

奈良井ダムにおける基礎処理の施工

Grouting at Narai Dam

任田 勉*
Tsutomu Toda

嶋田 武司**
Takeshi Shimada

要 約

奈良井ダムは地域全体が破碎帯ともいえる場所に計画され、基礎処理工事の施工は特に困難を極めた。当技報第4号では盛立工事における施工管理について述べたが、ここでは基礎処理の施工に関して報告する。

コア一敷下のブランケットグラウチングは初め明り部から施工したが、河床部を中心とした区域において、セメントミルクのリークが多いため、グラウチングの効果が上がらず、盛立を先行させた後、ダム軸コア一敷下に設けた監査廊からの施工に切り替えた。カーテングラウチングもほとんどこのトンネルから施工を行い、狭隘部であり、しかもケーシング掘りや当初の計画より孔間隔を狭くしたことで作業が輻湊したにもかかわらず、無事工期内に所期の改良目標を達成することができた。

目 次

- § 1. まえがき
- § 2. ダム概要
- § 3. 地質状況
- § 4. グ라우チングテスト
- § 5. ブランケットグラウチング
- § 6. カーテングラウチング
- § 7. 使用機器
- § 8. おわりに

§ 2. ダム概要

奈良井川は表日本と裏日本の分水嶺である中央アルプス駒ヶ岳(標高2,956m)の北壁茶臼山に源を發し、木曾郡檜川村、塩尻市、松本市を貫いて北流し、この間各支川を合流し信濃川に注ぐ一級河川である。

奈良井ダムは近年急激に發展する流域に、洪水調節、上水道用水の供給、不特定用水の確保を目的とした多目的のダムである。Table 1 に奈良井ダムの諸元を示す。

§ 1. まえがき

フィルダムは基礎岩盤に与える応力度がコンクリートダムに比べ小さいため、建設地点の選定において、地質上の制約を受けることが少なく、近年多く建設されている。当ダムの建設区域は風化帯であるために、設計上各所に種々の配慮が施されているが、基礎処理工事では施工段階で更に慎重に検討が加えられて実施を行った。

基礎処理工事は目視できない地下岩盤を対象としており、定められた改良目標に到達するまでトライアルを繰り返して施工する。ダムの施工では、基礎処理工事の成否が全体工期に大きな影響を及ぼし、当ダムの場合も予定外の盛立工事の昼夜勤とか、他の工種の工程を圧迫することとなった。作業量は当初計画では37,000mであったが、最終的に56,000mとなった。



Photo1 ダム全景
Aerial view of Narai dam

*中部(支)奈良井ダム(出)所長代理

**中部(支)奈良井ダム(出)所長(現在横浜(支)支店長)

Table1 奈良井ダムの諸元
Narai dam details

ダムの諸元	ダム名	奈良井ダム
	河川名	一級河川信濃川水系奈良井川
	位置	長野県本曾郡檜川村奈良井
	型式	中央コア型ロックフィルダム
	堤高	60 m
	堤頂長	180.8 m
	堤体積	952.667 m ³
	堤頂標高	1,070 m
貯水池の諸元	集水面積	46km ²
	湛水面積	0.375km ²
	総貯水容量	800万 m ³
	有効貯水容量	640万 m ³

§ 3. 地質状況

ダム地点の地質は新生代第三紀層の崖錐堆積物、現河床及び段丘堆積物などの未固結な被覆層と古生代の奈良井層に属する基盤岩で構成されている。

基盤岩は、右岸では砂岩と粘板岩が互層をなし、河床から左岸にかけては粘板岩が主体で一部に砂岩やチャートの薄層を伴っていて、全般的に風化が進んでいる。ダム地点付近にある奈良井断層、神谷断層の2つの構造性断層の影響でこれに並行するような派生断層が多く存在しており、基盤岩はこれら地質時代の構造運動の影響を強く受けた地域に相当し、全体が破碎帯と見做し得る状

態といえる。

基盤岩の透水性は Fig.1 に示すとおりである。これによると、右岸から河床にかけての砂岩と粘板岩の互層は比較的堅硬ではあるが、深部まで間隙のある割れ目が発達しているために透水性が高い。しかし、グラウチングによる改良効果は期待できると判断された。一方左岸は、粘板岩が主体で断層破碎帯が多く、深部まで軟弱化しているため、割れ目は多いが間隙は小さく粘土を挟んでいるので透水性は前者に比較して低い。このような地盤に対して、セメントミルクによる止水性の改良が可能かどうか調査時から問題とされてきた。Table 2 は当ダムの岩盤分類を行う際に用いた岩盤等級区分である。

§ 4. グ라우チングテスト

基礎処理本工事に先立ち、施工が困難と予想される左岸部において、グラウチング効果を確認し、しゃ水ゾーン基礎掘削範囲、基礎処理工事計画、工事仕様立案などの資料を得るためにグラウチングテストを行った。

試験場所は、ダム全体の工事工程および地質状況、既設調査横坑、地山の安定性などを考慮し、表土の掘削は極力さけ、表土の浅い左岸部の村道と既設調査横坑 No. 9 にはさまれた斜面上のしゃ水ゾーン予定敷地内とした。

