

ISSN 0386—5878

土木研究所資料第3238号

土 木 研 究 所 資 料

コンクリートダム of 合理化施工法における
コンソリデーショングラウチングの
設計・施工に関する実態調査

平成6年3月

建設省土木研究所
ダム部ダム構造研究室

「Copyright © (1994) 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。」

コンクリートダムの合理化施工法における コンソリデーショングラウチングの 設計・施工に関する実態調査

ダム構造研究室 室 長 永 山 功
主任研究員 渡 辺 和 夫
研 究 員 菊 永 和 久

要 旨

RCD工法などのコンクリートダムの合理化施工法では面状施工法を採用しているため、従来工法のダムに比べて堤体コンクリートの打設とコンソリデーショングラウチングの施工が競合することが多い。そこで、このような合理化施工法におけるコンソリデーショングラウチングの効率的な施工法の確立が望まれている。本報告は、コンクリートダムの合理化施工法におけるコンソリデーショングラウチングの実態について、アンケート調査を行った結果をとりまとめたものである。

キーワード：ダム，基礎岩盤，合理化施工法，コンソリデーショングラウチング

は　じ　め　に

コンクリートダムの基礎岩盤は、堤体からの荷重に対して十分な耐荷力とせん断抵抗を有するとともに、貯水池からの浸透流に対して十分な遮水性と浸透破壊に対する抵抗性を有していなければならない。このような基礎岩盤の条件を満足するため、ダムの設計・施工にあたっては、基礎岩盤の入念な調査、適切な掘削線の決定、適切な堤体形状の決定、断層のコンクリート置換、カーテングラウチングやコンソリデーショングラウチングなどの基礎グラウチングを実施している。このうち、本報告で扱うコンソリデーショングラウチングは、ダム堤体の着岩面付近における基礎岩盤を一体化することによって、その変形性や遮水性の改良を図るために実施されるものである。

コンソリデーショングラウチングは、その施工の确实性を図るため、堤体コンクリートを数リフト打設してから施工するのが一般的である。しかし、RCD工法のように堤体コンクリートが平面的に立ち上がっていく施工法（面状施工法）では、従来工法のように堤体コンクリートの打設ブロックを自由に選定できないため、堤体コンクリートの打設とコンソリデーショングラウチングの施工の間で競合を生じる場合が多い。そこで、このような合理化施工法におけるコンソリデーショングラウチングの効率的な施工法の確立が強く望まれている。

本報告は、合理化施工法を採用した24ダムに対して、コンソリデーショングラウチングの施工実態についてアンケート調査を実施し、合理化施工法におけるコンソリデーショングラウチングの実施上の課題とその解決方法について検討を試みたものである。

目 次

はじめに

1. アンケートの目的と方法	1
1.1 アンケートの目的	1
1.2 アンケートの対象ダム	2
2. アンケート対象ダムのコンソリデーショングラウチングの概要	3
2.1 規定孔の孔配置と孔間隔	3
2.2 グ라우チング孔の孔深とステージ数	5
2.3 改良目標値	8
2.4 斜面部におけるグラウチング孔の方向	9
3. コンソリデーショングラウチングの計画と施工	11
3.1 施工方法の選定	11
3.2 カバーロックまたはカバーコンクリートの厚さ	15
3.3 削孔機械の種類と台数	16
3.4 1孔あたりの施工時間	21
3.5 堤体打設先行方式におけるコンソリデーショングラウチングの施工可能日数	22
3.6 同時施工規制	24
4. コンソリデーショングラウチングの施工実績	25
4.1 グ라우チングの月間施工実績	25
4.2 追加孔の施工実績	34
4.3 グ라우チング孔の削孔長	36
4.4 グ라우チング先行方式におけるリーク対策	40
4.5 堤体打設先行方式におけるコンクリート表面の保護	40
4.6 堤体打設先行方式におけるコンクリート打設と コンソリデーショングラウチングの競合	43
4.7 斜面部におけるコンソリデーショングラウチングの施工方法	44
4.7.1 斜面部におけるコンソリデーショングラウチングの孔配置	44
4.7.2 斜面部のコンソリデーショングラウチングにおける中央内挿法の考え方	46
5. ま と め	52
参考文献	53
付 属 資 料	55

1. アンケートの目的と方法

1.1 アンケートの目的

コンクリートダムの基礎岩盤は、堤体からの荷重に対して十分な地耐力を有するとともに、せん断破壊、浸透破壊に対して十分な安全性を有していなければならない。このため、コンクリートダムの設計にあたっては、入念な地質調査を実施してダムサイトの地質的な問題点を明らかにし、その結果を踏まえて、ダムの座取り、形状、掘削線、基礎処理工法などを決定している。このうち、基礎処理工法としては、断層など岩盤内の軟弱部を掘削除去してコンクリートで置き換える方法、グラウチングによって岩盤を改良する方法などがあり、グラウチングによる岩盤の改良は、これら基礎処理工法の中で最も一般的な手法である。

コンクリートダムの基礎岩盤に対して実施されるグラウチングは、その目的によりコンソリデーショングラウチングとカーテングラウチングに大別される。このうち、コンソリデーショングラウチングは、着岩部付近の岩盤の一体化による変形性の改良、着岩部付近の岩盤の遮水性の改良という二つの目的で実施されるものである。

一方、最近、RCD工法や拡張レーヤ工法などの合理化施工法を用いて建設されるダムが増えてきている。これらの合理化施工法では、全面レーヤ方式で堤体コンクリートの打設が行われ、堤体の打設面は平面的に打上がっていく。これに対し、コンソリデーショングラウチングは着岩面付近の岩盤全体を施工範囲とするため、このような合理化施工法を用いたダムではコンソリデーショングラウチングの施工工程と堤体コンクリートの打設工程の調整が問題となってくる。このような場合、一般的には堤体コンクリートの打設工程が優先され、コンソリデーショングラウチングの施工にそのしわ寄せが及ぶことが多く、このため、各ダムにおいてコンソリデーショングラウチングの施工の効率化について様々な摸索が行われている。

そこで、本研究では、このような合理化施工法におけるコンソリデーショングラウチングの問題点を明らかにするため、アンケート調査を実施してその実態を把握するとともに、その解決方法について検討を加えるものとした。なお、実施したアンケートの全文については巻末に付属資料として示している。

1.2 アンケートの対象ダム

本アンケートは、表-1.1に示すとおり堤体コンクリートの打設方法としてRCD工法、拡張レヤー工法を採用した22ダムとベルトコンベヤ工法を採用した2ダムの合計24ダムについて実施した。表によると、アンケート対象ダムの規模は、最も小さいダムが高滝ダムの堤高24.5 m、堤体積69,000m³で、最も大きいダムが宮ヶ瀬ダムの堤高155.0m、堤体積2,000,000m³である。

表-1.1 アンケート対象ダムの諸元

ダム名	打設工法	堤高 (m)	堤体積 (千m ³)
島地川	RCD工法	89.0	317
玉川	"	100.0	1,150
美利河	"	40.0	360
真野	"	69.0	219
白水川	"	54.5	314
朝日小川	"	84.0	361
朝里	"	73.9	517
道平川	"	70.0	346
境川	"	115.0	718
神室	"	60.6	306
竜門	"	99.5	844
八田原	"	84.9	490
宮床	"	48.0	280
小玉	"	102.0	560
札内川	"	114.0	700
宮ヶ瀬	"	155.0	2,000
千屋	"	97.5	630
津川	"	76.0	342
布目	RCD工法 拡張レヤー工法	72.0	330
栗山	拡張レヤー工法	31.9	174
三春	"	65.0	184
中筋川	"	73.1	247
高滝	ベルトコンベヤ工法	24.5	69
小平	"	42.4	273

2. アンケート対象ダムのコンソリデーショングラウチングの概要

2.1 規定孔の孔配置と孔間隔

コンソリデーショングラウチングの孔配置は、岩盤の性状および透水性、他ダムの実績などを考慮して決定される。アンケート対象ダムで採用されているコンソリデーショングラウチングの河床部における規定孔の孔配置を図-2.1(a)～(e)および表-2.1に示す。以下、各パターンについて説明する。

(a)パターン

図-2.1(a)に示すように、(a)パターンは1次孔のみの四角形の配列で、表-2.1に示す6ダムで採用されている。いずれのダムにおいても1次孔の間隔は5mとなっている。

(b)パターン

図-2.1(b)に示すように、(b)パターンは(a)パターンの中央に2次孔を配置したパターンで、表-2.1に示す5ダムで採用されている。1次孔の間隔は5.0～7.5mとなっている。なお、神室ダム、津川ダムでは、図-2.2に示すように、1次孔を結ぶ各辺はダム軸に対して45°の角度をなすひし形の孔配置となっている。

(c)パターン

図-2.1(c)に示すように、(c)パターンは(b)パターンの各孔の中央に3次孔を配置したパターンで、表-2.1に示す11ダムで採用されている。1次孔の間隔は6.0～12.0mとなっている。なお、境川ダムでは、図-2.2に示すように、1次孔を結ぶ各辺はダム軸に対して45°の角度をなすひし形の孔配置となっている。

(d)パターン

図-2.1(d)に示すように、(d)パターンは1次孔で囲まれた正方形の中心と正方形の各辺の中心に2次孔を配置し、さらにその中間に3次孔、4次孔を配置したパターンで、表-2.1に示す1ダムで採用されている。1次孔の間隔は12.0mとなっている。

(e)パターン

図-2.1(e)に示すように、(e)パターンは(c)パターンと類似した孔配列をとっているが、次数の配置が異なっている。つまり、1次孔で囲まれた正方形の各辺の中心を2次孔とし、正方形の中心に3次孔を配置したパターンで正方形の中心に向かって順次施工する変則的な内挿法となっている。このパターンは、表-2.1に示す1ダムで採用されている。なお、このダムでは2次孔までの施工を堤体コンクリートの打設前に行い、3次孔を堤体コンクリートの打設後に施工するように計画されており、結果的に堤体上から施工される3次孔の数量を極力減らした配列となっている。

次に、表-2.1および図-2.3に各ダムにおける着岩面の面積100㎡あたりの規定孔の本数を示す。なお、100㎡あたりの規定孔の本数とは、図-2.1および表-2.1に示した孔配置パターンと孔間隔から規定孔の密度を求め、これを100㎡あたりに換算したものである。図によると、100㎡あたりの

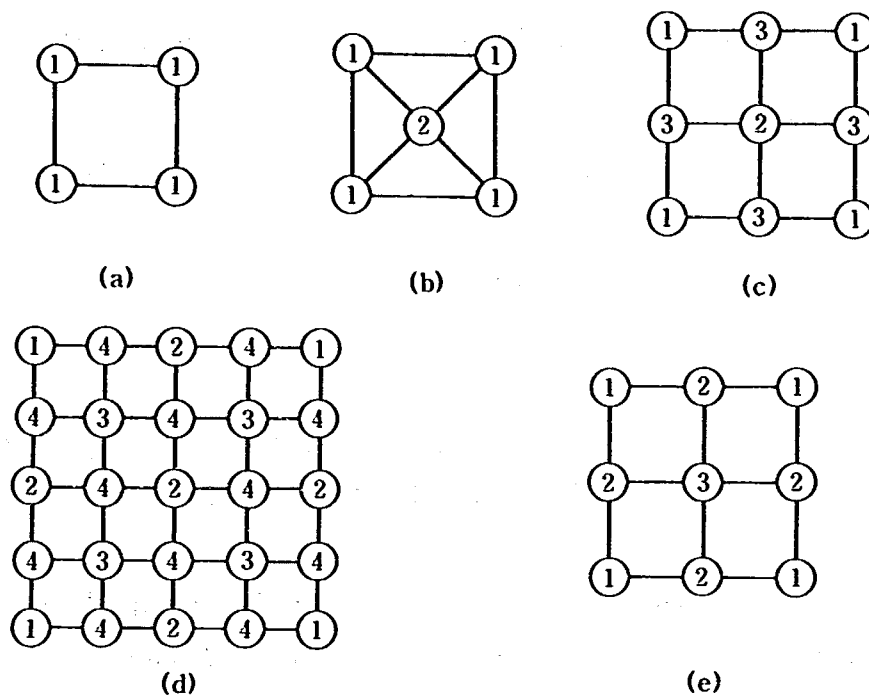
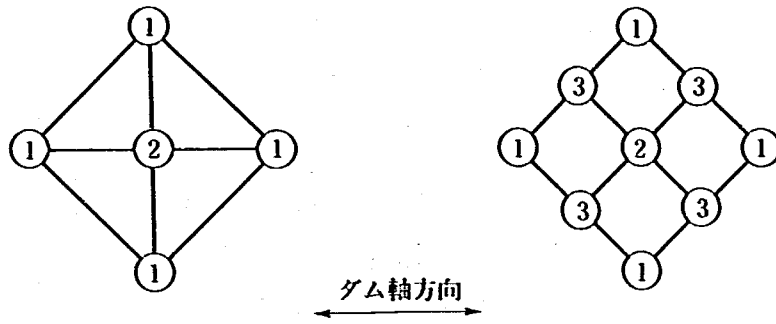


図-2.1 河床部における規定孔の孔配置

表-2.1 孔配置のパターンと採用ダム

パターン	ダム名	1次孔の 孔間隔(m)	規定孔 の次数	100m ² あたりの 規定孔の本数
(a)	島地川	5.0×5.0	1	4.0
	美利河	5.0×5.0	1	4.0
	真野	5.0×5.0	1	4.0
	小玉	5.0×5.0	1	4.0
	宮ヶ瀬	5.0×5.0	1	4.0
	高滝	5.0×5.0	1	4.0
(b)	神室	7.1×7.1	2	4.0
	竜門	7.5×7.5	2	3.6
	札内川	5.0×5.0	2	8.0
	津川	5.7×5.7	2	6.3
	中筋川	6.0×6.0	2	5.6
(c)	玉川	7.5×8.0	3	6.7
	白水川	10.0×10.0	3	4.0
	朝日小川	6.0×6.0	3	11.1
	朝里	6.0×6.0	3	11.1
	境川	8.5×8.5	3	5.6
	八田原	10.0×10.0	3	4.0
	宮床	6.0×6.0	3	11.1
	布目	10.0×10.0	3	4.0
	栗山	8.0×8.0	3	6.3
	三春	12.0×12.0	3	2.8
	小平	8.0×8.0	3	6.3
(d)	道平川	12.0×12.0	4	11.1
(e)	千屋	8.0×8.0	3	6.3

注)パターン(a)~(e)については図-2.1を参照。



(a) 神室ダム、津川ダムの例

(b) 境川ダムの例

図-2.2 ひし形の孔配置

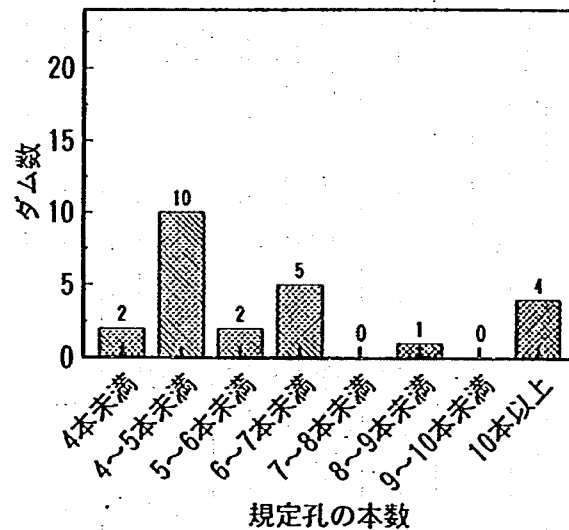


図-2.3 100m²あたりの規定孔の本数の分布

規定孔の本数は、4～5本未満に最も数多く分布しており、最も少ないダムで2.8本、最も多いダムで11.1本となっている。

2.2 グラウチング孔の孔深とステージ数

コンソリデーショングラウチングは、その孔深を5～10m、ステージ長を5～7mとして1～2ステージで実施するのが一般的である。また、斜面部では、地表面に垂直方向のグラウチング孔の深度を一定とするため、斜面の勾配に応じてグラウチング孔の孔深を延長することがある。今回のアンケート対象ダムの河床部および斜面部における孔深とステージ数、ステージ長を表-2.2に示す。また、河床部と斜面部における孔深の分布を図-2.4に示す。図によると、河床部における孔深は、5mとしているダムが最も多く13ダム、次いで7mまたは7.5mとしているダムが7ダム、

表-2.2 孔深とステージ数, ステージ長

ダ ム 名	河 床 部			斜 面 部			備 考
	孔 深 (m)	ステーシ 数	ステーシ 長 (m)	孔 深 (m)	ステーシ 数	ス テ ー ジ 長 (m)	
島 地 川	7.5	1	7.5	7.5	1	7.5	
玉 川	10.0	2	5.0	10.0	2	5.0	
英 利 河	7.0	2	3.0/4.0	7.0	2	3.0/4.0	
真 野	5.0	1	5.0	5.0	1	5.0	
白 水 川	5.0	1	5.0	5.0~6.6	1	5.0~6.6	
朝日小川	5.0	1	5.0	8.0	2	5.0/3.0	
朝 里	5.0	1	5.0	5.0	1	5.0	
道 平 川	10.0	2	5.0	10.0	2	5.0	
境 川	5.0	1	5.0	7.5	1	7.5	
神 室	5.0	1	5.0	5.0~10.0	1~2	5.0~7.0/2.0~5.0	急傾斜部: 7.0m以上は2ステージ
竜 門	5.0	1	5.0	5.0~10.0	1~2	5.0	急傾斜部: 2ステージ
八 田 原	7.0	1	7.0	7.0	1	7.0	
宮 床	5.0~10.0	1~2	5.0	5.0~10.0	1~2	5.0	1次孔: 2ステージ, 2次孔以降: 1ステージ
小 玉	5.0	1	5.0	5.0	1	5.0	
札 内 川	10.0	2	5.0	10.0	2	5.0	
宮 ヶ 瀬	7.0	1	7.0	7.0	1	7.0	
千 屋	7.0	1	7.0	7.0	1	7.0	
津 川	7.0	1	7.0	7.0	1	7.0	
布 目	5.0	1	5.0	5.0	1	5.0	
栗 山	5.0	1	5.0	5.0	1	5.0	
三 巻	5.0	1	5.0	5.0	1	5.0	
中 筋 川	7.0	1	7.0	7.0	1	7.0	石灰岩部: 3ステージ(7.0+5.0+5.0)
高 滝	5.0	1	5.0	5.0	1	5.0	
小 平	5.0	1	5.0	5.0	1	5.0	

10mとしているダムが3ダムとなっている。なお、河床部でその他として計上している1ダムは、図-2.5に示すように1次孔を10mで、2次孔以降の孔を5mで施工しているダムである。一方、斜面部における孔深は、5mとしているダムが最も多く9ダム、次いで7~8mとしているダムが9ダム、10mとしているダムが3ダムとなっている。また、斜面部でその他として計上している3ダムは、次数によって孔深を変更している1ダムと斜面の勾配によって孔深を変更している2ダムである。

また、ステージ数の分布を河床部と斜面部に分けて図-2.6に示す。図によると、河床部、斜面部とも1ステージとしているダムが圧倒的に多くなっている。なお、河床部でその他に計上してい

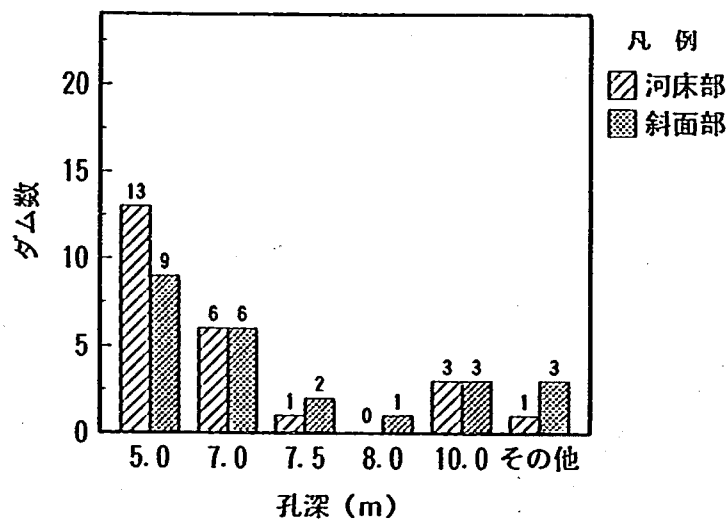


図-2.4 河床部と斜面部における孔深の分布

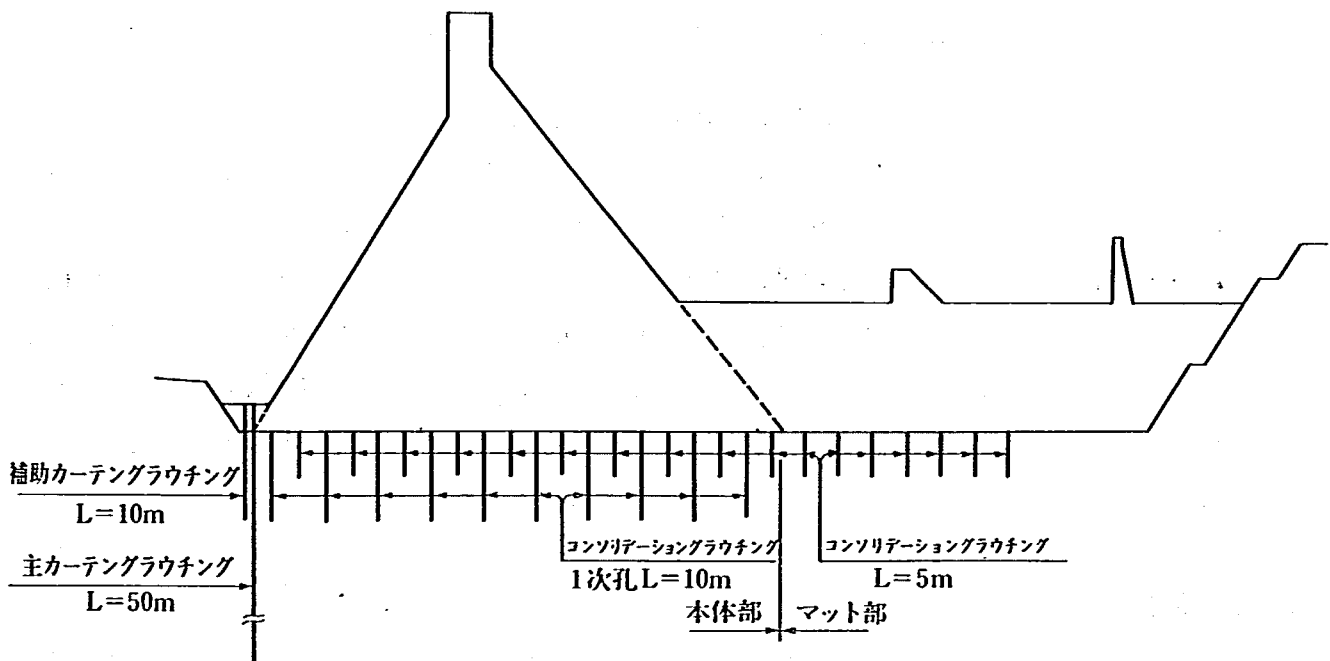


図-2.5 河床部で孔深を変更している例 (宮床ダム)

