

I S S N 0386—5878

土 研 資 料 第1839号

土 木 研 究 所 資 料

ロック材料の調査・設計・施工に関する事例調査

昭和57年7月

建設省土木研究所
ダム部フィルダム研究室

Copyright © 1982 年 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 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、複写は土木研究所長の承認を得ずしてこれを行ってはならない。

ロック材料の調査・設計・施工に関する事例調査

昭和57年7月

建設省土木研究所ダム部フィルダム研究室

松 本 徳 久

渡 辺 和 夫

吉野内 真 二*

* 現在、清水建設（株）土木技術部。昭和56年
7月～昭和57年5月の間、（財）土木研究セ
ンターからの部外研究員として在籍。

目 次

はじめに	1
1. 原石山調査	3
1.1 調査の範囲	3
1.2 岩 種	3
1.3 調査方法	6
1.4 採取地選定理由	6
2. 材料試験	20
2.1 実施した試験	20
2.2 試料採取地	20
2.3 試験法および試験値	20
2.3.1 比重・吸水量試験	20
2.3.2 一軸圧縮強度試験	21
2.3.3 耐久性試験	21
2.3.4 せん断試験	22
2.3.5 室内透水試験	22
2.3.6 室内締固め試験	22
3. 盛立試験	53
3.1 実施時期・目的	53
3.2 転圧仕様	53
3.3 測定項目・方法	53
3.4 試験結果	53
4. 堤体の設計	73
4.1 ロックゾーンのゾーニング	73
4.2 設計値	73
4.3 最小安全率	74
4.4 堤体の形状	74
4.4.1 法面勾配	74
4.4.2 堤頂幅	74
4.4.3 余 盛	74
4.4.4 リップラップ (法面保護)	75
4.4.5 堤体積	75
5. 施工管理基準	100

5.1	施工基準	100
5.2	品質管理基準	100
5.2.1	管理項目	100
5.2.2	試験頻度	100
5.2.3	現場密度測定方法	101
6.	施 工	122
6.1	採 取	122
6.1.1	採取工法	122
6.1.2	材料の判定基準	122
6.2	盛 立	122
6.3	堤体材料運搬路	123
6.4	用土計画・実績	123
6.4.1	事 例	123
6.4.2	捨土量	124
6.4.3	土量変化率	124
7.	品質管理実績	139
8.	設計と施工の関連	148
8.1	密 度	148
8.1.1	設計値，盛立試験値および施工実績値	148
8.1.2	材料試験と本施工の転圧エネルギー	148
8.2	粒 度	150
8.2.1	施工粒度	150
8.2.2	施工粒度と盛立試験粒度（発破試験粒度）	151
8.2.3	問題点	152
9.	今後の問題点	169
9.1	材料試験に関すること	169
9.2	設計値の表示について	173
お わ り に		183
参 考 文 献		183

はじめに

昭和49年から51年までの3年間、建設省技術研究会では「フィルダムの設計と施工に関する研究」を指定課題として、フィルダムの全般的な問題を取りあげた。

以来約5年が経ち、その時の調査対象ダムもほとんどが竣工し施工実績等が報告されていることから、本報告書は、フィル材料のうち主として堤体の力学的安定を担い、工費的にも大きな比重を占めるロック材料を取りあげ、既設ダムの資料を収集するとともに、その設計値が材料調査・試験、設計、施工および品質管理の流れの中でどのように決定され、また確保されているかというテーマで分析・考察したものである。

対象ダムとしては、建設省所管の直轄ダム、公団ダムおよび補助ダムとし、一部データが公表されている電力ダムを含め、その中でも、設計基準が現在の姿となったのが昭和46年であることから、昭和49年以降に竣工したダムとした（表－1参照）。

本報告をまとめるにあたっての情報は、当該工事事務所等からそれぞれの時期に当フィルダム研究室に寄せられた設計・施工資料、前出の建設省技術研究会に寄せられた資料、およびダム工事誌等から収集し、さらにダム関連技術雑誌に掲載された報文等も参考にした。また、いくつかのダムは、それぞれの工事事務所に依頼し情報を追加した。

調査対象はロック材料に限定しているわけであるが、ダムごとに収集した情報を下記の①～⑧の項目についてまとめ、事例紹介、分析および考察を行った。

- ① 原石山調査 : 原石山の地質、採取岩種、調査地および採取地の位置、調査方法、調査工事数量。
- ② 材料試験 : 試験名、試験方法、試験値。
- ③ 盛立試験 : 転圧諸元、試料、測定項目、密度試験方法、転圧密度。
- ④ 堤体の設計 : ロックゾーンのゾーニング、設計値、設計値決定の考え方、最小安全率、堤体形状。
- ⑤ 施工管理基準 : 施工基準（転圧方法）、品質管理基準（試験頻度、試験方法、基準値）。
- ⑥ 施 工 : 採取方法、転圧時の留意点、施工機械、堤体材料運搬路、用土計画・実績。
- ⑦ 品質管理実績 : 留意した事項、反省点、試験値。
- ⑧ 設計と施工の関連 : 密度、粒度。

全体として本報告書は既存のロック材に関する現場データを整理したものであるが、整理の結果、余盛の設計法、密度と粒度について調査時と施工時の関連、ロック材料試験結果の整理記述様式等について若干の提案を行っている。

表-1 調査対象ダム

ダム名	所有者	竣工年	型式	堤高 (m)	堤頂長 (m)	堤体積 (10 ³ m ³)	ロックゾーン の体積 (10 ³ m ³)	所在地	
1 大雪	北海道開発局	1974	中央コア型	87	440	3,875	3,300	北海道	
2 十勝	北海道開発局	(1983)	"	84	406	3,720	2,895	北海道	
3 漁川	北海道開発局	(1980)	"	42	270	647	499	北海道	
4 御所	建設省	(1981)	" (複合型)	53	210 *	1,007 *	758	岩手	* フィル部
5 白川	建設省	(1980)	"	69	348	2,233	1,718	山形	
6 岩屋	水資源開発公団	1976	"	128	360	5,795	4,765	岐阜	
7 寺内	水資源開発公団	1978	"	83	420	3,014	2,014	福岡	
8 福地	沖縄開発庁	1974	"	92	260	1,601	1,315	沖縄	
9 樽水	宮城県	1976	"	43	237	551	384	宮城	
10 漆沢	宮城県	1980	"	80	308	2,200	1,743	宮城	
11 七北田	宮城県	(1982)	"	74	420	2,520	1,894	宮城	
12 前川	山形県	1980 *	"	50	265.5	645	441	山形	* 本体盛立完了年
13 四時	福島県	(1983)	"	84	300	2,629	2,280	福島	
14 手取川	電源開発	1979	"	153	420	10,102	8,733	石川	
15 三保	神奈川県	1978	"	95	512	5,816	5,099	神奈川	
16 広瀬	山梨県	1975	"	75	255	1,379	973	山梨	
17 荒川	山梨県	(1983)	"	88	325	3,086	2,539	山梨	
18 双葉	北海道開発局	1979	アスファルト表面遮水壁型	60	234	660	660	北海道	
19 武利	北海道電力	1980	アスファルト中央コア型	16	173	77	67	北海道	
20 高瀬	東京電力	1978	中央コア型	176	362	11,600	9,300	長野	
21 七倉	東京電力	1978	"	125	340	7,200	5,800	長野	
22 下小島	関西電力	1973	"	119	283	3,490	2,737	岐阜	
23 南原	中国電力	1975	"	86	305	2,213	1,600	広島	
24 明神	中国電力	1976	"	89	402	3,268	2,558	広島	
25 稲村	四国電力	1981 *	"	88	352	3,100		高知	* 盛立完了年

1. 原石山調査

1.1 調査の範囲

原石山調査は、当初から貯水池内もしくはダムサイト上流域に採取地を求める方針で行うケースと、ダムサイト近傍から調査を始め順次その範囲を広げていくケースとに分けられる(表-1.1参照)。後者の場合、その範囲はダムサイトから20 km 付近にまで及んでいる。

図-1.1 は、ダムサイトからの距離を指標にした調査地の度数分布図である。この図によれば、調査地および採取地ともにダムサイトに近いほど高い度数を示していることがわかる。また、調査地は最遠20 km まで分布しているが、採取地はほとんどのダム(24 / 25) が5.0 km 以内である。ただし、図-1.1 には示していないが、堤体の法面保護材料(リップラップ材料)については、ダムサイト近傍で所要の材質のものが得られない場合、たとえば御所ダムのようにダムサイトから30 km の地点より採取している例もある。

表-1.2 は、ダムサイトの地質、採取地の地質およびダムサイトから採取地までの距離を示したものである。表-1.2 では地質を次の7 種類に分類した。

① 中・古生代の堆積岩 (S_I)

これに含まれる岩石としては砂岩、粘板岩、輝緑凝灰岩、チャート、石灰岩などがある。

② 新生代第三紀以降の堆積岩 (S_{II})

これに含まれる岩石としては砂岩および泥岩が主で、いわゆるグリーンタフの火山性堆積岩は I_{II} として除いてある。

③ 新生代第三紀以前の火成岩 (I_I)

これは、花崗岩、玢岩、流紋岩、安山岩、玄武岩などの深成岩、半深成岩、火山岩であるが、新第三紀の火成岩については一部 I_{II} と明確な区分が困難なものがある。

④ 新生代第三紀の火山性堆積岩 (I_{II})

これは、いわゆるグリーンタフの堆積岩を主とするもので、凝灰角礫岩などを代表とする。 S_{II} 、 I_I との区分は明瞭でないものもある。

⑤ 新生代第四紀の熔結凝灰岩 (I_{III})

支笏火山、阿蘇火山周辺の熔結凝灰岩は代表的なものである。

⑥ 変成岩 (M)

これには、片岩、片麻岩、ホルンフェルスなどが含まれ、地質時代としては、本調査の範囲内では中生代以前のものである。

⑦ 第四紀の堆積物 (Q)

これは火山泥流や湖成堆積物を含む。

表-1.3 は地質区分別にダムサイトから採取地までの距離を示したものである。ダムサイトの地質が中生代以前の堆積岩または変成岩の場合は、採取地は2 km 以内で選定されている。新生代第三紀以後の堆積岩の場合は、ほとんどの採取地はダムサイトから5 km 以内であるが、最も遠い採取地はダムサイトから11 km 離れている。

1.2 岩 種

ロック材料として使用した岩種は表-1.2に示したとおりであり、これを岩種と地質年代に着目し分類したものが表-1.4である。

ロック材料に要求される品質は、個々の粒子の耐久性と集合体としてのせん断強さとがある。ロック材料として使用予定の岩石がどの程度の耐久性を持ち、集合体としてどの程度のせん断強さを示すかということを、その岩石名などからある程度判断することは可能と思われる。しかし、材料調査においては岩石名にとらわれることなく、調査地の岩石の基本的な性質（比重、吸水率、一軸圧縮強度など）を十分把握することが大切である。

日本大ダム会議のダム設計基準¹⁾では、施工中に破砕されて細粒化する材料や風化のおそれのある材料でも、設計値の決定およびゾーンの配置に際し、材料の性質をよく把握すれば、盛立材料として使用することができるとし、ロック材料として適合する岩石の種類を表-1.5のように示している。しかし、以上の調査からもわかるように、本報告の前記分類に従えばロック材料と岩種の関係は次のように考えられる。

① ロック材料として適当な岩種

S_I: 中・古生代の堆積岩

I_I: 新生代第三紀以前の火成岩

M: 変成岩

② 注意して使用すべき岩種

I_{II}: 新生代第三紀の火山性堆積岩

I_{III}: 新生代第四紀の熔結凝灰岩（熔結度の低いものは特に注意が必要）

③ ロック材としては問題の多い岩種

S_{II}: 新生代第三紀以降の堆積岩

表-1.1 調 査 範 囲

ダ ム 名	調 査 範 囲
1 大 雪	ダムサイト周辺から半径20km程度まで
2 十 勝	
3 漁 川	ダムサイト上流
4 御 所	ダムサイト周辺から20km付近まで
5 白 川	上流
6 岩 屋	
7 寺 内	上流
8 福 地	貯水池内
9 樽 水	ロック：ダム予定地点付近での採取を目的とした。 リップラップ：ダムサイトから10km以内を目途とした。
10 漆 沢	
11 七 北 田	
12 前 川	
13 四 時	ダムサイト左岸上流。洪水吐設置位置
14 手 取 川	
15 三 保	当初から貯水池内に求める計画で調査を行った。
16 広 瀬	ダム軸上流
17 荒 川	
18 双 葉	
19 武 利	トンネル・洪水吐掘削ズリ、河床堆積砂利
20 高 瀬	湛水池内河床砂礫
21 七 倉	高瀬ダムと同じ
22 下 小 鳥	
23 南 原	掘削により貯水容量を確保する必要があったので、貯水池内を調査対象とした。
24 明 神	(南原ダムと同じ)
25 稲 村	湛水池内の周辺から調を開始し、順次ダム地点下流域に範囲を広げていった。

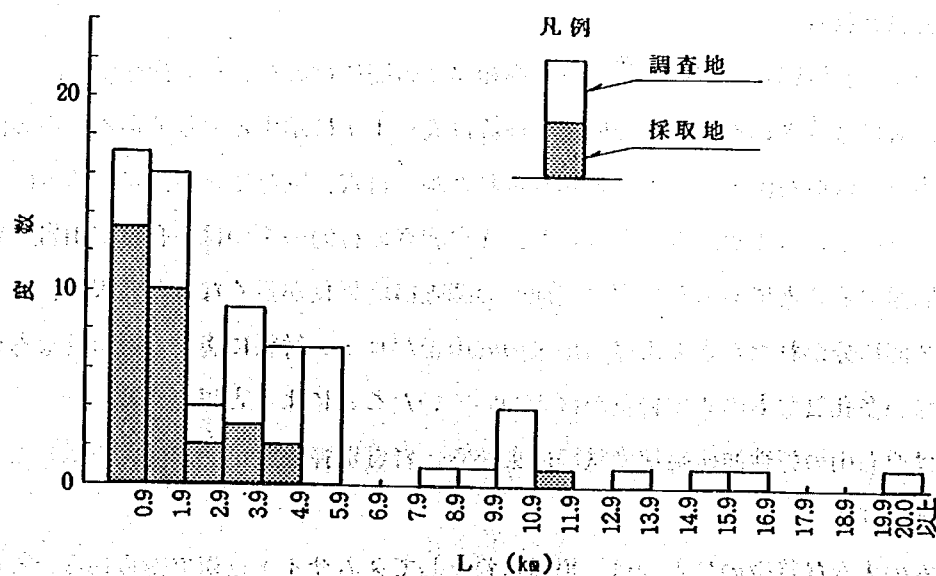


図-1.1 ダムサイト～調査地・採取地の距離

1.3 調査方法

材料調査の一般的な進め方は、まず、地形図・地質図など既存の資料を利用していくつかの候補地を選定し、それらについて現地踏査を行い、さらに弾性波探査、ボーリング調査、および試掘坑等による調査を行い、地質および使用可能材料の賦存量を把握していくという方法がとられる。また、調査精度の偏りをなくし調査上の重大な見落としをなくすために、特に試掘調査やボーリング調査ではグリッド方式が採用され、調査が進むにつれて、より詳細な地質情報を得たい箇所について間隔を詰めてゆく内挿法がとられる。図－1.2の事例ではその最小間隔は50m程度である。

表－1.6に各ダムの材料調査工事数量を、図－1.3(1)・(2)に採取量と調査工事数量の関係を示す。これらの図からは、両者の相関はあまり認められない。図－1.4はボーリング数量と横坑数量を対比したものである。

横坑延長が500m以上となっている原石山は岩屋ダムの桜橋原石山(983.4m)と白川ダム室の沢原石山(760m)であるが、横坑延長が長くなった理由はそれぞれ次のように考えられる。

岩屋ダム桜橋原石山の地質は大別すると基盤岩(白亜紀末～第三紀にかけて地上に噴出した石英斑岩とこれに岩脈あるいは岩株状に貫入する玢岩)および被覆層(河成段丘堆積層、崖錐堆積層など)に分けられる。広域地質調査によれば、この地域では全般的に風化作用がある程度進行しており、殊に標高の高い箇所では露岩も少なく軟質な風化層が存在している。また、採取予定範囲内には破碎帯が多く認められる。このように、ロック材用原石山の選定に対して必ずしも良好な地質状態ではないが、地理的条件(ダムサイトに比較的近い)をも考慮して、桜橋地区が原石採取地として選定された。また用土計画では、当地区の岩盤を岩塊の硬さと割れ目の間隔をもとに分類し盛立材料としての使用区分を作成し、5種類の材料(コア、フィルタ、ロックⅠ、ロックⅡ、およびコンクリート骨材原石)を採取する計画としている。以上のように、原石山の地質状況が必ずしも単純ではないことに加え、用土計画立案のために採取地の岩質およびその分布状況を詳細に把握する必要があったことが、調査横坑延長が長くなった要因と思われる。

白川ダムのロック材調査は昭和40年5月～昭和44年の間に行われ、その内容は1次、2次、3次および4次の4段階に区分される。調査の概要・経緯は表－1.7に示すとおりである。室の沢地区は2次調査を終えた時点では原石山として不適と判断されたが、材質、賦存量とも満足する地区が他に得られなかったため、再度調査(4次調査)を行った。4次調査の目的の1つは多孔質安山岩と緻密安山岩の境界を明確に把握することにあつた。室の沢地区の調査横坑延長が長くなった要因は、以上のように当地区の調査が2回に分かれたことおよび当地区の安山岩がロック材料に適する緻密質なものからロック材料には適さない多孔質なものまで岩質がばらついていていたことによるとと思われる。

表－1.8は原石山の弾性波伝播速度試験結果から、岩質別弾性波伝播速度値を示したものである。

1.4 採取地選定理由

フィルダムの大きな特徴のひとつは、堤体材料としてダムサイト近傍で得られるいろいろな材料を、そのままの状態、その特性に応じて用いることである。フィル材料の中でも特にロック材料は、その採取地の選定に際しては材質のみでなく、施工性、経済性などの点からも検討が加えられる。

表-1.2 ダムサイトの地質、採取地の地質

ダ ム 名	ダ ム サ イ ト の 地 質		採 取 地 の 地 質
	概 要	分 類	概 要
1 大 雪	先白亜紀の日高累層群とこれを覆う大雪火山噴出物および噴出の間に堆積した湖成堆積物。	S _I , (Q)	先白亜紀の粘板岩・砂岩（粘板岩が主）。
2 十 勝	先白亜紀の日高層群とよばれる堆積岩類（砂岩、粘板岩、輝緑凝灰岩）と角斑岩・輝緑岩等の岩脈。	S _I , (I _I)	先白亜紀の粘板岩とそれに貫入した角斑岩（3：7の割合で分布する）。
3 漁 川	第四紀洪積世の支笏火山噴出物。	I _{III}	第四紀洪積世の火山噴出物（熔結凝灰岩）。
4 御 所	新生代第三紀～第四紀の堆積岩類。	I _I , (Q)	新生代第三紀の火砕性堆積物（両輝石安山岩）。
5 白 川	新生代第三紀中新世に属する堆積岩類（砂岩、凝灰岩）。	(I _{II})～S _{II}	新生代第三紀の安山岩。
6 岩 屋	中生代白亜紀後期の石英斑岩（濃飛流板岩）。	I _{II}	同 左
7 寺 内	古生代の三郎変成帯に属する筑後変成岩類（主として黒色片岩）。	M	古生代二疊紀の黒色片岩。
8 福 地	粘板岩、一部砂岩	S _I	石灰岩
9 樽 水	第三紀中新世の高館火山岩類（安山岩と集塊岩の互層で集塊岩の方が卓越する）。	I _I	新生代第三紀の角礫凝灰岩・安山岩。
10 漆 沢	第三紀中新世の凝灰角礫岩、凝灰岩、安山岩および石英粗面岩。中でも凝灰角礫岩が広く分布する。	(I _I), I _{II}	第三紀中新世の安山岩・石英粗面岩。
11 七 北 田	第三紀中新世の地層と第四紀新期火山噴出物の地層。主として凝灰質砂岩、凝灰岩、凝灰角礫岩。	S _{II} , (I _{II})	第三紀中新世の玄武岩・複輝石安山岩。
12 前 川	新第三紀中新世の吉野層。火山礫凝灰岩が広く分布し、一部軽石質凝灰岩も分布する。	I _{II}	第三紀中新世の流紋岩。
13 四 時	古生代御所系系統の緑色片岩・珪質片岩。	M	同 左
14 手 取 川	古生代の片麻岩類と中生代の手取層群（礫岩、砂岩、頁岩）。	M, S _I	古生代の片麻岩、中生代の礫岩。
15 三 保	第三紀漸新世～中新世の安山岩質火山砕屑岩類およびこれを貫く安山岩。	I _I , (I _{II})	新生代第三紀中新世の安山岩質火山砕屑岩類（角礫凝灰岩）、安山岩。
16 広 瀬	ホルンフェルス（原石は中生代の砂岩・粘板岩）、花崗閃緑岩。	M, (I _I)	同 左
17 荒 川	新第三紀中新世の凝灰角礫岩、新第三紀鮮新世～第四紀更新世の安山岩および集塊岩。	I _{II} , (I _{III})	新第三紀鮮新世～第四紀更新世の安山岩。
18 双 葉	新第三紀中新世協方層（緑色凝灰岩層）、この上部を安山岩類がおおっている。	(I _{II}), I _I	安山岩。
19 武 利	新第三紀の火山噴出物を主体とする岩石（安山岩質および流紋岩質凝灰岩）。河床は砂礫層が厚い。	I _{II}	安山岩質凝灰岩。
20 高 瀬	中生代ジュラ紀以後の花崗岩類（花崗岩、閃緑岩および玢岩）。	I _I	河床砂礫。
21 七 倉	同 上	I _I	同 上
22 下 小 鳥	片麻岩	M	中生代の砂岩・礫岩。
23 南 原	中生代後期に侵入した花崗岩類とそれを貫くヒン岩、石英斑岩等の岩脈。	I _I	細粒花崗岩、中粒～粗粒花崗岩。
24 明 神	同 上	I _I	粗粒花崗岩
25 稲 村	石英片岩、緑色片岩、黒色片岩等の結晶片岩。	M	石英片岩、緑色片岩

およびダムサイトから採取地までの距離

分 類	ダムサイトから採取地までの距離 (km)		備 考
S _I	0.5, 0.7, 1.3		上 流
S _I , I _I	1.6		上 流
I _{III}	0.7		上流 リップラップ材料は河床礫を使用した。
I _I	3		リップラップ材料（輝緑凝灰岩）はダムサイトから30km離れた地区より採取した。
I _I	11.0		
I _I	1.0, 3.5		
M	0.6		上 流
S _I	4.3		
I _I , I _{II}	4		リップラップ材料（安山岩）は原石山より採取、ロック材料（主に角礫凝灰岩）は本体基礎などの掘削ずりを流用した。
I _I	1.0		
I _I	3.5		玄武岩を上流表層部に配置した。
I _I	2.46		上流側リップラップ材料（新第三紀中新世の安山岩）は購入材、運搬距離12.5km。
M	0~1.0		本体。洪水吐基礎掘削ずりおよびダムサイト直上流の原石山採取材料、その割合はほぼ1:1。
M, S _I	0.6, 1.2		上 流
I _I , I _{II}	0.3, 0.4, 0.6, 0.7, 1.1		最終的には、ダム湛水池内8ヶ所より採取。
M, I _I	(洪水吐)		
I _{II} , I _{III}	0.5, 1.0		
I _I	(洪水吐)		河床砂礫も使用した。
I _{II}	(洪水吐)		河床砂礫も使用した。
I _I	1.0, 2.0		掘削ずり（花崗岩類）も流用した。
I _I			
S _I	1.3		
I _I	0.7		湛水池内
I _I	0.5		湛水池内
M	1.0		下 流

表-1.3 ダムサイトから採取地までの距離 (ダムサイトの地質により分類)

ダムサイトの地質区分 (記号)	ダム数	ダムサイトから採取地までの距離 (km)												掘削岩を流用
		短 長 1	1.0 ~ 1.9	2.0 ~ 2.9	3.0 ~ 3.9	4.0 ~ 4.9	5.0 ~ 5.9	6.0 ~ 6.9	7.0 ~ 7.9	8.0 ~ 8.9	9.0 ~ 9.9	10.0 ~ 10.9	11.0 ~ 11.9	
中・古生代の堆積岩 (S _I)	4	3	3			1								2
新生代第三紀以降の堆積岩 (S _{II})	2				1								1	
新生代第三紀以前の火成岩 (I _I)	9	6	3	1	2	1								7
新生代第三紀の火山性堆積岩 (I _{II})	4	1	2	1										2
新生代第四紀の熔結凝灰岩 (I _{III})	1	1												1
変成岩 (M)	6	3	3											3
第四紀の堆積物 (Q)	0													
計	26*	14*	11*	2	3	2							1	15

* 手取川ダムのみ、MおよびS_Iの両者に含めた。

表-1.4 ロック材料の岩種

ダム名	中・古生代の堆積岩 S _I	新生代第三紀以後の堆積岩 S _{II}	新生代第三紀以前の火成岩 I _I	新生代第三紀の火山性堆積岩 I _{II}	新生代第四紀の熔結凝灰岩 I _{III}	変成岩 M	第四紀の堆積物 Q
1 大雪	粘板岩(砂岩)						
2 十勝	(粘板岩)		角斑岩				
3 漁川					熔結凝灰岩		
4 御所			両輝石安山岩				
5 白川			安山岩				
6 岩屋			石英斑岩				
7 寺内						黒色片岩	
8 福地	石灰岩						
9 樽水			安山岩	角礫凝灰岩			
10 漆沢			安山岩, 石英粗面岩				
11 七北田			玄武岩, 両輝石安山岩				
12 前川			流紋岩				
13 四時						緑色片岩, 珪質片岩	
14 手取川	礫岩					片麻岩	
15 三保			(安山岩)	角礫凝灰岩			
16 広瀬			花崗閃緑岩			ホルンフェルス	
17 荒川				安山岩	安山岩		
18 双葉			安山岩				
19 武利				安山岩質凝灰岩			
20 高瀬			花崗岩				
21 七倉			花崗岩				
22 下小島	砂岩, 礫岩						
23 南原			花崗岩				
24 明神			花崗岩				
25 稲村						石英片岩(緑色片岩)	
計	5	0	15	4	2	5	0

表-1.5 ロック材料として適合する岩石¹⁾

適当と考えられている岩石	注意して使用されるべき岩石
花こう岩類 玄武岩 安山岩 流紋岩 中生代以前の砂岩 石灰岩 珪岩	けつ岩 粘板岩 凝灰岩 新生代の砂岩 片麻岩 片岩 (節理が著るしいもの)

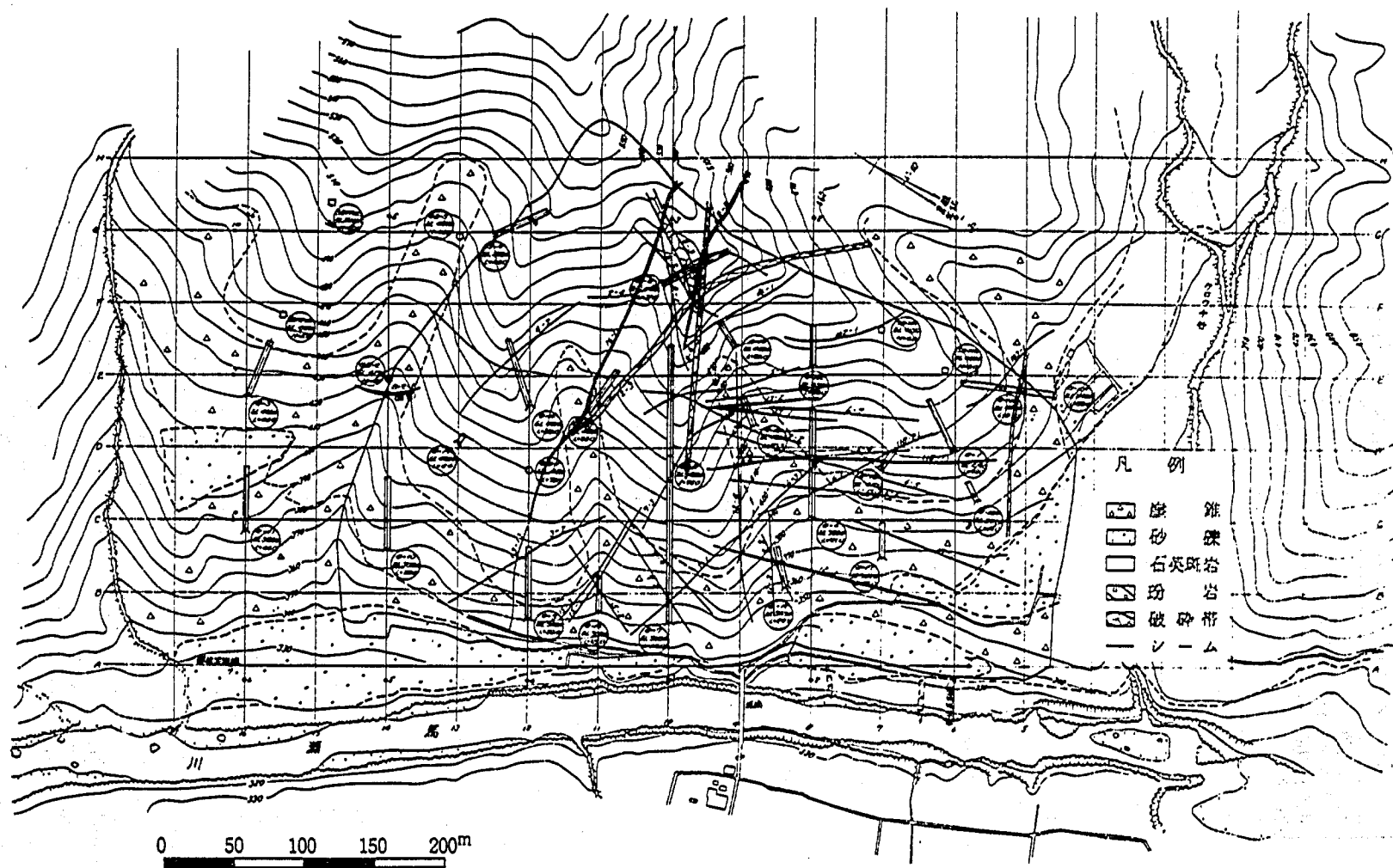


図-1.2(1) 原石山調査孔・坑配置の事例 (岩屋ダム桜橋原石山)

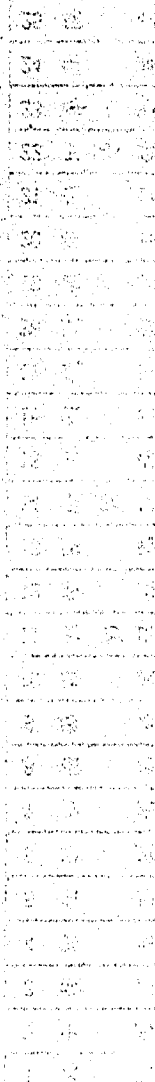


図-1.2(2) 原石山調査孔・坑配置の事例(稲村ダム一の谷採取場)

表-1.6 ロック材料調査工事数量

ダ ム 名	調 査 工 事 数 量					左欄の調査に対応する採取量		
	調 査 対 象	工 種						
		ボーリング	横 坑	弾 性 波	立 坑	名 称	m³	備 考
1 大 雪	ロック	3孔 (180m)	6坑 (152.6m)	4.1 km	13ヶ処 (m)	原石山ロック盛立量	2,645,000	実 績
2 十 勝	ロック		5 (315)			"	2,381,800	計 画
3 漁 川	原石山	13 (504)	4 (62)	2.3		"	440,500	"
4 御 所	見手森原石山	54 (1,494)	6 (350)			見手森地区ロック採取量	591,800	計画盛立量
5 白 川	ロック	18 (965)	16 (760)			ロ ッ ク 盛 立 量	1,718,000	実 績
6 岩 屋	桜橋原石山	3 (150)	23 (938.4)	4		桜橋地区ロック採取量	2,528,400	実績、地山量
7 寺 内	原石山(ロック・フィルタ)	14 (600)	3 (118)		3 (32)	原 石 山 採 取 量	1,680,600	実績、地山量
8 福 地								
9 樽 水	鳥上原石山(リップラップ)	2 (68)			15	リップラップ盛立量	46,624	実 績
10 漆 沢	駒泣せ原石山	6 (279)	11 (287.5)	1.8		ロ ッ ク 盛 立 量	1,637,000	計 画
11 七 北 田	原石山	23 (919.3)	3 (105)	磁気探査 1.6	3 (42)	ロ ッ ク 盛 立 量	1,894,000	計 画
12 前 川	原石山	—	7 (140)	1.0		ロ ッ ク 採 取 量	481,580	実 績
13 四 時	ロック	11 (252)	6 (207)	0.1		ロ ッ ク 盛 立 量	1,877,340	計 画
14 手 取 川	第1・2原石山	23 (1,243)	4 (130)			第1・2原石山ロック	7,000,000	採取予定量
15 三 保	野嵐原石山	3 (120)	3 (230)			野嵐原石山ロック	1,230,000	"
16 広 瀬								
17 荒 川	第1・2原石山	20 (1,177)	7 (255)			ロックⅠ・Ⅱ盛立量	2,539,000	予 定 量
18 双 葉								
19 武 利	ロック		2 (45)			ロ ッ ク 盛 立 量	67,150	実 績
20 高 瀬	3・4・5号採取地	23 (726.8)	6 (331)		32 (170)	3・4・5号採取地採取量	7,686,000	実績、盛立量
21 七 倉								
22 下 小 島	大朝原石山	10 (690)	3 (170)	2.1		ロ ッ ク 盛 立 量	2,737,000	計 画
23 南 原	ロック	6 (213.7)	8 (386.5)	コア山含む 6.7	6 (21)	ロック材原石山採取量	1,334,300	実績、盛立量
24 明 神	コア・フィルタ・ロック	4 (123)	8 (272.1)	ダムサイト含む 7.3	49 (256)	"	1,906,000	"
25 稲 村	コア・フィルタ・ロック	115 (4,588)	8 (332)	16.2	19	全 盛 立 量	3,100,000	実 績

採取地の調査工事数量がわかっている場合は、その数量と採取量を、それ以外は調査地全体の調査工事数量とロック盛立量を記載した。

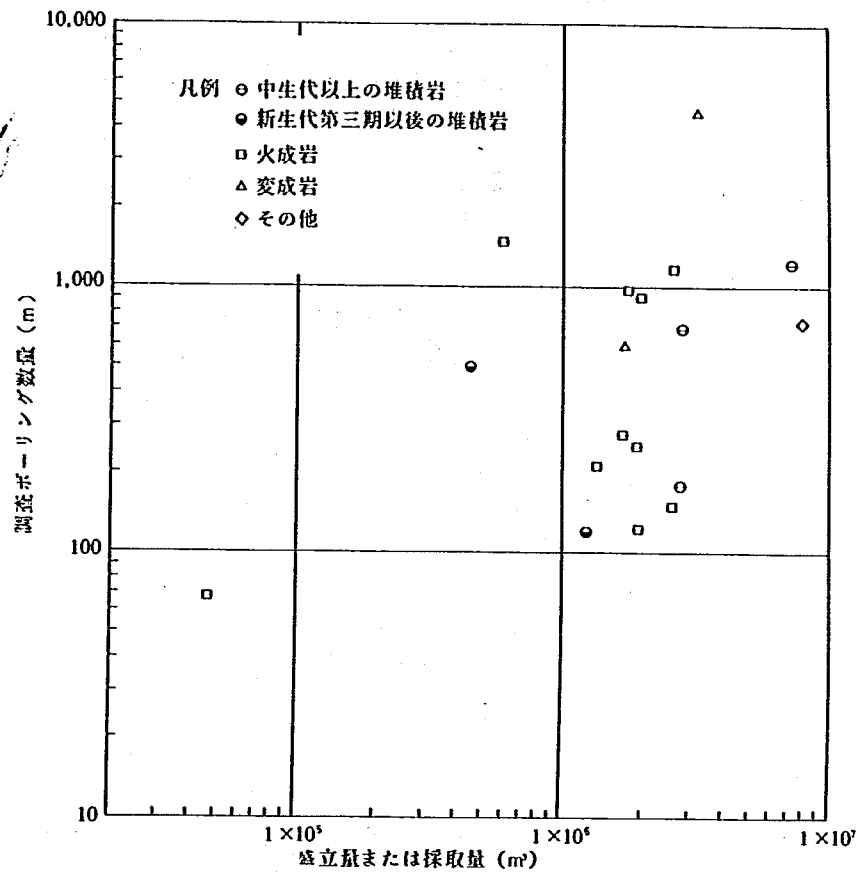


図- 1.3(1) 盛立量と調査ボーリング数量

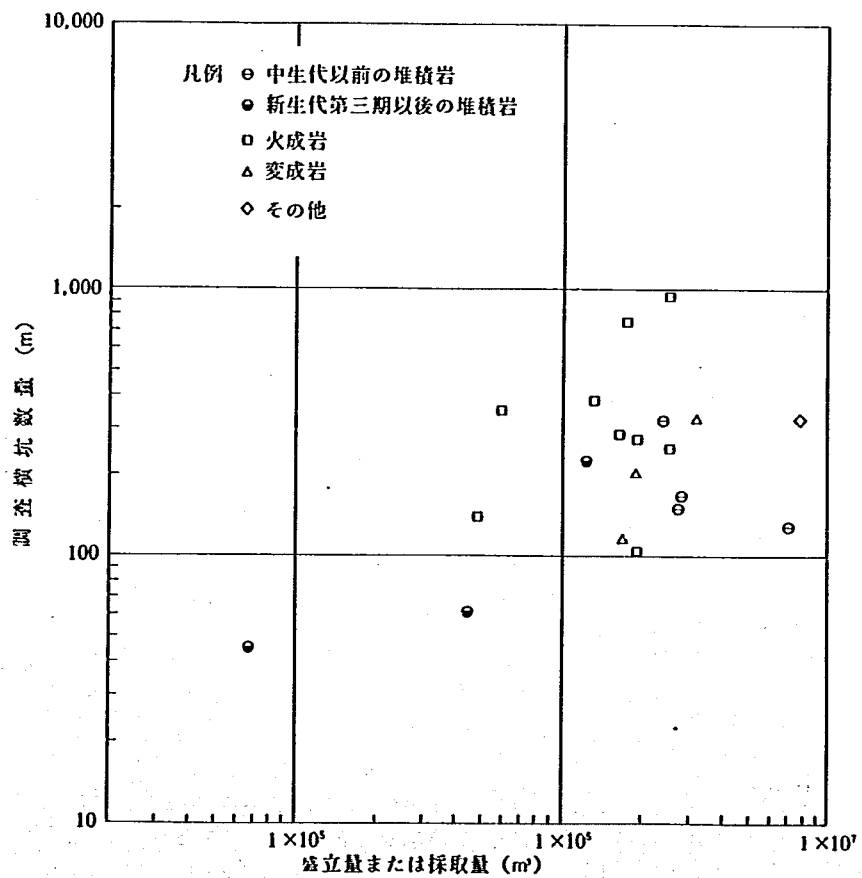


図- 1.3(2) 盛立量と調査横坑数量

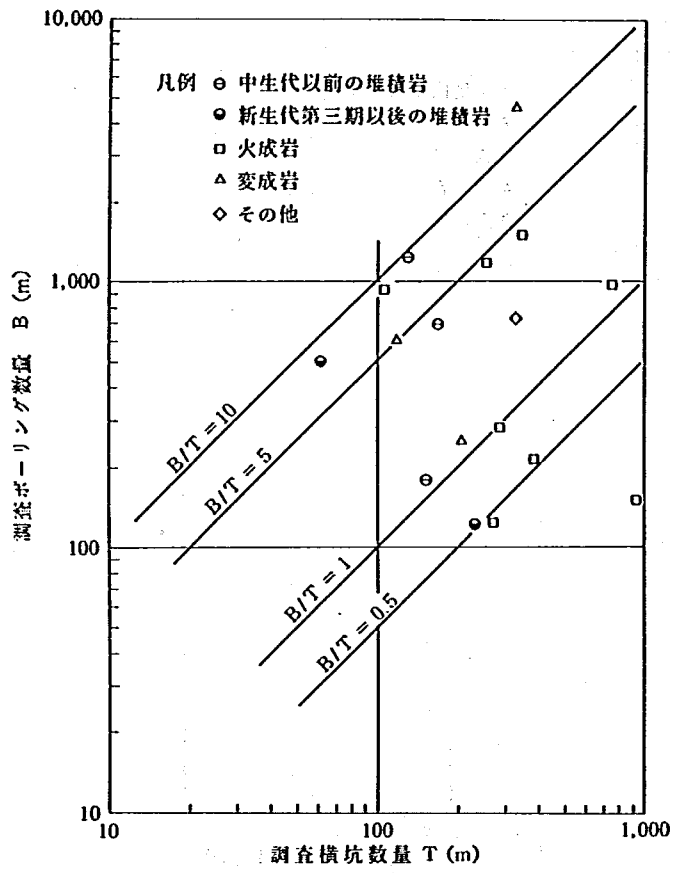


図-1.4 ボーリング数量と横坑数量

表-1.7 ロック材選定の経緯（白川ダム）

調 査	候 補 地	出 し ケ 峠	室 の 沢	岩 倉
一 次	ダムサイトとの距離	3.0 km	11.0 km	15.0 km
	調 査 時 期	S 40.5	S 40.8	S 40.8
	踏 査	○	○	○
	岩石試験		比 重 ・ 圧 縮	比 重 ・ 圧 縮
	調 査 結 果	風化が甚しい。	岩質は適する。	岩質は適する。
	判 断	不 適	適	適
調 査	候 補 地	室 の 沢		
二 次	調 査 時 期	S 40.9 ～ S 41		
	調 査 内 容	ボーリング及び、横坑により風化層の厚及び、岩石試験（比重、強度、吸水率、超音波、粘土鉱物試験）		
	調 査 結 果	岩質は安山岩で多孔質と緻密質に分かれ、大塊の採取は困難又、多孔質は、物理的性質も緻密質より劣り、膨潤性粘土を含有する。		
	判 断	不 適		
調 査	候 補 地	中 の 沢	小 坂	
三 次	ダムサイトとの距離	3.0 km	4.0 km	
	調 査 時 期	S 42 ～ S 44		
	調 査 内 容	ボーリング及び横坑、岩石試験		
	調 査 結 果	岩質は花こう岩と安山岩で、コア材に適するものが多く、ロック材としては量が不足である。	節理の発達した安山岩及び、熔岩で温泉作用、鉱化作用を受け、岩径も10cm以上が20%程度である。	
	判 断	不 適	不 適	
調 査	候 補 地	室 の 沢		
四 次	調 査 時 期	S 44		
	調 査 内 容	ボーリング及び横坑、岩石試験（一軸、粒度、超音波、比重、吸水）		
	調 査 結 果	虚空蔵山の東側には、吸水率の高い多孔質の安山岩が分布し、西南側には、緻密安山岩が分布している。 又採取条件として、南側は家屋、河川に接近しているので河川の汚濁及び、騒音等の公害が生ずる恐れがある。		
	採 取 地	西側斜面より緻密安山岩を採取することに決定した。		

表-1.8 原石山の弾性波伝播速度

ダ ム 名	原 石 山 の 地 質	弾性波伝播速度 (km/s)										備 考
		0	1	2	3	4	5	6				
大 雪	先白亜紀の粘板岩, 一部砂岩				C	ⓑ	A					
寺 内	古生代二疊紀の黒色片岩				D, C _L	C _L ~C _H						ダムサイト岩盤試験のデータ
岩 屋	中生代白亜紀後期の石英斑岩			C _L	C _M	C _H						C _L : 上部風化帯, C _M : 下部風化帯, C _H : 岩盤
双 葉	(新第三紀中新世以後の) 安山岩				上部		下部					新第三紀の緑色凝灰岩層をおおっている安山岩
漁 川	第四紀洪積世の火山噴出物 (溶結凝灰岩)					①	②					①: 高溶結凝灰岩, ②: 極高溶結凝灰岩
三 保	新生代第三紀中新世安山岩質火山碎屑岩類 (角礫凝灰岩)		①		②			③				①: 上部風化層, ②: 風化漸移層, ③: 新鮮

表-1.9 採取地選定の要因

ダム名	採取地選定の要因
1 大雪	質・量ともに所要のものが得られる。
2 十勝	
3 漁川	質・量ともに満足するものが得られなかったため、上流700 mの溶結凝灰岩をロック材料に決定。
4 御所	品質的には他の地区よりも劣るが、絶対量が多いこと、運搬距離が短いこと、工事用道路が短かくてすむことなどにより選定した。
5 白川	距離的には不利であるが、材質・賦存量ともに満足する。
6 岩屋	風化作用の影響の少ないこと、ダムサイトに比較的近いこと、施工性、経済性。
7 寺内	2つの候補地について施工性・地形などを比較。
8 福地	質・量
9 樽水	ロック：ダムサイト付近（500～1,000 m以内）で質的に使用可能なもの。 リップラップ：質的に同等なものについてコスト比較を行った。
10 漆沢	欠点はあるが、これに匹敵する原石山が周囲にない。
11 七北田	
12 前川	材質、賦存量、運搬距離。
13 四時	
14 手取川	ダムサイトから手ごろな距離にあること、採取場が十分広くとれること。材質を重視し第1原石山を採取地としたが、採取範囲を拡大するという観点から質的に劣る第2原石山も採取地とした。
15 三保	技術的な理由（材質、賦存量、採取条件）のみでなく、社会的な制約もあった。
16 広瀬	洪水吐設置標高以上の切取部をロック材に使用することを余儀なくされた。
17 荒川	
18 双葉	
19 武利	
20 高瀬	景観保全のため採取地は湛水予定地内に設定し、またトンネルなどの掘削ずりは堤体材料として利用し、土捨場は極力設置しないこととした。
21 七倉	（高瀬ダムと同じ）
22 下小島	経済性（運搬）、材質などを総合的に検討。
23 南原	崖崩壊・風化層がうすい。完成後の景観に問題が少ない。
24 明神	貯水池内の花崗岩はロック材として使用可能であると判断した。
25 稲村	

2. 材料試験

2.1 実施した試験

建設省技術研究会報告（第29回，昭和50年）²⁾の「フィルダムの設計と施工に関する研究」では、フィルダムの材料試験をダムの建設段階により3期（第Ⅰ期：材料の調査および選定，第Ⅱ期：設計値および施工管理基準の決定，第Ⅲ期：施工管理）に分類し，また各段階における試験を内容により3種類（A：すべての材料について実施すべき試験，B：材料によって実施すべき試験，C：必要に応じて実施される試験）に分類している（表-2.1）。

表-2.2は，今回調査したダムで，前述の第Ⅰ・Ⅱ期にロック材について実施した試験名を示したものである。これによれば，「材料により実施すべき試験」である耐久性試験および現場転圧試験も，ほとんどのダムで行われている。このことは，材料の性質を十分に把握しようとする努力がなされていることを示すものと思われる。

2.2 試料採取地

表-2.3に，試料の採取地・採取方法，および本施工のロック材料採取地を示す。

2.3 試験法および試験値

2.3.1 比重・吸水量試験

比重の測定には，JIS A 1110および JIS A 1202が用いられており，粒径15mmまたは20mm以上の材料について前者の方法を，それ以下の材料について後者の方法を適用するというふうに，粒径により試験法を使い分けている。さらに，同じ試験法を適用して粒径ごとの比重を測定している例もある。しかし，異なった試験法で得られた値や粒径ごとに得られた値を，どのように処理して試料を代表する値としているかという点については，今回の調査では不明であった。

建設省技術研究会で作成した「フィルダム材料の試験要領（案）」²⁾では，粗粒材料の比重および吸水量を求める場合の試験法とそれを適用する粒度を次のように制限している。「粗粒材料の比重および吸水量を求めるには，まず粒径5mmで分級する。5mm以上の粗粒な材料については，JIS A 1110を適用する。5mm以下の細粒な材料については，0.15mm以下が10%以下のときには5mm以下の全体材料について JIS A 1109 を適用する。0.15mm以下が10%以上あるときは，0.15mm～5.0mmの粒径の範囲にあるものについてのみ JIS A 1109 を適用し，さらに，5mm以下の全体材料について JIS A 1202 の試験を行う。JIS A 1109 において0.15mm以下の細粒分が多くなると正確な吸水量を求めることが困難であるので，上記のように適用する粒度を制限する。」

表-2.4は，各ダムのロック材料の物性値を示したものである。表中のGg，Ga，およびGbはそれぞれ真比重，表乾比重，および絶乾比重であり次式で定義される。

$$Gg = \frac{A}{A - C} \quad \text{ここに } A : \text{絶乾重量}$$

$$Ga = \frac{B}{B - C} \quad B : \text{表乾重量}$$

$$Gb = \frac{A}{B - C} \quad C : \text{水中重量}$$

今回調査した資料には、比重として示した値が上記のいずれかを明示していないものが少なかった。そのため、表-2.4の比重 (Gg, Ga, Gb) は、「JIS A 1110により求めた」としている値は表乾比重 (Ga) とみなし、Gg, Ga, Gb, および吸水率のうち2つ以上の値が既知のものについて計算により求めた値である。計算で求めた値は () 書きとした。

図-2.1は、表-2.4をもとに岩石の絶乾比重と吸水率の関係を示したものである。これらの値は材料調査・試験の初期に得られた値も含んでいるため、既設ダムロック材料の物性値をそのまま代表しているとは言えないが、図中のBに属する岩をロックゾーンの主材料として用いた場合は、堤体の表層部を良質岩で保護 (リップラップ) しており、一方、Aに属する岩はロック材およびリップラップ材として用いられているようである。

図-2.2および図-2.3は、それぞれ岩種別の絶乾比重および岩種別の吸水率を示したものである。なお、両図とも記号1個が1ダム1岩種の平均値 (表-2.4の値の単純平均) を示している。

2.3.2 一軸圧縮強度試験

岩片の硬さを調べる試験法としては一軸圧縮試験が一般的である (表-2.2参照) が、岩片の一軸圧縮強度は得られる値が広い範囲に分布している (表-2.4参照)。これは、供試体の岩質そのもののバラツキ以外に、ヘアクラックの有無や試験方法 (岩片の層理の方向と加圧方向の関係) などの影響も大きいと思われる。後者の例として四時ダムの岩石試験結果を表-2.5に示す。

図-2.4は岩種別の一軸圧縮強度を示したものであり、図-2.5は吸水量と一軸圧縮強度の関係を示したものである。新生代第三紀以前の火成岩 (I₁) の一軸圧縮強度は 200 kg/cm² 程度から 1800 kg/cm² 程度まで広い範囲に分布しているが、吸水率が小さいほど一軸圧縮強度の値は大きくなる傾向がみられる。なお、両図とも記号1個が1ダム1岩種の平均値 (表-2.4の単純平均) を示している。

2.3.3 耐久性試験

ロック材料の耐久性を調べる試験法としては、安定性試験、凍結隔解試験、すりへり試験、風化試験などが行われている。以下に、大雪ダムと樽水ダムの風化試験の概要を示す。

① 大雪ダム風化試験

耐久性を示す指標の一つとして次のような風化試験を行った。風化度は次式で定義される。

$$\text{風化度 (I)} = \frac{\text{それまでにはく離した細粒のうち 4.76 mm フリイを通過する部分の乾燥重量}}{\text{初期の乾燥重量}}$$

試験は、温度 80℃ ~ 0℃、湿度 70 mmHg ~ 3 mmHg の繰返し (8 サイクル/日) を与えるもので、風化度 (I) とサイクル数 (t) の間には次式が成立するとして整理したものである。

$$t = \frac{L}{\zeta} \{ 1 - (1 - I)^{1/\beta} \}$$

ここに、I : 風化度

L : 供試体を立方体としたときの初期辺長

ζ : 実験定数

β : 同上

② 樽水ダム風化試験

ロック材の耐久性試験として、凍結融解試験および安定性試験以外に野外風化試験を行った。試験は、試料を直接地表にさらす方法、硬岩で被覆する方法、および水槽を利用し水浸・非水浸による方法の3種類の方法により行い、風化度の指標として重量減少率をとった。それぞれの試験法・装置の概要を図-2.6に示す。

ロック材料耐久性試験結果の一部を表-2.4に示すが、「安定性損失量100%」や「凍結融解129サイクルで破壊」の材料もロック材として用いられている。これらの試験結果は材料の耐久性を示す1つの指標と考えるべきであり、採取地選定時のよりどころとするだけでなく、以後の設計および施工に反影させることが大切である。

2.3.4 セン断試験

ロック材のせん断試験は全ダムで行われている。試験法は、大型一面せん断試験、大型(超大型)三軸圧縮試験、および安息角試験であるが、前二者が主である。せん断試験は数種類の密度状態について行われており、さらに粒度(最大粒径、均等係数など)や粒子形状を変えて、研究的な試験を行っている例もみられる。

表-2.6は、各ダムのロックせん断試験結果の一部を示したものである。表中の密度は、調査資料に初期密度、圧密後密度、およびせん断後密度を明示してあった場合は初期密度を採用したが、資料の中には密度とのみ表示し前出の三者のいずれか不明なものもあった。比重(G_g 、 G_b)については、2.3.1比重・吸水量試験の項と同様に計算で求めたものが多い。

図-2.7(1)・(2)、図-2.8(1)・(2)は、試験機別(一面せん断、三軸圧縮)に、さらに試料の粒度別(均等係数 <10 、均等係数 ≥ 10)にせん断抵抗角と間隙比の関係を図示したものである。この場合の間隙比は絶対比重による間隙比を用いている。

均等係数10以上の材料の三軸圧縮試験結果では、間隙比の減少によるせん断抵抗角の増大傾向は、他のケース(大型一面せん断試験結果、均等係数が10未満の材料の大型三軸圧縮試験結果)に比べて材質による差が少ないようである。均等係数10未満の材料の三軸圧縮試験結果では、事例数が少ないが、間隙比の減少によるせん断抵抗角の増大傾向はあまりみられない。一面せん断試験の結果は三軸圧縮試験に比べて、同一間隙比で得られるせん断抵抗角のバラツキが大きい。

2.3.5 室内透水試験

室内透水試験は6ダムで行われている。それらによれば、ロック材料の透水性は密度(間隙比)に影響されるという結果が得られている。また、南原・明神ダムでは、均等係数、間隙比、および10%粒径を要因として試験を行ったが、実施した範囲内では透水係数は均等係数・間隙比にはあまり影響されず、10%粒径により大きく変化するという結果が得られている。

図-2.9(1)~(5)にロック材料透水試験結果の例を示す。

2.3.6 室内締固め試験

室内締固め試験は9ダムで行われている。試験結果を表-2.7に、試験法の概要を表-2.8に示す。

図-2.10(a)~(e)は、表-2.7をもとに締固めエネルギーと間隙比(絶対比重による間隙比)の関係

を示したものであるが、JIS締固めエネルギー ($E_{CJIS} \doteq 5.6 \times 10^4 \text{ m} \cdot \text{kgf}/\text{m}^3$) の2～3倍のエネルギーではほぼ最大密度となりそれ以上締固まらず、締固めの初期は同じエネルギー量による締固め効果が大い。

四時ダムの例では、均等係数の大きい材料の方が同一締固めエネルギーで得られる間隙比が小さいという結果が得られている。ここで、表-2.7をもとに均等係数と間隙比の関係を図示すると図-2.11のようになる。図中の直線 e_0 、 $e_{1.0}$ および $e_{2.0}$ は、それぞれ締固め前の間隙比、 $1.0 \times E_{CJIS}$ で得られる間隙比、および $2.0 \times E_{CJIS}$ で得られる間隙比を最小二乗法により均等係数の関数として表わしたものである。また、図中の直線 e_{min} は、土木研究所フィルダム研究室で下記に示す試験装置・方法により実ダムのロック材料を試料として行った締固め試験結果から求められた、最小間隙比と均等係数の関係である(図-2.12参照)^{3) 4)}。

図-2.11、図-2.12から次のようなことが言える。

- ① ロック材料を締固めて得られる間隙比は、材料の均等係数に大きく影響される。
- ② 試験の範囲内では、同じ締固めエネルギーで得られる間隙比は均等係数が大きい材料ほど小さい。
- ③ 均等係数が等しい材料でも得られる間隙比にバラツキがある。この原因としては、均等係数以外の材料特性(曲率係数、粒子形状など)も締固め易さに影響を与えていることが考えられる。

($e_{min} = 0.694 \cdot U_c^{-0.36}$ を求めた試験装置・方法)

図-2.13に振動締固め試験機を、表-2.9に締固め仕様を示す。振動時には試料上面の乱れを防ぐために上面に $0.5 \text{ kgf}/\text{cm}^2$ 程度の上載応力を与える。締固め手順を以下(①～⑤)に示す。

- ① 試料を試験粒度分布に従い粒径毎に必要量を計量する。
- ② ①によって計量されたものを各粒径毎に6等分した後、等分された各粒径を混合して試験粒度分布状態の試料を6個作成する。
- ③ モールドを振動テーブル上に固定する。
- ④ 締固め層数は6層とする。②で準備された試料を各層毎にハンドスコップで静かにモールド内にまき出した後に鉛直方向に加振し締固めを行う(8分/層)。
- ⑤ 締固め終了後、供試体上面にスチール板をのせてこれにスチール定規を立て、モールドカラー上面の基準面までの高さを5点測定し平均値を求める。供試体高さは予め測定してあるモールド底から基準面までの高さよりこの平均値とスチール板の厚さを差し引き求める。

表-2.1 フィルダムの材料試験一覧表²⁾

	第Ⅰ期 材料の調査及び選定		第Ⅱ期 設計値及び施工管理基準の決定		第Ⅲ期 施工管理	
	土質材料 (S)	粗粒材料 (R)	土質材料 (S)	粗粒材料 (R)	土質材料 (S)	粗粒材料 (R)
どのような材料でも実施すべき試験 (A)	I SA ₁ , 粒 度 I SA ₂ , 含水率 I SA ₃ , 比 重 I SA ₄ , コンシ ステンシー I SA ₅ , 締固め (標準) I SA ₆ , 透 水 (標準)	I RA ₁ , 粒 度 I RA ₂ , 比重及 び吸水率 I RA ₃ , 一軸圧 縮強度	II SA ₁ , 粒 度 II SA ₂ , 含 水 量 II SA ₃ , 比 重 II SA ₄ , 締 固 め (エネルギー変化) II SA ₅ , 透 水 (エネルギー変化) II SA ₆ , せ ん 断 (CU飽和) II SA ₇ , 現場転圧	II RA ₁ , 粒 度 II RA ₂ , 比重及 び吸水率 II RA ₃ , 大型せ ん断 (CD'不飽和)	III SA ₁ , 粒 度 III SA ₂ , 含 水 量 III SA ₃ , 締 固 め III SA ₄ , 透 水 III SA ₅ , 現場密度	III RA ₁ , 粒 度 III RA ₂ , 比重及 び吸水率 III RA ₃ , 現場密 度
材料により実施すべき試験 (B)	I SB ₁ , 締固め (エネルギー変 化) I SB ₂ , 透 水 (エネルギー変 化)	I RB ₁ , 耐久性	II SB ₁ , 大型締固め (エネルギー変化) II SB ₂ , 大型透 水 (エネルギー変化) II SB ₃ , せ ん 断 (UU 不飽和)	II RB ₁ , 一軸圧 縮強度 II RB ₂ , 室内締 固め II RB ₃ , 大型せ ん断 (CD 飽和) II RB ₄ , 現場転 圧	III SB ₁ , 現場透 水	
必要に応じ実施する試験 (C)	I SC ₁ , 有機物 I SC ₂ , 水溶性 成分含量 I SC ₃ , 吸水膨 張 I SC ₄ , IE 密 I SC ₅ , せん断	I RC ₁ , 有機物	II SC ₁ , コンシステ ンシー II SC ₂ , IE 密 II SC ₃ , せ ん 断 (CU 不飽和)	II RC ₁ , 耐久性 II RC ₂ , 大型透 水 II RC ₃ , 大型せ ん断 (CU)	III SC ₁ , 比 重 III SC ₂ , コンシステ ンシー	III RC ₁ , 大型せ ん断 III RC ₂ , 現場透 水

