

調査の実施結果及び応急対策の実施状況

調査実施状況管理表

資料3-1

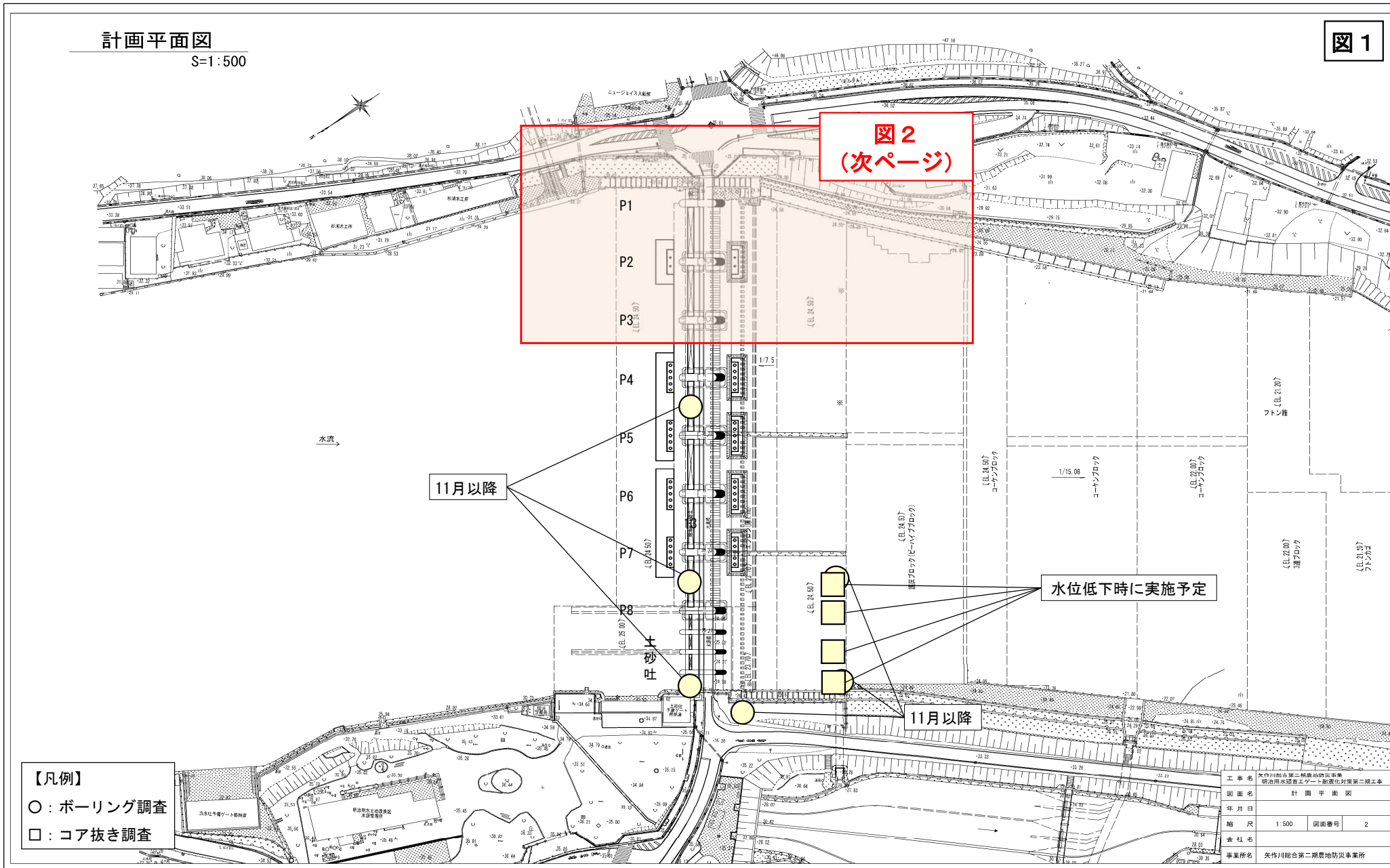
事項	調査方法	調査箇所	調査目的	実施時期 (予定)	最終成果	備考
① 漏水の状況	ボーリング調査(基礎岩盤の確認、標準貫入試験、カメラ撮影)	左岸法面 左岸橋台 堰軸	岩盤線、透水性層、水みち(空洞)等の確認のため	実施中(一部実施済)	止水矢板ラインの地質図(止水矢板の位置図含み)、左岸地山上下流方向の地質図、水みち部の地質図、空洞分布図	資料3-3-①
	魚道底板の削孔調査、簡易貫入試験、カメラ撮影	左岸魚道	底板下部の空洞の有無等の確認のため		空洞分布図	資料3-2
	トレーサー試験(比重1ボール流下調査等)、水中カメラ	吸込み口	流入部分から流出部分までの水みちの位置・延長等の確認のため	出水期・水位低下時 (実施済(今後再実施予定))	パイピング想定ルート図	資料3-3-④ 資料5
	上流・下流エプロンの空洞の調査	上下流エプロン	エプロン直下の空洞の有無、深さ、範囲等の確認のため	出水期・水位低下時 実施中(一部実施済)	空洞分布図	資料3-2
	空洞の流向、流速の調査	空洞部	上流吸込み口の閉塞後における状態把握のため	実施中	応急対策の検証	
	レーダー探査(魚道横の張コンクリート下)	左岸魚道	法面の張コンクリート下の空洞の有無、深さ、範囲等の確認のため	出水期・水位低下時 (実施済)	空洞分布図	
	水中3Dスキャナ	吸込み口 吹き出し口	堰位置における漏水箇所(空洞)の穴の大きさ、方向の確認のため	出水期・水位低下時 (実施済)	堰位置における空洞図	資料3-3-③
	下流堆積土砂のサンプリング	下流エプロン	噴出土の土質(性状)調査のため	出水期・水位低下時 (データ整理中)	流出土分布図	
② 堰本体の状況	レベル測量(堰柱(P1, P2)、橋台、洪水吐堰体)	同左	構造物の変形の確認のため	実施中		
	堰柱(P1, P2, P3)の傾斜測定(傾斜計)	同左	堰柱の傾きの確認のため			
	エプロン表面の状況調査(目視、ドローン)	同左	エプロン表面の健全性の確認のため			
	堰上下流の水理計算		エプロン表面の健全性の確認のため			資料3-4
	振動計測(P2)	同左	構造物の状態変化の把握のため			
	レーザー測量	左岸部	広範囲の護床工や堆積土等の水中地形も含めた地形変化の把握のため		出水期・水位低下時 (実施済)	

調査実施状況管理表

事項	調査方法	調査箇所	調査目的	実施時期 (予定)	最終成果	備考
③ 堰付帯工の 状態	レベル測量(魚道、護岸)	左岸魚道上下流	構造物の変形の確認のため	実施中		
	音響探査(護床工)	下流流出部	流出部分の状態の把握のため	実施中	エプロン部における空洞図	
④ 止水の 状況	磁気探査(鋼矢板の有無・深度の確認)	堰軸ボーリング孔	鋼矢板ラインの直近のボーリング孔を利用した、鋼矢板の有無・深度・岩着の有無の確認のため	出水期・水位低下時 (一部を除いて 実施済)	止水矢板ラインの地質図(止水矢板の位置図含み)	資料3-3-②
	掘削して、空洞の位置・範囲や鋼矢板・止水板の位置・状態を確認(取壊し調査)	P1堰柱付近	堰位置における空洞の位置・大きさ・範囲や鋼矢板の位置・状態(腐食等)の確認のため	非出水期		
⑤ その他	上流水位(右岸:水位計、左岸:測量)		基本的なデータ収集のため	実施中(毎日)		
	下流水位(測量、跳水の計算)		基本的なデータ収集のため	実施済		
	河川流量		基本的なデータ収集のため	実施中(毎日)		
	漏水量の計算		基本的なデータ収集のため	実施済		
	流入・流出部分のモニタリング(ドローン、カメラ)		基本的なデータ収集のため	実地中(毎日)		

