

I S S N 0386-5878

土木研究所資料第3058号

土 木 研 究 所 資 料

ダム基礎岩盤グラウチング試験 に関する一考察

平成4年3月

建設省土木研究所
ダム部ダム構造研究室

[Copyright © (1992) by P.W.R.I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted,
nor translated into a machine language without the written permission of the Director General of P.W.R.I.

この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複製は、土木研究所長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。」

ダム基礎岩盤グラウチング試験 に関する一考察

ダム構造研究室 室 長 永 山 功
主任研究員 則 松 秀 晴
主任研究員 及 川 拓 治[※]
研 究 員 庄 司 俊 介

※現 水資源開発公団 日吉ダム建設所

要 旨

ダム基礎岩盤の止水処理工法であるグラウチングの施工技術は、過去の施工実績に基づいて経験的に得られたものであり、各種岩盤に対するグラウチングの手法は、それぞれの現場において試行錯誤的に決定されている。このため、対象とする岩盤に最も適したグラウチングの注入仕様を合理的に決定する手法の確立が望まれている。本調査はこれに関連して、割れ目の発達した岩盤において、グラウトの注入仕様が遮水性の改良効果に及ぼす影響を把握するため、ダムサイトにおいてグラウチング試験を行い、その結果について検討を加えたものである。

キーワード：ダム，基礎岩盤，グラウチング試験，透水試験

は　じ　め　に

建設省は、治水、利水などを目的として、現在までに300を超えるダムを建設してきているが、増え続ける要請に応えるためには、今後も数多くのダムの建設を推し進めていかなければならない。しかし、ダム建設に適した良好な岩盤を有するダムサイトは、過去において優先的に開発されてきたこともあって、近年、地質条件が必ずしも良好でないような岩盤をダムの基礎としなければならないケースが増えつつある。その結果、カーテングラウチングなどのダムの基礎処理も年々大規模なものとなってきている。

通常、ダム基礎岩盤の止水処理は、グラウチングによって行われている。グラウチングは、岩盤中の割れ目等の間隙をセメントミルクで充填し、基礎岩盤の遮水性を改良する工事であるが、その施工技術は、多くの施工実績に基づいて経験的に得られたものであり、各種基礎岩盤に対する最適なグラウチングの手法は、それぞれの現場で試行錯誤的に決定されているのが実状である。

このような現状から、基礎岩盤グラウチングの合理的な設計方法の確立が強く望まれている。そのためには、各種岩盤におけるグラウトの注入特性を検討し、それぞれの岩盤に適した効果的なグラウチングの方法を見いだすことが必要となる。本検討はその一環として、割れ目の発達した岩盤において、グラウトの配合、注入圧力が注入状況、改良効果に及ぼす影響を把握することを目的として、現場でのグラウチング試験を行い、その結果についてとりまとめたものである。

目 次

はじめに	
1. 試験地点の地形・地質	1
1.1 試験地点周辺の地形・地質状況	1
1.2 試験地点の地盤状況	1
2. 試験の方法	3
2.1 試験孔の配置	3
2.2 岩盤の変位測定	3
2.3 透水試験	4
2.4 グラウチング試験	5
2.5 トレンチ掘削による注入状況の観察	7
3. 試験結果	8
3.1 ルジオン値および限界圧力	8
3.2 リークの状況	8
3.3 グラウトおよびセメントの注入量	12
3.4 岩盤変位	19
3.5 遮水性の改良度	23
3.6 トレンチ掘削による注入状況の観察	28
4. まとめと今後の課題	40
参考文献	41

1. 試験地点の地形・地質

1.1 試験地点周辺の地形・地質状況

試験地点であるMダムはT山地に位置しており、その周辺の地質は主として新生代新第三紀前半の火山碎屑岩類とこれに貫入した石英閃緑岩体から形成されている。このT山地はグリーントフ地域に属するが、岩石は石英閃緑岩の貫入に伴う変成作用を受け、グリーントフ地域に見られる一般的な岩石に比べて堅硬な岩石となっている。このうち、ダムサイトの岩盤は火山碎屑岩類で構成され、塊状で割れ目の少ない岩盤がある一方で、造構運動の結果と考えられる割れ目の多い岩盤も存在し、このような割れ目に沿って岩盤の風化が進行している。また、ダムサイトの地形は地質構造と深く関係して左右岸で非対称となっている。すなわち、左岸側では地層面（N 25° W 40° E 前後の単斜構造）が斜面に対してやや差し目になることから傾斜 70° 前後の急崖となっており、一方、右岸側では流れ目になることから傾斜 40° 前後の幅広い尾根となっている。また、河道や地形等高線はダムサイトでくの字形に曲がっており、右岸側の尾根が凸部、左岸側の急崖が凹部となる地形となっている。

1.2 試験地点の地盤状況

試験は、掘削が終了した左岸側ダム天端標高の平場（標高 290 m）において実施した。図－1.1 に試験位置を示す。また、地質調査時点における試験地点近傍のボーリング資料による同標高以深の地質概要を表－1.1 に示す。これによると、当地点の地質は、新生代第三紀中新世の凝灰質砂岩、火山角礫岩などの火山碎屑岩類からなっており、その岩級区分は C_u～C_L 級に属している。また、試験地点はダムの基礎掘削前の地表面から鉛直深度で約 40 m のところに位置しているが、岩盤内には割れ目が発達し、また割れ目に沿って風化が進行しており、基礎掘削前の透水試験では、その地点のルジオン値は 3～28 L_u、限界圧力は 6～10 kgf/cm² 程度になっている。

表－1.1 試験地点近傍の地質概要

ボーリング孔名	深 度 (m)	ルジオン値 (L _u)	限界圧力 (kgf/cm ²)	岩級区分	岩 種	初期地山深度 (m)
BL-12	0～5	—	—	—	—	15～20
	5～10	11.26	4.91	CM, CL	Lt, Vcg, Ts	20～25
	10～15	5.08	5.38	CM, CL	Vcg	25～30
	15～20	6.74	—	CM, CL	Vcg, Lt	30～35
BL-15	0～5	28.54	> 10	CM, CH	Ts	40～45
	5～10	3.08	7.35	CM, CH, CL	Vb, Ts	45～50
	10～15	17.34	8.69	CM, CH	Lt, Ts	50～55
	15～20	14.82	6.57	CM, CH	Ts, Lt	55～60

(注) 1. 「深度」は、標高 290 m からの深度。

2. 「岩種」の記号は以下のとおりである。

Lt : 火山礫凝灰岩, Vcg : 火山角礫岩, Ts : 凝灰質砂岩, Vb : 火山角礫岩

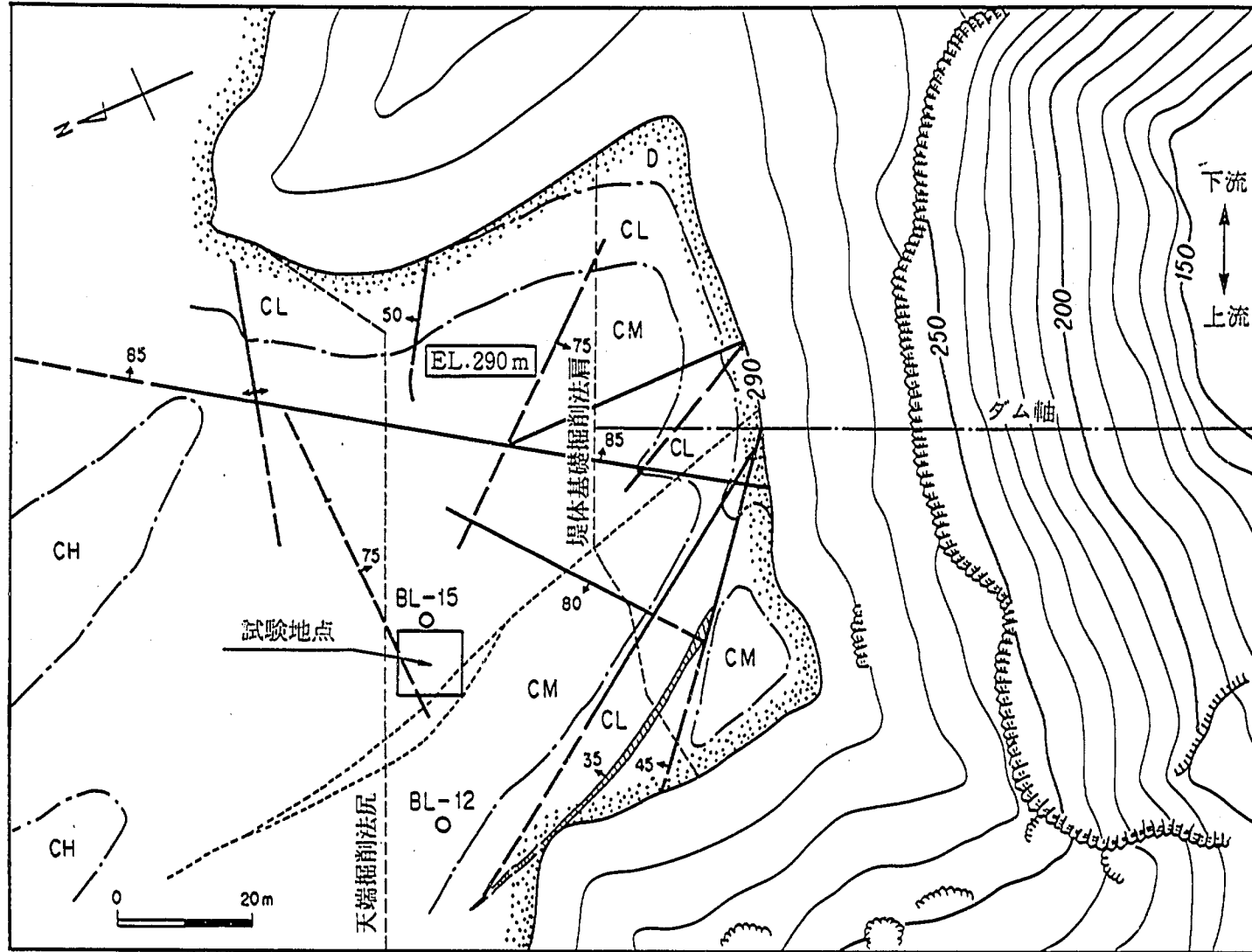


図-1.1 試験位置およびEL. 290 m 盤地質

2. 試験の方法

2.1 試験孔の配置

今回のグラウチング試験は、図-2.1に示すように格子状に9孔を配置し、各孔2ステージ、合計18ステージにわたって実施した。第1ステージは深度1～6m、2ステージは深度6～11mとし、表面から1mの部分の岩盤は、リーク防止用のカバーロックとした。また、各孔から1m離れた場所に注入孔の注入完了後にチェック孔を設け、各孔に対するグラウチングの効果を透水試験により判定するものとした。なお、注入孔は直径66mmとし、ロータリーボーリングマシンにより削孔した。

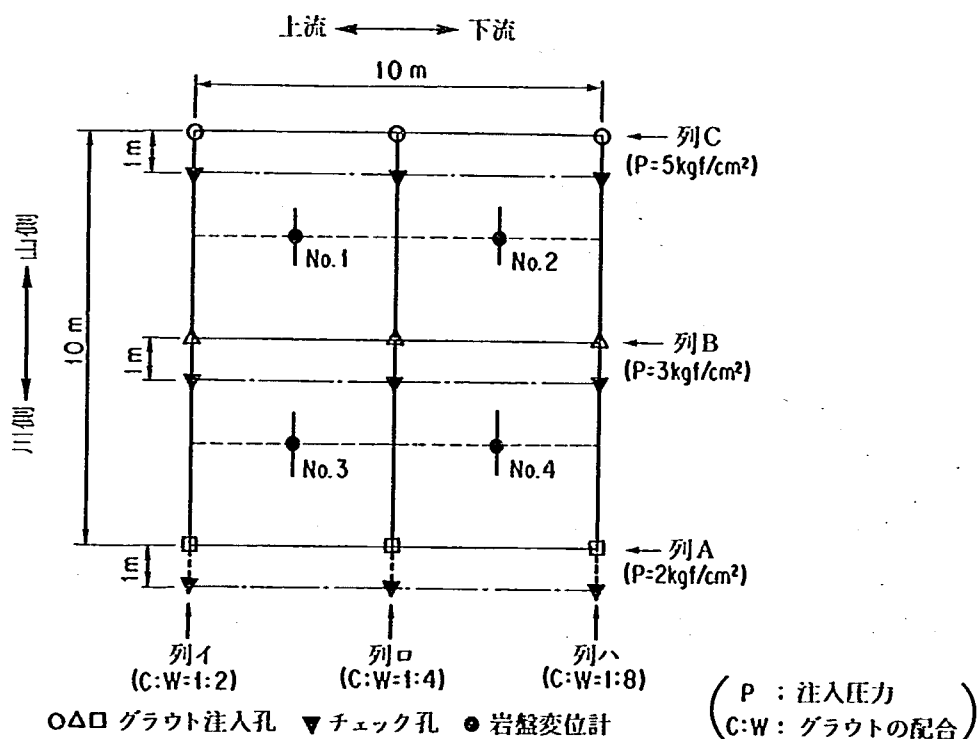


図-2.1 試験孔および岩盤変位計の配置

2.2 岩盤の変位測定

9つの注入孔から形成される4つの格子の中央には岩盤変位計を配置し、透水試験時およびグラウト注入時の岩盤の変位を測定した。なお、岩盤変位計は図-2.2に示すアップフィーバルゲージを用い、ケーシングパイプと孔壁の間の空隙は、注入孔のグラウト注入時におけるリークを防止するため、セメントペーストで充填した。

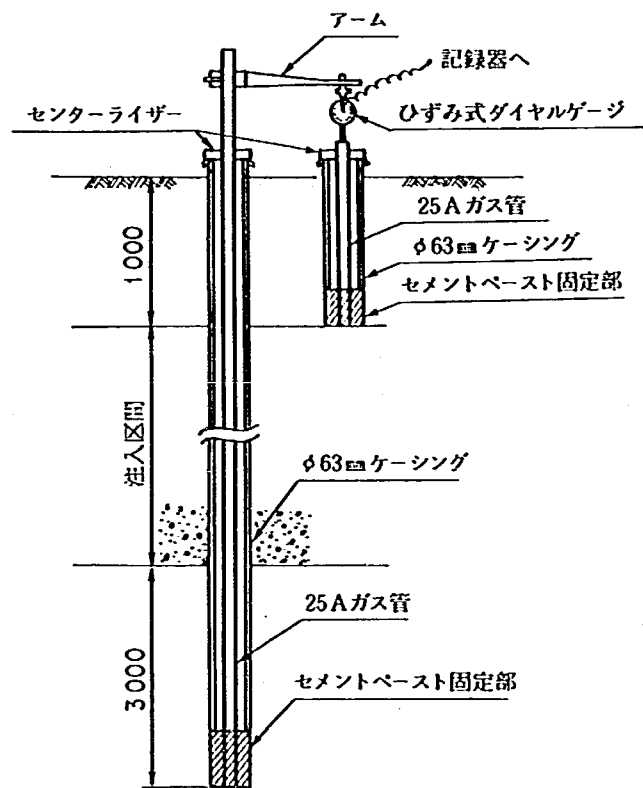


図-2.2 岩盤変位計（アップフィーバルゲージ）

2.3 透水試験

グラウト注入に先立ち、透水試験を実施した。透水試験は、掘削による応力解放により限界圧力が低下していると考えられたため、最大注入圧力を口元圧力で 2.0 kgf/cm^2 とし、図-2.3 に示すように、0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0, 1.5, 2.0 kgf/cm^2 の7段階で昇圧および降圧を行い、各圧力段階で注入量の測定を

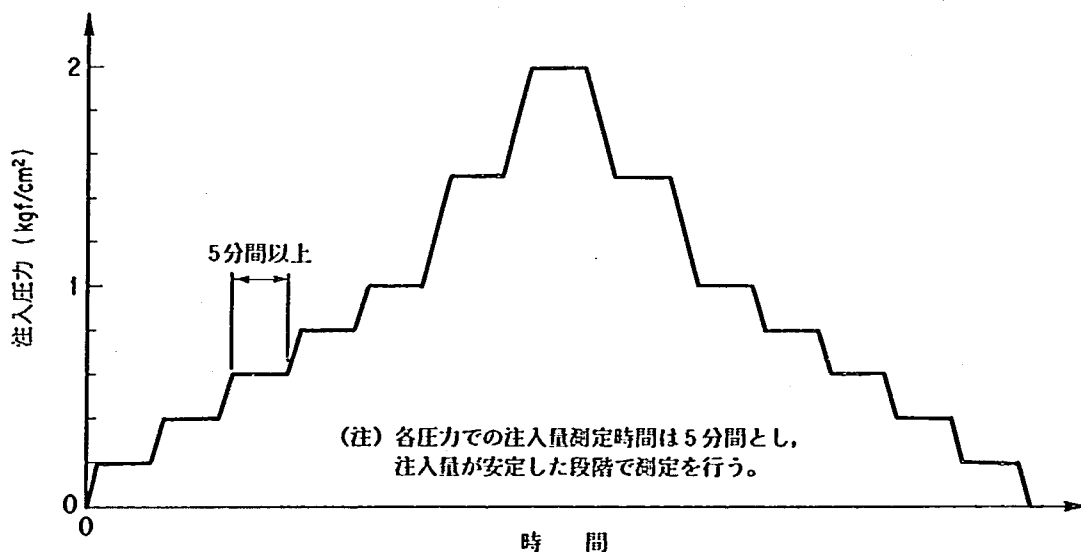


図-2.3 透水試験時の昇降圧基準

行った。なお、ポンプの脈動による圧力変動の影響を避けるため、口元圧力 1.0 kgf/cm^2 （水頭 10 m ）までの注入は静水圧によることとした。静水圧は、試験地点横の掘削法面に足場を組み、そこに水槽を設置することによって与えた。その状況を写真－2.1に示す。また、注入量の測定は注入が安定した段階で行うものとし、各圧力段階での注入量測定時間は5分間とした。

