資料３

調査の実施結果等

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	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、水みちの地質図、空洞厚さ分布図	・P4より右岸は10月以降に実施予定 資料３－３ 資料５－３
	魚道底版の削孔調査、簡易貫入試験、カメラ撮影	左岸魚道	底版下部の空洞の有無等の確認のため	実施済	空洞厚さ分布図	資料５－３
	トレーサー試験（比重1ボール流下調査等）、水中カメラ	流入口	流入口から流出口までの水みちの位置・延長等の確認のため	実施済	パイピング想定ルート図	資料３－３ 資料５－３
	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	実施中	空洞厚さ分布図	資料５－３
	空洞の流向、流速の調査	空洞部	上流流入口の閉塞後における状態把握のため	継続中	応急対策の検証	コア抜き孔等を利用し計測中（8/5～）
	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	実施済	空洞厚さ分布図	資料５－３
	水中3Dスキャナ	流入口 流出口	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	実施済	堰位置における空洞図	資料３－５
	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	実施済	粒度分布図	資料３－４
②堰本体の状態	レベル測量（堰柱（P1, P2）、橋台、洪水吐き堰体）	同左	構造物の変形の確認のため	継続中		
	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			
	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	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	実施済		

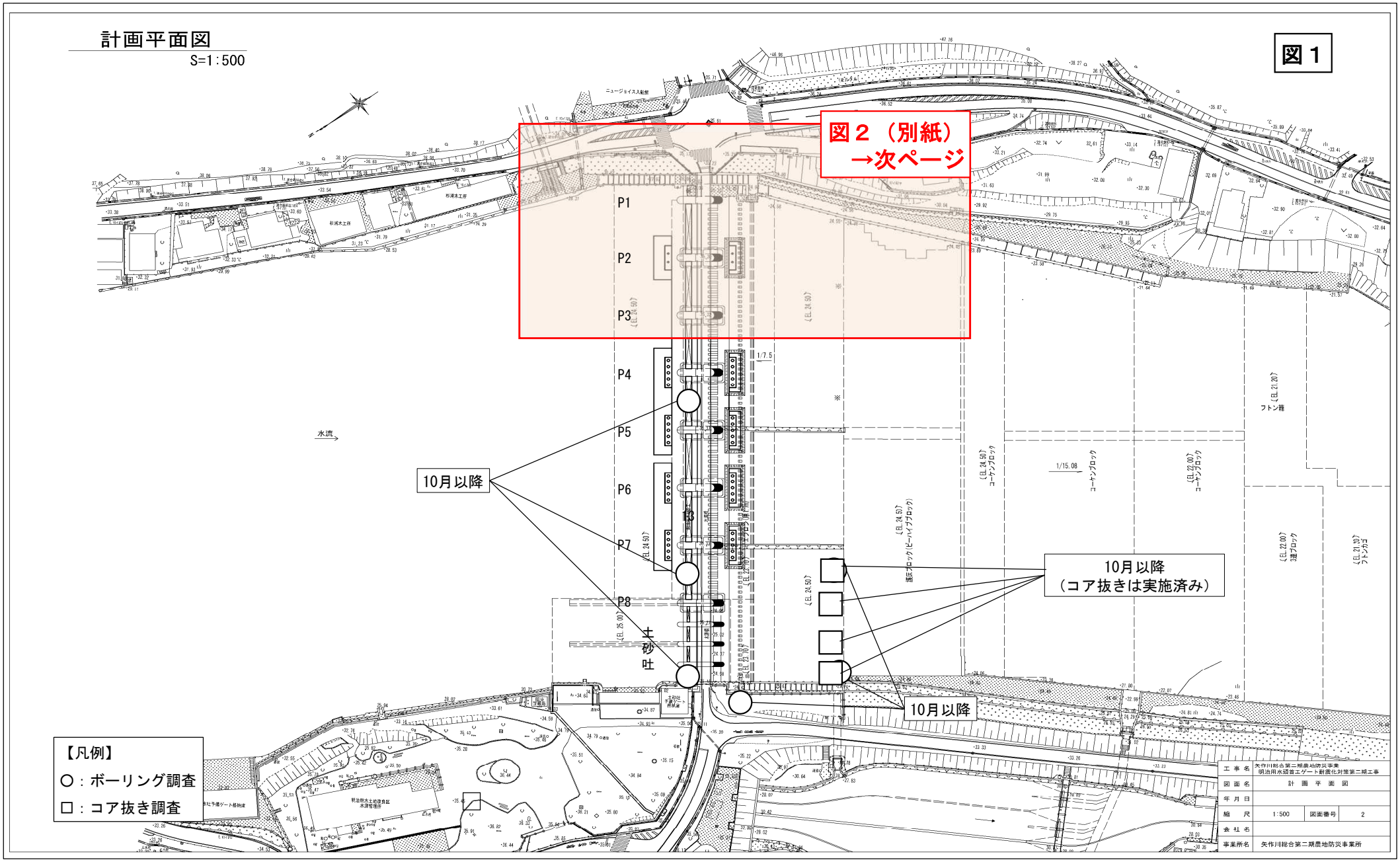
調査実施状況管理表

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
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	継続中		
	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	継続中	エプロンにおける空洞図	
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	実施中	止水矢板ラインの地質図（止水矢板の位置図含み）	P4より右岸は10月以降に実施予定
	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	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		仮締切設置後に実施予定
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	継続中		
	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	継続中		
	漏水量の計算		基本的なデータ収集のため	実施済		
	流入・流出口のモニタリング（ドローン、カメラ）		基本的なデータ収集のため	継続中		
⑥老朽化の確認	コンクリートの摩耗、ひび割れ等エプロンの変状を近接目視	下流エプロン	劣化・変状の確認のため	実施中	パイピングの原因究明	H20機能診断調査の定点調査と同じ地点を調査予定
	継目の変状や止水性、止水板の有無等を確認	下流エプロン（3箇所）	劣化・変状の確認のため	実施中	パイピングの原因究明	コア抜きでサンプリング調査予定

