

### 3. グ라우チング計画・設計・施工

#### 3.1 コンソリデーショングラウチング

コンソリデーショングラウチングは、平成 14 年度の「グラウチング指針（案）」平成 14 年 4 月試行改訂時に、当初（実施設計）のグラウチング計画の見直しを行った。

##### 3.1.1 施工範囲

###### (1) 改訂前

コンソリデーショングラウチングは、掘削に伴う基礎岩盤の弛みとカーテングラウチングとあいまって堤体接触部の基礎地盤の遮水性を改良することを目的として計画した。そのため、堤敷内の基礎岩盤全域に加え、以下に示すことを考慮して、カーテングラウチングの上流にも施工することとした。

- ・ カーテングラウチングの注入効果を高めるとともに、注入時のリークを防止するため、カーテングラウチング孔周辺の基礎岩盤の遮水性を改良する。
- ・ 基礎排水孔から上流は、浸透流路長が短く動水勾配が大きいことから、カーテングラウチングを含む遮水ゾーンの厚みを確保する。

###### (2) 改訂後

新指針により、「遮水性改良」と「弱部補強」の 2 つの目的に区分した。

ダム軸方向については、カーテングラウチング孔配置に合わせて 6m ピッチで配孔した。

掘削面調査の結果から、弛みの進行が懸念される弱部を抽出し、弱部補強目的のコンソリデーショングラウチングを施工した。

##### F-1 断層堤趾部

F-1 断層沿いには、幅 10 cm の CL 級岩盤が上下流方向に連続して分布しており、当該部分は断層と周辺岩盤の変形性の違いを考慮してコンクリート置換え工を実施した箇所である。F-1 断層付近は本ダムでも最大断面となり、特に堤趾部付近では応力集中箇所となるため、弱部補強目的のコンソリデーショングラウチングを施工した。

##### BL.13 堤趾の断層会合部

BL.13 堤趾部において F-m 断層と F-l 断層が会合しており、当該位置には幅 5m × 上下流 7m 程度の規模で CL 級～D 級岩盤が分布している。F-1 断層部と同様に、高角度断層の会合部がやや深部まで軟質化していることが想定されているため、弱部補強目的のコンソリデーショングラウチングを施工した。

##### 右岸側の堤敷盤下げ

J.12～J.13 付近堤敷盤下げ部の下流については、下記の理由によりコンソリデーショングラウチングを実施した。

- ・ 盤下げ部の掘削斜面上部は弛みやすく、基礎掘削後の応力開放等による弛みの進行が観察された。
- ・ 盤下げの下流側斜面は、低角度割れ目が下流下がり方向と高角度方向で分布するため、割れ目を介して岩盤ブロック状に残りやすい。
- ・ 盤下げ部の下流斜面では斜面上部の岩塊が小規模崩壊を起こした実績がある。
- ・ J.12～J.13 付近の盤下げ部下流側地盤は堤体堤趾部付近となり、ダム基礎としての重要度が高い。
- ・ 盤下げ部斜面上部付近は、堤体コンクリート隅各部となり、ダム基礎岩盤も凸部となることから応力が集中しやすい。

##### 左岸側の下流下がり断面の上流付近

BL.9～BL.11 付近の下流下がり断面部では、上流側斜面部が掘削後の応力開放等に伴っ

て弛みが生じているため、弱部補強目的のグラウチングを施工した。また、当該部は堤敷中央付近に分布する開口した低角度割れ目の上流側にあたることから、掘削で除去しきれない低角度割れ目に対するグラウト充填効果が期待できる。

### 3.1.2改良目標値

#### (1) 改訂前

コンソリデーショングラウチングの改良目標値は全域 5Lu とする。

#### (2) 改訂後

遮水性の改良目的のコンソリデーショングラウチング

改良目標値は 5Lu 以下を基本とする。

弱部の補強目的のコンソリデーショングラウチング

改良目標値は 10Lu とする。

### 3.1.3施工時期

#### (1) 改訂前

施工時期はリークを防止する目的で (0.75m × 4 リフト = 3.0m) 以上打設後、リフト面から施工を行うカバーコンクリート方式とする。

#### (2) 改訂後

改訂前と同様、カバーコンクリート(3.0m)方式とする。

### 3.1.4孔の配置及び深さ

#### (1) 改訂前

規定孔は 1 次、2 次孔とし、5m 格子とする。

孔深度は 5m とする。

#### (2) 改訂後

##### 1) 遮水性の改良

カーテンライン上流 1m、基礎排水孔上流 1m にそれぞれ 1 列配置し、ダム軸方向の孔配置はカーテングラウチング孔に合わせて 6m ピッチで配置した。上下流方向の孔配置は、一般部で 5m ピッチ 2 列、フィレット部では変則的に 3 列配置とした。

