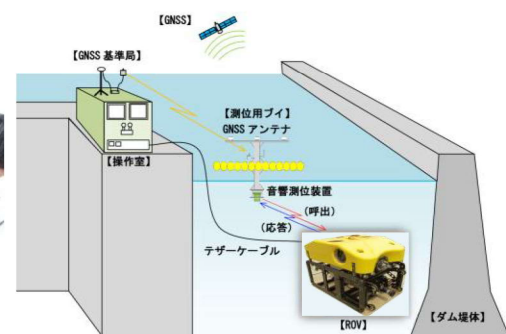
- ・水中構造物（ダムの堤体やゲートなど）の点検 など
- ※国土交通省が実施した「次世代社会インフラ用ロボット技術・ロボットシステム 水中維持管理技術」において宮ヶ瀬ダム・天ヶ瀬ダムなどで現地実証試験を実施



【水中調査ロボット】



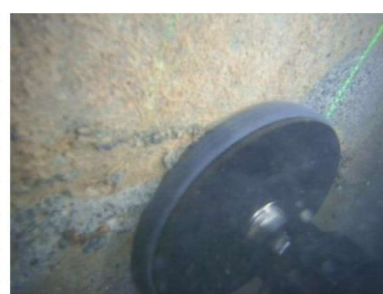
【操縦状況】



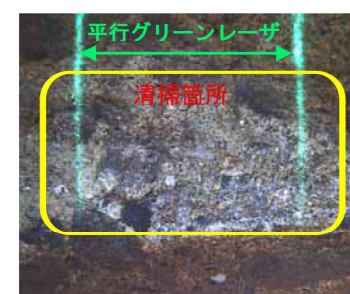
【調査状況イメージ】

【主な検査機器一覧】

検査項目	機器
① 広域状態把握 (低濁度時)	縦用光学カメラ(120万画素) LED照明
② 近接状態把握 (クラック長さ・幅計測等)	計測用光学カメラ(500万画素) LED照明 平行グリーンレーザー
③ 点検箇所清掃	清掃用ブラシ
④ 漏水量測定(ダムなど)	電磁流量計
⑤ 鋼材肉厚測定	超音波厚さ計(オプション)
⑥ 状態把握 (高濁度時)	濁水対応装置(箱メガネ) 音響カメラ(オプション)



<清掃状況>



<清掃後堤体表面>
【調査状況の画像】



<漏水量測定状況>

点検

水中構造物診断システム (Cetus-V)