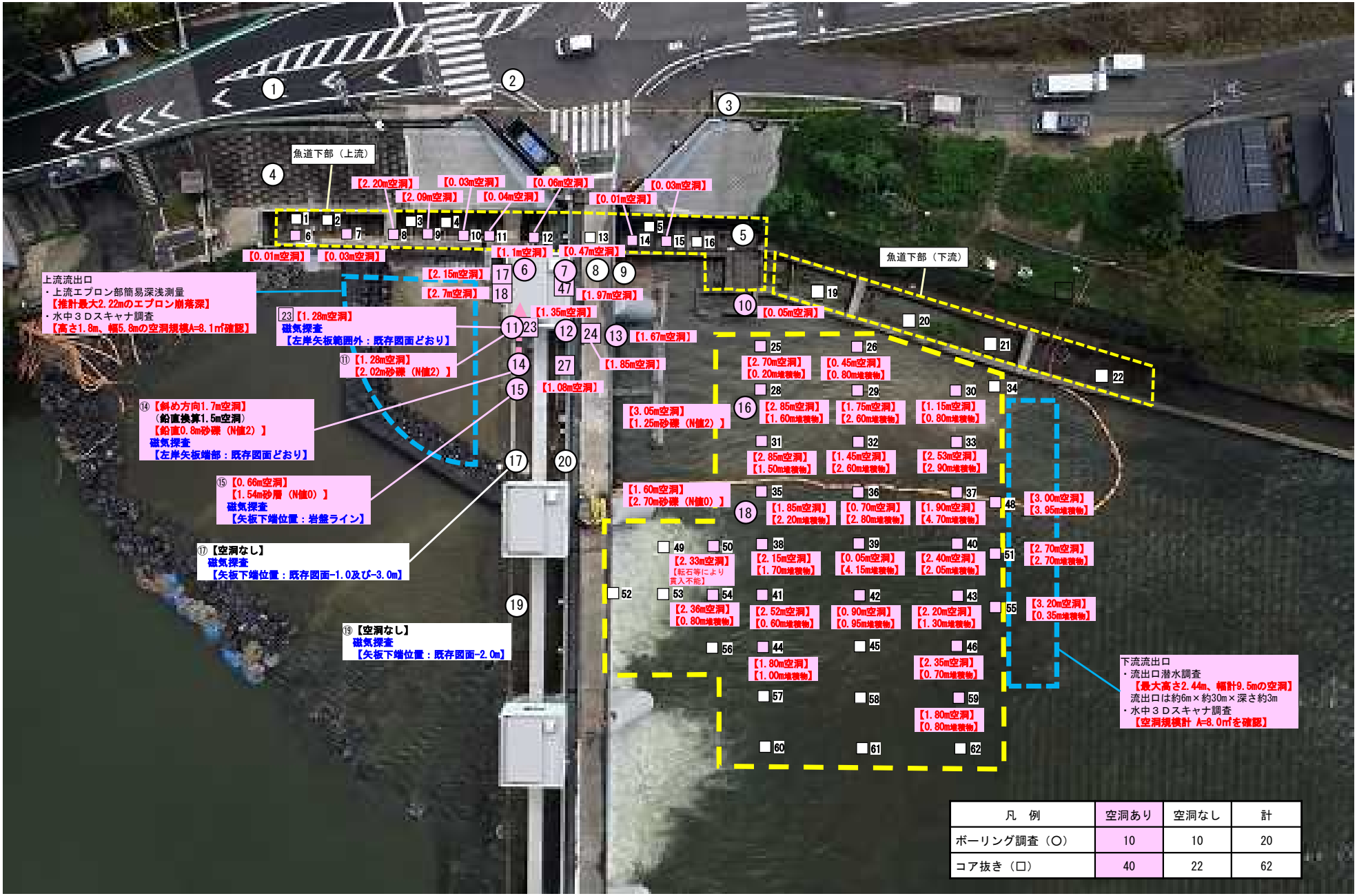
主な調査の実施位置等（全体位置図）

資料３－２－１



主な調査の実施位置等（流入出口・左岸～P3周辺図）

資料３－２－２



凡　例	空洞あり	空洞なし	計
ボーリング調査（○）	10	10	20
コア抜き（□）	40	22	62

浸透路長の確認

これまでのボーリング調査及びコア抜き調査結果を基に最短の浸透路長を確認。

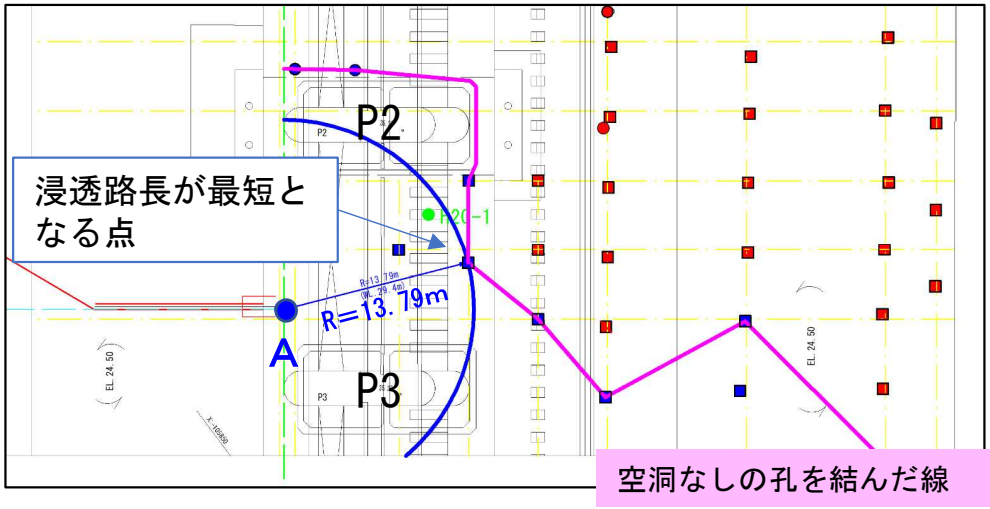
これまでの調査結果を基に、地点Ａ※１から浸透路長が最短となる点※２を選定（右図参照）。