なお、試験地点の地下水位は、今回試験を行った第2ステージよりも低い位置にあったため、透水試験における有効注入圧力は以下の式により算定した。

$$P = P_0 + r_w (h_1 - h_2) \quad \dots\dots\dots (1)$$

ここに、 P ：有効注入圧力（ kgf/cm^2 ）

P_0 ：口元圧力（ kgf/cm^2 ）

r_w ：水の単位体積重量（ 1 tf/m^3
 $= 0.1\text{ kgf/cm}^2/\text{m}$ ）

h_1 ：圧力計から試験区間中央までの
 の標高差（ m ）

h_2 ：注入管内抵抗による損失水頭（ m ）

ここで、式(1)における注入管内抵抗による損失水頭は、本来、試験に使用した注入管を用いて、試験によりその値を確認することが望ましいが、流量が比較的小さく、損失水頭の影響が小さいと考えられたため、過去における実験資料をもとに、次の式によって算定した。

$$h_2 = \alpha Q^2 L \quad \dots\dots\dots (2)$$

ここに、 α ： $7 \times 10^{-5} (\text{min}^2/\text{L}^2)$

Q ：注入量（ L/min ）

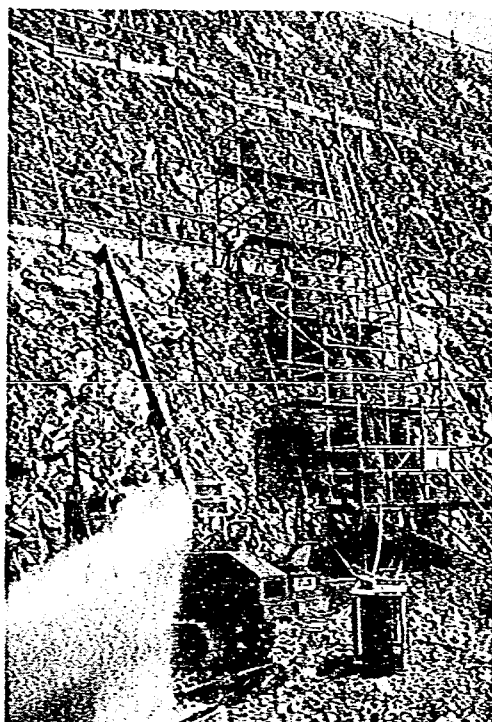
L ：注入管長（ m ）

2.4 グラウチング試験

グラウチング試験における注入仕様は以下のとおりとした。

1) 注入圧力

注入圧力は口元圧力で管理した。圧力は 2.0 、 3.0 、 5.0 kgf/cm^2 の3種類とし、図－2.1における列Aでは全て 2.0 kgf/cm^2 、列Bでは全て 3.0 kgf/cm^2 、列Cでは全て 5.0 kgf/cm^2 で注入を行った。なお、昇圧基準は図－2.4に示すとおりとし、注入圧力 2.0 kgf/cm^2 までは3分おきに 0.5 kgf/cm^2 きざみで、それ以



写真－2.1 透水試験用貯水槽
 （ヘッドタンク）

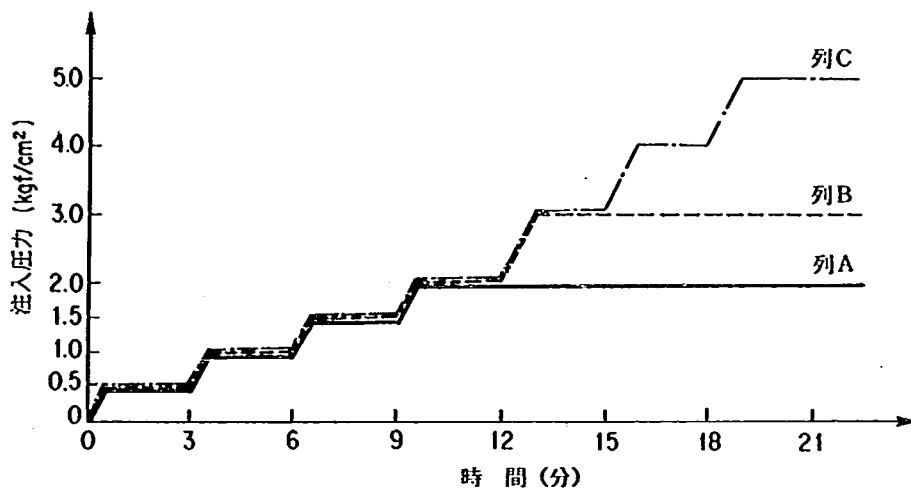


図-2.4 グラウト注入時の昇圧基準

後は3分おきに1.0kgf/cm²きざみで昇圧した。

なお、グラウト注入時の有効注入圧力は、式(1)における r_w として各注入配合に対するグラウトの単位体積重量を用いて算定した。また、注入管内抵抗による損失水頭については、近似的に式(2)を用いた。

2) グラウトの配合

従来のグラウチングでは、薄いグラウトから注入を開始し、総注入量の増加に応じて徐々に濃いグラウトを注入するような配合の切換え基準を設けているが、今回の試験では、配合の切換え基準を一切設けず、同一孔では常に一定の濃度の配合でグラウトの注入を行うものとした。これは、グラウトの配合がグラウチングの効果に及ぼす影響をより確実に把握するためである。

なお、グラウトの配合は、セメントと水の重量比(C:W)で、1:2, 1:4, 1:8の3種類とし、図-2.1における列イには1:2, 列ロには1:4, 列ハには1:8の配合をそれぞれ用いた。

また、後述するトレンチ掘削によるグラウトの注入状況の把握を確実にするため、グラウトを着色剤により着色した。

3) 注入速度

従来のグラウチングでは、岩盤の変位を抑えるために、グラウトの注入圧力と注入速度の両方に規制値を設けた注入基準を採用しているが、今回の試験では、グラウトの注入速度に関しては特に規制値を設けず、注入速度の大小に関わらず規定の注入圧力でグラウトの注入を行うものとした。これは、注入圧力がグラウチングの効果に及ぼす影響をより確実に把握するためである。

4) 注入完了基準

グラウトの注入完了は、グラウトの注入速度が0.1ℓ/min/mまで低下した後、30分のだめ押しを行った時点とした。

5) 注入の中断基準

従来のグラウチングでは、効率的な注入を行うため、グラウトの総注入量が異常に大きくなった場合

にはグラウトの注入を一旦中断し、グラウトの硬化待ちを行って再注入を行っているが、今回の試験では、グラウトの注入の中断は原則として行わないものとした。これは、グラウトの注入圧力や配合がグラウトの総注入量に及ぼす影響をより確実に把握するためである。

ただし、以下の2つの場合には、岩盤の破壊が進行し、これが今回の試験全体に影響を及ぼす可能性があるため、このような場合に限ってグラウトの注入を中断するものとした。

- ① 注入開始後、岩盤変位計で測定された岩盤変位が通常の規制値の5～10倍を上回る1.0mmとなった場合。
- ② リークが発生した後、グラウトの注入速度の減少が全く認められない場合。

2.5 トレンチ掘削による注入状況の観察

グラウト注入が全て終了した後、試験地点に深さ2mのトレンチを掘削し、その壁面を観察することにより、グラウトの進入、到達状況を調べた。

3. 試験結果

透水試験およびグラウチング試験の結果を表-3.1にまとめて示す。なお、〔Aロ〕孔の第1ステージについては、リークが非常に多かったため仕様どおりの注入ができなかった。また、〔Aハ〕孔の第1ステージについては、注入用ポンプの不調により信頼できる注入結果が得られなかった。よって、これらの2孔の第1ステージの注入結果については解析の対象から除外することとする。

以下に、試験結果についての考察を行う。

3.1 ルジオン値および限界圧力

各注入孔のルジオン値は表-3.1に示したとおりである。

これより、第1ステージについては、ルジオン値は、〔Aイ〕孔を除くと30 Lu以上であり、また、9孔のうち4孔は有効圧力1.5 kgf/cm²未満で限界圧力が確認されている。これらのことより、岩盤は掘削により非常に緩んだ状態になっていることが分かる。

一方、第2ステージにおいては、ルジオン値は20 Lu程度以下であった。これは、表-1.1に示した調査時のボーリング孔におけるほぼ同位置でのルジオン値と同程度の値である。また、最大注入圧力（有効圧力）2.9 kgf/cm²の透水試験では限界圧力は確認できなかった。このことも、表-1.1に示した限界圧力が約5 kgf/cm²以上であることから、これと対応していると考えられる。

以上より、掘削による岩盤の緩みの影響は、掘削面から深さ5 m程度未満に留まっているものと考えられる。

次に、各注入孔およびチェック孔の透水試験により得られた圧力（有効圧力）-流量曲線（以下、P-Q曲線という。）を図-3.1に示す。第1ステージについては、多量のリークがあったこともあって、計画どおりの圧力の昇降が十分に行われていないが、第2ステージについては、昇圧および降圧時の圧力と流量の関係を詳しくみることができる。

第2ステージのP-Q曲線より分かることは、ほとんどの孔で昇圧時よりも降圧時の流量が幾分小さめとなっていることである。これは、透水試験時においては、各注入圧力に対して流量が安定してから注入速度の測定を行ってはいるが、試験地点の地下水位が第2ステージよりも深いところにあったこともあって、流量の測定時間である5分間程度では流量が安定しているように見えても、実際には十分定常状態となっていなかったため、より定常状態に近い状態となった降圧時において流量が小さく測定されたものと考えられる。ただし、昇圧時と降圧時の流量の差は大きいものではなく、いずれのP-Q曲線を用いてルジオン値を計算しても大差はないと考えられる。

3.2 リークの状況

透水試験時およびグラウト注入時におけるリークの有無および最大岩盤変位の値は表-3.1に示したとおりである。

表-3.1 試験結果一覧

ステ ー ジ	孔 種	孔番号	透 水 試 験				グ ラ ウ チ ン グ 試 験											
			リークの有無 ●:有, 一:無	ルジオン値 (Lu)	限界圧力 (kgf/cm ²)	最大岩盤変位 (mm)	注入日 (月日)	施工順序	配合 C:V	注入圧力(kgf/cm ²)		着色	リークの有無 ●:有, 一:無	注入時間 (hr:min)	注 入 量		最大岩盤変位 (mm)	備 考
										計 画	施 工				グラウト (l/m)	セメント (kg/m)		
1	注	A4	●	9.4	1.4	0.02	8. 8.	1	1:2	2	2.0	赤	●	1:21	61.0	26.4	0.02	中断
		Aa	●	54.1	0.8	0	8.22.	2	1:4	2	—	黄	●	0:04	-	-	-	リーク多量
		Ah	●	39.9	>0.9	0	8.23.	3	1:8	2	2.0	青	●	1:26	-	-	-	注入1=3m
	入	B4	●	37.1	0.7	0.03	8.24.	4	1:2	3	2.0	青	●	0:28	285.3	123.3	0	注入1=3m
		Ba	●	59.8	0.6	0.02	8.28.	5	1:4	3	1.0	赤	●	0:40	282.2	65.2	0	中断
		Bh	●	53.0	>2.2	0	8.28.	6	1:8	3	2.0	黄	●	0:30	219.8	26.4	0	中断
	孔	C4	●	52.3	>2.4	0.07	8.29.	7	1:2	5	5.0	黄	●	1:35	177.4	41.0	0.01	完了
		Ca	●	53.2	>2.4	0.18	9. 1.	9	1:4	5	2.0	無	●	1:10	403.2	93.2	0.18	中断
		Ch	—	91.6	>2.3	0.01	8.30.	8	1:8	5	5.0	赤	●	3:50	1,199.2	144.4	0.04	中断
	チ エ	A4-CH	—	4.6	>2.4	0.04												
		Aa-CH	●	51.3	1.9	0.05												
		Ah-CH	●	91.1	>2.1	0.03												
	ッ	B4-CH	●	7.6	0.9	0.10												
		Ba-CH	●	9.4	1.2	0.13												
		Bh-CH	●	88.2	>1.8	0.03												
	ク	C4-CH	●	5.3	1.9	0.10												
		Ca-CH	●	20.6	1.9	0.10												
		Ch-CH	●	50.4	>2.4	0.21												
2	注	A4	—	13.8	>2.9	0.08	9.10.	10	1:2	2	2.0	黄	—	2:05	74.6	32.2	0.02	完了
		Aa	—	6.5	>2.9	0.02	9.14.	15	1:4	2	2.0	赤	—	3:25	101.6	23.6	0.01	完了
		Ah	—	8.4	>2.9	0.01	9.11.	12	1:8	2	2.0	黒	—	1:40	27.6	3.4	0.01	完了
	入	B4	—	20.7	>2.9	0.09	9.11.	11	1:2	3	3.0	赤	—	1:15	34.0	14.8	0	完了
		Ba	—	7.5	>2.9	0.02	9.21.	18	1:4	3	3.0	黒	—	2:35	59.6	13.8	0.02	完了
		Bh	—	6.1	>2.9	0.03	9.12.	13	1:8	3	3.0	黄	—	3:50	113.2	13.6	0.04	完了
	孔	C4	—	10.1	>2.9	0.04	9.13.	14	1:2	5	5.0	黒	—	2:30	117.2	50.6	0.03	完了
		Ca	●	7.1	>2.9	0.05	9.17.	16	1:4	5	5.0	黄	●	2:40	99.2	23.0	0.19	完了
		Ch	—	8.7	>2.9	0.02	9.19.	17	1:8	5	5.0	赤	—	4:15	208.2	25.2	0.04	完了
	チ エ	A4-CH	—	22.1	>2.8	0.06												
		Aa-CH	—	2.0	>2.9	0.01												
		Ah-CH	—	3.9	>2.9	0.01												
	ッ	B4-CH	—	5.1	>2.9	0.01												
		Ba-CH	—	3.5	>2.9	0.01												
		Bh-CH	—	4.2	>2.9	0												
	ク	C4-CH	—	5.2	>2.9	0.02												
		Ca-CH	—	0.6	>2.9	0.01												
		Ch-CH	●	15.9	>2.9	0.04												

(注) 1. 透水試験時にリークを生じた孔のルジオン値は、リーク分も含んだ注入水量をもとにして算出している。

2. 透水試験時の限界圧力は有効圧力表示である。

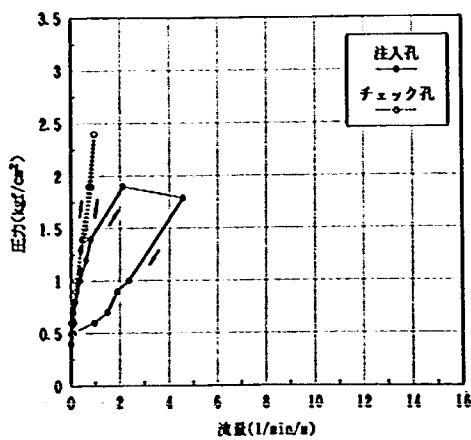
3. グ라우チング試験の注入圧力は口元圧力である。

4. 注入時間はだめ押しの時間を含む。

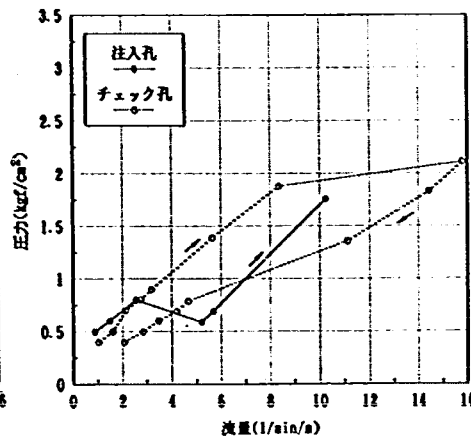
5. グラウト注入時にリークを生じた孔のグラウトおよびセメント注入量は、リーク分も含んだ値である。

6. [Aa]孔の第1ステージは、リークが非常に多かったため仕様どおりのグラウチングができなかった。

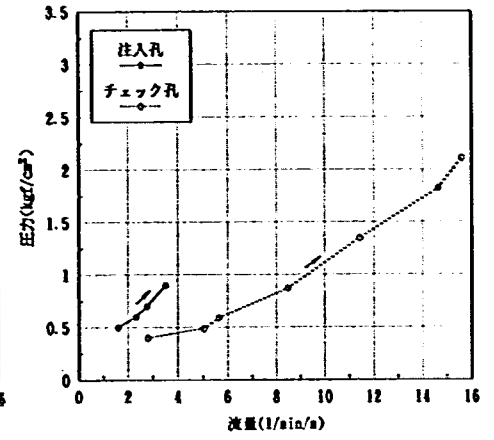
7. [Ah]孔の第1ステージは、注入用ポンプの不調により信頼できるグラウチングの結果が得られなかった。



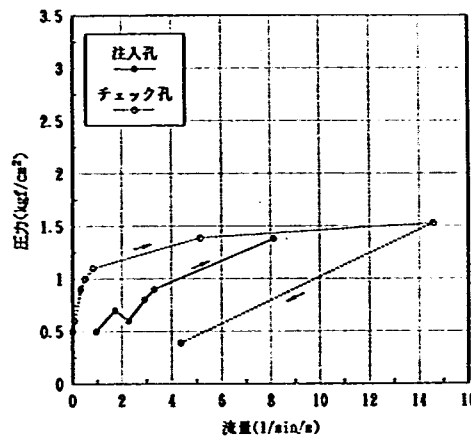
(A イ孔)



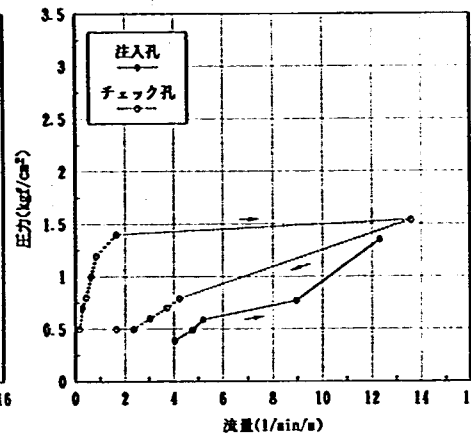
(A ロ孔)



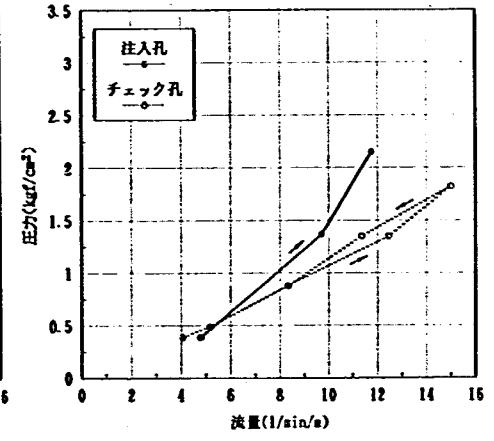
(A ハ孔)