孔深度は 5m を基本とするが、J.12~J.13 の盤下げ部付近の 4 孔については、改良範囲を基礎排水孔よりも深くするため、7.0m とした。

##### 2) 弱部補強

断層周辺の弱部 : 3m 格子

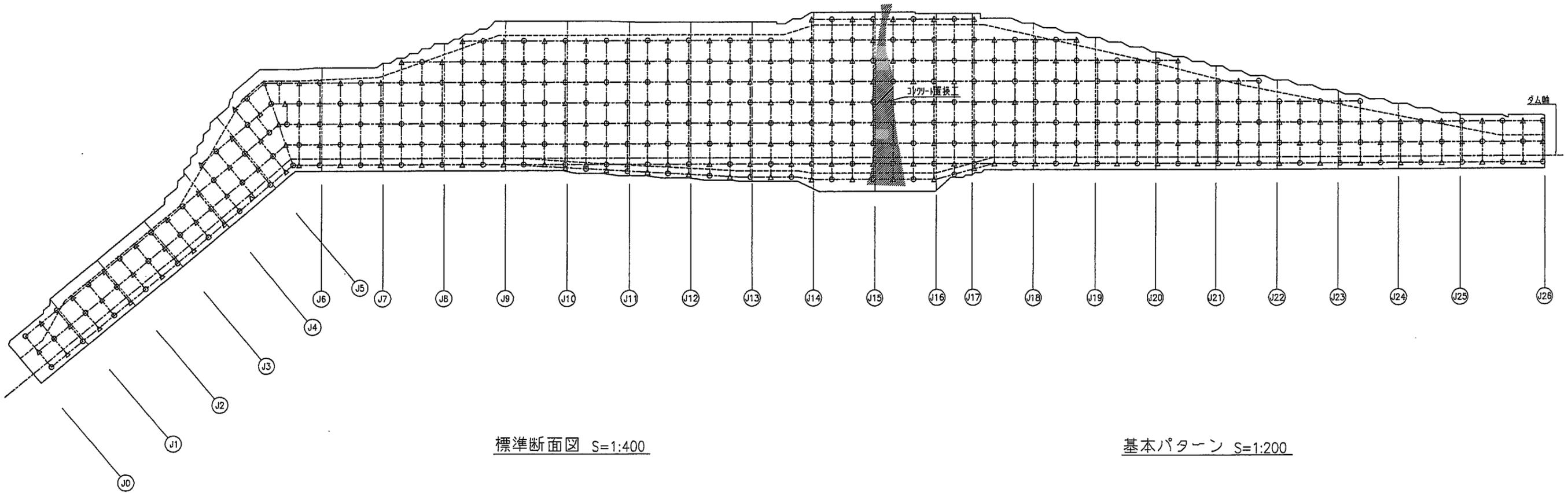
地盤のゆるみ部 : 6m ピッチ単列

孔深さ : 着岩から 5m

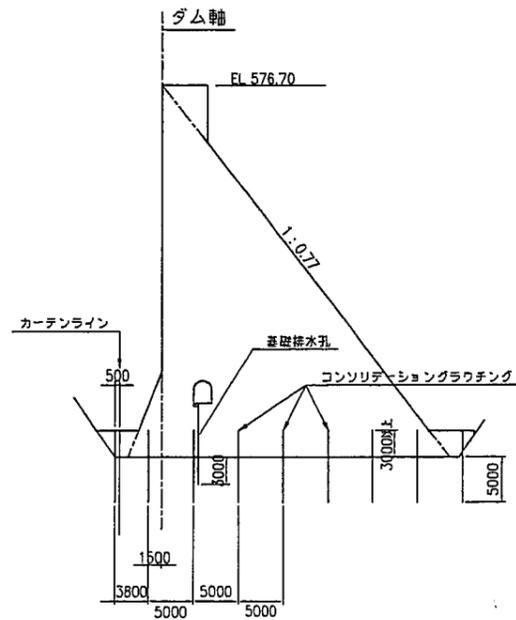
3.1.5 計画図  
(1) 改訂前

コンソリデーショングラウチング計画図(旧) S=1:500

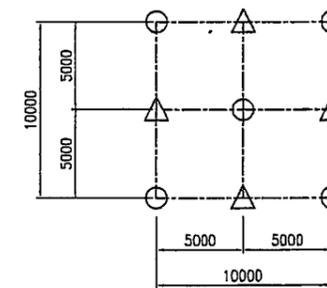
平面図



標準断面図 S=1:400



基本パターン S=1:200



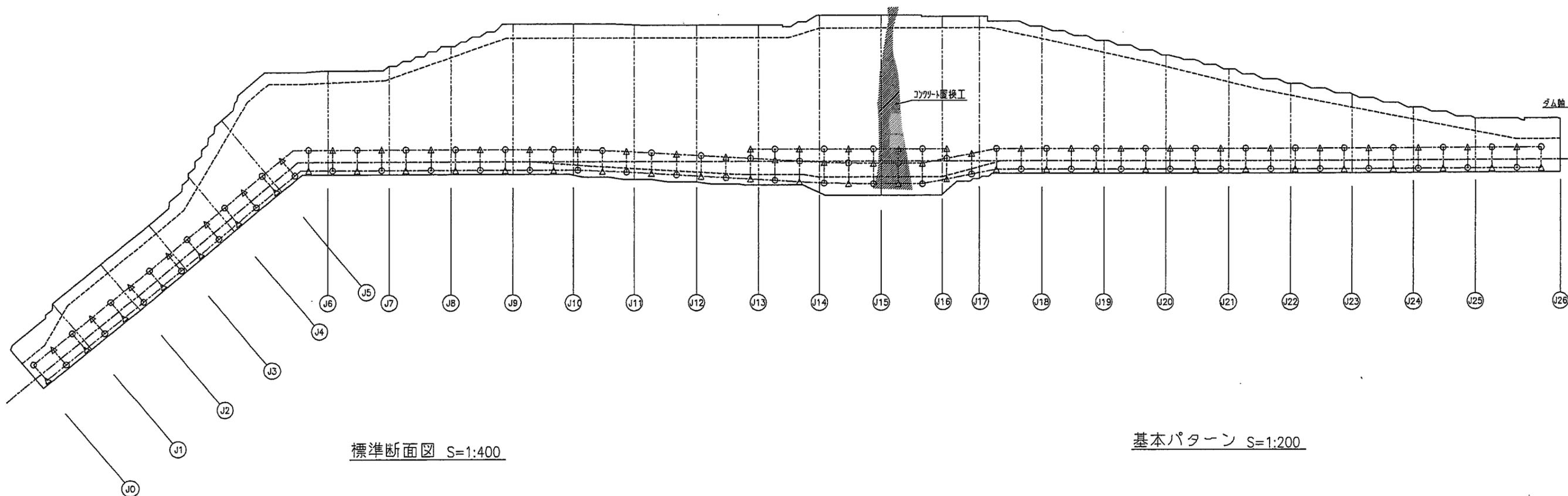
- : 1次孔
- △ : 2次孔

コンソリデーショングラウチング計画図(実施設計時)