表-2.2 ロック材料の試験

	粒 度	比 重・吸 水 量	有 機 物 含 有 量	空 締 固 め	空 透	内 水	大 型 せん 断 寸 法 の 単 位 は 一 面 (m), 三 軸 (mm)	現 場 圧	耐 久 性	一 軸 圧 縮 強 度	そ の 他 の 試 験
1 大 雪	○	JISA1110					安息角 一面 2.5×2.5×0.9	○	風化試験	○	
2 十 勝	○	真比重・みかけ比重					一面 2.5×2.5×0.9	○	凍結隔解, 安定性	○	超音波伝播速度, 圧裂引張強度, ベージ衝撃, ショア-硬度(注1)
3 漁 川	○	○					一面 $\phi 1.13 \times 0.6$	○	安定性, すりへり	○	超音波伝播速度, 圧裂引張強度, ベー ジ衝撃, ショア-硬度, 溶結度(注2)
4 御 所	○	100mmで区分					一面 三軸 $\phi 300 \times 600, \phi 1200 \times 2400$	○	凍結隔解 安定性, すりへり	○	
5 白 川	○	○					一面 1.5×1.5×0.6	○	凍結隔解	○	超音波伝播速度
6 岩 屋	粒子形状	真比重・みかけ比重		相対密度 試験	○		三軸 $\phi 300 \times 700$	○		○	
7 寺 内	○	+9.52mm JISA1110 -9.52mm JISA1202		○			一面 1.18×1.48×0.85 三軸 $\phi 300 \times 700$	○			
8 福 地	○	○		○			三軸 $\phi 100 \times 300$	○	摩 耗		
9 樽 水		JISA1110					一面 1.0×1.0×0.65	○	凍結隔解 安定性, 風化	○	超音波伝播速度, ショア-硬度
10 漆 沢		○					一面 1.0×1.0×0.65		凍結隔解 安定性, すりへり	○	単位重量
11 七 北 田	○	+20mm JISA1110 -20mm JISA1202		○			一面 1.18×1.48×0.85 三軸 $\phi 300 \times 600$	○	凍結隔解 安定性, すりへり		
12 前 川	○	○					三軸 $\phi 300 \times 600$	-			
13 四 時	○	JISA1110 JISA1202		○	○		三軸 $\phi 300 \times 600$	○	安定性	○	超音波伝播速度
14 手 取 川	○	+15mm JISA1110 -15mm JISA1202					一面 1.18×1.48×0.85 三軸 $\phi 300 \times 700$	○	安定性, すりへり	○	ロックウェル硬度
15 三 保	○	+15mm JISA1110 -15mm JISA1202		○	○		一面 2.0×2.0×1.05 三軸 $\phi 300 \times 600$	○			
16 広 瀬	○	○					一面 (上称) 2.3×2.3×0.55		安定性, すりへり	○	
17 荒 川	○	○(ロック状と骨材状に区分)					一面 三軸	○	安定性, すりへり	○	超音波伝播速度
18 双 葉	○	○					安息角 三軸 $\phi 300 \times 600$	○			
19 武 利	○	○					三軸 $\phi 300 \times 700$	○	安定性, すりへり	○	
20 高 瀬							安息角, 一面 1.5×1.5×0.6 三軸 $\phi 300 \times 600$	○			(築堤材料について行った試 験法の明示はあるが、材料 別には示されていない。)
21 七 倉											
22 下 小 島	粒子形状	○					三軸 $\phi 500 \times 1000$	○	凍結隔解 安定性, すりへり	○	
23 南 原	○	○		○	○		三軸 $\phi 300 \times 700$				圧 密
24 明 神	○	○		○	○		三軸 $\phi 300 \times 700$				圧 密
25 稻 村	粒子形状	19.1mmで区分		○	○		一面 三軸	○	乾燥くり返し 安定性		

注 (1) 十勝ダムフィル材料に関する資料, S.49.7 より

(2) 漁川ダム試験設計施工に関する報告より

(3) フィルダムの施工報告, S.51.8 より

表-2.3 ロック材料の

	ゾーン	せん断試験材料
1 大雪	ロック	第1原石山粘板岩、道路発生材粘板岩
2 十勝	ロック	
3 漁川	ロック	
4 御所	ロック	見手が森安山岩
5 白川	ロック	室の沢原石山試掘横坑
6 岩屋	ロック	桜橋原石山材料 (C _H , C _M , C _L)
7 寺内	ロック	一面せん断：調査横坑 (TT-1) より採取
8 福地		原石山より発破採取
9 樽水	ロック	
10 漆沢		
11 七北田	ロックA ロックB	現場転圧試験に用いた試料 (三軸) 採取地よりユンボで掘削・採取 (三軸)
12 前川	ロック	原石山横坑 (T-5)
13 四時	ロック	細・中粒材：仮排水トンネル掘削ずり置場から採取。 粗粒材：〃下流坑口より680 m地点の掘削ずり。
14 手取川	ロック	横坑RT-1, RT-3, T-1より採取。
15 三保	ロック	小畑・尾崎・野嵐原石山より発破採取した材料、連絡水路掘削ずり。
16 広瀬	ロック	発破により得られた大きな粒径のものをハンマーで小割した粒径200 mm以下の材料
17 荒川	ロック	ダムサイト左岸横坑
18 双葉	ロック	河床砂礫、仮排水トンネル掘削ずり。
19 武利	ロック	河床堆積砂利、ダム軸左岸試掘横坑
20 高瀬		
21 七倉		
22 下小鳥		
23 南原		
24 明神		
25 稲村	ロック	一の谷採取場

採取場所（試験～施工）

盛立試験材料	本施工材料
	第1・3・4原石山ロック、堤体基礎・余水吐・取水塔・管理所・工事用道路流用ロック、河床礫
仮排水路掘削岩	原石山ロック、本体および関連工事の流用ロック
S.48年度発破試験材料,800 mm以下を目安に採取	原石山ロック、本体・洪水吐の流用ロック
	原石山ロック
室の沢原石山より採取、粒度調整はしていない。	原石山ロック（本体掘削岩は全量捨土した）
ロックⅠ：桧橋原石山材 ロックⅡ：取水口掘削すり+桧橋原石山材	桧橋・新田原石山ロック、洪水吐・発電所の流用ロック
（ロック材の対象になる材料）原石山EL100 mより採取	第1・2原石山ロック、本体・洪水吐・他の流用ロック
原石山より発破採取	原石山ロック
ロック材料の平均的性質を示すと推定される角礫凝灰岩でダムサイト左岸トレンチカット部から採取したもの。	ロック材料は本体掘削流用材、リップラップ材は原石山採取材。
	原石山ロック、洪水吐流用ロック
	原石山ロック
	原石山ロック
（仮置場内で実施）	原石山ロック、洪水吐流用ロック
第1原石山礫岩 第2原石山片麻岩	原石山ロック
小畑原石山発破試験材料	原石山（8ヶ所）ロック、流用ロック
	原石山ロック（洪水吐設置箇所）
河床砂礫	河床砂礫 洪水吐流用ロック（原石山）
河床砂礫、洪水吐掘削岩の良質なものを	河床砂礫 洪水吐流用材
	1～5号採取場 原石、流用すり
	1～4号採取場 流用土、発電所・道路すり
	原石山ロック
	原石山ロック、河床礫、ダム基礎・洪水吐・発電所掘削すり
	原石山ロック
一の谷採取場発破試験	一の谷採取場

表-2.4 ロック材料の物性値(材料試験)

ダム名 (図-2.1の 記号)	岩 種		採 取 地	比 重			吸 水 率 (%)	一軸圧縮強 度 (kg/cm ²)	耐 久 性 (備 考)	試 験 名
	名 称	分類		真 Gg	表 乾 Ga	絶 乾 Gb				
1. 大 雪 ●	粘板岩	S _I	第一原石山大発破試験	(2.66)	2.60	2.56	1.45	144	温湿度くり返し1.1~5.5×10 ⁶ サイクルで10%風化	岩石試験
	" (上等)	"	"	(2.66)	2.62	2.59	1.00	190	" 0.4~3.7×10 ⁴ "	
	" (中等)	"	"	(2.68)	2.61	2.58	1.40	178	" 0.8~2.0×10 ⁴ "	
	" (下等)	"	"	(2.68)	2.59	2.52	2.31	252	" 1.4~2.1×10 ⁴ "	
	"	"	第一原石山	(2.695)	2.612	(2.563)	1.9			せん断試験
	"	"	道路発生材	(2.736)	2.621	(2.555)	2.6			
2. 十 勝 ▲ 角斑岩 △ 粘板岩	角斑岩 KL	I _I	原石山(風化)	2.62	2.54	2.51	(1.2)	412	凍結融解2.59%/1000サイクル	岩石試験 S.50.1.27
	" KM	"	" (やや風化)	2.65	2.58	2.56	(0.8)	1,727	" 2.41%/ "	
	" KH	"	" (未風化)	2.67	2.60	2.58	(0.8)	1,892	" 0.05%/ "	
	"	"	ダムサイト地表	2.63	2.54	2.51	(1.2)	1,422		
	花崗斑岩(風化)	"		2.63	2.59	2.57	0.64	1,190	安定性損失量0.12%凍結融解	" S.48.10.22
	" (新鮮)	"		2.66	2.63	2.61	0.67	1,545	" 0.15%凍結融解0.05~6.79%/1000サイクル	
	粘板岩(新鮮)	S _I	原石山	2.72	2.65	2.61	(1.53)	422	凍結融解97%/1000サイクル	
			仮排水路掘削岩	(2.723)	2.624	(2.567)	2.23			
3. 漁 川 ⊗ ●	溶結凝灰岩	I _{III}		(2.47)	2.28	(2.15)	6.1		(qu = 500~1000 kg/cm ²)	せん断試験
	砂 礫			(2.79)	2.61	(2.51)	4.07			
4. 御 所 □	両輝石安山岩	I _I	見手が森(南西側)	(2.660)	2.03~2.43	(1.971)	7.0~19.3	165~193	安定性13.5~100%	材料調査
	"	"	"	2.495	2.18	(1.969)	10.7			S.49まで直 営物理試験
	"	"	"	2.528	(2.220)	(2.018)	10.0			土研三軸
	"	"	"	2.517	2.25	(2.071)	8.66			マルフジ三軸
	輝緑凝灰岩	S _I	築川座	2.813	2.796	2.787	0.325		安定性0~0.1%	物理試験
	両輝石安山岩	I _I	見手が森	(2.504)	2.23	2.06	8.6			盛立試験
5. 白 川 ⊗	緻密安山岩A	I _I		(2.695)	2.61	2.55	2.11	760	空の沢岩片:凍結融解2~3%/300サイクル	岩石試験
	" B	"		(2.703)	2.59	2.52	2.68	440		
	"	"		2.65	2.53	(2.46)	3	400~750		一般的性質
	多孔質安山岩A	"			2.61(?)	2.41	2.97	730	(多孔質はロック材料として使用しない。)	岩石試験

表-2.4 のつづき ①

ダム名 (図-2.1の 記号)	岩 種		採 取 地	比 重			吸 水 率 (%)	一軸圧縮強 度 (kg/cm ²)	耐 久 性 (備 考)	試 験 名
	名 称	分類		真 Gg	表 乾 Ga	絶 乾 Gb				
	多孔質安山岩B	I _I		(2.69)	2.51	2.41	4.25	420		
	" C	"		(2.68)	2.50	2.41	4.16	370		
6. 岩 屋 ①	石英斑岩	I _I	桜橋G-2 5~20m	(2.653)	2.465~2.524	(2.399)	3.23~4.75			爆破試験
	"	"	" G-3 10~50m	(2.639)	2.577~2.623	(2.576)	0.50~1.35	1,785~2,900		
	"	"	" G-8 19m	2.640	2.623	(2.549)	2.89			
	"	"	" G-3 29m	2.650	2.637	(2.623)	0.55			
	"	"	" " 48m	2.653	2.641	(2.632)	0.33			
	"	"	妙見谷M-1 10~20m	(2.633)	2.524~2.544	(2.473)	1.94~2.98	1,575		
	"	"	" M-1 30~50m	(2.648)	2.557~2.593	(2.531)	1.31~2.19	1,560		
	"	"	" M-2 10~80m	(2.631)	2.480~2.580	(2.469)	1.60~3.38			
	" C _H	"	桜橋G-3	2.654	(2.629)	(2.613)	0.59			力学試験
	" C _M	"	" G-6	2.655	(2.576)	(2.529)	1.88			
	" C _L	"	" G-8	2.628	(2.502)	(2.424)	3.20			
	" ロックI	"	"	(2.620)	2.570	(2.540)	1.20			盛立試験
	" ロックII	"	取水口掘削ずり	(2.645)	2.628	(2.618)	0.40			
7. 寺 内 ▲	黒色片岩	M	横 坑 TT-1	2.757	(2.724)	(2.705)	0.7			一面せん断
	"	"		(2.77)	2.74	(2.72)	0.6			三軸圧縮
	"	"	原石山EL100m(9.52mm以上)	(2.758)	2.695	2.660	1.33			盛立試験
9. 樽 水 ⊕ 安山岩 ◇ その他	安 山 岩	I _I	滝 の 沢	(2.696)	2.68	(2.671)	0.35		減小率 0%/105サイクル	ロック材
	玄 武 岩	"	山 神	(2.829)	2.78	(2.753)	0.97		" 0~0.2%/ "	凍結融解
	角礫凝灰岩	I _{II}	長 畑	(2.351)	2.04	(1.810)	12.72		129 サイクルで破壊	試験
	安 山 岩	I _I	"	(2.703)	2.61	(2.555)	2.14		" 0.3~0.5%/105サイクル	(ASTM)
	火山角礫岩①	I _{II}	"	(2.310)	1.96	(1.693)	15.77		41 サイクルで破壊	
	" ②	"	"	(2.504)	2.21	(2.014)	9.72		"	
	" ③	"	"	(2.651)	2.51	(2.425)	3.52		" 1.5%/105サイクル	
	普通輝石安山岩	I _I	兵 隊 沢 (原石山)	(2.87)	2.79	2.75	1.49	平均1,960		

表-2.4のつづき ②

ダム名 (図-2.1の 記号)	岩 種		採 取 地	比 重			吸 水 率 (%)	一軸圧縮強 度 (kg/cm ²)	耐 久 性 (備 考)	試 験 名
	名 称	分類		真 Gg	表 乾 Ga	絶 乾 Gb				
	普通輝石安山岩	I _I	兵隊沢トレンチ(原石山)	(2.87)	2.79	2.74	1.60	平均 2,200		リップラッ ブ材料岩 石試験
	角 礫 凝 灰 岩	I _{II}	ダムサイトI	(2.78)	2.16	1.81	19.23			
	安 山 岩	I _I	" II	(2.47)	2.28	2.15	5.95			
	普通輝石安山岩	"	" III	(2.84)	2.74	2.69	1.97			
	紫蘇輝石安山岩	"	滝 の 沢	(2.70)	2.68	2.67	0.42			
	"	"	大 筋 沢	(2.74)	2.69	2.65	1.27			
	普通輝石安山岩	"	山 の 神	(2.84)	2.74	2.69	1.94			
	角 礫 凝 灰 岩	I _{II}	ダムサイト左岸トレンチカット	(2.583)	2.10	(1.795)	17		安定性 100%, 凍結融解 120 サイクルで崩壊	盛立試験
	安山岩(熔岩)	I _I	ダ ム サ イ ト	(2.9)	2.8	2.8	0.92	1,300		ダムサイ ト地質調 査岩石試 験
	"	"	"	(2.7)	(2.7)	2.6	2.0	1,600		
	"	"	"	(2.8)	2.7	2.6	3.3	360		
	集 塊 岩	I _{II}	"	(3.0)	2.1	1.7	26	190		
	"	"	"	(3.0)	2.1	1.9	19	340		
	"	"	"	(2.5)	2.1	1.8	16	220		
	"	"	"	(2.6)	2.1	1.7	20	210		
	"	"	"	(-)	2.5	2.3	79	250		
	"	"	"	(2.7)	2.0	1.6	25	200		
	安山岩(岩脈)	I _I	"	(3.9)	2.5	2.4	16	1,400		
	"	"	"	(3.4)	2.6	2.5	11	900		
10. 漆 沢 ④	石 英 粗 面 岩	I _I	駒 泣 せ 沢	(2.650)	2.48	(2.377)	4.34		安定性 37.0%	S.48年度 骨材試験
	安 山 岩	"	サ ル ク ラ 沢	(2.682)	2.59~2.61	(2.551)	1.69~2.15		" 3.3~12.3%	
11. 七北田 ④	複輝石安山岩	I _I	屏風岳横坑QT-1	2.359	2.043	(1.806)	13.1		(20mm以上の平均)	S.48年度 原石試験 三軸試験
	"	"	現場転圧試験試料	2.445	2.156	1.971	9.5		(5mm~60mmの平均)	
	玄 武 岩	"	採 取 地	2.891	2.767	2.695	2.7		(")	
12. 前 川 ④	流 紋 岩	I _I	原 石 山 横 坑	(2.59)	2.35	2.20	6.9			材料試験
	安 山 岩	"	購 入	(2.83)	(2.76)	2.72	1.45			

表-2.4のつづき ③

ダム名 (図-2.1の 記号)	岩 種		採 取 地	比 重			吸 水 率 (%)	一軸圧縮強 度 (kg/cm ²)	耐 久 性 (備 考)	試 験 名
	名 称	分類		真 Gg	表 乾 Ga	絶 乾 Gb				
13. 四 時 ▲	緑色片岩	M	原 石 山 D, C _L	(2.957)	2.90	2.87	1.03			岩石試験
	"	"	" C _M 以上	(2.928)	2.91	2.89	0.45	垂直 666 平行 744		
	"	"	洪 水 吐 D, C _L	(3.007)	2.92	2.87	1.59	958		
	"	"	" C _M 以上	(3.040)	3.02	3.01	0.33			
	"	"	ダム基礎 D, C _L	(3.030)	2.99	2.97	0.67	" 1,740 805		
	"	"	仮排水路 D, C _L	(3.02)	2.98	2.97	0.54		力学試験細粒材安定性 46.1% " 中粒材 " 5.70%	
	"	"	" C _M 以上	(3.04)	3.01	2.99	0.57	" 1,950 1,140	力学試験粗粒材安定性 1.24%	
	珪質片岩	"	洪 水 吐 D, C _L	(2.876)	2.82	2.78	1.20			
	"	"	" C _M 以上	(2.728)	2.72	2.72	0.11	753		
14. 手取川 ■	礫 岩	S _I	T-1 (15mm以上)	(2.697)	2.621	(2.576)	1.74	911	安定性 22.4%	材料試験
	片 麻 岩	M	RT-1 (")	(2.665)	2.607	(2.573)	1.34	1,255	" 13.9%	
15. 三 保 ○	角礫凝灰岩	I _{II}	野 嵐 原 石 山 横 坑	2.878	(2.824)	(2.795)	1.03			材料調査
	および安山岩	及び	小畑原石山 (+15mm)	2.960	(2.893)	(2.859)	1.19			せん断試験
			尾崎原石山 (+15mm)	3.003	(2.973)	(2.959)	0.50			
		I _I	小畑原石山発破採取	2.94	(2.885)	(2.856)	1.0			盛立試験
16. 広 瀬 ●	花崗閃緑岩	I _I		(2.736)	2.71	(2.695)	0.55			せん断試験
17. 荒 川 ■	安 山 岩 Ad	I _{II}	ダムサイト左岸	(2.818)	2.769	(2.742)	0.98	⊙ 1,574	(自然含水比のとき 1,996 kg/cm ²)	岩石試験
	PA _d	及び	"	(2.566)	2.316	(2.156)	7.40	⊙ 138	(" 211 ")	
	Ad	I _{III}	第 1 原 石 山	(2.791)	2.765	2.745	0.59		すりへり 17.0~21.1% (10mm~40mm)	
									安 定 性 0.22~6.73% (ロック状)	
18. 双 葉 ▼	安 山 岩	I _I						900~1,700		
19. 武 利 ⊕	安山岩質凝灰岩	I _{II}	ダム軸左岸横坑 T.D=7m	(2.41)	2.330	2.272	2.57	⊙ 1,210	安定性 11.2%	材料試験
	河 床 砂 礫		T.P-1	(2.61)	2.590	2.578	0.48	⊙ 1,917	" 1.0%	
20. 高 瀬 ▲	花崗岩(円れき)	I _I	河 床 砂 礫	(2.603)	2.57	(2.549)	0.81			せん断試験
	閃緑岩(角れき)		掘 削 ず り	(2.642)	2.61	(2.591)	0.75			
22. 下小島 ▼	砂岩・礫岩 C _L	S _I		(2.641)	2.57	(2.527)	1.71			せん断試験

表-2.4 のつづき ④

ダム名 (図-2.1の 記号)	岩 種		採 取 地	比 重			吸 水 率 (%)	一軸圧縮強 度 (kg/cm ²)	耐 久 性 (備 考)	試 験 名
	名 称	分類		真 Gg	表 乾 Ga	絶 乾 Gb				
	砂岩・礫岩 C _M	S _I		(2.682)	2.60	(2.551)	1.92			
	" C _H	"		(2.659)	2.64	(2.628)	0.45			
23. 南 原	粗粒花崗岩 B	I _I		(2.718)	2.655	(2.620)	1.34			せん断試験
	" C _M	"		(2.679)	2.619	(2.583)	1.39			
	細粒花崗岩 B	"		(2.716)	2.680	(2.658)	0.81			
	" C _M	"		(2.727)	2.679	(2.651)	1.05			
25. 稲 村	石英片岩	M	一の谷採取場	2.72						
	珪質緑色片岩	"		2.99						
	石英片岩(+19mm)	"	" 発破採取	2.71	2.63	(2.59)	1.7			盛立試験

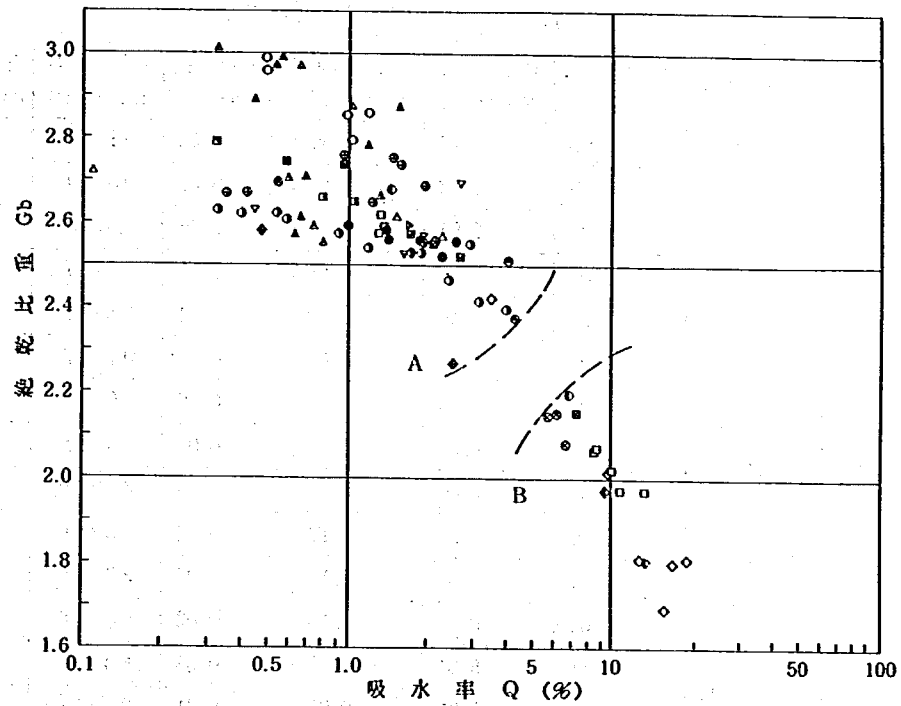


図-2.1 岩石の絶乾比重と吸水率 (表-2.4より)

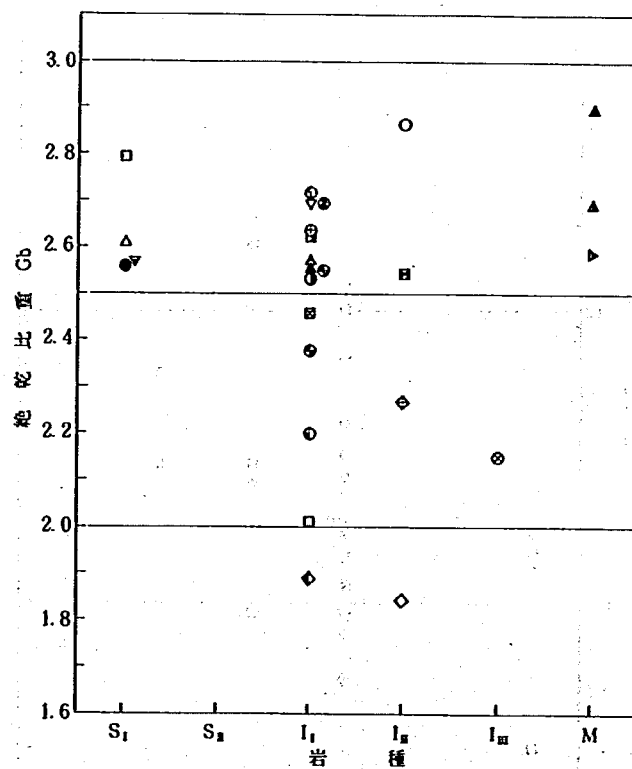


図-2.2 岩種別の絶乾比重

表-2.5 四時ダムロック材料岩石試験結果

岩種	採取地域	岩級	方向	単位重量 r (g/cm ³)	P波速度 V_p (km/S)	S波速度 V_s (km/S)	動アポソン比 μ_D	動弾性係数 E_D (g/cm ²)	圧縮強度 σ_C (kg/cm ²)
緑 色 片 岩	原 石 山	C_M 以 上	垂直	2.99	5.20	2.50	0.35	5.1×10^8	666
				0.06	0.32	0.10	0.02	0.5×10^8	396
			平行	2.87	5.94	2.79	0.36	6.3×10^8	744
				0.03	0.26	0.13	0.01	0.6×10^8	338
	洪 水 吐	C_M 以 上	—	3.02	5.46	2.67	0.34	5.8×10^8	958
				0.05	0.21	0.17	0.02	0.7×10^8	272
	ダ ム 基 礎	D, C_L	垂直	3.04	3.60	1.91	0.30	2.9×10^8	1,740
				0.05	0.33	0.18	0.05	0.4×10^8	872
			平行	2.97	4.66	2.22	0.35	4.1×10^8	805
				0.05	0.27	0.12	0.02	0.5×10^8	328
	仮 排 水 路	C_M 以 上	垂直	3.01	3.90	2.18	0.27	3.7×10^8	1,950
				0.03	0.35	0.16	0.02	0.6×10^8	513
			平行	3.11	5.34	2.73	0.32	6.3×10^8	1,140
				0.02	0.31	0.08	0.01	0.5×10^8	246
珪 片 質 岩	洪 水 吐	C_M 以 上	—	2.75	5.01	2.48	0.33	4.6×10^8	753
				0.03	0.19	0.09	0.01	0.3×10^8	412

※ 上段の数値は平均値, 下段の数値は標準偏差を示す。

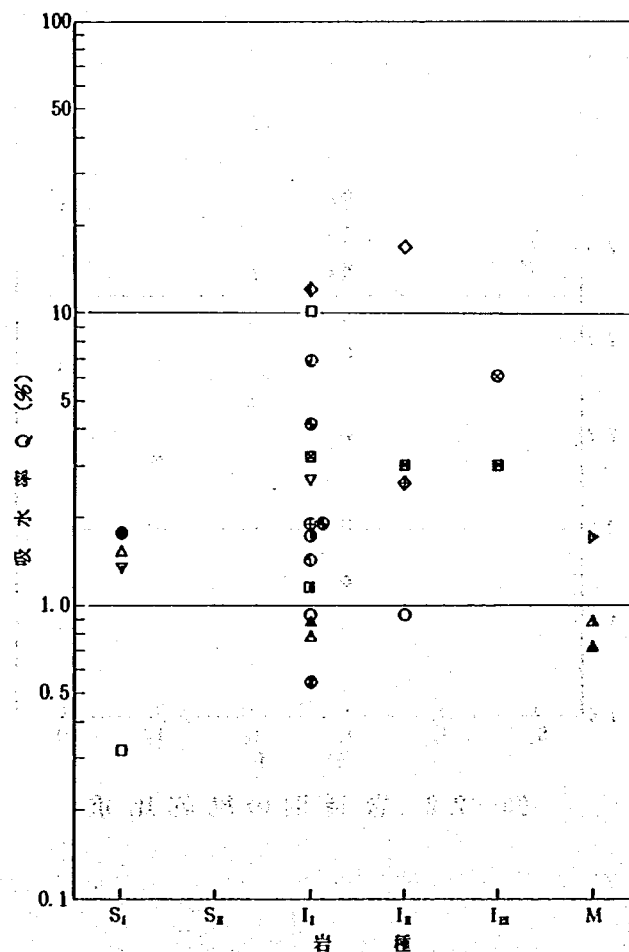


図-2.3 岩種別の吸水率

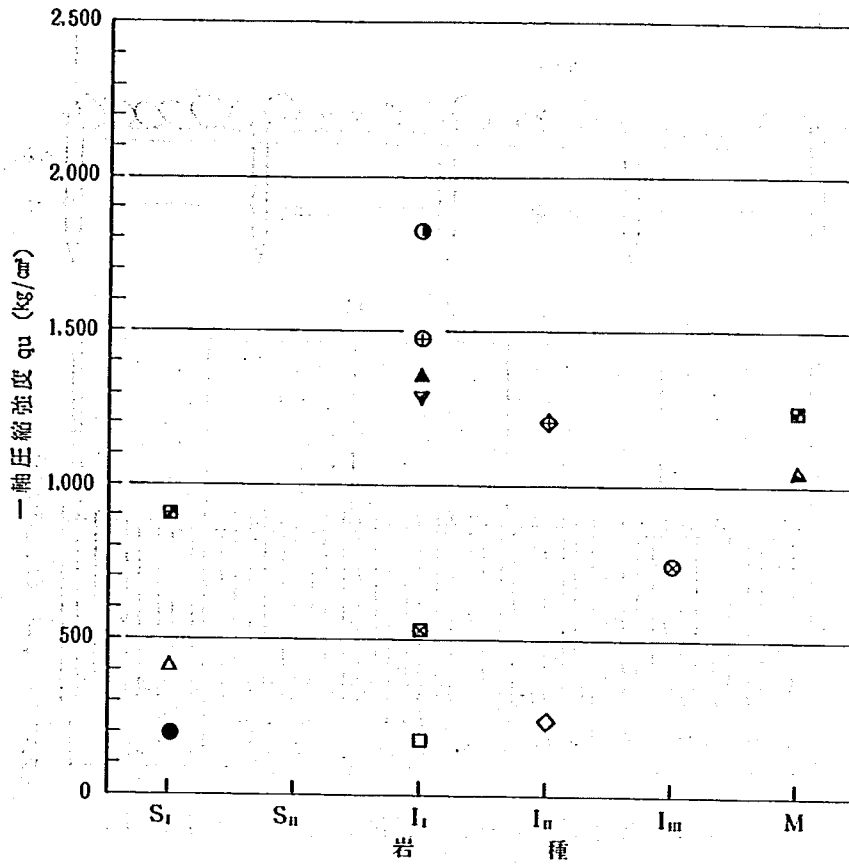


図-2.4 岩種別の一軸圧縮強度

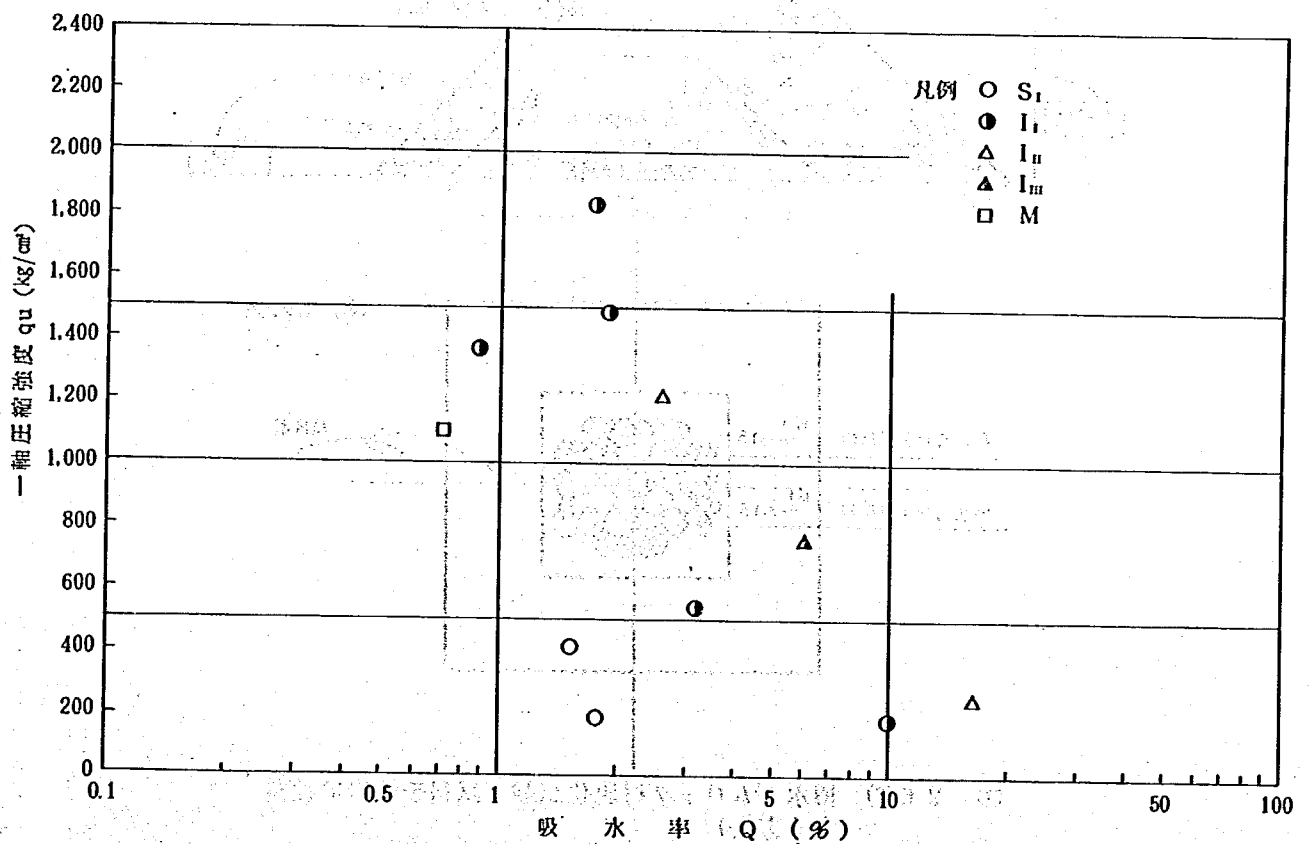


図-2.5 岩石の一軸圧縮強度と吸水率の関係

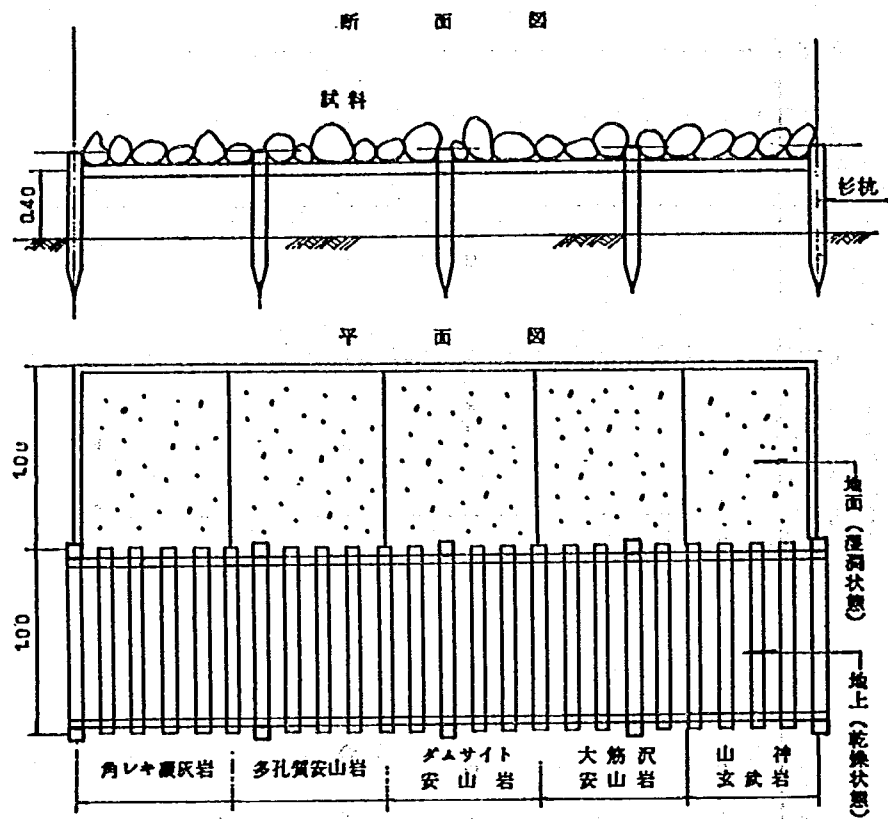


図-2.6(1) 樽水ダムロック材風化試験(試料を直接地表にさらす方法)

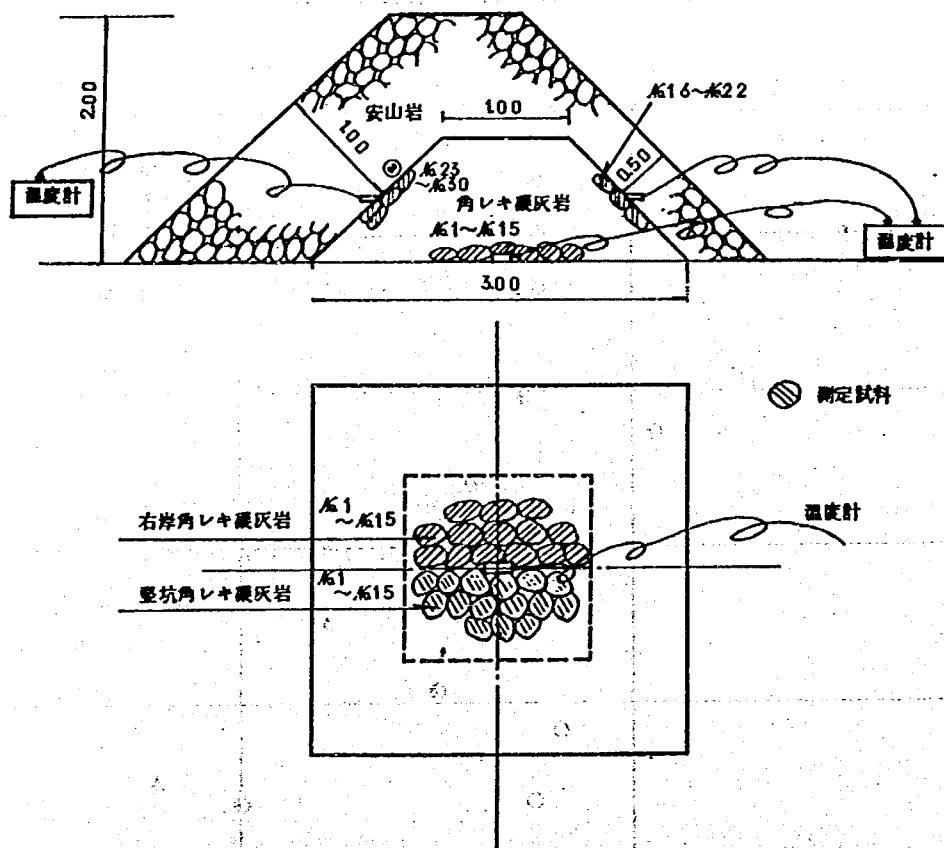


図-2.6(2) 樽水ダムロック材風化試験(試料を硬岩で被覆する方法)

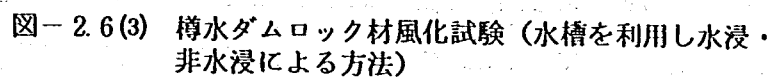


表-2.6 ロック材料のせん断試験結果

ダム名	材 質	比 重		密 度 $\gamma_d(t/m^3)$	間 隙 比 e		粒 度		せん断低 抗 角 ϕ	試 験 機 (密度測定時期)
		Gg	Gb		$\frac{Gg}{\gamma_d} - 1$	$\frac{Gb}{\gamma_d} - 1$	Dmax (mm)	Uc		
1. 大 雪	第一原石山 粘 板 岩	2.695	2.563	1.783	0.51	0.44	200		38°30'	大 型 一 面 2.5m×2.5m×0.9m (密度は試験後置) (換法により測定)
				1.993	0.35	0.29			46°	
	道路発生材 粘 板 岩	2.736	2.555	1.783	0.53	0.43			34°30'	
				1.880	0.46	0.36			40°	
				1.960	0.40	0.30			49°30'	
2. 十 勝	角斑岩, 粘板岩	2.723	2.567	1.797	0.52	0.43			40°30'	大型一面2.5m×2.5m×0.9m, (初期密度)
3. 漁 川	熔 結 凝 灰 岩 ※ ※ ※	2.419	2.080	1.54	0.57	0.35	100	4	40°05'	大 型 一 面 ∅ 1.13m×0.6m ※印は水中せん 断補正係数0.80
		2.473	2.149	1.75	0.41	0.23		11	38°23'	
				"	"	"		23	38°32'	
				"	"	"		17	41°14'	
				1.73	0.43	0.24		17	37°04'	
				1.74	0.42	0.24		14	39°33'	
				1.75	0.41	0.23		16	34°49'	
4. 御 所	安 山 岩	2.528	2.018	1.629	0.55	0.24	63.5	20	39°41'	大 型 三 軸 ∅ 300×600 (初期)
				1.479	0.71	0.36	63.5	7	39°57'	
		2.517	2.071	1.671	0.51	0.24	200	20	39°55'	超大型三軸 ∅ 1,200×2,400
				1.513	0.66	0.37	200	5	36°14'	
		2.495	1.969	1.455	0.71	0.35	100		42°53'	大 型 一 面
				1.488	0.68	0.32			44°14'	
				1.522	0.64	0.29			46°18'	
				1.561	0.60	0.26			45°53'	
				1.462	0.71	0.35	200		47°38'	
				1.494	0.67	0.32			45°04'	
				1.526	0.63	0.29			47°06'	
				1.563	0.60	0.26			44°14'	
5. 白 川	安 山 岩	2.65	2.46	1.69	0.57	0.46	150	(27)	40.6°	大 型 一 面 1.5m×1.5m×0.6m
				1.74	0.52	0.41			41.9°	
				1.78	0.49	0.38			43.9°	
				1.82	0.46	0.35			45.3°	
				1.88	0.41	0.31			46.3°	
6. 岩 屋	石 英 斑 岩 C _H	2.654	2.613	(1.830)	0.45	0.43	63.5	11	43.8°	大 型 三 軸 ∅ 300×700
				(1.712)	0.55	0.53			41.3°	
				(1.608)	0.65	0.62			38.9°	
	" C _M	2.655	2.529	(1.831)	0.45	0.38			44.0°	
				(1.713)	0.55	0.48			41.8°	
				(1.609)	0.65	0.57			42.0°	
	" C _L	2.628	2.424	(1.812)	0.45	0.34			39.3°	
				(1.695)	0.55	0.43			37.2°	
				(1.602)	0.64	0.51			35.6°	

表-2.6のつづき ①

ダム名	材 質	比 重		密 度 $\gamma_d(t/m^3)$	間 隙 比 e		粒 度		せん断低 抗 角 ϕ	試 験 機 (密度測定時期)
		Gg	Gb		$\frac{Gg}{\gamma_d} - 1$	$\frac{Gb}{\gamma_d} - 1$	D_{max} (mm)	Uc		
7. 寺 内	黒 色 片 岩	2.757	2.705	1.953	0.41	0.39	150	4	38°15'	(初期)
				1.801	0.53	0.50			38°04'	大 型 一 面
				1.651	0.67	0.64			36°26'	1.18m×1.48m×0.85m
		2.77	2.72	1.699	0.63	0.60	63.5	3	39°20'	大 型 三 軸
				1.752	0.58	0.55			36°40'	∅ 300×700
				1.857	0.49	0.46			38°10'	(初期)
				1.970	0.41	0.38			38°20'	
9. 樽 水				1.509					45°	大 型 一 面
				1.490					44°05'	1.0m×1.0m×0.65m
10. 漆 沢	(石英粗面岩)	2.650	2.377	1.93	0.37	0.23	150	6	42°03'	大 型 一 面 1.0m×1.0m×0.65m
11. 七北田	複輝石安山岩	2.359	1.806	1.140	1.07	0.58	200	4	30°23'	大 型 一 面
				1.271	0.86	0.42			30°53'	1.18m×1.18m×0.85m
				1.390	0.70	0.30			36°07'	(圧密前)
	玄 武 岩	2.445	1.971	1.519	0.61	0.30	60	19	41°53'	大 型 三 軸
		2.891	2.695	1.865	0.55	0.45	60	4	45°44'	∅ 300×600
12. 前 川	流 紋 岩	(2.595)	2.201			0.630	63.5	2.4	38°39'	大 型 三 軸
						0.753			37°46'	∅ 300×600
						0.447			40°22'	(初期)
						0.507			40°51'	
13. 四 時	緑色片岩(細)	2.991	2.94	2.31	0.29	0.27	50.8	28	39°15'	大 型 三 軸
	" (中)	3.047	3.00	2.29	0.33	0.31	50.8	10	40°02'	∅ 300×600
	" (粗)	3.053	3.00	1.90	0.61	0.58	76.2	5	45°56'	大 型 一 面
				1.98	0.54	0.52			45°19'	0.5m×0.5m×0.5m
				2.05	0.49	0.46			46°14'	
				2.00	0.53	0.50			45°00'	
				2.08	0.47	0.44	76.2	10	46°52'	
				2.16	0.41	0.39			47°32'	
				2.10	0.45	0.43		20.8	42°00'	
				2.20	0.39	0.36			47°00'	
				2.30	0.33	0.30			50°12'	
14. 手取川	片 麻 岩 ゾーン④ (RT-3) (0~30m)	2.62	2.51	1.99	0.32	0.26	60	85	43°16'	大 型 三 軸
				1.87	0.40	0.34			41°08'	∅ 300×700
				1.91	0.37	0.31	150	100	42°09'	大 型 一 面
				1.76	0.49	0.43			41°40'	1.18m×1.48m×0.85m
				1.57	0.67	0.60			41°43'	
				1.85	0.42	0.36			41°30'	
				1.75	0.50	0.43	150	6	41°23'	
	片 麻 岩 ゾーン⑤	2.66	2.57	2.00	0.33	0.29	60	50	49°15'	大 型 三 軸
				1.85	0.44	0.39			47°26'	

表-2.6 のつづき ②

ダム名	材 質	比 重		密 度 $\gamma_d(t/m^3)$	間 隙 比 e		粒 度		せん断低 抗 角 ϕ	試 験 機 (密度測定時期)
		Gg	Gb		$\frac{Gg}{\gamma_d} - 1$	$\frac{Gb}{\gamma_d} - 1$	D_{max} (mm)	Uc		
	(RT-1) (30~35m)			1.70	0.56	0.51	60	50	40°55'	大型一面
				2.00	0.33	0.29	150	57	47°21'	
				1.85	0.44	0.39			44°19'	
				1.70	0.56	0.51			42°00'	
	礫 岩 ゾーン⑤ (T-1)	2.70	2.58	2.00	0.35	0.29	60	50	45°17'	大型三軸
				1.85	0.46	0.39			44°15'	
				1.70	0.59	0.52			40°32'	
	粗 粒 材 (R-D-3-2)	2.930	2.839	2.082	0.41	0.36	200	9	38°15'	大型一面 20m×20m×105m
				2.143	0.37	0.32			43°05'	
				2.192	0.34	0.30			46°20'	
	中 粒 材 (R-N-3)	2.863	2.781	1.972	0.45	0.41	200	52	36°20'	
				2.184	0.31	0.27			39°00'	
				2.299	0.25	0.21			41°30'	
	細 粒 材 (R-D-1-2)	2.940	2.848	2.070	0.42	0.38	150	63	35°50'	
				2.195	0.34	0.30			35°50'	
				2.338	0.26	0.22			40°20'	
	小畑原石山材料 (R-D-1)	2.935	2.843	2.120	0.38	0.34	63.5	53	36°	大型三軸 φ300×600
				2.117	0.39	0.34			36°	
16. 広 瀬	ホルンフェルス	2.65	2.623	1.59	0.67	0.65	200	4	31°	大型一面 23m×23m×055m (上枠)
				1.73	0.53	0.52			37°	
				1.80	0.47	0.46			41°	
	花崗閃緑岩	2.736	2.695	1.53	0.79	0.76	200	2	35°	(*印のみ、せん 断終了後の密度 それ以外は不明)
				1.61	0.70	0.67			36°	
				1.74	0.57	0.55			38°	
	"	"	"	2.07*	0.32	0.30	100	46~108	40°56'	
	安 山 岩	(2.818)	(2.742)	1.781	0.58	0.53	101.6	6.36	(46.2°)	大型一面 (初期)
				1.852	0.52	0.48			(47.4°)	
				1.929	0.46	0.42			(48.5°)	
18. 双 葉	河 床 砂 礫	2.76		2.008	0.37		63.5	67	38°50'	大型三軸 φ300×600
19. 武 利	安山岩質凝灰岩	2.569	2.410	1.854	0.39	0.30	63.5	38	40°40'	大型三軸 φ300×700 (初期)
	河 床 砂 礫	2.638	2.605	1.873	0.41	0.39	63.5	54	44°00'	
20. 高 瀬	河 床 砂 礫	2.603	2.549	1.99	0.31	0.28	63.5	22	42°30'	大型三軸 φ300×600
22. 下小島	砂岩、礫岩C _L	2.641	2.527	1.62	0.63	0.56	100	7.5	41°10'	超大型三軸 φ500×1000
	"			1.72	0.53	0.48	100	28.8	43°10'	
	" C _M	2.628	2.551	1.62	0.62	0.57	100	7.5	42°10'	
	"			1.90	0.38	0.34			43°10'	
	" C _H	2.659	2.628	1.72	0.55	0.53	100	7.5	43°10'	
	細粒花崗岩C _M	2.727	2.651	1.855	0.47	0.43	63.5	(10以上)	42°24'	
23. 南 原	細粒花崗岩C _M	2.727	2.651	1.894	0.44	0.40			43°26'	大型三軸 φ300×700
				1.855	0.47	0.43			42°24'	

表-2.6のつづき ③

ダ ム 名	材 質	比 重		密 度 $\gamma_d(t/m^3)$	間 隙 比 e		粒 度		せん断低 抗 角 ϕ	試 験 機 (密度測定時期)		
		Gg	Gb		$\frac{Gg}{\gamma_d}-1$	$\frac{Gb}{\gamma_d}-1$	D_{max} (mm)	Uc				
	粗粒花崗岩 B	2.718	2.620	1.816	0.50	0.46	63.5	(10以上)	41°34'			
				1.960	0.39	0.34			42°31'			
				1.904	0.43	0.38			41°02'			
				1.838	0.48	0.43			39°35'			
24. 明 神	粗粒花崗岩 B	2.718	2.620	(1.952)	0.39	0.34	(南原と同じと考 える)		42°30'	大型三軸 $\phi 300 \times 700$		
				(1.896)	0.43	0.38		41°30'				
				(1.831)	0.48	0.43		40°58'				
	粗粒花崗岩 C _M	2.678	2.583	(1.926)	0.39	0.34	(")	41°10'				
				(1.871)	0.43	0.38		40°35'				
				(1.806)	0.48	0.43		40°06'				
	25. 稲 村	石 英 片 岩	2.791	2.665	2.015	0.39	0.32	63.5	43	43.05°	大型三軸	
					1.94	0.44	0.37			41.8°		
1.89					0.48	0.41	41.4°					
1.88					0.48	0.42	42.4°					
1.94					0.44	0.37	63.5	6	43.7°			
1.88					0.48	0.42			42.6°			
1.95					0.43	0.37			150	25		41.4°
2.13					0.31	0.25						43.2°
									大型一面			

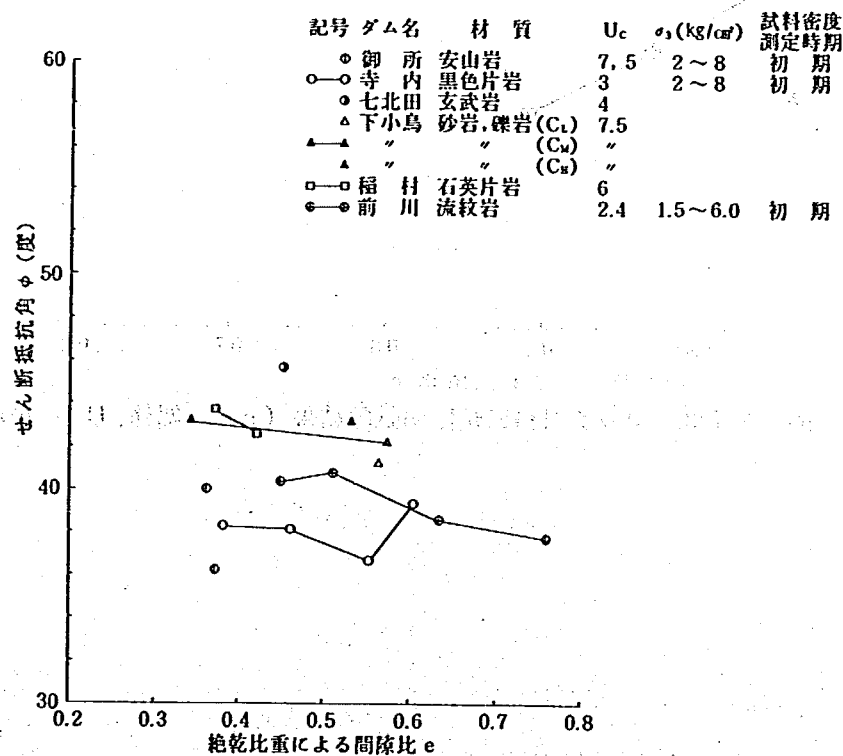


図-2.7(1) ロック材料三軸圧縮試験結果 ($e \sim \phi$ 関係, $U_c < 10$)

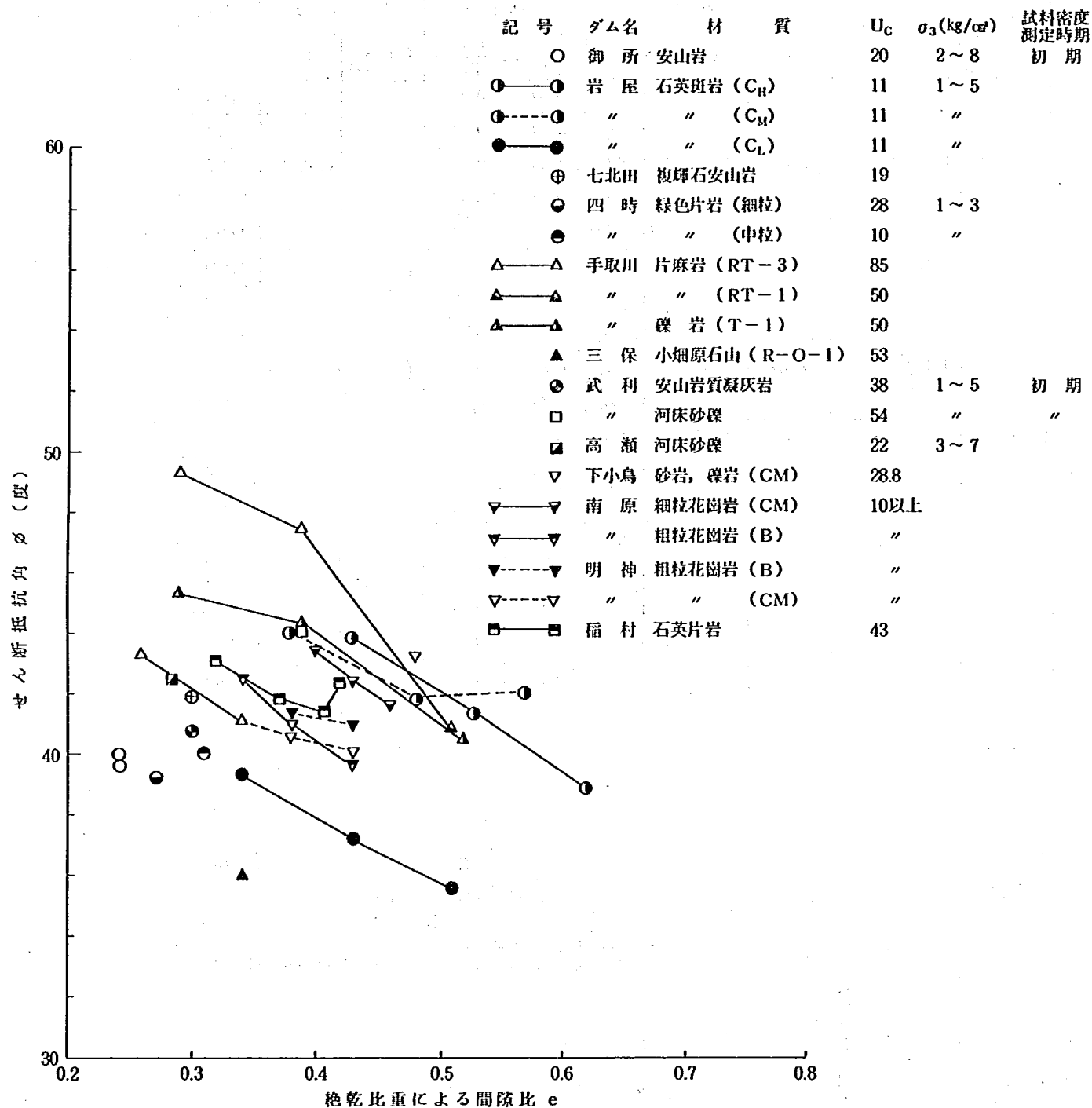


図-2.7(2) ロック材料三軸圧縮試験結果 ($e \sim \phi$ 関係, $U_c \geq 10$)

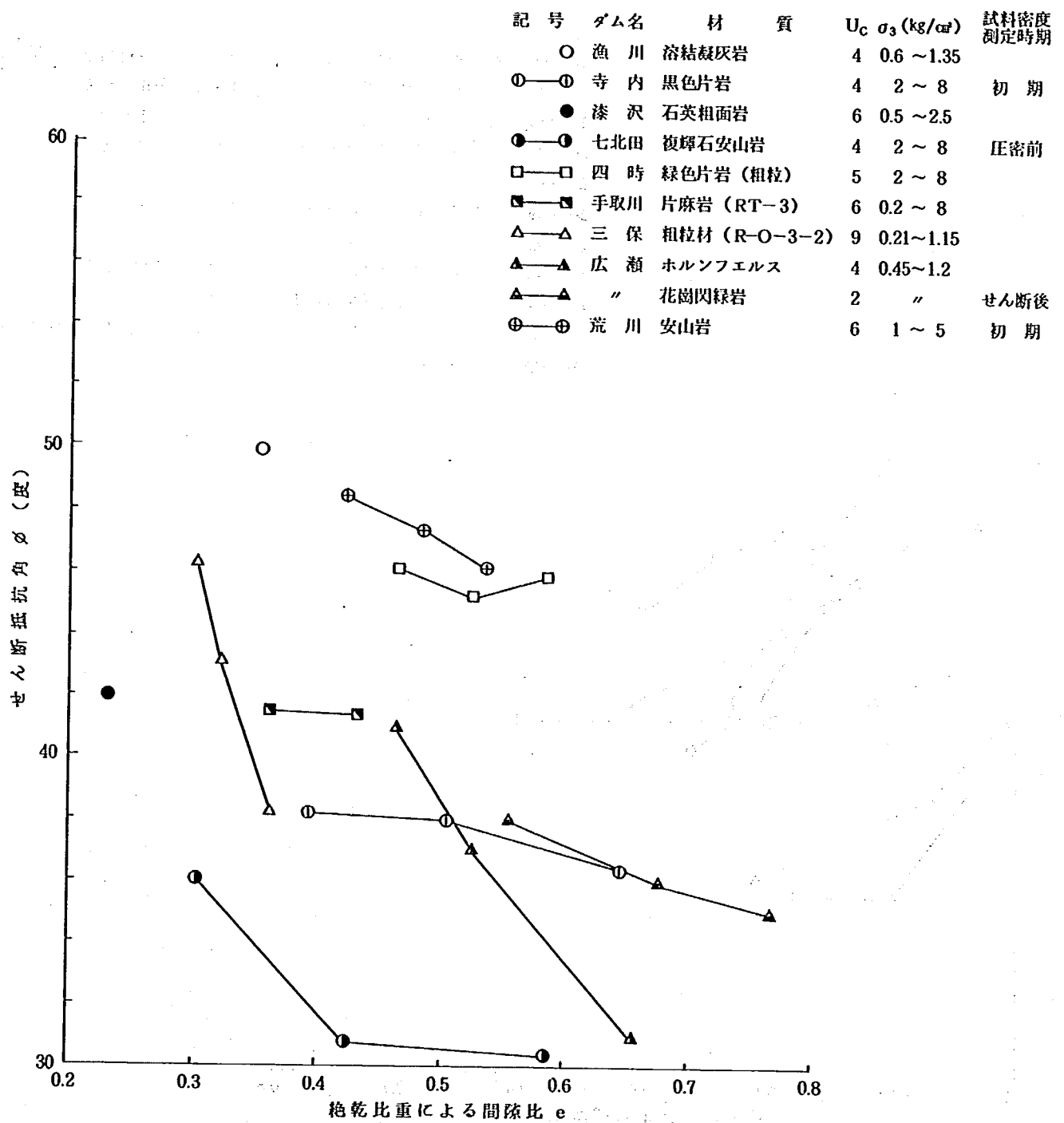


図-2.8(1) ロック材料一面せん断試験結果 ($e \sim \phi$ 関係, $U_c < 10$)

