

トンネル周辺のコンソリデーショングラウチング

Construction of Consolidation Grouting around Tail-Race Tunnel

木村 哲*
Tetsu Kimura三浦 維男**
Tadao Miura

要 約

圧力トンネルのグラウチング工事のうち、トンネル周辺の岩盤改良と覆工への残留プレストレスを目的として行われたコンソリデーショングラウチング工事について、施工方法並びに施工実績を報告する。

目 次

- §1. はじめに
- §2. 工事概要
- §3. 地質概要とトンネルの支保状況
- §4. グ라우チングの目的
- §5. コンソリデーショングラウチングの施工
- §6. 注入作業の標準化とマニュアルの作成
- §7. コンソリデーショングラウチングの評価
- §8. プレストレスの導入
- §9. 追加グラウチング
- §10. あとがき

§1. はじめに

東京電力㈱の発注の今市発電所工事は、最大出力105万kWの発電を行う純揚水式地下発電所新設工事である。

発電所は栃木県下の西北部に位置する今市市を流れる利根川水系鬼怒川の支流砥川中流部の土破り約400mの地下に建設される。

発電所の規模は長さ160m、幅33.5m、高さ51.0mである。

砥川中流部に、上部ダムとして堤高97.5m、堤体積220万 m^3 のフィルダムを築造し、3km離れた中流部に下部ダムとして堤高75.5m、堤体積18.5万 m^3 の重力式コンクリートダムを築造する。上、下ダムの有効落差は524m、有効貯水量は620万 m^3 である。

地下発電所の下流に位置する放水路トンネルは、直径7.3m、延長870mで通水量240 m^3 /sec、内水圧11 kgf/cm^2

の円形圧力トンネルである。

放水路トンネルの掘削及び覆工後に行ったグラウチング工事のうち、地山の改良を主目的として行ったコンソリデーショングラウチングの施工について述べる。

§2. 工事概要

工 事 名；今市発電所新設工事のうち土木工事(放水路工区)

工 期；昭和54年8月22日～昭和63年7月1日

工区延長；放水路トンネル870mのうち862m

内 水 圧；5 kgf/cm^2 ～11 kgf/cm^2

構造諸元；内径 $D=7.3m$ 覆工巻圧 $t=50cm$ (鉄筋コンクリート)

支 保 工；NATM工法区間…322m 在来工法区間…540m

グラウトボーリング長； $\phi 38mm$ パーカッション

3 m × (標準パターン + 追加グラウチング) = 16,224m
4543本 + 865本

注入セメント量；1,100 t

§3. 地質概要とトンネルの支保状況

放水路トンネルの地質は大部分古生層の砂岩であるが、放水口付近は粘板岩である。

電力中央研究所の岩分類で、大部分は C_H ～ C_M 級の比較的堅硬な岩盤で(国鉄試案NATMのための岩盤区分 II_1 ～ II_3 級)、一部 C_I 級のクラッキーな岩質(同 II_1 ～ II_3 級)地帯である。

幅1m以下の破碎帯が所々認められ、掘削中の湧水は

*関東(支)青梅(作)

**関東(支)今市(出)主任

切羽で最大約400ℓ/min、トンネル全線で4.8t/minであった。

トンネル掘削は上半先進工法を採用した。放水口側から540m間は沢に添って土被りが約70～80mと比較的薄く地質もあまり安定しない為在来工法（H-175上半支保工使用）で掘削し、残りの発電所側322m間の健全な岩地帯については、NATM工法（吹付コンクリート厚8cm、ロックボルトℓ=2m、一部3m）で掘削した。

下半掘削は全線NATM工法を採用した。

覆工はニードルビーム式スライドセントル（一打設長10.5m）を使用して巻厚50cmの全断面コンクリートを打設した。

§4. グ라우チングの目的

圧力トンネルに対するグラウチングの効果は、まず巻立コンクリート背面の空隙をグラウトで充填し、巻立コンクリートと岩盤の密着性を高めること、次に岩盤の中への注入により岩盤の物性を改良し、巻立コンクリートに発生する引張応力度を減少させることにある。

巻立コンクリート背面の空隙を充填する目的で行うグラウチングはコンタクトグラウチング（1次グラウチング）と呼ばれ、一般にはモルタルを注入することが多く、その注入圧も大きくないため低圧グラウチングとも言われる。

また、岩盤改良を目的とするグラウチングはコンソリデーショングラウチング（2次グラウチング）と呼ばれ、岩盤の狭い隙間を広い範囲まで注入することが望ましく、セメントミルクを用いることが多い。一般にはかなり高圧で注入を行うため高圧グラウチングとも言われる。

当トンネルにおいては覆工完了後に一次グラウチングとして天端付近に岩盤内10cmの削孔を行い、注入圧5kgf/cm²でモルタルグラウチングを行った。

二次グラウチングとしてはトンネル断面当り9本、岩盤内3mの削孔を行い、注入圧22kgf/cm²～15kgf/cm²でセメントミルクの注入を行った（Fig.1参照）。

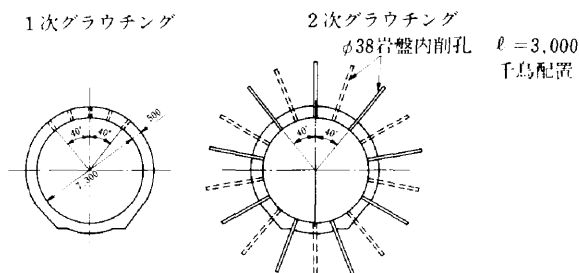


Fig.1 グ라우チングパターン図

当トンネルの覆工（設計巻厚50cm、鉄筋コンクリート）の設計条件としては、内水圧に対し周辺の岩盤がその一部を負担するものであること、また、その岩盤の弾性係数もグラウト効果による割増しを期待したものであることから、特にコンソリデーショングラウチングについては確実な施工が要求された。

ところで一般に圧力トンネルには一定の幅に制限したひび割れの発生を許容した設計が行われることが多い（普通0.5mm以内、当トンネルにおいては0.1mm以下に制限）。

これはひび割れを許さない設計に比べ、コンクリート及び鉄筋の使用量が少なく済むという経済的な利点がある。

しかし、ひび割れがこの規定値を越えた場合、覆工のクラックから漏れた水が鉄筋を腐食させるだけでなく地山内部に進入し、トンネルが斜面の近くを通っている場合など斜面を崩壊させる原因ともなる。

また、漏水による発電量の減少という経済的な損失も生じかねない。

覆工にグラウチングによる注入圧力をプレストレスとして残留させることができれば、このコンクリートのひび割れの発生をおさえてトンネルの水密性が向上する。

当放水路トンネルのコンソリデーショングラウチングの目的の一つには、このような残留プレストレスを巻立コンクリートに発生させることもあった。

§5. コンソリデーショングラウチングの施工

5-1 グ라우チングパターン

コンソリデーショングラウチングは一断面9本、断面間隔約1.8m（4.5m²/孔）の位置に埋設してあるグラウトパイプから岩盤内に3m削孔した後、セメントミルクを注入した。