(2) 改訂後

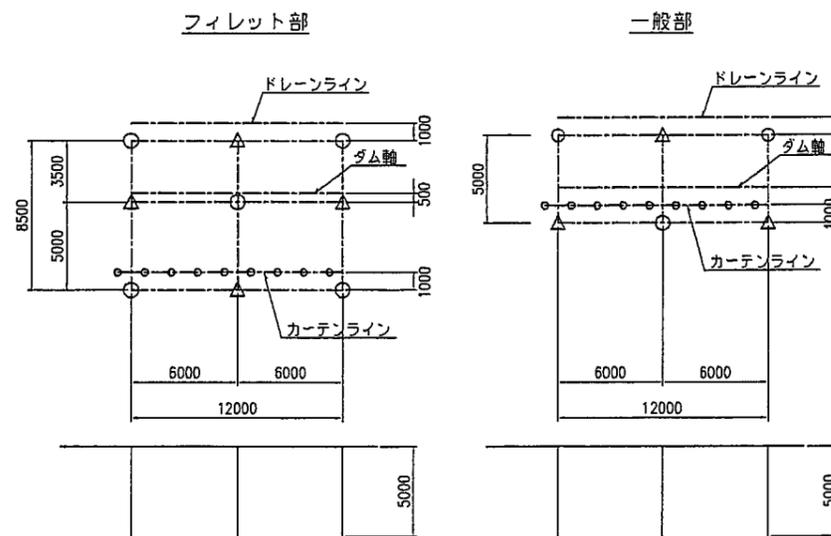
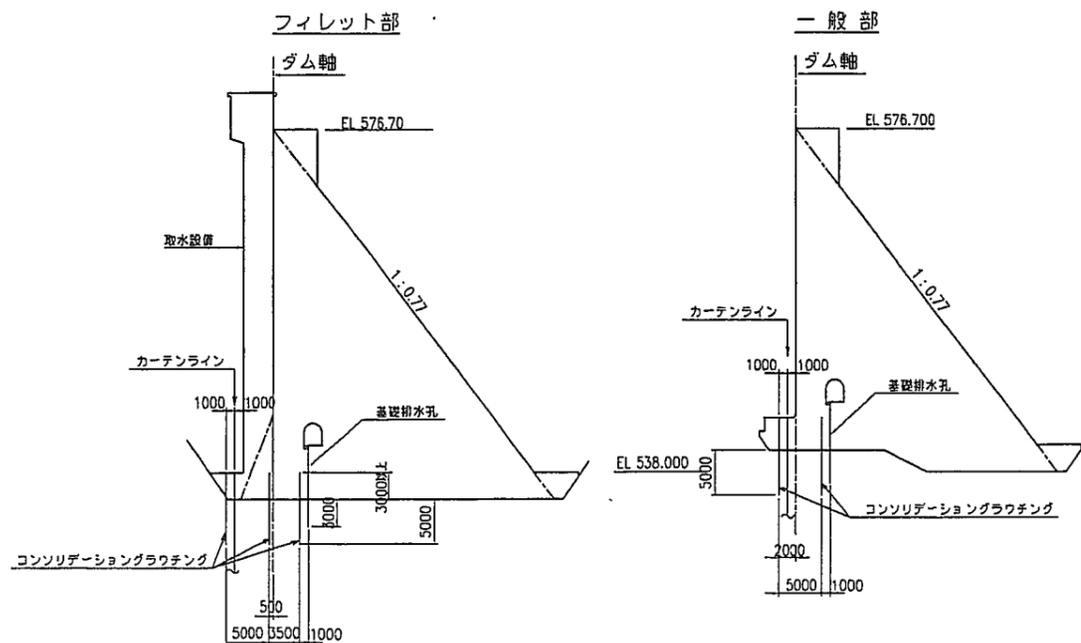
# コンソリデーショングラウチング計画図（新）S=1:500

## 平面図



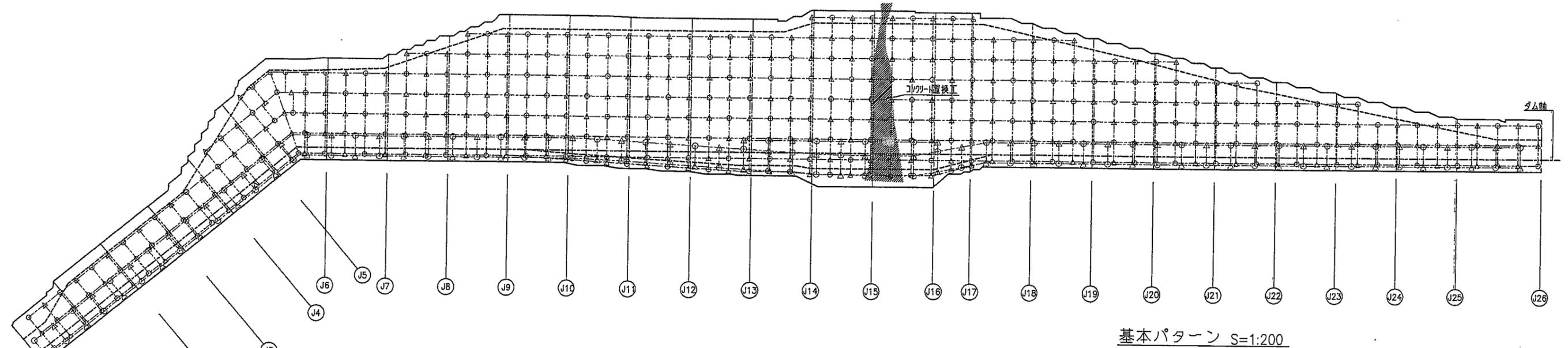
標準断面図 S=1:400

基本パターン S=1:200



- : 1次孔 (規定孔)
- △ : 2次孔 (規定孔)
- : カーテンライン位置

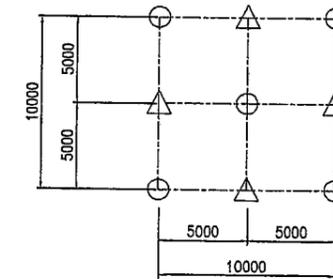
平面図



基本パターン S=1:200

標準断面図 S=1:400

(変更前)



- : 1次孔
- △ : 2次孔

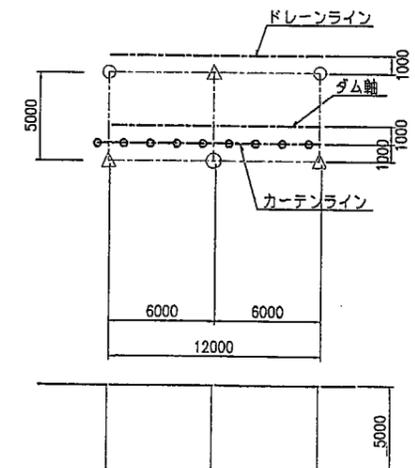
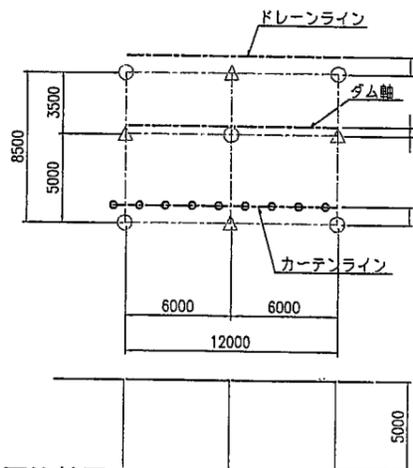
(変更前)

