

6 調査結果

(1) 底盤の状況

- ・底盤のコア抜き結果により、側水路と放水路の接続部及びその下流に、底盤下の空洞があることが確認された。(次ページ○箇所)
放水路部の C-8~12 のうち、C-10 以外は空洞が確認され、空洞の最大は C-8 の 7cm であった。
- ・側水路の底盤 C-1~C-7 においては地山を採取でき、空洞がないことを確認した。
- ・道路側の側壁と底盤との間には隙間はなかった。過去に底盤を増厚した経緯があり、その後の標高は不明であるが、調査結果から沈下はなかったものと推測された。
- ・側水路の底盤コンクリートは建設時に 30cm 程の厚さで施工されており、その後平成 11 年度に上面をはつり、17~25cm 増厚した経緯がある。
採取したコアもおおむね 20cm 厚で粗骨材^(?)が変わっており、また、その位置付近で分離している箇所が多いことを確認した。C-1、C-2 は増厚等の補修歴はない。
- ・新コンクリートは新鮮、旧コンクリートもおおむね新鮮と評価されているが水平に亀裂が確認された。
- ・圧縮強度は現行の設計基準強度 21N/mm² をおおむね満足していた。
- ・底盤傾斜始点に損傷箇所が確認された。(写真)

表 6-1 : 底盤コンクリート (旧コンクリート) 強度試験結果一覧

地点名	—	C-2	C-4	C-7	C-9	C-11
位置	m	0.02~0.40	0.20~0.50	0.17~0.58	0.35~0.53	0.24~0.50
圧縮強度	N/mm ²	39.28	21.78	25.19	20.7	22.5

※位置 : 側水路底盤表面からの深さ

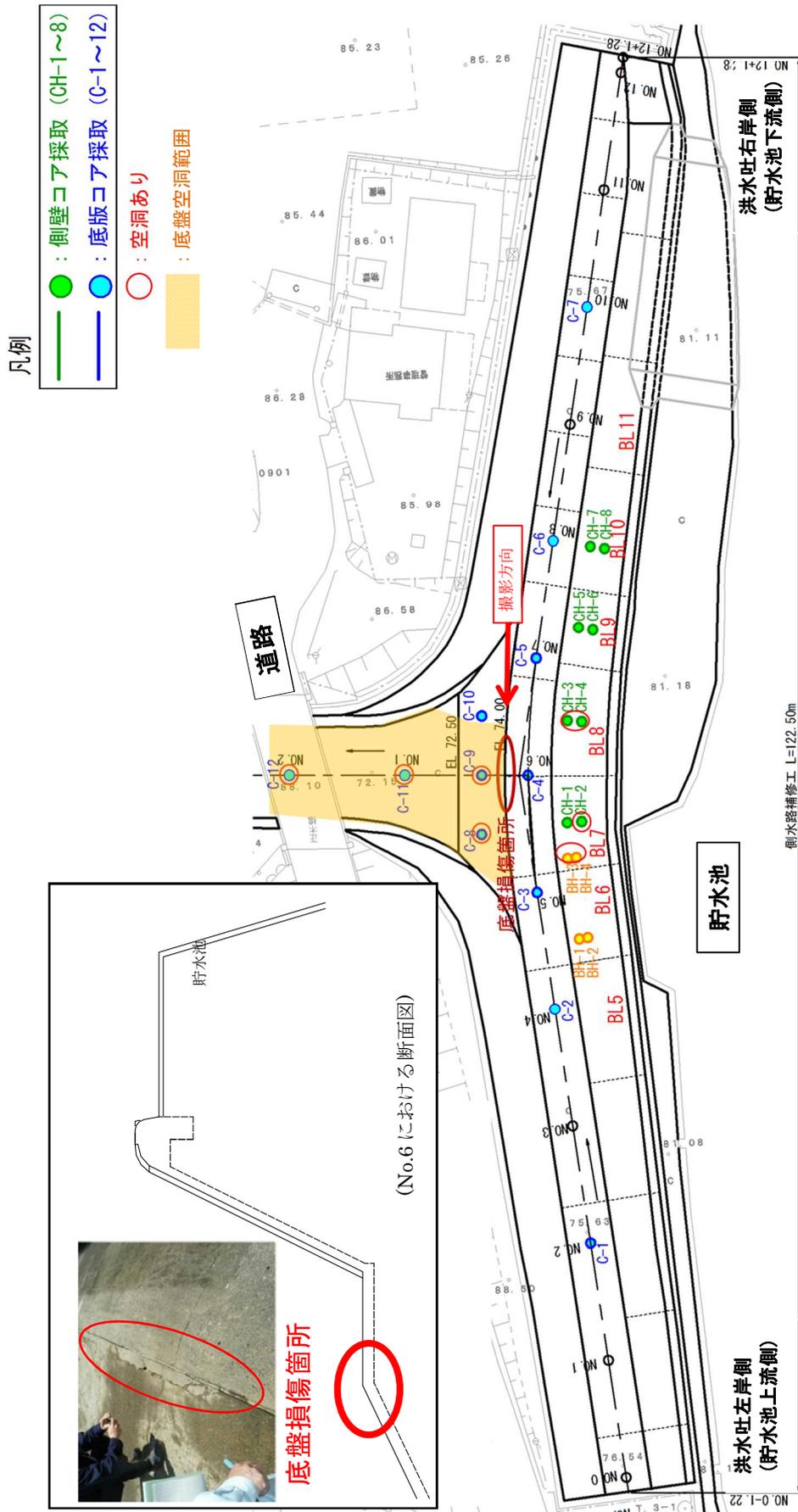


図 6-1 : 調査箇所位置図

(2) 側壁の状況

側壁の状況（全体の変状、ひび割れ状況、越流堰前面の開口状況）を整理すると、ブロック毎に下表および次のとおりである。

- ・中央部2ブロック（BL7, BL8）は、側壁の押し出し・底部の浮き、多数のひび割れ、越流堰前面の開口と変状が発生している。
- ・その両側のBL6, BL9及びBL10にもひび割れや開口等が見られる。また、

BL11でも

水平ひび割れが見られる。

→中央ブロックの変状が大きく、中央ブロックから離れるほど、変状は軽度となっている状況である。

表 6-2：側壁の状況一覧表

ブロック	側壁の損傷状況			越流堰前面の開口状況	(漏水発生時の)漏水の有無	備考
	全体変状	ひび割れ	背面の空洞			
BL1	特になし	特になし	—	なし	打継目は湿潤	左岸端部ブロック
BL2	特になし	特になし	—	なし	打継目は湿潤	
BL3	特になし	特になし	—	なし	打継目は湿潤	
BL4	特になし	特になし	—	なし	打継目は湿潤	
BL5	特になし	特になし	—	なし	打継目は湿潤	一部補強壁部
BL6	特になし	ひび割れ数本(扇状ひび割れの端部)	一部有り	開口または亀裂あり	あり(打継目湿潤)	補強壁部
BL7	押し出し +底部浮き、漏水	水平ひび割れ2本その他、ひび割れ多数	あり	開口または亀裂あり、補強壁部は損傷あり	あり(打継目湿潤)	半分補強壁部
BL8	押し出し +底部浮き、漏水	水平ひび割れ3本その他、ひび割れ多数、破壊亀裂	あり	開口あり(最大5cm程度)	あり(打継目湿潤)	
BL9	特になし	水平ひび割れ1本その他、下部に数箇所ひび割れ	なし	開口あり	あり(打継目湿潤)	
BL10	特になし	水平ひび割れ1本その他、下部に若干ひび割れ	なし	若干あり	あり(打継目湿潤)	
BL11	特になし	水平ひび割れ1本のみ	—	なし	打継目は湿潤	半分切欠部
BL12	特になし	特になし	—	なし	打継目は湿潤	切欠部
BL13	特になし	特になし	—	なし	打継目は湿潤	切欠部
BL14	特になし	特になし	—	なし	打継目は湿潤	右岸端部ブロック

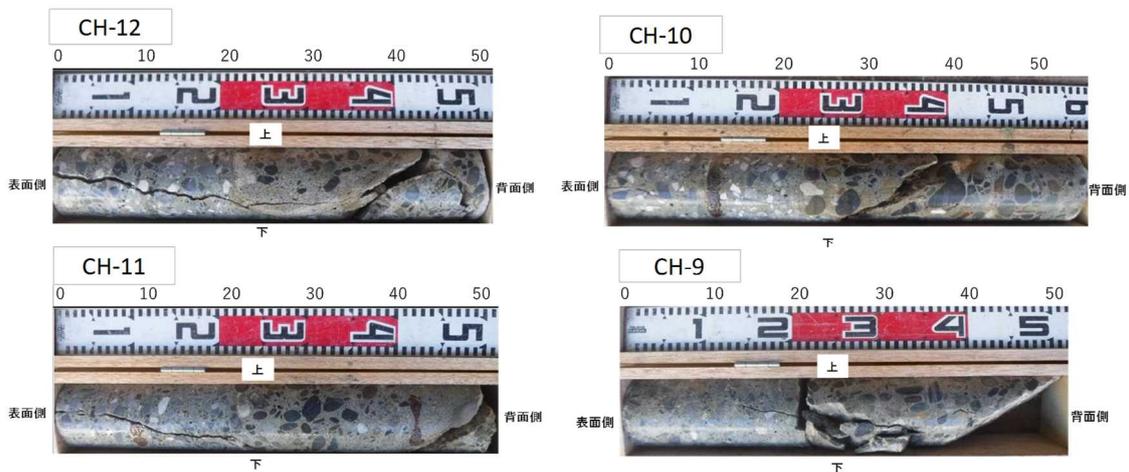
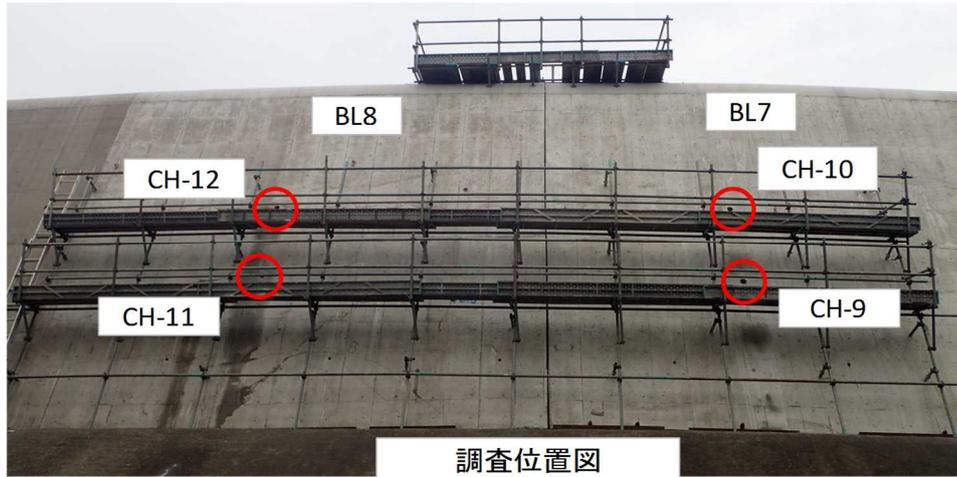
※ブロック(BL)：洪水吐水路側壁面改修時にコンクリートを打設した単位



○ひび割れ状況
 側壁に発生したひび割れを写真上でトレースすると右図のとおりである。
 ひび割れには大きく次のように分類される。
 ①水平ひび割れ…BL7、BL8に2本、BL6、BL9～BL11に1本発生している。
 ②扇状ひび割れ…BL6、BL8、BL9に発生している。
 ③鉛直ひび割れ…BL7に数本発生している。
 特にBL8については破壊されたような大きな亀裂が発生している。

図 6-2：側壁の状況図

- ・側壁クラック部におけるコア採取結果を以下に示す。



CH-12
 新旧境界22cm辺り（分断亀裂なし）
 旧コンクリート奥部に水平打継目による分離あり
 表面のひび割れは水平打継目に到達
 水平打継目から奥は破壊
 新コンクリートの下側一部（27～37cmあたり）が
 水平打継目に入り込んでいる
 ひび割れ幅：表面最大、深部最小の傾向。

CH-10
 新旧境界22cm辺り（分断亀裂なし）
 旧コンクリート奥部に水平打継目による分離あり
 表面のひび割れは水平打継目に到達
 水平クラック、水平打継目以外の破壊なし
 ひび割れ幅：右側：表面最大、深部最小の傾向。
 左側：同規模で連続（中間部最大）

CH-11
 新旧境界22cm辺り（分断亀裂なし）
 旧コンクリート奥部に水平打継目による分離あり
 表面のひび割れは旧コンクリートまで達し、表面
 付近で外れている
 水平クラック、水平打継目以外の破壊なし
 ひび割れ幅：おおむね同規模で連続。