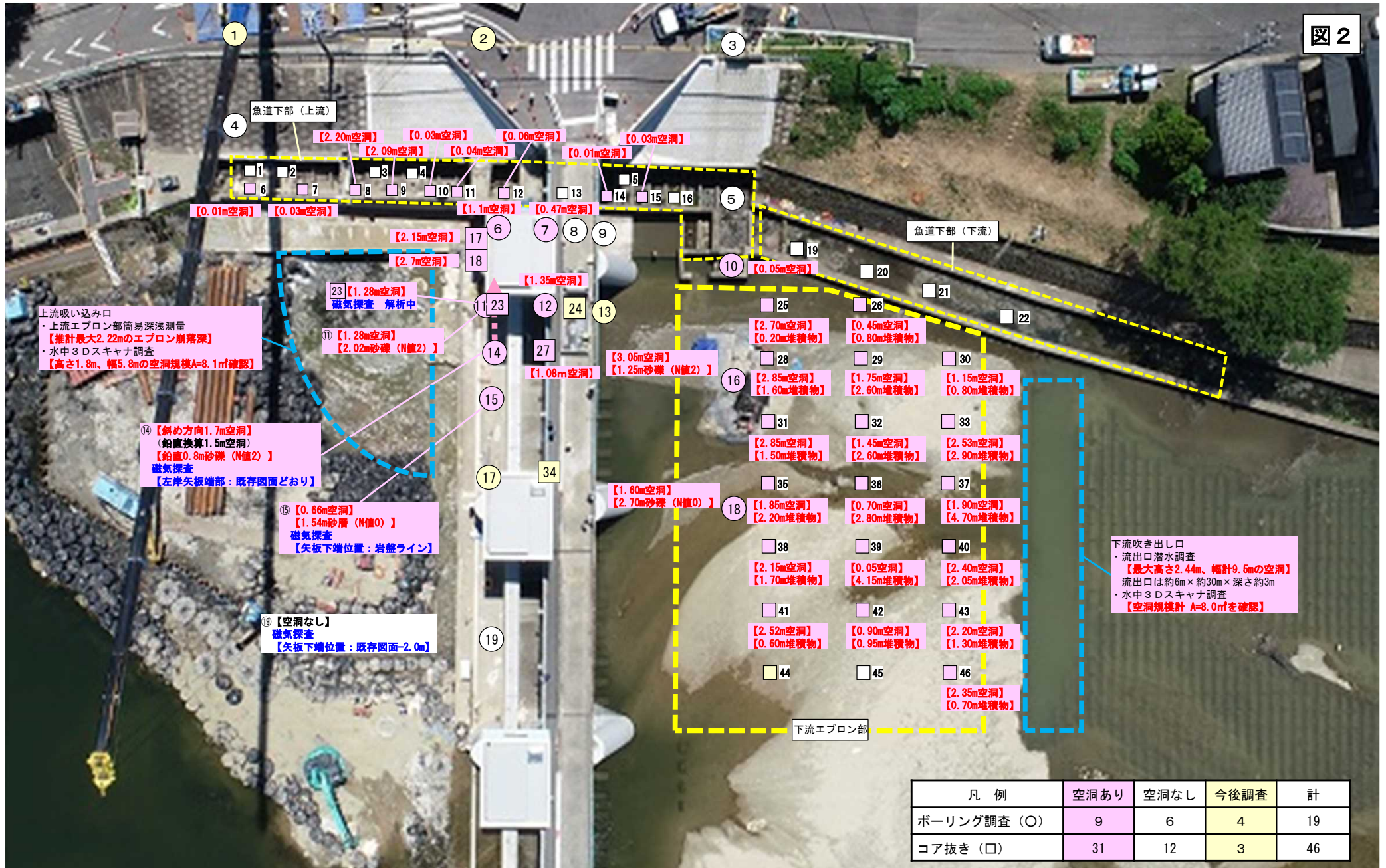
主な調査の実施位置・時期・結果 (全体位置図)

(7月20日時点)