(変更後)

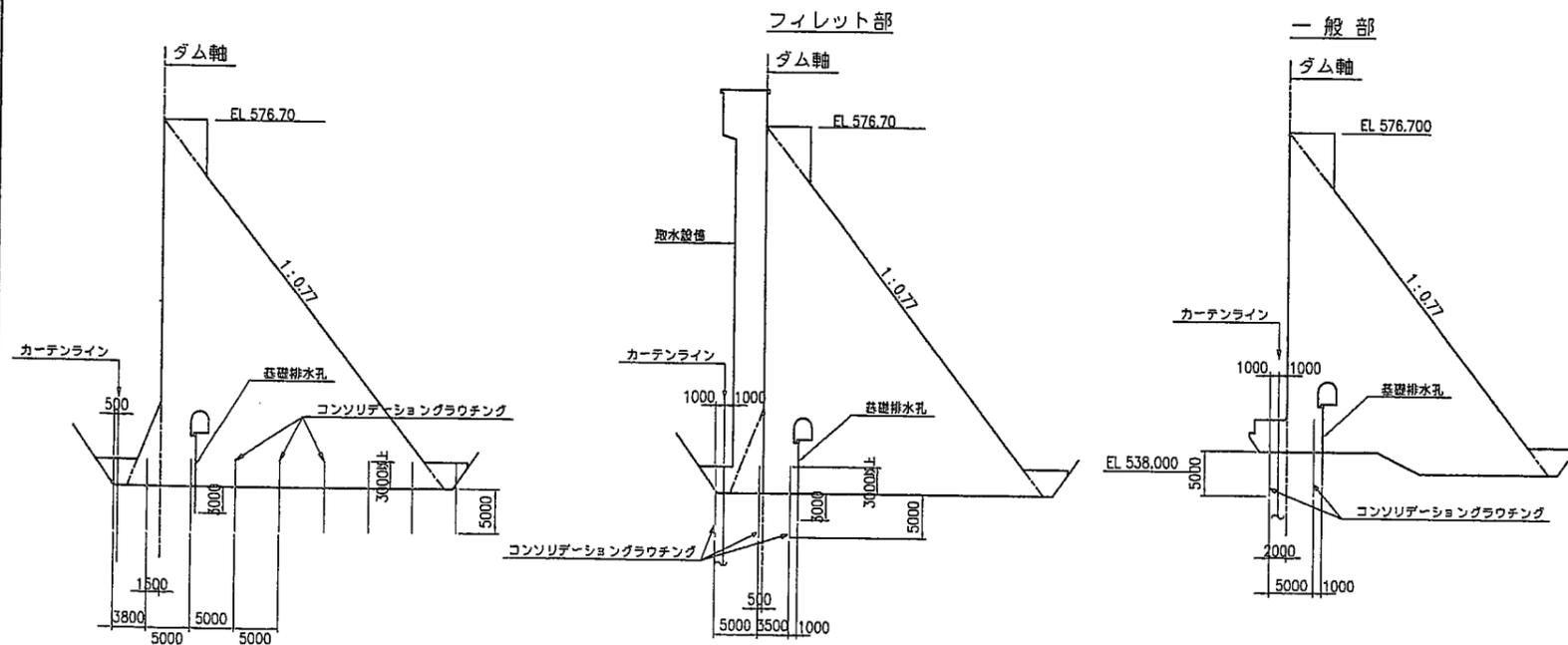
(変更後)

フィレット部

一般部



- : 1次孔 (規定孔)
- △ : 2次孔 (規定孔)
- : 1-70mmφ



コンソリデーショングラウチング計画比較図

### 3.2 カーテングラウチング

#### 3.2.1 施工範囲

##### (1) 改訂前

実施設計時におけるカーテングラウチングの施工範囲、注入仕様等の考え方は次のとおりである。

2Lu 以下の岩盤に達する深さ

地下水位に達する深さ

調査で確認されている高角度割れ目や断層に起因する局所的な高ルジオン値をカバーできる範囲

左右岸方向は、地下水位とサーチャージ水位が交わる範囲まで

なお、右岸深部に 50Lu を超える高透水ゾーンが存在するが、ダム基礎浅部への連続性がない閉領域であると考えられるため、改良範囲には含めないものとした。

##### (2) 改訂後

左岸端部は、高透水ゾーンをカバーする範囲までとした。

右岸側は堤体端部までとした。

#### 3.2.2 改良目標値

##### (1) 改訂前

2Lu (施工範囲全体) とする。

##### (2) 改訂後

・ 0 ~ H/4 (1 ~ 2st) : 3Lu

・ H/4 ~ : 5Lu (H: 最大ダム高)

新指針適用時は、H/4 以浅の改良目標値を 2Lu としたが施工実績から、H/4 以浅の 3 次孔で 3Lu 以下ならば、4 次孔のルジオン値が 2Lu 程度まで低減していることが想定されるため、H/4 以浅の改良目標値を 3Lu に変更した。