注入は一断面同時注入を原則としたが、水押しの結果10ルジオン（Lu）以上の注入孔については単独で先行注入した。

52.5m（巻立コンクリート10.5m×5スパン）づつを1ブロックとしてブロック毎に中央挿法で1次～3次孔に分けて注入した（Fig.2参照）。

グラウトの配合はC：W=1：6から開始し1：4、1：2、1：1と順次濃度を切替え、注入量が0.5ℓ/min以下となったのちそのままの圧力で1：1のミルクを30分間ブロックして注入を完了した（Fig.3参照）。

注入圧力は放水路トンネルの設計内水圧（11.0kgf/cm²～5.0kgf/cm²）に応じて22kgf/cm²、20kgf/cm²、15kgf/cm²

の3種類とした (Fig.4参照)。

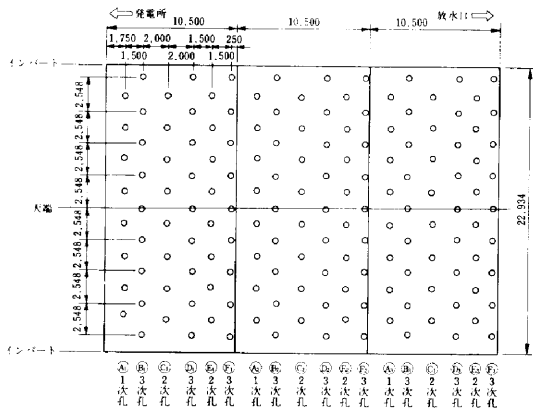


Fig.2 グラウチング孔配置展開図

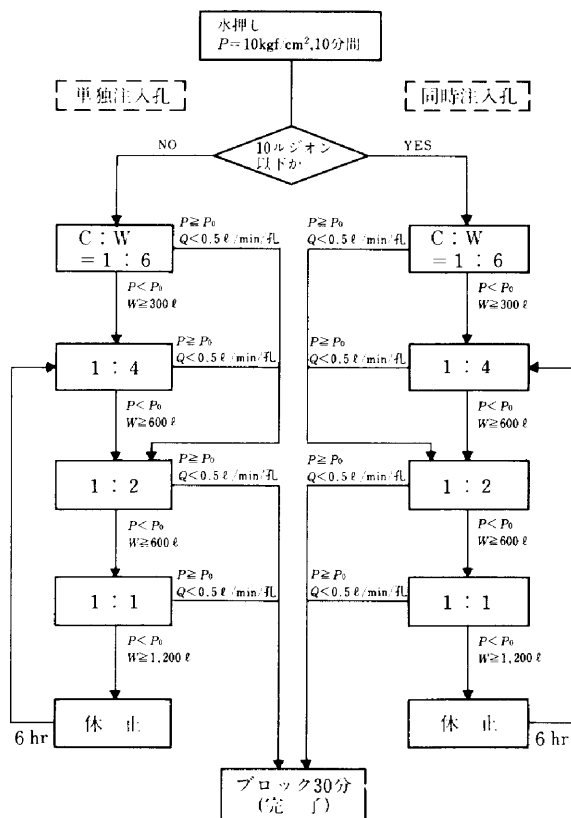


Fig.3 コンソリデーショングラウチング注入フロー

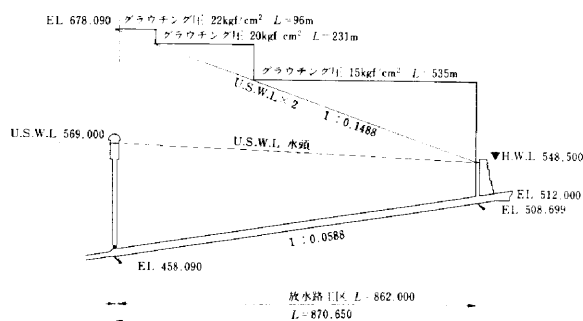


Fig.4 注入圧力図

5-2 削孔

削孔は4tトラックを改造してエア式の削岩機 (TY-90ライトドリフタ)を搭載したリングドリリングジャンボによりパーカッション方式で行った。

リングドリリングジャンボはアウトリガとアームを広げることによって円形トンネルの中心に削岩機をセットすることができる。ガイドセルは360度回転し任意の位置に停止し、遠隔操作で常に法線方向の削孔ができる構造のものである (Fig.5及びPhoto 1,2参照)。

グラウト注入孔が52.5mの間で1次~3次と分けられているうえ、隣接する断面の注入が完了した後でなければ当該断面注入孔の削孔が開始できない為、削孔車は頻りに移動しなければならない、機動性と安全性に富むリングドリリングジャンボの使用は施工性を高め、作業の合理化に役立った。

