

# 丸山ダム健全性検討委員会

## 第2回委員会資料

平成21年3月11日

中部地方整備局

新丸山ダム工事事務所

## 目 次

1. 丸山ダムの堤体状況.....	1-1	3. 丸山ダムの基礎岩盤の状況.....	3-1
1.1 4BL の漏水調査について.....	1-1	3.1 基礎岩盤の状況.....	3-2
1.1.1 漏水の経緯.....	1-1	3.2 破碎層の状況.....	3-8
1.1.2 漏水の季節変動.....	1-3	3.3 堤体基礎の岩着状況.....	3-16
1.1.3 堤体挙動と漏水状況.....	1-4	3.4 丸山ダム 4BL 周辺の地質状況.....	3-20
1.1.4 4BL のボーリング調査.....	1-6	4. 丸山ダムの安定性の検討.....	4-1
1.1.5 4BL の圧力水頭の推定.....	1-28	4.1 検討条件.....	4-1
1.1.6 旧揚圧力配管調査.....	1-30	4.2 丸山ダム堤体の圧縮応力の照査.....	4-6
1.1.7 建設時の施工状況.....	1-32	4.3 丸山ダム堤体および基礎岩盤のせん断応力の照査.....	4-9
1.1.8 4BL 漏水箇所周辺の状況.....	1-38	5. 丸山ダムの健全性評価.....	5-1
1.1.9 まとめ.....	1-40	6. 新丸山ダム基礎として要求される基本的事項.....	6-1
1.2 丸山ダムの堤体状況のまとめ(案).....	1-41		
2. モニタリング方針(案).....	2-1		
2.1 モニタリング方針(案).....	2-1		
2.2 4BL 漏水箇所の圧力管理の計画.....	2-3		
2.3 今後の補足調査提案.....	2-6		

# 1. 丸山ダムの堤体状況

## 1.1 4BLの漏水について

### 1.1.1 漏水の経緯

#### (1) 4BLの漏水の経緯

平成11年1月1日以降の漏水量の経時変化を図-1.1.1に示す。

表-1.1.1 4BLの漏水の経緯

時期	4BLの漏水量の状況
平成12年5月30日から	・ 4BLの漏水が約100~200ℓ/分と徐々に増加する。
平成14年6月5日 ～平成14年12月	・ 4BLの漏水量は約900ℓ/分に急増する。
平成14年12月 ～平成18年9月	・ 4BLの漏水量は100~500ℓ/分程度で推移する。
平成18年9月5日から	・ 再び4BLの漏水量が急増する。 ・ 平成19年10月4日のピーク時には1,015ℓ/分となる。
平成21年1月末現在	・ 4BLの漏水量は190ℓ/分と、減少傾向となってきた。

漏水量に、貯水位および気温との明瞭な関係は認められない。



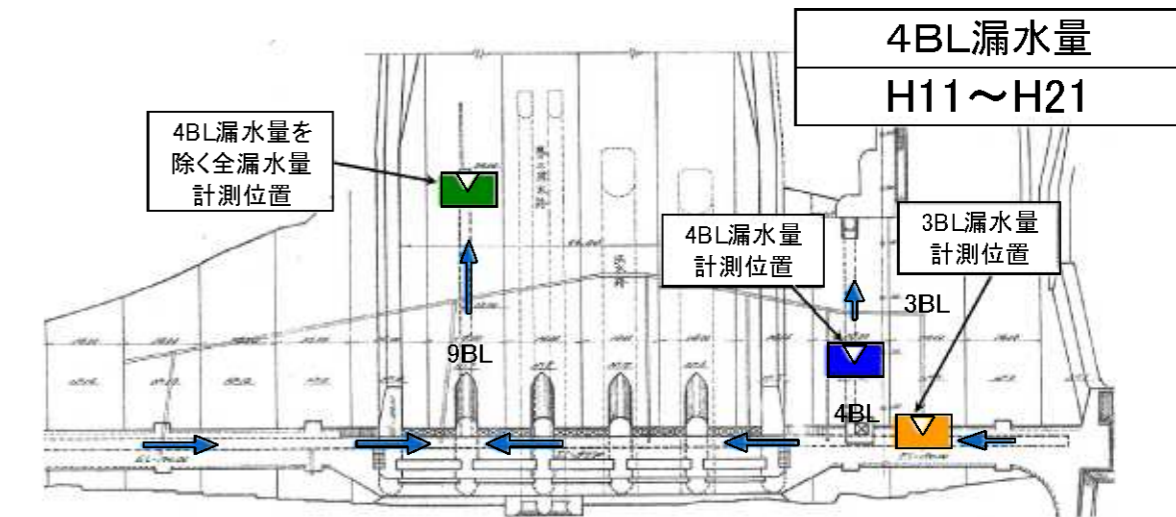
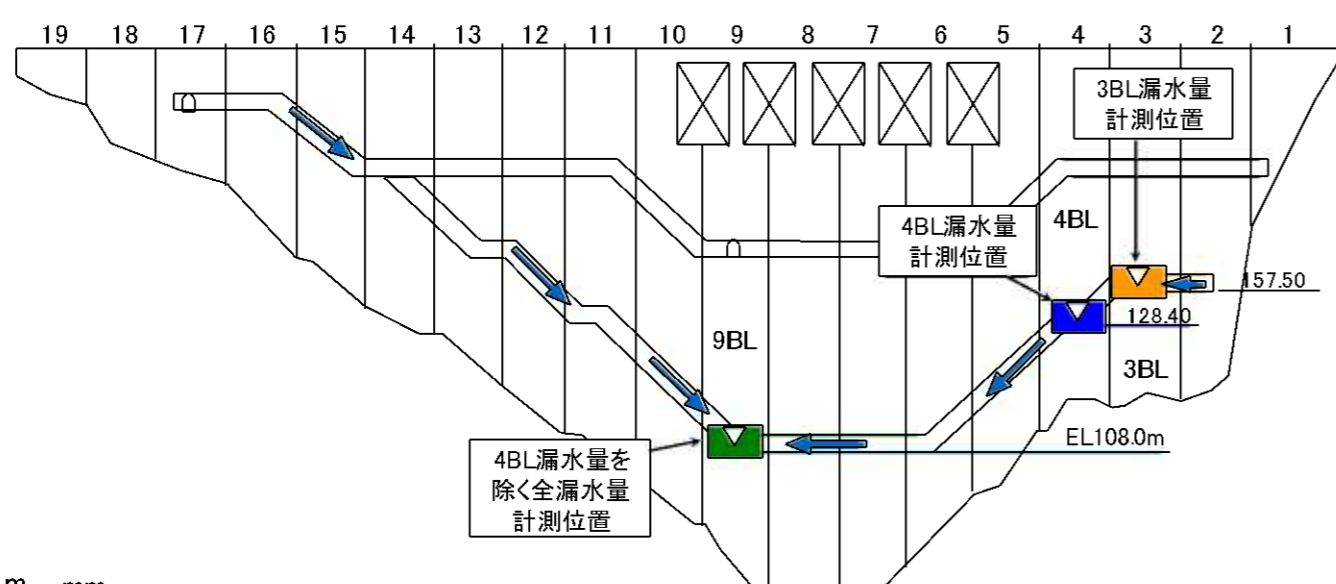
写真-1.1.1 飛散防止カバー設置前の4BL漏水箇所(平成12年頃)



写真-1.1.2 飛散防止カバー設置後の状況  
(調査のため周辺のもルタルをはつてある)



写真-1.1.3 4BL漏水箇所の飛散防止カバーを外した状況(平成20年7月)



4BL漏水量  
H11~H21

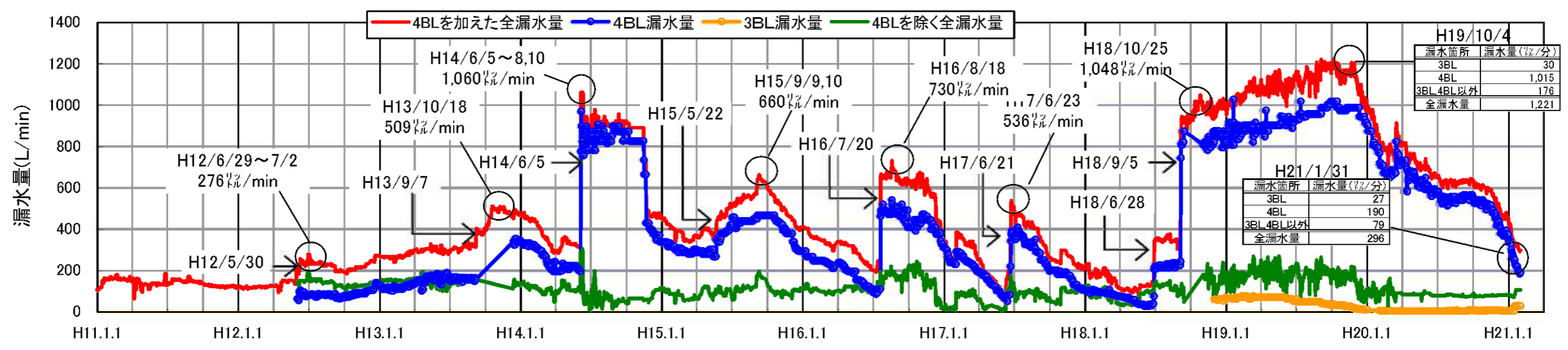
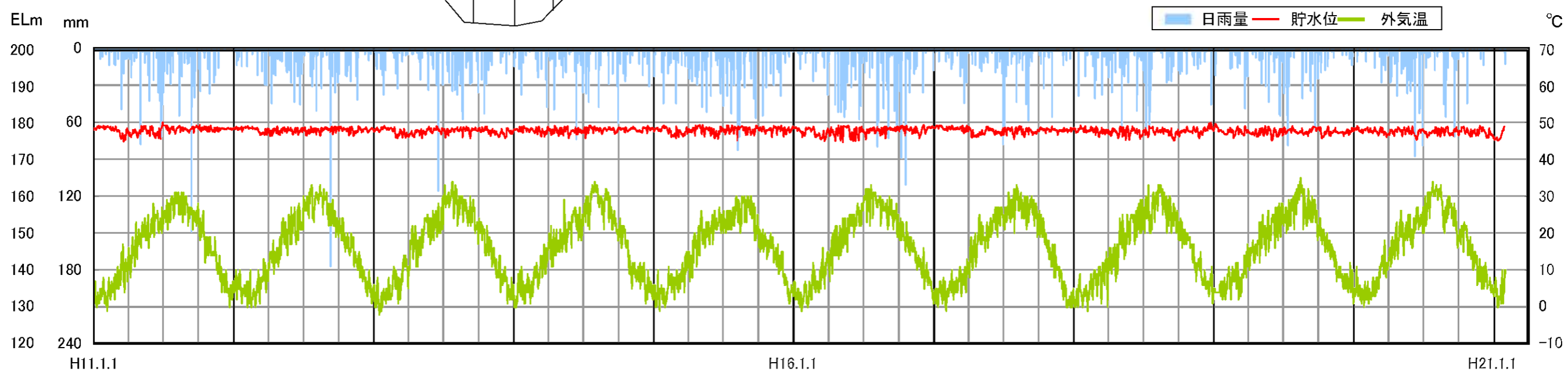


図 - 1.1.1 丸山ダム堤体漏水量経時変化図 (平成 11 年以降)

### 1.1.2 漏水の季節変動

横継目からの漏水は、冬期に増加し、夏期に減少するが、4BLの漏水は、夏期に急増し冬期に減るパターンを繰り返していることから、**4BLの漏水が、横継目(堆砂位より上位)から発生している可能性は小さいと推察される。**

4BLの漏水の経時変化を図-1.1.3に、貯水池水温の経時変化を図-1.1.2に示す。4BLの漏水量は、夏期に急増し冬期に減るパターンを繰り返している。貯水池の堆砂位より上位の温度は、夏期に上昇し、冬期に下降する変動を示している。横継目は貯水温の低下する冬期に開き、上昇する夏期に閉じるため、横継目からの漏水は、冬期に増加し、夏期に減少するが、4BLの漏水はこれとは逆の挙動を示している。したがって、4BLの漏水が、横継目(堆砂位より上位)から発生している可能性は小さいと推察される。

なお、潜水調査の結果、4BL周辺の堆砂面より上位に吸込み口は発見されなかった(参考資料)。

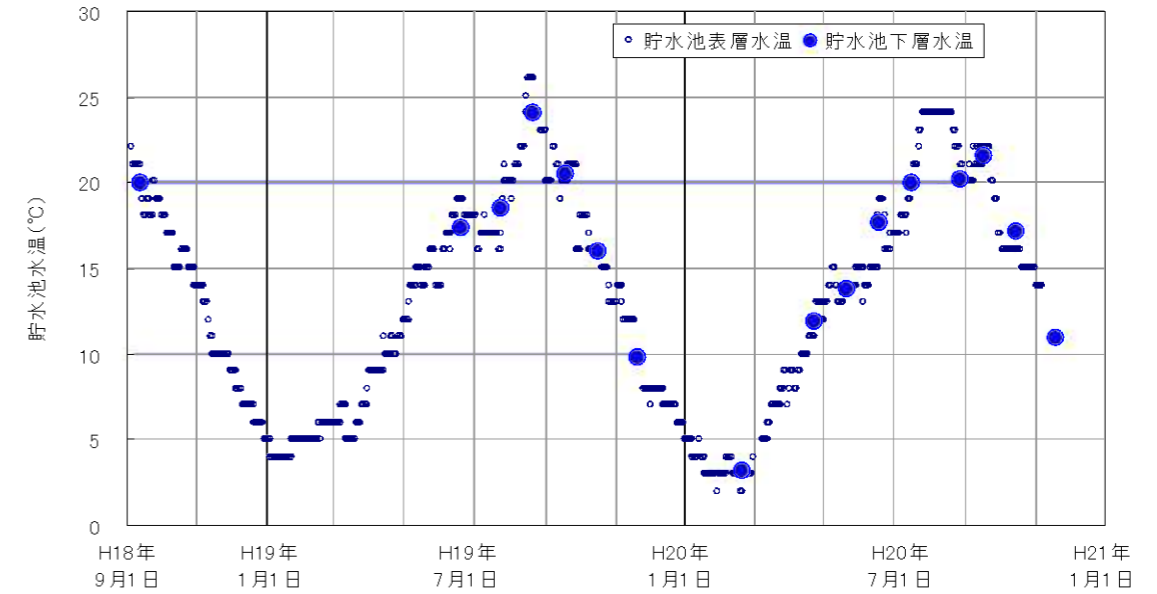
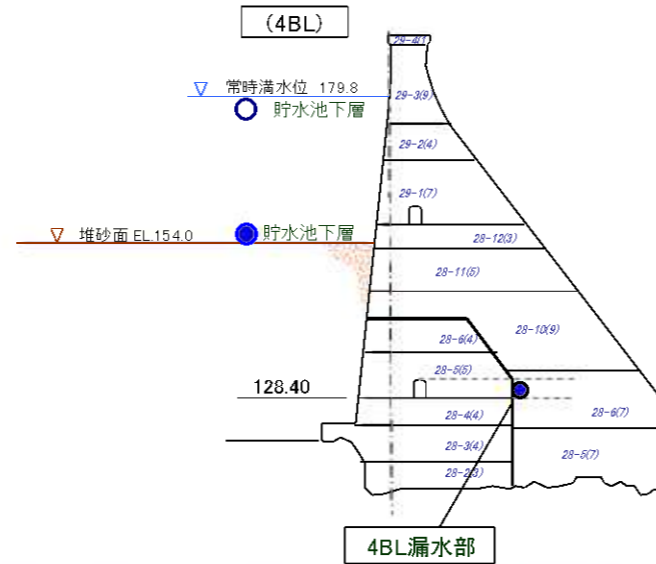


図-1.1.2 貯水池水温

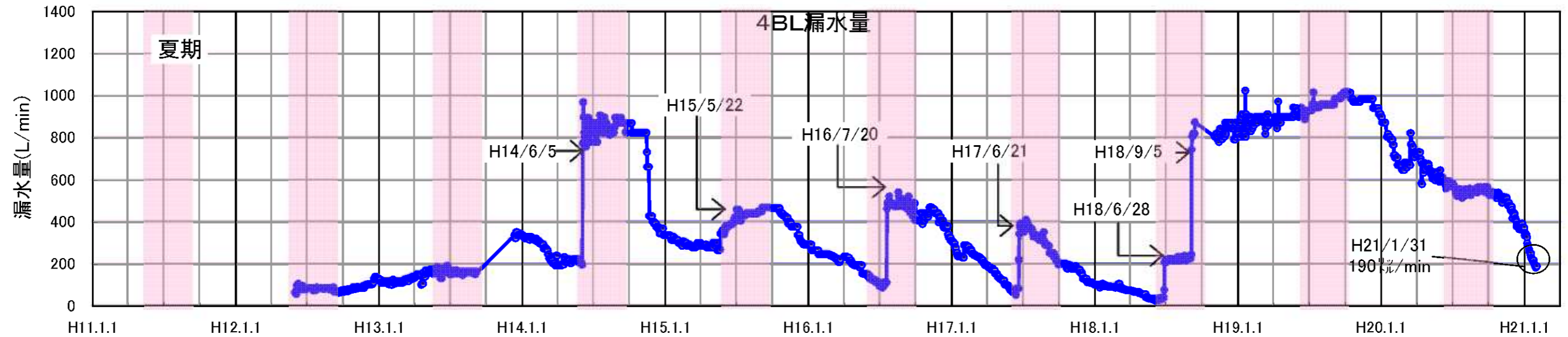


図-1.1.3 4BL漏水の経時変化

※ 6~9月を着色して示している。

### 1.1.3 堤体挙動と漏水状況

堤体は、冬期に下流側、夏期に上流側に変形し、上流面の水平打継面に対する応力は、冬期に引張側、夏期に圧縮側へと変動するが、4BL の漏水は、夏期に急増し冬期に減るパターンで変動していることから、**4BL の漏水が、水平打継目のひびわれや岩着面から発生している可能性は小さいと推察される。**

4BL 変形量の経時変化を図- 1.1.4 に示す。参考のため 8BL 変形量の経時変化を図- 1.1.6 に示す。堤体変形は、冬期に下流側、夏期に上流側にたわむ挙動を示している。このような挙動に伴い、上流面の水平打継面に対する応力は、冬期に減少し、夏期に増加する方向となるため、水平打継目のクラックからの漏水があれば、冬期に増加し、夏期に減少するはずである。これに対して、4BL の漏水は、前述のようにこれとは逆の挙動を示している(図- 1.1.3)。したがって、漏水が、水平打継目のひびわれや岩着面から発生している可能性は小さいと推察される。

なお、天端から基礎岩盤に至る2本のボーリング調査(No.1(H18・1)孔, No.2(H19・11)孔)の結果、堤体コンクリート部の水平打継目は密着しており、透水係数は  $10^{-7}$  オーダー、基礎岩盤部の透水係数は  $10^{-6}$  オーダーであった(4.3.4 項参照)。

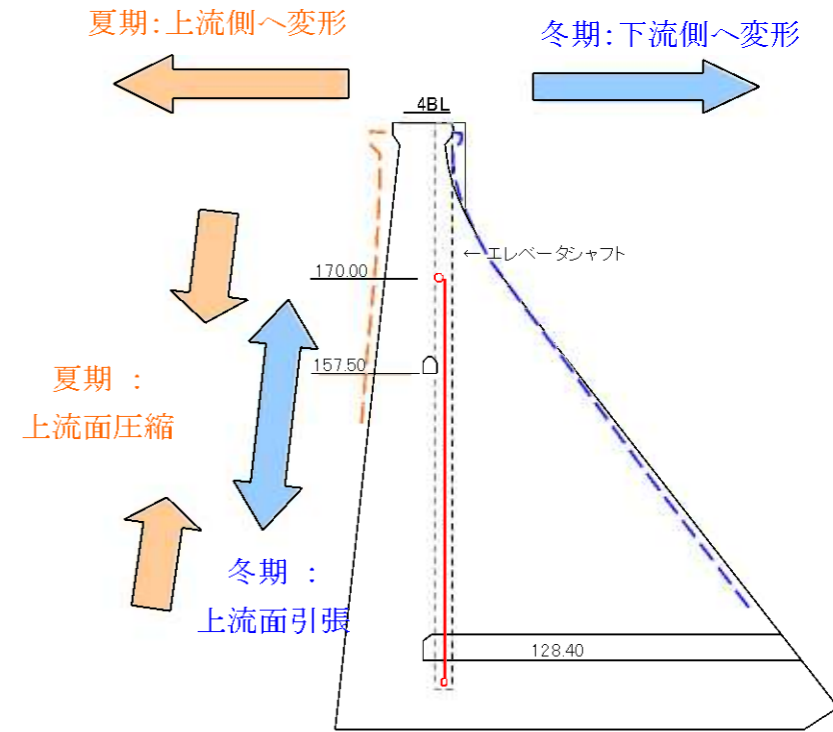


図- 1.1.5 堤体挙動の季節変動の概念図

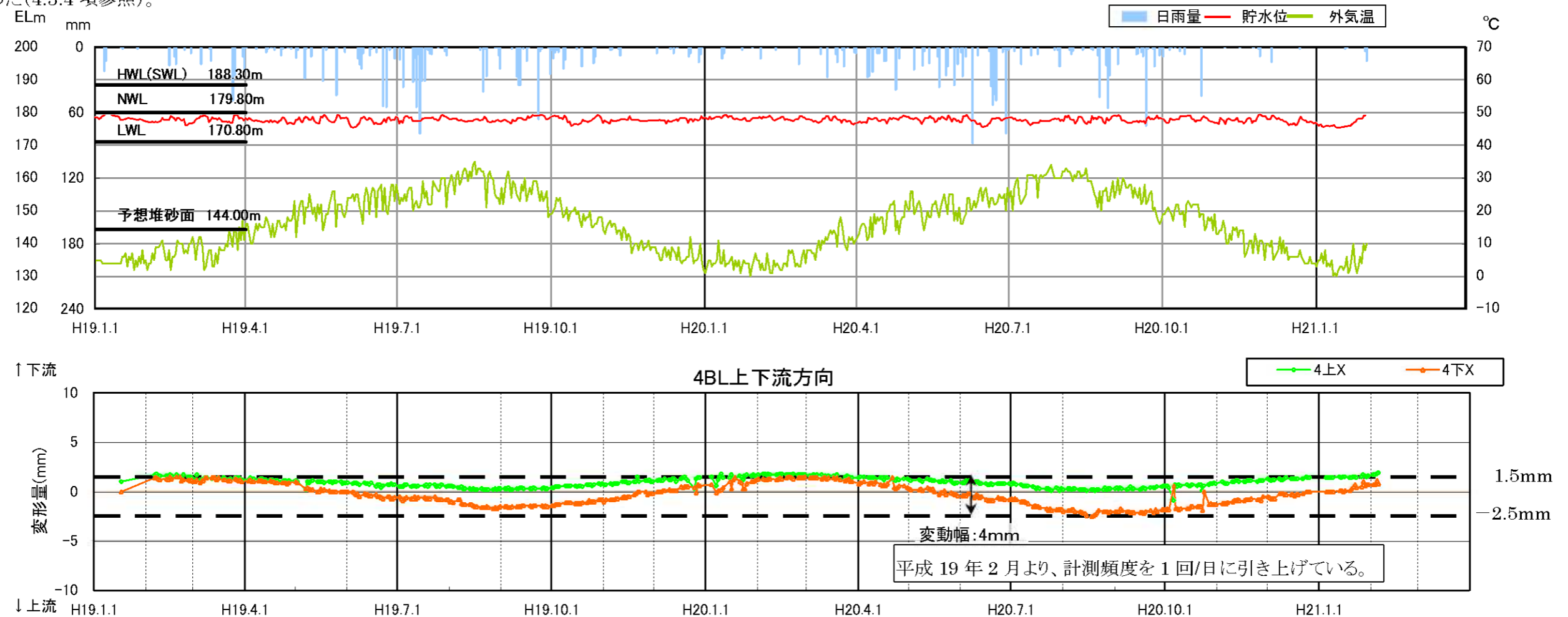


図- 1.1.4 堤体変形量(4BL プラムライン, 上下流方向)の経時変化図(平成19年~平成21年)

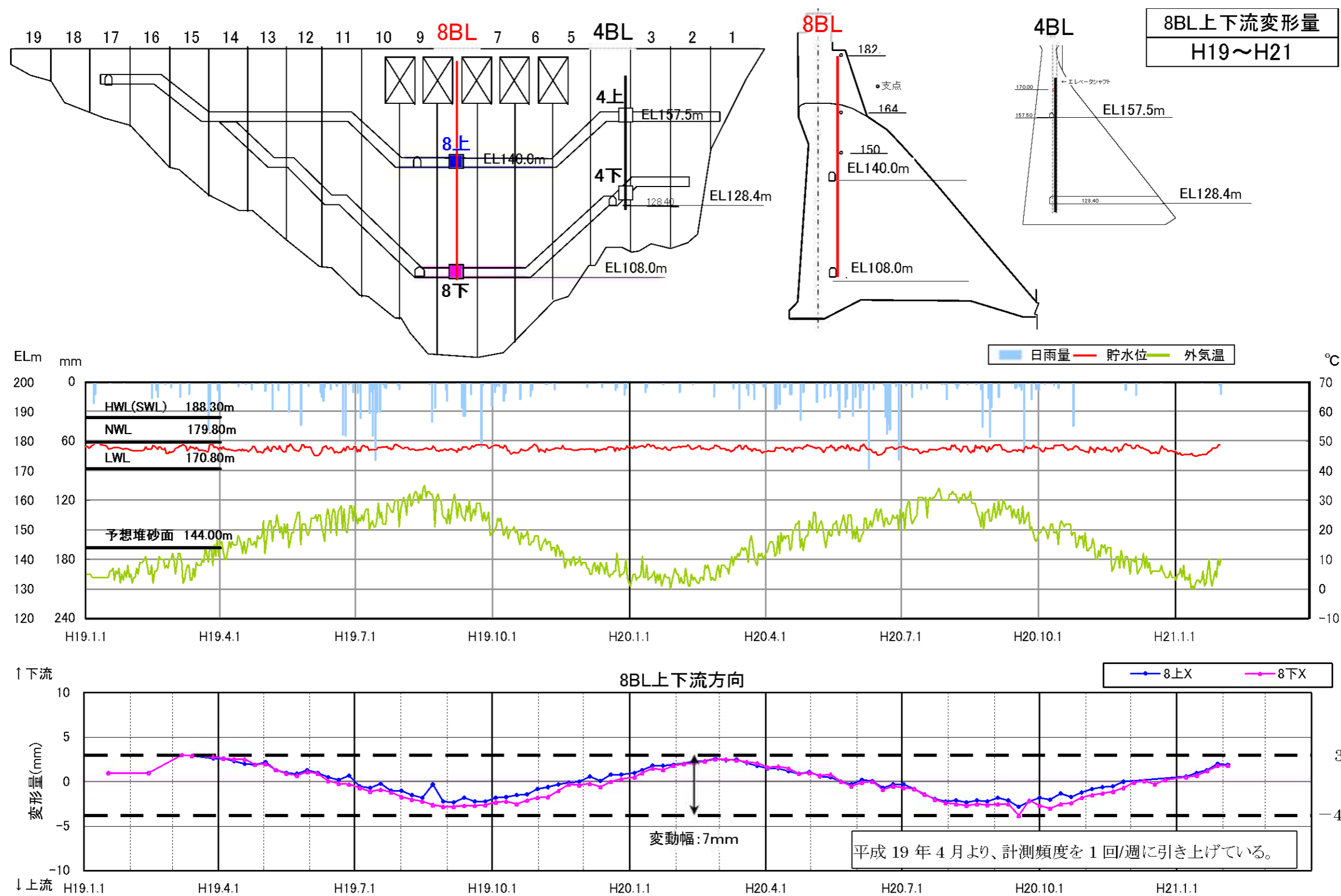


図 - 1.1.6 【参考】堤体変形量(8BL プラムライン, 上下流方向)の経時変化図(平成 19 年~平成 21 年)

1.1.4 4BL のボーリング調査

4BL の漏水経路の調査を目的として、表－ 1.1.2、図－ 1.1.7 に示すボーリング調査を行った。

表－ 1.1.2 4BL ボーリング調査一覧

コアNo.	実施時期	概念図	実施場所	孔口標高	位置	方向	孔長	目的	主な調査内容	調査結果
No.1 (H18-1)	H19年2月1日～8日 平成19年2月22日～26日		ダム天端	EL.190m	ダム軸 +5.37m	4-5BL継目 -4.17m	鉛直下向き	81m	堤体の水平打継目・岩着面からの漏水経路の調査	コア採取、ポアホールカメラ観察、水押試験 コンクリートは密実 一部割れ目がありボーリング水が抜ける(孔内水位の上昇はなかった) 割目には酸化・変色なし コンクリートの透水性は $10^{-7}$ オーダー以下 コンクリートと基礎岩盤の境界は密着 岩着部の透水性は $10^{-6}$ オーダー
No.2 (H19-11)	H19年8月10日～15日 H19年10月23日～26日		ダム天端	EL.190m	ダム軸 +2.0m	3-4BL継目 +1.0m	鉛直下向き	73m	堤体の水平打継目・岩着面からの漏水経路の調査	コア採取、ポアホールカメラ観察、水押試験 コンクリートは密実 ルジオン値は0.68Lu(透水性係数 $10^{-6}$ オーダー) コンクリートと基礎岩盤の境界は密着 岩着部のルジオン値は1.5Lu(透水性係数 $10^{-5}$ オーダー)
C-1	H20年7月22日～26日		4BL 監査廊	EL.128.4m	ダム軸 +14.0m	4-5BL継目 -6.7m	斜下方向 6° (右岸向き)	20m	4BL破碎層からの漏水経路の調査	コア採取、ポアホールカメラ観察 コンクリートは密実 コンクリートと基礎岩盤との境界は密着 基礎岩盤到達後、湧水を観測 0.02～0.03MPa(EL.131～132m)の水圧
C-2	H20年7月31日～8月5日		4BL 監査廊	EL.128.4m	ダム軸 +25.0m	4-5BL継目 -6.8m	斜下方向 6° (右岸向き)	20m	4BL破碎層からの漏水経路の調査	コア採取、ポアホールカメラ観察 コンクリートは密実 コンクリートと基礎岩盤との境界は密着 基礎岩盤到達後、湧水を観測 一時、0.01～0.02MPa(EL.130～131m)の水圧
A	H20年7月28日～30日		4BL 監査廊	EL.130.0m	ダム軸 +21.0m	4-5BL継目 -6.0m	水平方向 (右岸向き)	8m	横継目からの漏水経路の調査	コア採取、ポアホールカメラ観察 コンクリートの肌面には荒れが目立つ 継目到達後、湧水を観測 継目周辺に変色や付着物なし 水圧は観測されず
B	H20年7月30日～31日		4BL 監査廊	EL.130.0m	ダム軸 +20.9m	4-5BL継目 -6.8m	斜下方向 6° (上流向き)	8m	縦継目からの漏水経路の調査	コア採取、ポアホールカメラ観察 コンクリートは密実 縦継目は密着 湧水は認められず 水圧は観測されず



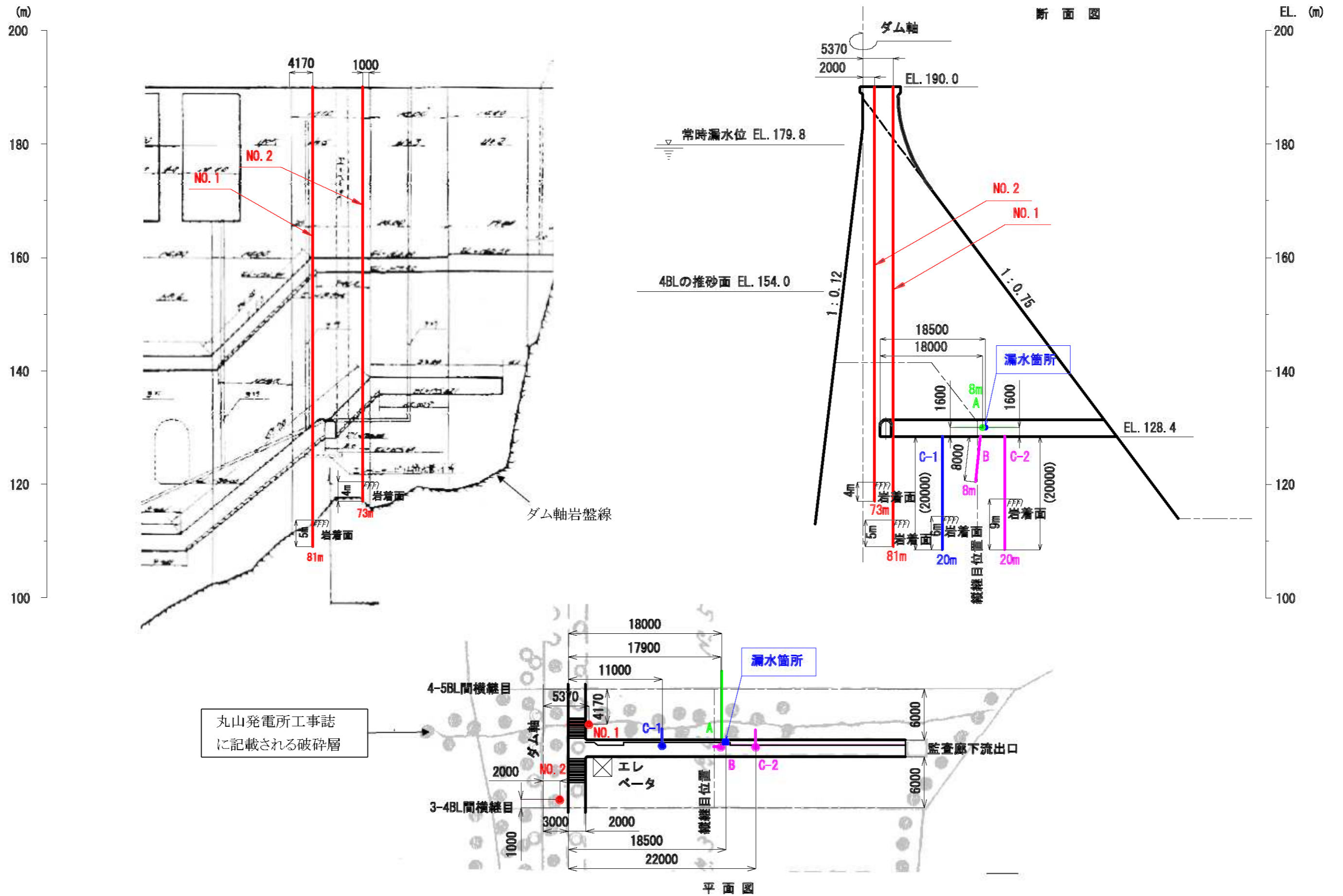


図 - 1.1.7 ボーリング調査位置図  
1:7

### 1.1.4.1 No.1(H18-1)孔

#### (1) コンクリートの状況

ボーリング実施中および前後における漏水量、ボーリングの深度、貯水位および孔内水位の経時変化を図-1.1.9に、代表的なボーリングコア写真、ボアホールカメラの映像を写真-1.1.4に示す。

ダム天端 EL.190m から EL.138m の間は、コンクリートは密実であるが、一部にボアホールカメラで確認される割れ目が認められた。削孔中には、表-1.1.3に示すように堤体上下流面および監査廊から軽微な漏水が認められた。また、ボーリング孔内水位が、2月5日の削孔完了後から翌日の作業前水位 EL.163.5～164.5m 付近(ボーリング作業完了後の安定した孔内水位とほぼ同じ)まで下がり、EL.164.4m に確認された割れ目と関連する可能性が示唆された。

一方、孔内水位は貯水位より低いが割れ目位置の削孔時に孔内水位の上昇がなかったこと、割目には漏水に伴う酸化・変色は認められないこと(写真-1.1.4)から、4BL漏水との関連性は無いと考えられる。

EL.138m～EL.109m のコンクリート掘進中には孔内水位の低下は認められずコンクリート内で水の抜ける箇所は無かった。水押試験の結果を表-1.1.3に示すが、コンクリートの透水性は $10^{-7}$ オーダー以下であった。

#### (2) 基礎岩盤の状況

コンクリートと基礎岩盤の境界は密着している。

図-1.1.9より、孔内水位は着岩後に低下しおおよそ EL.133m 付近で安定した。これは、岩盤内の浸透水圧とバランスした結果と考えられる(浸透水圧 = EL.133 - EL.113.75 = 20m)。水押試験の結果、岩着部の透水性は $10^{-6}$ オーダーであった。

基礎岩盤は泥質な混在岩を主体とし、一部に珪質な部分を挟在する。走向がほぼ上下流方向に近い破碎部を捉えており、丸山ダム発電所工事誌に記載されている破碎層の可能性はあるが、上述のように透水性は低い。

#### (3) 孔内水位

No.1孔のボーリング孔内水位の観測結果を図-1.1.11に示す。孔内水位はEL.133～131mの間で大き

な変化は無く推移している。

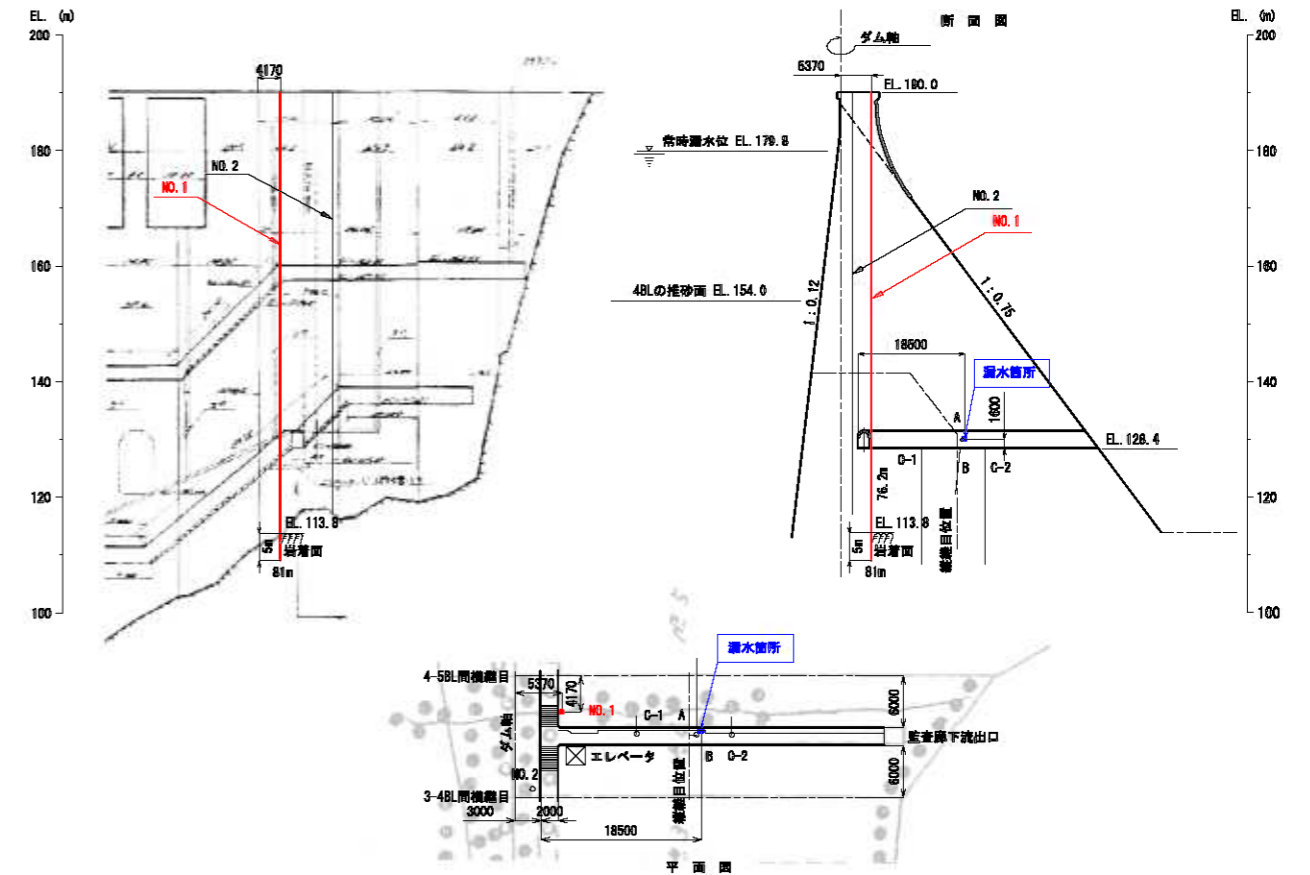


図-1.1.8 ボーリング調査位置図(No.1孔)

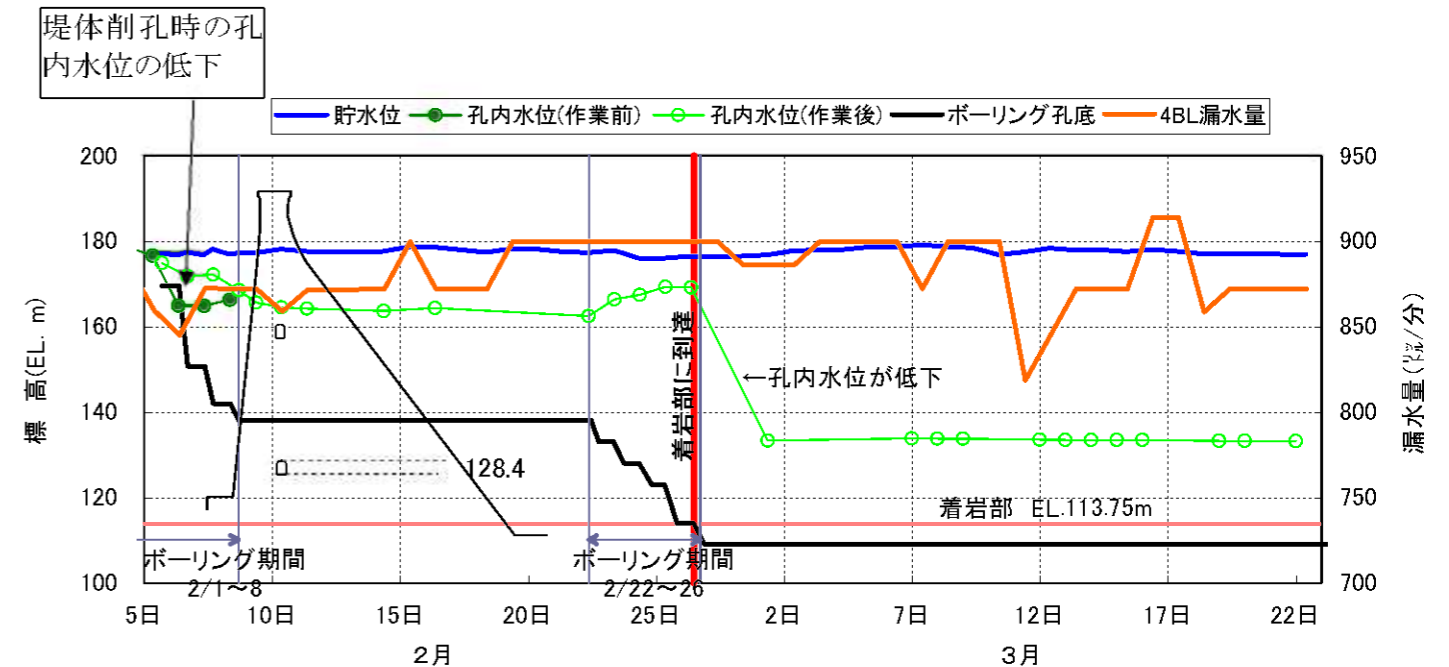


図-1.1.9 ボーリング調査前後における孔内水位および貯水位の経時変化(No.1孔 EL.190m～EL.109m)



割れ目



写真 - 1.1.4 ボーリングコア写真およびボアホールカメラの映像 (No.1 孔)

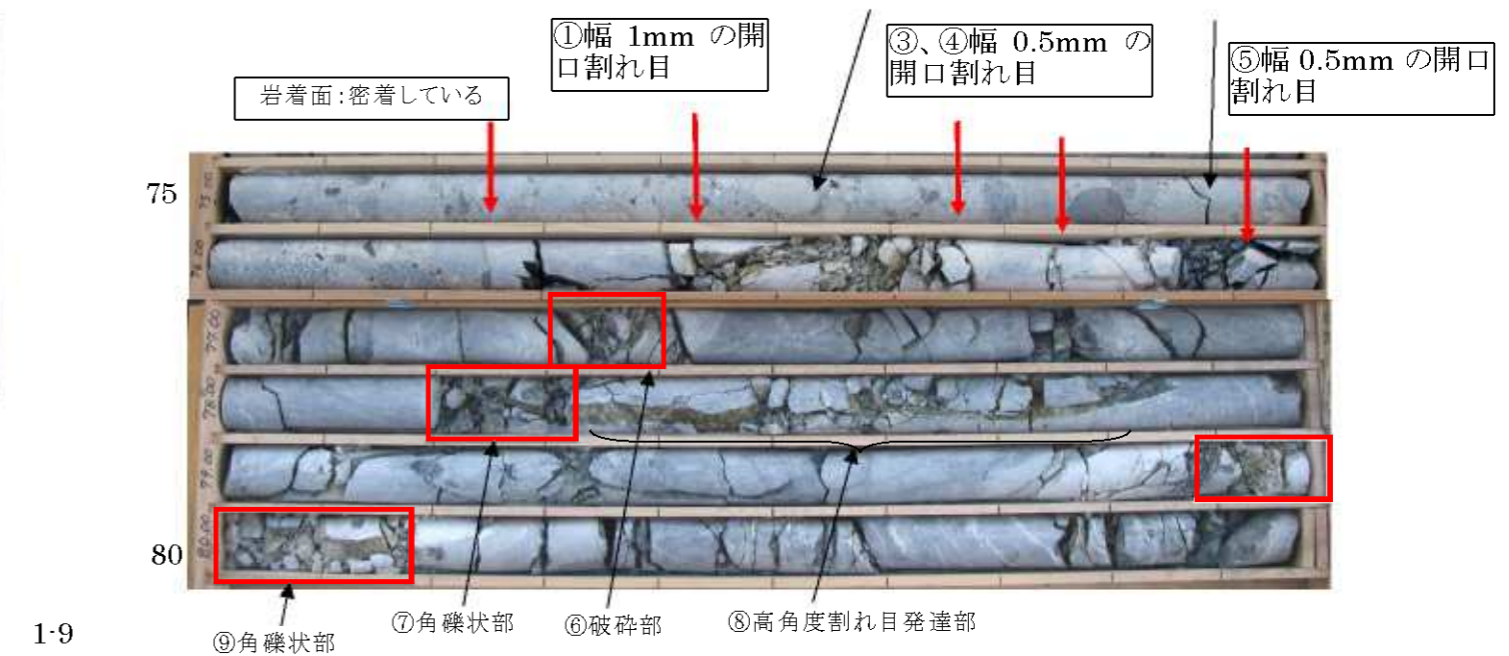
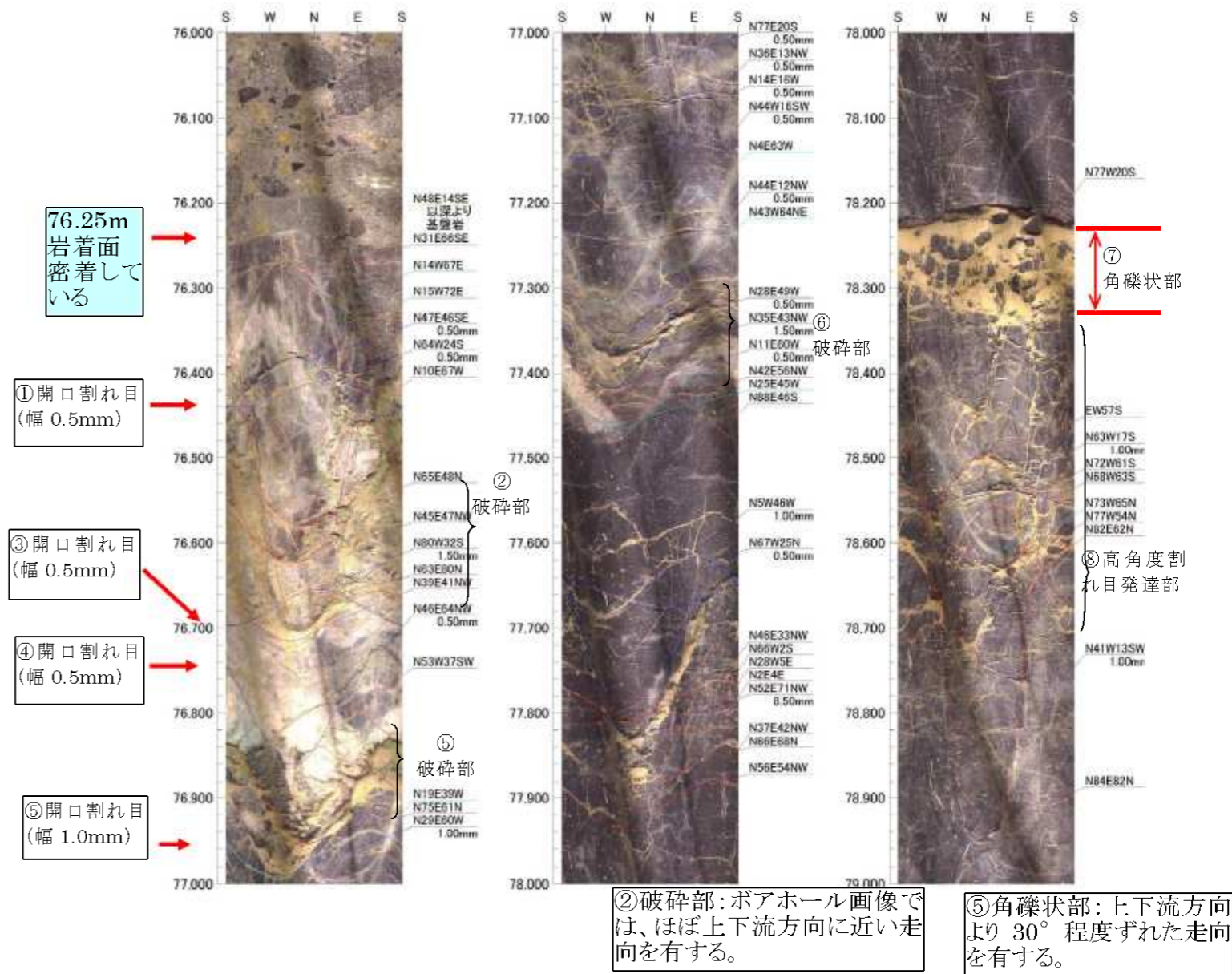