試験孔の施工パターンはパイロット孔をダム軸上に設け、右岸側および下流側へそれぞれ 6m の範囲で Fig.2

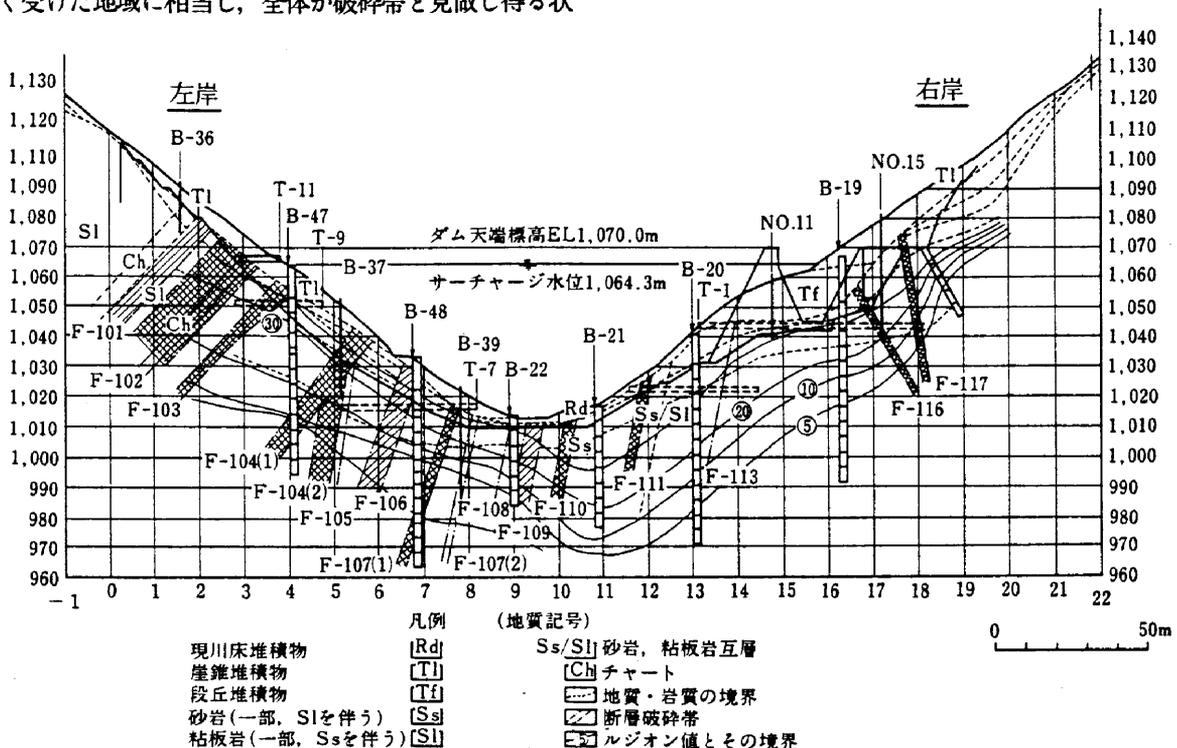


Fig.1 ダム軸地質断面及びルジオンマップ
Narai dam geological section and lugeon map

Table2 岩盤等級区分
Grade of rock

等級	記 事	備 考
A	極めて新鮮・堅硬な岩盤である。亀裂は30~50cm以上の間隔であり、亀裂面は密着している。	極めて良好
B	概ね新鮮・堅硬な岩盤で、亀裂に沿って若干風化している。亀裂は10~30cm間隔で、亀裂面は密着しているが、褐色に変色していることもある。また、新鮮であっても極く僅かに破碎しているものも含める。	良 好
C ₁	堅硬であっても亀裂に沿って風化し、僅かにゆるんだ岩盤である。亀裂は5~20cm間隔で、亀裂面は褐色を呈し二次鉱物(風化生成)を挟んでいることもある。また、新鮮であっても僅かに破碎しているものも含める。	普 通
C ₂	風化により全体に軟化した岩盤や硬質であっても亀裂が著しく多く、ゆるんだ岩盤である。亀裂間隔は10cm以下であり、亀裂面に二次鉱物を挟む。また、新鮮であっても破碎・軟化しているものも含める。	や、不良
D ₁	風化の進んだ軟弱な岩盤や硬質であっても亀裂に木根が入ったような岩盤である。また、新鮮であっても破碎の程度の著しいものも含める。	不 良
D ₂	風化や破碎の程度が著しく進んだもので、岩石の構造が認められないもの。	極めて不良

に示すように選定した。試験地点は、平均厚7m程度の崖錐があり、パイロット孔地点でGL-10~-25m間の15mを試験区間とし、深さ10mまでは無試験区間とした。また、他孔はパイロット孔と同一標高に試験ステージを合わせるものとした。試験工事数量をTable3に示す。

Table3 試験数量表
Quantity of grouting test

工 種	仕 様	単 位	数 量
ボーリング工	φ101mm ノンコア	m	10.0
	φ 86mm ノンコア	"	39.5
	φ 66mm コアリング	"	82.9
	φ 66mm ノンコア	"	138.3
	φ 46mm ノンコア	"	240.0
	計	"	510.7
ルジオンテスト		回	69
グラウチング	注 入 時 間	h	132
	注 入 セ メ ン ト 量	kg	78,100

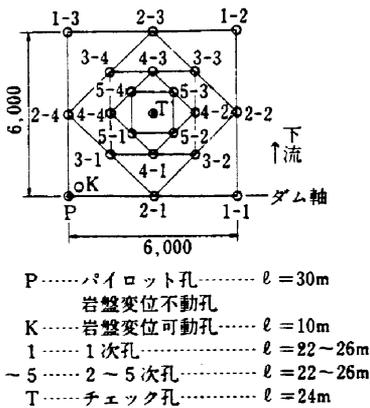
試験はステージごとに、ボーリング→ルジオンテスト→グラウチング→硬化待ち→リボーリングを1サイクルとして順次上位ステージから下位ステージに施工を進めていくステージグラウチング工法によって行った。施工順序は、パイロット孔施工後、その孔に岩盤変位計を設置し、以後1次孔から順次チェック孔まで施工した。

試験の結果、判明したことは次のとおりである。

- ① 第1ステージに分布する岩盤の等級区分は主としてD₁級であり、第2ステージはC₂級、第3ステージはC₁級である。
- ② グ라우チング前のD₁及びC₂級の岩盤の透水性は40ルジオン以上であり、C₁級岩盤では15~25ルジオンの範囲にある。
- ③ 限界圧はC₁、C₂級岩盤で3~6kgf/cm² (294~588kN/m²) である。
- ④ D₁級岩盤はチェック孔で著しく改良されているものの、1.5mの孔間隔で20ルジオン程度になるものと考えられる。
- ⑤ C₁及びC₂級岩盤では2.1mピッチで10ルジオン程度に改良されるものの、1.5mピッチに縮めても改良度は小さいと思われる。
- ⑥ 岩盤変位測定の結果、全65ステージの内、4ステージにおいて、最高0.37mmの変位が認められ、限界圧力との関連が不明であるものの、注入圧力の引き下げの検討が必要と考えられる。