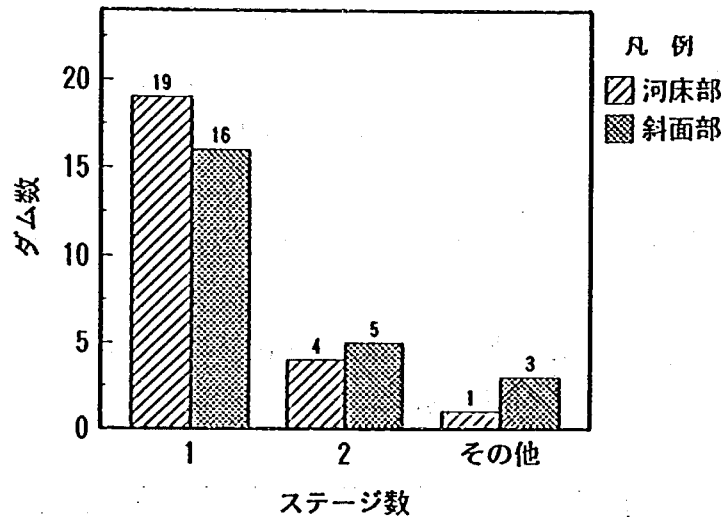


図-2.6 河床部と斜面部におけるステージ数の分布

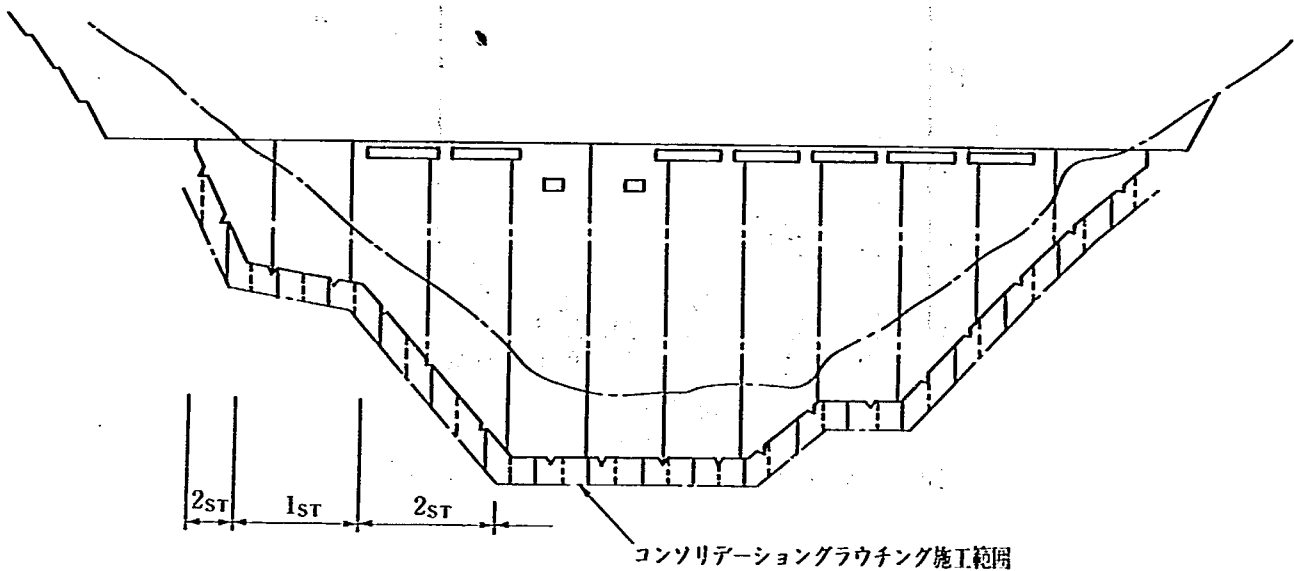


図-2.7 斜面部におけるステージ数の変更

る1ダムは、図-2.5に示したように次数によって孔深を変更しているダムである。一方、斜面部でその他に計上している3ダムは、次数によってステージ数を変更している1ダムと、図-2.7に示すように斜面部の孔深によってステージ数を変更している2ダムである。

次に、図-2.8にステージ数と孔深の関係を河床部と斜面部に分けて示す。図によると、河床部、斜面部とも孔深5mの場合には全て1ステージ、孔深10mの場合には全て2ステージで施工している。また、孔深7～8mの場合には、河床部ではステージ数を1ステージとしているダムが6ダム、2ステージとしているダムが1ダムとなっており、斜面部ではステージ数を1ステージとしているダムが7ダム、2ステージとしているダムが2ダムとなっている。

2.3 改良目標値

コンソリデーショングラウチングの改良目標値は、一般的にルジオン値によって表される。表-2.3にコンソリデーショングラウチングの改良目標値を示す。表によると、コンソリデーショング

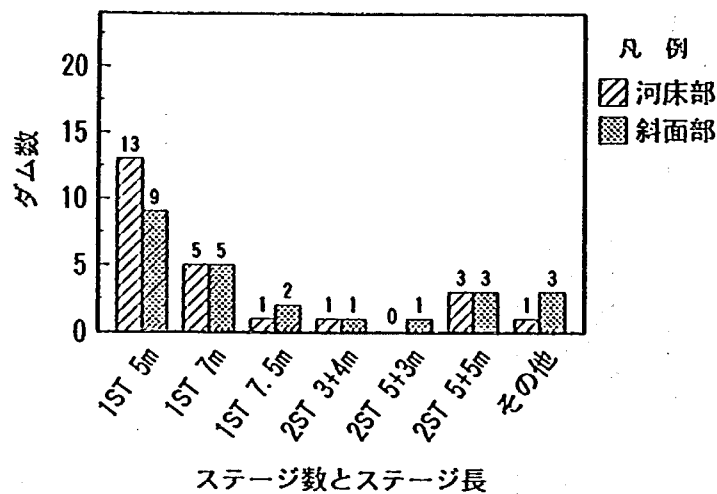


図-2.8 河床部と斜面部におけるステージ数，ステージ長の分布

表-2.3 コンソリデーショングラウチングの改良目標値

改良目標値 (Lu)	ダム数	ダム名
5	21	島地川, 玉川, 真野, 白水川, 朝日小川, 朝里, 境川, 神室, 竜門, 八田原, 宮床, 小玉, 札内川, 宮ヶ瀬, 千屋, 津川, 布目, 栗山, 三春, 中筋川, 高滝
10	3	美利河, 道平川, 小平

グラウチングの改良目標値は，ほとんどのダムで5 Luとしており，10Luとしているダムは24ダムのうち3ダムのみである。

2.4 斜面部におけるグラウチング孔の方向

表-2.4に各ダムにおける左右岸斜面部の平均勾配を示す。また，図-2.9に左右岸斜面部の平均勾配の分布を示す。図によると，斜面の平均勾配は1.0～2.0割の部分に多く分布しているのがわかる。

次に，表-2.5に各ダムの斜面部におけるコンソリデーショングラウチング孔の削孔方向を示す。表によると，斜面部における削孔方向は，鉛直としているダムが18ダム，斜面に対して直角としているダムが4ダム（ただし，このうち3ダムは，斜面の勾配が急な部分に限定），また，鉛直下方に対して30°としているダムが2ダム（ただし，このうち1ダムは，斜面の勾配が急な部分に限定）となっている。なお，斜面部でグラウチング孔の削孔方向を斜めとしている6ダムについて斜面勾配と削孔方向の関係を表-2.6に示す。

表-2.4 左右岸斜面部の平均勾配

ダム名	斜面の平均勾配(割)	
	右岸	左岸
島地川	1.24	1.25
玉川	1.76	1.45
美利河	—	—
真野	1.75	1.26
白水川	1.50	1.78
朝日小川	1.25	1.79
朝里	1.66	2.08
道平川	2.13	2.12
境川	1.09	1.24
神室	1.27	1.01
竜門	4.14	1.09
八田原	1.51	1.93
宮床	1.47	2.67
小玉	1.26	1.22
札内川	1.11	1.26
宮ヶ瀬	0.64	1.56
千屋	0.94	0.97
津川	1.07	1.14
布目	2.14	1.67
栗山	5.31	6.06
三春	1.37	1.13
中筋川	1.16	1.15
高滝	—	—
小平	3.72	1.73

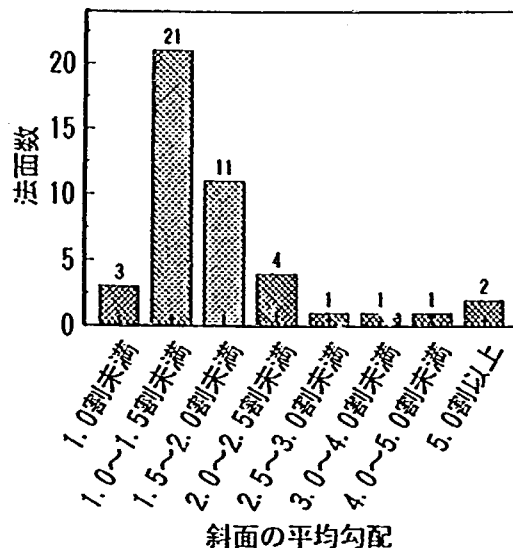


図-2.9 左右岸斜面部の平均勾配の分布

表-2.6 斜面勾配とコンソリデーショングラウチング孔の削孔方向の関係

ダム名	斜面勾配と孔方向の関係
宮ヶ瀬	斜面部すべて：斜面に直角
島地川	斜面部すべて：30°
玉川	1.8割より急勾配：30°
三春	0.88割より急勾配：斜面に直角
竜門	0.8割より急勾配：斜面に直角
宮床	0.6割より急勾配：斜面に直角

表-2.5 斜面部におけるコンソリデーショングラウチング孔の削孔方向

斜面の孔方向	ダム数	ダム名
鉛直	18	美利河, 真野, 白水川, 朝日小川, 朝里, 道平川, 境川, 神室, 八田原, 小玉, 札内川, 千屋, 津川, 布目, 栗山, 中筋川, 高滝, 小平
緩傾斜部：鉛直 急傾斜部：直角	3	竜門, 宮床, 三春
斜面に対して直角	1	宮ヶ瀬
緩傾斜部：鉛直 急傾斜部：鉛直下方に対して直角	1	玉川
鉛直下方に対して30°	1	島地川

3. コンソリデーショングラウチングの計画と施工

3.1 施工方法の選定

コンソリデーショングラウチングの施工時期は、基礎岩盤の性状、グラウチングによる改良効果、ダム工事の全体工程等を総合的に判断して決定されるものであるが、この施工時期を大別すると、堤体コンクリートの打設前に施工する方法と、堤体コンクリートを数リフト打設した後に施工する方法に分けられる。このうち、前者は一般に岩盤が良好でリーク等の恐れがない場合、後者はリークが発生したり岩盤に変位が生じる等の可能性のある場合に適用される。

表-3.1に河床部におけるコンソリデーショングラウチングの施工方式を、表-3.2に斜面部におけるコンソリデーショングラウチングの施工方式をそれぞれ施工計画と実際の施工に分けて示す。

表-3.1 河床部におけるコンソリデーショングラウチングの施工方式

ダ ム 名	施 工 計 画					実 際 の 施 工				
	堤体打設先行	グラウチング先行	越冬期間施工	休止期間施工	その他 (ウチンク先行の併用 堤体打設先行とグラウチング)	堤体打設先行	グラウチング先行	越冬期間施工	休止期間施工	その他 (ウチンク先行の併用 堤体打設先行とグラウチング)
島地川	○					○				
玉川			○					○		
美利河		○								○注2)
真野	○					○				
白水川			○					○		
朝日小川	○					○				
朝里	○							○		
道平川	○					○				
境川					○注1)					○注1)
神室			○					○		
竜門		○					○			
八田原	○					○				
宮床			○					○		
小玉	○					○				
札内川		○					○			
宮ヶ瀬				○					○	
千屋					○注1)	-	-	-	-	-
津川					○注1)					○注1)
布目		○					○			
栗山	○					○				
三春					○注1)					○注1)
中筋川					○注1)	○				
高滝	○					○				
小平	○					○				

注1) グ라우チング孔の回数によって異なる

2) グ라우チングの施工場所によって異なる

表-3.2 斜面部におけるコンソリデーショングラウチングの施工方式

ダム名	施 工 計 画					実 際 の 施 工				
	堤体打設先行	グラウチング先行	越冬期間施工	休止期間施工	その他 (ウチング先行の併用 堤体打設先行とグラウチング)	堤体打設先行	グラウチング先行	越冬期間施工	休止期間施工	その他 (ウチング先行の併用 堤体打設先行とグラウチング)
島地川	○					○				
玉川	○					○				
美利河		○								○注2)
真野	○					○				
白水川	○					○				
朝日小川	○					○				
朝里	○					○				
道平川	○					○				
境川					○注1)					○注1)
神室	○					○				
竜門		○					○			
八田原	○					○				
宮床	○							○		
小玉	○					○				
札内川		○					○			
宮ヶ瀬		○					○			
千屋					○注1)	-	-	-	-	-
津川					○注1)					○注3)
布目		○					○			
栗山	○					○				
三春					○注1)	○				
中筋川	○					○				
高滝	○					○				
小平	○					○				

注1) グ라우チング孔の回数によって異なる

2) グ라우チングの施工場所によって異なる

3) グ라우チング孔の回数および施工場所によって異なる

今回のアンケート調査におけるコンソリデーショングラウチングの施工方式は、表-3.1、表-3.2に示したように①堤体コンクリートを数リフト打設した後、コンクリート打設の合間に施工する方法（以下、堤体打設先行方式と呼ぶ）、②堤体コンクリートの打設前に直接岩盤上から施工する方法（以下、グラウチング先行方式と呼ぶ）、③堤体コンクリートの打設が休止となる越冬期間に施工する方法（以下、越冬期間施工方式と呼ぶ）、④堤体コンクリートの打設を一時的に中断して集中的に施工する方法（以下、休止期間施工方式と呼ぶ）の四つに分類できる。なお、表-3.1において、施工計画でその他に計上している5ダムは、グラウチング孔の回数によって施工方式が異なるダムで、いずれのダムでも若い回数ではグラウチングを先行させ、高次の回数では堤体コンクリートを打設した後にグラウチングを施工するように計画されたものである。また、実際の施工で

その他に計上している4ダムの内訳は、グラウチング孔の回数によって施工方式が異なるダムが3ダム、施工場所によって施工方式が異なるダムが1ダムとなっている。また、表-3.2において、施工計画でその他に計上している4ダムは、グラウチング孔の回数によって施工方式が異なるダムであり、いずれのダムでも若い回数のコンソリデーショングラウチングを堤体コンクリートの打設前に施工し、高次の回数のコンソリデーショングラウチングを堤体コンクリートを打設した後に施工するように計画されたものである。また、実際の施工でその他に計上している3ダムの内訳は、グラウチング孔の回数によって施工方式が異なるダムが1ダム、施工場所によって施工方式が異なるダムが1ダム、グラウチング孔の回数および施工場所によって施工方式が異なるダムが1ダムである。

次に、図-3.1は河床部におけるコンソリデーショングラウチングの施工方式を示したものである。図によると、河床部におけるコンソリデーショングラウチングは、堤体コンクリートの打設を先行させて実施されるケースが多いことがわかる。また、表-3.3および図-3.2は、河床部にお

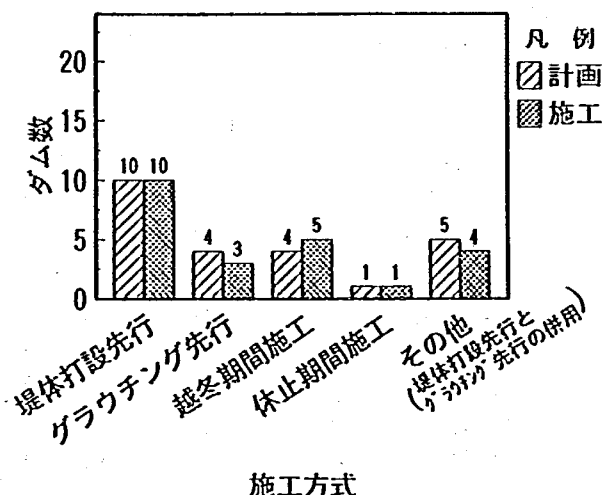


図-3.1 河床部におけるコンソリデーショングラウチングの施工方式

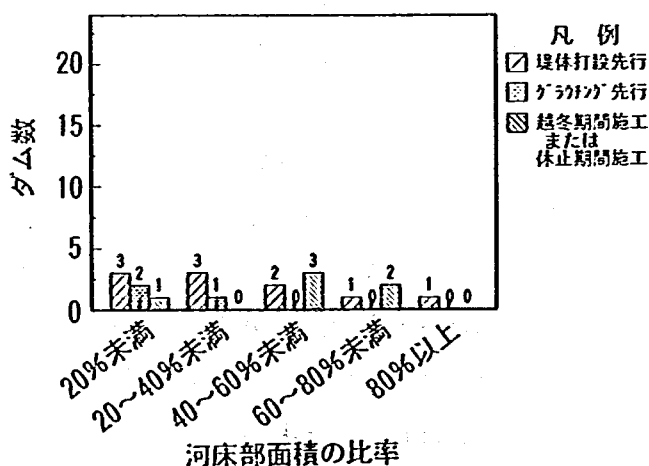


図-3.2 河床部でのコンソリデーショングラウチングの施工方式と河床部面積の関係

表-3.3 河床部の面積とコンソリデーション
グラウチングの施工方式の関係

ダム名	コンソリデーション グラウチングの 施工方式	河床部の 面積 (m ²)	着岩面の 全面積 (m ²)	河床部の 面積比率 (%)
島地川	堤体打設先行	1,200	9,700	12.4
玉川	越冬期間施工	20,500	27,800	73.7
美利河	(併用)	25,700	25,700	100.0
真野	堤体打設先行	2,200	9,300	23.7
白水川	越冬期間施工	11,200	14,900	75.2
朝日小川	堤体打設先行	6,700	13,000	51.5
朝里	越冬期間施工	13,400	26,500	50.6
道平川	堤体打設先行	1,100	12,400	8.9
境川	(併用)	4,200	16,600	25.3
神室	越冬期間施工	8,300	13,900	59.7
竜門	グラウチング先行	4,000	23,000	17.4
八田原	堤体打設先行	9,100	17,800	51.1
宮床	越冬期間施工	6,800	14,300	47.6
小玉	堤体打設先行	2,600	15,200	17.1
札内川	グラウチング先行	3,200	17,600	18.2
宮ヶ瀬	休止期間施工	6,200	40,600	15.3
千屋	—	10,100	15,200	66.4
津川	(併用)	5,100	12,200	41.8
布目	グラウチング先行	2,800	11,500	24.3
栗山	堤体打設先行	8,800	12,900	68.2
三春	(併用)	1,300	6,300	20.6
中筋川	堤体打設先行	4,100	12,100	33.9
高滝	堤体打設先行	2,700	7,400	36.5
小平	堤体打設先行	12,300	15,300	80.4

けるコンソリデーショングラウチングの施工方式と河床部の施工面積および全体の施工面積に対する河床部の施工面積の比率を示したものである。一般に、グラウチング先行方式は河床部の施工面積が広い場合に採用されていると考えがちであるが、図によればそのような傾向は認められず、いずれも河床部の面積比率が40%未満のダムとなっている。

次に、図-3.3は斜面部におけるコンソリデーショングラウチングの施工時期を示したものである。図によると、斜面部におけるコンソリデーショングラウチングは、堤体コンクリートの打設を先行させて実施されるケースが多いことがわかる。また、この結果を図-3.1に示した河床部の結果と比較すると、斜面部では堤体打設先行の割合が多くなっていることがわかる。これは、斜面部においては堤体コンクリートの打設とコンソリデーショングラウチングの施工の競合がアバットメント付近に限定され、堤体打設を先行しても河床部ほど大きな問題を伴わないことがその理由として考えられる。なお、特筆すべき項目として、斜面部におけるコンソリデーショングラウチングの施工を越冬期間に集中して実施しているダムが1ダムある。このダムでは、堤体コンクリートの打

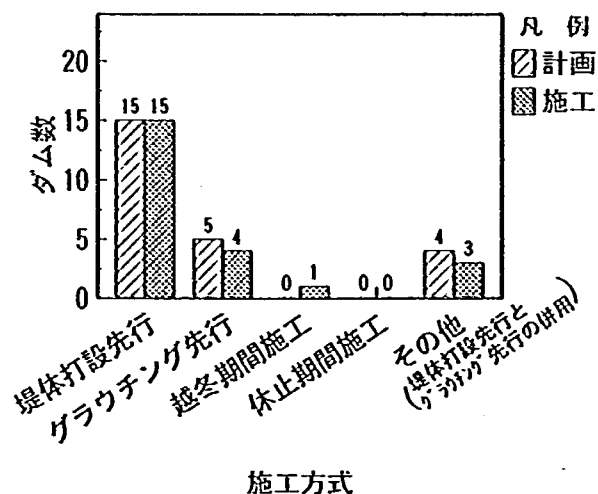


図-3.3 斜面部におけるコンソリデーショングラウチングの施工方式

設が可能な4～11月に打ち上がる堤体の高さが12～15m程度と比較的低いことから、この時期には堤体コンクリートの打設に専念し、堤体コンクリートの打設ができない冬期にコンソリデーショングラウチングの施工を行っている。

3.2 カバーロックまたはカバーコンクリートの厚さ

表-3.4にグラウチング先行方式を採用したダムにおけるカバーロックの厚さを示す。カバーロックの厚さは、そのほとんどが0.5mとなっており、このほか2.0m、3.0mとしているダムがそれぞれ1ダムずつとなっている。

次に、表-3.5にカバーロックへのモルタル吹付けの厚さを示す。なお、カバーロックへモルタル吹付けを実施した箇所はすべて斜面部である。表によると、モルタルの吹付け厚さは、3cmとしているダムが1ダム、5cmとしているダムが3ダム、10cmとしているダムが1ダムとなっている。ただし、斜面部のモルタル吹付けについては、グラウチングのリーク対策としてよりも岩盤の風化防止を目的として施工されているケースも多いものと思われる。

表-3.4 カバーロックの厚さ

厚さ	ダム名
0.5 m	境川, 布目, 竜門, 札内川, 宮ヶ瀬, 津川, 三春
2.0 m	宮床 (マット部)
3.0 m	美利河

表-3.5 モルタル吹付けの厚さ

厚さ	ダム名
3 cm	津川
5 cm	竜門, 札内川, 宮ヶ瀬
10 cm	境川

次に、表-3.6に堤体打設先行方式を採用したダムにおけるカバーコンクリートの厚さとリフト数を示す。また、図-3.4にカバーコンクリートの厚さの分布、図-3.5にカバーコンクリートのリフト数の分布をそれぞれ示す。図によると、カバーコンクリートの厚さは3.0m、リフト数は4リフト、6リフトが多く採用されている。したがって、リフト厚50cmの場合は6リフト、リフト厚75cmの場合は4リフトとし、カバーコンクリートの厚さ3.0mでコンソリデーショングラウチングの施工を行っていることになる。

3.3 削孔機械の種類と台数

コンソリデーショングラウチングの削孔機械としては、ロータリーボーリングマシンとパーカッションボーリングマシンの2種類があり、地質、地形、孔の深さ等を考慮して適切な機種が選定される。このうち、ロータリーボーリングマシンは、ロッドの先端に取り付けたビットに回転と錐圧を与えて岩盤を切削するもので、岩粉の発生が少なく孔壁の割れ目に目詰まりを生じさせる危険性もなく、また、削孔深も大きくとれるという長所をもつが、掘進速度が遅いという欠点を有してい

表-3.6 カバーコンクリートの厚さとリフト数

ダム名	カバーコンクリート	
	厚さ(m)	リフト数
島地川	3.0	6
玉川	3.0	4
美利河	3.0	4
真野	2.0	4
白水川	5.0	10
朝日小川	3.0	6
朝里	3.0	6
道平川	3.0	6
境川	1.5	2
神室	5.0	7
八田原	3.0	4
宮床	2.0	4
小玉	3.0	4
宮ヶ瀬	0.5	1
津川	3.0	4
栗山	3.0	3
三春	3.0	4
中筋川	3.0	4
高滝	3.0	4
小平	3.0	2

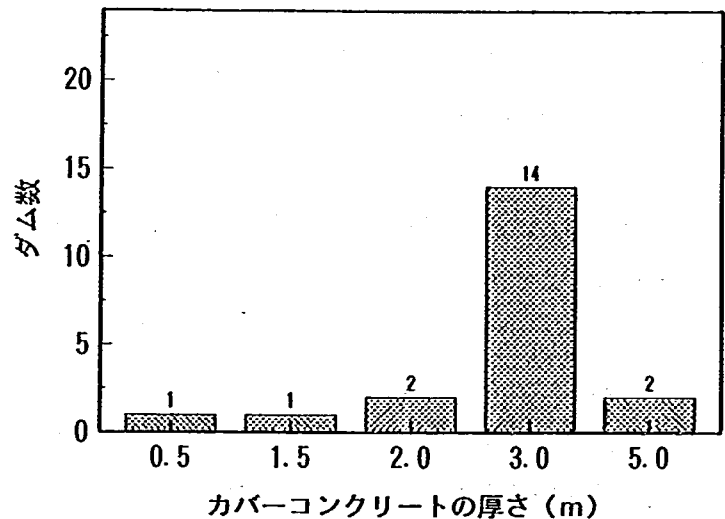


図-3.4 カバーコンクリートの厚さの分布

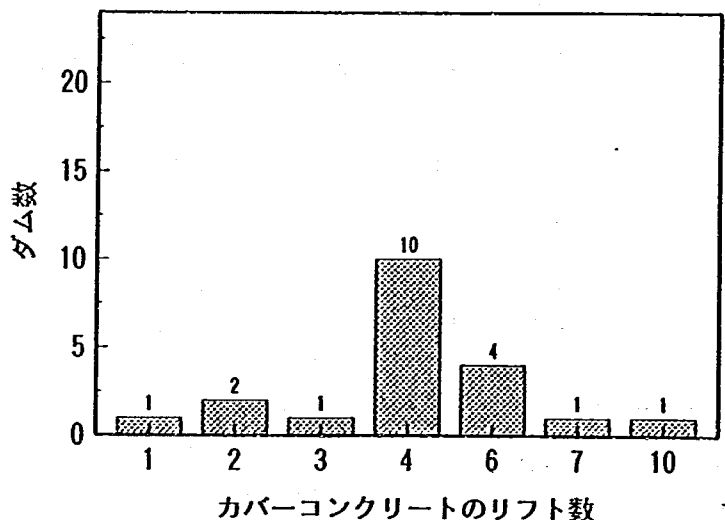


図-3.5 カバーコンクリートのリフト数の分布

る。一方、パーカッションボーリングマシンは、圧縮空気等によりビットに衝撃を与えて岩盤を破碎しながら掘進するもので、一般に、基礎掘削等に使用されるクローラドリルが用いられる。パーカッションボーリングマシンは、機動性に富み、削孔速度が速いという長所をもつが、削孔中に岩粉が発生して孔壁の割れ目につまりやすく、また、削孔深度も15m程度が限界で長い孔の削孔には適さないなどの欠点がある。また、施工場所が地形の制約を受ける欠点もあるが、最近ではポータブルパーカッションドリルが開発され、斜面部の施工にも用いられている。