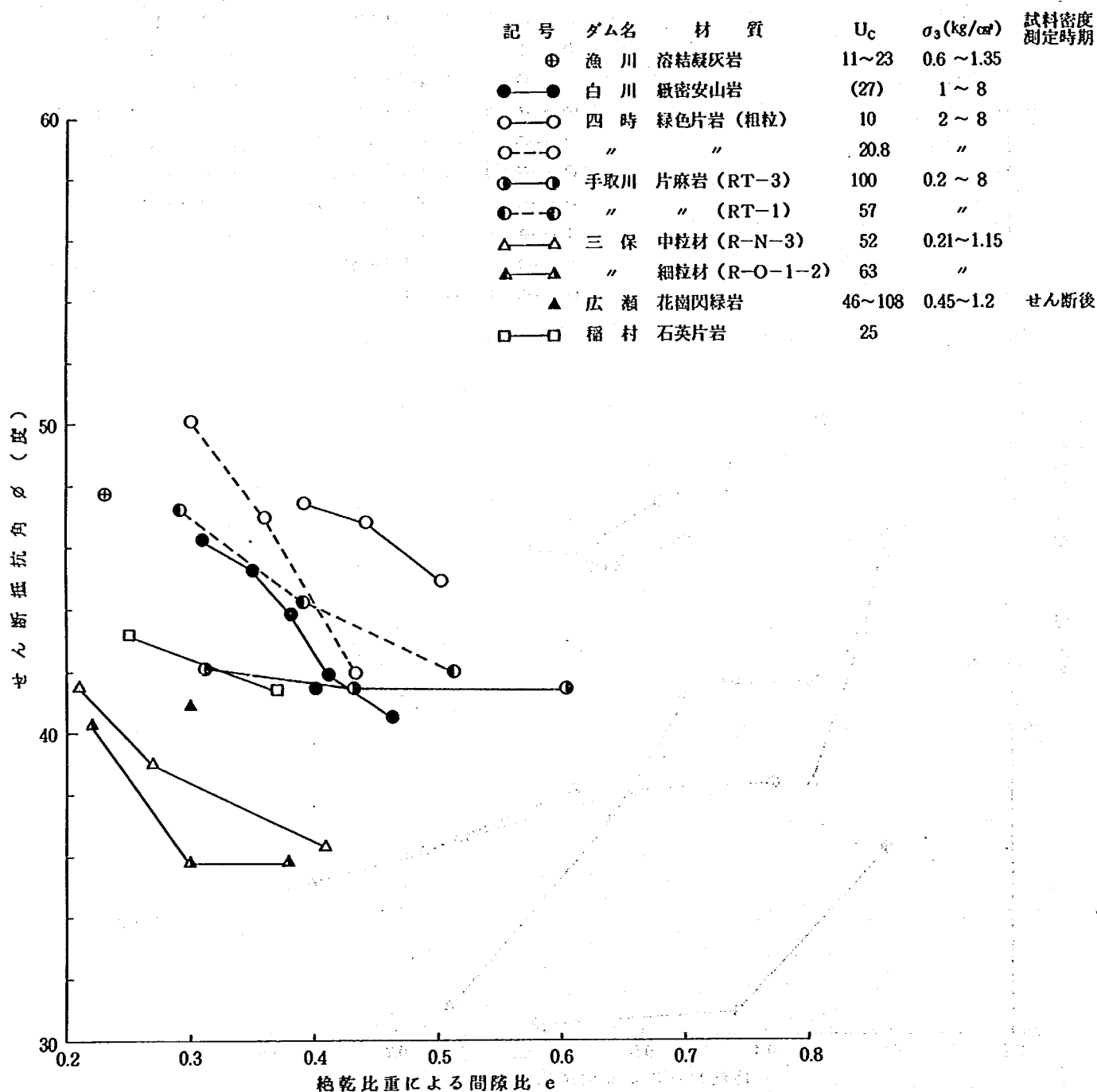


図-2.8(2) ロック材料一面せん断試験結果 ($e \sim \phi$ 関係, $U_c \geq 10$)

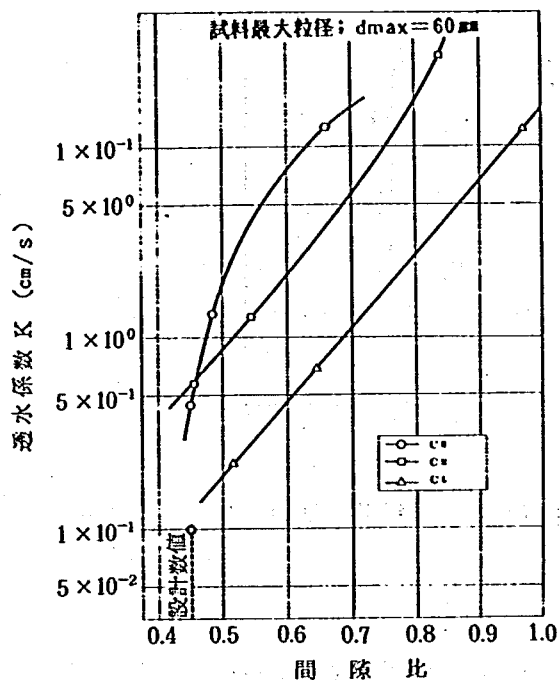


図-2.9(1) 岩屋ダムロック材料透水試験結果

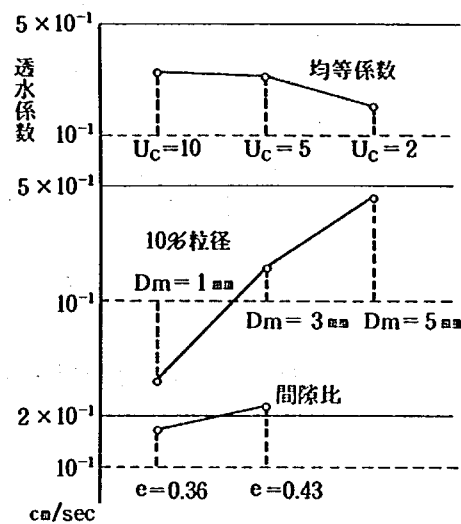


図-2.9(3) 南原・明神ダムロック材料透水試験結果 (要因効果)

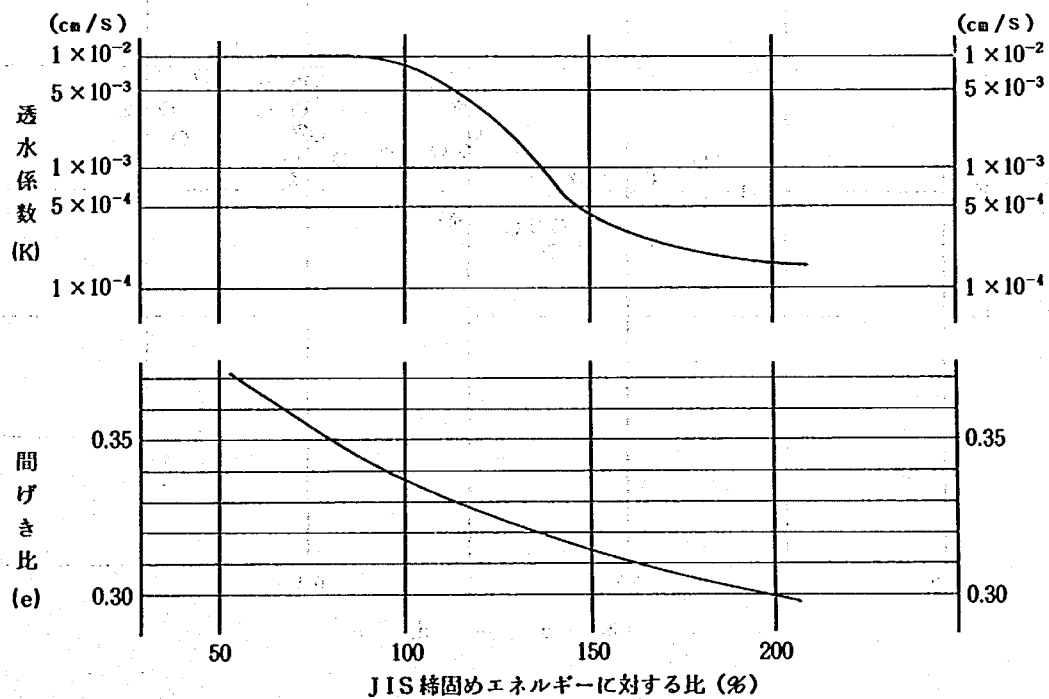


図-2.9(2) 三保ダム野嵐横坑材料突固め試験結果

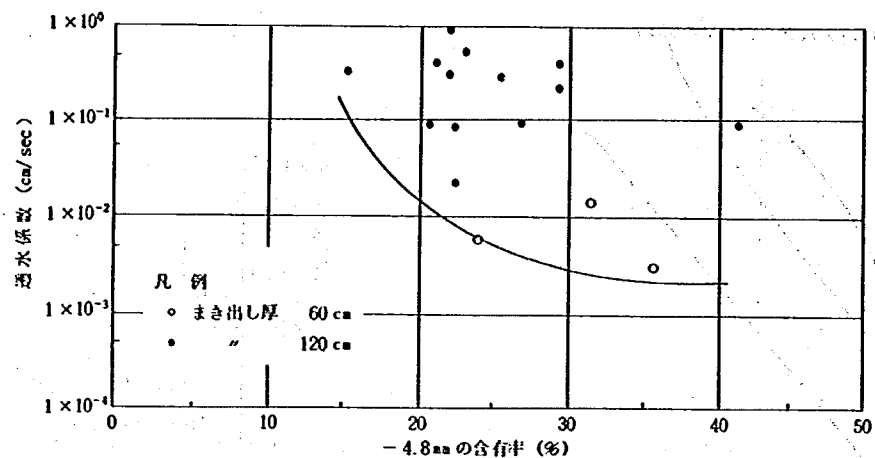


図-2.9(4) 手取川ダム現場透水試験結果 (ロック材料盛立試験)

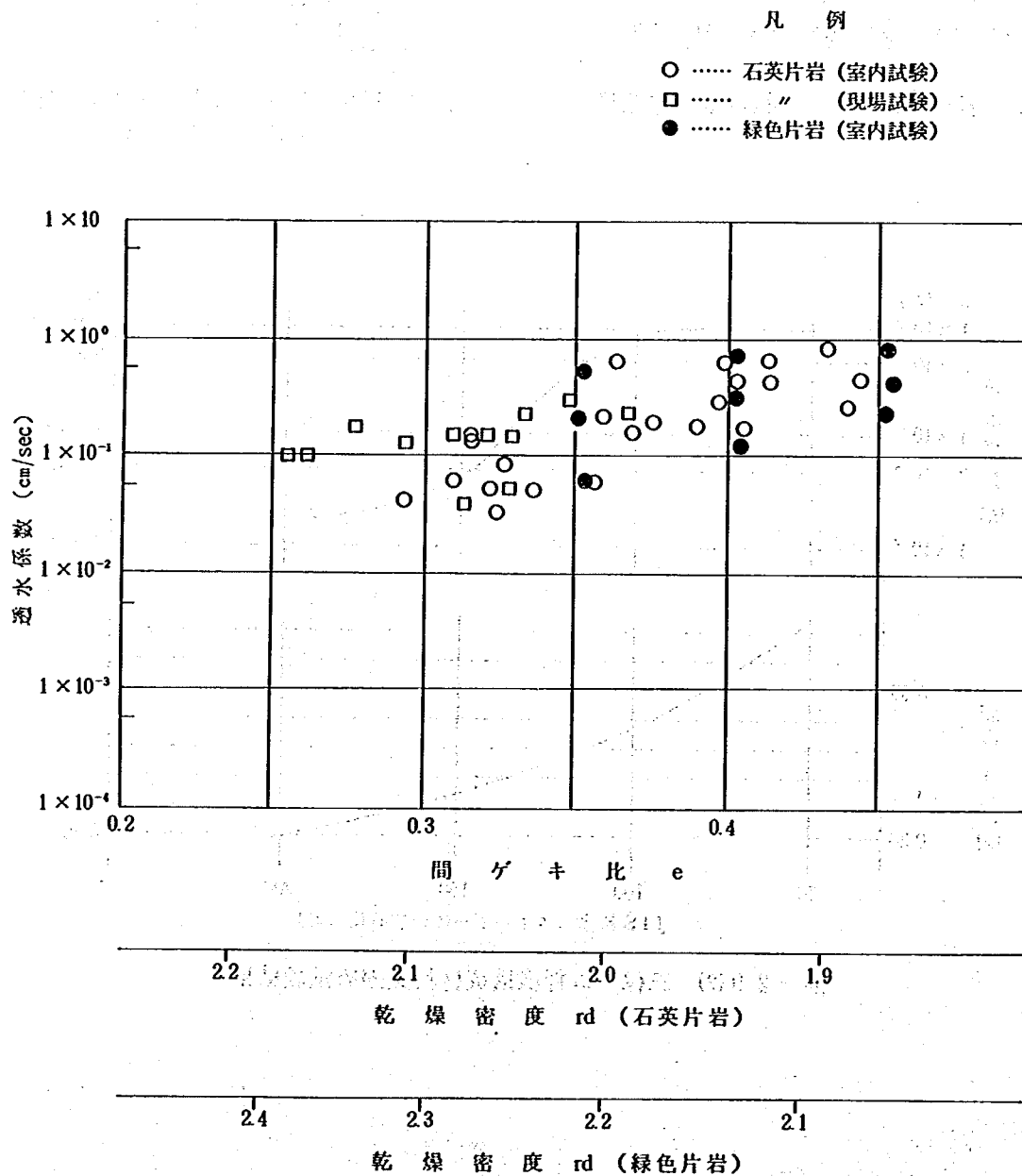


図-2.9(5) 稲村ダムロック材料透水試験

表-2.7 室内締固め試験結果

ダム名	岩 種	物 性 値		粒 度		突固めエネルギー（ $E_c=5.6 \cdot \text{cm kgf/cm}^2$ に対する割合）と間隙比（ $\frac{G_b}{\gamma_d} - 1$ ）																		備 考
		絶乾比重 Gb	吸 水 率 (%)	最大粒径 (mm)	均等係数 Uc	0	0.2	0.25	0.4	0.5	0.6	0.7	0.75	0.8	1.0	1.2	1.5	1.6	2.0	3.0	3.2	4.0	5.0	
寺 内	黒 色 片 岩	2.70	0.6	63.5	3.3					0.57					0.51		0.46		0.43			0.40		
七北田	複輝石安山岩	1.825	13.8	80	4.1	0.67					0.47				0.36									
	“	1.953	11.0	63.5	30.0			0.31		0.27			0.25		0.24				0.20	0.18			0.15	
	玄 武 岩	2.712	2.5	“	4.4			0.52		0.45			0.41		0.40				0.37	0.34			0.31	
四 時	緑 色 片 岩	2.99	0.57	76.2	5	0.66	0.53		0.50					0.44	(0.43)			0.40	(0.40)		0.40			() 書きは計算で求めた内挿値
	“	“	“	“	10	0.58	0.47		0.41					0.38	(0.37)			0.35	(0.35)		0.34			“
	“	“	“	“	20.8	0.50	0.33		0.31					0.28	(0.28)			0.27	(0.27)		0.28			“
三 保	角礫凝灰岩	2.795	1.03	60	23							0.32			0.30	0.29	0.28		0.27					
稲 村	石 英 片 岩	2.59 (2.68)	1.7 (1.6)	63.5	27					0.32					0.27				0.22	0.18				物性値は他の試験資料から推定した値

表-2.8 室内締固め試験方法

ダム名	呼称	モールド			ランマ			突固め			最大粒径
		直径 cm	高さ cm	容積 cm ³	重量 kg	落下高 cm	直径 cm	層数	回数	仕事量*	
大雪	H規格	30.5	34.3	25,000	4.5	45.0	5.0	5	139	1	50
岩屋	大型	30.0	35.0	25,000	5.0 3.75 11.25	45.0 30.0	7.5 5.0			1, 2, 3	38.1 63.5
寺内	大型	30.0	35.4	25,000	10.0	75.0	10.0	5		0.5, 1.0, 1.5 2.0, 4.0	63.5
七北田		30.0		25,000	4.5	45		5 3	139 139	1.0 0.6 0	80
四時	超大型 大型	55.0 30.0	60	142,550	15.0 15.0	10	10	3		0~32	76.2 50.8
三保	大型	30.0	35.4	25,000	4.5	45.0	5.0	5	139	(0.7~2.0) 1	60
下小鳥	大型	30.0	31.0	21,900	4.5	45.0	5.0			1	50
稲村	大型	30	35.4	25,000	10	50	10	5			63.5
南原・明神	大型	30.0	35.4	25,000	10.0	70		5 5 5	38 77 114	1 2 3	

* JIS A1210 第1法 ($E_c \approx 5.6 \text{ cmkgf/cm}^2$) を1とする。

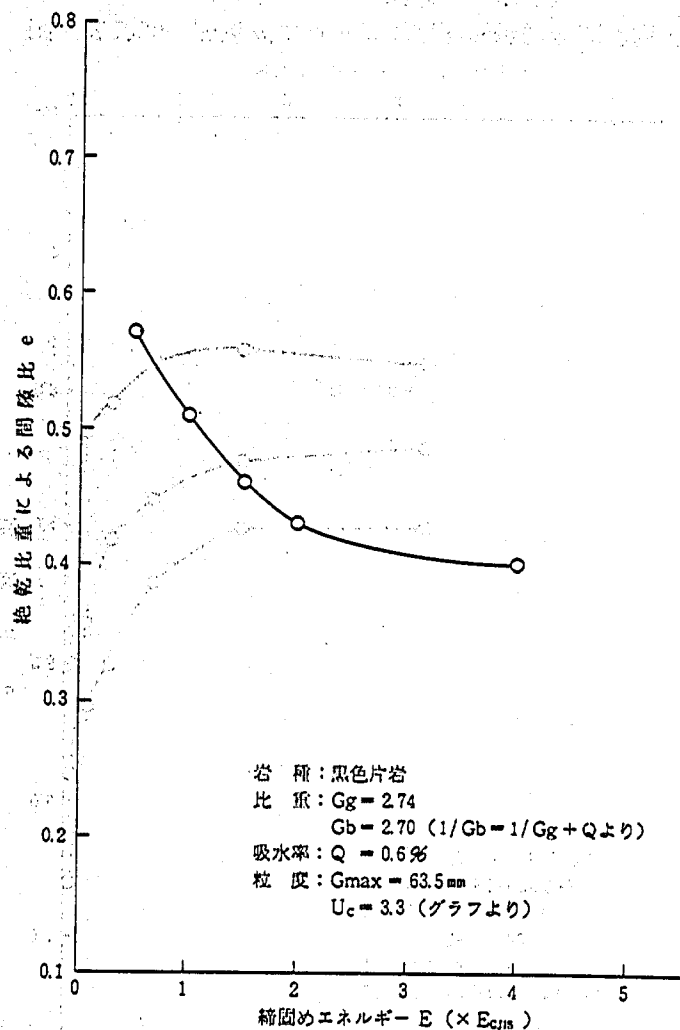


図-2.10(1) 寺内ダムロック材料室内締固め試験結果
(エネルギー～間隙比の関係)

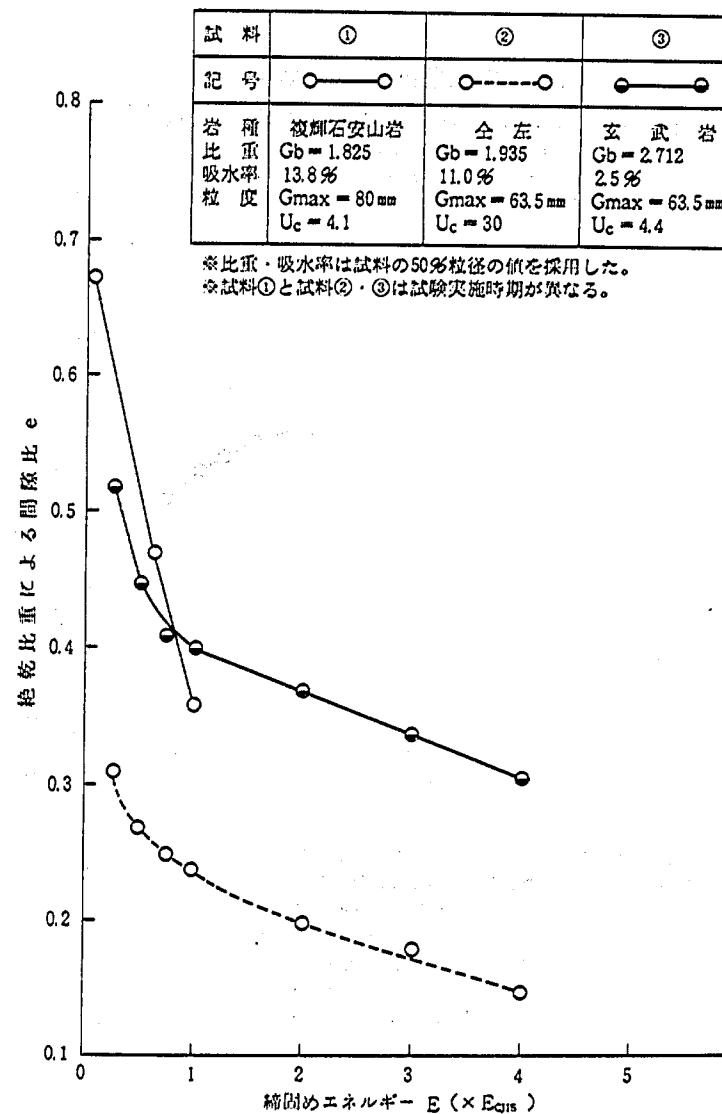


図-2.10(2) 七北田ダムロック材料室内締固め試験結果
(エネルギー～間隙比の関係)

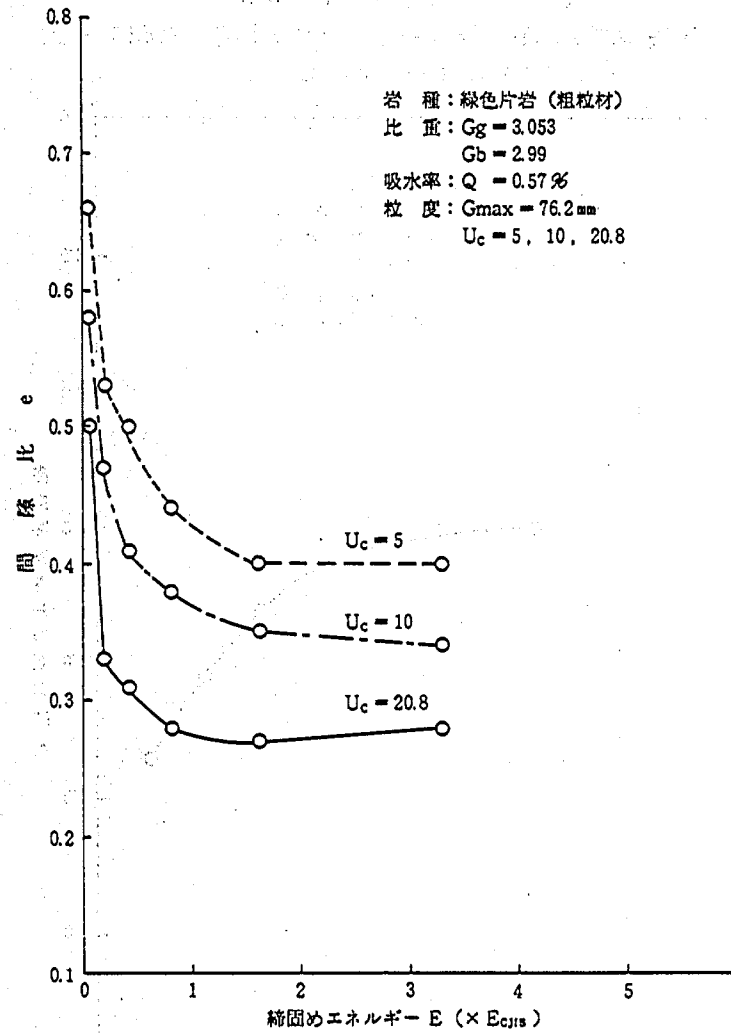


図-2.10(3) 四時ダムロック材料室内締固め試験結果
 (エネルギー～間隙比の関係)

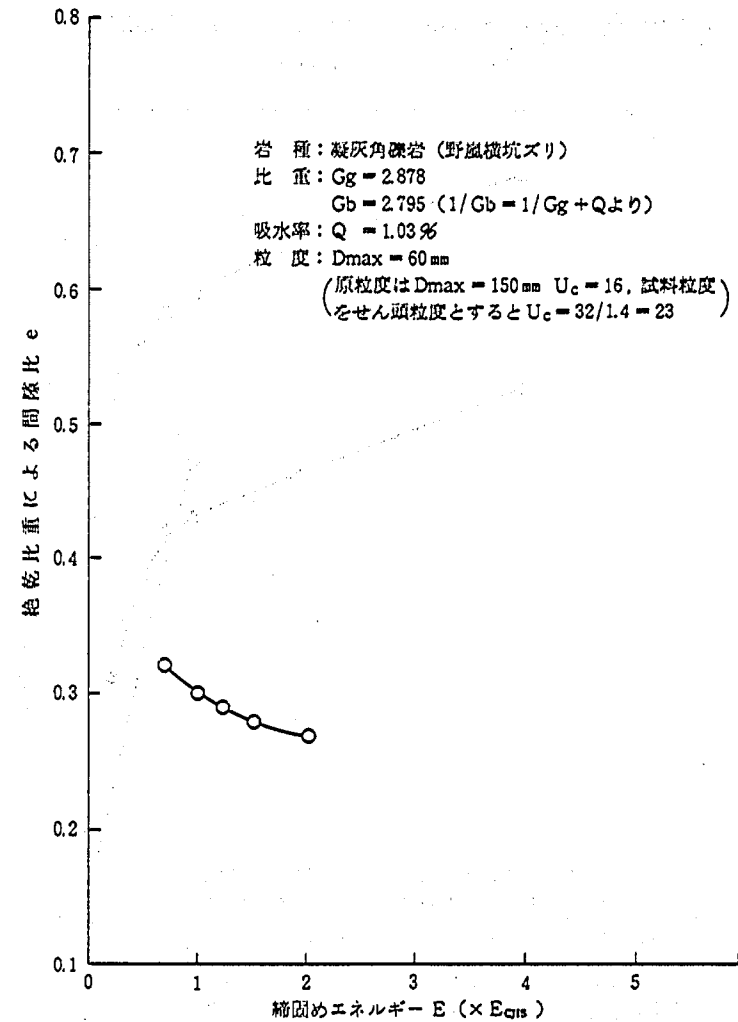


図-2.10(4) 三保ダムロック材料室内締固め試験結果
 (エネルギー～間隙比の関係)

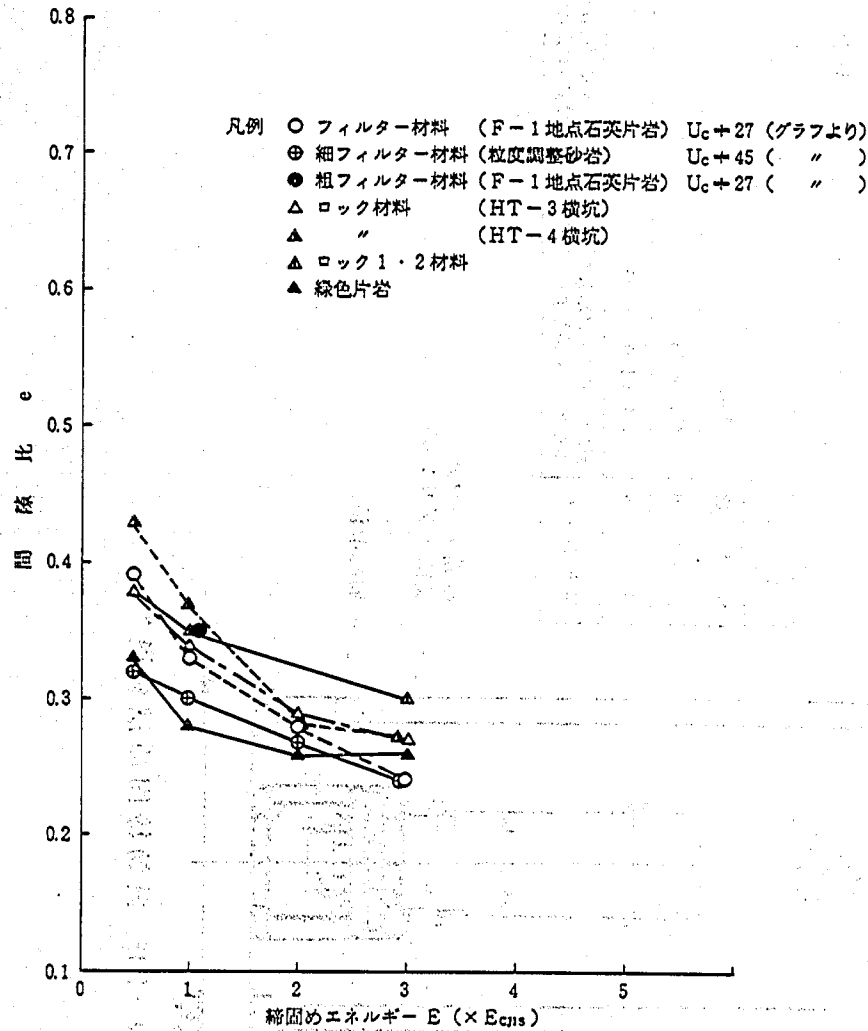


図-2.10(5) 稲村ダムフィルター・ロック材料室内締固め試験結果
(エネルギー～間隙比の関係)

$$e_{min} = 0.694 \cdot U_e^{-0.36}$$

$$e_0 = 0.88 \cdot U_e^{-0.184}$$

$$e_{1.0} = 0.612 \cdot U_e^{-0.251}$$

$$e_{2.0} = 0.620 \cdot U_e^{-0.294}$$

凡例 ○ エネルギー $E_{Cj15} \times 0$
 ● " " $\times 1.0$
 ● " " $\times 2.0$

添字		Gb	Q(%)
1	黒色片岩	2.70	0.6
2	緑色片岩	2.99	0.57
3	凝灰角礫岩	2.795	1.03
4	複輝石安山岩	1.825	13.8
5	石英片岩	2.59	1.7
6	玄武岩	2.712	2.5
7	複輝石安山岩	1.935	11.0

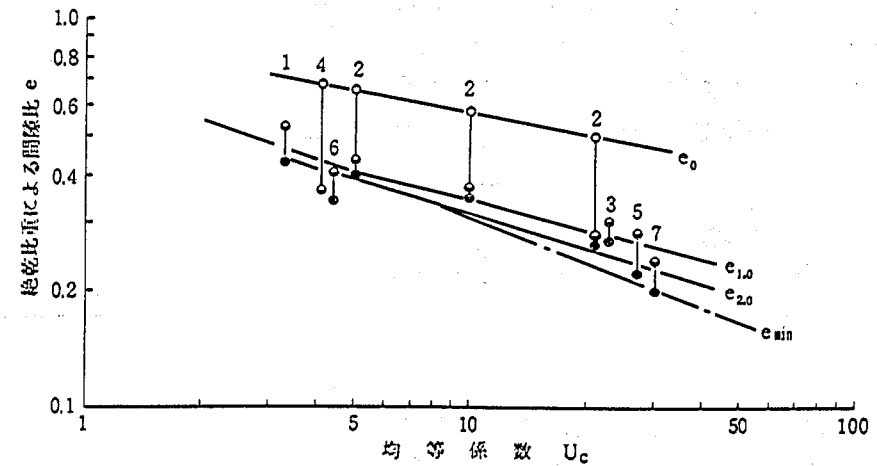
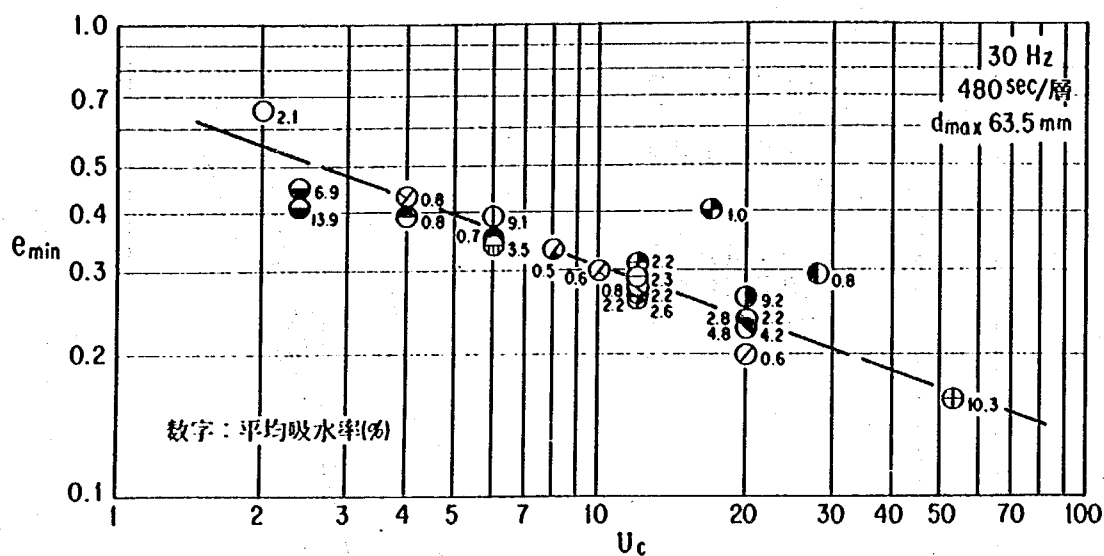


図-2.11 ロック材料の均等係数と間隙比の関係
(室内締固め試験, 表-2.7より)



3. 盛立試験

3.1 実施時期・目的

盛立試験はほとんどのダム（19/24）で行われている（表－2.2 参照）。実施時期については、本体工事発注時期などとの関連が十分把握できなかったが、本体ロック盛立開始前で、設計作業の過程の比較的遅い段階に行われているようである。

試験の目的は、使用予定材料について転圧方法（機種、まき出し厚、転圧回数など）と材料特性（密度、沈下、透水性、粒子破碎など）の関係を把握することであるが、実施時期と設計の進捗度との関係で、ダムにより若干の違いがある（表－3.1 参照）。

3.2 転圧仕様

一般に盛立試験では、締固め効果に影響を及ぼす要因として、転圧機械、まき出し厚、転圧回数を選定するが、手取川ダムのように転圧速度や散水の影響を調べた例もある。

各ダムの盛立試験転圧仕様を表－3.2 に示す。転圧機械は振動ローラおよびブルドーザが主である。それらの能力は多種であるが、8 ton 級および13.5 ton 級振動ローラが比較的良好に用いられている。まき出し厚は、ブルドーザ転圧の場合 0.5 ～ 2.0 m、振動ローラ転圧の場合 0.3 ～ 1.5 m である。転圧回数は偶数回を採用しているダムが多いが、その上限は転圧機械とまき出し厚によって異なり、4 ～ 16 回と範囲が広い。

3.3 測定項目・方法

盛立試験の測定項目を表－3.3 に、密度測定方法を表－3.4 に示す。また図－3.1 に密度試験孔の大きさと材料の最大粒径の関係を、図－3.2 に密度試験孔の深さとまき出し厚との関係を示す。

3.4 試験結果

各ダムの盛立試験結果を表－3.5 に示す。表中の間隙比は絶対乾比重による間隙比である。また、試験材料の絶対乾比重および粒度の正確な情報が得られなかったダムについては、発破試験やせん断試験の資料を参考にし、表－3.5 中には（ ）書きとした。

図－3.3 (1)～(6)は、転圧機種を振動ローラ 9.2 ton 以下、振動ローラ 13.5 ton 以上、およびダンプロックまたはブルドーザの 3 種類に分類し、それぞれについて更に試料の均等係数が 10 未満と 10 以上の 2 種類に分類し、転圧回数と間隙比の関係を図示したものである。各ケースとも転圧回数 4 回程度で締固めはほぼ終了しているが、得られる間隙比は 0.18 ～ 0.4 と範囲が広い。そこで、表－3.5 のうち絶対乾比重、乾燥密度、および均等係数について情報が正確と思われるデータのみ選び（表－3.6）その中で事例数の比較的多い 13.5 ton 振動ローラ転圧について均等係数と間隙比の関係を図示すると、図－3.4 のようになる。図中の直線 e_2 、 e_4 および e_6 はそれぞれ転圧回数 2 回、4 回および 6 回の間隙比を最小二乗法により均等係数の関数として表わしたものである。室内締固め試験と同じ様な傾向がみられる。

重機転圧によりロック材料に与えられる締固めエネルギー量は、転圧機械の能力、まき出し厚などに影響され、振動ローラ使用の場合は、さらに転圧時の走行速度にも影響される。したがって、重機の転圧回数と室内試験の突固めエネルギーを単純に比較することは難しいが、図－2.7 と図－3.4 を対比すれば、まき出し厚 1.0 ～ 1.25 m、13.5 ton 振動ローラ転圧 4 回で得られる締固めエネルギーは、ほぼ

JISの標準突固めエネルギーに相当するようである。しかし、室内締固め試験と盛立試験の結果を比較する場合には以下に述べる諸点が問題として残っている。

- ① 室内締固め試験では試料の底面・外周が拘束されているが、盛立試験ではそれがなされていない。したがって、後者では転圧エネルギーがどれだけの材料の締固めに使われたかが不明である。
- ② 両試験では試料の最大粒径が異なるが、最大粒径の差が締固め特性に及ぼす影響がはっきりわかっていない。
- ③ 盛立試験の「転圧0回」には、敷均し作業によりすでにいくらかの締固めエネルギーが与えられている。
- ④ 体積測定方法の違いにより、両者の密度測定試験の精度に差があると思われる。

一方、盛立試験にのみ着目しても、他ダムの試験結果と比較する場合にはいくつかの問題があるが、最も重要なのは密度測定に関するものであろう。

図-3.5は深度別の締固め度を測定した例であるが、深さとともに密度が小さくなっている。このことは、密度測定は上部のみでなく下部も含めた層全体の密度を測定する必要があることを示している。建設省技術研究会で作成した「フィルダム材料の試験要領(案)」では「粗粒材料の現場密度試験孔の大きさは、材料の最大粒径の2~3倍、深度は2倍以上とするのが望ましい」としているが、薄層転圧工法を採用する場合は、さらに「試験孔の深さはまき出し厚と同程度」とした方が測定精度が高くなると考えられる。

密度試験における測定誤差は、そのほとんどが体積測定に依存していると考えられる。水置換法による場合は、孔壁のゆるみ以外に、ビニールシートと孔壁の間の空隙や漏水の有無に留意する必要がある。しかし、以上のような諸点に留意し慎重に試験を行っても測定値にはバラツキがあるのが普通である(図-3.6参照)。これについては、1ケースの測点数を多くすることで対処するのがよいと思われる。

表-3.1 盛立試験の目的

ゲム名	
1 大雪	ロック材料の密度が、まき出し厚、転圧の程度によってどのような相関を示すかを確かめること。
2 十勝	室内試験で決定した設計数値の妥当性を検証する必要と、材料に見合った最適機械選定のため実施した。 (S.50年度盛立試験)
3 漁川	ロック材料の密度が、まき出し厚、転圧の程度によってどのような相関を示すかを確かめるため。 (S.49.8 盛立試験)
4 御所	転圧機種などの施工基準を決定する資料を得るため。
5 白川	堤体材料の特性と施工仕様との関係を把握し、最終的に大型一面せん断試験の結果とも合わせて施工仕様、品質基準および設計値を決定する。
6 岩屋	転圧が必要かどうかの判定資料を得るため。
7 寺内	使用機種、施工方法、および管理基準の確認・修正。
8 福地	①締固め機種、リフト厚、転圧回数の決定、②貯蔵方法、③最大粒径、④粒子破砕、⑤材料の物理特性に関する資料を得ること。
9 樽水	転圧による破砕状況の確認および施工まき出し厚の決定。
10 漆沢	
11 七北田	
12 前川	
13 四時	
14 手取川	使用予定の振動ローラの効果を調べる。
15 三保	盛立材料に最も適した転圧機種と転圧方法を選定するため。
16 広瀬	
17 荒川	最良の施工方法を探るため。
18 双葉	
19 武利	
20 高瀬	
21 七倉	
22 下小鳥	
23 南原	
24 明神	
25 稲村	

表-3.2(1) 盛立試験転圧仕様(振動ローラ)

[illegible]

表-3.2(2) 盛立試験転圧仕様（ブルドーザ、ダンプトラック、タイヤローラ）

① ② ③ ④ ダム名	ブルドーザ																ダンプトラック		タイヤローラ	①機 械																									
	17 ton				21 ton				27 ton				32 ton				48 ton	18ton	32 ton	50 ton	②能 力																								
	0.5		1.0		0.6		1.0		1.5		1.0		1.5		2.0		0.5		1.0		1.5		1.0		?	1.7		0.3~0.6		③まき出し厚 (m)															
	1	2	4	8	1	2	4	8	4	6	8	12	4	8	4	8	4	6	8	4	6	8	2	4	6	2	4	6	10	2	4	6	1	2	4	?	1	2	4	2	4	8	④転圧回数		
1 大 雪																																													
2 十 勝																																													
3 漁 川																																													
4 御 所																																													
5 白 川																																													
6 岩 屋																																													
7 寺 内																																													
8 福 地																																													
9 樽 水	○	○	○	○	○	○	○	○																																					
10 漆 沢																																													
11 七北田																																													
12 前 川																																													
13 四 時																																													
14 手取川																																													
15 三 保																																													
16 広 瀬																																													
17 荒 川																																													
18 双 葉																																													
19 武 利																																													
20 高 瀬																																													
21 七 倉																																													
22 下小島																																													
23 南 原																																													
24 明 神																																													
25 稲 村																																													
実施ダム数	1				1				1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	

表-3.3 盛立試験の測定項目

ダ ム 名	比 重	吸水量	粒 度		密 度	沈下量	透水性	そ の 他 の 試 験
			前	後				
1 大 雪					○	○		空隙比試験
2 十 勝	○	○	○	○	○			
3 漁 川			○	○	○	○		
4 御 所	○	○	○	○	○	○	○	
5 白 川	○	○	○	○	○	○		
6 岩 屋	○	○		○	○			
7 寺 内	○	○	○	○	○	○	○	
8 福 地	○		○	○	○	○	○	
9 樽 水	○	○	○	○	○	○	○	
10 漆 沢								
11 七北田			○	○	○	○	○	
12 前 川								
13 四 時				○	○		○	
14 手取川				○	○	○	○	既転圧面との接着状況
15 三 保			○	○	○	○	○	
16 広 瀬								
17 荒 川	○	○	○	○	○	○		大型一面せん断
18 双 葉					○			
19 武 利					○			
20 高 瀬					○			
21 七 倉								
22 下小鳥					○		○	
23 南 原								
24 明 神								
25 稲 村	○	○	○	○	○	○	○	
ダ ム 数			11	14	19	12	11	

表-3.4 現場密度測定方法(盛立試験)

ダム名	試験孔の大きさ		体積測定方法	試料の最大粒径	まき出し厚 d (m)	備考
	形状 (m)	体積※(m ³)				
1 大雪	φ 0.8 × 0.5	(0.25)	水置換	1,800	1.0, 1.5, 2.0	S.43年度
2 十勝	φ 1.0 × 0.5 (まき出し深さまで)	(0.39~1.2)	"	200	0.5, 1.0, 1.5	S.50年度
3 漁川	d=1.0mの場合 (上面□3.0, 下面□1.0) × 1.0 d=1.5 " (" □2.5, " □0.7) × 1.5	(5) (5)	砂利置換	800	1.0, 1.5	S.49.8
4 御所	φ 0.8 × 0.5 (まき出し深さまで)	(0.5)	水置換	400	1.0	
5 白川	φ 0.6 × 0.5	(0.14)	"	300	0.5, 1.0, 1.5	S.48,49年度
6 岩屋	1.5 × 1.5 × 1.5程度	(1.1)	計測法		1.0, 1.7	
7 寺内	φ 2.5	約2.0	水置換		1.5	
8 福地	φ 0.3		砂置換	150	0.3, 0.6	
9 樽水			水置換, 砂置換	400	0.5, 1.0	
10 漆沢						
11 七北田	φ 1.5 × 1.0	(1.8)	水置換	300	0.8, 1.0	
12 前川						
13 四時	φ 1.0 × 0.5 (まき出し深さまで)	(0.78)		180	1.0	
14 手取川	φ 1.0 × 0.4 ~ 0.7	0.3 ~ 0.6	水置換	200以上	0.6, 1.2	
15 三保				200	1.0	
16 広瀬	φ 1.5 × 1.0	約1.0	水置換	400	1.5	本体盛立時
17 荒川	1.2 × 1.2 × 1.0	約1.4	計測法	800	1.0	
18 双葉						
19 武利	φ 1.0		水置換		0.6	
20 高瀬						
21 七倉						
22 下小鳥						
23 南原						
24 明神						
25 稲村	φ 1.0 × (まき出し厚)	(0.78~1.2)	水置換	400	1.0, 1.5	

※ () 書は「形状」より計算で求めた値。

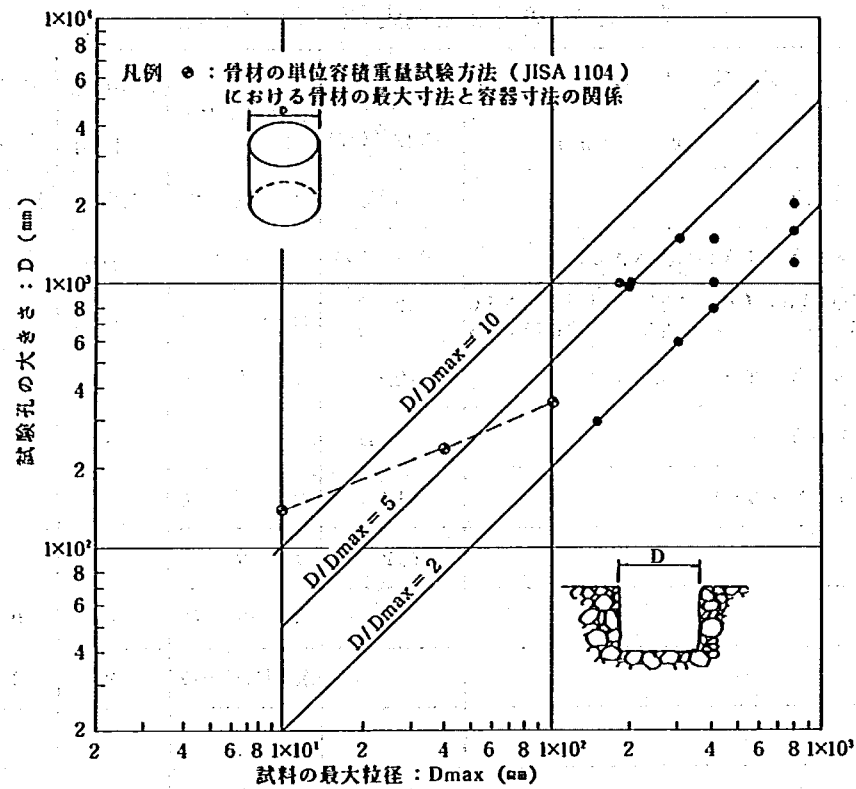


図- 3. 1 密度試験孔の大きさと試料最大粒径の関係 (盛立試験)

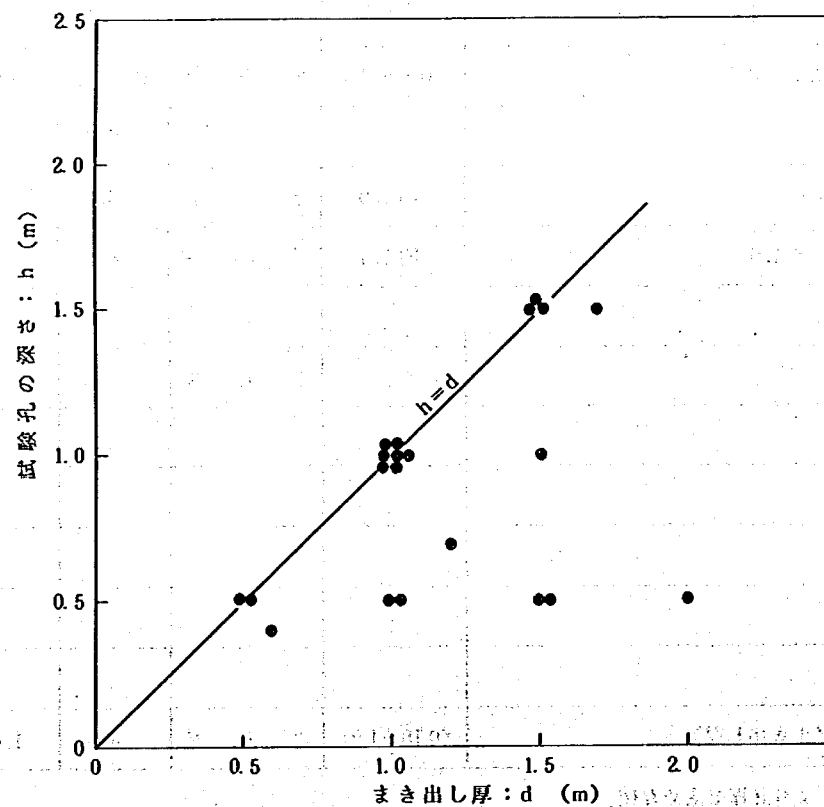


図- 3. 2 密度試験孔の深さとまき出し厚の関係 (盛立試験)

表-3.5 盛立試験結果

ダム名	岩種	絶乾比重 Gb	転圧機械	まき出し厚 (m)	転圧速度 (km/h)	転圧回数	転圧密度 γ_d (t/m ³)	間隙比 $\frac{Gb}{\gamma_d} - 1$	粒 度		備 考
									最大粒径 (mm)	Uc	
1. 大 雪	粘 板 岩 (第一原石山 爆破テスト 材料)	(2.563)	ブルドーザD7E (27 ton)	1.0		0	1.75	0.46	(1,800)	(3)	S.43年度盛立試験。粒度はS.43年原石山発破 試験粒度。 Gbは、せん断試験試料(第一原石山材料)の 値。
						4	1.89	0.36			
						6	2.00	0.28			
						8	2.04	0.26			
				1.5		0	1.65	0.55			
						4	2.00	0.28			
						6	1.90	0.35			
						8	2.05	0.25			
				2.0		0	1.74	0.47			
						4	1.96	0.31			
						6	1.95	0.31			
						8	2.00	0.28			
2. 十 勝	角 斑 岩 粘 板 岩 (仮排水路 掘削岩)	(2.567)	ブルドーザD155 (32 ton)	0.5		0	1.771	0.45	200	13	S.53年度盛立試験。密度は全層の平均。
						2	1.783	0.44			
						4	1.960	0.31			
						6	2.004	0.28			
				1.0		0	1.858	0.38			
						2	1.950	0.32			
						4	1.890	0.36			
						6	1.973	0.30			
						0	1.855	0.38			

表-3.5 のつづき ①

ダム名	岩種	絶対比重 Gb	転圧機械	まき出し厚 (m)	転圧速度 (km/h)	転圧回数	転圧密度 γ_d (t/m ²)	間隙比 $\frac{Gb}{\gamma_d} - 1$	粒 度		備 考
									最大粒径 (mm)	Uc	
2. 十勝	角 斑 岩 粘 斑 岩 (仮排水路 掘削岩)	(2.567)	ブルドーザD155 (32 ton)	1.5		2	1.846	0.39	200	13	
						4	1.898	0.35			
						6	1.888	0.36			
3. 漁川	溶結凝灰岩 (S.48原石山 発破試験材 料)	2.21	ブルドーザD85A (21 ton)	1.0	3.2~5.0	0	1.78	0.24	800	41	S.49.8 実施。
						4	1.89	0.17			
						8	1.82	0.21			
				1.5		4	1.91	0.16			
						8	1.89	0.17			
4. 御所	両輝石安山岩 (原石山材料)	2.06	ブルドーザD155A (32 ton)	1.0	2	0	1.51	0.36	300	5.5	
						4	1.55	0.33			
						6	1.61	0.28			
						8	1.61	0.28			
						10	1.61	0.28			
			振動ローラSP60 (21 ton)	1.0	2	0	1.50	0.37			
						2	1.59	0.30			
						4	1.58	0.30			
						6	1.65	0.25			
						8	1.64	0.26			
			振動ローラBW210 (8.8 ton)	1.0	2	0	1.53	0.35			
						2	1.60	0.29			
						4	1.59	0.30			

表-3.5 のつづき ②

ダム名	岩種	絶乾比重 Gb	転圧機械	まき出し厚 (m)	転圧速度 (km/h)	転圧回数	転圧密度 γ_d (t/m ³)	間隙比 $\frac{Gb}{\gamma_d} - 1$	粒 度		備 考
									最大粒径 (mm)	Uc	
4. 御 所	両輝石安山岩 (原石山材料)	2.06	振動ローラBW210 (8.8 ton)	1.0	2	6	1.66	0.24	300	5.5	
						8	1.55	0.33			
5. 白 川	緻密安山岩 (室の沢) (原石山)	(2.46)	振動ローラBW210 (8.2 ton)	0.5		0	1.742	0.41	200	(24)	
						2	1.817	0.35			
						4	1.866	0.32			
						6	1.902	0.29			
						8	1.931	0.27			
						10	1.918	0.28			
						12	1.935	0.27			
				1.0		0	1.764	0.39			
						2	1.803	0.36			
						4	1.849	0.33			
						6	1.881	0.31			
						8	1.895	0.30			
						10	1.921	0.28			
						12	1.914	0.29			
				1.5		0	1.734	0.42			
						2	1.780	0.38			
						4	1.817	0.35			
						6	1.827	0.35			
						8	1.847	0.33			

表-3.5 のつづき ③

ダム名	岩種	絶対比重 Gb	転圧機械	まき出し厚 (m)	転圧速度 (km/h)	転圧回数	転圧密度 γ_d (t/m ³)	間隙比 $\frac{Gb}{\gamma_d} - 1$	粒 度		備 考
									最大粒径 (mm)	Uc	
6. 岩 屋	石 英 斑 岩 (ロックⅠ) 原石山材	2.540	32tonダンブトラック (載荷)	1.7		0	1.83	0.39	500	120	
						1	1.94	0.31			
						2	2.12	0.20			
						4	2.06	0.23			
	石 英 斑 岩 (ロックⅡ) (原石山材⊕) 掘削流用材	2.618	ブルドーザD9 (48.5ton)	1.0		0	1.85	0.42	400	24	
						1	2.01	0.30			
						2	2.07	0.26			
						4	2.13	0.23			
7. 寺 内	黒 色 片 岩 (原石山材)	2.660	振 動 ロ ー ラSP60 (21 ton)	1.5	4	0	2.086	0.28	600	17	粒度はグラフの平均。
						1	2.186	0.22			
						2	2.222	0.20			
						4	2.252	0.18			
						6	2.256	0.18			
8. 福 地	石 灰 岩	2.69	振 動 ロ ー ラ 9.2 ton	0.3~0.6	1.6	2	2.02	0.33	150	7	粒度は転圧前。
						4	2.13	0.26			
						8	2.18	0.23			
9. 樽 水	角 礫 凝 灰 岩 (ダムサイト) 左岸ずり	(1.795)	ブルドーザD60PS (17 ton)	0.5	4	0	(1.21) 1.46	(0.48)	300	18	粒度はグラフの平均。密度は湿潤密度。 () 内は含水比20%としたときの γ_d 。
						1	(1.34) 1.61	(0.34)			
						2	(1.38) 1.66	(0.30)			
						4	(1.41) 1.69	(0.27)			
						8	(1.42) 1.70	(0.26)			

表-3.5のつづき ④

ダム名	岩種	絶乾比重 Gb	転圧機械	まき出し厚 (m)	転圧速度 (km/h)	転圧回数	転圧密度 γ_d (t/m ³)	間隙比 $\frac{Gb}{\gamma_d} - 1$	粒 度		備 考
									最大粒径 (mm)	Uc	
9. 樽 水	角礫凝灰岩 (ダムサイト) 左岸ずり	(1.795)	ブルドーザD60PS (17 ton)	1.0	4	0	(1.20) 1.44	(0.50)	300	80	
						1	(1.22) 1.46	(0.47)			
						2	(1.27) 1.53	(0.41)			
						4	(1.39) 1.67	(0.29)			
						8	(1.38) 1.65	(0.30)			
11. 七北田	複輝石安山岩	2.038	振動ローラBW210 (8 ton)	0.8		0	1.37	0.49	300	19	転圧0回の γ_d はグラフより読み取り。 粒度は「三軸試験材料フルサイズ」を採用。 GbはD ₅₀ の値。
						4	1.500	0.36			
						6	1.522	0.34			
				1.0		0	1.33	0.53			
						4	1.454	0.40			
						6	1.475	0.38			
			振動ローラBW151 (15 ton)	0.8		0	1.34	0.52			
						4	1.515	0.35			
						6	1.526	0.34			
				1.0		0	1.35	0.51			
						4	1.509	0.35			
						6	1.516	0.34			
12. 四 時	緑 色 片 岩	2.894	振 動 ロ ー ラ (8 ton)	1.0	1.5	2	2.012	0.44	180	7.2	
						4	2.096	0.38			
						6	2.146	0.35			
			振 動 ロ ー ラ (13.5 ton)	1.0	2.0	1	2.020	0.43	170	8.0	

表-3.5 のつづき ⑤

ダ ム 名	岩 種	絶乾比重 Gb	転 圧 機 械	まき出し厚 (m)	転圧速度 (km/h)	転圧回数	転圧密度 γ_d (t/m ²)	間 隙 比 $\frac{Gb}{\gamma_d} - 1$	粒 度		備 考
									最大粒径 (mm)	U _c	
12. 四 時	緑 色 片 岩	2.894	振 動 ロ ー ラ (13.5 ton)	1.0	2.0	3	2.098	0.38	170	8.0	
						5	2.171	0.33			
14. 手取川	片 麻 岩 礫 岩	2.575	振 動 ロ ー ラ SAW-185-01 (13.5 ton)	0.6	2	0	2.02	0.27	(250)	60	Gb は材料試験の平均。 γ_d は、片麻岩、礫岩（軟）、礫岩（硬）の平均で、非散水の場合。 Dmaxは推定値。
						2	2.13	0.21			
						4	2.19	0.18			
						6	2.22	0.16			
				1.2	2	0	1.97	0.31			
						2	2.07	0.24			
						4	2.10	0.23			
						6	2.13	0.21			
15. 三 保	凝 灰 角 礫 岩 (小畑原石山 発破試験材 料)	2.856	振 動 ロ ー ラ BW200 (8 ton)	1.0		2	2.02	0.41	200	80	
						4	2.20	0.30			
						6	2.24	0.28			
			振 動 ロ ー ラ ABG-SAW-185 (13.5 ton)	1.0		2	2.08	0.37			
						4	2.25	0.27			
						6	2.38	0.20			
16. 広 瀬	花 崗 閃 緑 岩 ホルンフェルス	(2.695)	振 動 ロ ー ラ CH60 (13.5 ton)	1.5		4	2.26	0.19	400	54.3	Gb は、せん断試験試料の値。 本体盛立中に行った。
17. 荒 川	安 山 岩	(2.745)	振 動 ロ ー ラ SP60 (20 ton)	仕上り 1.0		0	1.780	0.54	800	9	粒度は、まき出し時のものをグラフ読み取り。 Gb は、材料試験の値。
						2	2.222	0.24			
						4	2.248	0.22			