主な調査の実施位置・結果（流入出口・左岸～P3周辺図）

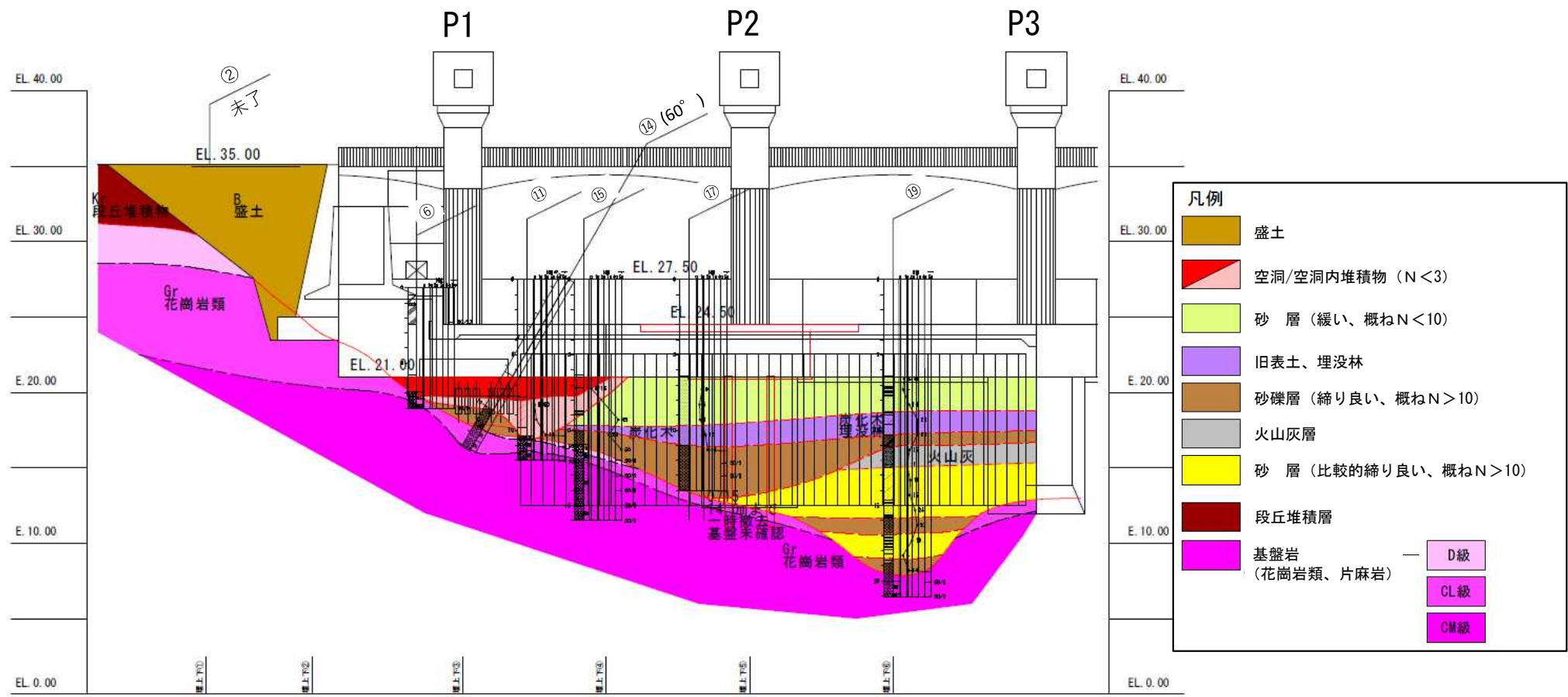
（7月20日時点）



左岸部の主な調査の結果概要

地質断面図（堰軸方向③）

○空洞内で確認された堆積物（N値3未満）は、流水によって空洞化した水みちに堆積した土砂と推測。
 ○P1-P3間の固定堰コンクリート下部に、厚さ2～3m程度、N値3～10相当の砂層が分布。
 ○P1堰柱下部の空洞及び空洞内で確認された堆積物（N値3未満）は、砂層がパイピングの流水により流され、生じたものと想定される。

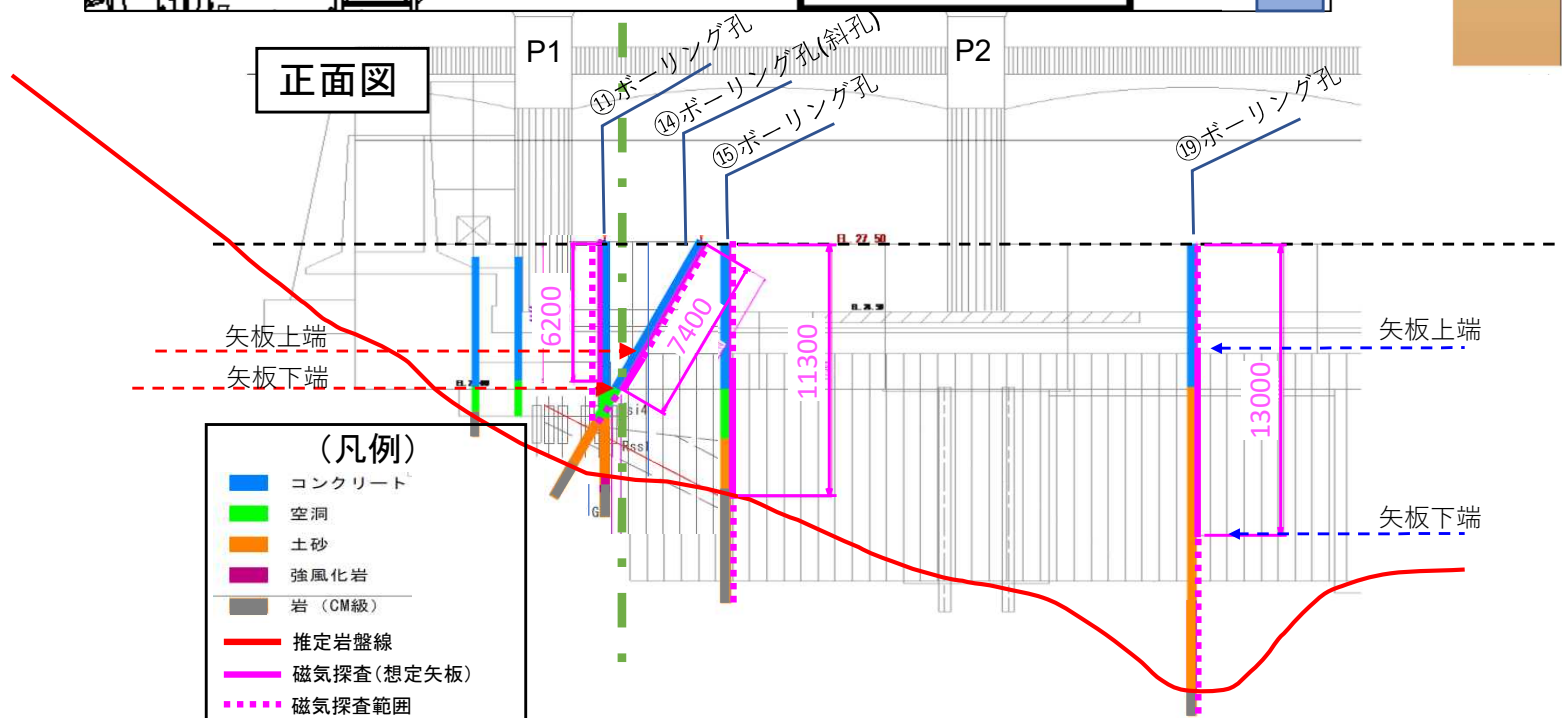
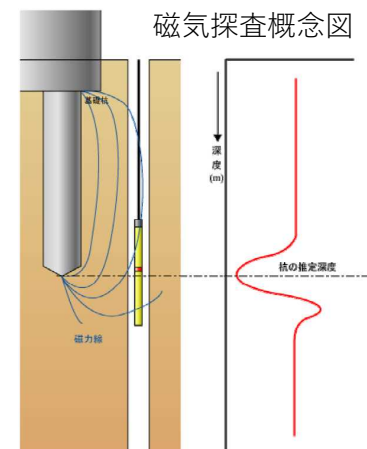
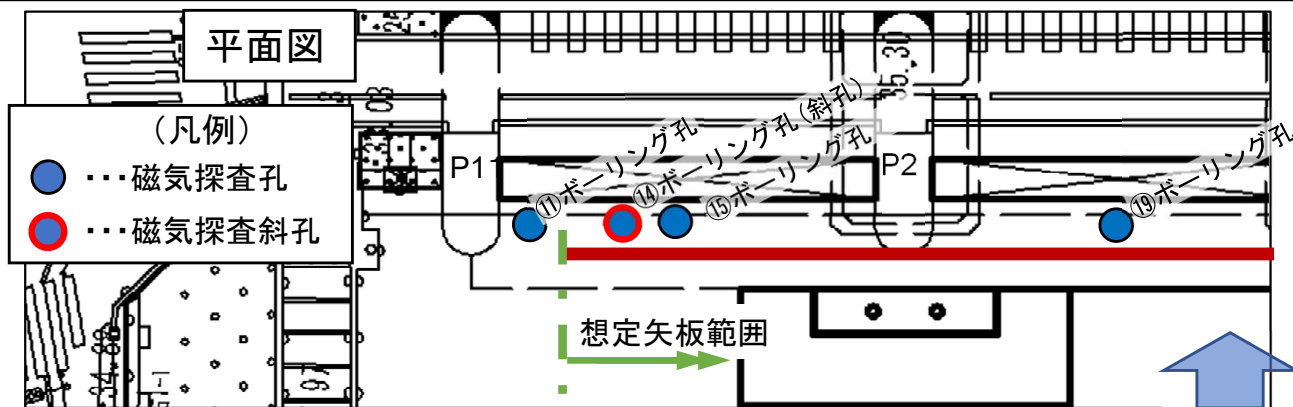