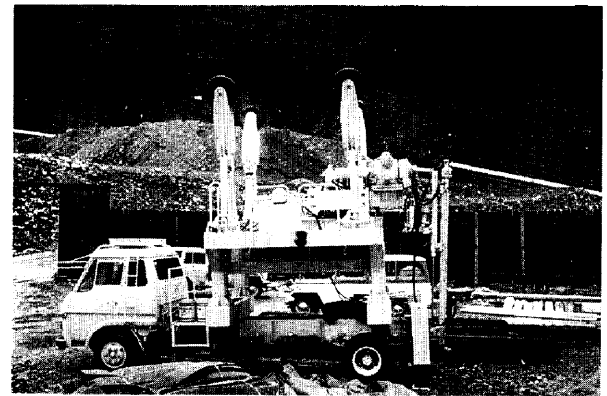


Photo 1 リングドリリングジャンボ

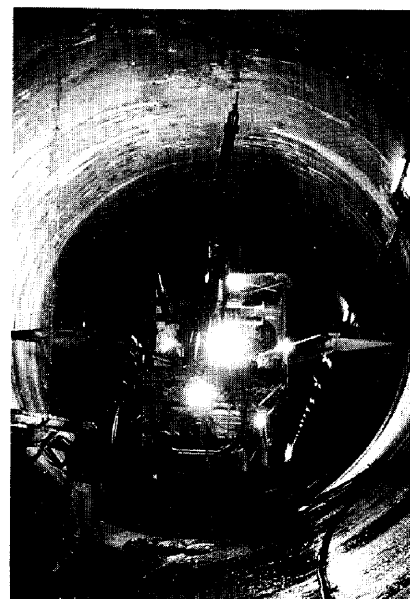


Photo 2 リングドリリングジャンボ削孔状況

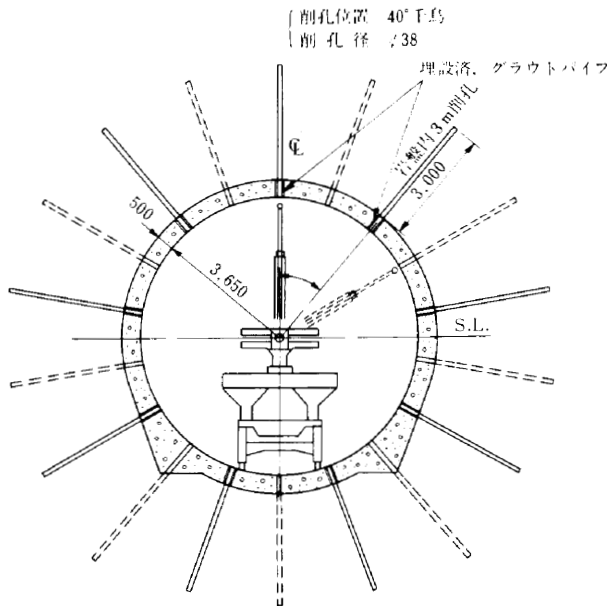


Fig.5 リングドリリングジャンボ

5-3 水押し

削孔完了後、洗浄用パイプ(φ12mm, ガス管, ℓ=3m を給水パイプに接続したもの) を挿入し孔内を洗浄した後水押しを行った。

水押しは、パッカを岩盤直近のコンクリート内に設置し、グラウト注入ポンプにて10kgf/cm²の圧力で行い、圧力及び流量が安定した後10分間の送水量を自記記録した。

$$L_u = \frac{10 \cdot Q}{P \cdot \ell}$$

- ここに L_u : ルジオン値
- Q : 送水量 (ℓ/min)
- P : 水押し圧力 (kgf/cm²)
- ℓ : 削孔長 (m)

ルジオンテストは岩盤の透水性の評価やグラウト効果の判定に用いられる試験法である。

厳密にはダルシーの法則が成立するような岩盤ではないので透水係数と同じものではないが、1 L_u は約1×

10⁻⁵cm/secに相当する。

5-4 グラウト注入

機動性を考慮し注入プラント及び注入架台もすべてトラック搭載型とした。

11tダンプトラックに20tセメントサイロを乗せ、8tトラックにミキサ及び注入ポンプ、電磁流量計を設備し注入プラントとした。

注入プラントは1ブロック (52.5m) の注入が終わるごとに移動するものとした。

セメントはバラセメントを使用しローリー車で坑内まで運搬しセメントサイロに供給した。

セメントサイロから注入プラント上のグラウトミキサへのセメントの供給はスクリーコンベアを使用した。

注入架台は4tダンプにビティ足場と単管パイプで足場を組んだものを2台設備し、ドリリングジャンボをはさんで削孔作業に注入作業が影響を受けない様工夫して使用した (Fig.6及びPhoto 3参照)。



Photo 3 注入足場架台と注入状況

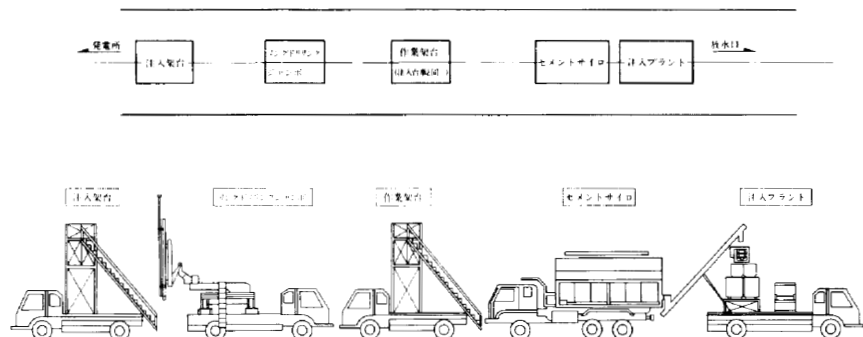


Fig.6 コンソリデーショングラウチング注入プラント配置図

5-5 注入管理

コンソリデーショングラウチングの目的は前述のとおり周辺岩盤の改良と覆工に残留プレストレスを与えることである。

このためパッカを岩盤直近のコンクリート内に設置し、コンクリートと地山との間にできる隙間にも積極的にセメントミルクを注入してコンクリートにプレストレスを残留させようとした。

しかし、20kgf/cm²もの注入圧が外圧として覆工コンクリートに加わると、たとえ同時注入のケースで外周から一様に圧力が加わるとしても厚肉円筒の式を適用すればコンクリートの圧縮応力は176kgf/cm²となりコンクリートの短期許容圧縮応力度160kgf/cm²を越える (Fig.7参照)。

$$\sigma_0 = -P \frac{2b^2}{b^2 - a^2}$$

ここに a : 365cm

b : 415cm

P : 20kgf/cm²

- ・コンクリートの設計基準強度

$$\sigma_{ck} = 240 \text{kgf/cm}^2$$

- ・許容圧縮応力度 (短期)

$$\begin{aligned} \sigma_{ca} &= \sigma_{ck} \times 2/3 \text{ (建築学会規定)} \\ &= 160 \text{kgf/cm}^2 \end{aligned}$$

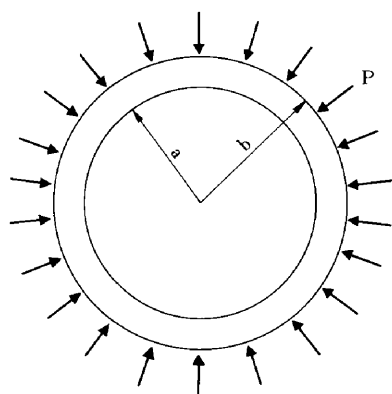


Fig.7 解析モデル

実際に覆工に作用する応力は経験的にこの値の50%以下であるから安全であるとして施工を行うのであるが、セメントミルクが覆工背面を走る場合や単独注入の場合などは偏圧として荷重が作用することになり非常に危険である。このため注入中の他孔へのリークには特に注意を払い、管理孔を設け圧力計を設置し、監視するとともにリーク孔にも圧力計を設置しリーク圧が5 kgf/cm²以

