

2) 実測揚圧力値における堤体安定性の確認

最高水位となるサーチャージ水位時において揚圧力は全ての孔で最大値を計測した。これら実測揚圧力値における各ブロックの堤体安定性を検証した。安定性の検証は、以下に示す計算式より実測値での揚圧力係数を算出し、各ブロックでの最大を示す孔の値を用いて堤体安定計算を実施した。

堤体安定性の検討結果は、表 3.3.1 に示すとおりであり、全てのブロックで滑動安全率 4 以上を満足することを確認した。

$$\begin{aligned} \text{【揚圧力係数】} &= (\text{ブルドン管水頭} - \text{下流水頭}) / (\text{全水頭} - \text{下流水頭}) \\ &= (H2 - H3) / (H1 - H3) \end{aligned}$$

ここで、全水頭 H1 : サーチャージ水位 (EL.562.1m) - 基礎標高
 ブルドン管水頭 H2 : 水頭換算揚圧力 - 基礎標高
 下流水頭 H3 : 下流水位 - 基礎標高

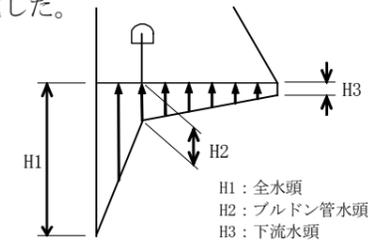


図 3.3.12 揚圧力分布

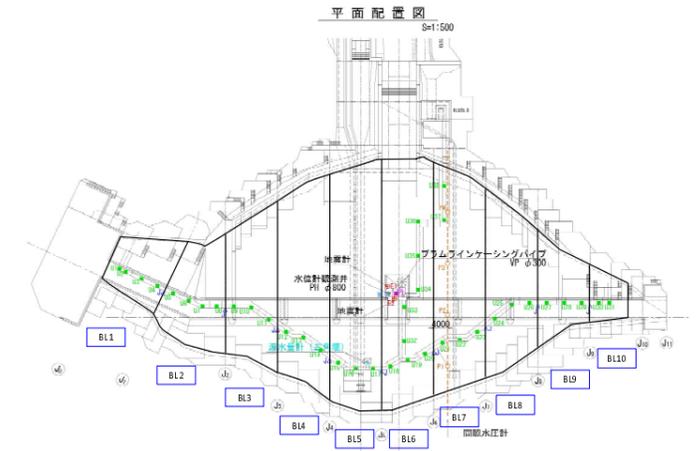


図 3.3.13 平面配置図

表 3.3.1 実測揚圧力による堤体安定性 (滑動安全率)

BL	ブルドン管 NO	実測揚圧力 (MPa)	水頭換算揚圧力 (EL.m)	基礎標高	下流水位 (EL.m)	各孔の揚圧力係数	各ブロックの採用揚圧力係数	滑動安全率 4.0 以上		
								設計時	仕上げ掘削後	試験湛水時
BL1	1	0.00	—	547.78	—	—	0.391	8.9	9.1	9.0
	2	0.00	—	546.25	—	—				
	3	0.00	—	543.86	—	—				
	4	0.02	549.14	540.79	—	0.391				
BL2	5	0.01	544.37	536.81	—	0.299	0.656	4.9	5.6	4.7
	6	0.13	552.36	533.71	—	0.656				
	7	0.05	544.20	531.86	—	0.408				
	8	0.02	539.39	531.01	—	0.269				
BL3	9	0.01	537.12	530.40	—	0.212	0.285	4.9	5.9	5.8
	10	0.02	538.14	528.60	—	0.285				
	11	0.00	—	523.56	—	—				
BL4	12	0.01	528.62	522.39	—	0.157	0.259	4.9	5.5	5.5
	13	0.04	530.93	520.05	—	0.259				
	14	0.03	524.66	516.46	—	0.180				
BL5	15	0.07	523.49	511.80	515.0	0.180	0.218	4.7	5.2	5.2
	16	0.09	524.28	510.41	515.0	0.197				
	17	0.10	525.30	509.75	515.0	0.218				
BL6	18	0.06	521.72	510.06	515.0	0.143	0.239	4.5	5.0	4.9
	19	0.08	526.26	511.54	515.0	0.239				
	20	0.05	525.20	513.86	515.0	0.216				
BL7	21	0.02	526.64	515.10	—	0.245	0.353	4.5	4.6	4.4
	22	0.06	531.72	515.10	—	0.353				
	23	0.00	—	—	—	—				
BL8	24	0.00	—	—	—	—	—	6.3	5.8	—
	25	0.00	—	—	—	—				
	26	0.00	—	—	—	—				
BL9	27	0.00	—	—	—	—	—	9.7	8.8	—
	28	0.00	—	—	—	—				
	29	0.00	—	—	—	—				
BL10	30	0.00	—	—	—	—	—	20.0	18.7	—
	31	0.00	—	—	—	—				

BL6 には、上下流方向にクロスギャラリーが配置されており、クロスギャラリーには基礎排水孔が配置されている。図 3.3.14 は、サーチャージ水位時における上下流方向に設置している基礎排水孔での実測揚圧力分布（図中赤線）を示したものである。

これら実測揚圧力分布に対する堤体安定性を確認した。

実測揚圧力での堤体安定性検証の結果、表 3.3.2 に示すようにせん断安全率 4 以上を満足し、堤体安定性を確認した。

表 3.3.2 実測揚圧力(クロスギャラリー設置の基礎排水孔)による 6 ブロック安定計算(サーチャージ水位時)

		鉛直力 (kN)	水平力 (kN)	モーメント (kNm)
堤体自重	V1	35787.51	-	281107.864
地震力	Pj	-	3220.876	53101.324
静水圧	Pw	-	13111.313	217598.169
静水重	Vw1	8822.181	-	-137391.028
動水圧	Pd	0	1326.067	26083.241
堆泥圧	Pe	-	1182.353	7904.137
堆泥重	Ve1	1891.765	-	-38547.101
下流水圧	Pwd	-	-53.361	-113.682
下流水重	Vwd	42.689	-	1772.439
揚圧力	U1	-11074.400	-269.135	20981.264
合計		35469.74523	18518.11274	432496.6269

基礎傾斜角 THITA 1.39215491
 合計(せん断面) 35909.17851 17650.8987

安全率 SF= 4.85
 e= 4.098
 Ru= 335.7
 Rd= 710.31
 B/6= 11.443
 B/6-e= 7.345

表 3.3.3 堤体安定性照査結果 (BL6)