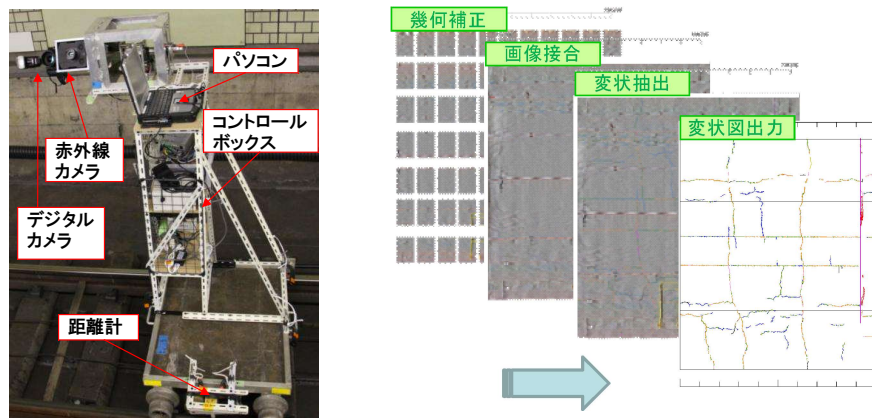
点検

工種	要素技術	特徴と課題	備考
ダム堤体点検 (上流面)	水中構造物診断システム ・水中調査ロボットを使用して、ダム上流面を調査・点検する技術	<p>■特徴</p> <ul style="list-style-type: none"> ・陸上や船上からロボットを操縦し、水深 150m までの調査可能 ・光学カメラによる画像撮影や濁水中でも音響カメラによる画像撮影可能 ・設定深度・方位でのスラスタ制御による位置保持 ・タイヤ付伸縮ロッドにより離隔距離を保ちながら構造物に沿って移動可能 ・GNSS 又はトータルステーションと水中音響測位 で潜航位置の把握可能 ・調査箇所において清掃・鋼材の肉厚測定・構造物からの漏水量測定可能 ・計測データの保存・解析による健全性の診断可能 <div data-bbox="797 584 1245 946"> <p>音響カメラ画像 光学カメラ画像</p> </div> <div data-bbox="824 963 1196 995"> <p>【洪水吐き部(バルマウ)の画像】</p> </div> <div data-bbox="819 1002 1196 1246"> <p>鋼材 肉厚計</p> </div> <div data-bbox="846 1257 1133 1289"> <p>【鋼材の肉厚測定状況】</p> </div> <div data-bbox="797 1299 882 1331"> <p>■課題</p> </div> <ul style="list-style-type: none"> ・水深 40m 以浅では、潜水士による調査よりコストが高い。 ・堤体表面に藻や貝が付着している場所では、堤体上流面全体をクラック調査する場合、事前に堤体表面全体の清掃が必要。 <div data-bbox="1272 584 1720 1106"> <p>標高266.5m付近</p> <p>ひび割れ幅0.5mm ひび割れ幅0~0.5mm ひび割れ幅1.0mm ひび割れ幅5.0mm</p> <p>10cm四方の突起物</p> <p>10cm小判型の突起物(茶色)</p> <p>剥落部 横25cm×縦20cm</p> <p>直径10cmの突起物(白色)</p> <p>0.9~1.0m</p> <p>1.6 ~ 1.7 m</p> </div> <div data-bbox="1285 1129 1688 1161"> <p>【設置された試験体の測定状況】</p> </div>	<ul style="list-style-type: none"> ・国土交通省が実施した「次世代社会インフラ用ロボット技術・ロボットシステム 水中維持管理技術」における宮ヶ瀬ダム・天ヶ瀬ダムなどでの現地実証試験を実施

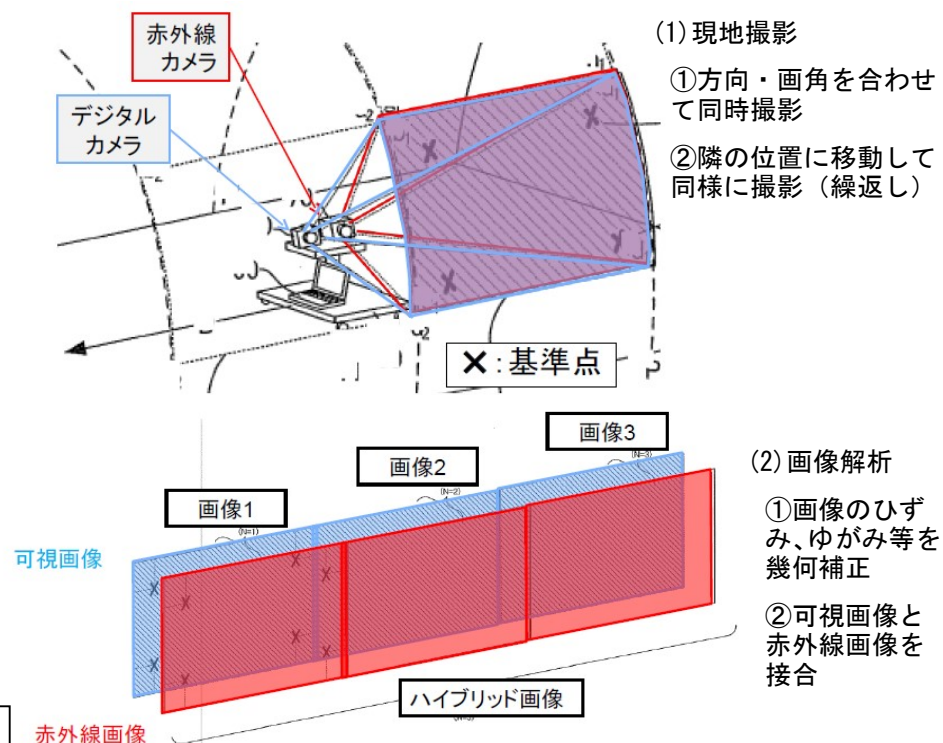
点検

■技術の概要

- **コンクリート構造物の表面劣化を、非破壊・非接触で診断**
⇒足場が不要(安全)、現地調査が短時間(供用制限短縮)
- **赤外線画像と可視画像を同時に撮影し、これらの画像を重ね合わせたハイブリッド画像解析で診断**
⇒客観的な診断が可能(人によるエラー、バラつきが無い)