※１　地点Ａは左岸応急工事で設置した矢板と堰本体との接合部

※２　この点より下流側の空洞の有無は確認中。

浸透路長が最短となる点までの距離は13.79m。縦断図は、下図のとおりであり、確保可能な浸透路長は59.59m。

S＝1.2+3.5+3.9+18.2+3.0+8.0+8.0+13.79=59.59m



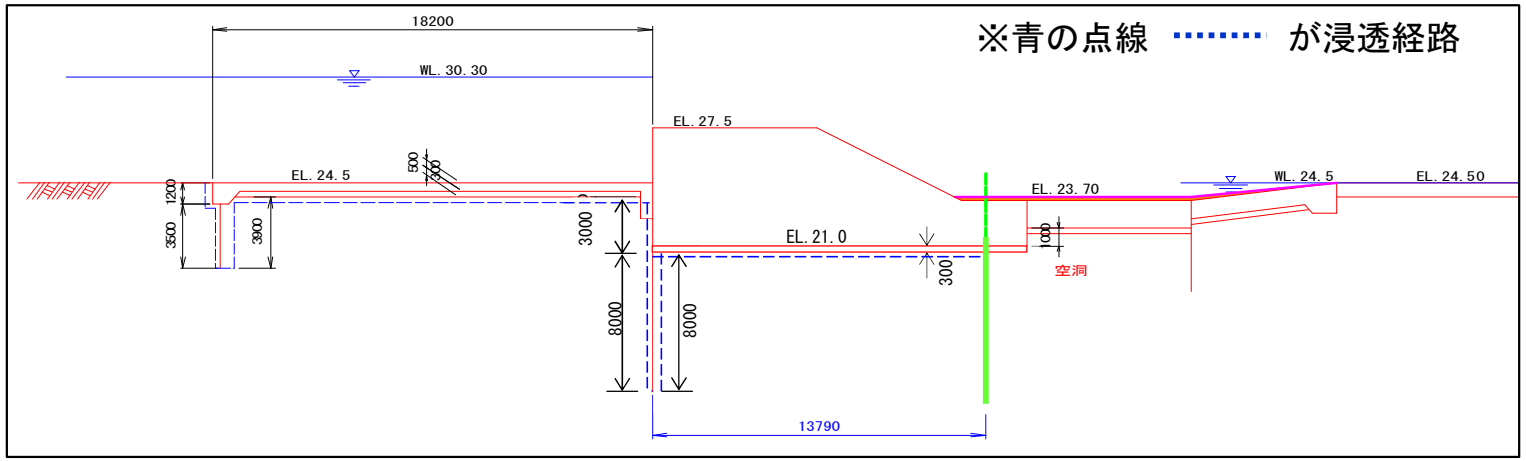
○　ブライの方法より、浸透路長59.59mの場合の上下流最大水位差を求めると4.9658m。