以上の試験結果から、本施工に対する基本方針を次のように決定した。

平面図



側面図

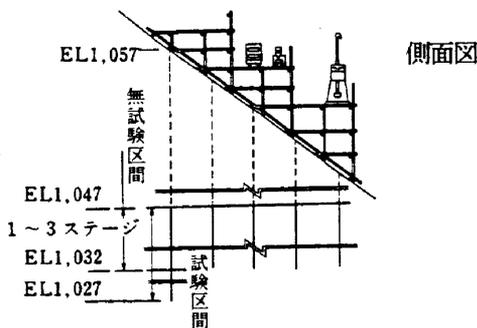


Fig.2 グ라우チングテストの施工パターン
Grouting test pattern

○ダムコア一敷全域にわたり、ブランケットグラウチングを実施する。

○グラウチングギャラリー（監査廊）を設け、カーテングラウチングはここから実施する。

○基礎処理の注入材料はセメントミルクとする。

§ 5. ブランケットグラウチング

ブランケットグラウチングは基礎岩盤表層部を固密化し、浸透水を抑制するために行うものである。コア一敷全域にわたり、基準深さは5mで、改良目標値は10ルジオンである。

5-1 明り部での施工

明り部での施工は大別して次の2つの方法を採用した。

(イ) 左岸底部 (EL1030m以下) ~河床(EL1010m)~右岸部

上記範囲については、コア一敷の岩盤掘削が完了した後、掘削面全体にコンクリートを10cm厚に吹付けて、グラウチングする。

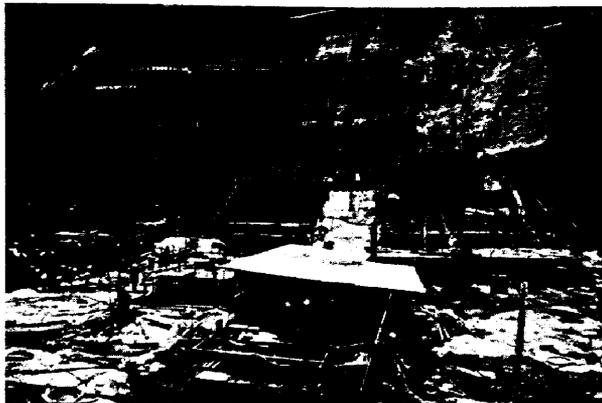


Photo2 河床部ブランケットグラウチング
Blanket grouting on the river bed



Photo3 左岸部ブランケットグラウチング
Blanket grouting on the left bank

(ロ) 左岸高部 (EL1030m以上)

1次掘削後、2次掘削線までの約10mのかぶりをグラウチング時の押えとする。なお2次掘削完了後の岩盤状況及びブランケットグラウチングのセメントミルクの注入量などを勘案して必要箇所には2次ブランケットグラウチングを行う。

ブランケットグラウチングの仕様はTable 4のとおりである。また、その施工区分をFig.3に示す。

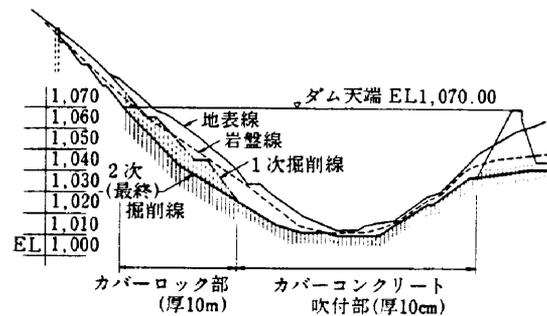


Fig.3 明りブランケットグラウチング施工図
Working diagram of blanket grouting in the open air

注入結果をTable 5に示す。砂岩を主体とする右岸側及びEL1030m以上の左岸側(カバーロック部)については改良目標値を達成できたものの、河床部からEL1030mまでの左岸側については、セメントミルクのリークが多く、2ステージを行う方法、ケーシング埋込み方法、リーミング方法など種々試みたがグラウチングの成果が得られなかった。そこで、原因を調べるため、リング掘りをして注入の程度を調査したり、岩盤変位計により岩盤の動きを観測した結果、この区域の岩盤は他と比較して軟質で複雑であり、削孔時及び注入時に弱い部分に亀裂が生じたり、さらにそれが広がったりして比較的地表に近い部分でリークが生じていることがわかった。このため、(イ)については地表からの改良は困難であると判断し、盛立を先行させ、充分な荷重がある状態でグラウトギャラリー内から水平ボーリングにより改良を行った。

5-2 トンネルからの施工

盛立が河床部着岩面から10m以上になった昭和55年10月、グラウチングギャラリーからブランケットグラウチングを開始した。施工パターンはFig.4のとおりである。ボーリングは水平と斜め下向きの2方向とし、この内水平方向を先行させ、斜め下向きについては盛立工事など施工による岩盤のゆるみを考慮し、チェックの意味も兼ねて最終年度の施工とした。なお、上記2方向のグラウチングを行った場合でも、地表から5mの対象範囲