CH-9
 新旧境界22cm辺り（分断亀裂有り）
 旧コンクリート奥部に水平打継目による分離あり
 表面のひび割れは旧コンクリート内にも連続
 ひび割れ幅：表面最小、深部最大の傾向。

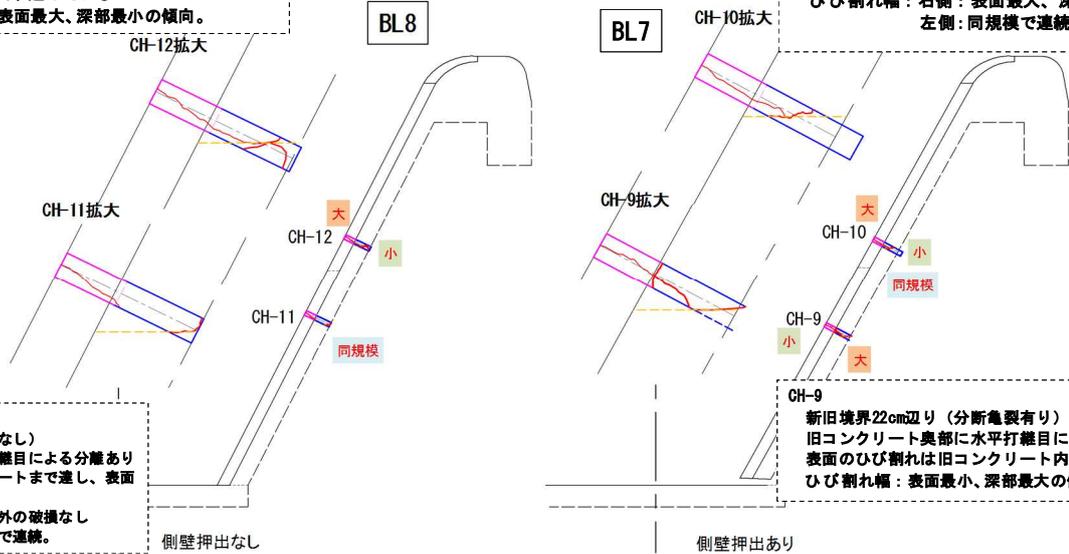


図 6-3：側壁クラック部のコア採取結果

(3) エプロン部の状況

- ・エプロンと地山との境について、コア採取等から空洞は確認されていない。
- ・切欠工事開削の際、エプロン直下の地山が風化していることが確認されている。
この風化部を通り、浸透水が側壁に到達している可能性が考えられる。



写真で影が見える箇所は法面整形時に岩塊がはがれた部分であり、空洞は見られなかった。

図 6-4：切欠工事实施状況

○エプロン表面の状況

表面は全体的に経年劣化による粗骨材露出と数本の連続したひび割れがある。
継目部は平成4年度に補修した箇所の劣化も確認される。



図 6-5：エプロン部の補修状況

(4) 張コンクリートの状況

- ・張コンクリートの強度は、切欠部応急対策における鉄筋挿入工削孔時のコアを用いて圧縮強度を計測した結果、29～34N/mm² で設計基準強度 21N/mm² を満足していた。
- ・張コンクリートのコア採取を実施した際に地山との間に隙間は確認されなかった。
- ・外観上は、表面部の全体的な粗骨材露出が見られる他、継目・施工継目の一部の劣化、部分的な豆板(ジャンカ)が数箇所確認されたが、張コンクリート上部については、平成4年度に継目・水平施工継目を補修しており、その部分においては比較的健全であった。
- ・目立った豆板は、上流側は左下写真の位置に確認された。この豆板で計測ができた箇所は深さが10cm程度まで粗骨材が損失している状態で、その上の箇所についてはそれ以上の規模であり、張コンクリートの厚さが20cm程度であるため、その箇所での断面損失は大きかった。この場所は、今回の漏水箇所から40m以上離れており、漏水の浸入口となっているとは考えられない。
- ・張コンクリートは地山表面の安定化を図るものであり、その機能としては問題ないと考える。
- ・以上のことから、今回の漏水との関係はないと思われる。

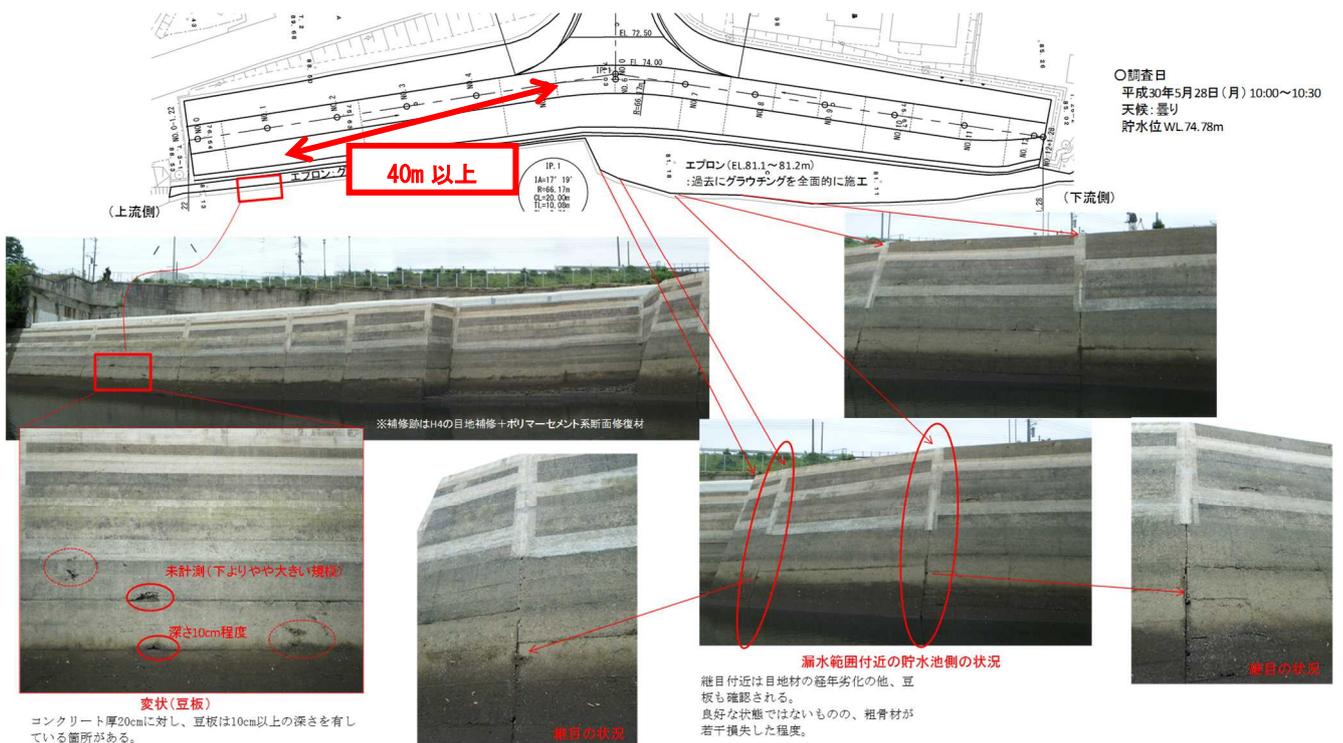


図 6-6 : 張コンクリートの状況

(5) 地山の状況

ア 透水性

地山のほとんどが 5Lu 以下、右岸側においては 1Lu 未満と透水性は低く、難透水性を示している。局所的に透水性が高い箇所もあるが、いずれも 10Lu 前後である。「グラウチング^(イ)技術指針・同解説」によれば、カーテングラウチングの改良目標値は 5~10Lu 程度 (H/2~H、H: ダム高) とされており、今回の調査結果は最大で 10.7Lu であることから、改良目標値を満たしているものと考えられるため、止水性に問題は無いと判断する。

また、限界圧力^(エ)については、下図に示すとおり P-Q 曲線の形状が上昇・下降で同様のカーブを描いていることから、ルジオンテスト時には限界圧力に達していないと判断できる。

なお、ルジオンテスト時には FWL (EL. 82.0m) 時における水圧を最大圧力として実施しており、地山の限界圧力は FWL (EL. 82.0m) 以上の条件であると判断する。

表 6-3 : ルジオンテスト結果一覧

孔番	試験深度 (GL-m)	区間長 (m)	最大有効圧力 (Mpa)	ルジオン値
BV-1	3.00 ~ 5.50	2.5	0.035	2.4
	5.50 ~ 9.00	3.5	0.050	10.7
BV-2	3.00 ~ 5.50	2.5	0.035	2.7
	5.50 ~ 8.00	2.5	0.045	8.2
	8.00 ~ 10.00	2.0	0.035	1.8
BV-3	3.00 ~ 5.50	2.5	0.035	3.2
	5.50 ~ 8.00	2.5	0.055	1.1
	8.00 ~ 11.00	3.0	0.045	3.1
BV-4	3.00 ~ 5.50	2.5	0.045	1.0未満
	5.50 ~ 8.00	2.5	0.080	1.0未満
	8.00 ~ 11.00	3.0	0.110	1.0未満
BV-5	3.00 ~ 5.50	2.5	0.055	1.0未満
	5.50 ~ 8.00	2.5	0.080	1.0未満
	8.00 ~ 10.50	2.5	0.105	1.0未満
BV-6	3.00 ~ 5.50	2.5	0.055	1.0未満
	5.50 ~ 8.00	2.5	0.080	1.0未満
	8.00 ~ 10.00	2.0	0.100	1.0未満
平均値(※)				2.48

※1.0未満は、1.0として算出

※ルジオン値は換算ルジオン値である。(エ)

「グラウチング技術指針・同解説 P.32~33」

カーテングラウチングの改良目標値は、(中略)、フィルダムで2~5Luとされてきた(後略)。
一般的に地盤の深部では浸透路長が長く導水勾配が小さいため、改良目標値を緩和することができる。このため、深度に対応した改良目標値は、次の値を標準として設定する。
0~H/2 : 2~5Lu程度
H/2~H : 5~10Lu程度 ※Hは最大ダム高(後略)

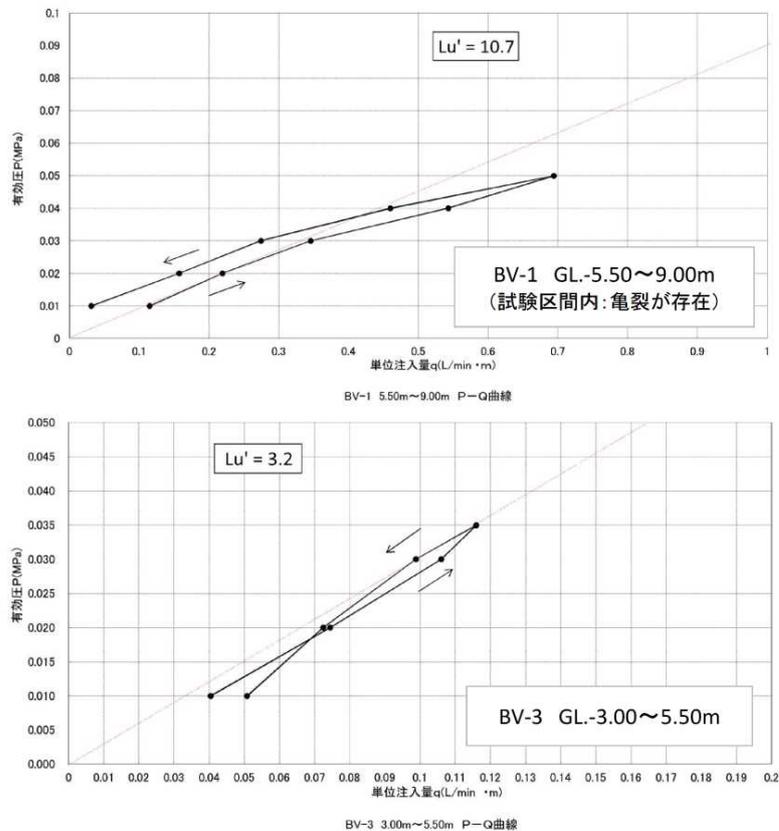


図 6-7 : ルジオンテスト時の P-Q 曲線 (一部抜粋)

イ 力学性

(ア) 地質性状

地山には主に泥岩、砂質泥岩、凝灰岩、砂岩が分布している。凝灰岩は洪水吐の中央部 (No. 3～No. 7) 付近に主に分布している。一方で左岸部 (No. 0～No. 3)、右岸部 (No. 7～No. 12) 付近では泥岩、砂質泥岩が主に分布しており、凝灰岩は薄層として挟在するのみである。また、砂岩については、全体的に薄層として分布している。