表-3.5 のつづき ⑥

ダム名	岩種	絶対比重 Gb	転圧機械	まき出し厚 (m)	転圧速度 (km/h)	転圧回数	転圧密度 γ_d (t/m ²)	間隙比 $\frac{Gb}{\gamma_d} - 1$	粒 度		備 考
									最大粒径 (mm)	Uc	
17. 荒 川	安 山 岩	(2.745)	振動ローラ SP60 (20 ton)	仕上り 1.0		6	2.302	0.19	800	9	
			ブルドーザ D155A (30 ton)	"		0	1.780	0.54	800	9	
						2	2.162	0.27			
						4	2.145	0.28			
						6	2.213	0.24			
18. 双 葉	河 床 砂 礫		小 型 バ イ ブ レ ー シ ョ ン ロ ー ラ	1.0		0	2.07				
						4	2.03				
						6	2.02				
						8	2.03				
						10	2.16				
19. 武 利	河 床 砂 礫	(2.578)	ブルドーザ D80A (21.5 ton)	0.6		4	1.84	0.40		(120)	Gbは、材料試験の値。 Ucは、施工粒度より。
						6	1.93	0.34			
						8	1.94	0.33			
	安山岩質凝灰 岩 (洪水吐)	(2.272)	"	"		4	1.87	0.21		(50)	
						8	1.89	0.20			
						12	1.92	0.18			
25. 稲 村	石 英 片 岩 (原石山発破、 試験材料)	2.59	振動ローラCH60 (13.5 ton)	1.0		2	2.064	0.25	400	23	粒度はグラフより読み取り。
						4	2.088	0.24			
						6	2.165	0.20			
				1.5		2	2.022	0.28			
						6	2.050	0.26			
						10	2.088	0.24			

記号	ダム名	岩種	U _c	機種	まき出し厚(m)
○—○	御所	両輝石安山岩	5.5	BW210 (8.8 ton)	1.0
●—●	福地	石灰岩	7	9.2 ton	0.3~0.6
△—△	四時	緑色片岩	7.2	8 ton	1.0

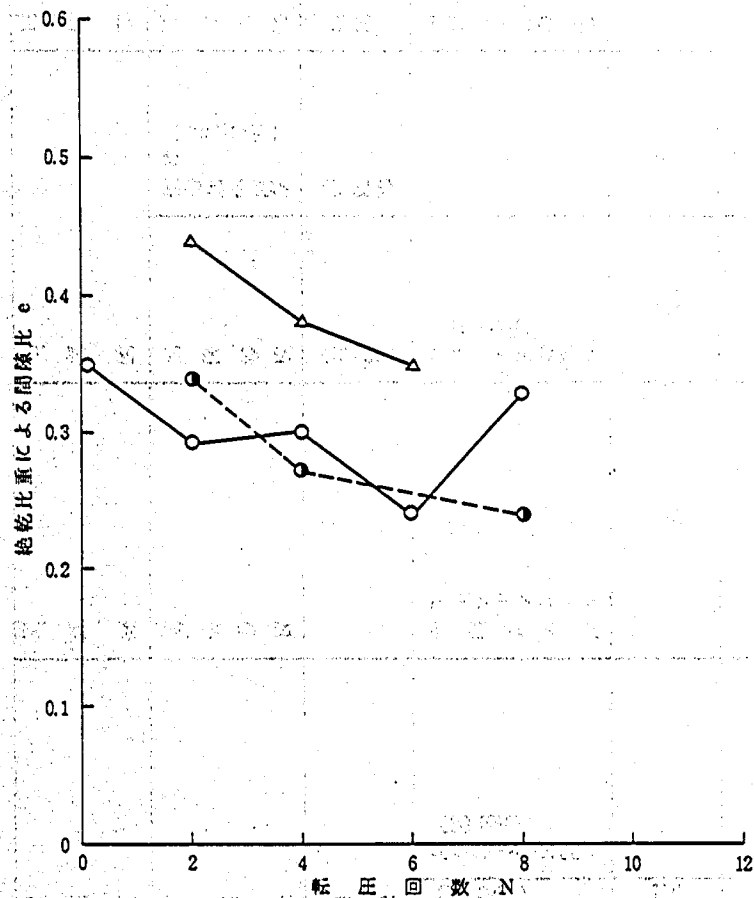


図-3.3(1) 転圧回数と締固め度の関係
(振動ローラ 9.2 ton 以下, U_c < 10)

記号	ダム名	岩種	U _c	機種	まき出し厚(m)
△—△	七北田	複輝石安山岩	19	BW210 (8 ton)	0.8
△—△	"	"	19	"	1.0
●—●	三保	凝灰角礫岩	80	BW200 (8 ton)	1.0
○—○	白川	緻密安山岩	24	BW210 (8.2 ton)	0.5
○—○	"	"	24	"	1.0
○—○	"	"	24	"	1.5

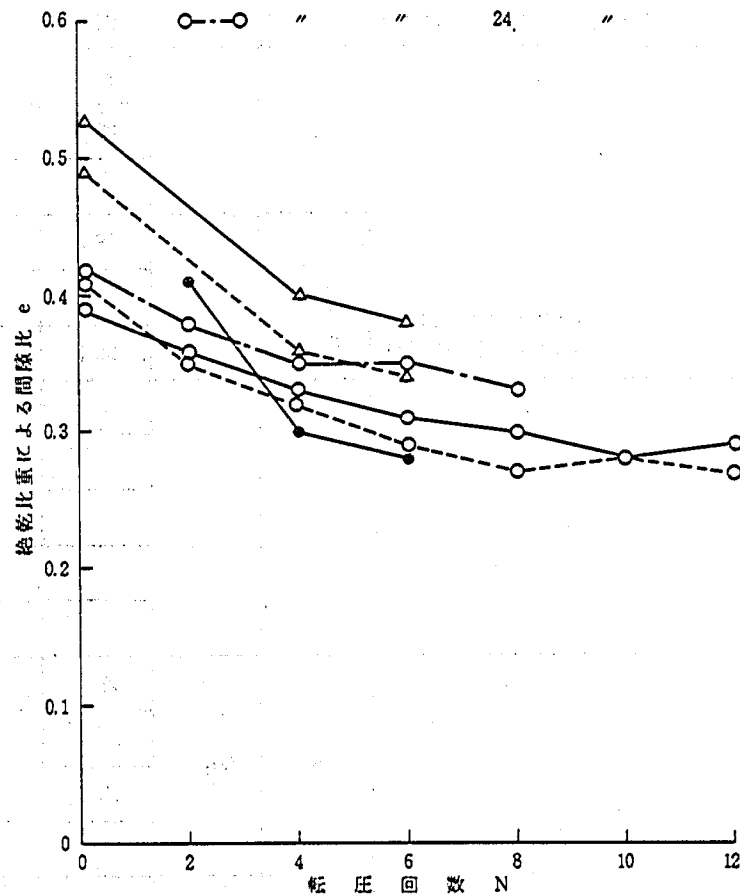


図-3.3(2) 転圧回数と締固め度の関係
(振動ローラ 9.2 ton 以下, U_c ≥ 10)

記号	ダム名	岩種	U _c	機種	まき出し厚 (m)
○—○	御所	両輝石安山岩	5.5	SP 60 (21 ton)	1.0
●—●	四時	緑色片岩	8.0	13.5 ton	1.0
○—○	荒川	安山岩	9	SP 60	1.0

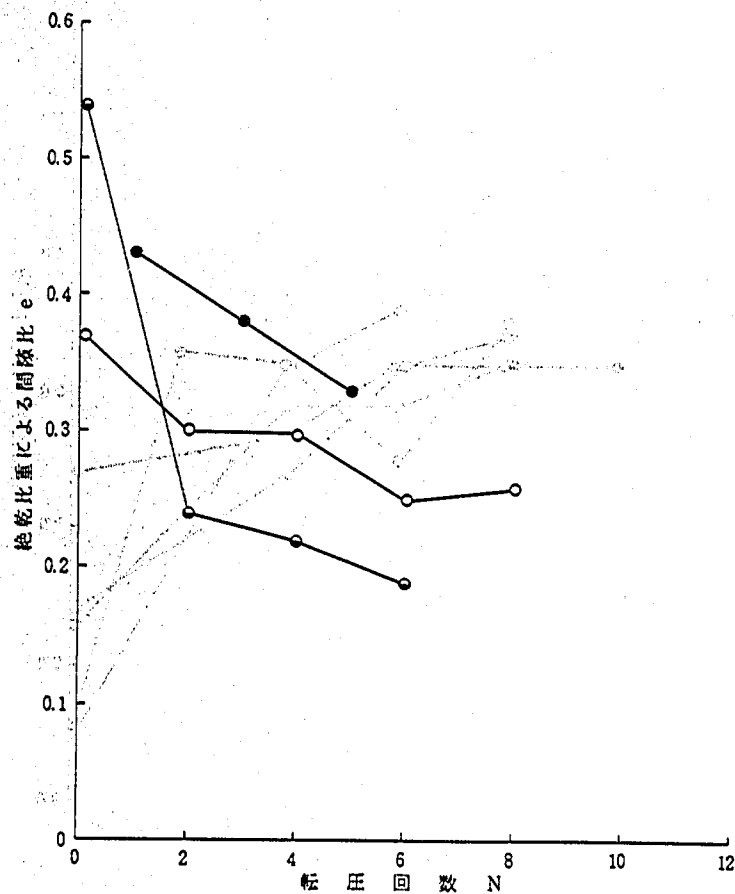


図-3.3(3) 転圧回数と締固め度の関係
(振動ローラ 13.5 ton 以上, U_c < 10)

記号	ダム名	岩種	U _c	機種	まき出し厚 (m)
○—○	寺内	黒色片岩	17	SP 60 (21 ton)	1.5
●—●	七北田	複輝石安山岩	19.4	BW 151 (15 ton)	0.8
●—●	"	"	19.4	"	1.0
○—○	手取川	片麻岩, 礫岩	60	SWA (13.5 ton)	0.6
○—○	"	"	60	"	1.2
△—△	三保	凝灰角礫岩	80	SAW (13.5 ton)	1.0
▲—▲	広瀬	花崗閃緑岩	54	CH 60 (13.5 ton)	1.5
⊕	ホルンフェルス				
□—□	稲村	石英片岩	22.5	CH 60 (13.5 ton)	1.0
□—□	"	"	22.5	"	1.5

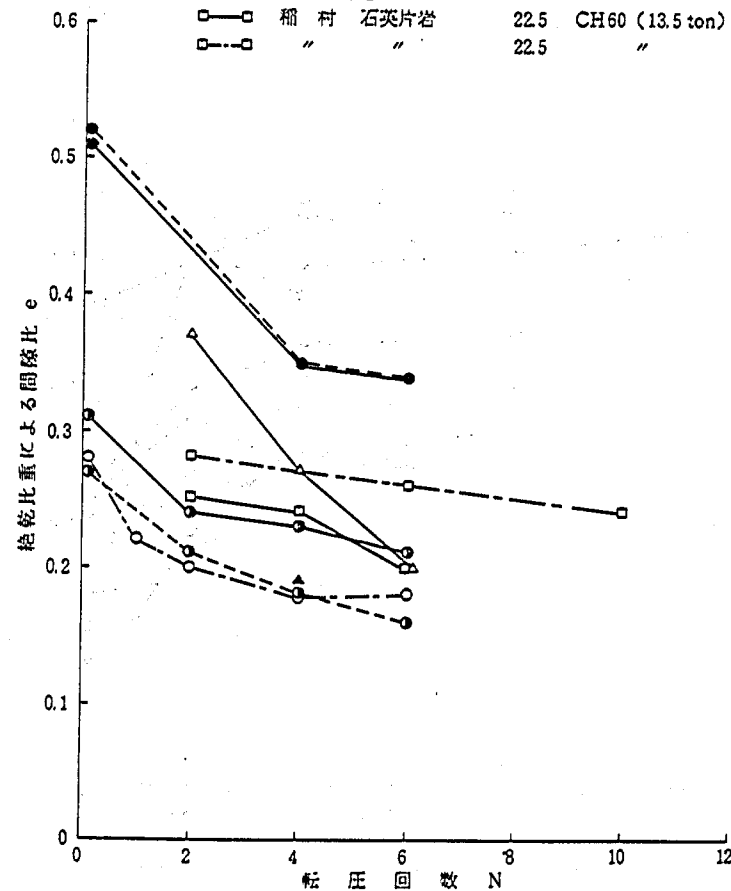


図-3.3(4) 転圧回数と締固め度の関係
(振動ローラ 13.5 ton 以上, U_c ≥ 10)

記号	ダム名	岩種	U_c	機種	まき出し厚 (m)
○—○	大雪	粘板岩	3~4	27 ton ブルドーザ	1.0
○-○	"	"	"	"	1.5
○-○	"	"	"	"	2.0
●—●	御所	両輝石安山岩	5.5	32 ton ブルドーザ	1.0
●—●	荒川	安山岩	9	30 ton ブルドーザ	1.0

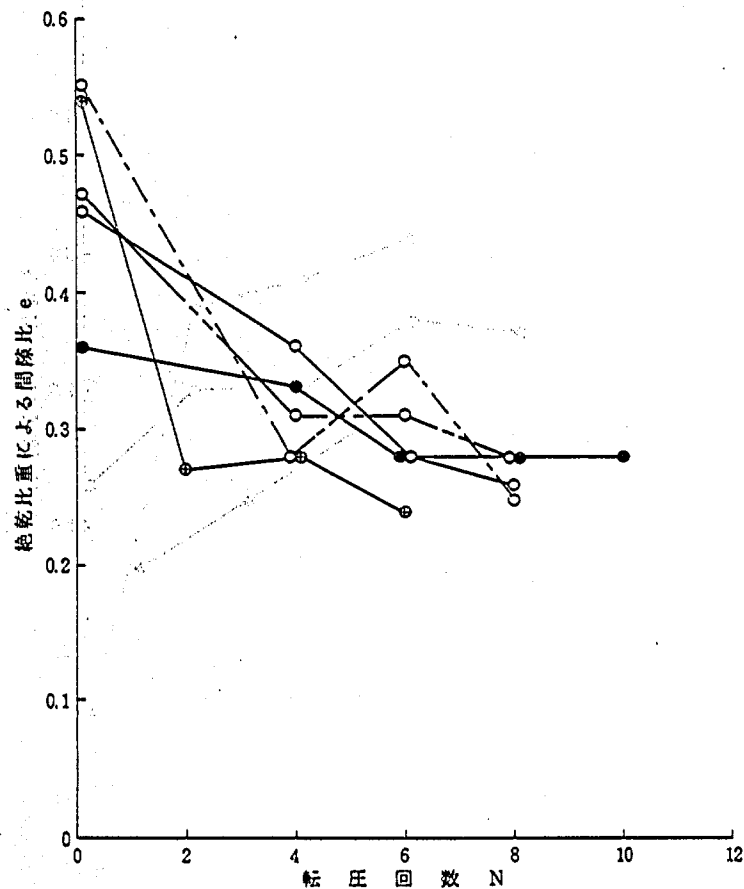


図-3.3(5) 転圧回数と締固め度の関係
(ブルドーザ, $U_c < 10$)

記号	ダム名	岩種	U_c	機種	まき出し厚 (m)
○-○	十勝	角斑岩	13	① 32 ton ブルドーザ	0.5
○—○	"	"	13	② "	1.0
○-○	"	"	13	③ "	1.5
●—●	漁川	溶結凝灰岩	41	④ 21 ton ブルドーザ	1.0
●-●	"	"	41	⑤ "	1.5
○-○	岩尾	石英斑岩 ロックⅠ	120	⑥ 32 ton ダンプトラック	1.7
○—○	"	ロックⅡ	24	⑦ 48.5 ton ブルドーザ	1.0
△-△	武利	河床砂礫	50	⑧ 21.5 ton ブルドーザ	0.6
△-△	"	安山岩質凝灰岩	120	⑨ "	0.6
△-△	樽水	角礫凝灰岩	18	⑩ 17 ton ブルドーザ	0.5
△-△	"	"	80	⑪ "	1.0

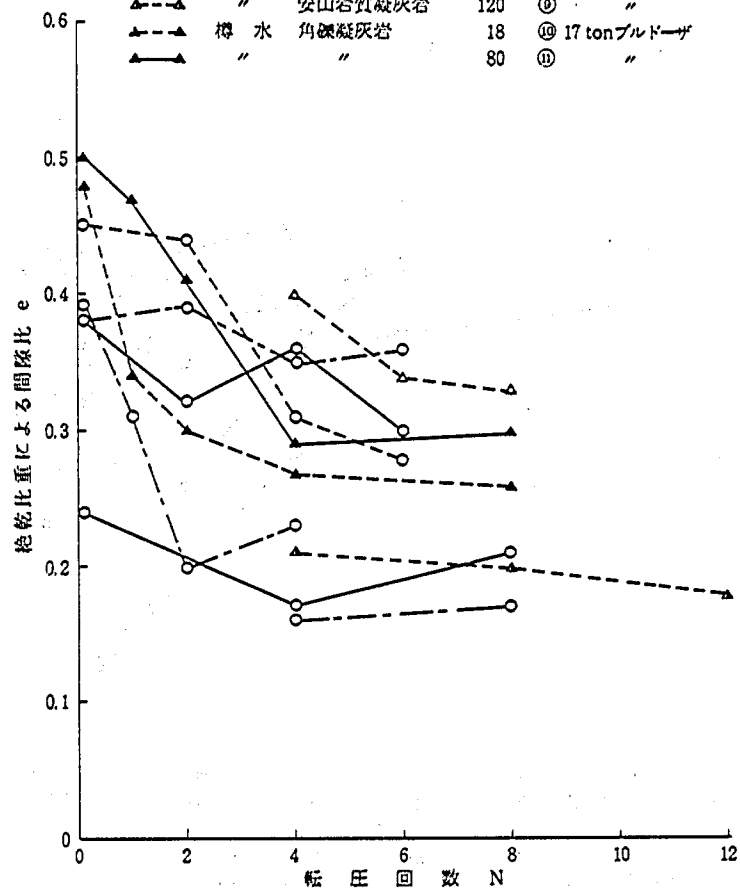


図-3.3(6) 転圧回数と締固め度の関係
(ブルドーザまたはダンプトラック, $U_c \geq 10$)

表-3.6 転圧回数・均等係数～間隙比（盛立試験）

ダム名	材 質				転 圧 機 械	まき出し厚 (m)	絶乾比重による間隙比 e (N: 転圧回数)				
	岩 種	絶乾比重 Gb	吸 水 率 Q (%)	均等係数 Uc			N=0	N=2	N=4	N=6	N=8
漁 川	熔結凝灰岩	2.21	4.41	41	21tブルドーザ	1.5	0.24		0.16		0.17
御 所	両輝石安山岩	2.06	8.6	5.5	21t振動ローラ	1.0	0.37	0.30	0.30	0.25	0.26
岩 屋	石 英 斑 岩	2.540	1.7	120	32tダンプトラック	1.7	0.39	0.20	0.23		
	"	2.618	1.0	24	48.5tブルドーザ	1.0	0.42	0.26	0.23		
寺 内	黒 色 片 岩	2.660	0.6	17	21t振動ローラ	1.5	0.28	0.20	0.18	0.18	
七北田	複輝石安山岩	2.038	6.8	19	15t振動ローラ	1.0	0.51	(0.43)	0.35	0.34	
四 時	緑 色 片 岩	2.894		8.0	13.5t振動ローラ	1.0		(0.41)	(0.36)	N=5 0.33	
手取川	片麻岩, 礫岩	2.575	1.54	60	"	1.2	0.31	0.24	0.23	0.21	
三 保	角礫凝灰岩	2.586	1.0	80	"	1.0		0.37	0.27	0.20	
稲 村	石 英 片 岩	2.59	1.7	23	"	1.25※		0.27※	0.26※	0.23※	

注)

間隙比の()書きは内挿値。

※ 1.0mと1.5mの平均値。

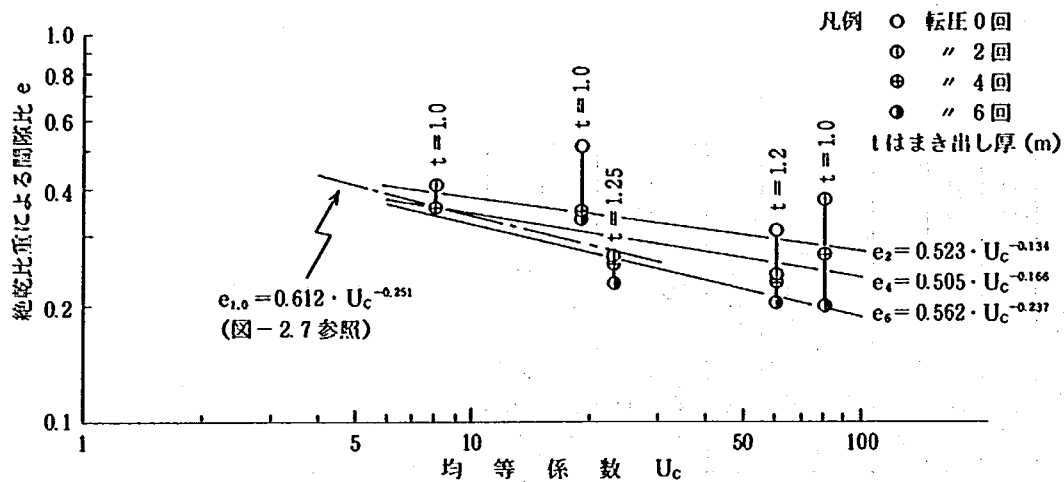


図-3.4 均等係数と間隙比の関係 (盛立試験, 13.5 t 振動ローラ)

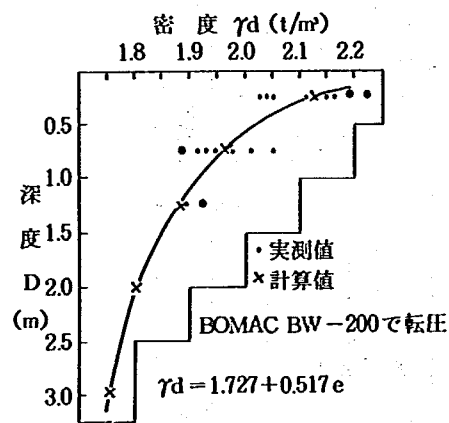


図-3.5 密度と深度との関係
 (大雪ダム盛立試験, S.44年度)

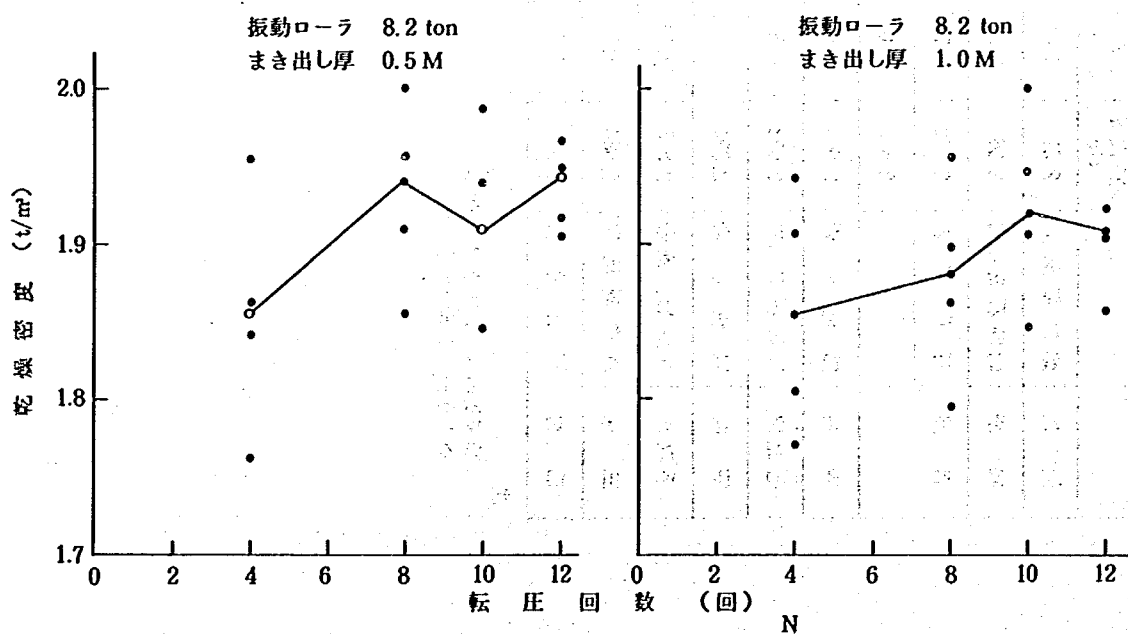


図-3.6 密度測定値のバラツキの例 (白川ダムロック盛立試験, S.48年度本マット)

4. 堤体の設計

4.1 ロックゾーンのゾーニング

各ダムロックゾーン(コア・フィルタ以外のゾーン)の材料配置の考え方およびその細分類名称を、それぞれ表-4.1および表-4.2に示す。また、図-4.1は設計値の異なるロックゾーンの数と堤体積の関係を示したものである。調査したダムの約7割が、ロックゾーンを更に2つ以上のゾーンに区分し、それらに個々の設計値を設定している。その分け方は、上流側と下流側、内部と外部、あるいはその併用で、分割数は堤体積が多いほど多くなる傾向がある。材料の配置と材質の関係では、上流外部($\bar{\phi} = 40.6^\circ$)、下流外部($\bar{\phi} = 40.3^\circ$)、上流内部($\bar{\phi} = 39.1^\circ$)、および下流内部($\bar{\phi} = 38.5^\circ$)の順で良質の材料を配置している。ゾーニングの例を図-4.2(1)~図-4.2(3)に示す。

以上のことは、堤体積が増大すると質的に均一な材料が得難くなること、および、多少質的に劣る材料でもその特性を十分把握し、適正な設計値の選定・材料配置を行い、材料の有効利用が図られていることを示している。

4.2 設計値

堤体材料の設計値は調査・設計の進展に伴って変更されるケースが多い。2,3のダムでは本体盛立開始以降に、施工実績を参考に修正された設計値を用いて堤体の安定性を確認している。表-4.3は各ダムのロック材料の設計値および試験値を示したものであるが、前述のように何回か設計値の修正があったダムでは、材料試験の成果を参考にして定められた盛立前のものを示した。

表-4.4は各ダムのロック材料の設計値決定の考え方を示したものであり、これを分類すると表-4.5のようになる。これによれば設計値決定は他ダムの例などを参考にして設定した値を材料試験で確認したケースと、材料試験で得られた値に若干の余裕を見込んで決定したケースとがある。また、ロック材料のせん断強さはその密度と密接に関連しているが、設計値決定の手順では、まず設計せん断抵抗角を決定しその後密度を決定するケースと、逆に、先に設計密度を決定しその後設計密度に対応するせん断抵抗角を設計値とするケースがある。

材料試験結果をもとに設計値を決定する場合は、設計値は試験値にいくらかの余裕を見込んでいる例が多い。せん断抵抗角の場合、その余裕の取り方は、定率的な考え方(たとえば、「試験値の95%値を設計値とした」など)と、定量的な考え方(たとえば、「設計値は試験値に $1^\circ \sim 2^\circ$ の余裕を見る」など)に分けられるようである。表-4.6は、各ダムのロック材料設計せん断抵抗角とせん断試験で得られたせん断抵抗角との差を示したものである。この場合の試験値は、設計密度に等しい試料密度でせん断試験を行っている場合はそのときの試験値を、そうでない場合は内挿値を採用した。また、同一密度で試験値にバラツキがある場合は原則として下限値を採用した。図-4.3は、表-4.6をもとに作成した余裕値の度数分布図であるが、全体の約8割が 3° 未満で平均は 2.4° である。また、内部まさつ係数($\tan \phi$)でみると平均8%の余裕となっている。

フィルダムの設計は、設計値(荷重項と物性値)、設計手法および安全率の3者の総合によって成立っているから、設計値のうちの物性値をどのように決定すべきかは単独で議論すべきでなく、本来、設計値のうちの荷重項、設計手法および安全率との関連で論ずるべきであるが、これは大問題であり本報告

書の範囲を越える。そこで、出発点として設計手法と安全率は固定されているとして、フィルダム設計上の物性強度（せん断抵抗角）は実物フィルダム内の材料の真のせん断抵抗角にとるのがベターな設計であるという仮定を置けば、せん断抵抗角の設計値と試験値の差（今まではこれを余裕と呼んでいた）は、試験値の信頼度に大きく依存しており、精度の高い試験値が得られれば、余裕のとり方は小さくてよいはずである。

現在行われている粗粒材料のせん断試験には、試験機（一面せん断、三軸圧縮）、試験方法（圧密・非圧密、せん断速度、試験側圧）など、試験結果に影響を及ぼすいくつかの解決されるべき問題が残っている。

4.3 最小安全率

表－4.7は、円形すべり面法で求めた堤体のすべり破壊に対する安全率を示したものである。検討ケース別の最小安全率発生割合は、常時満水位時上流、同じく下流、中間水位時上流、および施工完了時上流の順で高く、いずれも地震時である。

図－4.4は、常時満水位地震時の安全率と法面勾配の関係を示したものである。

4.4 堤体の形状

4.4.1 法面勾配

図－4.5に堤高と法面勾配の関係を示す（表－4.8より）。法面勾配は、主に堤体材料のせん断強さにより決まるため、堤高との相関は認められない。上・下流別では、上流法面勾配を下流法面勾配よりゆるくしているダムが多い。今回調査したダムでは、上流面で1：2.25～1：3.7、下流面で1：1.85～2.80である（表面遮水壁型を除く）。

4.4.2 堤頂幅

図－4.6に、堤高と堤頂幅の関係を示す。堤頂幅は、堤高が高くなると広がる傾向にあるが、堤高90m以上のダムで10～15m、堤高90m以下のダムではほとんどが10mを採用している。これは、堤頂幅はダムの高さには関係なく、施工上の必要幅、使用目的、さらに堤体の安全性を考慮して十分な余裕をもって決められているためと思われる。三保ダムでは、設計震度に0.20を採用しているため、耐震性を考慮して堤頂幅を15m（本体部）としている。

4.4.3 余盛

一般に言われている余盛とは、設計余盛（盛立完了時以降の沈下に備える余盛）と施工余盛（盛立施工中から完了時までには生じる沈下量を対象とした余盛）を合わせたものである。

(1) 余盛の事例

堤頂部余盛高と余盛区間の事例を表－4.8に示すが、余盛高は1.0～2.0m（堤高の1.0～2.1%）が採用されている。その形状は、縦断方向に直線または曲線を組合わせ中高とし、横断方向は法面の途中と堤頂部の余盛を直線で結んでいる例が多い。

岩屋ダムでは、盛立完了後の沈下に対しては図－4.7(1)のようにEL. 390mから上部について余盛を行い堤頂で2m高くし、これとともに施工中の沈下に対しては別途沈下の計算を行い、これに余裕をみて図－4.7(2)のような余盛形状とし、施工の目標は両方の合計をとり図－4.7(3)とした。

(2) 沈下の事例

① 盛立完了直後までの法面の沈下

図-4.8(1)~(4)に、実ダムの盛立完了直後までの法面沈下量の分布を示す。これをもとに、ダム高 H に対する法面直下の土柱高 ΔH の比($\Delta H/H$)と法面直下の土柱高に対する沈下量 h の比の関係を示すと図-4.9のようになり、圧縮率の最大値はダム高の約7割の高さ付近で表われている。

② 盛立完了後の堤頂の沈下

表-4.9に、実ダムの盛立完了後の堤頂沈下量を、図-4.10に、盛立完了後の経過日数と沈下量の関係を示す。これらの事例では、盛立完了後1~2年経過後の圧縮率は0.2%程度以下となっている。

(3) ま と め

以上の事例から、余盛は以下に示すように考えるのがよいと思われる。

まず、余盛を設計余盛と施工余盛に分けて考える。

① 設計余盛は盛立完了後の沈下に備える余盛である。

余盛量は、予想される沈下量にもよるが、標準的にはダム高の0.5%程度とし、横断方向の余盛形状は堤趾部と堤頂部の余盛を結ぶ法面を基本に考える。

② 施工余盛は、盛立施工中の沈下に備える余盛で、ある標高に施工した段階でその盛土上面の法肩が沈下しても設計余盛を考慮した堤体断面が確保できるように、その沈下量(図-4.9参考)に見合った余盛量を考える。

以上の項目について施工計画断面を決定すると、その法面形状は図-4.11に示すような上に凸の曲線形状となる。

4.4.4 リップラップ(法面保護)

リップラップの厚さは0.6~3.0mの範囲で採用されている。材料は、ロック材料と同種のもので大粒径のものを選別使用しているケースと、ロック材料が耐久性に不安があるため、採取地の異なる良質の材料を使用しているケースに分けられる。一般に後者の方がリップラップの厚さが厚い。

4.4.5 堤体積

図-4.12および図-4.13に、それぞれ堤体形状(堤高・堤頂長)と堤体積の関係、および堤体積とロックゾーン体積(コア・フィルタ以外)の関係を示す。ロックゾーンの体積が堤体積に占める割合は68%~88%である。

表-4.1 ゾーニング（ロックゾーンの材料配置）の考え方

ダム名		
1. 大	雪	
2. 十	勝	
3. 漁	川	
4. 御	所	
5. 白	川	
6. 岩	屋	
7. 寺	内	着岩部、両岸アバット部、フィルター境界に幅5m以上の細粒ロックゾーンを設けた。
8. 福	地	原石山材料を6'（150mm）で分級し、-6'材をトランジション材料、+6'材をロック材料とした。
9. 樽	水	掘削岩（角礫凝灰岩Ga=2.04, Q≒13%）を流用したランダムゾーンと、採取材料（安山岩：Gg=2.87, Q≒1.5%）のリップラップゾーンに分かれる。
10. 漆	沢	品質のバラツキの生じやすい流用材は安定計算上比較的関連のうすい下流堤体内部に、原石山材料は上流側および下流側の円形すべり面にかかるゾーンに使用した。
11. 七	北田	ロック材は複輝石安山岩（Gg=2.4, Q≒10%）を主体とし、上流法面の表層は玄武岩（Gg=2.9, Q≒2.5%）で被覆する。
12. 前	川	ロック材は流紋岩（Gb=2.20, Q=6.9%）を使用し、上流リップラップは安山岩（購入材, Gb=2.72, Q=1.45%）を使用する。
13. 四	時	フィルターゾーンからロックゾーンへの粒度の急変をさけるためトランジションゾーンを設ける。
14. 手	取川	体積が膨大であるため一律に良質な材料を求めることはせず、低品質の材料を内部に、良質の材料を外部に盛立てることとし、ロックゾーンを3種類に分けた。
15. 三	保	材料試験の結果からロック材を3種類に分けた。当初は細粒材は下流側、中粗粒材は上流側へ配置することとしたが、耐震設計として下流側にも中粒材料を使用し、材料の効率的な運用の目的から、上流内部にも細粒材を配置することとした。
16. 広	瀬	設計値は同じであるがトラジション、ランダム、ロックの3ゾーンに区別した。トランジションはフィルターに接するゾーン、ランダムは上流下部と下流上部。
17. 荒	川	
18. 双	葉	
19. 武	利	
20. 高	瀬	材料の有効利用をはかるためインナーシェルのゾーンを設けた。耐震性などを考慮して、表層部には大塊を盛立てる。上流側利用水深部には堅硬な材料を盛立てる。
21. 七	倉	
22. 下	小鳥	
23. 南	原	フィルタの最大粒径が9.52mmと小さいため、フィルタとロックの間にトランジションゾーンを設ける。 上流ロック（細粒花崗岩）と下流ロック（粗粒花崗岩）に分ける。
24. 明	神	フィルタの最大粒径が9.52mmと小さいため、フィルタとロックの間にトランジションゾーンを設ける。 フィルタを採取した下部の花崗岩で、強度・変形特性に問題があるものは別として、透水性が多少劣る程度のものは、上流ロックゾーン下部、下流ロックゾーン内部に配置する。
25. 稻	村	上流ロックゾーンは、良効な排水性、耐久性、高いせん断強さを有する材料を選択的に使用する。

表-4.2 ロックゾーンの細分類名称と設計せん断抵抗角

ダム名	堤体標準断面に明示されたゾーン					設計数値 の異なる ゾーン数	※ 設計せん断抵抗角 ϕ				ロックゾーン の体積 ($\times 10^3 \text{ m}^3$)
							上流側		下流側		
							外部	内部	内部	外部	
1 大雪	ロック					1	38°	38°	38°	38°	3,300
2 十勝	ロック					1	40°	40°	40°	40°	2,895
3 漁川	ロック					1	39°	39°	39°	39°	499
4 御所	ロック					1	40°	40°	40°	40°	758
5 白川	ロック					1	40°	40°	40°	40°	1,718
6 岩屋	ロックⅠ (外部)	ロックⅡ (内部)				2	43°	39°	39°	43°	4,765
7 寺内	ロック					1	38°	38°	38°	38°	2,014
8 福地	トランジション	ロック				2	42°	40°	40°	42°	1,315
9 樽水	ランダムロックA	ランダムロックB	リップラップ			2	40.4° 36.9°	36.9°	36.9°	40.4° 36.9°	384
10 漆沢	内部ロック	外部ロック				2	41°	41°	35°	41°	1,743
11 七北田	ロックA (下流・上流内部)	ロックB (上流外部)				2	42°	39°	39°	39°	1,894
12 前川	ロック					1	38°	38°	38°	38°	441
13 四時	トランジション	ロック				2	40°	40° 35°	40° 35°	40°	2,280
14 手取川	トランジション	内部ロック	外部ロック			3	42°	38° 40°	38° 40°	42°	8,733
15 三保	細粒ロック	中粒ロック	粗粒ロック			3	41°	36° 38°	36°	38°	5,099
16 広瀬	ロック					1	40°	40°	40°	40°	973
17 荒川	ロックⅠ	ロックⅡ				2	42°	37°	37°	42°	2,539
18 双葉	ゾーン 1	ゾーン 2	ゾーン 3			2	44°	38°50′	38°50′	44°	660
19 武利	トランジション	ロック				2	39°	35° 39°	35° 39°	39°	67
20 高瀬	インナーシェル	アウターシェル				2	42°	40°	40°	42°	9,300
21 七倉	インナーシェル 上流	インナーシェル 下流	アウターシェル 上流上部	アウターシェル 上流下部	アウターシェル 下流	4	42°	40°	38°	42°	5,800
22 下小島	トランジション	上流ロック	下流ロック			2	41°	41°	40°	40°	2,737
23 南原	上流ロック	下流ロック				2	41°	41°	39°30′	39°30′	1,600
24 明神	上流ロック	下流ロック内部	下流ロック外部			3	41°	41°	39°	40°	2,558
25 稲村	ロック 1 (上流上部)	ロック 2 (下流外部)	ロック 3 (上流下部)	ロック 4 (下流フィルターの下流)	ロック 5 (下流内部)	2	41° 39°	41° 39°	39°	41°	
						平均	40.6°	39.1°	38.5°	40.3°	

※上・下流とも「内部」、「外部」の区分は、原則として表面から8m~10m程度までを「外部」それ以内を「内部」として標準断面図をもとに分類した。

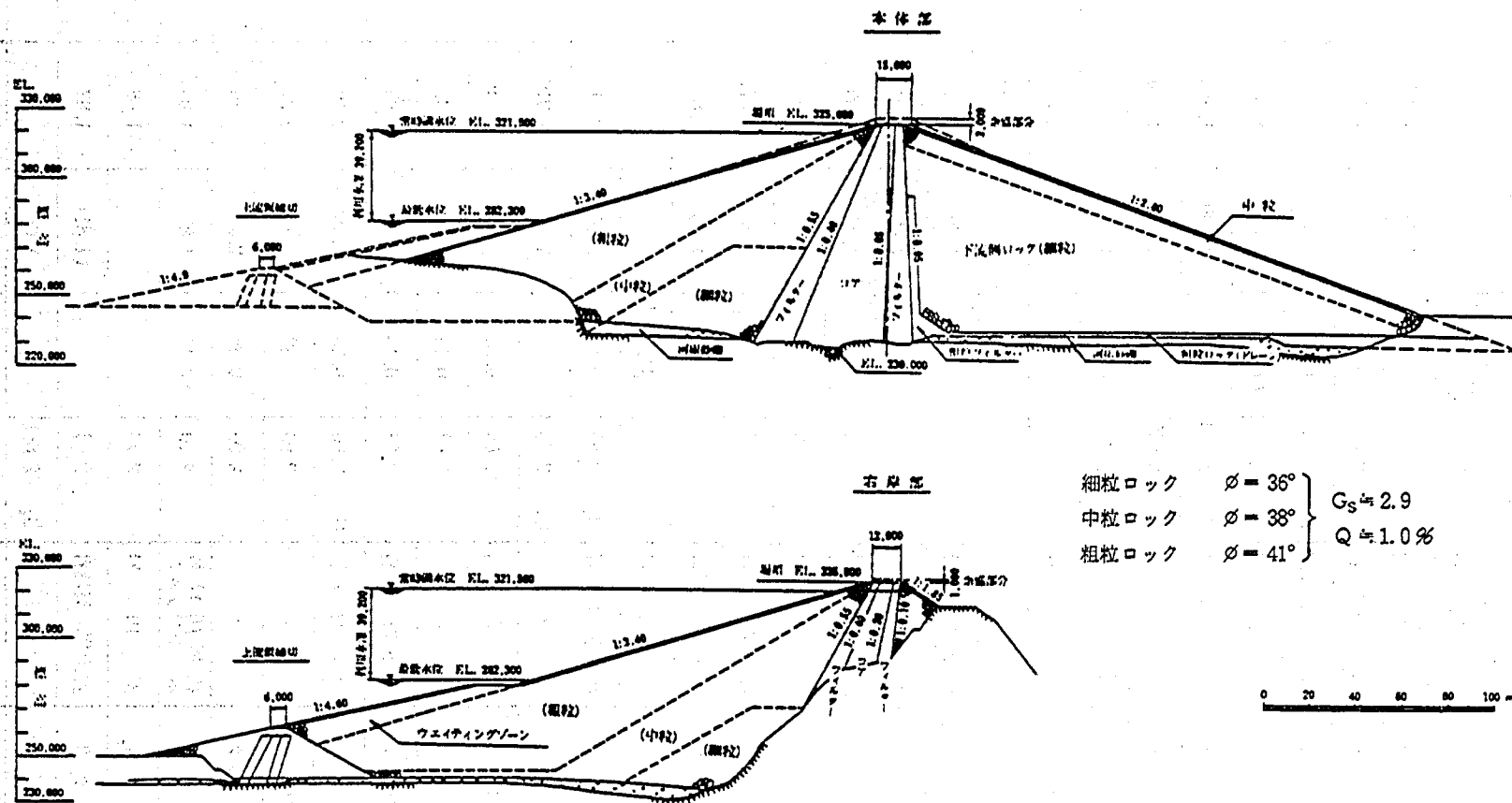


図-4.2(3) 三保ダム標準断面図

表-4.3 ロック材料

ダム名	ゾーン	材質	設計値					
			比重	e	rd (t/m ²)	rt (t/m ²)	r _{sat} (t/m ²)	tan φ _φ
1. 大雪	ロック	粘板岩	G _s 2.61	間隙率0.3 (e=0.492)		1.900		38°
2. 十勝	ロック	角粘板岩	2.63		1.89	1.95	2.17	40°
3. 漁川	ロック	熔結凝灰岩	2.28	0.30		1.90		39°
4. 御所	ロック	両輝石安山岩	G _s 2.20	0.474	1.493	1.568	1.814	40°
5. 白川	ロック	安山岩	G _s 2.53	(0.41)	1.800	1.800		tan φ=0.84 (40°)
6. 岩屋	ロック I	石英斑岩	G _s 2.654	0.45	1.830	1.853		43°
	ロック II	"	G _s 2.628	0.45	1.812	1.870		39°
7. 寺内	ロック	黒色片岩	2.75	0.486	1.85	1.95	2.18	tan φ=0.781 38°
8. 福地	トランジション	石灰岩				2.115	2.259	40°
	ロック	"				1.922	2.163	42°
9. 樽水	A・B ランダムロック	角礫凝灰岩			1.70	1.89	2.06	tan φ=0.75 (36.9°)
	リップラップ	安山岩			1.80	1.84	2.15	tan φ=0.85 (40.4°)
10. 漆沢	流用ロック	安山岩質角礫 凝灰岩	2.50		1.72	1.89	2.03	tan φ=0.7 35°
	採取ロック	石英粗面岩	2.50		1.79	1.84	2.07	tan φ=0.869 41°
11. 七北田	ロック A	複輝石安山岩			1.45	1.57	1.85	tan φ=0.81 39°
	ロック B	玄武岩			1.80	1.83	2.18	0.90 (42°)
12. 前川	ロック	流紋岩		G _a によるe 0.50				38°
13. 四時	ロック	緑色片岩	G _s 2.80	(0.40)	2.00	2.014	2.285	0.84 40°
	トランジション	"	G _s 2.75	()	1.90	1.919	2.209	0.70 35°
14. 手取川	トランジション	片麻岩	2.68	0.35	1.99	2.04	2.24	38°
	内部ロック	"	2.68	0.40	1.91	1.96	2.20	40°
	外部ロック	片麻岩, 礫岩	2.68	0.45	1.85	1.89	2.16	42°
15. 三保	細粒ロック	凝灰角礫岩	G _s 2.90	0.35	2.15	2.19	2.41	36°
	中粒ロック	"	2.90	0.32	2.20	2.27	2.44	38°
	粗粒ロック	"	2.90	0.35	2.15	2.26	2.41	41°
16. 広瀬	ロック	花崗閃緑岩 ホルンフェルス	2.70	(0.44)	1.87	1.90	2.18	0.84 40°
17. 荒川	ロック I	安山岩	2.73			1.88		42°
	ロック II	安山岩, 集塊岩	2.62		(1.81)	1.87		37°
18. 双葉	ゾーン 1・2	安山岩	G _s (2.65)		1.65			44°
	ゾーン 3	河床砂礫			2.07			38°50'
19. 武利	トランジション	河床砂礫	2.53	0.52		1.82	2.01	35°

の 設 計 値 と 試 験 値

		試 験 値	
k (cm/sec)	備 考	せん断抵抗角	密 度
		$rd = 1.9 \text{ t/m}^2$ $\phi \approx 42.7^\circ$	
1×10^{-2}	当初設計値	$46^\circ 27'$	盛立試験 21 t プル, $d = 1.5 \text{ m}$, $N = 4$ $rt = 1.956 \text{ t/m}^2$ ($rd = 1.91 \text{ t/m}^2$)
	"		
		$rd = 1.8 \text{ t/m}^2$, $\tan \phi = 0.93$ (標準偏差下限値)	盛立試験, 8 t 振動ローラ, $d = 1.0 \text{ m}$, $N = 6$ $rd = 1.88 \pm 0.076 \text{ t/m}^2$
1×10^{-1}		$e = 0.45$, $\phi = 43 \sim 44^\circ$	" , まき出し時で $rd = 1.83 \text{ t/m}^2$ 以上
1×10^{-1}		$e = 0.45$, $\phi = 39^\circ 11'$	" , "
		$rd = 1.80 \text{ t/m}^2$, $\phi = 38^\circ 04'$	" , 21 ton 振動ローラ, $d = 1.5 \text{ m}$, $N = 4$, $rd = 2.25 \text{ t/m}^2$
			" , 10 ton 振動ローラ, $d = 0.3 \text{ m}$, $N = 4$, $r = 2.11 \text{ t/m}^2$
	開 発 庁		
	S. 48. 3	$rd = 1.5 \text{ t/m}^2$, $\phi = 44^\circ \sim 45^\circ$ (S. 45.2)	" , 17 ton プルドーザ, $d = 0.5 \text{ m}$ $N = 4$, $r = 1.7 \text{ t/m}^2$
	"		
		$rd = 1.932 \text{ t/m}^2$, $\phi = 42^\circ 03'$	
		$rd = 1.519 \text{ t/m}^2$, $\phi = 41^\circ 53'$, $\tan \phi = 0.897$	" , 15 ton 振動ローラ, $d = 1.0 \text{ m}$ $N = 4$, $rd \approx 1.5 \text{ t/m}^2$
	S. 54.11	$rd = 1.865 \text{ t/m}^2$, $\phi = 45^\circ 44'$, $\tan \phi = 1.026$	室内突固め試験, ロック A の $rd \approx 1.5 \text{ t/m}^2$ に相当 するエネルギーで, ロック B $rd \approx 1.85 \text{ t/m}^2$
		絶対比重による間隙比 $e = 0.507$ のとき $\phi = 40^\circ 51'$	
		$rd = 2.00$, $\phi = 45^\circ$, $U_c = 10$	盛立試験, 13.5 ton 振動ローラ, $d = 1.0 \text{ m}$ $N = 4$, $rd \approx 2.13 \text{ t/m}^2$
		$rd = 1.99 \text{ t/m}^2$, $\phi \approx 40.8^\circ$	" , 13.5 ton 振動ローラ, $d = 0.6 \text{ m}$, $N = 4$, $rd \approx 2.19 \text{ t/m}^2$
		$rd = 1.91 \text{ t/m}^2$, $\phi \approx 41.7^\circ$	" , " $d = 1.2 \text{ m}$, $N = 4$, $rd \approx 2.10 \text{ t/m}^2$
		$rd = 1.85 \text{ t/m}^2$, $\phi \approx 44^\circ 15'$	" , " $d = 1.2 \text{ m}$, $N = 6$, $rd \approx 2.13 \text{ t/m}^2$
	盛 立 前	$e = 0.34$, $\phi \approx 35^\circ 50'$ (R-0-1-2)	" , 13.5 ton 振動ローラ, $d = 1.0 \text{ m}$, $N = 4$, $rd \approx 2.25 \text{ t/m}^2$
	"	$e = 0.32$, $\phi \approx 38^\circ$ (R-N-4)	"
	"	$e = 0.34$, $\phi \approx 41^\circ 10'$ (R-O ₂ -3)	"
		花崗閃緑岩 $e = 0.309$, $\phi = 40^\circ 56'$ (一面)	
-		大型一面, $\phi = 47.5^\circ$	
1×10^{-3}		$rd = 1.793 \text{ t/m}^2$, $\phi = 38.3^\circ$ (三軸CD)	
		安息角試験 $r = 1.87$, $\alpha = 44^\circ$	盛立試験, 小型振動ローラ, $N = 4$, $r = 2.10 \text{ t/m}^2$
		安息角試験, $r = 1.65 \text{ t/m}^2$, $\alpha = 39^\circ$ 大型三軸, $rd = 2.00 \text{ g t/m}^2$, $\phi = 38^\circ 50'$	盛立試験, 小型振動ローラ, $d = 1.0 \text{ m}$, $N = 4$, $rd = 2.07 \text{ t/m}^2$
		$rd = 1.873 \text{ t/m}^2$, $\phi = 44^\circ$ (河床砂礫, $G_s = 2.638$), 三軸	

表-4.3 のつづき (1)

ダム名	ゾーン	材 質	設 計 値					
			比 重	e	rd(t/m ²)	rt(t/m ²)	r _{sat} (t/m ²)	tan ϕ ϕ
	ロ ッ ク	河床砂礫 安山岩質凝灰岩	2.39	0.38		1.94	2.05	39°
20. 高 瀬	インナーシェル		2.64	0.257	2.00	2.08	2.27	40°
	アウターシェル		2.63	0.315	2.00	2.08	2.27	42°
21. 七 倉	インナーシェル④		2.64	0.320	2.00	2.04	2.24	40°
	" ⑤		2.64	0.390	1.90	1.98	2.18	38°
	アウターシェル⑥		2.65	0.472	1.80	1.84	2.12	42°
	" ⑦⑧		2.64	0.320	2.00	2.04	2.24	42°
22. 下小鳥	上流ロック	砂 岩 , 礫 岩	(2.60)	(0.368)	1.90	1.90	2.17	41°
	下流ロック	" "	(2.60)	(0.368)	1.90	1.90	2.17	40°
23. 南 原	上流ロック	細 粒 花 崗 岩	(2.67)	0.43	1.87	1.97	2.17	41°
	下流ロック	粗 粒 花 崗 岩	(2.63)	0.40	1.88	2.04	2.17	39°30'
24. 明 神	ロック A (上 流)	粗 粒 花 崗 岩		(0.36)	1.95	2.05	2.22	41°
	ロック B (下流外部)	"		(0.36)	1.94	2.03	2.20	40°
	ロック C (下流内部)	"		(0.33)	1.99	2.09	2.23	39°
25. 稲 村	ロック 1・2	石 英 片 岩	G _s 2.72	0.36	2.00	2.02	2.26	41°
	ロック 3・4・5	石 英 片 岩 緑 色 片 岩		0.36	2.00	2.02	2.26	39°

		試	験	値
k (m ³ /sec)	備考	せん断抵抗角		密　度
		(安山岩質凝灰岩, G _s = 2.569) rd = 1.854 t/m ³ , ϕ = 40° 40'		盛立試験, 安山岩質凝灰岩 2l tブルドーザ, d = 0.6, N=4, rd ≒ 1.87 t/m ³
		e = 0.368, rd = 1.90 t/m ³ , ϕ = 43° 10'		
		"		
		e = 0.43, 95%信頼下限ϕ≒ 41.8°		
		e = 0.40, " ϕ = 39° 55'		
		e = 0.36, " ϕ = 41° 32'		
		e = 0.36, " ϕ = 40° 40'		
		e = 0.33, ϕ = 40° 44'		
1 × 10 ⁻²		e = 0.36, ϕ ≒ 42° (大型一面)		
1 × 10 ⁻²		e = 0.36, ϕ ≒ 41° (大型一面)		

表-4.4 設計値決定の考え方

ダム名	ゾ ー ン	試 験 法	せん断抵抗角 ϕ の決定	密度または間隙比の決定	そ の 他
1. 大 雪	ロ ッ ク	安息角測定と一面せん断試験 (2.5m×2.5m)	横抗ずりの安息角等より $\phi=38^\circ$ を設計値とし、後に大型一面せん断試験で確認した。	大型一面せん断試験で得られた内部まさつ角と密度の関係から、 $\phi=38^\circ$ を確保するための密度として $\gamma_d=1.90 \text{ t/m}^3$ を設計値とした。また、盛立試験により、施工可能な値であることを確認した。	
2. 十 勝	ロ ッ ク	一面せん断 (2.5m×2.5m)	ロック材料として使用予定の原石山材料およびダムサイト掘削流用岩の材料試験・転圧試験をもとに決定した。		
3. 漁 川	ロ ッ ク	一面せん断 ($\phi 1.13 \text{ m}$)	試験値の80%を採用。	盛立試験の結果から $\gamma_d=1.9 \text{ t/m}^3$ と決定した。	実際の盛立が進んだ時点で実測値を参考に設計値を修正した。
4. 御 所	ロ ッ ク	一面せん断 (2.5m×2.5m) 三 軸 圧 縮 ($\phi 300 \times 600$) ($\phi 1,200 \times 2,400$)	3種類の試料密度 (無転圧, 1分/ m^3 転圧, 2分/ m^3 転圧)のうち十分施工性があると考えられる1分/ m^3 転圧の試験値に若干の余裕を見込み $\phi=40^\circ$ とした。	「せん断抵抗角」と同じ考え方で $\gamma_d=1.493 \text{ t/m}^3$ とした。	盛立が終了するまでには種々の材料試験を行うとともに、設計値の見直しを行い、最終の設計値を決定した。
5. 白 川	ロ ッ ク	一面せん断 (1.5m×1.5m)	堤体の安定計算から要求される値とした。 $\tan \phi=0.84$	大型一面せん断試験の結果から、 $\tan \phi$ に10%の余裕をみた値 (0.914) に対応する乾燥密度を求めると、標準偏差の下限値で $\gamma_d=1.786 \text{ t/m}^3$ となり、端数を切り上げて $\gamma_d=1,800 \text{ t/m}^3$ とする。	
6. 岩 屋	ロックⅠ・Ⅱ	三 軸 圧 縮 ($\phi 300 \times 700$)	せん断試験結果から得られた間隙比と内部まさつ角の関係から、設計間隙比に対応する値を設計値とした。	室内相対密度試験結果から $D_r=50\%$ は容易に得られたので、重機転圧で $D_r=50\%$ は得られると判断した。 $D_r=50\%$ の場合の材料最大粒径と間隙比の関係より、施工最大粒径 (爆破試験結果より推定) に対応した間隙比を求め、若干の余裕をみて $e=0.45$ とした。	
7. 寺 内	ロ ッ ク	一面せん断 (1.8m×1.48m) 三 軸 圧 縮 ($\phi 300 \times 700$)	概略設計の時点において、予備調査のボーリングコアより $\phi=38^\circ$ と推定し、後のせん断試験によって確認した。		
11. 七北田	ロ ッ ク A	一面せん断 (1.18m×1.48m)	現場転圧試験および大型三軸圧縮試験の結果から決定した。		
	ロ ッ ク B	三 軸 圧 縮 ($\phi 300 \times 600$)	大型三軸圧縮試験の結果から決定した。		
12. 前 川	ロ ッ ク	三 軸 圧 縮	ロック材料として使用する流紋岩は耐久性が十分でない。したがって、試験で得られた	締固め度は三軸圧縮試験にもとづいて設計間隙比を $e=0.50$ とした。	

表-4.4のつづき (1)

ダム名	ゾーン	試験法	せん断抵抗角 ϕ の決定	密度または間隙比の決定	その他
			内部まさつ角 40° に 2° の余裕を見込んだ。		
13. 四時	ロック	一面せん断 ($0.5\text{m} \times 0.5\text{m}$) 三軸圧縮 ($\phi 300 \times 600$)	材料の粒径が偏平であることから、せん断試験値に余裕をみて $\phi=40^\circ$ とした。	盛立試験 (13.5 ton 振動ローラ、まさ出し厚1.0m、転圧4回)で得られた値 $\gamma_d \approx 2.13 \text{ t/m}^3$ の95%値とした。	比重・吸水量は測定値の下限を採用した。
	トランジション		ロックとフィルターのほぼ中間の値とした。		
14. 手取川	ロック	一面せん断 ($1.18\text{m} \times 1.48\text{m}$) 三軸圧縮 ($\phi 300 \times 700$)	ゾーン②③④についてはそれぞれの試験値を上回らないような設計値を採用した。ゾーン⑤については材料試験で密度とともに強度が上昇することを確認した上で、設計密度に対応する値に若干の余裕をとって設計値とした。	従来の実績と締固め方法との関連から間隙比を設定した。	
15. 三保	ロック	一面せん断 ($2.0\text{m} \times 2.0\text{m}$)	盛立試験で間隙比0.3~0.4を得ているので、この範囲で、大型一面せん断試験の結果をもとに間隙比および内部まさつ角を決定した。		
16. 広瀬	ロック	一面せん断 ($2.3\text{m} \times 2.3\text{m}$)	試験機により得られる値にバラツキがあるため他のダムの例を参考とした。		
17. 荒川	ロック I	大型一面	65%相対密度、側圧 $\sigma_N=3.0 \sim 5.0 \text{ kg/cm}^2$ の試験値を採用し、大型一面せん断試験は実際の値より大きくできる可能性があるため正接の85%を設計値とする。		
18. 双葉	ロック	安息角試験	安息角試験結果をもとに決定した値を大型せん断試験で確認した。	盛立試験を参考に決定した。	
	砂礫	三軸圧縮 ($\phi 300 \times 600$)	安息角試験および大型三軸圧縮試験の結果から決定した。		
19. 武利	ロック	三軸圧縮 ($\phi 300 \times 700$)	三軸圧縮試験結果をもとに決定した。		
20. 高瀬		一面せん断 ($1.5\text{m} \times 1.5\text{m}$) 三軸圧縮 ($\phi 300 \times 600$) 安息角	大型三軸圧縮試験で得られた値が他のせん断試験で得られた値よりも安全側となるので、これを採用することとし、拘束圧と内部まさつ角の関係を考え $\sigma_3=2 \sim 5 \text{ kg/cm}^2$ の範囲で強度定数を定めた。		
22. 下小鳥	ロック	三軸圧縮 ($\phi 500 \times 1,000$) ($\phi 300 \times 600$) ($\phi 100 \times 200$)	類似の他ダムの例を参考に仮定した値を試験によって確認した。材料試験は超大型三軸圧縮試験 ($\phi 500 \times 1,000$) を基本にした。	他ダムの値を参考に決定し盛立試験により確認した。	

表-4.4 のつづき (2)

ダム名	ゾーン	試験法	せん断抵抗角 ϕ の決定	密度または間隙比の決定	その他
23. 南原	ロック	三軸圧縮 ($\phi 300 \times 700$)	三軸圧縮試験で得られた間隙比と内部まさつ角の関係における95%信頼区間の下限値を採用した。	原則としてダンプトラックによる転圧を考えたので、既設ダムの実績、掘削ずりの実測間隙比、室内締固め試験結果を参考にして、設計間隙比を決定した。	
24. 明神	ロックA・B	三軸圧縮 ($\phi 300 \times 700$)	「南原ダム」と同じ	既設ダムの実績をも参考にし $e = 0.36$ とした。	
	ロックC		試験結果の最低値を採用した。	材料試験の平均値を設計密度とした。	
25. 稲村	ロック	一面せん断 三軸圧縮	一面せん断試験および三軸圧縮試験のうち低い値を示している一面せん断試験の結果から $e = 0.36$ に対応する ϕ を求め、それに $1^\circ \sim 2^\circ$ の余裕を見込んだ。	盛立試験結果から十分締固め可能と思われる範囲内で、内部まさつ角を大きくするため $\gamma_d = 2.0 \text{ t/m}^3$ ($e = 0.36$) とした。	

表-4.5 設計値決定の考え方 (分類)