#### 3.2.3 施工位置及び施工時期

##### (1) 改訂前

上流フーチングからの施工とし、施工時期は堤体 15.0m 以上打設完了後とした。

##### (2) 改訂後

当初計画どおり、上流フーチングからの施工とする。

ただし、施工時期は堤体 5.0m 以上打設完了後とした。

#### 3.2.4 孔の配置

##### (1) 改訂前

規定 3 次孔 (孔間隔 1.5m) の単列施工とした。補助カーテンなしとした。

##### (2) 改訂後

###### 1) 改良目標値 3Lu 範囲

改良目標値 2Lu 範囲 (0 ~ H/4) は、当初どおり孔間隔 1.5m、規定 3 次孔の単列施工とする。

###### 2) 改良目標値 5Lu 範囲

改良目標値 5Lu 範囲 (H/2 ~ H) は、孔間隔 3.0m、規定 2 次孔とする。

3.2.5 計画図

(1) 改訂前

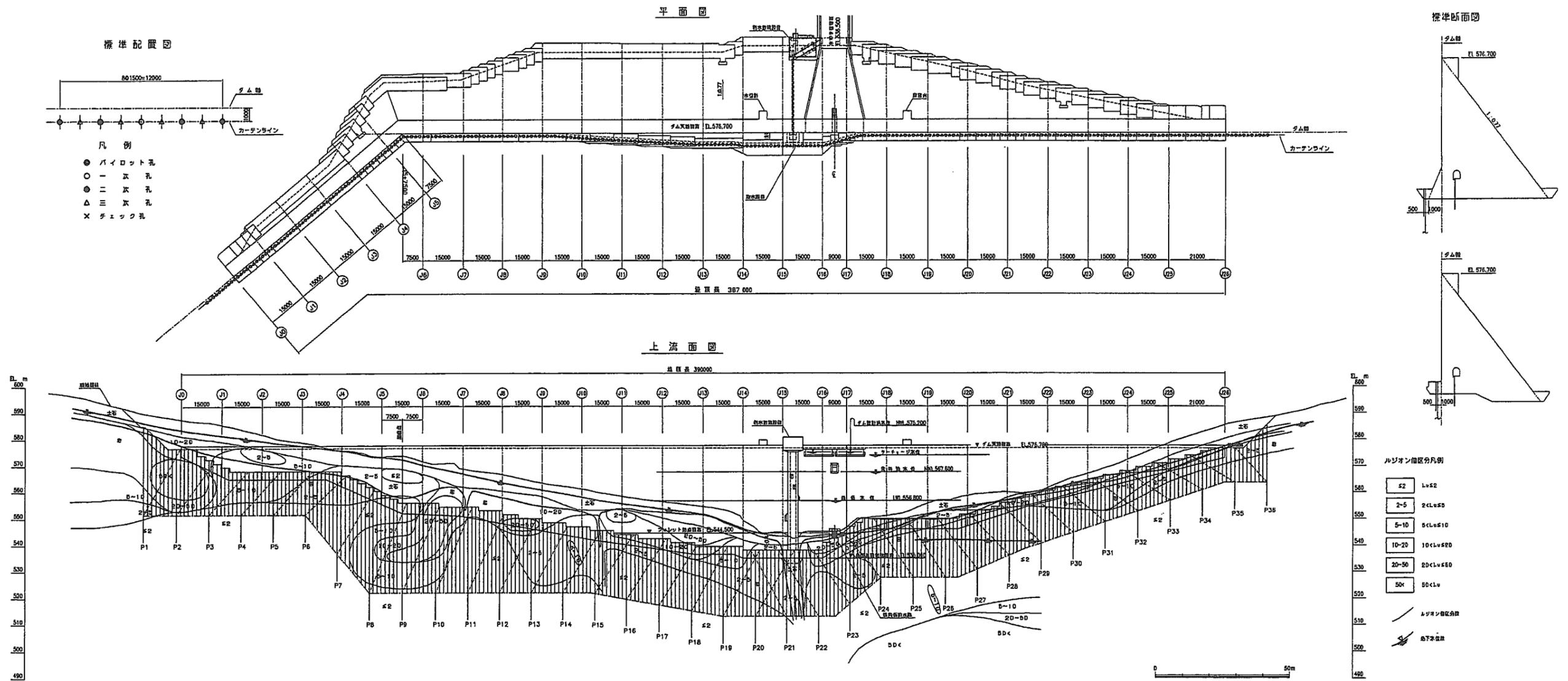


図-4.3.1 カーテングラウチング計画図 (実施設計時)