遮水矢板設置範囲図 《磁気探査調査結果》

○堰軸直下の遮水矢板の設置範囲及び深度を確認するため、ボーリング孔にて磁気探査を実施。

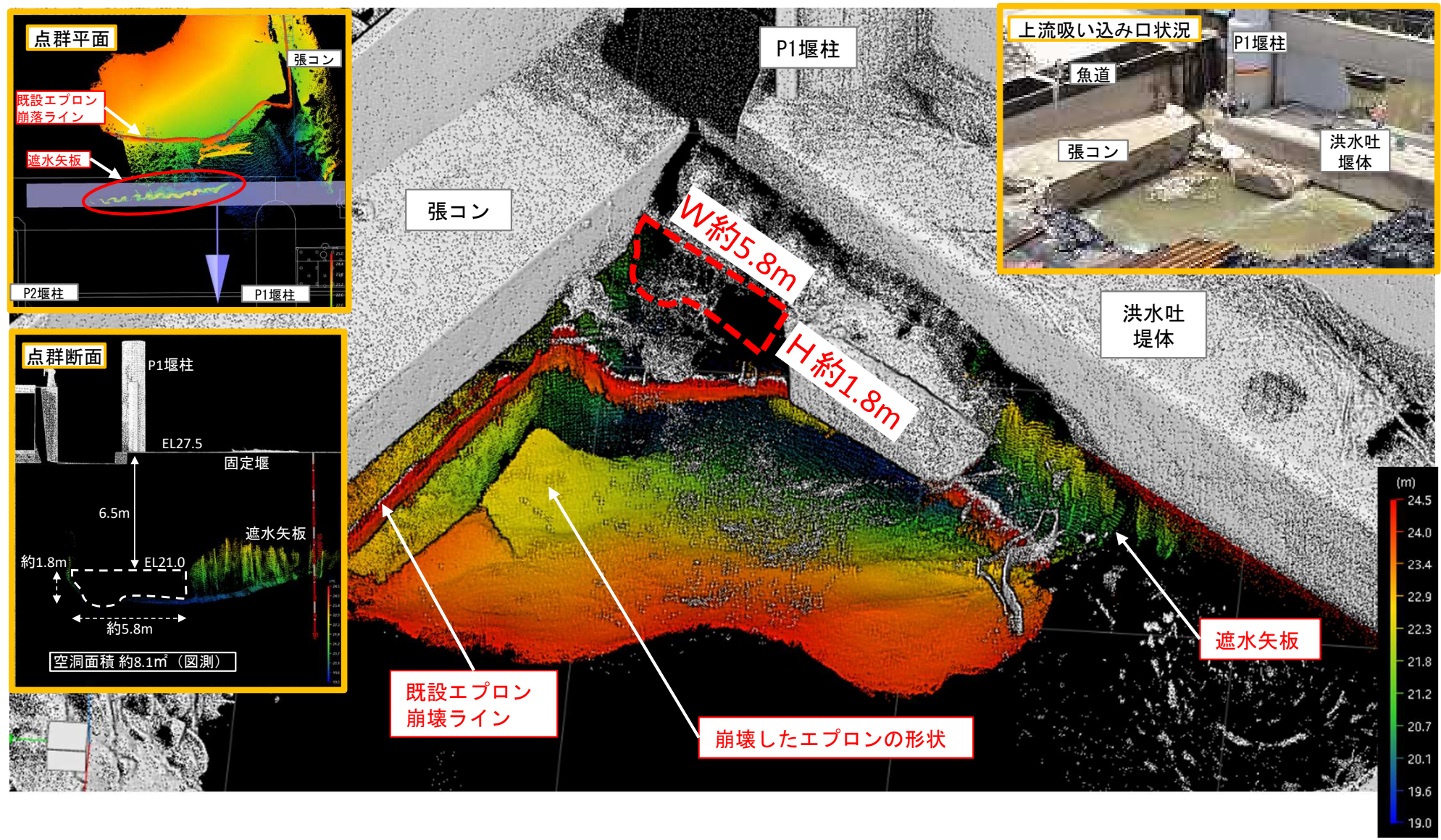
【結果】

- ・ No.⑭ボーリング孔（斜孔）で、遮水矢板の設置左岸端と思われる反応。
- ・ No.⑮ボーリング孔で、想定岩盤線付近で遮水矢板の反応。
- ・ No.⑲ボーリング孔で、想定される矢板下端位置に比べて2 m短い位置で矢板下端の反応。