上を示した場合は注入を中断した。

管理孔は同時注入の場合で前後2リング目の18本、単独注入の場合で隣合った4本としそれぞれ岩盤内約1mまで削孔した (別添 注入マニュアル参照)。

そのほか品質管理として注入中のグラウトの配合別比重測定やブリージング試験及び圧縮強度試験等を行った。

§6. 注入作業の標準化とマニュアルの作成

6-1 標準化の目的

グラウチングの施工は従来から経験に依存する要素が大きく、経験者の判断が大きなウェートを占めてきた。

これは地質条件が多様多様なうえ、グラウチングが目視できない所での現象であるため定量的な把握、理論的な分析が困難であったためであると考えられる。

しかし、一方では経験豊富なエキスパートが数少なくなったり、現場の省力化による作業員の減少などもあって、現実の施工管理はむずかしくなっている。

そこで注入の作業手順を再検討し、標準化できるものはできるかぎり標準化し、施工マニュアルを作成して現場の施工管理を行うものとした。

6-2 注入マニュアル

コンソリデーショングラウチングの削孔及び注入のマニュアルは実際の作業の中で何度か試行錯誤し、企業先の協力も得て最終的には別添の様式にまとめた。

このマニュアルは手帳サイズに折りたたみ現場の作業員全員に配布し施工管理に役立てた。

§7. コンソリデーショングラウチングの評価

7-1 注入実績

支保工別グラウチングの単位セメント注入量を注入回数毎に表すと Table 1 のとおりであり、注入回数による注入量の減少は明らかである。

NATM区間と在来工法区間では在来工法区間の方が注入量が多いがこれは主に岩質の違いによる影響が大きいものと考えられる。

また、単位セメント注入量のヒストグラム及び累加積曲線を Fig.8, Fig.9 に示す。

Table 1 コンソリデーショングラウチング注入実績

支保方法	1次孔 kg/m	2次孔 kg/m	3次孔 kg/m	平均 kg/m	注入実施 区間(m)	備考
NATM	88.0	47.3	18.3	39.6	322.3	
在来工法	174.7	73.9	43.7	75.9	540.5	

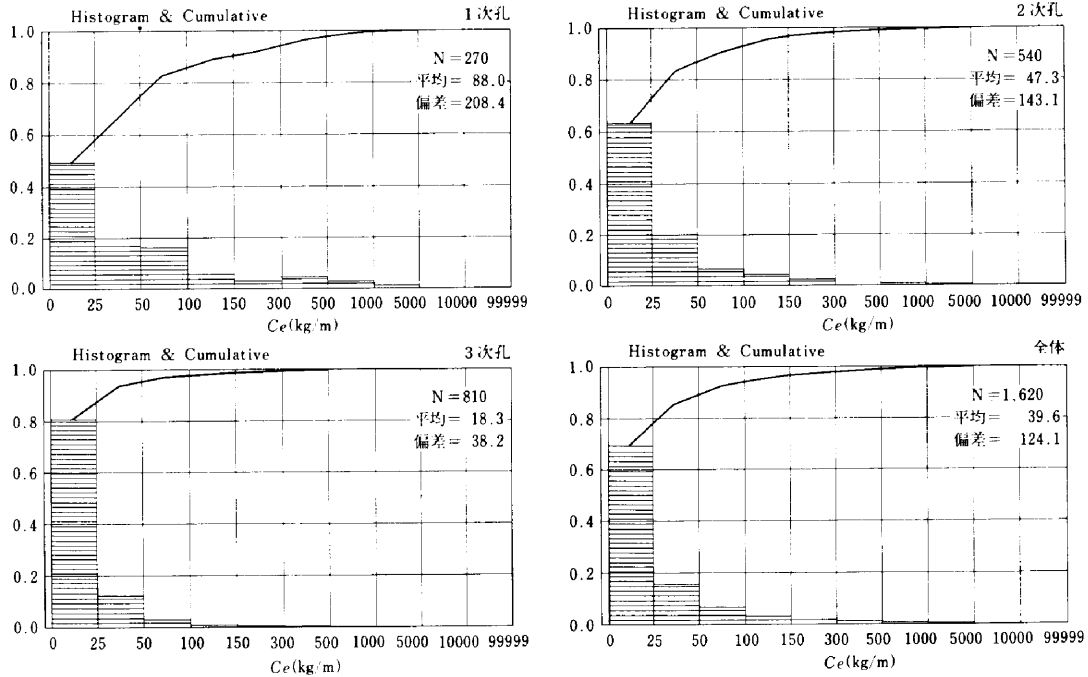


Fig.8 単位セメント注入量のヒストグラムおよび累加積曲線 (放水路NATM区間)

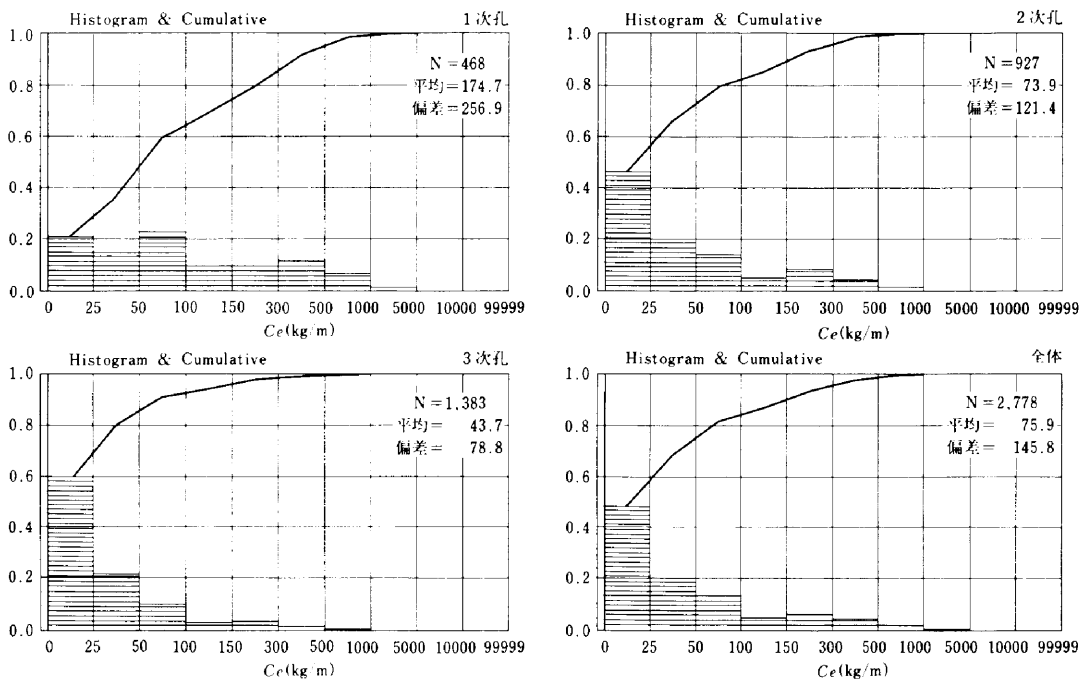


Fig.9 単位セメント注入量のヒストグラムおよび累加積曲線 (放水路在来工法区間)

7-2 ルジオン値の改良

グラウチングによるトンネル周辺の岩盤の平均ルジオン値の注入次数毎の推移をTable 2に示す。

また、注入次数毎のルジオン値のヒストグラムと累加積曲線をFig.10, Fig.11に示す。

Table 2 次数毎のルジオン値の推移

支保方法	1次孔 注入前 Lu	2次孔 注入前 Lu	3次孔 注入前 Lu	注入実施 区間 m	備考
NATM	6.3	4.1	2.3	322.3	
在来工法	15.9	8.8	6.7	540.5	