・ΔH=S/C=59.59m/12=4.9658m　（C値は当初設計と同じ12）

水位差ΔH=4.9658mの場合の上流水位はW.L. 29.46mとなる。

・E.L. 24.50+4.9658 =W.L. 29.4658m → **WL. 29.46m** ※３

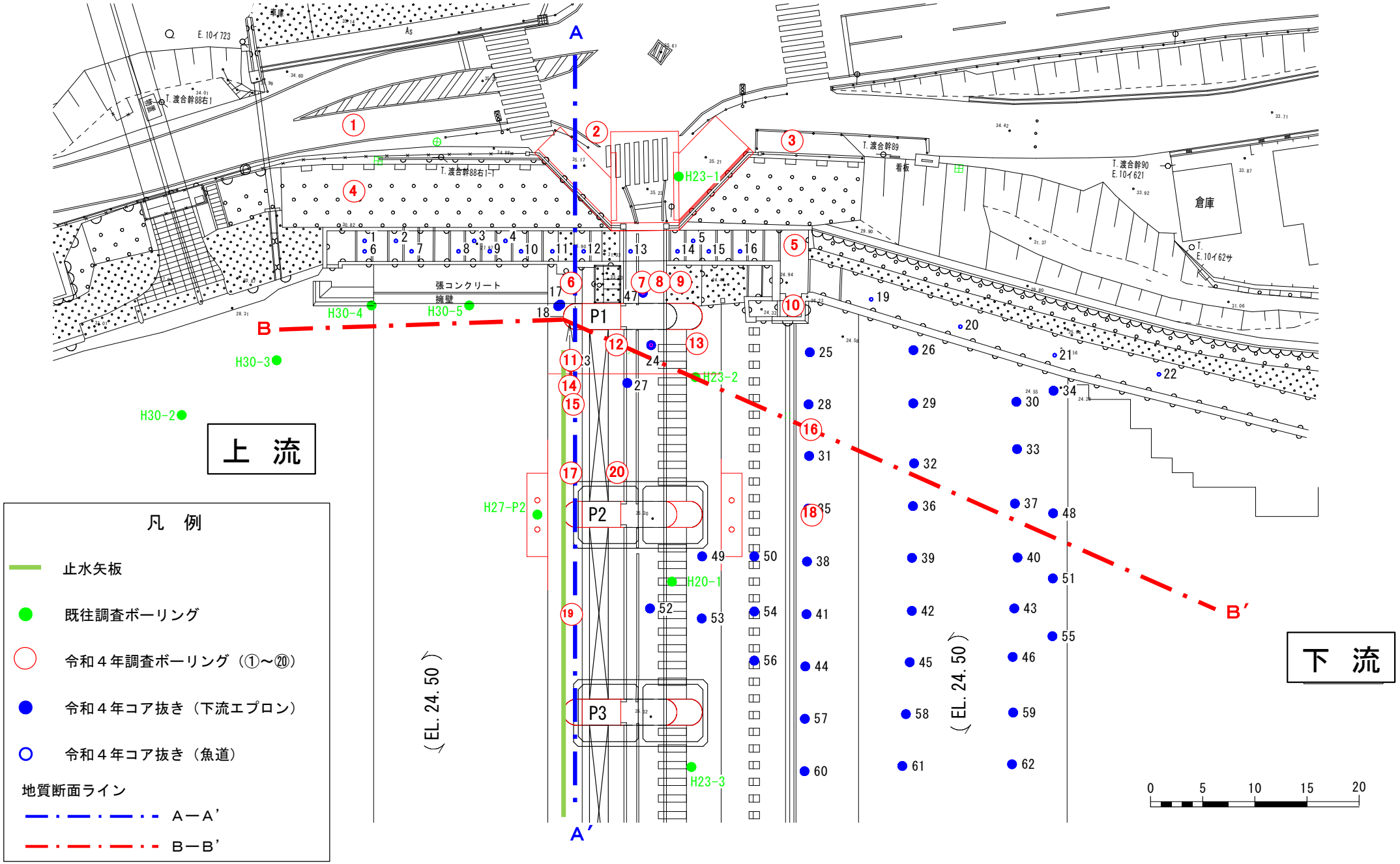
※３　空洞部分に可塑性充填材を注入することで、上記水位を上昇させることも検討。



○ ボーリング調査（赤：空洞あり　青：空洞なし）
□ コア抜き（赤：空洞あり　青：空洞なし）
◘ コア抜き後ボーリング調査
● 既往のボーリングデータ

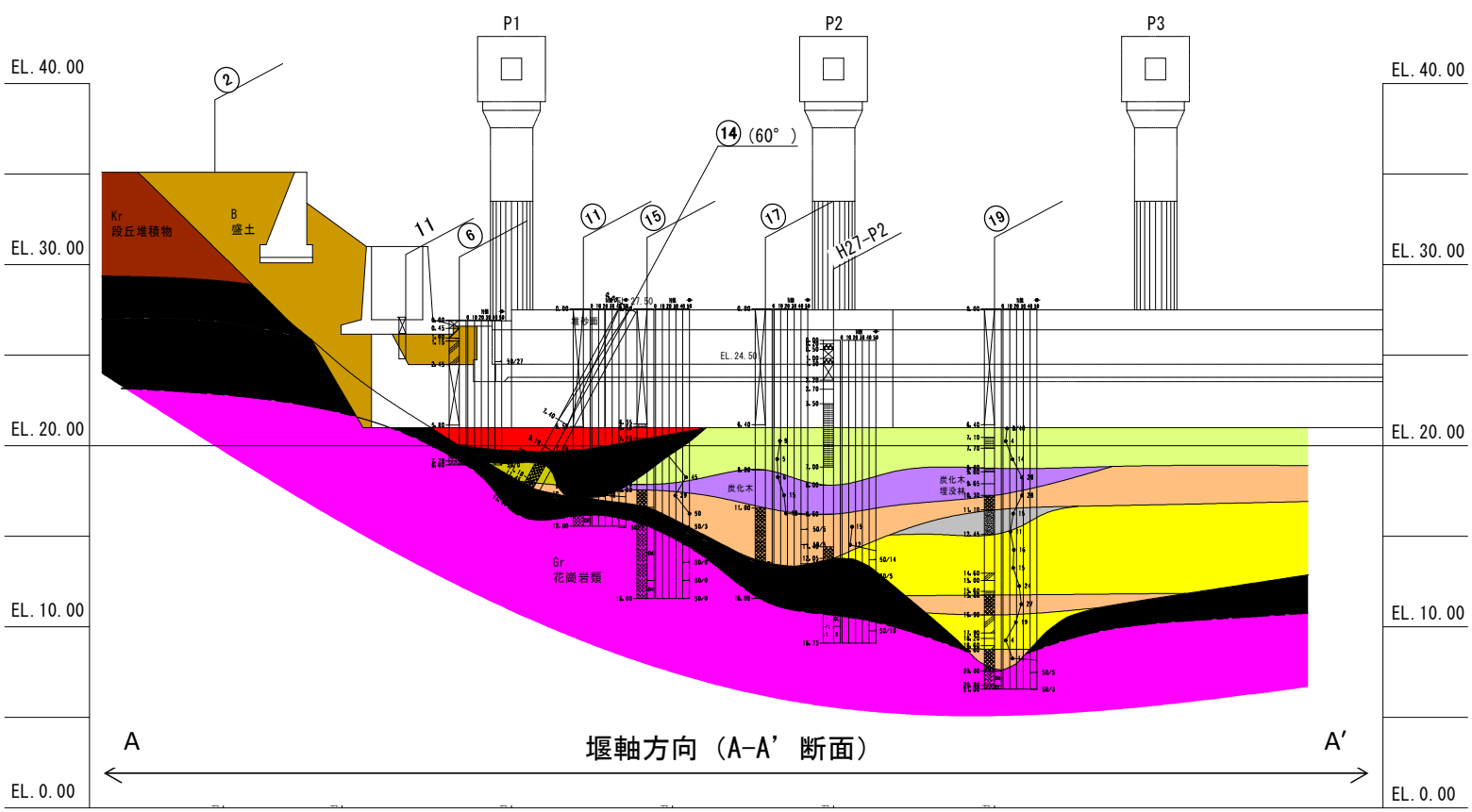
調査ボーリング等　位置図

資料３－３



地質断面図（堰軸方向（A-A’ 断面））

○堰体直下に、Ｎ値10未満の緩い砂層が、３～５ｍ程度の厚さで分布。
○魚道からP1堰柱とP2堰柱との中間付近にかけて、上記の緩い砂層の分布深度に、最大厚さ３ｍ余りの空洞（空洞内堆積物と考えられる層を含む）を確認。