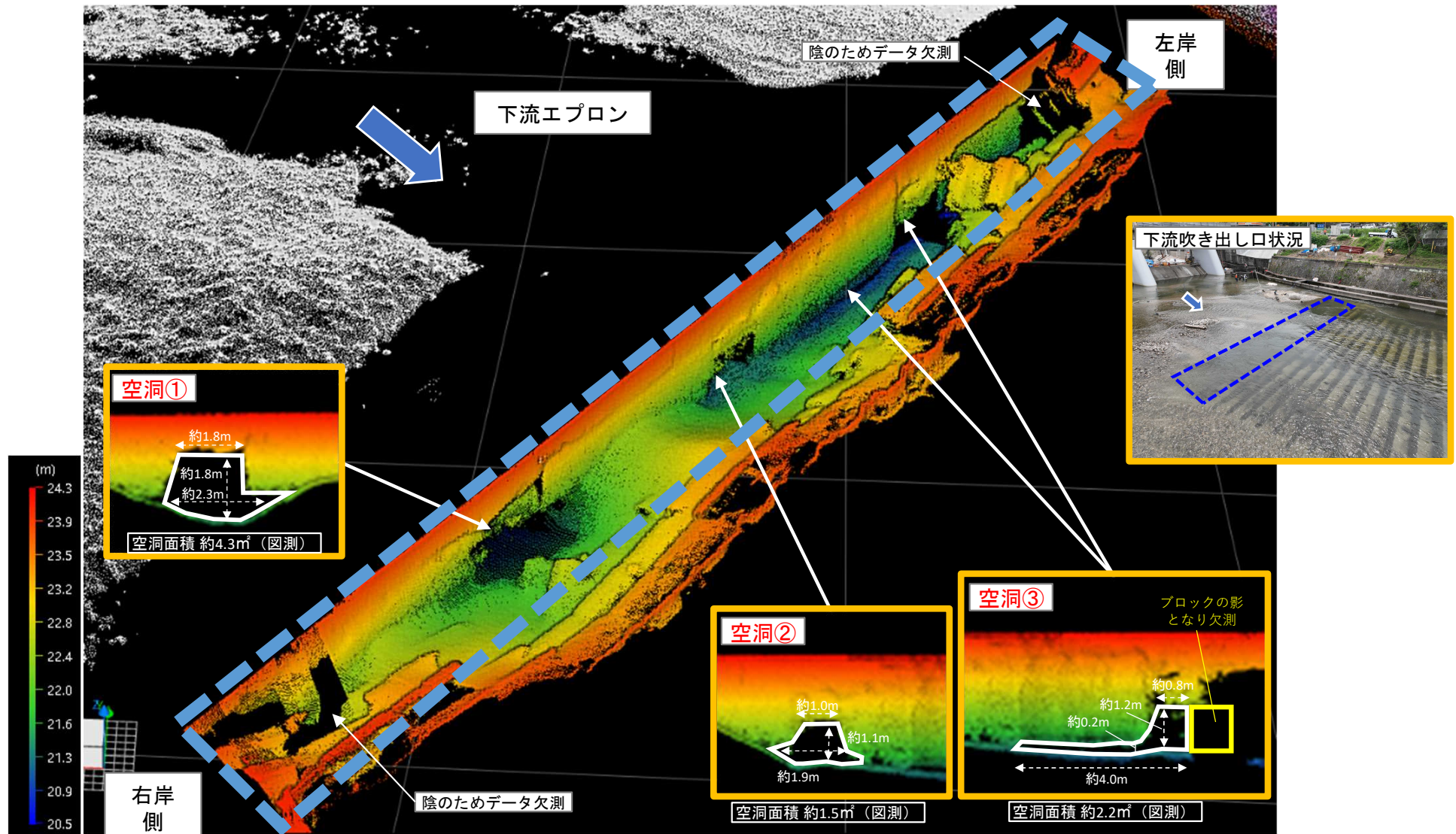
流入口形状図 《水中3Dスキャナ調査結果》

○上流吸い込み口周辺にて音響センサーにより流入口形状を計測。
○流入口の形状は、W約5.8m×H約1.8m（空洞規模 A=8.1m²）。



流出口形状図 《水中3Dスキャナ調査結果》

- 下流吐き出し口周辺にて音響センサーにより流出口形状を計測。
- 下流エプロン下端部に3か所の空洞あり。



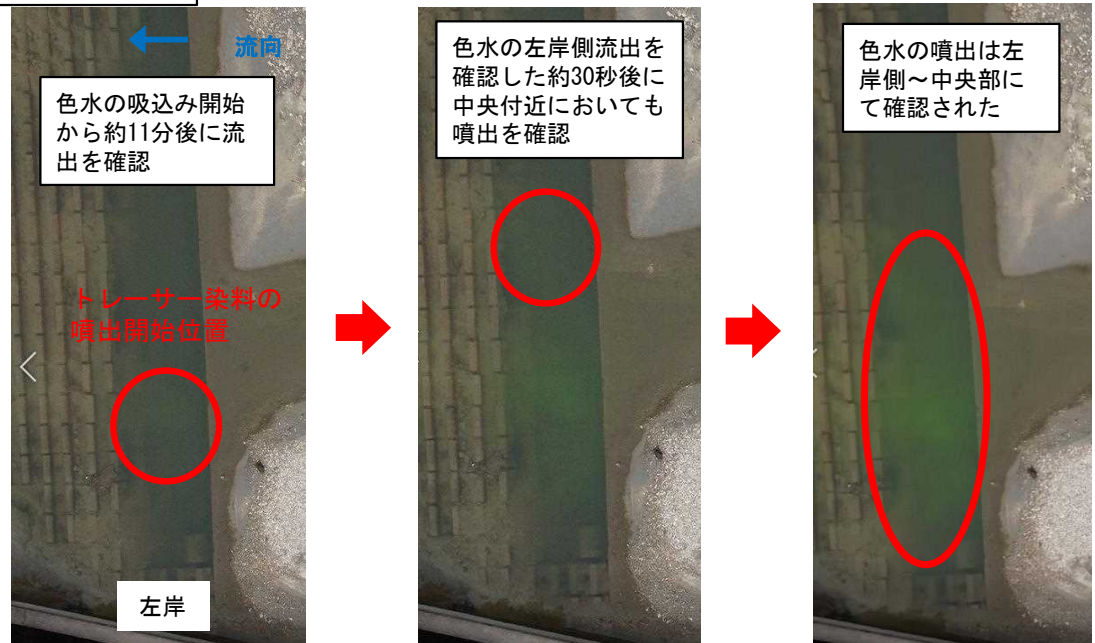
流入部水みち位置の確認《トレーサー試験調査結果》

○上流エプロン吸い込み口付近から色水を流し、流れ込む状況を確認。
○色水はP1方向へ流れ込み、約11分後に下流の流出口からの流出を確認。

吸い込み口



流出箇所



安全性の検討と応急対策

明治用水頭首工堰本体（P1）の安全性の考察（1/5）

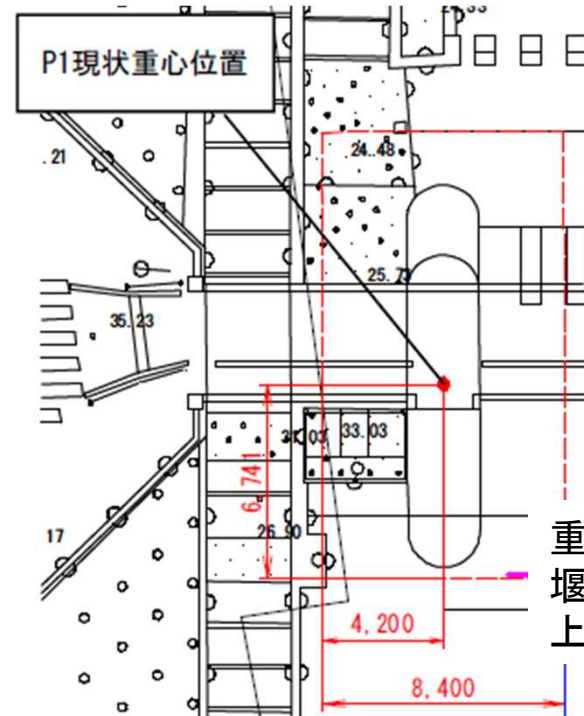
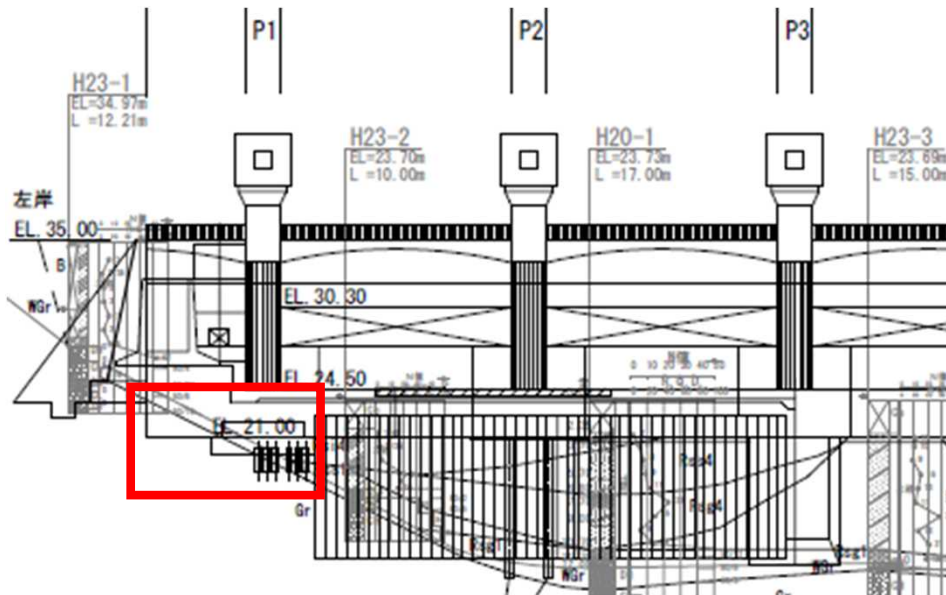
【現状（現状水位として、上流にEL. 27.5mの水位を考慮）】