	設計時	仕上げ掘削後	試験湛水時 (実測揚圧力分布時)
せん断安全率(4.0 以上)	4.5	5.0	4.85

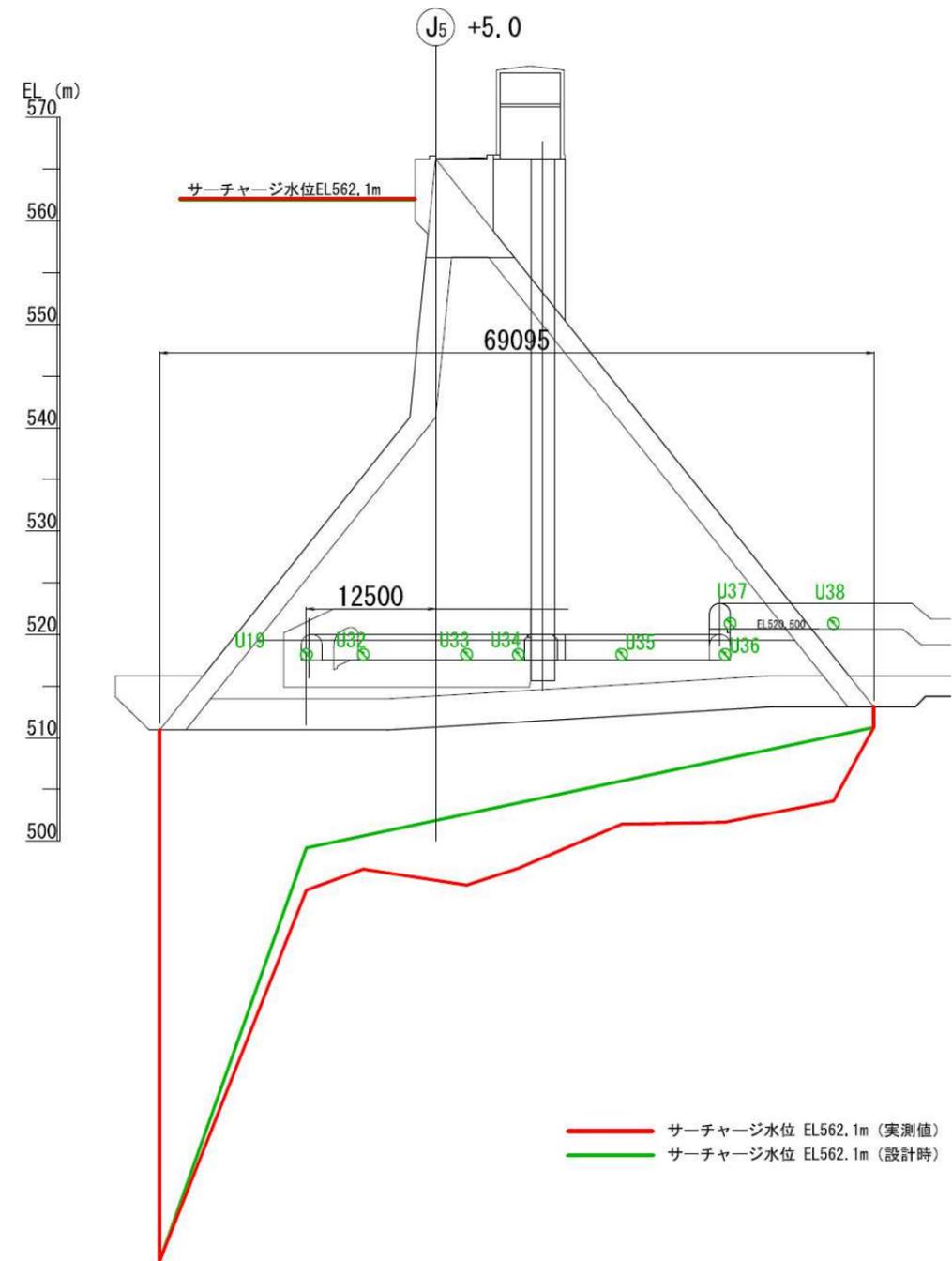
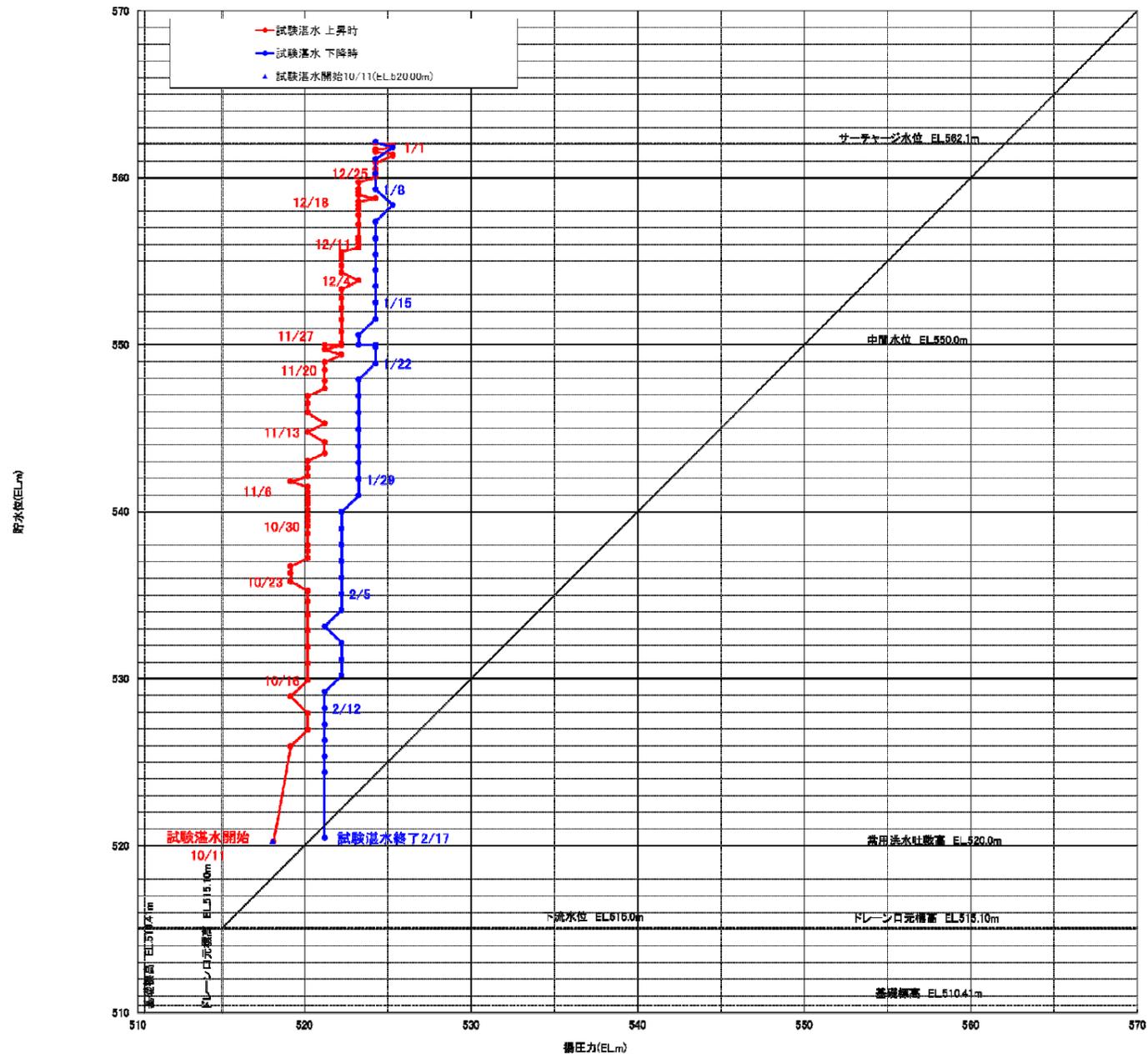