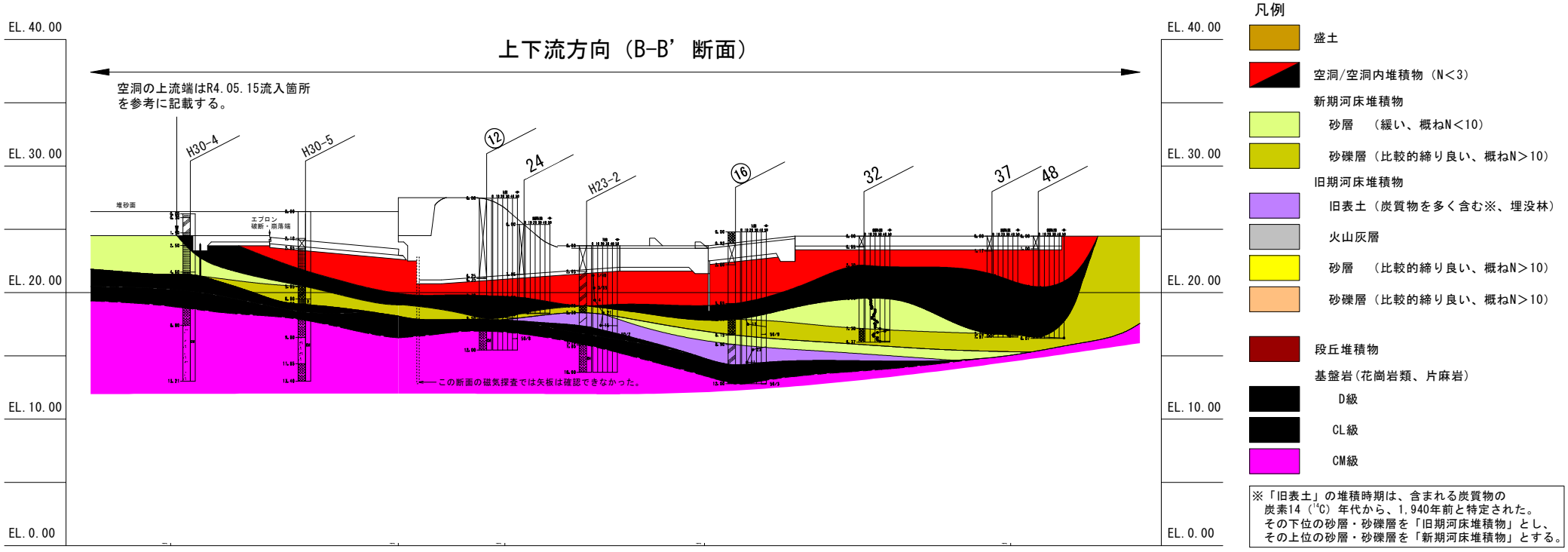
凡例

- 盛土
- 空洞/空洞内堆積物（N＜3）
- 新期河床堆積物
  - 砂層　（緩い、概ねN＜10）
  - 砂礫層（比較的締り良い、概ねN＞10）
- 旧期河床堆積物
  - 旧表土（炭質物を多く含む※、埋没林）
  - 火山灰層
  - 砂層　（比較的締り良い、概ねN＞10）
  - 砂礫層（比較的締り良い、概ねN＞10）
- 段丘堆積物
- 基盤岩（花崗岩類、片麻岩）
  - D級
  - CL級
  - CM級

※「旧表土」の堆積時期は、含まれる炭質物の炭素14（^{14}C）年代から、1,940年前と特定された。
その下位の砂層・砂礫層を「旧期河床堆積物」とし、
その上位の砂層・砂礫層を「新期河床堆積物」とする。

地質断面図（上下流方向（B-B’ 断面））

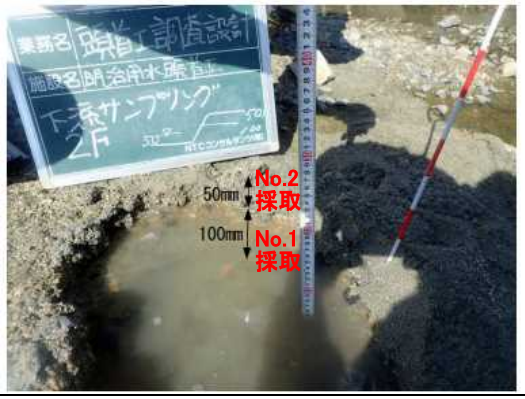
〇基盤岩は下流に向かって、緩く傾斜。
〇下流に向かって、Ｎ値10未満の緩い砂層が分布。
〇流入口からP1堰柱、下流エプロンにかけて、この緩い砂層の分布深度に空洞（空洞内堆積物と考えられる層を含む）を確認。



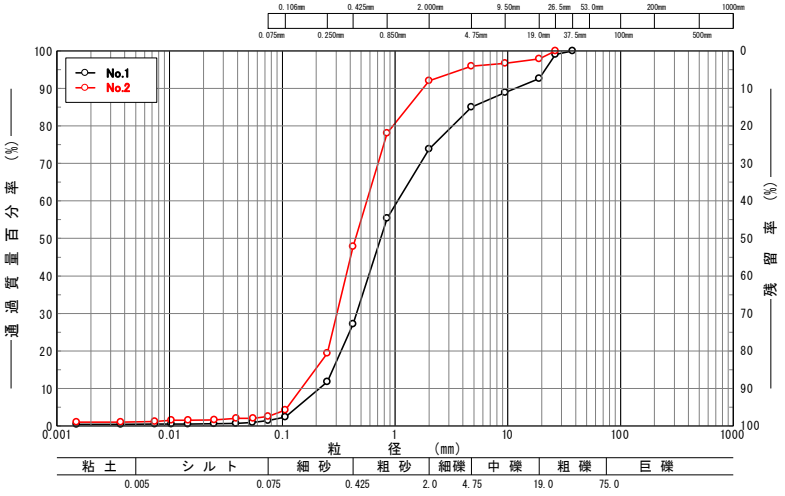
流出土の性状（下流エプロン上の堆積土の粒度組成）

○堰周辺流出箇所の土質性状を確認するため、漏水発生後に下流エプロン上に噴出･堆積した流出土を、上層５cmと下層10cmに分けて採取。
○粒度分析した結果、上層では90%程度、礫が多い下層も70%以上が砂分であることを確認。

試料採取場所は下流エプロン左岸端で、漏水発生後に堆積したと考えられる緩い砂が厚さ15cmほどエプロンを覆っており、上層5cmに比べて下層10cmは礫が多い。
一帯の堆積土は締まりが緩いうえ河川水が常時浸透するため、非常に軟弱でぬかるんだ状態。



試料名	対象地質		土粒子密度	粒度組成								
	分類	記号	ρ_s (Mg/m^3)	最大粒径 D_{max} (mm)	礫分 G_{+2mm} (%)	砂分 S (%)	ｼﾙﾄ分 M (%)	粘土分 C (%)	細粒分 $F_{c-75\mu m}$ (%)	均等係数 Uc	50%粒径 D_{50} (mm)	10%粒径 D_{10} (mm)
No.1（下層10cm）	礫質砂	SG	2.666	37.5	26.2	72.4	0.9	0.4	1.4	5.0	0.745	0.213
No.2 （上層5cm）	礫まじり砂	S-G	2.660	26.5	8.0	89.5	1.4	1.1	2.5	3.8	0.447	0.147