NATM工法、在来工法区間とも注入回数が増せばルジオン値が低減して岩盤の改良効果が認められた。

7-3 グラウチングによる止水効果

グラウチング開始前のトンネル全体湧水量は4,780

ℓ/minであったがコンソリデーショングラウチングの標準パターン注入終了後は20ℓ/minまでに減少し、止水効果は99.6%であった。

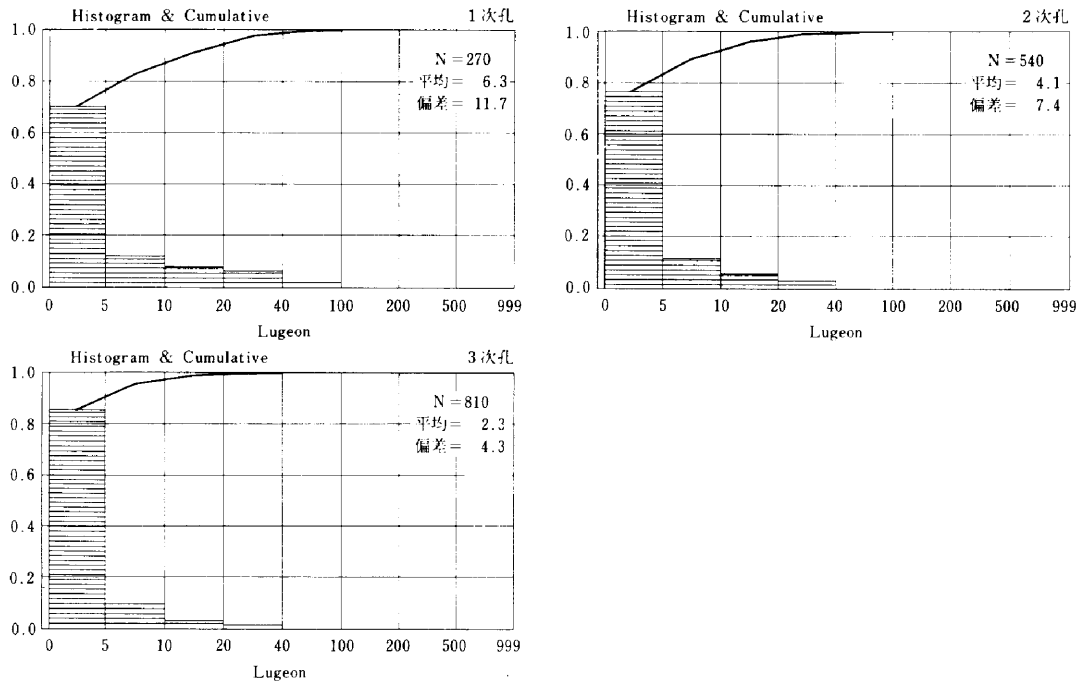


Fig.10 ルジオン値のヒストグラムおよび累加積曲線 (放水路NATM区間)

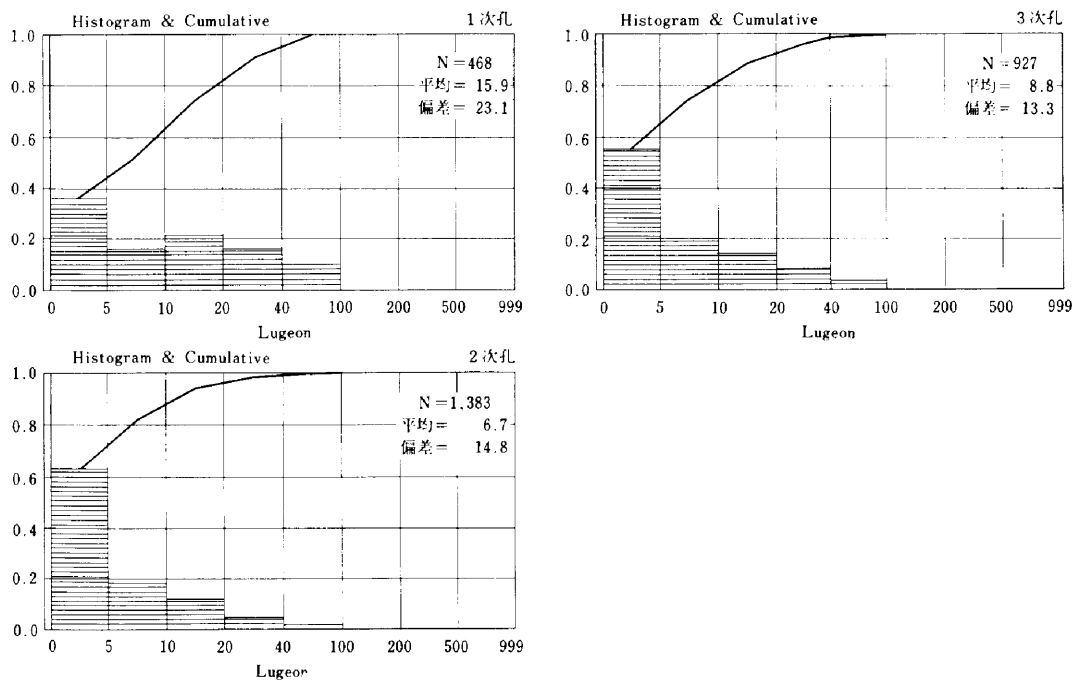


Fig.11 ルジオン値のヒストグラムおよび累加積曲線 (放水路在来工法区間)

§ 8. プレストレスの導入

8-1 計測の方法

グラウチングによるコンクリートのプレストレスを測定するためコンクリート打設スパン (10.5m) 毎の中央にコンバージェンスボルトを埋め込み、直交する2測線について各リングの注入完了ごとにコンバージェンスメジャーによる内空変位測定を行った。

また、No.24, No.26, No.63の3スパンについてはそれぞれコンクリート面に表面ひずみ計を設置し内空変位と合わせて計測を行った (Photo 4参照)。