○P1堰柱については、目視確認、傾斜計及びレベル測量により変状がないことを確認。

○現状で変状がない理由として、以下に示す複数の事象が作用しているものと推察。

- ・基礎が左岸側下流の範囲で岩もしくは風化岩であること。
- ・P1堰柱基礎が、支持力を有する地盤に一定程度支持されている場合、上流側に空洞が存在していたとしても変状の可能性は低いこと。
- ・堰柱基礎部の空洞状況調査は継続中であるが、現時点において堰柱に変状がない状況から、少なくとも常時の重心位置に空洞が存在する可能性は低いこと。
- ・P1下に杭がある可能性があること（既存図面に記載。有無はカメラ撮影等による確認が必要。）。
- ・魚道、P2といった左右の構造物と一体となっている可能性があること。

【現状での荷重の作用位置（重心位置）】



重心位置
堰軸方向：堰中心
上下流方向：上流から6.741m

明治用水頭首工堰本体（P1）の安全性の考察（2/5）

P1堰柱の評価（地震時及び応急対策後の水位上昇時）

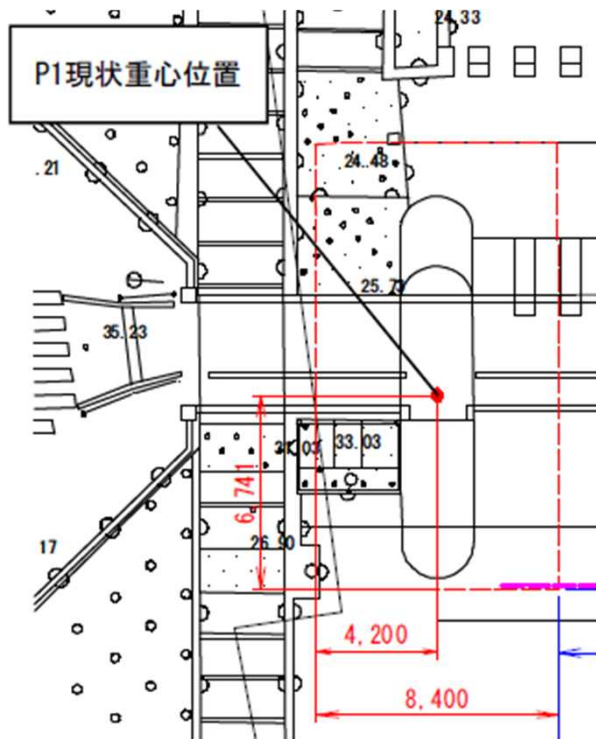
○地盤反力の作用位置（重心位置）を求め、転倒、沈下が起こる可能性を確認。

【結果】

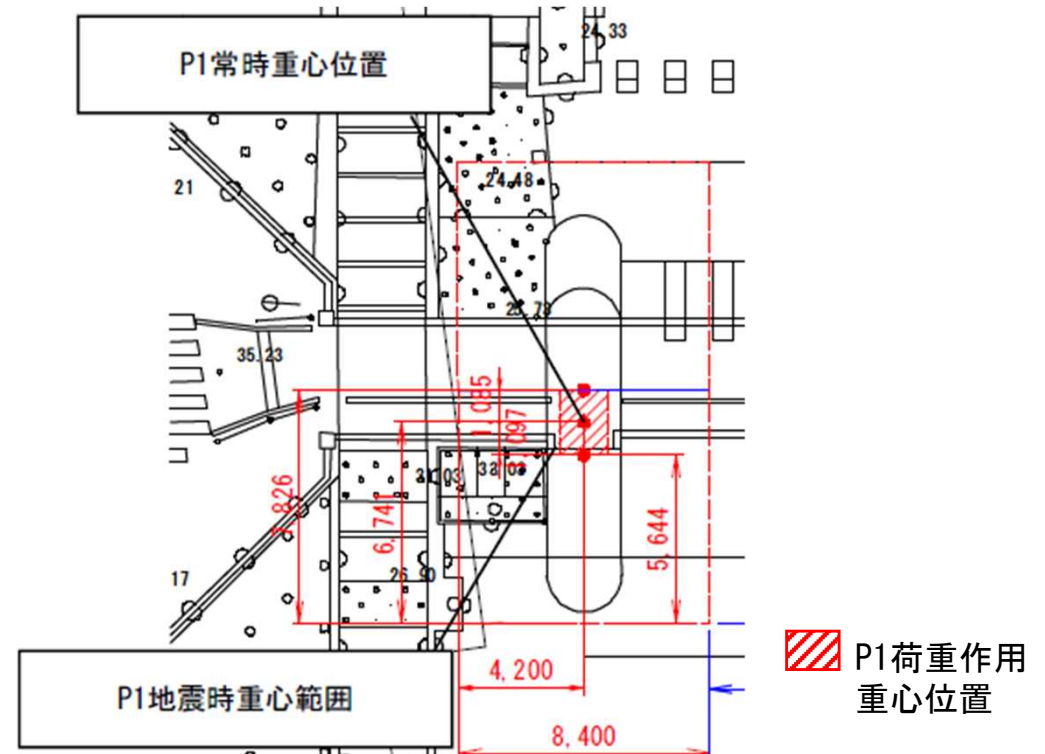
- ・ P1堰柱の上流と右岸側の空洞が深い傾向にあるが、地震時※には、地震が作用する方向によっては、重心位置が移動し空洞上に位置する可能性。
- ・ 地震動が作用し偏心することにより、支持力の不足が生じる可能性。
- ・ 洪水時には、P1周囲の水位が上昇し堰柱に直接水圧が作用することにより、支持力が不足する可能性。