表 - 1.1.3 ボーリング調査および水押試験状況 (No.1 孔 (H18・1 孔))

深度(m)	標高(EL.m)	部位	コアの状態	ボアホールカメラでの状態	水押試験 (透水係数cm/sec)	備考
1	189	0.7m付近	割れ目・酸化なし	隙間		
2	188	1.5m付近	割れ目・酸化なし	ジャンカ		
3	187					
4	186					
5	185					
6	184					
7	183					
8	182					
9	181					
10	180	9.15m付近	水平割れ目・酸化なし	密着		堤体上流側9.2m付近より漏水
11	179					堤体下流側10.0m付近より漏水
12	178					
13	177	12.25m付近	割れ目・酸化なし	ジャンカ		
14	176					
15	175					堤体下流側14.0m付近より漏水
16	174	15.7m付近	水平割れ目・酸化なし	密着		
17	173					
18	172					
19	171					
20	170					
21	169					
22	168					
23	167					
24	166					
25	165					
26	164	25.7m付近	水平割れ目・酸化なし	密着		B1 監査廊エレベータ前漏水
27	163	26.5m付近	水平割れ目・酸化なし	一体化		B1 監査廊側壁部ににじみ
28	162					
29	161					
30	160					
31	159					
32	158					
33	157	32.8m付近	水平割れ目・酸化なし	一体化		
34	156					
35	155					
36	154					
37	153					
38	152	37.6m付近	割れ目・酸化なし	ジャンカ		
39	151					
40	150					
41	149					
42	148					
43	147					
44	146					
45	145					
46	144	45.75m付近	水平割れ目・酸化なし	一体化		
47	143					
48	142					
49	141					
50	140				0Lu	
51	139	50.25m付近	水平割れ目・酸化なし	一体化		
52	138					
53	137					
54	136					
55	135					
56	134				3.74E-07	
57	133					
58	132					
59	131					
60	130					
61	129	60.238m	割れ目・酸化なし	一体化	0 6.29E-08 1.14E-07	
62	128				0 0	
63	127	62.085m	割れ目・酸化なし	ジャンカ		
64	126					
65	125					
66	124					
67	123					2.09E-07
68	122					
69	121					
70	120					
71	119					4.67E-08
72	118					
73	117	72.320m	割れ目・酸化なし	ジャンカ		
74	116					
75	115	74.040m	グラウトミルク	密着		7.02E-08
76	114					
77	113	76.241m	岩着面	密着		
78	112					
79	111					
80	110					1.48E-06
81	109					

※ 「密着」は、ボアホールカメラで亀裂が確認できるもの。「一体化」は、ボーリングコアでは亀裂が認められるが、ボアホールカメラでは認められないもの。

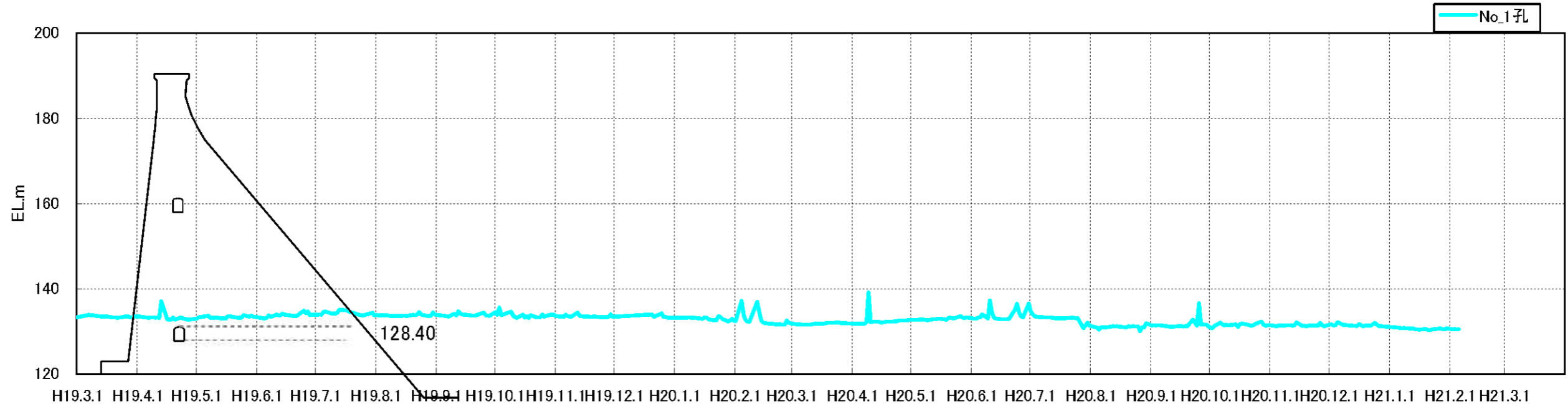
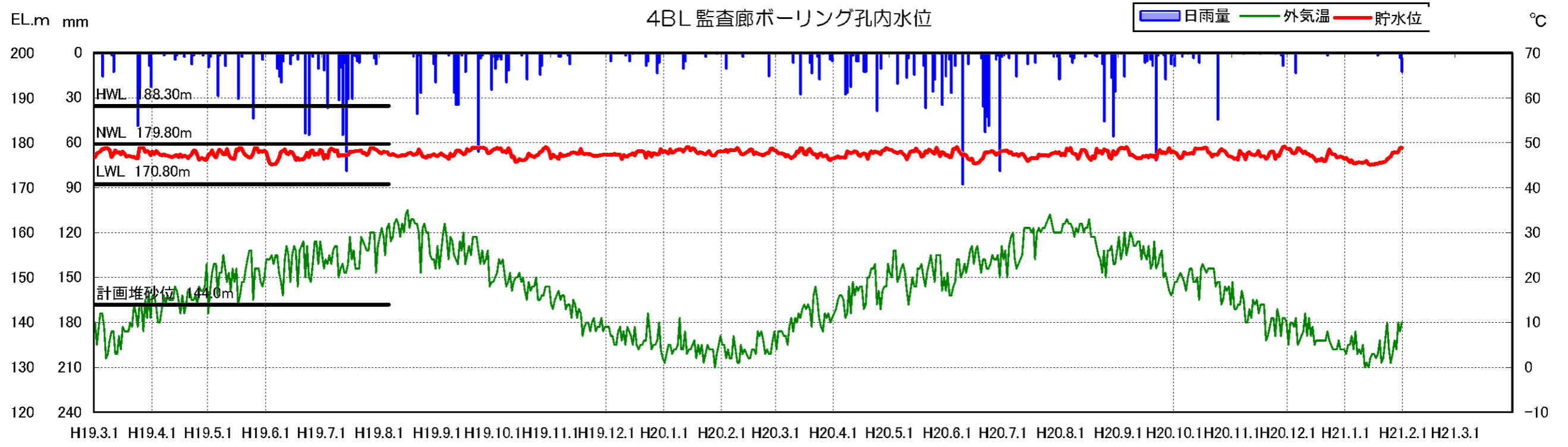


図 - 1.1.11 4BL 監査廊ボーリング孔内水位 (No.1 孔)

### 1.1.4.2 No.2(H19-11)孔

#### (1) コンクリートの状況

ボーリング実施中および前後における漏水量、ボーリングの深度、貯水位および孔内水位の経時変化を図- 1.1.14 に示す。代表的なボーリングコア写真、ボアホールカメラの映像を写真- 1.1.5 に示す。

コンクリートは密実であり、削孔中において堤体上下流面および監査廊からの漏水は認められず、ボーリング孔内水位についても作業前水位、作業後ともほぼ一定であり、特に水が抜ける区間は認められなかった。また、コンクリート内でのルジオンテストの結果、ルジオン値は0.68Lu(透水係数 $10^{-6}$ オーダー)であった(表- 1.1.4)。

#### (2) 基礎岩盤の状況

コンクリートと基礎岩盤の境界は密着している。

図- 1.1.14 より、孔内水位は着岩後に低下し、おおよそ EL.149m 付近で安定した。これは、岩盤内の浸透水圧とバランスした結果と考えられる(浸透水圧=EL.149-EL.120.45≒28.5m)。基礎岩盤には、ボアホールカメラによる映像で幅 1mm 程度の開口割れ目が認められたが、ルジオンテストの結果、ルジオン値は1.5Lu(透水係数 $10^{-5}$ オーダー)であった(図- 1.1.12, 表- 1.1.4)。

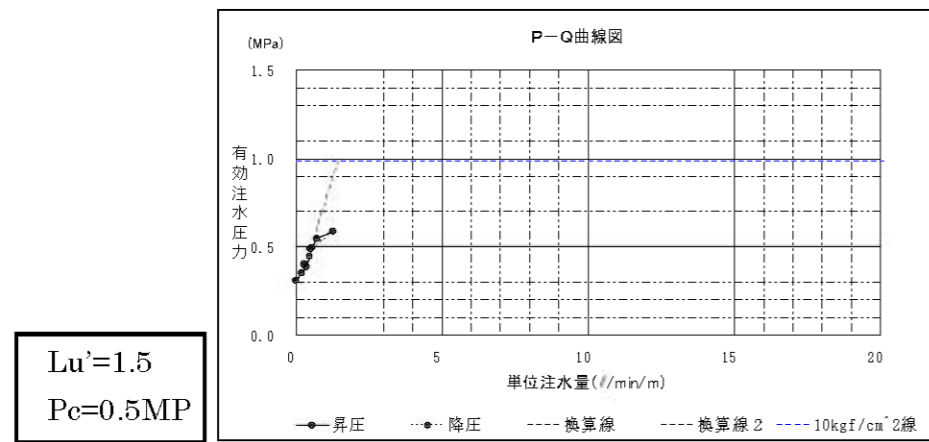


図- 1.1.12 No.2 孔の岩着部 (68-73m 区間) の PQ 曲線

#### (3) 孔内水位

No.2 孔のボーリング孔内水位の観測結果を図- 1.1.15 に示す。孔内水位は EL.151~149m の間で大きな変化は無く推移している。

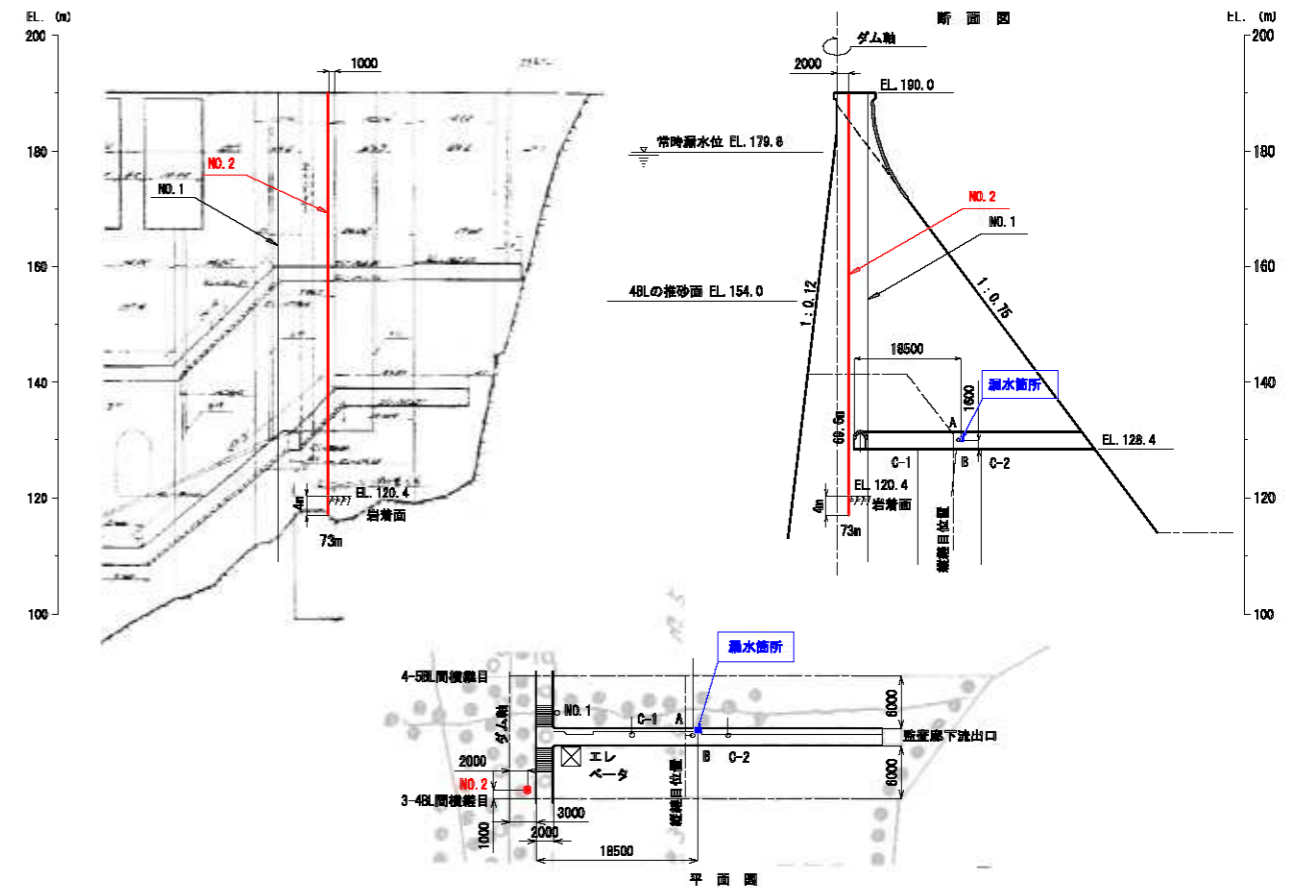


図- 1.1.13 ボーリング調査位置図 (No.2 孔)

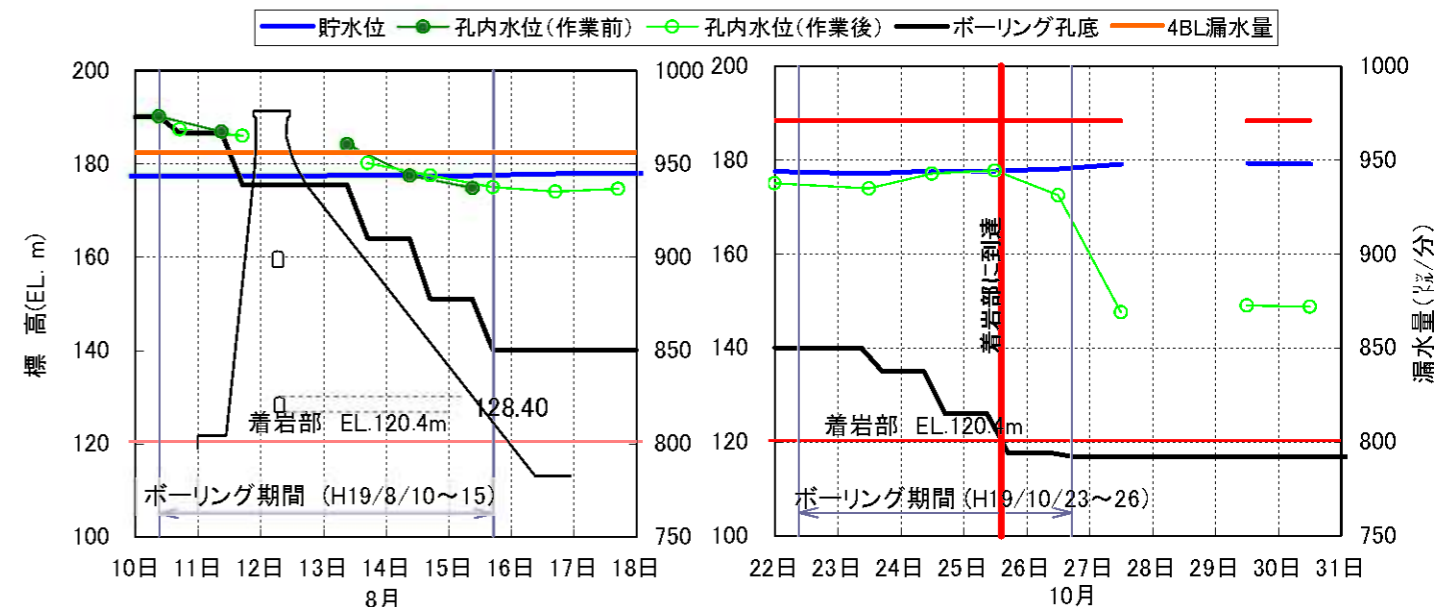
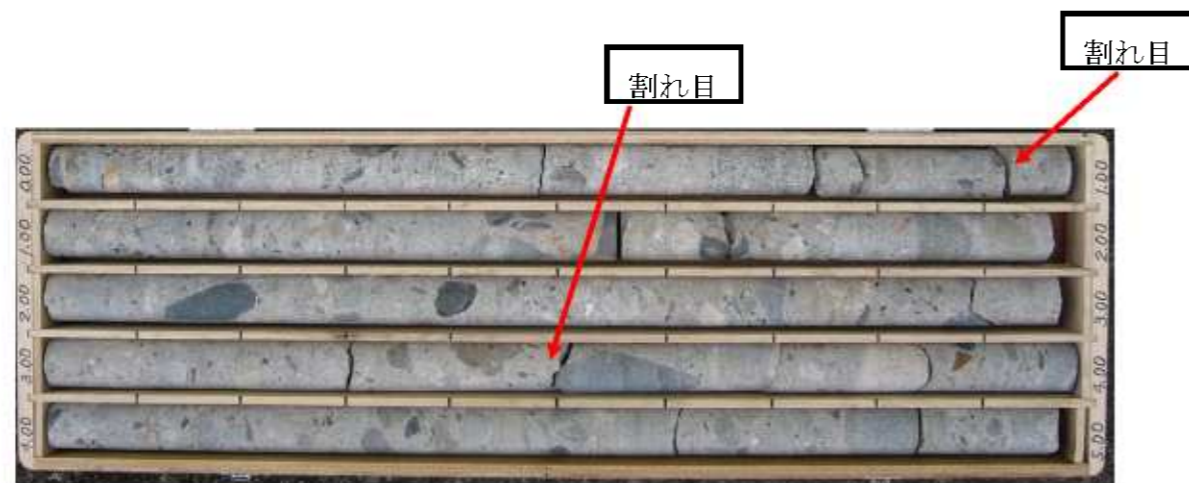
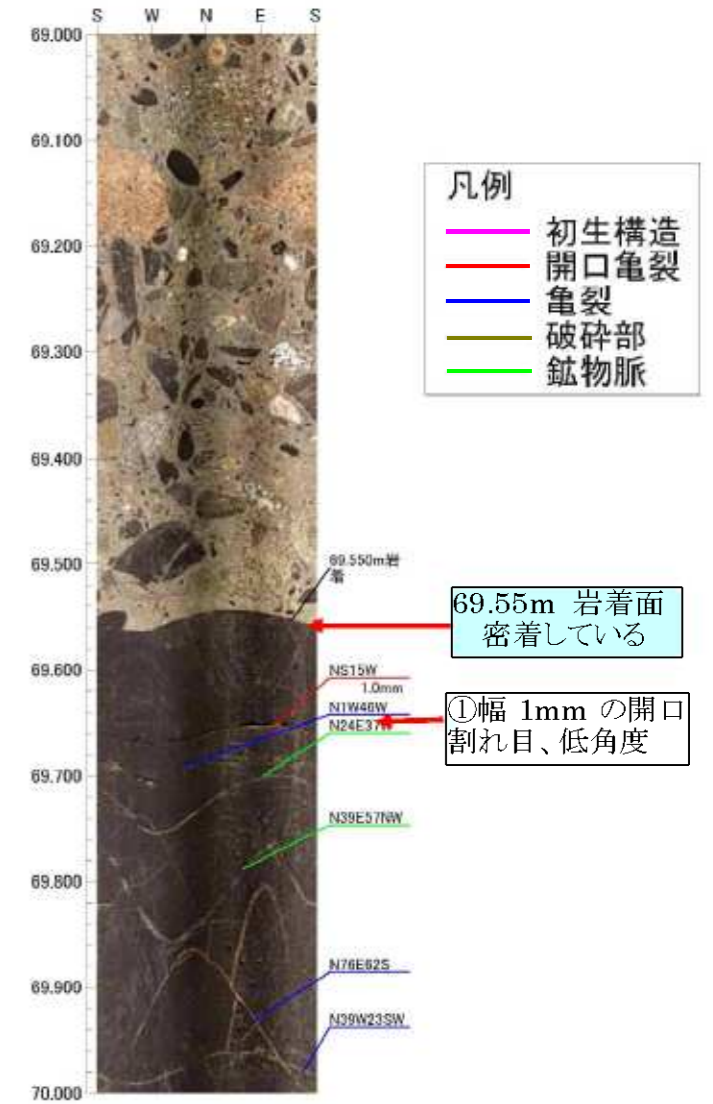
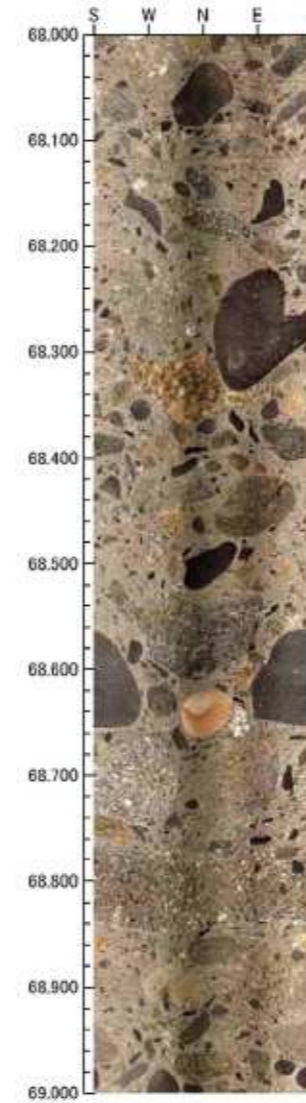
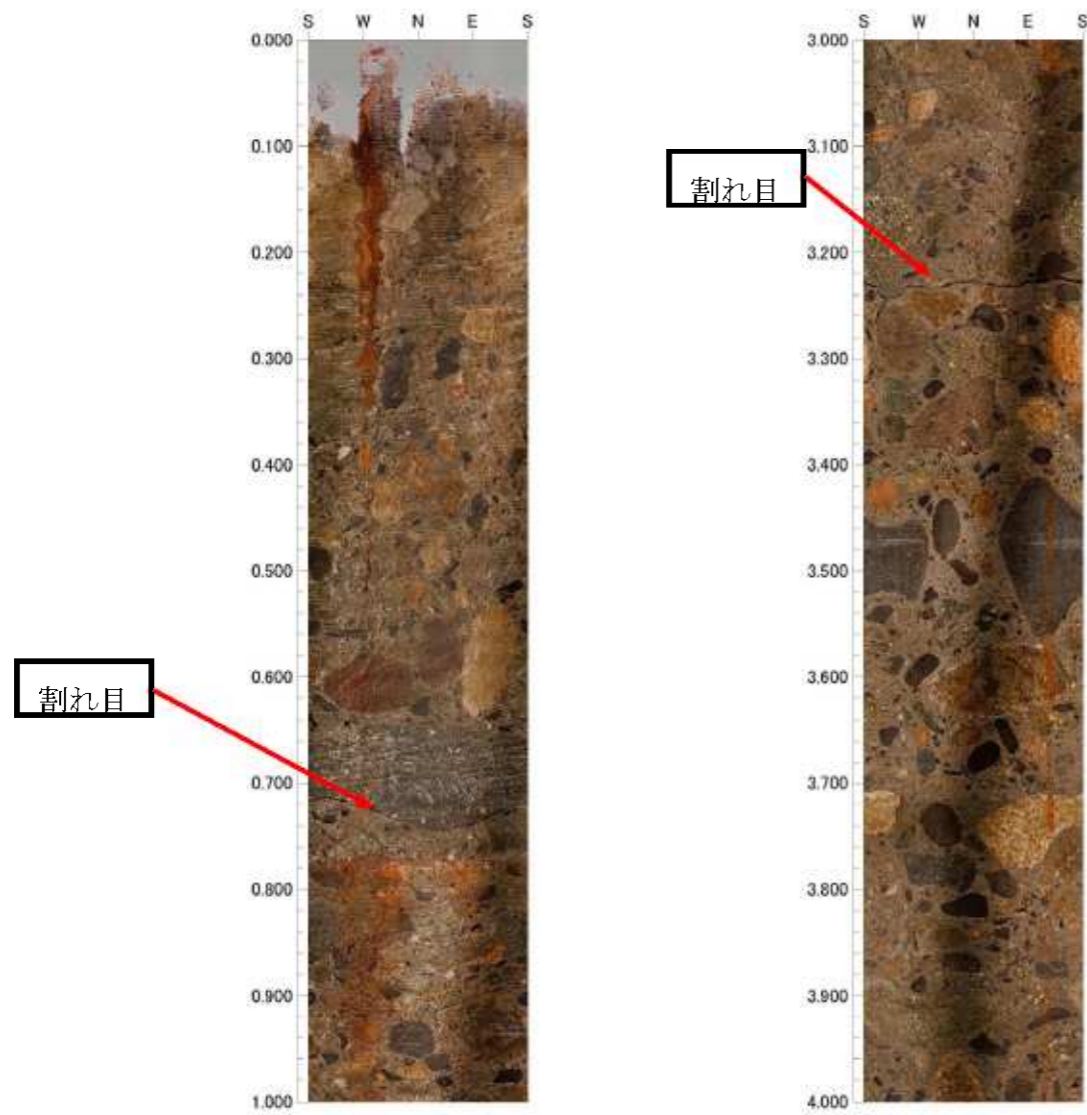


図- 1.1.14 ボーリング調査前後における孔内水位および貯水位の経時変化

(No.2 孔 EL.190m~EL.117m)



岩着面: コアでは分離しているが、割れ目面は新鮮

①幅 1mm の開口割れ目 (低角度)

写真 - 1.1.5 ボーリングコア写真およびボアホールカメラの映像 (No.2 孔)

表 - 1.1.4 ボーリング調査および水押試験状況 (No.2 孔 (H19-11 孔))

深度(m)	標高(EL.m)	部位	コアの状態	ボアホールカメラでの状態	ルジオン試験	備考 (透水係数cm/sec)
1	189	0.7m付近	割れ目・酸化なし	密着		
2	188					
3	187					
4	186	3.30m付近	水平割れ目・酸化なし	密着		
5	185					
6	184					
7	183					
8	182					
9	181					
10	180					
11	179	10.85m付近	水平割れ目・酸化なし	密着		
12	178					
13	177					
14	176					
15	175					
16	174					
17	173					
18	172					
19	171					
20	170	19.80m付近	2mm程度の鉄板を挟む	密着		
21	169					
22	168					
23	167					
24	166	23.40m付近	骨材と剥離した亀裂	密着		
25	165					
26	164					
27	163					
28	162					
29	161					
30	160					
31	159					
32	158					
33	157					
34	156					
35	155					
36	154					
37	153					
38	152					
39	151					
40	150					
41	149					
42	148					
43	147					
44	146					
45	145					
46	144					
47	143					
48	142					
49	141	48.75~48.80m	木片を挟む	木片	↑ 0.68Lu	9.04E-06
50	140				↓	
51	139					
52	138					
53	137					
54	136					
55	135					
56	134					
57	133					
58	132					
59	131					
60	130					
61	129					
62	128					
63	127	62.7m	水平割れ目・酸化なし	密着		
64	126					
65	125					
66	124	65.368m	亀裂	密着		
67	123					
68	122					
69	121					
70	120	69.55m	岩着面	密着	↑	
71	119					
72	118				↓ 1.5Lu	2.00E-05
73	117					

※ 「密着」は、ボアホールカメラで亀裂が確認できるもの。「一体化」は、ボーリングコアでは亀裂が認められるが、ボアホールカメラでは認められないもの。



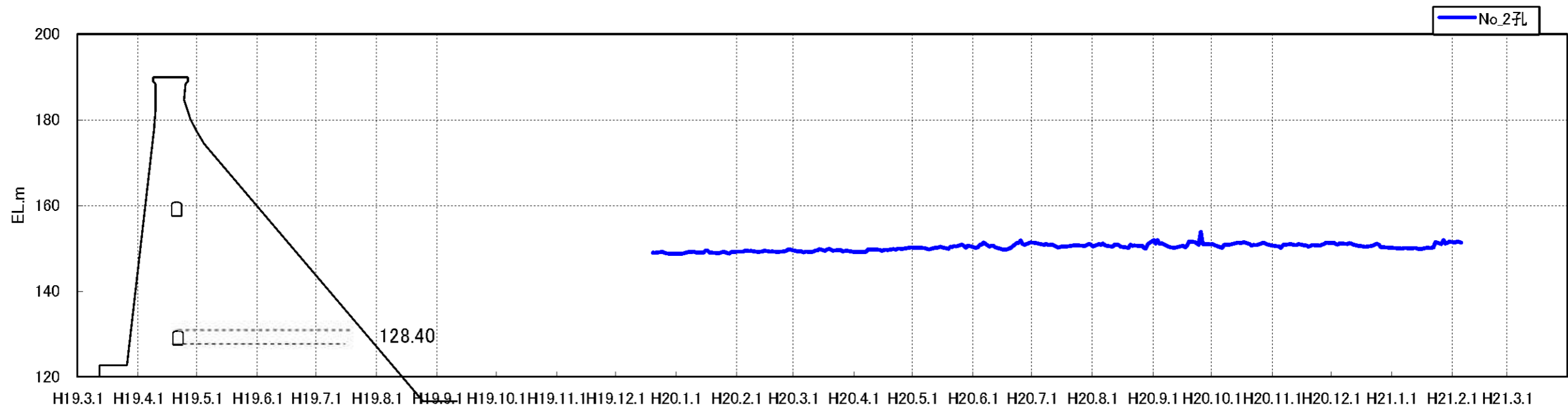
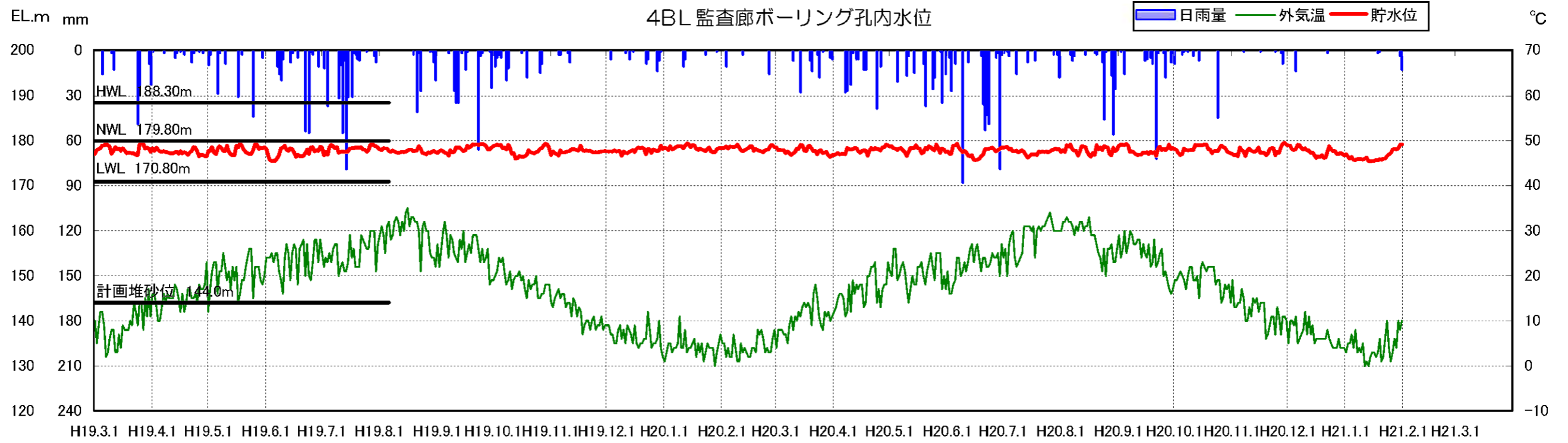


図 - 1.1.15 4BL 監査廊ボーリング孔内水位 (No.2 孔)

### 1.1.4.3 C-1 孔

#### (1) コンクリートの状況

代表的なボーリングコア写真、ボアホールカメラの映像を写真－ 1.1.6 に示す。

コンクリートは密実であり、劣化などは確認されなかった。また、削孔時には湧水は認められなかった。

#### (2) 基礎岩盤の状況

コンクリートと基礎岩盤との境界は密着している。基礎岩盤は亀裂が多く、一部で孔壁崩壊するものの、岩片は硬質でほとんど風化・変質していない。

基礎岩盤到達後、以下の湧水を観測している。

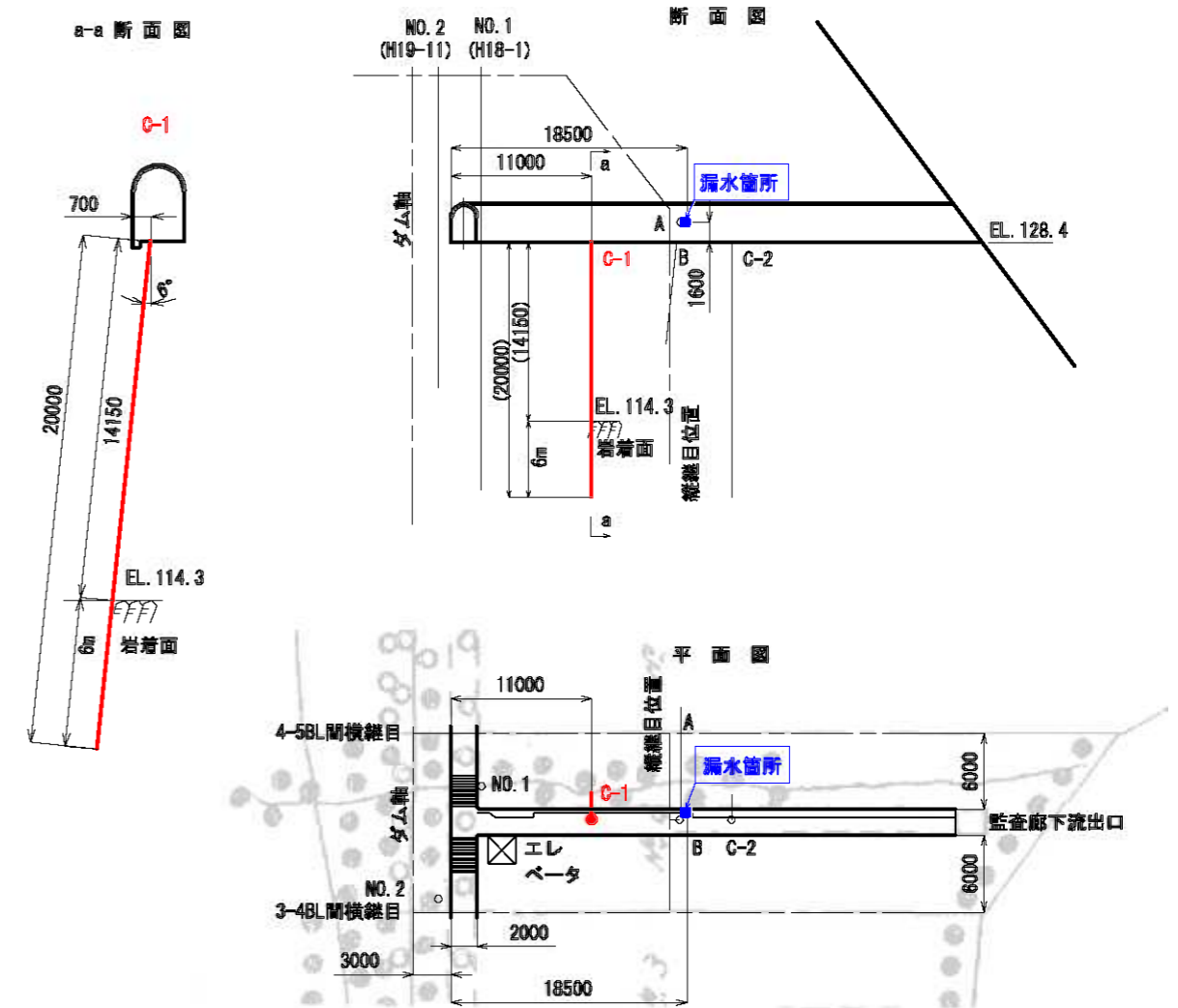
7/25 17:00 0.3L/min

7/26 13:00 0.57L/min

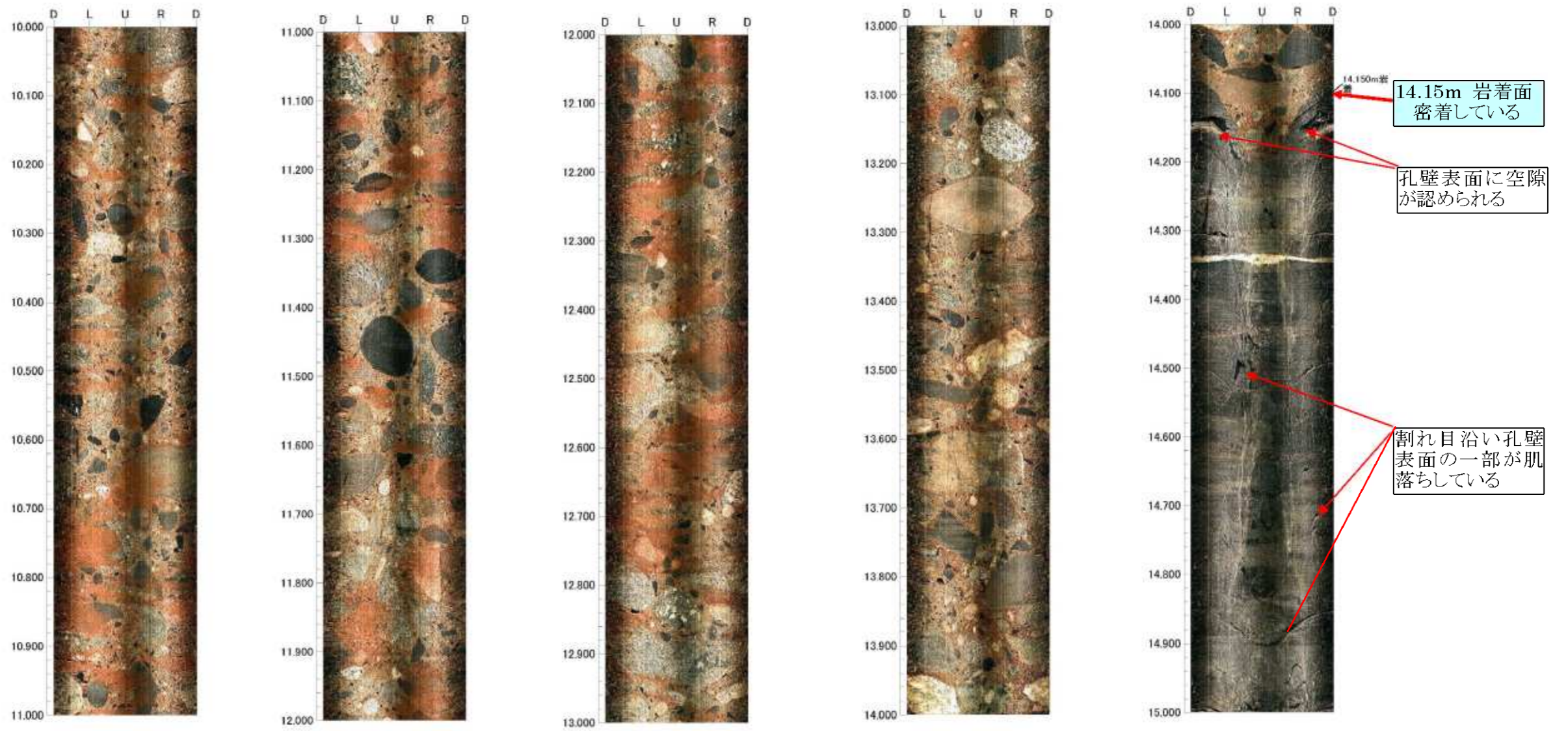
8/5 15:00 1.0L/min

#### (3) ボーリング孔水圧

ボーリング孔には、ブルドン管式圧力計を設置して水圧を計測している。計測結果を図－ 1.1.17 に示すが、0.02～0.03MPa(水頭換算で EL.131～132m)の水圧が観測されている。なお、圧力計設置以降、湧水は観測されていない。



図－ 1.1.16 4BL のボーリング位置図 (C-1 孔)



岩着面:コアでは分離しており、岩盤側は角礫状を呈する

全体に割れ目が多く、コア形状は悪いが、ボアホール画像では割れ目は密着している

写真 - 1.1.6 ボーリングコア写真およびボアホールカメラの映像 (C-1 孔)

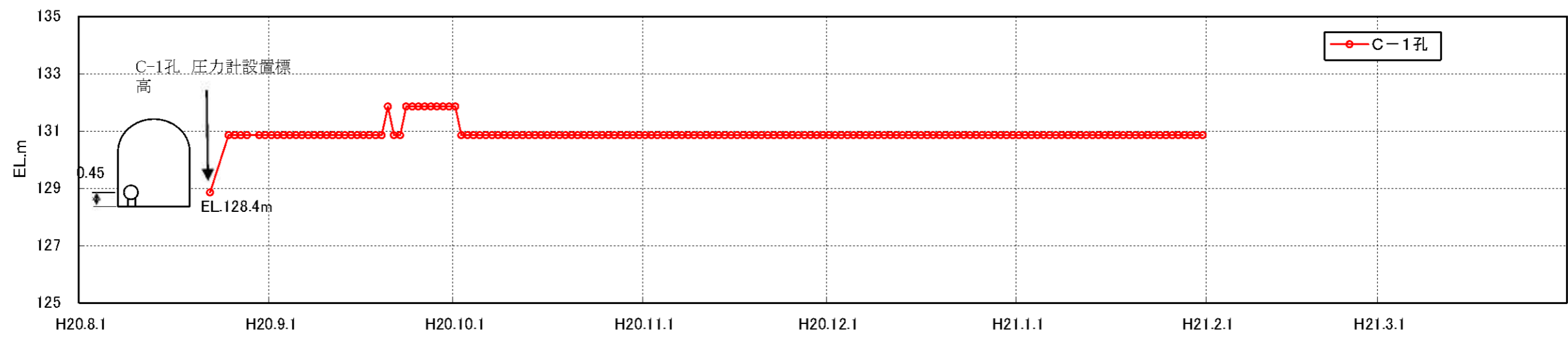
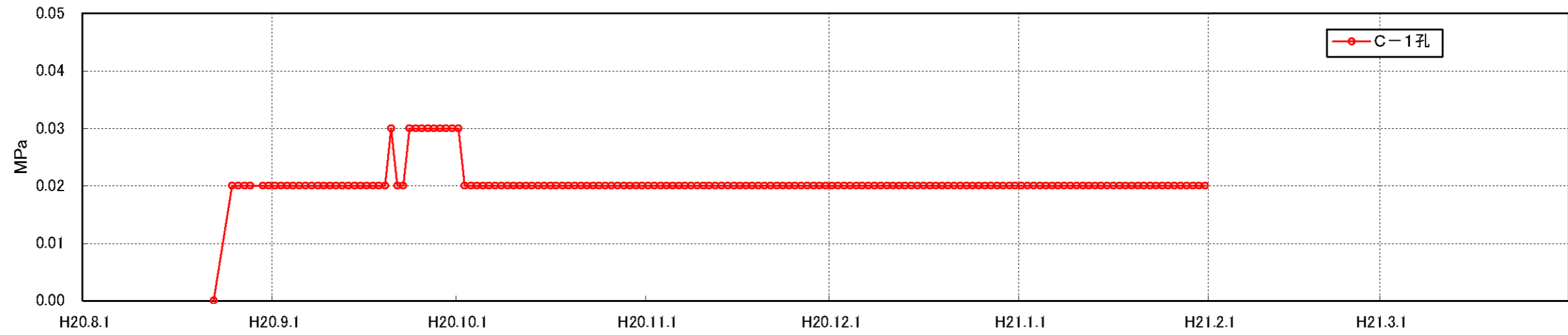
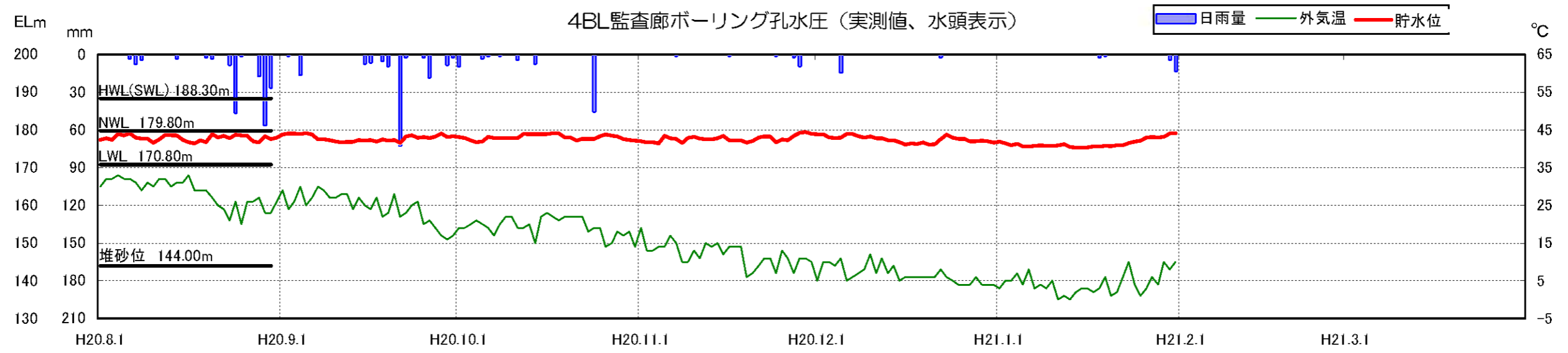


図 - 1.1.17 4BL 監査廊ボーリング孔水圧 (C-1 孔)

#### 1.1.4.4 C-2 孔

##### (1) コンクリートの状況

代表的なボーリングコア写真、ボアホールカメラの映像を写真－ 1.1.7 に示す。

コンクリートは密実であり、劣化などは確認されなかった。また、削孔時には湧水は認められなかった。

##### (2) 基礎岩盤の状況

コンクリートと基礎岩盤との境界は密着している。基礎岩盤は亀裂が多く、特にコンクリートとの境界に近い11.1～12.4m 付近は全体に割れ目が発達し、角礫状コアを主体とする。ボアホール画像においても、割れ目が細かく発達し、一部開口割れ目が伴う状況が確認できる。角礫状部の岩片は堅硬である。