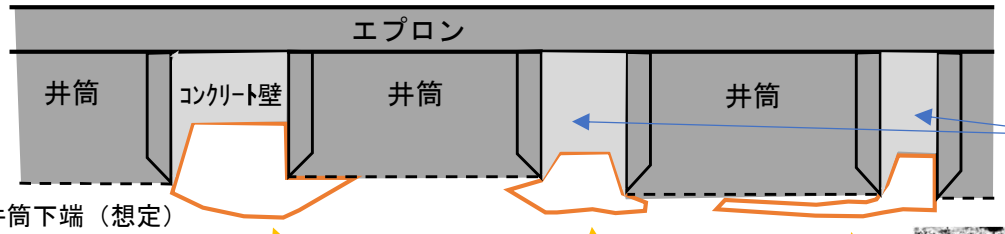


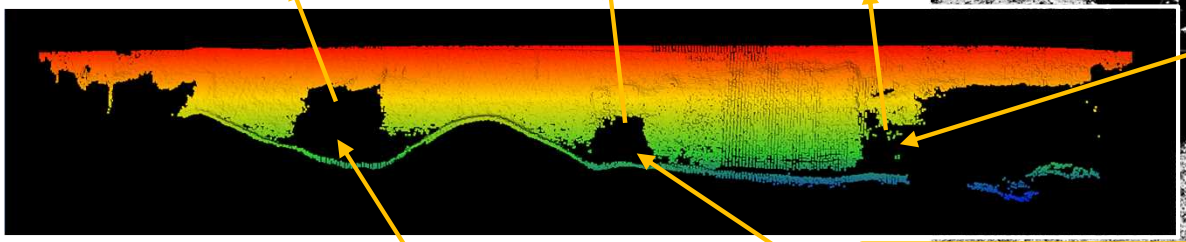
粒度組成が砂分に偏っており、特に上層５cm（No.2）では、約90%が砂分。
下層10cm（No.1）も外観上は礫に富むように見えるが、実際は70%以上が砂分。

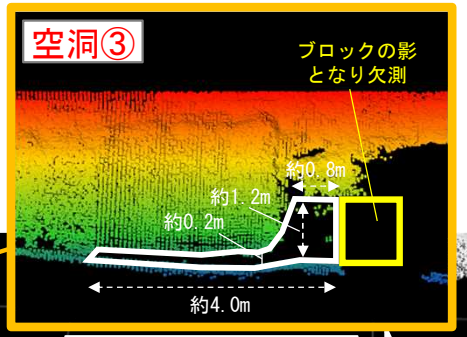
下流流出口（水中３Ｄスキャナ調査）

〇下流流出口周辺にて調査船（音響機器センサー）による流出口形状を推定。
〇下流エプロンの下流端に<u>３か所の空洞あり（合計空洞規模 A=8.0㎡）</u>。
〇井筒と井筒の間の下端に空洞を確認。