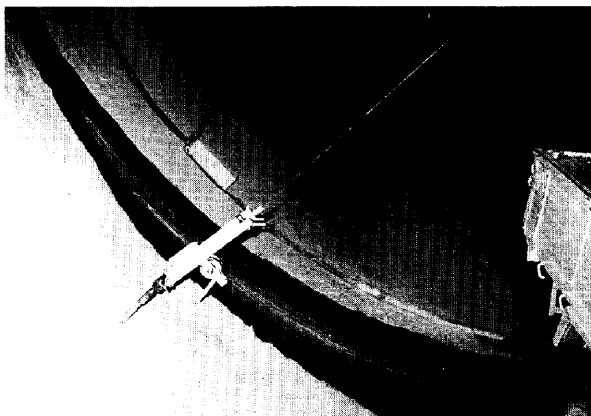


Photo 4 コンバージェンスメジャーによる内空変位測定メジャー後方の赤いボックスが表面歪計

8-2 測定の結果

計測計器の配置及び注入回数毎の内空変位測定の結果をFig.12に示す。

計測測線がC, Dリングの間にあるため、スパンごとの変位はAリング注入後に少し変位したのちCリング以後の注入により注入圧20kgf/cm²の場合で平均1.6mm程度変位した。内空変位の結果から想定されるコンクリートに生じたプレストレスをTable 3に、また、全スパンのプレストレス導入状況をFig.13に示す。ここでは厚肉円筒の式を用いて変位δからグラウト圧Pを求め、さらにプレストレスσを想定した。

$$\frac{\delta}{2} = \frac{1-\nu^2}{E} \cdot \frac{a^2 b^2}{b^2 - a^2} \cdot \frac{2}{b} P$$

$$\sigma = -P \frac{2 b^2}{b^2 - a^2}$$

ここに δ:変位

ν:ポアソン比…0.2

E:コンクリートの弾性係数…2.1×10⁵ (kgf/cm²)

a:内側半径…365 (cm)

b:外側半径…415 (cm)

P:グラウト圧

σ:プレストレス

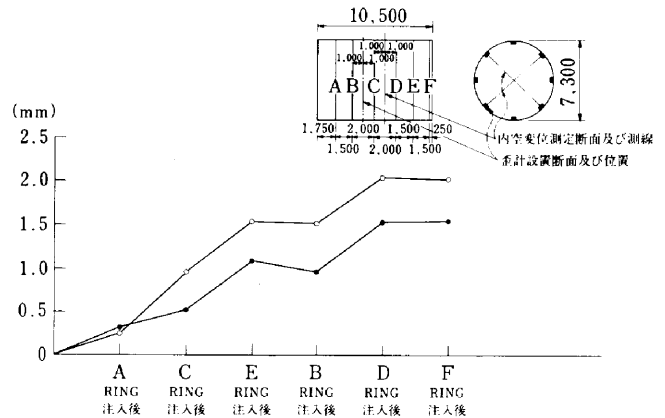


Fig.12 計器設置断面、位置及び内空変位測定結果

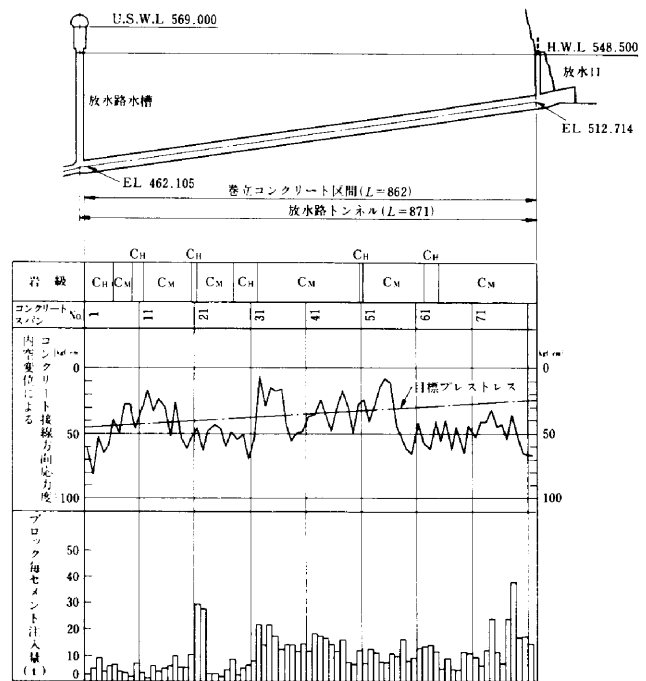


Fig.13 トンネル全線のプレストレス導入状況

Table 3 内空変位計測結果

支保方法	注 間	項 目	計測値 (mm)	プレストレス (kgf/cm ²)	目標プレストレス (kgf/cm ²)
NATM	全 体	平 均	1.62	47.2	—
		標準偏差	0.51	15.1	—
	注入圧 22kgf/cm ² 区間	平 均	1.76	51.4	42~45
		標準偏差	0.59	17.0	—
在来工法	全 体	平 均	1.56	45.4	38~42
		標準偏差	0.46	13.8	—
	注入圧 15kgf/cm ² 区間	平 均	1.39	38.7	24~38
		標準偏差	0.55	19.1	—

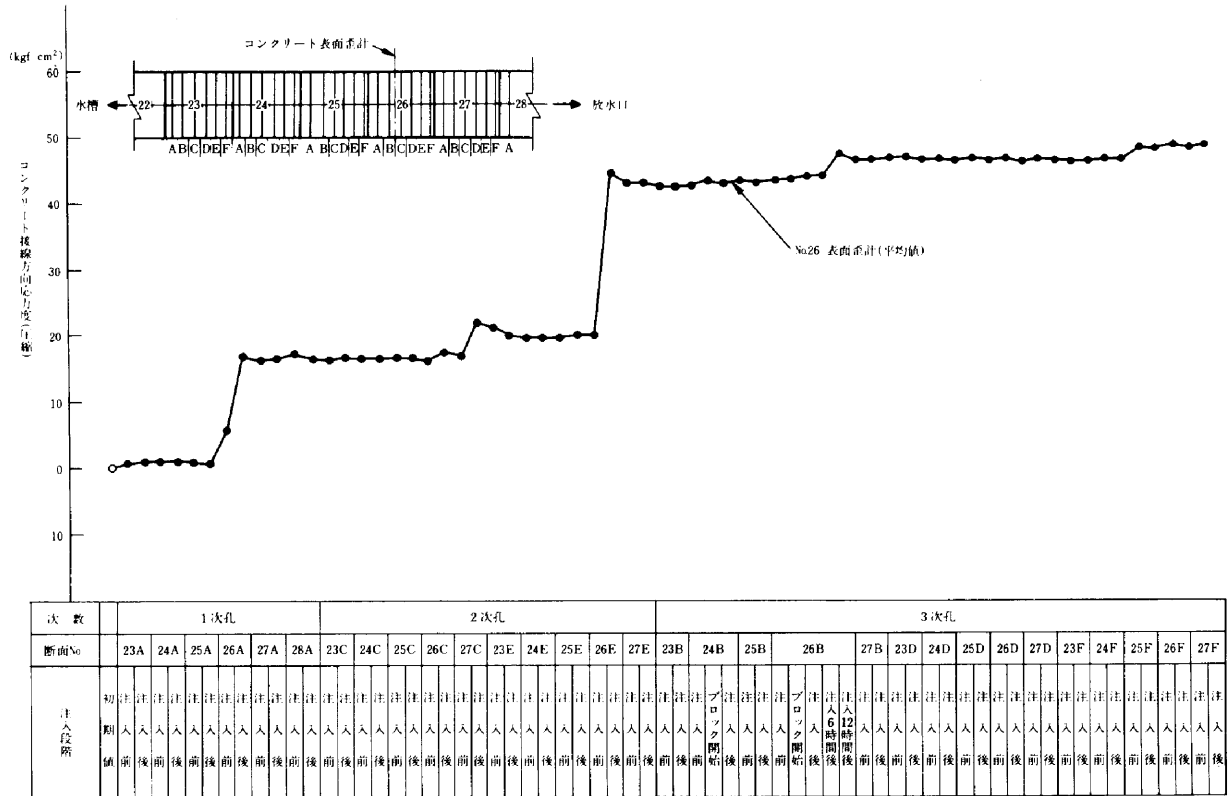


Fig.14 放水路コンソリデーショングラウチングによるプレストレス導入状況(NATM区間)