基礎岩盤到達後、以下の湧水を観測している。

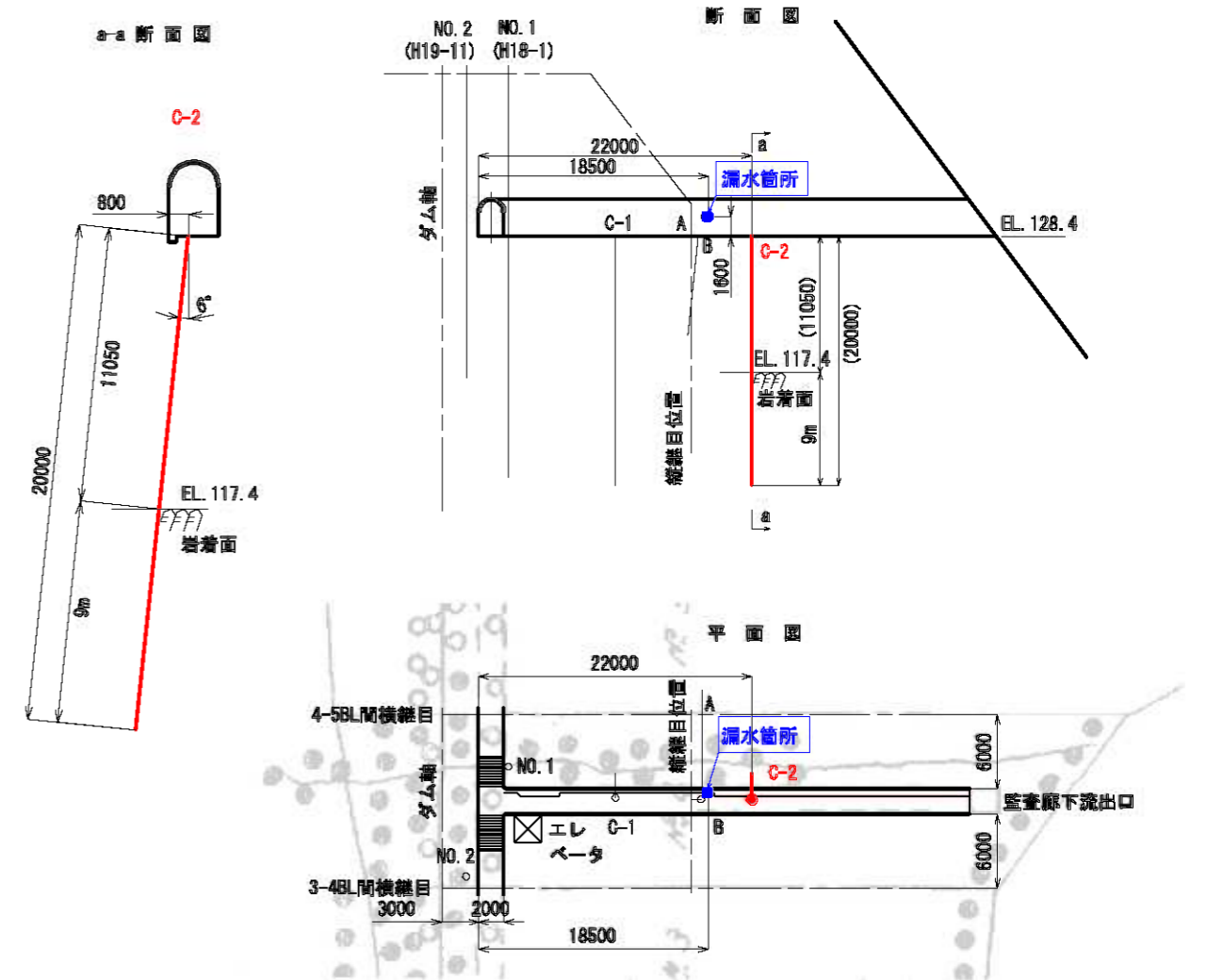
8/2 13:00 0.5L/min

8/2 15:00 0.35L/min

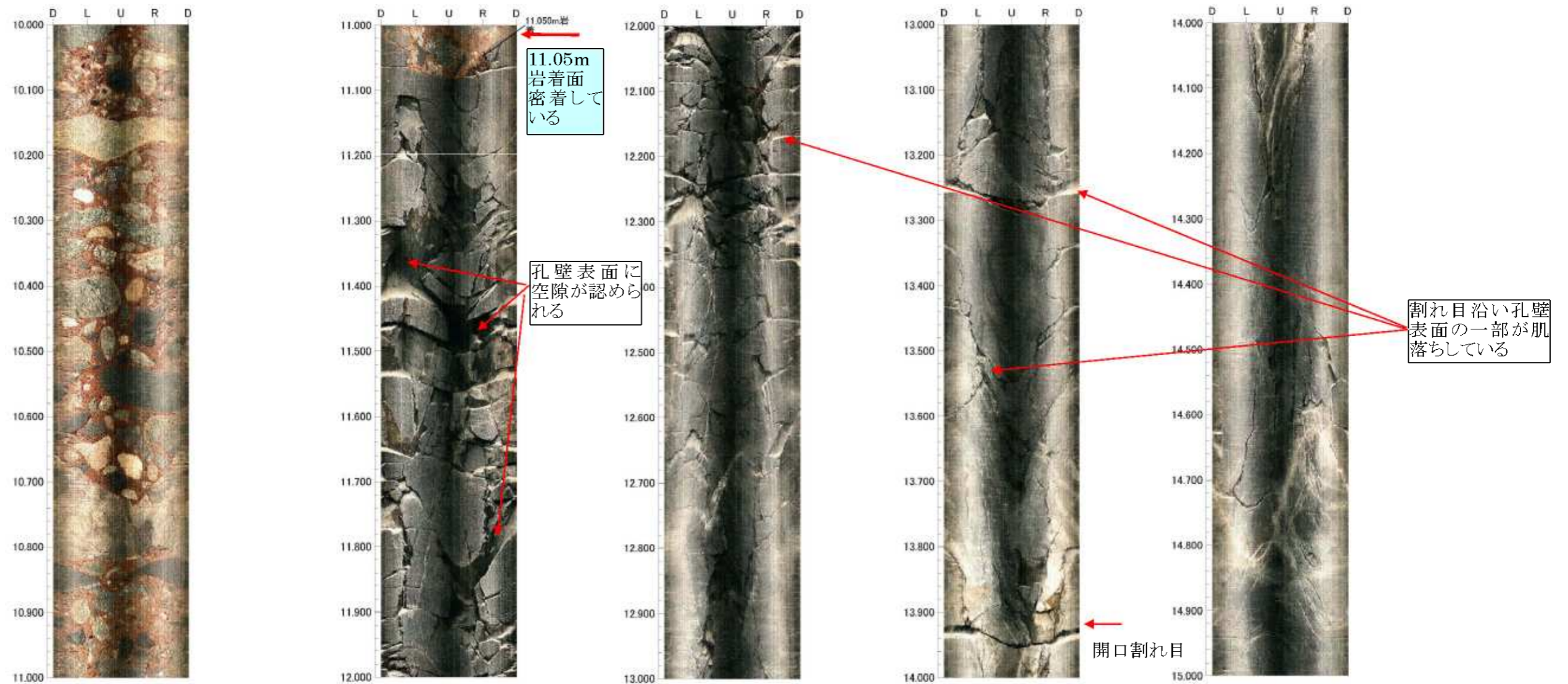
##### (3) ボーリング孔水圧

ボーリング孔には、ブルドン管式圧力計を設置して水圧を計測している。計測結果を図－ 1.1.17 に示す。

一時、0.01～0.02MPa(水頭換算で EL.130～131m)の水圧が観測されたが、平成 21 年 1 月現在、水圧は観測されていない。なお、圧力計設置以降、湧水は観測されていない。



図－ 1.1.18 4BL のボーリング位置図 (C-2 孔)



全体に割れ目が多く、コア形状は悪いが、ボアホール画像でも割れ目が発達し、割れ目沿い肌落ちしている

岩着面:密着している



開口割れ目

全体に割れ目が多く、コア形状は悪いが、ボアホール画像でも割れ目が発達し、割れ目沿い空隙および肌落ちが目立つ

写真 - 1.1.7 ボーリングコア写真およびボアホールカメラの映像 (C-2 孔)

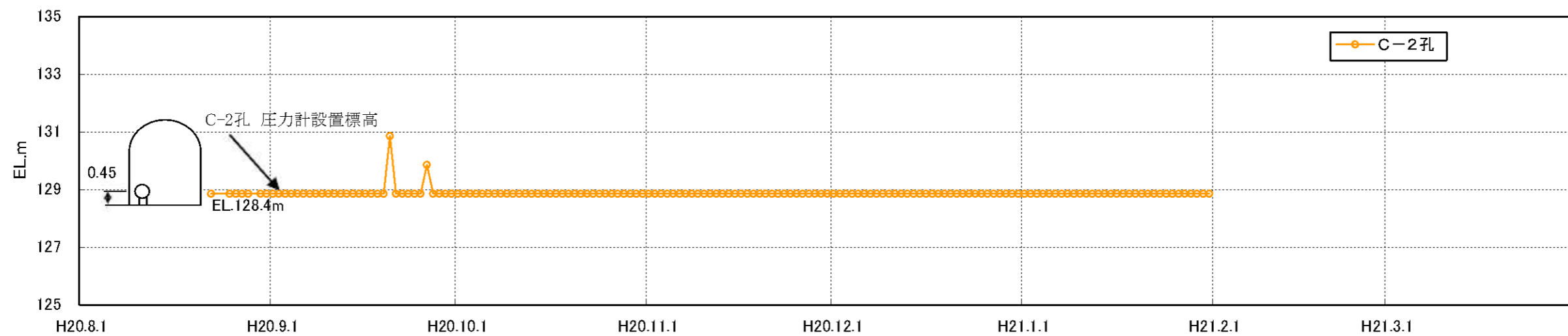
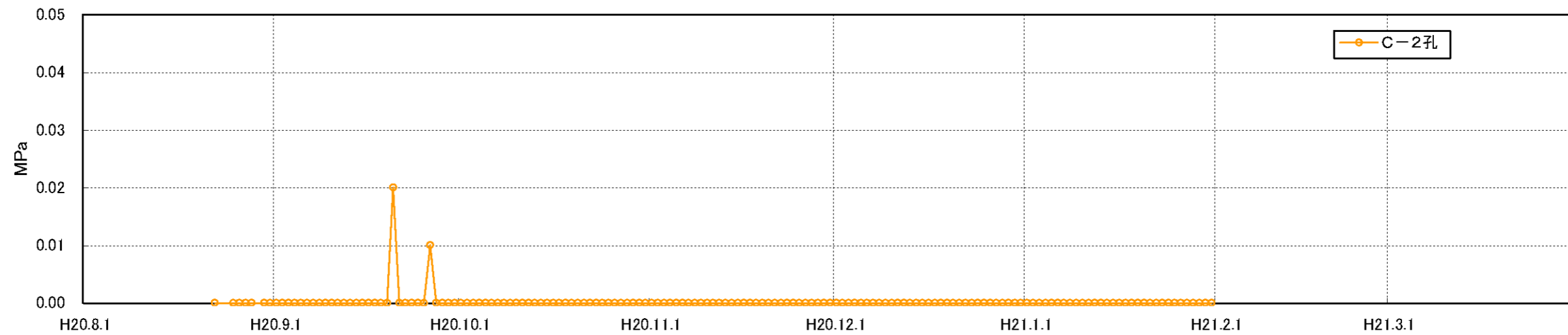
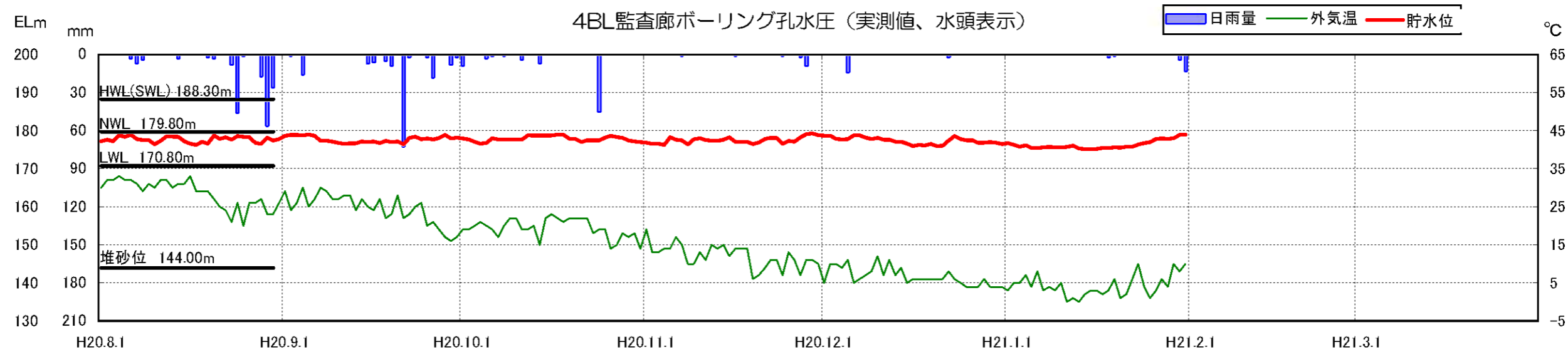


図 - 1.1.19 4BL 監査廊 ボーリング孔水圧 (C-2 孔)

### 1.1.4.5 A 孔

#### (1) コンクリートの状況

代表的なボーリングコア写真、ボアホールカメラの映像を写真－ 1.1.8 に示す。

採取コアが礫状に破碎されている区間があるが、回収時の 2 度掘りによるものである。なお、ボアホールカメラで観察されるコンクリートの肌面には荒れが目立つ。また、削孔時には湧水は認められなかった。

4BL・5BL 間の横継目は壁面から 6.1m で確認された。継目到達後、以下の湧水を観測している。

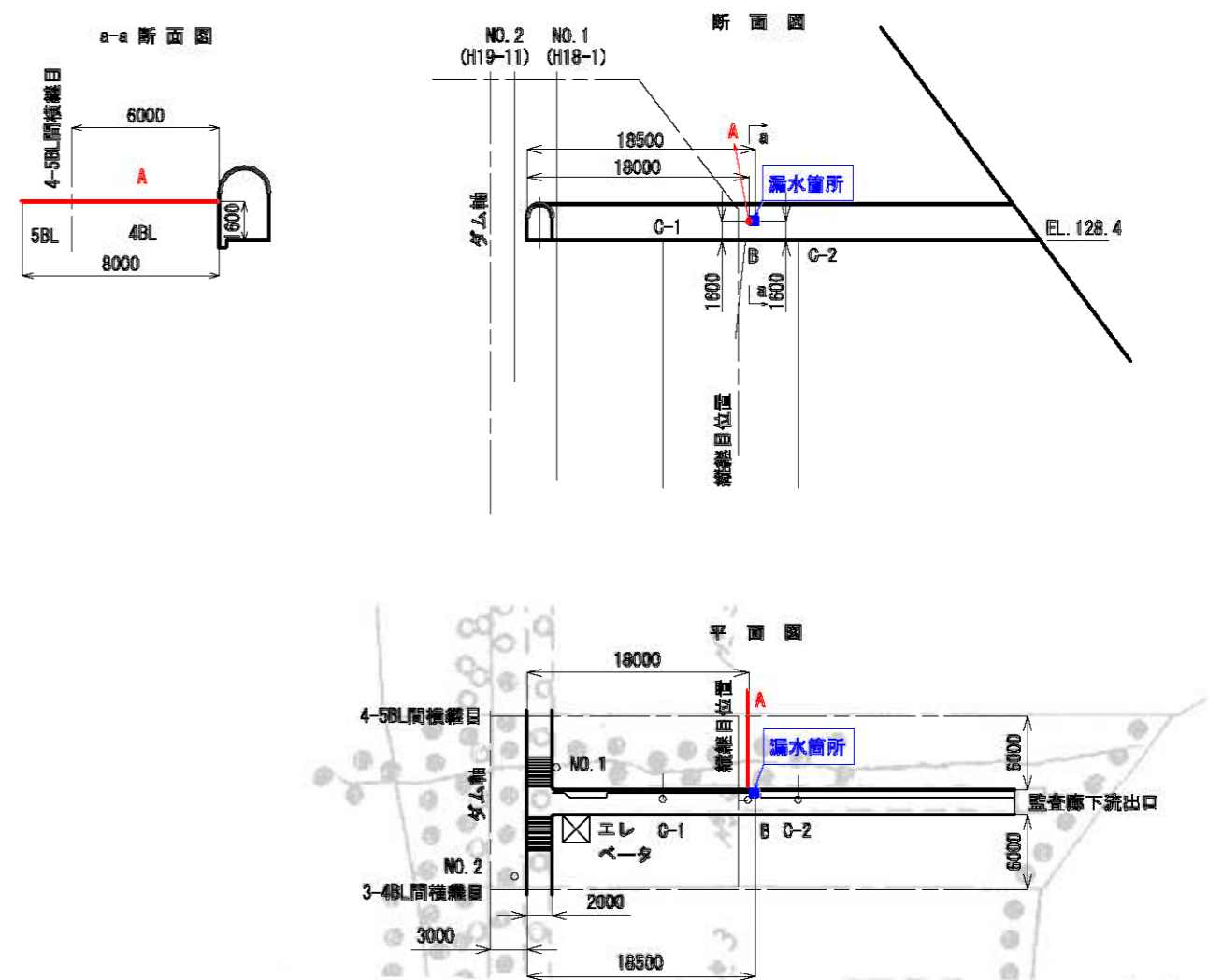
7/31 14:00 0.3L/min

8/5 15:00 0.0L/min

なお、継目周辺には変色や付着物などの明確な湧水跡は認められない。

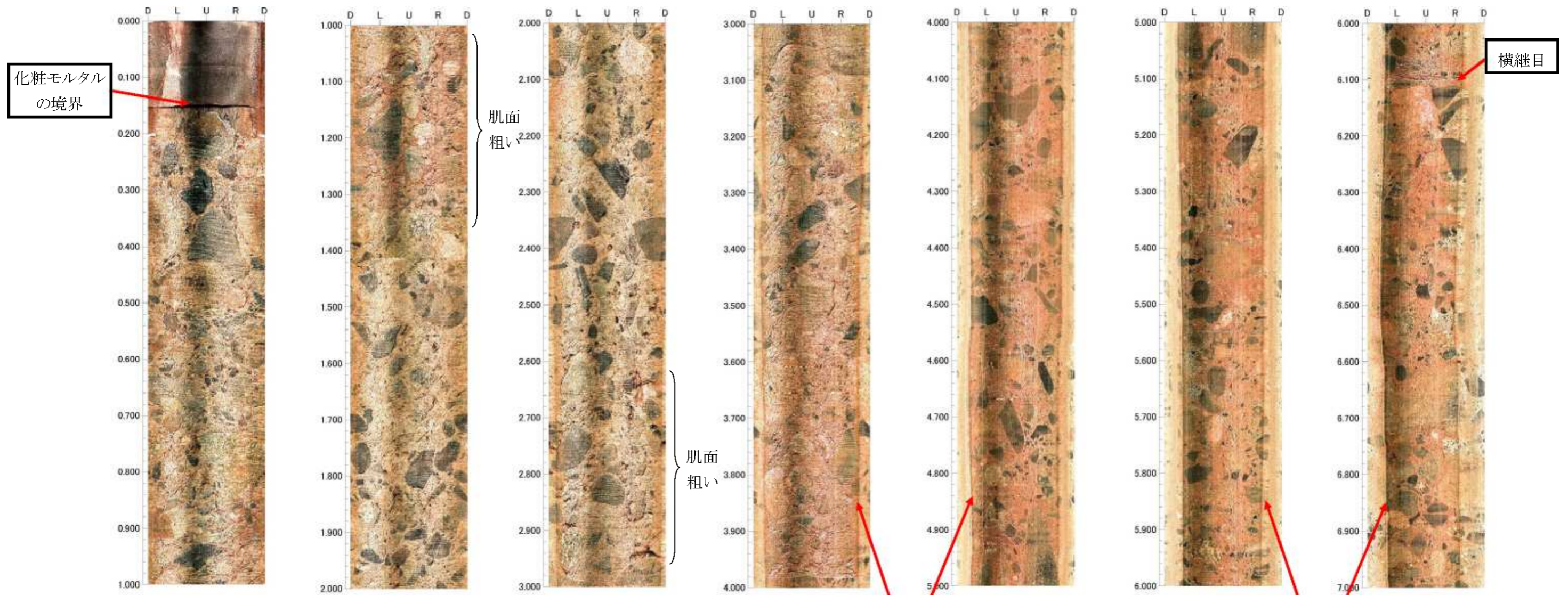
#### (2) ボーリング孔水圧

ボーリング孔には、ブルドン管式圧力計を設置して水圧を計測している。計測結果を図－ 1.1.21 に示すが、水圧は観測されていない。なお、圧力計設置以降、湧水は観測されていない。



図－ 1.1.20 4BL のボーリング位置図 (A 孔)





化粧モルタル  
の境界

肌面  
粗い

横継目

肌面  
粗い

孔内水位線

孔内水位線

横継目



コア回収時の2度掘りにより  
礫状に破碎される。



写真 - 1.1.8 ボーリングコア写真およびボアホールカメラの映像 (A 孔)

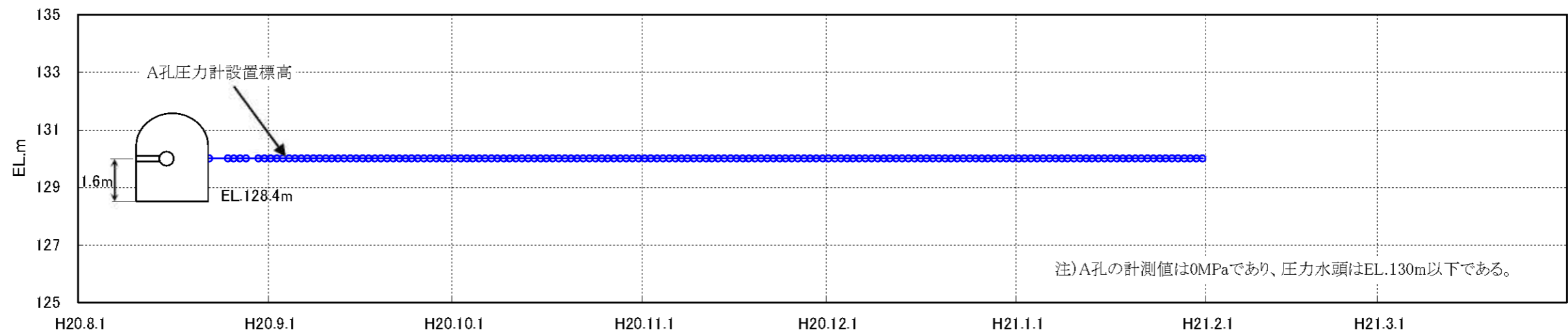
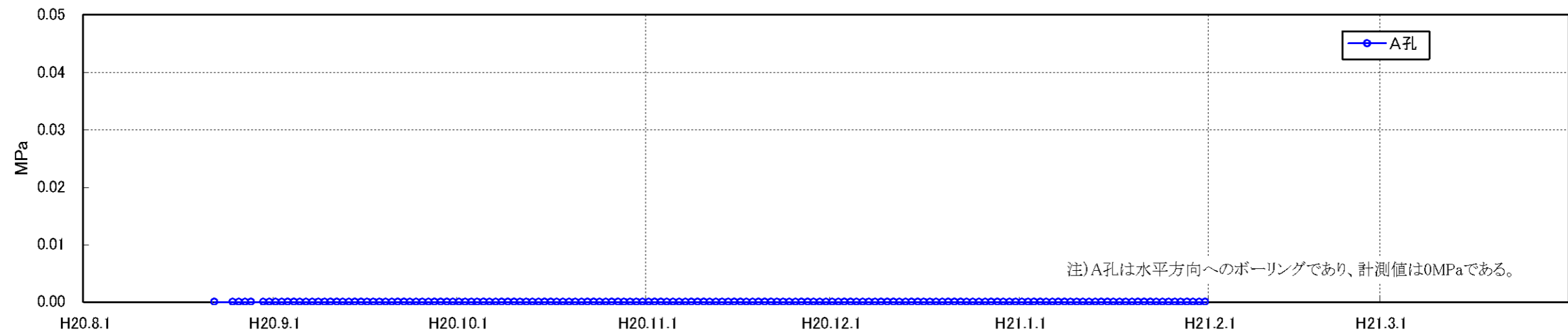
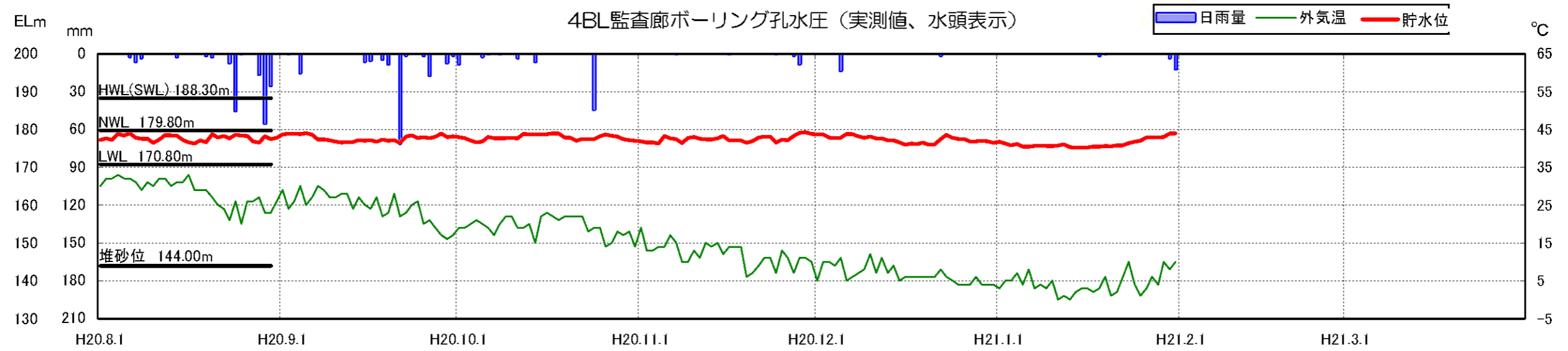


図 - 1.1.21 4BL 監査廊ボーリング孔水圧 (A孔)

### 1.1.4.6 B 孔

#### (1) コンクリートの状況

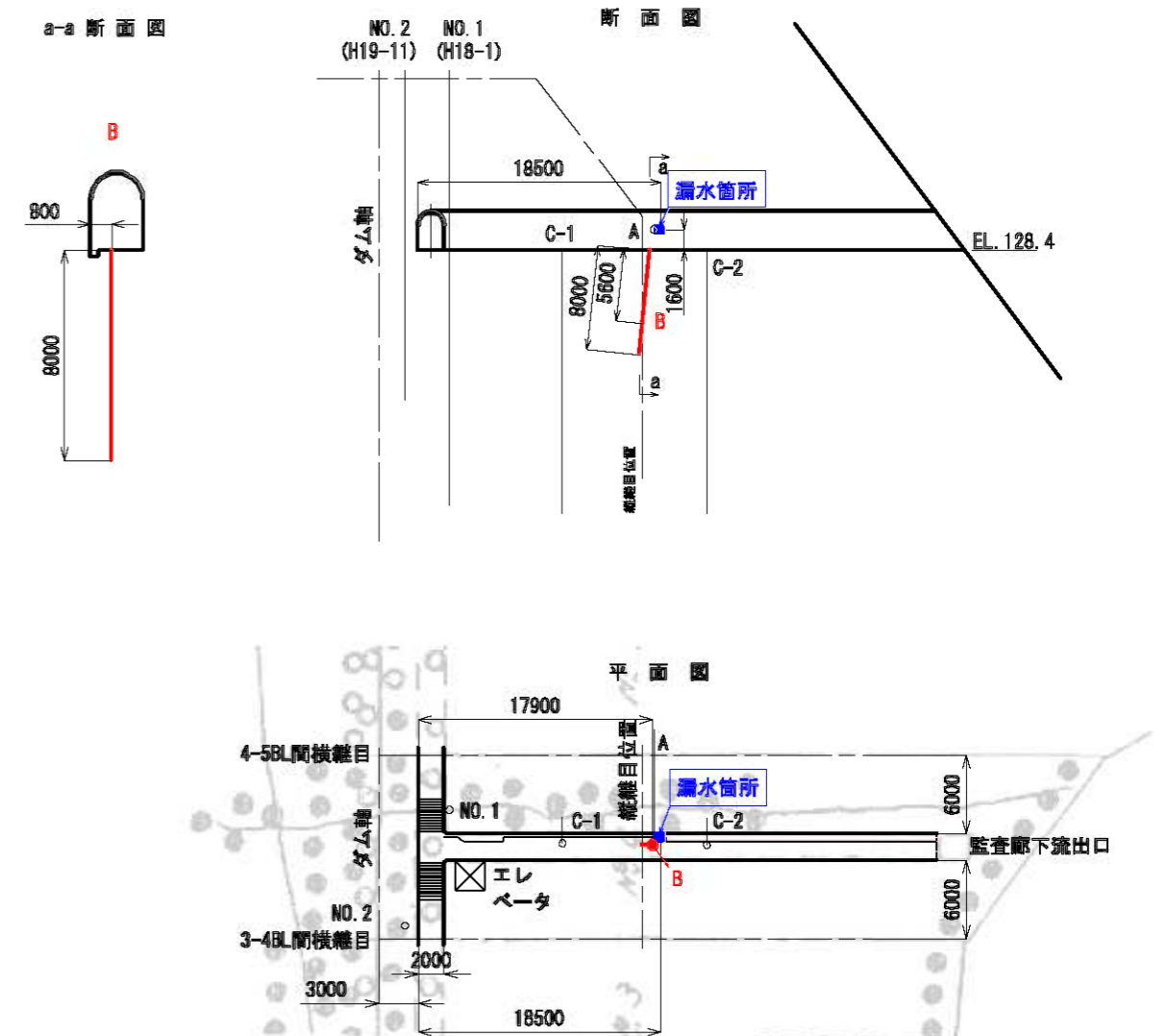
代表的なボーリングコア写真、ボアホールカメラの映像を写真－ 1.1.9 に示す。

コンクリートは密実であり、劣化などは確認されなかった。また、削孔時には湧水は認められなかった。

縦継目は 5.3～5.9m (5.6m センター) で確認された。縦継目は密着しており、継目到達後も湧水は認められなかった。

#### (2) ボーリング孔水圧

ボーリング孔には、ブルドン管式圧力計を設置して水圧を計測している。計測結果を図－ 1.1.23 に示すが、水圧は観測されていない。



図－ 1.1.22 4BL のボーリング位置図 (B 孔)

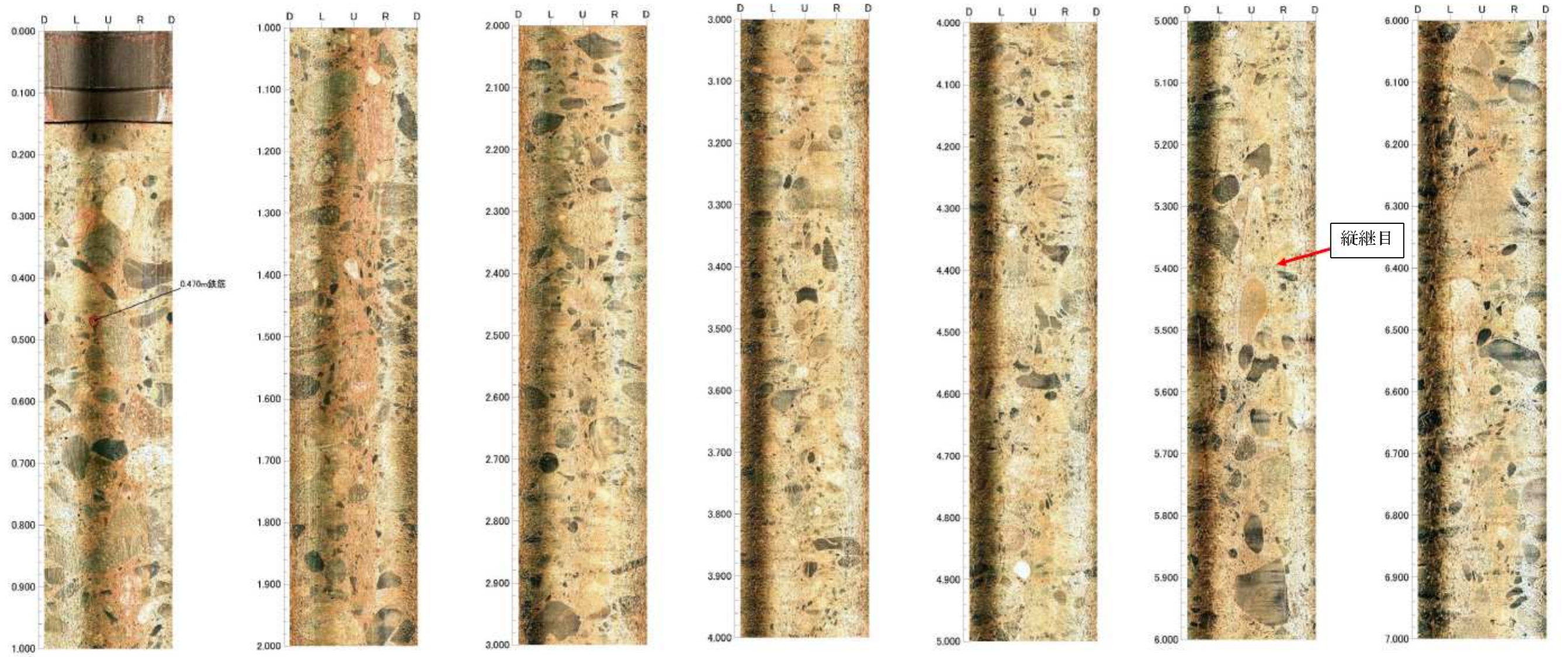


写真 - 1.1.9 ボーリングコア写真およびボアホールカメラの映像 (B 孔)

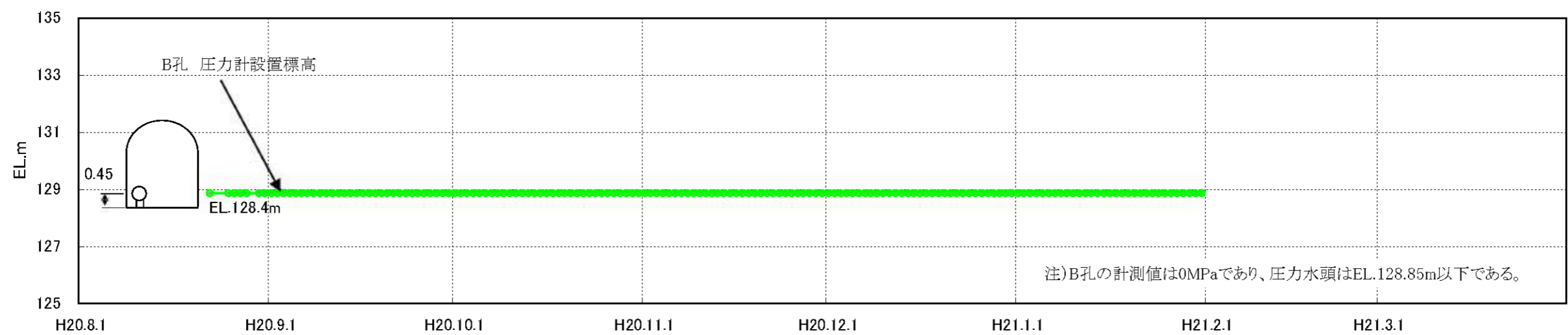
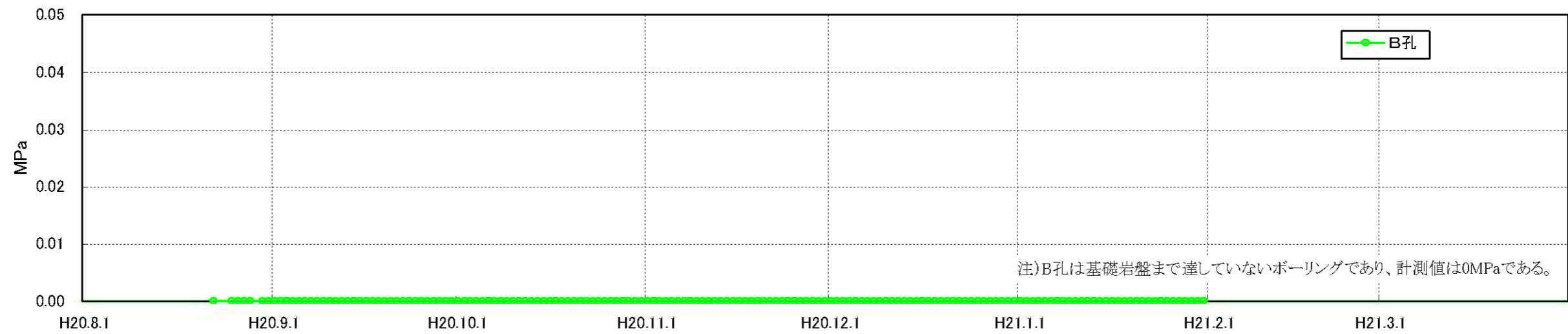
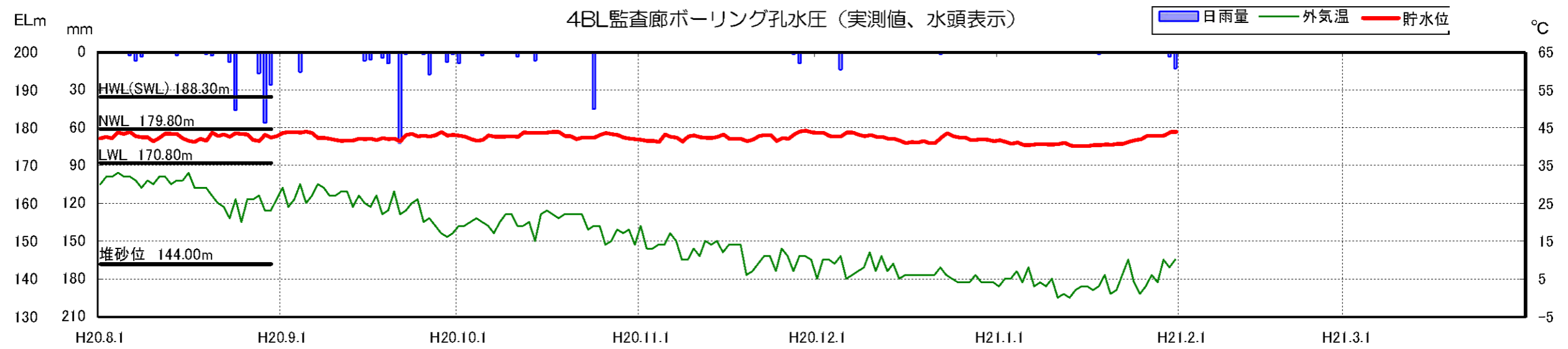


図 - 1.1.23 4BL 監査廊ボーリング孔水圧 (B孔)

1.1.5 4BL の圧力水頭の推定

4ブロックのボーリング孔による漏水箇所周辺の基礎岩盤の水頭の観測結果は、漏水箇所の流速から推定される水頭(漏水当初で EL.133.3m, 平成 20 年 7 月 16 日 EL.131.5m)よりも低いものである。

1.1.5.1 漏水箇所の圧力水頭の推定

漏水の水脈から下式で流速を推定した。

$$x = v \cdot t$$

$$y = g \cdot t^2 / 2$$

ここに、 $v$  : 流速(m/s)

$t$  : 水脈の噴出から反対側の壁までの到達時間(s)

$g$  : 重力加速度(9.8m/s<sup>2</sup>)

$x$  : 監査廊幅(2m)

$y$  : 水脈の落下距離(m)

上式より、流速は下式で表される。

$$v = (g \cdot x^2 / 2y)^{0.5}$$

次に、下式で速度水頭=圧力水頭として、漏水箇所(出口)の圧力水頭を試算した。

$$h = v^2 / 2g$$

ここに、 $h$  : 圧力水頭(m)

また、その時点の漏水量から、下式で漏水出口の径を試算した。

$$\phi = 2(Q/v\pi)^{0.5}$$

ここに、 $\phi$  : 漏水箇所(出口)径

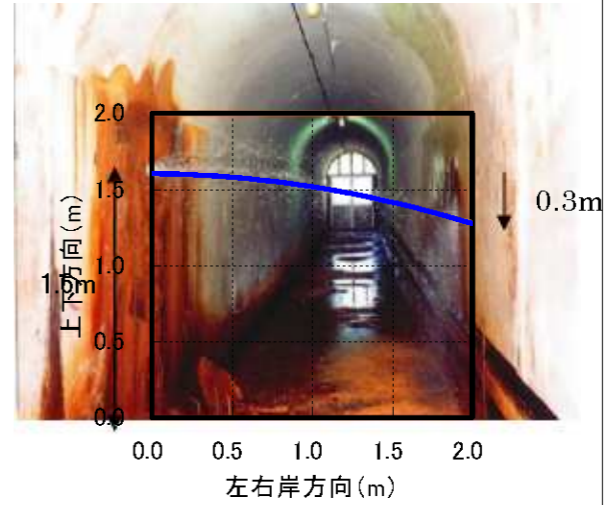
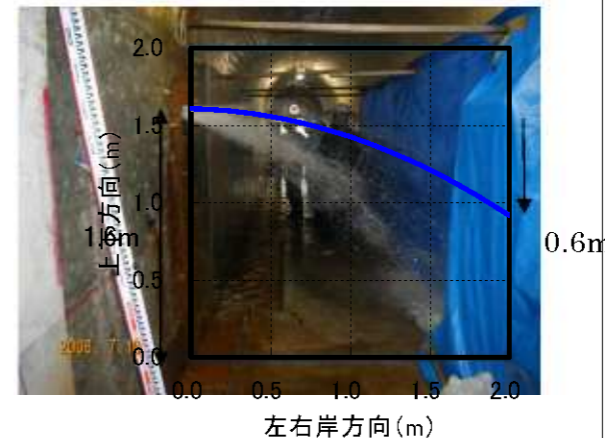
$Q$  : 漏水量

試算結果を、表- 1.1.5 に示す。

これより、漏水当初は、出口水頭 3.3m、漏水箇所(出口)径は 16mm と推定されたものが、平成 20 年 7 月 16 日時点では、出口水頭 1.5m と減り、漏水箇所(出口)径は 46mm と拡大したことが推定された。

※漏水箇所出口の大きさの計測結果は高さ 7cm, 幅 5cm である。

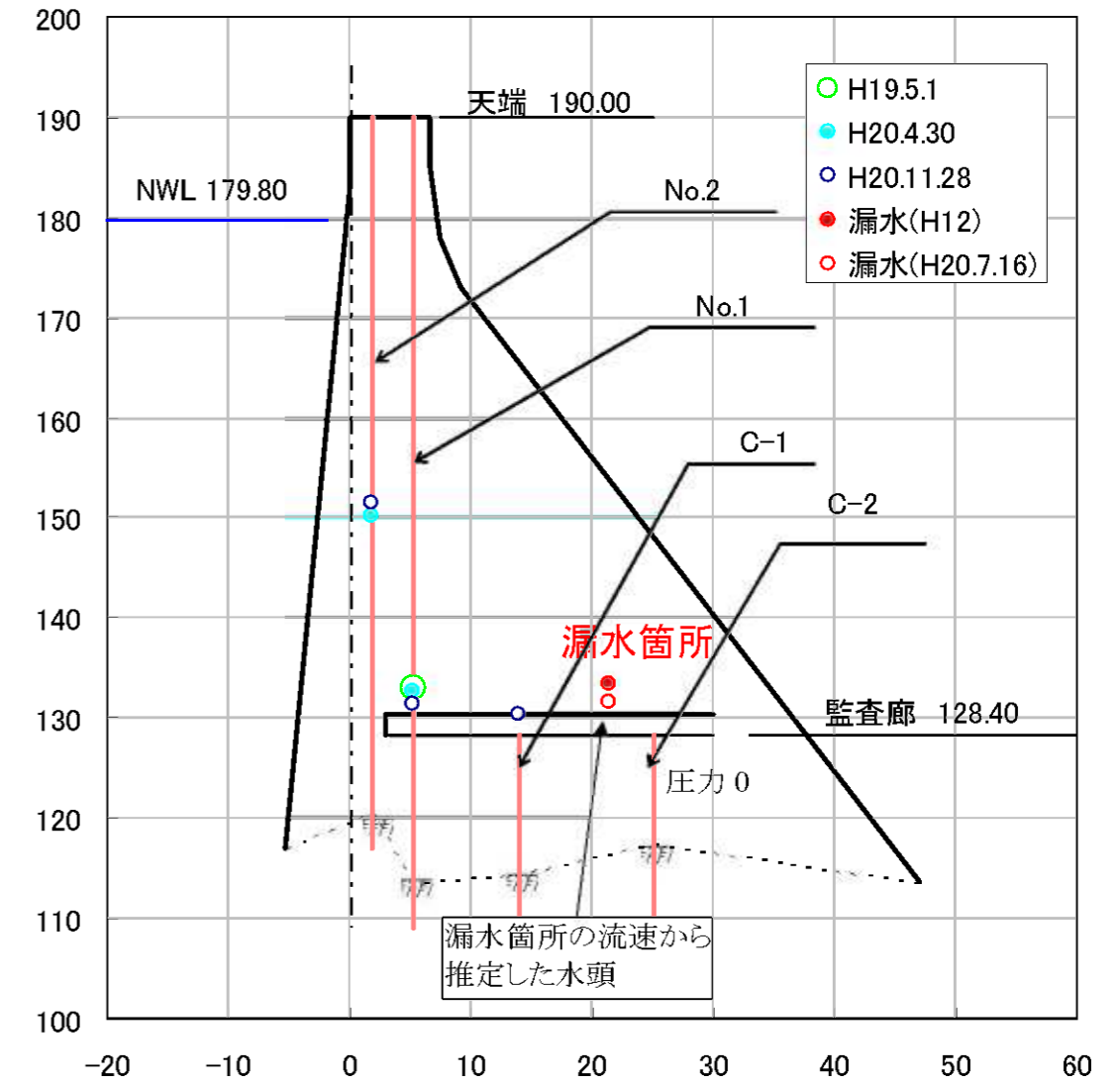
表 - 1.1.5 漏水箇所の圧力水頭の試算

時期	漏水量	出口流速の試算	出口の圧力水頭	漏水箇所(出口)径
漏水当初 (平成 12 年頃)	約 100 リットル/分	流速 $v = 8$ m/s 	$h=3.3$ m (EL.133.3m)	$\phi = 16$ mm
平成 20 年 7 月 16 日	547 リットル/分	流速 $v = 5.5$ m/s 	$h=1.5$ m (EL.131.5m)	$\phi = 46$ mm

### 1.1.5.2 4BLの圧力水頭

孔内水位を観測している No.1 孔, No.2 孔, 4BL 監査廊の 4 孔のボーリング孔のうち、水圧の観測される C-1 孔の観測結果から、4BL の水頭分布を図－ 1.1.23 に示す。図には、漏水箇所の水頭の推定値(表－ 1.1.5 参照)を合わせて示している。

4 ブロックのボーリング孔による漏水箇所周辺の基礎岩盤の水頭の観測結果は、漏水箇所の流速から推定される水頭よりも低いものである。



図－ 1.1.23 4BL の水頭分布

### 1.1.6 旧揚圧力配管調査

旧揚圧力配管のドリリングによる調査の結果、監査廊底版標高(EL.128.4m)程度までの水頭は存在するが、漏水箇所の流速から推定される水頭(EL.131.5m 以上)はなく、4BL 漏水との関連はないと考えられる。

丸山発電所工事誌には、4BL においても揚圧力配管を行ったが、「工事施工中大洪水に見舞われた。そのブロック基礎の一部は剥奪された。その後のコンクリート充填後入念に前後に亘ってグラウト注入を行った為にそのブロックの揚圧力の半数はその機能を失った」と記載されている。

旧揚圧力配管 No.4 において小口径の穴を削孔した結果、にじみ程度の漏水であった。また、他の配管 No.2, 3, 5, 6 においても同様の確認を行ったがいずれもにじみ程度の漏水であった。これより、これらの箇所において、監査廊底版標高(EL.128.4m)程度までの水頭は存在するが、漏水箇所の流速から推定される水頭(少なくとも EL.131.5m 以上)はなく、4BL 漏水との関連はないと考えられる。

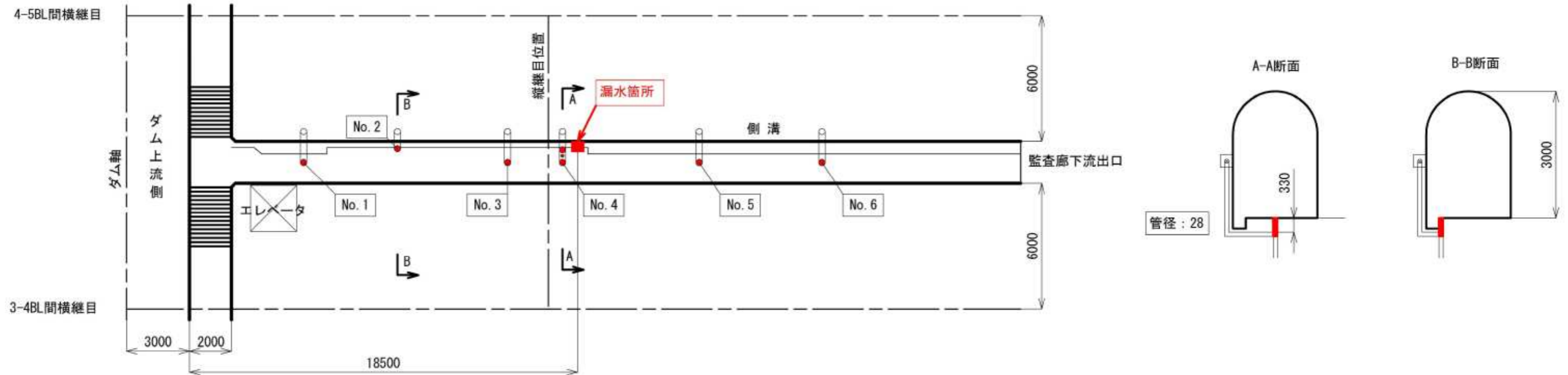


図 - 1.1.24 4BL 旧揚圧力配管調査位置図





写真 - 1.1.10 旧揚圧力配管調査状況

1.1.7 建設時の施工状況

- ① 4BLの基礎岩盤は弱部補強のためのグラウチングが行われている。
- ② 工事写真より、洪水による洗掘が、4BLの下流部および、4BL側面部で生じたことが推定される。
- ③ 傾斜継目(および縦継目)にはジョイントグラウチングが施された記述はない。