井筒周辺空洞位置図（下流から上流を臨む）

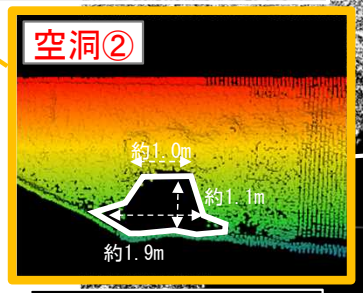






空洞面積 約2.2㎡（図測）

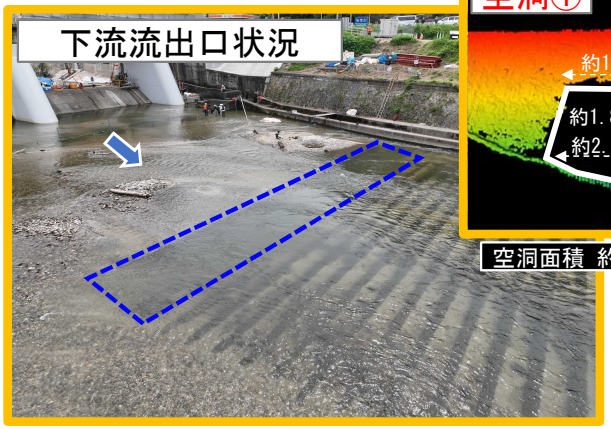
左岸側

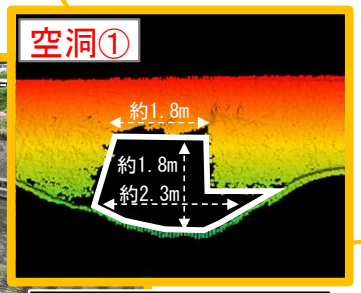


空洞面積 約1.5㎡（図測）

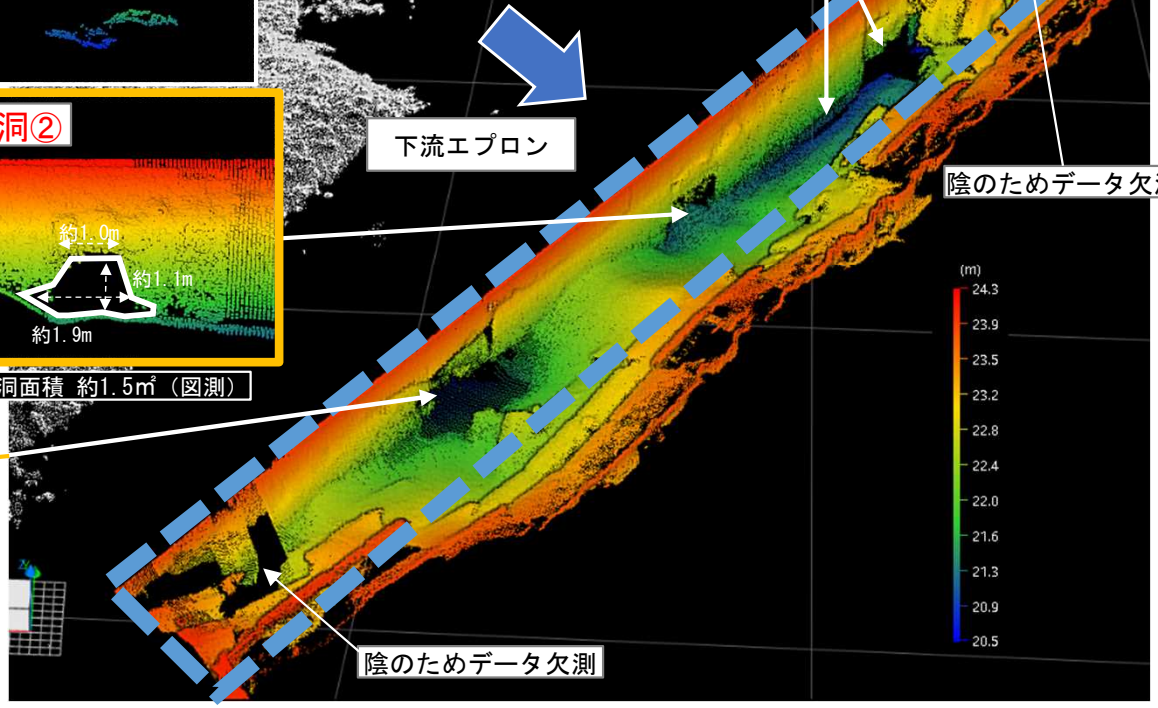
下流エプロン

陰のためデータ欠測





空洞面積 約4.3㎡（図測）

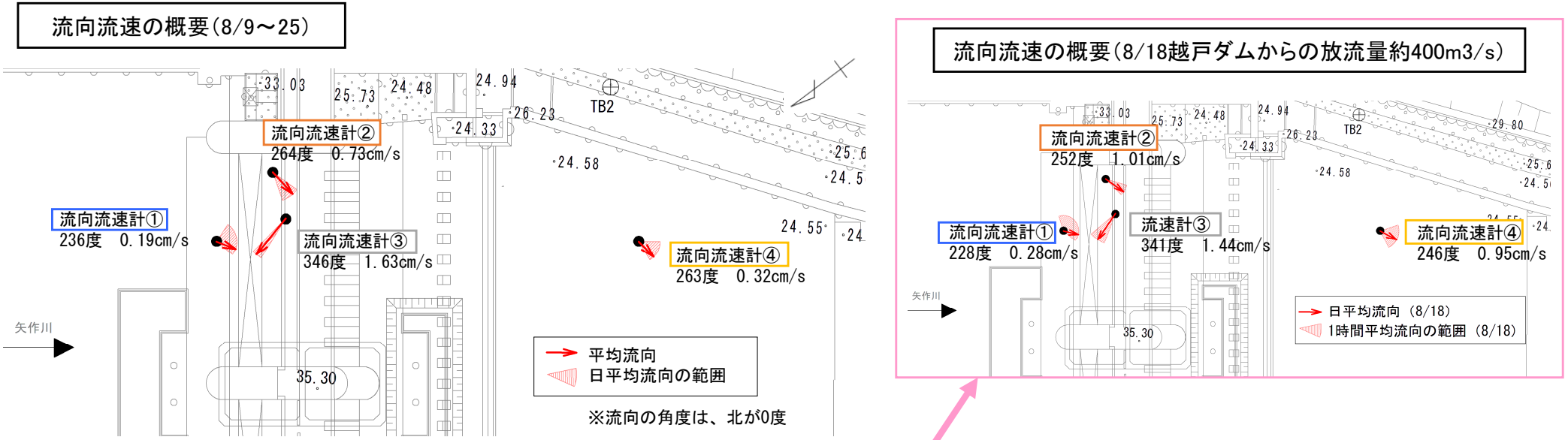


陰のためデータ欠測

右岸側

空洞内の流向流速調査結果

○流向流速計①、②、④の地点の流向は、調査期間を通じて下流方向を示し、流向流速計③の地点は、上流右岸方向を示している。
○流速については、調査期間を通じて概ね一定であり、越戸ダムからの放流量が最大となった８月18日の出水時（約400m3/s）は、エプロン部④のみ流速が速くなっている。