岩級区分⁽²⁾については、ボーリングコア観察結果に基づき分類している。岩級区分の基準は次のとおりである。

- ・D 級：風化部、軟質部
- ・CL 級：新鮮部

D 級岩盤は、凝灰岩分布域、泥岩及び砂質泥岩の表層部に広く分布している。中央部 (No. 3～No. 6) 付近では凝灰岩の分布に沿って、地下深部まで D 級岩盤が分布している。

CL 級岩盤は、泥岩、砂質泥岩の分布域 (表層部除く) に広く分布している。

ボーリング調査結果をもとに作成した地質図及びブルジオンマップ図を次ページに添付する。

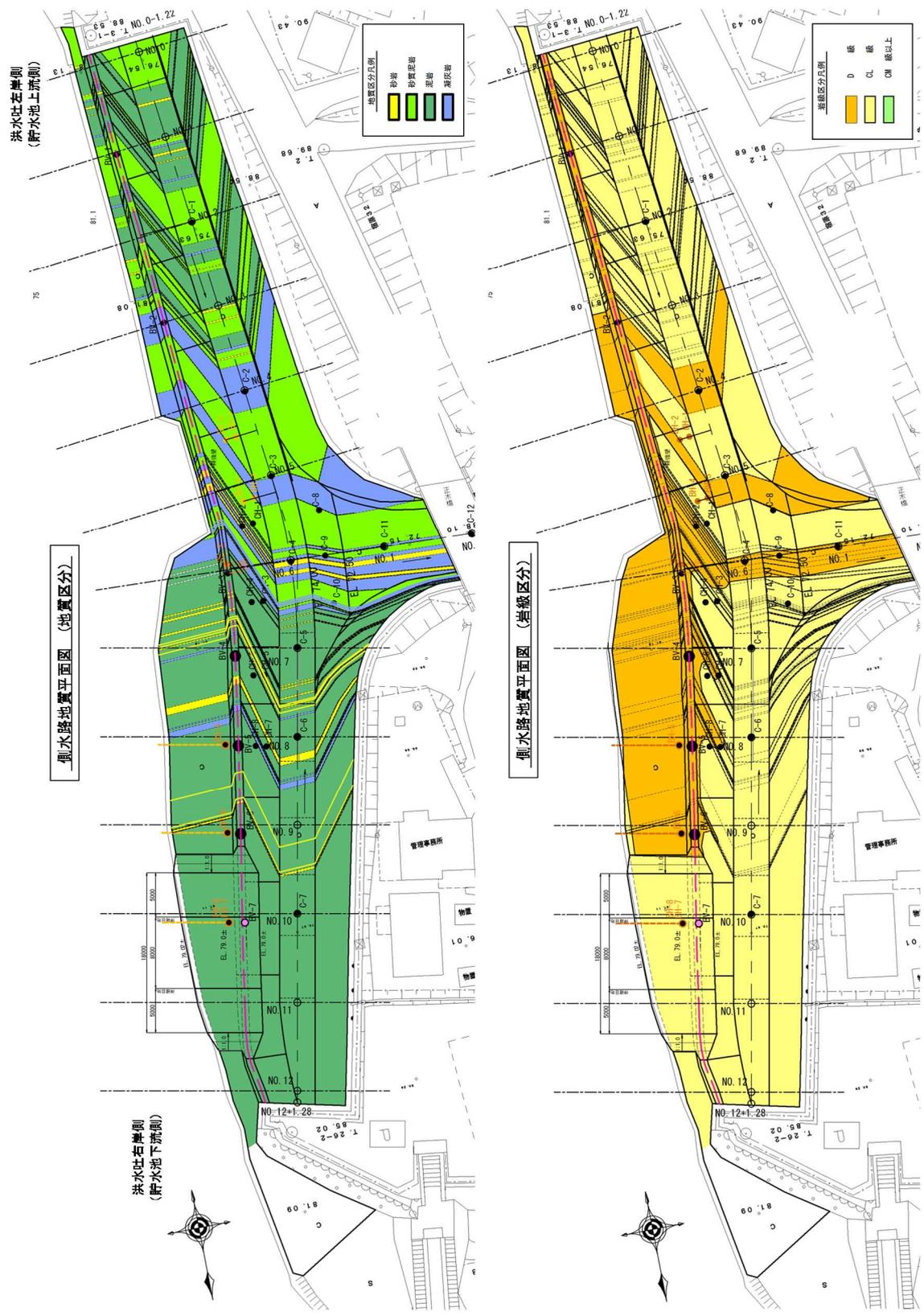


圖 6-8：地質平面圖 (地質區分、岩級區分)

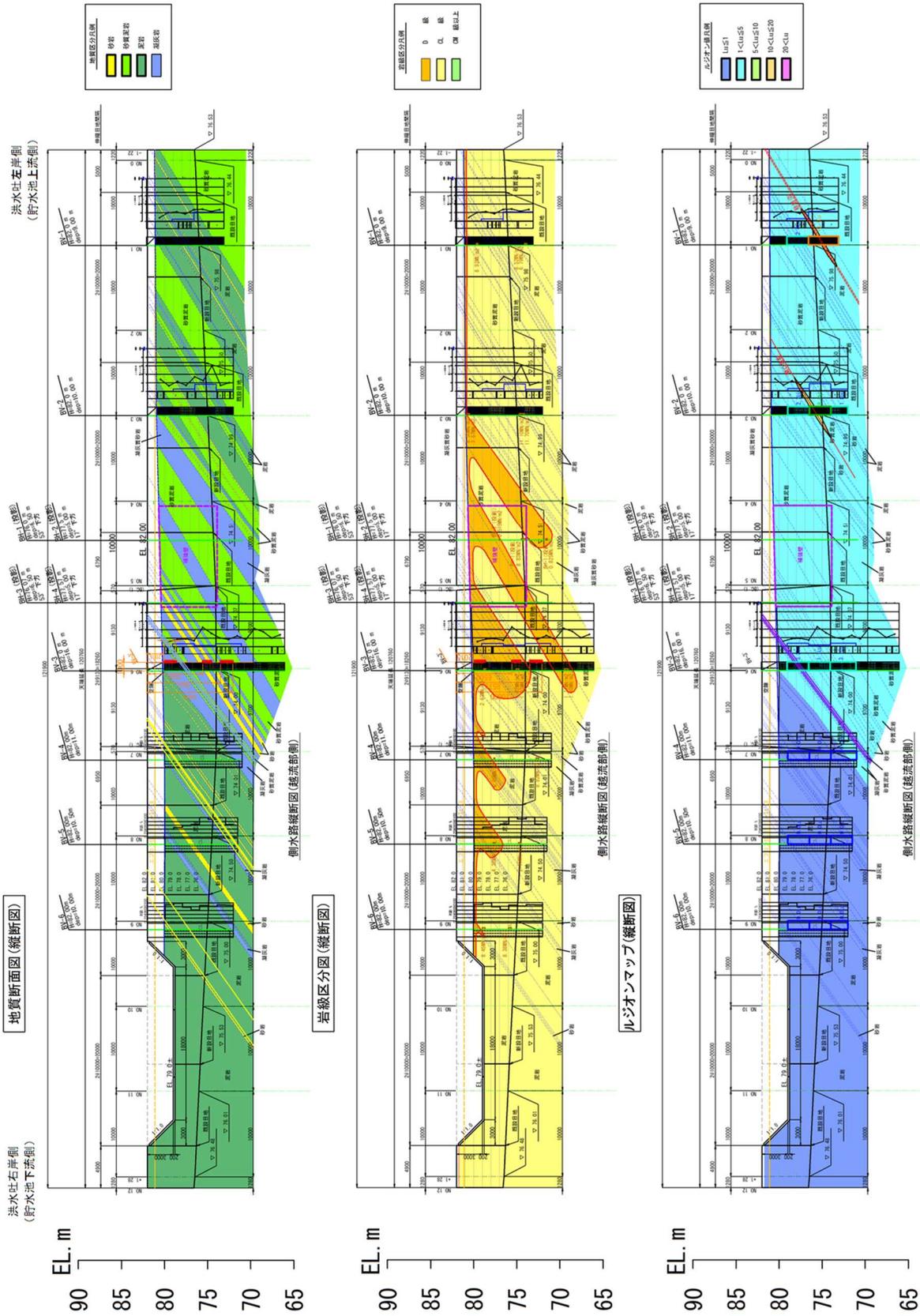


図 6-9：地質縦断面図 (地質区分、岩級区分)、ルジオンマップ

(イ) 一軸圧縮強度試験等の試験結果

BV-1～BV-6、BH-1～BH-2のボーリングコア試料を用いて、一軸圧縮強度試験を実施した結果を右表に示す。

表 6-4：一軸圧縮強度試験等結果一覧

孔番	試験深度	地質区分		圧縮強さ MN/m ²	密度 g/cm ³
	GL-m	岩級区分	地質区分		
BV-1	2.40 ~ 2.60	CL級	泥岩	8.93	2.130
	8.00 ~ 8.25		泥岩 (GL-8.00~-8.24) 砂質泥岩 (GL-8.24~-8.25)	6.79 8.52	1.963 1.953
BV-2	1.20 ~ 1.50	CL級	凝灰岩 (GL-1.20~-1.21) 砂質泥岩 (GL-1.21~-1.50)	8.50 7.57	1.948 1.961
	7.30 ~ 7.84	CL級	泥岩	11.10 11.70	2.001 2.041
BV-3	3.24 ~ 3.45	D級	凝灰岩	2.63	1.725
	7.00 ~ 7.25	D級	砂岩 (GL-7.00~-7.20) 凝灰岩 (GL-7.20~-7.25)	1.82 1.93	1.756 1.756
	12.60 ~ 13.00	D級	凝灰岩	1.71 1.40	1.697 1.701
BV-4	4.35 ~ 4.45	CL級	泥岩	6.08	1.984
	9.22 ~ 9.54	CL級	泥岩 (GL-9.22~-9.50) 砂岩 (GL-9.50~-9.54)	8.82	1.987
BV-5	4.25 ~ 4.50	D級	泥岩	4.38	1.833
	7.20 ~ 7.50	CL級	泥岩	9.66	1.870
BV-6	3.00 ~ 3.30	CL級	泥岩	8.45	1.960
	6.05 ~ 6.35	CL級	泥岩	8.38	1.879
BH-1	2.00 ~ 2.57	CL級	砂質泥岩	8.83 13.30	1.895 1.925
	5.55 ~ 5.75	D級	凝灰岩	0.825	1.773
BH-2	1.90 ~ 2.00	D級	凝灰岩	0.515	1.772

試験結果は以下のとおり。

<地質区分における結果>

- 【泥 岩】 平均値は 8.44MN/m²である。1 試料で 4.38MN/m²と他と比べ小さい値を示しているが、その他は 6MN/m²以上であり全体的には十分な強度を示している。
- 【砂質泥岩】 最小値が 7.57MN/m²であり、十分な強度を示している。
- 【凝 灰 岩】 平均値は 1.44MN/m²である。最大値で 2.63MN/m²と他の地質区分よりも低い。
- 【砂 岩】 平均値が 1.9MN/m²であり、強度が他の地質区分よりも低い。

上記より、凝灰岩と砂岩の一軸圧縮強度が低い状況が確認できる。また、砂岩 (BV-3 : GL. -7.00~7.25m) は全体的に凝灰質であることをボーリングコア観察から確認している。従って、凝灰岩 (凝灰質) の影響が強い箇所、一軸圧縮強度が低いと判断する。この凝灰岩は No. 3~No. 7 辺りに分布しており、D 級区分も凝灰岩分布付近に分布すると評価している。

<岩級区分における結果>

- 【CL 級】 平均値は 9.05MN/m²、最小値は 6.02MN/m²であり、十分な強度を示している。
- 【D 級】 平均値は 1.09MN/m²であり、低い強度を示している。1 試料 (泥岩) で 4.38 MN/m²と他の試料 (凝灰岩) より高い値を示しているが、CL 級泥岩 (平均値 8.84 MN/m²) と比較すると約 1/2 倍程度であり、低い強度を示している。

(ウ) 三軸圧縮強度試験及び繰返し一面せん断強度試験の試験結果

弾塑性有限要素解析^(セ)による検証を行うため、BV-1'、BV-3'、及びBV-7でのボーリングコア試料を用いて、三軸圧縮強度試験及び繰返し一面せん断強度試験を実施した結果を下表に示す。