(1) 基礎処理の状況

丸山発電所工事誌に記載される基礎処理工配置図を図- 1.1.25 に示す。同図には、掘削面において弱層部補強のグラウトを行った破碎層の位置が図示されている。

4BLには、上下流にグラウトの対象とした破碎層が図示されている。

また、4BL上流部の写真を写真- 1.1.11 に示す。

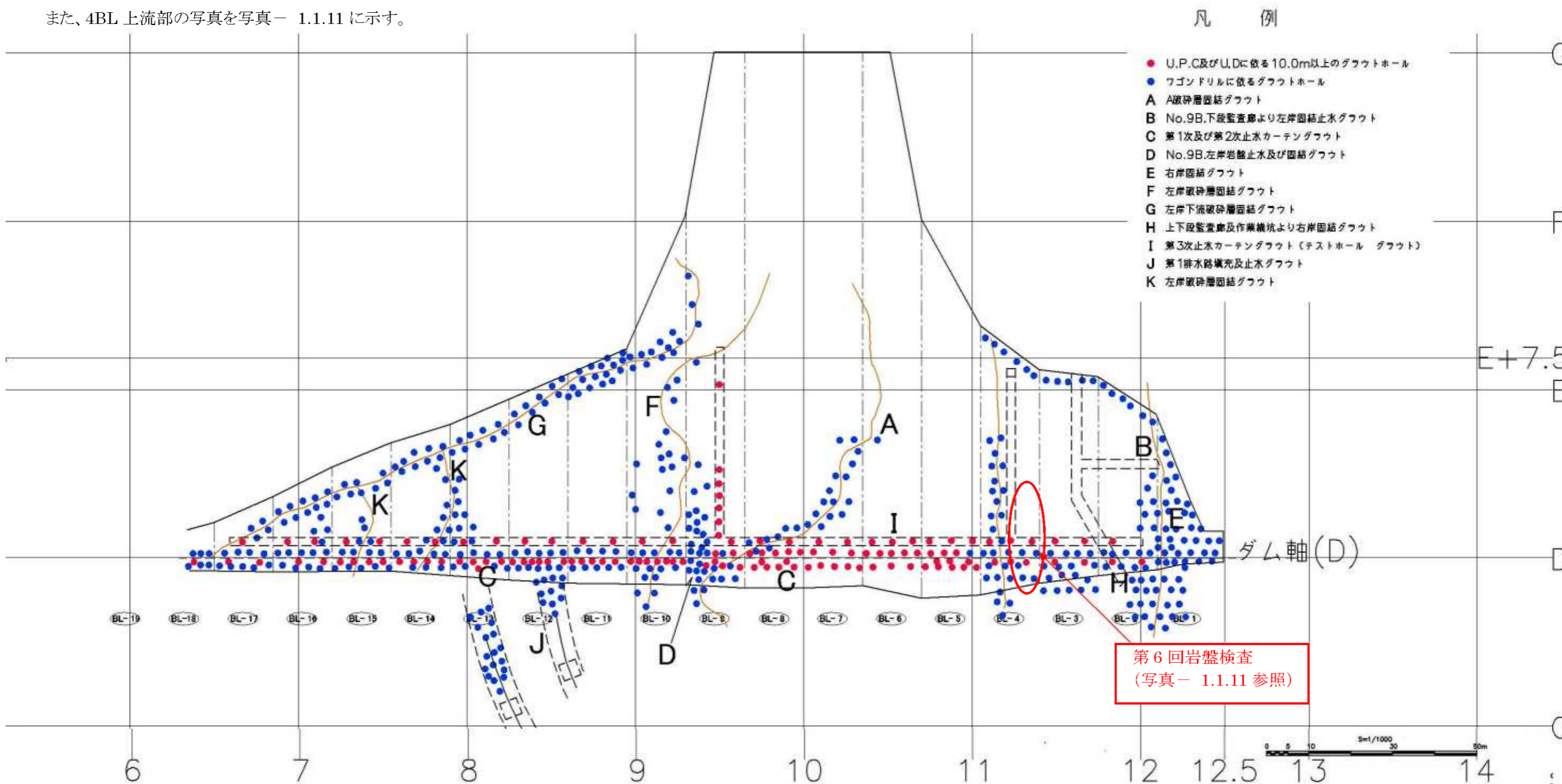


図- 1.1.25 丸山ダムの基礎処理工配置図 ※「丸山発電所工事誌 土木編」から作成

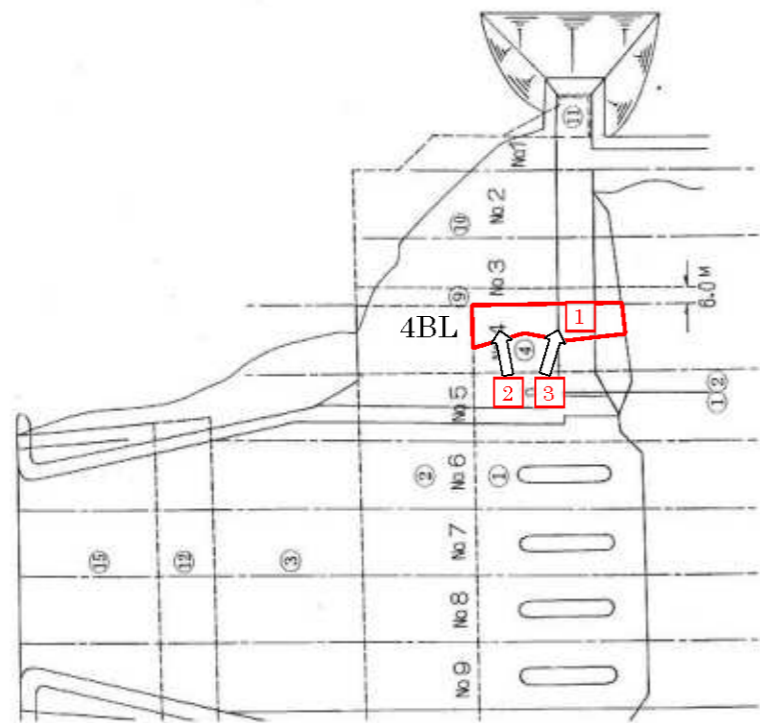


写真 - 1.1.11 No.4号ブロック上流部(第6回岩盤検査) S28.3.5

(「丸山ダム工事写真集」より)

(2) 右岸アバット地山の崩壊および洪水による洗掘

丸山ダムでは、昭和28年7月の洪水に伴う右岸アバット地山の崩壊により、ダム堤体(基礎掘削線)の形状が大幅に変更された。図-1.1.26に洪水前地山線と当初掘削予定線を示す。図-1.1.27に4BL周辺の施工実績を示す。4BLのEL.141.5mでは、右岸アバット地山の崩落時に昭和28年7月から10月の長期間にわたって打設が休止されている。このとき、4BLより右岸側については、未打設であった。



越流直前の状況



越流後の状況

写真-1.1.12 右岸崩落ならびに洪水状況(昭和28年7月20日出水)

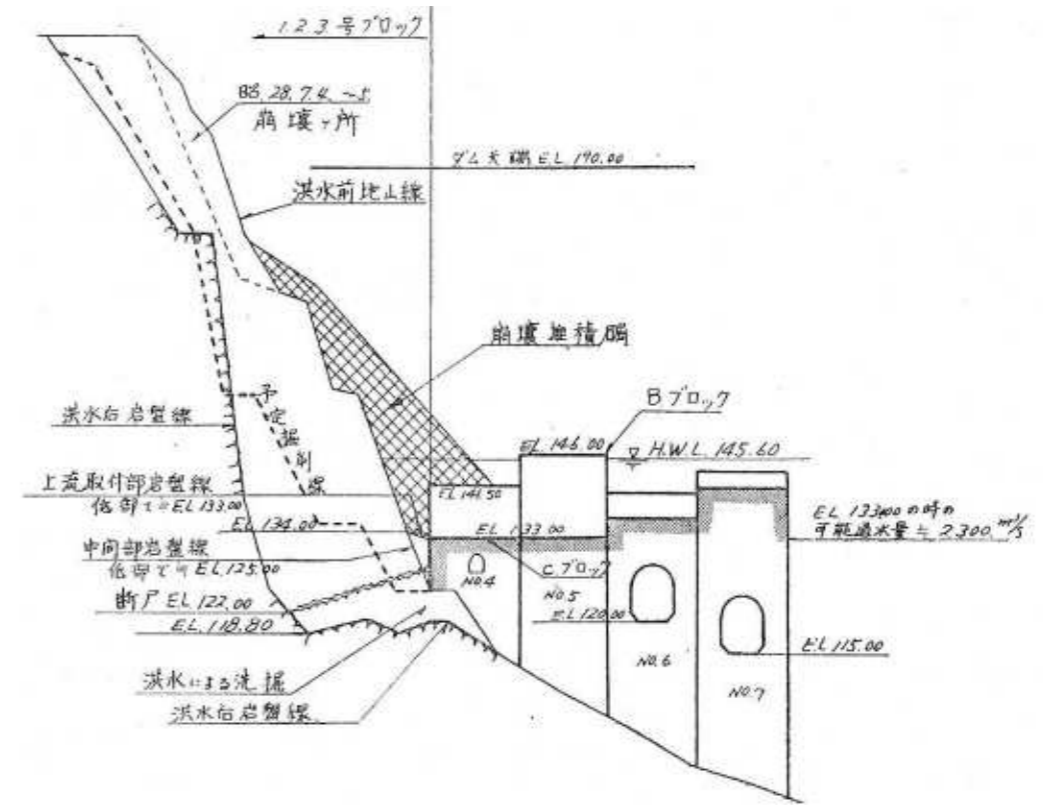


図-1.1.26 右岸取付部見取図

出典:丸山発電所工事誌 土木編

丸山ダム発電所工事誌には、洪水により4BLの岩着部が洗掘されたことが記載されている。洪水前後の岩盤線の見取り図(図-1.1.26)や、写真(写真-1.1.12~写真-1.1.14)から、洪水による洗掘は、4BLの下流部において大きく生じているものと推定されるとともに、写真-1.1.15より、4BL側面部で生じている。



写真 - 1.1.13 右岸崩落状況(出水前)(昭和 28 年 7 月 5 日)

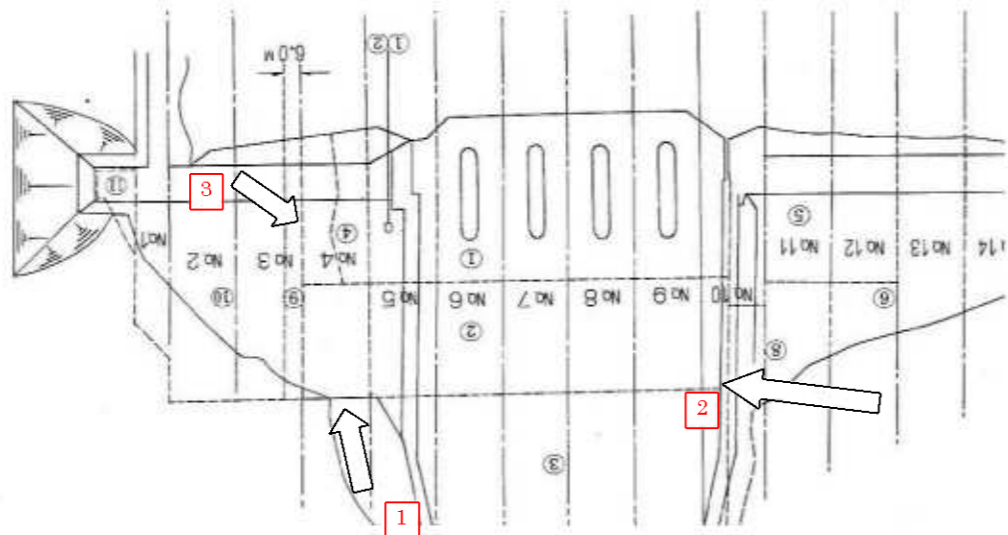


写真 - 1.1.14 右岸崩落状況(出水後)(昭和 28 年 7 月 21 日)



写真 - 1.1.15 第 9 回岩盤検査 (昭和 28 年 7 月 25 日)

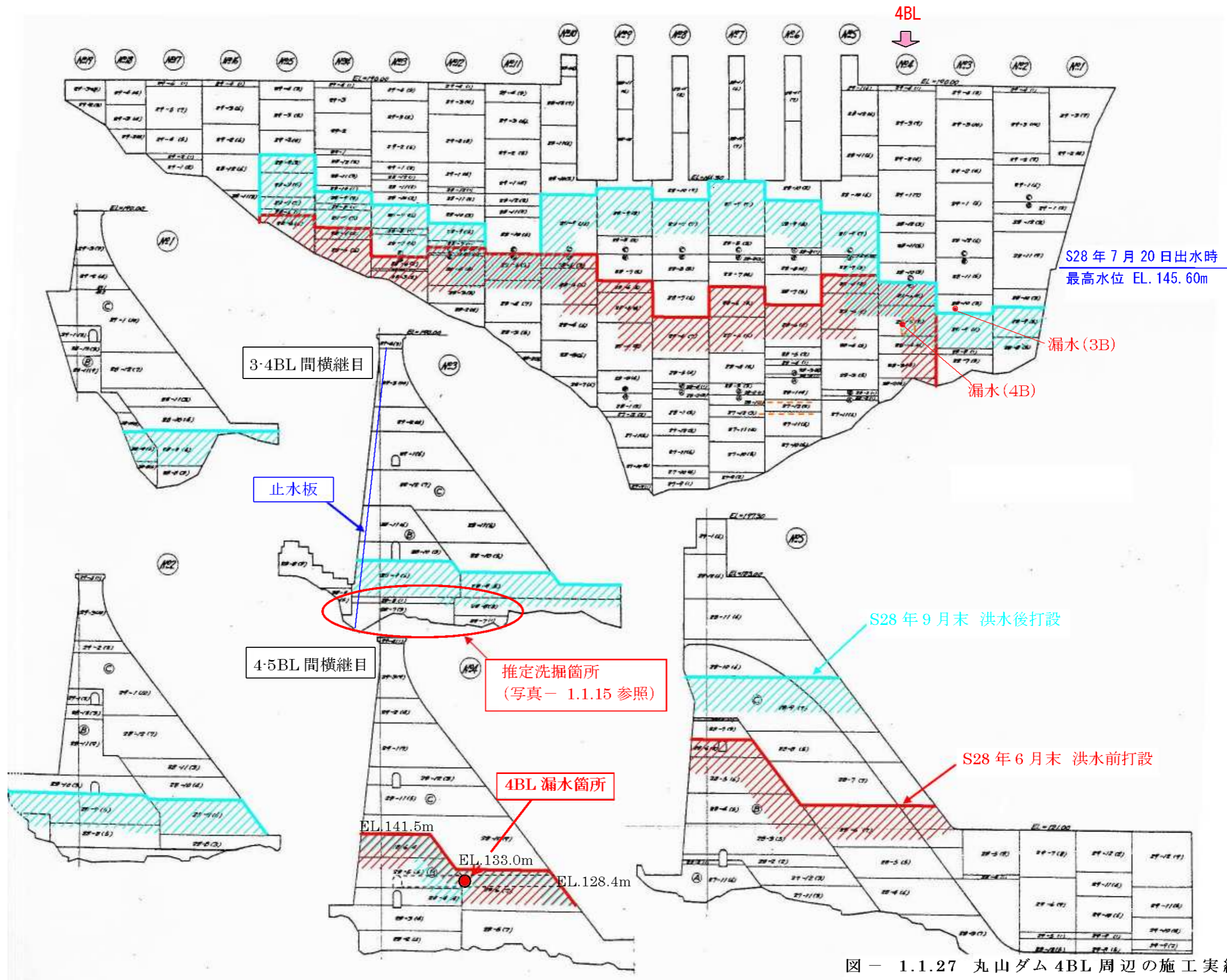
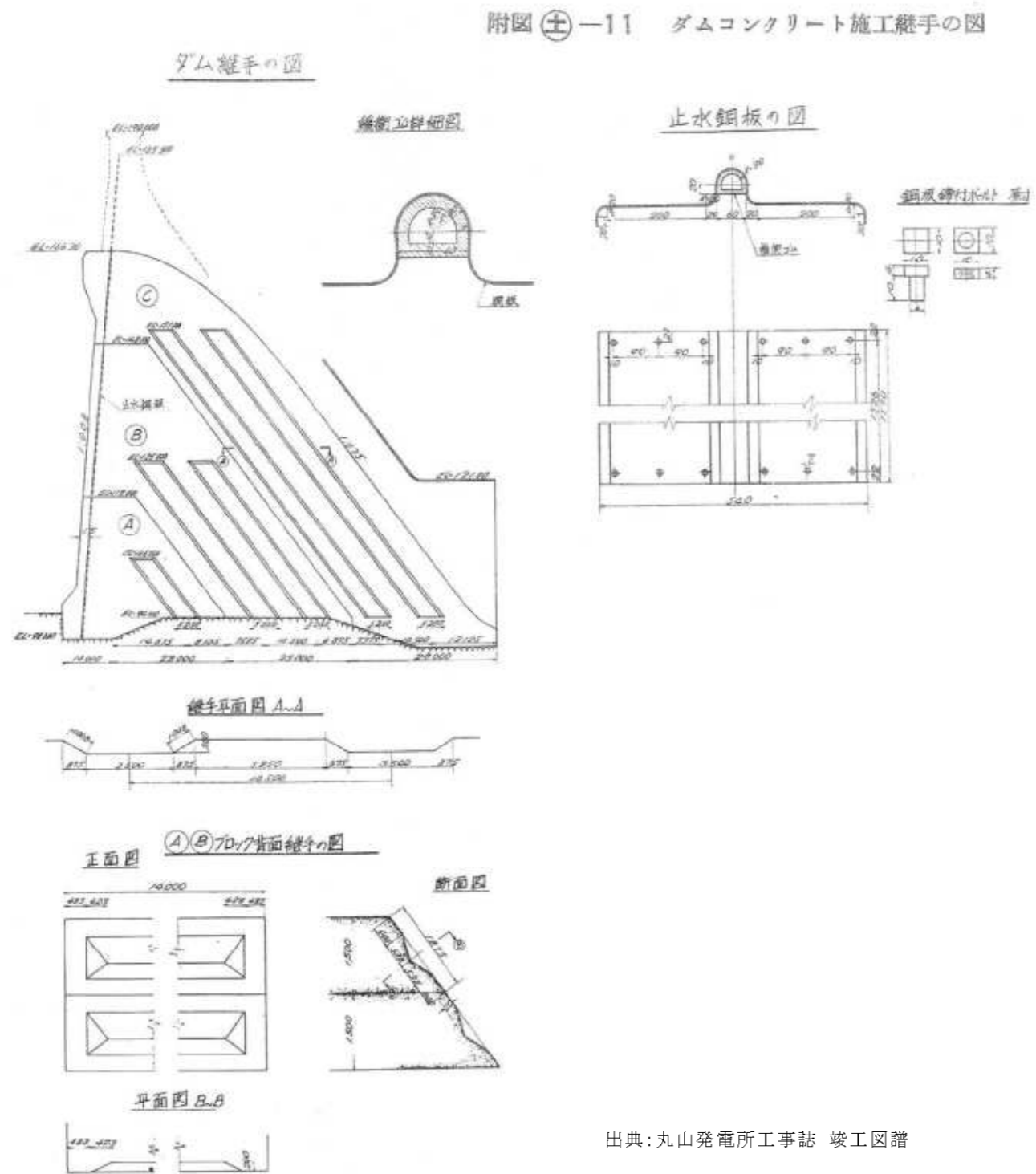


図 - 1.1.27 丸山ダム4BL周辺の施工実績

※「丸山発電所工事誌 竣工図譜」に一部加筆

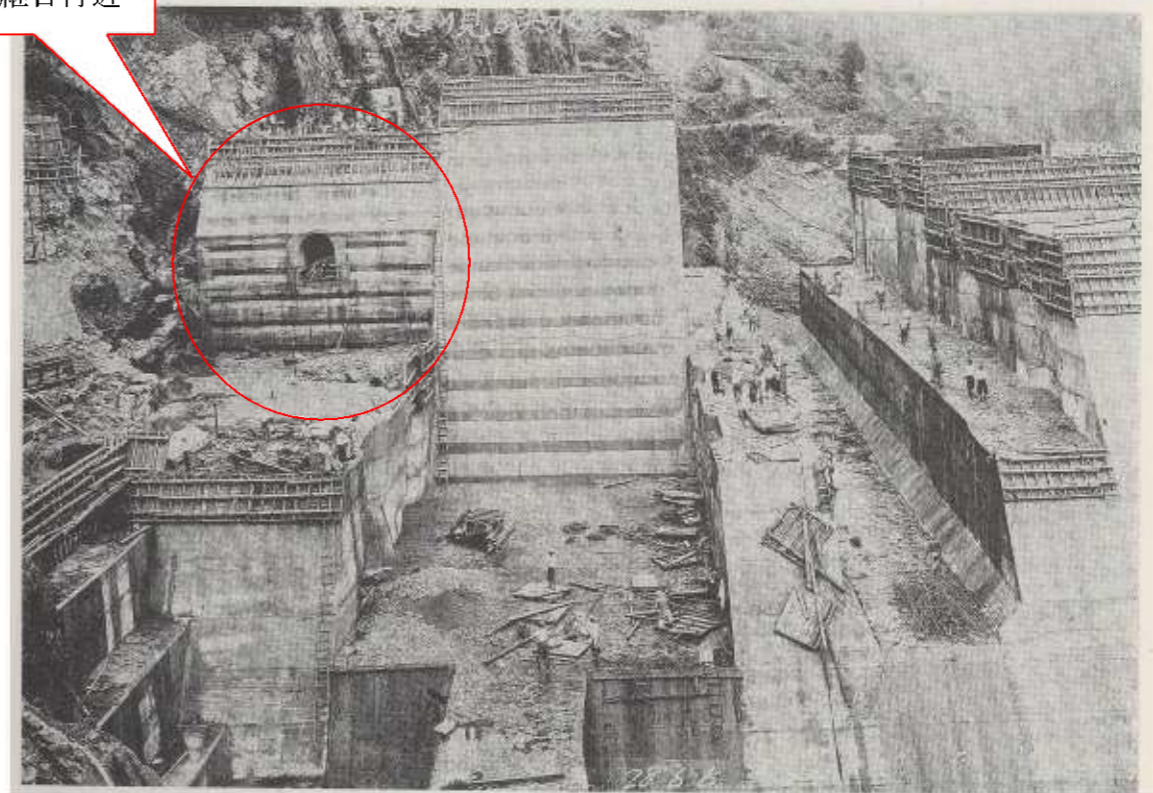
(3) 傾斜継目と施工継手の状況

丸山ダムは、傾斜継目を設けて施工されたダムである。図－ 1.1.28 に丸山ダムの施工継手図を示す。丸山発電所工事誌によると、傾斜継目(および縦継目)にはジョイントグラウチングがなされていない。



図－ 1.1.28 施工継手図

4BL 縦継目付近



写真－ 1.1.16 洪水前の打設状況(昭和 28 年 6 月 6 日)

1.1.8 4BL 漏水箇所周辺の状況

- ① 4BL の漏水は、平成 12 年に化粧モルタルが剥がれ落ちて突発的に始まっている。
- ② 旧揚圧力測定孔の埋戻し部にドリリングを行った結果、漏水が観測された。
- ③ 旧揚圧力配管箱抜部周辺のコアリングを行った結果、漏水箇所近傍に、配管やモルタルなどの異物が多く認められた。

(1) 4BL 漏水の発生時の状況

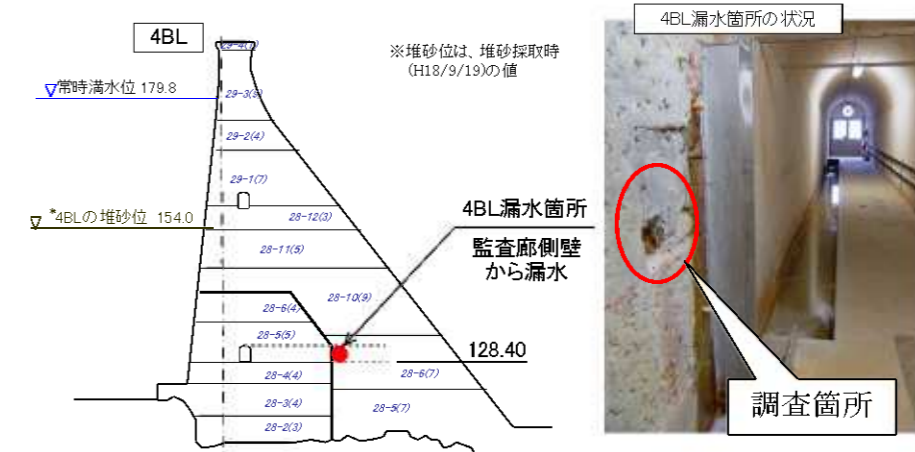
4BL の漏水発生直後の状況写真を写真－ 1.1.17 に示す。4BL 漏水は、平成 12 年に壁から突発的に始まっている。4BL の漏水が発生した際には、化粧モルタルが一部剥がれて噴出している。



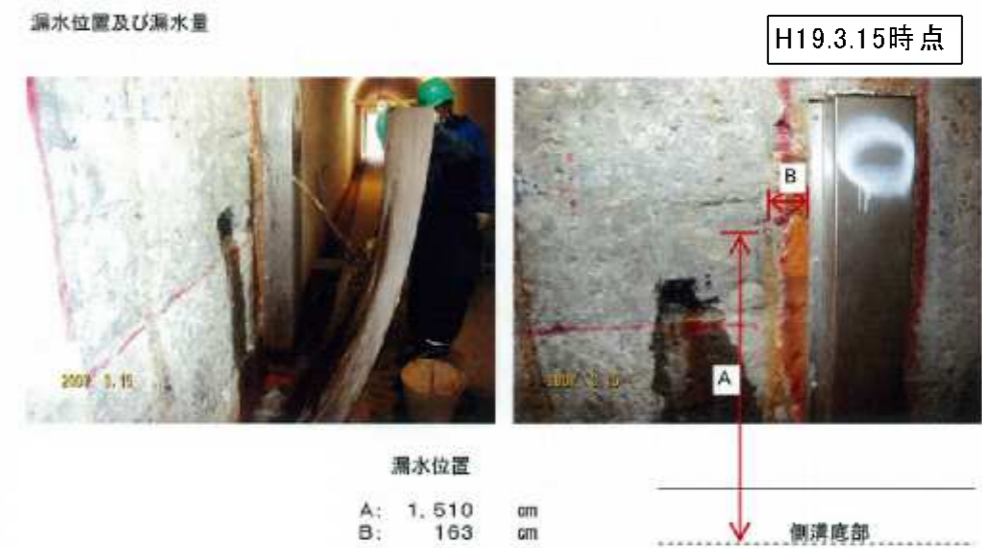
写真－ 1.1.17 漏水発生直後の状況 (H12)

(2) 旧揚圧力配管箱抜部周辺

平成 19 年 3 月には、旧揚圧力測定孔の埋戻し部にドリリングを行った結果、漏水が観測された(写真－ 1.1.18)。



図－ 1.1.29 調査箇所



写真－ 1.1.18 旧揚圧力配管箱抜部周辺の調査状況 (H19/3)



平成 20 年 2 月に、旧揚圧力配管箱抜部周辺に 1m のコアリングを行った結果、漏水箇所近傍(2 孔参照)に、配管やモルタルなどの異物が多く認められた(写真－ 1.1.19)。

- 凡 例
- コアボーリングΦ25mm、L=1m(H20.2.21実施)
  - 電動ドリルΦ10mm、L=10cm(H20.2.21実施)
  - 電動ドリルΦ11mm、L=10cm(H19.3.15実施)



写真－ 1.1.19 旧揚圧力配管箱抜部周辺調査状況(H20/2)

### 1.1.9 まとめ

#### (1) 漏水の季節変動からの分析

4BL の漏水量は、夏期に急増し冬期に減るパターンを繰り返している。横継目は貯水温の低下する冬期に開き、上昇する夏期に閉じるため、横継目からの漏水は、冬期に増加し、夏期に減少するが、4BL の漏水はこれとは逆の挙動を示している。したがって、漏水が、横継目(堆砂位より上位)から発生している可能性は小さいと推察される。なお、潜水調査(参考資料)によっても、堆砂位より上位に吸込み口は認められなかった。

#### (2) 堤体挙動と漏水状況、ボーリング調査結果からの分析

堤体変形は、冬期に下流側、夏期に上流側にたわむ挙動を示している。このような挙動に伴い、上流面の水平打継目に対する応力は、冬期に引張側、夏期に圧縮側へと変動するため、水平打継目のひび割れからの漏水があれば、冬期に増加し、夏期に減少するはずである。これに対して、4BL の漏水は、前述のようにこれとは逆の挙動を示している。したがって、漏水が、水平打継目のひびわれや岩着面から発生している可能性は小さいと推察される。なお、天端から基礎岩盤に至る 2 本のボーリング調査(No.1(H18・1)孔, No.2(H19・11 孔))の結果、堤体コンクリート部の水平打継目は密着しており、透水係数は  $10^{-7}$  オーダー、基礎岩盤部の透水係数は  $10^{-6}$  オーダーであった。

#### (3) 4BL 漏水箇所周辺の水平ボーリングからの分析

4 ブロックの漏水箇所周辺では、漏水経路の特定のために、上記の他に 4 本のボーリング調査が行われている。このうち、4、5BL 間の横継目に至る水平ボーリング(A 孔)により、掘削直後に 0.3 ㎥/分程度の漏水が認められたが、水圧は計測されず、漏水箇所には少なくとも 1.5m 以上の水頭がかかっていることが推定されることから、4・5BL 間横継目が漏水経路ではある可能性は小さいと考えられる。

#### (4) 旧揚圧力配管調査結果・建設時の施工状況からの分析

丸山ダムでは、4BL において、施工中のグラウト注入により機能を失った揚圧力測定孔、6 孔が埋設されている。これらの旧揚圧力配管にドリルで小口径の穴を削孔し、漏水の有無を確認した結果、いずれもにじみ程度の漏水しか生じず、旧揚圧力配管が漏水経路ではある可能性は小さいと考えられる。

残された可能性としては、基礎岩盤の破碎層から縦継目を介した経路、3・4BL 間横継目周辺の基礎岩盤(洪水により洗掘された箇所)から縦継目を介した経路が考えられる。

ただし、これらのルートは 4BL の基礎岩盤へ向けて行った 2 本のボーリング(C・1 孔, C・2 孔)や、縦継目に向けて行ったボーリング(B 孔)の結果、漏水箇所にかかっているような水圧は観測されなかったことから、破碎層や縦継目全面が面的に漏水経路となっているのではなく、極めて局所的な水みちが漏水経路となっていることが想定される。

#### (5) 4BL 漏水箇所周辺の状況からの分析

4BL の漏水は、平成 12 年に壁から突発的に始まっている。漏水箇所周辺は縦継目の周辺であり、継目キ一や、旧揚圧力測定孔の箱抜き部が存在し、コンクリート打設が困難であったことが推定される。漏水箇所から横継目へ向けたボーリング(A 孔)や、箱抜き部のコアリングでのコアの状態があまり良くないのは、このような理由によるものと思われ、これらの箇所が弱点となって漏水の出口となったことと考えられる。

4BL の漏水が発生した際には、一部化粧モルタルが剥がれて噴出していること、旧揚圧力測定孔の埋戻し部にドリリングした結果、漏水が認められたことなどから、漏水箇所までの水みちは元々存在していたものが、コンクリートが劣化して漏水が始まったとも想定される。

## 1.2 丸山ダム堤体の状況のまとめ(案)

- ① 漏水量は、平成 14 年および平成 19 年に一時増加したが、現在は半減し減少傾向にある。平成 20 年現在の漏水量は、4BL の漏水量の多い箇所を除けば、100 ㎥/分程度を中心とした変動を示し、安定している
- ② 堤体変位は、8BL 下で 7mm、4BL 下で 4mm 程度の振れ幅で、7～9 月に上流側、1～2 月に下流側へ変位する季節変動を示しながら推移しており、安定した状態である。また、漏水との関係は認められない。
- ③ 揚圧力は、全般的に、完成当初 5 年程度は一定の値を示していたが、その後 10 年程度で断続的に増加し、建設後 15 年以降はほぼ一定の値で推移している。
- ④ 採取コアの圧縮強度試験結果によると、丸山ダムの堤体コンクリートは、建設当時の標準供試体圧縮強度と同程度であり、十分な強度を保持している。また、中性化は、最大でも 10 数 mm しか進行していない。
- ⑤ 4BL 漏水は、堤体変形、継目の開き、地震との関係は見られないことから、4BL 漏水により、丸山ダム安定性、機能性に大きな影響を与えることは無いと考えられる。

## 2. モニタリング方針(案)

### 2.1 モニタリング方針(案)

4ブロック漏水のモニタリング(案)を表－ 2.1.1 に示す<sup>※2</sup>。

なお、ダム管理のための他の観測項目は、現在、表－ 2.1.2 のとおり実施している。

表－ 2.1.1 安全性判定の基準と管理(案)

レベル	安全性判定の基本的な考え方	判定基準(案)		管理者の対応
		漏水量等	変形量(プラムライン)	
1	過去の観測結果と異なる傾向が認められない。	年間の変動が過去と同様である。	—	<ul style="list-style-type: none"> <li>他の観測項目について表－ 2.1.2 のとおり実施</li> <li>結果を定期報告(1回/年)</li> </ul>
2	<ul style="list-style-type: none"> <li>既往最大値を上回る<sup>※1</sup>。</li> <li>明らかに上昇が予想される。</li> <li>その他異常が見られる。</li> </ul>	該当項目が1点でもある場合 <ul style="list-style-type: none"> <li>全漏水量が 1,221 ℓ/分以上</li> <li>4BL漏水量が 1,015 ℓ/分以上</li> </ul>	4BL 下部 ± 5mm 以上	管理者が必要と判断する場合は、委員長へ相談し、委員会の招集を検討する。

※1 最大漏水量までの範囲で、4BL 漏水と 4BL 変形量、横継目の開き、縦継目の開きとの関連が認められなかったことから、最大漏水量を判定基準値とした。

※2 通常のダム管理については、丸山ダムの管理基準に従い管理する。

表 - 2.1.2 観測計画(案)

区分	観測箇所	観測頻度		備考
		通常の観測頻度	現在の観測頻度 <sup>※1</sup>	
外観(巡視)	堤体全体	1回/日	1回/日	適宜写真で記録する
漏水量	全漏水量(9BL三角堰)	1回/日	1回/日	手動計測(平成20年3月14日より、4BL漏水を分離)
	4BL漏水量(4BL三角堰)	1回/日	1回/日	自動計測, アラームシステム <sup>※2</sup> (平成20年4月10日より)
	3BL漏水量(3BL四角堰) 左岸下流	- 1回/月	1回/日 1回/日	
流出土砂量	3B, 4B排水路	-	1回/2週	
漏水水質	貯水池、3BL、4BL、12-13BL、15-16BL、B63-2	-	1回/月	
変形量	ブラムライン(4BL上・下段監査廊)	1回/月	1回/日	2ヶ所
	ブラムライン(8BL上・下段監査廊)	1回/月	1回/週	2ヶ所
	天端変位(5, 6, 7, 8, 9, 10BL)	1回/月	1回/週	6ヶ所
	4BL変位量(監査廊3箇所)	-	1回/日	H20年4月開始
揚圧力	7BL(4,6), 9BL(2,3,9,10), 断層揚圧力7~9BL(ト,ロ) 4BL監査廊(4箇所)	1回/月	1回/週	8ヶ所 H20年7月に設置
継目の開き	8-9ブロック境, 9ブロックBC境, No.12-13ブロック上流側, 下流側	1回/月	1回/週	4ヶ所
クラック	No.1ブロック上流側, 下流側	1回/月	1回/月	6ヶ所
継目の開き	天端(3~4BL間, 4~5BL間), 下流面(3~4BL間, 4~5BL間), 基礎監査廊(3~4BL間, 4~5BL間), 上段監査廊(3~4BL間), 4BL傾斜継目(4BL漏水箇所付近の継目の開度)	-	1回/週	7ヶ所
		-	1回/日	

※1 4BLの漏水量の急増を受けて、平成19年度より各観測項目の観測頻度を引き上げて実施している。  
 ※2 アラームシステム: 4BL漏水量が800 $\mu$ l/分を記録した場合に、担当者(丸山ダム管理所)へ自動通報するものである。

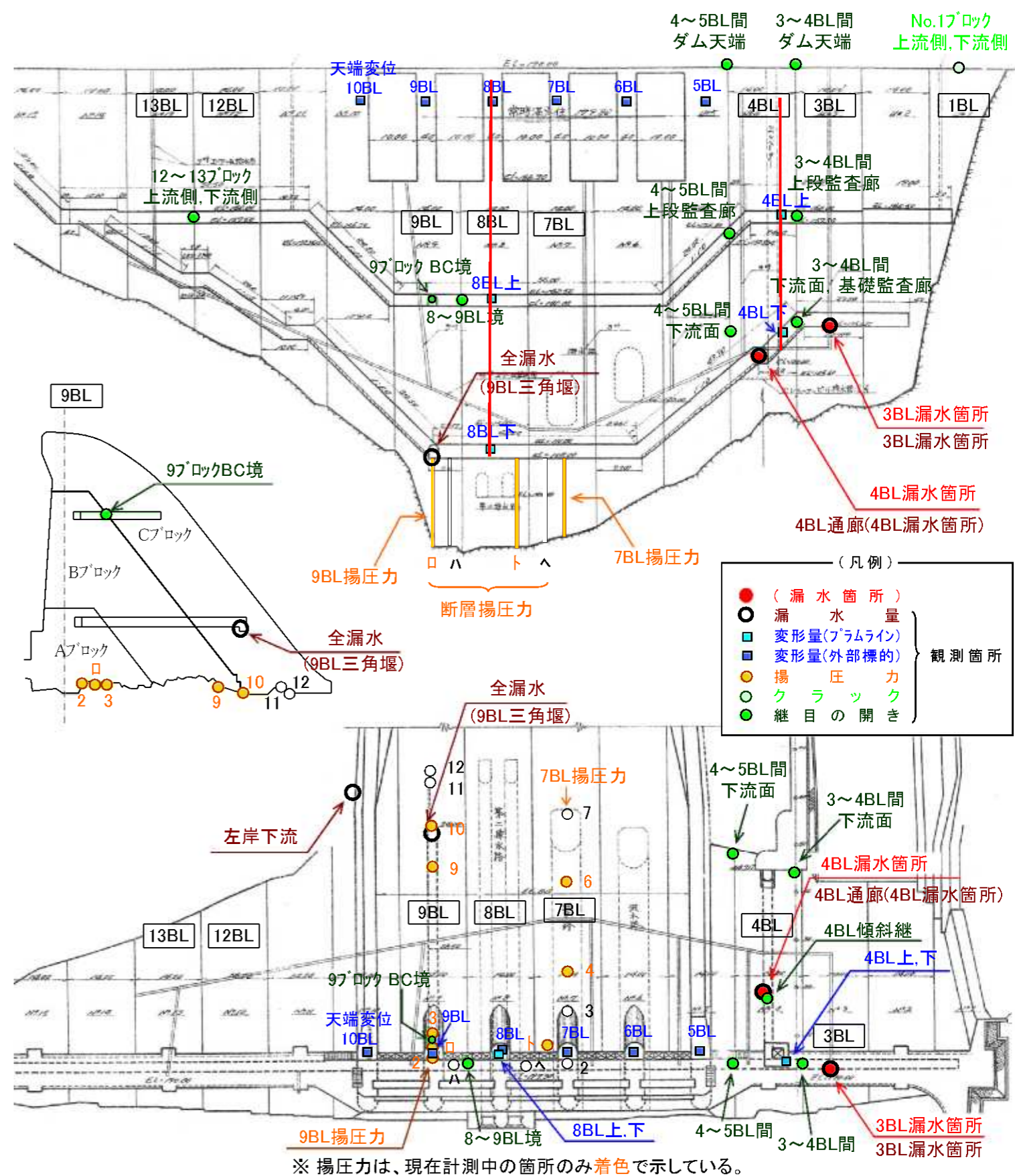


図 - 2.1.1 観測位置図

## 2.2 4BL 漏水箇所の圧力管理の計画

4BL の漏水調査結果の分析の結果、4BL の漏水経路は、基礎岩盤から縦継目を介した経路である可能性が高い。4BL 漏水には、濁りが認められること、漏水量が漏水発生時点よりも増加していることから、基礎岩盤の漏水経路が拡大している可能性があることから、漏水を止めて圧力管理に移行することが望ましい。

4BL 漏水量は、平成 21 年 1 月 31 日現在、190 ㎥/分まで低減している。4BL 漏水は再び夏期に増加する可能性があるため、漏水量が低減している現段階において、早急に漏水を止めることが望ましい。

### (1) 4BL 漏水箇所周辺の調査

4BL の漏水箇所には、飛散防止カバーが設置されているため、現在の漏水箇所の詳細な状況は不明である。飛散防止カバーを外して漏水箇所周辺の汚れを除去し、漏水箇所の形状、コンクリートの酸化状況等を調査する。



写真－ 2.2.1 4BL 漏水箇所の状況  
(2008 年 7 月 16 日調査)

### (2) 4BL 漏水の圧力管理

漏水箇所に図－ 2.2.1 に示すように、バルブを取り付け、圧力管理を行う。前述のように、4BL の漏水経路に面的な広がりはなく、局所的なものと推定されること、漏水箇所までの水みちは元々存在していたものが、漏水箇所周辺のコンクリートが劣化して漏水が始まったと考えられることから、**漏水圧力を測定しても、漏水前の状態に戻るのみで、大きな影響は生じないものと推察される。**

なお、アンカーボルトの深さについては、ボーリングによりコンクリートの劣化の程度を把握して決定する。

### (3) 圧力測定計画

- ① 4BL 漏水箇所にバルブを設け、圧力計を設置して揚圧力を観測する(図－ 2.2.1)。
- ② 漏水を止めたことによる影響を監視するために、4BL の No.1, No.2 孔の孔内水位、C・1 孔, C・2 孔, A 孔, B 孔の水圧を計測する(図－ 2.2.2)。
- ③ これらの監視孔の圧力上昇や、他の箇所からの漏水が発生した場合には、4BL 漏水箇所のバルブの開放を検討するとともに、原因と対策方法の検討に移行する。

### (4) 今後の堤体観測計画

現在、漏水量は減少傾向にあるとともに、堤体は安定しているため、圧力管理に移行後は、表－ 2.1.2 に示した観測項目、頻度を絞り込み、通常の管理に戻して行く。



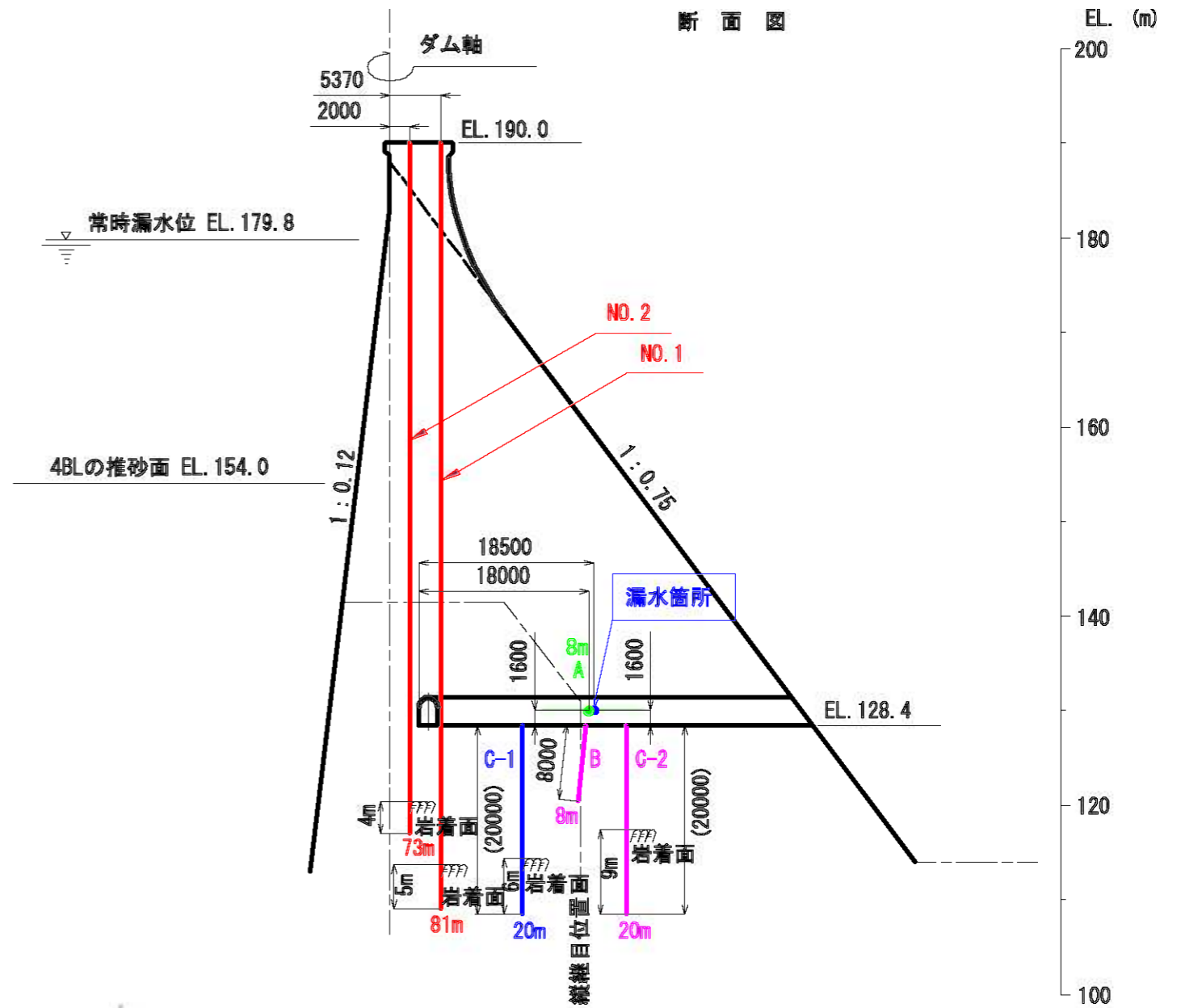
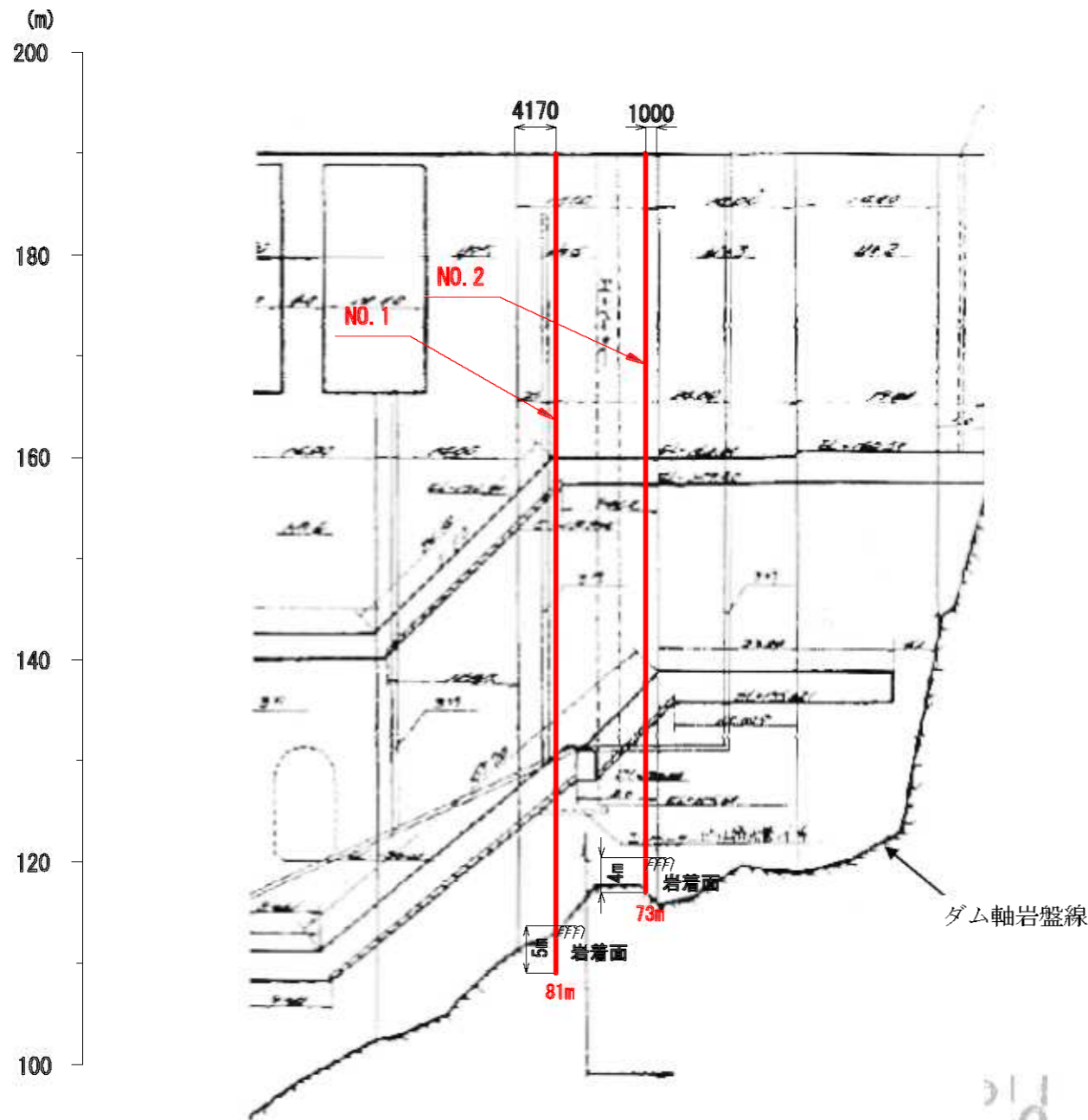