図 3.3.14 実測揚圧力(クロスギャラリー投影)分布図

基礎排水孔(U16) 揚圧力-貯水位相関図



基礎排水孔(U17) 揚圧力-貯水位相関図

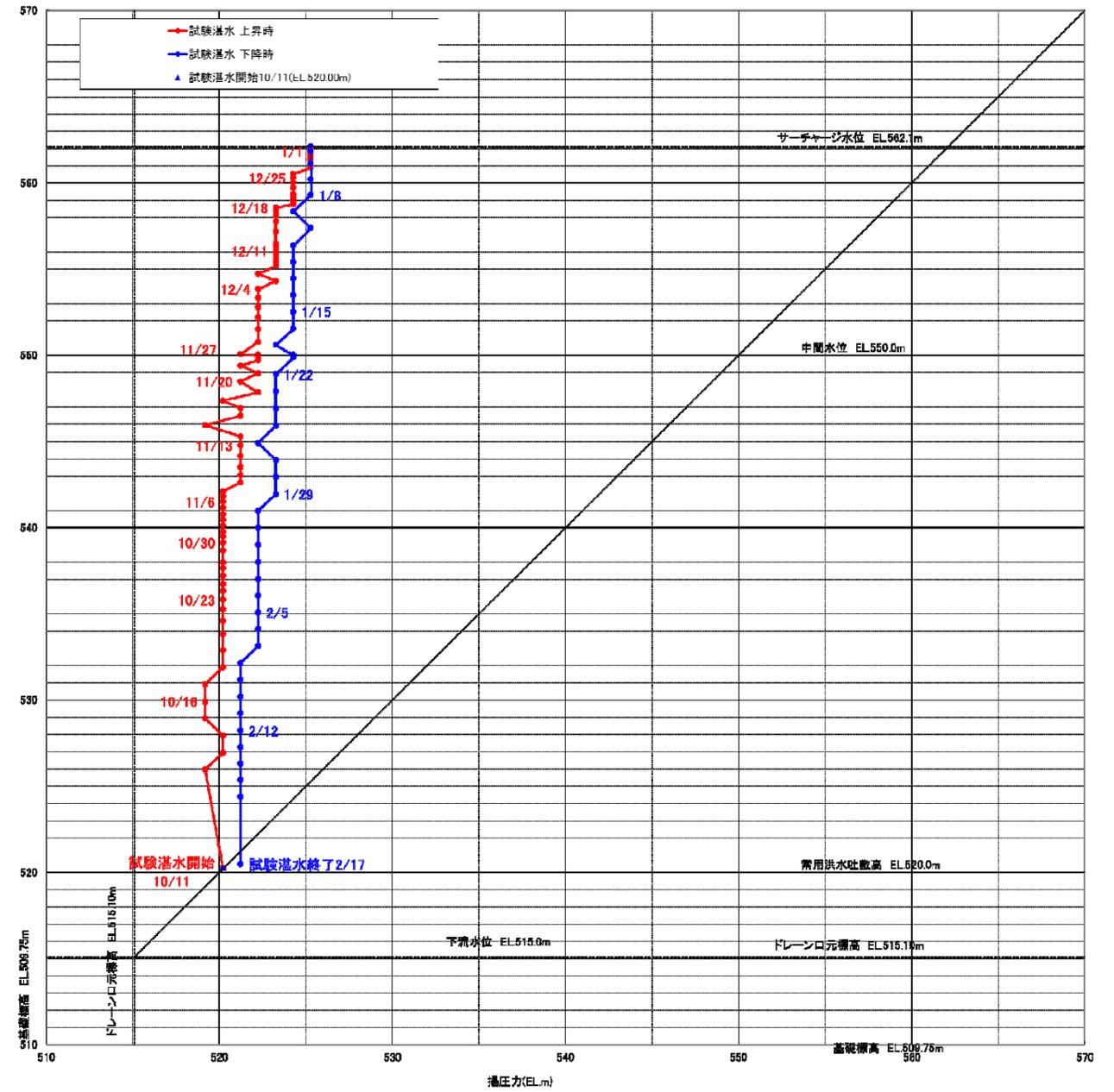


図 3.3.15 揚圧力-貯水位の相関(U16~U17)

※ 斜め線は揚圧力 100%を示す。

3) 間隙水圧

a) 間隙水圧の経過および評価

間隙水圧計は、図 3.3.16 および図 3.3.17 に示すように、FV 断層近傍の 7 ブロックの上下流方向に設置している。間隙水圧の計測値（標高換算値）は、試験湛水開始前より常用洪水吐敷高 EL520.0m 以上の値が確認されており、これらは地下水位による影響と考えられる。試験湛水開始後は、貯水位の上昇に伴い間隙水圧の計測値も上昇し、最高水位のサーチャージ水位で最大値を示した。貯水位の低下開始後は、貯水位に合わせて間隙水圧は低下した。

間隙水圧計の最も上流側に配置されている P1 が最も間隙水圧計測値の増加が大きい。これに対し、最も下流側の P4 は間隙水圧の計測値の増加はわずかである。間隙水圧の計測値の湛水開始時、サーチャージ水位時（設計時）、サーチャージ水位（実測）の分布状況は、図 3.3.18 に示すとおりであり、試験湛水開始前からサーチャージ水位時までの間隙水圧の計測値の増加量は、貯水位の上昇量に比べて小さく、カーテングラウチングの効果が発揮されてダム堤敷に作用する間隙水圧（揚圧力）はダム堤体上流端の貯水位相当の揚圧力に比べて低減しているものと判断される。