表 6-5：三軸圧縮強度等試験結果一覧

位置		左岸側		中央部			右岸側(切欠部)		
ボーリング孔・試料番号		BV-1'		BV-3'-1	BV-3'-2	BV-3'-3	BV-7-1	BV-7-2	
地質区分		泥岩 (砂質分多)		凝灰岩	凝灰岩 (砂岩互層)	砂質泥岩	泥岩	泥岩	
岩級区分		CL級		D級	D級	CL級	CL級	CL級	
深度		1.20~3.50m		2.00~3.00m	6.50~7.50m	8.50~10.00m	1.63~2.15m	3.00~3.70m	
湿潤密度		平均値(g/cm ³)		1.735	1.781	1.766	1.835	1.818	
乾燥密度		平均値(g/cm ³)		1.267	1.346	1.316	1.350	1.320	
三軸圧縮強度	ピーク強度	全応力	せん断強度c(kN/m ²)	357.6	552.7	383.5	770.3	672.3	1237.8
			内部摩擦角φ(°)	63.0	40.7	52.7	28.3	56.2	48.8
		有効応力	せん断強度c(kN/m ²)	229.2	849.0	162.4	672.2	592.2	---
	残留強度	全応力	せん断強度c(kN/m ²)	85.1	372.4	61.5	177.3	58.9	102.9
			内部摩擦角φ(°)	46.1	35.3	51.1	39.1	54.2	50.7
		有効応力	せん断強度c(kN/m ²)	0.0	245.9	0.0	71.7	0.0	0.0
		内部摩擦角φ(°)	41.3	35.3	43.6	37.1	47.7	46.9	
繰返し一面 せん断強度	完全軟化	せん断強度c(kN/m ²)	/	12.4	/	/	/	10.1	
		内部摩擦角φ(°)	/	45.2	/	/	/	38.1	
	残留強度	せん断強度c(kN/m ²)	/	17.8	/	/	/	12.0	
		内部摩擦角φ(°)	/	35.1	/	/	/	36.5	

三軸圧縮強度試験結果について、解析等で用いるピーク強度(有効応力)のせん断強度は、CL級は229.2~672.2kN/m²、D級は162.4~849.0kN/m²とばらつきがある。また、内部摩擦角については、CL級は28.2~77.2°、D級は25.7~52.1°とばらつきがあり、文献(図6-10参照)による値(CL級：30~38°、D級15~30°)と比較すると大きい傾向である。

繰返し一面せん断強度試験結果についてはせん断強度と内部摩擦角とも岩級区分による強度差はなく同等の値を示している。

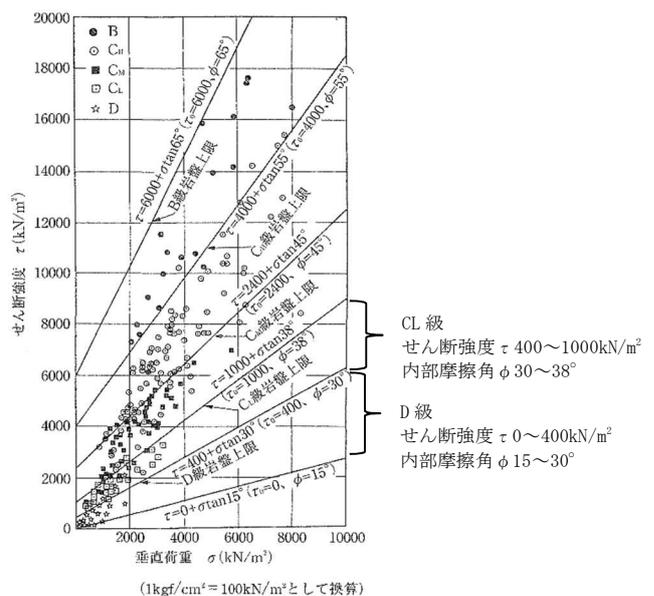


図 6-10：岩級区分とせん断試験結果との関係
(土地改良事業計画設計基準ダム コンクリートダム編より)

7 側壁クラック発生の原因推定

側壁表面の水平ひび割れ箇所におけるコア採取の結果、いずれも既設（旧）コンクリートの深部で水平方向あるいは水平に近い方向の分離面が存在している。

これは建設当初の水平打継目であると思われるが、表面の水平ひび割れはいずれもこの水平打継目に向かっているようである（採取コア内で連続あるいは延長上に水平打継目がある）。

この水平ひび割れは、中央2ブロックでは2本発生しており、ひび割れ幅は次のような傾向を示している。

上段側：表面部が大きく、深部に行くに連れて小さくなる傾向を示している。

(CH-10, CH-12)。

下段側：深部が大きく表面部が小さい傾向を示す箇所（CH-9）と、表面～深部までおおむね同規模である箇所（CH-11）が確認されている。

水平打継目はいずれも分断され、コアによってはほぼ平滑な面をしている（CH-9）、土砂を挟在している（CH-10）といった箇所もある。

また、コンクリートひび割れが発生するためには、側壁背面と地山との間に相当量のダム貯留水が流れ込んだと考えられる。水平ひび割れの発生は次の経緯が考えられる。

①地山風化部を通じて水圧が高くなった。

②側壁背面側の水圧が上昇したことで、次のような現象が生じた。

・上段側ひび割れ

側壁背面からの水圧により、既設水平打継目付近で側壁前面へ押し出される形で、表面部に曲げによる引張ひび割れが発生。背面の隙間が拡大した。

・下段側ひび割れ

さらに側壁下部背面へダム貯留水が流入し、側壁背面からの水圧によって、側壁底部の跳ね上がりが生じ、下段の既設水平打継目付近に曲げによるひび割れが発生した。併せて左右端部に扇状ひび割れが発生した。

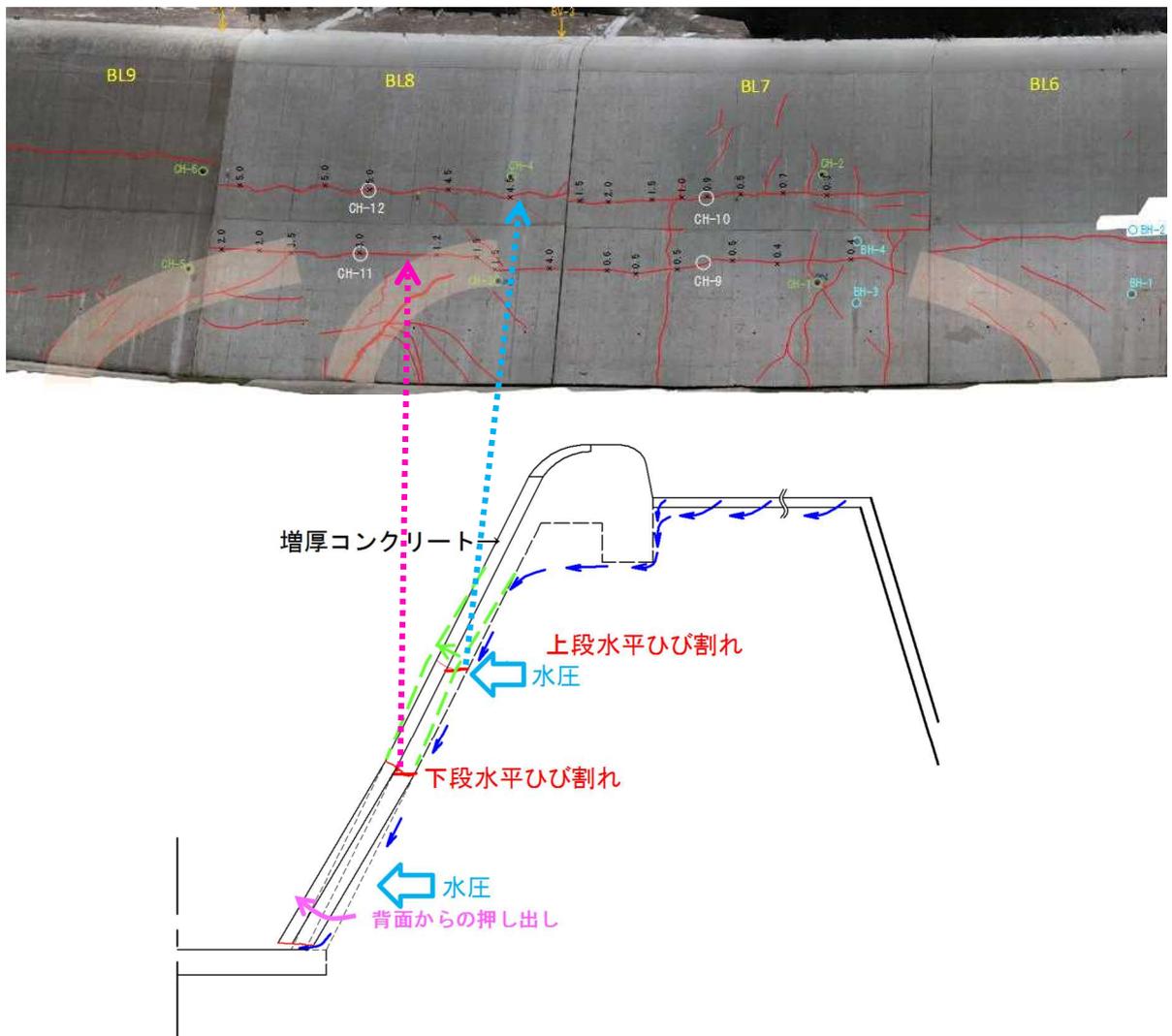


図 7-1 : 側壁クラックの発生状況

8 設計・施工の検証

過年度に実施した基幹水利施設ストックマネジメント事業における洪水吐側壁の補強対策に関する設計と施工状況を検証する。

(1) 設計の検証

ア 事業計画時点の検討概要(平成 21 年度)

- ・ 側水路部の採取コアによる圧縮強度試験結果、シュミットハンマー⁽²⁾による反発度試験結果から、コンクリート内部および表面の強度は、鉄筋コンクリートの現行設計基準強度(21N/mm²)を満足していた。
- ・ 中性化試験の結果、中性化深さは浅く問題はなかった。
- ・ 底盤については過去に補修履歴があり、変状もなかった。
- ・ 側壁表面の劣化部(ひび割れ、欠損、豆板、経年劣化等)が全体的にあるため、機能診断調査結果での健全度評価⁽³⁾はS-2(補強)であり、これを踏まえた対策工法として増厚工法を採用した。
- ・ 調査に当たって、「農業水利施設の機能保全の手引き」に基づき評価した。

イ 実施設計時点の検討概要(平成 25 年度)

- ・ 地山部を含む側壁コンクリートのコア採取を行い、地山の軸圧縮強度試験を実施した。
- ・ 本ダムは取水施設以外の放流施設がないため、排水作業がしづらく、また貯水量に対して集水面積が大きいため、水が溜まりやすい特徴がある。このため、貯水位を大きく、長期間低下させることがダムの構造上困難なため、地山のコア採取は貯水池の影響のない道路側の側壁において実施した。
- ・ 試験の結果、境界部に若干弱い部分も見られた孔もあったが、岩級区分はCL～CM級(変形係数の値から判断するとCM級以上)と地山の状態は良好であると判断しており、貯水池側についても同様と想定した。
- ・ 側壁背面に空隙がないことを確認した。
- ・ コンクリートの内部状況や側壁背面の地山が良好であると判断されたことから基幹水利施設ストックマネジメント事業による施設の長寿命化対策としてコンクリート表面のみを改修の対象とした。

(対策工の設計思想)

- ・ 事業計画時点の方針を引き継ぎ、全面的な補強として挙げられる表面被覆工法や増厚工法を比較した結果、被覆のみでは耐久性や耐候性の問題で再劣化が懸念されるため、厚さをもたせた面的な補強である増厚工法を採用した。
- ・ 既設側壁コンクリートの部材厚が30cm程度と薄く、はつりによる母材の損傷が懸念されたことから、母材を損傷させないために、既設側壁表面においては高压洗浄によって脆弱部を除去し、コンクリート接着材およびアンカーによって、新旧コンクリートを一体化させることとした。

- ・ 増厚コンクリートの厚さは、厚すぎると側水路の断面阻害となり、薄すぎるとひび割れが生じやすく、「土地改良事業計画設計基準水路工」による最小部材や過去の減勢工補強工事の実績から 20cm とした。
- ・ 新コンクリートは側壁の増厚のみとし、底盤は沈下もみられないことから側壁増厚部と既設底盤部は鉄筋による接続をせず、脆弱部除去・はつり・コンクリート接着材塗布のみ実施することとした。
- ・ 水抜き孔については、道路側には設置したが、貯水池側においては貯水池の水を導くことが懸念されるため、設置しないこととした（ダム洪水吐では貯水の導水を引き起こさないように、貯水池側には水抜き孔を設けない）。