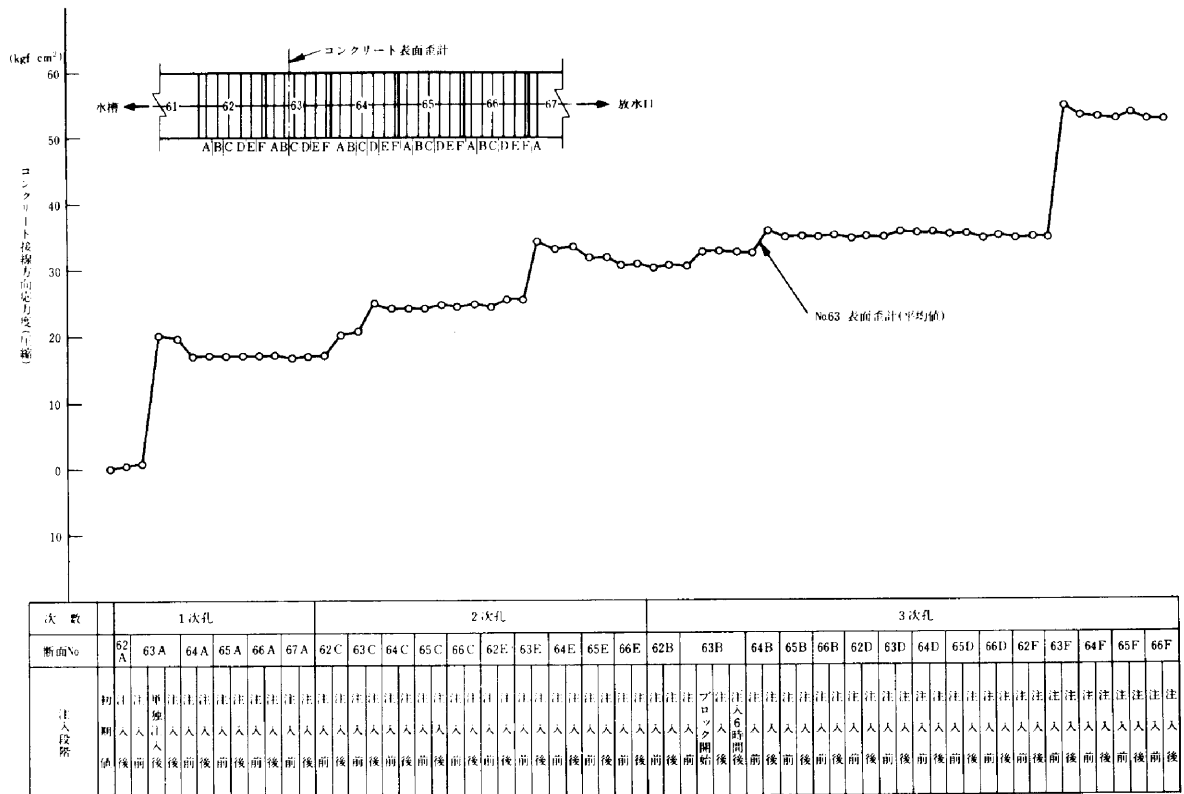


Fig.15 放水路コンソリデーショングラウチングによるプレストレス導入状況(鋼管支保工区間)

表面ひずみ計によるコンクリートの応力度をFig.14, Fig.15に示す。これによると注入次数が進むにつれて導入された応力度も増加している様子がはっきり見られる。

また、コンバージェンスメジャーによる内空変位から求めたコンクリートの応力と、表面ひずみ計による応力との相関はFig.16に示すとおりである。

なお、内空変位から求めたコンクリート接線方向応力は表面ひずみ計により求めた値より少ない値を示す傾向が見られた。

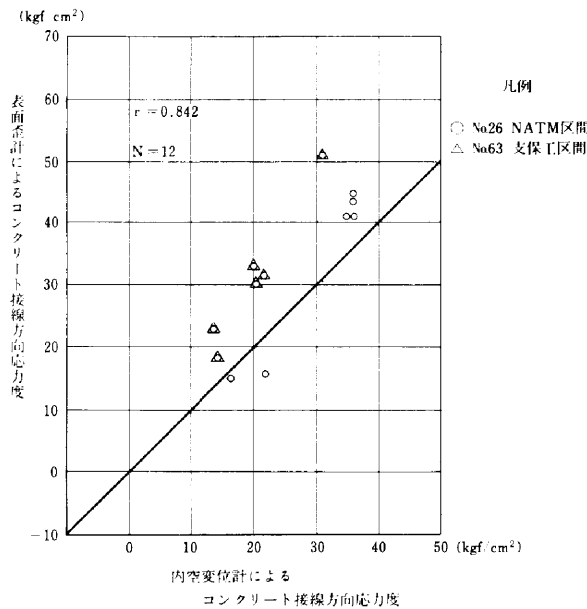


Fig.16 内空変位計とコンクリート表面歪計の関係

§ 9. 追加グラウチング

標準パターンによるコンソリデーショングラウチングの全線終了後、湧水箇所及び湛水池近く（放水口側70m間）の区域について計865本の追加グラウチングを行った。

湧水箇所の注入としては、コンクリート面から滲み出る箇所787孔を選び追加グラウチングした。

また、湛水の影響を受けやすい放水口側のスパンを中心に、標準パターン注入の改良目標である5 Luに達していない箇所及び単位セメント注入量で100kg/mを越えた多量注入孔について78本の追加グラウチングを行った。

これら追加グラウチングのデータは岩盤の改良度をチェックすることにも役立たた。

追加グラウチングの注入結果はTable 4のとおりである。

標準孔施工時に比べ追加グラウチング施工時は

NATM工法区間、在来工法区間ともルジオン値が低い値を示し注入量の減少も顕著であった。

追加グラウチング終了後の湧水量は半減し、全線で10 ℓ/minになった。

Table 4 追加グラウチング注入結果

支保方法	単位セメント注入量		注入前ルジオン値		備考
	標準孔 kg/m	追加孔 kg/m	標準孔 ℓ/min・m ³ /kg・cm ²	追加孔 ℓ/min・m ³ /kg・cm ²	
NATM工法区間	75.5	25.1	7.9	1.4	
在来工法区間	156.9	21.0	16.7	2.2	