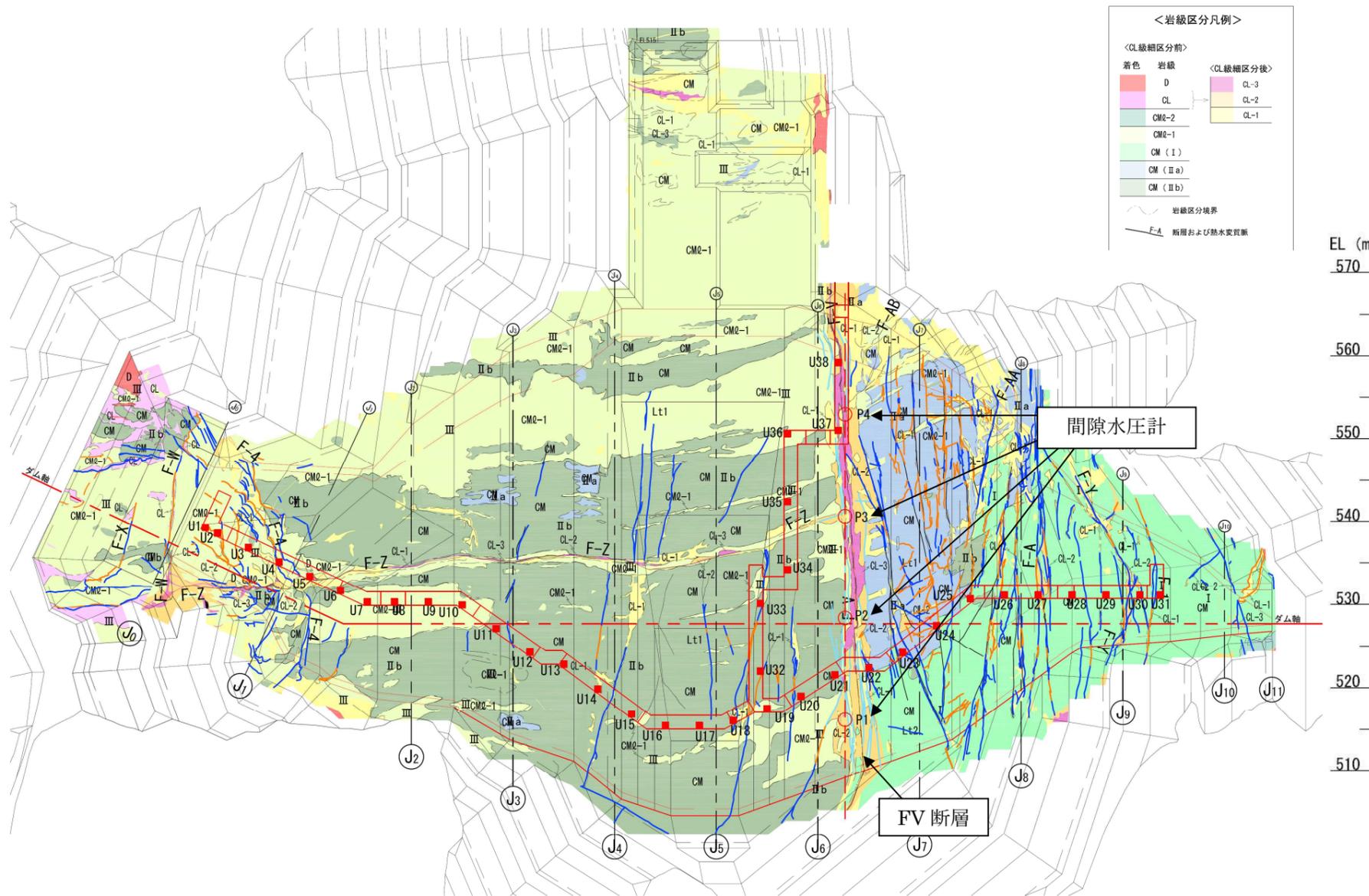


図 3.3.16 間隙水圧計配置図（掘削面岩級区分図）

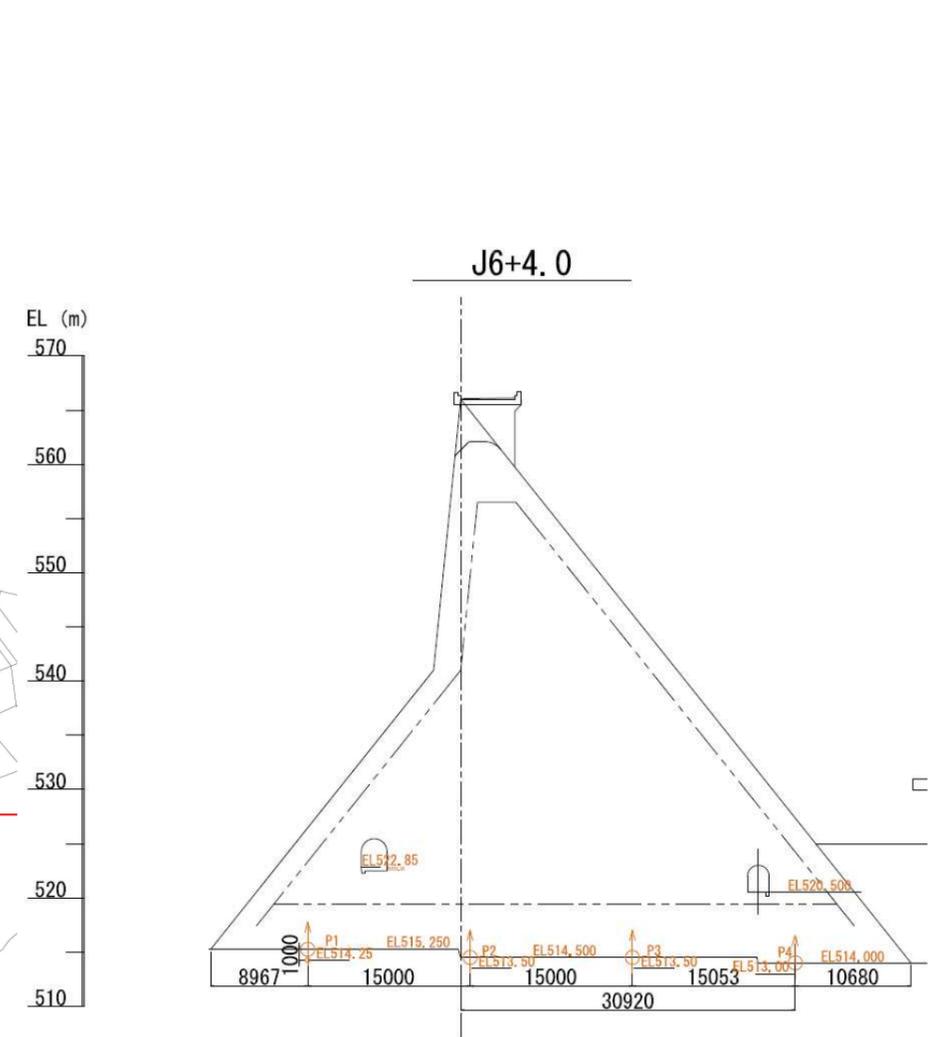


図 3.3.17 間隙水圧計 横断配置図

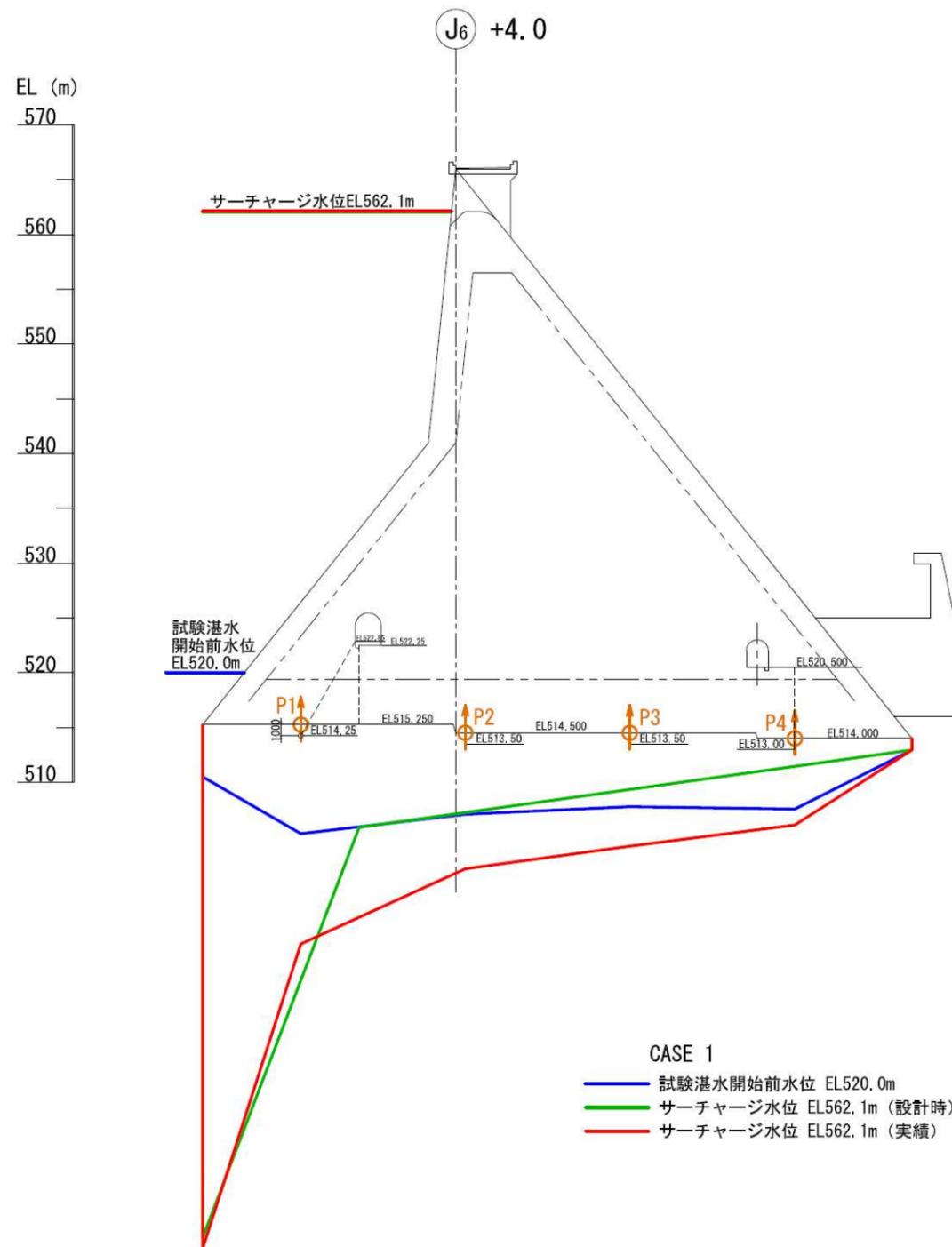


図 3.3.18 間隙水圧分布図

b) 実測間隙水圧値を踏まえた堤体安定性

間隙水圧計測値の分布は、図 3.3.18 に示したとおりである。サーチャージ水位時の実績揚圧力分布は図中の赤線であり、これら実測揚圧力分布に対する堤体安定性を確認した。

実測揚圧力（間隙水圧）での堤体安定性検証の結果、以下に示すようにせん断安全率 4 以上を満足し、堤体安定性を確認した。

表 3.3.4 実間隙水圧による7ブロック安定計算（サーチャージ水位時）

	鉛直力(kN)	水平力(kN)	モーメント(kNm)
堤体自重 V1	29449.355	-	230909.488
地震力 Pj	-	2650.442	39421.255
静水圧 Pw	-	11078.714	165814.016
静水重 Vw1	7293.145	-	-99642.536
動水圧 Pd	0	1100.052	19151.272
堆泥圧 Pe	-	798.216	4284.657
堆泥重 Ve1	1277.146	-	-23354.740
揚圧力 U1	-8950.239465	-251.4239126	9782.014195
合計	29069.40653	15376.00009	346365.4262

基礎傾斜角 THITA 1.609090089
 合計(せん断面) 29489.70527 14553.66133

安全率 SF= 4.56
 e= 2.660
 Ru= 343.3
 Rd= 568.12
 B/6= 10.785
 B/6-e= 8.125

表 3.3.5 堤体安定性照査結果 (BL7)