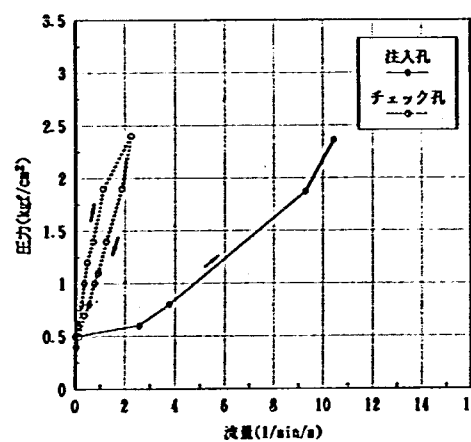
(B イ孔)



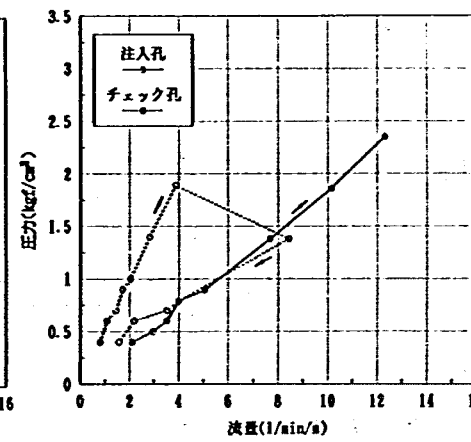
(B ロ孔)



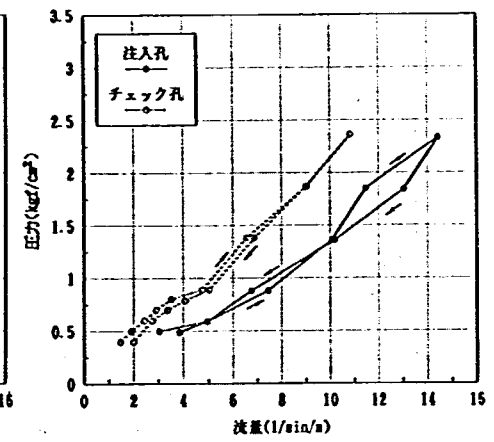
(B ハ孔)



(C イ孔)



(C ロ孔)



(C ハ孔)

図-3.1(1) 透水試験におけるP-Q曲線 (第1ステージ)

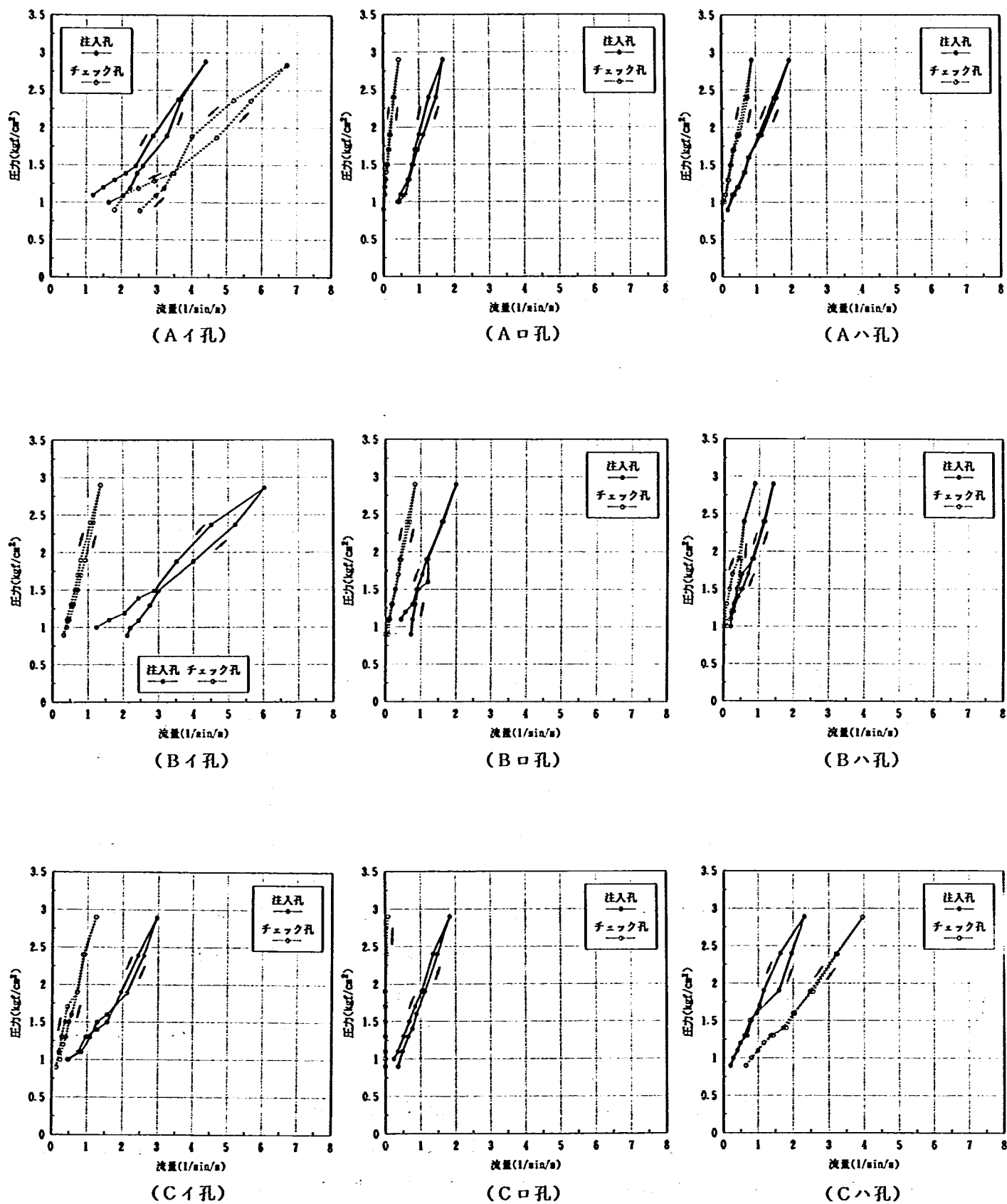


図- 3.1(2) - 透水試験におけるP-Q曲線 (第2ステージ)

第1ステージでは、ほとんど全ての孔で、透水試験時、グラウト注入時ともリークが生じている。表-3.1の備考欄に「中断」とあるのは、リークが発生した後、注入速度の減少が全く認められないことによる中断を示している。これより、本試験地点の岩盤では1m程度のカバーロックではリークを防止することは困難で、効果的なグラウチングは期待できないことがわかる。

一方、第2ステージでは、リークを生じた孔は〔Cロ〕孔のみであった。これは、第2ステージでは岩盤の被りが6mあったこと、第1ステージのグラウト注入でリークがあったものの、その効果が現れたことによるものと考えられる。

なお、岩盤変位とリークの有無との関係を見ると、両者は必ずしも対応していないことがわかる。

3.3 グラウトおよびセメントの注入量

各孔、各ステージのグラウト注入量およびセメント注入量は表-3.1に示したとおりである。なお、表中のグラウト注入圧力は口元圧力を示しているが、実際のグラウト注入時における有効注入圧力は、リークがほとんどなく、仕様どおりの注入が実施できた第2ステージについてみると、口元圧力2.0kgf/cm²に対して3.0~3.2kgf/cm²、同3.0kgf/cm²に対して4.0~4.2kgf/cm²、同5.0kgf/cm²に対して6.0~6.2kgf/cm²程度であった。なお、以下の記述あるいは図表においては、注入圧力は特に断らない限り口元圧力を示すものとする。

また、グラウト注入時と透水試験時の有効圧力と流量の関係を示したP-Q曲線を比較したものを図-3.2に示す。なお、グラウト注入時のP-Q曲線は、ある圧力レベルに昇圧した直後から圧力を一定に保っている2~3分間の注入速度の平均値をその圧力に対する流量として図化している。

第1ステージでは、全ての孔でリークが生じ、注入を続けてもリーク量が減少しないために注入を中断した孔が多く、注入を完了した孔は〔Cイ〕孔だけであった。〔Cイ〕孔では、注入開始時からリークがあり、また4.0kgf/cm²に昇圧するときに注入量が増大したが、その後急激に目詰りを生じて、だめ押し完了になっている。また、〔Cハ〕孔では、透水試験時にはリークが見られなかったが、規定の注入圧力5.0kgf/cm²でグラウトを注入中(注入開始から200分後)に大量のリークが発生し、その後リークが止らないため中断となっている。以上の結果から、厚さ1mのカバーロックでは効果的なグラウチングが行えず、また高い圧力でグラウトを注入すると、岩盤を破壊してしまうことが確かめられた。なお、このように第1ステージにおいてはグラウトの注入中断孔が多いため、グラウト注入量については解析を行わないものとした。

一方、第2ステージでは全ての孔で注入が完了した。図-3.3は、各孔のルジオン値Luとセメント注入量Ceの関係を示したものである。ここで、セメント注入量とルジオン値の比Ce/Lu(図中の点と原点を結んだ線の勾配によって表される。)をグラウタビリティーと呼ぶが、図によれば、注入圧力が5kgf/cm²の場合にグラウタビリティーが高くなっている傾向があるようにも見えるが、基本的にはグラウトの注入圧力、配合とグラウタビリティーの間にはあまり明確な関係が見られない。これは、グラウタビリティーの大小は、グラウトの注入圧力や配合よりも岩盤の状態によって大きく左右されることを示してい

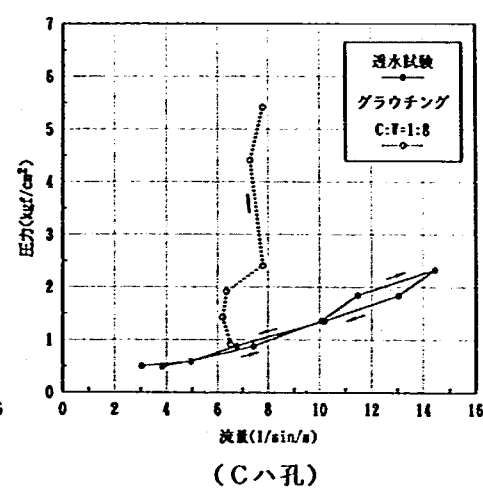
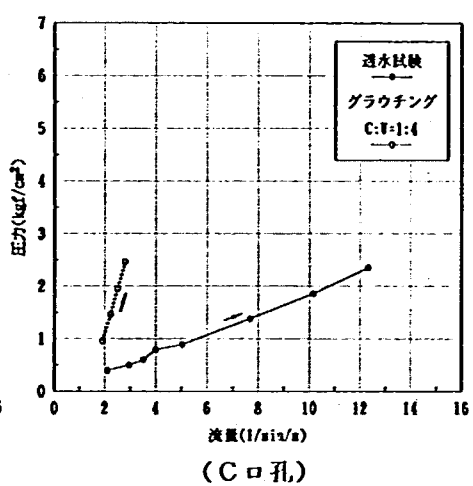
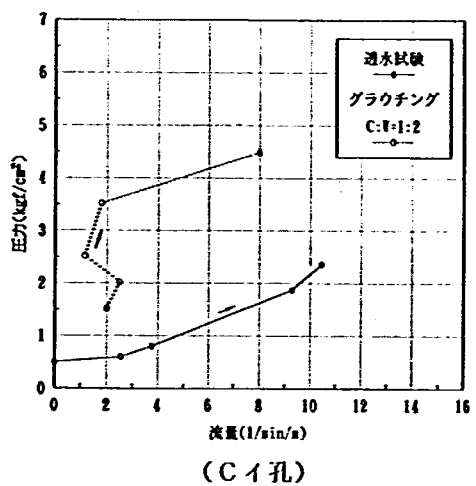
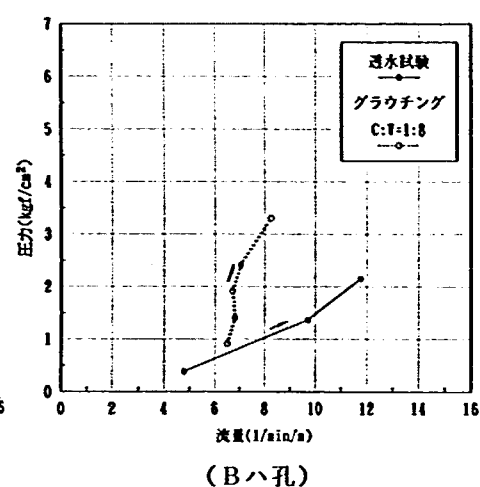
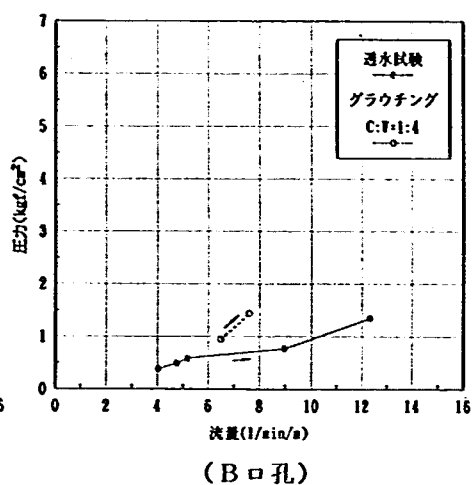
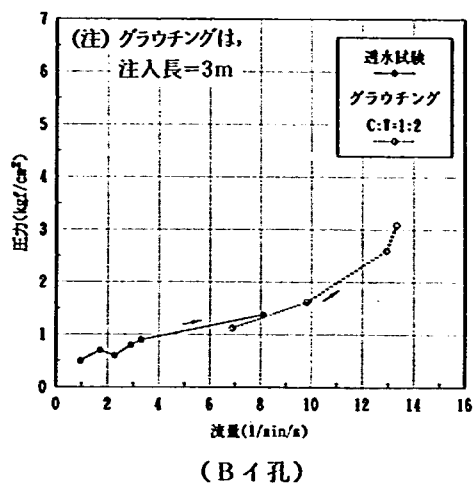
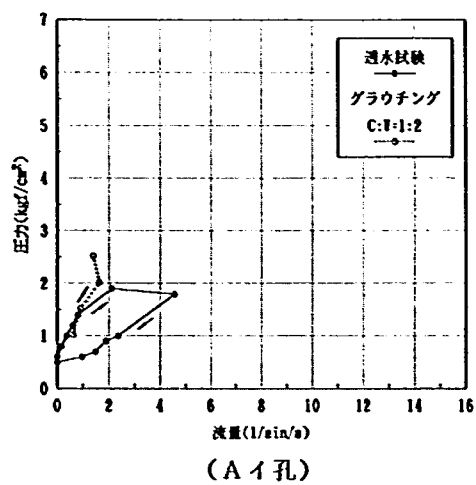


図-3.2(1) 透水試験時とグラウト注入時のP-Q曲線の比較 (第1ステージ)

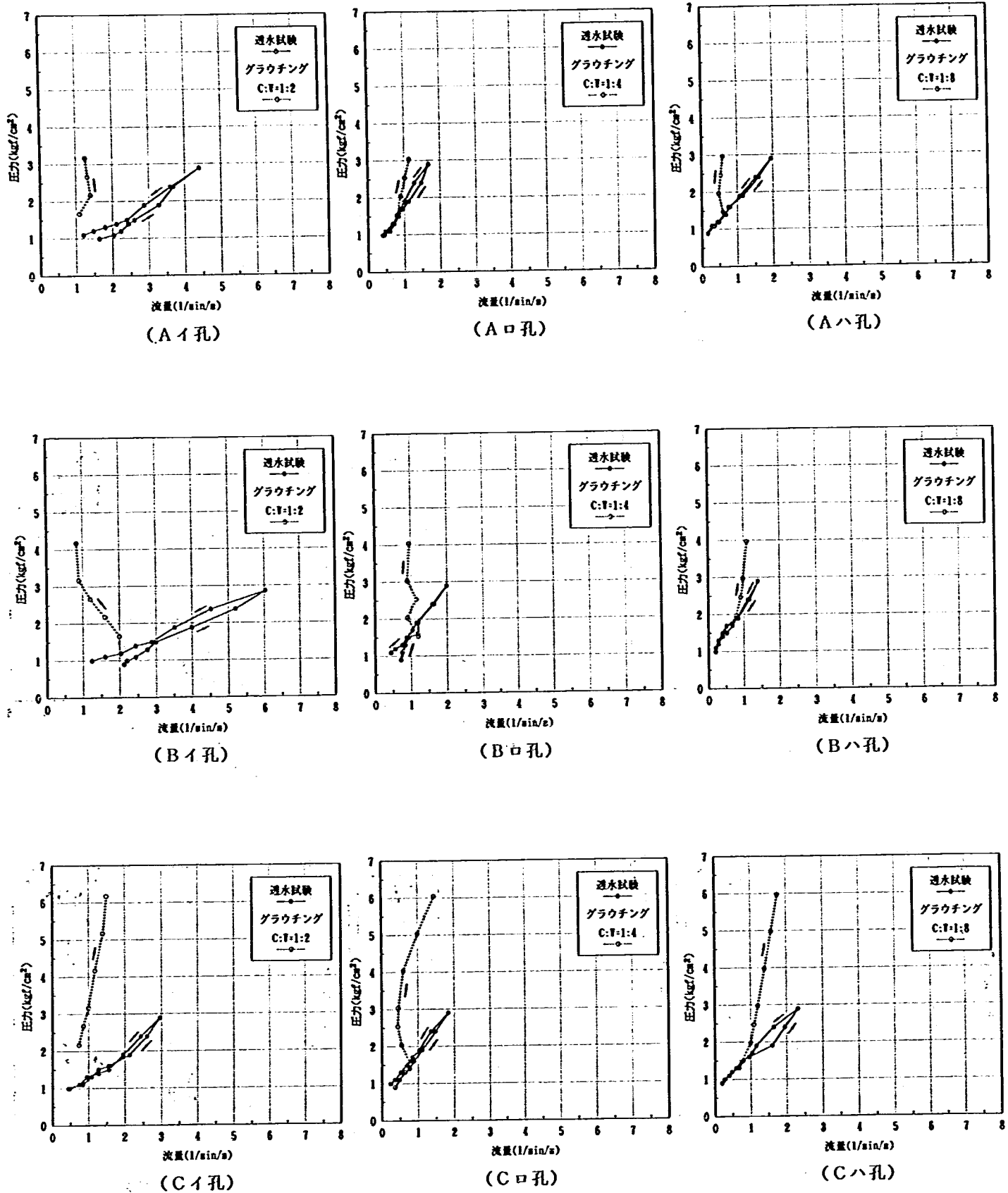


図-3.2(2) 透水試験時とグラウト注入時のP-Q曲線の比較 (第2ステージ)