表 - 2.2.1 周辺の水頭モニタリング孔

モニタリング孔	測定項目	標高
No.1 (H18-1) 孔	孔内水位	—
No.2 (H19-11) 孔	孔内水位	—
C-1 孔	岩着部水圧	EL.128.85
C-2 孔	岩着部水圧	EL.128.85
A 孔	横継目水圧	EL.130.0
B 孔	縦継目水圧	EL.130.0

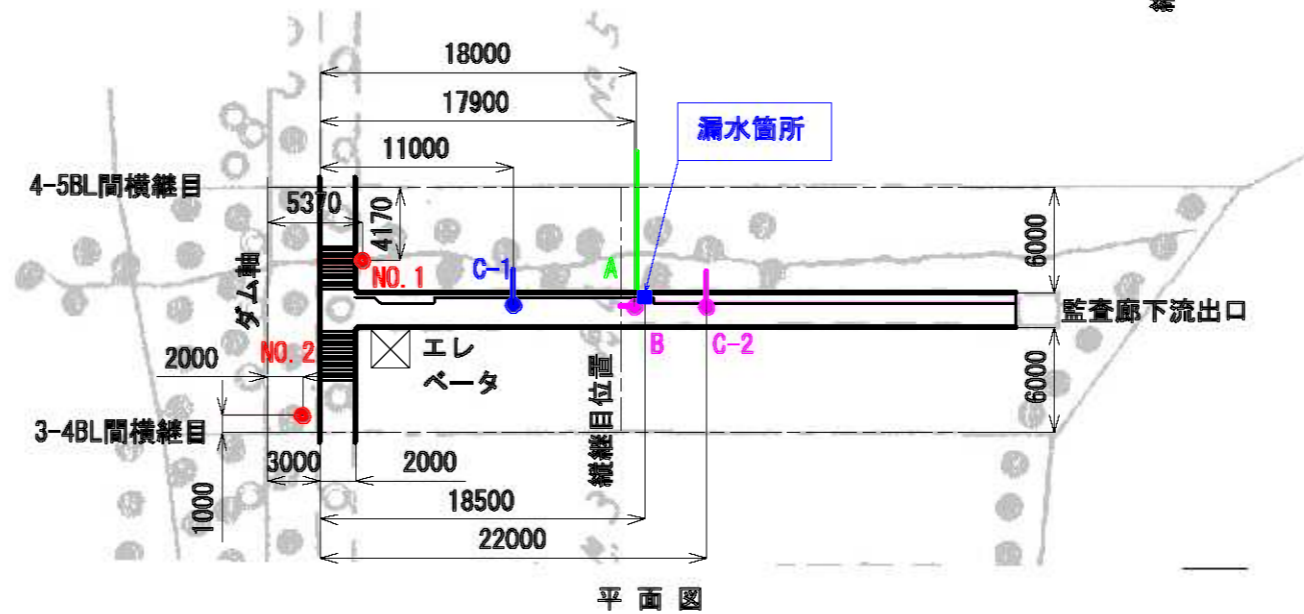


図 - 2.2.2 周辺の水頭モニタリング孔



### 2.3 今後の補足調査提案

4BLの漏水経路の可能性として、現段階までの調査結果から、基礎岩盤の破碎層から縦継目を介した経路、3・4BL間横継目周辺の基礎岩盤(洪水により洗掘された箇所)から縦継目を介した経路の可能性が残されている。4BLのボーリングは全て漏水箇所のある左岸側(5BL方向)に向けて実施されており、3BL方向に向けては実施されていない。

したがって、今後の漏水経路調査として、4BL漏水箇所にバルブを設置して圧力管理に移行した後、3BLの洗掘箇所へ向けたボーリングを行うことが考えられる。

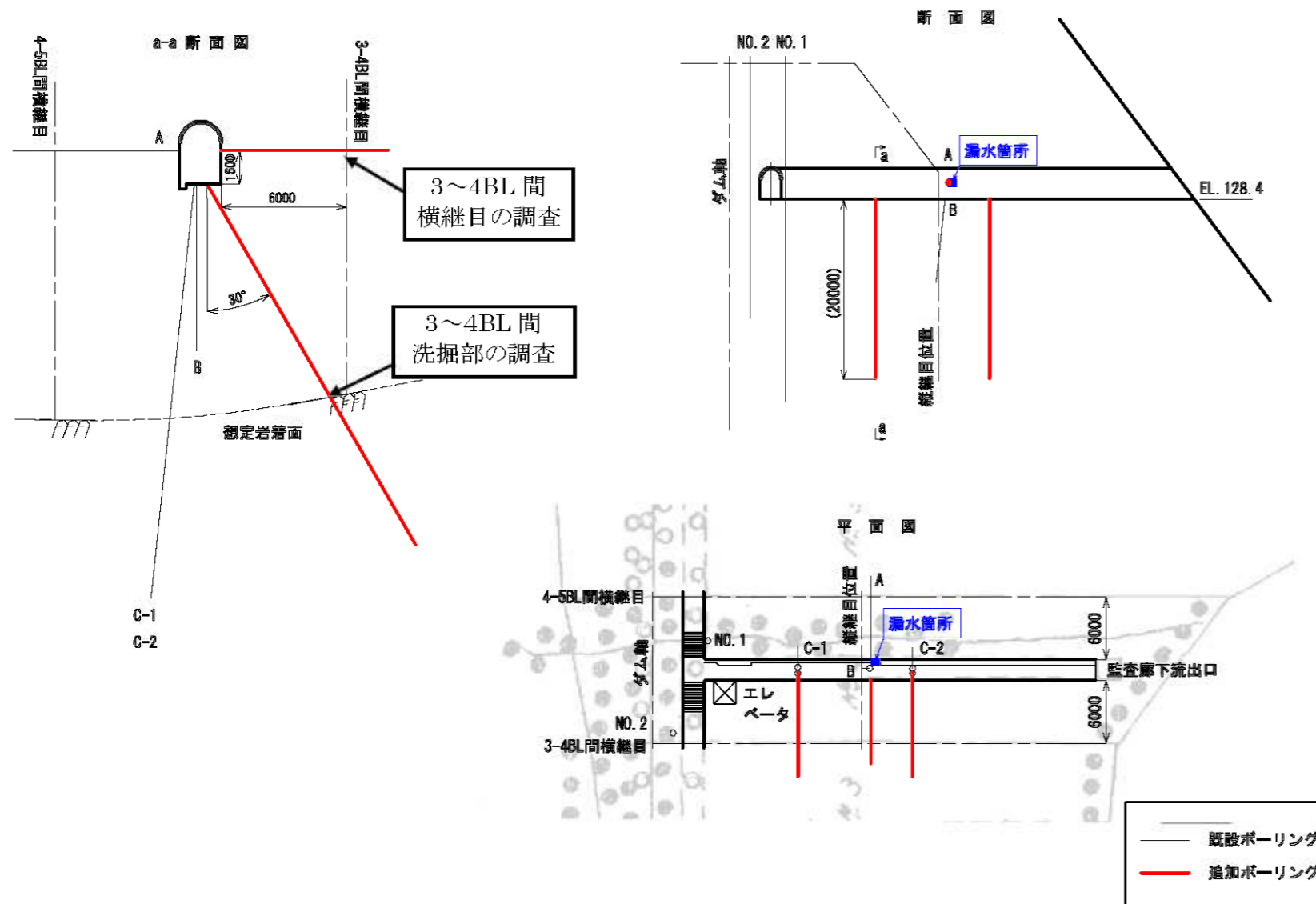


図 - 2.3.1 3BL 方向 へ向けたボーリング(案)

### 3 丸山ダムの基礎岩盤の状況

丸山ダムの基礎岩盤は、以下の状況から、健全性が確保されていると判断される。

- (1) 掘削深度、ボーリング調査結果、減勢工の岩盤状況から、丸山ダムの堤体基礎はCH級相当の岩盤に乗座している(3.1項、図— 3.1.1～図— 3.1.4、写真— 3.1.1参照)。
- (2) 工事誌に記載されている破碎層は、ボーリングコアの通過推定箇所を確認すると、いずれも、幅50cm程度以下の角礫部であり、小規模な断層または割れ目密集部と判断される(3.2項表— 3.2.1、図— 3.2.1～3.2.6、写真— 3.2.1～3.2.4参照)。
- (3) 堤体コンクリートと基礎岩盤は密着している(3.3項 表— 3.3.1、図— 3.3.1参照)。

丸山ダムおよび新丸山ダムの既往地質調査位置図を図— 3.1に示すとおりであり、以下の調査が実施されている。

- (1) 新丸山ダム建設のための調査ボーリング、横坑
- (2) 丸山ダム建設時の調査ボーリング、横坑
- (3) 関西電力株式会社実施ボーリング
- (4) 漏水調査(4BL)のための調査ボーリング

新丸山ダム調査は40m間隔のグリッドを基本として実施されており、現丸山ダム軸(Dグリッド)から47.5m下流(E+7.5mグリッド)が、新丸山ダム軸である。

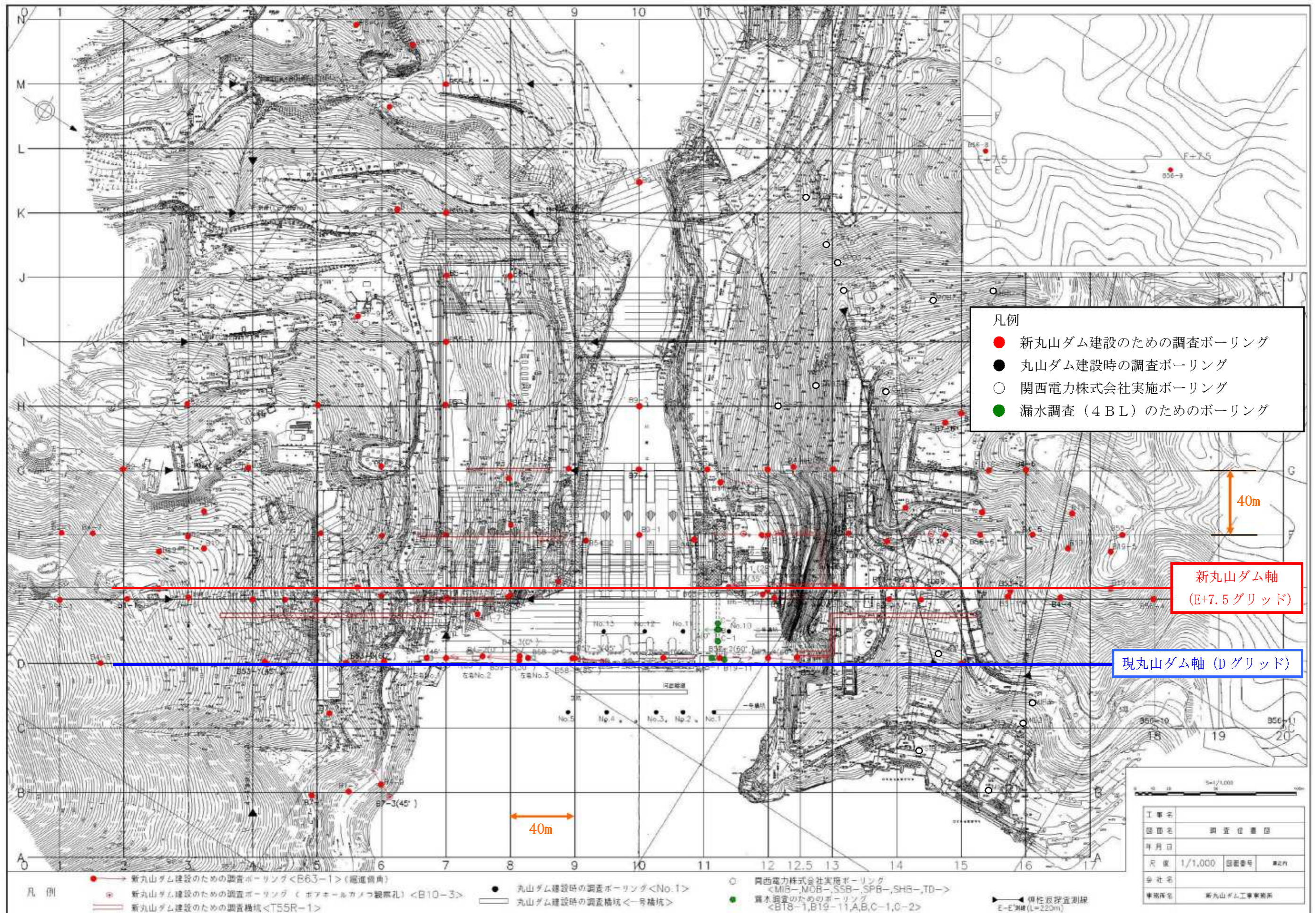
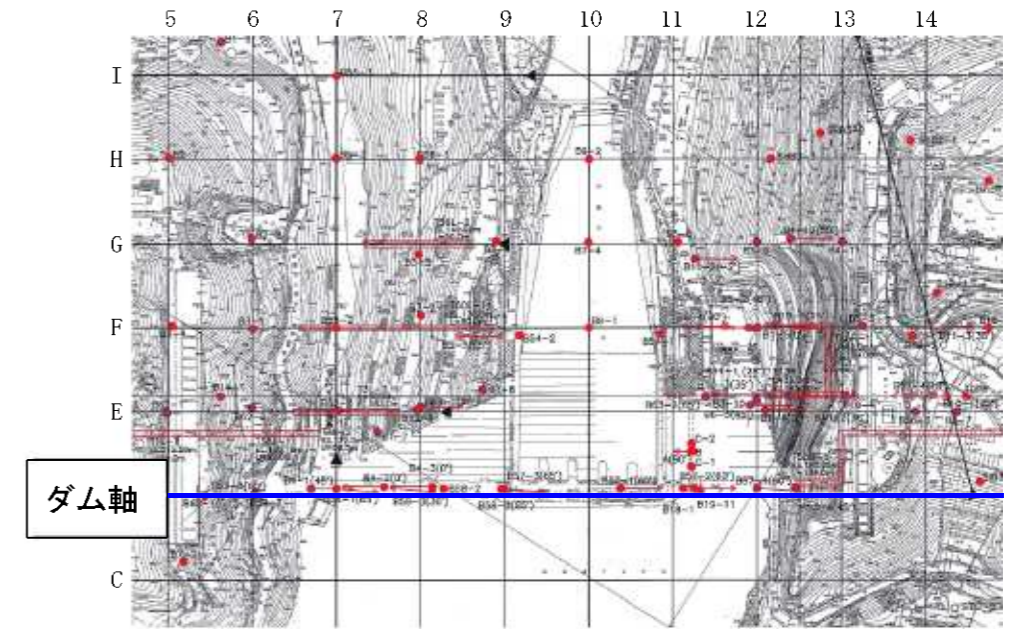
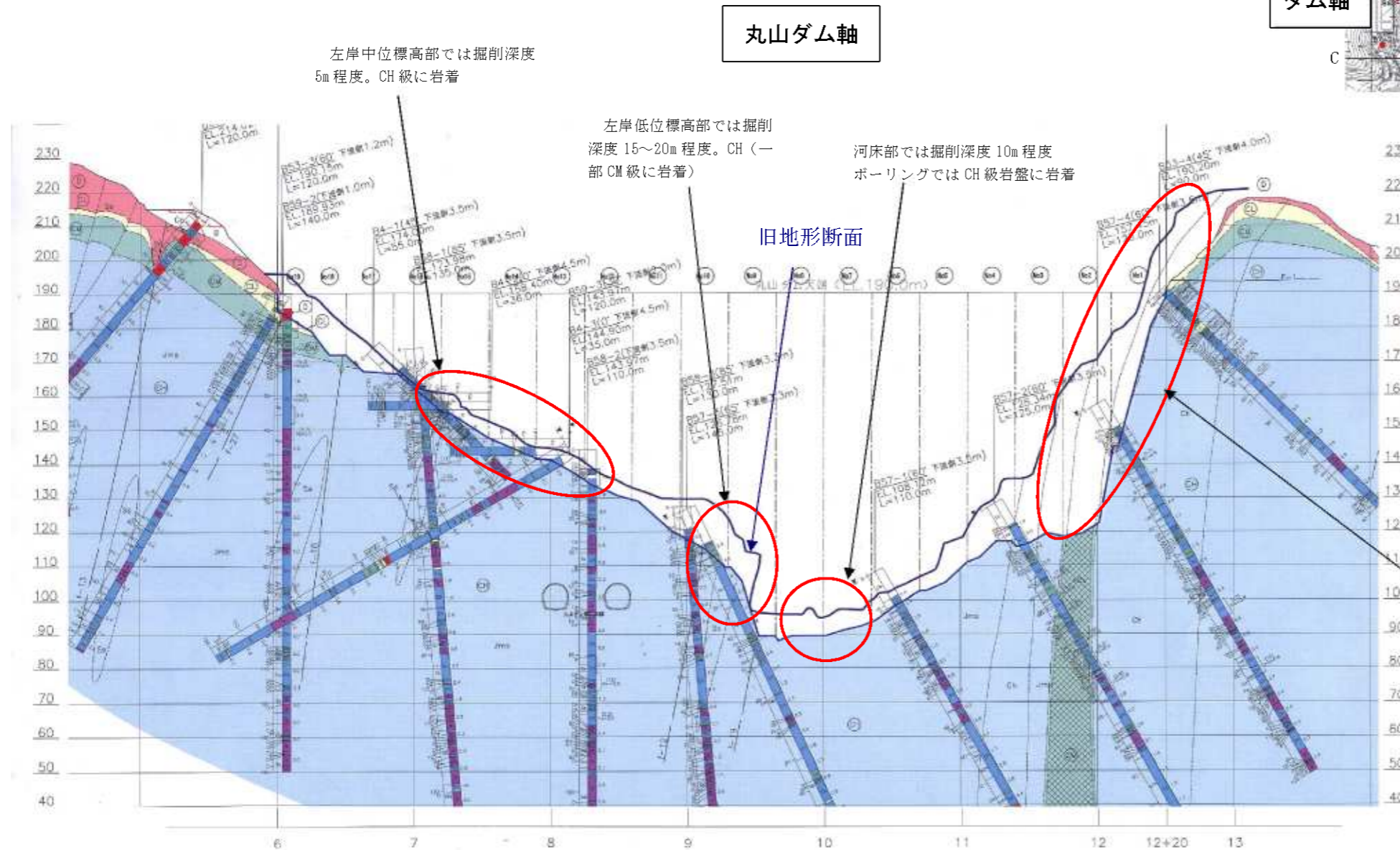


図- 3.1 既往調査位置図

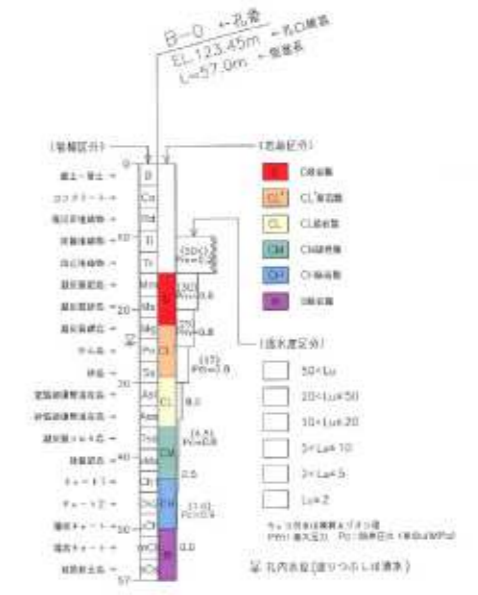
### 3.1 基礎岩盤の状況

丸山ダムの基礎岩盤は、推定した旧地表からの掘削深度から判断すると河床部～左岸にかけては、新丸山ダムの掘削深とほぼ同程度であり、ボーリング調査結果（図— 3.1.1～図— 3.1.4 参照）および河床部の露頭状況（写真— 3.1.1 参照）からも、CH 級相当の堅硬な岩盤と評価される。

また、右岸部においては斜面部の緩み岩盤（珪質粘土岩が主体）は、掘削除去されていることが、ボーリング調査結果から確認される（旧地形断面の推定資料は、参考資料参照）。



<簡易柱状図>



右岸側は施工時に崩落があり、掘削深度は深くなっている（30～50m 程度）。CH 級岩盤に岩着。

図— 3.1.1 丸山ダムの基礎岩盤状況（ダム軸）

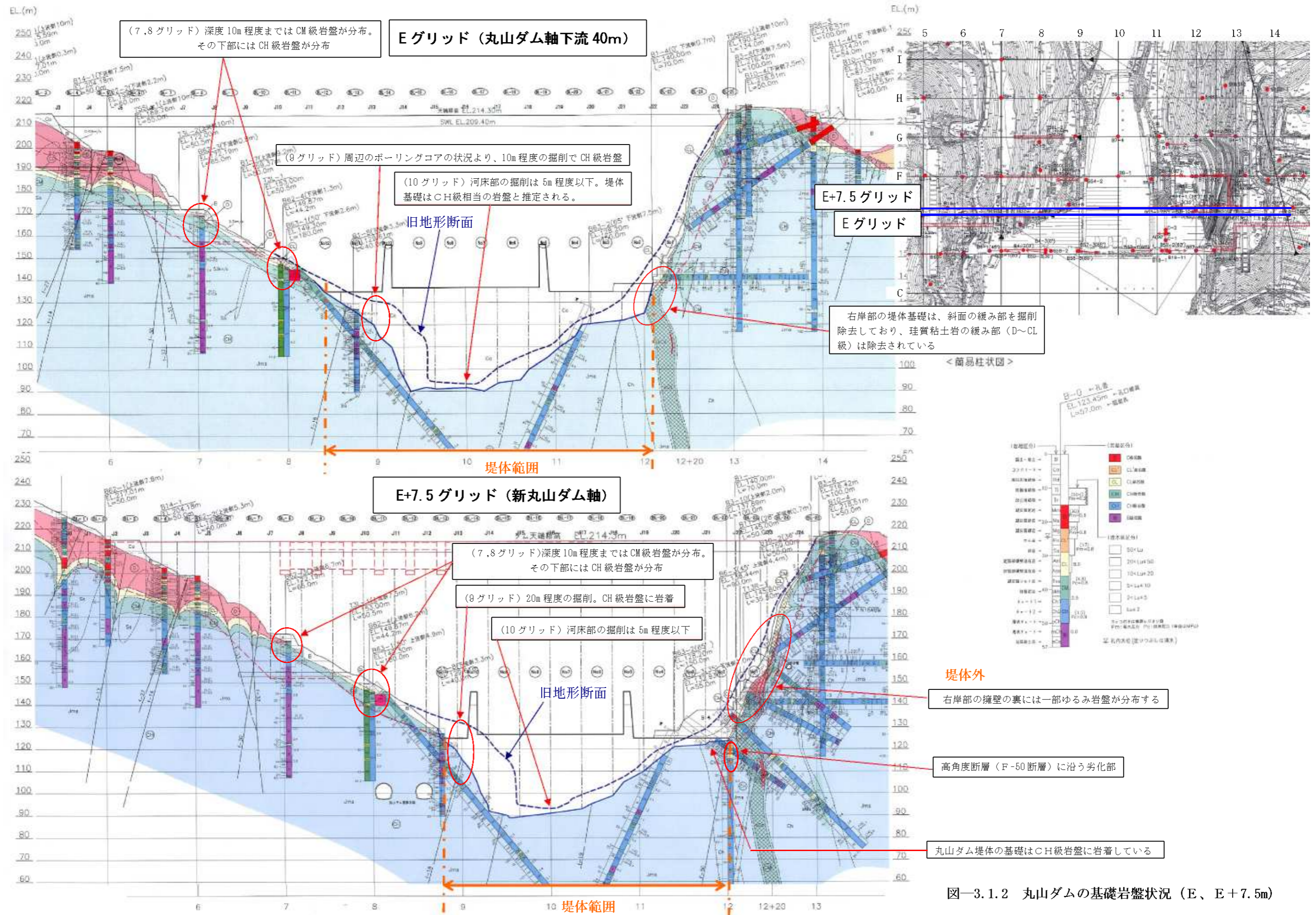


図-3.1.2 丸山ダムの基礎岩盤状況 (E、E+7.5m)

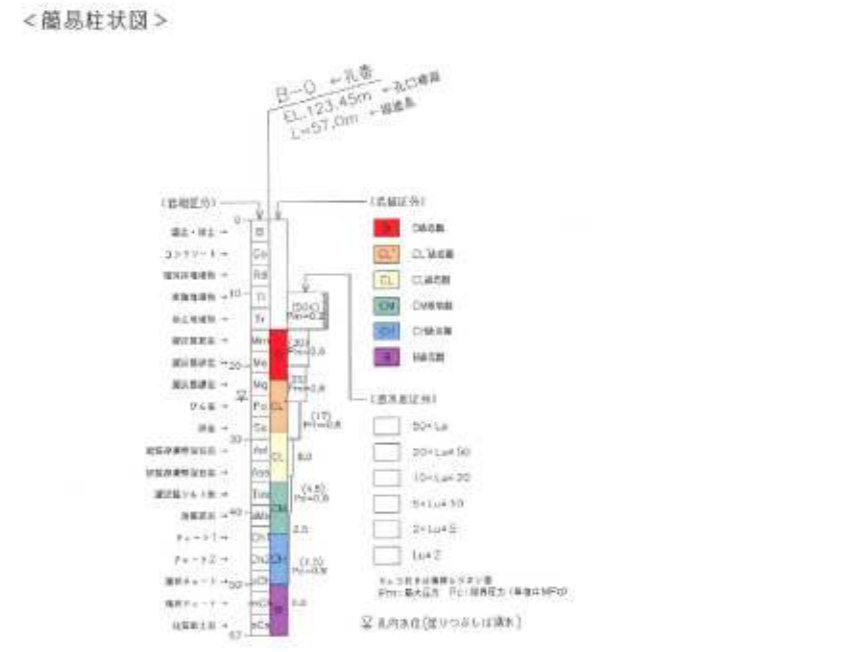
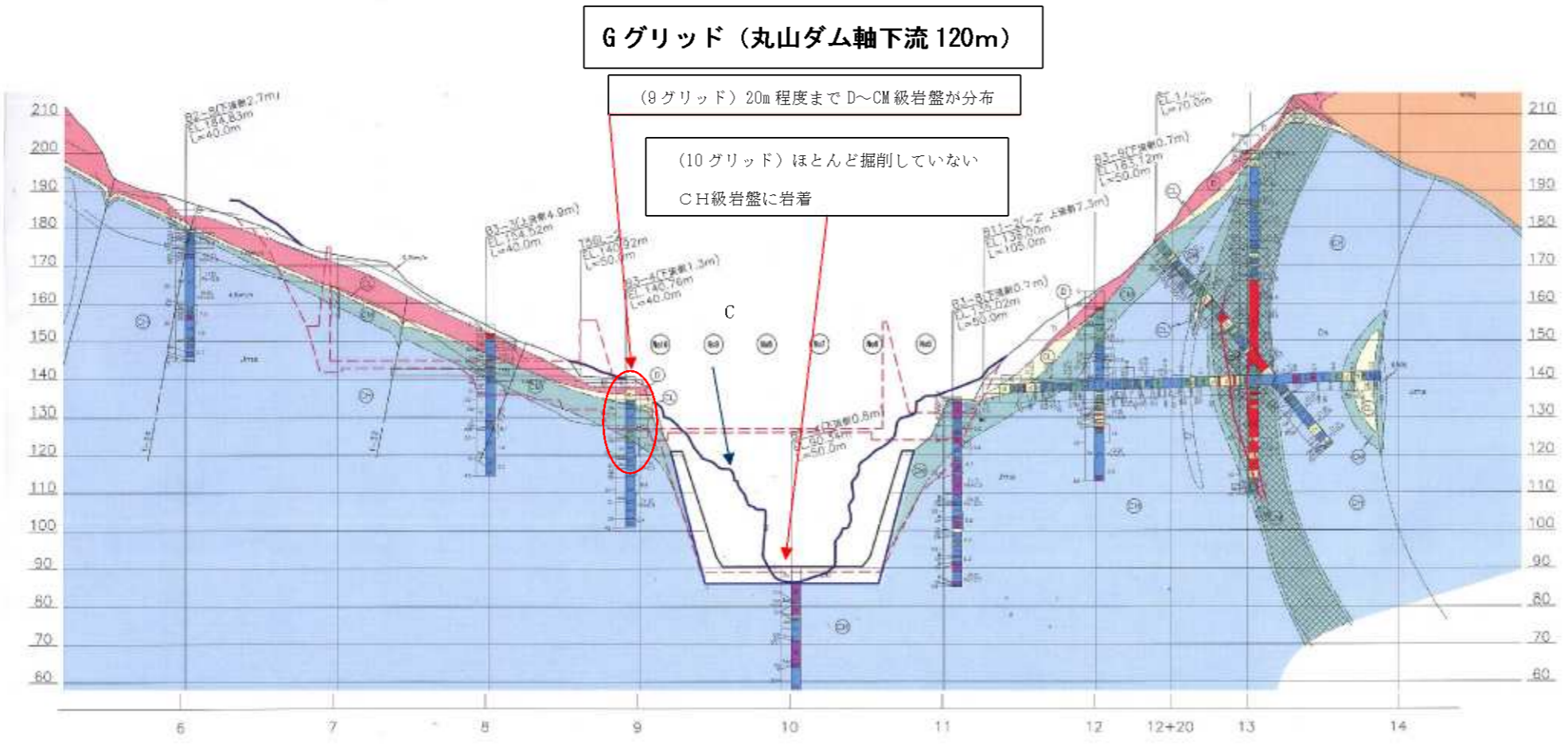
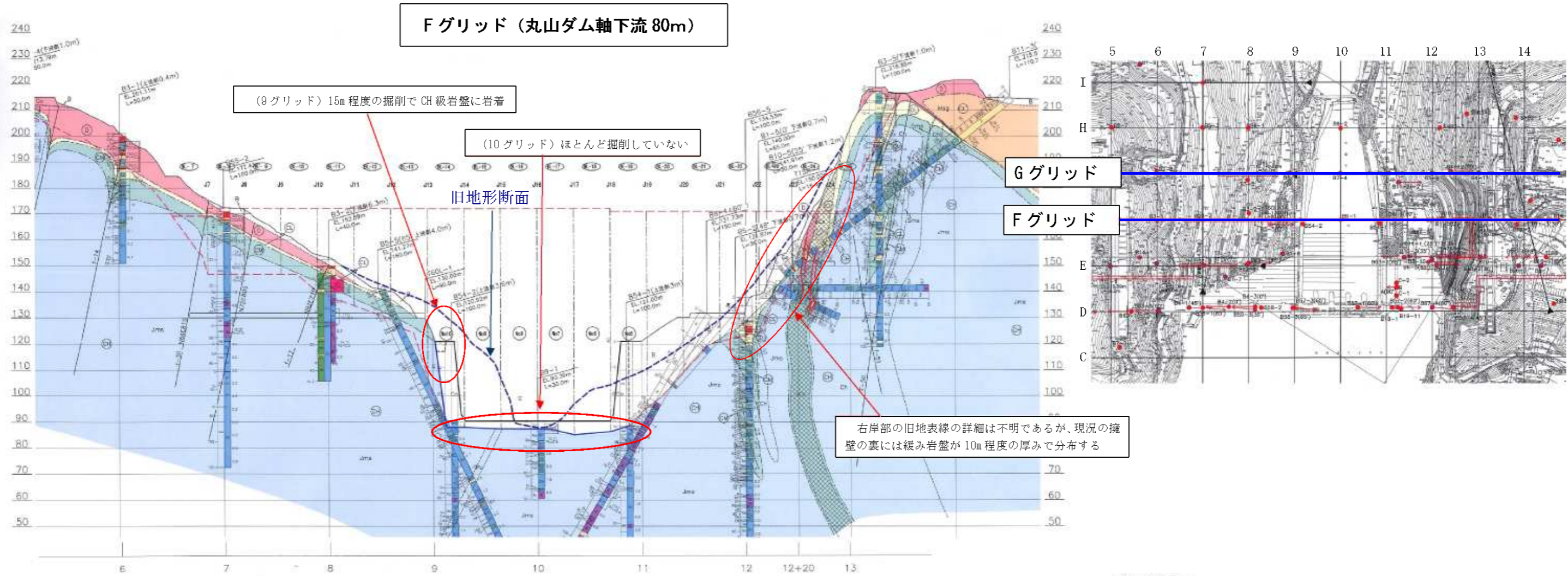
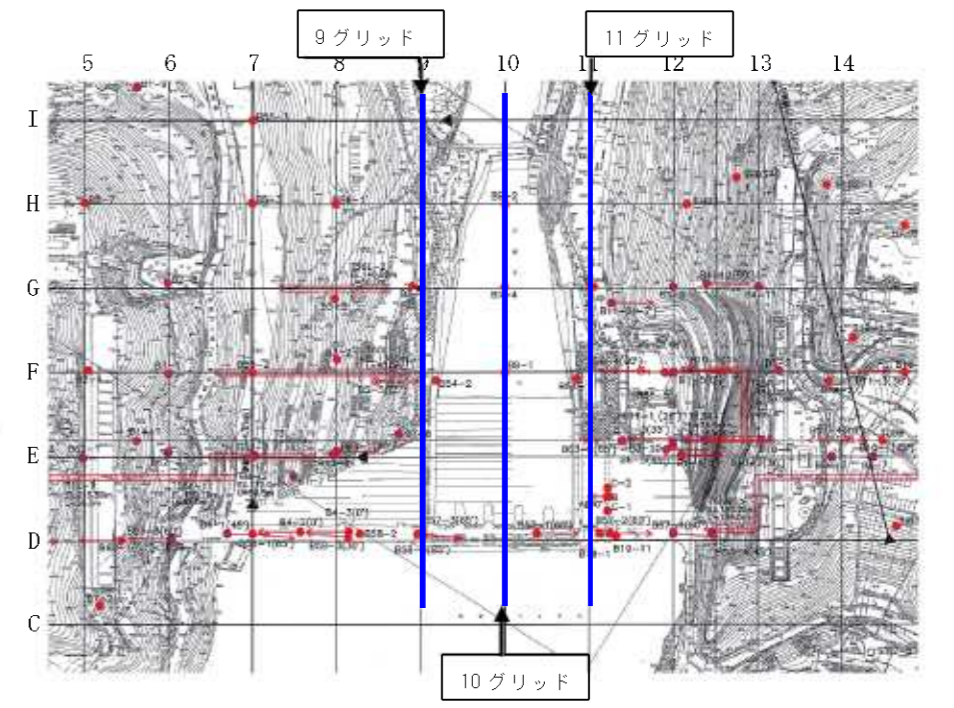
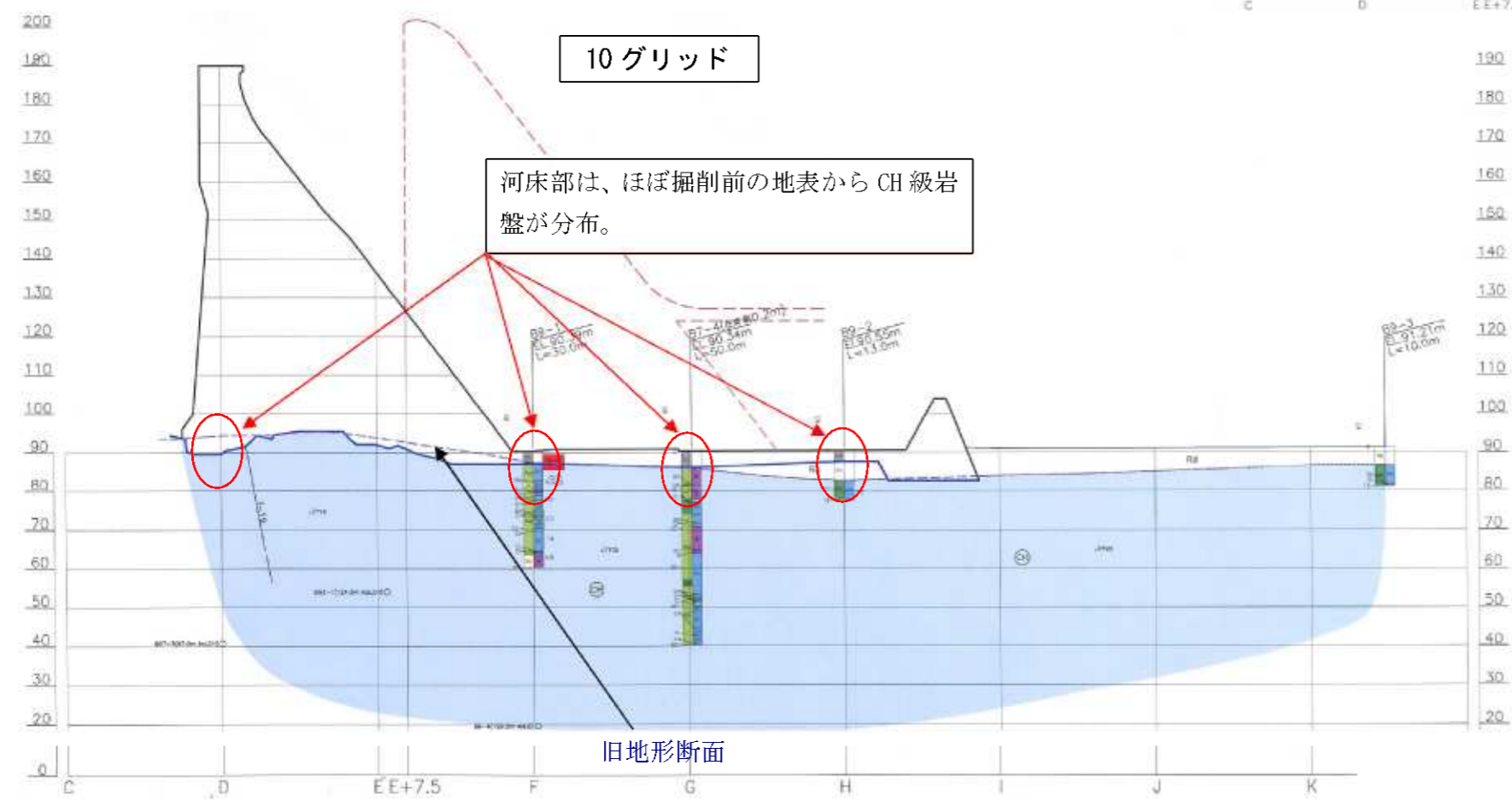
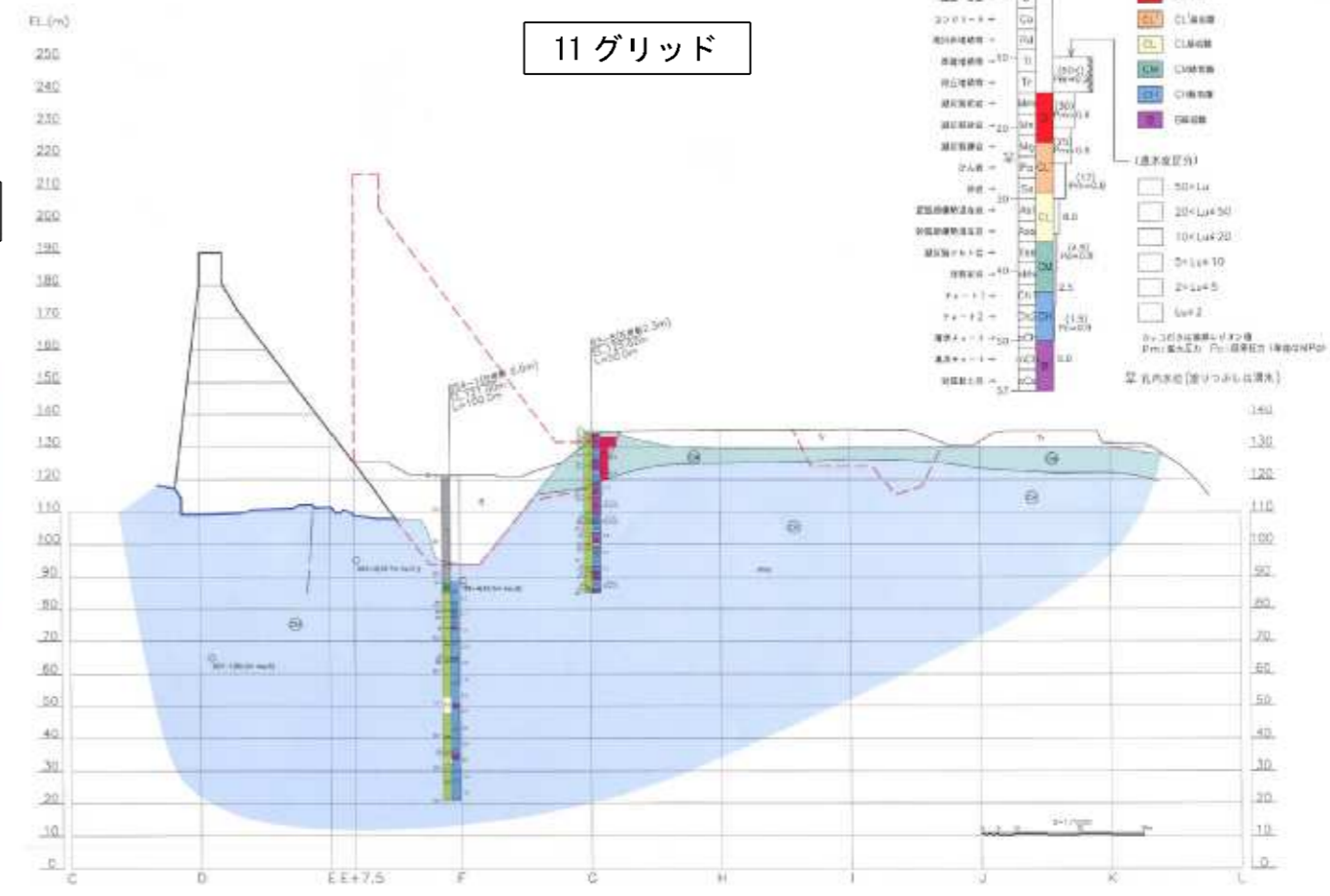
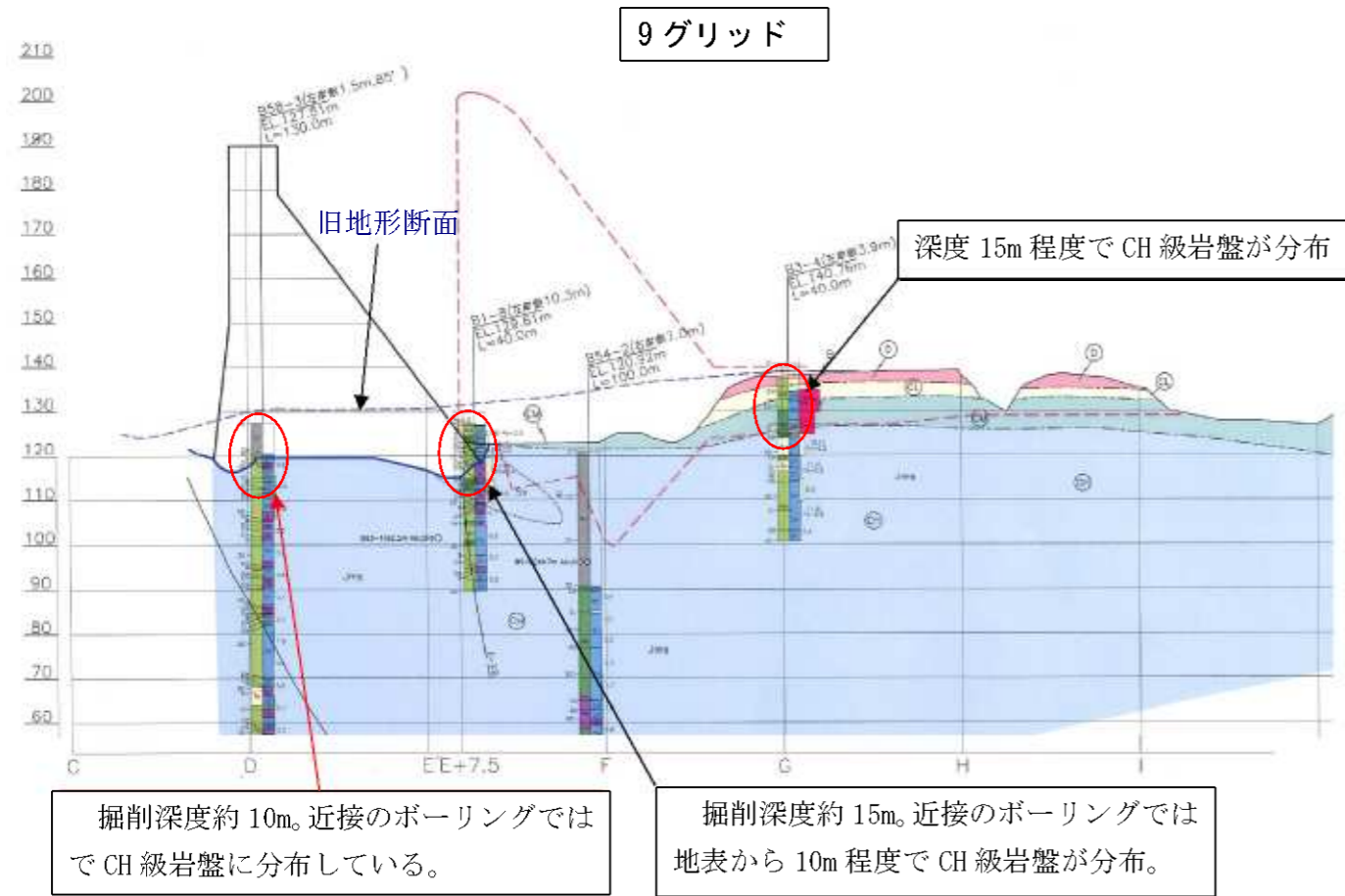


図-3.1.3 丸山ダムの基礎岩盤状況 (F、Gグリッド)



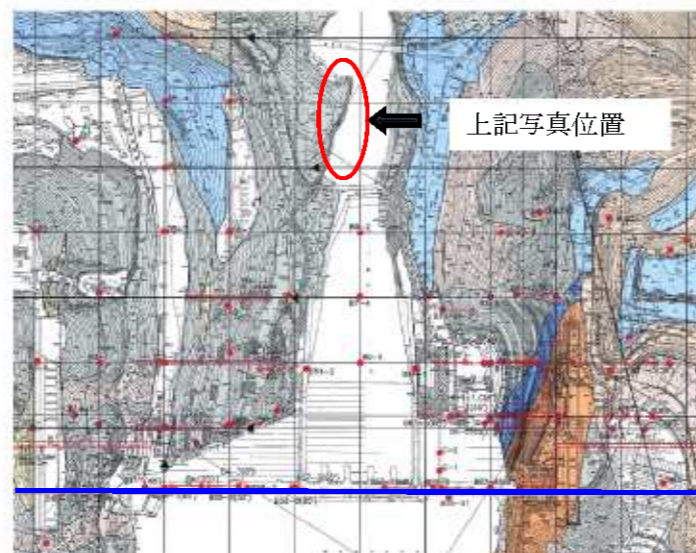
図一 3.1.4 丸山ダムの基礎岩盤状況 (9, 10, 11 グリッド)