	設計時	仕上げ掘削後	試験湛水時（実測間隙水圧分布時）
せん断安全率(4.0 以上)	4.5	4.6	4.56

(5) 継目排水孔漏水量

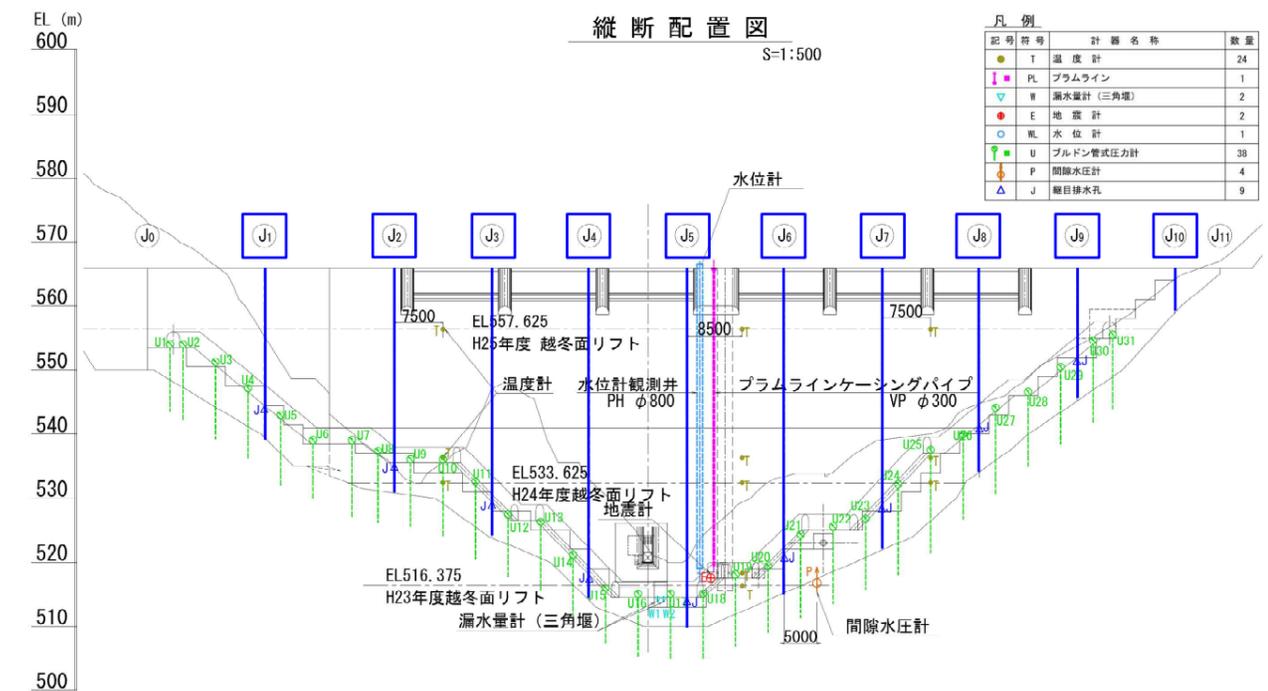
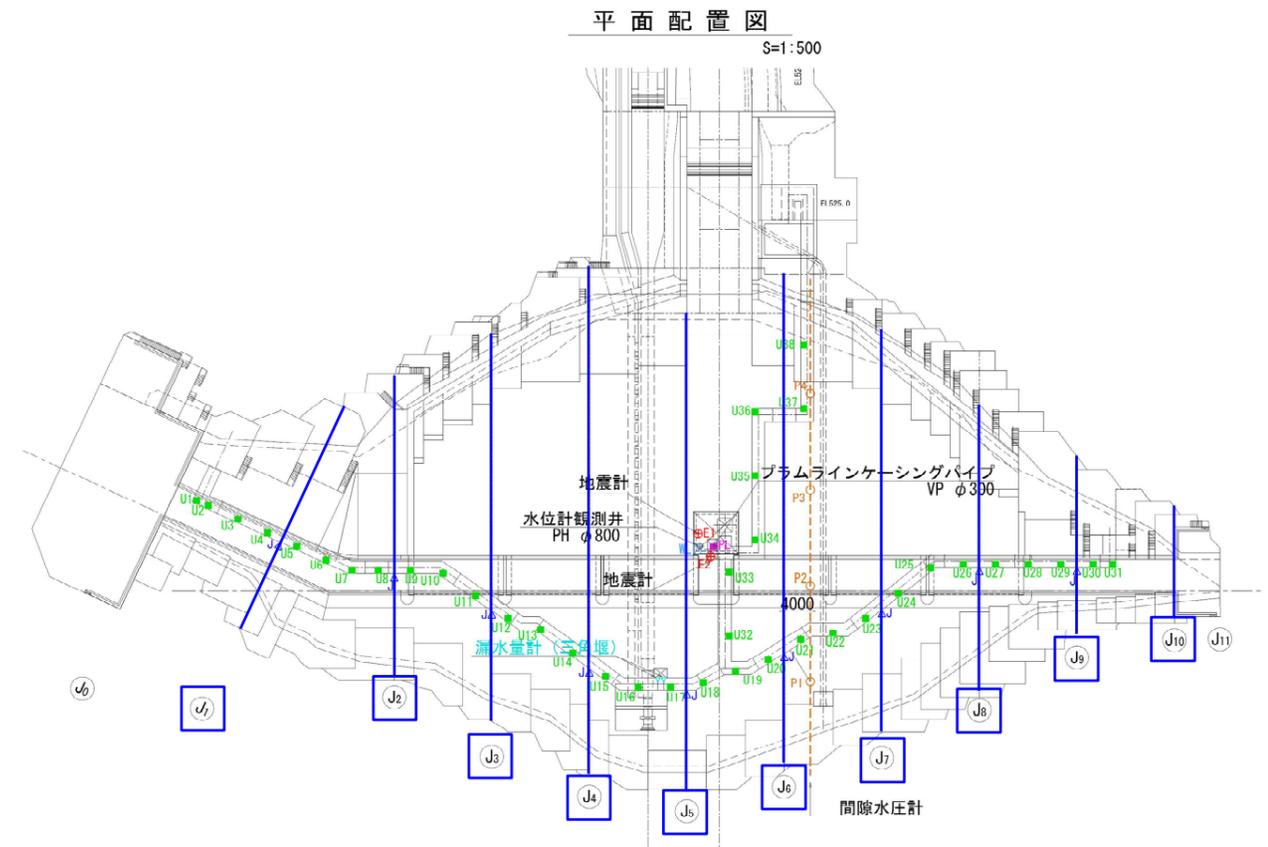