Table4 ブランケットグラウチング仕様
Specifications of blanket grouting

項目	仕様	左岸(EL1,030m)～右岸	左岸(EL1,030m以上)												
注入パターン															
施工順序	ダム軸方向15mを1ブロックとし、パイロット孔→1次孔→2次孔→最終チェック孔とする。ブロックは河床部から両岸に向う。サイクルは、仮設→ボーリング→孔内洗浄→口元管挿入→パッカーセット→ルジオンテスト→グラウチング→ブロック完了→移設	左と同じ	左と同じ												
ボーリング	全孔、ロータリーボーリングマシン使用。ビットはメタルクラウン又はダイヤモンドビット。0.5m迄はφ66mm, 0.5～5m迄はφ46mm	全孔、ロータリーボーリングマシンを使用。ビットはメタルクラウン又はダイヤモンドビット。2次掘削線1m上り迄φ66mmで削孔。ケーシング挿入(最終的に引抜く)。それ以後はφ46mm	全孔、ロータリーボーリングマシンを使用。ビットはメタルクラウン又はダイヤモンドビット。2次掘削線1m上り迄φ66mmで削孔。ケーシング挿入(最終的に引抜く)。それ以後はφ46mm												
注入圧力	2 kgf/cm ² (ルジオンテスト10分間)	1ステージ 2 kgf/cm ² 2ステージ 4 kgf/cm ²	1ステージ 2 kgf/cm ² 2ステージ 4 kgf/cm ²												
注入方式	パッカー 2重管式エキスパンションパッカー グラウトポンプ 可変容量型ポンプ 配管 循環方式 記録 電磁式流量、圧力自記記録計	左と同じ	左と同じ												
最大注入速度	6 ℓ/m・min	左と同じ	左と同じ												
配合切替	<table border="1"> <thead> <tr> <th>配合</th> <th>切替基準</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 : 8</td> <td>600 ℓ注入後 1 : 6</td> </tr> <tr> <td>1 : 6</td> <td>・ 1 : 4</td> </tr> <tr> <td>1 : 4</td> <td>・ 1 : 2</td> </tr> <tr> <td>1 : 2</td> <td>・ 1 : 1</td> </tr> <tr> <td>1 : 1</td> <td>400 ℓ注入後 監督員の指示</td> </tr> </tbody> </table>	配合	切替基準	1 : 8	600 ℓ注入後 1 : 6	1 : 6	・ 1 : 4	1 : 4	・ 1 : 2	1 : 2	・ 1 : 1	1 : 1	400 ℓ注入後 監督員の指示	左と同じ	左と同じ
配合	切替基準														
1 : 8	600 ℓ注入後 1 : 6														
1 : 6	・ 1 : 4														
1 : 4	・ 1 : 2														
1 : 2	・ 1 : 1														
1 : 1	400 ℓ注入後 監督員の指示														
注入完了	注入量が0.1 ℓ/m・min以下となり、その状態が10分以上続いた場合、注入の終了とする。注入の終了後更に20分間駐目押しをする。	左と同じ	左と同じ												
改善目標値	10Lu以下	左と同じ	左と同じ												

Table5 明り部ブランケットグラウチング注入実績
Actual Results of Blanket Grouting in the open air

カバーロック部

カバーコンクリート吹付部

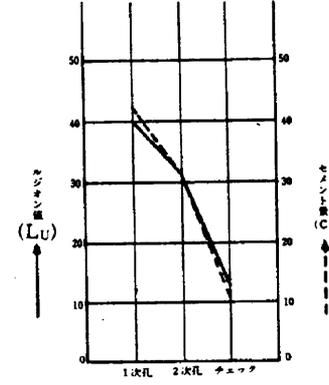
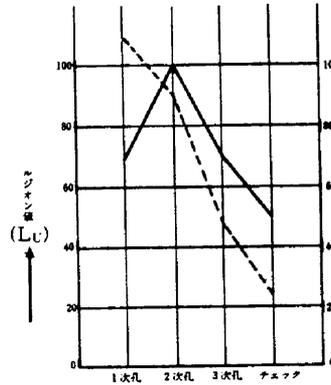
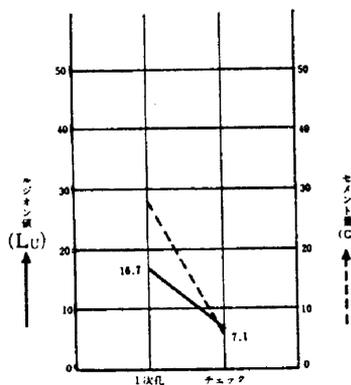
河床部

右岸部

	Lu	C(kg/m)	孔数
1次孔	16.7	27.9	14.2
チェック孔	7.1	5.3	5

	Lu	C(kg/m)	孔数
1次孔	76.9	110.4	252
2次孔	107.7	94.1	201
3次孔	77.4	47.8	278
チェック孔	56.0	24.3	37

	Lu	C(kg/m)	孔数
1次孔	40.2	42.3	109
2次孔	31.8	30.7	77
チェック孔	12.4	10.6	11



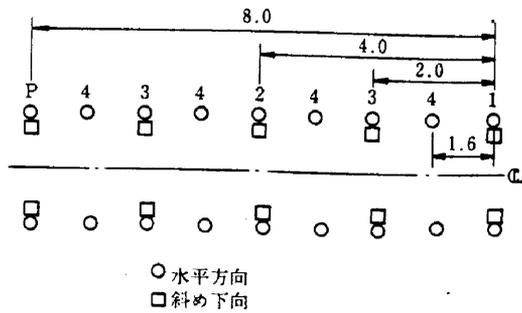


Fig.4 水平ブランクットグラウチング施工パターン展開図
Working pattern development of horizontal blanket grouting

の内、特に水平孔とコア敷面との2.4mの間について不安が残るため、最終段階でグラウチングギャラリから上流側に3~6mのボーリングを行ない、3mステージで静水圧による透水テストを実施し改良効果を確認した。

ボーリング作業はコア着岩面に近いため、ボーリング方向の管理を徹底した。また、孔壁の崩壊が予想される部分については、1ステージを2.5mとし、ケーシング掘りを行った。注入圧力はコア着岩部に影響を及ぼさないことなど種々検討した結果、明り部と同じ2kgf/cm² (196kN/m²)とした。また、施工順序、注入方式、配合切替などの仕様は明り部と同様である。

水平ブランクットグラウチングの施工結果はFig.5及びTable 9に示すとおりである。施工次数別のルジオン値及びセメント量の変化をみると、3次孔(間隔2.0m)を終り4次孔のルジオンテストで顕著な改良が見られる(Fig.6)。セメント量についても同様の傾向である。斜め下向き孔はカーテン終了箇所から順次実施したが、水

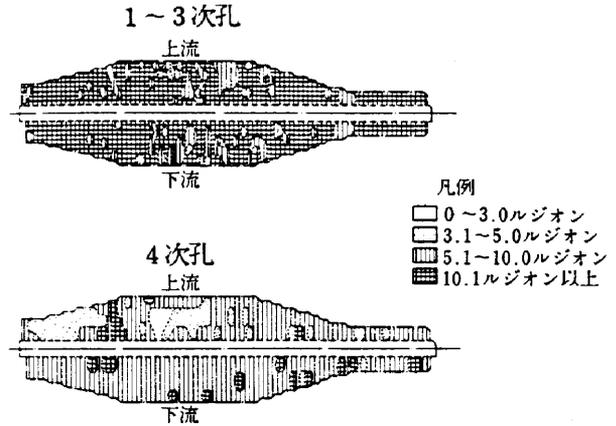


Fig.6 水平ブランクットルジオンマップ
Lugeon map of horizontal blanket grouting

平孔と同様な改良結果であった。最終時点で斜め上向き孔により水平孔での改良部分とコア敷着岩面との間を検査したところ局部的に10ルジオンを越える箇所があり、安全のため、その附近に5次孔として追加孔を穿孔し、グラウチングした。