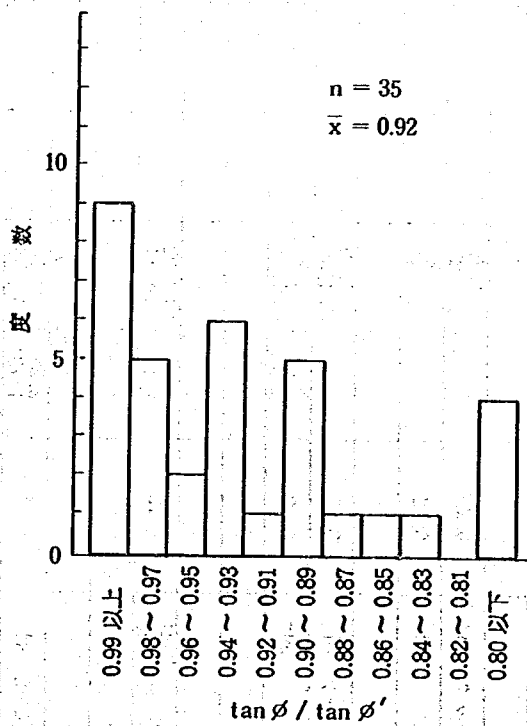
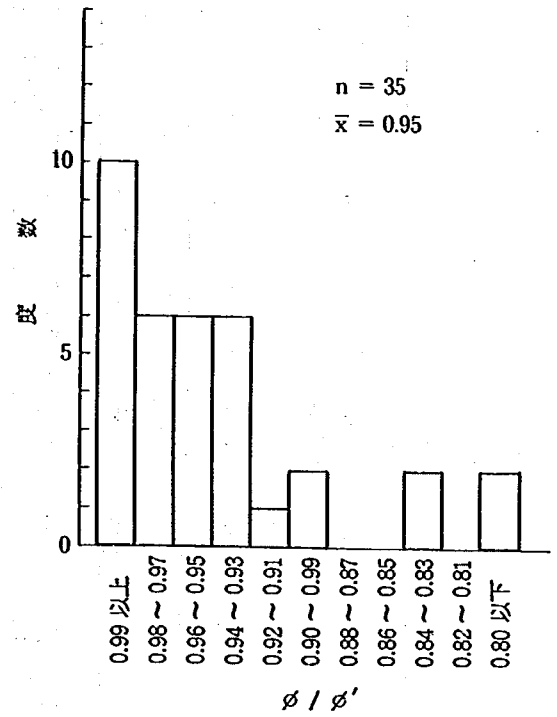
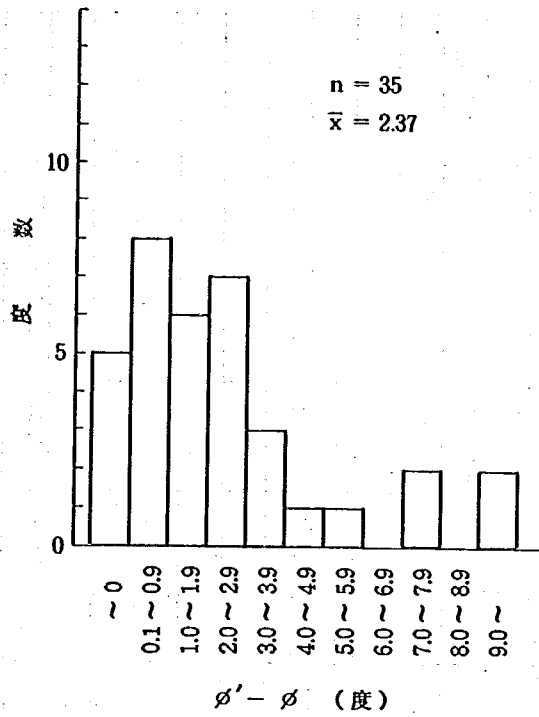
ダ ム 名 分 類			大	十	漁	御	白	岩	寺	福	樽	漆	七	前	四	手	三	広	荒	双	武	高	七	下	南	明	稲	件
			雪	勝	川	所	川	屋	内	地	水	沢	北	川	時	取	保	瀬	川	葉	利	瀬	倉	小	鳥	原	神	村
せん断抵抗角	せん断試験の結果をもとに決定	一面せん断試験	○	○	○	○									○	○	○		○								○	9
		三軸圧縮試験						○					○	○		○		○	○	○	○		○	○	○			11
	他ダムの例を参考にした																	○					○				2	
	そ の 他		○				○	○												○								4
密度または間隙比	せん断試験で得られた $\gamma_d(e) \sim \phi$ 関係より設計内部まさつ角に対応する値として決定		○				○																					2
	締固め試験結果をもとに施工可能な値として決定	盛立試験			○										○	○											○	4
		室内締固め試験						○																	○			2
	他ダムの例を参考にした															○									○	○		3
	そ の 他																								○	○		2

表-4.6 ロック材料の内部まさつ角 (設計値と試験値)

ダム名	ゾーン	設計 せん断抵抗角: ϕ	試験値		$\phi' - \phi$ (度)	ϕ / ϕ'	$\tan \phi / \tan \phi'$
			せん断抵抗角: ϕ'	備考			
1. 大雪	ロック	38°	42.7°	$r_d = 1.90 \text{ t/m}^2$, 第一原石山材, 大型一面, 2点の内挿値	4.7	0.89	0.85
2. 十勝	ロック	40°					
3. 漁川	ロック	39°	48.8°	($\phi' = 39^\circ \div 0.8$ とした。)	9.8	0.80	0.71
4. 御所	ロック	40°	43°	$r_t = 1.568 \text{ t/m}^2$, 大型一面 (大雪ダム試験機)	3.0	0.93	0.90
5. 白川	ロック	40°	42.9°	$r_d = 1.8 \text{ t/m}^2$, $\tan \phi = 0.93$ (標準偏差の下限), 大型一面	2.9	0.93	0.90
6. 岩屋	ロック I	43°	43.8°	$e = 0.45$, 材質・D・Gmax = H・300・60, 大型三軸	0.8	0.98	0.97
	ロック II	39°	39.2°	$e = 0.45$, 材質・D・Gmax = L・150・15, 大型三軸	0.2	0.99	0.99
7. 寺内	ロック	38°	38.1°	$r_d = 1.8 \text{ t/m}^2$, 大型一面	0.1	1.00	1.00
8. 福地	トランジション	40°					
	ロック	42°					
9. 滞水	ランダムロック	36.9°	44°	$r_d = 1.5 \text{ t/m}^2$, 大型一面 (S. 45.2)	7.1	0.84	0.78
	リップラック	40.4°					
10. 漆沢	(流用) ロック	35°					
	(採取) ロック	41°	42.1°	$r_d = 1.932 \text{ t/m}^2$, 大型一面	1.1	0.97	0.96
11. 七北田	ロック A	39°	41.9°	$r_d = 1.519 \text{ t/m}^2$, 大型三軸	2.9	0.93	0.90
	ロック B	42°	45.7°	$r_d = 1.865 \text{ t/m}^2$, "	3.7	0.92	0.88
12. 前川	ロック	38°	40°51'	e (絶対比重による) = 0.507, 大型三軸	2.9	0.93	0.90
13. 四時	トランジション	35°					
	ロック	40°	45°	$r_d = 2.00 \text{ t/m}^2$, 粗粒材料, $U_c = 10$, 大型一面	5	0.89	0.84
14. 手取川	トランジション	38°	40.8°	$r_d = 1.99 \text{ t/m}^2$, RT-1 片麻岩, 大型三軸	2.8	0.93	0.91
	内部ロック	40°	41.7°	$r_d = 1.91 \text{ t/m}^2$, RT-3 片麻岩, 大型三軸	1.7	0.96	0.94
	外部ロック	42°	44.2°	$r_d = 1.85 \text{ t/m}^2$, T-1 礫岩, 大型三軸	2.2	0.95	0.93
15. 三保	細粒ロック	36°	35.8°	$e = 0.34$, R-O-1-2 (試験結果が最低値を示す材料), 大型一面	-0.2	1.01	1.01
	中粒ロック	38°	38°	$e = 0.32$, R-N-4 (" , 内挿値) "	0	1.00	1.00
	粗粒ロック	41°	41.1°	$e = 0.34$, R-Oz-3 (") "	0.1	1.00	1.00
16. 広瀬	ロック	40°	40°	$e = 0.44$, $e - \phi$ 直線内挿値, 大型一面	0	1.00	1.00

表-4.6 のつづき

ダム名	ゾーン	設計 せん断抵抗角: ϕ	試験値		$\phi' - \phi$ (度)	ϕ' / ϕ	$\tan \phi' / \tan \phi$
			せん断抵抗角: ϕ'	備考			
17. 荒川	ロック I	40°	47.5°	$rd = 1.85 \text{ t/m}^2$ ($Dr = 65\%$), 大型一面 $\sigma_N = 3 \sim 5 \text{ kg/cm}^2$	7.5	0.84	0.77
	ロック II	37°	38.3°	$rd = 1.793 \text{ t/m}^2$ ($Dr = 90\%$), 三軸 CD	1.3°	0.97	0.95
18. 双葉	ゾーン 1・2	44°	44°	$rd = 1.87 \text{ t/m}^2$, 安息角試験	0	1.00	1.00
	ゾーン 3	38.8°	38.8°	$rd = 2.008 \text{ t/m}^2$, 大型三軸	0	1.00	1.00
19. 武利	トランジション	35°	44°	$rd = 1.873 \text{ t/m}^2$, 河床砂礫 ($G_s = 2.638$), 大型三軸	9.0	0.80	0.73
	ロック	39°	40.7°	$rd = 1.854 \text{ t/m}^2$, 安山岩質凝灰岩 ($G_s = 2.569$), 大型三軸	1.7	0.96	0.94
20. 高瀬	インナーシェール	40°					
	アウターシェール	42°					
21. 七倉	インナーシェール 4	40°					
	インナーシェール 5	38°					
	アウターシェール 6・7・8	42°					
22. 下小島	上流ロック	41°	43.2°	$rd = 1.90 \text{ t/m}^2$, $U_c = 7.5$, 超大型三軸	2.2	0.95	0.93
	下流ロック	40°	43.2°	"	3.2	0.93	0.89
23. 南原	上流ロック	41°	41.8°	$e = 0.43$, 95%信頼区間の下限値, 大型三軸	0.8	0.98	0.97
	下流ロック	39.5°	39.9°	$e = 0.40$, " , "	0.4	0.99	0.99
24. 明神	ロック A	41°	41.5°	$e = 0.36$, " , "	0.5	0.99	0.98
	ロック B	40°	40.7°	$e = 0.36$, " , "	0.7	0.98	0.98
	ロック C	39°	40.7°	$e = 0.33$, 大型三軸	1.7	0.96	0.94
25. 稲村	ロック 1・2	41°	42°	$e = 0.36$, - 4.76 mm 含有率 15% 以下, 大型一面, 内挿値	1	0.98	0.97
	ロック 3・4・5	39°	41°	$e = 0.36$, - 4.76 mm 含有率 25% 以下, 大型一面, 内挿値	2	0.95	0.93
			$n = 32$ $\Sigma = 1,340.3$ $\bar{x} = 41.9$		$n = 35$ $\Sigma = 82.8$ $\bar{x} = 2.37$	$n = 35$ $\Sigma = 33.23$ $\bar{x} = 0.95$	$n = 35$ $\Sigma = 32.42$ $\bar{x} = 0.92$



ϕ : 設計せん断抵抗角

ϕ' : 材料試験結果より得られた設計密度に対応するせん断抵抗角

図-4.3 ロック材料設計せん断抵抗角の余裕

表-4.7 円形すべり面法による安定計算結果(検討ケースと安全率)

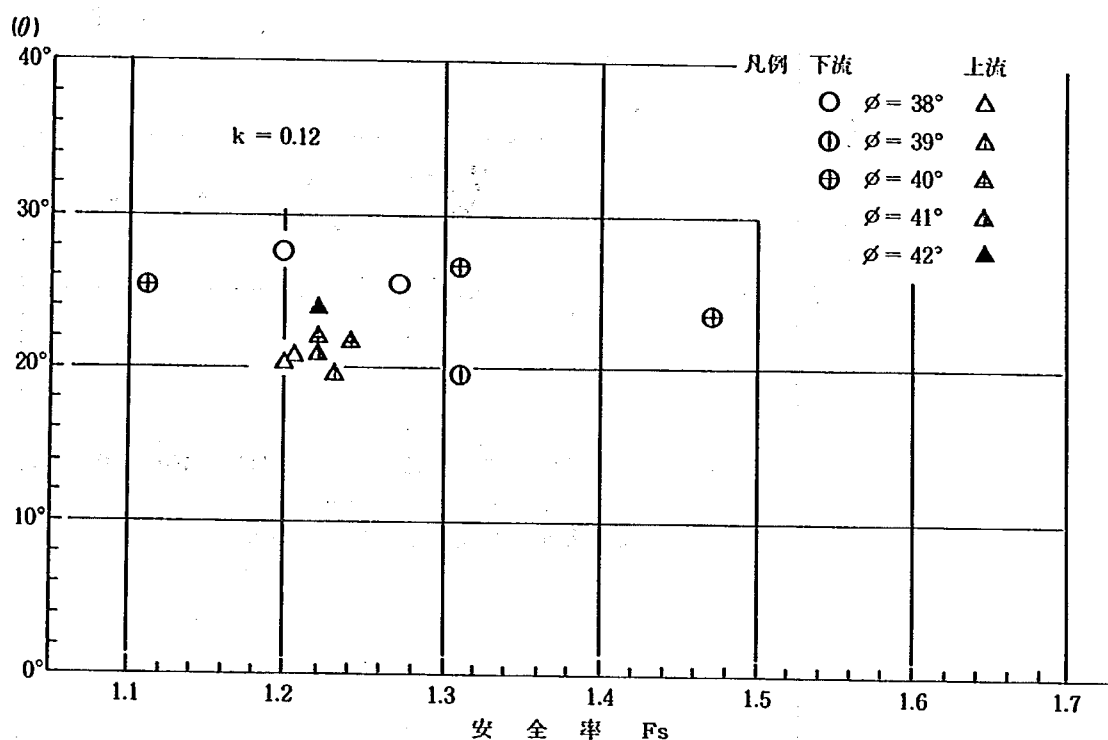
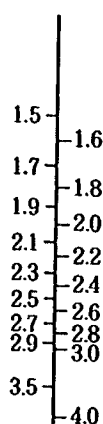
上段: 上流法面
下段: 下流法面

ダ ム 名	ロック材料の 設計せん断 抵抗角： ϕ	設計震度：k	検 討 ケ ー ス												備 考	
			常時満水位		サーチャージ水位		設計洪水位	施工完了時			中 間 水 位		水位急低下時			
			常 時	地震時	常 時	地震時	常 時	常 時	地震時	常 時	地震時	常 時	地震時	常 時		地震時
1 大 雪	38°	0.12		○1.205 ◎1.197						1.369		1.205		1.364		
2 十 勝	40°	0.12		1.284 1.276		1.630 1.465			1.430 1.235		○1.267 ◎1.211		1.314			
3 漁 川	39°	0.15		◎1.283 ○1.702		1.760 2.153			2.208 2.025		1.285		1.290		最終安定計算	
4 御 所	40°	0.15	2.73	◎1.21		1.73					1.21		1.33		"	
5 白 川	40°	0.12		◎1.24 ○1.47					1.83 1.70		1.28		1.57		"	
6 岩 屋	ロックⅠ 43°	0.15	2.26 1.876	○1.334	2.37	1.229		2.369 1.876	1.932 ○1.334	2.123	◎1.212	2.012	1.511		S.48.4の検討	
7 寺 内	38°	0.12	1.87 1.71	◎1.20 ○1.27			2.04 1.71	2.11 1.63	1.75 1.40	1.89 1.71	1.21 ○1.27	1.68 1.71	1.33 1.47			
8 福 地	ロック 42°	0.12		◎1.22									1.38		開発庁の検討	
9 樽 水	ランダムロック(37°) $\tan \phi = 0.75$	0.15	2.62 1.92	◎1.28 ○1.31	2.86 1.92	1.79 1.56		2.87 1.92	2.20 1.56	2.57	1.31	2.53	1.75		S.50.3の検討	
10 漆 沢																
11 七 北 田	ロックA 39°	0.15	2.46 1.81	◎1.21 ○1.26	2.54	1.67	2.56 1.81	2.55 1.81	2.02 1.50	2.28	1.23	2.27	1.67		S.54.11の検討	
12 前 川	ロック 38°	0.12				◎1.20 * ○1.25 *									*洪水時満水位	
13 四 時	ロック 40°	0.15		○1.25 ◎1.24			1.64 1.44		1.87 1.41		1.27		1.69			
14 手 取 川																
15 三 保	中粒ロック 38°	0.20		◎1.20 ○1.25					2.11 1.53		○1.20		1.53		盛立前の検討	
16 広 瀬	ロック 40°	0.12		◎1.22 ○1.31			1.58 1.51		1.76 1.49		◎1.22 ○1.31		1.50			
17 荒 川																
18 双 葉	ゾーン1・2 44°	0.15		1.79 ○1.46			2.20 2.20		◎1.37 1.77		1.68		1.51			
19 武 利	ロック 39°	0.12	2.10 2.28	1.23 ○1.31				2.00 2.03	1.43 1.48	2.14	◎1.22	2.16	1.24			
20 高 瀬		0.15														
21 七 倉																
22 下 小 島	ロック 上流 41° 下流 40°	0.12	2.02 1.44	○1.22 ◎1.11				1.42	1.24			1.80				
23 南 原																
24 明 神																
25 稲 村	ロック1・2 41°	0.15	2.35 1.73	1.24 ◎1.22			2.40	2.44 1.73	1.93 1.42	2.19	○1.23	2.09	○1.23			

◎印: 最小安全率, ○印: 最小安全率の発生しない法面で最も小さい安全率

のり面勾配

1 : m



のり面勾配

1 : m

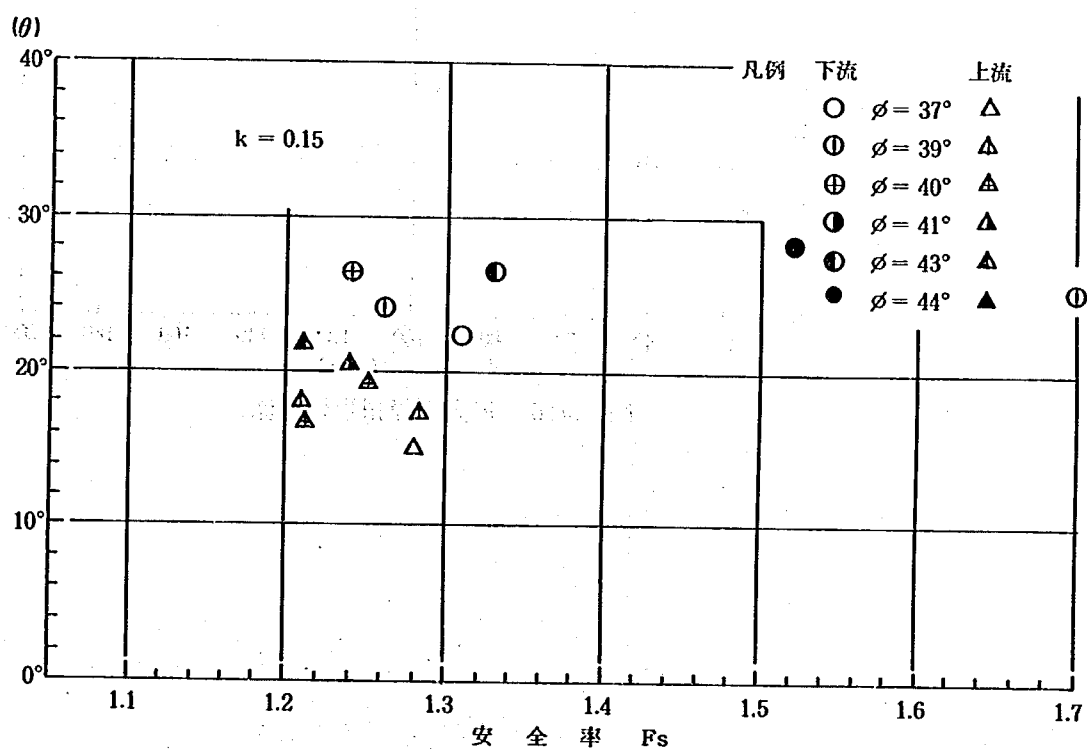
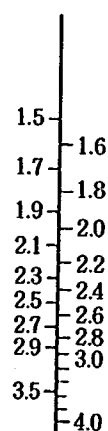


図-4.4 法面勾配と円形すべり面法による安全率の関係
(常時満水位時, 地震時)

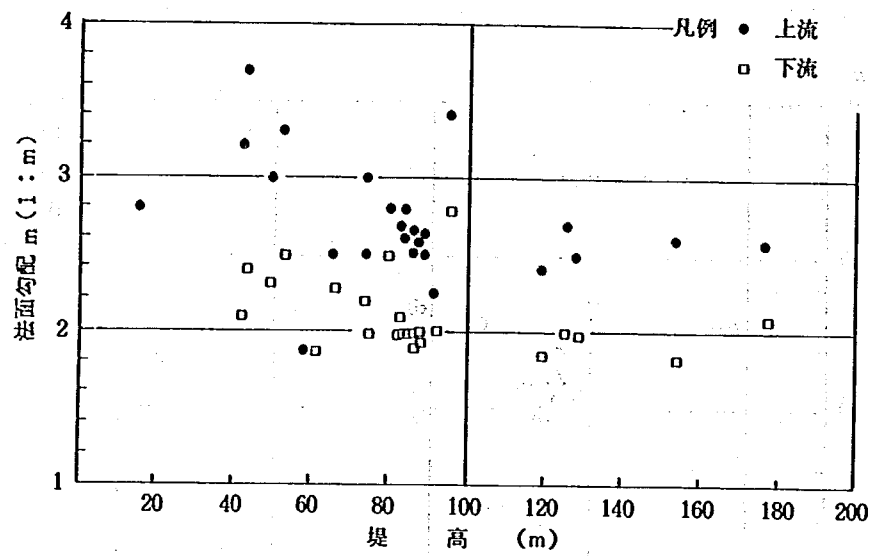


図-4.5 堤高と法面勾配の関係

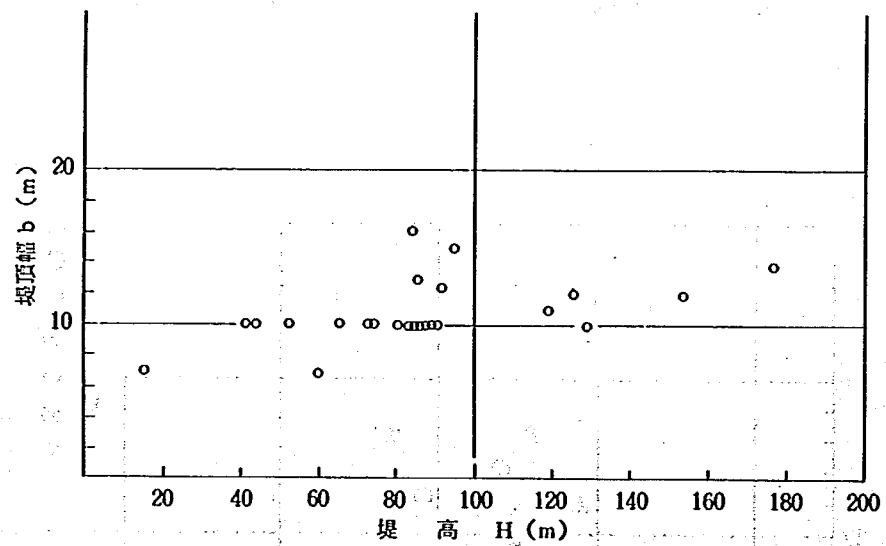
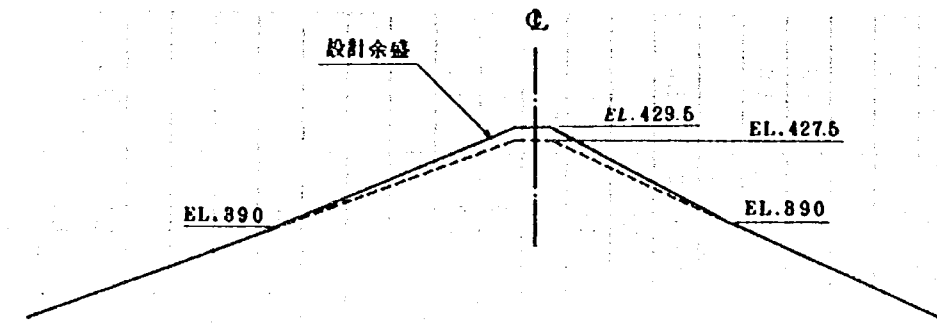


図-4.6 堤高と堤頂幅の関係

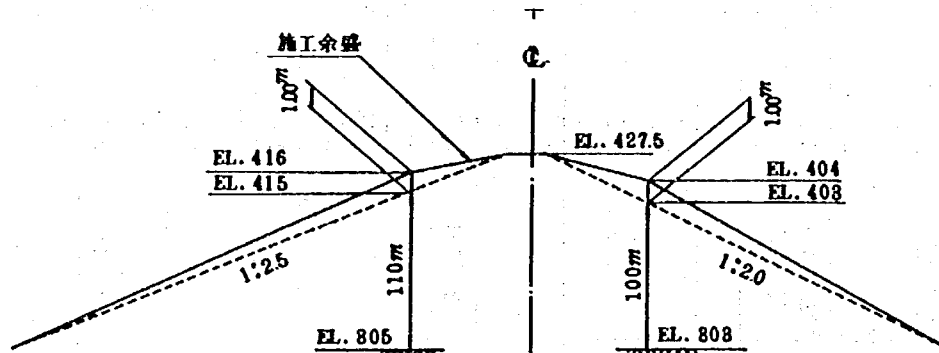
表-4.8 堤体形状一覧表

ダム名	型式	堤高 H (m)	堤頂長 L (m)	堤頂幅 W (m)	堤体積 (10 ³ ×m ³)		余盛*		法面勾配 1:m		リップラップ厚さ (m)	
					ロックゾーン	全体	h (m)	H'/H	上流	下流	上流	下流
1 大雪	中央コア	87	440	13.0	3,300	3,875	2.0	20/87	2.65	1.9 (2.1)	3.5	1.0
2 十勝	"	84	406	15.97	2,895	3,720	2.0	73/84	2.6	2.0	3.0	2.0
3 漁川	"	42	270	10.0	499	647	1.0	14.3/42	3.2	2.1	1.2+1.1+0.7	0.5+0.3
4 御所	"	53	210	10.0	758	1,007	0.5		3.3	2.5	2.0	1.0
5 白川	"	69	348	10.0	1,718	2,233	1.0		2.5	2.3		
6 岩屋	"	128	360	10.0	4,765	5,795	2.0	122.5/128	2.5	2.0	1.5	1.5
7 寺内	"	83	420	10.0	2,014	3,014	1.5	35/83	2.7	2.1	1.0	1.0
8 福地	"	92	260	12.2	1,315	1,601			2.25	2.0		
9 樽水	"	43	237	10.0	384	551			3.7	2.4	2.0+1.0	2.0
10 漆沢	"	80	308	10.0	1,743	2,200	1.0	20/80	2.8	2.5	1.0	
11 七北田	"	74	420	10.0	1,894	2,520			3.0	2.2	0.6	
12 前川	"	50	265.5	10.0	441	645	1.3		3.0	2.3	1.0	0.3
13 四時	"	84	300	10.0	2,280	2,629	1.5		2.80	2.00	0.6	
14 手取川	"	153	420	12.0	8,733	10,102	1.5	24/153	2.60	1.85	1.0	1.0
15 三保	"	95	512	15.0	5,099	5,816	2.0		3.40	2.80		
16 広瀬	"	75	255	10.0	973	1,379			2.50	2.0		
17 荒川	"	88	325	10.0	2,539	3,086	1.5	13/	2.60	1.90		
18 双葉	アスファルト フェーシング	60	234	7.0	-	660			1.85	1.85	-	
19 武利	アスファルト 中央コア	16	173	7.0	67	77			2.80	2.8		
20 高瀬	中央コア	176	362	14.0	9,300	11,600			2.6	2.1		
21 七倉	"	125	340	12.0	5,800	7,200			2.7	2.0		
22 下小島	"	119	283	11.0	2,737	3,490	2.0	40/119	2.40	1.85	2.0	2.0
23 南原	"	86	305	10.0	1,600	2,213			2.5	2.0	1.0	
24 明神	"	89	402	10.0	2,558	3,268	1.5	32.5/89	2.5	2.0	1.0	
25 稲村	"	88	352	10.0		3,100			(3.2) 2.65	2.0		

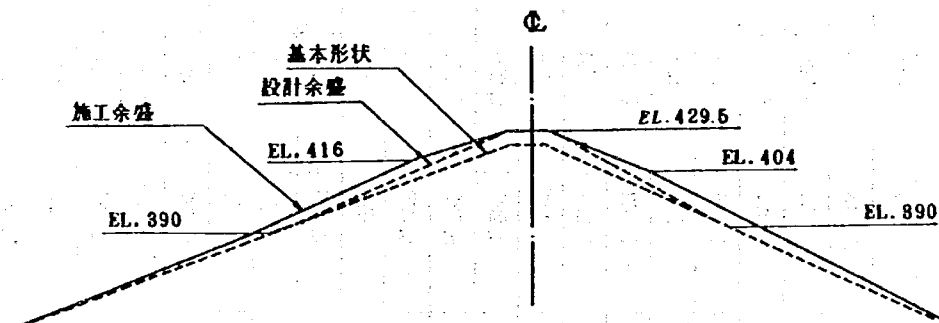
* Hは堤高, H'は余盛始点標高と堤頂標高の差。hは堤頂部の余盛高



(1) 設計余盛



(2) 施工余盛



(3) 余盛全体形状図

図-4.7 岩屋ダムの余盛形状

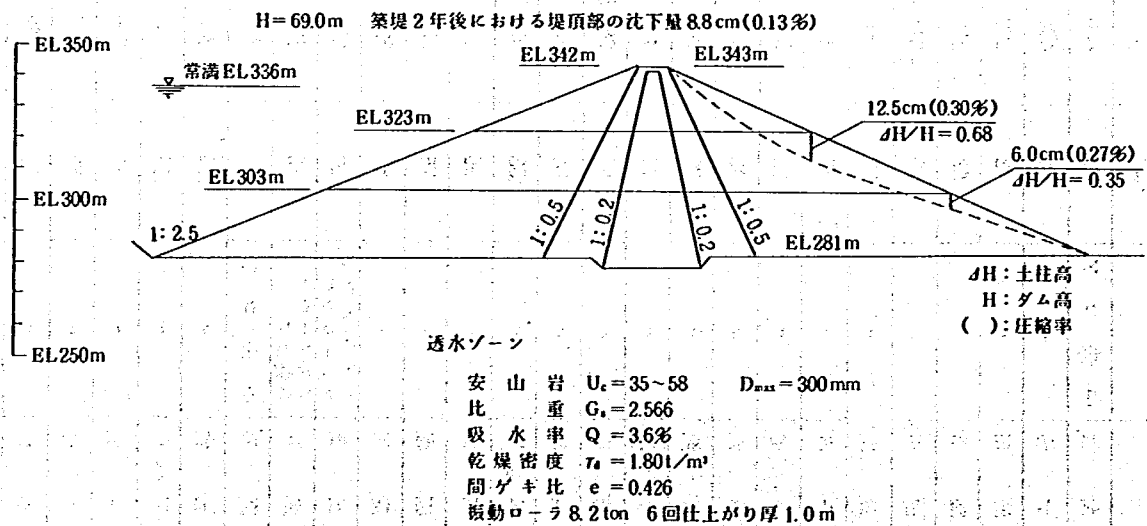


図-4.8(1) 白川ダムの築堤完了直後までの法面沈下量の分布

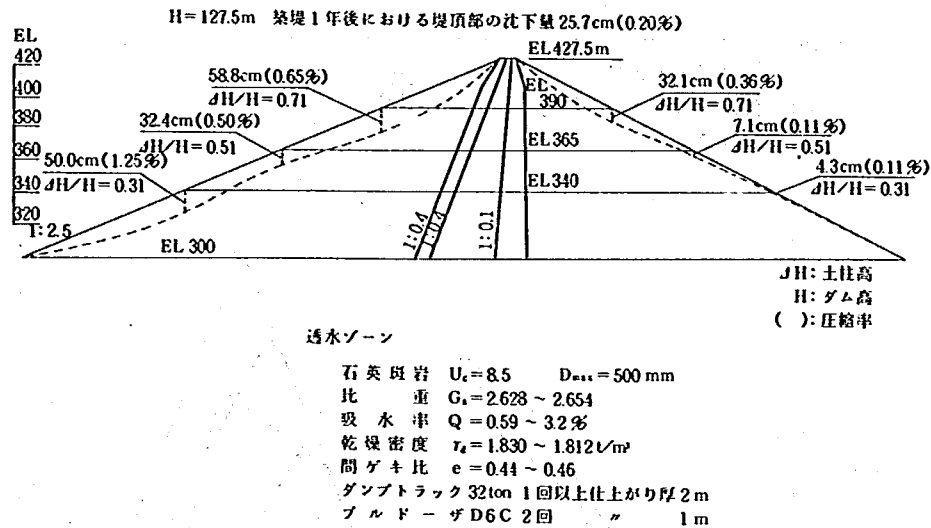


図-4.8(2) 岩屋ダムの築堤完了直後までの法面沈下量の分布

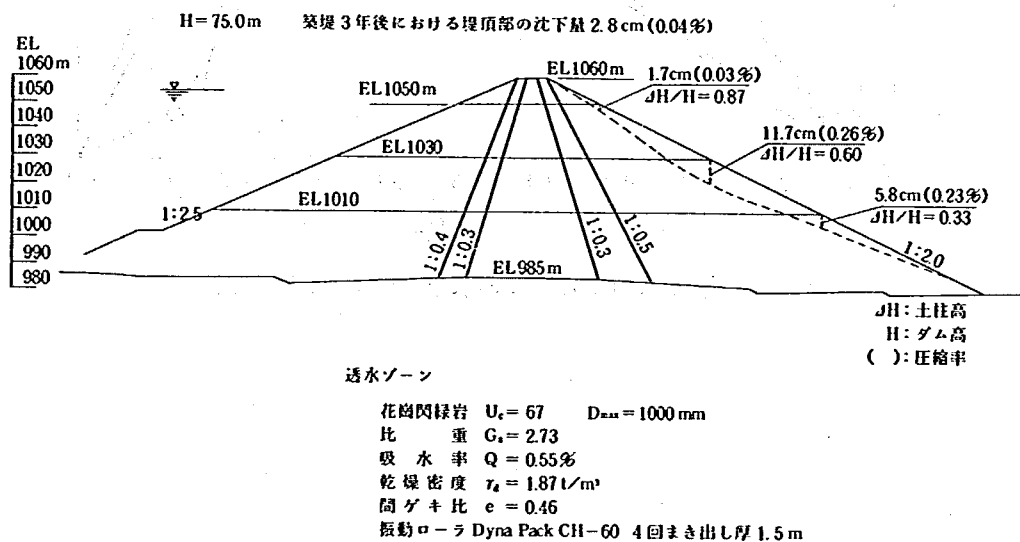


図-4.8(3) 広瀬ダムの築堤完了直後までの法面沈下量の分布

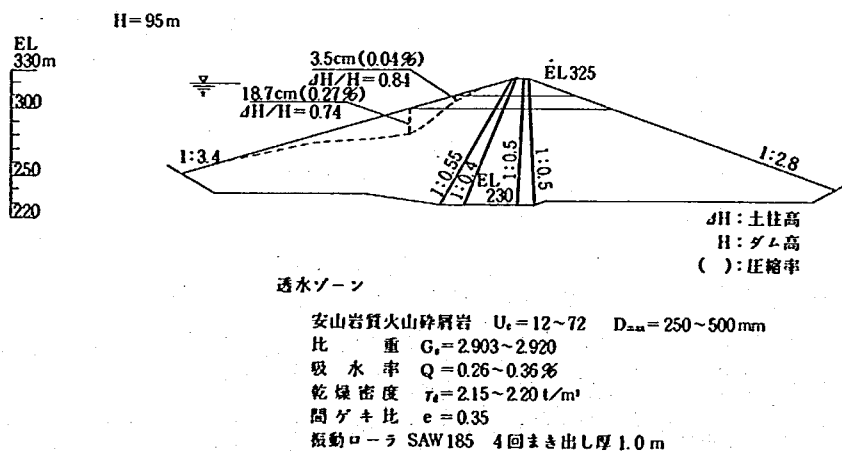


図-4.8(4) 三保ダムの築堤完了直後までの法面沈下量

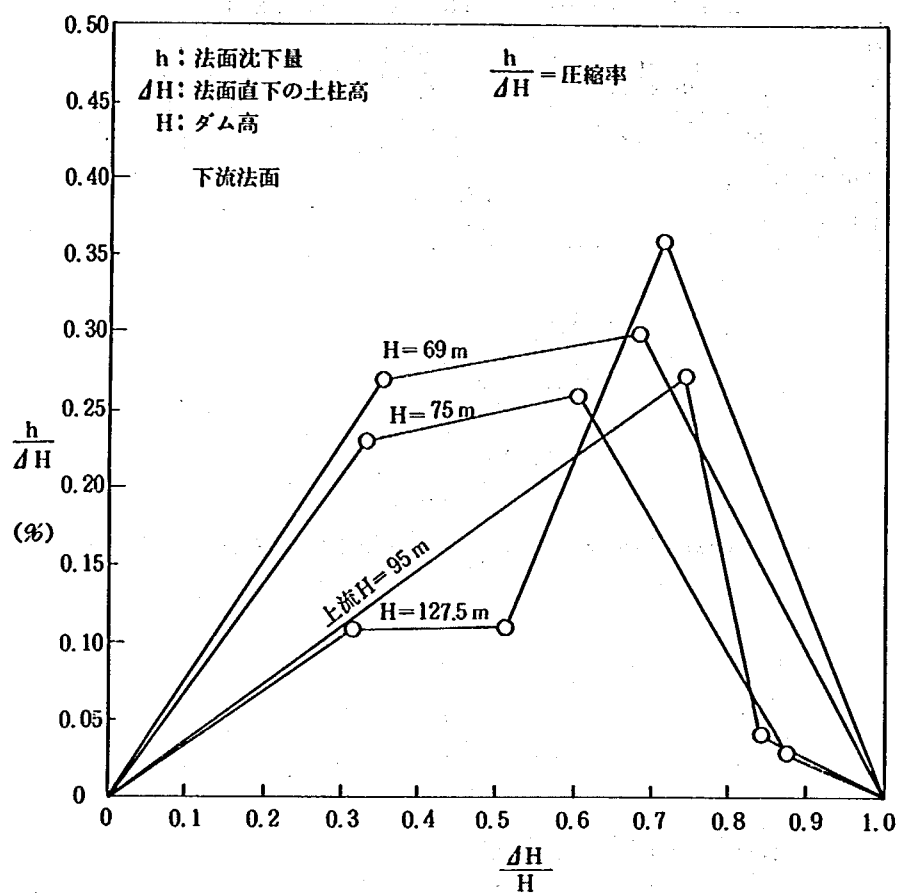


図-4.9 築堤開始から完了直後までの法面沈下の分布

表-4.9 盛立完了後の沈下（堤頂）

	観測地点 の土柱高H (m)	盛立完了 年月日	観測開始 年月日	観 測 実 績																上から 1段目: 観測年月日 (年 月 日) 2 " : 盛立完了後の経過日数 (ヶ月) 3 " : 沈下量 (mm) 4 " : 圧縮率 (%)											
				S.50 5.12	6. 7	8.23	9.30	11. 1	S.51 1.30	3.26	7.25	10.27	11.22	12. 2	S.52 2.17																
大雪	測 点 C ₆ (89)	S. 49. 8. 7		7	8	10	11	13	15	17	21	24	25	26	28															参考資料の数値のまま	
	余 盛 含 む			67	77	109	112	115	129	152	177	186	182	180	186																
				0.077	0.089	0.126	0.129	0.133	0.149	0.176	1.205	0.215	0.210	0.208	0.215																参考資料の数値のまま
漁 川	測 点 V ₆ (46.5)	S. 54. 7.22	初 期 値 S. 54.11.13	S.55 2.20	4.11	6. 8	8. 4	11.30	S.56 1.26																					(観測年月日) - (盛立完了年月日)	
	余 盛 含 む			7	9	10.5	12.5	16	18																					グラフから読み取った値	
				15	19	27	34	38	42																						(沈下量) + 46.5 m
				0.032	0.041	0.058	0.073	0.082	0.090																						
岩 屋	測 点 D ₁₄ (129.5)	S. 50.11.30	設 置 日 S. 50.11.10	S.51 1.12	2.20	3.15	3.31	4.28	5.20	6.12	10.15	11.23	12.30	S.52 1.19																	
	余 盛 含 む			1.5	2.5	3.5	4	5	5.5	6.5	10.5	12	13	13.5																	
				44	76	76	88	128	164	164	190	208	246	256																グラフから読み取った値	
				0.034	0.058	0.058	0.068	0.099	0.127	0.127	0.147	0.161	0.190	0.198																	(沈下量) + 129.5 m
寺 内	測点TUI-4 (84.5)	S. 52. 1	S. 52. 4.13	S.52 5.10	6.12	7.12	8. 9	9. 6	10. 4	11. 1	11.29	12.27	S.53 1.25	2.21	3.24	4.19	5.16	6.13	7.11	8. 8	8.22	9. 5	9.19	10. 5	10.31	12.26					
	余 盛 含 む			4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	20.5	21	21.5	22	23	24			(観測年月日) - (盛立完了年月日)		
				18	33	48	55	67	76	80	85	91	93	100	103	107	111	115	120	125	127	133	138	141	143	149			グラフから読み取った値		
				0.021	0.039	0.057	0.065	0.079	0.090	0.095	0.101	0.108	0.110	0.118	0.122	0.127	0.131	0.136	0.142	0.148	0.150	0.157	0.163	0.167	0.169	0.176			(沈下量) + 84.5 m		
三 保	測点 T.11 95.75	S. 52.12.	S. 53. 3. 1						S.54 2.						S.55 2.																
				4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26																
				15	30	45	51	59	65	67	72	75	80	83	87															グラフから読み取った値	
				0.016	0.031	0.047	0.053	0.062	0.068	0.070	0.075	0.078	0.084	0.087	0.091															(沈下量) + 95.75 m	

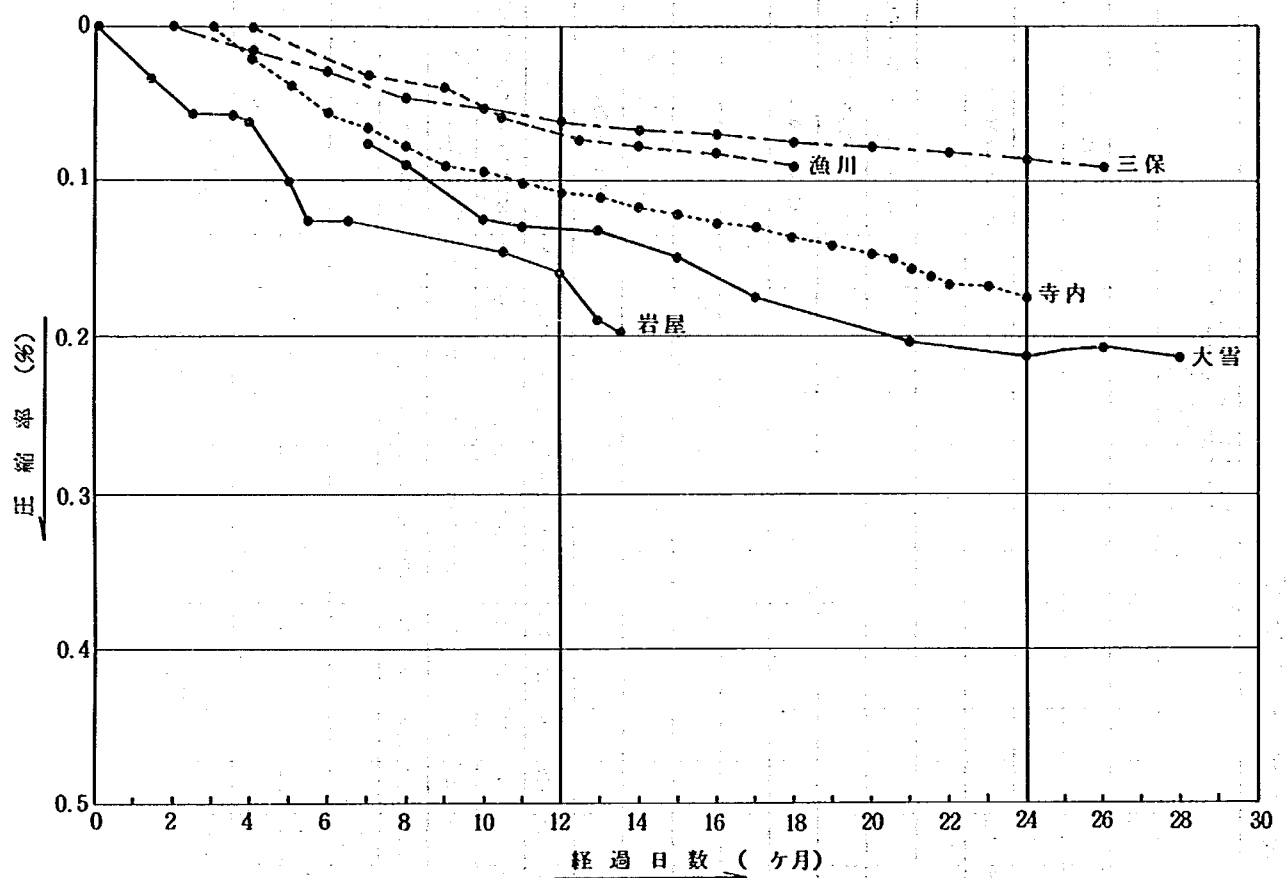


図-4.10 盛立完了後の経過日数と沈下量

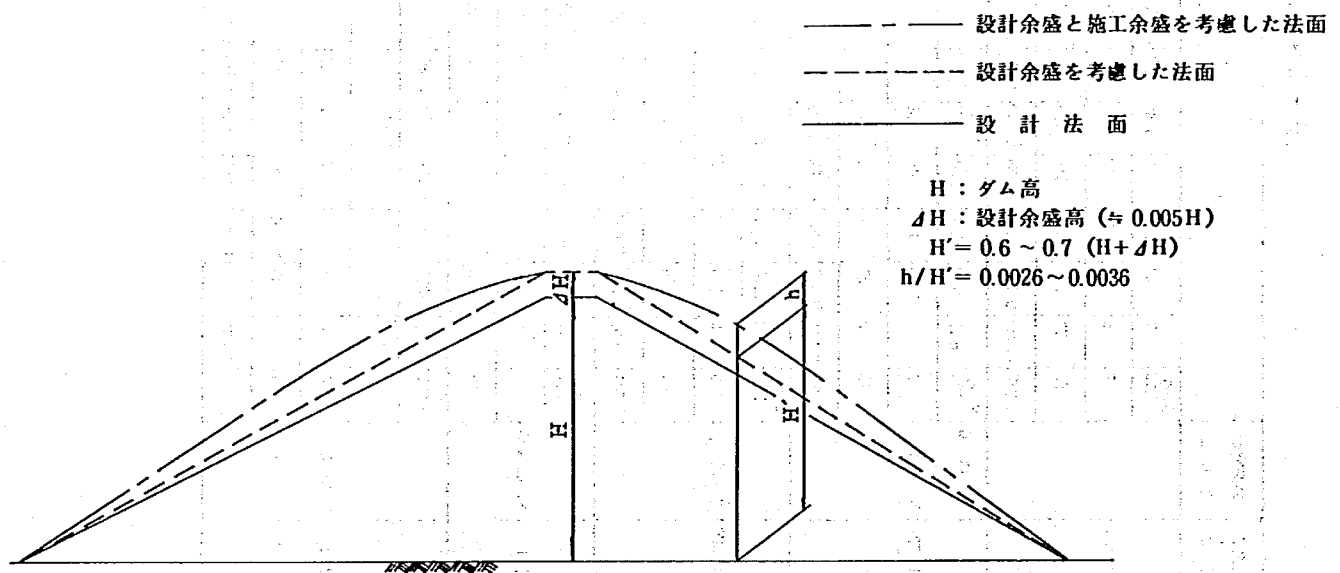


図-4.11 設計余盛と施工余盛を考慮した堤体断面

5. 施工管理基準

5.1 施工基準

表-5.1に、各ダムのロックゾーンの標準転圧仕様を示す。転圧機種は、振動ローラ（17ダム）、ブルドーザ（8ダム）、およびダンプトラック（2ダム）が用いられているが、その中では13.5 ton級振動ローラが最も多い。転圧機種を竣工年別に示すと表-5.2のとおりである。

まき出し厚は、0.3～2.0 mである。0.3 mを採用したのは福地ダムのトランジションゾーンであるが、「品質管理試験結果から判断すると、まき出し厚0.3 mは薄めであった」と述べている。材料の最大粒径とまき出し厚の関係を図-5.1に示す。転圧回数は、盛立試験の成果をもとに所要密度を満足する回数が採用されるが、ほとんどのダムで4回または6回としている。

5.2 品質管理基準

表-5.3に、各ダムの品質管理基準（品質管理項目、試験実施頻度、試験方法、管理基準値）を示す。

5.2.1 管理項目

実施されている試験は、比重・吸水量試験、粒度試験、密度試験、透水試験、せん断試験、および突固め試験である。また、現場に材料の見本をつくり、目視による管理の目安としているダムもある。

表-5.4は、粒度管理のポイントを示したものであるが、「最大粒径」と「4.76 mm 通過率」が比較的多い。前者は、まき出し厚などとの関連で施工性の面から制限されるものと思われるが、粒度が透水・せん断特性に影響を与えるという材料試験の成果をもとに、後者のようにある粒径以下の含有率や均等係数を規定している例も多い。以下に岩屋ダムと三保ダムの例を示す。

① 岩屋ダム

ロック材料の試験結果によれば、4.8 mm 以下の含有率が透水性（図-5.2）ならびに強度（図-5.3）に少なからず影響することから、余裕をみて4.8 mm 以下の含有率はロックⅠ材5%以下、ロックⅡ材20%以下に規制した。図-5.4、図-5.5は粒度分布の良否（図-5.6）による沈下率、破碎率（試験前後の最小粒径、含有率の増分）を調べたものであるが、これらの図から沈下率、破碎率とも均等係数5以上ではほぼ一定になることから均等係数5以上とした。

② 三保ダム

設計の比較的初期の段階では、類似岩質ロック材を使用した既設ダムの例をもとにして設計せん断抵抗角を 42° としていたが、その後のロック材料大型一面せん断試験の結果当ダムのロック材料のせん断抵抗角は $35^{\circ}\sim 48^{\circ}$ と非常に広い範囲にあることがわかった。そのため、このようなロック材料の設計せん断抵抗角を一元化することは断念し3種類に分類することとした。

ロック材料の質（せん断抵抗角）を区分する方法として粒度組成に着目し、表-5.5、図-5.7に示す基準を定めた。このように粒径63.5 mm、15.9 mmを基準に定めたのは、これらの粒径がロック材料の礫分としてせん断強さに影響を与えており、また2粒径としたのは、均等係数が小さいほど大きい内部まさつ角を示しているからである（図-5.8参照）。

5.2.2 試験頻度

試験頻度は、盛立数量に対して規定している場合と、期間で規定している場合がある。前者の場合の

5.2.3 現場密度測定方法

— 101 —

表-5.1 ロックゾーン標準転圧仕様(施工基準)

ダム名	ゾーン	転圧機種	まき出し厚 (m)	転圧回数 (回)	備 考	表層の かきおとし
1. 大雪	ロック	まき出し用 ブルドーザ (32t 級)	1.0	4	法面付近と地山付近。 大部分は自然転圧。	○
2. 十勝	ロック	ブルドーザ (32t 級)	1.0	4	$v = 3 \text{ km/h}$	○
3. 漁川	ロック	ブルドーザ 21ton ※ ブルドーザ (32t 級)	0.8 ※ 1.5	4	アバット部は、1 ton または 8 ton 振動ローラ。※ EL 173.0m 以上	○
4. 御所	ロック	振動ローラ SP60 (21ton)	(1.0) 0.5	6	当初 1.0 m, 途中で 0.5 m に変更 (S. 54. 4)	
5. 白川	ロック	振動ローラ (7.5 ton 程度)	仕上り 1.0	6	$v = 3 \text{ km/h}$ 以下	○
6. 岩屋	ロック I	載荷 32ton ダンプ	2 以下	1 以上		
	ロック II	同 上 ブルドーザ	1 以下	1 以上 2 以上		
7. 寺内	ロック	振動ローラ (21ton)	1.5 以下	4	着岩部など 0.5 m 以下, 4 回	○
8. 福地	トランジション	振動ローラ (10ton)	0.3	4		
	ロック	同 上	0.6	4		
9. 樽水	ランダムロック A	ブルドーザ (23 ton)	0.50	6	$v = 4.0 \text{ km/h}$	
	" B	ブルドーザ (17 ton 級)	0.50	3	同 上	
10. 漆沢	ロック	ブルドーザ (19 ton 級)	1.0 以下	5	$v = 4 \text{ km/h}$	
11. 七北田	ロック	振動ローラ (15 ton 級)	仕上り 1.0	4 以上	$v = 2 \text{ km/h}$	
12. 前川	ロック	振動ローラ (11.3 ton)	0.5	5	$v = 2 \text{ km/h}$	○
13. 四時	トランジション ロック	振動ローラ (13.5 ton)	1.00	4	$v = 2 \text{ km/h}$	
14. 手取川	ゾーン③	13.5 t 級以上の平胴型振動ローラ	0.60	4	$v \approx 2 \text{ km/h}$	○
	ゾーン④		0.80	4		
	ゾーン⑤		1.50	6		
	ゾーン⑤a		1.00	6		
15. 三保	ロック	振動ローラ (13.5 ton)	1.0	4	$v = 3 \text{ km/h}$	○
16. 広瀬	ロック	振動ローラ (13.5 ton)	標準 1.5	6 以上		
17. 荒川	ロック 1・2	振動ローラ (20 ton 級)	仕上り 1.0 以下	4 (2 往復) 以上	まき出しは 32t 級ブルドーザ	
18. 双葉	ゾーン 1・2	振動ローラ (13.5 ton 級)	1.0	6	地山取付部 1.25 ton 振動ローラ 4 回, 0.4 m まき出し。	
	ゾーン 3		0.8	6		
19. 武利	ロック	ブルドーザ (21.5 ton 以上)	0.6	6	まき出しブルと同一	
20. 高瀬	インナーシェル	振動ローラ (13.5 ton)	仕上り 1.00	6 以上	崖維 $v = 1.8 \text{ km/h}$	
			" 1.50	4 "	河川堆積物, 掘削ズリ	
	アウターシェル		" 1.50	4 "		
21. 七倉	インナーシェル	振動ローラ (13.5 ton)	仕上り 1.00	6 以上	$v = 2 \text{ km/h}$	
	アウターシェル (1)		" 1.00	6 "		
	アウターシェル (2)		" 1.50	4 "		
22. 下小島	ロック		0.5~2.0			
23. 南原	ロック	EL 216 以下 32 t D. T. EL 216 以上 振動ローラ (13.5 ton)	1.0	自然転圧 2 回以上	施工実績	
24. 明神	ロック	振動ローラ (13.5 ton)	1.0~2.0	2 以上	"	○
25. 稲村	ロック	13.5 ton 級以上の平胴型振動ローラ	1.2	6	$v = 2 \text{ km/h}$	○

表-5.2 ダム竣工年別の転圧機種

振動ローラ	7.5 ton								○			
	10		○						○			
	13.5			○○	○		○○○	○○		○		○
	15										○	
	21						○			○		○
ブルドーザ	17 ton				○							
	19								○			
	21								○			
	23				○							
	32		○		○				○			○
ダンプトラック	32 ton			○	○							
機種	能力	'73	'74	'75	'76	'77	'78	'79	'80	'81	'82	'83
	竣工年											

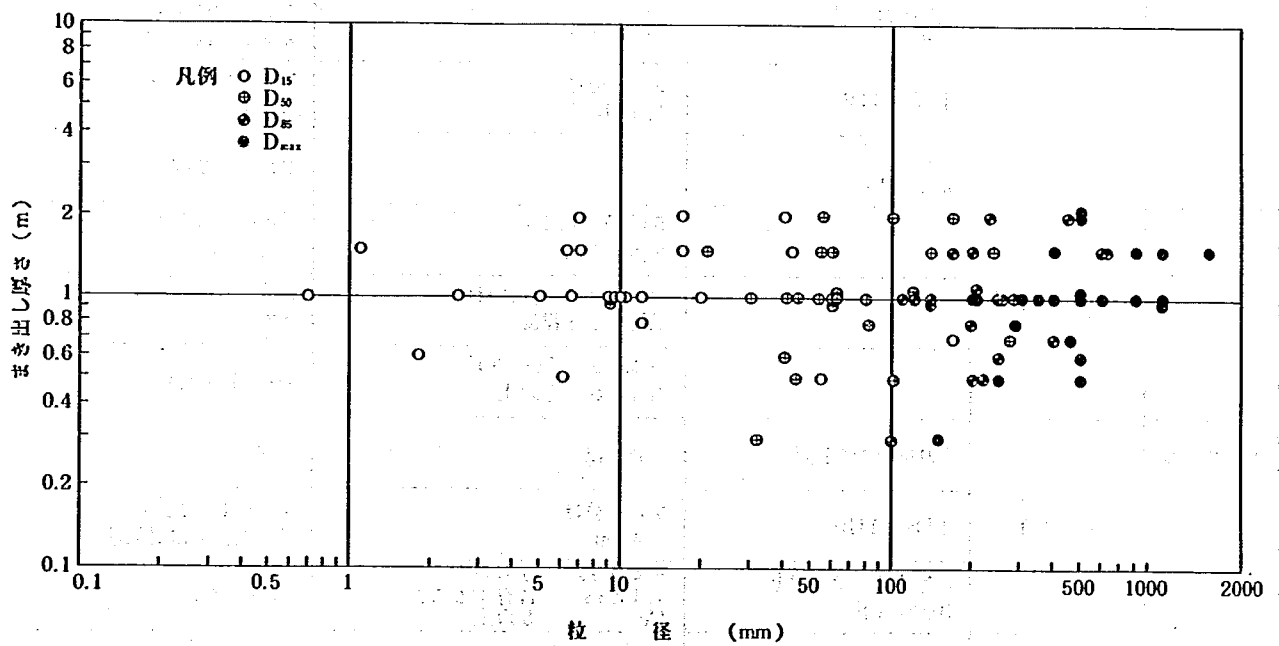


図-5.1 ロック材料の粒度組成 (D_{15} D_{50} D_{80} D_{max}) とまき出し厚さ

表-5.3 ロック

ダム名	ゾーン	盛立		
		比重・吸水量	粒 度	密 度
1. 大雪	ロック	1回/月 2点/回	1回/月 3点/回	1回/週 3点/回
		-5mm JISA 1109 +5mm JISA 1110	フルイ分け(200mm~4.76mm) 150kg以上/点	φ1.0m×50cm 水置換
2. 十勝				
3. 漁川	ロック		1回/月	1回/月
				孔体積5.1m ³ 以上 砂利置換
			砂または岩粉 5%以下 150mm以上 40%以上 最大粒径 800mm	
4. 御所	ロック	7,500m ³ に1回 4件/1回	15,000m ³ に1回	15,000m ³ に1回 2件/1回
		JISA 1110	フルイ分け 100kg程度	V=100~160ℓ 水置換
		表乾 2.2以上		γ _d =1.60 t/m ³
5. 白川	ロック		50,000m ³ に1回 3点/1回	5,000m ³ に1回 3点/回
			現場密度試験孔の材料 試料100kg程度	φ50cm×50cm 水置換
			-48mm 25%以下 均等係数 5以上	γ _d =1.80 t/m ³ 以上
6. 岩屋	ロックⅠ	500,000m ³ に1回	同 左	同 左
		JISA 1110	フルイ分け 約4ton	4m×4m×2m 砂利置換又は計測法
		表乾比重 2.5以上 3.0%以下	-4.76mm 5%以下 +150mm 含有すること U _c 5以上	1.830 t/m ³ 以上
	ロックⅡ	500,000m ³ に1回	同 左	同 左
		JISA 1110	フルイ分け 試料約4ton	3m×3m×1m 砂利置換又は計測法
		表乾比重 2.5以上 3.0%以下	-4.76mm 20%以下 U _c 5以上	1.812 t/m ³ 以上
7. 寺内	ロック		1回/2ヶ月 3ヶ所/回	1回/2ヶ月 3ヶ所/回
			密度試験試料のフルイ分け	φ=2m, V=2~3m ³ 水置換
			最大粒径150cm以下	γ _d =1.85 t/m ³ 以上

材料品質管理基準

(上段：試驗頻度，中段：試驗方法，下段：品質基準)