（配慮事項）

- ・ 貯水位を大きく、長期間低下させることがダムの構造上困難であることから、調査時において洪水吐本体に削孔することは、貯水を導水すること等が懸念されるため、地山のコア採取による状況確認については、道路側の側壁において実施し、洪水吐側壁地山の評価とした。
- ・ 当時の施設状況における必要な調査を行ったが、強制排水によりダム水位を低下させてまで洪水吐側壁コンクリートと地山の隙間の状況調査等を実施することは困難だった。

（2）施工の検証（施工期間：平成 28 年度～平成 29 年度）

- ・ コア採取等の調査の結果、部材厚は満足しており、コンクリート強度も鉄筋コンクリートとして十分な強度を有している。
- ・ 新旧コンクリートは、高圧洗浄（予め試験によって良好な付着力となるように決定した圧力）により脆弱部を除去し、新旧コンクリートを一体化させる接着材（通常のプライマーよりもかなり強力な接着力を有する）及びアンカーを用いて、一体化させている。
- ・ 上述したコア採取の結果、境界部で一体化している（骨材の見分けがつかなければ境界がわかりにくいほど一体化している）ことを確認した。
- ・ 構造物の品質に問題は見られなかった。

（3）事業化の検証

- ・ スtockマネジメント事業は、施設の劣化状態に応じた対策を実施し、施設の長寿命化を図ることを目的としている。今回の事業では、洪水吐の機能診断を実施した結果、側壁のみ長寿命化対策が必要となり、コンクリート表面を改修する方針で事業を実施した。漏水の発生後、その原因を究明するため弾塑性有限要素解析等様々な調査、解析により地山の状況が明らかになったが、実施設計の段階でこのような詳細な調査、解析を行って地山の状況を詳細に解明するまでには至らなかった。事業化に当たっての調査については学識経験者等から意見聴取することが望ましい。

9 漏水の原因推定

(1) 弾塑性有限要素解析（弾塑性 FEM 解析）における地山の評価

- ・洪水吐切欠部の施工時に、地山に潜在化していたクラックが開口した事象について、弾塑性 FEM 解析による数値解析を用いて、地山の物性と発生メカニズムの推定を行った。（切欠部の測点 No. 10 断面で検討）
- ・クラックが開口する現象を再現する地山の数値モデルの作成により、今後、このモデルを用いて抜本的対策後の地山や構造物の安定性を検証し、採用した対策工法の妥当性を確認する。
- ・切欠部造成前における地山の数値モデルによる、「洪水吐貯水池側における最大せん断ひずみの分布状況」は下図のとおりである。
- ・エプロン部から越流堰部の下部にひずみが集中して分布しており、この箇所は長期的に見て他の箇所より風化しやすいと考えられる。

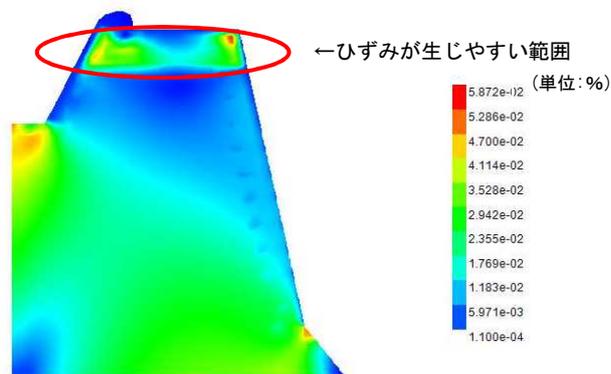


図 9-1:洪水吐貯水池側(越流堰部と地山部を含む)における解析結果(最大せん断ひずみ分布図)

(2) 漏水原因の推定

- ・弾塑性 FEM 解析の結果から、地山にはエプロン部から越流堰部の下部にひずみが分布しており、この箇所は他の箇所より風化しやすい状態であった。
- ・施設造成後、長期間経過していることからコンクリート構造物の劣化が進行し、貯水位の変動により、エプロン部等から側壁背面の地山への水の浸入と排水が繰り返され、長い年月をかけて徐々に地山表面が風化していった。
- ・今回の漏水は、エプロン部から越流堰部の下部にある風化しやすい箇所において、長い年月をかけて側壁背面のエプロン部、側壁の背面等の地山表面で風化が進行し、風化による地山の弱体化と満水位の水圧により側壁と地山で剥離が生じ、ダム貯留水が側壁背面に浸入したことが原因と考えられる。
- ・水の浸入によって、側壁背面の水圧が上昇したことにより側壁が壊れ、側壁と地山との間の隙間が拡大し、そこを通過してさらに側壁下部へ水が浸入し水圧により側壁が前面に押し出されて大量の漏水が発生したものである。
- ・この水は越流堰貯水池側に確認された開口部から浸入したものと考えられる。
- ・今回の漏水の原因であるダム貯留水の浸入につながる地山表面の風化については、長い年月をかけて進行したもので、過年度に実施した側壁の補強対策との因果関係はないと考えられる。

10 抜本的対策の方針

(1) 側壁

- ・側壁とエプロン部を地山と一体化し側壁背面への水の浸入を防ぐ構造とする。
しかし、コンクリートと地山の経年劣化によって水ミチの形成等が懸念されるため、側壁の改修は側壁背面に水が浸入し、水圧がかかっても耐え得る構造とする。
- ・水圧に耐え得る構造タイプとしては、下記のように2案が考えられる。
- ・選定に当たっては、安全かつ早急に復旧する視点から工期的にも経済的にも有利である第2案を基本に検討する。

検討に当たっては、数値解析モデルを用いて、地山や構造物の安定性を検証し、その結果、第2案を採用できない場合は第1案の採用を検討するが、極力その適用範囲が狭くなるようにする。

第1案（全体重力式）

第2案（越流堰・重力式+側壁）

対策案	断面形状（最大断面）	概要
第1案 （全体重力式）		<p>○構造概要 越流堰を含めて全体をダムとしての安定性を満足した重力式断面とする。</p>
第2案 （越流堰・重力式 +側壁）		<p>○構造概要 越流堰はダムとしての安定性を満足した重力式断面とし、側壁は全体にかかる水圧に耐え得る構造（部材厚・鉄筋量）とする。</p>

図 10-1：側壁における対策案

○実施に当たっての留意点

- ・中央部にあるD級区分の地盤について明確に調査し、評価した上で実施設計を行うこと。
- ・エプロン部と側壁との間に水が浸入しないよう対策を検討すること。
- ・全体重力式の場合、マスコンクリートとして施工方法を十分検討すること。
- ・越流堰重力式にて一体構造とする場合は、目地の設置等を考慮すること。
- ・地山に潜在的な亀裂があることが想定されるので、十分考慮すること。

(2) 地山

側水路各断面の第1案、第2案における基礎地盤の状況を下表のとおり一覧にした。
また、採用案も併記した。

表 10-1：側水路側壁断面毎の基礎状況

測点	第1案(全体重力式)		第2案(越流堰重力式+側壁)		備考		採用案 (仮)
	地質区分	岩級区分	地質区分	岩級区分	一部挟在(地質)	CL級基礎位置	
No.0	砂質泥岩	CL級	砂質泥岩	CL級			第2案
No.1	泥岩	CL級	泥岩	CL級			
No.2	泥岩 砂質泥岩	CL級	泥岩	CL級	第1, 2案:凝灰岩		
No.3	泥岩 砂質泥岩	CL級	泥岩	CL級	第1案:砂岩、凝灰岩		第1案
No.4	凝灰岩 砂質泥岩	D級 CL級	砂質泥岩	CL級	第1案:砂岩、凝灰岩、泥岩	←※	
No.5	砂質泥岩	CL級	補強壁	コンクリート	第1案:コンクリート、第2案:凝灰岩		
No.6	砂質泥岩 凝灰岩	CL級	凝灰岩	D級		←第2案:底盤付近	第2案
No.7	泥岩 凝灰岩	CL級	泥岩	D級	第1, 2案:砂岩	←第2案:約-0.75m	
No.8	泥岩 凝灰岩	CL級	泥岩	D級	第1案:砂岩、第2案:凝灰岩	←第2案:約-2.25m	
No.9	泥岩	CL級	泥岩	CL級			第2案
No.10	泥岩	CL級	泥岩	CL級			
No.11	泥岩	CL級	泥岩	CL級			
No.12	泥岩	CL級	泥岩	CL級			

※No.4のD級は下流下がり分布し、CL級はその下部に分布

今回の検討では、D級基礎を残置しないと想定した案を採用案とする。

D級の基礎に対する扱いは、今後の解析結果等を踏まえて実施設計時に決定する必要がある。

第2案(越流堰重力式+側壁)において、越流堰の下にD級が分布する区間がある(No. 4~No. 8)。

この場合においては、下図のように置換もしくは越流堰下面を下げるか、第1案を採用することが考えられる。

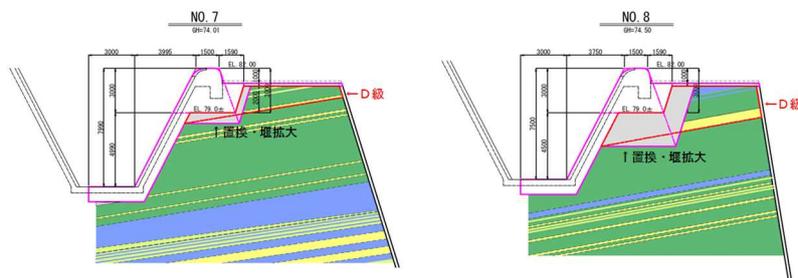


図 10-2：No. 7~8 における基礎の置換(案)

岩級区分においては、D級が基礎となる断面については、解析結果等を受けて必要に応じて除去し、側壁構造もしくは置換コンクリートで補うこととする。第1案(全体重力式)においては、No. 4が該当する。この場合においては、右図のように一部置換することが考えられる。

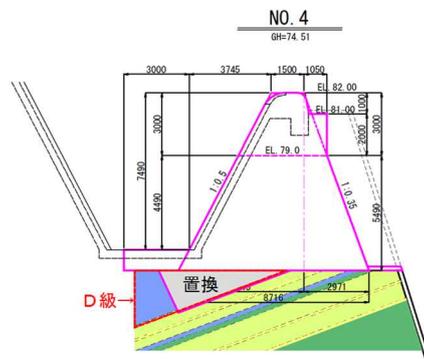


図 10-3: No. 4 における基礎の置換(案)