幸いトンネルからの施工により成果を収めることができたが、あくまで特殊な例と考えるべきであり、本来は盛土前にリーク防止の措置をとり、明りからの施工による方法が有利であると考ええる。

§ 6. カーテングラウチング

カーテングラウチングはダムの基礎地盤内において、浸透流を抑制し、パイピングを防止したり、岩盤の安定性を保持するために行う。対象とする地盤が風化していて、明り部ブランクットグラウチングに際して、多くの

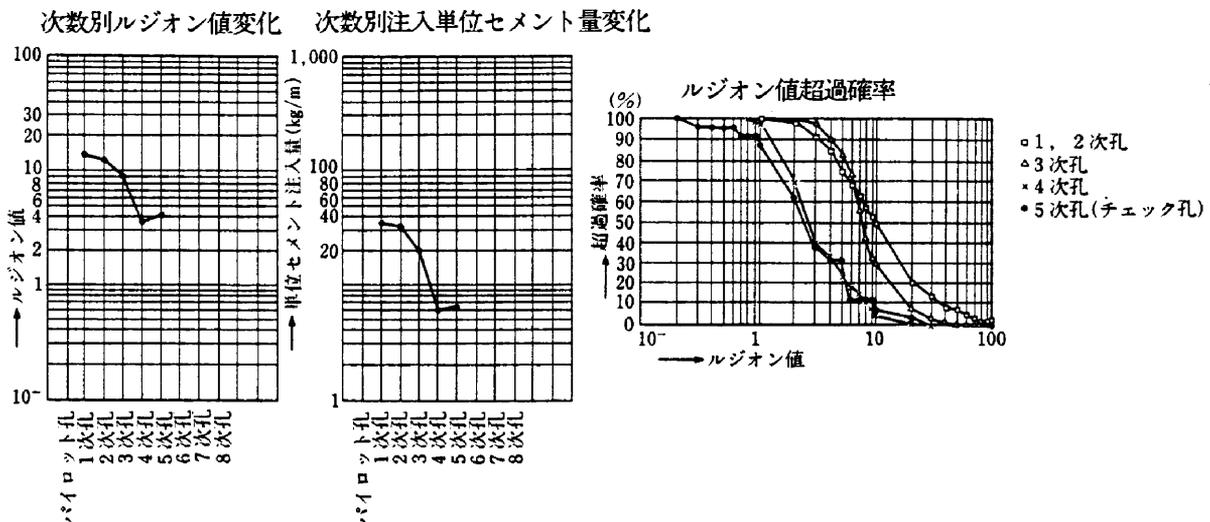


Fig.5 水平ブランクットグラウチング施工図
Results of horizontal blanket grouting

問題が生じ、残り工期にも余裕がなくなってきたことから万全の体制を整え工事に当たった。

6-1 施工区域の分類

地形ならびにダムの形状などを考慮して、便宜上施工区域を下記のように分類した (Fig.7)。

Aブロック……ダム軸上の右岸部で余水吐コンクリート部直下の監査廊内からのグラウチング領域。

Bブロック……河床部を中心に左右岸へかけてのコア一敷中央直下の監査廊内からのグラウチング領域。

Cブロック……左岸 EL1070m に設けられたグラウチングトンネル内からのグラウチング領域。

Dブロック……右岸余水吐自由越流部コンクリート内の監査廊内からのグラウチング領域。

Eブロック……右岸ダム軸上明り部からのグラウチング領域。

6-2 施工概要

盛立及び余水吐コンクリート工事の進捗状況に合わせ、施工可能となった箇所から順次、開始していった。余水吐コンクリート部下D、Aあるいはそれに隣接するEブロックが先行し、盛立が進みブランケット及び補助カーテングラウチングが終了しなければ施工できないBブロックがこれに続き、左岸のCブロックが最後の着手となった。B及びCブロックは施工範囲が広く数量も多いため、湛水開始の昭和57年1月まで作業が続いた。

各ブロックともパイロット孔(標準間隔 15m, 孔深 35~55m)により、岩盤の状況、地下水位、透水性などを調査し、施工方針を決めた。なお、下流側、主カーテングラウチングの2次孔(2~2.5m 間隔)まで施工が終り、それ以降の次数孔については前次孔までの改良度をみて、孔間隔、深さなどを決定した。改良目標に達したと判断した時に、チェック孔で昇降式ルジオンテストを行い効果を確認した。仕様は Table 6 のとおりである。