上流 ←

写真一 3.1.1 丸山ダム減勢工部の露岩状況（堅硬な岩盤が分布する）  
右岸から左岸を望む

⇒ 下流



丸山ダム軸



### 3.2 破碎層の状況

丸山発電所工事誌の基礎処理工配置図に記載されている破碎層については、新丸山ダムの調査ボーリングでは、いずれも規模の小さな断層または割れ目密集部であり、規模の大きな破碎層ではないと判断される。また、岩盤検査記録においてもコンソリデーショングラウチングで処理されている。

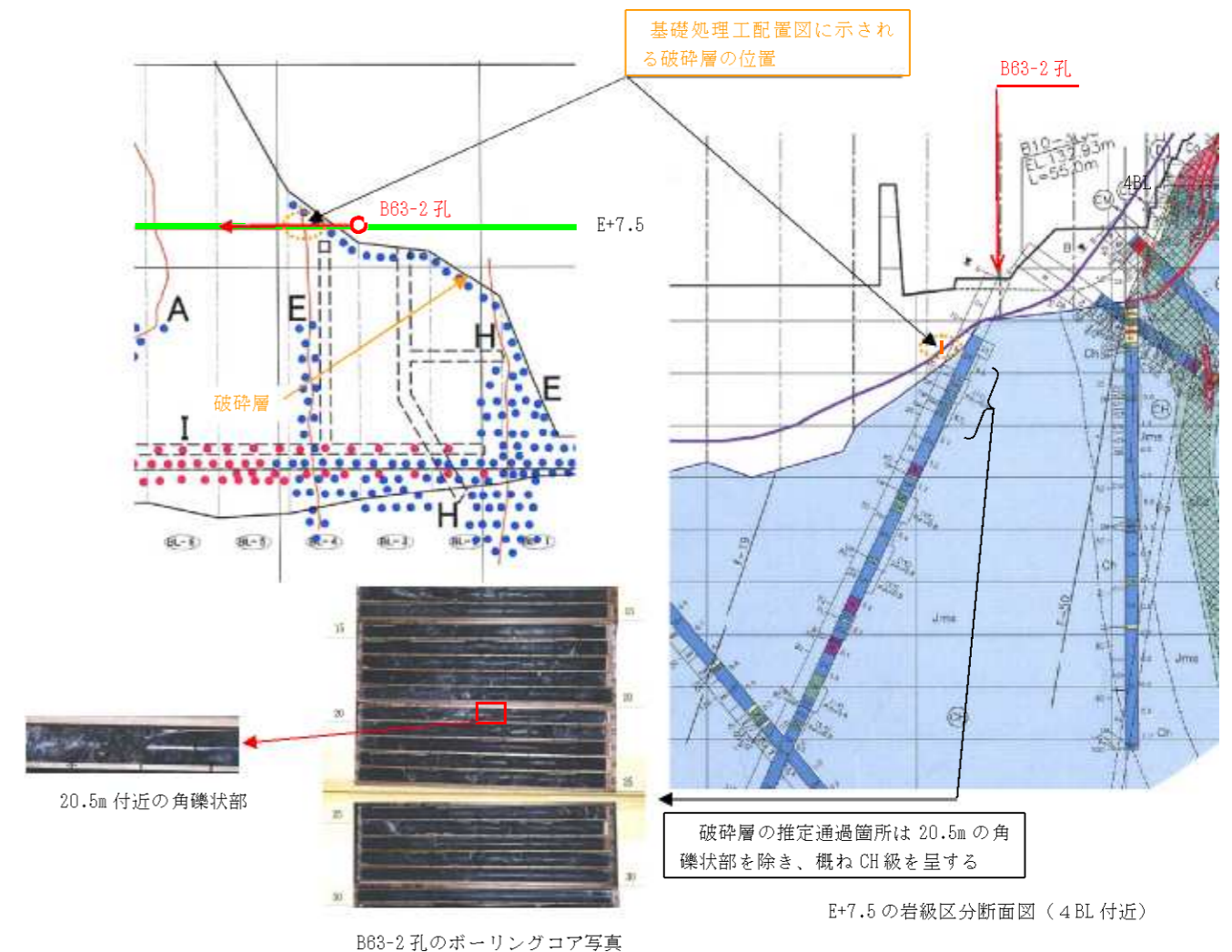
表- 3.2.1 丸山ダムの基礎岩盤の破碎層一覧

破碎層名	位置	確認箇所	性状	新丸山ダム調査での評価
A 破碎層	D	B57-3 45m 付近	幅 10cm 程度の角礫状コアを呈し、一部粘土を挟在する	周辺部は CM 級以上の堅硬な岩盤よりなる。小規模な断層 (f-19)
	E+7.5	B63-1 125m 付近	幅 30cm 程度の角礫状コアを呈する	
F 破碎層	D	B58-3 43m 付近	幅 20cm 程度の角礫状コアを呈する	図から該当する箇所には断層に相当するコア性状は確認されない。やや離れた箇所に小断層として確認される (f-12)。
	E+7.5	B63-1 89m 付近	幅 10cm 程度の角礫状コア部が確認される	
11 グリッド付近の破碎層	D	B57-1 40-50m 付近	該当する箇所は概ね CH 級岩盤を呈する	掘削面付近では割れ目が密集していた可能性があるが、深部まで連続する断層の可能性は小さい。
	E+7.5	B63-2 20-40m 付近	20.5m 付近に幅 10cm 程度の角礫状部が確認される以外は CH 級～CM 級の岩盤性状を呈する	
K 破碎層 (川側)	D	B4-3 13-17m 付近	角礫状コアを呈し、割れ目沿い酸化顕著であるが破碎の徴候は確認されない	掘削面付近では割れ目が密集していた可能性があるが、深部まで連続する断層の可能性は小さい。
		B59-3 10-30m 付近	該当箇所は概ね CH 級岩盤を呈する	
K 破碎層 (山側)	D	B4-3 29m 付近	幅 20cm 程度の角礫状コアを呈する	掘削面付近では割れ目が密集していた可能性があるが、深部まで連続する断層の可能性は小さい。
		B4-1 30-40m 付近	幅 20cm 程度の角礫状コアを呈する	
G 破碎層	D	B59-3 60-70m 付近	幅 10cm 程度の角礫状を呈し、灰色粘土を挟在する	割れ目が密集している可能性はあるが、深部まで規模の大きな断層として連続する可能性は小さい。 小規模な断層 (f-18)
	E+7.5	B63-1 35-55m 付近	全体に角礫状コアを主体とするが破碎の徴候は認められない	
12 グリッド付近の破碎層	D	B57-2 50-65m	角礫状コアを呈する箇所は認められるが、粘土を挟在するなどの破碎部は確認されない	掘削面付近では割れ目が密集していた可能性があるが、深部まで連続する断層の可能性は小さい。

丸山発電所工事誌に掲載されている基礎処理工配置図には、掘削面において弱部補強のグラウトを行った破碎層の位置が図示されている (図- 3.2.1 参照)。図示されている破碎層付近を新丸山ダムの調査ボーリングコアで確認すると表- 3.2.1 のとおりとなる。いずれも角礫状を呈する箇所が 10~20cm 程度の幅で確認されるのみであり、規模の大きな破碎層ではないと判断される (写真- 3.2.1、写真- 3.2.2 参照) また、工事誌に記載されている岩盤検査記録から、破碎層については、コンソリデーショングラウチングが実施されており、浮石などの除去もなされている (図- 3.2.4 参照)。

11 グリッド付近 (4BL) で確認されている破碎層については、以下のとおりであり、規模が大きく連続性のある破碎層の可能性は小さいと判断される。

- ・現丸山ダム軸付近で実施されている B57-1 孔では、地質構造に調和的な走向・傾斜と推定した場合の推定箇所は概ね CH 級岩盤を呈しており、破碎層の相当する箇所は確認されない (写真-3.2.2 参照)。
- ・現丸山ダム軸の下流 47.5m で実施されている B63-2 孔では、推定される通過位置付近には、幅 10cm 程度の角礫部がある他は、CH~CM 級岩盤を呈する (写真-3.2.2 および下図参照)。



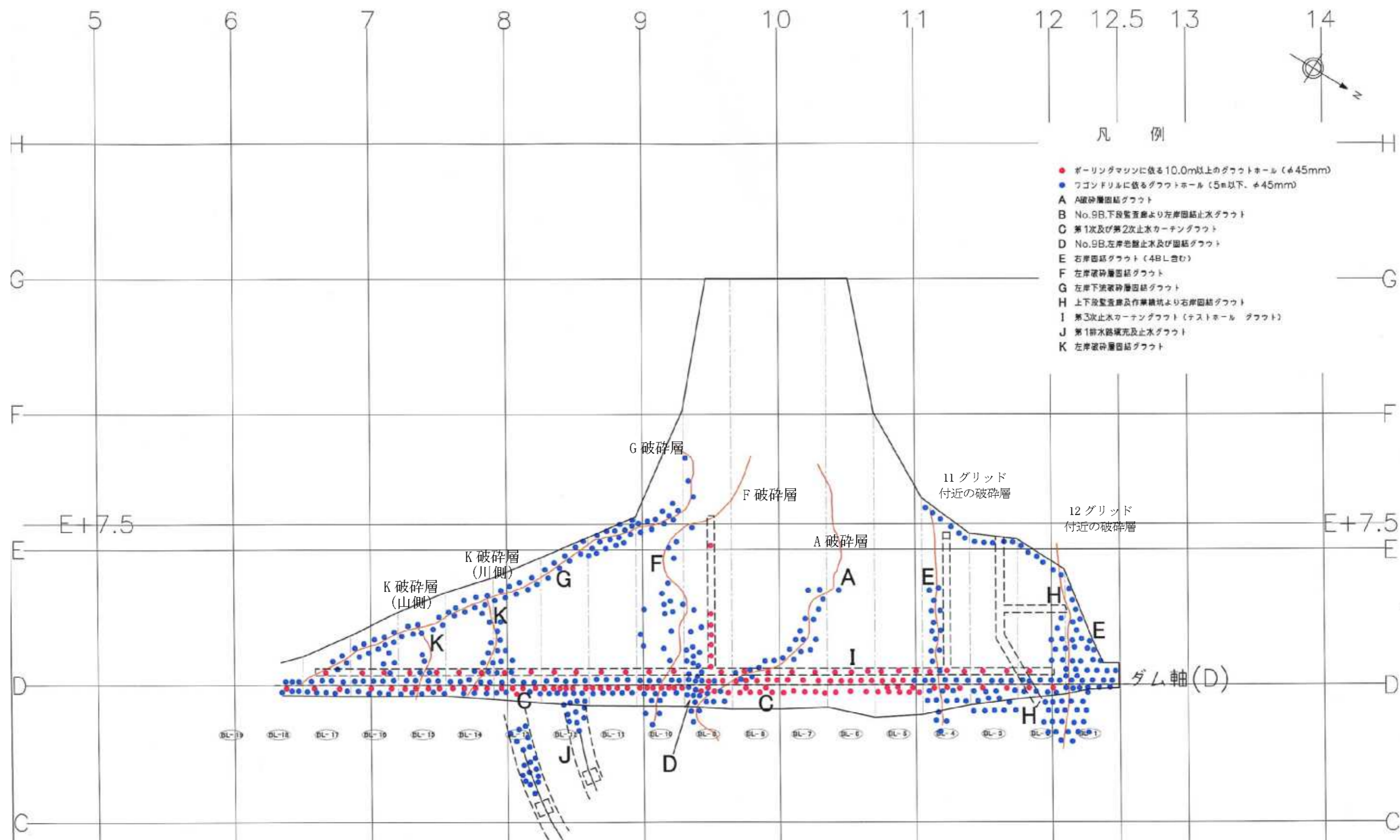


図- 3.2.1 丸山ダムの基礎処理工配置図 (丸山発電所工事より引用)



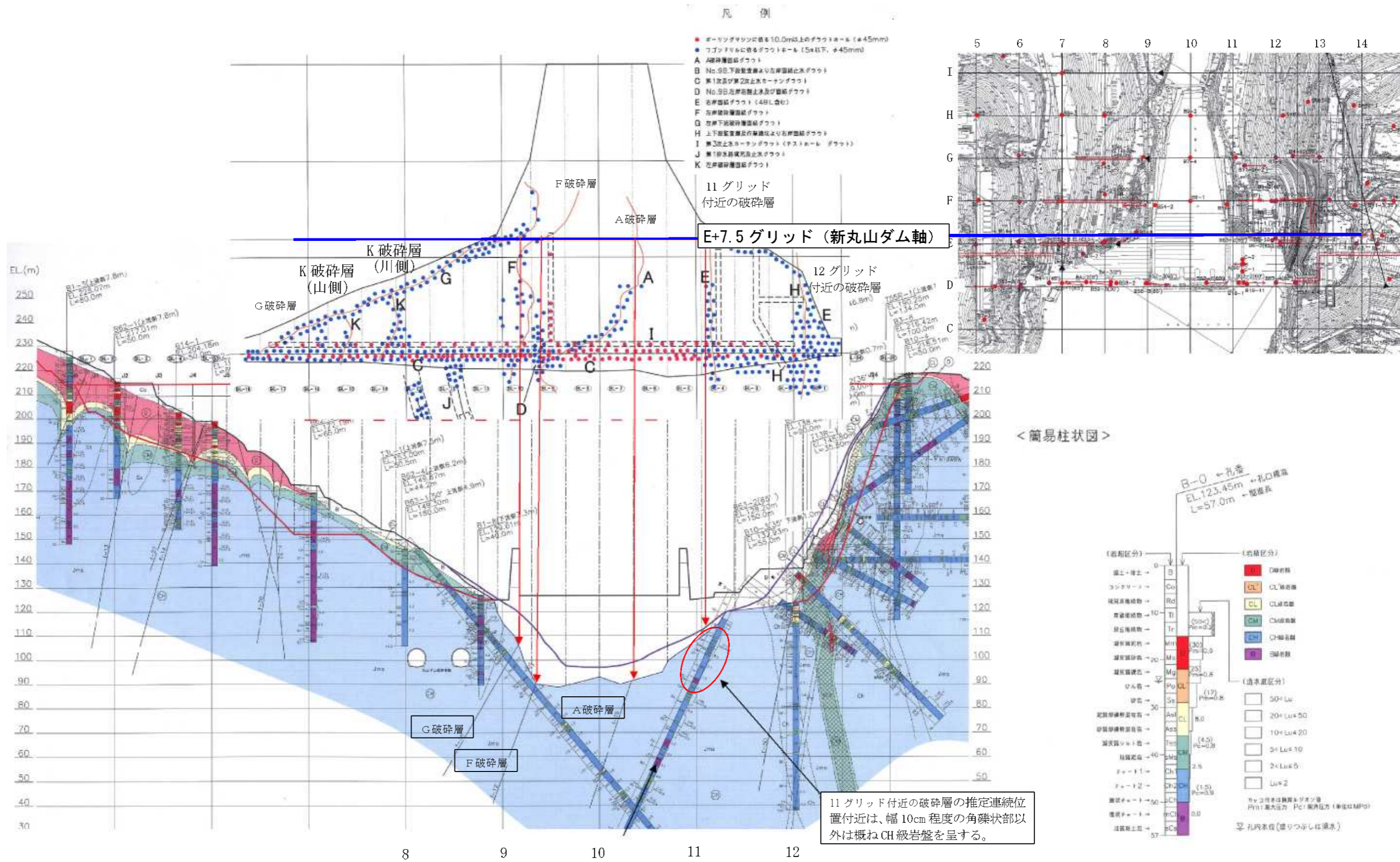
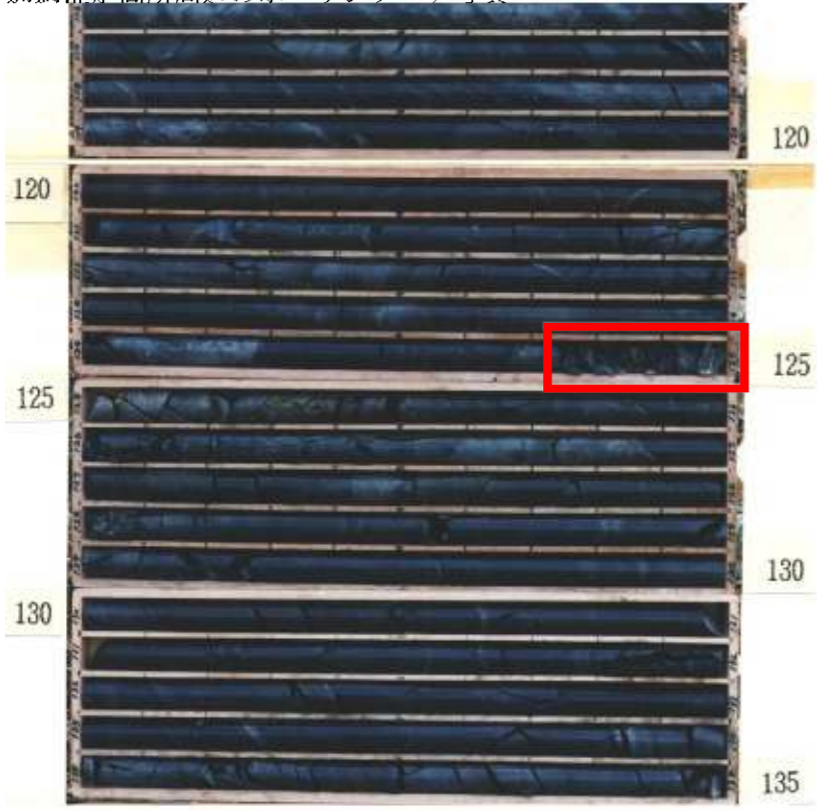
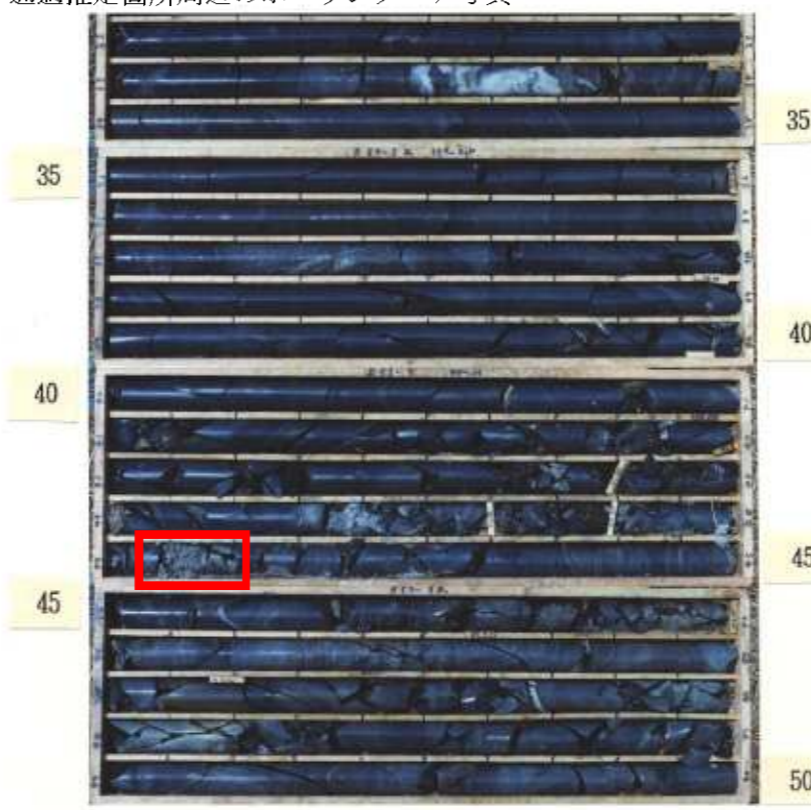
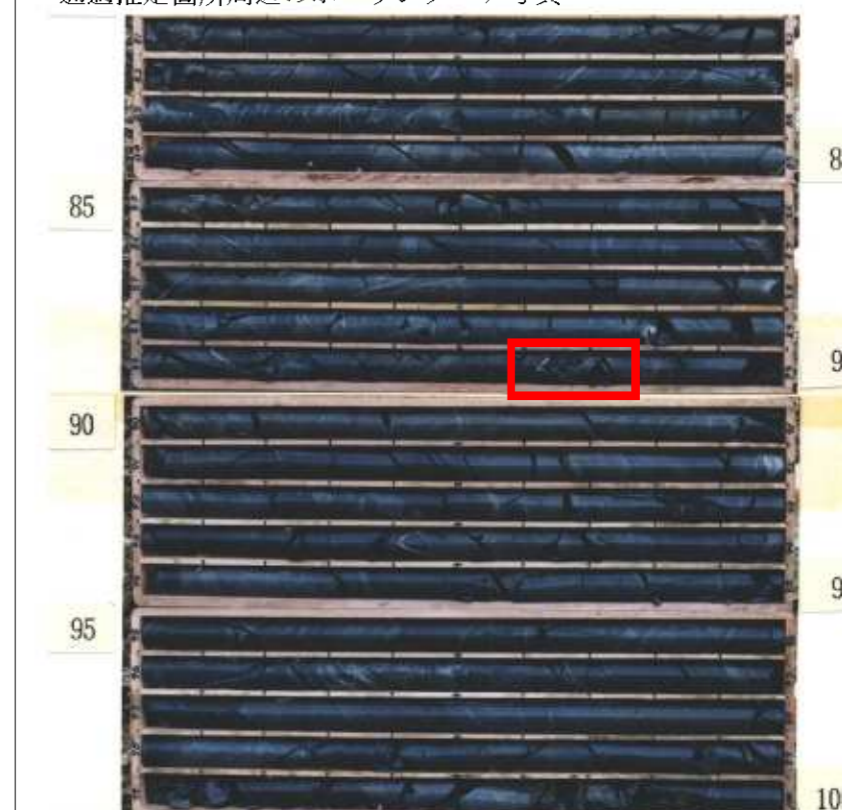



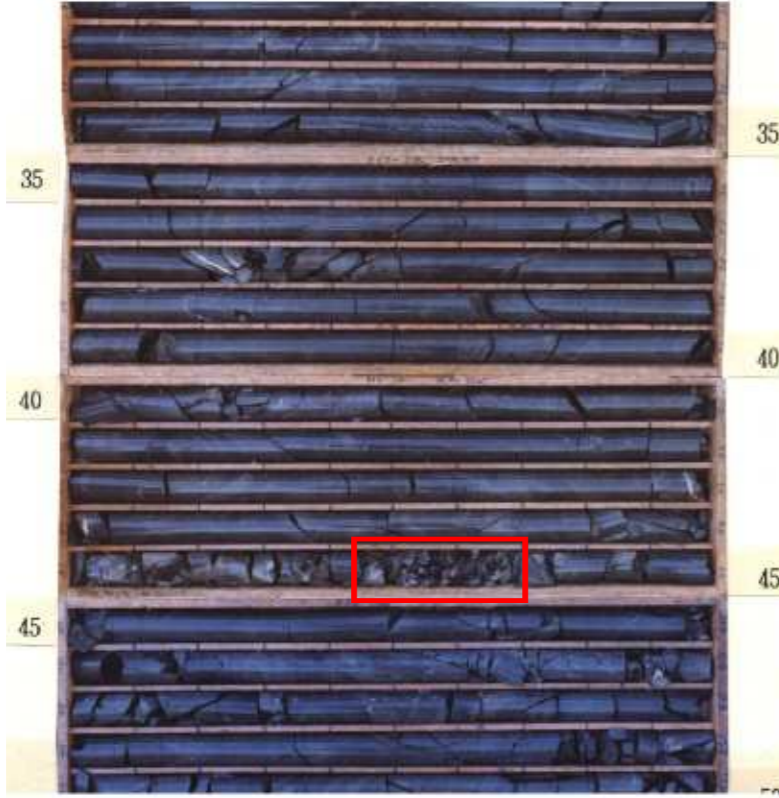
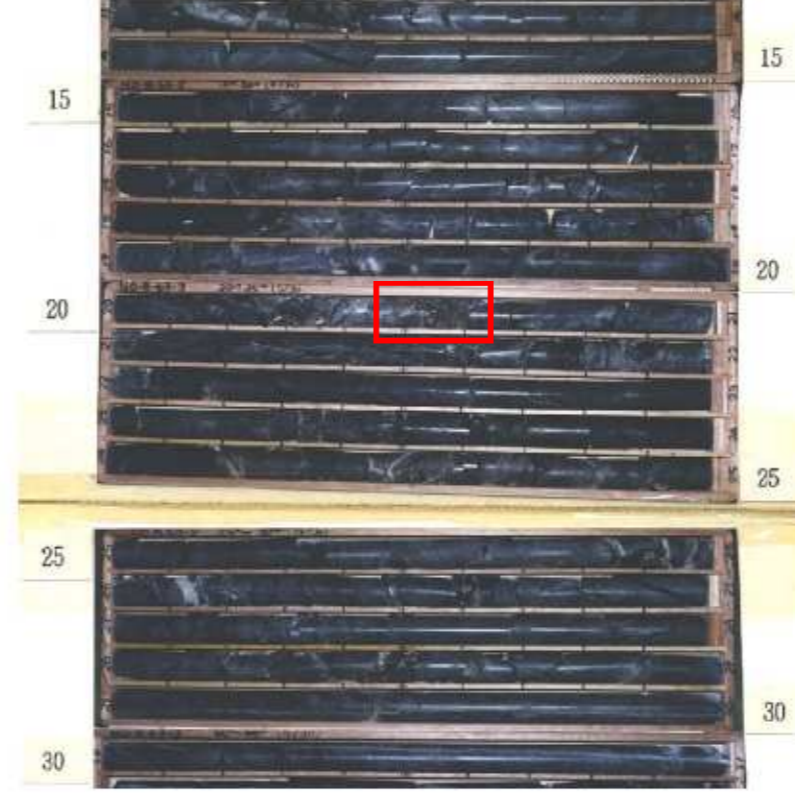





図- 3.2.3 基礎処理工配置図の破碎層確認断面図（E+7.5グリッド（新丸山ダム軸）：岩級）

写真— 3.2.1 破碎層のボーリングコア状況 (その1)

丸山ダム施工時に確認されている断層 (工事誌より)	A 破碎層	丸山ダム施工時に確認されている断層 (工事誌より)	A 破碎層	丸山ダム施工時に確認されている断層 (工事誌より)	F 破碎層
位置	河床中央部 (E+7.5)	位置	河床中央部 (D)	位置	河床左岸 (E+7.5)
【新丸山ダムの地質調査での確認箇所および断層番号】 B63-1 孔 125m 付近 f-19		【新丸山ダムの地質調査での確認箇所および断層番号】 B57-3 孔 45m 付近 f-19		【新丸山ダムの地質調査での確認箇所および断層番号】 B63-1 孔 89m 付近 f-12	
【コアでの岩盤状況】 幅 20cm 程度の角礫状コアを呈する。		【コアでの岩盤状況】 幅 10cm 程度の角礫状コアを呈し、灰色粘土を挟在する。 周辺部に角礫状部が認められる。		【コアでの岩盤状況】 幅 10cm 程度の角礫状コアを呈する。	
通過推定箇所周辺のボーリングコア写真 		通過推定箇所周辺のボーリングコア写真 		通過推定箇所周辺のボーリングコア写真 	
断層推定部の拡大写真 B63-1 孔 125m 付近 		断層推定部の拡大写真 B57-3 孔 44.1m 		断層推定部の拡大写真 B63-1 孔 89.6m 	
備	考	備	考	備	考

写真— 3.2.2 破碎層のボーリングコア状況 (その2)

丸山ダム施工時に確認されている断層 (工事誌より)	F 破碎層	丸山ダム施工時に確認されている断層 (工事誌より)	11 グリッド付近の破碎層 (上下流方向)	丸山ダム施工時に確認されている断層 (工事誌より)	11 グリッド付近の破碎層 (上下流方向)
位置	河床左岸 (D)	位置	右岸 (E+7.5)	位置	右岸 (D)
【新丸山ダムの地質調査での確認箇所および断層番号】 B58-3 孔 43m 付近 f-12		【新丸山ダムの地質調査での確認箇所】 B63-2 孔 20.5m 付近に幅 10cm 程度の角礫部が認められる他は CH 級~CM 級岩盤を呈する。		【新丸山ダムの地質調査での確認箇所】 B57-1 孔 40-50m 付近	
【コアでの岩盤状況】 幅 20cm 程度の角礫状コアを呈する。		【コアでの岩盤状況】 地質構造に調和的な走向・傾斜と推定した場合、B63-2 孔の 20-30m 付近を通過することになるが、その区間のコア性状は CH 級~CM 級岩盤を呈する。		【コアでの岩盤状況】 地質構造に調和的な走向・傾斜と推定した場合、B57-1 孔の 40-50m 付近を通過することになるが、その区間のコア性状は概ね CH 級岩盤を呈する。	
通過推定箇所周辺のボーリングコア写真 		通過推定箇所周辺のボーリングコア写真 		通過推定箇所周辺のボーリングコア写真 	
断層推定部の拡大写真 B58-3 孔 43m 付近 		断層推定部の拡大写真 B63-2 20.5m 付近 一部角礫状部がある他は、破碎帯の可能性のある箇所は確認されない。 		断層推定部の拡大写真 断層、破碎帯の可能性のある箇所は確認されない。	
備考		備考		備考	

**第1回岩盤検査 【昭和27年9月7日】**  
 ・A断層下流側にて深度測定のためボーリングを実施すること  
 ⇒2孔(φ45mm:延長13.53mと19.8m)実施  
 ※詳細不明  
 ・A断層の左岸側面よりの漏水を防ぐため、a-a'線(不明)沿いに2.5m間隔で1列にA断層に達するグラウト工を施工すること。  
 ⇒断層グラウト6孔実施。計1418袋  
 ・A断層線沿いにグラウト工を施すこと  
 ⇒断層グラウト25孔実施  
 ・6号ブロック岩盤は除去すること  
 ⇒指示どおり除去

**第15回岩盤検査 【昭和29年8月7日】**  
 ・コンクリートの被覆の最小2.0mを確保する様これに満たない部分を更に掘削すること。⇒指示どおり除去  
 ・漏水処理砂礫の除去を完全にしコンクリート打込直前の状況を写真にて報告すること。⇒指示どおり除去

**第2回岩盤検査 【昭和27年11月1日】**  
 ・5BLのEL120m付近の水平層内の粘土及び破碎岩は、概ね同程度の厚さまで除去すること  
 ⇒指示どおり除去。**破碎岩は消滅**。グラウトは実施せず。  
 ・5BL内浮石は徹底的に除去すること  
 ⇒指示通り除去。  
 ・10BL右岸EL.100m付近の腐食岩は除去すること  
 ⇒指示通り除去  
 ・10BL左岸50m線より直上流にある断層は概ね幅1.5m程度まで除去すること⇒指示通り除去。  
 ・6BL A断層線上部の岩石はなお充分除去すること  
 ⇒指示通り除去  
 ・前各号断層及びその他の小節理裂隙等には適宜グラウトを施すこと。⇒断層グラウト11孔、445.9袋

**第12回岩盤検査 【昭和28年12月10日】**  
 ・8,9,10BL部分は即時施工を開始し、BL7,6,5部分については、なお掘削しコンクリート打込みに先立って現地検査官の指示を受けた上施工すること⇒指示の通り処置

**第9回岩盤検査 【昭和28年7月25日】**  
 ・4BL境の深堀部埋込コンクリートの硬化収縮後コンクリート打込面に充分グラウトを施すためパイプを埋め込むこと⇒指示通り処置。グラウト4孔実施。259.1袋  
 ・河川方向に18mまでは即時施工開始し、18~50mまでの間はなお充分掃除の上コンクリート打ち込み

**第8回岩盤検査 【昭和28年5月1日】**  
 ・ダム趾部付近の破碎帯には適宜グラウトを施すこと。⇒断層グラウト33孔実施。407.6袋

垂直断層を幅1.5mまで掘取りを実施

**第10回岩盤検査 【昭和28年8月15日】**  
 ・EL.120m付近の水平破碎帯に対して上流端中央部端付近に止水壁を設けること⇒指示通り処置  
 ・堤体下流垂直方向の破碎帯付近の浮石は充分に除去の上グラウトを施すこと。  
 ⇒指示通り除去。グラウト17孔。372.8袋  
 ・監査廊及び第2項止水壁先端より奥行15m程度のグラウチングをカーテンに併せて施すこと  
 ⇒グラウト17孔実施。876.2袋。

**第11回岩盤検査【昭和28年11月21日】**  
 ・16BLの破碎帯沿いにグラウトを施すこと。⇒グラウト5孔実施。342袋。

腐食岩を除去  
 ② 上部岩石を除去  
 ① グラウト工実施

**第11回岩盤検査【昭和28年11月21日】**  
 ・第10回検了書記載第2第3項については中央部は検了し、上流端は更に掘削すること。⇒指示通り処置

**第7回岩盤検査 【昭和28年4月30日】**  
 ・14,15BLにある横方向に露出する3条の断層部分は軟弱部分を取り除き、断層に沿って5m間隔でグラウトを行うこと。⇒指示通り除去。断層グラウト21孔実施、534.8袋

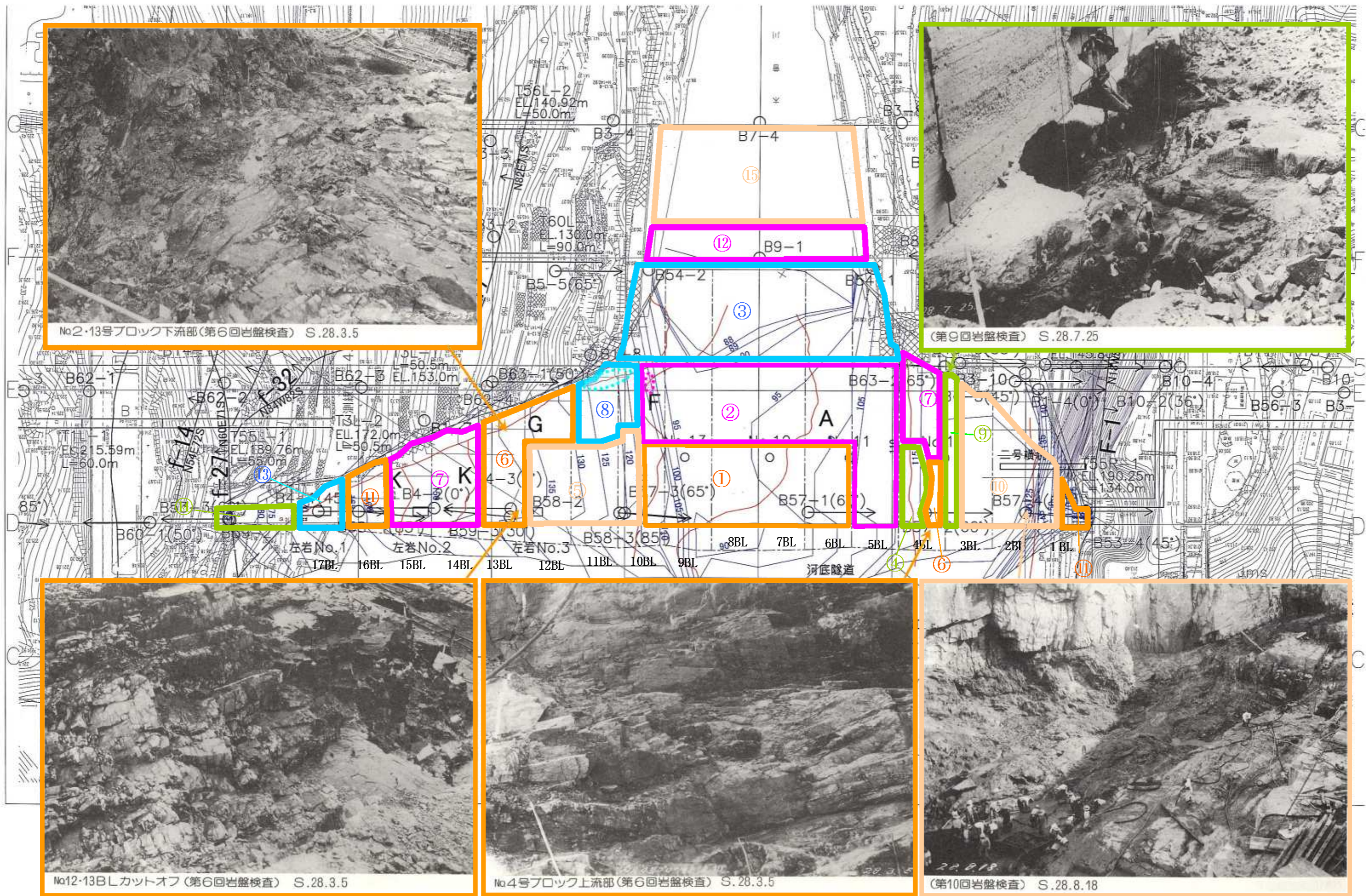
**第6回岩盤検査 【昭和28年3月5日】**  
 ・12,13BL堤趾付近の断層には充分グラウトを行うこと。⇒断層グラウト10孔実施、47.8袋

**第6回岩盤検査 【昭和28年3月5日】**  
 ・4BL EL.123m以上の浮石部分を除去すること。⇒指示通り除去

**第4回岩盤検査 【昭和28年2月2日】**  
 ・カットオフ内水平断層には適宜グラウトを施すこと  
 ⇒断層グラウト11孔実施。442袋  
 ・浮石は徹底的に除去すること  
 ⇒指示通り除去。

図-3.2.4 丸山ダムの岩盤検査資料

○ → ボーリング孔(調査傾角)  
 = 横坑



No2・13号ブロック下流部(第6回岩盤検査) S.28.3.5

(第9回岩盤検査) S.28.7.25

No12-13BLカットオフ(第6回岩盤検査) S.28.3.5

No4号ブロック上流部(第6回岩盤検査) S.28.3.5

(第10回岩盤検査) S.28.8.18



### 3.3 堤体基礎の岩着状況

丸山ダムの堤体と基礎岩盤の境界部を確認しているボーリングコアから判断すると、全体の8割程度は密着している（B19-11孔のボーリングコアでは、堤体コンクリートと岩盤は分離しているが、ボアホールカメラでは密着を確認している（写真-3.3.1参照）。密着の確認が不可能な孔でも密着の可能性があると推定される。また、河床部では全孔が密着している（図-3.3.1参照）。

丸山ダムの堤体と基礎岩盤の境界部を確認しているボーリングコアより、堤体と基礎岩盤の密着度を確認した結果を以下に示す（写真-3.3.1、3.3.2に岩着部のコア写真例を示す）。

堤体コンクリートと基礎岩盤の境界を確認しているボーリング孔は計21孔。

- ① 密着を確認している孔（●）：ボーリングコアまたはボアホールスキャナ画像により、コンクリートと基礎岩盤が密着していることが確認されるもの（12孔）
- ② 密着している可能性が高い孔（○）：ボーリングコアでは、コンクリートと基礎岩盤の境界が分離しているが、分離面の噛み合わせが良く、分離面が新鮮なもの（5孔）
- ③ 密着の確認が不可能な孔（●）：基礎岩盤が角礫状を呈し、コンクリートとの接合面が確認されないもの。または、境界が分離しており、分離面の噛み合わせよくないもの、分離面が顕著に酸化しているもの（4孔）

密着を確認している孔の割合（①12孔/21孔） 57%

密着を確認しているおよび密着している可能性が高い孔の割合（①12孔+②5孔）/21孔 81%（約8割）

密着の確認が不可能な孔の割合（③4孔/21孔） 19%

※密着の確認が不可能な孔の位置は、左岸高位標高部と右岸の一部に限られている（図-3.3.1参照）。

表-3.3.1 堤体コンクリートと基礎岩盤の密着度一覧表

位置(グリッド名)	ボーリング番号	削孔角度	岩着深度(m)	岩着面の評価	備考	
D	6	B53-3	60°	2	●	コア採取状況が悪く、岩着部の状況は確認できない。
	6	B59-2	鉛直	4.28	●	岩着部のコア状況は、細片状を呈し、密着部は確認できない。
	8	B59-3	30°	3.2	●	短柱状コアと密着している。
	7	B58-1	85°	11.35	●	岩盤内に亀裂は見られるが、岩着部は密着している。
	8	B58-2	鉛直	8.3	●	岩盤内に亀裂は見られるが、岩着部は密着している。
	9	B58-3	85°	6.8	●	短柱状コアと密着している。
	7	B4-1	45°	10	○	仕切り部に当たり分離しているが、分離面は新鮮。
	8	B4-2	水平	12.6	○	岩着面は分離しているが、分離面は新鮮である。
	8	B4-3	水平	10.1	●	岩着面は密着している。
	9	B57-3	65°	11.6	○	岩着面は分離しているが、分離面は新鮮である。
	10	B57-1	60°	9.1	●	岩着面は密着している。
	11	B57-2	60°	7.9	●	岩着部は角礫状を呈し、岩着面の状況は確認できない。
12	B57-4	60°	8.7	●	岩着部は角礫状を呈し、岩着面の状況は確認できない。	
E+7.5	11	B63-2	65°	11.8	○	岩着面は分離しているが、分離面は新鮮である。
	11	B10-3	35°	16.8	○	岩着面は分離しているが、分離面は新鮮である。
	12	B3-10	鉛直	14.25	●	直下に割れ目を伴うが、岩着面は密着している。
D	12	B6-3	45°	5.1	●	岩着部は密着している。
	11+10	B18-1	鉛直	76.25	●	ボアホールスキャナ画像で、岩着部の密着が確認される。
	11+10	B19-11	鉛直	69.55	●	ボアホールスキャナ画像で、岩着部の密着が確認される。
D+14	11+10	C-1	80°	14.15	●	ボアホールスキャナ画像で、岩着部の密着が確認される。
D+25	11+10	C-2	80°	11.05	●	ボアホールスキャナ画像で、岩着部の密着が確認される。

- 密着を確認している孔
- 密着している可能性が高い孔
- 密着の確認が不可能な孔

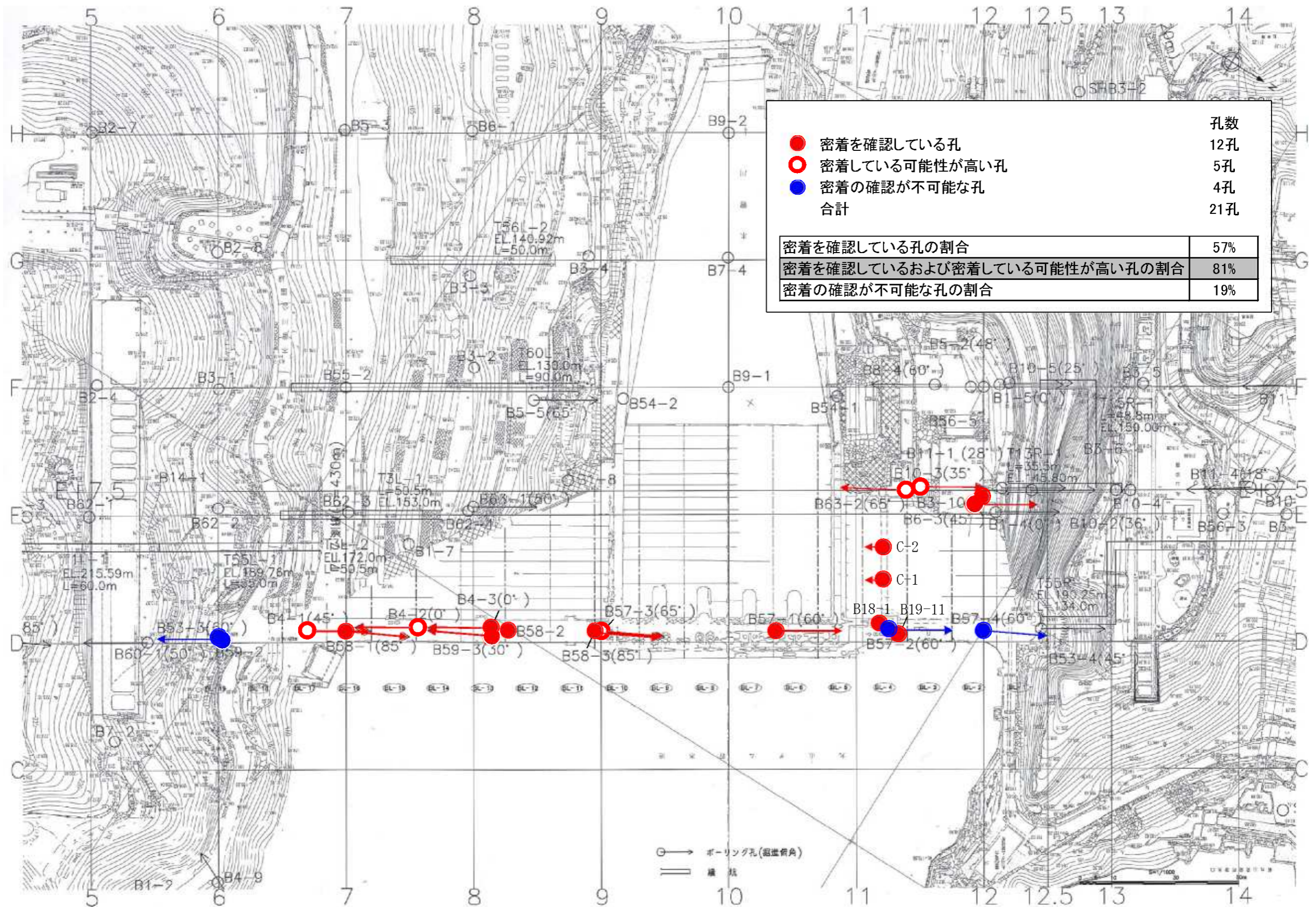


図- 3.3.1 コンクリートと基礎岩盤の密着度平面図

写真－ 3.3.1 岩着部のコア写真例（その1）

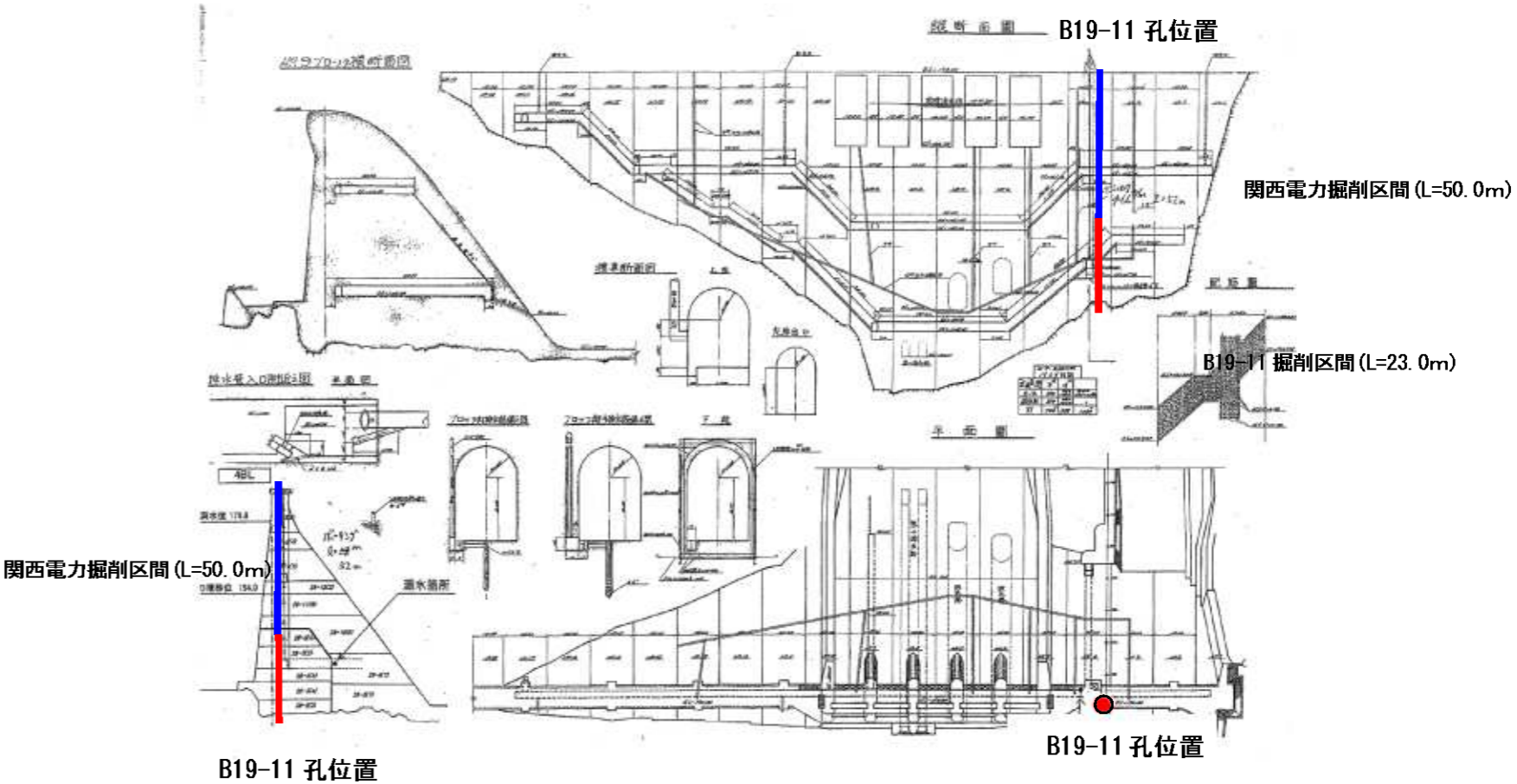


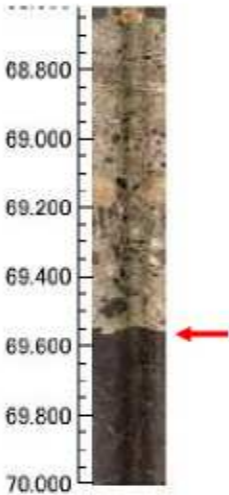
ボーリング番号	B19-11	位置図	
位置	D, 11+10		
<p>【ボーリングコア写真】</p> 		ボアホールスキャナー写真	岩着部の状況
<p>岩着部の拡大写真</p> 		<p>B19-11 掘削区間 (L=23.0)</p> 	<p>【ボーリングコア】</p> <p>コアでは、岩着面は分離しているが、分離面は新鮮である。</p> <p>【ボアホールスキャナ画像】</p> <p>ボアホールスキャナ画像では、岩着面は密着している。</p>
		密着度の評価	密着を確認している孔 (●)