河床部におけるコンソリデーショングラウチングの削孔機械の機種とその台数を調査した結果を表-3.7に示す。表によれば、施工計画におけるロータリーボーリングマシンの台数は最も少ないダムで1台、最も多いダムで12台となっており、パーカッションボーリングマシンの台数は1～3台となっている。また、実際の施工におけるロータリーボーリングマシンの台数は最も少ないダムで3台、最も多いダムで32台となっており、パーカッションボーリングマシンの台数はそのほとん

表-3.7 河床部における削孔機械の種類と台数

ダム名	施 工 計 画		実 際 の 施 工	
	ロータリー	パーカッション	ロータリー	パーカッション
島地川	?		?	
玉川	?	?	?	?
美利河	6		8	
真野	2	1	6	1
白水川		1	5	1
朝日小川	2	2	?	?
朝里	8	2	7	5
道平川	5	1	32	
境川	3	1	4	1
神室	4	1	4	1
竜門		1		1
八田原	10	2	10	2
宮床	10		10	
小玉		1	4	1
札内川	5		20	
宮ヶ瀬	4	1	15	1
千屋	12	1	—	—
津川	5	1	24	1
布目		2		1
栗山	2	2	3	1
三春	1		3	
中筋川		1	8	
高滝	4		6	
小平		3	6	

どが1台となっている。このことから、パーカッションボーリングマシンに比べて掘進速度の遅いロータリーボーリングマシンを用いる場合には、その施工台数について計画時点で十分留意しておく必要があることがわかる。また、図-3.6は削孔機械の機種別の分布を示したものである。図によると、施工計画ではロータリーボーリングマシンを単独で使用するよう計画されたダムとパーカッションボーリングマシンを単独で使用するよう計画されたダムは同数であるが、実際の施工ではロータリーボーリングマシンを単独で使用しているダムが多くなっている。

また、河床部においてグラウチングの施工時期と削孔機械の機種および台数の関係を取りまとめたものが表-3.8である。表によると、堤体打設先行方式、越冬期間施工または休止期間施工方式

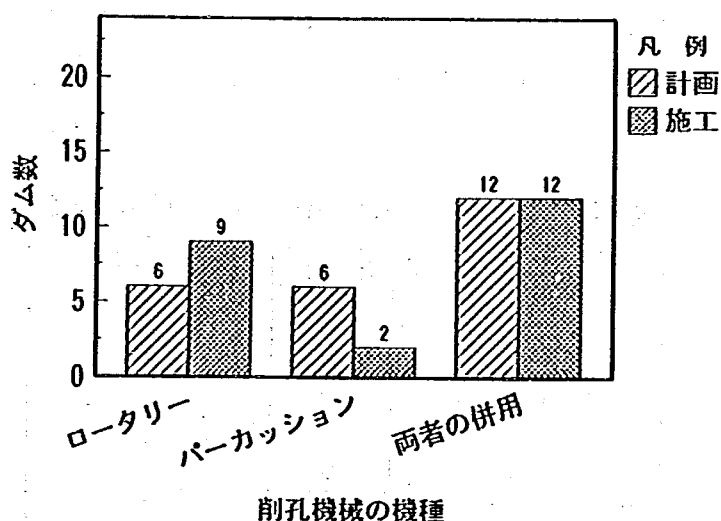


図-3.6 河床部における削孔機械の機種

表-3.8 河床部でのコンソリデーショングラウチングの施工時期別に見た削孔機械の台数

コンソリデーション グラウチングの 施 工 時 期	ダ ム 名	削孔機械台数	
		ロータリー	パーカッション
堤体打設先行	真 野	6	1
	朝 里	7	5
	道 平 川	3 2	0
	八 田 原	1 0	2
	小 玉	4	1
	栗 山	3	1
	中 筋 川	8	0
	高 滝	6	0
	小 平	6	0
越冬期間施工 または 休止期間施工	白 水 川	5	1
	神 室	4	1
	宮 床	1 0	0
	宮 ヶ 瀬	1 5	1
グラウチング先行	竜 門	0	1
	札 内 川	2 0	0
	布 目	0	1

では、ロータリーボーリングマシンの使用台数が多くなっている。また、グラウチング先行方式では、パーカッションボーリングマシンを用いているダムが2ダム、ロータリーボーリングマシンを用いているダムが1ダムとなっている。

次に、斜面部におけるコンソリデーショングラウチングの削孔機械の機種とその台数を調査した結果を表-3.9に示す。表によると、施工計画におけるロータリーボーリングマシンの台数は最も少ないダムで1台、最も多いダムで8台となっており、一方、パーカッションボーリングマシンの台数は1～2台となっている。また、実際の施工におけるロータリーボーリングマシンの台数は最も少ないダムで1台、最も多いダムで20台となっており、一方、パーカッションボーリングマシンの台数は1台となっている。また、図-3.7は、斜面部における削孔機械の機種の分布を示したものである。図-3.6に示した河床部の結果と比較すると、斜面部ではロータリーボーリングマシンを使用しているダムが極端に多くなっていることがわかる。

表-3.9 斜面部における削孔機械の種類と台数

ダム名	施 工 計 画		実 際 の 施 工	
	ロータリー	パーカッション	ロータリー	パーカッション
島地川	?		?	
玉川	?	?	?	?
美利河	6		8	
真野	2	1	2	1
白水川	1		3	1
朝日小川	2	2	?	?
朝里	2		3	
道平川	5		10	
境川	3	1	2	1
神室		1	4	
竜門	8		8	
八田原	3		4	
宮床	8		—	—
小玉	1		3	
札内川	5		20	
宮ヶ瀬	6		15	
千屋	1		—	—
津川	2		10	
布目	1		3	
栗山	4		3	
三春	1		1	
中筋川	4		4	
高滝	4		4	
小平	3		2	

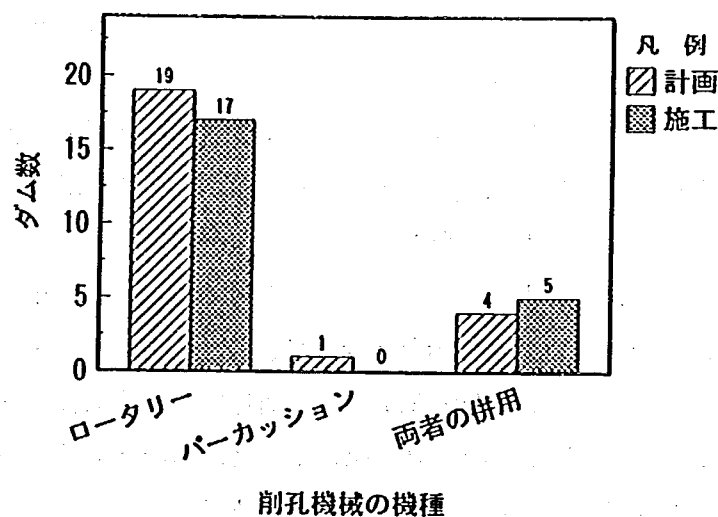


図-3.7 斜面部における削孔機械の機種

次に、表-3.10は施工計画時点で施工機械の台数を算出する場合のコンソリデーショングラウチングの孔数の設定方法についてとりまとめたものである。表によると、ほとんどのダムにおいて規定孔だけの孔数で施工機械の台数を算定しており、規定孔の2～3割の追加孔を見込んだダムは5ダム、規定孔の2倍の追加孔を見込んだダムは1ダムとなっている。RCD工法などの面状施工法では、堤体コンクリートの打設とコンソリデーショングラウチングの施工の間で競合が生じることが多いが、コンソリデーショングラウチングの追加孔が数多く発生すると、その問題はさらに深刻になる。このため、施工計画の段階でコンソリデーショングラウチングの追加孔についてある程度考慮しておくことが大切である。なお、4.2節で述べるように、追加孔の施工実績は各ダムの単純平均で規定孔の60%程度に達しており、この程度の追加孔を考慮しておくことが肝要といえる。

表-3.10 グ라우チング機械の台数を計画する際に考慮したグラウチングの孔数

機械台数を算出する際のグラウチング孔数の設定	ダム数	ダム名
規定孔のみの孔数	16	真野, 白水川, 朝里, 道平川, 境川, 神室, 竜門, 八田原, 宮ヶ瀬, 千屋, 布目, 栗山, 三春, 中筋川, 高滝, 小平
規定孔の2割増しの孔数	4	美利河, 朝日小川, 小玉, 津川
規定孔の3割増しの孔数	1	宮床
規定孔の2倍の孔数	1	札内川

3.4 1孔あたりの施工時間

コンソリデーショングラウチング1孔あたりの施工時間の分布を施工計画と実際の施工とに分けて表-3.11, 図-3.8に示す。ここで, コンソリデーショングラウチング1孔あたりの施工時間とは, 削孔機械の据付～削孔～注入～移動の1サイクルの施工時間を表したものである。図によると, 1孔あたりの施工時間は施工計画, 実際の施工とも5～10時間, 10～15時間に数多く分布している。なお, 実際の施工における1孔あたりの施工時間の平均値は11.1時間となっている。

表-3.11 コンソリデーショングラウチング
1孔あたりの施工時間

ダ ム 名	1 孔あたり施工時間(時間)	
	施 工 計 画	実 際 の 施 工
島 地 川	?	?
玉 川	?	?
美 利 河	17.5	15.0
真 野	8.6	9.0
白 水 川	7.7	6.7
朝日小川	1.0	3.0
朝 里	13.0	14.0
道 平 川	9.0	10.0
境 川	11.9	7.0
神 室	8.2	12.1
竜 門	6.0	6.0
八 田 原	13.7	14.0
宮 床	15.5	12.5
小 玉	14.5	12.0
札 内 川	26.0	26.0
宮 ヶ 瀬	13.6	16.0
千 屋	11.2	—
津 川	15.0	13.0
布 目	9.0	12.0
栗 山	4.5	5.9
三 春	10.5	8.9
中 筋 川	9.6	22.0
高 滝	5.0	3.7
小 平	4.5	5.2

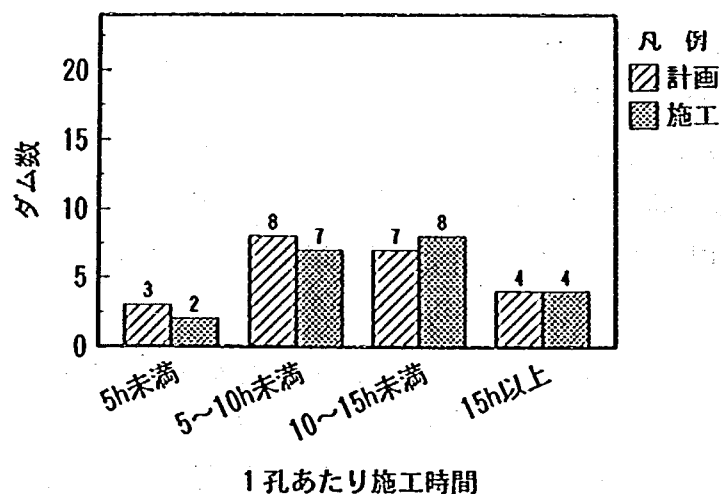
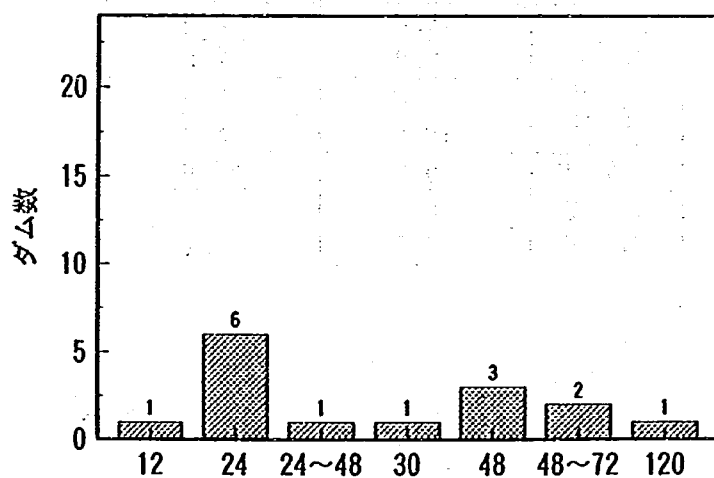


図-3.8 コンソリデーショングラウチング
1孔あたりの施工時間の分布

3.5 堤体打設先行方式におけるコンソリデーショングラウチングの施工可能日数

堤体コンクリートの打設を完了してからグラウチング孔の削孔が可能となるまでの時間および堤体コンクリートの打設サイクルを中4日とした場合のコンソリデーショングラウチングの施工可能日数を表-3.12に示す。また、堤体コンクリートの打設を完了してからグラウチング孔の削孔が可能となるまでの時間の分布を図-3.9に示す。図によると、グラウチング孔の削孔可能時間は24時間後が最も多く、次いで48時間後が多くなっている。また、図-3.10に、堤体コンクリートの打設サイクルを中4日とした場合のコンソリデーショングラウチングの施工可能日数の分布を示す。図によると、施工可能日数は1.0~2.5日に多く分布しており、その平均は1.9日となっている。



コンクリート打設完了後のグラウチング孔の削孔開始可能時間

図-3.9 コンクリート打設完了後の
グラウチング孔の削孔開始可能時間

表-3.12 堤体打設先行方式でのコンソリ
デーショングラウチングの施工可能日数

ダム名	コンクリート打設完了後の グラウチング孔の削孔 開始可能時間(時間)	中4日サイクルに おけるグラウチングの 施工可能日数(日)
島地川	?	?
玉川	?	2.0
真野	24	2.5
白水川	24	2.0
朝日小川	24	2.5
朝里	24	2.0
道平川	24~48	2.0
境川	24	2.5
神室	30	1.5
八田原	48	1.5
小玉	48~72	1.0
津川	48	1.0
栗山	48	1.0
三春	12	3.3
中筋川	48~72	1.0
高滝	120	?
小平	24	2.0

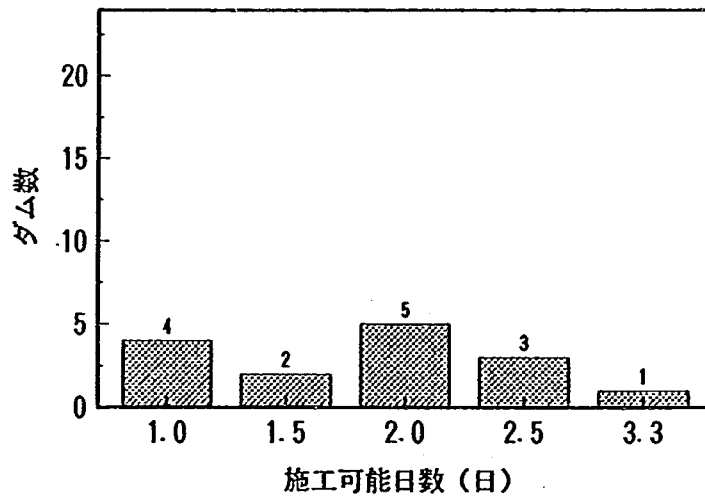


図-3.10 中4日の打設サイクルとした場合の
コンソリデーショングラウチングの施工可能日数

3.6 同時施工規制

近接した孔でのコンソリデーショングラウチングの施工は、岩盤を浮き上がらせたり、またグラウチングや水押し試験へ支障を与えるため、互いに影響が生じない距離をおいてその施工を行うこととしている。この規制を同時施工規制と呼ぶ。表-3.13に各ダムにおける同時施工規制を示す。表によると、河床部、斜面部とも同時施工規制の対象となる孔間隔は5 m未満～10m未満となっている。

表-3.13 グラウト注入時の同時施工規制

同時施工規制	ダム数	ダム名
5 m未満の削孔	1	真野
5 m未満の注入	2	札内川, 宮ヶ瀬
6 m未満の削孔	9	玉川, 朝日小川, 朝里, 小玉, 津川, 栗山, 三春, 中筋川, 小平
6 m未満の注入	1	道平川
7.5 m未満の削孔	1	竜門
8 m未満の削孔	1	境川
9 m未満の削孔	1	宮床
10m未満の削孔	4	島地川, 神室, 八田原, 布目
10m未満の注入	2	白水川, 高滝
隣接同次孔の削孔	1	美利河

4. コンソリデーショングラウチングの施工実績

4.1 グ라우チングの月間施工実績

各ダムにおけるコンソリデーショングラウチングの月最大施工実績と月平均施工実績を表-4.1に示す（アンケート回答時点での施工実績）。なお、ダムによっては、コンソリデーショングラウチングの施工を堤体打設先行方式、グラウチング先行方式、越冬期間施工方式、打設休止期間施工方式の二つ以上の方式で実施しているダムもあるが、これらのダムではそれぞれの方式についてその施工実績を示している。

また、堤体先行方式のダムにおける堤体コンクリートの打設とコンソリデーショングラウチングの施工実績の時系列図を図-4.1(a)～(g)に示す。なお、境川ダムでは、コンソリデーショングラウチングの回数によってその施工時期が異なり、パイロット孔ではグラウチング先行方式、その他の孔では堤体打設先行方式を採っているが、パイロット孔の占める割合が小さいことから、ここでは堤体打設先行方式のダムとして分類している。いずれのダムでも、打設開始直後にグラウチングの施工孔数が増大しその後グラウチングの施工孔数が減少する傾向がある。このことは、河床部にグラウチング孔が集中していることを示しており、河床部付近で堤体コンクリートの打設とコンソリデーショングラウチングの施工の競合が生じやすいことを示している。

次に、グラウチング先行方式のダムにおける堤体コンクリートの打設とコンソリデーショングラウチングの施工実績の時系列図を図-4.2(a)～(c)に示す。このうち、布目ダムでは、堤体コンクリート打設中のコンソリデーショングラウチングの施工孔数が極端に少なくなっており、グラウチング先行方式の効果がよく現れている。一方、竜門ダムでは、規定孔の施工は平準化してグラウチング先行方式の効果が現れているが、施工途中で追加孔が急増してグラウチングの施工孔数の平準化が失われている。このように、追加孔の増加はグラウチングの施工に大きな弊害をもたらすため、追加孔の正確な予測はコンソリデーショングラウチングの施工にとって極めて重要であるといえる。

一方、河床部のコンソリデーショングラウチングを越冬期間または堤体コンクリートの打設休止時期に実施したダムにおける堤体コンクリートの打設とコンソリデーショングラウチングの施工実績の時系列図を図-4.3(a)～(e)に示す。このうち、宮床ダムでは、河床部に限らず斜面部のコンソリデーショングラウチングも越冬時に行っており、堤体コンクリートの打設とコンソリデーショングラウチングの施工の間にほとんど競合が生じていないが、ここでは1年間の堤体コンクリートの打上がり高さが12～15mと比較的小さいため、このような方法が採用できたものと考えられる。一方、朝里ダムでは、グラウチング孔の施工孔数が多いこともあって、越冬期以外でもコンソリデーショングラウチングの施工孔数が多くなっており、堤体コンクリートの打設とコンソリデーショングラウチングの施工の競合が生じていることが窺える。

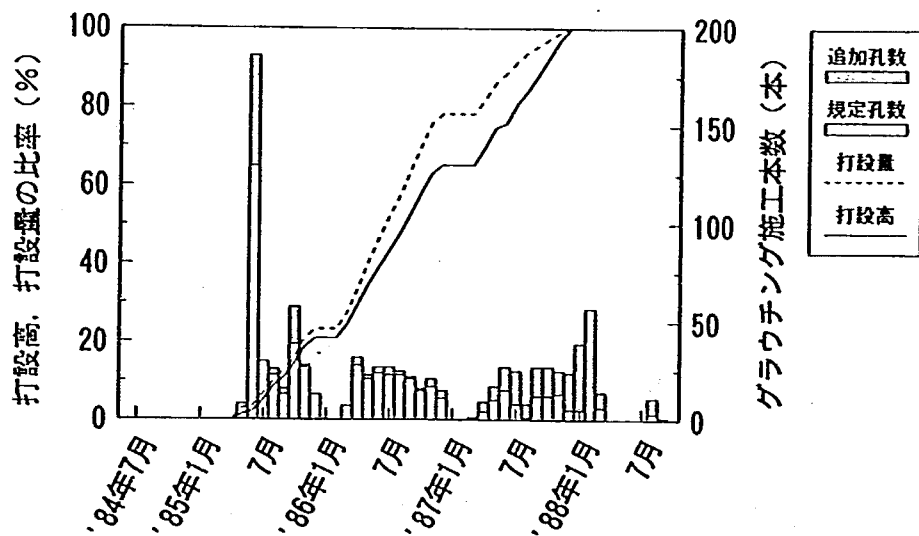
次に、堤体先行方式、グラウチング先行方式、越冬期間施工方式、休止期間施工方式のそれぞれについて、堤体コンクリートの打設間隔、河床部と斜面部のコンソリデーショングラウチングの月最大施工孔数、月平均施工孔数（アンケート回答時点での施工実績）を示したものが表-4.2であ

表-4.1 施工方式別に見たコンソリデーショングラウチングの月間施工実績

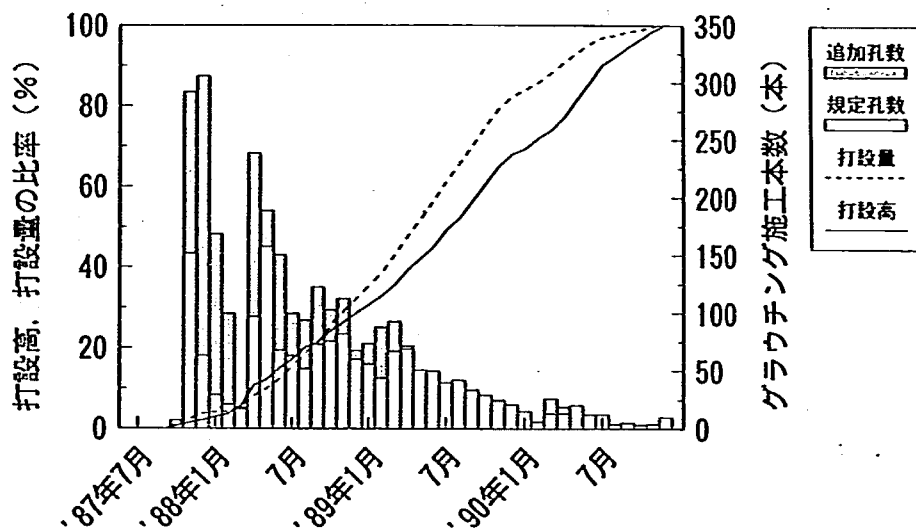
施 工 方 式	ダ ム 名	月 間 最 大 施 工 実 績						月 間 平 均 施 工 実 績						備 考
		規 定 孔			追 加 孔			規 定 孔			追 加 孔			
		本数	削孔長	注入長	本数	削孔長	注入長	本数	削孔長	注入長	本数	削孔長	注入長	
堤 体 打 設 先 行	真 野	130	?	650	56	?	280	20	?	101	12	?	58	
	白 水 川	82	807	411	38	410	191	22	235	117	6	72	33	斜面部
	朝 里	207	3.748	1.418	4	96	20	55	678	304	8	119	44	斜面部
	道 平 川	63	855	625	243	2.630	2.101	50	693	503	35	430	286	
	境 川	34	340	253	148	1.231	740	50	654	424	16	195	100	
	神 室	38	321	204	3	59	18	23	269	141	4	68	27	斜面部
	八 田 原	167	1.796	1.169	8	85	56	37	432	259	5	79	37	
	小 玉	58	692	386	58	721	329	55	596	308	23	356	164	
	栗 山	82	927	412	33	398	165	37	417	187	27	322	136	
	中 筋 川	32	442	224	185	2.979	1.295	31	391	232	92	1.457	659	
	高 滝	62	613	310	13	121	65	26	236	130	5	41	25	
小 平	314	2.937	1.570	14	131	70	51	474	266	9	108	56		
グ ラ ウ チ ン グ 先 行	美 利 河	3	30	21	169	1.688	1.154	37	375	264	41	393	268	
	竜 門	10	105	100	404	2.353	2.115	50	345	319	77	463	415	
	宮 床	87	609	435	3	21	15	67	469	335	18	123	88	マット部
	札 内 川	160	1.680	1.600	114	1.197	1.140	74	776	739	71	740	705	
	宮 ヶ 瀬	728	5.460	5.096	67	503	469	346	2.597	2.424	62	461	431	斜面部
	布 目	178	990	890	7	50	35	44	265	244	12	65	59	
	津 川	517	3.959	3.700	-	-	-	218	1.681	1.572	-	-	-	
越 冬 期 間 施 工	美 利 河	115	1.505	800	88	1.046	538	60	904	394	43	633	247	
	白 水 川	241	2.090	1.210	73	803	377	83	826	429	31	340	160	河床部
	朝 里	221	3.791	1.934	5	72	26	165	2.492	1.305	20	491	123	河床部
	境 川	186	1.229	1.015	7	38	38	186	1.229	1.015	7	38	38	注1)
	神 室	188	2.471	1.182	4	49	20	85	1.075	502	14	211	82	河床部
	宮 床	116	1.196	873	178	1.484	1.056	100	1.103	722	56	507	337	堤体部
	小 平	172	2.356	1.385	9	77	45	90	962	564	15	140	79	注1)
休 期 施 止 間 工	宮 ヶ 瀬	198	1.485	1.386	216	1.620	1.512	211	1.583	1.477	110	825	770	河床部
	津 川	-	-	-	873	8.704	6.197	-	-	-	295	2.990	2.107	注2)