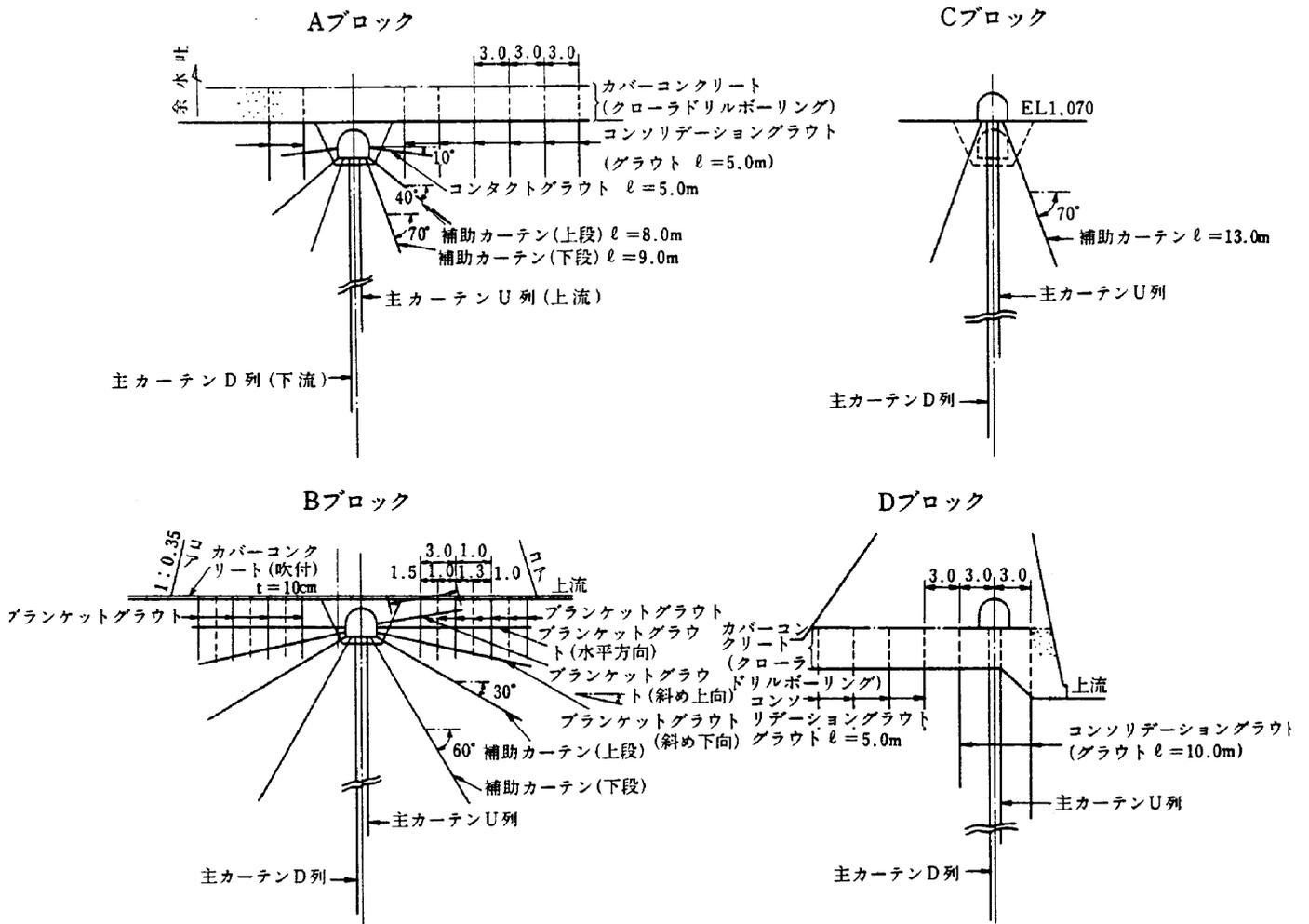


Fig.7 各ブロック別グラウチング標準断面
Standard section of grouting pattern

Table6 カーテングラウチング仕様
Specifications of curtain grouting

項目	仕様																																																										
注入パターン	<p>下流側 ↑ ↑ 上流側 ↓</p> <p>8 8 2</p> <p>1 5 2 5 1 5 2 5 P 5 2 5 1 5 2 5 1</p> <p>3 6 4 6 3 6 4 6 3 6 4 6 3 6 4 6</p> <p>(D列) 主カーテン (U列) 補助カーテン</p> <p>(チェック)</p>																																																										
施工順序	①補助カーテン上段 → ②補助カーテン下段 → ③パイロット孔 ④1次孔 → ⑤2次孔以降 → ⑥テスト孔																																																										
注入圧力	ミルク注入圧力 単位 kgf/cm ² <table border="1"> <thead> <tr> <th>名称</th> <th>ステージ</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>6</th> <th>7</th> <th>8</th> <th>9</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">補助カーテン</td> <td>上段</td> <td>3</td> <td>3</td> <td>4</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>下段</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>6</td> <td>7</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="2">主カーテン</td> <td>Dブロック</td> <td>4</td> <td>5</td> <td>6</td> <td>7</td> <td>8</td> <td>9</td> <td>10</td> <td>11</td> <td>12</td> <td>$P=0.2H$ H:水深</td> </tr> <tr> <td>他のブロック</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>6</td> <td>8</td> <td>10</td> <td>12</td> <td>14</td> <td>16</td> <td>16</td> <td>$P=0.4d$ d:岩盤被り</td> </tr> </tbody> </table>	名称	ステージ	1	2	3	4	5	6	7	8	9		補助カーテン	上段	3	3	4								下段	3	4	6	7							主カーテン	Dブロック	4	5	6	7	8	9	10	11	12	$P=0.2H$ H:水深	他のブロック	3	4	6	8	10	12	14	16	16	$P=0.4d$ d:岩盤被り
	名称	ステージ	1	2	3	4	5	6	7	8	9																																																
	補助カーテン	上段	3	3	4																																																						
下段		3	4	6	7																																																						
主カーテン	Dブロック	4	5	6	7	8	9	10	11	12	$P=0.2H$ H:水深																																																
	他のブロック	3	4	6	8	10	12	14	16	16	$P=0.4d$ d:岩盤被り																																																
水押しテスト (昇降式ルジオンテスト) 単位 kgf/cm ² <table border="1"> <thead> <tr> <th>孔 深</th> <th>計画注入圧</th> <th>試験圧力</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>第1ステージ 0~5m</td> <td>3</td> <td>2 → 3 → 4 → 5 → 4 → 3 → 2</td> <td rowspan="8"> 注入量 5 ℓ/m・分 基準面の圧力であり口元圧力を調整する。 </td> </tr> <tr> <td>第2 " 5</td> <td>4</td> <td>2 → 4 → 5 → 6 → 5 → 4 → 2</td> </tr> <tr> <td>第3 " 10</td> <td>6</td> <td>3 → 5 → 8 → 10 → 8 → 5 → 3</td> </tr> <tr> <td>第4 " 15</td> <td>8</td> <td>3 → 6 → 9 → 12 → 9 → 6 → 3</td> </tr> <tr> <td>第5 " 20</td> <td>10</td> <td>4 → 8 → 12 → 15 → 12 → 8 → 4</td> </tr> <tr> <td>第6 " 25</td> <td>12</td> <td>4 → 9 → 14 → 18 → 14 → 9 → 4</td> </tr> <tr> <td>第7 " 30</td> <td>14</td> <td>5 → 10 → 15 → 20 → 15 → 10 → 5</td> </tr> <tr> <td>第8 " 35</td> <td>16</td> <td>6 → 12 → 18 → 25 → 18 → 12 → 6</td> </tr> </tbody> </table>	孔 深	計画注入圧	試験圧力		第1ステージ 0~5m	3	2 → 3 → 4 → 5 → 4 → 3 → 2	注入量 5 ℓ/m・分 基準面の圧力であり口元圧力を調整する。	第2 " 5	4	2 → 4 → 5 → 6 → 5 → 4 → 2	第3 " 10	6	3 → 5 → 8 → 10 → 8 → 5 → 3	第4 " 15	8	3 → 6 → 9 → 12 → 9 → 6 → 3	第5 " 20	10	4 → 8 → 12 → 15 → 12 → 8 → 4	第6 " 25	12	4 → 9 → 14 → 18 → 14 → 9 → 4	第7 " 30	14	5 → 10 → 15 → 20 → 15 → 10 → 5	第8 " 35	16	6 → 12 → 18 → 25 → 18 → 12 → 6																														
孔 深	計画注入圧	試験圧力																																																									
第1ステージ 0~5m	3	2 → 3 → 4 → 5 → 4 → 3 → 2	注入量 5 ℓ/m・分 基準面の圧力であり口元圧力を調整する。																																																								
第2 " 5	4	2 → 4 → 5 → 6 → 5 → 4 → 2																																																									
第3 " 10	6	3 → 5 → 8 → 10 → 8 → 5 → 3																																																									
第4 " 15	8	3 → 6 → 9 → 12 → 9 → 6 → 3																																																									
第5 " 20	10	4 → 8 → 12 → 15 → 12 → 8 → 4																																																									
第6 " 25	12	4 → 9 → 14 → 18 → 14 → 9 → 4																																																									
第7 " 30	14	5 → 10 → 15 → 20 → 15 → 10 → 5																																																									
第8 " 35	16	6 → 12 → 18 → 25 → 18 → 12 → 6																																																									
最大注入速度	5 ℓ/m・min																																																										
注入方式	注入方法 ステージグラウチング 記録 電磁式流量圧力自記記録計 注入プラント 中央混合プラント パッカー 2重管式エキスパンションパッカー 配管 循環方式																																																										
配合切替	ブランケットグラウトと同じ																																																										
注入完了	"																																																										
改善目標値	3ルジオン以下																																																										