35~38 ページに測点毎の側壁第1案及び第2案とした場合の横断図を地質図に載せたものを示す。

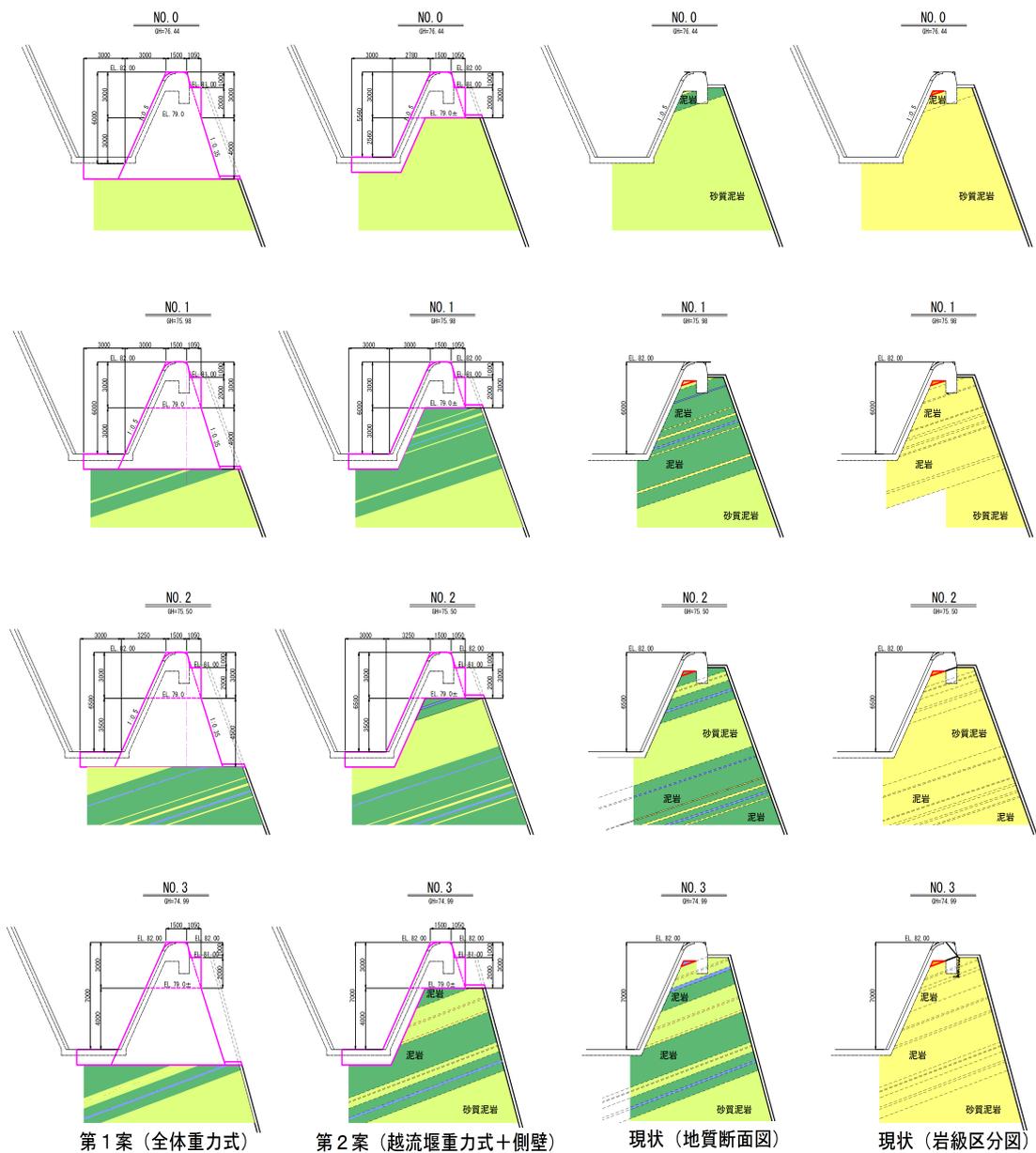


図 10-4 : No. 0~No. 3 における断面図

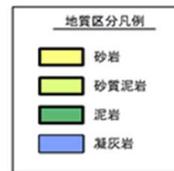
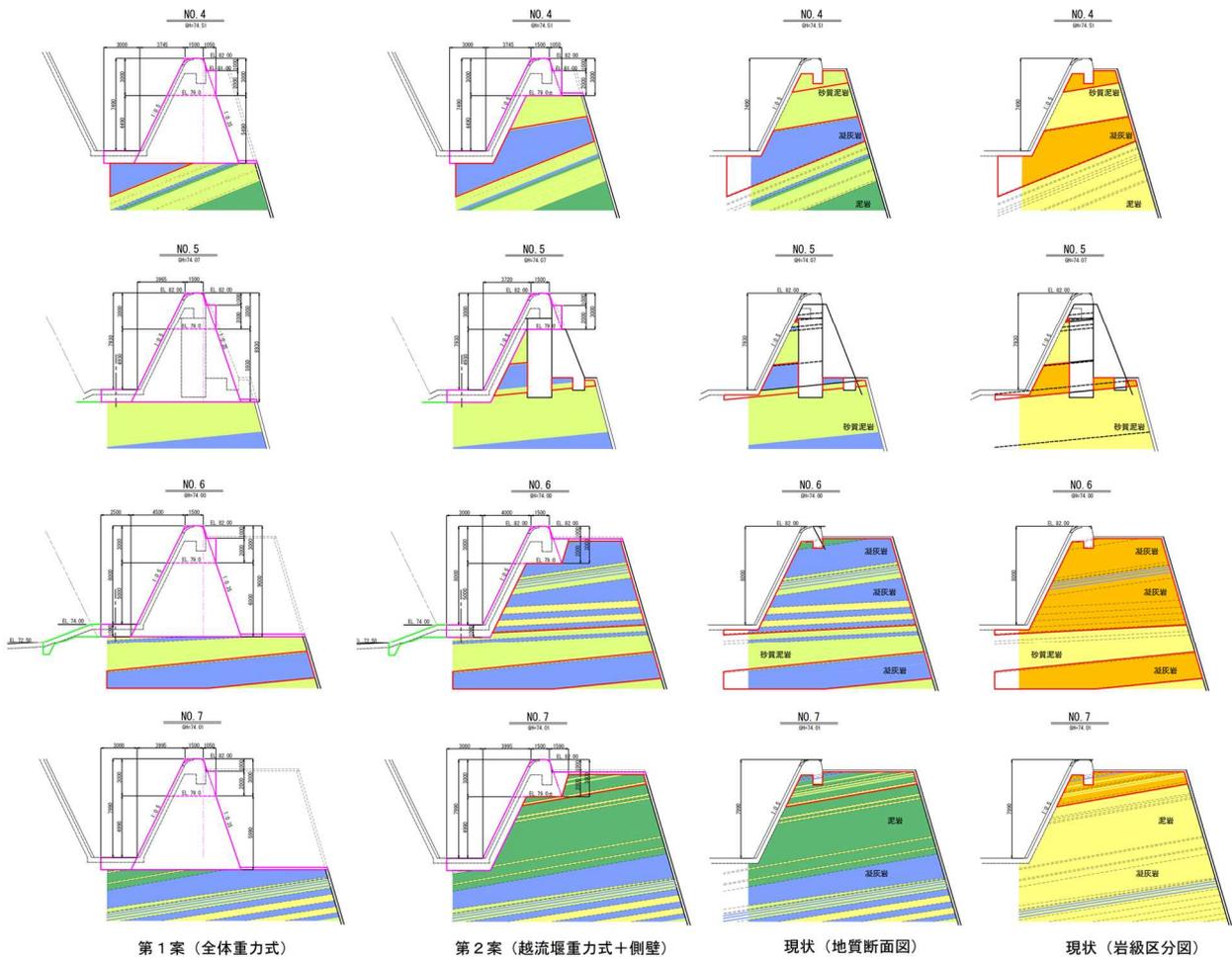


図 10-5 : No. 4~No. 7 における断面図

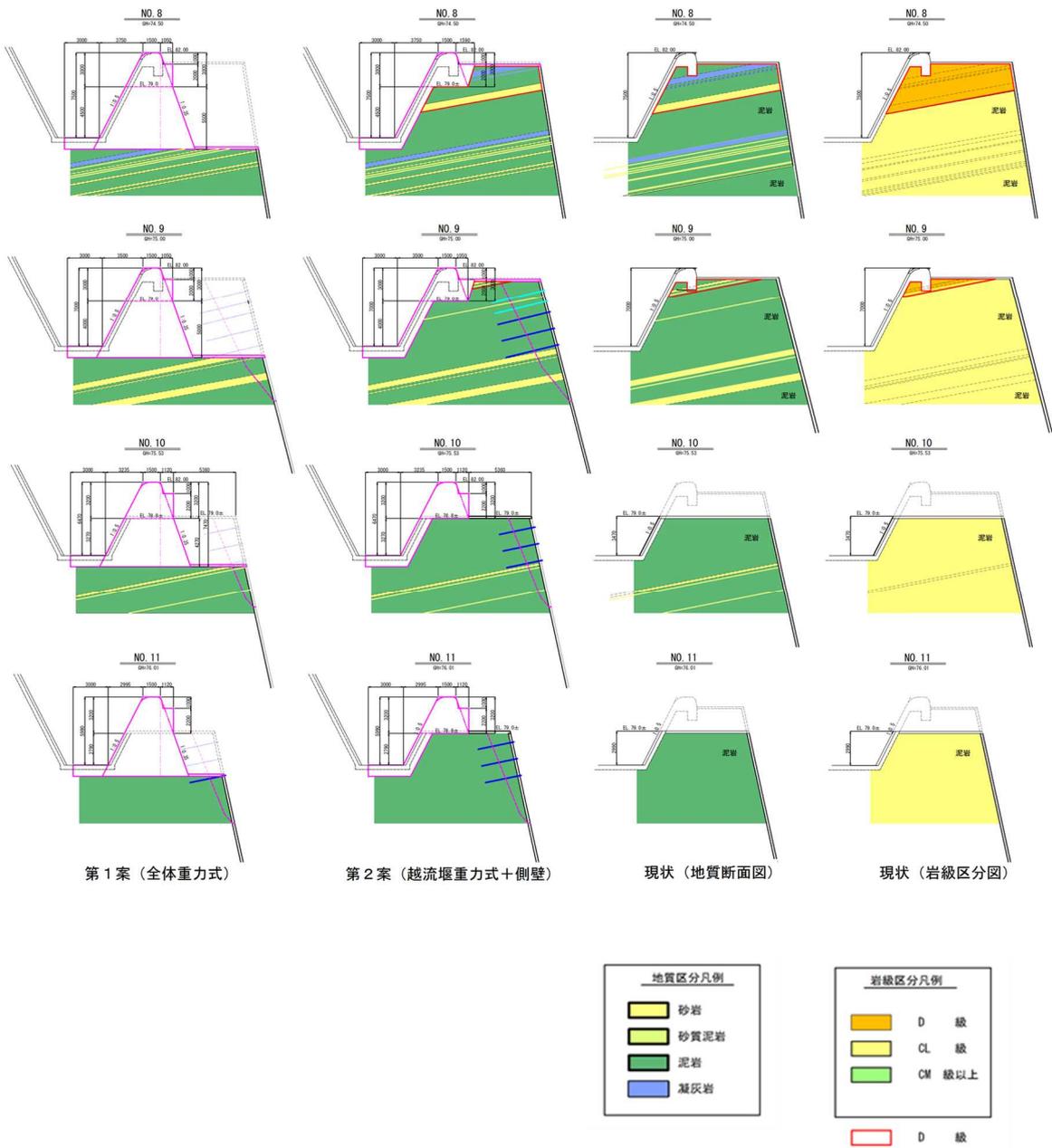
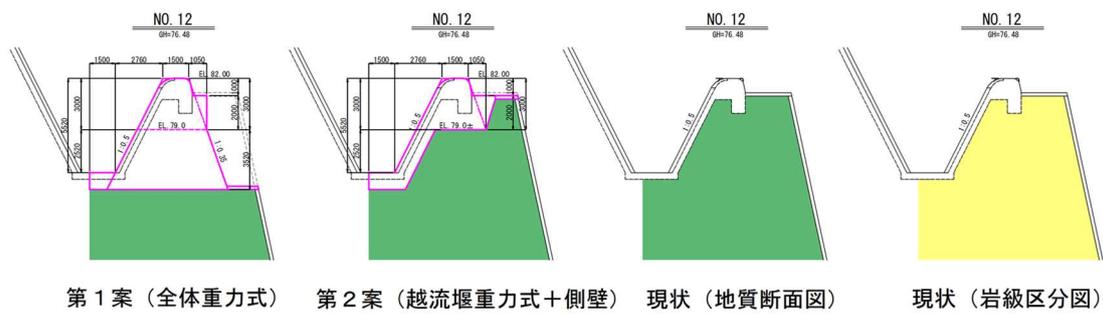


図 10-6 : No. 8~No. 11 における断面図



第1案 (全体重力式)

第2案 (越流堰重力式+側壁)

現状 (地質断面図)

現状 (岩級区分図)