注1)基本的には堤体打設先行であるが
一部越冬期間にも施工

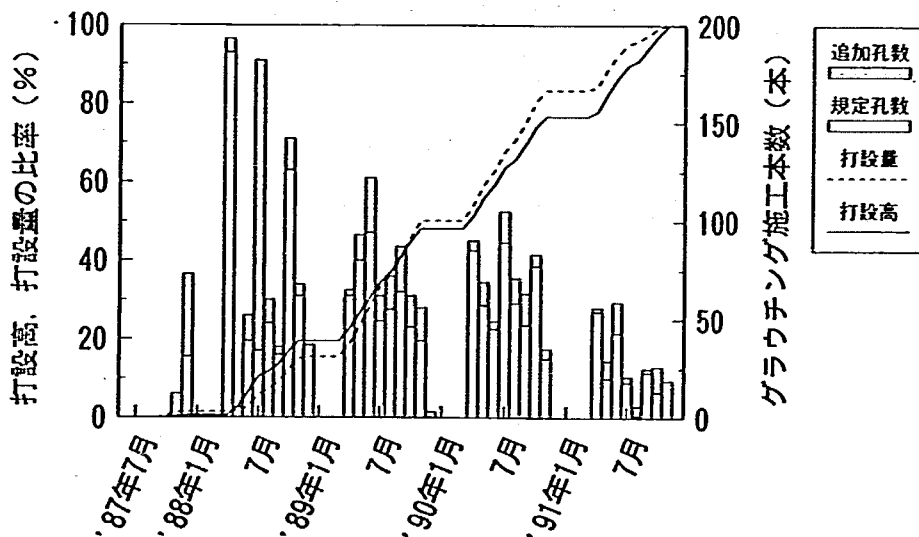
2)基本的にはグラウチング先行であるが
一部打設休止期間にも施工



(a) 真野ダムにおける施工実績

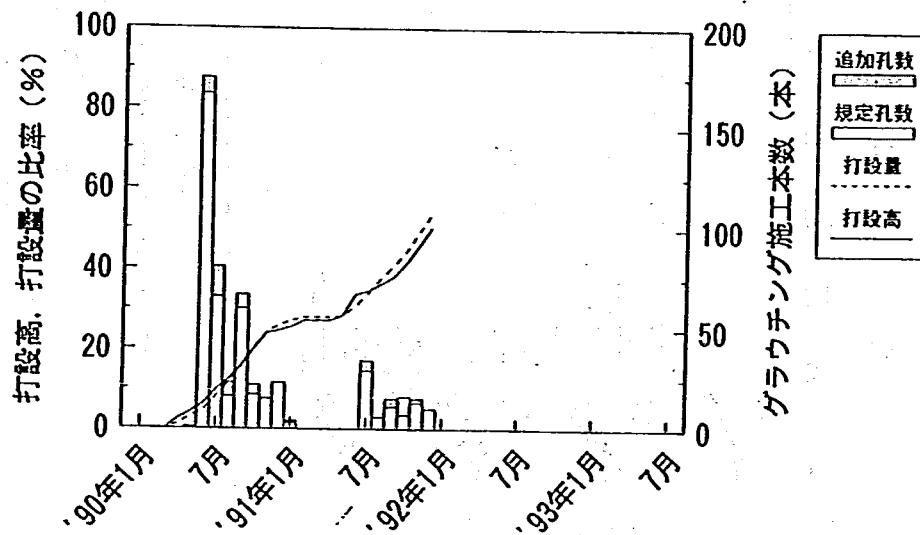


(b) 道平川ダムにおける施工実績

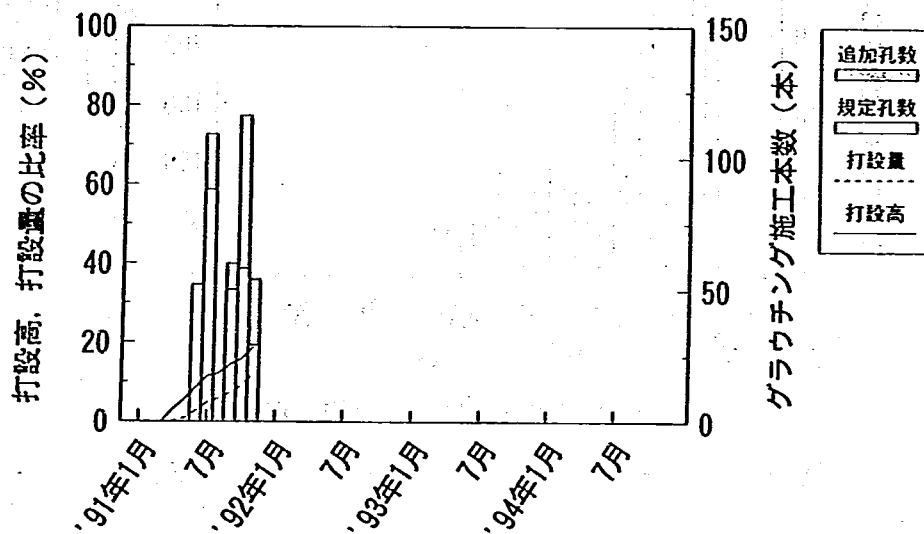


(c) 境川ダムにおける施工実績

図-4.1(I) 堤体打設先行方式のダムにおける施工実績

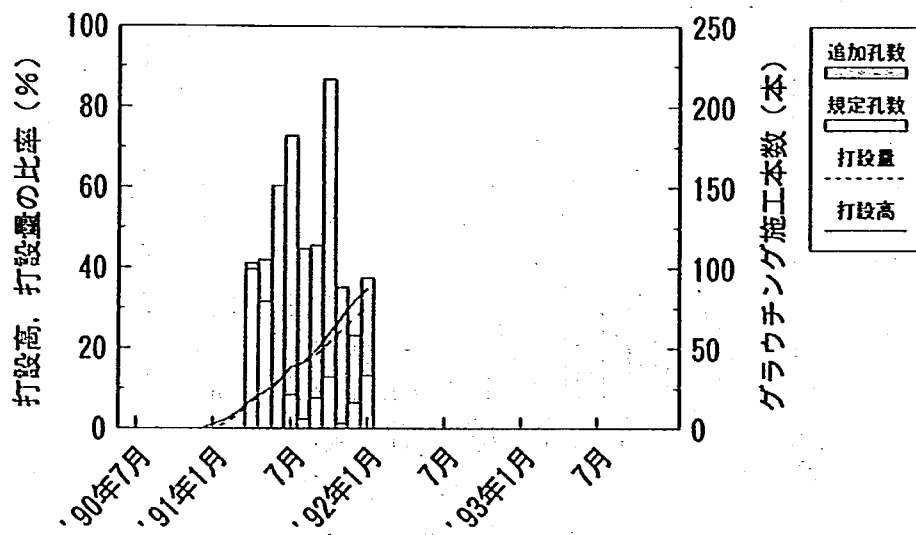


(d)八田原ダムにおける施工実績

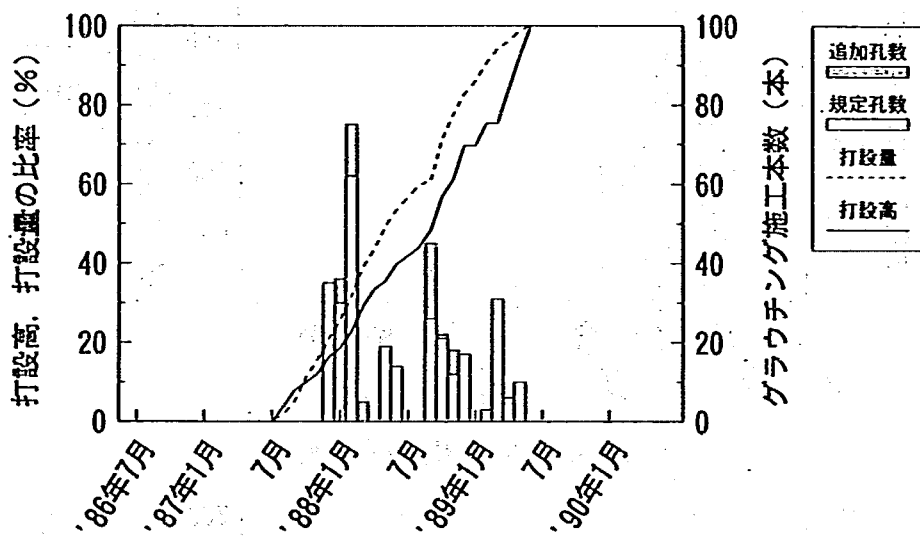


(e)小玉ダムにおける施工実績

図-4.1(2) 堤体打設先行方式のダムにおける施工実績

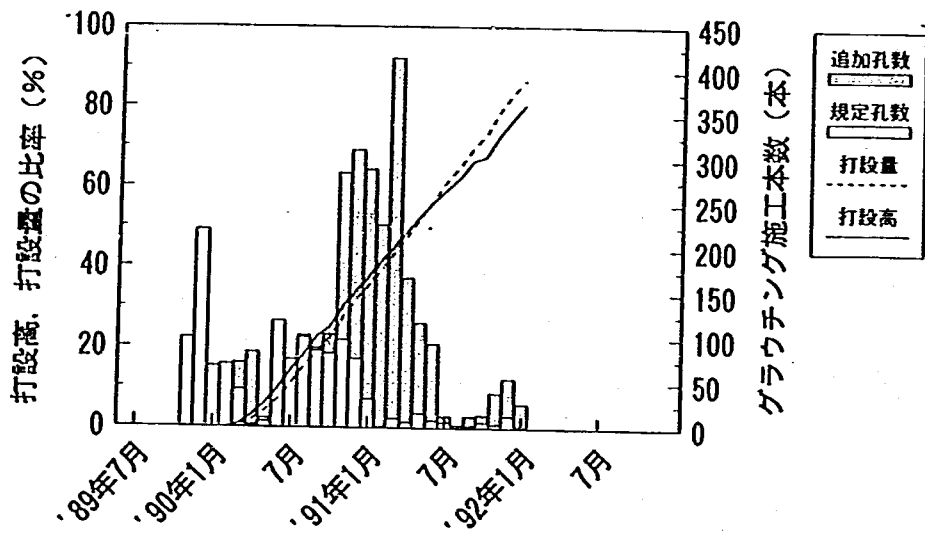


(f) 中筋川ダムにおける施工実績

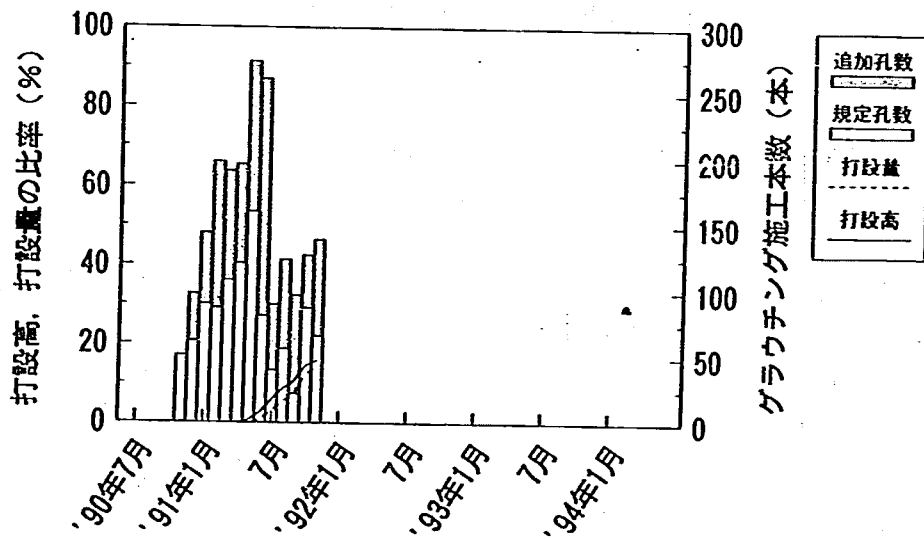


(g) 高滝ダムにおける施工実績

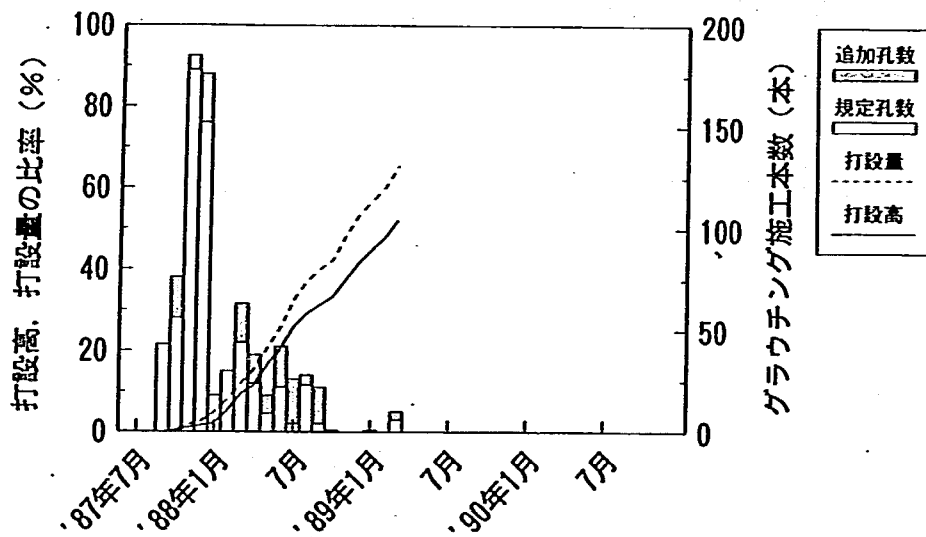
図-4.1(3) 堤体打設先行方式のダムにおける施工実績



(a)竜門ダムにおける施工実績

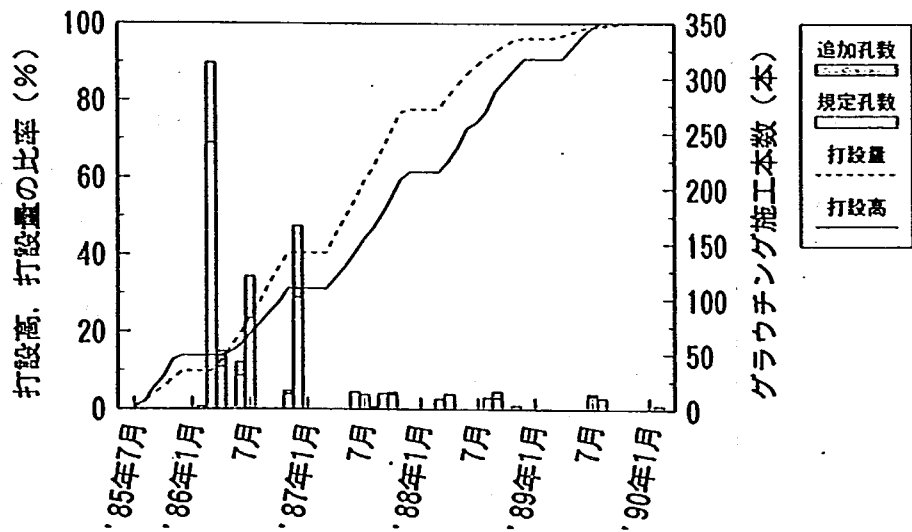


(b)札内川ダムにおける施工実績

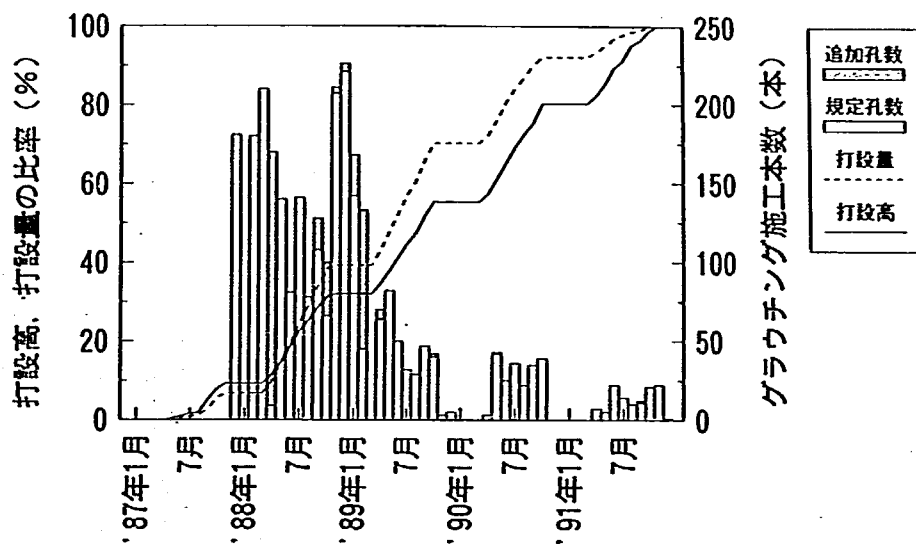


(c)布目ダムにおける施工実績

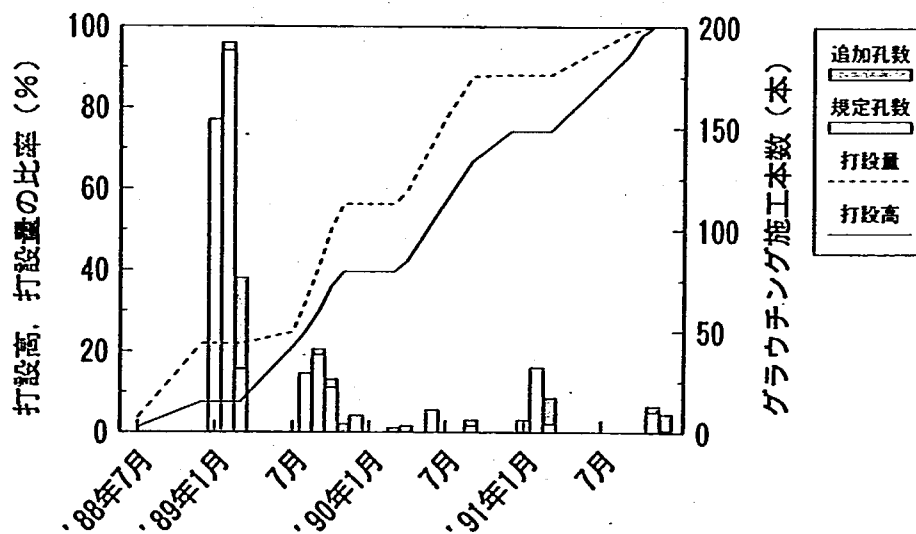
図-4.2 グラウチング先行方式のダムにおける施工実績



(a)白水川ダムにおける施工実績

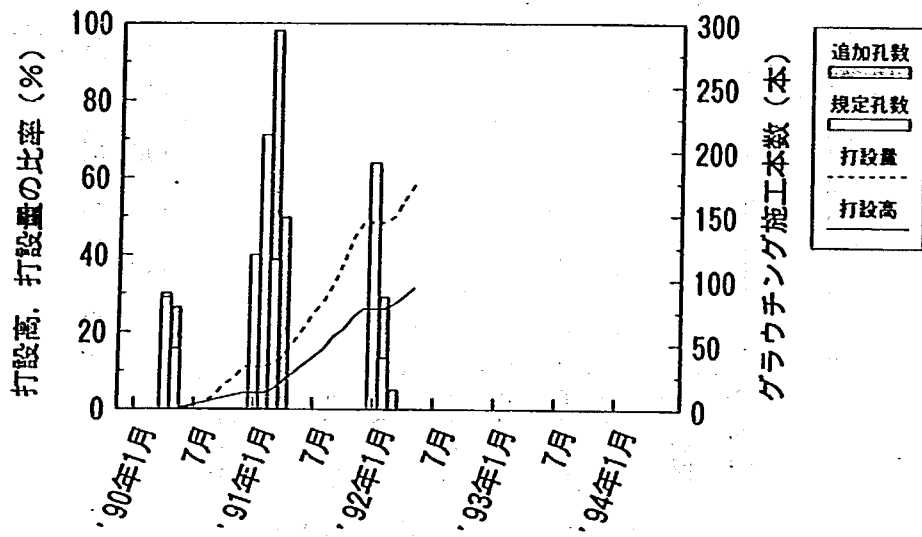


(b)朝里ダムにおける施工実績

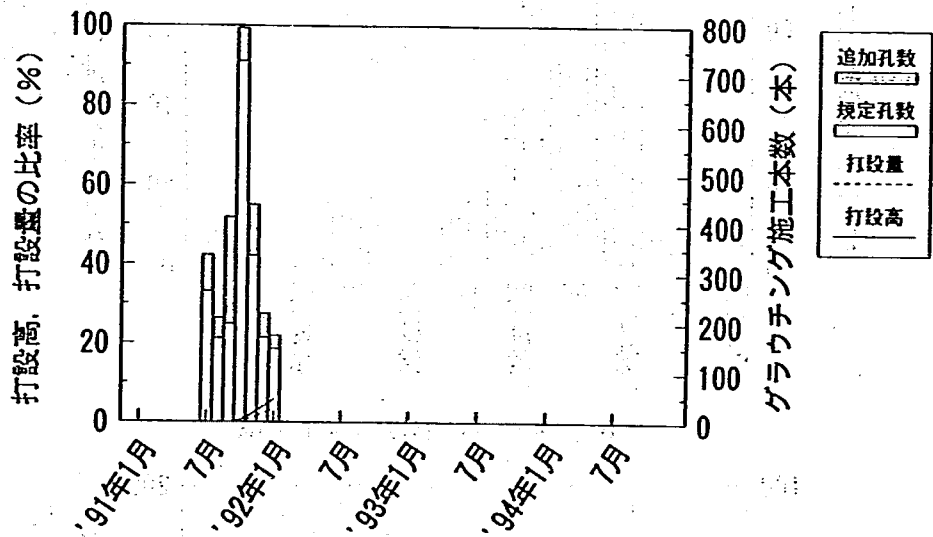


(c)神室ダムにおける施工実績

図-4.3(I) 越冬期間施工方式または休止期間施工方式のダムにおける施工実績



(d)宮床ダムにおける施工実績



(e)宮ヶ瀬ダムにおける施工実績

図-4.3(2) 越冬期間施工方式または休止期間施工方式のダムにおける施工実績

る。また、堤体先行方式、グラウチング先行方式、越冬期間施工方式、休止期間施工方式のそれぞれについて、河床部と斜面部のコンソリデーショングラウチングの月平均施工孔数を比較した結果が図-4.4である。図によれば、堤体打設先行方式に比べてグラウチング先行方式、越冬期間施工方式、休止期間施工方式において月平均施工孔数が大きくなっている傾向が見られるが、これは、これらの方式ではグラウチングの施工が集中的に行われていることを示しているものと考えられる。また、河床部と斜面部のコンソリデーショングラウチングの月平均施工孔数を比較した結果が図-4.5である。図によれば、斜面部に比べて河床部での施工孔数が多くなっている傾向が見られ、河床部のコンソリデーショングラウチングにおいて堤体コンクリートの打設とコンソリデーショングラウチングの施工の間で競合が生じやすいことを示している。