6-3 各ブロックの結果

イ) Aブロック

A, Dブロックは砂岩を主体とした、当ダムの地質ではC₂~B級という比較的良好的な基礎岩盤からなっている。しかし、Aブロックは掘削面が斜面であり、トンネル掘削あるいは深さ約20mの明り掘削による応力解放などの理由で亀裂が多く、注入セメント量が多かった割には粘性化した薄い層を介在していたためか改良効果は当初の予想より上がらなかった。

ロ) Bブロック

粘板岩主体の基盤岩からなり、粘性化した断層破碎帯

が多い区域である。主カーテングラウチングの上流側及び下流側とも4次孔(各列2m間隔)まで効果はあまり見られなかったが、各列1m間隔の5次孔で顕著に効果があらわれ、最終チェック孔の結果は3ルジオン超過確率1%以下という良好な結果が得られた。

ハ) Cブロック

左岸側は右岸側に比べ全般的に地質が悪く、問題点を多く残していた。当初グラウチングトンネルがEL1070m(ダム天端標高)に1箇所、河床からダム天端の中間に1箇所計画されていたが、トンネル掘削による地山のゆるみなどを考慮し、中段トンネルは中止となっ

た。トンネルの延長は地質、地下水位などから決定されるべきであり、長さ 65m の予定で掘削を進めたところ、62m の地点で 300l/min の湧水を伴う土砂がふき出したため、掘削を終了した。注入孔は坑口から坑奥まで鉛直孔とし、トンネル終端では放射状リムグラウト孔とした。

トンネルの地質は岩盤等級 D₂~C₂ で注入結果も良くなかったため、最終年度工事で不良部分に追加孔を施工した。

ニ) Dブロック

自由越流部コンクリート下 (D₁ブロック) はパイロット孔 (l=55m) によって深部は良好な岩盤であるという調査結果が得られたので、1~2次孔の孔深は他のブロックのそれが標準 45m であるのに対し、それより 10~20m 短くした。最終的には、1.25m 間隔で 2 列の配孔

によるグラウチングで目標値に達した。越流部コンクリートから右岸側道路 (D₂ブロック) については、明り部から放射状リムグラウト孔 (付替道路直下は鉛直孔) で注入し、D₁ブロックに対して、セメント注入量は約 2 倍であった。

ホ) Eブロック

右岸側にはグラウチングトンネルが無いがカーテングラウチングを Aブロックから Dブロックの部分と Eブロックの 2重に施工している。Eブロックは全長明り施工であり、D₂ブロック同様、先行するグラウチングや上部の押えがないため、表層近くは注入量、セメント量ともかなり大きく、ボーリング時の孔内崩壊も多かった。