る。また、グラウトの配合C:Wを1:8と薄くした場合のグラウタビリチーは他の配合のそれと比べて有意な差がなく、むしろ小さくなっているようにも見える。したがって、薄い配合を用いて注入を行っても必ずしも効果的ではないといえる。

次に、グラウトの配合と注入時間の関係を見ると、図-3.4のようにグラウトの注入時間は薄い配合を用いた方が長くなる傾向があるように見える。また、グラウトの配合と、注入1時間当たりのグラウト注入量をルジオン値で除した値との関係を図-3.5に、同様に、グラウトの配合と、注入1時間当たりのセメント注入量をルジオン値で除した値との関係を図-3.6に示す。ここで、注入1時間当たりのグラウトあるいはセメント注入量の計算に用いた注入時間は、だめ押しを含まない時間としている。図-3.5をみると、薄い配合のグラウトの方が時間当たりのグラウト注入量がやや大きくなっているようであるが、図-3.6のセメント注入量をみると、薄い配合のグラウトの方が時間当たりのセメント注入量が小さくなっている。また、グラウタビリチーとだめ押しを含まない注入時間の関係を図-3.7に示す。これより、同程度のグラウタビリチーに対する注入時間は、濃い配合のグラウトの方が短くなっている。これらの図を見る限り、薄い配合は必ずしも有利でないといえる。

また、図-3.5および図-3.6より、注入圧力と時間当たりのグラウトあるいはセメント注入量の関係を見ると、注入圧力が2kgf/cm²と3kgf/cm²とでは明確な差が見られないが、5kgf/cm²では時間当たりのグラウトあるいはセメント注入量が大きくなる傾向が見受けられる。

次に、グラウト注入時において、時間の経過に伴う注入量の変化を見てみる。図-3.8に、注入圧力が規定圧に達した後の時間経過に伴う注入速度の変化の様子を各孔毎に示す。これをみると、C:Wが1:2の濃い配合のグラウトでは、注入中に注入速度が急激に減少することがあり、それが注入時間の短縮につながっているようである。この注入速度の急激な減少は、明らかに何らかの目詰まりが生じていることによるものと考えられる。一方、C:Wが1:8の薄い配合のグラウトでは、一部で注入速度の急激な減少がみられるものの、全体としては注入速度は徐々に減少しており、結果として注入時間が長くなっている。

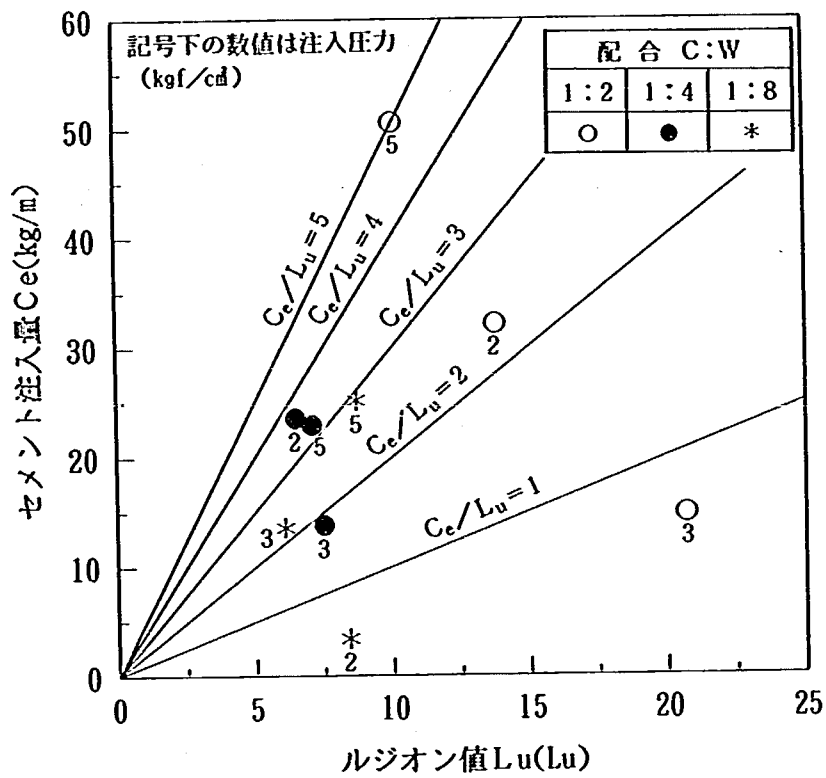


図-3.3 グラウト注入孔のルジオン値とセメント注入量の関係 (第2ステージ)

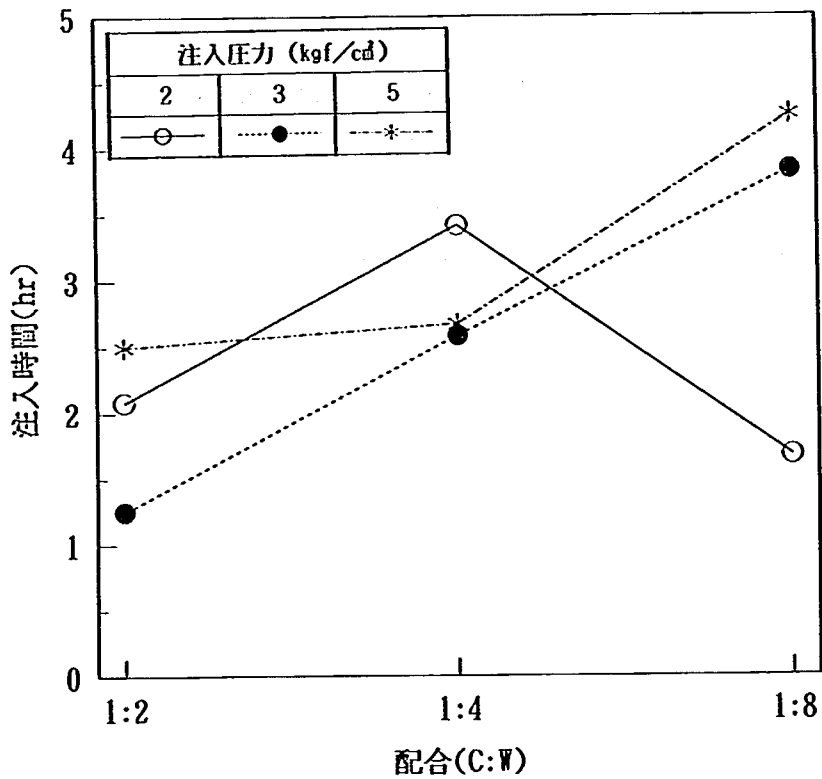


図-3.4 グラウトの配合と注入時間の関係 (第2ステージ)

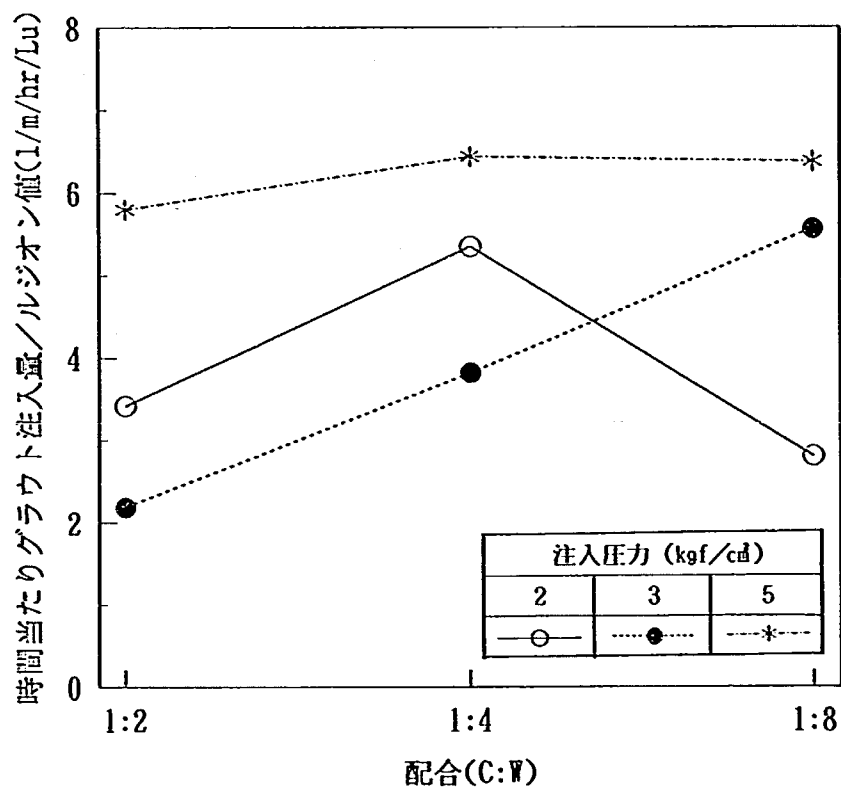


図-3.5 グラウトの配合と時間当たりグラウト注入量／ルジオン値の関係 (第2ステージ)

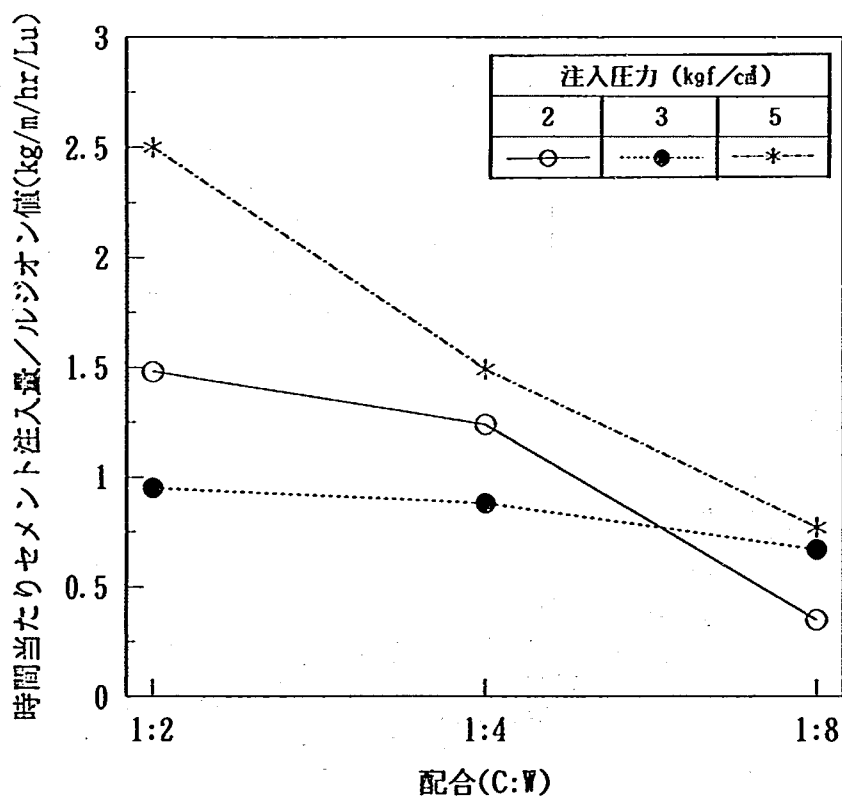


図-3.6 グラウトの配合と時間当たりセメント注入量／ルジオン値の関係 (第2ステージ)

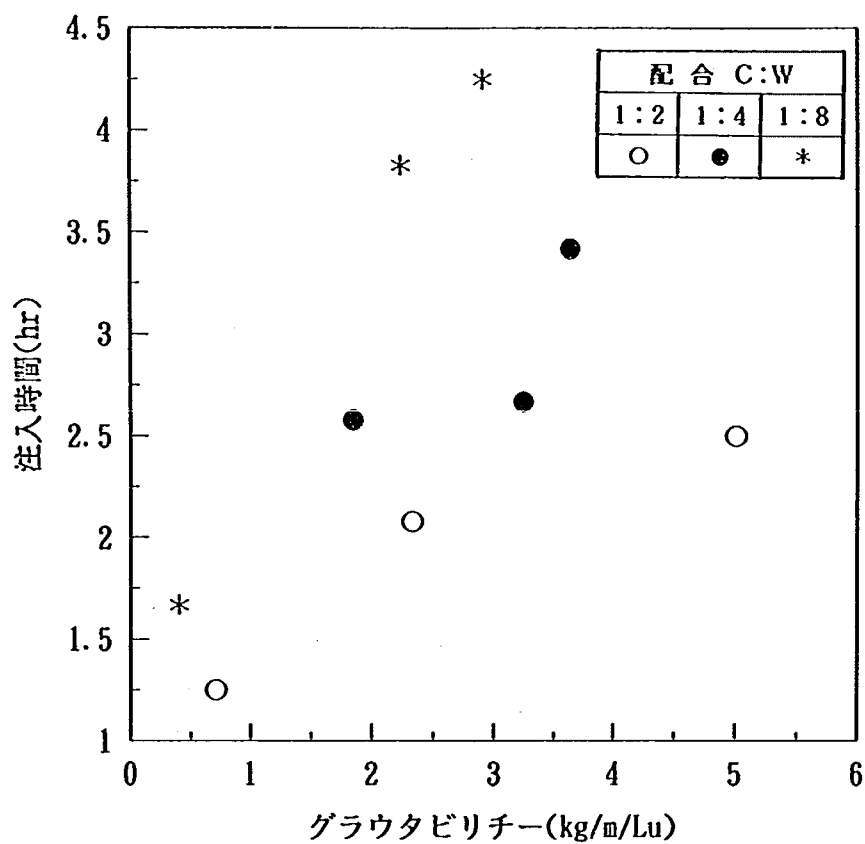


図-3.7 グラウトブリッチーと注入時間の関係
(第2ステージ)

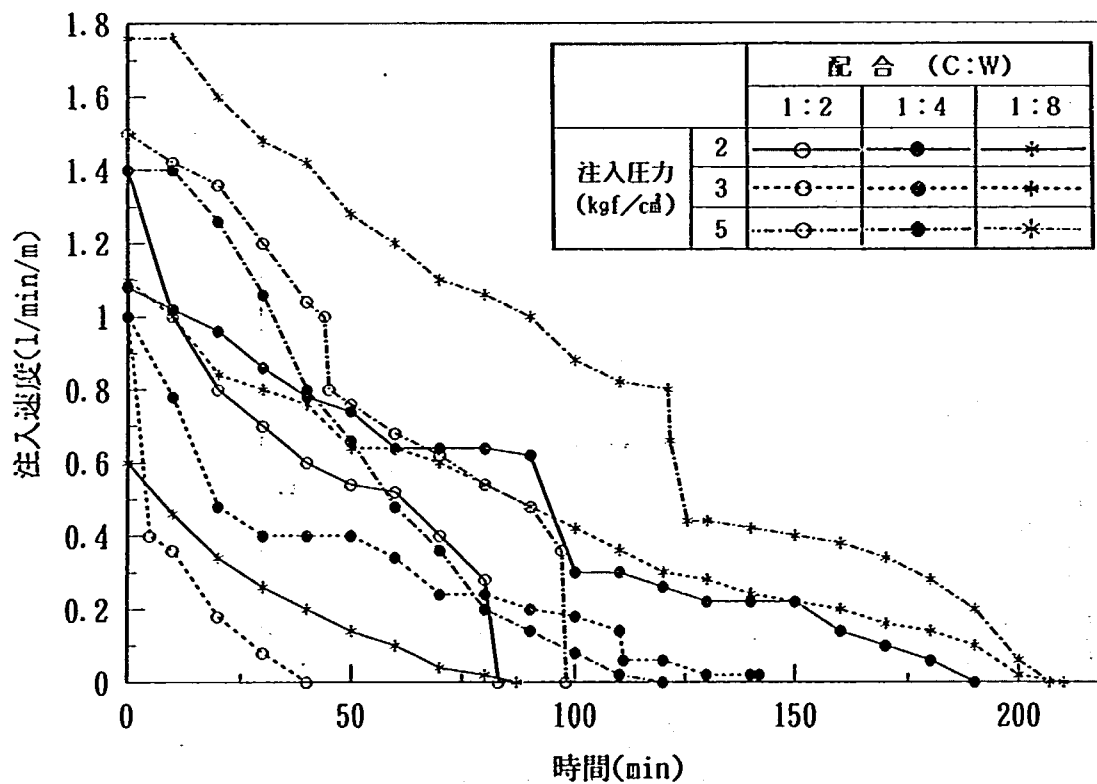


図-3.8 注入時間(規定圧到達後)と注入速度の関係
(第2ステージ)

3.4 岩盤変位

表-3.2に各孔、各ステージのグラウト注入時の岩盤変位の値を示す。なお、第1ステージについては、注入の中断が多く、岩盤変位に関しても有用なデータが得られなかったため、以下では第2ステージの岩盤変位について考察を行う。

表-3.2をもとに、注入孔と岩盤変位測定位置との水平距離と岩盤変位の発生率との関係を示したのが図-3.9である。これをみると、当然のことながら、注入孔に近い岩盤変位計ほど変位の発生率が高く、また、注入圧力が大きいほど変位の発生率が高いとともに、注入孔から遠いところまでその影響が及んでいる。

次に、各孔のグラウト注入時における最大岩盤変位が4つの岩盤変位計のうちどれで生じているのかを示すために、横軸を最大岩盤変位の発生位置と注入孔との水平距離、縦軸を最大岩盤変位の発生頻度として示したのが図-3.10である。これより、最大岩盤変位は必ずしも注入孔に最も近い岩盤変位計で測定されているとは限らないことが分かる。なお、図-2.1に示すように注入孔と岩盤変位計の位置関係は必ずしも平等になっていないが、注入孔から近い位置ほど最大岩盤変位が発生する頻度が高いということはいえそうである。