写真- 3.3.2 岩着部のコア写真例 (その2)

ボーリング番号	B57-3 (65°)	ボーリング番号	B57-1 (60°)	ボーリング番号	B57-2 (60°)	位置図
位置	D, 9	位置	D, 10	位置	D, 11	
【ボーリングコア写真】		【ボーリングコア写真】		【ボーリングコア写真】		
岩着部の拡大写真		岩着部の拡大写真		岩着部の拡大写真		
備考	岩着面は分離しているが、分離面は新鮮。密着していた可能性が高い	備考	密着している	備考	岩盤が角礫状を呈し、岩着面の状況は確認できない。	
密着度の評価	密着している可能性が高い孔 (●)	密着度の評価	密着を確認している孔 (●)	密着度の判定	密着の確認が不可能な孔 (●)	

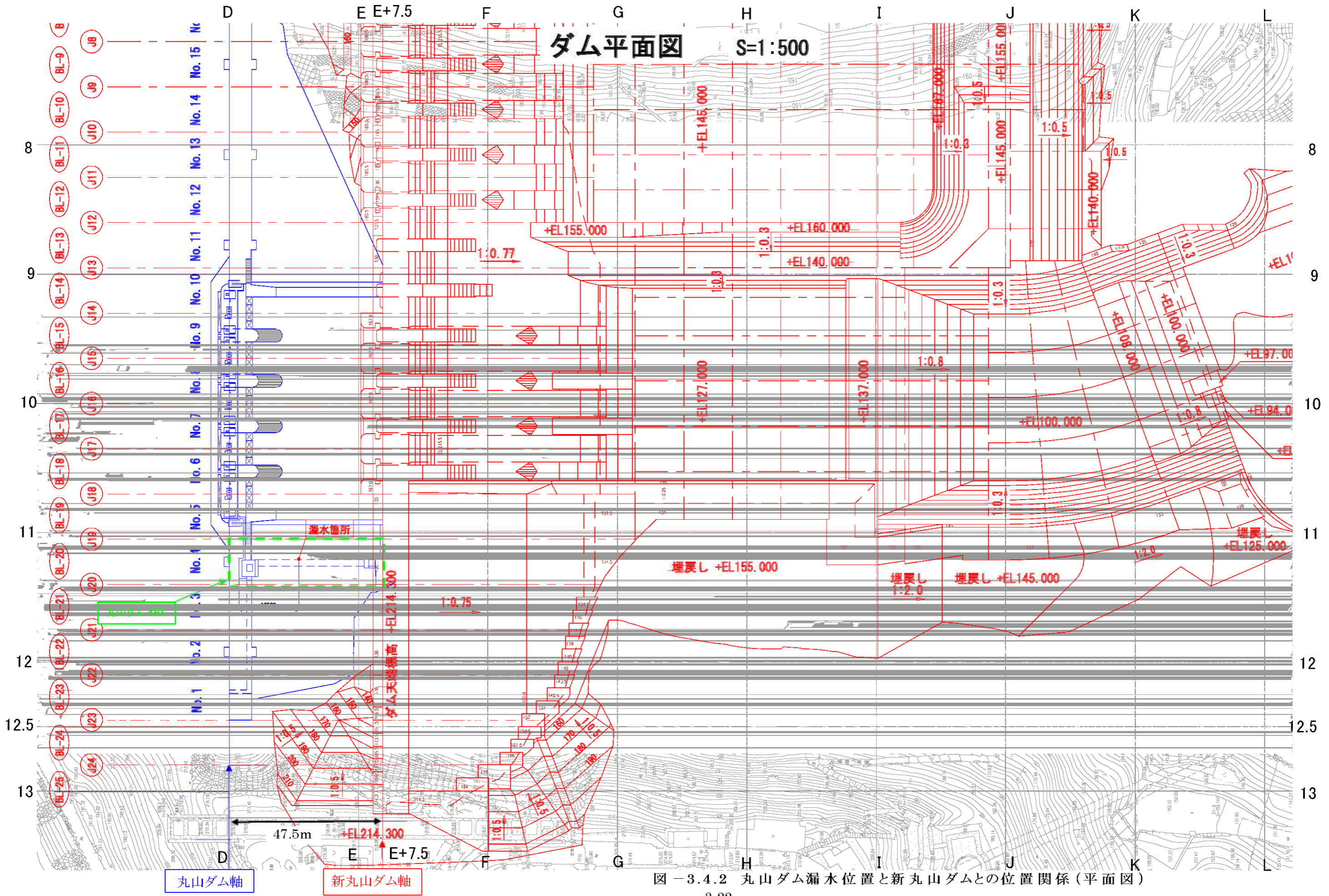
### 3.4 丸山ダム 4BL 周辺の地質状況

丸山ダムと新丸山ダムとの平面的な位置関係を、図－ 3.4.1(地質平面図)、図－3.4.2(位置図)に示す。また、丸山ダム 4BL 周辺を含む岩級区分図を図－ 3.4.3 に、右岸緩み分布との関係を図－ 3.4.4 に示す。

ダムサイトの右岸部に、珪質粘土岩が分布しており、その斜面部は緩んでいるが、丸山ダムの基礎はこの緩み部は除去されている。また、新丸山ダムの掘削計画においては、珪質粘土岩の緩み部は掘削する計画となっている。

丸山ダム 4BL 漏水箇所と新丸山ダムとの上下流方向の位置関係を、図－ 3.4.5(位置図)、図－ 3.4.6(地質図、岩級区分図)に示す。丸山ダム 4BL の漏水箇所は、新丸山ダムが丸山ダムに乗座する標高より上位であり、新丸山ダム堤体に影響を及ぼさないことがわかる。





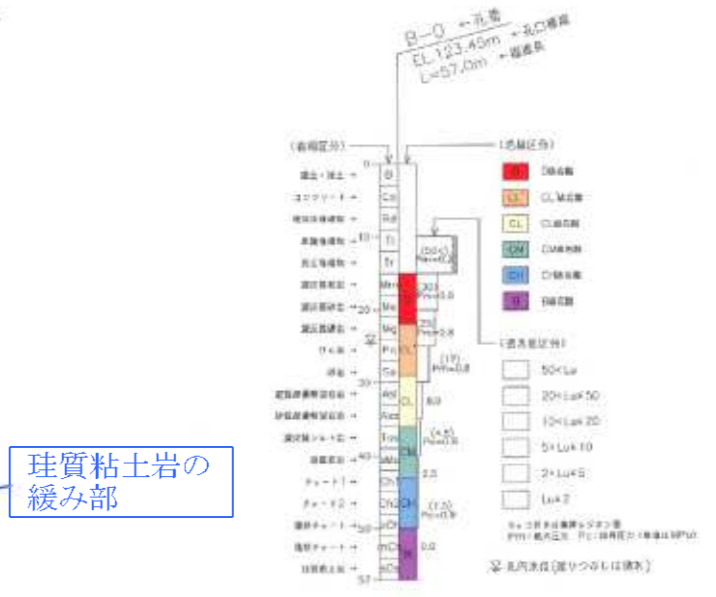
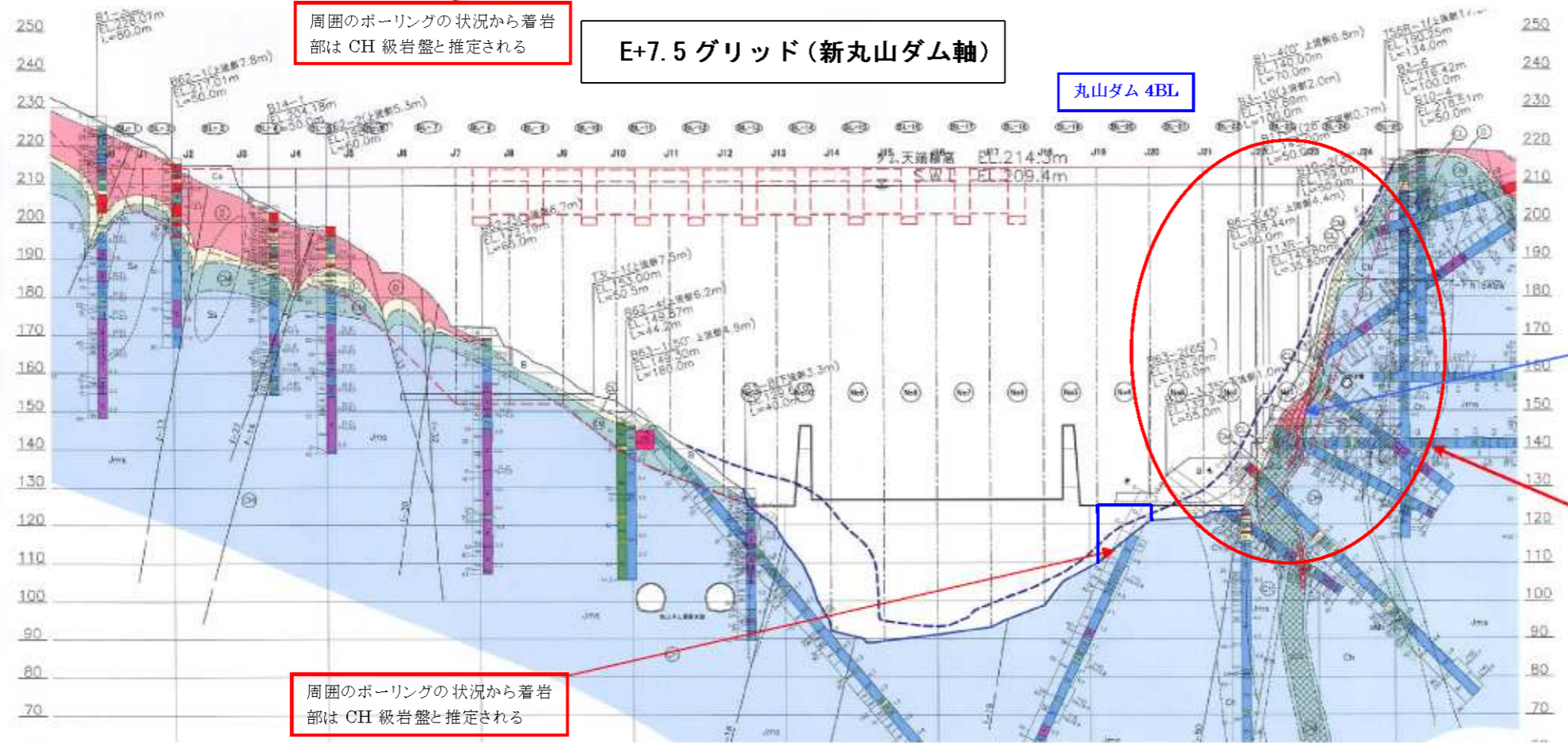
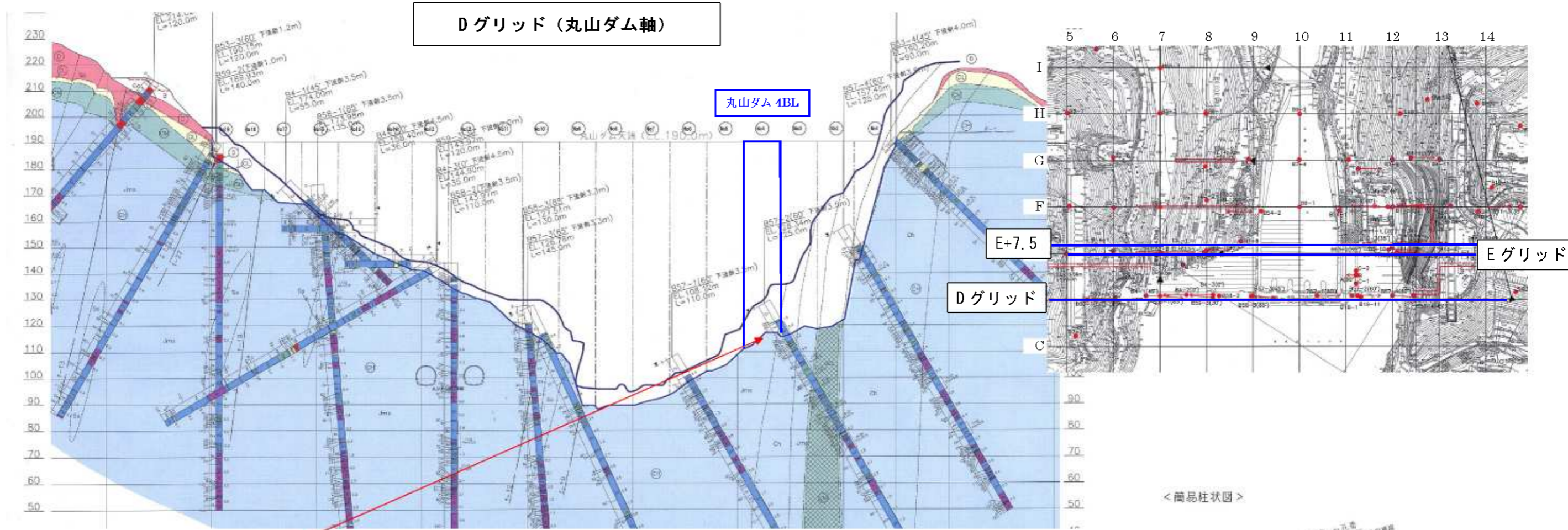
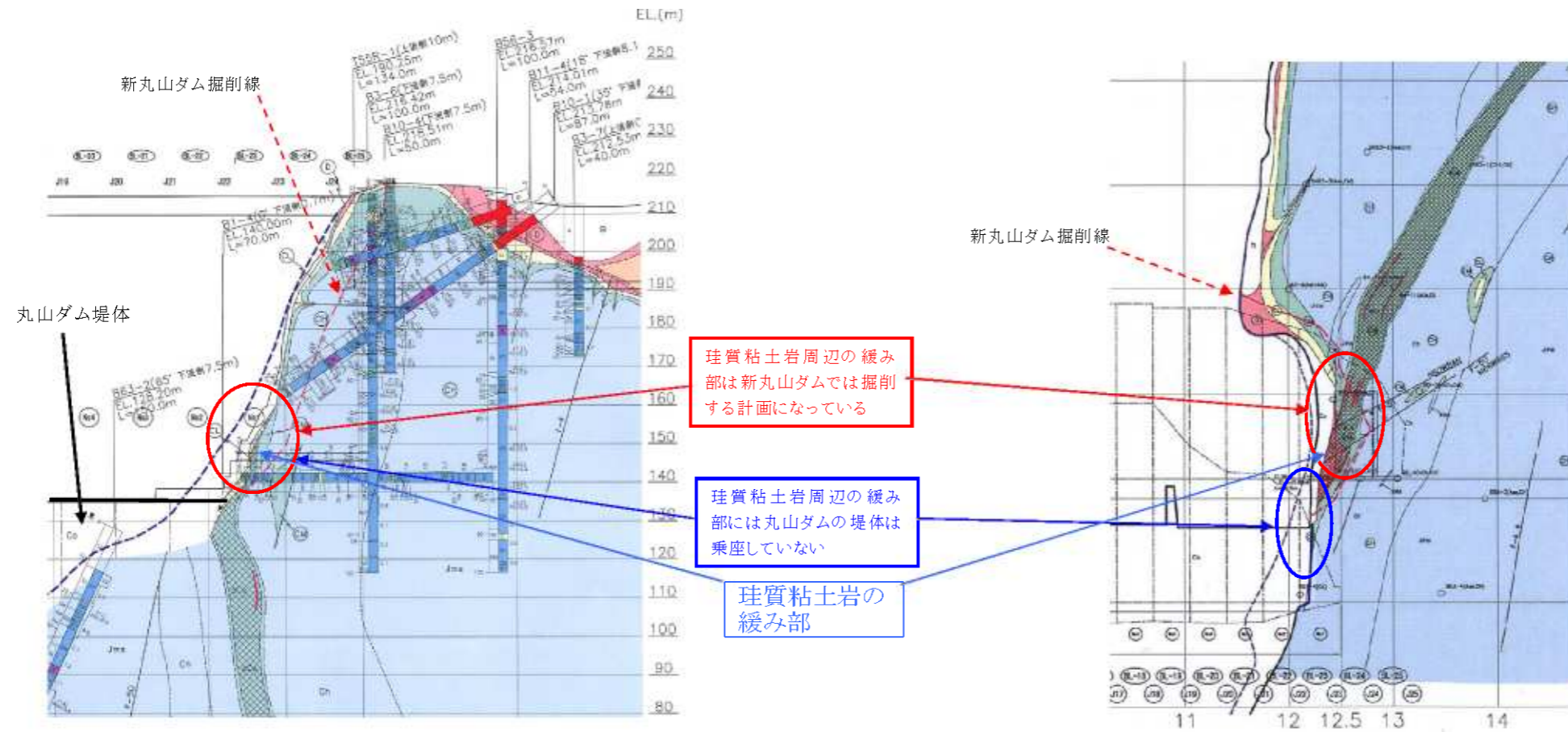


図-3.4.4 拡大部

図- 3.4.3 右岸岩盤状況断面図





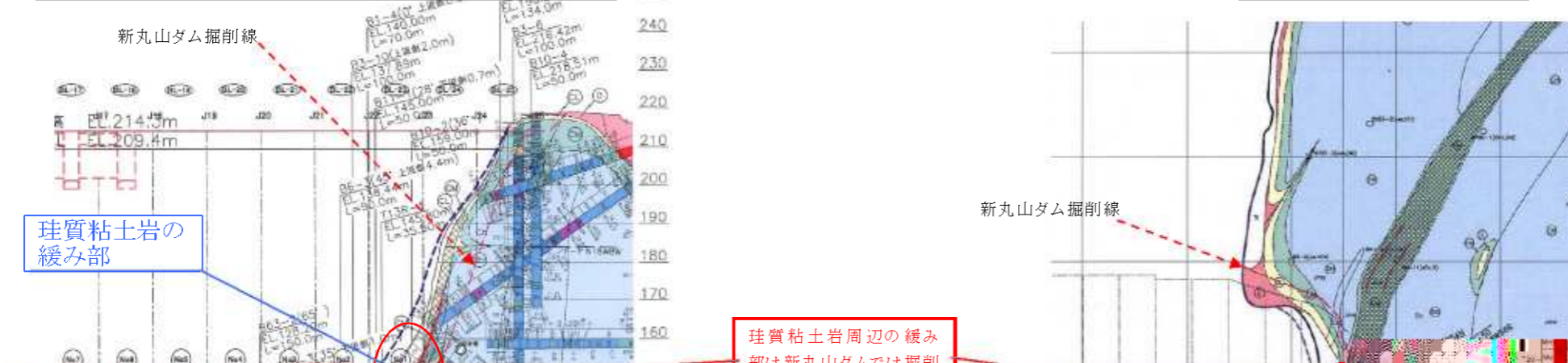
E グリッド (丸山ダム軸下流 40m) 鉛直断面図

EL. 130m 水平断面図

珪質粘土岩周辺の緩み部は新丸山ダムでは掘削する計画になっている

珪質粘土岩周辺の緩み部には丸山ダムの堤体は乗座していない

珪質粘土岩の緩み部

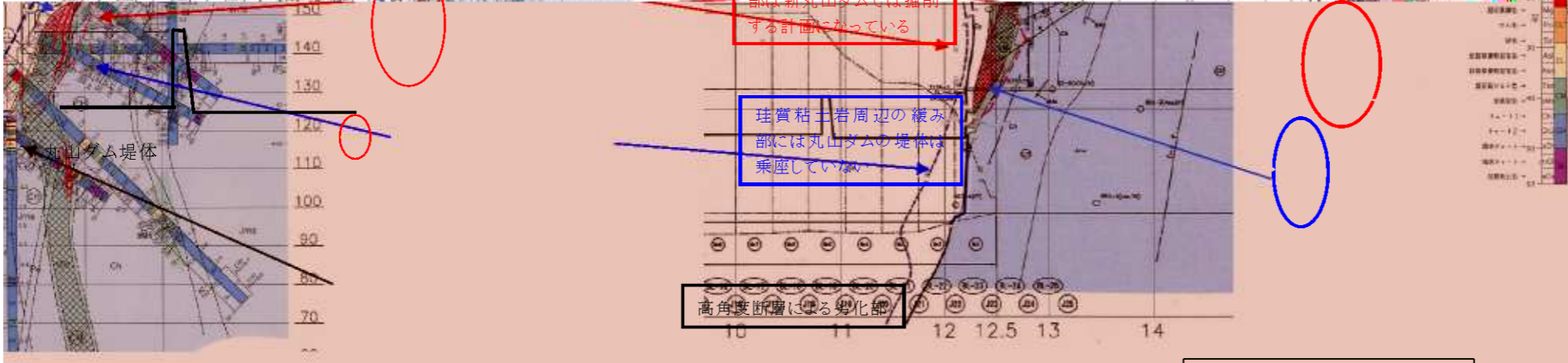


珪質粘土岩の緩み部

珪質粘土岩周辺の緩み部は新丸山ダムでは掘削する計画になっている

珪質粘土岩周辺の緩み部には丸山ダムの堤体は乗座していない

珪質粘土岩の緩み部



E+7.5 (新丸山ダム軸) 鉛直断面図

EL. 150m 水平断面図

高角度断層による変化部

図 - 3.4.4 右岸緩みの分布と丸山ダム・新丸山ダムの関係

# ダム横断面 S=1:500

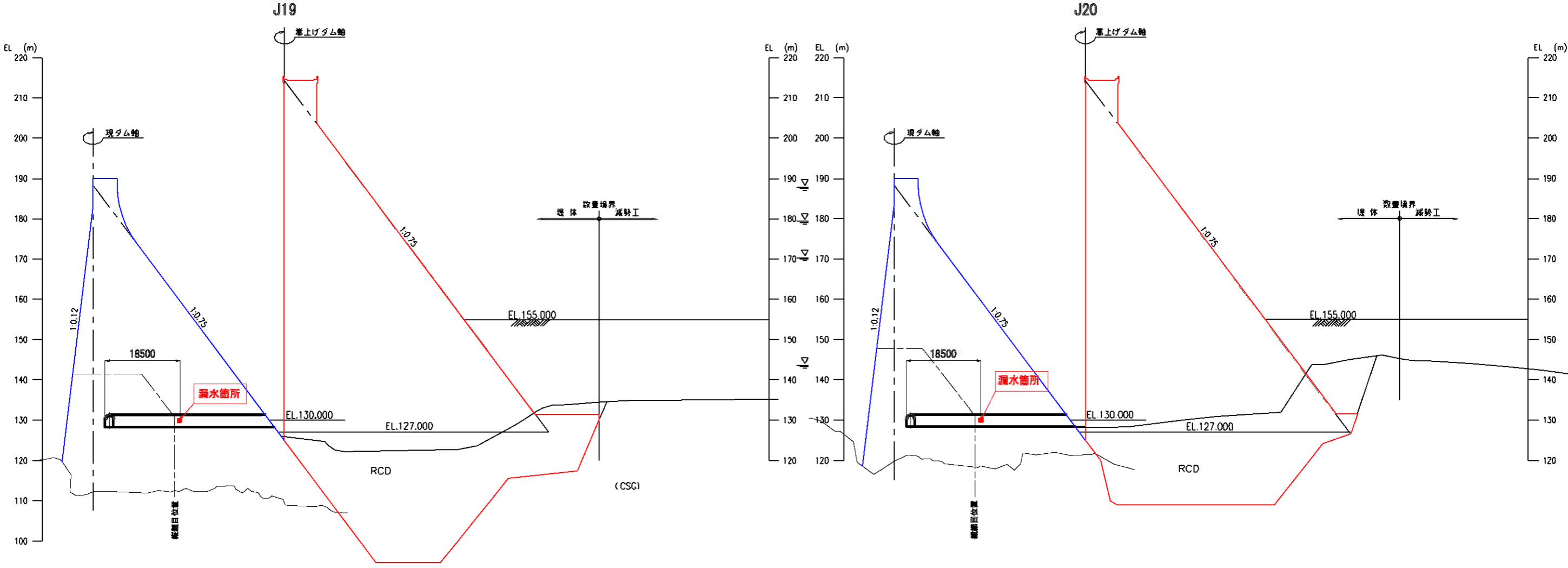
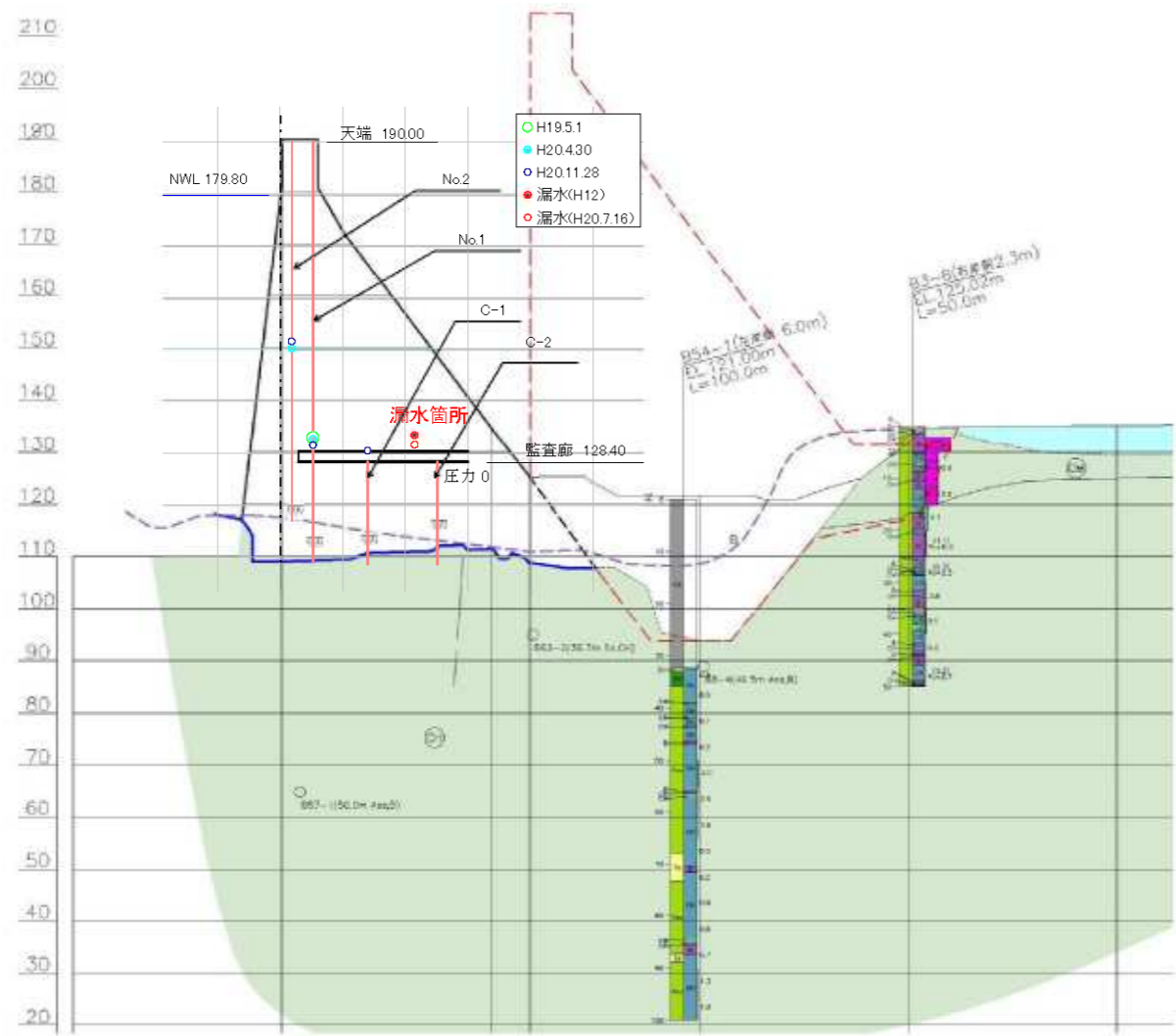


図 - 3.4.5 丸山ダム漏水位置と新丸山ダムとの位置関係 (断面図)



地質断面図(11 測線)



岩級区分図(11 測線)

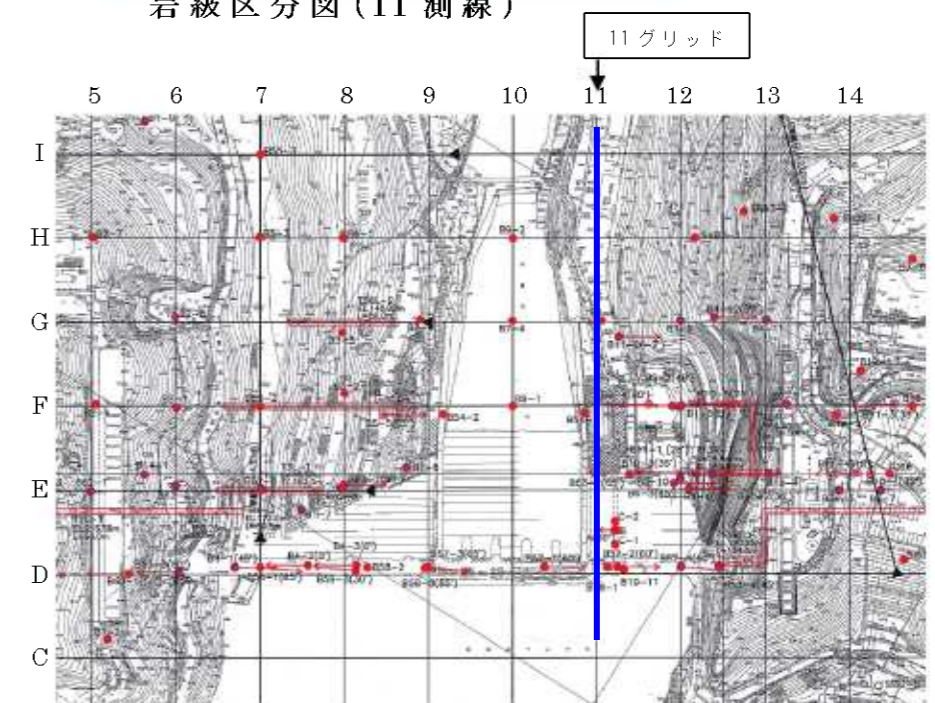


図 - 3.4.6 丸山ダム・新丸山ダム地質断面図・岩級区分断面図

## 4. 丸山ダムの安定性の検討

丸山ダムの所要強度(丸山ダム単独時 19.9MPa、新丸山ダム乗座後 19.0MPa)に対して、丸山ダムの堤体コンクリートの圧縮強度は内部、外部とも 26MPa 以上あり、丸山ダム堤体は、現況においても、新丸山ダムの基礎としても強度的に問題ない。

丸山ダム堤体および基礎岩盤とも、丸山ダム単独時、新丸山ダム乗座後のいずれにおいても、点安全率は 2 以上を確保する。

新丸山ダムは、既設の丸山ダムを利用し、堤趾部に乗座するかたちで建設される。

ここでは、有限要素法による応力計算により下記事項を確認し、丸山ダムと基礎岩盤の安定性を評価する。

- ・ 現況の丸山ダム堤体に発生している最大応力、および基礎岩盤のせん断応力
- ・ 新丸山ダムの打設による、丸山ダム堤体に発生する最大応力、および丸山ダム堤体および基礎岩盤のせん断応力

### 4.1 検討条件

#### 4.1.1 解析モデルと物性値

##### (1) 解析モデル

有限要素法による応力計算は、図- 4.1.1 に示す河床部標準断面をモデル化して行った。解析モデルを、図- 4.1.2 に示す。

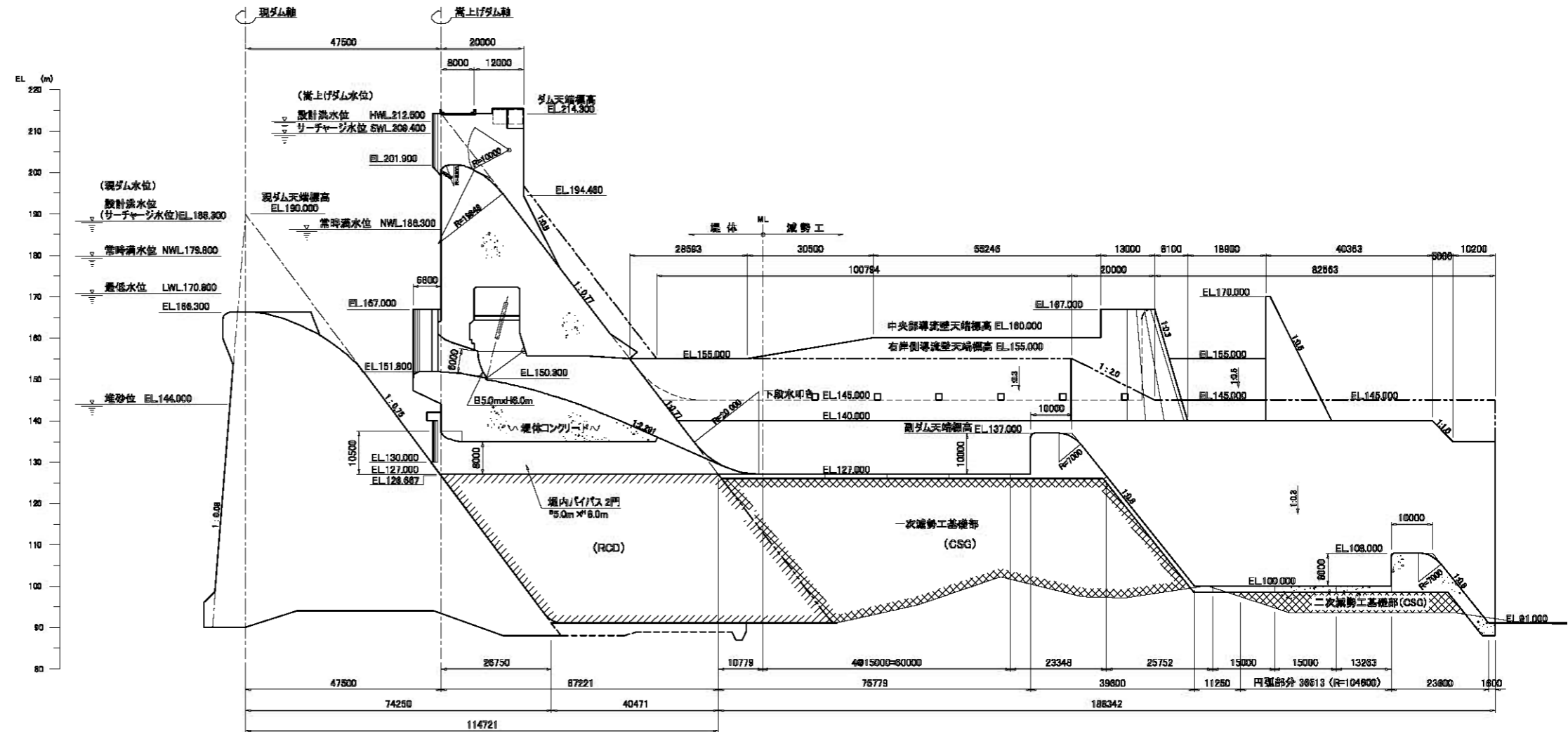
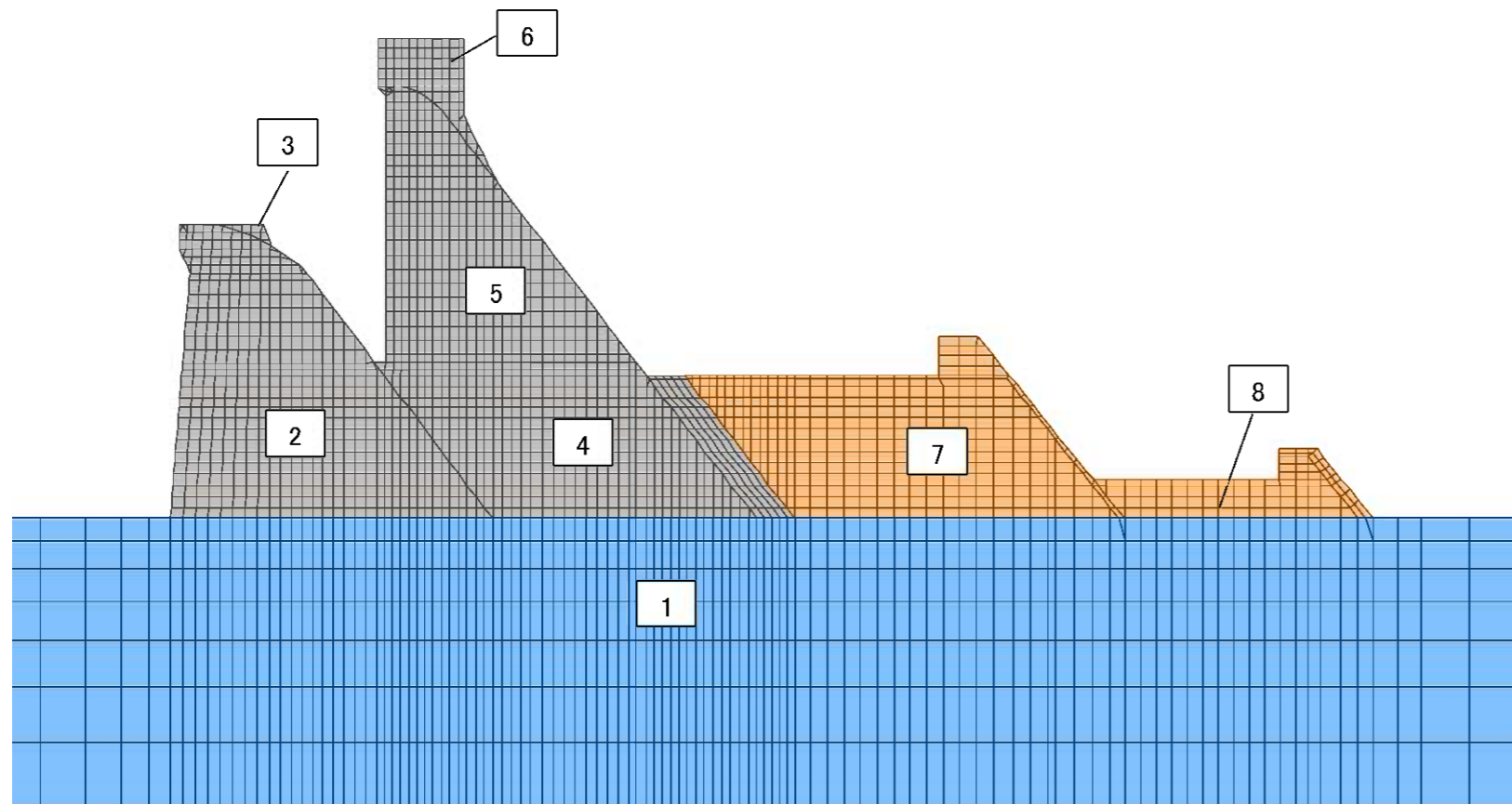


図- 4.1.1 解析断面(河床部標準断面)



No.	区分
1	基礎岩盤
2	旧堤体
3	旧堤体(ピア)
4	新堤体(RCD)
5	新堤体(本体, 減勢工)
6	新堤体(ピア)
7	一次減勢工基礎部(CSG)
8	二次減勢工基礎部(CSG)

図 - 4.1.2 新丸山ダム応力解析モデル

(2) 物性値

解析に用いる物性値は、試験結果等から、表 - 4.1.1 のとおりとした。

表 - 4.1.1 解析に用いた物性値

No.	区分	弾性係数 (MPa)	ポアソン比	単位体積重量 (kN/m <sup>3</sup> )	備考
1	基礎岩盤	6,000	0.25	—	
2	旧堤体	30,000	0.20	23.5	
3	旧堤体(ピア)	30,000	0.20	6.7	単位体積重量は、ピアの厚みを考慮した荷重として換算(ブロック幅14m、ピア厚み4m)
4	新堤体(RCD)	30,000	0.20	23.5	
5	新堤体(本体, 減勢工)	30,000	0.20	23.5	
6	新堤体(ピア)	30,000	0.20	6.7	単位体積重量は、ピアの厚みを考慮した荷重として換算(ブロック幅14m、ピア厚み4m)
7	一次減勢工基礎部(CSG)	4,000	0.25	22.0	
8	二次減勢工基礎部(CSG)	4,000	0.25	22.0	

1) 基礎岩盤の弾性係数

表－ 4.1.2 に新丸山ダムの基礎岩盤の CH 級岩盤のせん断試験結果を示す。これより CH 級岩盤のせん断強度は、試験値のほぼ最低値として 6,000MPa とする。

なお、参考として図－ 4.1.3 に塊状岩盤の岩盤等級と静弾性係数の関係を示すが、CH 級の弾性係数として 6,000MPa は、平均的な値である。

表－ 4.1.2 新丸山ダムの CH 級岩盤のせん断試験結果

ブロック 地質	T3L-2		T56L-2		T3L-1	
	BL-1	BL-2	BL-4	BL-5	BL-1	BL-4
岩級	粘板岩優勢互層				粘板岩	
試験面	CH級		CH級		CH級	
細区分	A, II, β1		A, II, β1		A, III, β2	A, III~II, β2
変形係数 (kgf/cm <sup>2</sup> )	57,959	101,376	405,504	33,792	36,864	33,792
割線弾性係数 (kgf/cm <sup>2</sup> )	84,480	253,440	337,920	72,411	77,982	63,360
破壊面の特徴	大半がコンクリートおよび付着面せん断		大半がコンクリートおよび付着面せん断		コンクリートおよび付着面せん断	コンクリートおよび付着面せん断
純せん断強度 φ=45° の場合 tf/m <sup>2</sup> φ=50° の場合 tf/m <sup>2</sup>	369.0 314.8	433.0 394.6	451.0 411.2	449.0 388.8	559.0 490.8	433.0 394.6

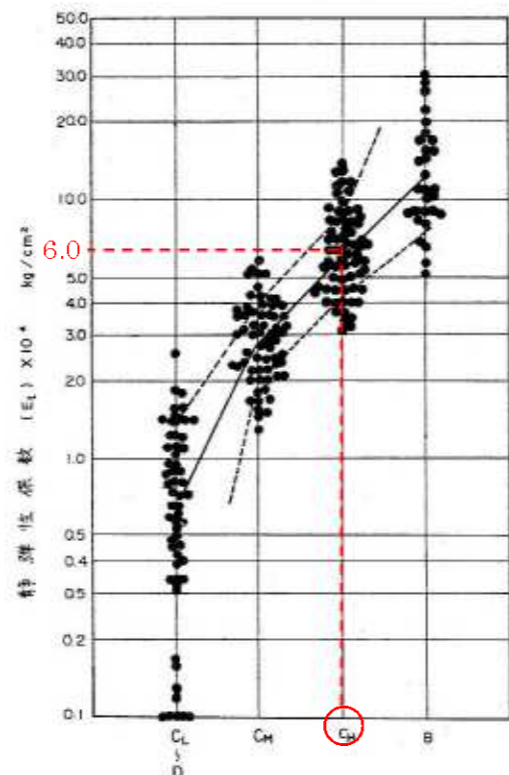


図-5 塊状岩盤における岩盤等級と静弾性係数との関係

図－ 4.1.3 【参考】塊状岩盤における岩盤等級と静弾性係数との関係  
「岩盤分類 応用地質特別号 日本応用地質学会」に加筆

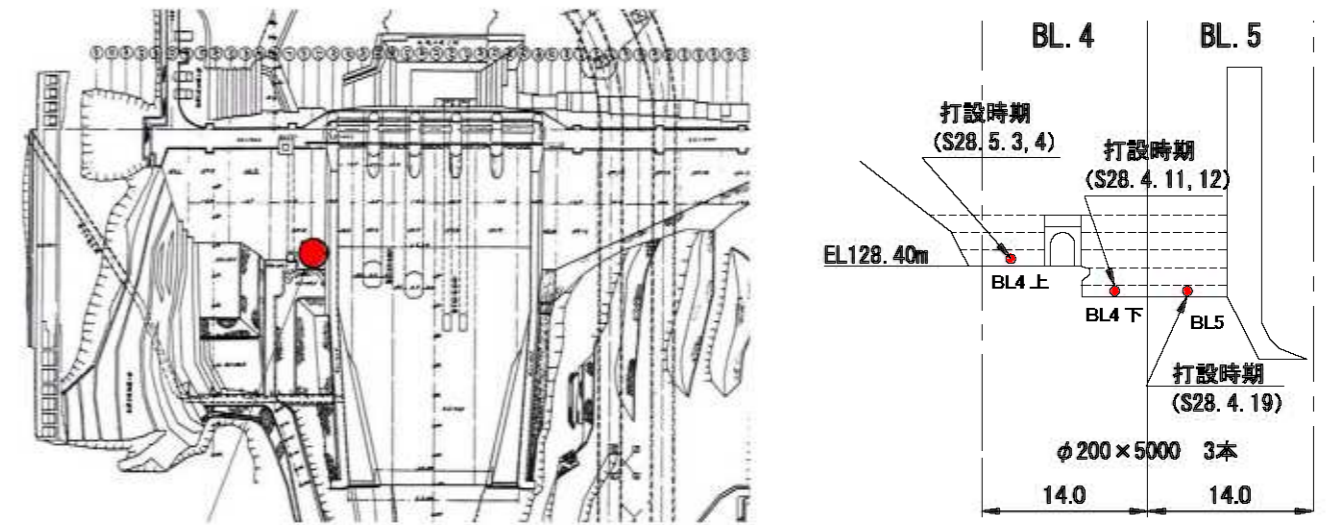
2) 丸山ダム旧堤体の物性値

丸山ダム旧堤体の物性値は、採取コアの試験結果より弾性係数 30,000MPa、単位体積重量は 23.5kN/m<sup>3</sup>とした。

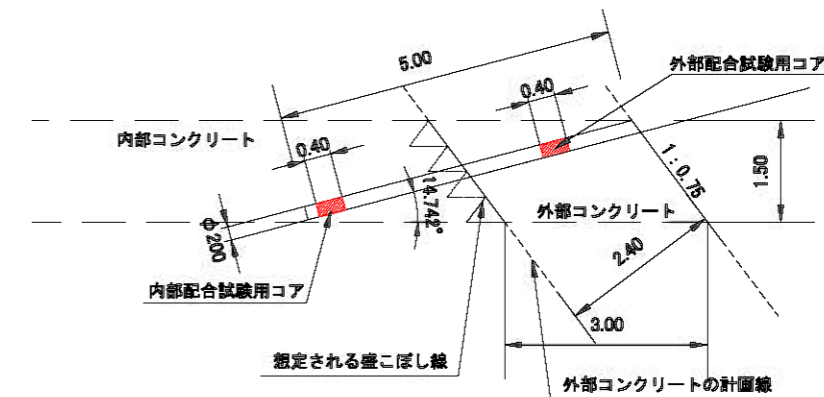
表－ 4.1.3 丸山ダムの採取コアの圧縮強度試験・静弾性係数の試験結果

調査箇所	直径 d (mm)	高さ H (mm)		H/D	質量 (g)	補正係数	密度 (t/m <sup>3</sup> )	最大荷重 (KN)	圧縮強度	静弾性係数	建設時の目標強度	
		C前	C後									
BL4上	外部	193.4	380	392.1	2.03	28501	1.000	2.375	788	28.1 N/mm <sup>2</sup> 266.2 kgf/cm <sup>2</sup>	30.1 KN/mm <sup>2</sup> 301,000 kgf/cm <sup>2</sup>	150kg/cm <sup>2</sup>
	内部	193.5	382.5	389.5	2.01	26839	1.000	2.387	871	29.6 N/mm <sup>2</sup> 301.9 kgf/cm <sup>2</sup>	29.9 KN/mm <sup>2</sup> 299,000 kgf/cm <sup>2</sup>	90kg/cm <sup>2</sup>
BL4下	外部	193.3	376.8	385.2	1.99	26861	1.000	2.432	889	29.6 N/mm <sup>2</sup> 301.9 kgf/cm <sup>2</sup>	30.2 KN/mm <sup>2</sup> 302,000 kgf/cm <sup>2</sup>	150kg/cm <sup>2</sup>
	内部	193.3	380.2	389.2	2.01	26970	1.000	2.418	882	30.1 N/mm <sup>2</sup> 307.0 kgf/cm <sup>2</sup>	34.4 KN/mm <sup>2</sup> 344,000 kgf/cm <sup>2</sup>	90kg/cm <sup>2</sup>
BL5	外部	193.2	381.5	387.2	2	27248	1.000	2.438	1122	38.3 N/mm <sup>2</sup> 390.7 kgf/cm <sup>2</sup>	38.4 KN/mm <sup>2</sup> 384,000 kgf/cm <sup>2</sup>	150kg/cm <sup>2</sup>
	内部	193.3	381.9	390.7	2.02	26260	1.000	2.344	770	26.2 N/mm <sup>2</sup> 267.2 kgf/cm <sup>2</sup>	35.1 KN/mm <sup>2</sup> 351,000 kgf/cm <sup>2</sup>	90kg/cm <sup>2</sup>