(3) 計画比較図

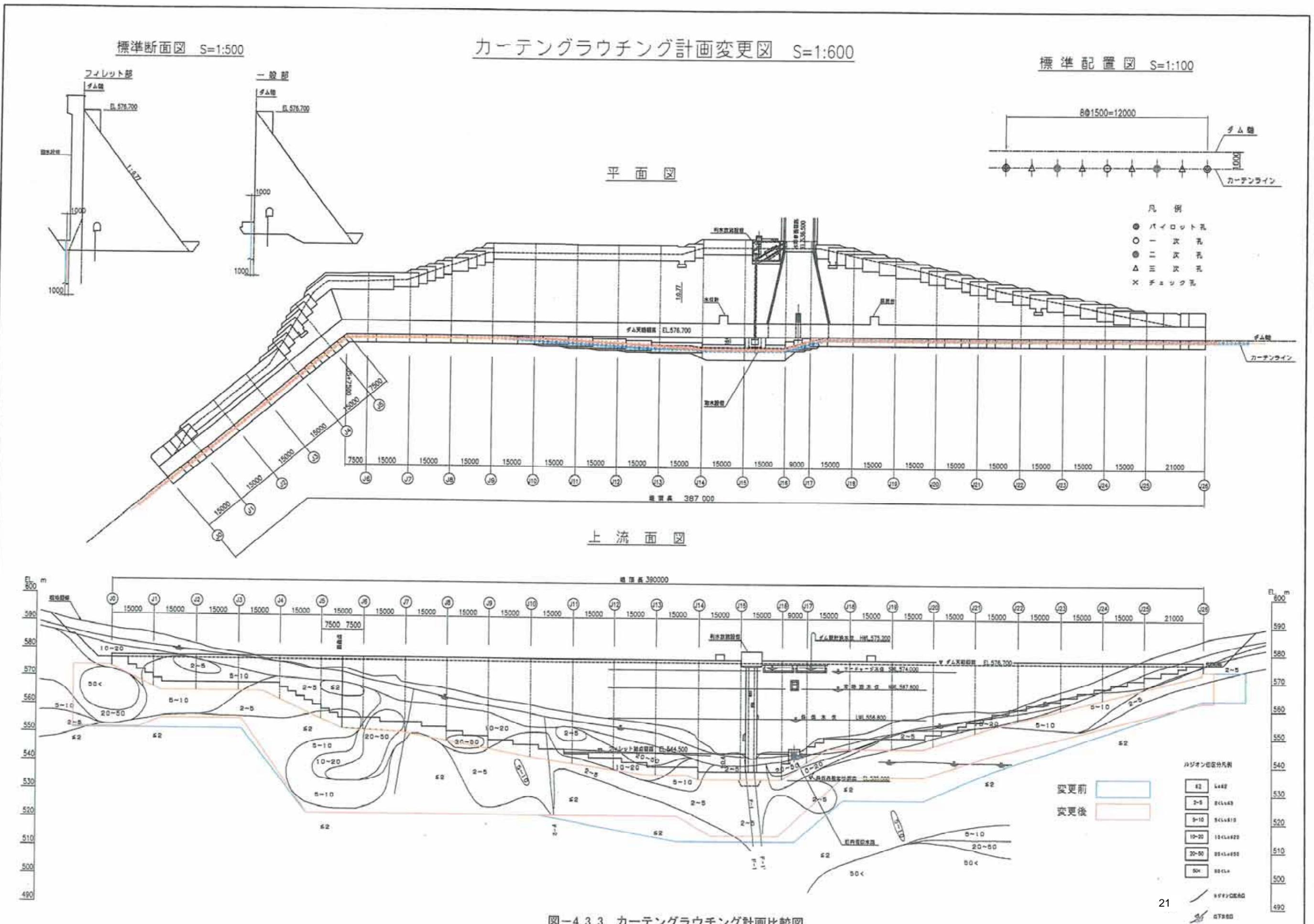


図-4.3.3 カーテングラウチング計画比較図

4. 施工仕様

4.1 コンソリデーショングラウチング施工仕様一覧表

コンソリデーショングラウチング注入仕様

項目	内容									
	遮水性改良目的	弱部補強目的								
改良目標値	改良目標値：5Lu 達成率：非超過確率 85%	改良目標値：10Lu								
施工範囲	基礎排水孔より上流側の堤敷部	堤体の安全性に影響する弱部								
孔配置	基本格子は、ダム軸方向6m×上下流方向5m。 全体配置は計画図のとおり。	断層周辺の弱部：3m格子 地盤のゆるみ部：6mピッチ単列 全体配置は計画図のとおり。								
孔方向	鉛直	3m格子部は鉛直 6mピッチ単列部は斜め北30°								
孔深さ	着岩から5m ただし、盤下げ部3孔は7m 7m孔配置は計画図参照	着岩から5m								
孔径	φ46mm									
施工時期	堤体を3m以上打設後									
グラウト長	5m									
ステージ数	1ステージ									
注入圧力(最大値)	0.3MPa									
注入速度	4ℓ/min/mを原則とする。									
変位量規制	0.2mm/注入1回									
水押し試験	<table border="1"> <thead> <tr> <th>ステージ</th> <th>昇圧段階 (MPa)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>0.05 → 0.15 → 0.3</td> </tr> </tbody> </table>		ステージ	昇圧段階 (MPa)	1	0.05 → 0.15 → 0.3				
ステージ	昇圧段階 (MPa)									
1	0.05 → 0.15 → 0.3									
初期配合	<table border="1"> <thead> <tr> <th>ルジオン値</th> <th>Lu&lt;10</th> <th>10≤Lu&lt;20</th> <th>20≤Lu</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>配合(C/W)</td> <td>1/10</td> <td>1/6</td> <td>1/4</td> </tr> </tbody> </table>		ルジオン値	Lu<10	10≤Lu<20	20≤Lu	配合(C/W)	1/10	1/6	1/4
ルジオン値	Lu<10	10≤Lu<20	20≤Lu							
配合(C/W)	1/10	1/6	1/4							
配合切替え	<p>配合(C/W) → 1/10 → 1/8 → 1/6 → 1/4 → 1/2 → 1/1 → 中断</p> <p>↑ ↑ ↑ ↑ ↑ ↑ ↑</p> <p>600 600 600 600 600 1000</p> <p>①同一配合で上記注入量に達し、②に該当しない場合には配合切替を行う。 ②注入速度に減少傾向がある場合は、基本的に配合切替を行わないが、注入速度の減少量が2時間で1ℓ/min/ステージ以下の場合には、次バッチ練上げ時に一段濃い配合に切り替えるものとする。 ③切替え直後に注入速度に急変が生じた場合には、元の薄い配合に戻す。</p>									
同時注入規制	未改良区域において、平面的に同一ステージで隣接孔と6m以上の場合に同時施工可能とする。									
注入完了	規定注入圧力で、注入量が0.1ℓ/min/m以下に達した後、さらに30分間注入(ダメ押し)し完了とする。									
中断基準	①連続注入量4000ℓを超えても、注入量に減少傾向が見られない場合は中断する。 ②岩盤変位を確認したら、注入圧もしくは注入速度を調節するものとし、1回の注入につき0.2mmを超えた場合はすみやかに中断する。 ③リーク処理を施してもリークが止まらない場合は中断する。 ④中断は2回までとする。									

項目	内容	
	遮水性改良目的	弱部補強目的
再注入	中断基準により注入を一旦中断する場合には、原則として6時間以上経過した後に再注入するものとする。	
追加基準	①最終次数孔のルジオン値が10Luを上回る場合。 ②5Luを上回る孔が連続して存在する場合。 ③最終次数孔において5Luに対するルジオン値の非超過確率が85%に達しない場合。	①最終次数孔のルジオン値が10Luを上回る場合。
省略基準	原則として規定孔の省略は行わない。	