表-4.2 施工方式別に見たコンソリデーショングラウチングの月間施工孔数

施 工 方 式	ダ ム 名	施 工 済 の 実 績			河 床 部		斜 面 部	
		リフト数	打設工期 (ヶ月)	打設間隔 (日/リフト)	月最大 施工孔数	月平均 施工孔数	月最大 施工孔数	月平均 施工孔数
堤 体 打 設 先 行	真 野	127	27	6.4	186	65	57	26
	白 水 川	109	42	11.6	—	—	120	28
	朝 里	137	37	8.1	—	—	211	63
	道 平 川	140	38	8.1	306	258	239	66
	境 川	154	34	6.6	182	80	122	61
	神 室	81	31	11.5	—	—	41	27
	八 田 原	57	19	10.0	175	93	67	25
	小 玉	26	8	9.4	109	81	116	77
	栗 山	32	22	20.7	115	74	70	31
	中 筋 川	34	13	11.5	182	128	217	114
	高 滝	33	23	21.1	75	50	45	23
	小 平	29	31	31.8	328	72	48	28
グ ラ ウ チ ン グ 先 行	美 利 河	54	36	20.0	172	78	—	—
	竜 門	98	23	7.0	221	161	414	119
	宮 床	30	20	20.0	90	85	—	—
	札 内 川	24	6	7.5	198	123	274	153
	宮 ヶ 瀬	12	4	10.0	—	—	795	408
	布 目	50	18	10.8	185	101	176	43
	津 川	?	?	?	495	351	517	152
越 冬 期 間 施 工	美 利 河	—	—	—	203	103	—	—
	白 水 川	—	—	—	314	114	—	—
	朝 里	—	—	—	226	185	—	—
	境 川	—	—	—	193	193	—	—
	神 室	—	—	—	192	99	—	—
	宮 床	—	—	—	294	194	191	98
	小 平	—	—	—	181	105	—	—
休 期 施 工	宮 ヶ 瀬	—	—	—	414	321	—	—
	津 川	—	—	—	873	295	—	—

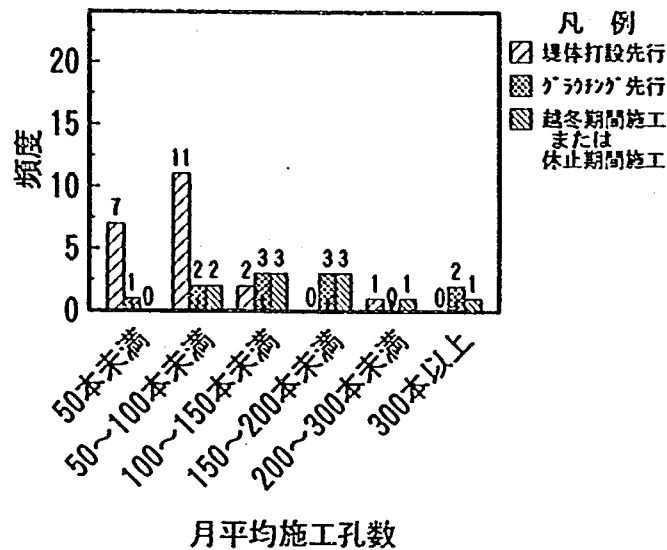


図-4.4 施工方式別のコンソリデーショングラウチングの月平均施工孔数の分布

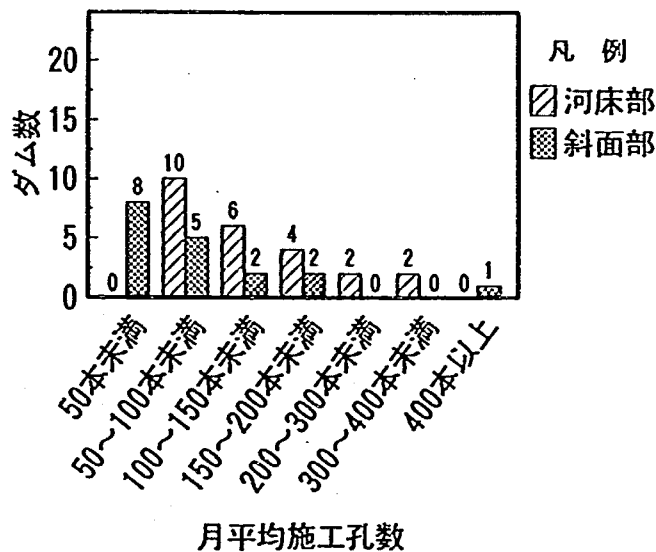


図-4.5 河床部と斜面部におけるコンソリデーショングラウチングの月平均施工孔数の分布

4.2 追加孔の施工実績

コンソリデーショングラウチングの施工方式別に、各ダムにおける規定孔と追加孔の施工実績を表-4.3に示す（アンケート回答時点での施工実績）。なお、表中、越冬期間施工方式、打設休止期間施工方式は堤体打設先行方式に含めて整理している。

全ての施工方式の結果をとりまとめて、規定孔に対する追加孔の比率を図-4.6に示す。図によれば、追加孔の比率が大きくなるほど該当ダム数が徐々に減少する傾向が見受けられるものの、追加孔の孔数が規定孔の孔数を上回っているダムが2ダムあり、このうち1ダムでは追加孔の孔数が規定孔の孔数の3倍近くまで達している。また、これをコンソリデーショングラウチングの施工方式別に見たものが図-4.7である。図によれば、グラウチング先行方式において追加孔の比率が多くなる傾向が見られるが、これは、グラウチング先行方式では、グラウトのリークやグラウチング

表-4.3 施工方式別の規定孔と追加孔の施工実績

施 工 方 式	ダ ム 名	規定孔の 施工孔数	追加孔の 施工孔数	規定孔に対する 追加孔の比率 (%)
堤 体 打 設 先 行	美 利 河	781	561	71.8
	真 野	567	325	57.3
	白 水 川	633	218	34.4
	朝 里	2,476	348	14.1
	道 平 川	1,661	1,166	70.2
	境 川	1,780	508	28.5
	神 室	537	92	17.1
	八 田 原	444	63	14.2
	宮 床	700	389	55.6
	小 玉	277	114	41.2
	宮 ヶ 瀬	633	331	52.3
	栗 山	708	517	73.0
	三 春	153	18	11.8
	中 筋 川	308	916	297.4
	高 滝	286	50	17.5
	小 平	1,161	201	17.3
グ ラ ウ チ ン グ 先 行	美 利 河	485	529	109.1
	竜 門	1,257	1,916	153.3
	宮 床	134	35	26.1
	札 内 川	1,035	987	93.0
	宮 ヶ 瀬	1,385	246	17.8
	布 目	613	164	26.8
	津 川	1,308	1,180	90.2

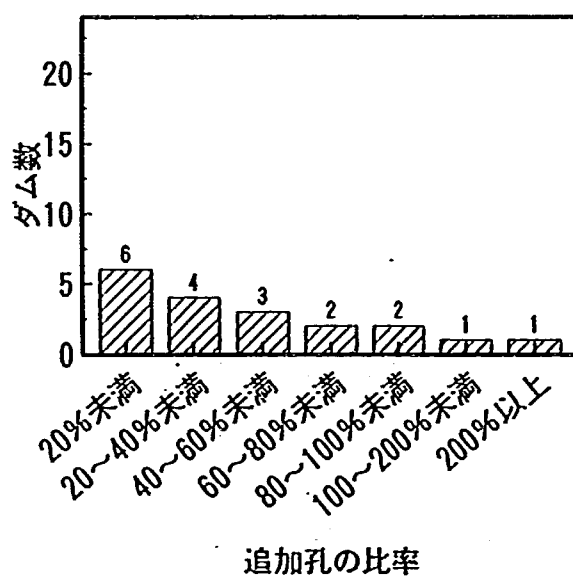


図-4.6 規定孔に対する追加孔の比率の分布

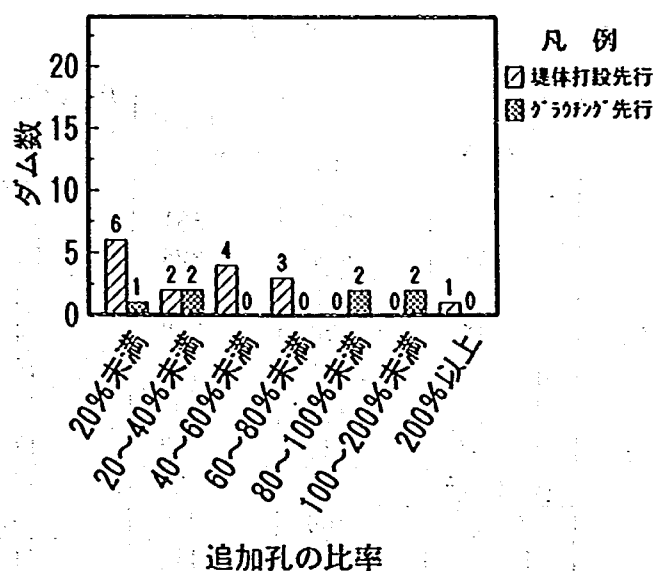


図-4.7 施工方式別の追加孔の比率の分布

時の限界圧力などの制約があって注入圧力を高めたグラウトの効果的な注入が難しいことが関係しているものと思われる。このため、グラウチング先行方式を採用する場合には、岩盤の性状を十分に把握して効果的な注入仕様を検討しておくことが重要であるといえる。一方、堤体打設先行方式では、グラウチング先行方式に比べて追加孔の比率が小さくなるものの、追加孔の比率は各ダムの単純平均で60%に達している。堤体打設先行方式では、予想を上回る追加孔の増加は堤体コンクリートの打設とコンソリデーショングラウチングの施工の間に著しい競合をもたらす。このため、堤体打設先行方式を採用する場合には、追加孔の孔数を予め精度よく予想しておくことが必要である。3.3節に示したように、コンソリデーショングラウチングの施工計画時に追加孔の施工孔数を見込んでいるダムの事例は比較的少ないが、堤体先行方式を採用する場合には、このような追加孔の施工についても十分に考慮しておくことが必要である。

4.3 グ라우チング孔の削孔長

表-4.4は、コンソリデーショングラウチングの施工実績（アンケート回答時点）を示したものである。表には、規定孔と追加孔の本数、削孔長、注入長、規定孔と追加孔の1本あたりの削孔長、注入長、非注入長、および規定孔に対する追加孔の比率を示している。ここで、1孔あたりの非注入長とは、1孔あたりの削孔長から注入長を差し引いたもので、堤体コンクリートまたはカバーロックの削孔長を表している。

また、コンソリデーショングラウチング1孔あたりの削孔長の分布を規定孔と追加孔に分けて図-4.8に示す。図によると、1孔あたりの削孔長は規定孔、追加孔ともに10~15m未満の部分に最も多く分布している。しかし、規定孔では1孔あたりの削孔長が15mを超えるダムはないが、追加孔では1孔あたりの削孔長が15m以上のダムが5ダムある。これは、堤体打設先行方式を採用した場合、堤体コンクリートの打設とグラウチングの施工が併行して行われるため、追加孔の削孔長が

表-4.4 コンソリデーショングラウチングの施工実績

ダム名	施 工 済 み の 数 量						1 本 あ た り の 長 さ				1 本あたりの	
	規 定 孔			追 加 孔			規 定 孔		追 加 孔		非 注 入 長	
	本 数	削孔長	注入長	本 数	削孔長	注入長	削孔長	注入長	削孔長	注入長	規定孔	追加孔
島地川	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
玉川	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
美利河	1,266	16,623	8,564	1,090	13,344	6,692	13.1	6.8	12.2	6.1	6.4	6.1
真野	567	?	2,835	325	?	1,625	?	5.0	?	5.0	?	?
白水川	633	6,475	3,317	218	2,421	1,128	10.2	5.2	11.1	5.2	5.0	5.9
朝日小川	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
朝里	2,476	33,266	16,046	348	6,165	1,933	13.4	6.5	17.7	5.6	7.0	12.2
道平川	1,661	22,882	16,605	1,166	14,200	9,436	13.8	10.0	12.2	8.1	3.8	4.1
境川	1,780	22,153	14,585	508	6,276	3,238	12.4	8.2	12.4	6.4	4.3	6.0
神室	537	6,718	3,215	92	1,396	546	12.5	6.0	15.2	5.9	6.5	9.2
竜門	1,257	8,614	7,965	1,916	11,566	10,370	6.9	6.3	6.0	5.4	0.5	0.6
八田原	444	5,178	3,108	63	952	441	11.7	7.0	15.1	7.0	4.7	8.1
宮床	834	8,663	5,723	424	3,796	2,533	10.4	6.9	9.0	6.0	3.5	3.0
小玉	277	2,978	1,542	114	1,779	820	10.8	5.6	15.6	7.2	5.2	8.4
札内川	1,035	10,868	10,350	987	10,364	9,870	10.5	10.0	10.5	10.0	0.5	0.5
宮ヶ瀬	2,018	15,135	14,126	577	4,328	4,039	7.5	7.0	7.5	7.0	0.5	0.5
千屋	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
津川	1,308	10,083	9,429	1,180	11,959	8,428	7.7	7.2	10.1	7.1	0.5	3.0
布目	613	3,717	3,410	164	912	830	6.1	5.6	5.6	5.1	0.5	0.5
栗山	708	7,924	3,555	517	6,124	2,593	11.2	5.0	11.8	5.0	6.2	6.8
三春	153	1,333	847	18	230	102	8.7	5.5	12.8	5.7	3.2	7.1
中筋川	308	3,906	2,322	916	14,571	6,592	12.7	7.5	15.9	7.2	5.1	8.7
高滝	286	2,591	1,430	50	455	250	9.1	5.0	9.1	5.0	4.1	4.1
小平	1,161	11,448	6,540	201	2,206	1,180	9.9	5.6	11.0	5.9	4.2	5.1

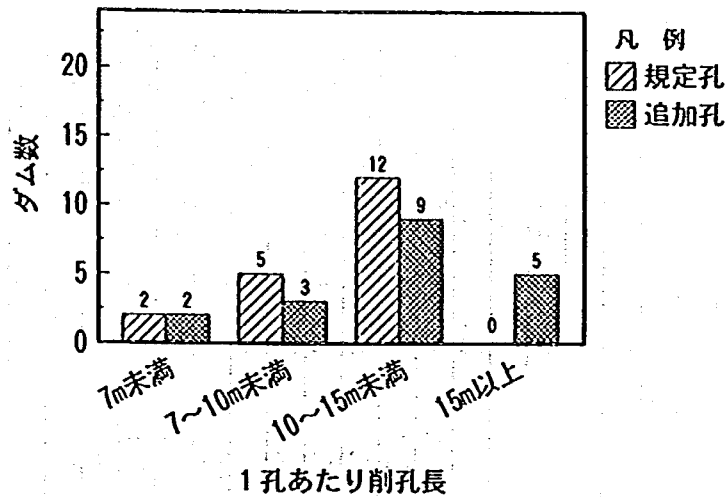


図-4.8 コンソリデーショングラウチング
1孔あたりの削孔長の分布

規定孔の削孔長に比べて長くなるからである。この点をさらに詳しく見るため、コンソリデーショングラウチング1孔あたりの非注入長の分布を規定孔と追加孔に分けて示したものが図-4.9である。図によると、規定孔1孔あたりの非注入長は最大でも7.0m程度までとなっているのに対し、追加孔1孔あたりの非注入長は7.0m以上のものが6ダムもあり、規定孔に比べて追加孔の非注入長が長くなっていることがわかる。

次に、規定孔1孔あたりの非注入長の分布を堤体打設先行方式、グラウチング先行方式、越冬期間施工等の打設休止期間施工方式の各施工方式に分けて図-4.10に示す。図によると、堤体打設先行方式では規定孔1孔あたりの非注入長は3～5mの部分に最も多く分布し、次いで7m以上の部分に分布しているのに対し、グラウチング先行方式の場合では規定孔1孔あたりの非注入長はそのほとんどが3m未満に分布している。また、越冬期間施工等の打設休止期間施工方式の場合、非

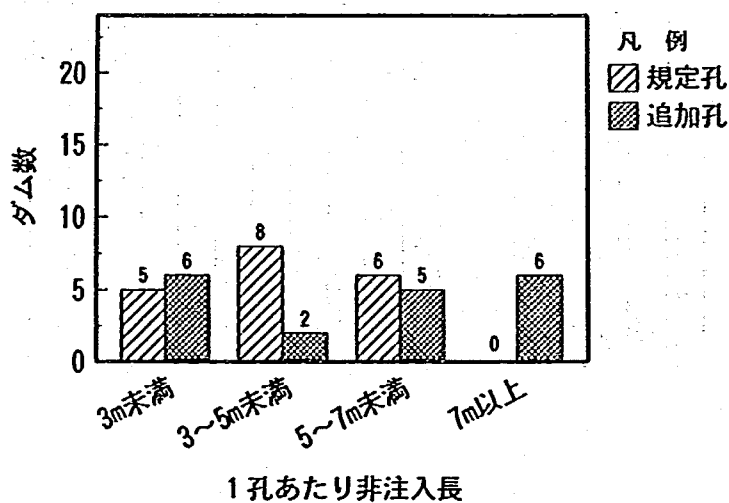


図-4.9 コンソリデーショングラウチング
1孔あたりの非注入長の分布

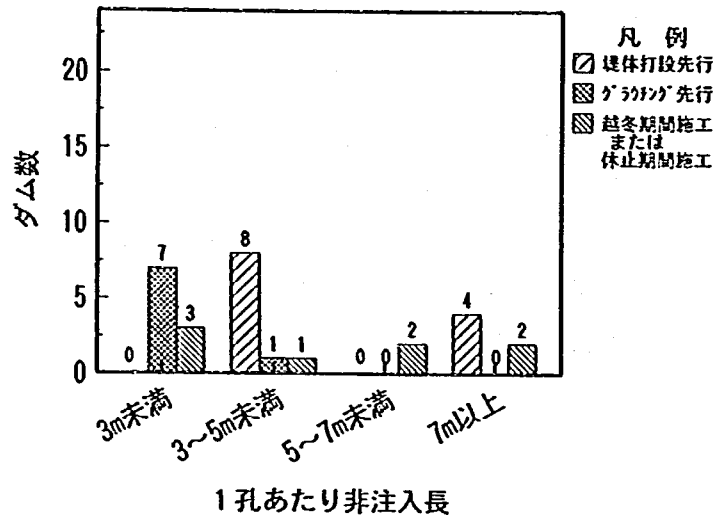


図-4.10 規定孔1孔あたりの非注入長の分布

注入長は3 m未満から7 m以上まで幅広く分布している。

一方、追加孔1孔あたりの非注入長の分布を堤体打設先行方式、グラウチング先行方式、越冬期間等の打設休止期間施工方式の各施工方式に分けて図-4.11に示す。図によると、堤体打設先行方式では追加孔1孔あたりの非注入長は5～7 m未満の部分に最も多く分布し、次いで3～5 m未満、7 m以上の部分に分布しているのに対し、グラウチング先行方式では追加孔1孔あたりの非注入長はそのほとんどが3 m未満の部分に分布している。このことから、堤体打設先行方式ではグラウチング先行方式に比べて、グラウチング孔の削孔長が長くなり、特に追加孔においてその傾向が強い。このため、コンソリデーショングラウチングの計画にあたっては追加孔の施工孔数について十分留意すべきであるといえる。

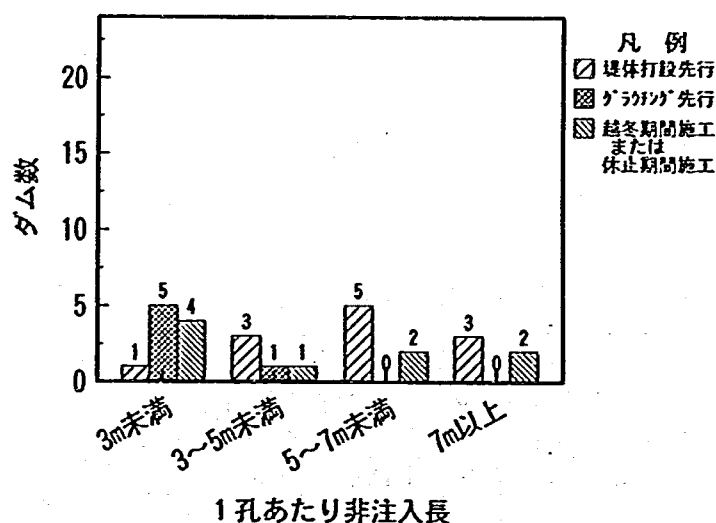


図-4.11 追加孔1孔あたりの非注入長の分布

4.4 グラウチング先行方式におけるリーク対策

グラウチング先行方式におけるリーク対策を表-4.5に示す。まず、河床部では、そのほとんどがカバーロックのみの対策となっている。また、リークが著しかったため、堤体コンクリートの打設を先行させたり、追加孔の施工を堤体コンクリートの打設後に変更したダムがそれぞれ1ダムずつあった。一方、斜面部では、カバーロックのみの対策としたダムが2ダム、カバーロックとモルタル吹付けで対策を行ったダムが5ダムとなっている。また、リークの著しい部分の施工を堤体打設後に変更したダムが2ダムあった。

表-4.5 グラウチング先行方式でリーク対策

ダム名	リーク対策			備考
	河床部	左右岸斜面部		
	カバーロック	カバーロック	モルタル吹付	
美利河	○	○		
布目	○	○		
竜門	○	○	○	
札内川	○	○	○	
宮床	○	－	－	マット部のみグラウチング先行
境川	○	○	○	パイロット孔のみグラウチング先行
三春	○	－	－	河床部の低次孔のみグラウチング先行
宮ヶ瀬	－	○	○	河床部は堤体コンクリート50cm打設後に実施
中筋川	○	－	－	リークが激しく堤体打設先行方式に変更
津川	○	○	○	河床部の追加孔とリークが激しい右岸斜面部を堤体打設先行方式に変更

4.5 堤体打設先行方式におけるコンクリート表面の保護

次に、堤体打設先行方式において、若材令の堤体コンクリートを削孔する際に配慮している項目を表-4.6に示す。表によると、コンクリートの打設前にコンクリート打設面上にケーシングパイプを建て込んでおく方式を採用したダムが2ダム、敷き均したコンクリート中にケーシングパイプを埋設する方式を採用したダムが2ダム、若材令の1リフトを削孔した後にケーシングパイプを設置して孔壁を保護しながら深部の削孔を行う方式を採用したダムが3ダム、予め岩盤を削孔してグラウト用の配管を着岩面沿いに設置しておく方式を採用したダムが1ダムあった。以下、各ダムの対策について具体的に述べる。

表-4.6 堤体打設先行方式での若材令コンクリート削孔時の配慮事項

ダム名	若材令コンクリート削孔時の配慮
玉川	グラウト用配管の設置、コンクリート打設前にケーシングの建て込み
三春	コンクリート打設前にケーシングパイプの建て込み
朝日小川	敷き均したコンクリートにケーシングパイプを埋設
境川	敷き均したコンクリートにケーシングパイプを埋設
朝里	若材令の1リフトを削孔後、ケーシングパイプを設置
道平川	若材令の1リフトを削孔後、ケーシングパイプを設置
神室	若材令の1リフトを削孔後、ケーシングパイプを設置
小玉	削孔開始時間で対応

(a) 玉川ダム

玉川ダムでは、図-4.12に示すように、緩傾斜部でグラウチング先行方式を一部に採用したほか、グラウチング用配管の設置とケーシングの建て込みの組み合わせで若材令の堤体コンクリートを削孔しない工夫をしている。ここで、グラウチング用配管方式は図-4.13(a)に示すように、予め岩盤の削孔を行ってグラウチング用配管を設置し、これを着岩面沿いに立ち上げておくものである。また、ケーシング方式は図-4.13(b)に示すように、コンクリートを打設する前に打設面上に予めケーシングを建て込んでおくものである。なお、写真-4.1、写真-4.2にグラウチング用の配管の設置状況、ケーシングパイプの設置状況をそれぞれ示す²⁾。