次に、グラウトの注入圧力、配合と最大岩盤変位の値の関係を図-3.11に示す。これによれば、ばらつきがあるものの、グラウトの注入圧力が大きいほど岩盤変位が大きくなる傾向があるように見える。なお、グラウトの配合と岩盤変位の間にはあまり明瞭な関係が認められない。

また、セメント注入量と最大岩盤変位の関係を図-3.12に、同様にグラウタビリチーと最大岩盤変位の関係を図-3.13に示す。これらを見る限り、セメント注入量あるいはグラウタビリチーと岩盤変位の間には明確な関係は認められない。

最後に、グラウト注入時の岩盤変位が他と比べて特に大きい〔Cロ〕孔について、岩盤変位と限界圧力あるいはリークとの関係を調べてみる。図-3.2のP-Q曲線をみると、最大有効注入圧力が2.9kgf/cm²の透水試験では限界圧力は確認されなかったが、グラウト注入時のP-Q曲線をみると、有効注入圧力が2.5kgf/cm²程度までは圧力を増加させても流量が徐々に減少しているのに対し、圧力を3kgf/cm²からさらに増加させると流量は増加に転じ、その増加率は圧力が大きくなるほど大きくなっている。これは、この孔の限界圧力が3~4kgf/cm²であり、それを上回る圧力に対して流量が急激に増加したものと考えられる。これに対して岩盤変位の発生状況を最も変位量の大きかった岩盤変位計No.1についてみると、有効注入圧力が約5kgf/cm²において0.06mmであった岩盤変位が、圧力を約6kgf/cm²に昇圧した時点で0.13mmとなり、その後20分程度で最大値の0.19mmに達している。これより、限界圧力の発生と岩盤変位との間には密接な関係があることが推定される。また、圧力を約6kgf/cm²に昇圧した後10分程度で、少量のリークが発生しており、これも限界圧力の発生と関連しているものと考えられる。

表-3.2 グラウト注入時の岩盤変位

(mm)

ステージ	孔番号	岩盤変位計 No.			
		1	2	3	4
1	Aイ	0	0	0	0.02
	Aロ	—	—	—	—
	Aハ	—	—	—	—
	Bイ	0	0	0	0
	Bロ	0	0	0	0
	Bハ	0	0	0	0
	Cイ	-0.01	0	0.01	0
	Cロ	0.18	0.02	0	0
	Cハ	0.02	0.02	0.01	0.04
2	Aイ	0	0	0.02	0
	Aロ	0.01	0	0	0
	Aハ	-0.01	0	0	0.01
	Bイ	0	0	0	0
	Bロ	0	0.02	0.01	0
	Bハ	0.03	0	0.04	0
	Cイ	0.02	0.01	0.03	0
	Cロ	0.19	0.10	0.06	0
	Cハ	0.03	0.04	0.04	0.02

(注) 正の値が浮上がりを示す。

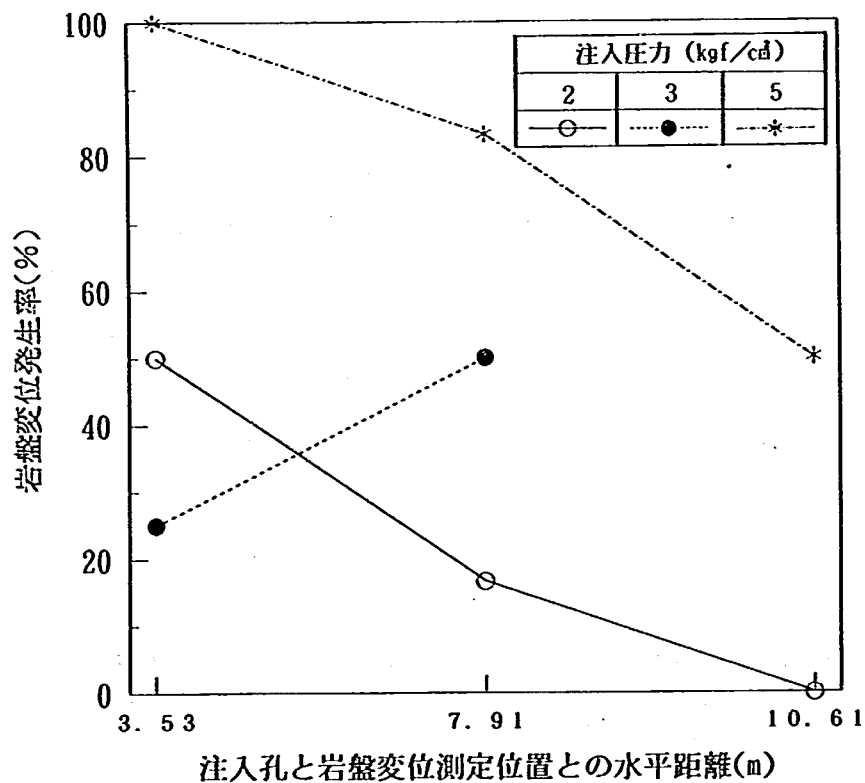
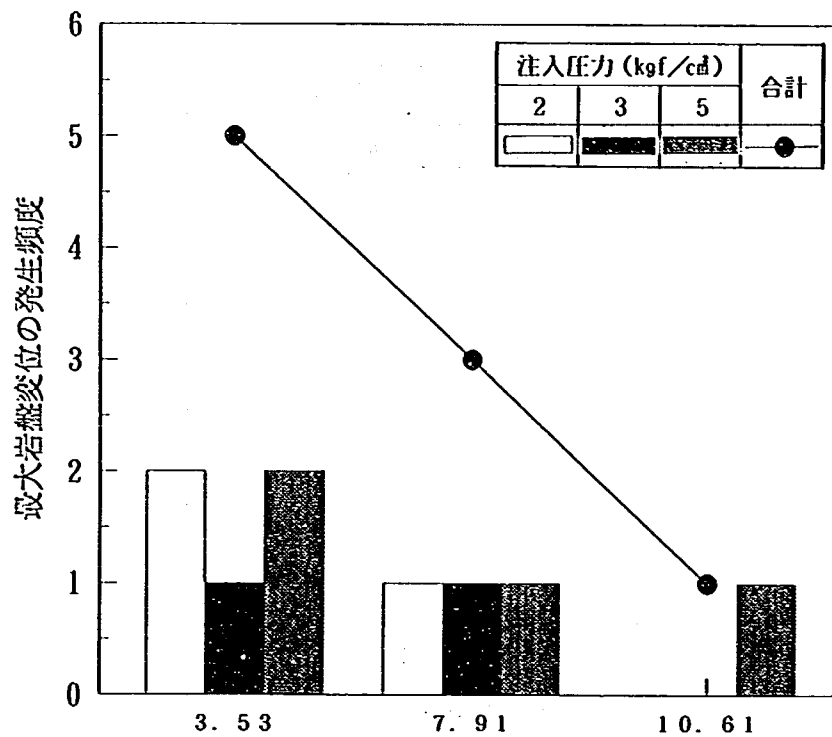


図-3.9 岩盤変位計の注入孔からの距離と変位発生率の関係
(第2ステージ)



最大岩盤変位の発生位置と注入孔との水平距離(m)

図-3.10 最大岩盤変位の発生位置 (注入孔からの距離)
(第2ステージ)

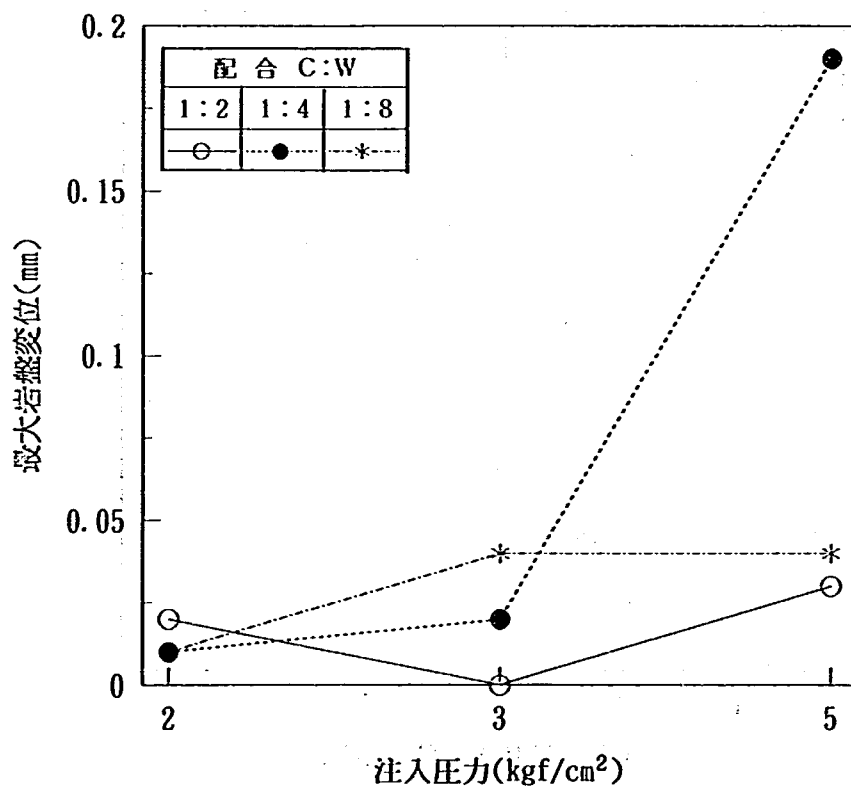


図-3.11 注入圧力と岩盤変位の関係
(第2ステージ)

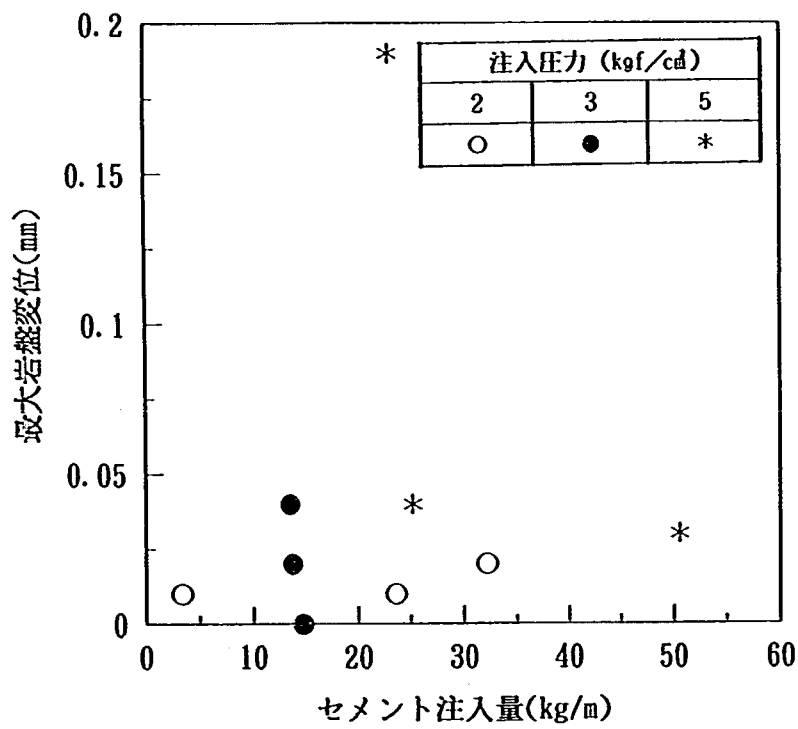


図-3.12 セメント注入量と岩盤変位の関係
(第2ステージ)

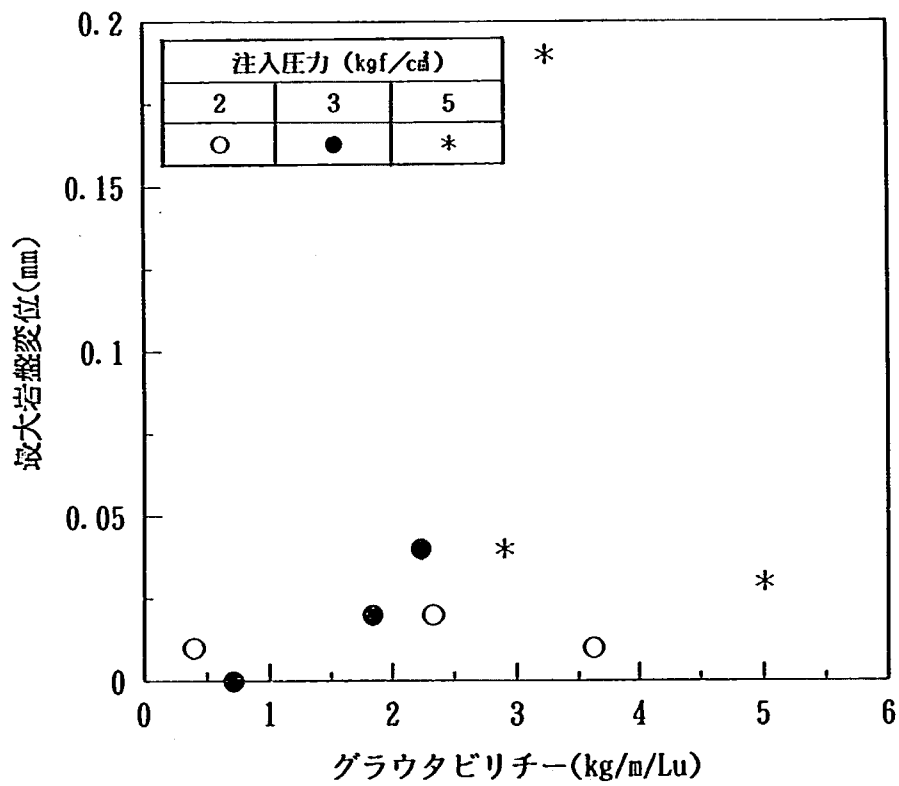


図-3.13 グラウトビリチーと岩盤変位の関係
(第2ステージ)

3.5 遮水性の改良度

図-3.14に、グラウト注入孔のルジオン値とこれに隣接したチェック孔でのルジオン値の比較を示す。

第1ステージでは、リークによる中断が多かったため、ルジオン値が十分改良されていないが、ルジオン値が10 Lu以下に低下している4孔についてみると、そのうちの3孔は配合C:Wが1:2の孔である。一方、配合C:Wが1:8の2孔については、チェック孔のルジオン値が40 Lu以上であり、リークが多い場合には濃い配合でのグラウトの注入が有利であるように思われる。

第2ステージでは、6孔のルジオン値が大きく低下し、改良効果が認められないのは、〔Aイ〕、〔Cハ〕の2孔だけである。ここで、チェック孔のルジオン値とグラウト注入孔のグラウタビリチーの関係を図-3.15に示す。これをみると〔Aイ〕、〔Cハ〕孔において特にグラウタビリチーが低くなっているとはいえず、2孔の改良効果が低いのはグラウトの注入仕様が適切でなかったためとは考えにくい。したがって、これらの孔で改良効果が認められなかったのは、岩盤内の割れ目の特性から、チェック孔の周辺にグラウトが行き渡らなかったためと考えられる。なお、〔Cハ〕のチェック孔では透水試験時にリークが認められたため、〔Aイ〕のチェック孔とは区別して取扱わなければならない可能性もある。

次に、グラウトの配合および注入圧力とルジオン値の改良度（チェック孔のルジオン値/注入孔のルジオン値）の関係を図-3.16に示す。また同様に、グラウトの配合および注入圧力とチェック孔のルジオン値の関係を図-3.17に示す。これらの図を見る限り、グラウトの配合あるいは注入圧力と改良効果の間に明瞭な関係を見出すことはできない。

最後に、グラウト注入孔およびチェック孔のボーリング資料から得られたRQDとルジオン値の関係を図-3.18に示す。これをみると、第1ステージ、第2ステージともに、RQDとルジオン値の間あまり明瞭な関係は見られない。このことは、ルジオン値は、割れ目の数、開口幅、連続性、割れ目を充填する物質の性質および破碎帯の透水性などの種々の要因の影響を受けるため、RQDという単純な指標のみでは説明しきれないことを示している。

また、グラウト注入孔のルジオン値とチェック孔のルジオン値を比較すると、同程度のRQDに対するルジオン値は、チェック孔の方がやや小さくなっており、グラウチングの効果を示しているものと考えられる。