場				採取場				
透	水	せん断	突固め	その他	比重・吸水量	粒	度	その他
					3回 / 月			
					表乾 2.15 以上 8.0 %以下			
20,000m ³ に 1回 3点 / 回						3回 / 月 3点 / 回		
監督員の指示						試料 100kg程度		
目安 1×10 ⁻¹ cm/sec								
								粒度のモデル作成
								粒度のモデル作成
					1回 / 月 3試料 / 回			
					JISA 1110			
					表乾比重 2.5 以上			

表-5.3 のつづき(1)

ダム名	ゾーン	盛立		
		比重・吸水量	粒 度	密 度
8. 福地	トランジション		1回/5リフト 以上	
			試料 200 ボンド以上	
			- 4.76 mm 30%以下 最大粒径 (150 mm) 6"	$\gamma_d \approx 2.17$
	ロック		1回/8リフト 以上	
			試料 4000 ボンド以上	
			6"~18" (150 mm~460 mm)	
9. 樽水	ロック		1回/30,000 m ² 以上 3点/1回以上	1回/30,000 m ² 以上 3点/1回以上
			150 mm 以上はスケール測定 150 mm 以下はフルイ分け 1点の重量 1000 kg 以上	0.5m × 0.5m × 0.5m 水置換法
			ロックA: 最大粒径 500 mm, D ₅₀ ≥ 50 mm ロックB: 最大粒径 500 mm	
10. 漆沢	ロック		必要に応じて	同 左
			フルイ (300 mm~4.76 mm) 密度試験試料	1.0m × 1.0m × 1.0m 水置換
11. 七北田	ロックA・B		ロックA: 1回/100,000 m ² 以上 ロックB: 1回/2ヶ月以上	「粒度」の基準と同じ
				41,500 × 1,000 水置換
			最大粒径 1,000 mm 以下	ロックA: $\gamma_d \geq 1.5 \text{ t/m}^3$ ロックB: $\gamma_d \geq 1.85 \text{ t/m}^3$
12. 前川				1回/層, 3個/回
			密度試験試料 100 kg 程度	V = 0.1 ~ 0.15 m ³ 水置換
		表乾比重 2.1 以上 吸水率 10.0 % 以上	U _c ≥ 5	$\gamma_d \geq 1.5 \text{ t/m}^3$ e ≤ 0.45
13. 四時	トランジション	1回/月 3ヶ/回	1回/月 3ヶ/回	1回/月 3ヶ/回
			密度試験試料 100 kg 程度, フルイ分け	V = 100 ~ 160 ℓ 程度※ 砂置換法, 他
		比重 2.800 1.50 % 以下	- 0.074 mm 5 % 以下 最大粒径 300 mm	$\gamma_d = 2.00 \text{ t/m}^3$
	ロック	1回/月 3ヶ/回	1回/月 3ヶ/回	1回/月 3ヶ/回
			密度試験試料 100 kg 程度, フルイ分け	V = 100 ~ 160 ℓ 程度※ 砂置換法, 他
		比重 2.850 1.00 % 以下	- 0.074 mm 5 % 以下 最大粒径 600 mm	$\gamma_d = 2.11 \text{ t/m}^3$

場				採取量		
透 水	せん断	突 固 め	そ の 他	比重・吸水量	粒 度	そ の 他
1回/30,000㎡以上 3点/1回以上						
φ50cm×50cm						
同 左	(一面せん断) 同 左					
密度試験孔 岩手大方式注入法						
					ロックA: 1回/100,000㎡ 以上 ロックB: 1回/2ヶ月 以上	
1回/月						
指 示				1回/月 3ヶ/回	3回/月 3ヶ/回	
			※別の資料では φ1.0m×(まき 出し厚)			
指 示				1回/月 3ヶ/回	3回/月 3ヶ/回	
			※別の資料では φ1.0m×(まき 出し厚)			

表-5.3 のつづき(2)

ダム名	ゾーン	盛立		
		比重・吸水量	粒 度	密 度
14. 手取川	ゾーン③	材料が変化したと思われるごと	現場密度試験ごと	1回 200,000 m ³
				水置換法
			- 4.8 mm 35%以下	$\gamma_d = 1.99 \text{ t/m}^3$ 以上
	ゾーン④	ゾーン③と同じ	ゾーン③と同じ	ゾーン③と同じ
				ゾーン③と同じ
			- 4.8 mm 25%以下	$\gamma_d = 1.91 \text{ t/m}^3$ 以上
	ゾーン⑤	ゾーン③と同じ	ゾーン③と同じ	ゾーン③と同じ
				ゾーン③と同じ
			- 4.8 mm 15%以下	$\gamma_d = 1.85 \text{ t/m}^3$ 以上
15. 三 保	細粒ロック		6回/月	6回/月
				$\phi 40 \sim 80 \text{ cm}$ 水置換
			- 15.9 mm 70%以下 - 63.5 mm 95%以下	
	中粒ロック		6回/月	6回/月
			- 15.9 mm 45%以下 - 63.5 mm 85%以下	
	粗粒ロック		6回/月	6回/月
			- 15.9 mm 30%以下 - 63.5 mm 65%以下	
16. 広 瀬	(ロック材の品質管理基準は特に決めなかった。)			($\phi = 1.5 \text{ m} \times 1.0 \text{ m}$) 水置換
17. 荒 川	ロックⅠ・Ⅱ			1回/2ヶ月 3点/回
			現場密度試験試料を用いる	$V \approx 3.0 \text{ m}^3$ (1.5×1.5×1.5) 水置換
			ロックⅠ - 4.8 mm 10%以下 ロックⅡ - 4.8 mm 20%以下	
18. 双 葉	ゾーン1・2・3		10,000 m ³ に1回 3個/回	10,000 m ³ に1回 3個/回
				水置換

場				採取場		
透 水	せん断	突 固 め	そ の 他	比重・吸水量	粒 度	そ の 他
現場密度試験 ごと	1回/1,000,000m ²					
U.S.B.R.法	三軸圧縮					
1×10 ⁻⁴ 以上	φ=38° 以上					
ゾーン③と同じ	ゾーン③と同じ					
ゾーン③と同じ	ゾーン③と同じ					
1×10 ⁻³ 以上	φ=40° 以上					
ゾーン③と同じ	ゾーン③と同じ					
ゾーン③と同じ	ゾーン③と同じ					
1×10 ⁻² 以上	φ=42° 以上					
				3回/月	1回/ベンチ	3回/2ヶ月
			(現場に) 粒度モデル作成			大型一面
				表乾比重 2.80 以上 4%以下	盛立場の基準に 2~4%の破碎 量を加味。	
				3回/月	1回/ベンチ	3回/2ヶ月
			(現場に) 粒度モデル作成			大型一面
				表乾比重 2.80 以上 2.5%以下	細粒ロックと 同じ	
				3回/月	1回/ベンチ	3回/2ヶ月
			(現場に) 粒度モデル作成			大型一面
				表乾比重 2.80 以上 1.5%以下	細粒ロックと 同じ	
	(一面せん断)					
				材料が変わると		必要に応じて
						大型一面
(実施した)	10,000m ² に1回 1個/回					
	大型一面せん断					

表-5.3 のつづき(3)

ダム名	ゾーン	盛立		
		比重・吸水量	粒 度	密 度
19. 武 利	トランジション	1回/週	1回/週	1回/週
				φ 300×300mm 水置換
	ロ ッ ク			1回/月
				φ 600×600mm 水置換
20. 高 瀬	インナーシェル		1回/5日	1回/5日
				S.49.10よりRI法
			最大粒径 ①崖錐→1,000mm ②河川堆積物・掘削ズリ→1,500mm	
	アウターシェル		1回/7日	1回/7日
				S.49.10よりRI法
			最大粒径 1,500mm	
22. 下小島	トランジション			1回/数ヶ月
	ロ ッ ク			1回/数ヶ月
23. 南 原	ロ ッ ク			1回/6ヶ月
				φ 1.0m×0.5 (1.0) 水置換
		比重 2.6以上 吸水量 上流2%以下 下流4%以下	上流：透水性大なる材料 下流：砂または岩粉 10%以下	上流：γd=1.87 以上 下流：γd=1.88 以上
24. 明 神	ロ ッ ク			1回/6ヶ月
				φ 1.0m×0.5 (1.0) 水置換
		比重 2.6以上 吸水量 上流2%以下 下流4%以下	上流：透水性大なる材料 下流外部：砂または岩粉10%以下 下流内部：- 0.075mmが25%以下	上流：γd=1.95 以上 下流：γd=1.94 以上

場				採 取 場		
透 水	せ ん 断	突 固 め	そ の 他	比重・吸水量	粒 度	そ の 他
				4回/月	4回/月	
				1回/月	2回/月	
					+150 μ m スケール -150 μ m フレイ分け	
1回/30日		1回/5日	含水比 1回/5日		1回/2日	含水比 1回/日
		① $\gamma_d = 1.85 \text{ t/m}^3$ 以上 ② $\gamma_d = 1.91 \text{ t/m}^3$ 以上				
1回/30日			含水比 1回/5日		1回/2日	
		$\gamma_d = 1.91 \text{ t/m}^3$ 以上				
				1~2回/月	1回/2~3ヶ月	
				1~2回/月	1回/数ヶ月	
					運搬中の材料 試料は 5 m^3	
				2回/月	1回/6ヶ月	
				JIS	JIS (50.8 μ m~0.074 μ m)	
				2回/月	1回/6ヶ月	
				JIS	JIS (50.8 μ m~0.074 μ m)	

表-5.3 のつづき(4)

ダ ム 名	ゾ ー ン	盛 立		
		比 重 ・ 吸 水 量	粒 度	密 度
25. 稲 村	ロ ッ ク 1・2・3・4・5		1回 / 3ヶ月	1回 / 3ヶ月
				水置換
			R-1・2 - 4.8mm 15%以下 R-3・4・5 " 25%以下	$e \leq 0.36$

場				採取場		
透 水	せ ん 断	突 固 め	そ の 他	比重・吸水量	粒 度	そ の 他
1回 / 3ヶ月				2回 / 月	1回 / 月	
現場密度試験孔 にて行う						粒度のサンプル 作成
			R-1・2・3・4:石英 片岩 R-5:石英 片岩, 緑色片岩	比重 2.6 吸水量 1%以下	R-1・2 -4.8mm 15%以下 R-3・4・5 -4.8mm 25%以下	

表-5.4 粒 度 管 理 の ポ イ ン ト

ダ ム 名	ゾ ー ン	通 過 率							岩粉・砂 含有量	10%粒径 D ₁₀	50%粒径 D ₅₀	最大粒径 D _{max}	均等係数 U _c	備 考
		0.074 mm	0.84 mm	2.0 mm	4.76 mm	15.9 mm	63.5 mm	150 mm						
1. 大 雪														
2. 十 勝														
3. 漁 川	ロ ッ ク							○	○			○		
4. 御 所														
5. 白 川	ロ ッ ク				○								○	
6. 岩 屋	ロ ッ ク I				○			○					○	4.76 mm : 透水せん断特性より U _c : 沈下率, 破砕率より
7. 寺 内	ロ ッ ク											○		
8. 福 地	トランジション				○							○		
9. 樽 水	ロ ッ ク A										○	○		
10. 漆 沢														
11. 七北田	ロ ッ ク											○		
12. 前 川													○	
13. 四 時	トランジション ロ ッ ク	○										○		
14. 手取川	ロ ッ ク				○									透水特性より
15. 三 保	ロ ッ ク					○	○							せん断特性より
16. 広 瀬														
17. 荒 川	ロ ッ ク I・II				○									
18. 双 葉														
19. 武 利														
20. 高 瀬	インナーシェ アウターシェ											○		
21. 七 倉														
22. 下小島														
23. 南 原	ロ ッ ク			○					○	○				2mm, D ₁₀ : 透水特性より
24. 明 神	ロ ッ ク		○	○					○	○				
25. 稲 村	ロ ッ ク				○									せん断特性より
		1	1	2	6	1	1	2	3	2	1	7	3	

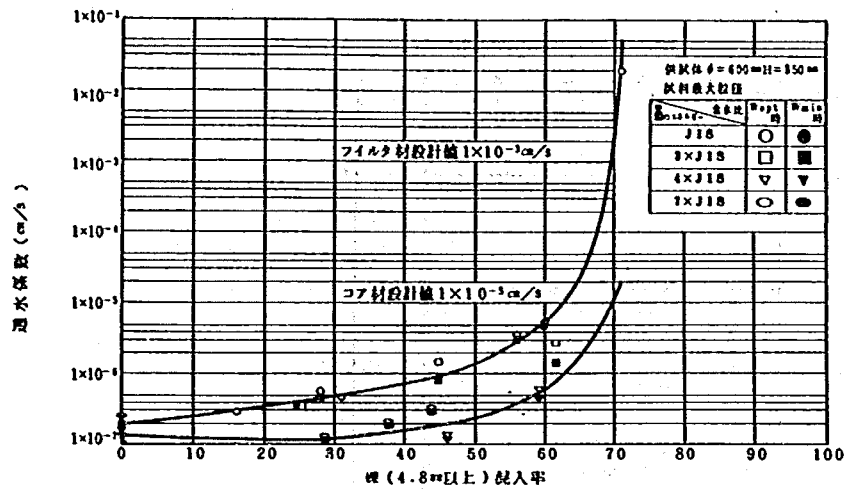


図-5.2 礫 (4.8 mm 以上) 混入率と透水係数の関係 (岩屋ダム)

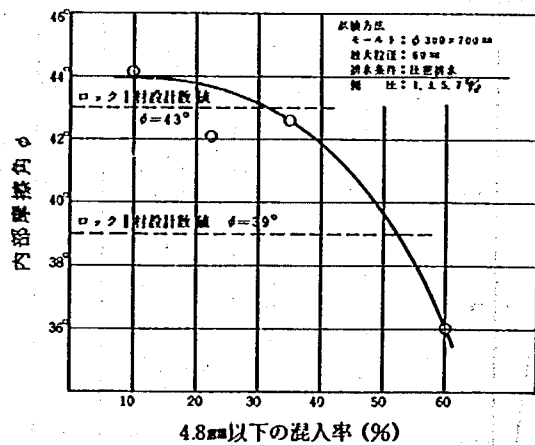


図-5.3 4.8 mm 以下の混入率と内部摩擦角の関係 (岩屋ダム)

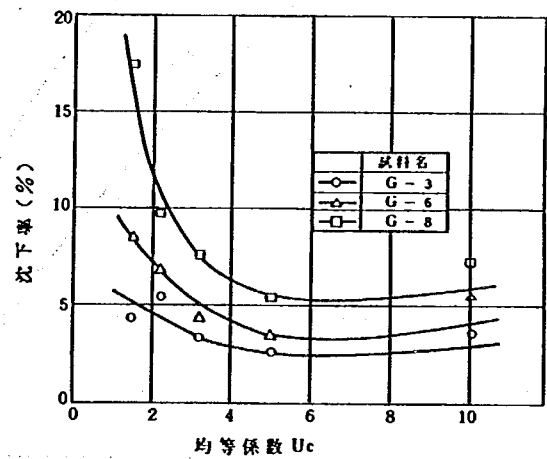


図-5.4 ロック材料の材質別、粒度別沈下率関係図 (岩屋ダム)

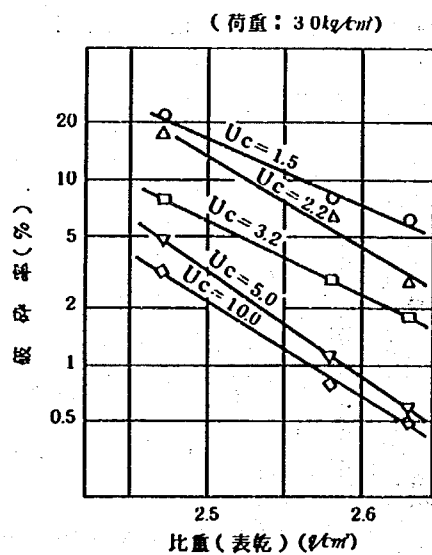


図-5.5 材質、粒度別破砕関係図 (岩屋ダム)

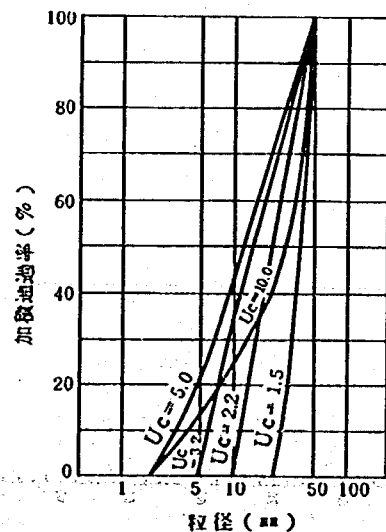


図-5.6 試料の粒度分布曲線 (岩屋ダム)

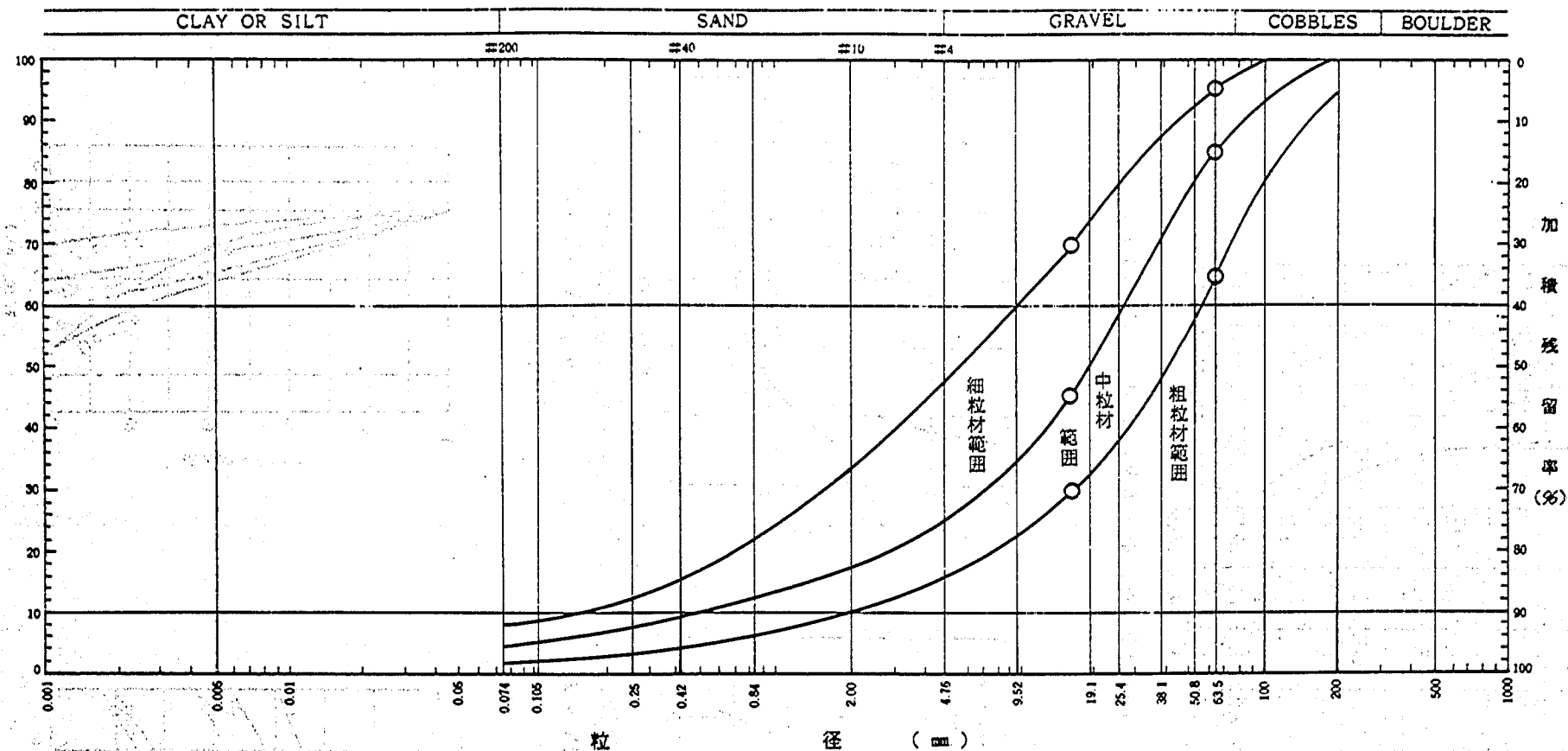
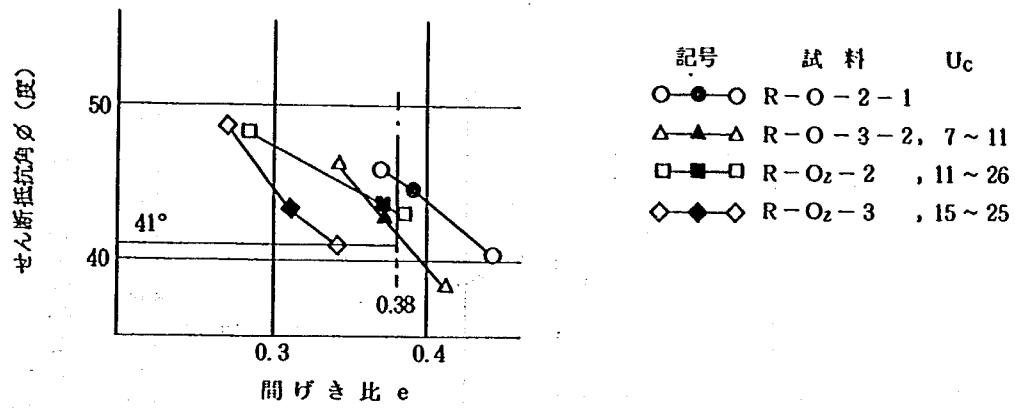


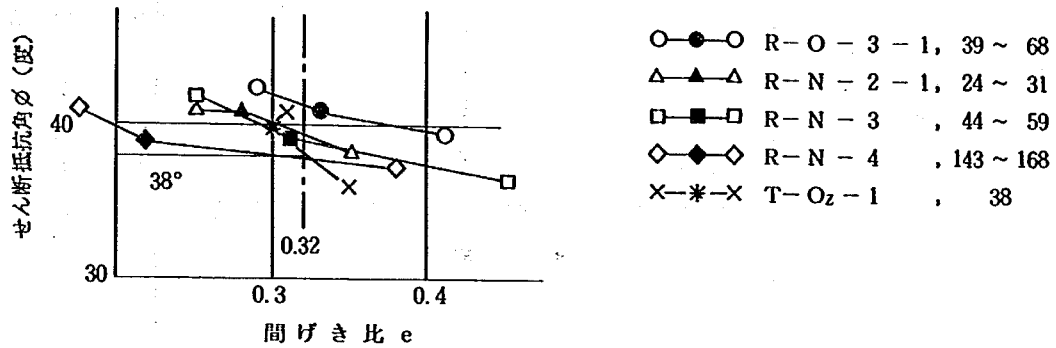
図-5.7 三保ダムロック材基準粒度

表-5.5 ロック材分類基準 (三保ダム)

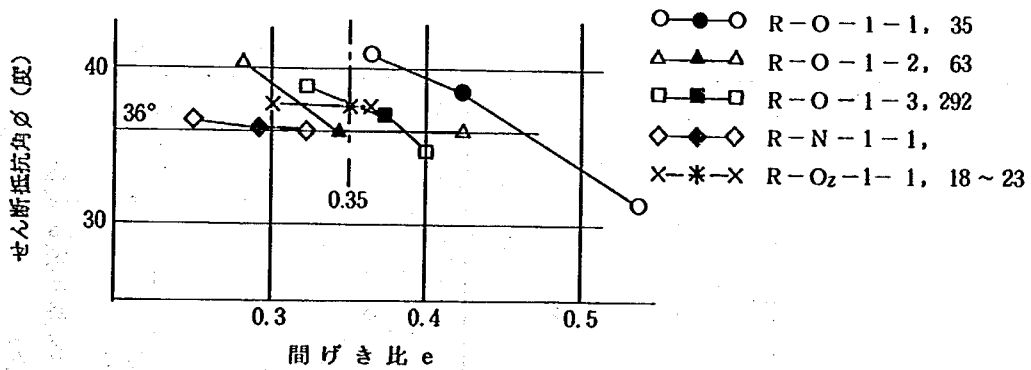
	15mm通過量 (%)	60mm通過量 (%)	均等係数
粗 粒 材	30 以下	65 以下	20 以下
中 粒 材	30 ~ 45	65 ~ 85	20 ~ 40
細 粒 材	45 以上	85 以上	40 以上



(a) 粗粒材 (−60_目 65%以下, −15_目 30%以下)



(b) 中粒材 (−60_目 65~85%, −15_目 30~45%)



(c) 細粒材 (−60_目 85%以上, −15_目 45%以上)

図-5.8 三保ダムロック材料せん断試験
粒度区分ごとのせん断抵抗角と間隙比の関係

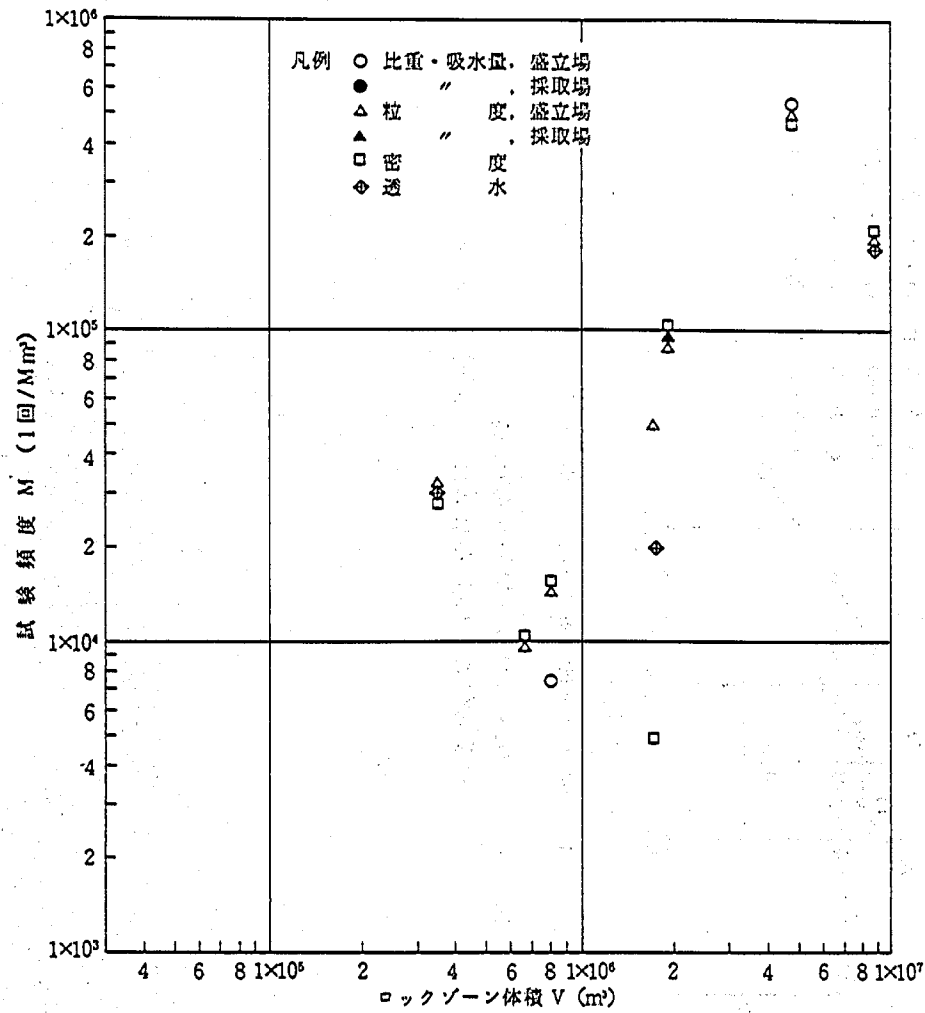


図-5.9 ロックゾーン体積と品質管理試験頻度の関係
(盛立量で規定している場合)

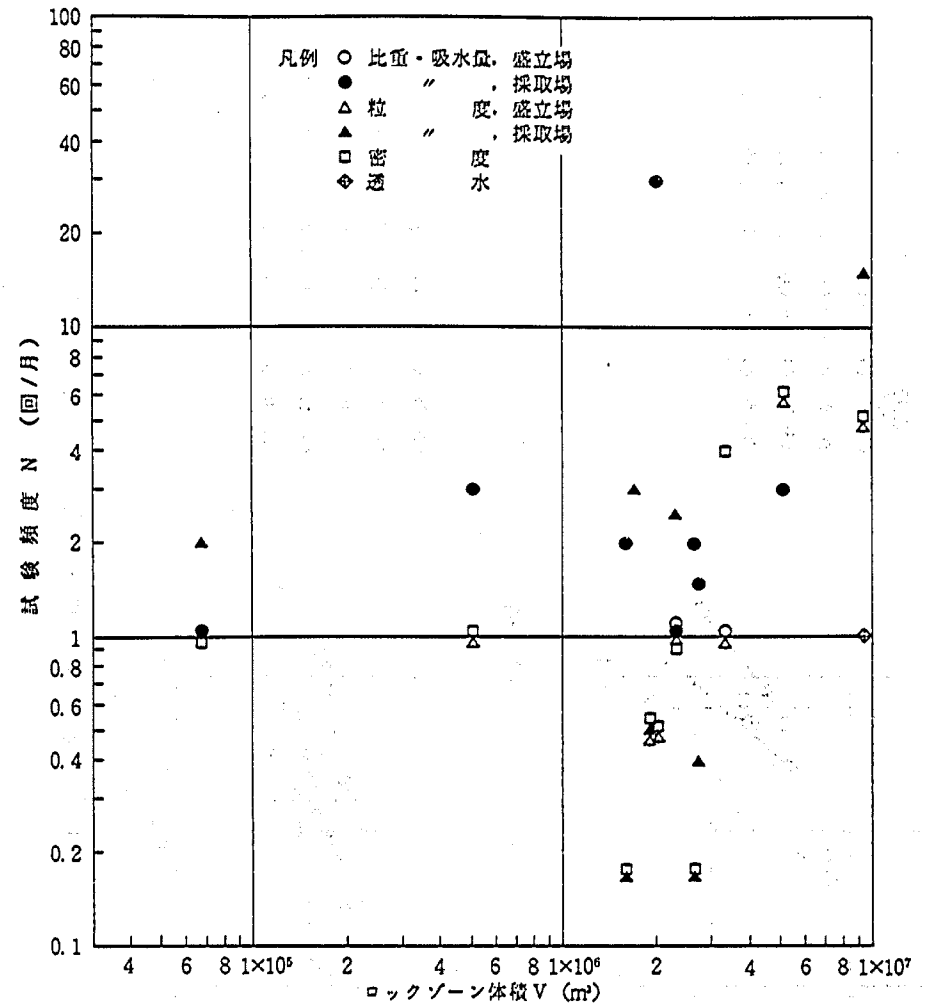


図-5.10 ロックゾーン体積と品質管理試験頻度の関係
(期間で規定している場合)

表-5.6 現場密

ダム名	試験孔の大きさ			体積測定方法
	形状 (m)	体積 [※] (m ³)	備考	
1. 大雪	φ1.0×0.5	(0.39)		水置換法
2. 十勝	2.0×2.0×1.0	(4)		砂置換法
3. 漁川	(上面 [○] 2.5, 下面 [○] 0.7)×1.5	(5.1)		砂利置換法
4. 御所		0.1~0.16		水置換法
5. 白川	φ0.5×0.5	(0.2)		水置換法
6. 岩屋	[○] 4.0×2.0 [○] 3.0×1.0	(10.6) (3.0)	体積は、角すいとして計算した。	砂利置換法または計測法
7. 寺内	φ2.0	2~3		水置換法
8. 福地				
9. 樽水	0.5×0.5×0.5	(0.13)		水置換法
10. 漆沢	1.0×1.0×1.0	(1.0)		水置換法
11. 七北田	φ1.5×1.0	(1.8)		水置換法
12. 前川	φ0.5×0.25	0.1~0.15		水置換法
13. 四時	φ1.5×(まき出し厚)	0.1~0.16 (1.8)		砂置換法
14. 手取川				
15. 三保	φ0.4~0.8			水置換法
16. 広瀬	φ1.5×1.0	0.9~1.5	体積は実積値	水置換法
17. 荒川	1.5×1.5×1.5	3.0		水置換法
18. 双葉				
19. 武利	φ0.6×0.6	(0.17)		水置換法
20. 高瀬				R I 法
21. 七倉				
22. 下小鳥				
23. 南原	φ1.0×0.5, φ1.0×1.0	(0.39, 0.78)		水置換法
24. 明神	φ1.0×0.5, φ1.0×1.0	(0.39, 0.78)		水置換法
25. 稲村				

※ () 書きは形状をもとに計算で求めた値。

※※ () 書きはグラフ等で読み取った値。

() 書きは推定値。

度 測 定 方 法

まき出し厚 (m)	粒 度 ※※							
	D ₁₀ (mm)	D ₁₅ (mm)	D ₅₀ (mm)	D ₆₀ (mm)	D ₈₅ (mm)	D _{max} (mm)	U _c	
1.0	(1.5)	(3)	(30)	(45)	(100)	(200)	(30)	品質管理実績 (平均)。D ₁₀ , D ₁₅ および D _{max} , は推定値
1.0	3.7	(6)	(30)	48	(110)	(200)	13	盛立試験粒度 (測定値の平均)
1.5	(25)	(43)	(240)	(330)	(630)	(800)	(13)	品質管理実績 (平均)
0.5	(20)	(38)	(110)	(130)	(190)	(250)	10.1	品質管理実績 (平均) " (h = 4 の平均)
1.0	4.8以上 (2.2)	(5)	(43)	(60)	(110)	200	11.8	品質管理実績 (S.49~53の平均) 品質管理実績 (n = 4 の平均)
2	(9.5)	(17)	(100)	(150)	(230)	(500)	15.8	ロック I 品質管理実績 (n = 12の平均)
1	(3)	(6)	(41)	(60)	(140)	(300)	23.3	ロック II " (n = 10の平均)
1.5	(9)	(17)	(140)	(210)	(600)	(1,000)	(23)	品質管理実績 (平均)
0.3	(0.8)	(4.8)	(32)	(43)	(100)	(150)	(54)	トランジション品質管理実績 (範囲の中間)
0.6	(160)	(170)	(270)	(300)	(400)	(460)	(2)	ロック " (")
1.0	(2.0)	(4.8)	(60)	(85)	(280)	(500)	(43)	品質管理実績 (範囲の中間)
1.0	(6.5) (11)	(10) (20)	(80) (60)	(110) (80)	(250) (250)	(400) (550)	(17) (7)	採取ロック 品質管理実績 流用ロック "
1.0	(3.8)	(12)	(120)	(180)	(500)	(1,000)	47	ロック A 品質管理実績 (中間報告, 平均)
0.5	(2.7)	(6)	(45)	(70)	(220)	(500)	26.1	品質管理実績 (平均)
1.0	(0.8) 0.074 ~4.76	(4.8)	(40)	(63)	(150)	(250)	46.8	品質管理実績 (中間報告, 範囲の中間) " (" , 平均)
1.5	(1.1) (2.5)	(2.9) (7.0)	(50) (50)	(70) (70)	(150) (200)	(250) (400)	(64) (28)	ゾーン④品質管理実績 (中間報告, 範囲の中間) ゾーン⑤ " (")
1.0	(0.3) (1.3) (4.8)	(0.9) (3.0) (9.0)	(18) (29) (60)	(25) (42) (88)	(85) (130) (270)	400 600 800	(83) (32) (18)	細粒ロック 品質管理実績 (平均) 中粒ロック " (") 粗粒ロック " (")
1.5	1.75	(7)	(60)	95	(170)	400	54	施工中の盛立試験粒度 (実測値)
1.0								
0.8	(4)	(8)	(60)	(80)	(200)	(280)	(20)	河床砂礫調査粒度範囲の中間
0.6	(0.5)	(1.8)	(40)	60	(250)	(500)	(120)	流用材品質管理実績 (実測値)
1.0	(0.5)	(0.8)	(9)	(25)	(170)	(1,000)		インナーシェルの品質管理実績 (平均), D _{max} は管理基準。
1.5	(0.6)	(1.0)	(20)	(50)	(200)	(1,500)		アウターシェル " (") "
0.5 ~ 2.0	(25)	(45)	(170)	(220)	(450)	(800)	(8.8)	品質管理実績 (n = 5 の平均)
1.0	28.8 33.6	(34)	(140)					下流ロック 品質管理実績 (平均) 上流ロック " (")
1.0 ~ 2.0	1.8 4.2	(2) (7)	(31) (55)	(52) (80)	(500)		(29) (19)	下流内部 上流, 下流外部
1.2	(4.0)	(7.5)	(60)	(90)	(220)	(400)	(23)	盛立試験粒度 (転圧前)

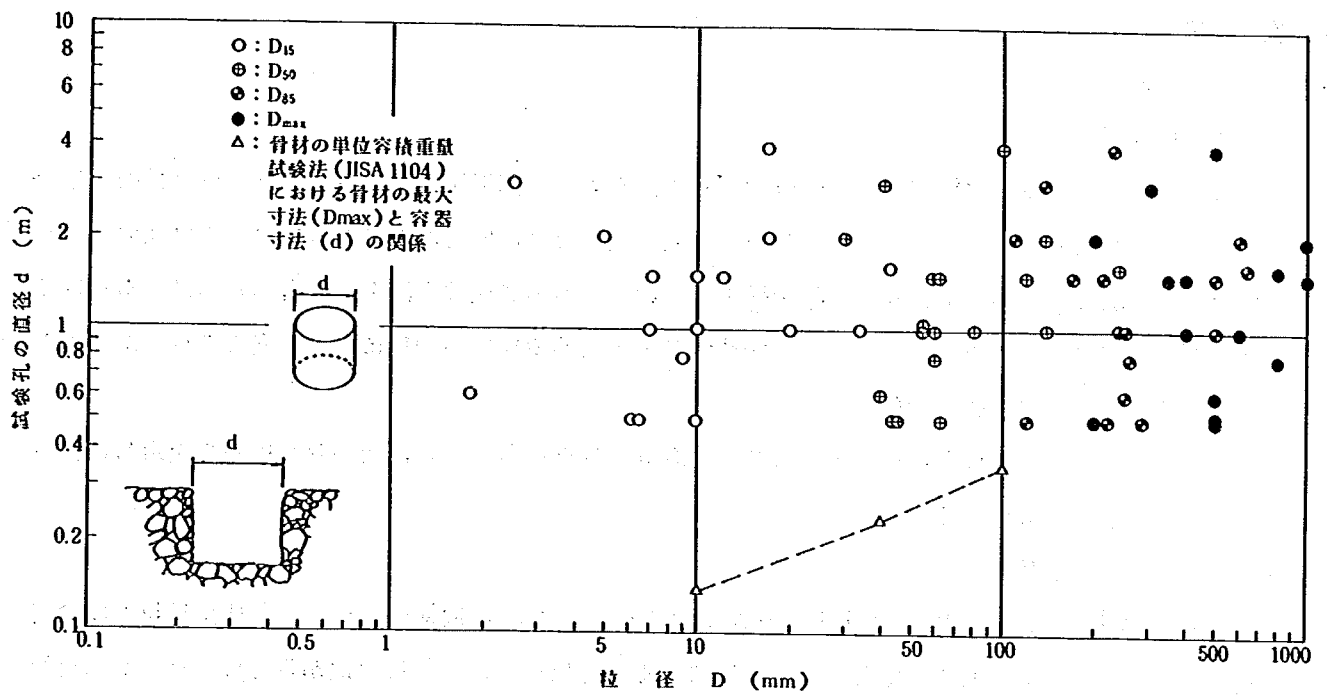


図-5.11 現場密度試験孔の大きさ (直径) と材料の粒径
 (D_{15} , D_{50} , D_{85} , D_{max}) の関係

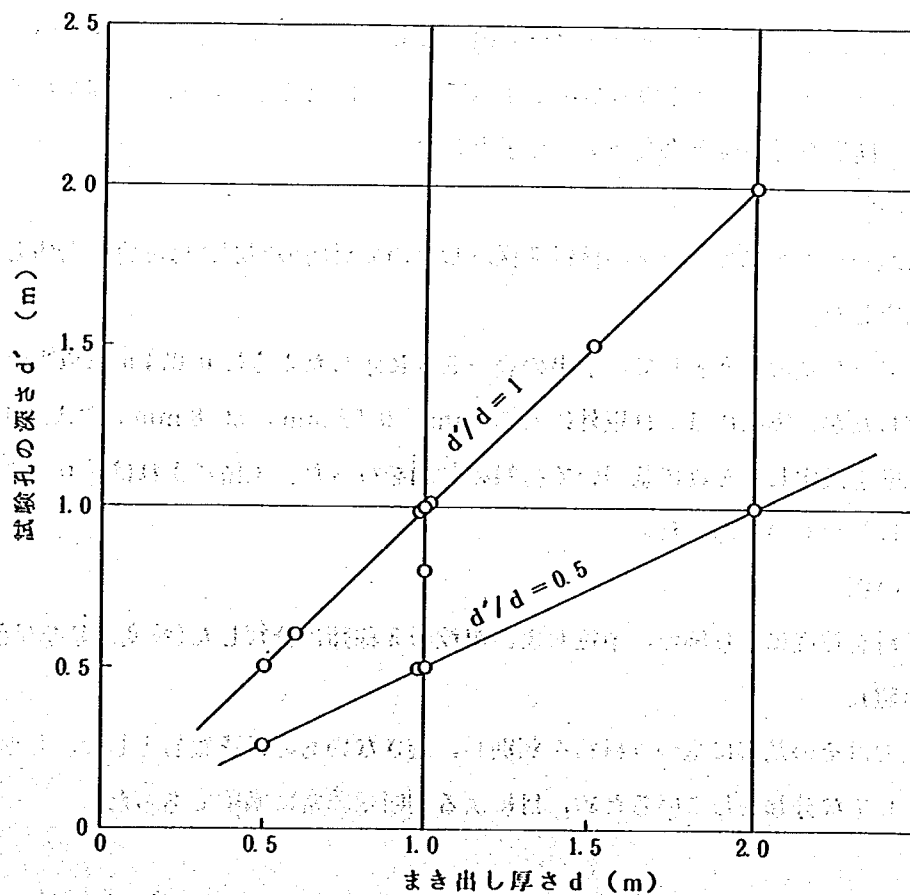


図-5.12 密度試験孔の深さとまき出し厚さの関係
 (品質管理)

6. 施 工

6.1 採 取

6.1.1 採取工法

表－6.1に、ロック材料採取工法の事例を示す。ダムの掘削工法には、長孔発破・坑道発破・放射状発破・グローリホール工法などがあるが、今回の調査では、ほとんどのダムでロック材採取（原石山発破）工法としてベンチカット工法を採用している。坑道式発破工法を主体としたのは大雪だけであるが、主体はベンチカット工法で積込場造成などの目的で採取の初期に坑道式発破を行ったダムも2、3あった（漆沢、広瀬、など）。

ベンチカット工法の場合、ベンチ高は2.5～5.0 m程度のものから、大型穿孔機械を使用した15～21 m程度のものまで様々である。

6.1.2 材料の判定基準

材料採取作業には必ず表土除去という作業が伴う。また、採取途中においても使用材料と廃棄材料の判別という作業がある。採取地の地質構造が複雑な場合や、同一採取地から複数のゾーンの材料を採取する場合は材料の判定は非常に難しく、また重要なものとなる。以下に材料判別の事例を示す。

① 漁川ダムの例

原石山の地層は、極低熔結凝灰岩からロック材料である高熔結凝灰岩へ漸変しているため、ロック材料の判定に苦労した。テストハンマーで検岩しても満足すべき判定ができないことから、新たに40 t級リッパ付ブルドーザを導入し、1本爪でリッパ作業を行い、リッパ作業が不可能になった時点をもって検岩を行い表土除去作業の終了とした。

② 四時ダムの例

同一採取地からすべてのゾーンの材料を採取したので材料の判別には非常に苦労したが、主に粒度により判定した。

特記仕様では粒度の基準として、前出の表－5.3に示したように0.074 mm以下の含有率と最大粒径を規定したが、実際にはそれ以外に4.76 mm，9.52 mm，50.8 mm，および100 mmフルイ通過率の基準を設定し、それに基づいて材料の判別を行った。実績によれば、ロック材料のほとんどは発破採取したものであった。

③ 三保ダムの例

ロック材料を粒度により細粒、中粒および粗粒の3種類に分類した（粒度の基準は前出の表－5.5、図－5.7参照）。

採取作業ではその基準に基づき材料を判別し、適さないものは廃棄岩とした。しかし、ロック材料としてシビアな分類をしているため、目による判断は非常に困難であった。

6.2 盛 立

ロックゾーンの盛立に際し留意した事項の事例を表－6.2に示す。これによれば、

① なじみをよくするための次層盛立前の表層かき起とし。

② 盛立面にリフト差をつけた場合、後行リフト盛立時先行リフト法面の切り崩し。

③ 地山や構造物付近の入念な転圧。

④ フィルターとの境界は盛立標高をフィルターに合わせる。

⑤ 材料の粒径・形状を考慮し、まき出し・敷均し方法を工夫する。

などの方法で、より確実な締固め施工を行っているダムがある。

堤体の盛立（まき出し、転圧）は、盛立試験の成果などをもとに決定された基準に従って施工されるわけであるが、工事途中で転圧機種やまき出し厚を変更しているケースもみられる。以下に漁川ダム・御所ダムの例を示す。

① 漁川ダムの例

盛立最終年（昭和54年）は標高 173.0 m 以上となり盛立現場が狭く、仕様に規定されている 32 t 級ブルドーザによる転圧ではフィルタゾーンを越え、フィルタの透水性を阻害することが懸念されたので、転圧試験を行い 21 t 級ブルドーザ、まき出し厚 80 cm に変更した。

② 御所ダムの例

ロック材料は比較的単粒（均等係数が小さい粒度組成）である。そのため締固め密度が満足されない傾向が出たので、昭和54年4月（ロック盛立約 1/4 完了）以降、締固め効果を考慮して締固め仕上り厚を 100 cm から 50 cm に変更した。

ロック材料の施工機械の事例を表-6.3に示す。積込機械は 4.6 m³ 級および 7.6 m³ 級のホイールローダ、運搬機械は 32 t ダンプトラックがよく用いられている。

6.3 堤体材料運搬路

堤体材料運搬路の事例（概要）を表-6.4に示す。最急縦断勾配は 10% 程度、最小半径は 50 m としている例が多いが、これらは、ダンプトラックの走行能力、計画運行速度などから決まるものと思われる。運搬路のうち、原石山の積込場所への進入路や、ダムサイト河床から盛立場への進入路は、工事の進捗に伴って作業場所の地形・標高が変化していくため、計画・立案に際しては綿密な検討が必要である。原石山の採取標高差は、地形および採取量などにより異なるが、今回の事例では大半が 70 m 程度以上となっている。運搬路の事例（詳細）として岩屋ダムの例を図-6.1に示す。

6.4 用土計画・実績

6.4.1 事例

一般に、堤体材料の用土計画は、地質調査（弾性波探査、ボーリング調査、横坑調査）の成果をもとに原石山の岩級区分を行い、さらに発破試験などの結果も参考にして材料の使用区分（表土、採取材、廃棄岩）を作成し、次に岩級ごとの土量変化率を設定し、計画盛立量をもとに所要地山量を算出するという手順で行われる。しかし、計画と実績がうまく合う例は少なく、表土・廃棄岩の過少見積り、土量変化率の過大見積りなどの理由で、当初設定した余裕量では間に合わず新たな採取地を確保した例も少なくない。

以下に、岩屋ダムと寺内ダムの例を示す。

(1) 岩屋ダムの例

岩屋ダムでは原石山からコア、フィルタ、ロックⅠ・Ⅱなどを採取する関係から、弾性波試験、地質調査、爆破試験等の実績をもとに表-6.5を作成し、岩塊の硬さ、割れ目の間隔を組み合わせ、表-6.6のような盛立材料使用区分を作った。表-6.6からB-Ⅱ、C-Ⅱ、C-Ⅲ、D、崖錐等の部分を表土として切り取ることにした。ロック材料の所要量と採取量の関係は表-6.7、表-6.8のとおりである。

一方、余裕量については計画採取仕上り盤を16.5m盤下げすることによって約80万 m^3 得られ、必要原石山地山体積の約20%相当分を考えた。しかし、盛立中の段階で表土および不良岩が予想より増加し種々検討の結果桜橋原石山だけでは必要量を満たすことができないと判断し、ダムサイトから約3.5km上流の新田原石山から約70万 m^3 採取した(表-6.9参照)。

表土および不良岩が大幅に増加した理由は次のように考えられる。①：当初ロック材として使用可能と判断した岩塊が重機施工により細粒化し、ロック材として使用できなくなった。②：岩盤の割れ目や破碎帯に挟在する粘土分が当初の想定より多く、この部分の岩盤はロック材料として使用できなかった。

桜橋原石山EL390m以上(採取はEL480～EL320)について岩盤等級別に計画と実績を対比すれば表-6.10のようになり、 C_L 級はほとんどロック材にならず C_M 級からかなりの廃棄分が出ている。また、弾性波伝播速度の点からみれば1.4km/s以下は大部分ロック材料として採取できず、部分的に2.5km/sのゾーンからも廃棄分が出ている。図-6.2は地質断面図に計画時・施工時の表土切取線を示したものである。

(2) 寺内ダムの例

寺内ダムの用土計画と実績を表-6.12に示す。ロック材については、昭和51年1月末に原石山の約半分の掘削が完了したので、その時点までの採取実績からその後の採取予定量を検討した結果、当初予定のEL84mまで掘削した場合約55万 m^3 のロック材料が不足することが明らかになった。不足の原因は次のとおりである。①：調査時点で判明しなかった断層があり、EL84m以上で約23万 m^3 の捨土増。②：切取法面の勾配をゆるくしたことによる減、約10万 m^3 。③：堤体断面変更(1m嵩上げ)による増、約11万 m^3 (地山量)。④盛土変化率が小さくなったこと(計画1.30、実績1.267)による増、約4万 m^3 (地山量)。このため、原石山を約14m盤下げし約28万 m^3 (地山量)のロックを採取し、更に不足分を補うために対岸に第2原石山を設け約20万 m^3 (地山量)のロック材料を採取した。第2原石山は地形条件が悪く全体の掘削量は約52万 m^3 に達した。

6.4.2 捨土量

今回の調査では、約半数のダムで数量的には差があるが本体・洪水吐などの掘削ずりを堤体材料に流用している。図-6.3は、堤体積と捨土量の関係をプロットしたものであるが、捨土量は堤体積の60～80%にも及んでいる。

6.4.3 土量変化率

既設ダムで用土計画に用いた土量変化率を表-6.13に示す。

土量変化率Cは、地山土量 C_1 (m^3)に対する締固めた土量 C_2 (m^3)の比として、次式(1)

$$\text{土量変化率} C = \frac{C_2}{C_1}$$

で定義される。Cを求めるには2つの方法があり、それぞれの状態における土の体積の比から求める方法と、それぞれの状態における土の乾燥密度の比から求める方法とがある。フィルダムなどのように大規模な土工事で取扱う土質が均一でなく、また、採取場所（岩質）の異なる材料を同一場所に盛立するような場合は、前者の方法で厳密に土量変化率Cを求めることは困難である。変化率の定義によれば、運搬中の飛散・落ちこぼれ、および降雨による流失などの損失量は原則としてこの中に含まれていない。しかし、通常避けられない損失量は変化率の中に含ませる方が合理的であろう。前者の方法ではこれらの損失量を含めたCを求めることができるが、後者の方法ではこれらの損失量が全く含まれないので、用土計画の際にはこれらのことに十分留意する必要がある。また、密度の比から変化率を求める場合に使用する締固めた状態の密度は、施工基準に従って締固めを行ったときに得られる値（施工密度）にできるかぎり近い値を設定する必要があることは言うまでもない。

表-6.1 ロ ッ ク

	堤 体 積 ($\times 10^3 \text{ m}^3$)	原石の岩種	ベ ン チ 高 (m)	穿	
				パ タ ー ン	垂 直 ・ 斜 め
1 大 雪	3,875	粘板岩・砂岩	—	—	—
2 十 勝	3,720	角斑岩・粘板岩	15	@ 5 m, $\phi 165 \text{ mm}$ 2列, 4鳥	斜 め
3 漁 川	647	熔結凝灰岩	5 15	@ 2 m, 2列, 4鳥 @ 5 m, 1列	斜め(1:0.3)
4 御 所	1,007	安山岩	8.0		
5 白 川	2,233	安山岩	7.5 8.0	@ 3.5 m, 2列, 4鳥 @ 3.0 m, 2列, 4鳥	斜 め
6 岩 屋	5,795	石英斑岩	15 15, 10~20	@ 5 m, 1列 @ 6 m, @ 7 m, 1列	斜め約70°
7 寺 内	3,014	黒色片岩	10, 15	@ 4 m, @ 6.5 m, @ 7 m, 1列	斜 め
8 福 地	1,601	石灰岩			
9 樽 水	551	角礫凝灰岩 安山岩	2.5~5.0		
10 漆 沢	2,114	安山岩 石英粗面岩			
11 七 北 田	2,520	玄武岩 複輝石安山岩	15	@ 4.4 m, 1列	斜め70°
12 前 川	685	流紋岩	8.0	@ 2.4 m, 1列	斜め1:0.6
13 四 時	2,629	緑色片岩・珪質片岩	5, 10	@ 3.5 m, 1列	斜 め
14 手 取 川	10,102	片麻岩・礫岩			
15 三 保	5,816	角礫凝灰岩 安山岩	11.5	@ 6.5 m, 1列	斜 め
16 広 瀬	1,379	花崗閃緑岩 ホルンフェルス	7.5	4列	斜 め
17 荒 川	3,086	安山岩			
18 双 葉	660	安山岩	5.0	@ 2 m	斜め80°
19 武 利	77	安山岩質凝灰岩			
20 高 瀬	11,600				
21 七 倉	7,200				
22 下 小 鳥	3,490	砂岩・礫岩	15	@ 3.6~4.5 m, 1列	斜 め
23 南 原	2,213	花崗岩	15	@ 5.0, 4.0 m, 1列	斜 め
24 明 神	3,268	花崗岩	15 21	@ 7 m, 2列, 4鳥 @ 5 m, 2列, 4鳥	鉛 直 "
25 稲 村	3,100	石英片岩	10 *		

材 料 採 取 工 法

孔			備 考
スネークの有無	機 械	単位火薬量 (kg/m ³)	
—	—	大発破 0.410	坑道式大発破工法を主体とし、採取後の法面と大発破による崩壊線との間をベンチカット工法により行う計画とした
φ65mm 有			
有 なし	クローラドリル T-4/DHD-260	0.363	総爆砕量 297,600 m ³ , うちクローラドリル35%
	CD-6		
なし		0.37 0.26	
なし	TYCD-10, CD-8 T-4, C-985-H	桜橋 0.236 新田 0.248	
有	DM4, CD8, CD45		
		0.236 0.258	本体掘削 原石山
			坑道式大発破とベンチカット工法
なし	CD8	0.31	
なし	CD8	0.34	
なし	CD8, TY10 PCR200		
なし	ドリルマスター T-4	0.213	
なし	DC40, CD6 TYCD10		積込場造成と事前カットの目的で2回の坑道式大発破を実施
有	TYCD10	0.318	単位薬量はS.47.6~9の実績
有			
有(2段) 有(2段)	40R DM4	0.25 0.21	坑道式大発破3回(0.35 kg/m ³)。 ベンチカット工法で全体の73%を採取した。
			* 地質状況に応じてベンチ高を調整

表-6.2 盛立に際し留意した事項

ダム名	内 容
1. 大 雪	材料は当該盛立面からダンプした。
3. 漁 川	表層をブルドーザでリッピングした。当該盛立面からダンプした。フィルタとの境界部はまき出し厚さをフィルタに合わせた。洪水吐接触部と左右岸の地山付近は振動ローラ（8t, 1t）により転圧した。EL173.0m以上は、21t級ブルドーザ転圧、まき出し厚0.8mとした。
4. 御 所	締固め密度が満足されない傾向が出たので、まき出し厚さを1.0mから0.5mに変更した。
6. 岩 屋	盛立面積を広く確保する。フィルタ接触部は大塊が集中しないようにする。フィルタに接触する部分ではできるだけ同一標高とする。
10. 漆 沢	流用ロックゾーンは細かめの材料をフィルタ側に施工した。
11. 七 北 田	粗・細粒材の分離を起こさないようにする。アバット部の盛立は比較的小塊のものをを用いる。フィルタとの境界の転圧を十分に行う。
13. 四 時	仮置材、直送材ともオーバーサイズの除去を行ったが、直送材については粗粒な材料になりやすいため、粗粒な材料の場合はまき出し厚を0.5mとしその上に仮置材をまき出して粒度調整を図った。
14. 手 取 川	降雨時の表層部ヘドロかき起こし（リッピング）。先行盛立側面のサイドカット。アバット部に極端な巨礫が入らないこと。
15. 三 保	アバット部は比較的細粒な材料を使用し、8ton振動ローラで入念に施工した。細・中粒ロックは表層をリッパでかき起こした。
16. 広 瀬	施工中のリフト上にダンプし敷均しブルドーザによる転圧効果をねらった。ダンプ走行路はロックゾーン全域に均一に配置した。
19. 武 利	安山岩質凝灰岩は堤体表層部に、河床砂礫はその内部に盛立てた。
25. 稲 村	まき出し面にダンプした後ブルドーザで押出した。

表-6.3 施 工 機 械

	採 取		
	穿 孔	押 土	積 込
1 大 雪	(坑道式大発破工法を主体とした。)	ブルドーザ (32t級)	パワーショベル (3㎡) ホイールローダ (4.6㎡, 3.1㎡)
2 十 勝		ブルドーザ (32t級)	トラクターショベル (7.7㎡級)
3 漁 川	クローラドリル T-4/DHD-260	ブルドーザ (32t級)	トラクターショベル (2㎡) ホイールローダ (7.7㎡)
4 御 所	クローラドリル CD-6	ブルドーザ (32t級)	
5 白 川			
6 岩 屋	TYCD-10, CD-8, T-4, C-985-H	ブルドーザ D-9 (48t)	ホイールローダ (7.6㎡, 4.5㎡)
7 寺 内	ロータリードリルマスタ (DM4) クローラドリル (CD8, CD45)	ブルドーザ (40t)	ホイールローダ (7.7㎡)
8 福 地			
9 樽 水		ブルドーザ D85AR	トラクターショベルD75S
10 漆 沢			
11 七 北 田	クローラドリル CD8	ブルドーザ (40t)	ホイールローダ (5.4㎡)
12 前 川	クローラドリル CD8		
13 四 時	クローラドリル CD8, PCR200 TY10	ブルドーザ D9G, D8K	
14 手 取 川	ブラストホールドリル 50R, 40R クローラドリル DC-45	ブルドーザ (38t)	ホイールローダ (7.7㎡, 9.0㎡) パワーショベル (4.5㎡)
15 三 保	ドリルマスタ T-4 クローラドリル CD8, CD6A	ブルドーザ (32t, 42t)	ホイールローダ (7.6㎡, 4.7㎡)
16 広 瀬	クローラドリル DC40, TYCD10, CD6	ブルドーザ (13t)	ホイールローダ (7.65㎡)
17 荒 川			
18 双 葉	クローラドリル CD6	ブルドーザ D8HR	ホイールローダ (1.9㎡)
19 武 利			ドーザーショベル (1.8㎡)
20 高 瀬			ホイールローダ (9.1㎡)
21 七 倉			ホイールローダ (4.6㎡, 7.6㎡)
22 下 小 島	クローラドリル TY-CD10	ブルドーザ D9	ホイールローダ (7.65㎡)
23 南 原	クローラドリル TYCD-200, TYCD-10, CD8	ブルドーザD9(40t), D8(30t)	ホイールローダ (7.6㎡, 4.8㎡)
24 明 神	ブラストホールドリルDM-4, 40R クローラドリル DC-45	ブルドーザ D9 (47.7t) D8 (34.9t)	パワーショベル (4.2㎡) ホイールローダ (7.65㎡)
25 稲 村	クローラドリル CD6	ブルドーザ D9 (47t)	ホイールローダ (5.4㎡, 7.7㎡)

一 覧 表 (ロック材料)