※ 高さの記号C前、C後は、キャッピング前、キャッピング後を示す。



図－ 4.1.4 調査(堤体コンクリートコア採取)位置図



図－ 4.1.5 供試体採取位置図

3) 新丸山ダムのコンクリートの物性値

新丸山ダムのコンクリートの物性値は、新丸山ダムのコンクリート試験結果を参考に、本体、RCD 部とも、弾性係数 30,000MPa, 単位体積重量 23.5 kN/m<sup>2</sup>とした。

表 - 4.1.4 新丸山ダムのコンクリート試験配合

粗骨材 最大 寸法 (mm)	スラブ VC 値 の範囲 (cm) (秒)	空気量 の範囲 (%)	水結合材 比 (%)	細骨材 率 (%)	単 位 量 (kg/m <sup>3</sup> )						混和剤 ポゾリス No8 (C×%)	空気量 調整剤 MA202 (C×%)		
					水 W	結合材		細骨材 S	粗骨材 G ※					
						セメント C	フライッシュ F		150~ 80mm	80~ 40mm			40~ 20mm	20~ 5mm
150	3±1	3±1	80.0	30	112	140		639	1504				0.25	0.010
					98	42	376		376	376	376			
80	20±10	1.5±1	81.7	32	98	120		713	1530				0.25	0.012
					84	36	—		535	536	459			

※ 粗骨材混合比率 150~80mm:80~40mm:40~20mm:20~5mm=25%:25%:25%:25% 80~40mm:40~20mm:20~5mm=35%:35%:30%

単位体積重量

2,395 kg/m<sup>3</sup>

2,461 kg/m<sup>3</sup>

表 - 4.1.5 新丸山ダムのコンクリート試験結果

配合区分	粗骨材 最大 寸法 (mm)	スラブ (VC) の範囲 (cm)	空気量 の範囲 (%)	水 結合材 比 W/C (%)	細骨材 率 s/a (%)	圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )			静弾性係数 (kN/mm <sup>2</sup> )			引張強度 (N/mm <sup>2</sup> )		
						7日	28日	91日	7日	28日	91日	7日	28日	91日
ELCM	150	3±1	3±1	80.0	30	3.99	8.04	16.5	8.30	16.3	33.3	0.526	0.880	1.94
						3.71	7.92	16.9	9.23	17.8	31.0	0.477	1.010	1.83
						3.85	7.87	17.7	7.50	20.0	30.7	0.506	0.945	2.00
						<b>3.85</b>	<b>7.94</b>	<b>17.0</b>	<b>8.34</b>	<b>18.0</b>	<b>31.7</b>	<b>0.503</b>	<b>0.945</b>	<b>1.92</b>
RCD	80	20±10	1.5±1	81.7	32	4.40	10.1	15.6	8.95	13.9	24.3	0.716	1.23	2.32
						4.89	10.4	16.6	9.03	12.2	27.2	0.815	1.24	2.39
						5.25	10.3	18.1	8.83	15.0	29.6	0.697	1.22	2.26
						<b>4.85</b>	<b>10.3</b>	<b>16.8</b>	<b>8.94</b>	<b>13.7</b>	<b>27.0</b>	<b>0.743</b>	<b>1.23</b>	<b>2.32</b>

4) 減勢工基礎部 CSG の物性値

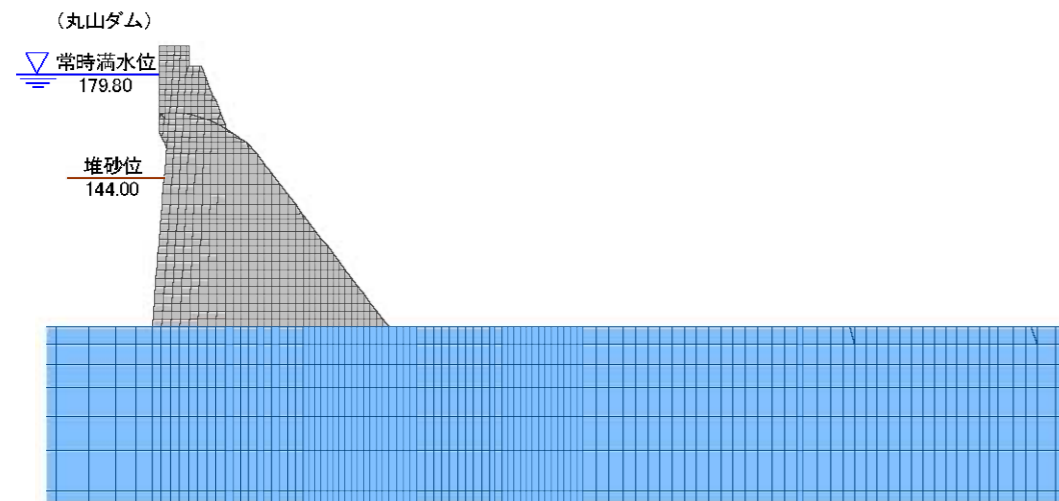
減勢工基礎部 CSG の物性値は、現段階では弾性係数 4,000MPa, 単位体積重量 22kN/m<sup>3</sup>とした。

#### 4.1.2 計算方法

新丸山ダムは、丸山ダムを運用しながら施工するため、応力計算は図－ 4.1.6 に示す計算ステップで行った。

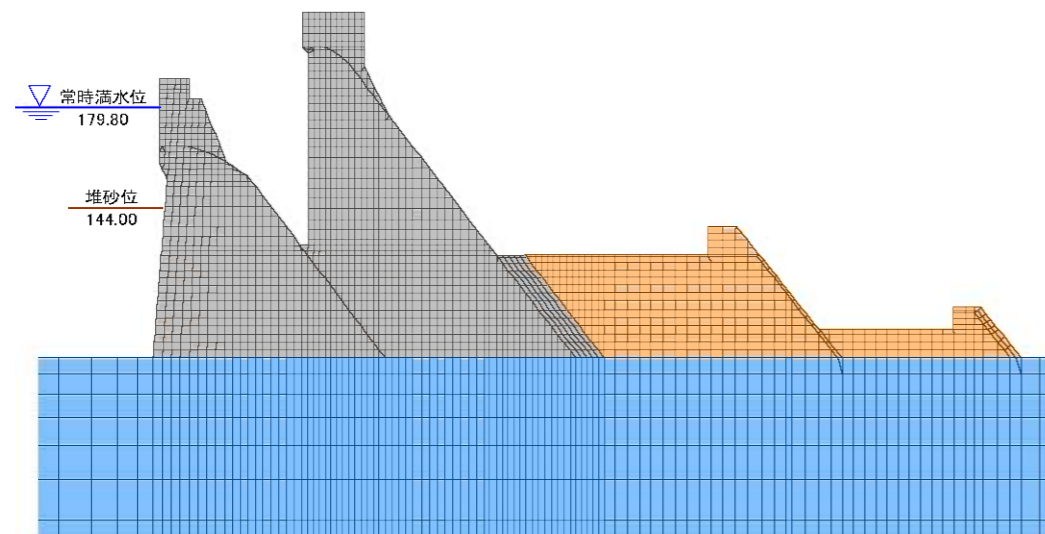
##### Step1: 丸山ダム常時満水位

丸山ダム自重、静水圧、丸山ダム泥圧(丸山ダム堆砂位)



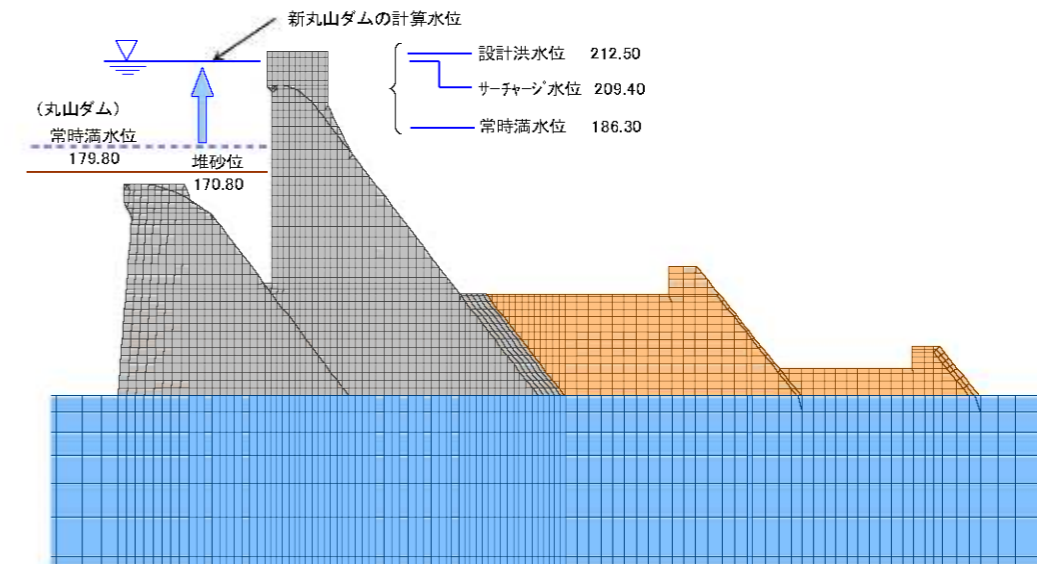
##### Step2: 新丸山ダム打設

新丸山ダム自重



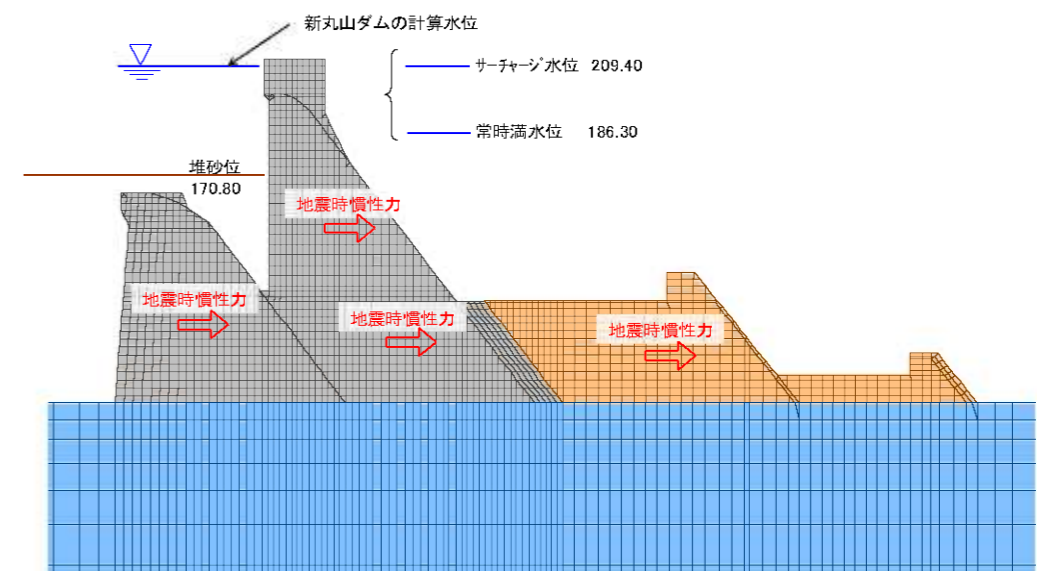
##### Step3-1: 運用

丸山ダムピア取壊し、静水圧増分、泥圧増分(新丸山ダム最低水位)



##### Step3-2: 運用(地震時)

地震時慣性力(丸山ダム・新丸山ダム)、動水圧(丸山ダム・新丸山ダム)



図－ 4.1.6 応力解析の計算ステップ



#### 4.2 丸山ダム堤体の圧縮応力の照査

丸山ダムの所要強度(丸山ダム単独時 20.9MPa、新丸山ダム乗座後 19.6MPa)に対して、丸山ダムの堤体コンクリートの圧縮強度は内部、外部とも26MPa(採取コアの最低値)以上あり、丸山ダム堤体は、現況においても、新丸山ダムの基礎としても強度的に問題ない。

##### 4.2.1 丸山ダム単独時と新丸山ダム乗座後の堤体応力比較

各水位条件での、丸山ダム単独時と新丸山ダム乗座後の丸山ダム堤趾部の応力の比較を表-4.2.1に示す。また、丸山ダム単独時と新丸山ダム乗座後の堤体主応力( $\sigma_3$ )コンタ図の比較を、常時満水位(地震時)を例に、図-4.2.1に示す。

表-4.2.1 丸山ダム単独時と新丸山乗座後の丸山ダム堤趾部の堤体応力比較 (MPa)

水位条件	地震時慣性力の有無	丸山ダム単独	新丸山ダム乗座後	備考
常時満水位	無し	4.51	4.76	
常時満水位	有り	6.08	4.87	
サーチャージ水位	無し	5.22	4.88	
サーチャージ水位	有り	6.08	4.97	
設計洪水位	無し	5.22	4.90	丸山ダムはサーチャージ水位

表-4.2.1より、丸山ダムの堤趾部応力を見ると、常時満水位(非地震時)では、丸山ダム単独のときより新丸山ダム乗座後の方が応力は大きくなるが、それ以外の水位条件では、丸山ダム単独の時より新丸山ダム乗座後の方が、応力は小さくなる。これには、新丸山ダムの打設により、主応力の方向が変化し、堤趾部への応力集中が緩和されることが影響している(図-4.2.2参照)。

##### 4.2.2 丸山ダムの所要強度

丸山ダム単独時、および新丸山ダム乗座に伴う丸山ダムの所要強度を下式で求め、表-4.2.2、表-4.2.3に示す。

非地震時

$$\text{最大応力} \times 4 (\text{安全率})$$

地震時

$$\text{最大応力} \times 4 (\text{安全率}) \div 1.3$$

表-4.2.2 丸山ダム単独時の所要強度(MPa)

水位条件	地震時慣性力	丸山ダム最大応力	所要強度	備考
常時満水位	—	4.51	18.0	
	0.15	6.08	18.7	
サーチャージ水位	—	5.22	20.9	
	0.075	6.08	18.7	

表-4.2.3 新丸山ダム乗座後の丸山ダムの所要強度(MPa)

水位条件	地震時慣性力	丸山ダム最大応力	所要強度	備考
常時満水位	—	4.76	19.0	
	0.15	4.87	15.0	
サーチャージ水位	—	4.88	19.5	
	0.075	4.97	15.3	
設計洪水位	—	4.90	19.6	

これより、丸山ダムの所要強度は、丸山ダム単独時で20.9MPa(サーチャージ水位非地震時)、新丸山ダム乗座後で19.6MPa(設計洪水位時)と、新丸山ダム乗座後の方が所要強度は低くなる。

これらに対して丸山ダムの堤体コンクリートの圧縮強度は内部、外部とも26MPa以上(表-4.1.3参照)あることから、丸山ダム堤体は、現況においても、新丸山ダムの基礎としても強度的に問題ないといえる。

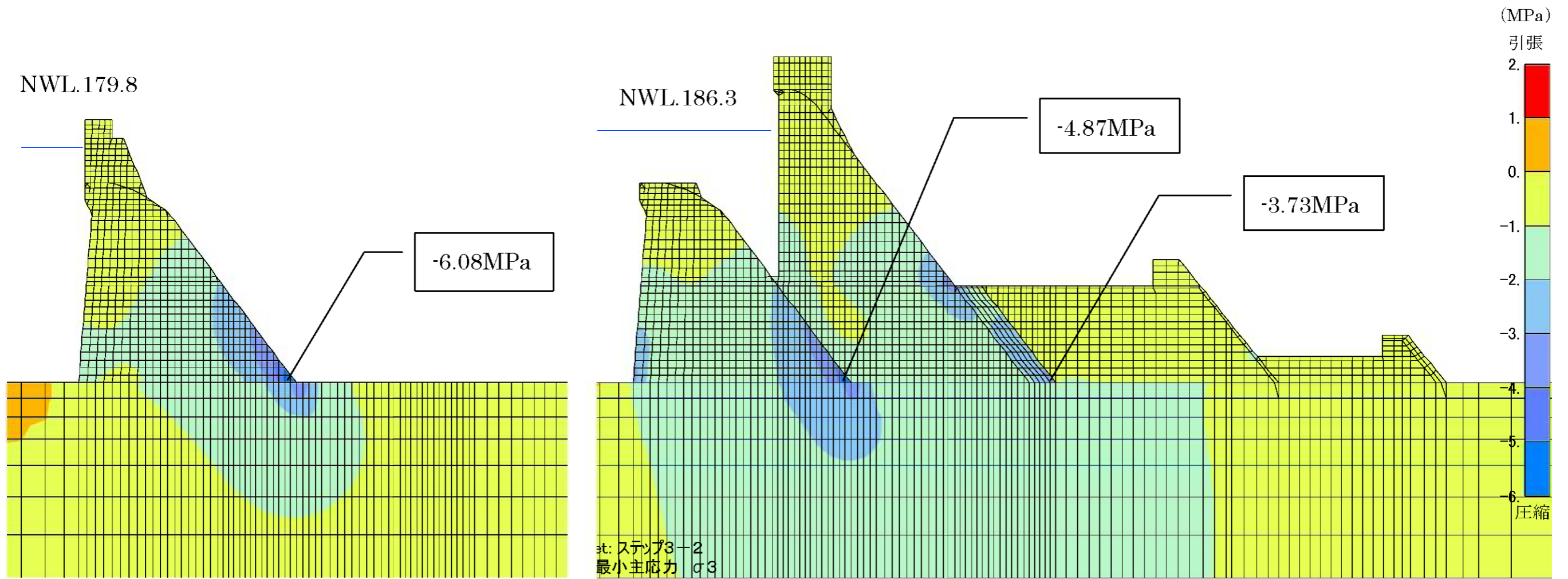
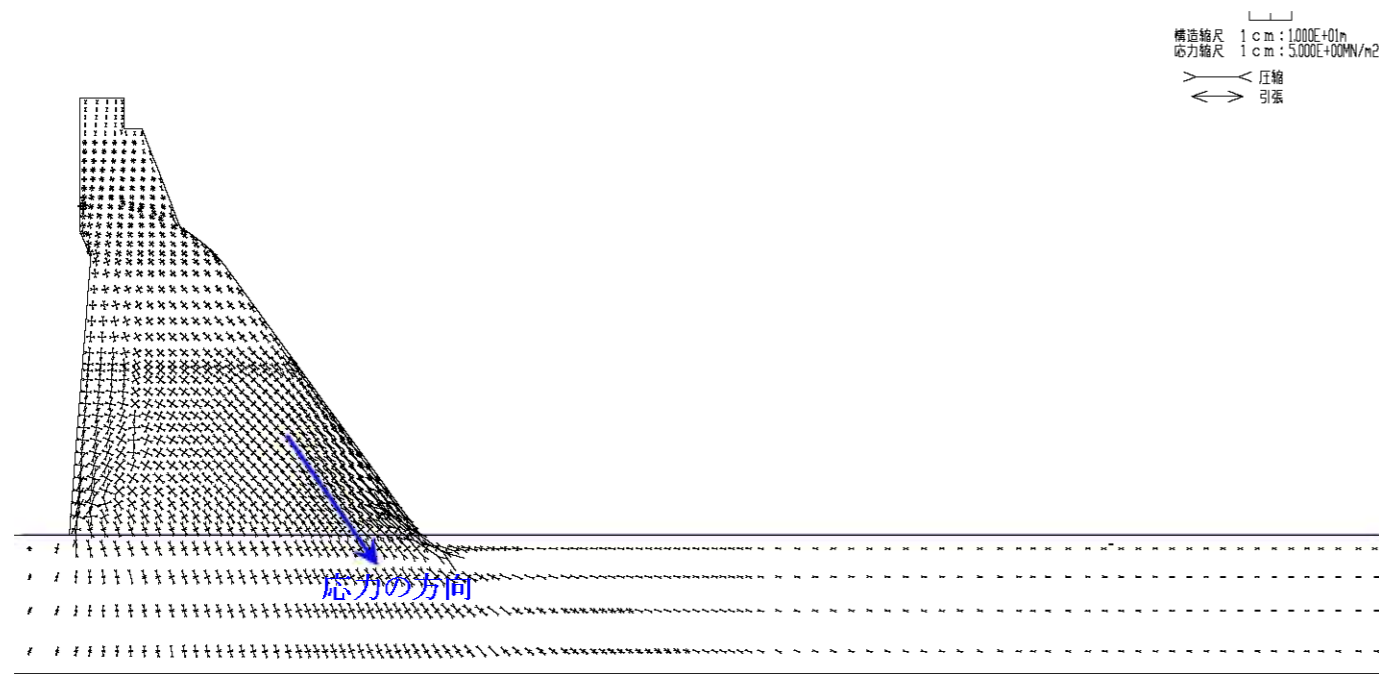
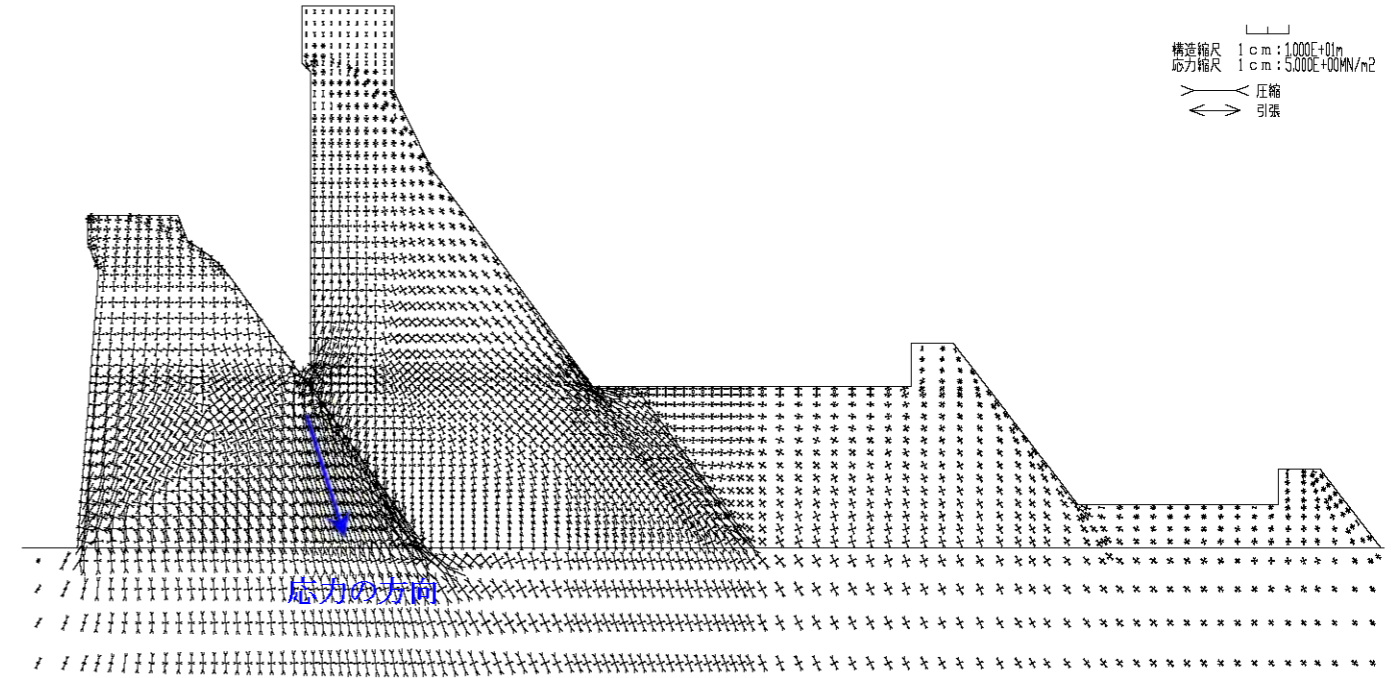


図 - 4.2.1 丸山ダムと新丸山ダムの堤体応力比較 (主応力 (σ<sub>3</sub>), 常時満水位時 (地震時) の例)

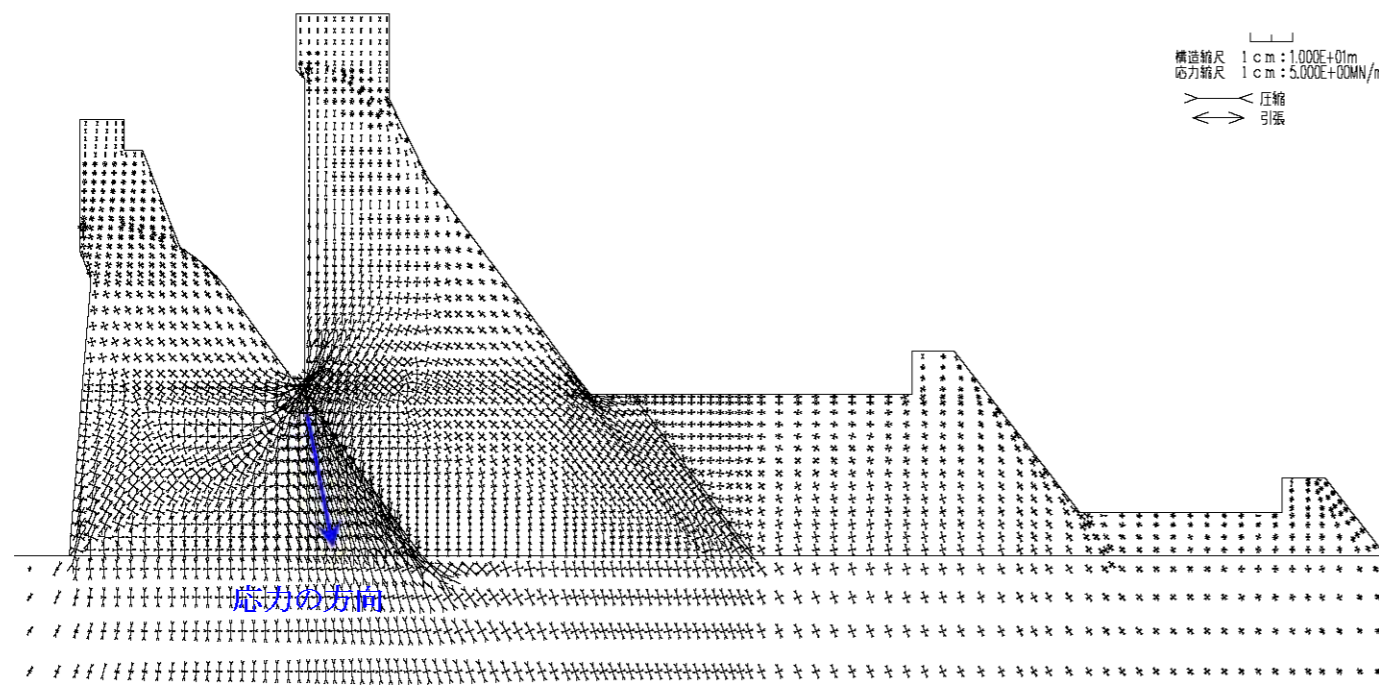
STEP1 : 丸山ダム常時満水位



STEP3-1 : 新丸山ダム常時満水位



STEP2 : 新丸山ダム打設



STEP3-2 新丸山ダム常時満水位 地震時

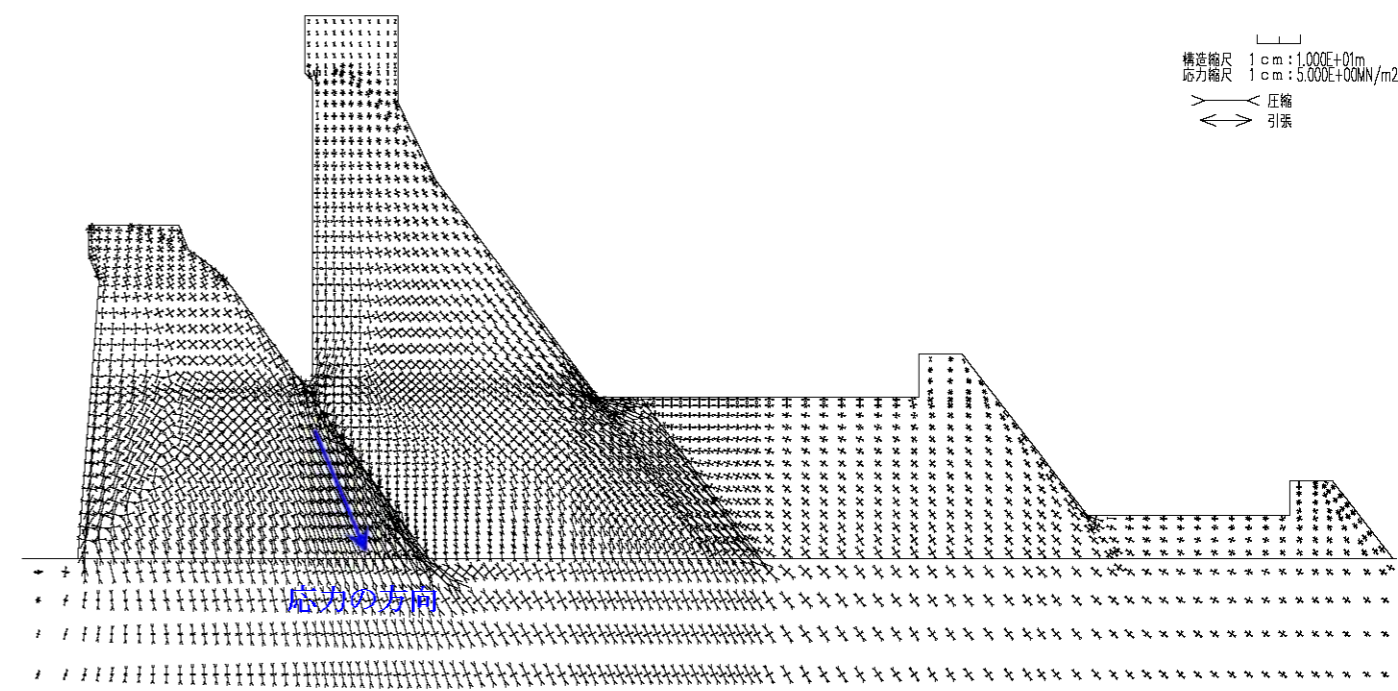


図 - 4.2.2 新丸山ダム乗座に伴う丸山ダムの堤体応力変化(主応力ベクトル図)

の打設により、丸山ダムの堤趾部のせん断応力が減少することが影響している(図- 4.2 参照)。

また、丸山ダム堤体および基礎岩盤とも、丸山ダム単独時、新丸山ダム乗座後のいずれにおいても、点安全率は2以上を確保する。

#### 4.3 丸山ダム堤体および基礎岩盤のせん断応力の照査

全ての水位条件で、丸山ダム堤体および基礎岩盤とも、丸山ダム単独の時より新丸山ダム乗座後の方が、点安全率は大きくなり、安全度が向上する。  
丸山ダム堤体および基礎岩盤とも、丸山ダム単独時、新丸山ダム乗座後のいずれにおいても、点安全率は2以上を確保する。

##### 4.3.1 丸山ダム単独時と新丸山ダム乗座後の堤体および基礎岩盤の点安全率

丸山ダム単独時、および新丸山ダム乗座後の丸山ダム堤体および基礎岩盤のせん断応力状況について、下式で点安全率を求め、照査した。

$$F_s = (\sigma \times \tan \phi + \tau_0) / \tau$$

ここに、 $F_s$ : 点安全率

$\tau$ : 最大せん断応力

$\sigma$ : せん断面(最大せん断応力の方向)に直交する応力

$\tau_0$ : 純せん断強度

$\phi$ : 内部摩擦角

堤体コンクリート、および基礎岩盤のせん断応力については、表- 4.3.1 のように設定した。

表- 4.3.1 堤体および基礎岩盤のせん断強度の設定

区分	純せん断強度 $\tau_0$	内部摩擦角 $\phi$	備考
堤体コンクリート	5.0MPa	45°	内部コンクリートの圧縮強度(26MPa)の1/5程度と設定
基礎岩盤	300tf/m <sup>2</sup> =2.94MPa	55°	CH級岩盤

各水位条件の、丸山ダム単独時、および新丸山ダム乗座後の、堤趾部の最小点安全率の比較を表- 4.3.2 に示す。丸山ダム単独時、および新丸山ダム乗座後の、点安全率コンタ図の比較を、常時満水位時を例に、図- 4.3.1 に示す。

表- 4.3.2 より、丸山ダムの堤趾部の点安全率を見ると、全ての水位条件で、丸山ダム堤体および基礎岩盤とも、丸山ダム単独の時より新丸山ダム乗座後の方が、点安全率は大きくなる。これには、新丸山ダム

表- 4.3.2 丸山ダム単独時と新丸山乗座後の堤趾部の点安全率比較

水位条件	堤体の状態	堤体	基礎岩盤	備考
常時満水位 (非地震時)	丸山ダム単独	2.44	3.88	
	新丸山ダム乗座後	2.70	5.12	
常時満水位 (地震時)	丸山ダム単独	2.11	3.37	
	新丸山ダム乗座後	2.60	4.66	
サーチャージ 水位 (非地震時)	丸山ダム単独	2.26	3.62	
	新丸山ダム乗座後	2.70	5.00	
サーチャージ 水位 (地震時)	丸山ダム単独	2.10	3.38	
	新丸山ダム乗座後	2.64	4.71	
設計洪水位	丸山ダム単独	2.66	3.62	丸山ダムはサーチャージ水位
	新丸山ダム乗座後	2.70	4.99	

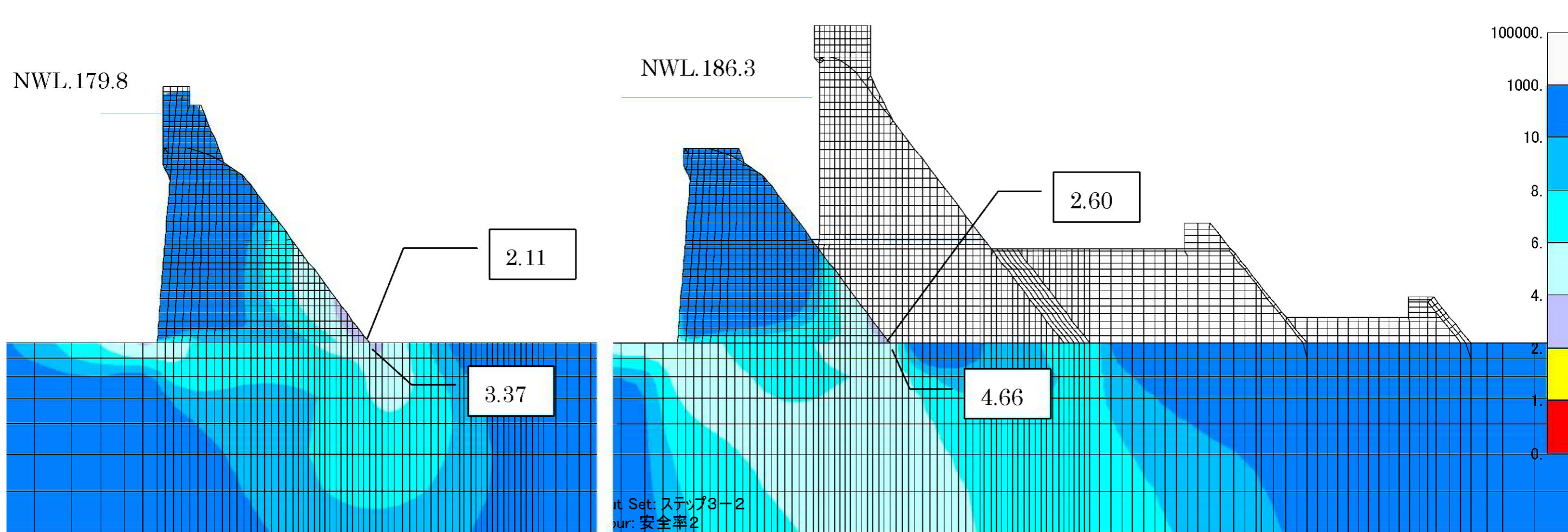


図 - 4.3.1 丸山ダム, 新丸山ダムの堤体・基礎岩盤の点安全率(常時満水位, 地震時の例)

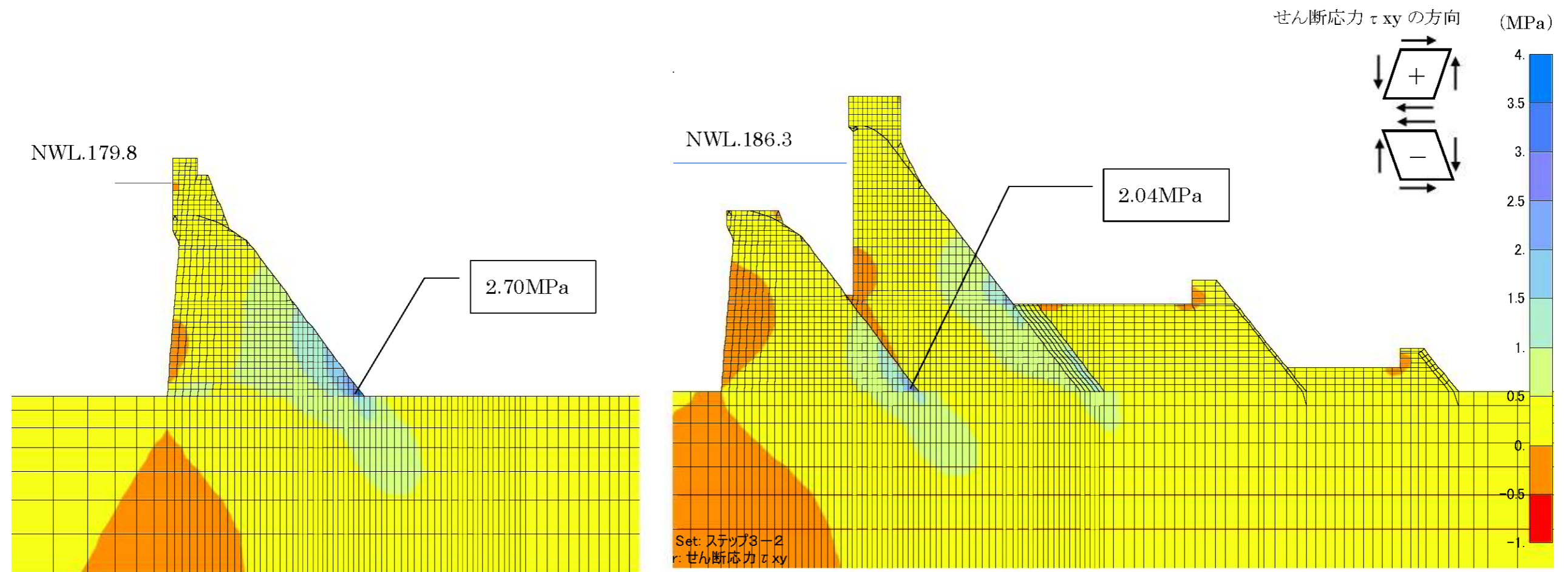


図 - 4.2 丸山ダムと新丸山ダムの堤体応力比較 (せん断応力 ( $\tau$ ) コンタ図, 常時満水位時 (地震時) の例)

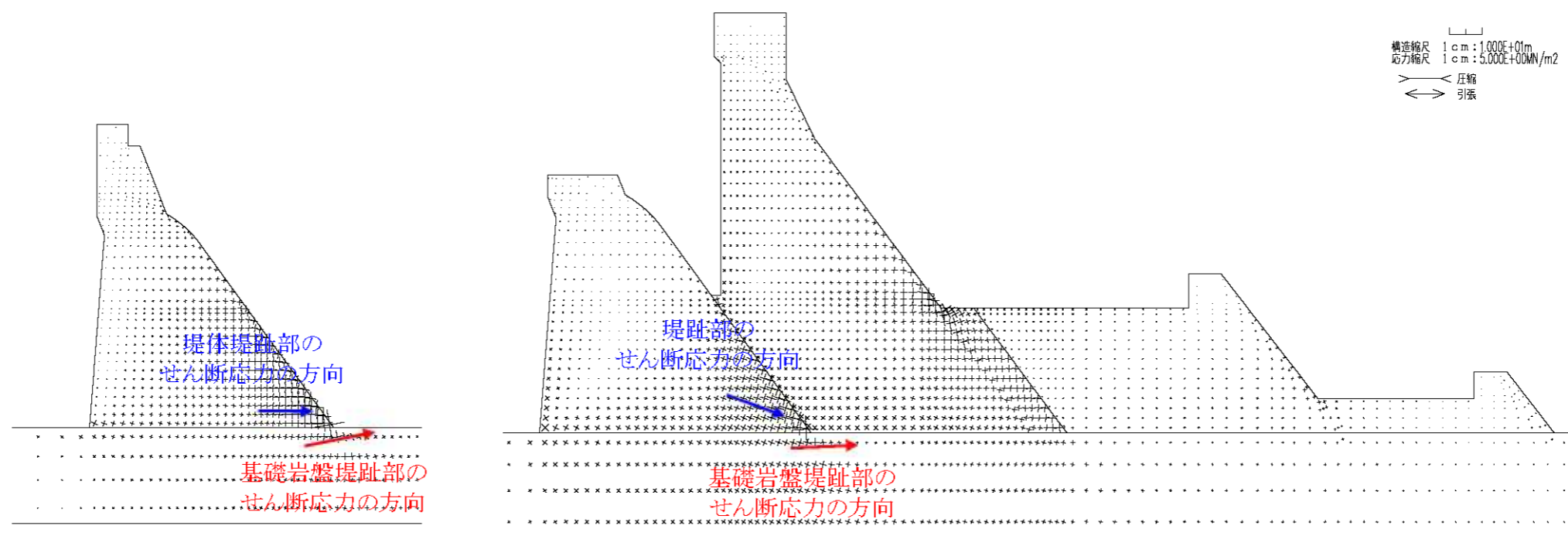


図 - 4.3 丸山ダムと新丸山ダムの堤体応力比較 (最大せん断力応力矢線図, 常時満水位時 (地震時) の例)

## 5. 丸山ダムの健全性評価

### (1) 丸山ダムの堤体状況からの健全性評価

丸山ダムの堤体は、以下の状況から安定していると判断される。

- ① 漏水量は、平成 14 年および平成 19 年に一時増加したが、現在は半減し減少傾向にある。平成 21 年 1 月現在の漏水量は、4BL の漏水量の多い箇所を除けば、100 ㎥/分程度を中心とした変動を示し、安定している。
- ② 堤体変位は、8BL 下で 7mm、4BL 下で 4mm 程度の振れ幅で、7～9 月に上流側、1～2 月に下流側へ変位する季節変動を示しながら推移しており、安定した状態である。また、漏水との関係は認められない。
- ③ 揚圧力は、全般的に、完成当初 5 年程度は一定の値を示していたが、その後 10 年程度で断続的に増加し、建設後 15 年以降はほぼ一定の値で推移している。
- ④ 採取コアの圧縮強度試験結果によると、丸山ダムの堤体コンクリートは、建設当時の標準供試体圧縮強度と同程度であり、十分な強度を保持している。また、中性化は、最大でも 10 数 mm しか進行していない。
- ⑤ 4BL 漏水は、堤体変形、継目の開き、地震との関係は見られないことから、4BL 漏水が現在の状況で推移する状態であれば、丸山ダム安定性、機能性に大きな影響を与えることは考えにくいと推察される。ただし、今後とも漏水経路に関する調査は継続する必要がある。

### (2) 丸山ダムの基礎岩盤の状況からの健全性評価

丸山ダムの基礎岩盤は、以下の状況から、健全性が確保されていると判断される。

- ① 掘削深度、ボーリング調査結果、減勢工の岩盤状況から、丸山ダムの堤体基礎は CH 級相当の岩盤に乗座している。
- ② 工事誌に記載されている破碎層は、ボーリングコアの通過推定箇所を確認すると、いずれも、幅 50cm 程度以下の角礫部であり、小規模な断層または割れ目密集部と判断される。
- ③ 堤体コンクリートと基礎岩盤は密着している。

### (3) 丸山ダムの安定性検討からの健全性評価

丸山ダムの有限要素法による安定性検討の結果は下記のとおりであり、丸山ダム堤体は、丸山ダム単独時、新丸山ダム乗座後においても安定性に問題ないと判断される。

- ① 丸山ダムの所要強度(丸山ダム単独時 20.9MPa、新丸山ダム乗座後 19.6MPa)に対して、丸山ダムの堤体コンクリートの圧縮強度は内部、外部とも 26MPa(採取コアの最低値)以上あり、丸山ダム堤体は、単独時でも、新丸山ダムの基礎としても強度的に問題ない。
- ② 全ての水位条件で、丸山ダム堤体および基礎岩盤とも、丸山ダム単独の時より新丸山ダム乗座後の方が、点安全率は大きくなり、安全度が向上する。
- ③ 丸山ダム堤体および基礎岩盤とも、丸山ダム単独時、新丸山ダム乗座後のいずれにおいても、点安全率は 2 以上を確保する。

## 6. 新丸山ダム基礎として要求される基本的事項

河川管理施設等構造令に規定される、ダムおよび基礎岩盤の構造の原則は以下のとおりである。

(構造の原則)

第4条 ダムの堤体及び基礎地盤(これと堤体との接合部を含む。以下同じ。)は、必要な水密性を有し、及び予想される荷重に対し必要な強度を有するものとする。

2. コンクリートダムの堤体は、予想される荷重によって滑動し、又は転倒しない構造とするものとする。

3. フィルダムの堤体は、予想される荷重によって滑り破壊又は浸透破壊が生じない構造とするものとする。

4. ダムの基礎地盤は、予想される荷重によって滑動し、滑り破壊又は浸透破壊が生じないものとするものとする。

5. フィルダムの堤体には、放流設備その他の水路構造物を設けてはならない。

※ 下線は、重力式コンクリートダム堤体および基礎岩盤に関わる項目

これより、新丸山ダム基礎としての丸山ダムに要求される性能は、①基礎岩盤の安定性、②コンクリート強度である。

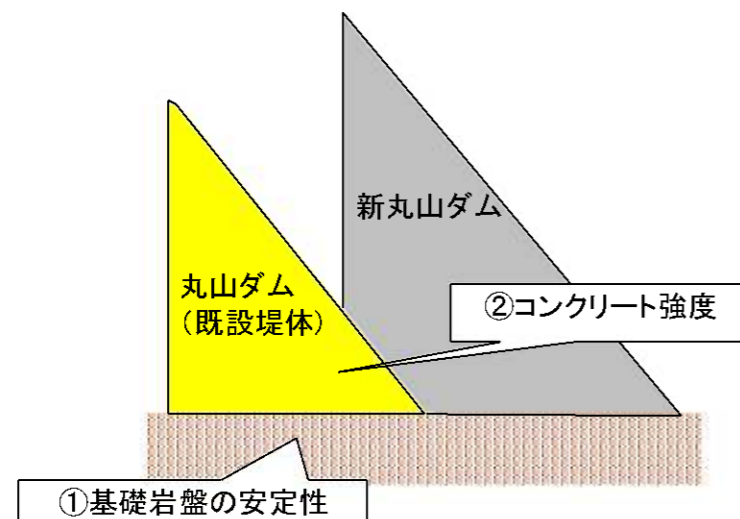


図 - 6.1 新丸山ダムの基礎として丸山ダムに要求される性能

### (1) 基礎岩盤の安定性

3.1 で丸山ダムの基礎岩盤の状況について整理を行い、全体的にほぼ CH 級岩盤の堅岩に乗座していることが判明しているが、減勢工等の一部、不明な部分もあり、精査のうえ、安定性を確認して行く必要がある。

### (2) コンクリート強度

4.の丸山ダムの安定性の検討において、現在の計画、現在把握している物性により、新丸山ダムが乗座した場合の安全性について検証したが、今後、ダム諸元、物性等が確定した時点で精査する必要がある。