6-4 効果の判定

各次数のグラウチングが完了した後、ルジオン値、単位セメント使用量及び超過確率表を作成し、改良効果の

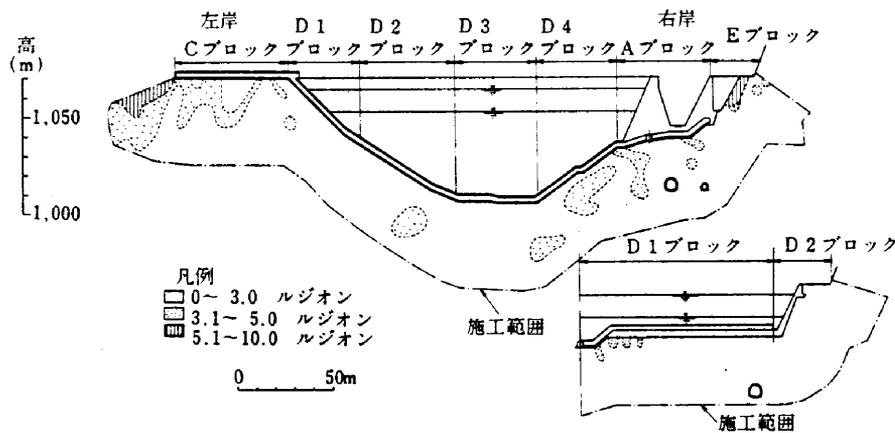


Fig.8 注入後ルジオンマップ
Lugeon map after grouting along dam axis

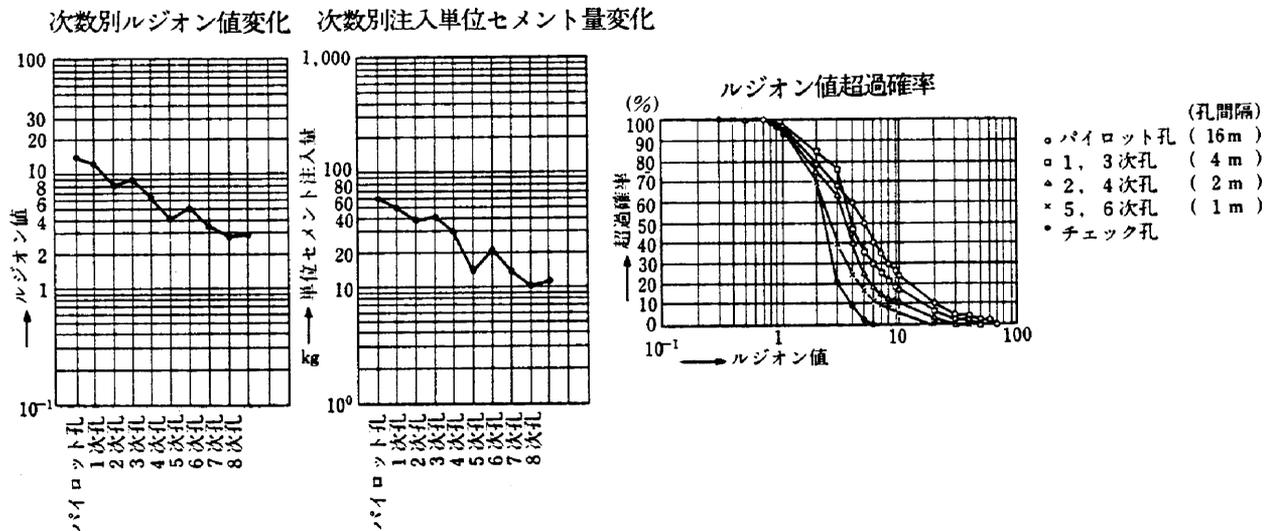


Fig.9 主カーテングラウチング施工結果
Results of main curtain grouting

Table9 使用機器一覧表
Grouting equipments

種別	区分	型式	出力 (kW)	仕様	重量 (kg)	製作会社	台数		備考
							明り	トンネル	
ボーリングマシン		UD-5	5.5	掘進能力 100m	440	利根	5~15	2~15	
"		THS-70	11	" 150m(φ150)	950	"	1	1	
クローラードリル		CD-6	17.0(m ²)	φ65 mm	4,300	東京流機	1		パイロット孔用
架台				180×160	500			12	
グラウトミキサー		MS-400	7.5	高速2槽型 400ℓ×2台, 400rpm	480	東邦	1	1	明り足場 6,100空m ²
グラウトポンプ		NAS-3	7.5	複動2連定吐出型 25kg/cm ² , 130ℓ/min	480	利根	2	1	
試錐ポンプ		NAS-2	3.7	複動単筒定吐出型 25kg/cm ² , 60ℓ/min	230	"	7	3	
グラウトミキサー		HVM-5	2.2	整型低速2槽型 250ℓ×2台, 160rpm	330	東邦	3~8	1~8	
グラウトポンプ		HFV-2A	11	可変容量複動2連型 0~100ℓ/min, 5~60kg/cm ²	1,190	ヤマト	3~8	1~8	
圧送機		P-300	4.0(m ²)	エア圧送型 300ℓ, 圧送能力 1,500m	350	"	1		
グラウトミキサー		MCA-1400	7.5	単槽型 1,400ℓ, 100rpm	780	利根	2		
流量計		DR-120	0.5	電磁式自動圧力流量計 120ℓ/min, 圧力 30kg/cm ²	180	明昭	3~8	1~8	
タービンポンプ				3吋×4段			1	1	
水中ポンプ				2吋~6吋			5	3	

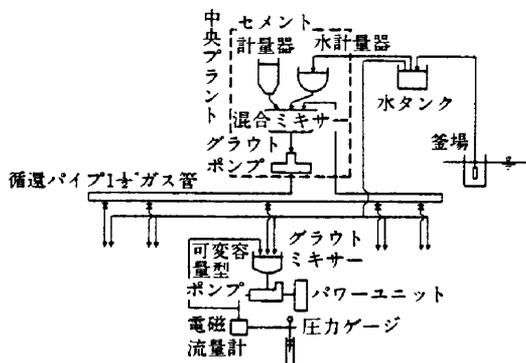


Fig.10 注入系統図
Grouting distribution diagram

用)を仮排水路トンネル吐口付近に設置して処理した。
グラウチング作業に使用した主要使用機器を Table 9 に示す。また、注入系統図を Fig.10 に示す。

§ 8. おわりに

昭和57年1月29日湛水を開始し、種々の測定計器により、堤体及び基礎岩盤の挙動の観測を行ってきた。監査廊内においても59箇所設けた測定孔で漏水量、圧力の測

定が行われたが、水位上昇に伴い、左右岸アバットの一部分において予想より大きい圧力と湧水が観測されたため、昭和57年度工事として、その異常部周辺のカーチンググラウチング施工箇所から下流側に追加グラウチングを実施した。その後、順調に湛水試験も終り、諸観測データも特に異常な値を示しておらず、安全が確認されている。

今後もフィルダムの建設が多くなる傾向の中で、ダム建設工事に従事する技術者は基礎処理の重要性を認識し、技術の向上をはかるべく、諸計測装置を採用し、経済的かつ合理的施工を目ざし努力しなければならないと考える。