運 搬	盛 立	
	ま き 出 し	転 圧
ダンプトラック (18 t, 20 t)	ブルドーザ (32 t 級)	同 左
ダンプトラック (32 t 級)	ブルドーザ (32 t 級)	同 左
ダンプトラック (20 t, 32 t)	ブルドーザ (32 t 級)	同 左 振動ローラ (8 t, 1 t)
	ブルドーザ D155A	振動ローラ SP60 (21 t)
ダンプトラック (11 t)	ブルドーザ (19 t)	振動ローラ BW 210 (8.2 t)
ダンプトラック (32 t, 40 t)	ブルドーザ D 8, D 9 (35 t, 48 t)	同 左 ダンプトラック (32 t)
ダンプトラック (32 t)	ブルドーザ (20 t)	振動ローラ (21 t)
	フロントエンドローラ (車輪)	振動ローラ (10 t)
ダンプトラック (10 t) (12 t)	ブルドーザ D120A	同 左
ダンプトラック (20 t)	ブルドーザ D80AR (24 t)	同 左
ダンプトラック (18 t)	ブルドーザ (21 t)	振動ローラ (13.5 t)
		振動ローラ (11.3 t)
		振動ローラ
ダンプトラック (32 t, 45 t)	ブルドーザ (51 t, 38 t)	振動ローラ (13.5 t)
ダンプトラック (32 t)	ブルドーザ (32 t, 17 t)	振動ローラ (13.5 t)
ダンプトラック (32 t)	ブルドーザ D 8 (34.4 t)	振動ローラ CH60 (13.5 t)
ダンプトラック (11 t)	ブルドーザ D 7 F (t)	振動ローラ SAW- 185 (13.5 t)
ダンプトラック (11 t)	ブルドーザ (21 t, 11 t)	ブルドーザ (21 t 級)
ダンプトラック (32 t)	ブルドーザ (40 t, 30 t, 20 t)	振動ローラ (13.5 t)
ダンプトラック (32 t)	ブルドーザ (40 t, 30 t, 20 t)	振動ローラ (13.4 t)
ダンプトラック (32 t, 38 t)	ブルドーザ D 8	振動ローラ ABG
ダンプトラック (32 t, 45 t)	ブルドーザ D 9 (40 t), D 8 (30 t)	振動ローラ SAW- 185 (13.5 t)
ダンプトラック (32 t)	ブルドーザ D 8, D 7 (22.8 t)	振動ローラ BW 200 (8 t) SAW 185 (13.5 t)
ダンプトラック (32 t)	ブルドーザ D 8 (37 t)	振動ローラ CH60 (13.5 t)

表-6.4 堤 体

	延 長	幅 員 (m)	勾 配 (%)		最小半径 (m)
			最 急	平 均	
1 大 雪	12ルート 5,352.5 m	12.0 (側溝別)	12.0		50
2 十 勝	堤体取付, 原石山場内含む 2.5 km	10~12	8	5.1	12.0
3 漁 川	2ルート 900 m	8	10		50
4 御 所					
5 白 川	9.2 km	7.5	8	1.1	50
6 岩 屋	桜 橋 2.5 km 新 田 4.5 km	12~16 12~16	8		
7 寺 内	工事用道路 総延長 4,042 m	14~5	10		15~20
8 福 地					
9 樽 水		全幅 5	10		
10 漆 沢					
11 七 北 田					
12 前 川	2.4 km	7~12	15	5.6	10
13 四 時					
14 手 取 川					
15 三 保	主要道路: 1号線 2.9 km	14			
16 広 瀬	支 線 920 m 本 線 1,440 m		8		
17 荒 川					
18 双 葉	総延長 (5 線) 2,284 m	10	12		50
19 武 利					
20 高 瀬		場内 6 幹線 15			
21 七 倉					
22 下 小 鳥					
23 南 原	最長ルート (ロック) 1.78 km	12	10		
24 明 神					
25 稲 村		有効 10	7		

材 料 運 搬 路

備 考	参 考					
	盛立場標高 (m)		ロック採取場標高 (m)		④ - ②	③ - ④
	① 最 高	② 最 低	③ 最 高	④ 最 低		
(使用ダンプトラック)						
安全速度 実車20km/h, 空車25km/h 計画にあたっては、幅員に留意した。(20t)	812	725.5	860 925 800	760 805 743	34.5 79.5 17.5	100 120 57
	343	263				
計画は11t, 15tダンプを対象とした。(32t)	179.5	140	200	164.3	24.3	35.7
	186.5	146				
(11t)	343	281	540	442	161	98
(40t)	427.5	300	480	320	20	160
32t D.T.を対象 (32t)	136	53	130	84	31	46
	90.3	0				
(12t)	64	26.5				
(20t)	280	210				
(18t)	253					
					高低差 80	
	125.5	50				
(45t)	469	316				
(32t)	325	235				
(32t)	1,060	982.7	1,170	1,100	117.3	70
幅員は余裕をみて、13.5tダンプトラックを想定し計画した。(11t)						
(11t)	265.5	253				
(32t)	1,283					
(32t)	1,054					
(38t)	706	587	750	630	43	120
(45t)	273.5	157	270	182	25	88
(32t)	532.5	444	560	496	52	64
(32t)	1,127.5	1,040	1,240	1,150	110	80

凡 例

＋，材料運搬時における登り勾配

－，材料運搬時における下り勾配

数字は区間距離 (m)

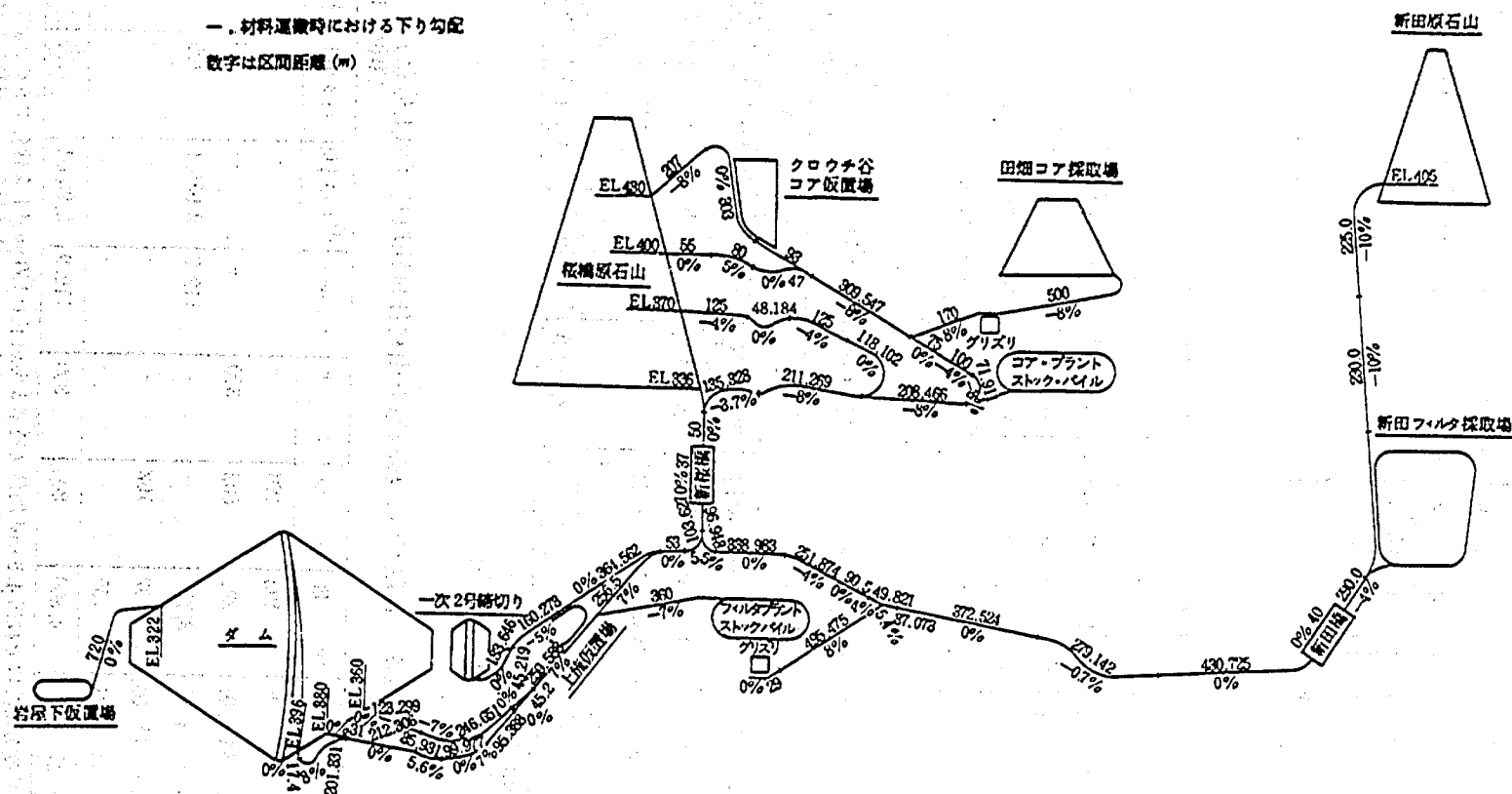


図-6.1 堤体材料運搬路の事例 (岩屋ダム, 運搬路模式図)

表-6.5 岩屋ダム、原石山の岩盤区分基準

区分要素	細区分	内 容	判 定 の 基 準
岩塊の硬さ	A	堅 硬	ハンマで火花が出る程度。
	B	全体にやや軟質	ハンマで強打して1回で割れる程度。
	C	軟 質	ハンマでくずせる程度。
	D	非 常 に 軟 質	ハンマで砂状に破壊でき一部土壌化している。
割目の間隔	I	30 cm 以 上	
	II	15 ~ 30 cm	
	III	15 cm 未 満	

表-6.6 岩屋ダム、盛立材料としての使用区分

盛 立 場 所	組 合 せ	備 考
ロックゾーンⅠ	A-Ⅰ, A-Ⅱ, B-Ⅰ	ロック材料として使用可能。
ロックゾーンⅡ	A-Ⅲ, B-Ⅱ	細粒分が多いがロックゾーンⅡ材として可。
フ ィ ル タ	B-Ⅲ, C-Ⅱ	細粒化されフィルタ材料として可。
コ ア	C-Ⅲ, D	コア材料にしかない。

表-6.7 岩屋ダムロック材料盛立量と原石山採取必要量
(単位 1,000m³)

ダ ム 盛 立 量		原 石 山 採 取 必 要 量				
盛立箇所	盛 立 量	材料種別	ロック材料 総 量	流用ロック 材 料	原石山採取 材 料	必要原石山 地 山 体 積
2次仮締切 本 体	368.1	ロック材料	4,772.9	403.8	4,369.1	① 3,236.4
	4,404.8	フィルタ材料	—	—	152.4	112.9
		骨 材	—	—	—	② 255.0
計	4,772.9	計	4,772.9	403.8	4,521.5	3,604.3

- ① 地山体積換算係数 1.35
② プラントロス10%見込む。

表-6.8 岩屋ダム、桜橋原石山材種別採取量 (地山体積)
(単位 1,000m³)

種 別	総 量	廃 棄	コ ア	フィルタ	①ロックⅠ材	ロックⅡ材	骨 材
表 土	198	198	—	—	—	—	—
崖錐・風化層	892	502	300	—	—	90	—
ロック材料	3,353	—	—	112.9	2,935.1	305	—
不良岩②	102	102	—	—	—	—	—
骨 材	255	—	—	—	—	—	255
計	4,800	802	300	112.9	2,935.1	395	255

- ① 粒度分布典線で粒径4.8mmの加積通過率5%以下で150mm以上を含有すること。
② 原石山内部に存在する破碎帯ならびにその影響によって細粒化しロック材料として使用できない。

表-6.9 岩屋ダム原石山採取計画・実績

(地山量, 単位 1,000m³)

	計 画	実 績		
		桜 橋	新 田	計
表 土	}	1,090.0	1,604.8	1,769.5
コ ア			290.0	290.0
フ ィ ル タ ー		112.9	232.6	252.2
ロ ッ ク		3,236.4	2,528.4	3,196.3
不 良 岩		102.0	384.8	395.6
骨 材 原 石		255.0	113.4	113.4
合 計		4,796.3	5,154.0	6,017.0

表-6.10 岩屋ダム, 桜橋原石山岩盤等級別の計画時と
施工時の廃棄割合

岩 盤 等 級 ①	計 画 時 廃 棄 割 合 (%)	施 工 時 廃 棄 割 合 (%)	増 分 (%)
C _L	45.2	79.7	34.5
C _M	4.5	28.5	24.0
C _H	0.0	3.9	3.9

注 ①電研の岩盤分類基準

表-6.11 岩屋ダム, 桜橋原石山材種と弾性波伝播速度
との対比ならびに分布割合

材 種	弾 性 波 伝 播 速 度 (km/s)	割 合 (%)
崖 錐	0.8 以下	14.7
C _L	0.8 ~ 1.4	3.3
C _M	1.4 ~ 2.5	44.1
C _H	2.5 以上	35.8
破 砕 帯	—	2.1

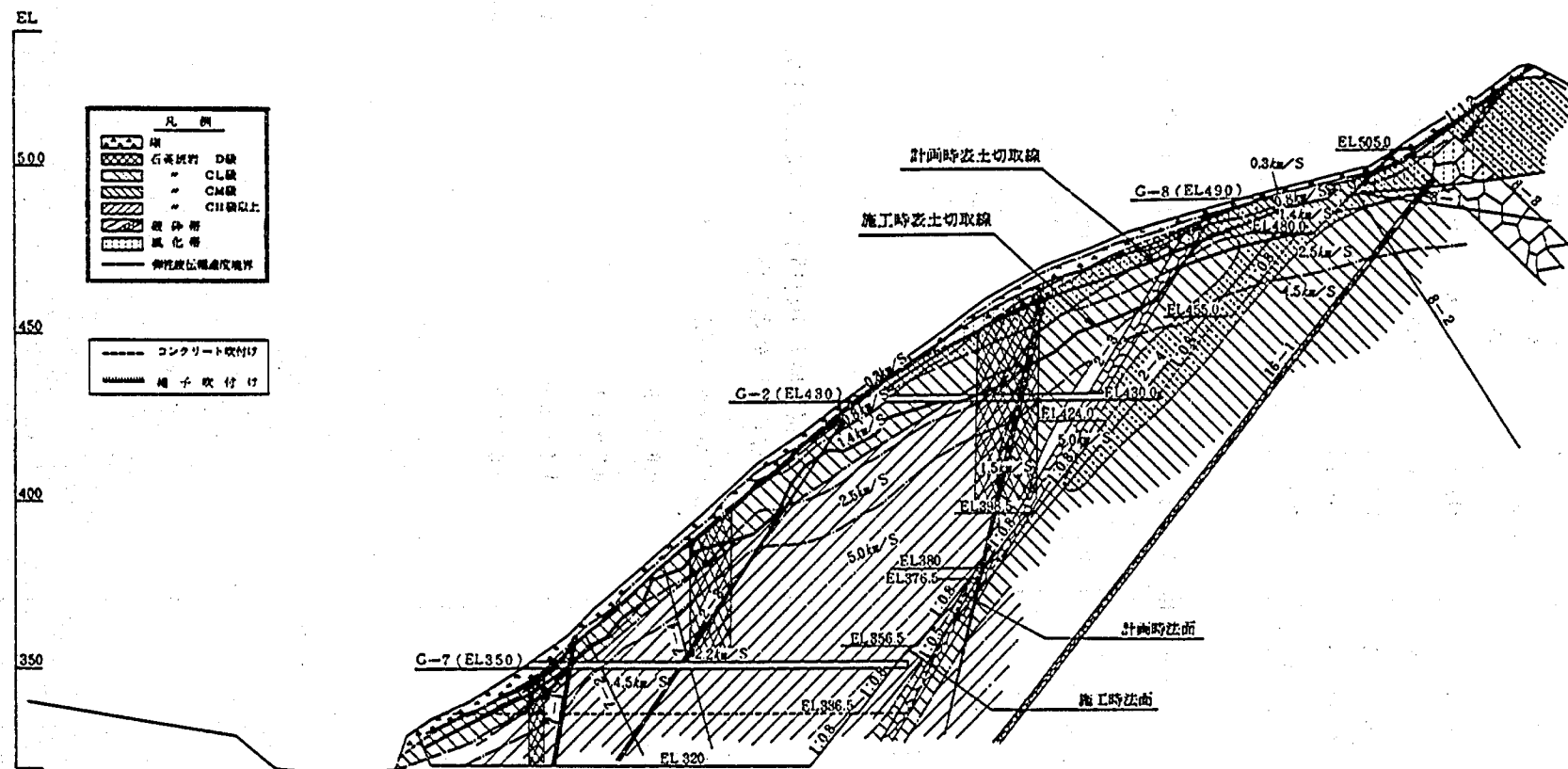


図-6.2 岩屋ダム桜橋原石山地質断面図ならびに計画時施工時の表土切取線

表-6.12 寺内ダム用土実績総括(地山)

上段:竣工計画
下段:実績

掘削箇所	掘削量	仮置				直送			捨土					小計	直送+仮置
		I-A	I-B	II	III、IV	I-B	II	III、IV	上流	矢野竹	10号線	その他			
本体掘削土石	531,048 653,030	54,790 57,000	0 26,200						290,260 183,300	188,133 386,900		(輸切) 41,280 41,664	521,673 611,864		
岩石	124,109 116,328			48,690 56,300	7,415 26,700			22,585 0							
監査廊掘削	7,439 8,706				5,382				2,057				2,057		
小計	662,596 778,064														
洪水吐土石	581,362 596,070	306,430 316,700	30,631 90,600			95,166 2,800			75,000 178,000	56,713 26,700	42,400	(下流側の地) 35,000 7,403	166,713 254,503		
岩石	161,620 195,233			0 41,400	0 2,200			97,066 8,700		46,976 74,400					
小計	742,982 791,303														
第1原石山表土	84,900														
土石	485,717	61,628 72,300	58,036 176,400			69,077 1,200			189,712 217,700	59,591 269,900	93,000	一次輸切80,000 二次輸切17,500 61,700	356,115 642,300		
岩石	1,784,283			75,182 35,900	0 3,000			72,752 123,400		1,363,663 1,300,400					
小計	2,354,900														
池辺地区地入り防止土石	170,210											(第1原石山) (押入土)			
岩石	51,903											222,113	222,113		
小計	222,113														
第2原石山表土	28,296														
土石	263,140									191,500	52,900	47,200	291,600		
岩石	226,064			8,000			18,900	199,000							
小計	517,500														
取水口斜樋土石	60,834	21,100										(本渠-二次輸切)			
岩石	11,856			1,500						39,590		10,500	50,090		
小計	72,690														
その他															
取水口取付路	50,545	15,000								35,545			35,545		
斜樋法面	26,250	9,000								6,150	1,800	(排水処理用)	17,250		
右岸切直し	8,500			1,300		5,900					1,300		1,300		
右岸取付路	12,584	3,600								5,184	3,800		8,984		
場内道路	73,600								73,600				73,600		
場内道路トンネル	18,401											(坑口周辺)	18,401		
導水路トンネル立坑	8,670											(坑口周辺)	8,670		
計	4,935,120	422,848 494,700	88,660 293,200	123,872 142,900	17,226 33,400	164,243 4,000	169,818 156,900	1,438,606 1,573,800	628,033 652,600	348,437 961,469	195,200	426,951	2,236,220	I-A 494,700 I-B 297,200 II 299,800 III、IV 1,607,200	

※監査廊掘削の実績は本体掘削に含む。

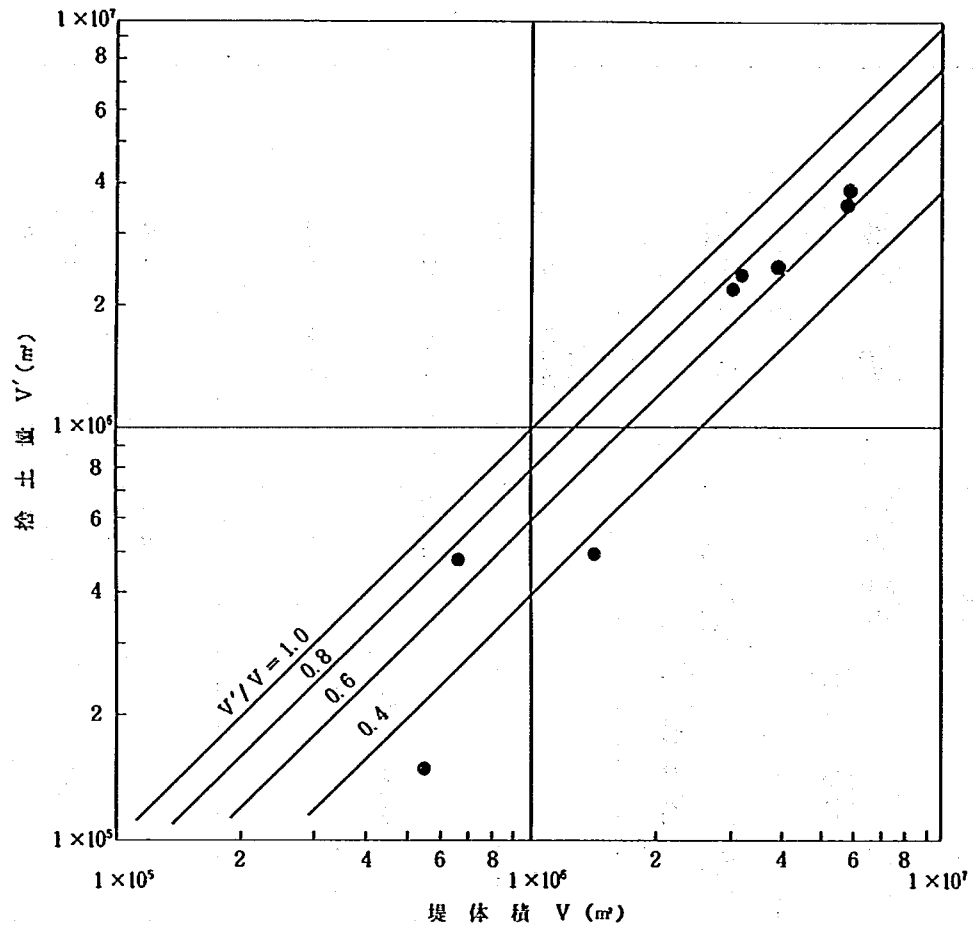


図-6.3 堤体積と捨土量の関係

表-6.13 ロック材料の土量換算係数Cの事例

ダム名	岩 種	土量換算係数C	備 考
岩 屋	石英斑岩	㊦ 1.35 (1.36)	
寺 内	黒色片岩	㊦ 1.30	コ ア フィルタ
		㊦ 1.27	計 画 0.95 1.10
			実 績 0.90 1.09
樽 水	角礫凝灰岩	1.25	
三 保	安山岩質火山砕屑岩	1.23	
広 瀬	花崗閃緑岩, ホルンフェルス	㊦ 1.35 ~ 1.17	硬 岩 (A・B級) 1.35
			中硬岩 (C _H 級) 1.26
			軟 岩 (C _L 級) 1.17
南 原	細粒花崗岩 中粒~粗粒花崗岩	1.20	
明 神	粗粒花崗岩	1.34	
寒 河 江	粗粒玄武岩	1.27	
長 野	角礫質凝灰岩	1.35	

㊦ 用土計画に用いた値, ㊦ 施工実績

$$C = \frac{C_2}{C_1} \quad \text{ただし, } C_1: \text{地山土量 (m}^3\text{)}, \quad C_2: \text{締固めた土量 (m}^3\text{)}$$

7. 品質管理実績

表-7.1に、ロック材料の品質管理実績（試験回数、測定値の平均・標準偏差）を、図-7.1に施工粒度を示す。図-7.2(1)~(4)は、ロック材料の品質管理をヒストグラムにより行った三保ダムの例であるが、三保ダムの品質管理は設計と施工の関連から粒度試験が主体となり、試験回数も当初予定を上回ったと述べている。

それぞれのダムの品質管理に関する反省・感想は、材料全体にわたるものも含むが、以下に示すようなことをあげている。

- ① 密度試験の信頼度が低い。
- ② 材料の粒径が大きいことから試験頻度に限界がある。
- ③ 現場の施工管理は、品質管理試験のみではいかに頻度を高めても補いきれるものではなく、施工能率の面からも監督員はもちろん作業員各人の材料に対する判断が非常に重要である。
- ④ ロック材料の管理は視察による管理を重点的に行った。
- ⑤ 盛立は材料さえ良質なものを提供すれば確実な施工が行われる。
- ⑥ 密度は、測定頻度 $5,000 \text{ m}^3$ に1回、1回3孔（ $\phi 50 \text{ cm} \times 50 \text{ cm}$ ）で管理したが、この方法では点的な管理となる。リフト厚、転圧回数などの施工管理が行われていることを考慮すれば、頻度を感じて面的な管理を行う方が良いと思われる。

これらをまとめれば、「ロック材料の品質管理は粒径が大きいことから試験頻度に限界があり、また試験結果の精度にも問題がある。このため、現場の施工管理においては施工能率の面からも管理に当る技術者はもちろん作業員各人の材料に対する判断に依存するところが大きい」と言える。

しかし、「5. 施工管理基準」で示したように、最近ではかなり厳密な粒度基準を設定してロック材料を分類している例もみられる。このような現状を考えると、現行の品質管理手法に満足することなく、堤体に用いられた材料が設計において想定された材料と同程度のものであり、また堤体材料として締固められた状態で所要の性質を有しているかどうかの判定・確認を、統計手法などの統一された手法を用いることにより客観的に行うことが必要であろう。

表-7.1 ロック材料

ダム名	ゾーン	盛立			
		密度 (t/m ³)	比重	吸水率 (%)	粒度
1. 大雪	ロック	乾 n=183 $\bar{x}=2.186$			
2. 十勝	ロック	乾 n=34 $\bar{x}=1.999$			
3. 漁川	ロック	湿 $\bar{x}=2.087$	表乾 $\bar{x}=2.44$	$\bar{x}=5.9$	-5mm: $\bar{x}=1.7\%$
4. 御所	ロック	$\frac{n}{\bar{x}} = \frac{246}{1.678}$ $\sigma=0.053$	$\frac{n}{\bar{x}} = \frac{295}{2.278}$ $\sigma=0.031$	$\frac{n}{\bar{x}} = \frac{295}{7.37}$ $\sigma=0.776$	Uc: n=111, $\bar{x}=10.1$, $\sigma=4.82$
5. 白川	ロック	乾 $\frac{n}{\bar{x}} = \frac{370}{1.896}$ $\sigma=0.0604$			-4.8mm: $\bar{x}=8.51\%$, $\sigma=3.3\%$ Uc: $\bar{x}=11.8$, $\sigma=8.3$
6. 岩屋	ロック I	乾 $\frac{n}{\bar{x}} = \frac{14}{2.160}$ $\sigma=0.078$	表乾 $\frac{n}{\bar{x}} = \frac{9}{2.610}$ $\sigma=0.012$	$\frac{n}{\bar{x}} = \frac{9}{0.83}$ $\sigma=0.27$	
	ロック II	乾 $\frac{n}{\bar{x}} = \frac{3}{2.229}$ $\sigma=0.062$	表乾 $\frac{n}{\bar{x}} = \frac{6}{2.628}$ $\sigma=0.034$	$\frac{n}{\bar{x}} = \frac{6}{0.97}$ $\sigma=0.89$	
7. 寺内	ロック	乾 $\bar{x}=2.22$			
8. 福地	トランジション				
	ロック				
9. 樽水	ロック	乾 n=11 $\bar{x}=2.018$			
10. 漆沢	採取ロック		2.588	3	
	流用ロック		2.593	3.4	
11. 七北田	ロック A	乾 n=30 $\bar{x}=1.688$	n=18 $\bar{x}=2.494$	n=18 $\bar{x}=9.65$	
	ロック B	乾 n=15 $\bar{x}=1.989$	n=14 $\bar{x}=2.87$	n=14 $\bar{x}=1.3$	
12. 前川	ロック	乾 $\frac{n}{\bar{x}} = \frac{46}{1.870}$ $\sigma=0.051$	表乾 $\frac{n}{\bar{x}} = \frac{46}{2.302}$ $\sigma=0.079$	$\frac{n}{\bar{x}} = \frac{46}{5.0}$ $\sigma=1.8$	Uc: n=48, $\bar{x}=26.1$, $\sigma=21.3$
13. 四時	ロック	乾 $\bar{x}=2.272$			-0.074mm: $\bar{x}=3.0\%$ -4.76mm: $\bar{x}=13.5\%$ Uc: $\bar{x}=46.8$
14. 手取川	内部ロック	乾 1.965~2.189	2.69	1.5~2.5	
	外部ロック	乾 1.868~2.222	2.69	1.5~2.5	
15. 三保	細粒ロック	乾 n=35 $\bar{x}=2.292$	n=63 $\bar{x}=2.919$	n=63 $\bar{x}=0.73$	
	中粒ロック	乾 n=66 $\bar{x}=2.315$	n=104 $\bar{x}=2.917$	n=104 $\bar{x}=0.70$	
	粗粒ロック	乾 n=61 $\bar{x}=2.317$	n=96 $\bar{x}=2.915$	n=96 $\bar{x}=0.63$	
	45° 材	乾 n=6 $\bar{x}=2.340$	n=12 $\bar{x}=2.917$	n=12 $\bar{x}=0.34$	
16. 広瀬					

品質管理実績

場		採取場		備考
せん断抵抗角	透水係数 (cm/sec)	密度 (t/m ³)	比重	
		n = 86 $\bar{x} = 2.608$	第1原石山 n = 11 $\bar{x} = 2.654$ " 2 " n = 17 $\bar{x} = 2.639$ " 3 " n = 3 $\bar{x} = 2.632$	
				中間報告
				S.48 ~ S.53
n = 9 $\bar{x} = 45^{\circ}06'$				
n = 2 $\bar{x} = 43^{\circ}11'$				
46°				
52°				
				中間報告 (S.54.9 ~ S.55.8)
				"
				中間報告 (S.54.1 ~ S.55.1)
	4.0×10^{-2} 以上			中間報告
	2.8×10^{-2} 以上			"

表-7.1のつづき

ダ ム 名	ゾ ー ン	盛 立			
		密 度 (t/m ³)	比 重	吸 水 率 (%)	粒 度
18. 双 葉	ゾーン1・2	湿 $n = 48$ $\bar{x} = 2.36$			
	ゾーン3	湿 $n = 40$ $\bar{x} = 1.99$			
19. 武 利	ロ ッ ク	乾 $n = 11$ $\bar{x} = 2.00$	表乾 $n = 8$ $\bar{x} = 2.48$	$n = 8$ $\bar{x} = 2.7\%$	
20. 高 瀬	インナーシュル	乾 $n = 229$ $\bar{x} = 2.15$ $\sigma = 0.08$			
	アウターシュル	乾 $n = 113$ $\bar{x} = 2.18$ $\sigma = 0.06$			
21. 七 倉					
22. 下小鳥	ロ ッ ク	乾 $n = 2$ $\bar{x} = 2.093$	$n = 3$ $\bar{x} = 2.67$	$n = 3$ $\bar{x} = 2.0$	
23. 南 原	上流ロ ッ ク	乾 $n = 16$ $\bar{x} = 2.078$	$n = 61$ $\bar{x} = 2.71$	$n = 61$ $\bar{x} = 0.75$	$-2_{\sigma} : \bar{x} = 2.8\%$ $D_{10} : \bar{x} = 33.6_{\sigma}$
	下流ロ ッ ク	乾 $n = 18$ $\bar{x} = 2.076$	$n = 74$ $\bar{x} = 2.70$	$n = 74$ $\bar{x} = 0.75$	$-2_{\sigma} : \bar{x} = 3.4\%$ $D_{10} : \bar{x} = 28.8_{\sigma}$
24. 明 神	ロックA(上 流)	乾 $n = 16$ $\bar{x} = 2.09$	$n = 65$ $\bar{x} = 2.63$	$n = 65$ $\bar{x} = 0.83$	$-2_{\sigma} : \bar{x} = 7.9\%$ $D_{10} : \bar{x} = 4.4_{\sigma}$
	ロックB(下流外部)	乾 $n = 25$ $\bar{x} = 2.10$	$n = 66$ $\bar{x} = 2.63$	$n = 66$ $\bar{x} = 0.95$	$-2_{\sigma} : \bar{x} = 8.1\%$ $D_{10} : \bar{x} = 4.1_{\sigma}$
	ロックC(下流内部)	乾 $n = 69$ $\bar{x} = 2.12$	$n = 70$ $\bar{x} = 2.62$	$n = 70$ $\bar{x} = 1.41$	$-2_{\sigma} : \bar{x} = 16.5\%$ $D_{10} : \bar{x} = 1.8_{\sigma}$
25. 稲 村					

場		採取場		備考
せん断抵抗角	透 水 係 数 (cm/sec)	密 度 (t/m ³)	比 重	
n = 4 $\bar{\alpha} = 44.6^\circ$				
n = 4 $\bar{\alpha} = 39.6^\circ$	4.5×10^{-3}			
	$\bar{\alpha} = 2.1 \times 10^{-3}$			
	$\bar{\alpha} = 6.0 \times 10^{-3}$			

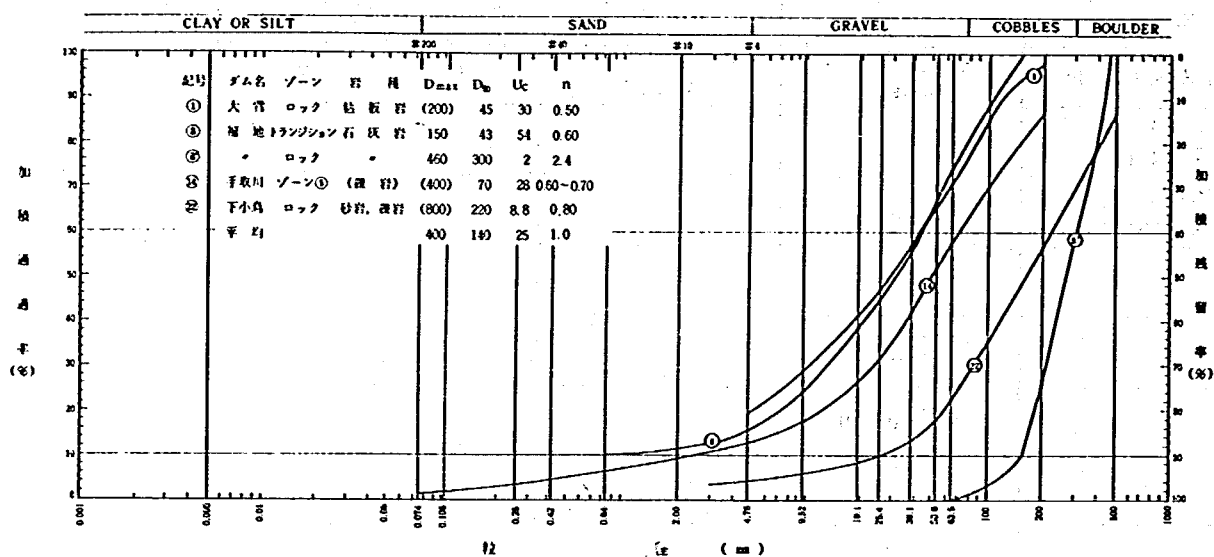


図-7.1(1) ロック材料の施工粒度 (岩種分類 S_1 : 中・古生代の堆積岩)

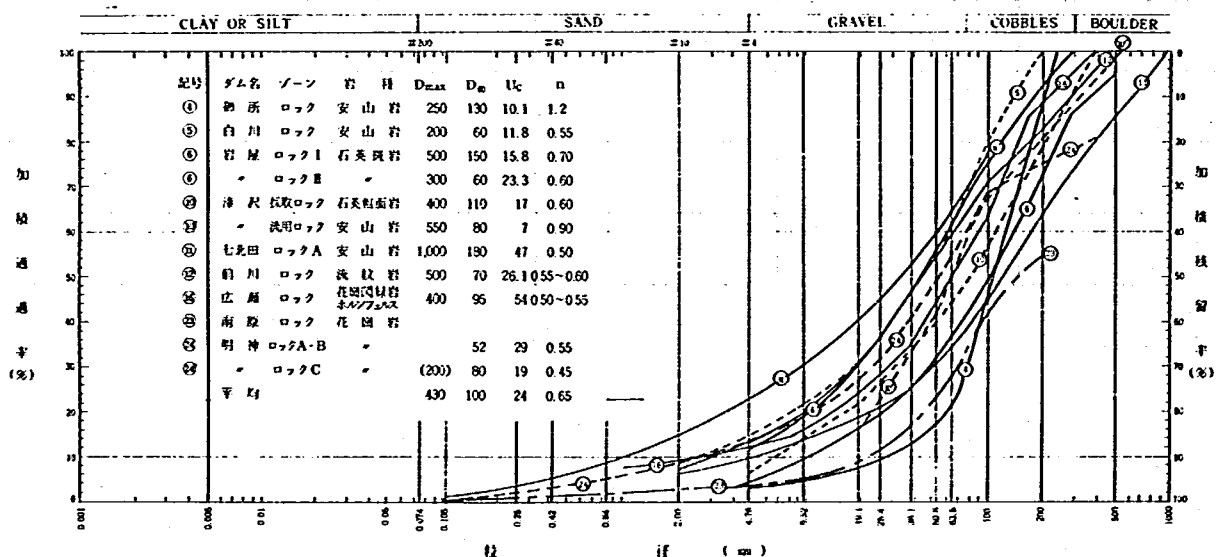


図-7.1(2) ロック材料の施工粒度 (岩種分類 I_1 : 新生代第三紀以前の火成岩)

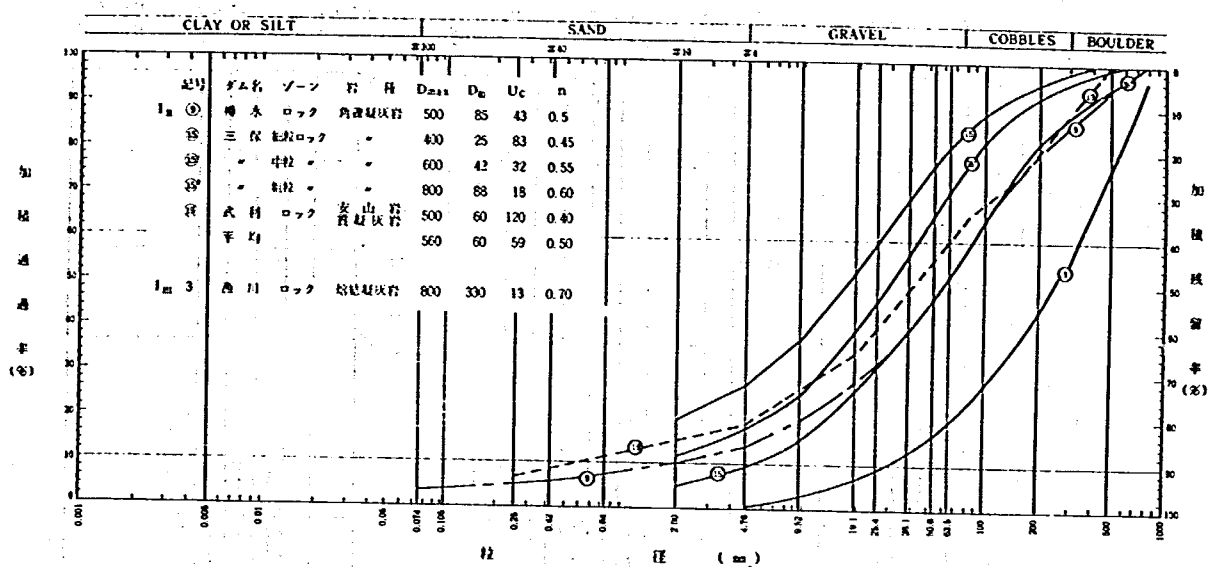


図-7.1(3) ロック材料の施工粒度 (岩種分類I_{II}: 新生代第三紀以前の火山性堆積岩, I_{III}: 新生代第四紀の熔結凝灰岩)

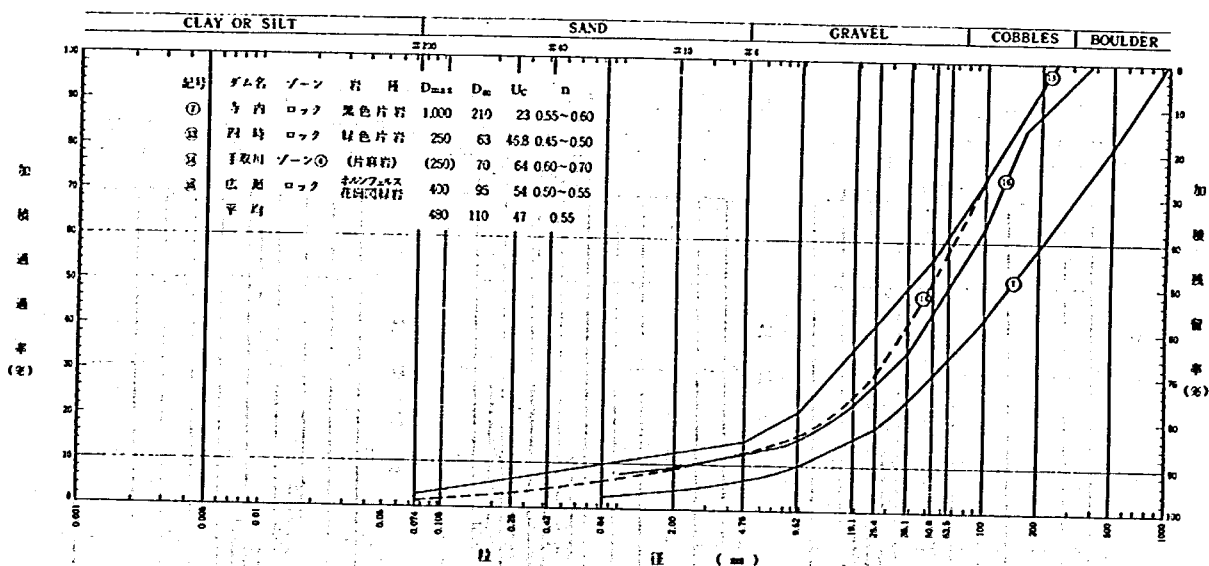
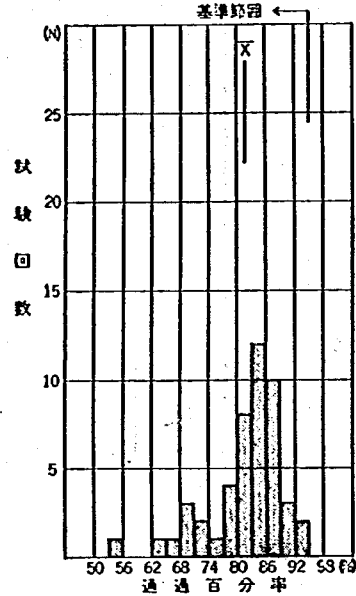


図-7.1(4) ロック材料の施工粒度 (岩種分類M: 変成岩)

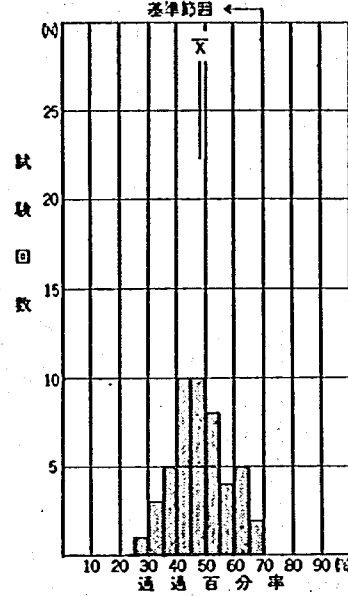
1. 粒度(63.5mm通過量)

$\bar{X}=81.8$ $\sigma=7.8$ $N=48$
($\bar{X}=\text{---}$) ($\sigma=\text{---}$) ($N=\text{---}$)



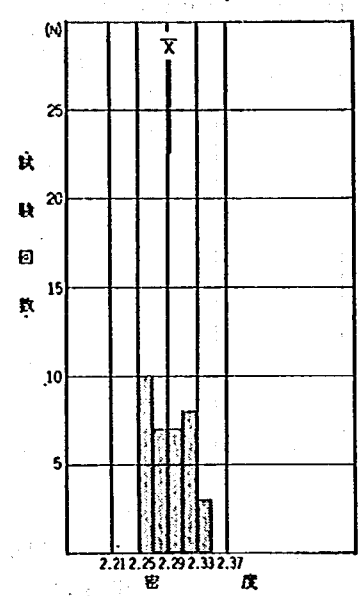
2. 粒度(15.9mm通過量)

$\bar{X}=48.1$ $\sigma=9.5$ $N=48$
($\bar{X}=\text{---}$) ($\sigma=\text{---}$) ($N=\text{---}$)



3. 密度(乾燥)

$\bar{X}=2.292$ $\sigma=0.027$ $N=35$
($\bar{X}=\text{---}$) ($\sigma=\text{---}$) ($N=\text{---}$)

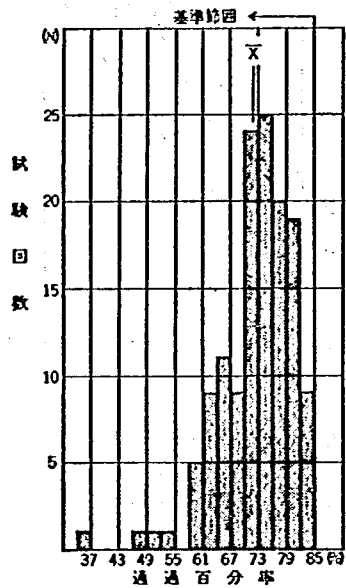


注) $\bar{X}$ =平均値、 σ =標準偏差、 N =試験回数、()内は今月分、口は前月までの分、口は今月分を表す。

図-7.2(1) 三保ダムロック (36°ゾーン) 管理試験ひん度分布図 (No.23) 昭和52年11月分まで

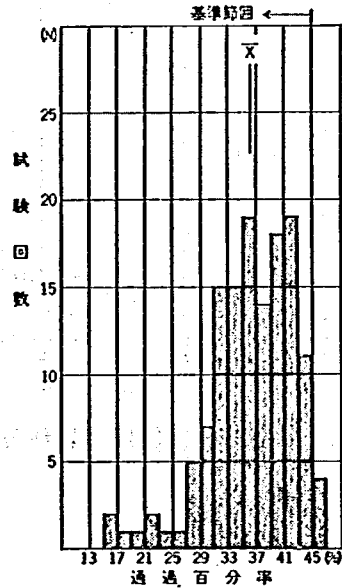
1. 粒度(63.5mm通過量)

$\bar{X}=72.3$ $\sigma=8.525$ $N=135$
($\bar{X}=\text{---}$) ($\sigma=\text{---}$) ($N=\text{---}$)



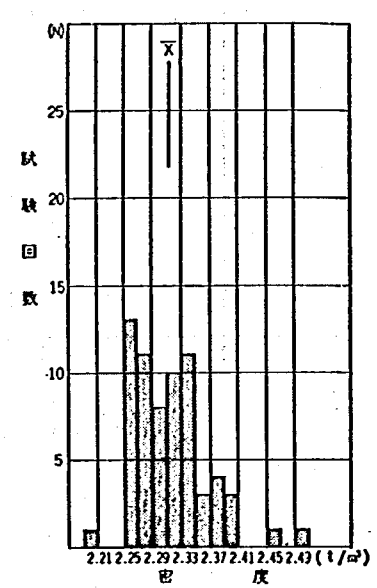
2. 粒度(15.9mm通過量)

$\bar{X}=36.3$ $\sigma=6.075$ $N=135$
($\bar{X}=\text{---}$) ($\sigma=\text{---}$) ($N=\text{---}$)



3. 密度(乾燥)

$\bar{X}=2.315$ $\sigma=0.052$ $N=66$
($\bar{X}=\text{---}$) ($\sigma=\text{---}$) ($N=\text{---}$)

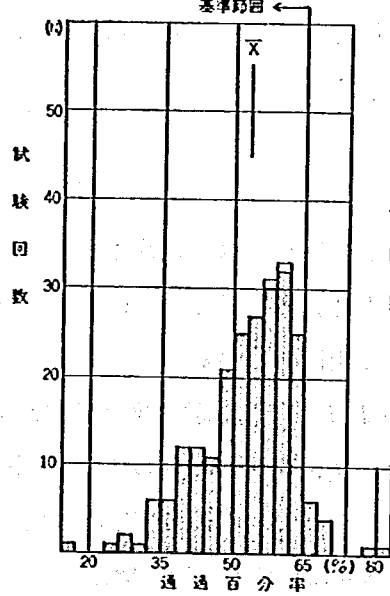


注) $\bar{X}$ =平均値、 σ =標準偏差、 N =試験回数、()内は今月分、口は前月までの分、口は今月分を表す。

図-7.2(2) 三保ダムロック (38°ゾーン) 管理試験ひん度分布図 (No.23) 昭和52年11月分まで

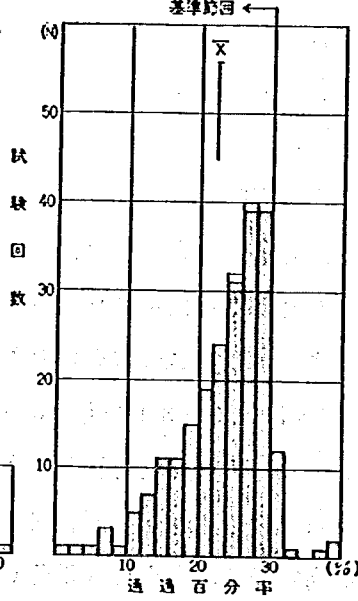
1. 粒度(63.5mm通過量)

$\bar{X}=53.3$ $\sigma=9.614$ $N=226$
 $(\bar{X}=53.5)$ $(\sigma=)$ $(N=2)$



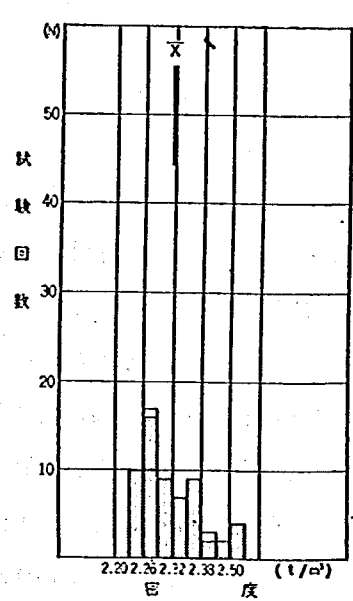
2. 粒度(15.9mm通過量)

$\bar{X}=23.5$ $\sigma=6.214$ $N=226$
 $(\bar{X}=26.0)$ $(\sigma=)$ $(N=2)$



3. 密度(乾燥)

$\bar{X}=2.317$ $\sigma=0.061$ $N=61$
 $(\bar{X}=2.336)$ $(\sigma=)$ $(N=2)$

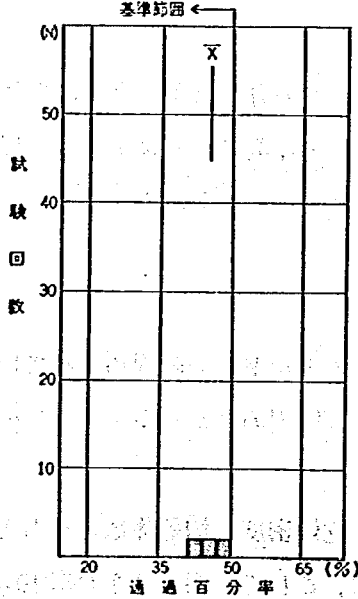


注) $\bar{X}$ =平均値、 σ =標準偏差、 N =試験回数、()内は今月分、 $\square$ は前月までの分、 $\square$ は今月分を表す。

図-7.2(3) 三保ダムロック (41°ゾーン) 管理試験ひん度分布図 (No.23) 昭和52年11月分まで

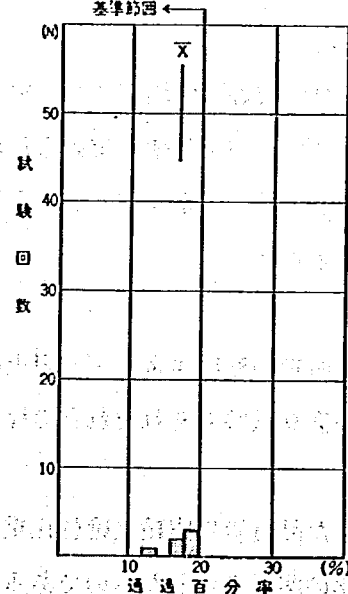
1. 粒度(63.5mm通過量)

$\bar{X}=45.5$ $\sigma=2.449$ $N=6$
 $(\bar{X}=)$ $(\sigma=)$ $(N=)$



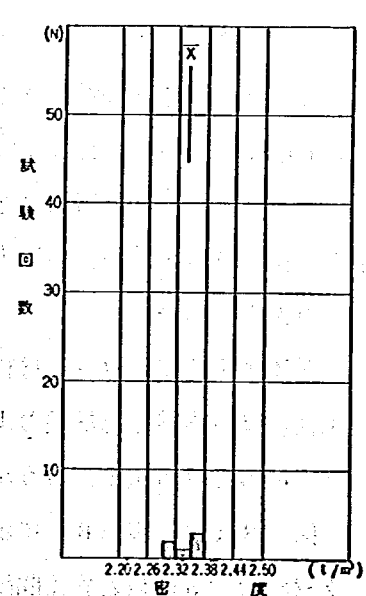
2. 粒度(15.9mm通過量)

$\bar{X}=17.3$ $\sigma=2.134$ $N=6$
 $(\bar{X}=)$ $(\sigma=)$ $(N=)$



3. 密度(乾燥)

$\bar{X}=2.340$ $\sigma=0.072$ $N=6$
 $(\bar{X}=)$ $(\sigma=)$ $(N=)$



注) $\bar{X}$ =平均値、 σ =標準偏差、 N =試験回数、()内は今月分、 $\square$ は前月までの分、 $\square$ は今月分を表す。

図-7.2(4) 三保ダムロック (45°ゾーン) 管理試験ひん度分布図 (No.23) 昭和52年11月分まで

8. 設計と施工の関連

1～7.では、それぞれの項目について個々に述べてきたが、ここでは、ロック材料の密度と粒度に着目し、密度については設計値、盛立試験値、および施工実績値を、粒度については発破試験粒度、盛立試験粒度、および施工粒度を対比し、設計と施工の関連について考察する。

8.1 密度

8.1.1 設計値、盛立試験値および施工実績値

表－8.1にロック材料の密度（設計値、盛立試験値、施工実績値）を示す。設計密度は盛立試験で得られる値にいくらかの余裕を持たせた値が採用されているため、本施工で得られる密度は設計値を満足しているのは当然であるが、さらに盛立試験値をも大きく上回っている。

図－8.1、図－8.2および図－8.3は、表－8.1をもとにそれぞれ盛立試験密度と設計密度の関係、盛立試験密度と施工密度の関係、および設計密度と施工密度の関係を示したものである。図－8.2では、盛立試験と本施工の転圧仕様（機種、まき出し厚、回数）および材料の粒度組成（均等係数）に着目し分類したが、本施工の方が高い密度が得られる要素（盛立試験に比べ転圧機械の能力が大きい、転圧回数が多い、まき出し厚が薄い、均等係数が大きい）のある事例の方が、盛立試験と本施工の条件がほぼ等しい事例より若干であるが密度の差が大きい。ちなみに、前者の事例の盛立試験密度と施工密度の差は平均 0.18 t/m^3 （事例数5）であり、後者では平均 0.08 t/m^3 （事例数8）である。

事例の中で盛立試験密度と施工密度の差が最も大きいのは大雪ダムである。表－8.1に示したように、大雪ダムの場合、盛立試験と本施工の転圧条件の差は転圧機械および材料の均等係数にみられるが、前出の図－2.7や図－3.4から判断すると、均等係数が大きくなったことが本施工で大きな密度が得られた第一の要因と思われる。

一方、盛立試験と本施工の条件がほぼ等しい場合でも、施工密度の方が若干（今回の事例では平均 0.08 t/m^3 ）大きい。これは本施工では、施工基準で定められた転圧作業によるエネルギー以外に材料運搬ダンプトラックの通過などによる転圧エネルギーが加えられるためであろう。

8.1.2 材料試験と本施工の転圧エネルギー

(1) 事例全体の分析

前述のように、ロック材料は所定の転圧エネルギー以上のエネルギーで締固められているが、施工密度は室内締固め試験および盛立試験でそれぞれどの程度の締固めエネルギーおよび転圧回数のおきに得られる値であろうか。

図－8.4は、表－8.2に示した品質管理実績（絶対比重、乾燥密度、均等係数）をもとに、ロック材料の均等係数と施工間隙比の関係を示したものであるが、これを、図－2.7（室内締固め試験）および図－3.4（盛立試験）と対比すると次のことが言える。

① まき出し厚が 2.0 m 以下であれば、本施工で得られる間隙比は盛立試験のまき出し厚 $1.0 \sim 1.2 \text{ m}$ 、 13.5 ton 級振動ローラ転圧6回で得られる値より小さい。

② 本施工の間隙比と均等係数を室内締固め試験の間隙比と均等係数の関係にあてはめると、半数以上の事例が室内での振動締固め試験で得られる最小間隙比と同程度あるいはそれより小さい間

隙比を示している。

③ 試料の均等係数の範囲は若干異っているが、本施工で得られる間隙比は室内締固め試験の JIS 標準締固めエネルギーで得られる間隙比より小さい。

以上のことをまとめると、「本施工で得られるロック材料の間隙比は、まき出し厚 2.0 m 以下で重機転圧を 4 回程度行い、さらに材料運搬ダンプトラックなどの通過による転圧効果を利用すれば、室内締固め試験の JIS 標準エネルギーで得られる間隙比程度は容易に得られる」と言えるようだ。

(2) 個々の事例について分析

次に、寺内ダム、七北田ダム、四時ダムおよび三保ダムについて、それぞれの室内締固め試験結果と施工密度を比較してみよう。

① 寺内ダム (図-8.5 参照)

図-2.7(1)から、締固めエネルギーが $4 \times E_{cJIS}$ のときの間隙比 $e = 0.40$ は、均等係数 $U_c = 3.3$ の材料の最小間隙比であると判断する。次に、寺内ダムロック材料の最小間隙比 (e_{min}) が、

$$e_{min} = A_1 \cdot U_c^{-0.36} \quad A_1: \text{定数} \quad (8.1)$$

で表わせると仮定し、これに $e = 0.40$, $U_c = 3.3$ を代入すると

$$e_{min} = 0.615 \cdot U_c^{-0.36} \quad (8.2)$$

となり、式 (8.2) に施工時の均等係数 $U_c = 23$ を代入すると、 $e_{min} \approx 0.20$ となる。これは施工間隙比と等しい。以上のことは、いくつかの仮定に基づいているが、寺内ダムのロック材料施工間隙比は、室内試験において JIS の 4 倍の締固めエネルギーで得られる値であり、それは当該ロック材料の最小間隙比であると言える。

② 七北田ダムロック A (図-8.6 参照)

ロック材料の室内締固め試験結果 (表-2.7) から、JIS の 1 倍の締固めエネルギーで得られる間隙比は、

$$e_{1.0} = 0.480 \cdot U_c^{-0.204} \quad A_2: \text{定数} \quad (8.3)$$

で表わされる。次に、JIS の 2 倍の締固めエネルギーで得られる間隙比が、

$$e_{2.0} = A_2 \cdot U_c^{-0.204} \quad (8.4)$$

で表わされると仮定すると、 $e = 0.20$, $U_c = 30$ より、

$$e_{2.0} = 0.400 \cdot U_c^{-0.204} \quad (8.5)$$

となる。式 (8.3) および式 (8.5) に施工時の均等係数 $U_c = 47$ を代入すると、それぞれ $e \approx 0.22$ および $e \approx 0.18$ となる。以上のことから、七北田ダムのロック A 材料の施工間隙比 ($e = 0.19$) は、室内試験において JIS の 2 倍の締固めエネルギーで得られる値とほぼ等しいと言える。

③ 四時ダム (図-8.7 参照)

ロック材料の室内締固め試験結果 (表-2.7) から、締固めエネルギー 0 の間隙比 e_0 、および JIS の 2 倍の締固めエネルギーで得られる間隙比 $e_{2.0}$ は、それぞれ式 (8.6) および式 (8.7) で表わされる。また、 e_0 は最大間隙比 e_{max} であり、 $e_{2.0}$ は図-2.7(3)から判断して最小間隙比と考えることができる。

$$e_0 = e_{max} = 0.905 \cdot U_c^{-0.195} \quad (8.6)$$

$$e_{2.0} = e_{min} = 0.637 \cdot U_c^{-0.277} \quad (8.7)$$

式(8.6)、式(8.7)に施工時の均等係数 $U_c = 46.8$ を代入すると、 $e_{max} = 0.43$ 、 $e_{min} = 0.22$ であり、施工間隙比を相対密度で表わすと、 $D_r = 76\%$ となる。また、室内締固め試験結果(図-2.7(3))において、相対密度 $D_r = 76\%$ に対応する締固めエネルギーを図から読み取ると、均等係数が $U_c = 5$ 、 $U_c = 10$ 、および $U_c = 20.8$ の場合それぞれ $0.6 \times E_{cJIS}$ 、 $0.5 \times E_{cJIS}$ および $0.25 \times E_{cJIS}$ である。

④ 三保ダム(図-8.8参照)