※震度法（水平震度 $K_h=0.2$ ）

【現状での荷重の作用位置（重心位置）】



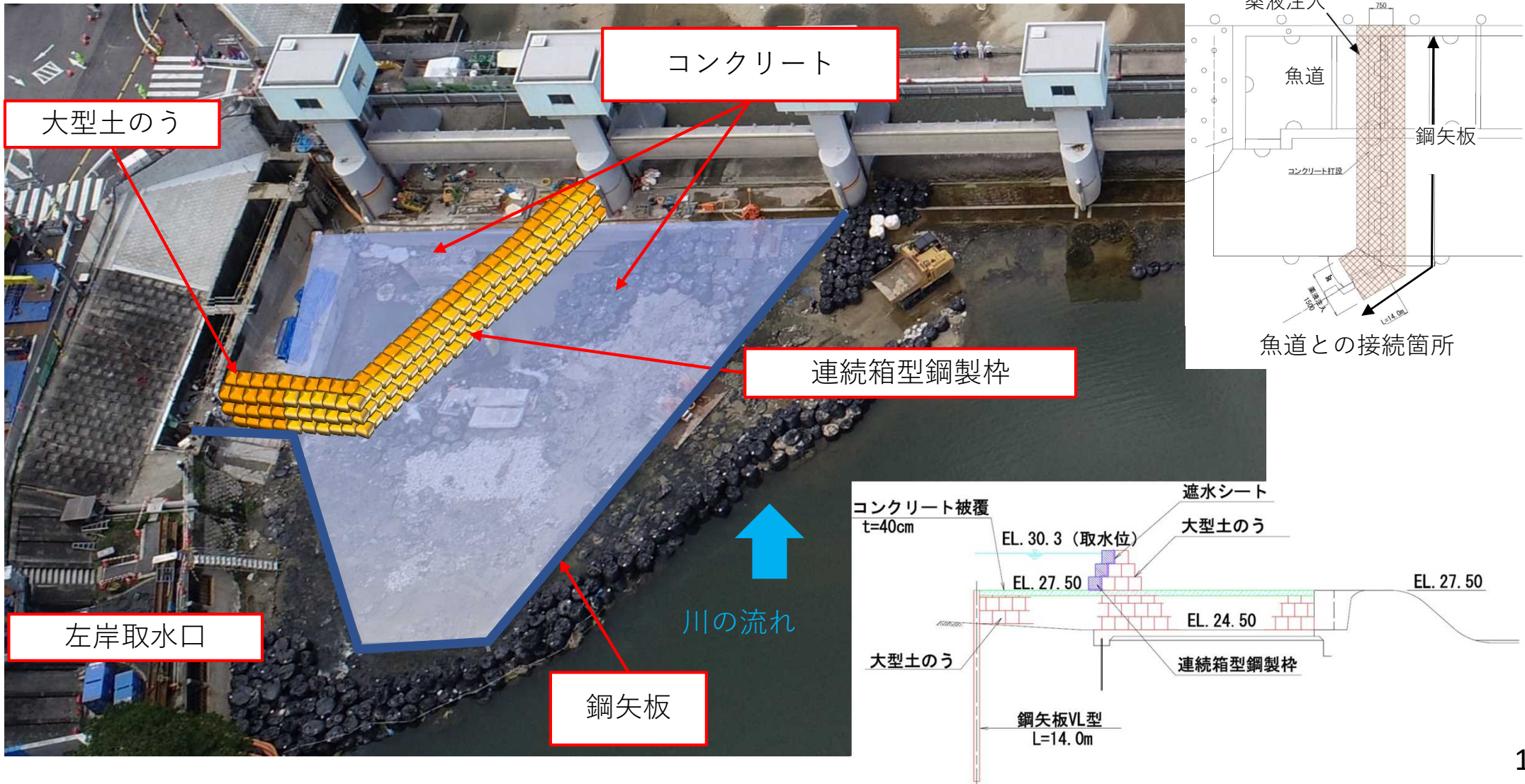
【地震時の荷重の作用位置（重心位置）】



明治用水頭首工堰本体（P1）の安全性の考察（3/5）

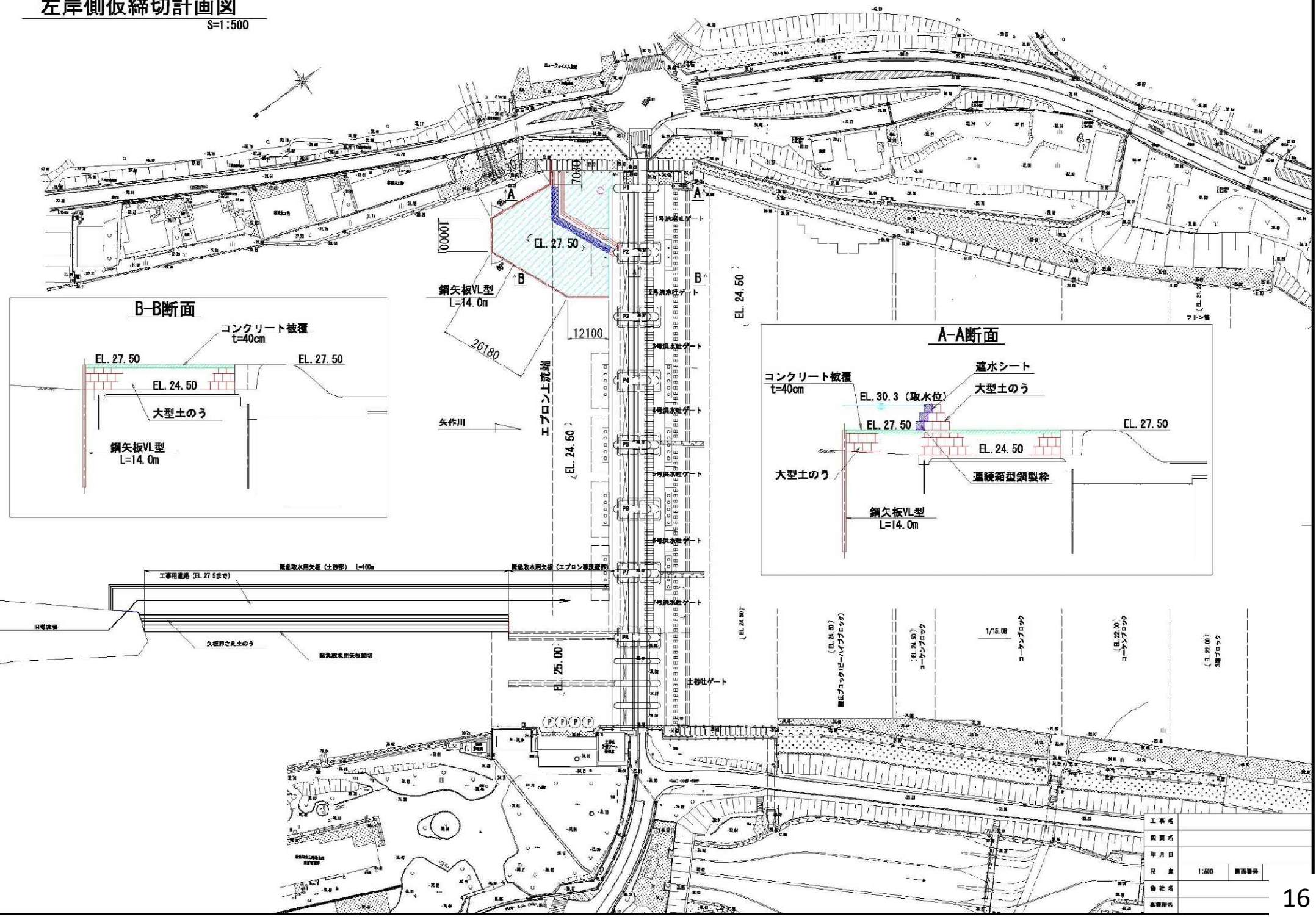
（参考1） 応急対策工の実施

○P1堰柱に直接水圧がかからないように、上流側を矢板と土のうで締切り。
○できる限り流入箇所には水が流れ込まないようにするため、矢板の内側全体を土砂等で埋め、その上をコンクリートで被覆。



左岸側仮締切計画図

S=1:500



B-B断面

コンクリート被覆
t=40cm

EL. 27.50 EL. 27.50

EL. 24.50

大型土のう

鋼矢板VL型
L=14.0m

A-A断面

コンクリート被覆
t=40cm

EL. 30.3 (取水位)