地質区分凡例	
	砂岩
	砂質泥岩
	泥岩
	凝灰岩

岩級区分凡例	
	D 級
	CL 級
	CM 級以上
	D 級

図 10-7 : No. 12 における断面図

(3) 底盤

ア 側壁対策第1案（全体重力式）の場合

底盤を一体化させる必要はないが、側壁施工のために底盤を取り壊す必要があり、第2案と同様に3m程度更新する。

イ 側壁対策第2案（越流堰・重力式+側壁）の場合

側壁と底盤を一体化した構造とするため、側壁とあわせて3m程度更新する。

○放水路取付部（接続部）

放水路取付部（傾斜部）については、損傷した箇所や下流放水路に空洞が確認されているのであわせて更新する。

施工時には放水路下流側の状況確認をする。

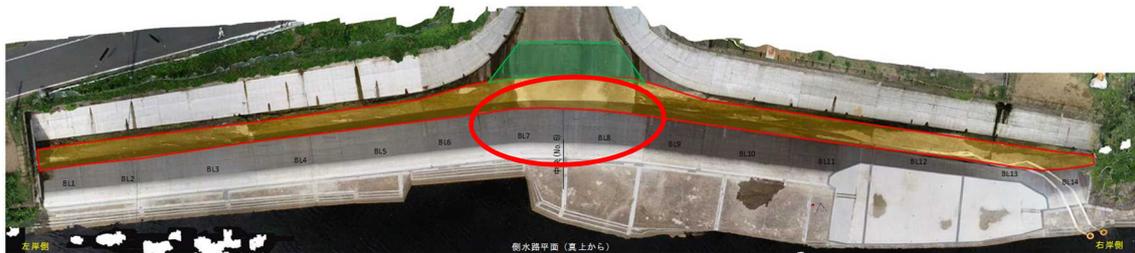


図 10-8：洪水吐平面図

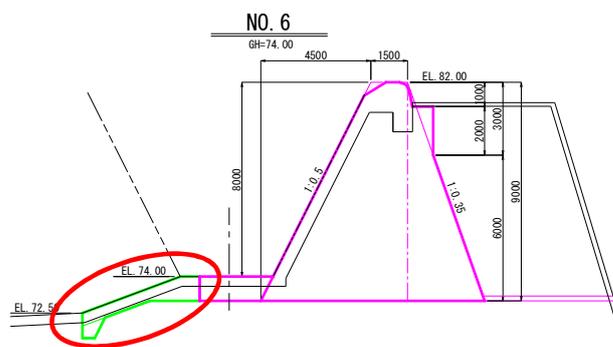


図 10-9：放水路取付部（接続部）底盤更新イメージ

(4) エプロン

エプロン部より水位が下がると漏水が止まることやひび割れや目地の劣化が確認されていることから、水の浸入を防水するための対策として全面更新（張替え）する。

(5) 張コンクリート

止水はグラウチングで行っているため、張コンクリートには止水機能を求めず、以下の理由から部分補修（劣化部補修）とする。

- ・張コンクリートの状態は、外観上は表面部の全体的な粗骨材露出が見られる他、継目・施工継目の一部の劣化、部分的な豆板が数箇所確認されている。これらの変状部は劣化を促進し、コンクリートの欠落や地山の露出を招く恐れがあるため、変状箇所を補修する。
- ・張コンクリートの強度は、切欠部応急対策における鉄筋挿入工削孔時のコアを用いて圧縮強度を計測した結果、設計基準強度 21N/mm^2 を満足していた。
また、張コンクリートのコア採取を実施した際に地山との間に隙間は確認されなかった。
- ・上記の調査結果から地山の安定化を図る張コンクリートとしての機能は保持されていると考えられるため、今回の抜本的対策に併せて張コンクリートを全面更新をすることまで必要とは判断できない。

(6) 切欠部

- ・取り壊すには地山に大きな負荷がかかり、新たな亀裂が懸念される。
- ・ボーリング調査等の結果から、亀裂の深さや土質定数を確認できたことからアンカー工法⁽⁷⁾もしくは鉄筋挿入工法により安全率 1.2(常時)を確保できる地山安定対策を実施する。亀裂については、セメントミルク等で空隙を充填する。

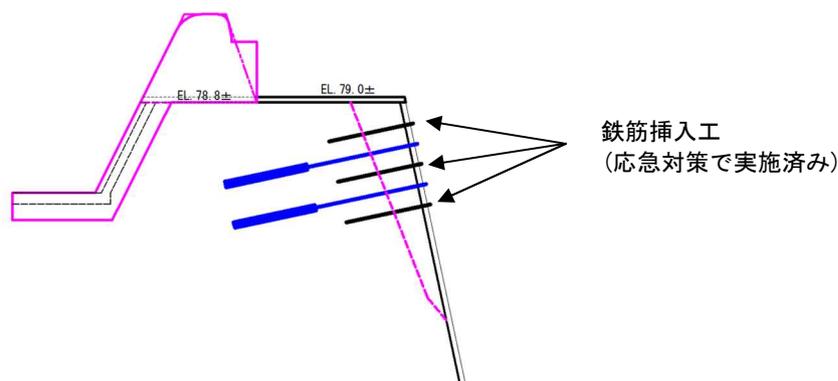


図 10-10 : アンカー(青)追加(案)
(亀裂内の空隙は充填)

抜本的対策方針(案)

- 抜本的対策の方針(案)について、(1) 側壁～(6) 切欠部をまとめると以下のとおりとなる。
- 断面形状の検討に当たっては、数値解析モデルを用いて、地山や構造物の安定性を検証し、その結果、第2案を採用できない場合は第1案の採用を検討するが、極力その適用範囲が狭くなるようにする。
- 今回の検討では、D級基礎を残置しないと想定した案を採用案とする。
- D級の基礎に対する扱いは、今後の解析結果等を踏まえて実施設計時に決定する必要がある。

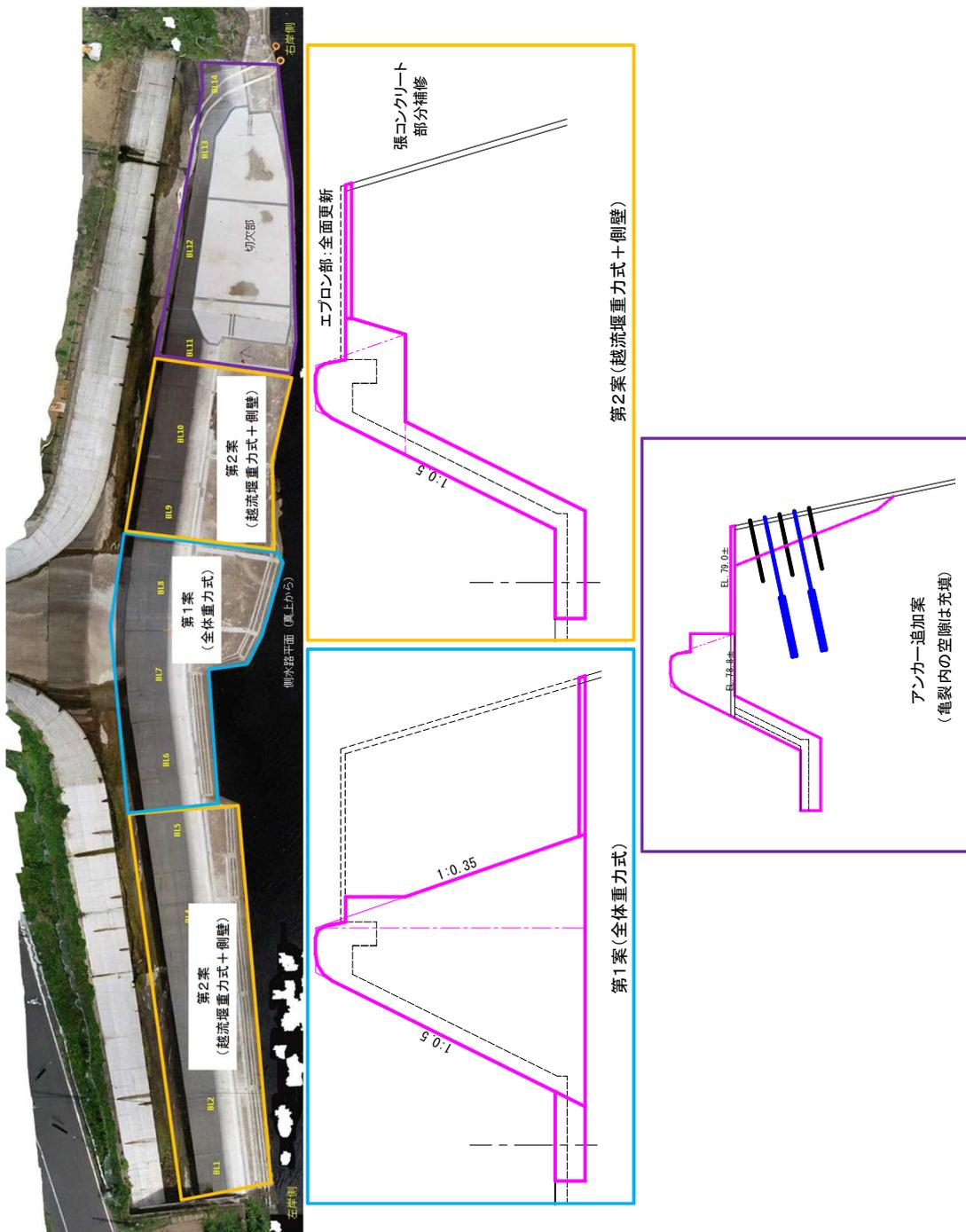


図 10-11：抜本的対策方針(案)

11 再発防止に向けて

・今回の漏水を受け、今後同様の事案の再発防止に向けて、関係者が行うべきことを提言する。

県内の農業用ダムについては、造成後 20 年以上経過している施設が多く、今後、改修が必要な施設が増えることが予想される。特に土木構造物については、各施設で劣化状態が異なることが考えられるため、改修事業計画立案の段階で様々な角度から工法の妥当性を慎重に検証する必要がある。

検証に当たっては、ダム新設時に審議するダム技術検討委員会を参考に検討組織を設置し、学識経験者等から意見聴取した上で議論を進めることが望ましい。

12 参考資料

(1) 三島ダム洪水吐復旧工事検討会設置要綱

三島ダム洪水吐復旧工事検討会設置要綱

(設置目的)

第1条 平成30年5月15日に確認された三島ダムのコンクリート水路（洪水吐）のひび割れと漏水を受けて、原因究明及び復旧対策について専門的見地から意見聴取し、県民の安全・安心の確保と用水の安定的な供給を早期に図るため、三島ダム洪水吐復旧工事検討会（以下「検討会」という。）を設置する。

なお、検討会は、地方自治法138条の4第3項の規定に基づき、法律又は条例により設置された附属機関ではない。

(検討事項)

第2条 検討会は、次に掲げる事項に関して検討を行う。

- (1) 三島ダム洪水吐におけるひび割れと漏水の原因究明に関する事項
- (2) 復旧対策等に関する事項

(検討会の構成)

第3条 検討会は、委員4名で構成する。

2 委員は、設置目的に関する学識経験を有する者のほか、適当と認められる者のうちから、農林水産部長が選任する。

3 検討会には委員長1名を置き、委員の互選によりこれを定める。

4 検討会には、前条の検討に関して、オブザーバーを置くことができる。

5 委員長に事故があるときは、あらかじめ委員長が指名する委員がその職務を代理する。

6 事務局は、必要があると認めるときは、検討会の会議に委員以外の者の出席を求め、意見を聴くことができる。

(会議)

第4条 検討会の会議は、事務局が招集する。

2 委員長は会議を総括する。

(守秘義務)

第5条 委員は、職務上で知り得た内容について、県の許可無く第三者に漏らしはならない。また、委員の職を退いた後も同様とする。

(公 開)

第6条 検討会は、公開して行う。ただし、公開することにより、検討会の公正又は円滑な運営に著しい支障が生ずると認められる場合で検討会において公開しないことと決定したときは、この限りでない。

(任 期)

第7条 委員の任期は平成31年3月31日までとする。

(事務局)

第8条 検討会の事務局は、千葉県農林水産部耕地課事業計画室に置く。

2 事務局は、検討会の庶務全般に関して執り行う。

(補 則)

第9条 この要綱に定めるもののほか、検討会の運営に関して必要な事項は、別に定める。

附則

1 この要綱は、平成30年6月29日から施行する。

2 この要綱は、平成31年3月31日限り、その効力を失う。

(2) 三島ダム洪水吐復旧工事検討会議事概要

○三島ダム洪水吐復旧工事検討会 議事概要

- 1 日 時 平成30年7月27日(金) 10時から15時
- 2 場 所 三島ダム現地及び管理事務所(君津市正木152)
- 3 議 事
 - ・漏水事故の概要及び現状
 - ・現地調査
 - ・想定される原因
 - ・対策工の考え方 等
- 4 検討会構成

委員長 たなか 田中 ただつぐ 忠次 東京大学名誉教授

委 員 たかはし 高橋 ていいち 禎一 元農林水産省地質官

委 員 なつか 長束 いさむ 勇 島根大学名誉教授

委 員 たがしら 田頭 ひでかず 秀和 (国研) 農業・食品産業技術総合研究機構
農村工学研究部門施設工学研究領域
施設構造ユニット ユニット長

事務局 千葉県農林水産部耕地課事業計画室

5 議事概要

検討会では、これまでの概要を説明した後、現地調査を行い、以下のとおり会議を開催しました。

1) 事故の原因等について以下の項目の報告を行いました。

- (1) 漏水事故の概要及び現状
- (2) 現地調査
- (3) 想定される原因
- (4) 対策工の考え方

2) 事故のメカニズムの究明や今後の対応について、以下のとおり委員から指導及び助言をいただきました。

① 原因の究明②地山の評価

現在の情報では、一義的なものとして水圧が原因であったのか、また地山の変動も否定できない等、正確な評価を行えない。したがって、

- ・地山材料の力学的な試験等を追加して調査すること。
- ・地山の変動によりクラックが発生したのか等、数値モデルで解析すること。

③ 抜本的な対策

- ・コアリング等追加調査を実施し、そのうえで地山の評価をすべき。

④ 今後の応急対策

- ・切欠部の早期の対策として、ロックボルトは効果が期待できる。
- ・深さについては、既設のロックボルトの深さより深い位置とすべき。

⑤ その他

- ・計測は、側水路への漏水の有無、クラックの幅の計測等、複数チェックをすべき。

○三島ダム洪水吐復旧工事検討会（第2回） 議事概要

- 1 日 時 平成30年11月26日（月）10時から14時
- 2 場 所 千葉県庁南庁舎1階会議室（千葉市中央区市場町1-1）
- 3 議 事 ・第1回検討会後の地質調査結果を踏まえた原因のとりまとめ
・復旧対策方針（案）の検討 等
- 4 検討会構成