■診断の流れ

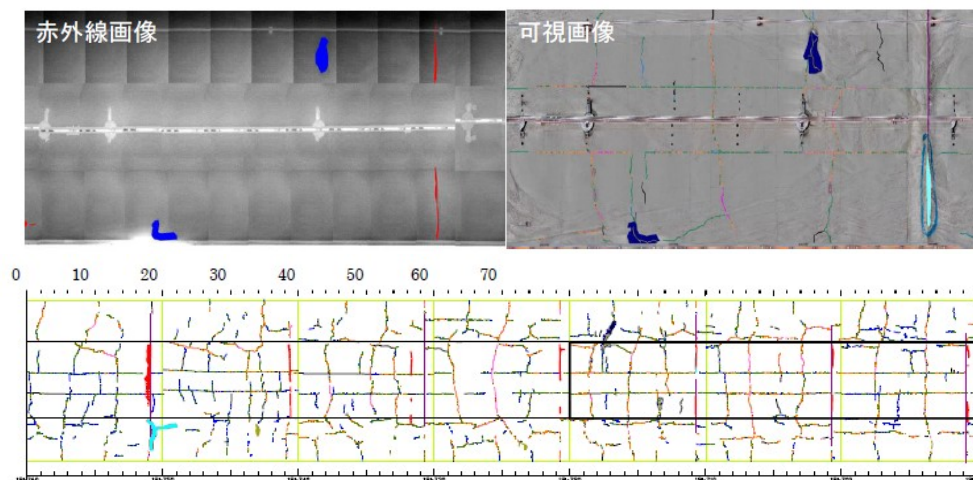


HIVIDAS(ヒビダス)

Hybrid (Infrared/Visible Image) Inspection & Diagnostic Analysis System

従来の目視・打音調査の代替となる非接触型画像診断技術で、可視画像と赤外線画像とを同時撮影し、画像処理により「ひび割れ」や「浮き・はく離」等を抽出し変状図を作成するシステムである。従来の目視・打音調査と比較して以下のメリットがある。

- ・客観的な画像解析により変状を抽出するため、調査員の技能や経験によって生じる診断結果のバラつきを防止できる。
- ・現地調査は撮影対象から離れた位置で撮影するだけで高所足場が不要なため、短時間で効率的であるとともに安全性の向上にも寄与する。
- ・調査結果は電子データとして蓄積されるため、経時的なデータを比較することによって変状の進行を把握でき、効率的な維持管理が行える。



点 検

HIVIDAS (ヒビダス)

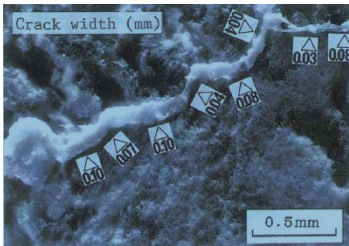
画像診断

工 種	要素技術	現状と課題	備 考
調査、計測	<p>HIVIDAS (ヒビダス)</p> <p>従来の目視・打音調査の代替となる非接触型調査診断技術で、熱画像と可視画像を同時撮影し、画像処理により「ひび割れ」や「浮き・はく離」等を抽出し損傷展開図を作成するものである。</p>	<p>従来の目視・打音調査と比較して以下のメリットがある。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・客観的な画像解析により変状を抽出するため、調査員のスキルによって生じる診断結果のバラつきを防止できる。 ・現地調査は撮影対象より離れた位置から撮影するだけで終了するため、短時間で効率的であるとともに安全性の向上にも寄与する。 ・調査結果は電子データとして蓄積されるため、経時的なデータを比較することによって変状の進行を把握でき、効率的な維持管理が行える。 	トンネル、護岸、防液堤等で実績あり。

■技術の概要

ピングラウト工法は、親水性一液型ポリウレタン樹脂(NLペースト)を用いた注入止水工法です。

NLペーストは、水と接触すると化学反応を起こして炭酸ガスを発生しながら発泡硬化します。この発泡時の膨張圧を利用して、コンクリートのひび割れや打継ぎの不連続面に樹脂を充填して止水します。