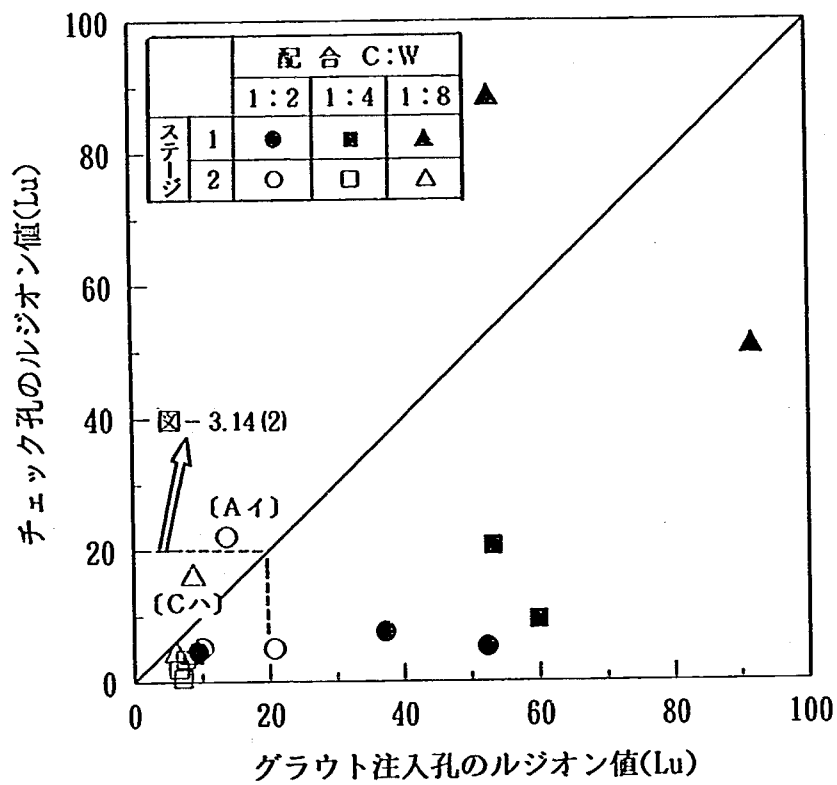


図-3.14(1) グラウト注入孔のルジオン値と
チェック孔のルジオン値の関係

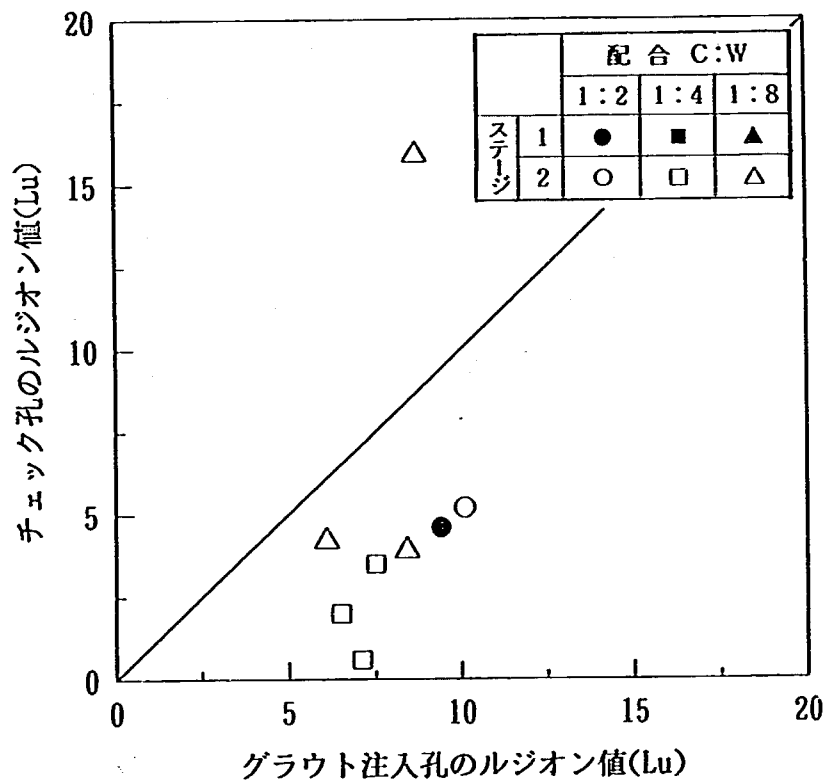


図-3.14(2) グラウト注入孔のルジオン値と
チェック孔のルジオン値の関係

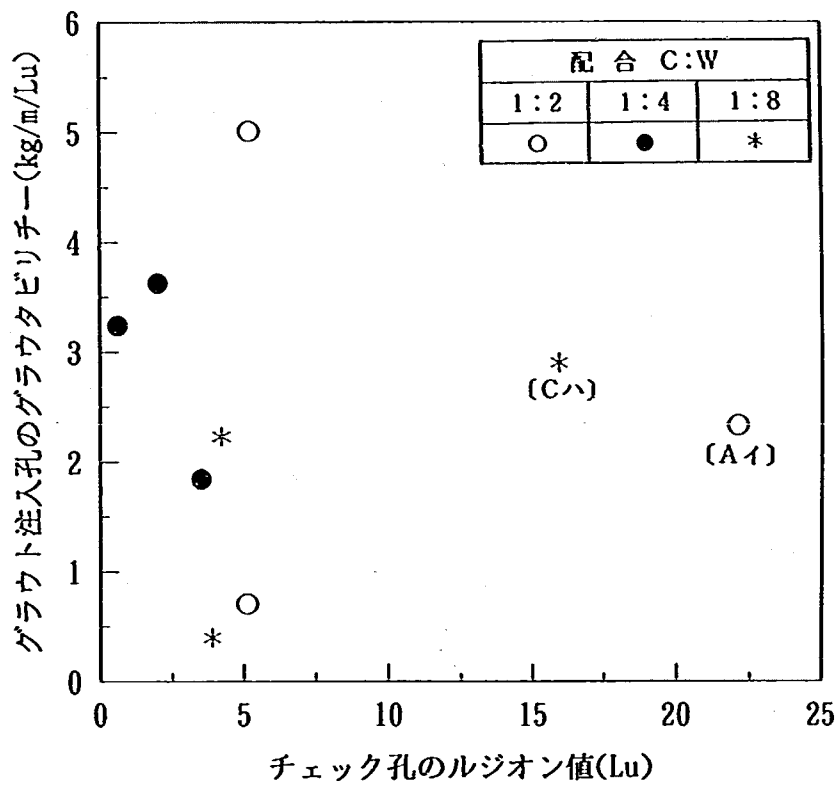


図-3.15 チェック孔のルジオン値とグラウト注入孔のグラウタビリチーの関係 (第2ステージ)

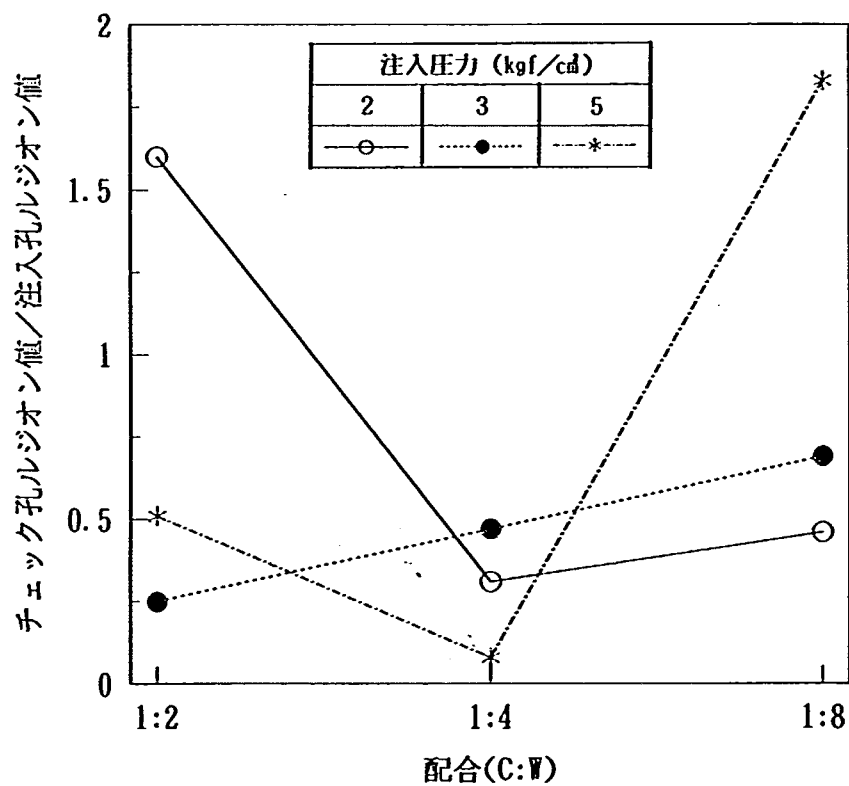


図-3.16 グラウトの配合とチェック孔ルジオン値/注入孔ルジオン値の関係 (第2ステージ)

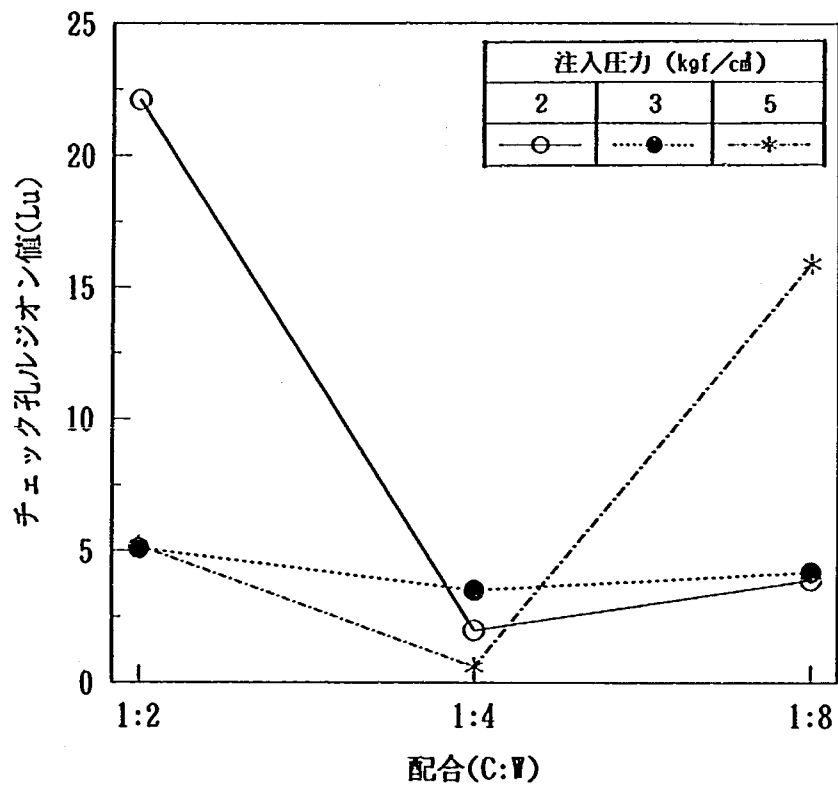


図-3.17 グラウトの配合とチェック孔ルジオン値の関係
(第2ステージ)

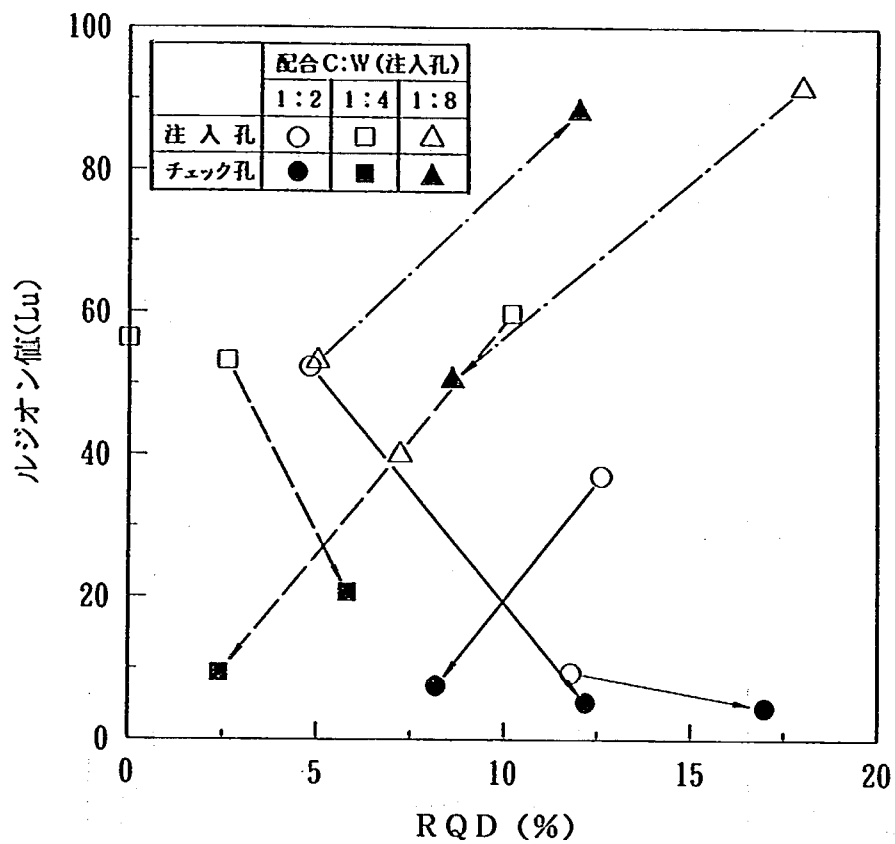


図-3.18(1) RQDとルジオン値の関係
(第1ステージ)

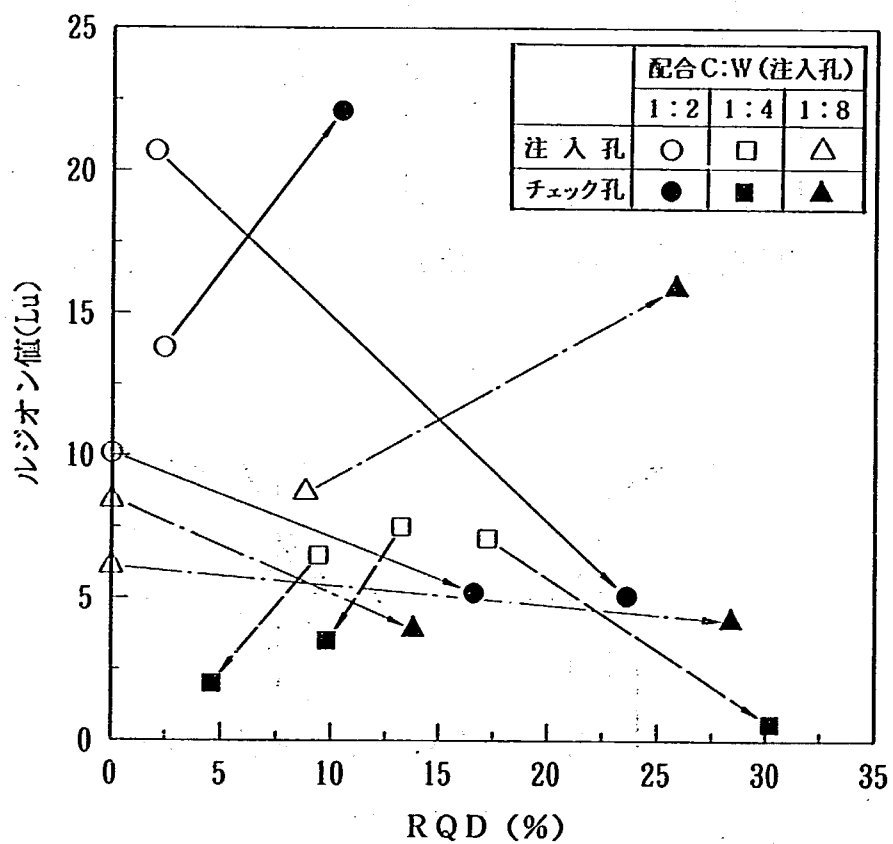


図-3.18(2) RQDとルジオン値の関係
(第2ステージ)

3.6 トレンチ掘削による注入状況の観察

グラウト注入が全て終了した後、試験地点にトレンチを掘削し、その壁面を観察することにより、グラウトの進入、到達状況を調べた。トレンチの平面形状および断面形状は図-3.19のとおりである。また、写真-3.1および図-3.20に観察面の状況を示す。

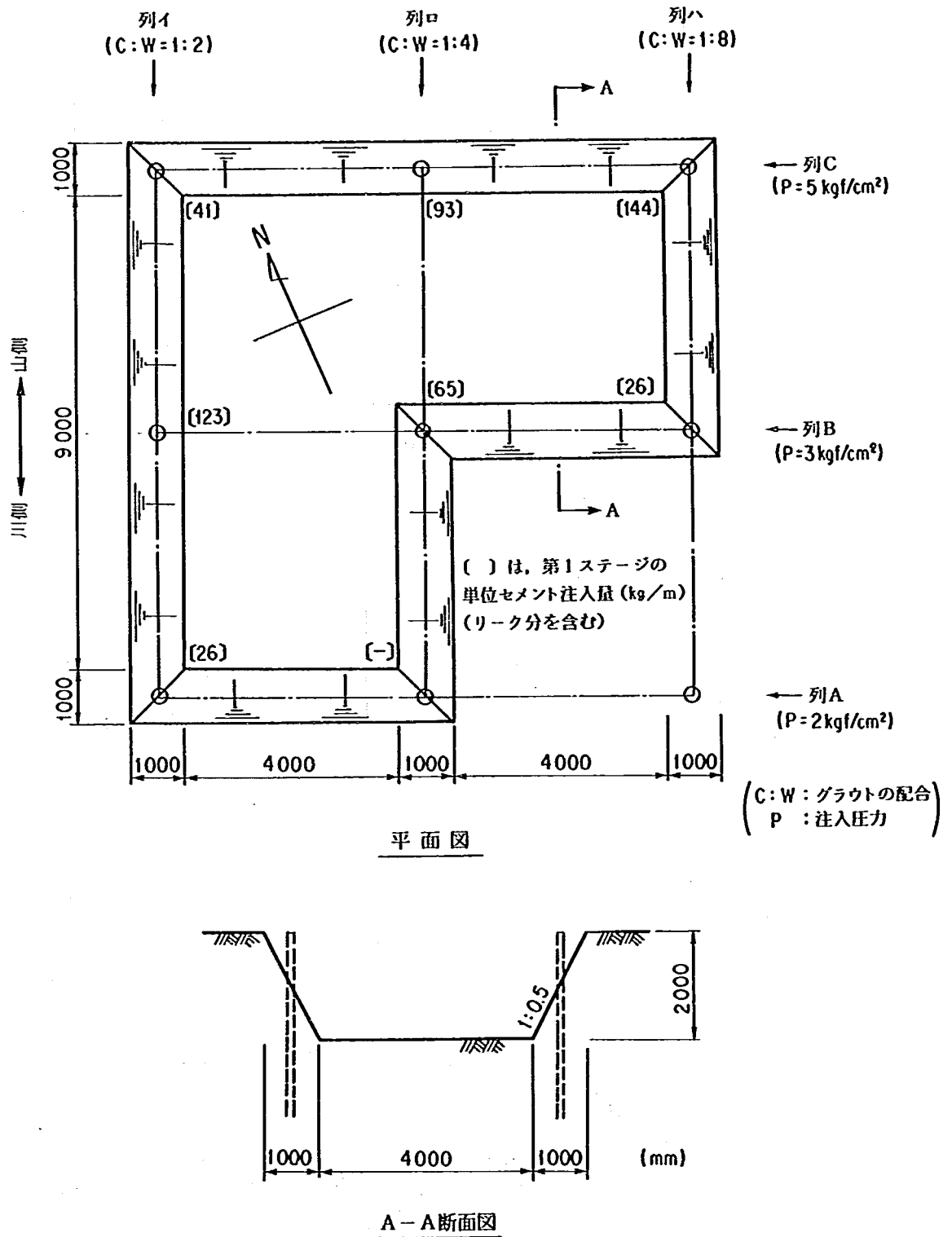


図-3.19 トレンチ掘削形状

以下に、各観察面において確認された地質状況およびグラウトの注入状況を述べる。

1) (Bロ) - (Aロ) 断面

① 地質概要

全体的に多くの割れ目が存在し、クラッキーであるが、ところどころ風化の進んでいない岩塊がみられる。また、特に(Bロ)孔寄りのほうに不規則に数本の弱層が現れており、弱層の周辺は角礫状を呈しているところが多い。また、(Bロ)孔の地表から深さ1.5m付近は、弱層の周辺のかかなり広い範囲が角礫状に軟質化している。