(b) 三春ダム

三春ダムでは、図-4.13(b)に示すようにコンクリートを打設する前に打設面上にケーシングパイプを建て込み、コンクリート打設後に堤体コンクリートと岩盤を削孔し、注入を行う方法を採用している。

(c) 朝日小川ダム、境川ダム

朝日小川ダムと境川ダムでは、敷き均したRCD用コンクリートにケーシングパイプを埋設する方法を採用している。すなわち、図-4.14に示すように、敷き均した後のRCD用コンクリー

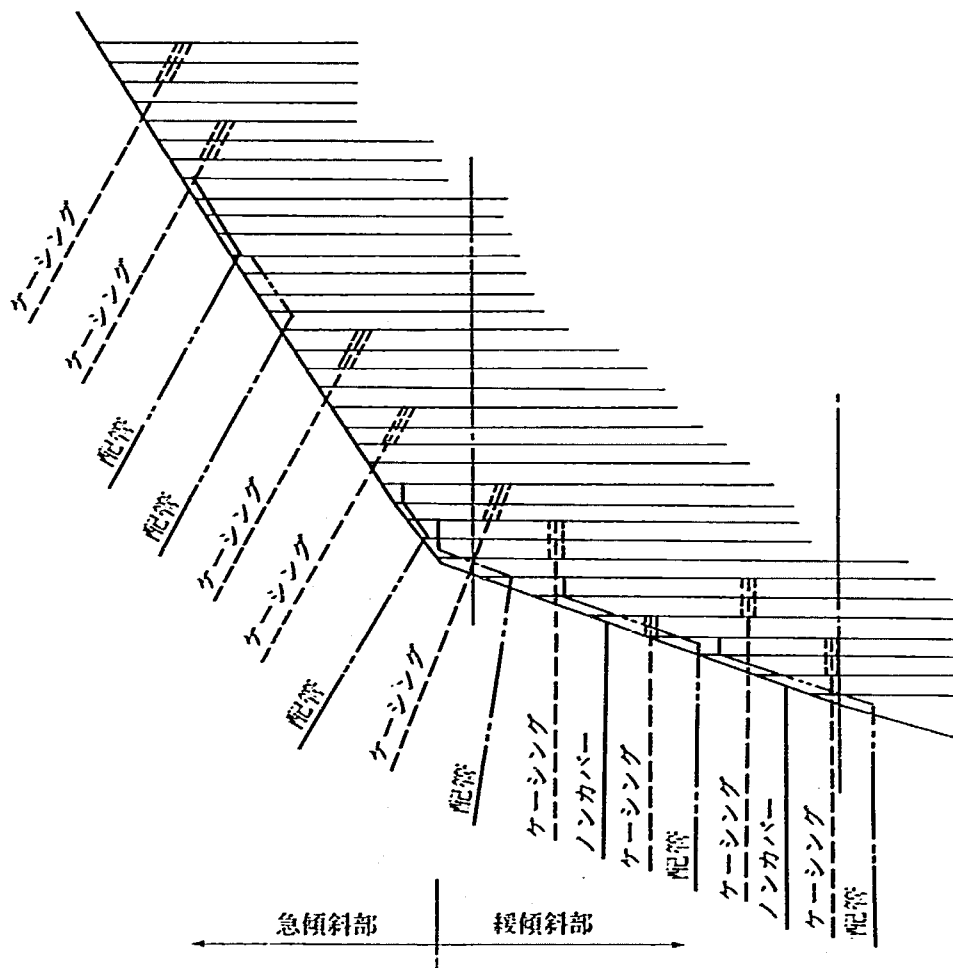
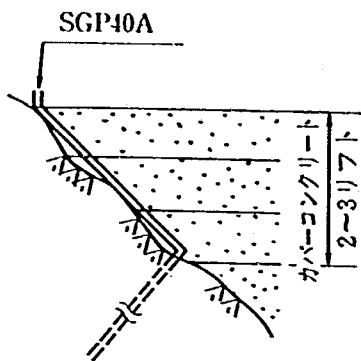
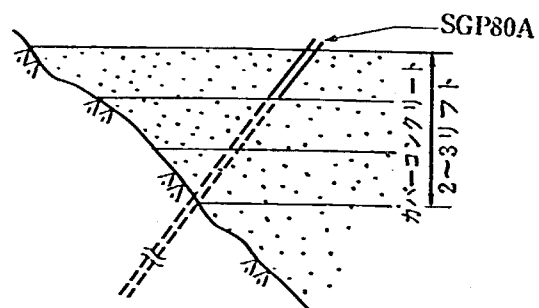


図-4.12 玉川ダムにおける斜面部のコンソリ
デーショングラウチングの施工方法



(a) グラウチング用配管方式(玉川ダム)



(b) ケーシング建て込み方式(玉川ダム、三春ダム)

図-4.13 コンソリデーショングラウチングの配管方式



写真-4.1 グラウチング用配管の設置状況

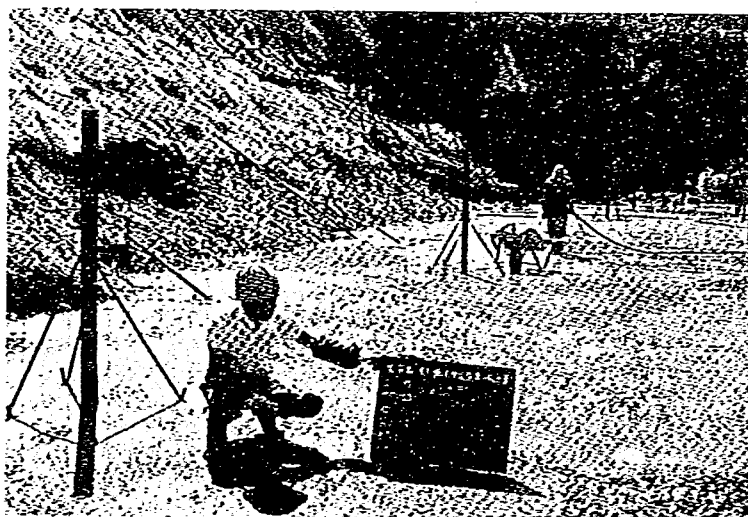


写真-4.2 ケーシングパイプの設置状況

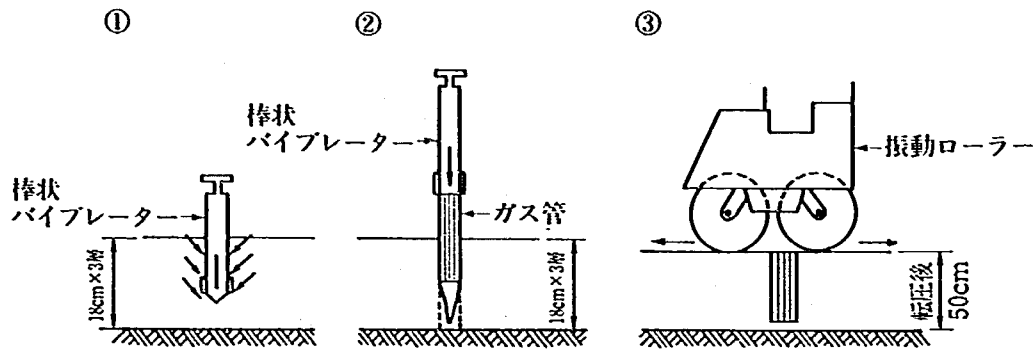


図-4.14 コンクリート保護用のケーシングパイプの設置方法
(朝日小川, 境川ダムの例)

トの表面から所定の位置にバイブレーターを用いて穴をあけ、ケーシングパイプ ($\phi 100\text{mm}$, $H 400\text{mm}$) を建て込み、その頭部をバイブレーターで押し込んでケーシングパイプを埋設している。なお、ケーシングパイプの埋設完了後は、ケーシングパイプの傾きに注意しながら、振動ローラーで転圧を行っている³⁾。

(d) 朝里ダム, 道平川ダム, 神室ダム

朝里ダム, 道平川ダムおよび神室ダムでは、若材令の堤体コンクリート1リフト分を削孔した後、その部分にケーシングパイプを設置する方法を採用している。これは、表面の若材令コンクリートをケーシングパイプで保護することにより、それ以深の堤体コンクリートおよび岩盤削孔中に表面の若材令コンクリートの孔壁が乱れることを防止するものである。

(e) 小玉ダム

小玉ダムでは、試験施工によって若材令の堤体コンクリートを痛めない削孔開始時間を決定している。また、図-4.13に示したようなケーシングパイプの埋設を試みたが、ケーシングパイプを鉛直に埋設することが困難で、うまくいかなかったとの回答が得られている。

4.6 堤体打設先行方式におけるコンクリート打設とコンソリデーショングラウチングの競合

次に、堤体打設先行方式において、コンソリデーショングラウチングと堤体コンクリートの打設が競合した場合の対策を表-4.7に示す。表に示すようにコンソリデーショングラウチングに遅れが生じたと回答したダムは8ダムあった。コンソリデーショングラウチングの工程に遅れが生じた場合の対策として、玉川ダムでは前述したグラウチングの先行、グラウチング用配管の設置、ケーシングの建て込みなどの方式を採用してコンソリデーショングラウチングの施工の迅速化を図っている。また、朝里ダム, 神室ダム, 小平ダムでは遅れたコンソリデーショングラウチングは次リフト以降に施工するほか、越冬時にまとめて施工するといった対策を採っている。次に、道平川ダムではボーリングマシンやグラウトポンプの台数を増やして、八田原ダムではボーリングマシンの台数を増やして対応している。また、小玉ダムではボーリングマシンの台数を増やすほか、遅れた分

表-4.7 堤体打設とグラウチングの工程が競合した場合の対策

ダ ム 名	堤体打設とグラウチングの工程が競合した場合の対策
玉 川	グラウチング先行, グラウト用配管の設置, ケーシング建て込みの組み合わせ
朝 里	越冬時に施工
神 室	越冬時に施工
小 平	越冬時に施工
道 平 川	ボーリングマシン, グラウトポンプの台数を増加
八 田 原	ボーリングマシンの台数を増加
小 玉	ボーリングマシンの台数を増加, 越冬時に施工
中 筋 川	ボーリングマシンの台数を増加, 岩質の悪い部分に超微粒子セメントを使用

は越冬時に施工するといった方法を採用している。中筋川ダムでは、ボーリングマシンの台数を増やすほか、高次の追加孔が予想される岩質については、注入材料を超微粒子セメントに変更して注入効率を高め、高次の追加孔が生じないような対策を採用している。

4.7 斜面部におけるコンソリデーショングラウチングの施工方法

4.7.1 斜面部におけるコンソリデーショングラウチングの孔配置

斜面部において中央内挿法を行う場合、山側にある低次のグラウチング孔を施工しないと川側にある高次のグラウチング孔の施工ができないため、堤体打設先行方式では高次孔のグラウチングは待ち時間が長くなり、また削孔長が長くなって効率的な施工が行えなくなる可能性がある。RCD工法等の面状施工法ではコンクリートの打設ブロックを任意に設定できないため、この問題は従来工法に比べてより厳しくなる。そこで、斜面部のコンソリデーショングラウチングにあたっては、各ダムで色々な工夫が行われている。

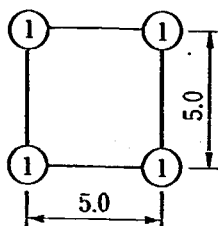
表-4.8に河床部と斜面部でコンソリデーショングラウチング孔のパターンを変更しているダムを示す。パターンを変更する方法としては、孔配置を変更する方法と孔配置は変えずに次数を変更する方法の二つの方法が採られており、孔配置を変更しているダムが4ダム、次数を変更しているダムが3ダムとなっている。まず、図-4.15に斜面部において孔配置を変更した4ダムの変更例を示す。島地川ダムでは、1次孔で5.0m格子の正方形の孔配置を、ダム軸方向の列間隔を2.5m、列毎の孔間隔を10.0mとしたひし形の孔配置に変更し、同一リフトでの施工孔数の

表-4.8 河床部と斜面部でパターンを変更しているダム

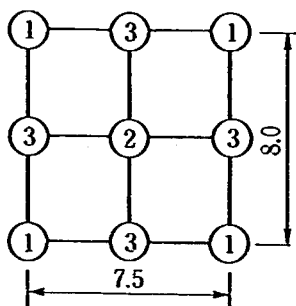
	ダム数	ダ ム 名
孔配置の変更	4	島地川, 玉川, 八田原, 津川
次数の変更	3	朝日小川, 道平川, 三春

・河床部における孔配置

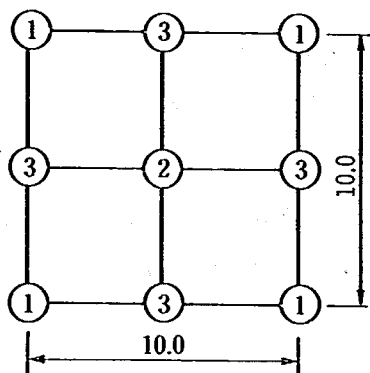
・島地川ダム



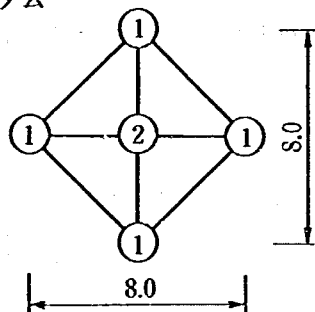
・玉川ダム



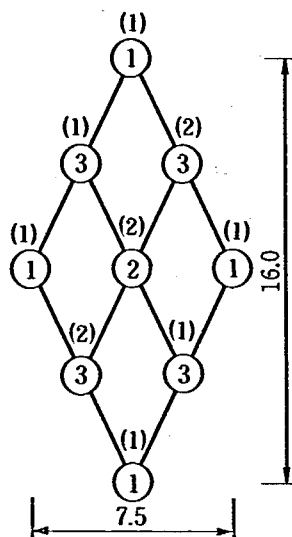
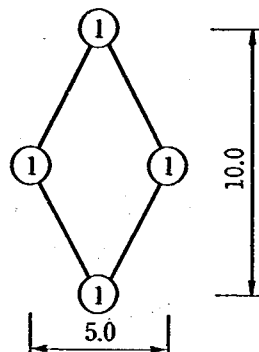
・八田原ダム



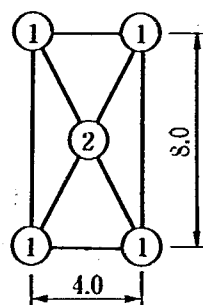
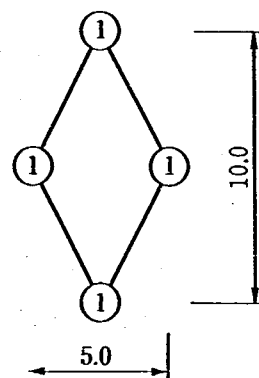
・津川ダム



・斜面部における孔配置



()書きは
急傾斜部



ダム軸方向

(単位：m)

図-4.15 孔配置を変更したダムの例

減少を図っている。また、玉川ダムでは、ダム軸方向の1次孔の列間隔7.5m、列毎の孔間隔8.0mで3次孔までを規定孔とした長方形の孔配置を、ダム軸方向の1次孔の列間隔3.75m、列毎の1次孔の孔間隔16.0mで3次孔までを規定孔としたひし形の孔配置に変更している。また、八田原ダムでは、1次孔の孔間隔10.0mで3次孔までを規定孔とした正方形の孔配置を、ダム軸方向の列間隔2.5m、列毎の孔間隔10.0mで1次孔のみとしたひし形の孔配置に変更している。また、津川ダムでは、ダム軸方向の1次孔の列間隔4.0m、列毎の1次孔の孔間隔8.0mで2次孔までを規定孔としたひし形の孔配置を、ダム軸方向の1次孔の列間隔4.0m、列毎の1次孔の孔間隔8.0mで2次孔までを規定孔とした長方形の孔配置に変更している。以上に示したように、多くのダムでは、斜面部でのコンソリデーショングラウチングにおいて、ダム軸方向の孔間隔を狭めることによって、同一リフトでの施工孔数の減少を図るとともに、高次孔の待ち時間を減じて施工の効率化を図っていることがわかる。

次に、図-4.16に孔配置は変更せず次数を変更した3ダムの変更例を示す。まず、朝日小川ダムでは、1次孔の孔間隔を6.0mとして3次孔まで配置したパターンを、1次孔と2次孔を交互に配置したパターンに変更している。また、道平川ダムでは、1次孔の孔間隔を12.0mとして4次孔まで配置したパターンを、1次孔と2次孔を交互に配置したパターンに変更している。また、三春ダムでは、1次孔の孔間隔を12.0mとして3次孔まで配置しているパターンを、1次孔と2次孔を交互に配置したパターンに変更している。

以上に示したように、多くのダムでは、斜面部のコンソリデーショングラウチングにおいて、高次孔をなくしてグラウチングの待ち時間を減じ、施工の効率化を図っていることがわかる。

4.7.2 斜面部のコンソリデーショングラウチングにおける中央内挿法の考え方

コンソリデーショングラウチングの施工は面的な中央内挿法（面状中央内挿法）で行われるのが一般的である。しかしながら、左右岸の斜面部においては図-4.17に示すように上下流方向の列毎の中央内挿法（列状中央内挿法）で施工されることがある。列状中央内挿法は、上段列の低次数孔よりも下段列の高次数孔を先に施工する方法で、ダム軸方向には中央内挿法をとっていない施工法である。表-4.9に斜面部における中央内挿法を分類した結果を示す。表によると、急傾斜部のみで適用しているダムも含めると10ダムが斜面部において列状中央内挿法を採用している。

次に、斜面部で列状中央内挿法を採用したダムにおける追加孔の考え方についてその主だったものを述べる。

(a) 道平川ダム

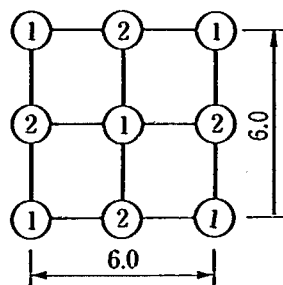
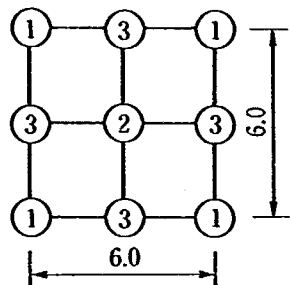
道平川ダムでは、図-4.18に示すように上下流方向の列状中央内挿法を採用しているが、追加孔の判断基準は面状中央内挿法の追加孔基準と同じものを用いている。追加孔基準は以下のとおりである。

- ① 向かい合う各列の2次孔がともに基準値（10Luまたは単位セメント注入量30kg/m）を満足しない場合、その中間に追加孔を施工する。

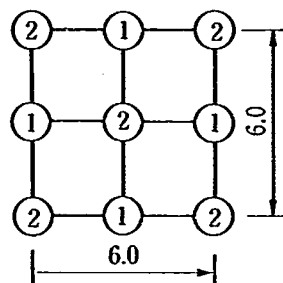
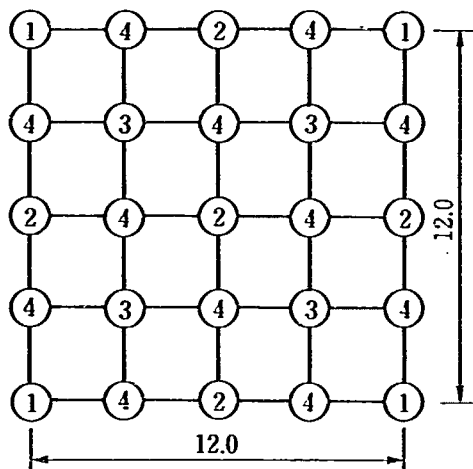
・河床部における孔配置

・斜面部における孔配置

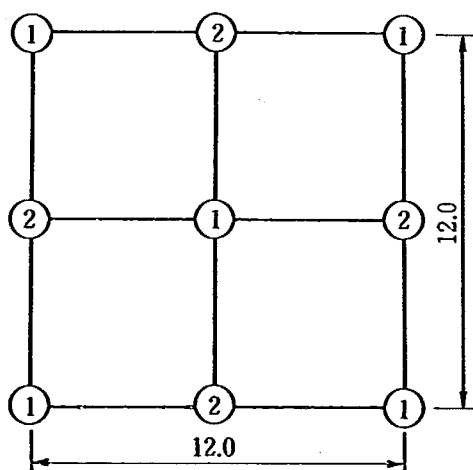
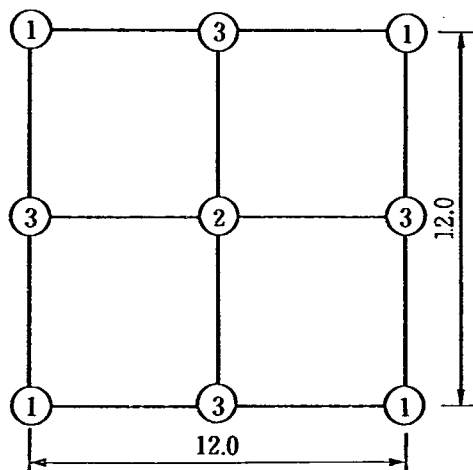
・朝日小川ダム



・道平川ダム



・三春ダム



ダム軸方向

(単位：m)

図-4.16 次数を変更したダムの例

河床部のパターン

斜面部のパターン

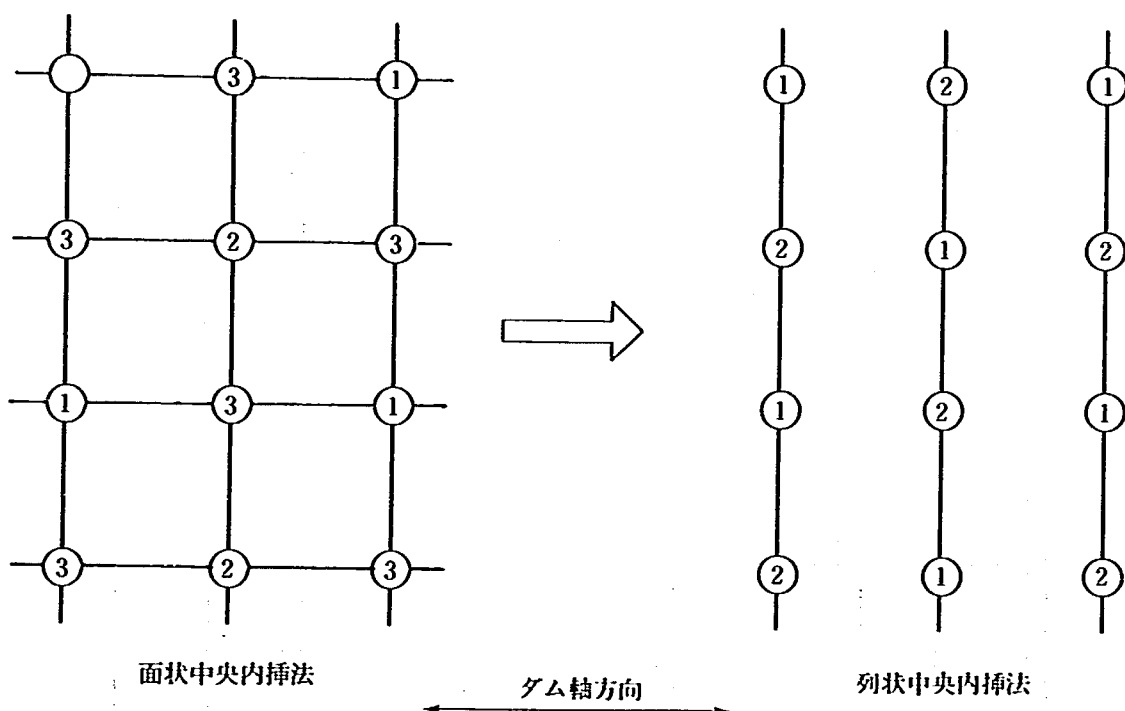


図-4.17 面状中央内挿法と列状中央内挿法

表-4.9 斜面部のコンソリデーショングラウチング
における中央内挿法の実施方法

内 挿 の 方 法	ダム数	ダ ム 名
面状中央内挿法	15	玉川*, 美利河, 真野, 白水川, 朝里, 竜門*, 宮床, 小玉, 札内川, 宮ヶ瀬*, 津川, 布目, 栗山, 中筋川, 高滝
列状中央内挿法	10	玉川*, 朝日小川, 道平川, 境川, 神室, 竜門*, 八田原, 宮ヶ瀬*, 三春, 小平