*標準孔の値は直近最大値を用いた。

§10. あとがき

セメントミルクは水ガラス系の薬液や高分子系の薬液などに比べて大きな強度と高い安定性を有するため、永久構造物のグラウト材として使用頻度が高い。

しかし、グラウトはセメント粒子径の3倍以下のクラックには浸透できないとされており、セメント粒子が80~100μm程度であることから0.2mm以下のクラックは処理ができないことになる。

当工事で使用したセメントは東京電力㈱仕様の「グラウト用セメント」でブレン比表面積5,240cm²/gと、普通セメントの3,170cm²/gや早強セメントの4,320cm²/gに比べると細かいが、それでも岩盤内に浸透してすべての湧水を止めることは不可能であった。

特にコンクリートのジョイント部から滲み出る湧水を止めることは困難であった。

比表面積8,150cm²/gと粉末度の高い超微粒子セメントを用いればこの問題も解消するかも知れないが、コストが極めて高くなりこれ以上の止水については昭和60年12月現在施工しているカーテングラウチングの効果と合わせて判断しようとしている。

現在のところトンネル全体の湧水量は10 ℓ/minで止水効果は99.8%である。追加グラウチングの結果から卓越したクラックもないと判断できるためこの程度の湧水は通水後の欠陥とはなり得ないものと考えている。

コンソリデーショングラウチングにより岩盤は、各注入次数毎の標準パターンでの注入量及び追加グラウチングにおける注入量と水押し結果から、順次に改良されている様子が見られた。

また、注入による残留プレストレスの効果も内空変位及び表面ひずみから確認された。

しかし、残留プレストレスは主に地山のクリープ等により一部失われるものであり、セメントミルクが完全に

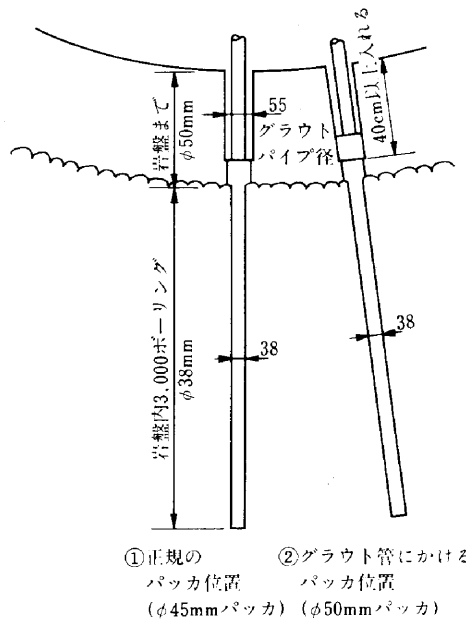
硬化するまでも力の逃げがあるものと考えられるため、注入圧やブロック時間の問題も含めて定量的な把握はできていない。

最後に、当放水路トンネルにおけるコンソリデーショングラウチングが当初の目的をほぼ満足して終了できた事に対し、御協力いただいた関係者の皆様方に厚く御礼申し上げます。

(別添)
放水路コンソリデーショングラウチング
削孔、注入マニュアル
(西松建設今市出張所)

項目	基準	概要および補足
削	順序	注入順序に先行 A(注入孔)→C(管理孔)→E(管理孔)→A(注入孔)→…、 C(注入孔)→C(注入孔)→…、E(注入孔)→E(注入孔)→…、 B(注入孔)→D(管理孔)→F(管理孔)→B(注入孔)→…、 D(注入孔)→D(注入孔)→…、F(注入孔)→F(注入孔)→…
	削孔径	岩盤までφ50mm 岩盤内φ38mm 削孔状況をボーリング及びパッカ位置図に示す。
孔	削孔長	岩盤内3.0m φ50mmでの削孔時の記録をもとに岩盤内3.0m削孔する。
	洗滌及び孔壁保護	きれいに削りをはき出し、布切れて穴を保護する。
	地山及び湧水状況	異常を確認した場合、ただちに職員に報告する。
		地山とコンクリートのすきまや、湧水多量の場合等。

ボーリングおよびパッカ位置図



項目	基準	概要および補足	
水	削孔確認	検尺終了孔か。	職員よりプラントに連絡。
	洗滌	洗滌水が清水になったか。	洗滌する際、注入孔を再確認するとともに孔壁の異常の有無を調べる。
	パッカの種類及び設置	①φ45mmのゴム式パッカを岩盤の直近のコンクリート内に設置する。	②φ45mmのパッカがうまくかからない場合はφ50mmのパッカをグラウト管の先端(40cm以上)に設置する。ボーリングおよびパッカ位置図に示す。
	圧力上昇	1分間1kgf/cm ² 以内	
	送水圧力 送水量	圧力10kgf/cm ² で10分間 最大送水量50ℓ・min	圧力、流量とも安定してから10分間の送水結果を記録。
し	リーク	リーク圧力5kgf/cm ² 以上の場合 低圧注入を実施。	注入圧力 5kgf/cm ² 配合 C:W=1:0.5
	単独注入孔と 同時注入孔へ 分類する。	10Lu<単独注入孔 10Lu>同時注入孔	10Lu=300ℓ/10min/3.0m/10kgf/cm ²

項目	基準および留意点	概要および補足	
注	管理孔削孔完了の確認及び 圧力計設置	注入孔前2リング目及び単独注入 前後孔が削孔済か	圧力計設置状況を注入管理図に示す。
	注入区分	10ルジオン未満同時注入 10ルジオン以上単独注入	同一リングにおいては単独注入を先行し、また同時注入においては最大ルジオン値を示す孔を最後尾にして注入する。
	配合切替	C:W=1:6 300ℓ 1:4 600ℓ 1:2 600ℓ 1:1 1,200ℓ	配合の切替時は急激な配合の切替は避け、徐々に 行う。にもかかわらず急激な流量変化が見られた場合、前配合に戻す。
	圧力上昇	同時注入 1kgf/cm ² /min 単独 0.5 "	
	注入量	同時注入 P _h /2>P _h 50ℓ/min P _h /2<P _h 30 " 単独 30 " リークした場合 20 "	P _h (最大注入圧) P(注入圧)

項目	基準および留意点	概要および補足	
注	リーク	リーク圧力5kgf/cm ² 以上の場合、 注入中断。 リーク個所、リーク圧力の記録。	6時間後に再削孔、再水押しを行い、注入区分より再注入。
	注入状況	注入量、圧力変化の異常はないか。	
入	ブロック	30分間。	規定注入圧に達し、流量が0.5ℓ/minになってからの時間。
	比重測定	各注入に各配合。	設計値 1:6=1.106 1:4=1.350 1:2=1.296 1:1=1.520
質管	ブリージング 率	1日1回各配合	5分以上攪拌された状態のミルクを採取し、 試験する。
	圧縮試験	1日3本(W/C=1/1)	同 様
理	内空変位測定	各リング注入完了後	

注入管理図