遮水シート

大型土のう

EL. 27.50

EL. 24.50

EL. 27.50

大型土のう

連続箱型鋼製枠

鋼矢板VL型
L=14.0m

工事名	
図面名	
年月日	
尺貫	1:500
会社名	
番付名	

明治用水頭首工堰本体（P1）の安全性の考察（4/5）

空洞充填対策の検討

- 現状はP1堰柱に変状はないものの、堰柱下に空洞がある可能性があり、特に地震時においては、安定性を確保できないおそれがあることから、空洞充填対策を検討
- 充填材料は、十分な強度（P1:0.2N/mm²、固定堰：0.1N/mm²）を有すること
- 十分な充填性を有すること及び水中分離抵抗が高いこと

注入材の種別	モルタル	エアモルタル ・エアミルク
工法概要	モルタルをそのまま注入 配合により高強度が得られる	セメントミルクやモルタルに発泡剤を混ぜ流動性を良くした材料を注入
材料特性	モルタル、ベントナイトモルタル 圧縮強度 1.5N/mm ² 以上 ゲルタイム 数時間～1日	エアミルク、エアモルタル 圧縮強度 1.5N/mm ² ゲルタイム 数時間～1日
施工性	充填性：注入材の逸送、流出あり pH、汚濁の懸念あり 水中不分離抵抗：水中不分離材を使用	充填性：注入材の逸送、流出あり pH、汚濁の懸念あり 水中不分離性：湧水に接触すると気泡分離し品質低下
特徴	生コン工場で製造（プラント不要）	極めて流動性に富み軽量安価 リークが多く材料分離が生じやすい
総合評価	材料分離が生じやすい 品質が劣る	材料分離が生じやすい 品質が劣る
判定	×	×

明治用水頭首工堰本体（P1）の安全性の考察（5/5）

空洞充填対策の検討

注入材の種別	可塑性注入材 (非エア系)	スラグ・石灰系	発砲ウレタン
工法概要	セメントミルクからなる基材と可塑剤をコンピュータ制御し圧送する	スラグを主成分とするA液と石灰系硬化剤を坑口付近で混合し可塑性グラウトを充填する	原液を小型機材にて発砲させ空洞を現場発砲硬質ウレタンフォームで充填
材料特性	セメントミルク+可塑剤 圧縮強度 1.5N/mm ² ゲルタイム 2液混合直後から可塑性	スラグ+石灰系硬化剤・粘着剤 圧縮強度 3.4N/mm ² ゲルタイム 2液混合直後から可塑性	発砲ウレタンフォーム 圧縮強度 0.1~1.2N/mm ² ゲルタイム 1~3分程度
施工性	充填性：可塑状であるが加圧すれば容易に流動する pH、汚濁とも変化は小さい 水中不分離抵抗が高く水中打設可能	充填性：可塑状であるが加圧すれば容易に流動する pH、汚濁とも変化は小さい 水中不分離抵抗が高く水中打設可能	充填性：局所注入が可能、流動性が少ない、発砲剤率調整可能 水中でも発砲し硬化する 注入装置がコンパクトで施工が容易
特徴	コンピュータ制御で品質向上 作業休止時は圧送管機材の水洗いが必要	長距離圧送が可能 逸送、漏出は少ない	大規模な空洞充填には不利 圧縮強度が他の工法に比べ低く、長期的な耐久性にも課題
総合評価	流動性があり材料分離がなく品質が良い	水ガラスを使用しており、環境面で他に劣る	大規模充填に不利
判定	○	×	×

明治用水頭首工下流エプロンの安全性の考察（1/3）

揚圧力に対する安全性について

【現状】

○上流水位が取水位 (EL30.3m) の時に、上流エプロン及び止水矢板が機能していない条件で検証したところ、いずれの地点も揚圧力に対する安全率（4/3以上）を確保できていない状況。

【応急対策後】

○上流エプロン及び止水矢板が機能していない区間について、コンクリートでの閉塞及び上流側鋼矢板締切を行う応急対策の実施により、揚圧力を軽減し、揚圧力に対する安全性を確保。

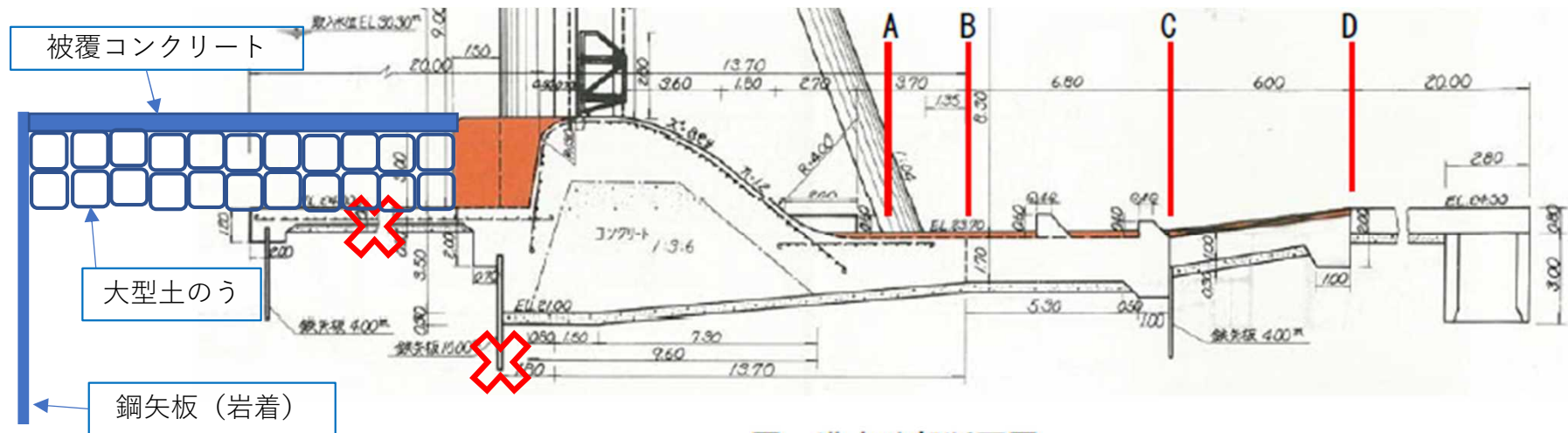


図 洪水吐部断面図

	安全率			
	A	B	C	D
現状	1.136	0.808	0.935	0.624
応急対策後	2.022	1.677	2.222	1.086

明治用水頭首工下流エプロンの安全性の考察（3/3）

洪水時の安全性について（2）

【現状】

- 大規模な洪水を受けておらず下流エプロンに沈下等の変状は見られない
- エプロンの全体に空洞が及んでいないこと、固定堰と一部一体化していること、止水矢板や井筒が支点として支えていることから沈下していないと推測
- $400\text{m}^3/\text{s}$ 程度の洪水を受けると下流エプロンで跳水が発生し、吸出しにより空洞が広がるおそれ
- $500\text{m}^3/\text{s}$ 程度を超える洪水を受けると護床工の範囲で跳水が発生し、減勢効果が期待できなくなり局所洗堀が発生するおそれ

【応急対策後】

- 応急対策を実施し、鋼矢板、大型土のうで仕切ることで、洪水時の左岸側流下量を低減
- 応急対策に加え、洪水吐ゲートを右岸側から開ける操作をすることで、下流水位が上昇し、左岸側での跳水発生を抑制
- 上記対策により、洪水時のエプロン及び護床工への影響を軽減