*: 緩傾斜を面状, 急傾斜を列状

- ② 最終次数以前の完了孔も含め正方形が構成される4孔のうち3孔が基準値を満足しない場合, その中心に追加孔を施工する。
- ③ 10Lu以上の孔が3孔以上連続して並んでいる場合, そのラインの両側の追加孔の施工位置4孔のうち1孔を選んで追加孔を施工する。

(b) 境川ダム

境川ダムでは, 図-4.19に示すように上下流方向の列状中央内挿法を採用しているが, 追加孔の判断基準は面状中央内挿法の追加孔基準と同じものを用いている。追加孔基準は以下のとおりである。

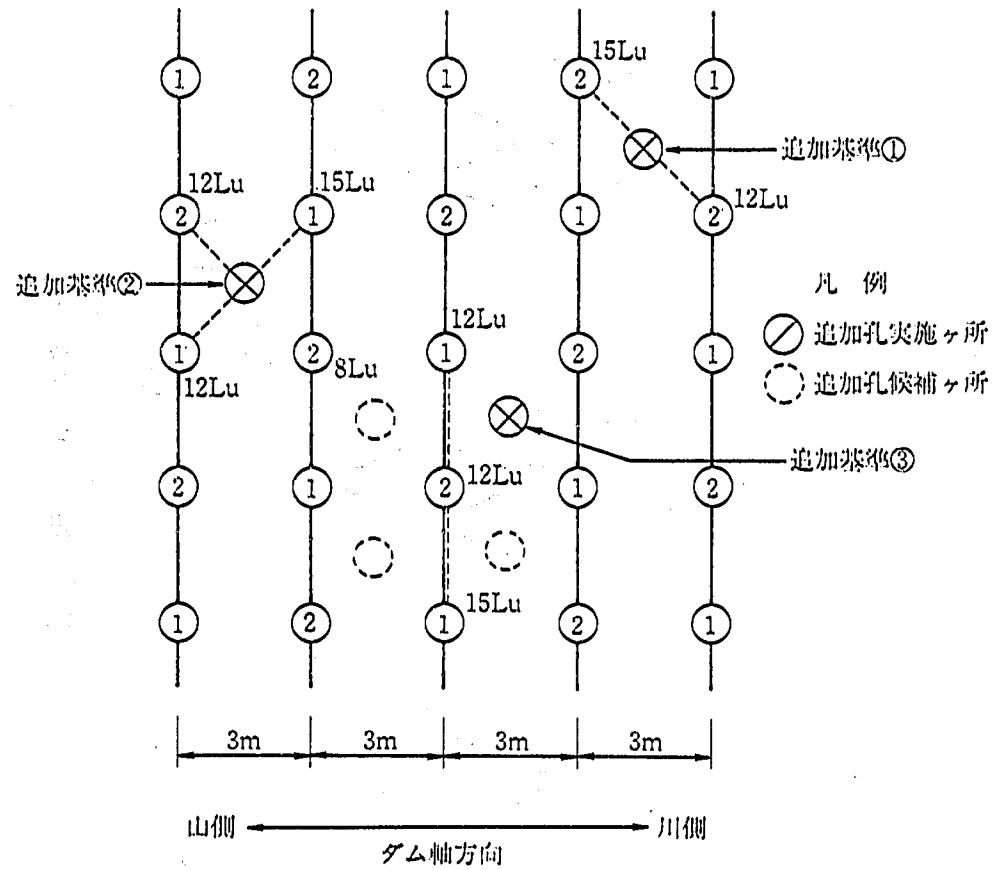


図-4.18 道平川ダムの例

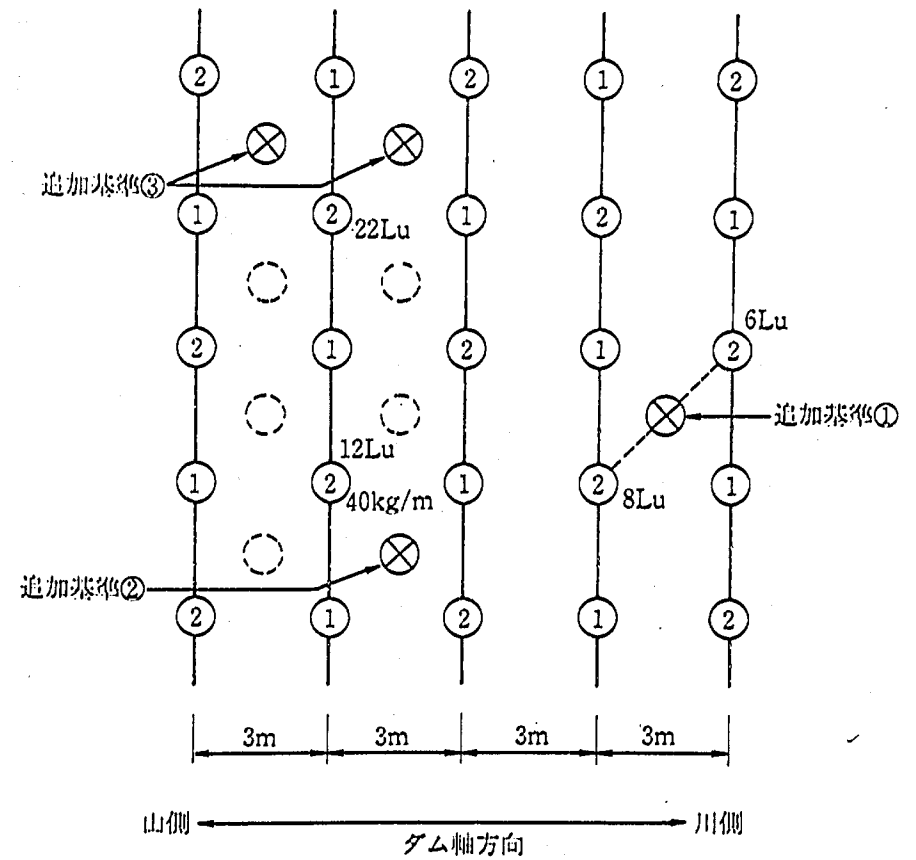


図-4.19 境川ダムの例

- ① 向かい合う各列の2次孔がともに5Lu以上の場合、その中間に追加孔を施工する。
- ② 2次孔が10Lu以上かつ単位セメント注入量が20~30kg/m程度以上の場合、地質状況、周囲の注入状況を考慮して追加孔を1箇所選定する。
- ③ 2次孔が20Lu以上の場合、上下段の列の2次孔との中間にそれぞれ1箇所ずつ3次孔を追加する。さらに、その3次孔が10Lu以上の場合には、同じ段の反対側に3次孔を追加する。

(c) 八田原ダム

八田原ダムでは、図-4.15に示したように、斜面部の孔配置および次数を1次孔のみの千鳥配置としているが、実際にはこの1次孔の施工を列毎の中央内挿法で行っている。この場合、追加孔の判断基準は以下のとおりである（図-4.20参照）。

- ① ひし形が構成される4孔のうち2孔以上が改良目標値（5Lu）を満足していない場合、そのひし形の中心に追加孔を施工する。
- ② ひし形が構成される4孔のうち改良目標値を満足しない孔が1孔のみ存在する場合（ただし、その孔が①の基準に該当する場合を除く）、周辺の地質、断層等の状況および単位セメント注入量の状況をみて追加孔の必要性を判断する。

(d) 三春ダム

三春ダムでは、図-4.21に示すように上下流方向の列状中央内挿法を採用しているが、追加孔の判断基準は面状中央内挿法の追加孔基準とほぼ同じものを用いている。追加孔基準は以

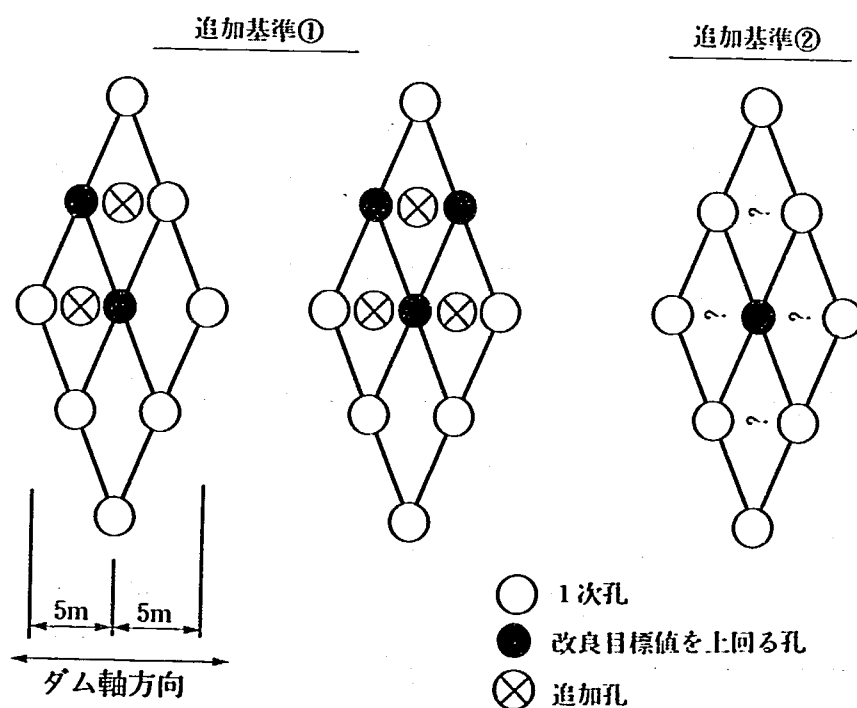


図-4.20 八田原ダムの例

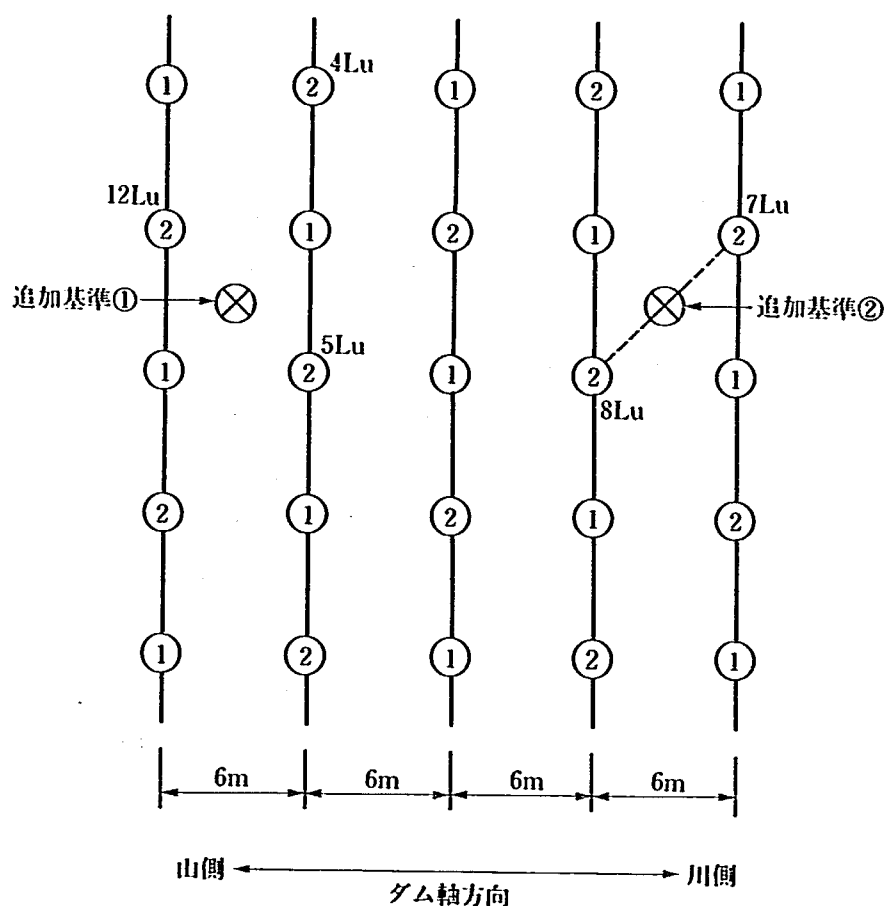


図-4.21 三春ダムの例

下のとおりである。

- ① 2次孔のルジオン値，または単位セメント注入量が追加基準値（10Lu，20kg/m）以上の場合，追加孔を施工する。追加孔の施工位置は，当該孔と隣接する下段列の2次孔のうちルジオン値の大きい孔との間とする。さらに，その結果が改良目標値（5Lu）を満足していない場合にはもう片方の2次孔との間に追加孔を施工する。
- ② 改良目標値（5Lu）を満足しない2次孔が連続した場合，その2孔の midpoint に追加孔を施工する。
- ③ 施工ゾーン区分毎にみて，最終次数孔の改良目標値に対する非超過確率が85%以下の場合，追加孔を施工する。

以上のように，斜面部において列状中央内挿法を採用したダムでは，規定孔の施工は上下流方向の列毎に中央内挿しているが，追加孔の施工は通常の面状中央内挿法の考え方で行われている。なお，この場合，下段列の高次孔が上段列の低次孔より先行して実施されるため，追加孔の判断基準は正式な面状中央内挿法と比べて厳しくなると考えられるが，施工の効率性を考えた場合にはこのような施工方法の方が有利になるものと思われる。

5. ま と め

本報告は、RCD工法や拡張レヤー工法などの面状施工法を採用した24ダムにおけるコンソリデーショングラウチングの実態について、アンケート調査を実施した結果をとりまとめたものである。

その結果、コンソリデーショングラウチングの施工と堤体コンクリートの打設の間には大なり小なりの競合が生じていることが明らかとなった。コンソリデーショングラウチングの施工と堤体コンクリートの打設の間の競合は、追加孔の施工が多くなるとさらに深刻化することから、面状施工法を採用するダムのコンソリデーショングラウチングの計画立案にあたっては、追加孔を最小限に抑えるような適切な孔間隔を設定することが重要である。このためには、コンソリデーショングラウチングに対するグラウチング試験を実施して、所定の改良目標を達成するために必要なグラウチング孔の孔間隔を予め把握しておくことが必要である。また、グラウチング用機械の台数を設定するにあたっては、追加孔まで含めたグラウチング孔の施工孔数がある程度正確に予想し、堤体コンクリートの打設工程に応じたコンソリデーショングラウチングの施工が行えるようにその計画を立案しておくことが重要である。

また、コンソリデーショングラウチングの施工の効率化が図れるように、中央内挿法の孔配置を適切に設定することも重要である。このためには、いたずらに高次の規定孔を設定することは極力避けなければならない。今回のアンケート調査でも、施工途中で中央内挿法の孔配置を変更して高次の規定孔をなくした事例が多く見られたことはこのことを裏づけるものである。特に、斜面部においては、このことは重要であり、低次のグラウチング孔だけでなく高次のグラウチング孔が速やかに施工できるようにグラウチング孔の孔配置、孔間隔を設定することが必要である。また、面状中央内挿法に代わって列状中央内挿法を採用することにより、グラウチングの待ち時間を減じることも大切である。なお、この場合、追加孔の施工基準についてはきちんと整理しておかなければならない。

次に、コンソリデーショングラウチングは、堤体の着岩部付近の基礎岩盤の改良という目的から考えると、堤体コンクリートの打設後に着岩面まで含めて確実に施工することが望ましいが、面状施工法でこのような施工法を採用すると、堤体コンクリートの打設とコンソリデーショングラウチングの施工の間で競合を生じやすい。このため、面状工法を採用したダムでは、カバーロック方式を用いて堤体コンクリートの打設前にコンソリデーショングラウチングを実施する例が見られる。このような方式は、施工効率の点では優れているが、亀裂の発達した岩盤や限界圧力の低い岩盤では十分な改良効果が得られないことも多い。したがって、コンソリデーショングラウチング先行方式を採用する場合には、予め基礎岩盤の特性を十分に把握しておくことが望ましい。また、堤体コンクリートの打設後にチェック孔を実施して、着岩面付近の岩盤の改良が確実に行われていることを確認するなどのきめ細かい配慮も大切である。

RCD工法を始めとした合理化施工法は、島地川ダム以来、既に20を超えるダムで採用され、その施工体系は完成の域に達しているが、合理化施工法におけるコンソリデーショングラウチングの施工方法についてはいまだ改良の余地が多い。本報告では、アンケート調査に基づいてコンソリデーション

ングラウチングの施工の現状を把握し、その合理化にあたっての課題について検討を加えたが、いまだ十分な成果を得るまでには至らなかった。しかし、今回のアンケート結果から得られた個々のデータは貴重なデータであることに間違いはなく、各ダムにおいては、これらの施工実績から合理化施工法におけるコンソリデーショングラウチングの改良点、工夫点を見いだして頂きたい。

なお最後に、本アンケートの実施にあたりご協力を頂いた建設省、北海道開発局、水資源開発公団、各都道府県の関係各位に対して深く感謝の意を表する次第である。

参 考 文 献

- 1) 建設省河川局開発課：多目的ダムの建設 第5巻施工編，1987
- 2) 建設省東北地方建設局玉川ダム工事事務所：玉川ダムのRCD工法，1990
- 3) 山崎秋安，広木道弘：朝日小川ダムのRCD工法，ダム技術，No.26，1988—増刊

付 属 資 料

ア ン ケ ー ト 調 査 票

1944

1945

アンケート調査票

1. ダム諸元

①堤高 _____ m ②堤体積 _____ m³

③ダム堤体着岩面の水平投影面積 _____ m²

④ダム堤体着岩面の実面積 _____ m²

⑤河床部面積 _____ m²

(河床のフラットな部分：59ページの図-2に範囲を明示してください。)

⑥左岸斜面部の水平投影面積 _____ m²

⑦右岸斜面部の水平投影面積 _____ m²

⑧合理化施工部のリフト厚： _____ cm

*施工途中でリフト厚を変更した場合 → (EL. _____ m以上： _____ cm)

⑨コンソリデーショングラウチングの改良目標値： _____ Lu

⑩各ジョイントの堤敷長（堤敷における上下流方向の水平長さ）

*全ジョイントについて記入して下さい。

ジョイントNo.									
堤敷長(m)									

ジョイントNo.									
堤敷長(m)									

ジョイントNo.									
堤敷長(m)									

2. 提出図面及び資料

コンソリデーショングラウチングに関して、下記の図面及び資料を提出して下さい。提出されるものについては□にチェックをお願いします。

- ☐ a. 標準孔配置図……次ページの図－1を参考に規定孔の注入順序の明示されたもの。施工場所により孔配置の異なる場合はそれぞれを提出して下さい。また、基本パターンが長方形、ひし形の場合にはダム軸方向を必ず明示して下さい。
- ☐ b. 施工範囲図（平面図）……図－2を参考に、場所によって孔配置の異なる場合はその境界を図示して下さい。
- ☐ c. ダム軸断面図……60ページの図－3を参考に、ダム軸における断面図を提出して下さい。図には、平均法勾配（n）、法高（H）、延長（L）を必ず明示して下さい。
- ☐ d. 足場工設置図……左右岸斜面部の施工において、グラウチングを先行したダムは、図－4を参考に孔間隔、足場幅、設置段数の分かる図面を提出して下さい。
- ☐ e. 施工要領等……施工の細部にわたる施工要領、細則、追加基準、効果判定基準等を明文化したものがあれば送付して下さい。なお、施工業者独自で作成しているものも含まれます。ただし、特記仕様書は含みません。