注入充てん性

NLペーストの基本物性

項目		NLペースト	NLペースト(S)一般用	NLペースト(W)冬期用
樹脂	外観	暗褐色液体	暗褐色液体	暗褐色液体
	粘度 (mpa・s)	2000~3000	1100~1400	700~1000
	比重 (g/cm ³)	1.15	1.16	1.16
	危険物分類	第4類第4石油	第4類第4石油	第4類第3石油類
発泡体	独立気泡率	81.9	80.2	77.8
	圧縮強さ	0.30	0.19	0.15
	曲げ強さ	0.65	0.61	0.41
	引張強さ	0.71	0.67	0.50
	吸水率(%)	0.30	0.35	0.65

■技術の特徴

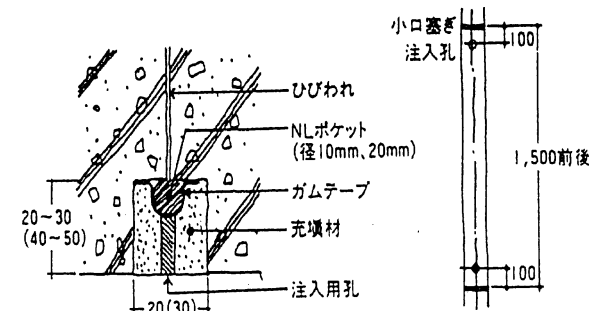
- ・漏水部の水との反応速度が遅いので、ひび割れ細部まで樹脂を充填できる。
- ・湿潤状態のコンクリート面との接着性に優れ、また、発泡硬化した樹脂の収縮が小さいため、肌分かれや空隙が生じて再漏水する可能性が低い。
- ・耐酸性、耐アルカリ性、耐塩水性等に優れている。
- ・注入ガン程度の簡易な工具でも施工が可能。
- ・二液型のように、主剤と硬化剤を混合後の可使用時間の制約がない。
- ・飲料水施設に使用しても安全性に問題がない※注)。
- ・ホルムアルデヒド放散等級区分 F☆☆☆☆取得済み

※注) : 高粘度タイプのみ適用可能。低粘度タイプのNLペースト(S)、NLペースト(W)には環状石油系溶剤を使用しているため、現状では適用不可。

■工法の種類

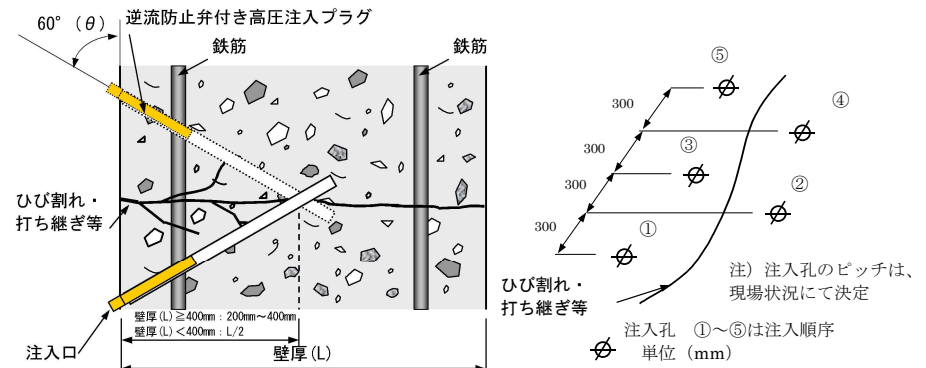
①ピングラウト工法

- ・NLペーストの膨張圧力のみで低圧注入する工法で、主に壁厚400mm以下の構造物が対象。
- ・使用材料は「NLペースト」。



②ピングラウトスマート止水工法

- ・逆流防止弁付きの注入プラグと注入機を用いて高圧注入する工法で、コンクリート躯体の細部にまで注入可能なため、主に壁厚400mm以上の構造物やコンクリート躯体にハツリ跡を残したくない構造物が対象。
- ・使用材料は「NLペースト(S)」または「NLペースト(W)」。