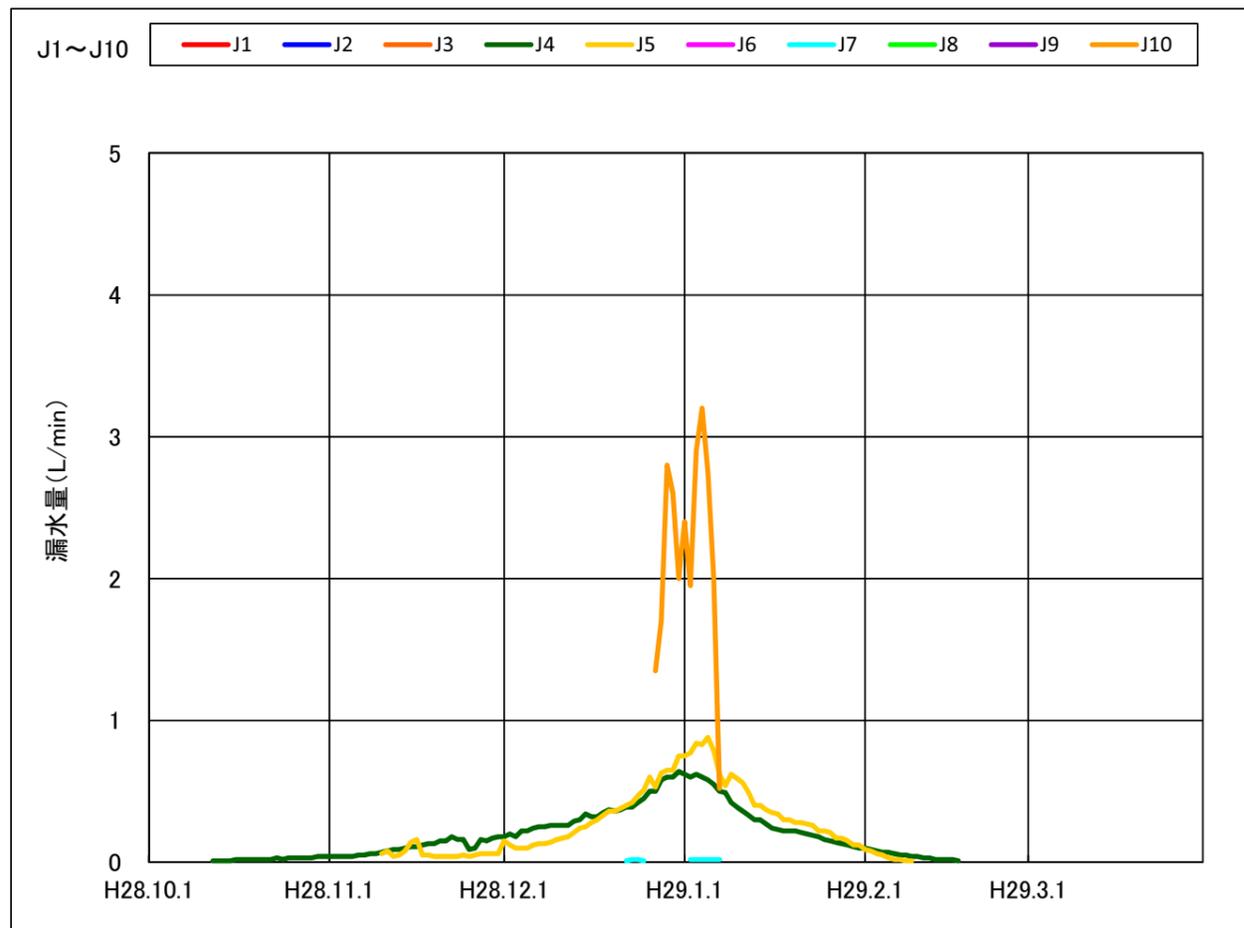
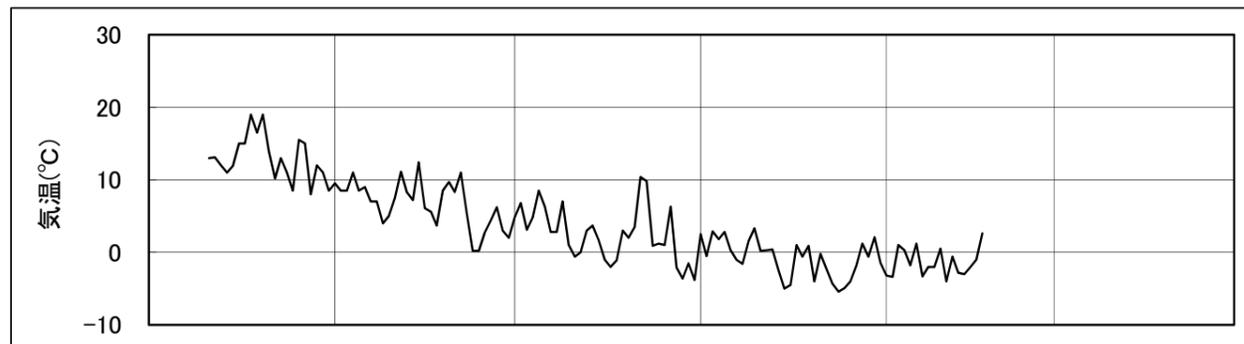
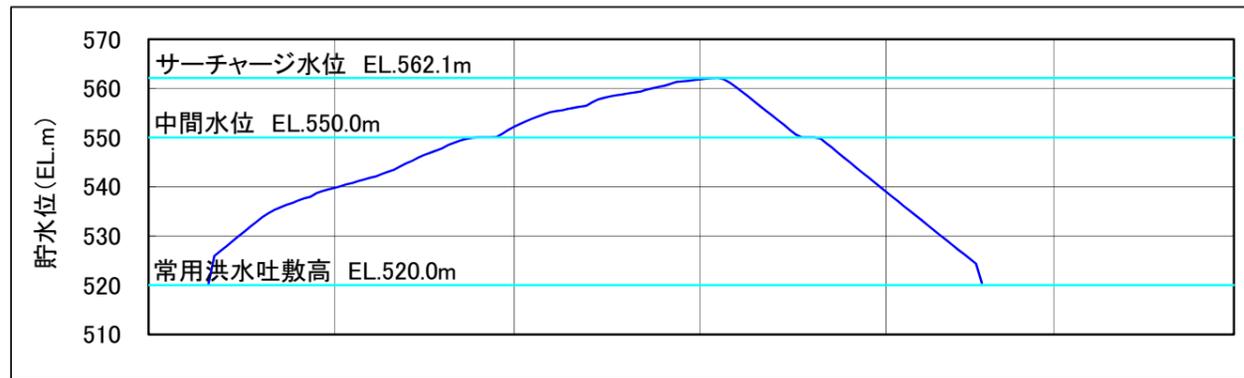
継目排水孔からの漏水は、J4,J5,J7,J10 の 4 箇所で見つめられた。詳細は、以下に示すとおり。