4.2 カーテングラウチング施工仕様一覧表

カーテングラウチング注入仕様比較一覧表

項目	当初仕様			変更仕様			変更理由																												
	一般孔	パイロット孔	チェック孔	一般孔	パイロット孔	チェック孔																													
改良目標値	改良目標値：2Lu (0~10m)、5Lu (10m~) 達成率：非超過確率 85%			改良目標値：3Lu (0~10m)、5Lu (10m~) 達成率：変更なし			1~2st(0~10m)の改良性は低いものの、大部分の孔がルジオン値2~3Luを示しており、改良目標値を3Luとしても止水効果に対する影響は小さいと判断したため。																												
孔配置	1.5m間隔 1列	12.0m間隔 1列	パイロット孔間 1列	変更なし	変更なし	変更なし																													
孔方向	鉛直		斜め	変更なし	変更なし	変更なし																													
孔深さ	10~34.3m	20~45.6m	13.5~32.5m	変更なし	変更なし	変更なし																													
孔径	φ46mm	φ66		変更なし	変更なし	変更なし																													
施工位置	上流フーチング上より			変更なし	変更なし	変更なし																													
施工時期	堤体を5m以上打設後			変更なし	変更なし	変更なし																													
基本ステージ長	5m			変更なし	変更なし	変更なし																													
注入圧力(最大値)	<table border="1"> <tr><th>ステージ</th><th>1</th><th>2</th><th>3</th><th>4</th><th>5</th><th>6~</th></tr> <tr><th>圧力(MPa)</th><td>0.3</td><td>0.5</td><td>0.75</td><td>1.0</td><td>1.5</td><td>2.0</td></tr> </table>			ステージ	1	2	3	4	5	6~	圧力(MPa)	0.3	0.5	0.75	1.0	1.5	2.0	<table border="1"> <tr><th>ステージ</th><th>1</th><th>2</th><th>3</th><th>4</th><th>5</th><th>6~</th></tr> <tr><th>圧力(MPa)</th><td>0.3</td><td>0.5</td><td>0.75</td><td>1.0</td><td>1.2</td><td>1.2</td></tr> </table>			ステージ	1	2	3	4	5	6~	圧力(MPa)	0.3	0.5	0.75	1.0	1.2	1.2	BL12およびBL14の5ステージ以深で、限界圧力の発生が確認されたため。
ステージ	1	2	3	4	5	6~																													
圧力(MPa)	0.3	0.5	0.75	1.0	1.5	2.0																													
ステージ	1	2	3	4	5	6~																													
圧力(MPa)	0.3	0.5	0.75	1.0	1.2	1.2																													
注入速度	4ℓ/min/mを原則とする			変更なし	変更なし	変更なし																													
変位量規制	0.2mm/注入1回			変更なし	変更なし	変更なし																													
水押し試験 (一般孔、追加孔)	<table border="1"> <tr><th>ステージ</th><th colspan="3">昇圧・降圧段階 (MPa)</th></tr> <tr><td>1</td><td>0.05</td><td>→ 0.1</td><td>→ 0.3</td></tr> <tr><td>2</td><td>0.1</td><td>→ 0.3</td><td>→ 0.5</td></tr> <tr><td>3</td><td>0.1</td><td>→ 0.4</td><td>→ 0.75</td></tr> <tr><td>4</td><td>0.2</td><td>→ 0.5</td><td>→ 1.0</td></tr> <tr><td>5</td><td>0.2</td><td>→ 0.5</td><td>→ 1.0</td></tr> <tr><td>6以深</td><td>0.2</td><td>→ 0.5</td><td>→ 1.0</td></tr> </table>			ステージ	昇圧・降圧段階 (MPa)			1	0.05	→ 0.1	→ 0.3	2	0.1	→ 0.3	→ 0.5	3	0.1	→ 0.4	→ 0.75	4	0.2	→ 0.5	→ 1.0	5	0.2	→ 0.5	→ 1.0	6以深	0.2	→ 0.5	→ 1.0	変更なし			
ステージ	昇圧・降圧段階 (MPa)																																		
1	0.05	→ 0.1	→ 0.3																																
2	0.1	→ 0.3	→ 0.5																																
3	0.1	→ 0.4	→ 0.75																																
4	0.2	→ 0.5	→ 1.0																																
5	0.2	→ 0.5	→ 1.0																																
6以深	0.2	→ 0.5	→ 1.0																																
透水試験 (パイロット孔、チェック孔)	<table border="1"> <tr><th>ステージ</th><th colspan="3">昇圧・降圧段階 (MPa)</th></tr> <tr><td>1</td><td>0.05</td><td>→ 0.1 → 0.15 → 0.2 → 0.3</td></tr> <tr><td>2</td><td>0.1</td><td>→ 0.2 → 0.3 → 0.4 → 0.5</td></tr> <tr><td>3</td><td>0.1</td><td>→ 0.2 → 0.4 → 0.6 → 0.75</td></tr> <tr><td>4</td><td>0.2</td><td>→ 0.4 → 0.6 → 0.8 → 1.0</td></tr> <tr><td>5</td><td>0.2</td><td>→ 0.4 → 0.6 → 0.8 → 1.0</td></tr> <tr><td>6以深</td><td>0.2</td><td>→ 0.4 → 0.6 → 0.8 → 1.0</td></tr> </table>			ステージ	昇圧・降圧段階 (MPa)			1	0.05	→ 0.1 → 0.15 → 0.2 → 0.3	2	0.1	→ 0.2 → 0.3 → 0.4 → 0.5	3	0.1	→ 0.2 → 0.4 → 0.6 → 0.75	4	0.2	→ 0.4 → 0.6 → 0.8 → 1.0	5	0.2	→ 0.4 → 0.6 → 0.8 → 1.0	6以深	0.2	→ 0.4 → 0.6 → 0.8 → 1.0	変更なし									
ステージ	昇圧・降圧段階 (MPa)																																		
1	0.05	→ 0.1 → 0.15 → 0.2 → 0.3																																	
2	0.1	→ 0.2 → 0.3 → 0.4 → 0.5																																	
3	0.1	→ 0.2 → 0.4 → 0.6 → 0.75																																	
4	0.2	→ 0.4 → 0.6 → 0.8 → 1.0																																	
5	0.2	→ 0.4 → 0.6 → 0.8 → 1.0																																	
6以深	0.2	→ 0.4 → 0.6 → 0.8 → 1.0																																	
初期配合	<table border="1"> <tr><th>ルジオン値</th><th>Lu&lt;10</th><th>10≤Lu&lt;20</th><th>20≤Lu</th></tr> <tr><th>配合(C/W)</th><td>1/10</td><td>1/6</td><td>1/4</td></tr> </table>			ルジオン値	Lu<10	10≤Lu<20	20≤Lu	配合(C/W)	1/10	1/6	1/4	変更なし																							
ルジオン値	Lu<10	10≤Lu<20	20≤Lu																																
配合(C/W)	1/10	1/6	1/4																																