② 注入状況

・(Bロ)孔(セメント注入量:65kg/m)から注入されたと考えられる赤色のグラウトが、弱層に沿って注入されており(写真-3.2(1))、観察面で確認できる範囲では、孔からの水平距離で2m程度までグラウトの進入が確認された。ただし、グラウトは断続的に現れており、孔からの進入経路は明確でない。

また、(Bロ)孔の地表から深さ1.5m付近の角礫状に軟質化した部分に、赤色のグラウトが不規則に注入されており、ところどころグラウトが塊状に固結している。

・(Aロ)孔(セメント注入量:ほぼ0)の第1ステージについては、グラウトはほとんど注入されていないため、観察面においてもグラウトの進入は確認されなかった。

2) (Aロ) - (Aイ) 断面

① 地質概要

全体としては、他の観察面と比較して硬い塊状の岩盤が現れているが、(Aイ)孔の上端と(Aロ)孔の深さ2m付近を通る低角度の弱層が存在する。また、それとほぼ直交するような比較的規模の小さい割れ目が存在する。

② 注入状況

・(Aロ)孔(セメント注入量:ほぼ0)の第1ステージについては、グラウトはほとんど注入されていないため、観察面においてもグラウトの進入は確認されなかった。

・(Aイ)孔(セメント注入量:26kg/m)から注入されたと考えられる赤色のグラウトが、上記の低角度弱層に沿って注入されており、さらにその低角度弱層と交差して地表まで延びる割れ目に沿って地表方向へ進入している。ただし、(Aイ)孔からこの低角度の弱層にまで至る進入経路は明確でない。グラウトの最大進入距離は、観察面で確認できる範囲では、孔からの水平距離で4m程度である。

また、低角度弱層沿いの(Aイ)孔寄りの地表から深さ約50cmの付近に、角礫状に軟質化した部分があり、そこに赤色のグラウトが不規則に注入されている(写真-3.2(2))。

3) (Aイ) - (Cイ) 断面

① 地質概要

(Aイ)孔と(Bイ)孔の間は、比較的硬い塊状の岩盤が現れているが、観察面の下部に、観察面にほぼ平行な走向で比較的高角度の傾斜をもち、幅が3cm程度の粘土が挟在する弱層が現れている。また

その他にも不規則な割れ目がいくつか現れている。

〔Bイ〕孔の〔Cイ〕孔側約1.5mまでの間は、割れ目が多く存在し、風化により軟質化している。また、それらの割れ目の多くには粘土が挟在している。

〔Cイ〕孔の〔Bイ〕孔側約3.5mまでの範囲は、比較的硬い塊状の岩盤が現れており、弱層としては、幅が2cm程度以下の比較的規模が小さいものが数本現れている。

② 注入状況

・〔Aイ〕孔（セメント注入量：26kg/m）から注入されたと考えられる赤色のグラウトが、〔Aイ〕孔から約1.5m〔Bイ〕孔寄りの比較的密着した割れ目に進入している。ただし、その進入経路は明確でない。

・〔Bイ〕孔（セメント注入量：123kg/m）から注入されたと考えられる青色のグラウトが、孔を横切る粘土が挟在する弱層に沿って進入し（写真－3.2(3)）、地表にリークしている。また、この弱層と連続する形で、下部に現れている観察面にはほぼ平行な走行の弱層に沿って〔Aイ〕孔の方向に進入している（写真－3.2(4)）。その進入距離は、観察面で確認できる範囲では、孔からの水平距離で3m程度である。

また、〔Bイ〕孔から約2m〔Cイ〕孔寄りの弱層に〔Bイ〕孔から注入されたと考えられる青色のグラウトが進入しているが、その進入経路は明確でない。

・〔Cイ〕孔（セメント注入量：41kg/m）から注入されたと考えられる黄色のグラウトが、〔Cイ〕孔からやや〔Bイ〕孔寄りの弱層に沿ってわずかに進入している。

4) 〔Cイ〕－〔Cハ〕断面

① 地質概要

全体的には比較的硬い塊状の岩盤が現れている。〔Cロ〕孔と〔Cイ〕孔の中間付近から〔Cイ〕孔寄りについては、幅が2cm程度で比較的規模が小さい低角度および高角度の弱層が数本現れている。〔Cロ〕孔の周辺においては、ほぼN－S方向の走向で、50～70°程度の傾斜をもつ数本の割れ目が顕著であるが、これらの割れ目は比較的密着している。

〔Cハ〕孔から〔Cロ〕孔に向かって約1mまでの範囲は、幅が2cm程度以下で比較的規模が小さい数本の低角度の弱層が顕著であり、これらは〔Cハ〕孔を横切る形となっている。また、〔Cハ〕孔から〔Cロ〕孔に向かって約1mのところに比較的幅の広い土砂状を呈する高角度の弱層が現れており、〔Cハ〕孔と〔Cロ〕孔の中間付近には、観察面とはほぼ平行な高角度の割れ目が現れている。

② 注入状況

・〔Cイ〕孔（セメント注入量：41kg/m）から注入された黄色のグラウトについては、孔のごく近傍の割れ目に注入されているものがわずかに確認されたのみであった。

・〔Cロ〕孔（セメント注入量：93kg/m）から注入されたと考えられる無着色のグラウトが、〔Cロ〕孔からやや〔Cイ〕孔寄りの比較的密着した割れ目に2m程度進入している（写真－3.2(5)）。ただし、これらのグラウトの進入経路は明確でない。

・〔Cハ〕孔（セメント注入量：144kg/m）から注入されたと考えられる赤色のグラウトが、孔を横切る数本の低角度の弱層に沿って進入している（写真－3.2(6)）。これらのグラウトの進入は〔Cハ〕孔から〔Cロ〕孔に向かって約1mのところに見れている高角度の弱層によって途切れている。

また、〔Cハ〕孔と〔Cロ〕孔の中間付近に見れている観察面とはほぼ平行な高角度の割れ目に、赤色のグラウトが進入している。これらの進入距離は、観察面で確認できる範囲では、孔からの水平距離で3m程度である。

5) 〔Cハ〕－〔Bハ〕断面

① 地質概要

〔Bハ〕孔から〔Cハ〕孔に向かって約1mまでの範囲は、比較的硬い塊状の岩盤が見れているが、それより〔Cハ〕孔寄りについては、割れ目が多く存在し、クラッキーとなっている。また、観察面の中央から〔Cハ〕孔寄りに低角度の弱層および割れ目が数本見れており、それらが〔Cハ〕孔を横切る形となっている。これらの低角度弱層は、幅が2cm程度以下で比較的規模が小さく密な部分と、幅が10cm程度で角礫状に軟質化している部分が存在する。

② 注入状況

・〔Cハ〕孔（セメント注入量：144kg/m）から注入されたと考えられる赤色のグラウトが、孔を横切る低角度の弱層に沿って進入しており（写真－3.2(7)）、さらにこれらの低角度弱層と交差する比較的高角度の弱層にも一部進入している。これらの進入距離は、孔からの水平距離で3m程度である。

また、〔Cハ〕孔から〔Bハ〕孔に向かって約4mのところの観察面の下部に、弱層沿いに赤色のグラウトが確認されたが、これについては進入経路が明確でない。

・〔Bハ〕孔（セメント注入量：26kg/m）から注入された黄色のグラウトについては、観察面において確認できなかった。なお、〔Bハ〕孔の近傍の特に観察面の下部は、比較的密着した割れ目に粘土が挟在していた。

6) 〔Bハ〕－〔Bロ〕断面

① 地質概要

全体的には比較的硬い塊状の岩盤が見れているが、〔Bロ〕孔寄りのほうに数本の比較的高角度の弱層があり、また、〔Bハ〕孔寄りのほうに比較的低角度の弱層が存在している。これらの弱層は、〔Bロ〕孔から約2m〔Bハ〕孔寄りに見れている高角度の弱層の幅が約10cmである他は、幅が2cm程度のものであり、比較的規模は小さい。

② 注入状況

・〔Bハ〕孔（セメント注入量：26kg/m）から注入されたと考えられる黄色のグラウトが、弱層沿いに注入されている。ただし、注入範囲は孔の近傍に限られており、孔からの水平距離で1m程度までグラウトの進入が確認された。

・〔Bロ〕孔（セメント注入量：65kg/m）から注入されたと考えられる赤色のグラウトが、観察面の下部に見れている弱層に沿って注入されており（写真－3.2(8)）、観察面で確認できる範囲では、孔

からの水平距離で4m程度までグラウトの進入が確認された。

以上がトレンチ掘削面の観察結果であるが、これらの結果から確認されたこと、推察されること等を以下に簡単にまとめる。

① 注入されたグラウトは岩盤内の弱層や割れ目に沿って進入する。特に今回の観察面では、幅が2cm程度以上で角礫状あるいは土砂状を呈する弱層内に筋状にグラウトが進入しているケースが多かった。これは、弱層部の弾性係数および強度が小さいために、弱層が注入圧力によって変形し、堅硬な岩盤との境界部あるいは弱層内に、グラウトの進入経路となる亀裂が形成されやすかったこと、また、粒子の小さい挟在物質がグラウトの流動によって洗い流されたことなどに起因するものと考えられる。

② トレンチ掘削面で確認できた範囲では、グラウトの到達距離は最大で4m程度である。ただし、注入圧力やグラウトの濃度等の注入仕様と到達距離との関係は明確でない。例えば、〔Aイ〕孔は注入圧力が小さく(2kgf/cm²)、濃度が濃い(C:W=1:2)が、孔から4m程度の範囲までグラウトの進入が確認されている。また、〔Cイ〕孔は注入圧力が大きく(5kgf/cm²)、セメント注入量も比較的多い(41kg/m)にもかかわらず、〔Cハ〕－〔Cイ〕断面の観察結果では、〔Cイ〕孔付近の弱層にはグラウトが進入していない。これらは、注入孔と透水性の高い弱層等の位置関係、それらの弱層等の連続性などの要因がグラウトの注入範囲、グラウトの流れる方向などに大きく影響していることによるものと考えられる。

③ 注入されたグラウトを観察すると、そのほとんどは固結しているが、比較的密着している割れ目に進入しているグラウトにおいては、部分的に固結していないところがあるのが確認された。この固結度の低い部分には、主として水に溶けた色素のみが進入し、セメント粒子がほとんど進入していなかったことから、グラウトが十分に固結できなかったものと考えられる。

なお、今回のグラウチング試験では注入孔間隔は5mとしたが、上記②に述べたようにグラウトの到達距離が4m以上と推定されることから、各孔間で注入グラウトの干渉があった可能性がある。これに対して、孔間隔を大きくすることにより孔間の注入グラウトの干渉を防ぐことは可能であるが、今回のような試験の場合には、その性格上、各注入孔周辺の地質条件が同等であることが望まれるため、試験範囲をある程度狭くせざるを得ない。したがって、今後同様な試験を実施する場合には、試験の目的、現地の地質、注入の仕様、試験ヤードの広さ等の条件を十分考慮し、試験計画を立案する必要があると考えられる。



写真-3.1(1) トレンチ観察面（〔Bロ〕-〔Aロ〕断面）

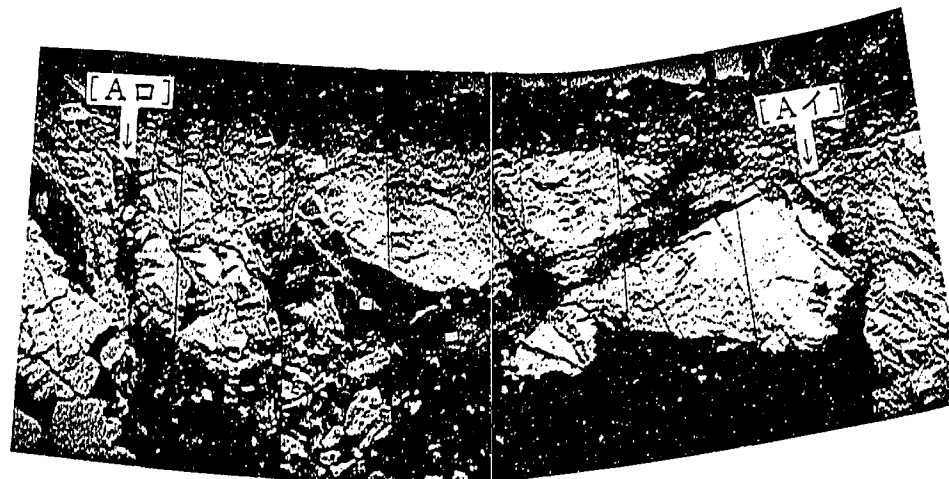
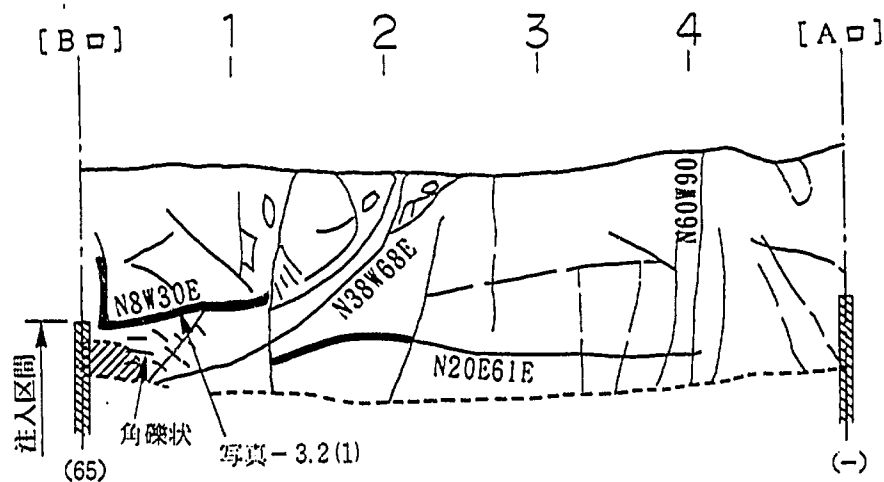
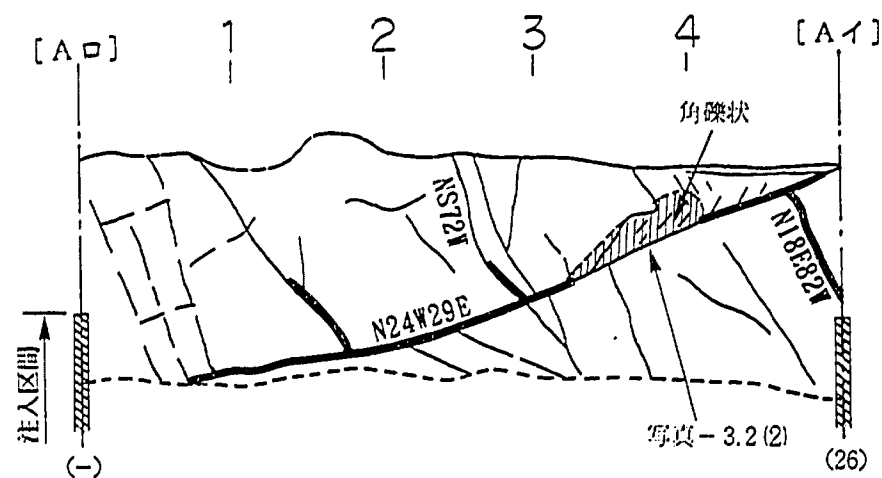


写真-3.1(2) トレンチ観察面（〔Aロ〕-〔Aイ〕断面）



() は第1ステージの
単位セメント注入量 (kg/m)

図-3.20(1) トレンチ観察面（〔Bロ〕-〔Aロ〕断面）



() は第1ステージの
単位セメント注入量 (kg/m)