1) 継目排水孔からの漏水発生経過

- J4 からの継目漏水は、試験湛水開始時より確認され、試験湛水開始時の漏水量は 0.01L/min であり、貯水位上昇に伴い微増しサーチャージ水位時には 0.62L/min となった。その後、水位低下に伴い漏水量は減少し、試験湛水終了時の平成 29 年 2 月 17 日には 0.01L/min まで減少した。
- J5 からの継目漏水は、平成 28 年 11 月 10 日に確認 (0.06L/min) され、水位上昇に伴い漏水量は微増しサーチャージ水位時には 0.84L/min となった。水位低下開始後は、漏水量は減少し、平成 29 年 2 月 9 日以降は、漏水量は認められない (漏水量 0.0L/min)。
- J7 からの継目漏水は、平成 28 年 12 月 22 日から 12 月 25 日の間および平成 29 年 1 月 2 日から 1 月 7 日の間に漏水が確認されているが、その量は 0.01~0.02L/min と微量である。平成 29 年 1 月 8 日以降は、漏水は認められない (漏水量 0.0L/min)。
- J10 からの継目漏水は、平成 28 年 12 月 27 日に確認され、その量は他の継目と比較して若干多く、1~3L/min 程度である。水位低下後は、漏水量は減少し、1 月 7 日まで漏水は確認されたものの 1 月 8 日以降は、漏水量は認められない (漏水量 0L/min)。