カーテングラウチング注入仕様比較一覧表

項目	当初仕様	変更仕様	変更理由
配合切替え	<p>配合 (C/W)</p> <p>注入力(%)</p> <p>①同一配合で上記注入力に達し、②に該当しない場合には配合切替えを行う。                  ②注入速度に減少傾向がある場合は、基本的に配合切替えを行わないが、注入速度の減少量が2時間で1%/min/ステージ以下の場合には、次バッチ練上げ時に一段濃い配合に切り替えるものとする。                  ③切替え直後に注入速度に急変が生じた場合には、元の薄い配合に戻す。</p>	変更なし	
同時注入規制	未改良区域において、平面的に同一ステージで隣接孔と6m以上、深さ方向に隣接孔と5m以上の場合に同時施工可能とする。	変更なし	
注入完了	規定注入圧力で、注入力が0.1%/min/m以下に達した後、さらに30分間注入(ダメ押し)し完了とする。	変更なし	
中断基準	①連続注入力4000%を超えても、注入力に減少傾向が見られない場合は中断する。 ②岩盤変位を確認したら、注入圧もしくは注入速度を調節するものとし、1回の注入につき0.2mmを超えた場合はすみやかに中断する。 ③リーク処理を施してもリークが止まらない場合は中断する。 ④中断は2回までとする。	変更なし	
再注入	中断基準により注入を一旦中断する場合には、原則として6時間以上経過した後、に再注入するものとする。	変更なし	
追加基準	①最終次数孔のルジオン値が深度別の改良目標値の2倍を上回る場合。 ②最終次数孔において深度別の改良目標値を上回る孔が連続して存在する場合。 ③最終次数孔において深度別の改良目標値に対するルジオン値の非超過確率が85%に達しない場合。	①最終次数孔のルジオン値が深度別の改良目標値を大きく上回る場合。 ・1～2st(0～10m) : 5Lu(先行するコンソリの改良目標値) ・3st～(10m～) : 10Lu(改良目標値5Luの2倍) ②変更なし ③変更なし	1～2st(0～10m)の改良目標値を3Luに変更に伴い、追加基準値を改良目標値の2倍(6Lu)とすると、当該ステージの止水効果に問題が生じると判断したため、先行して実施されるコンソリレーショングラウチングの改良目標値(5Lu)を目安として、追加基準値を変更した。
省略基準(一般孔)	グラウト改良効果の分析結果から、n次孔施工時点でn+1次孔では改良目標値に達していると推定できる場合に、3st以深においてn+1次孔を省略することができる。	変更なし	

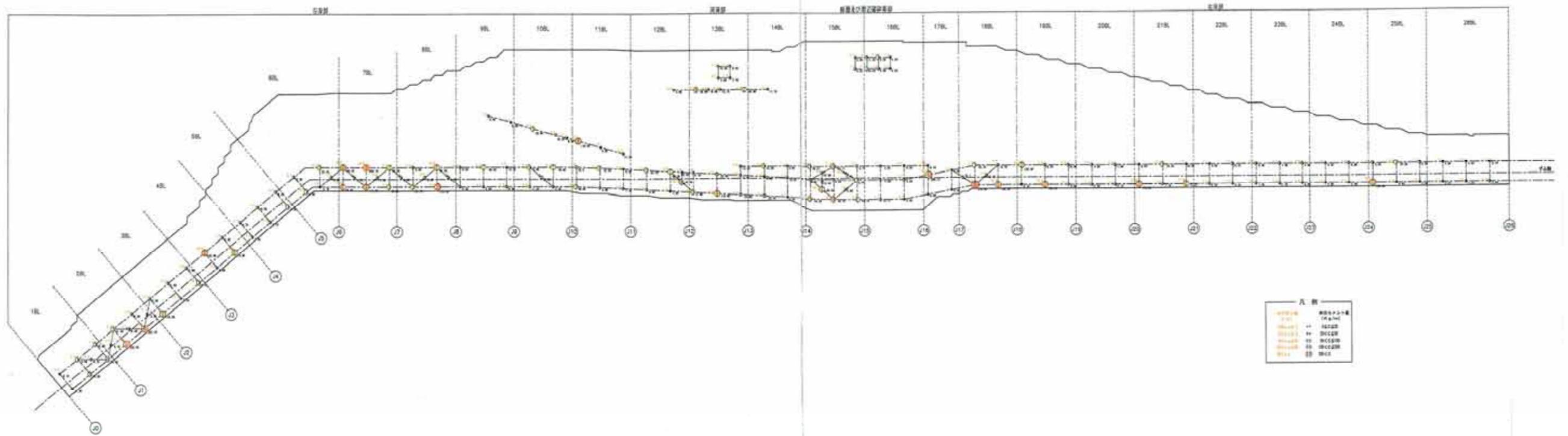
## 5. 止水設計の考え方の経緯

2002.09.19

1. コンソリについては、以下について整理すること。
  - 孔間隔
  - カーテンラインより上流に 1m あけて施工
  - 最下流 1 列を不施工
  - 配置
2. カーテングラウチングについては、県案で妥当と判断する。  
上記整理後は、FAX にて確認する。

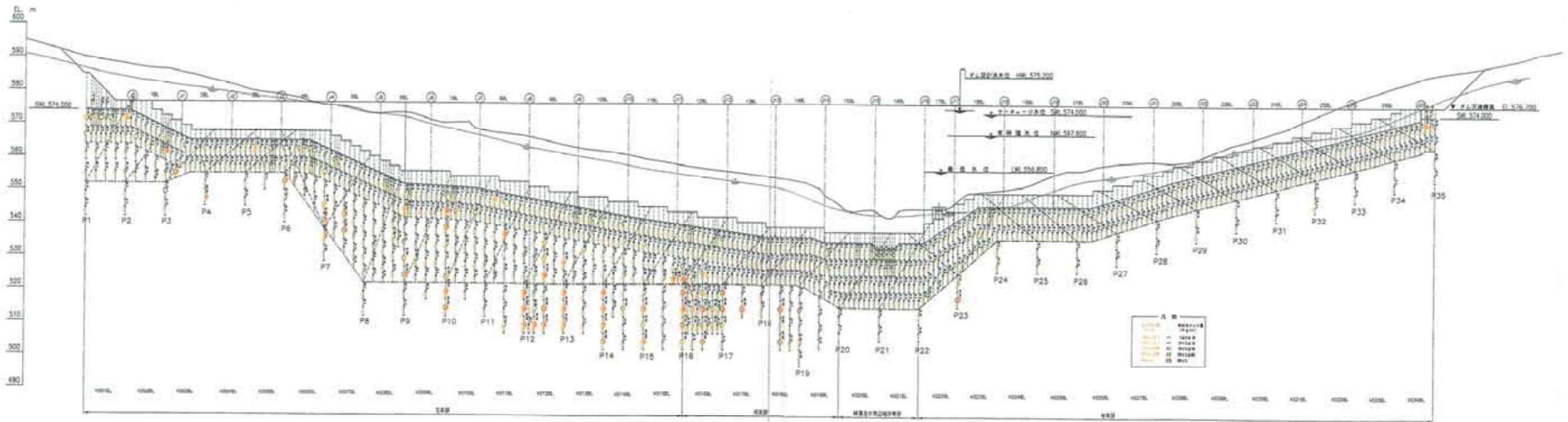
## 6. 施工実績図

### 6.1 コンソリデーショングラウチング



コンソリデーショングラウチング施工実績図 (全孔 1 : 600)

6.2 カーテングラウチング



カーテングラウチング加工機組立 (仕孔 1:400)