図-3.20(2) トレンチ観察面（〔Aロ〕-〔Aイ〕断面）



写真-3.1(3) トレンチ観察面（〔Aイ〕-〔Cイ〕断面）

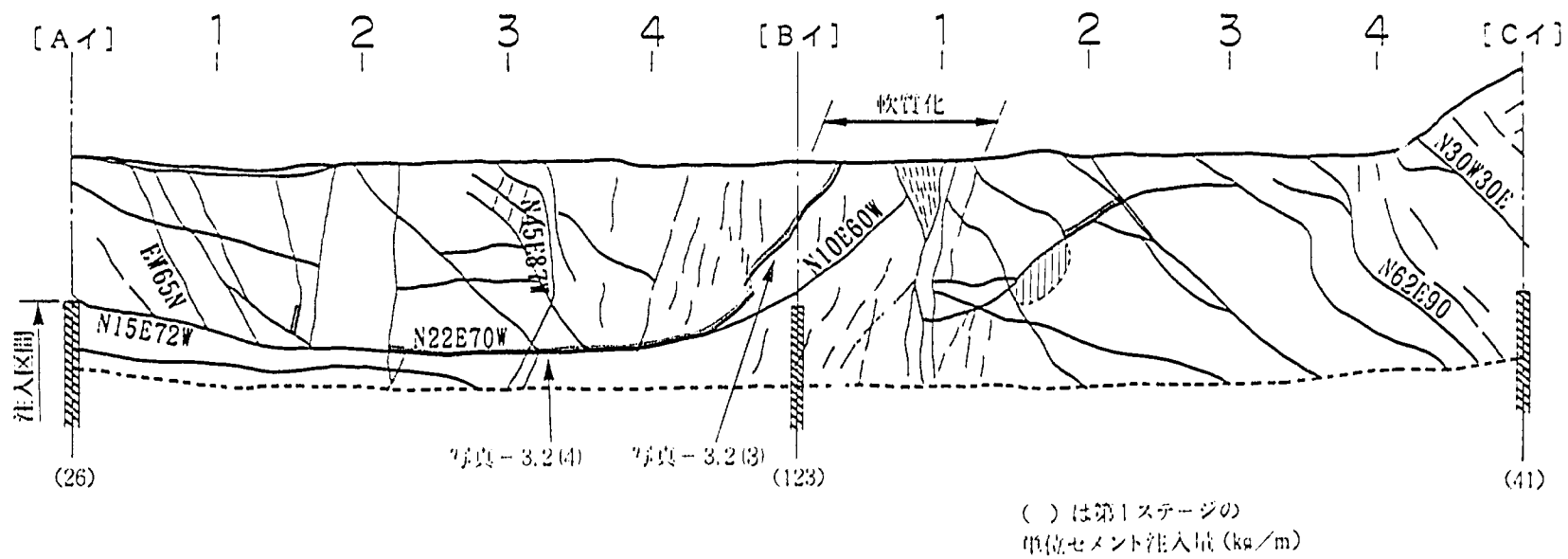


図-3.20(3) トレンチ観察面（〔Aイ〕-〔Cイ〕断面）

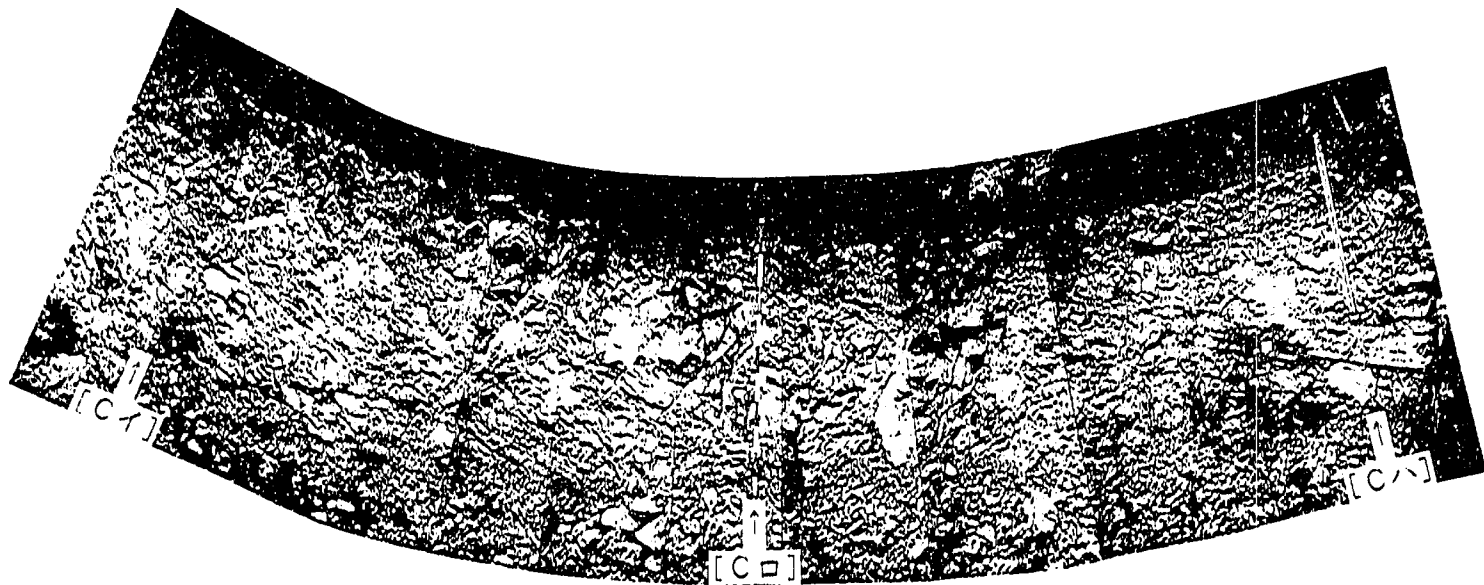


写真-3.1(4) トレンチ観察面（〔Cイ〕-〔Cハ〕断面）

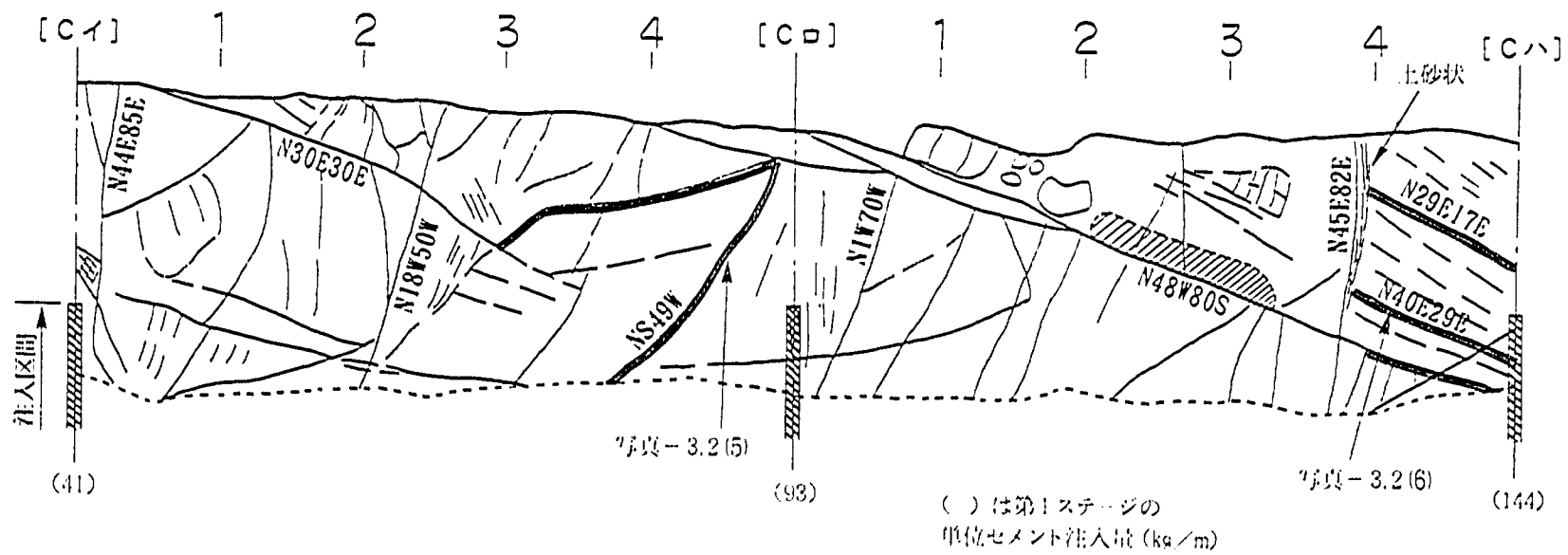


図-3.20(4) トレンチ観察面（〔Cイ〕-〔Cハ〕断面）



写真-3.1(5) トレンチ観察面（〔Cハ〕-〔Bハ〕断面）

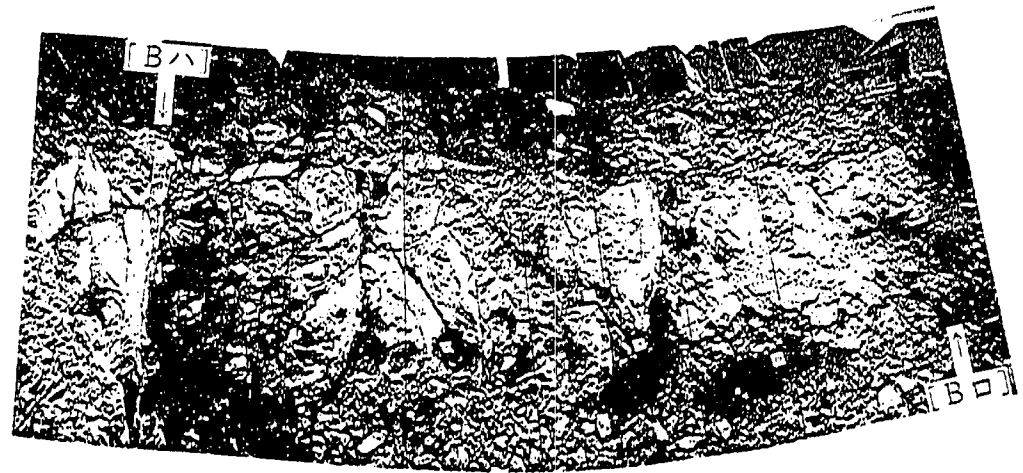


写真-3.1(6) トレンチ観察面（〔Bハ〕-〔Bロ〕断面）

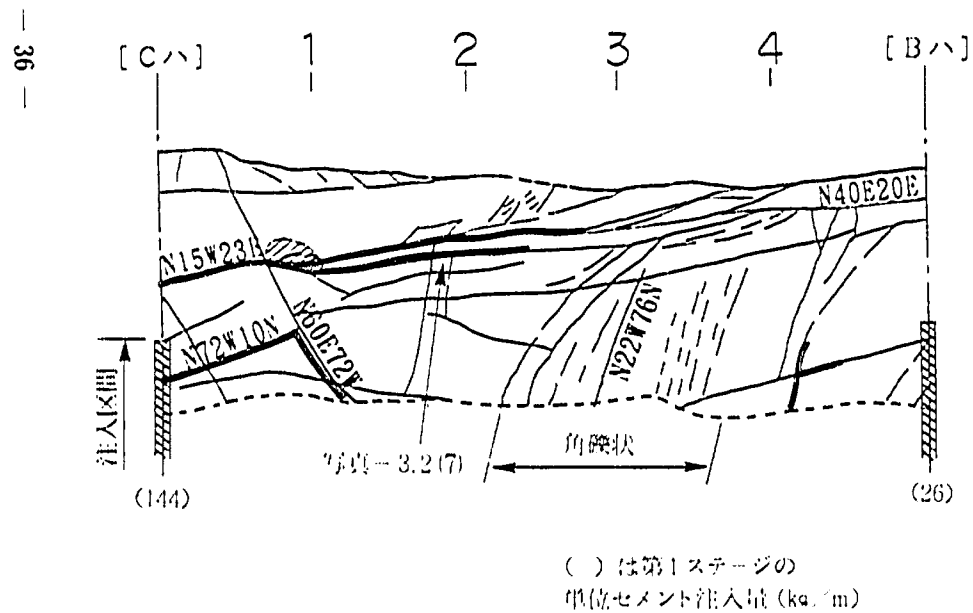


図-3.20(5) トレンチ観察面（〔Cハ〕-〔Bハ〕断面）

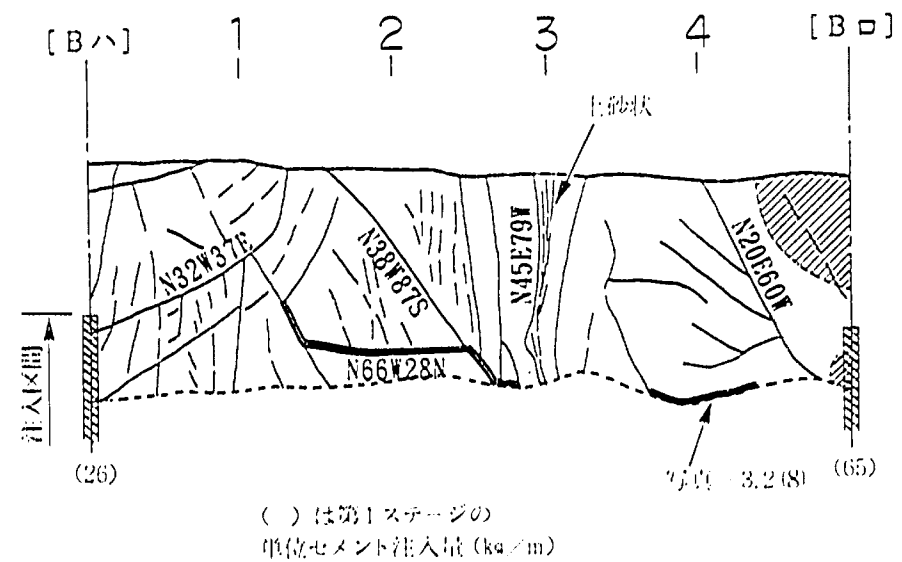


図-3.20(6) トレンチ観察面（〔Bハ〕-〔Bロ〕断面）



(1)



(2)



(3)

写真-3.2 グラウトの注入状況 (写真中の白色スケール: 10cm)



(4)



(5)

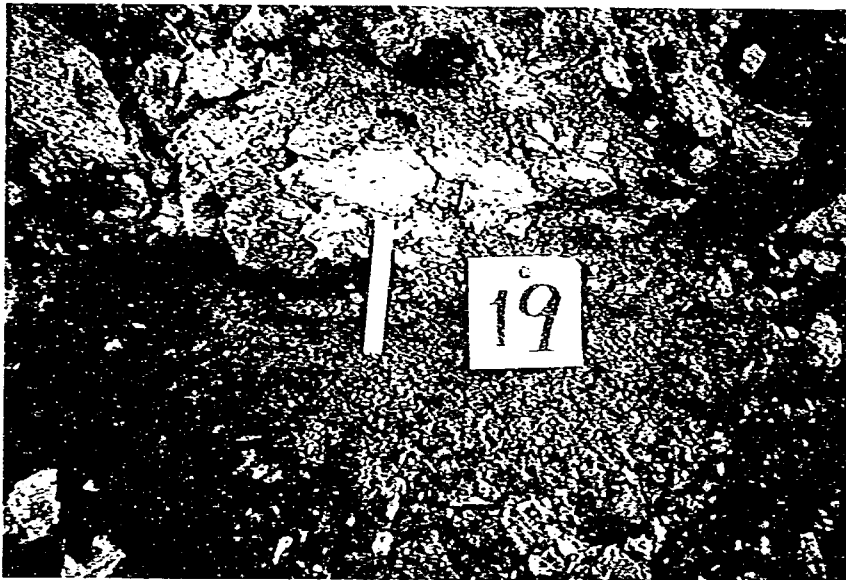


(6)

写真-3.2 グラウトの注入状況 (写真中の白色スケール: 10cm)



(7)



(8)

写真－3.2 グラウトの注入状況（写真中の白色スケール：10cm）

4. まとめと今後の課題

今回の試験結果を簡単にとりまとめると以下のとおりである。

- ① 岩盤の掘削による緩みの影響は、最大でも掘削面から5m程度に留まっているものと考えられる。
- ② 本試験地点のように、割れ目が発達し、掘削により透水性が高くなった岩盤に対しては、1m程度のカバーロックではグラウトのリークを防止することは困難で、効果的なグラウチングは期待できない。また、高压による注入を行うと、岩盤を破壊してしまうことがある。
- ③ グラウトビリチーの大小は、注入孔周辺の岩盤の状態により大きく左右されるため、わずかな試験数量からグラウトの配合や注入圧力がグラウトビリチーに及ぼす影響を把握することは難しい。言い換えれば、グラウトビリチーはグラウトの配合や注入圧力よりも主として注入孔周辺の岩盤の状態によって定まる。
- ④ 今回の試験結果を見る限り、C:Wが1:8程度の薄い配合のグラウトを用いてもグラウトビリチーが大きくなるということはなく、また、薄い配合の方が注入時間が長くなる傾向にある。一方、遮水性の改良度をみると、第1ステージでは濃い配合によるグラウチングの方がチェック孔のルジオン値が小さくなる傾向にあり、第2ステージでも配合による遮水性の改良度の差は明確でなかった。これらのことより、本試験地点のような岩盤に対しては濃い配合によるグラウチングの方が総合的に有利であると考えられる。
- ⑤ グラウチングによる岩盤の変位（浮上がり）は、注入圧力が大きいほど大きく、また、その影響も遠くにまで及ぶ傾向にある。
- ⑥ 注入されたグラウトは岩盤内の弱層や割れ目に沿って進入し、特に角礫状あるいは土砂状を呈する弱層内にはグラウトが進入しやすい傾向がある。また、今回の試験地点のような地質に対して、圧力2~5kgf/cm²程度でグラウチングを行った場合のグラウトの最大到達距離は4m程度と推定される。

今回の試験地点は岩盤内に互いに連続する割れ目が多く存在していたため、各注入孔の透水性の違いが比較的小さく、グラウトの配合および注入圧力等の注入仕様と遮水性の改良効果の間に何らかの関係を見出すことができるのではないかと考え、試験を実施した。しかし、グラウチングによる岩盤の遮水性の改良効果は、個々の注入孔付近の岩盤の特性のわずかな違いによって大きく影響され、この程度の試験数量からグラウチングの仕様が注入結果に及ぼす影響を評価することは極めて難しいことが分かった。

したがって、当初の目的であるグラウトの注入仕様と注入結果との関係を明らかにするためには、現場試験においては避けられない試験データのばらつきの影響を抑えるために、試験の規模を拡大し、データ数を増やして統計的な検討を行うなどの対応が必要であると考えられる。また、室内実験などによって、理想化した条件においてグラウトの注入特性を調べることで、現場での岩盤条件とグラウトの注入特性との関係を推定するなどの手法も考えられる。

また、グラウトの注入特性は、ダムサイトの岩種、岩級、割れ目の状態、地下水位等の岩盤の条件によって大きく影響されると考えられるため、種々の岩盤に対する試験結果を解析することによって、各種の岩盤条件がグラウチングの結果に与える影響をより明確にすることができるものと考えられる。

参考文献

- 1) 建設省河川局開発課監修：ルジオンテスト技術指針・同解説，(財)国土開発技術研究センター，
1984年6月
- 2) 建設省河川局開発課監修：グラウチング技術指針・同解説，(財)国土開発技術研究センター，
1983年11月

ダム基礎岩盤グラウチング試験
に関する一考察

ISSN 0386-5878
土木研究所資料第3058号
平成4年3月(1992)

要 旨

永山 功, 則松秀晴, 及川拓治, 庄司俊介

ダム基礎岩盤の止水処理工法であるグラウチングの施工技術は、過去の施工実績に基づいて経験的に得られたものであり、各種岩盤に対するグラウチングの手法は、それぞれの現場において試行錯誤的に決定されている。このため、対象とする岩盤に最も適したグラウチングの注入仕様を合理的に決定する手法の確立が望まれている。本調査はこれに関連して、割れ目の発達した岩盤において、グラウトの注入仕様が遮水性の改良効果に及ぼす影響を把握するため、ダムサイトにおいてグラウチング試験を行い、その結果について検討を加えたものである。

キーワード：ダム，基礎岩盤，グラウチング試験，透水試験



郵便はがき

四十一円切
手をはって
下さい。

305-□□

茨城県つくば市大字旭一番地
建設省土木研究所
ダム構造研究室 御中

No. _____

No. _____

配布先氏名

配布先住所



土木研究所資料第 3058 号 部

上記のとおり受領しました。

所 属（住所）

氏 名

印