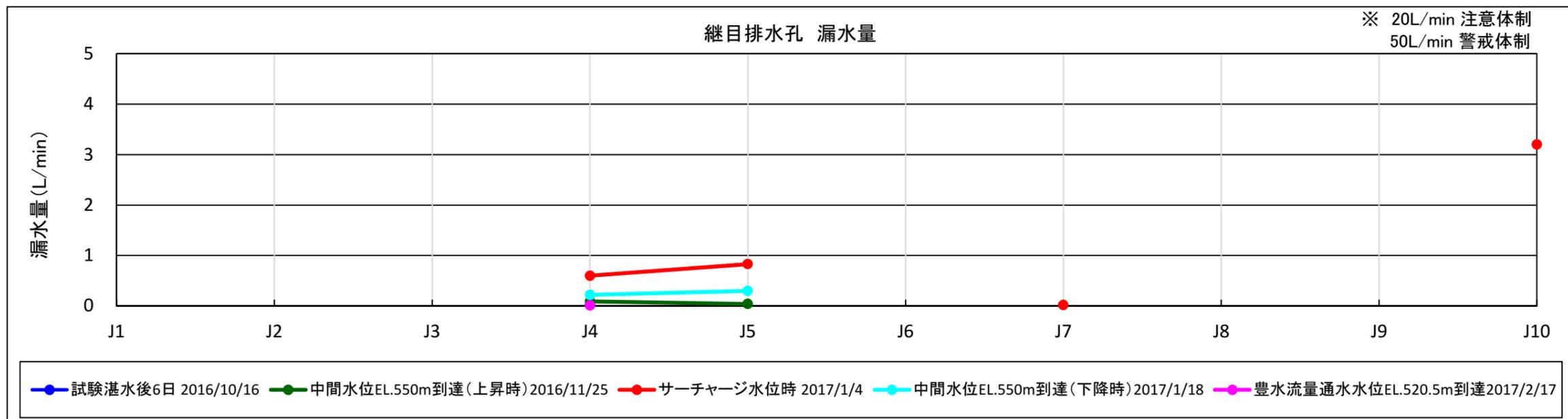
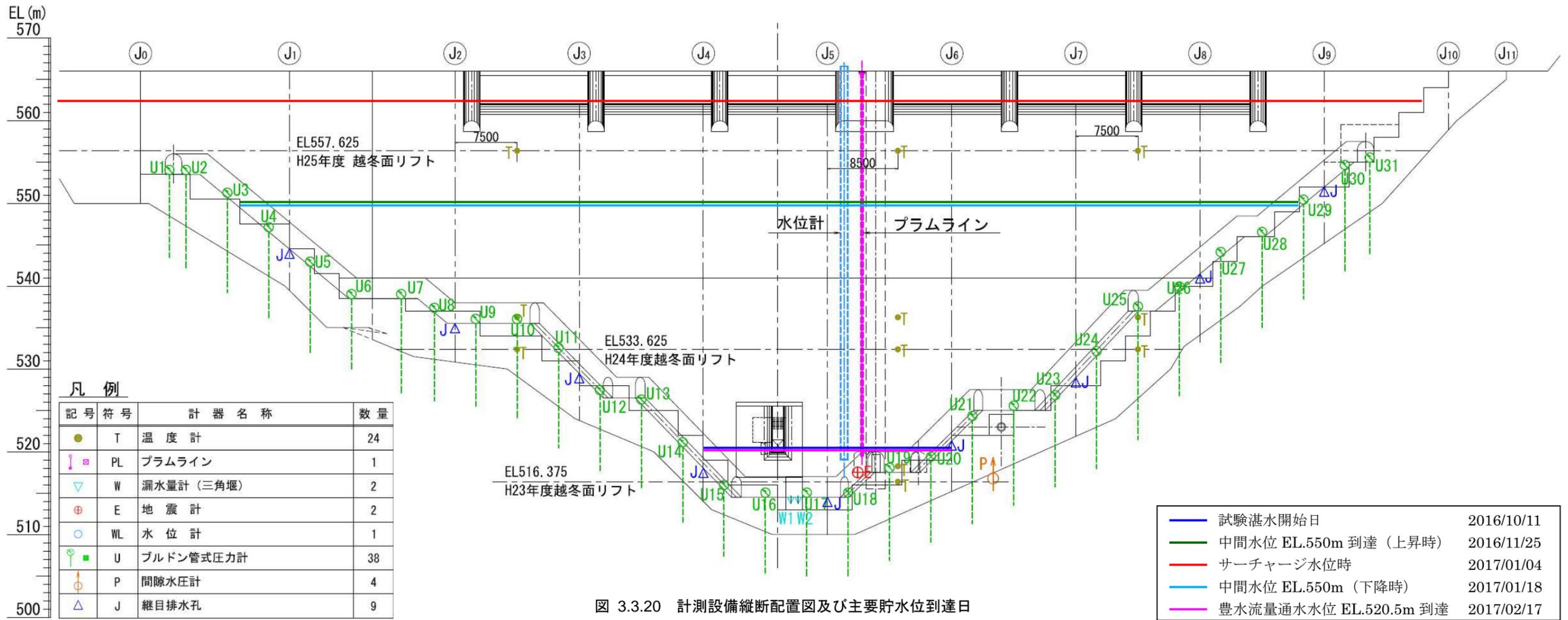
2) 基礎排水孔漏水量の評価

- 漏水が発生した J4、J5、J10 の漏水は、最高水位のサーチャージ水位時に漏水量のピークとなり水位低下に伴い減少傾向を示した。これら漏水は、貯水位と連動して増加・減少の挙動を示し、漏水量は最大でも J10 の約 3L/min と管理基準値 (注意体制：20L/min) に比べ少なく、ダムの安全性に問題はないと判断した。



記号	計器名称	数量
T	温度計	24
PL	ブラムライン	1
W	漏水量計 (三角堰)	2
E	地震計	2
WL	水位計	1
U	ブルドン管式圧力計	38
P	間隙水圧計	4
J	観目排水孔	9

図 3.3.19 継目漏水量 経時変化図



(6) 堤体変位

1) 堤体変位の経過

- 湛水初期の堤体の変位は、水位上昇に伴い、水重の影響から上流にわずかに傾斜（最大 0.6mm）していたが、貯水位が EL546m 付近に到達した時点ピークに水圧の影響により堤体変位は下流側へ変位した（堤体変位は減少）。
- 平成 28 年 12 月 3 日には、堤体変位量は 0.0mm と試験湛水開始時の状態に戻った。
- その後、水位上昇に伴う水圧の影響により堤体は下流へと変位し、サーチャージ水位時に最大となり変位量は下流に 1.5mm である。
- 貯水位低下に伴い、変位量は減少し、試験湛水終了の平成 29 年 2 月 17 日には、下流 1.1mm の変位量となっている。水位上昇時に比べ、若干、残留変位が認められる状態にある。

2) 堤体変位の評価

堤体変位は、湛水初期の貯水位上昇時には水重の影響から上流に傾斜し、その後、さらに水位が上昇すると水圧の影響により下流へ変位した。最大変位は、サーチャージ水位時の下流へ 1.5mm であり、一般的なダムと比べて大きいものではない。

その後、水位低下に伴いもとの状態に戻る傾向にあるが、残留変位がわずかに残っている。試験湛水終了時の平成 29 年 2 月 17 日では、残留変位は下流に 1.1mm と小さい。

以上、堤体変位の規模は小さく、また、試験湛水中の挙動は貯水位と連動した動きを示しており、堤体変位は注意体制基準値に対して十分小さい値であり、問題がない挙動であると判断した。

日付	変位量 (Y: 上下流方向)	備考
平成28年10月11日	0.0mm	湛水開始 (EL.520.0m 常用洪水吐き敷高)
平成28年10月12日	0.0mm	利水放流管中心標高 EL523.0m
平成28年10月16日	0.3mm	試験湛水から 6 日後 (EL529.91m)
平成28年11月25日	0.2mm	水位上昇中間水位時 (EL550.0m)
平成28年12月 3日	0.0mm	湛水開始時の状態に戻る (EL553.33m)
平成29年 1月 4日	-1.5mm	サーチャージ水位時(EL562.1m)
平成29年 1月18日	-1.1mm	水位低下中間水位時 (EL550.0m)
平成29年 2月17日	-1.1mm	試験湛水終了時(EL.520.5m)

(プラスは上流側への変位、マイナスは下流側への変位)