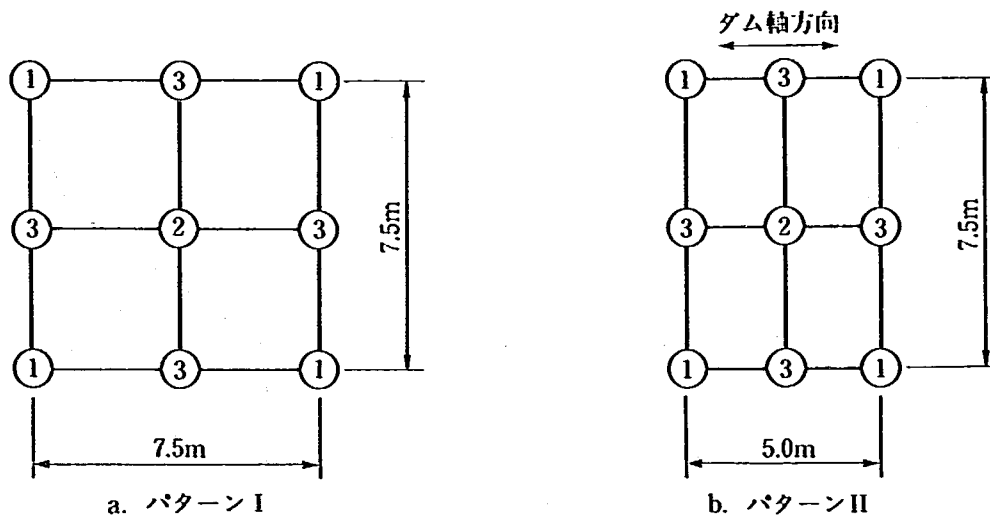


図-1 標準孔配置図

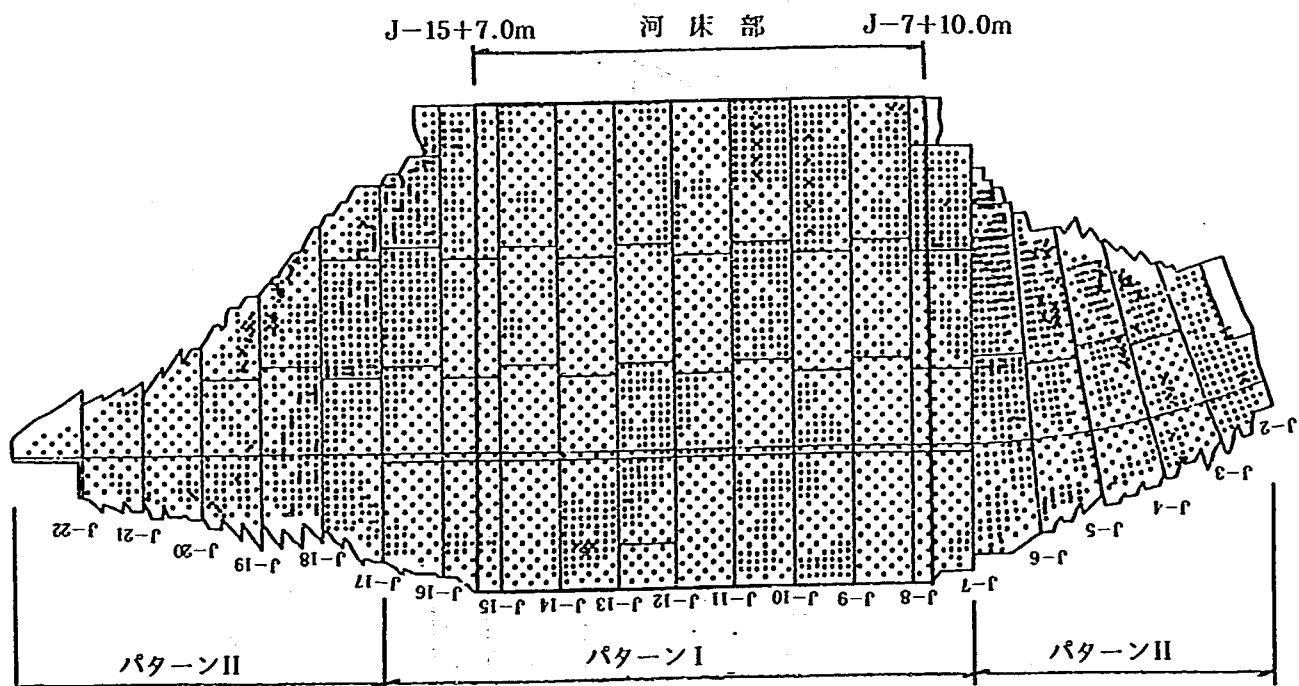


図-2 施工範囲（平面）図

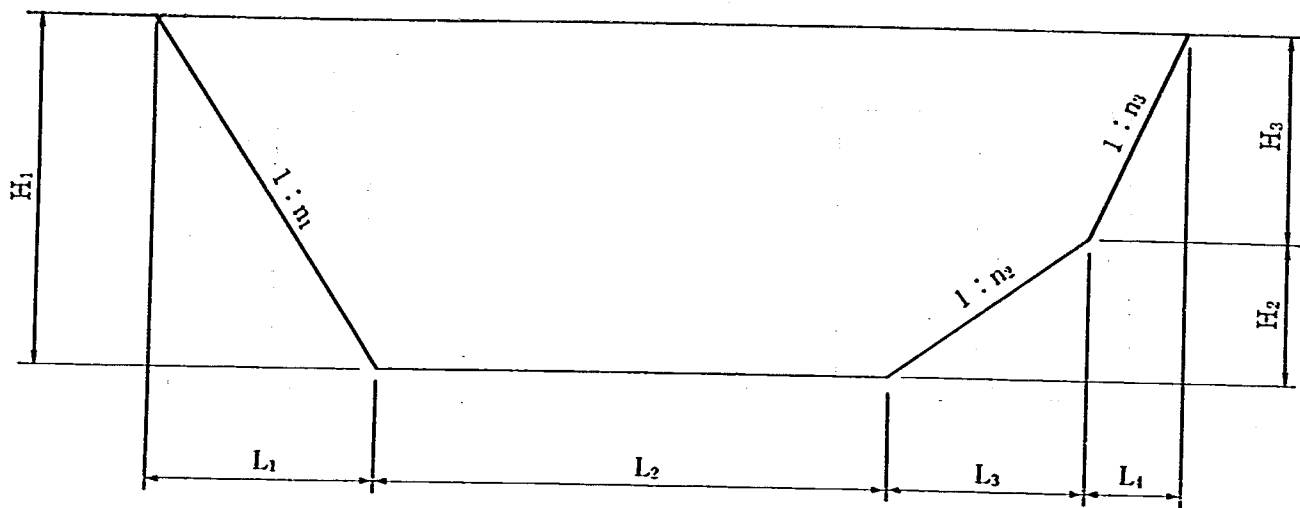


図-3 ダム軸断面図

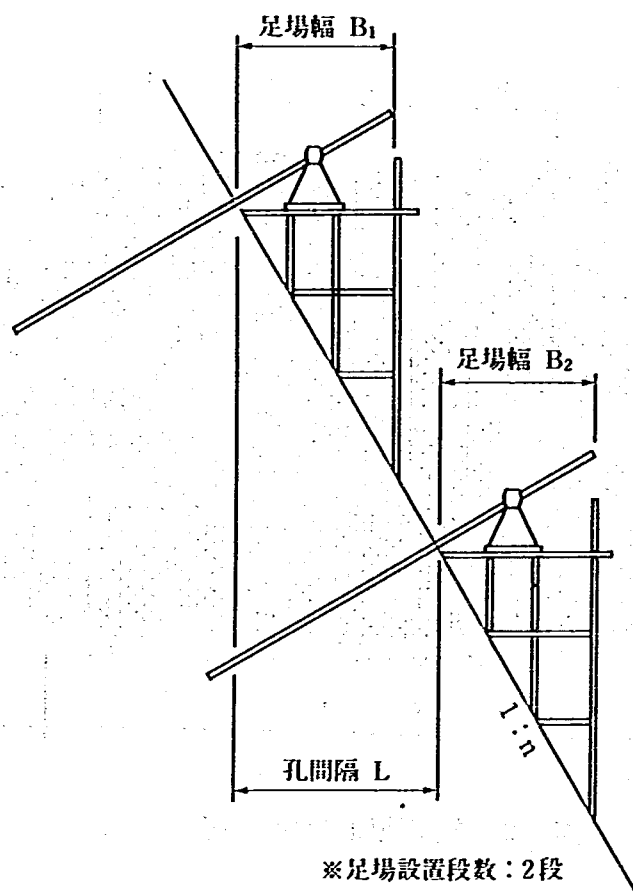


図-4 足場工設置図

3. 施工計画

(a) コンソリデーショングラウチングの施工時期をどのように計画しましたか。

(a-1) 規定孔について

- ☐ 河床部、左右岸斜面部とも、コンソリデーショングラウチングを堤体コンクリートの打設より先行させる。
- ☐ 河床部のコンソリデーショングラウチングのみ、堤体コンクリートの打設より先行させる。
- ☐ コンソリデーショングラウチングは堤体コンクリートの打設と平行して行う。
- ☐ 河床部のコンソリデーショングラウチングは冬期のコンクリート打設休止期間に行い、左右岸斜面部の施工はコンクリートの打設と平行して行う。

☐ その他

()

(a-2) 追加孔について

- ☐ 河床部、左右岸斜面部とも、コンソリデーショングラウチングを堤体コンクリートの打設より先行させる。
- ☐ 河床部のコンソリデーショングラウチングのみ、堤体コンクリートの打設より先行させる。
- ☐ コンソリデーショングラウチングは堤体コンクリートの打設と平行して行う。
- ☐ 河床部のコンソリデーショングラウチングは冬期のコンクリート打設休止期間に行い、左右岸斜面部はコンクリートの打設と平行して行う。

☐ その他

()

(b) コンソリデーショングラウチングの施工計画立案時点で、削孔機械、グラウトポンプ等の施工機械の使用台数を算出する際に、コンソリデーショングラウチングの孔数をどのように設定しましたか。

☐ 追加孔を含めたコンソリデーショングラウチングの孔数から使用台数を算出した。

その場合、追加孔をどの程度考慮しましたか。

☐ 規定孔の本数を（ ）割だけ割り増す。

☐ その他（ ）

☐ 規定孔のみのコンソリデーショングラウチングの孔数から使用台数を算出した。

☐ その他（ ）

(c) 施工計画立案時点でのコンソリデーショングラウチングの施工機械の最大使用台数を記して下さい。

	左岸斜面部	河床部	右岸斜面部
削孔機械機種			
削孔機械（台）			
グラウトポンプ（台）			

*削孔機械機種の欄にはロータリー、パーカッション等の種別をお書き下さい。

(d) 施工計画立案時点で、コンソリ1孔当たりの施工時間（据付、削孔、注入、移動の1サイクル）をどの程度と推定しましたか。

（ ）時間／孔

(e) 施工計画時におけるコンソリデーショングラウチングの規定孔（追加孔を含まず）の本数を記して下さい。

	左岸斜面部	河床部	右岸斜面部
規定孔の本数（本）			

4. 施工実績

(a) 現在までのコンクリート打設、コンソリデーショングラウチングの施工実績を次ページ以降の表に各月毎に記して下さい。

〔注〕 次の指示事項に従って記入して下さい。

- ① 全てのコンソリデーショングラウチングを堤体コンクリート上から実施している場合には、表－1に記入して下さい。
- ② 全てのコンソリデーショングラウチングを堤体コンクリート打設前に実施している場合には、表－2に記入して下さい。
- ③ 一部のコンソリデーショングラウチングを堤体打設前に実施し、一部のコンソリデーショングラウチングを堤体コンクリート上から実施している場合には、表－1、表－2の両方に記入して下さい。

(b) 現在までの施工実績をもとに、次の項目について記して下さい。

(b-1) コンソリ1孔当たりの施工時間（据付、削孔、注入、移動の1サイクル）を記して下さい。

（ ）時間／孔

(b-2) コンソリ1孔当たりの平均セメント注入量を記して下さい。

（ ）kg／孔

(b-3) 1日当たりのコンソリ施工孔数及び施工機械台数を記して下さい。

		左岸斜面部	河床部	右岸斜面部
日当たり施工孔数（孔／日）				
削孔機械機種				
削孔機械台数 （台）	最盛期			
	平均			
グラウトポンプ 使用台数 （台）	最盛期			
	平均			

(b-4) 堤体コンクリートの1リフトの打ち上がり速度を記して下さい。

打ち上がり速度：（ ）日／リフト

〔注〕 冬期等の長期打設休止期間を除いた平均的な数値を記して下さい。

表-1 堤体打設先行の場合：コンソリデーショングラウチングに先立ち堤体の打設を行ったダムのみ記入して下さい。

[illegible]

〔注〕① 表には、堤体打設開始の月から各月毎に記入して下さい。

② 削孔長には、堤体コンクリート部のボーリング延長は含みますが、2ステージ以上ある場合のリボーリングの延長は含まないものとします。

③ 記入欄が足りない場合は、本表をコピーしてご記入下さい。

5. コンソリデーショングラウチングの施工

5.1. 施工一般

(a) コンソリデーショングラウチングのステージ数、ステージ長、孔方向を以下の例にならって施工場所別に記して下さい。また、施工場所の区分がわかる図を提出して下さい。

施 工 場 所	施 工 範 囲	孔 方 向	ス テ ー ジ 数	ス テ ー ジ 長 (m)	
				1 S t	2 S t
例.					
河 床 部, 斜 面 部	J7+10~J23	鉛 直	1	5	—
左 岸 急 傾 斜 部	J1~J7+10	斜 面 に 直 角	1	10	—
断 層 部	図 示	鉛 直	2	5	5

(b) コンソリデーショングラウチングの施工時期を記して下さい。

(b-1) 規定孔について

- 河 床 部 : ☐ 堤体コンクリート打設前
☐ 堤体コンクリート打設と平行
☐ 冬期などのコンクリート打設休止期間
☐ その他 ()

- 左右岸斜面部 : ☐ 堤体コンクリート打設前
☐ 堤体コンクリート打設と平行
☐ その他 ()

(b-2) 追加孔について

- 河 床 部：☐ 堤体コンクリート打設前
☐ 堤体コンクリート打設と平行
☐ 冬期などのコンクリート打設休止期間
☐ その他（ ）
- 左右岸斜面部：☐ 堤体コンクリート打設前
☐ 堤体コンクリート打設と平行
☐ その他（ ）

(c) コンソリデーショングラウチングを先行した場合、回答して下さい。

該当しない場合、69ページの質問(d)に進んで下さい。

(c-1) コンソリデーショングラウチングを先行した場所について記して下さい。

- ☐ 河床部
☐ 左右岸斜面部
☐ その他（ ）

(c-2) カバーロックの厚さ、および仕上げ掘削の厚さはどの程度ですか。

カバーロックの厚さ：（ ） m

仕上げ掘削の厚さ：（ ） m

〔注〕カバーロックの厚さには仕上げ掘削の厚さを含めて下さい。

(c-3) リーク対策について記して下さい。

- 河 床 部：☐ カバーロックのみ
☐ モルタル吹付け（ ） cm
☐ カバーコンクリート（ ） cm
- この場合、コンソリデーショングラウチング終了後のカバーコンクリートの処置。
- ☐ そのまま堤体コンクリートを打ち継ぐ。
☐ 全て取り除く。
☐ その他（ ）
- ☐ その他（ ）

(c-5) 注入時の1ステージ目のパッカー位置について記して下さい。

- ☐ 岩盤表面
- ☐ 仕上げ掘削後の堤体着岩面
- ☐ その他（岩盤表面から cm）
- ☐ その他（ ）

(c-6) グラウチング後の仕上げ掘削の厚さについて記して下さい。

- ☐ 当初計画どおり（ ）cm掘削
- ☐ 浮き石の除去程度
- ☐ その他（ ）

(d) コンソリデーショングラウチングを堤体コンクリートの打設と平行して実施した場合について、
回答して下さい。

該当しない場合、72ページの質向(e)に進んで下さい。

(d-1) 堤体コンクリートの打設とコンソリデーショングラウチングを平行して実施した場所について記して下さい。

- ☐ 河床部
- ☐ 左右岸斜面部
- ☐ その他（ ）

(d-2) カバーコンクリートの厚さはどの程度ですか。

カバーコンクリートの厚さ：（ ）m以上

これはリフト厚さに換算して（ ）リフト

(d-3) コンソリデーショングラウチングのボーリングは、通常、当該リフトの堤体コンクリートを打設した後、何時間後から開始していますか。

堤体コンクリート打設終了後、およそ（ ）時間後から実施

(d-4) 次リフトのコンクリート打設の準備のため、コンソリデーショングラウチングの施工は、通常、コンクリート打設の何時間前までに終了しなければなりませんか。

堤体コンクリート打設前、およそ（ ）時間前までに終了

(d-5) 例えば、中4日でコンクリートを打継いでいく場合、当該部分のコンソリデーショングラウチングの施工可能時間は何日程度となりますか。

中4日の場合、およそ（ ）日

〔注〕施工日数は1.5日のように小数点以下まで記して下さい。

夏場の夜間打設などは除き、通常の施工時の値を記して下さい。

(d-6) コンソリデーショングラウチングと堤体コンクリートの打設の間に問題が生じましたか。

- ☐ 特に大きな問題は生じなかった。
- ☐ 堤体コンクリートの打設にかなりの遅れが生じた。
- ☐ コンソリデーショングラウチングの施工にかなりの遅れが生じた。
- ☐ その他（ ）

(d-7) 前の質問(d-6)で問題が生じたと答えた場合、どのような対応策をとりましたか。

- ☐ ボーリングマシンの台数を増やした。
- ☐ グラウトポンプの台数を増やした。
- ☐ 打設後すぐにボーリングが施工できるように、コンクリート中にケーシングパイプを埋設した。
- ☐ 打設後すぐにボーリングが施工できるように、予めコンクリート打設前にき岩盤を削孔し、グラウト用の配管を設置した。
- ☐ その他（ ）

(d-8) リフト表面からコンソリデーショングラウチングを施工する場合、打設して間もない堤体コンクリートを痛めないような特別な配慮を実施していれば記して下さい。

☐ コンクリート打設に際して、ケーシングパイプを埋設した。

この場合、ケーシングパイプの設置位置について記して下さい。

☐ 全て着岩コンクリート部での設置となっている。

☐ 一部がRCD用コンクリート部となったため、着岩コンクリート部の幅を広くとった。

☐ 一部がRCD用コンクリート部となったため、ケーシング周辺のみを有スランプコンクリートで打設した。

☐ その他（ ）

☐ コンクリート打設前に、岩盤を削孔しグラウト用の配管を設置した。

☐ その他（ ）

☐ 特別な配慮はしていない。

(d-9) 前の質問(d-8)で、コンクリート打設中にケーシングを埋設していると答えた場合、その埋設方法、ケーシングパイプ周辺のコンクリートの締固め方法について詳しく記して下さい（必要に応じて図を用いて下さい）。

(d-10) 質問(d-8)で、コンクリート打設前にグラウチング用の配管を設置していると答えた場合、その設置方法について詳しく記して下さい（必要に応じて図を用いて下さい）。

(e) コンソリデーショングラウチングの同時施工を行う場合、どのような規制を設けていますか。

- ☐ 隣接する同次孔の注入が行われている場合、当該孔は削孔しない。
- ☐ 隣接する同次孔の注入が行われている場合、当該孔は削孔するが、注入はしない。
- ☐ () m以内にある孔の注入が行われている場合、当該孔は削孔しない。
- ☐ () m以内にある孔の注入が行われている場合、当該孔は削孔するが、注入はしない。
- ☐ その他 ()

(f) 左右岸斜面部でのコンソリデーショングラウチングの同時施工についても上と同じ基準を用いていますか。

- ☐ 上と同じ基準を用いている。
- ☐ 上下関係にある隣接孔については別の基準を用いている。

この場合、具体的な基準を記して下さい。

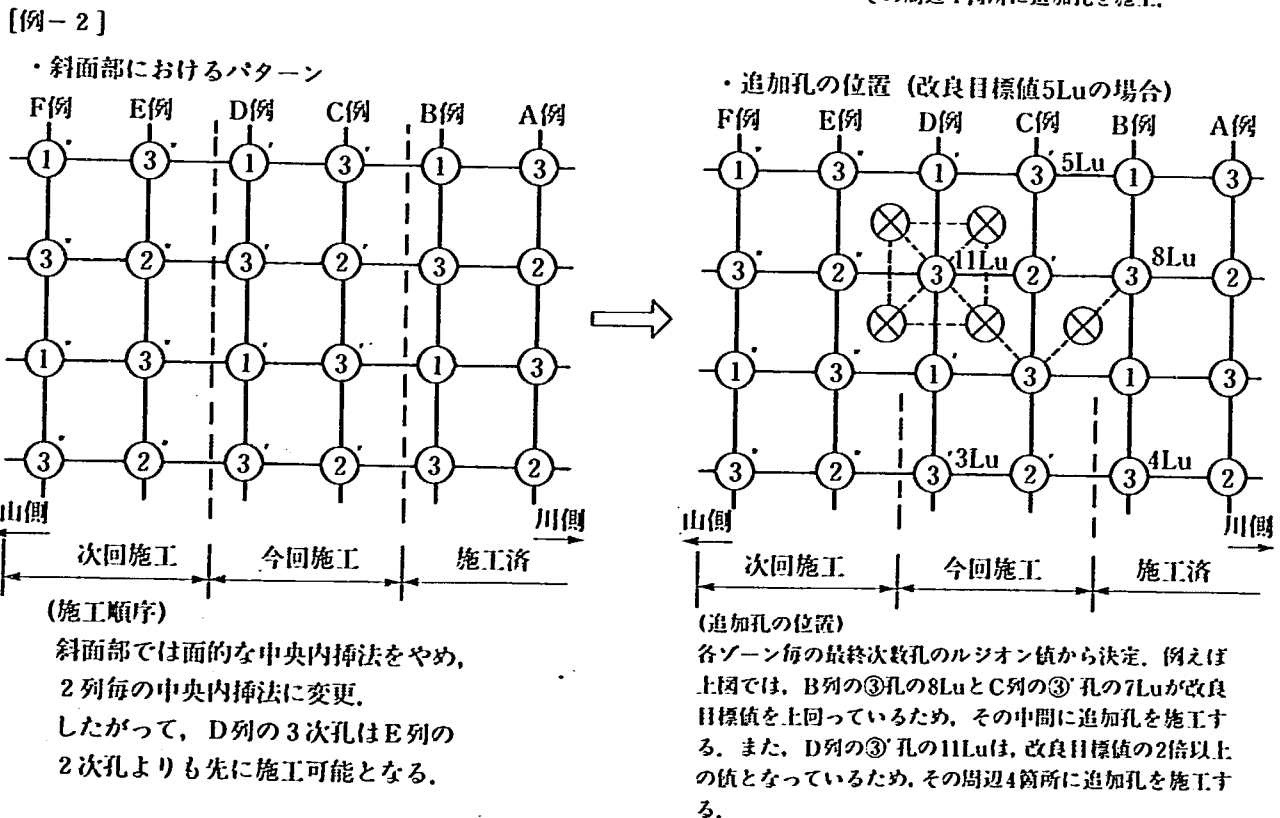
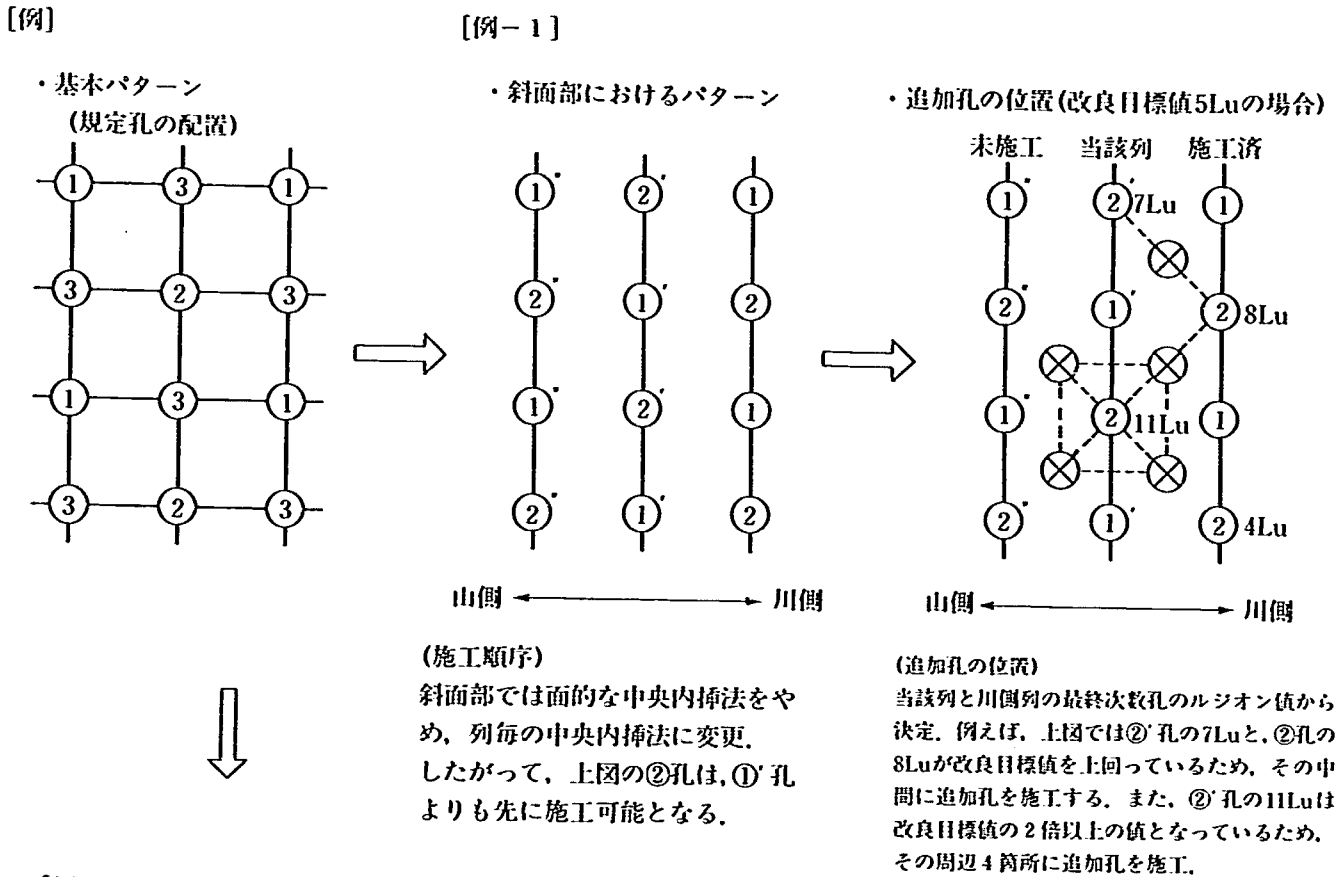
(g) 左右岸斜面部において中央内挿法を厳格に遵守すると、

- ①堤体コンクリート上からコンソリデーショングラウチングを施工する場合には、高次のグラウチング孔では堤体コンクリートの削孔長が長くなること。
- ②コンソリデーショングラウチング先行の場合には、足場の確保やボーリングマシンの移設などに手間どること。

などによってグラウチングの効率が低下すると考えられますが、斜面部における中央内挿法の考え方について記して下さい。

- ☐ 厳格に中央内挿法を守っている。
- ☐ 上下流方向 (E L 毎) には中央内挿法を守っているが、ダム軸 (高さ) 方向については中央内挿法を必ずしも守っていない。
- ☐ その他 ()

(h) 前の質問(g)で、必ずしも中央内挿法を守っていないと答えた場合、規定孔の施工順序と追加孔の必要性の判断をどのような基準を設けて施工されていますか。以下の例にならって具体的に説明して下さい。



◎貴ダムの斜面部における規定孔の施工順序と追加孔の必要性の判断基準を、前ページの例にならって以下にお書き下さい。

・斜面部における規定孔のパターン（施工順序）

・追加孔位置の決定基準

6. コンソリデーショングラウチングに対する意見、提案

- (a) RCD工法などの合理化施工法におけるコンソリデーショングラウチングの施工計画の立案にあたって、どのようなことを配慮すべきだと思いますか。ご自由にお書き下さい。

- (b) RCD工法などの合理化施工法におけるコンソリデーショングラウチングの実際の施工にあたって、どのようなことを配慮すべきだと思いますか。ご自由にお書き下さい。

- (c) その他、RCD工法などの合理化施工法におけるコンソリデーショングラウチングについて、どのようなことでも結構ですので、ご自由にお書き下さい。

※以上でアンケートを終了させていただきます。ご協力ありがとうございました。

コンクリートダムの合理化施工
法におけるコンソリデーション
グラウチングの設計・施工
に関する実態調査

要 旨

RCD工法などのコンクリートダムの合理化施工法では面状施工法を採用しているため、従来工法のダムに比べて堤体コンクリートの打設とコンソリデーショングラウチングの施工が競合することが多い。そこで、このような合理化施工法におけるコンソリデーショングラウチングの効率的な施工法の確立が望まれている。本報告は、コンクリートダムの合理化施工法におけるコンソリデーショングラウチングの実態について、アンケート調査を行った結果をとりまとめたものである。

キーワード：ダム、基礎岩盤、合理化施工法、コンソリデーショングラウチング

ISSN 0386-5878
土木研究所資料第3238号
平成6年3月(1994)
ダム構造研究室
永山 功・渡辺和夫・菊永和久



郵便はがき

五十円切手
をはって下
さい

3 0 5 - □ □

建設省土木研究所
ダム構造研究室 御中

茨城県つくば市大字旭一番地

No. _____

No. _____

配布先氏名

配布先住所



○

土木研究所資料第3238号 部

上記のとおり受領しました。

所 属 (住所)

氏 名

印

土木研究所資料第3238号

○

コンクリートダムの合理化施工法におけるコ
ンソリデーショングラウチングの設計・施工
に関する実態調査