委員長 たなか ただつぐ 田中 忠次 東京大学名誉教授

委 員 たかはし ていいち 高橋 禎一 元農林水産省地質官

委 員 なつか いさむ 長束 勇 島根大学名誉教授

委 員 たがしら ひでかず 田頭 秀和 （国研）農業・食品産業技術総合研究機構
農村工学研究部門施設工学研究領域
施設構造ユニット ユニット長

事務局 千葉県農林水産部耕地課事業計画室

5 議事概要

検討会では、以下のとおり会議を開催しました。

1) 以下の項目の報告を行いました。

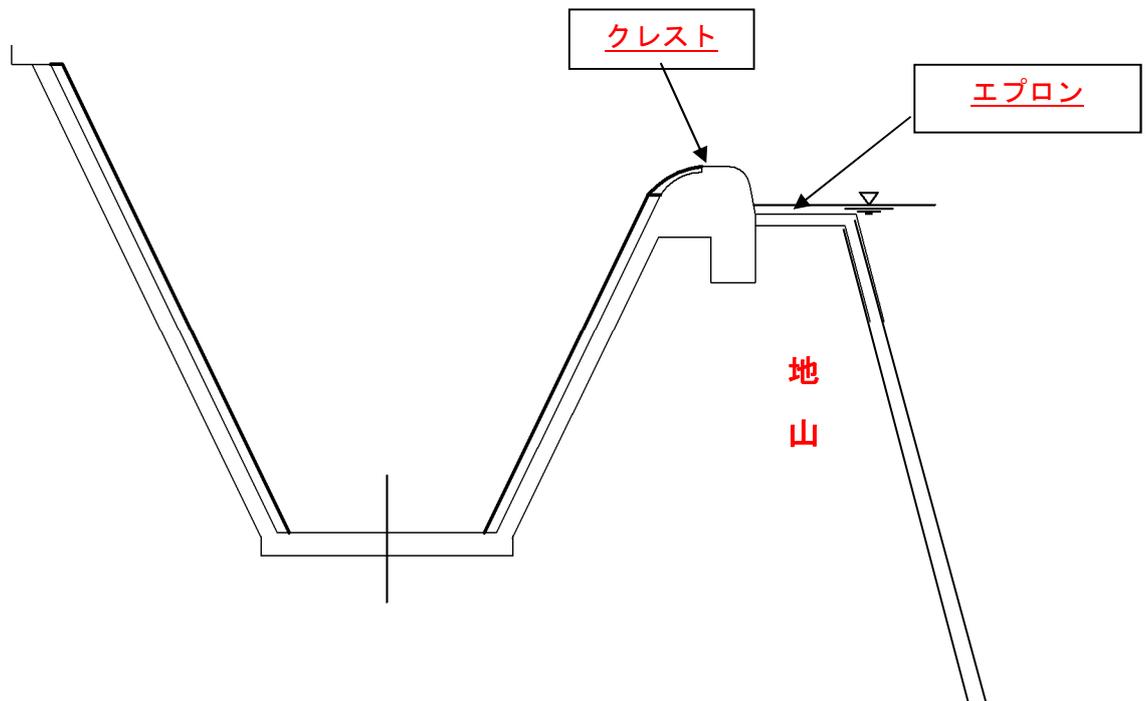
- (1) 調査結果
- (2) 漏水の原因推定
- (3) 抜本的対策の検討

2) 報告内容について、以下のとおり委員から御意見をいただきました。

- (1) 調査結果
 - ・洪水吐の動態観測は、今後も注意深く行うこと。
- (2) 漏水の原因推定
 - ・今回の原因については、地山の解析結果からエプロン部、クレストの下部にひずみが生じやすい地山状態であるので、エプロン部下部からの浸水から地山が風化し、側壁と地山の隙間が形成され、漏水につながった。
 - ・過年度に実施した側壁の補強対策との因果関係はないと考えられる。
- (3) 抜本的対策の検討
 - ・越流堰重力式（案2）を優先して採用する。実施に当たっては、数値解析モデルにより重力式（案1）とすることも考えられるので、十分検証すること。
 - ・実施に当たっての留意点として、
 - ① ダム湖水面側の地形図（横断図）を作成する。
 - ② 底盤については、放水路の下流側についても施工時に調査を行うこと。
 - ③ 重力式の場合、マスコンクリートとして十分検討すること。
 - ④ 越流堰重力式の場合、一体構造とする時は、目地の設置等考慮が必要。

<参考>

①現在の標準断面



②抜本的対策の検討

対策案	断面形状 (最大断面)
<p>第1案 (全体重力式)</p>	
<p>第2案 (越流堰・重力式 + 側壁)</p>	

三島ダム洪水吐復旧工事検討会（第3回） 議事概要

- 1 日 時 平成30年12月20日（木）14時から16時まで
- 2 場 所 千葉県庁南庁舎2階第1会議室（千葉市中央区市場町1-1）
- 3 議 事 報告書とりまとめの方向性の確認 等
- 4 検討会出席者
 - 委員長 たなか 田中 ただつぐ 忠次 東京大学名誉教授
 - 委 員 なつか 長束 いさむ 勇 島根大学名誉教授
 - 委 員 たがしら 田頭 ひでかず 秀和 国立研究開発法人
農業・食品産業技術総合研究機構
農村工学研究部門施設工学研究領域
施設構造ユニット ユニット長

事務局 千葉県農林水産部耕地課事業計画室

5 議事概要

検討会では、以下のとおり会議を開催しました。

1) 以下の項目の報告を行いました。

(1) 報告書(案)の内容説明

2) 報告内容について、以下のとおり委員から御意見をいただきました。

(1) 報告書(案)について

- ① 側壁のクラックの発生原因は、側壁背面からの水圧である。ただし、発生プロセスについて、詳細に解析・解明することは、様々な要因が絡んでおり容易ではないので、本検討会ではそこまでの検証は行わない。これまでの審議内容をまとめる。
- ② 漏水原因の推定については、今回の審議内容でまとめる。
- ③ 抜本的対策は、側壁背面への水圧に耐え得るよう、十分な安全性を確保できる構造とする。
- ④ 対策工事において、地山に潜在的な亀裂があることが想定されるので十分考慮する。

以上の内容を踏まえて、最終報告書(案)を作成すること。

三島ダム洪水吐復旧工事検討会（第4回） 議事概要

1 日 時 平成31年1月25日（金）14時から16時まで

2 場 所 千葉県教育会館（本館）7階701会議室
（千葉市中央区中央4丁目13番10号）

3 議 事 報告書とりまとめ（案）の確認 等

4 検討会出席者

委員長 たなか 田中 ただつぐ 忠次 東京大学名誉教授

委 員 たかはし 高橋 ていいち 禎一 元農林水産省地質官

委 員 なつか 長束 いさむ 勇 島根大学名誉教授

委 員 たがしら 田頭 ひでかず 秀和 国立研究開発法人
農業・食品産業技術総合研究機構
農村工学研究部門施設工学研究領域
施設構造ユニット ユニット長

事務局 千葉県農林水産部耕地課事業計画室

5 議事概要

検討会では、以下のとおり会議を開催しました。

1) 以下の項目の報告を行いました。

(1) 報告書(案)について

2) 報告内容について、委員から以下の意見をいただきました。

- ・用語集に説明があるものは本文中にわかるような表示をすること。
- ・動態観測の概要について記載すること。
- ・実施に当たっての留意点として以下を追加すること。
 - ①中央部にあるD級区分の地盤について明確に調査し、評価した上で実施設計を行うこと。
 - ②エプロン部と側壁との間に水が浸入しないよう対策を検討すること。

(3) 用語集

(ア) 洪水吐

- ・ダムの余剰水を下流の河川へ安全に放出させる施設。

(イ) 鉄筋挿入工

- ・斜面に鉄筋やロックボルトなどの比較的短い棒状補強材を地山に多数挿入することにより、地山と補強材の相互作用によって移動土塊や斜面上の岩塊等を安定化させる工法である。

(ウ) ボーリング

- ・機器を用いて地中に孔を掘ること。

(エ) ルジオンテスト

- ・地盤の透水性を把握するための注水式の透水試験。
このテストで求める「ルジオン値 (Lu)」は、一定区間に 0.98MPa の圧力のもとで孔長 1m 当りの毎分の注水量(L/min)を表したもの。
ルジオン値は上記の圧力(P)と注水量(Q)の関係(P-Q 曲線)を作成して求める。
P-Q 曲線で急な折れ曲がり点が生じた場合における圧力が限界圧力と呼ばれ、この限界圧力が 0.98MPa 以下の場合は、初期の直線勾配を延長し、圧力 0.98MPa に相当する注水量を求めて換算ルジオン値 (Lu') とする。

(オ) ボアホールカメラ

- ・ボーリング孔にカメラを挿入し、孔壁観察を行うもの。

(カ) UAV (Unmanned Aerial Vehicle)

- ・無人航空機、人が搭乗しない航空機のこと。(例：ドローン)

(キ) 一軸圧縮試験

- ・岩石の圧縮に対する強度を求める室内試験。採取した乱さない試料から供試体を作製し、垂直方向のみの圧力を徐々に大きくし、破壊時の荷重を求める。

(ク) 三軸圧縮試験

- ・岩石のせん断強度を求める室内試験。採取した乱さない試料から供試体を作製し、上下・側圧(三軸)を加えながら圧力を加え、地中の自然の状態に近い支持力を求める。

(ケ) 繰り返し一面せん断試験

- ・岩石のせん断強度、割れ目の強度を求める室内試験。作製した供試体にせん断力を加え、これに抵抗する力の大きさのせん断応力度を求める。

(コ) 粗骨材

- ・コンクリート用骨材のうち、5mm ふるいに 85%以上とどまるもの。

(サ) 豆板 (ジャンカ)

- ・(コンクリートの打設時において) 隅々までセメントが行き渡らず、粗骨材(砂利)が見えてしまっている状態で、コンクリートの強度が下がっている状況。

(シ) グ라우チング

- ・一般に、セメントミルクやモルタルを空隙などに充填することを言う。
グラウトということもある。ダム建設では、基礎地盤の改良などのため、セメントミルクを用いてグラウチングが行われる。

(ス) 岩級区分

- ・ダムの基礎地盤について、その硬さを示す等級区分。いくつかの区分方式があり、A級からD級に分けるのが一般的で、さらにC級は細区分してCH、CM、CLに分けられる。このうちA級は極めて硬い岩で、日本にはなく、D級は断層があったり、土に近いものであったりしてダムの基礎地盤としては不適である。コンクリートダムでは通常CM級以上が必要とされる。

(セ) 弾塑性有限要素解析（弾塑性FEM解析）

- ・有限要素（FEM）解析は、数値解析の手法の一つであり、複雑な形状・性質を持つ物体を多くの微小な要素で構成される解析要素でモデル化し、全体の挙動を近似的に求める手法。弾塑性モデルは土や岩盤のように、ある一定の強度で破壊するような物質の特性を適切に評価する際に用いられる。

(ソ) シュミットハンマー

- ・コンクリートの圧縮強度を測定するための機器であり、コンクリートに打撃を与え、返ってきた衝撃により強度を推定する。

(タ) 健全度評価

- ・施設の変状等のレベルを5段階で指標化したものをいう。

<参考：健全度指標と施設の状態>

健全度評価	施設の状態
S-5	変状がほとんど認められない状態
S-4	軽微な変状が認められる状態
S-3	変状が顕著に認められる状態
S-2	施設の構造的安定性に影響を及ぼす変状が認められる状態
S-1	施設の構造的安定性に重大な影響を及ぼす変状が複数認められる状態

(チ) アンカー工法（抜本的対策）

- ・比較的小さい削孔に高強度の鋼材などの引張り材を挿入し、これを基盤内に定着させて、鋼材の引張り強さを利用することにより地すべりの滑動力に対抗しようとする工法である。