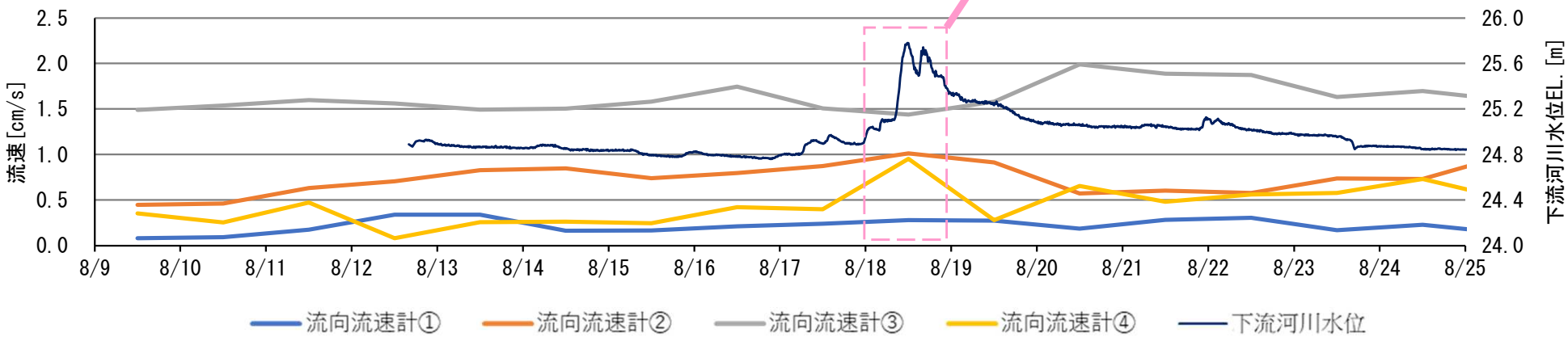


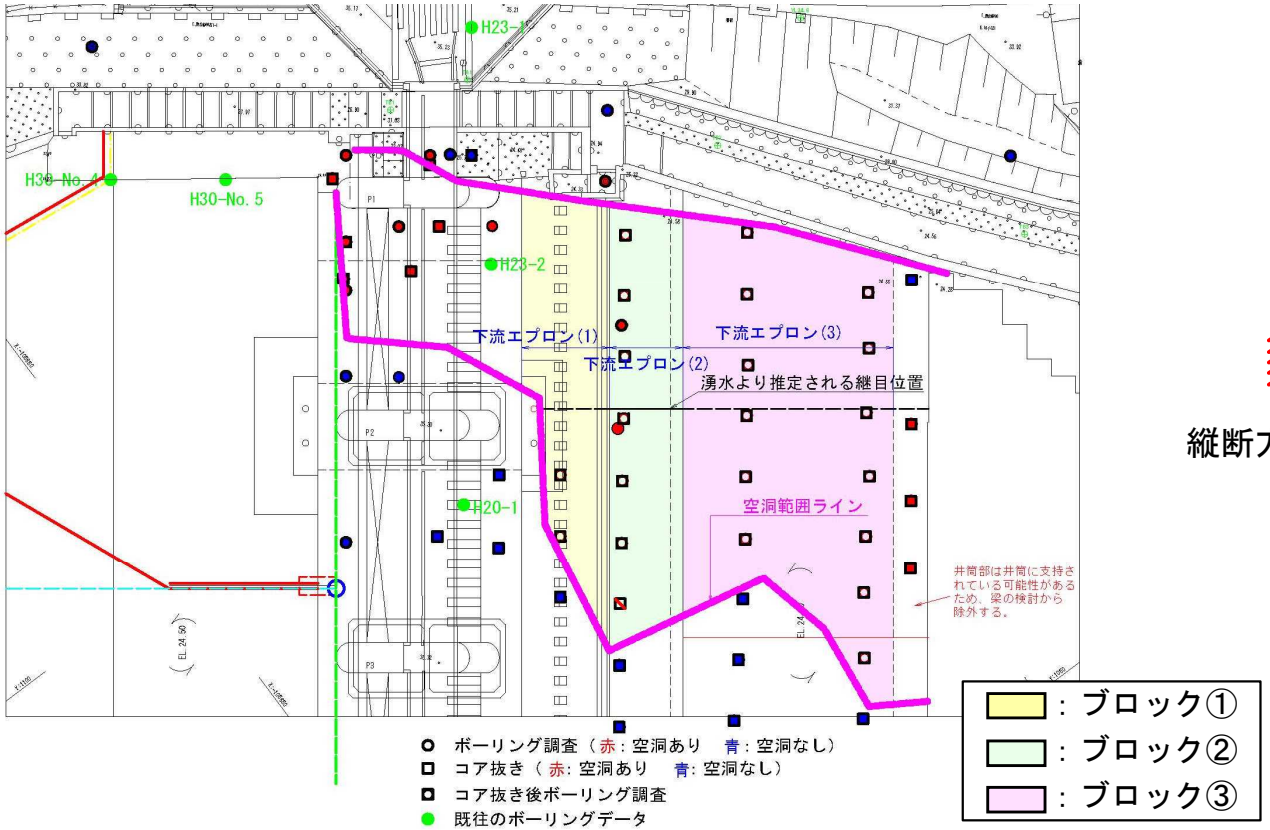
図　日平均流速、下流河川水位の変化

※ 水位計は設置タイミングが異なるため、データのない期間が存在する。
※ 平均流速は、期間内の流向変化を加味した平均値。

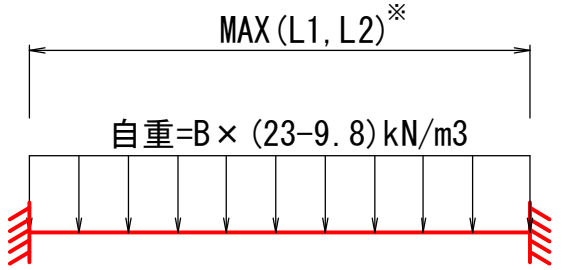
下流エプロンの安定性の考察

エプロンの安定性の検証

【検証の前提】
○現在下流エプロンは沈下していないが、これは、河川横断方向の空洞のない箇所の基礎地盤に支えられているためと想定。
○エプロンの湧水跡から上下流方向に継目が入っていることを確認しており、この継目と基礎地盤（空洞がない箇所）を固定端とした梁構造として照査を実施。
○エプロン構造の違いから、上下流方向３ブロックに分割して、検討。
【検証ケース】
○ケース１：現状のエプロンに浮力が作用した場合（下流水位24.5m以上）
○ケース２：渇水期の水位が低い状況で浮力が作用しない場合（下流水位22.0m以下）



梁の応力計算モデル図



L1：各ブロックの平均幅（左岸基礎地盤～継目）
L2：各ブロックの平均幅（右岸基礎地盤～継目）
B ：単位幅（１m）

※平均幅が長い方の値を採用

照査結果

○浮力あり（下流水位24.5m以上）のケースでは、曲げ応力、せん断応力ともに許容値を満たす。
○浮力なし（下流水位22.0m以下）のケースでは、曲げ応力が許容値を満たさない。
○河川水位が低下した場合には、危険な状態となるため、非出水期に既存エプロンを撤去し、空洞部分を埋め戻した上で復旧。

梁の照査結果【曲げ判定】

検証ケース	ブロック名	最大曲げﾓｰﾒﾝﾄ（N・mm）	最大曲げ応力（N/mm2）	許容曲げ応力（N/mm2）	判定
浮力あり	ブロック①	704,902,000	1.057	1.75	○
	ブロック②	552,569,000	1.474	1.75	○
	ブロック③	349,208,000	1.732	1.75	○
浮力なし	ブロック①	1,228,238,000	1.842	1.75	×
	ブロック②	962,809,000	2.567	1.75	×
	ブロック③	609,308,000	3.021	1.75	×

梁の照査結果【せん断判定】

検証ケース	ブロック名	最大せん断応力（N）	最大せん断力（N/mm2）	許容せん断力（N/mm2）	判定
浮力あり	ブロック①	232,280	0.118	0.330	○
	ブロック②	181,170	0.121	0.330	○
	ブロック③	123,250	0.112	0.330	○
浮力なし	ブロック①	411,700	0.206	0.330	○
	ブロック②	315,675	0.210	0.330	○
	ブロック③	215,050	0.196	0.330	○