補修

ピングラウト工法

補修

工種	要素技術	現状と課題	備考
止水工	ピングラウト工法 コンクリート構造物に生じたひび割れや打ち継ぎ部等の不連続面からの漏水箇所に親水性一液型ポリウレタン樹脂を注入し、止水する工法。	<ul style="list-style-type: none">・漏水量が多い場合、流末に導水工の併用が必要である。・高圧注入方式を用いた工法（スマート止水工法）は、上水道設備での使用は、現在のところ材料の品質上不可。	<ul style="list-style-type: none">・実績 4,000 件以上・NETIS 登録（TH-000054）

■技術の概要

- 図-1 で示すように、遮水壁との電磁波の送受信により、非破壊で遮水壁内部の変状箇所を検知する技術。
- 測定した電磁波の測定（反射）波形を図-2 に示すような波形処理を行い、内部に存在する変状（空洞、滞水、埋設管等）の特定とその範囲や深さの判定が可能。

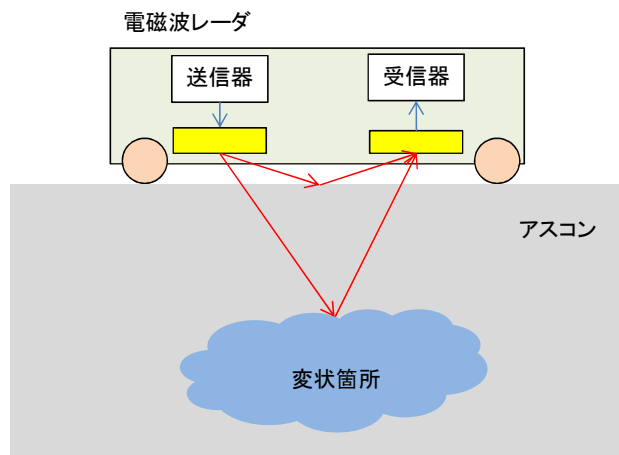


図-1 測定の概要図

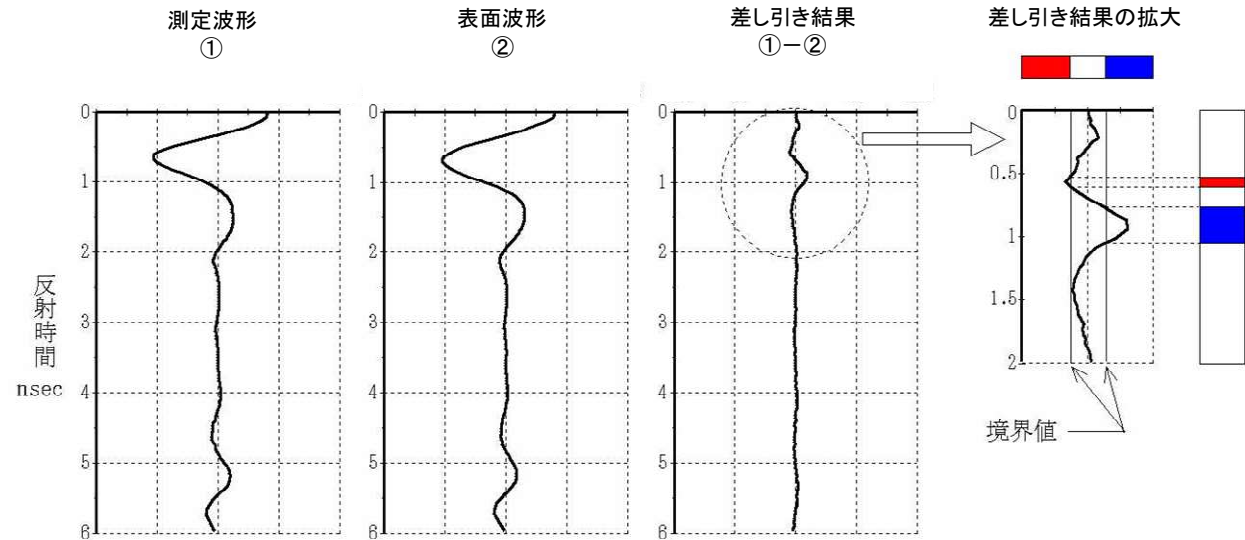


図-2 測定（反射）波形の処理方法

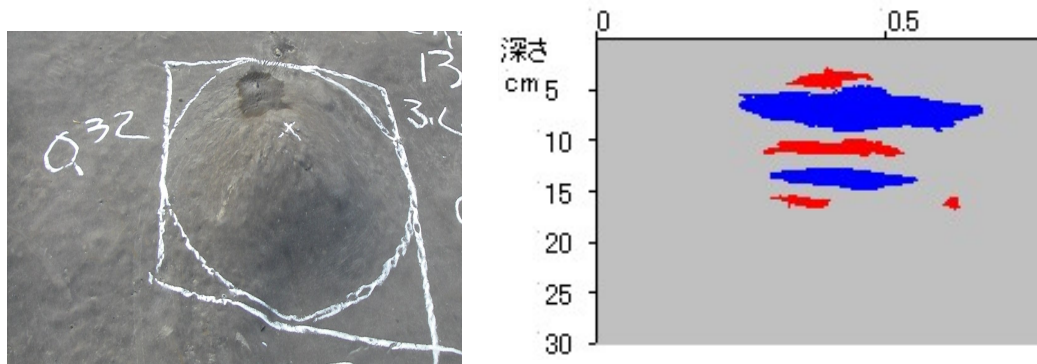


図-3 内部変状（ブリストリング箇所）の測定（解析後）結果（例）



写真-1 測定状況例

点検

電磁波レーダによる遮水壁内部の変状調査

健全度調査

工種	要素技術	特徴と課題	備考
調査、点検	電磁波レーダによる遮水壁内部の変状調査	<p>■特徴</p> <ul style="list-style-type: none">・遮水壁内部の変状を非破壊で検知することが出来る。・変状個所の範囲や深さを特定することが出来る。 <p>■課題</p> <ul style="list-style-type: none">・測定は電磁波レーダを移動させることで行い、線的な測定になるため、面的な調査には労力を要する。・異常個所の厚さ（滞水、空洞など）を特定することが困難。	アスファルトフェーシングダムにて実績あり。

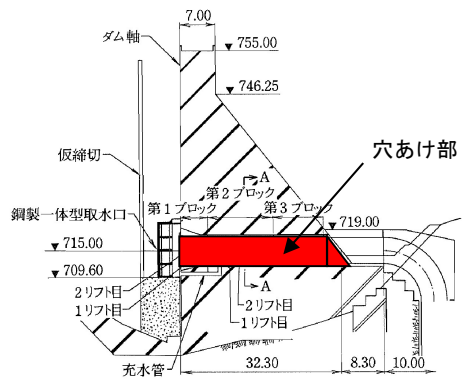
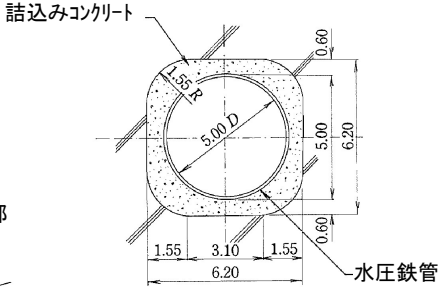

■技術の概要

工 種	要 素 技 術	工 法
堤体穴あけ	<ul style="list-style-type: none"> ・既設堤体へ開けた穴の補強 	<ul style="list-style-type: none"> ・補強鉄筋を無くせるような管体と裏込め注入技術
水中作業	<ul style="list-style-type: none"> ・水中作業の無人化（機械化） 	<ul style="list-style-type: none"> ・ロボット等による完全無人化施工技術
耐震補強	<ul style="list-style-type: none"> ・アンカーボルトによる耐震性能の向上 	<ul style="list-style-type: none"> ・ダム天端より垂直に定着岩盤まで、アンカーボルトを施工することにより耐震性能の向上技術

更新

堤体の穴あけ工事

堤体の穴開け

工種	要素技術	特徴と課題	備考
堤体穴開け	既設堤体へ開けた穴の補強	<p>■特徴</p> <ul style="list-style-type: none"> 新たに放流管等を設けるための穴あけは、管路補強のための配筋等のスペースが必要なために開口面積が大きくなっている。 <p>■課題</p> <ul style="list-style-type: none"> 開口面積の増大には多くの時間と多くの費用が必要となる。 <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px 0; text-align: center;"> 堤体 穴あけ施工例 </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>水路 縦断図例 (奥只見ダム)</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>水圧管路図例 (奥只見ダム)</p> </div> </div> <div style="text-align: center; margin-top: 20px;">  <p>穴あけ状況写真例 (五十里ダム)</p> </div>	<p>備考</p> <ul style="list-style-type: none"> 補強配筋を無くせるような管体と裏込め注入技術。

更新

水中作業

無人化施工及び 構造物破砕

工種	要素技術	特徴と課題	備考
水中作業	<p>水中作業の無人化（機械化）</p> <div data-bbox="414 686 560 742" style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">水中作業</div> <div data-bbox="414 762 981 1375" style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p style="text-align: center;">人力潜水作業</p> </div> <p style="text-align: center;">従来施工状況図</p>		

機械化作業

更新

ダム本体耐震補強工事

アンカーボルト施工

工種	要素技術	特徴と課題	備考						
耐震補強	<p>アンカーボルトによる耐震性能の向上</p> <div data-bbox="383 667 860 1137" style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px 0;"> <p>コンクリート増し打ち</p> </div> <p>従来工法（嵩上げ）</p>	<p>■特 徴</p> <ul style="list-style-type: none"> コンクリートダムの耐震性能の向上については、もっぱら堤体断面積の増大（増し打ち）に依っている。増し打ちには多くの時間と多くの費用が必要となる。 <p>■課 題</p> <ul style="list-style-type: none"> 増し打ちには大規模な仮設備が必要となる。 <div data-bbox="1034 608 1648 1318" style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px 0;"> <p>補強アンカー</p> <p>ダム補強アンカーの設計</p> <ul style="list-style-type: none"> GUTS = Guaranteed Ultimate Strength Design Load = DL = 60% * GUTS Alignment Load = 10% * DL Test Load = 133% * DL Lockoff Load = 110% * DL <table border="0"> <tr> <td>■ 設計荷重</td> <td>Td=6099~9070 kN</td> </tr> <tr> <td>■ テンドンの構成</td> <td>φ 15.2mm × 39~58</td> </tr> <tr> <td>■ 削孔径</td> <td>φ 30.5, 35.6 cm</td> </tr> </table> <p>米国 Gilboa Dam の実施例</p> </div> <p>補強アンカー工法</p>	■ 設計荷重	Td=6099~9070 kN	■ テンドンの構成	φ 15.2mm × 39~58	■ 削孔径	φ 30.5, 35.6 cm	<ul style="list-style-type: none"> ダム天端より垂直に定着岩盤まで、アンカーボルトを施工することにより耐震性能の向上技術。
■ 設計荷重	Td=6099~9070 kN								
■ テンドンの構成	φ 15.2mm × 39~58								
■ 削孔径	φ 30.5, 35.6 cm								

更新

既設堤体の取壊し

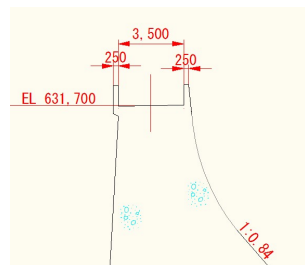
《工事例：小原ダム改良工事》

【飛島建設株】

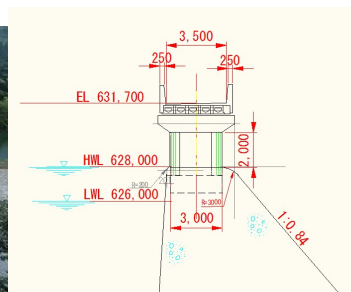
■技術の概要

工事例：北陸電力小原ダム改良工事に於ける、天端越流部の施工
従来ゲート操作による水位調整を行ってきたが、越流部を作ることでゲート操作と常駐管理人の省力化ができた。

施工前状況



施工後状況



既設堤体に悪影響を与えないよう発破工法は許されず、すべて機械掘削で行った。また整形には、ツインヘッドで削らなければならなかった。

機械掘削状況



機械掘削状況



ツインヘッドによる整形状況



更新

既設堤体取壊し

施工方法

工種	要素技術	特徴と課題	備考
本体取壊し	ハツリ掘削 既設堤体に悪影響を与えないよう 発破工法は許されず、すべて機械 掘削で 行った。	■特徴 既設堤体に悪影響を与えないよう、最後の50cmは、小型のブレーカーを使用し、 整形には、ツインヘッダーで削らなければならなかった。 ■課題 作業が難航し、工程遅延の原因となった。 低振動で、作業効率の良い掘削方法の開発が待たれる。	