JISの2倍の締固めエネルギーで得られる間隙比が、

$$e_{2.0} = A_3 \cdot U_c^{-0.294} \quad A_3: \text{定数} \quad (8.8)$$

で表わされるとすると、室内締固め試験で得られた値($U_c = 16$ 、 $e = 0.27$)より、式(8.8)は

$$e_{2.0} = 0.679 \cdot U_c^{-0.294} \quad (8.9)$$

となる。式(8.9)に施工時の均等係数18(粗粒ロック)および40(細粒ロック)を代入すると間隙比はそれぞれ $e_{2.0} = 0.29$ および $e_{2.0} = 0.23$ となる。施工間隙比は両ゾーンとも0.24である。以上のことから、三保ダムロック材料の施工間隙比は、室内試験においてJISの2倍の締固めエネルギーで得られる値とはほぼ等しいと言える。

(3) 問題点

(1)および(2)で、材料試験と本施工の転圧エネルギー量の関係を述べたが、それらには以下に示すようないくつかの問題を含んでいる。

- ① 間隙比を均等係数のみの関数として表わすことの妥当性。
- ② 事例数が少ないこと。
- ③ 現在一般に行なわれている現場密度測定方法で得られる値の信頼性。
- ④ 品質管理試験値の平均値が全堤体を代表する値であるかどうかということ。

8.2 粒 度

8.2.1 施工粒度

図-8.9は、岩種分類ごとに、最大粒径、60%粒径、均等係数およびタルボット指数を示したものである。なお、最大粒径、60%粒径および均等係数は、主に図-7.1から読み取った値を用いたが、品質管理実績値として数値が示されているものは、その値を採用した。また、タルボットの指数 n は

$$P = \left(\frac{d}{D_{max}} \right)^n \times 100$$

ここに、 P : あるフルイ目を通る粒子の量の割合(%)

d : そのフルイ目の大きさ

D_{max} : 材料中に含まれる粒子の直径で最大のもの

で与えられるが、1つの粒度分布曲線全体を1つの指数で表わせる事例が少ないため、通過率10~60%区間についてのみ上式の関係をあてはめて比較した。

図-7.1 および図-8.9 から、岩種分類ごとの施工粒度の特徴は次のようなことが言える。

① 中・古生代の堆積岩 (S_I)

福地ダムのロック材料を除けば、通過率20~80%区間の粒度曲線の傾きは似ている。粒子の大きさ(最大粒径および60%粒径)は岩石によりバラツキが大きい。

② 新生代第三紀以前の火成岩 (I_I)

今回の調査では事例数が一番多かったためか、均等係数が7~54とその範囲は広く、粒度の悪いものと良いものがある。平均値でみれば、 S_I と同程度の粒度であると言える。

③ 新生代第三紀の火山性堆積岩 (I_{II})

最大粒径は400~800 mmが得られているが、大塊の含有率は他の岩種に比べて少ない。また、比較的細粒分が多く、均等係数も大きい。

④ 新生代第四紀の熔結凝灰岩 (I_{II})

事例数が1つ(漁川ダム)である。最大粒径が大きく細粒分が少ない。

⑤ 変成岩 (M)

平均値でみれば、 S_I および I_I と似ているが、均等係数は23~64と S_I および I_I より大きい。

8.2.2 施工粒度と盛立試験粒度(発破試験粒度)

ロック材料の密度はその粒度組成に大きく影響され、また、密度とせん断強さは密接な関係にある。したがって、本施工時の粒度を調査・試験段階でうまく推定できるかどうかは、その後の設計・施工の良否を左右すると言っても過言ではない。

現在行われている「ロック材料の粒度」に関する調査~施工の流れは、一般に図-8.9に示すとおりである。ロック材料のせん断試験は、採取時の粒度(原粒度)のままでは試験ができない場合が多く、そのような場合の試料粒度は、原粒度と相似な粒度あるいは大粒径をカットしたせん頭粒度が採用される。両者のいずれを採用するかは、粒度曲線の形や細粒分の含有量などをもとに設計者が判断するものである。したがって、施工粒度と対比させるのは試験発破で得られた材料や盛立試験材料の粒度がよいと思われる。

図-8.11(1)~図-8.11(4)は、それらの事例を図示したものであるが、これらの図から次のことが言える。

① 施工粒度は、盛立試験粒度(発破試験粒度)に比べ最大粒径が大きくなる傾向がある。

② 粒度分布範囲や粒度曲線の形状に着目し比較した場合、大半の事例では、施工粒度と盛立試験粒度(発破試験粒度)は似ていると言えるが、2・3の事例では全く別の材料と思えるくらい両者の粒度分布が似ていない。

次に、上述の傾向を定量的に把握するために、最大粒径、均等係数および4.76 mm 通過率に着目し、施工粒度と盛立試験粒度(発破試験粒度)を比較した。図-8.11で粒度分布範囲が示されているものは、その中間を平均粒度とした。

図-8.12は、両者の最大粒径を比較したものであるが、施工粒度の方が最大粒径が大きくなっている。図-8.13および図-8.14は、それぞれ両者の均等係数および4.76 mm通過率を比較したものである。

これらの図からは、施工粒度と盛立試験粒度（発破試験粒度）の関係はみられない。

8.2.3 問題点

今まで、施工粒度と盛立試験粒度（発破試験粒度）を比較してきたが、両者を比較するためには、それらが以下に示す条件を満足していなければならない。

- ① 両者が同じ測定方法で求められたものであること。
- ② 両者の粒度をそれぞれ1つの粒度曲線で比較する場合は互いに同程度の代表性を有すること。

これらのことは他ダムの材料と比較する場合にも必要な条件であるが、②の方がより重要な問題であろうと思われる。

図-8.15は、考え方の違いによる「平均粒度」の差を示したものである。実線で示した粒度は、表-8.2のデータの単純平均値を示したものであり、点線で示したものは粒径加積通過率値の最大値と最小値の平均を示したものである。また、「最大粒径」についても次の2つの考え方がある。表-8.2を例にとれば、1つは「最大粒径は800mmである」とする考え方と、もう1つは「最大粒径は570mm（550mm）である」とする考え方である。

このように、同じデータでも処理方法により「平均粒度」は違ったものとなる。

8.2.2項で施工粒度と盛立試験粒度（発破試験粒度）を比較したが、両者の「平均粒度」が同程度の代表性を有しているとしても、本体盛立材料は品質基準に基づき管理されていることを考えると、材料調査・試験時に本施工時の粒度をうまく想定したかどうかは、単に両者の比較だけでなく廃棄岩量の計画と実績の差なども考慮に入れて判定されなければならない。

表-8.1 ロック材料の密度

ダム名	ゾーン	設計密度 (t/m^3)	管理基準値 (t/m^3)	盛立試験			
				転圧機種	まき出し厚 (m)	転圧回数	密度 (t/m^3)
1. 大雪	ロック	($\gamma_d = 1.900$) $\gamma_t = 1.900$		27t.ブルドーザ	1.0	4	$\gamma_d = 1.89$
2. 十勝	ロック	$\gamma_d = 1.89$	$\gamma_d = 1.89$	32t.ブルドーザ	1.0	4	$\gamma_d = 1.89$
3. 漁川	ロック	($\gamma_d = 1.75$) $\gamma_t = 1.90$		21t.ブルドーザ	1.5	4	$\gamma_d = 1.91$
4. 御所	ロック	$\gamma_d = 1.493$		21t.振動ローラ	1.0	6	$\gamma_d = 1.61$
5. 白川	ロック	$\gamma_d = 1.800$	$\gamma_d = 1.800$	8t.振動ローラ	1.0	6	$\gamma_d = 1.881$
6. 岩屋	ロックⅠ	$\gamma_d = 1.830$	$\gamma_d = 1.830$	32t.ダンブトラック	1.7	1	$\gamma_d = 1.94$
	ロックⅡ	$\gamma_d = 1.812$	$\gamma_d = 1.812$	48t.ブルドーザ	1.0	2	$\gamma_d = 2.07$
7. 寺内	ロック	$\gamma_d = 1.85$	$\gamma_d = 1.85$	21t.振動ローラ	1.5	4	$\gamma_d = 2.252$
8. 福地	トランジション	$\gamma_t = 2.115$	$\gamma_t = 2.17$	9.2t.振動ローラ	0.3~0.6	4	$\gamma_d = 2.13$
	ロック	$\gamma_t = 1.922$					
9. 樽水	ランダムロック	$\gamma_d = 1.70$		17t.ブルドーザ	0.5	4	1.69
11. 七北田	ロックA	$\gamma_d = 1.45$	$\gamma_d = 1.50$	8t.振動ローラ	1.0	4	$\gamma_d = 1.454$
12. 前川	ロック						
13. 四時	ロック	$\gamma_d = 2.00$	$\gamma_d = 2.11$	13.5t.振動ローラ	1.0	4	$\gamma_d = 2.135$
14. 手取川	トランジション	$\gamma_d = 1.99$	$\gamma_d = 1.99$				
	内部ロック	$\gamma_d = 1.91$	$\gamma_d = 1.91$	13.5t.振動ローラ	0.6	4	$\gamma_d = 2.19$
	外部ロック	$\gamma_d = 1.85$	$\gamma_d = 1.85$	13.5t.振動ローラ	1.2	6	$\gamma_d = 2.13$
15. 三保	細粒ロック	$\gamma_d = 2.15$					
	中粒ロック	$\gamma_d = 2.20$		13.5t.振動ローラ	1.0	4	$\gamma_d = 2.25$
	粗粒ロック	$\gamma_d = 2.15$					
19. 武利	ロック	$\gamma_t = 1.94$		21t.ブルドーザ	0.6	6	$\gamma_d = 1.88$
(注)							

(設計値, 盛立試験値, 施工実績値)

均等係数	本 体 施 工						
	転 圧 機 械	まき出し厚 (m)	転圧回数	密 度 (t/m ³)	均等係数	絶 乾 比 重	絶乾比重に よる間隙比
(3)	32 t. ブルドーザ	1.0	4	$\gamma_d = 2.186$	(30)	(2.563)	0.17
13	32 t. ブルドーザ	1.0	4	$\gamma_d = 1.999$			
41	32 t. ブルドーザ	1.5	4	$\gamma_t = 2.087$	(13)	2.304	
5.5	21 t. 振動ローラ	0.5 (1.0)	6	$\gamma_d = 1.678$	10.1	2.122	0.26
(24)	8.2 t. 振動ローラ	1.0	6	$\gamma_d = 1.896$	11.8		
120	32 t. ダンプトラック	2.0	1	$\gamma_d = 2.160$	15.8	2.589	0.20
24	32 t. ダンプトラック 48 t. ブルドーザ	1.0	1 2	$\gamma_d = 2.229$	23.3	2.603	0.17
17	21 t. 振動ローラ	1.5	4	$\gamma_d = 2.22$	(23)	(2.66)	0.20
7	10 t. 振動ローラ	0.3	4		(54)		
	10 t. 振動ローラ	0.6	4		(2)		
18	ブルドーザ D120A	0.5	3,6	$\gamma_d = 2.018$	(43)		
19	13.5 t. 振動ローラ	1.0	4	$\gamma_d = 1.688$	(47)	2.010	0.19
	11 t. 振動ローラ	0.5	5	$\gamma_d = 1.870$	26.1	2.192	0.17
8	13.5 t. 振動ローラ	1.0	4	$\gamma_d = 2.272$	46.8	(2.894)	0.27
	13.5 t. 振動ローラ	0.6	4				
60	13.5 t. 振動ローラ	0.8	4	$\gamma_d = 2.077$	(64)	2.55	0.23
60	13.5 t. 振動ローラ	1.5	6	$\gamma_d = 2.045$	(28)	2.55	0.25
	13.5 t. 振動ローラ	1.0	4	$\gamma_d = 2.292$			
80	13.5 t. 振動ローラ	1.0	4	$\gamma_d = 2.315$	(32)	2.861	0.24
	13.5 t. 振動ローラ	1.0	4	$\gamma_d = 2.317$	(18)	2.864	0.24
	21 t. ブルドーザ	0.6	6	$\gamma_d = 2.00$	(120)	2.41	0.21
() 書きは 推定値。					() 書きは グラフより読 み取った値。	() 書きは 推定値。	

- 盛立試験より本施工のまき出し厚が厚い
- 盛立試験と本施工の転圧仕様と同じ
- 本施工のまき出し厚が薄い
- " 転圧機械の能力が大きい
- " 転圧回数が多い
- " 材料の均等係数が大きい

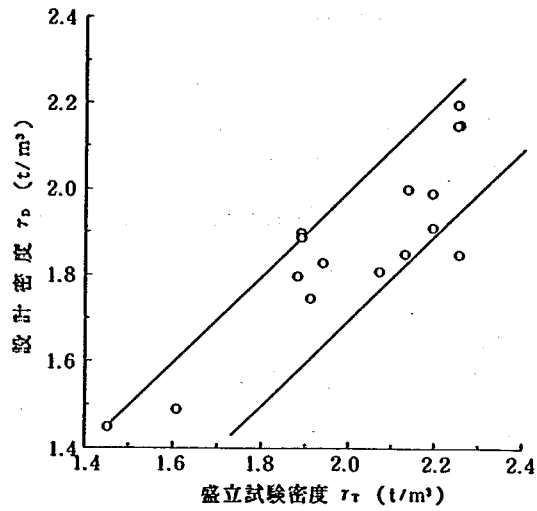


図-8.1 ロック材料の設計密度と盛立試験密度の関係 (表-8.1より)

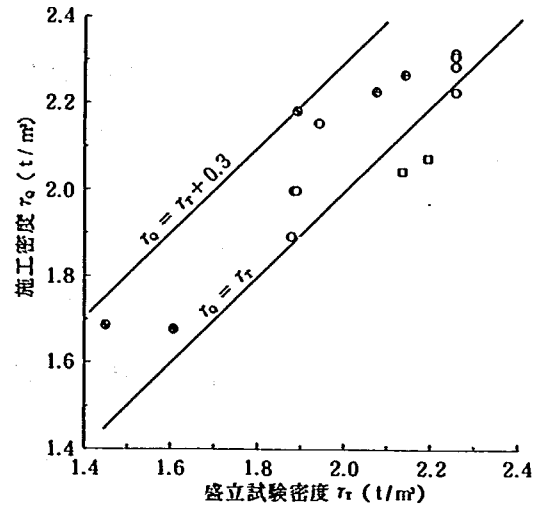


図-8.2 ロック材料の盛立試験密度と施工密度の関係 (表-8.1より)

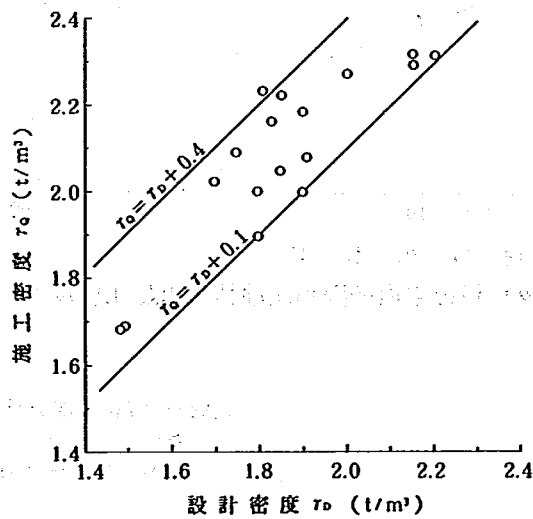
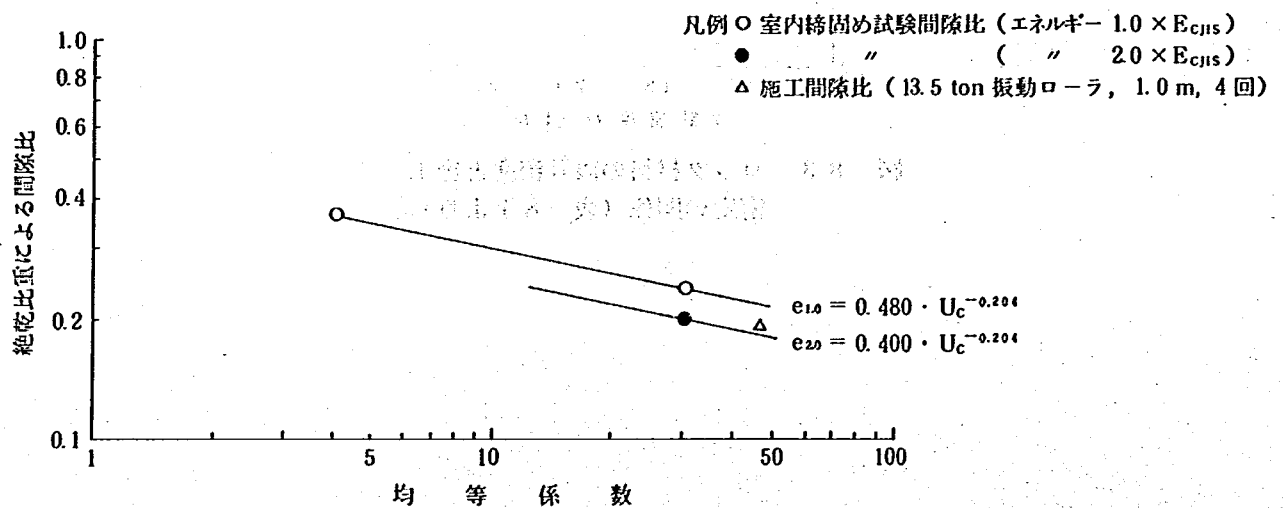
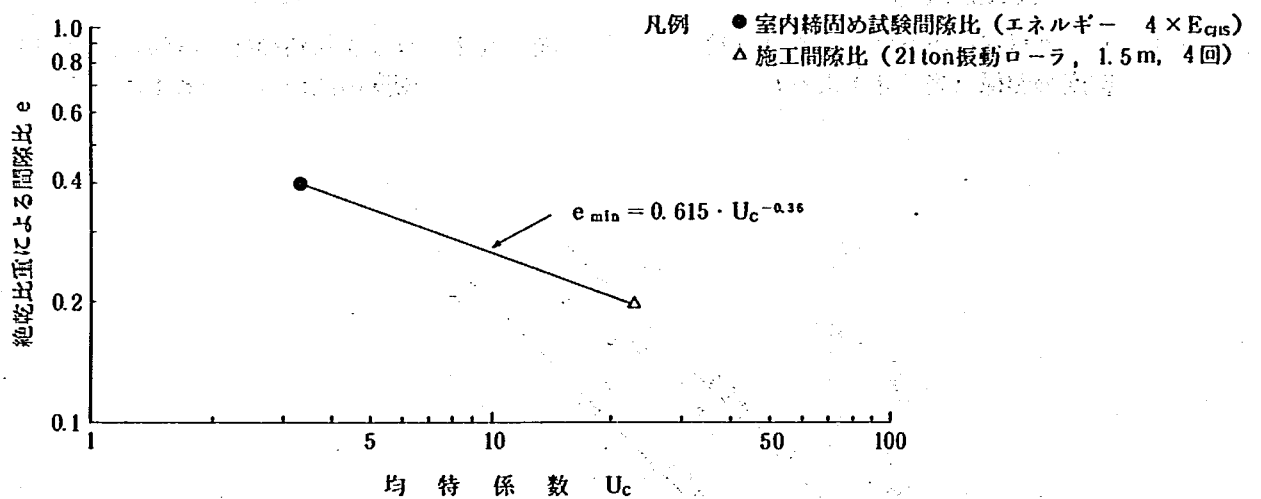
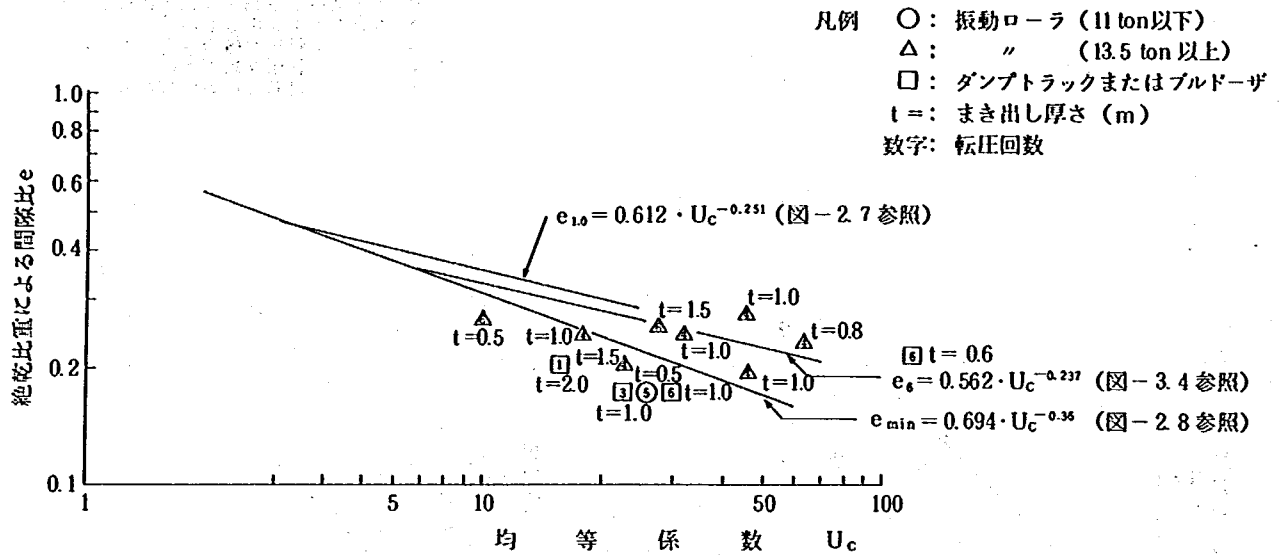


図-8.3 ロック材料の設計密度と施工密度の関係 (表-8.1より)



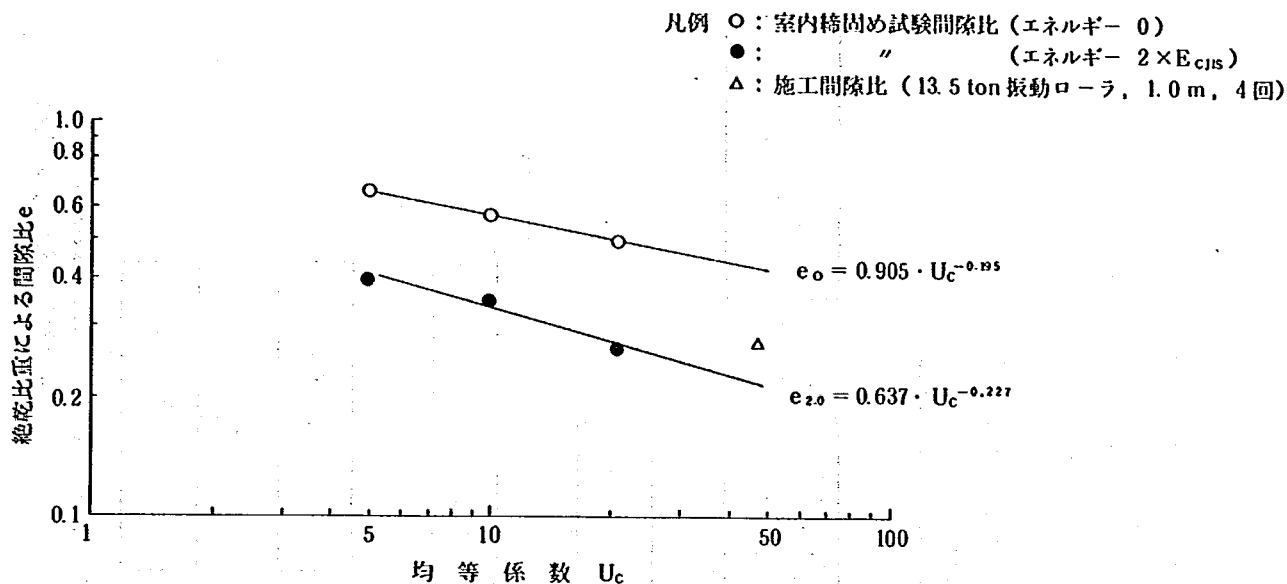


図-8.7 ロック材料の室内締固め試験結果と施工密度の関係（四時ダム）

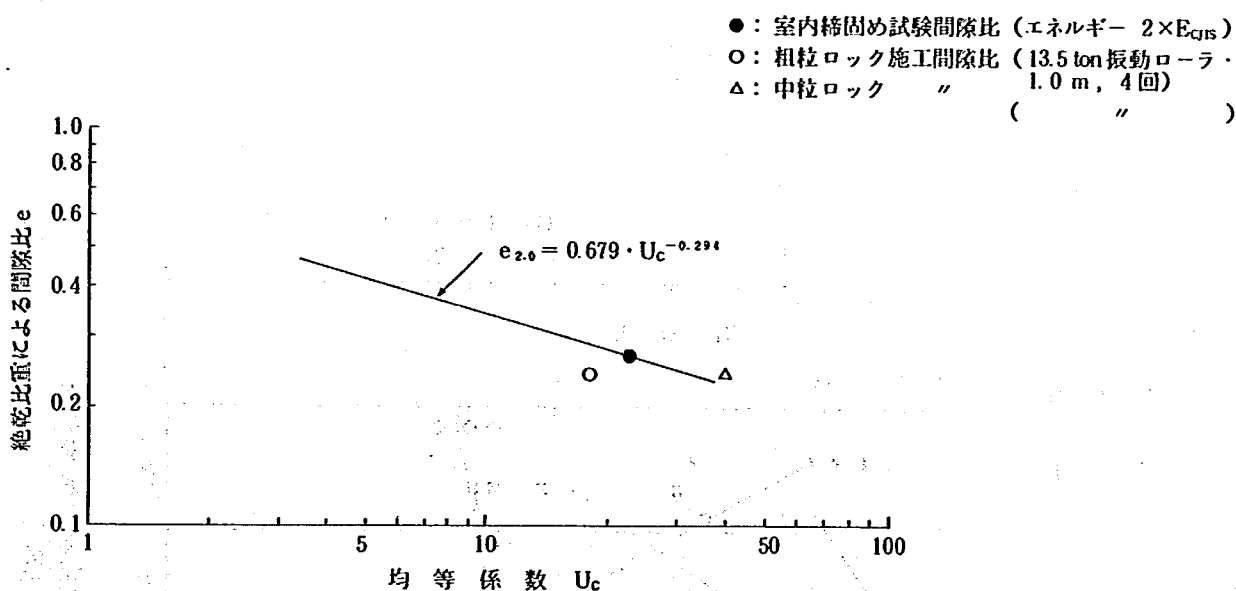


図-8.8 ロック材料の室内締固め試験結果と施工密度の関係（三保ダム）

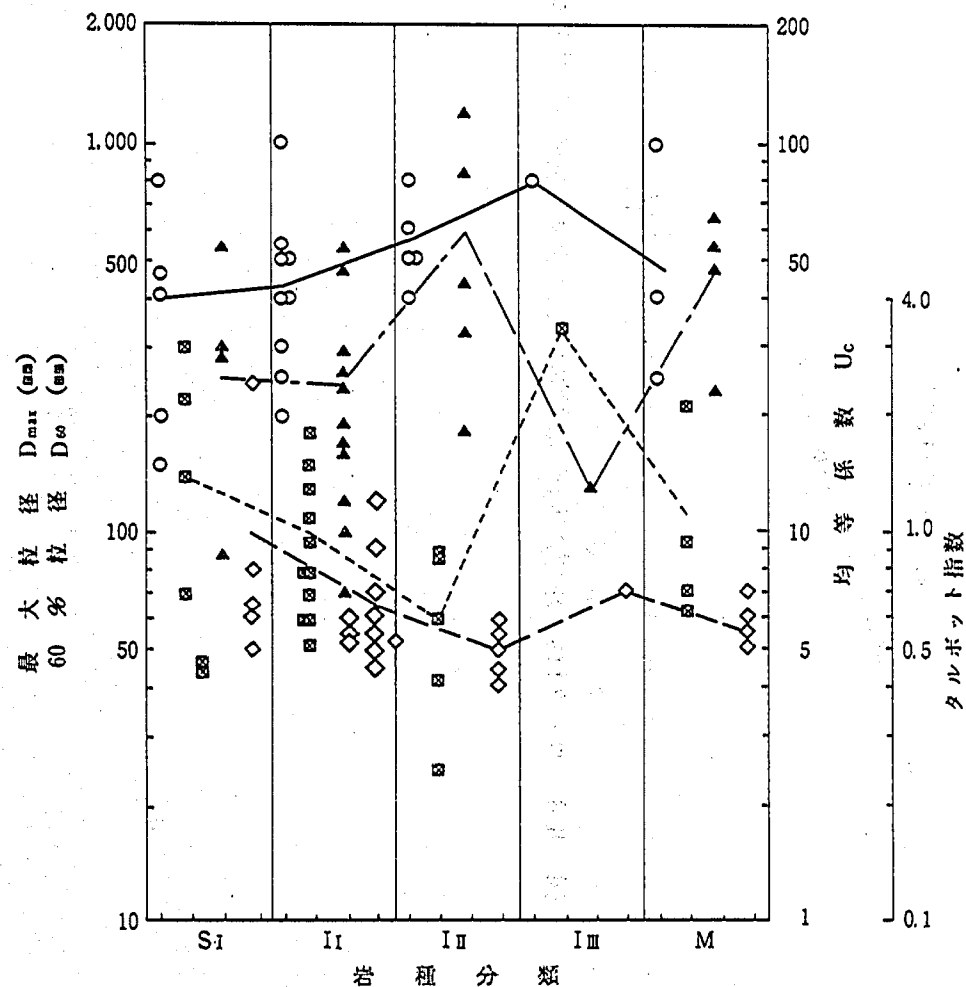


図-8.9 岩種と施工粒度(最大粒径, 60%粒径, 均等係数, タルボット指数)

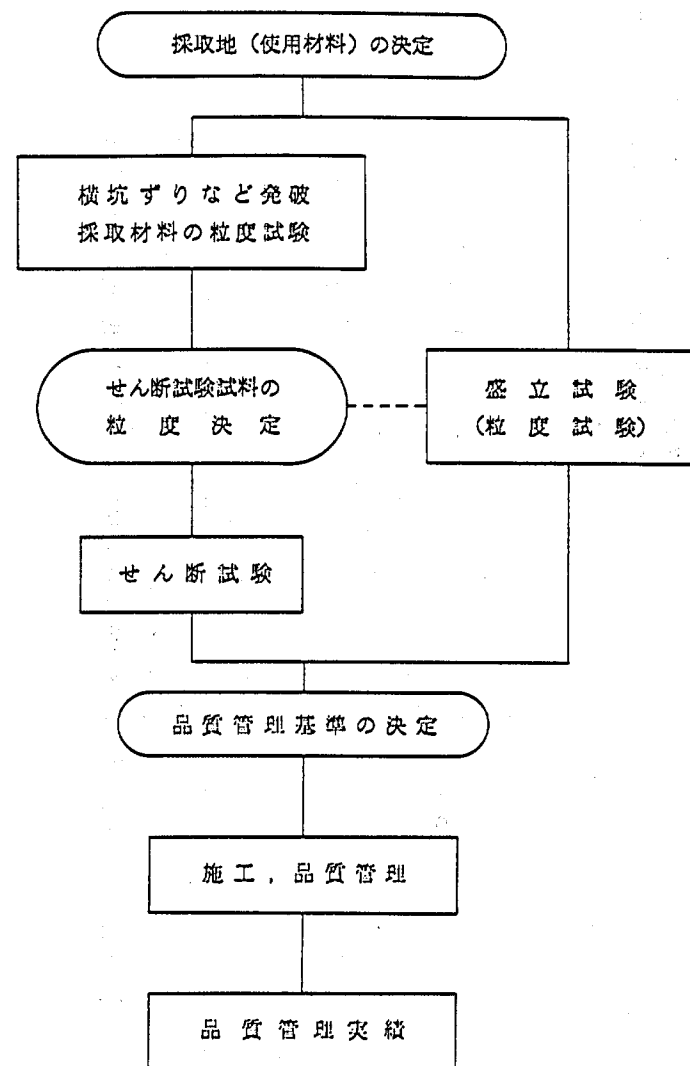


図-8.10 調査～施工の各段階における
「ロック材料の粒度」の流れ

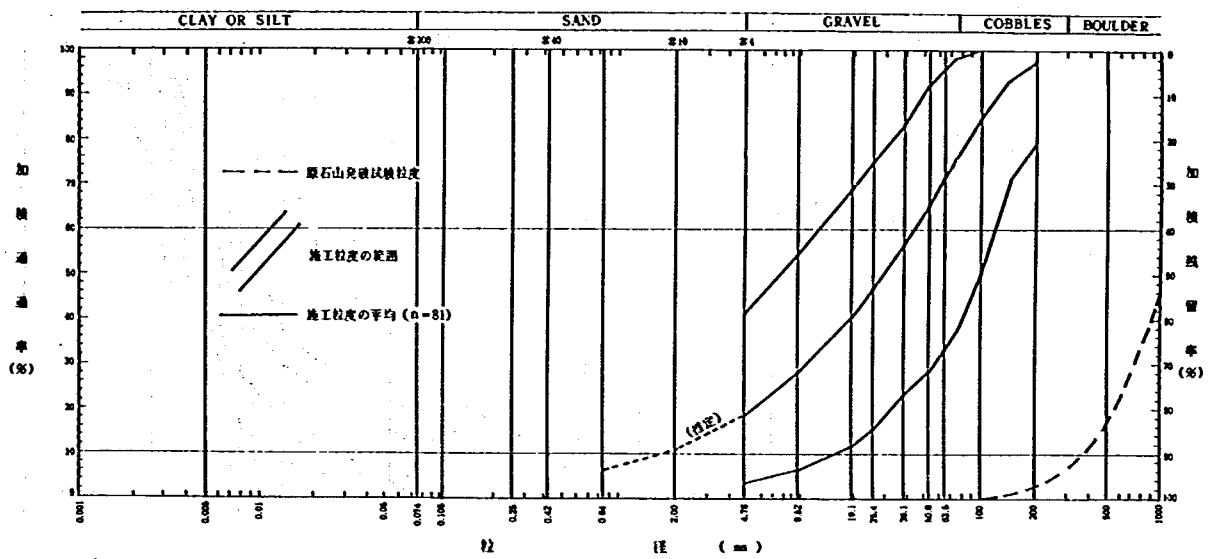


図-8.11(1) 大雪ダム

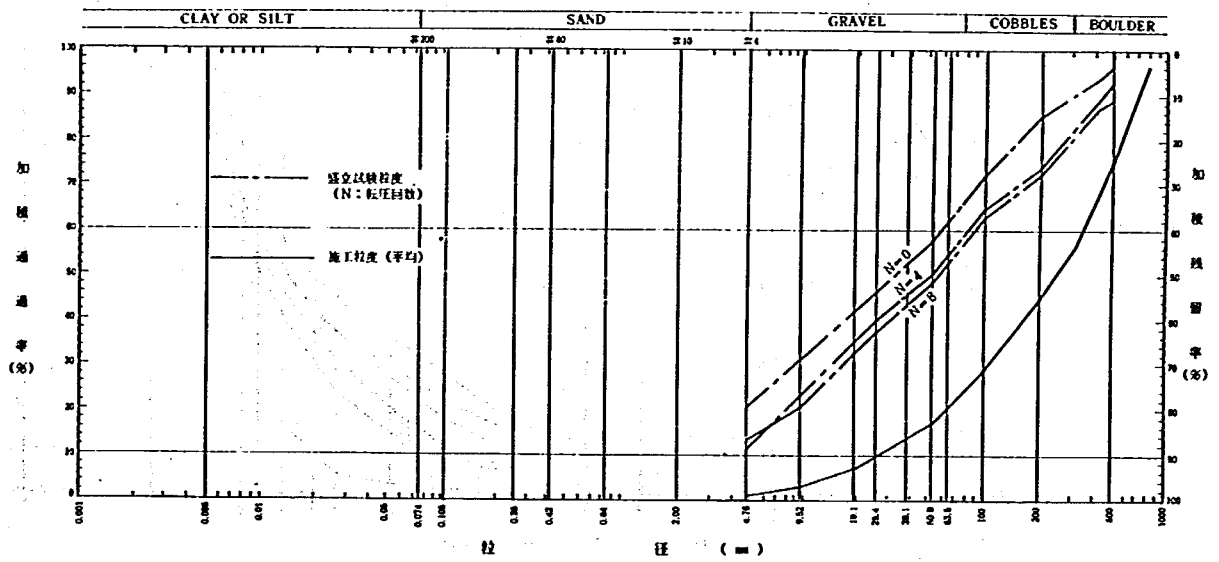


図-8.11(2) 漁川

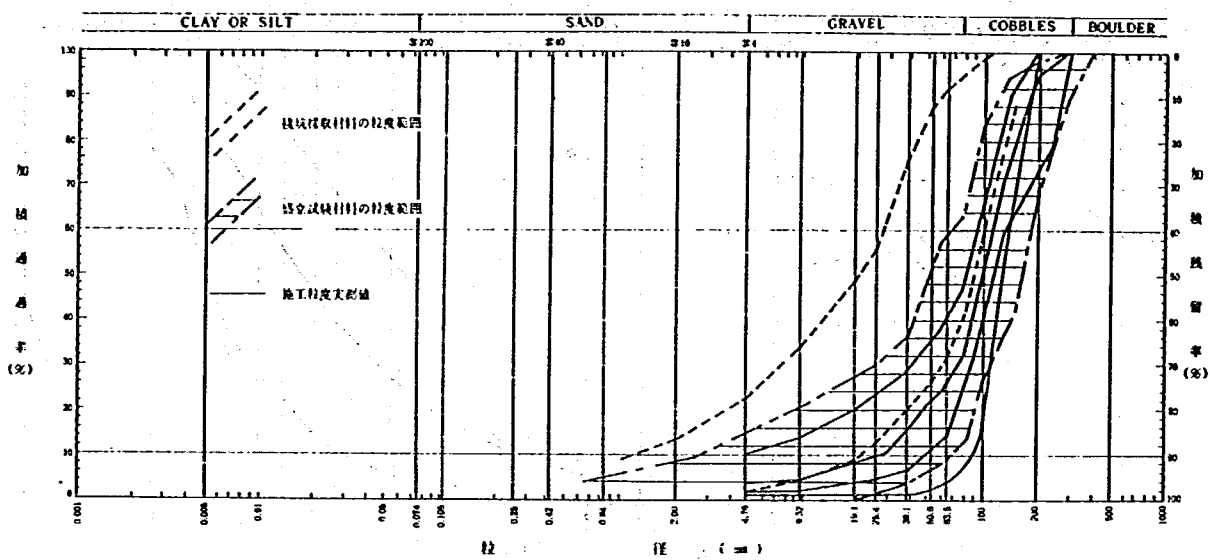


図-8.11(3) 御 所

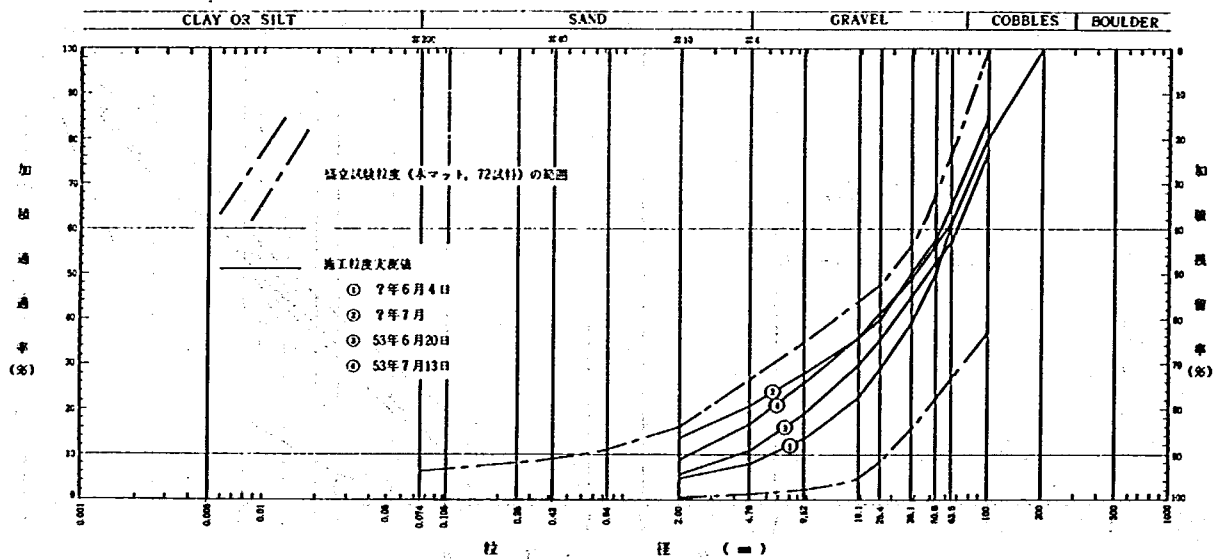


図-8.11(4) 白 川

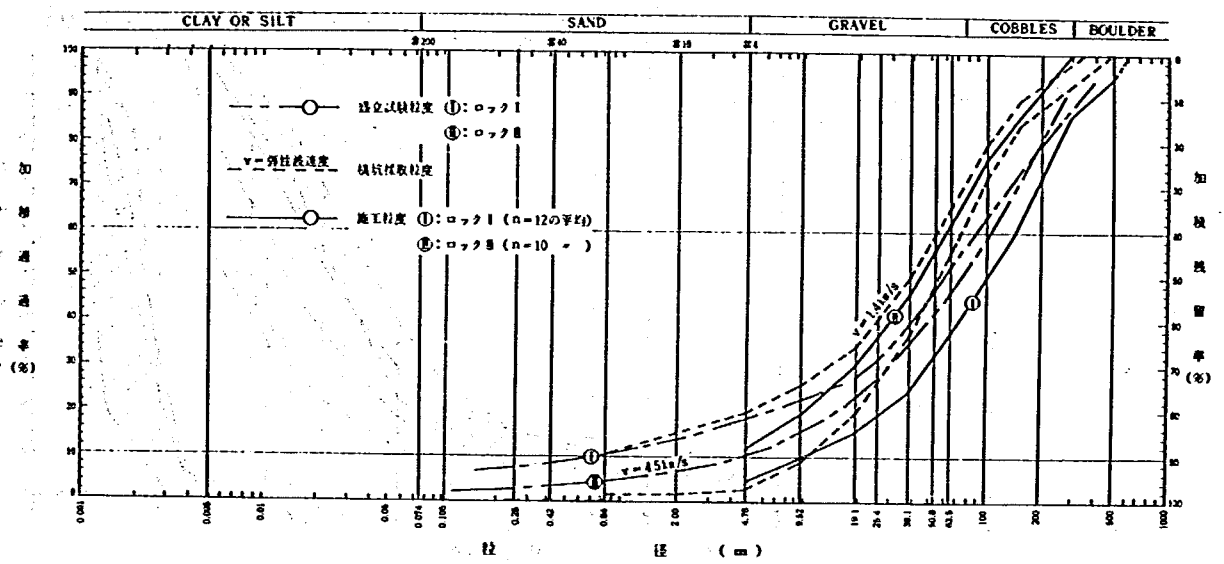


図-8.11(5) 岩 砂

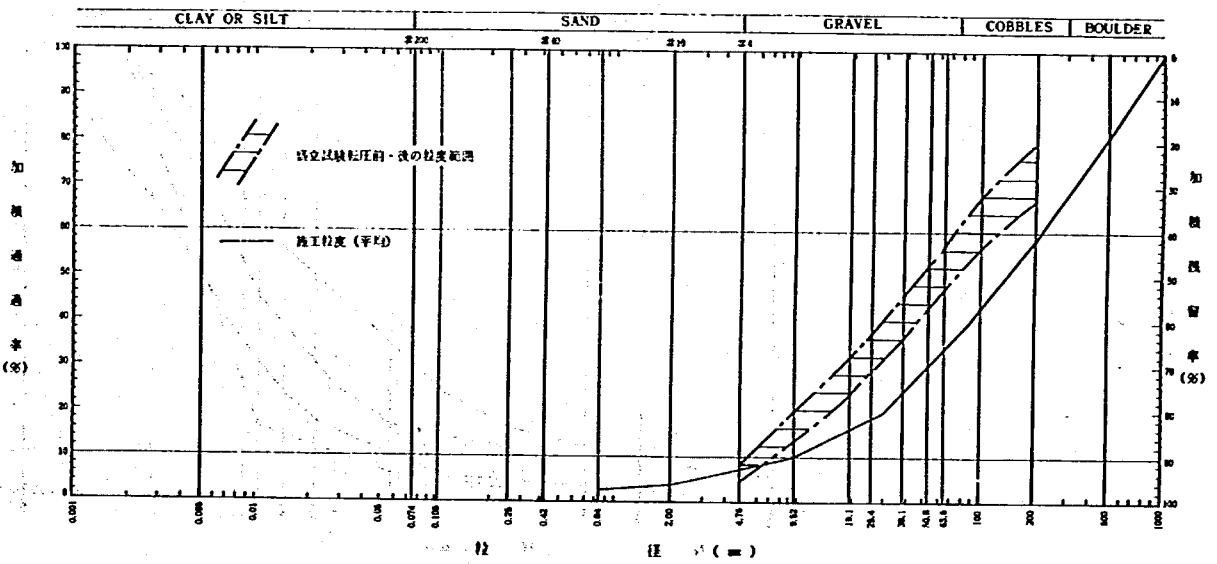


図-8.11(6) 砂 砂

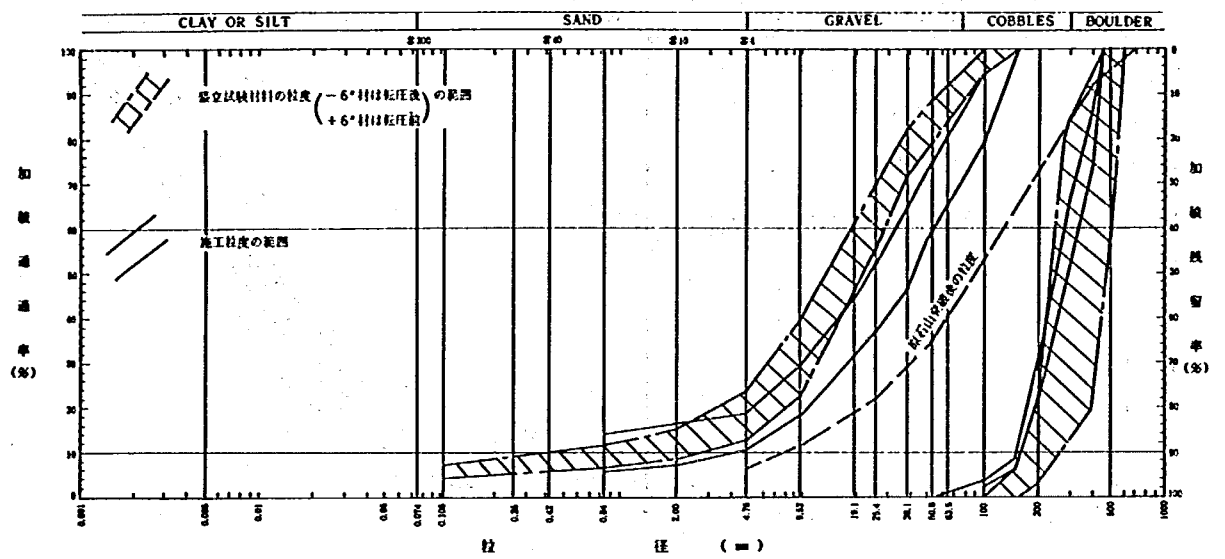


図-8.11(7) 福 地

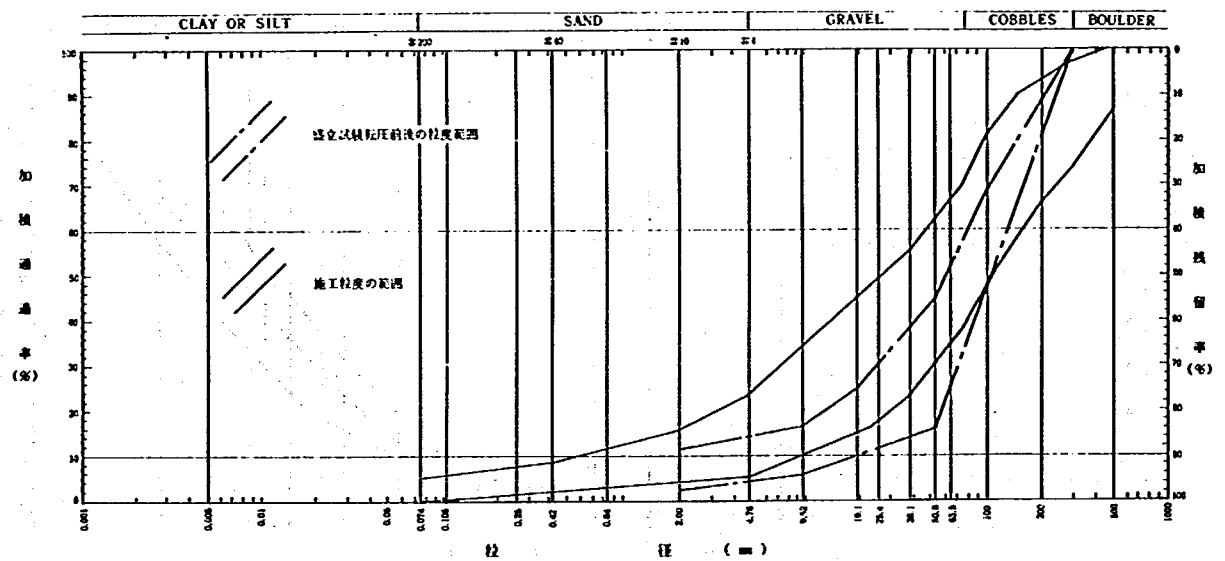


図-8.11(8) 樽 水

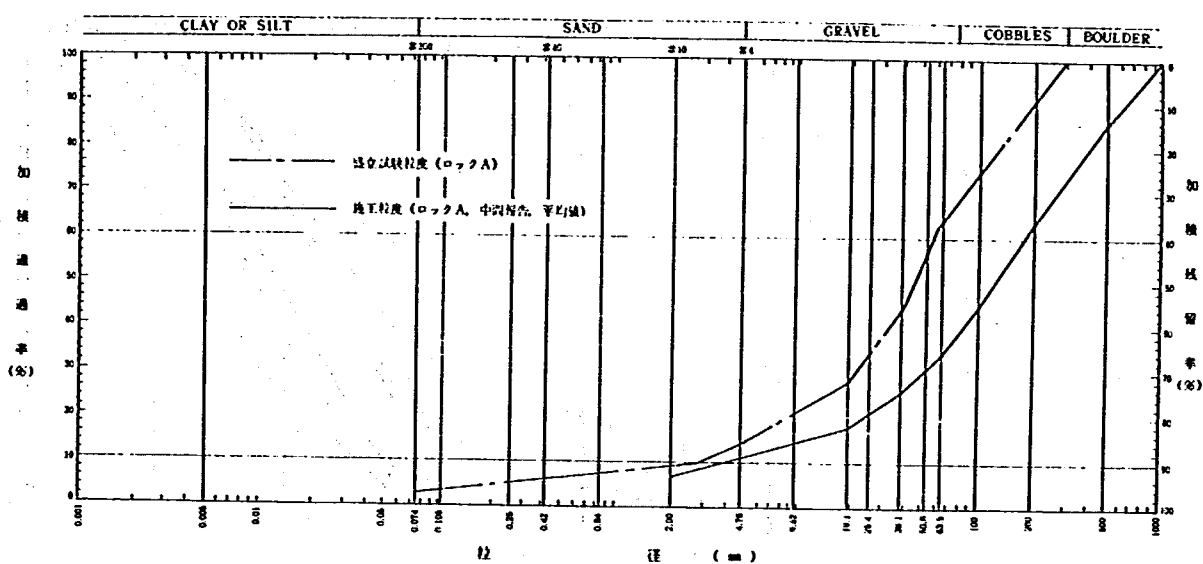


図-8.11(9) 七 北 田

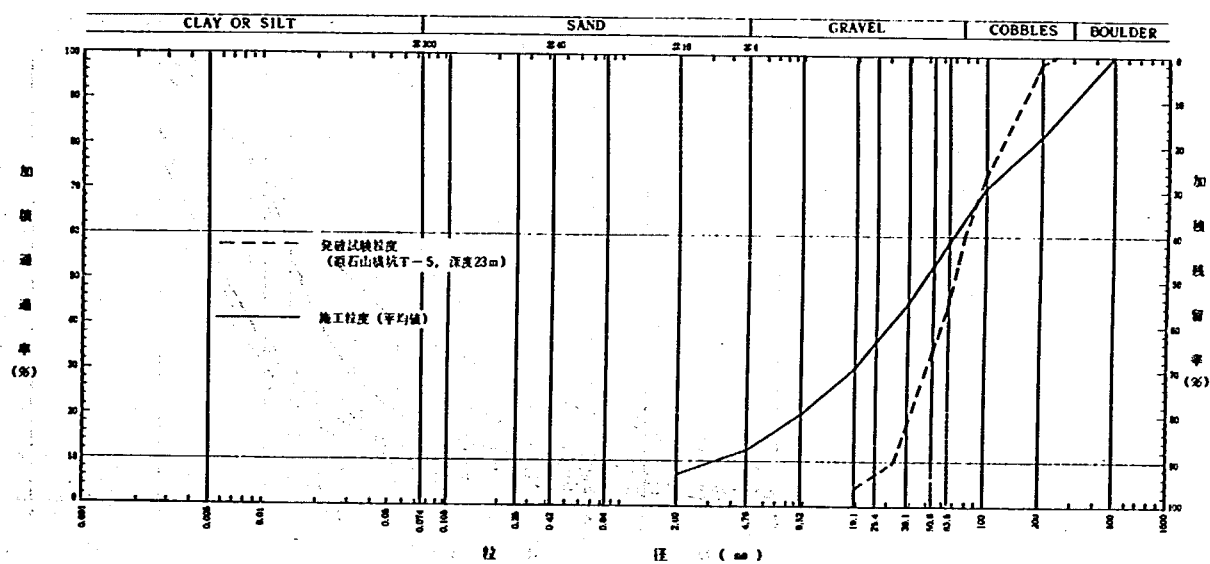


図-8.11(10) 前 川

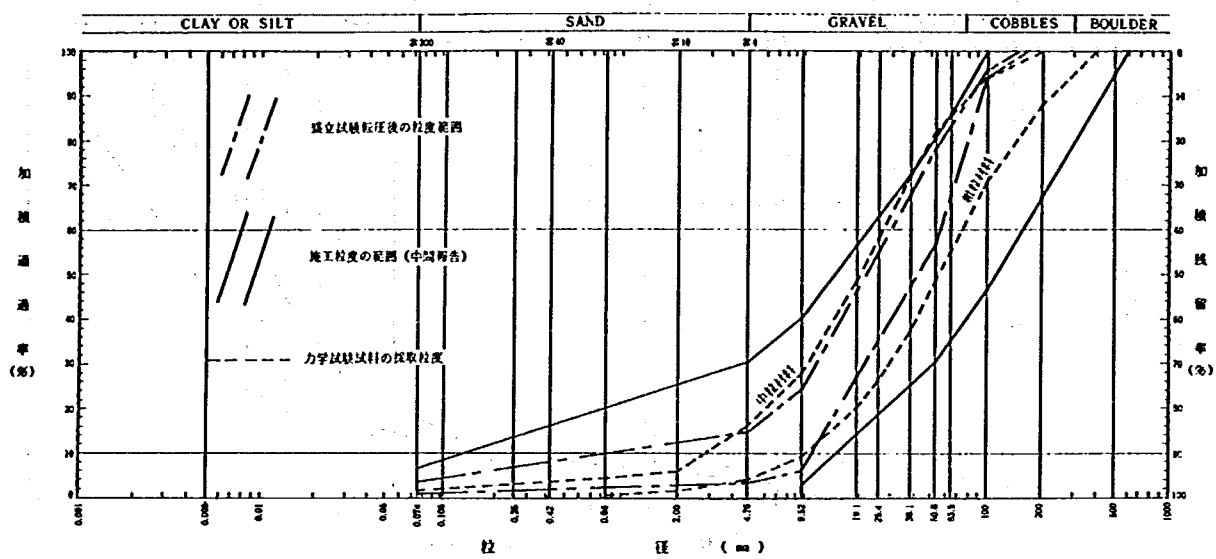


図-8.11(a) 四 時

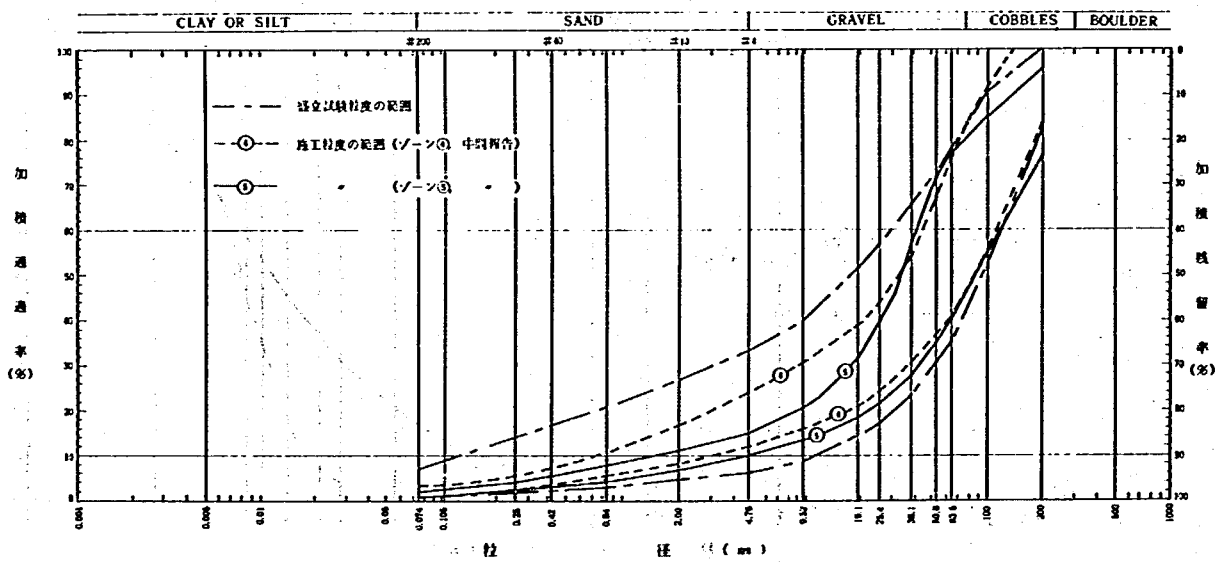


図-8.11(b) 手 取 川

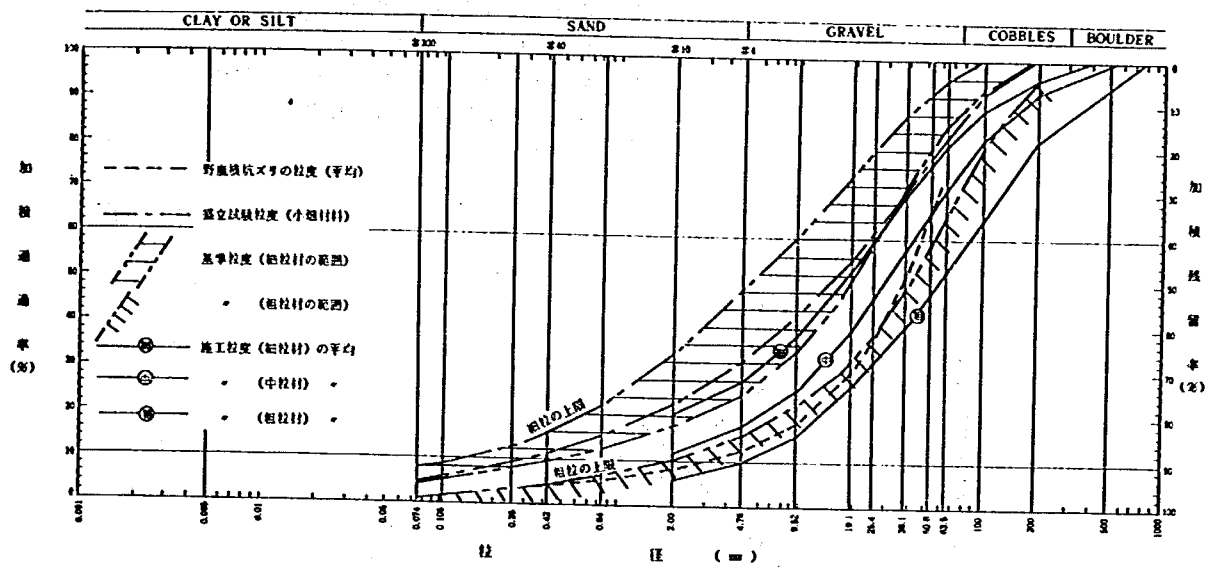


図-8.11(3) 三 保

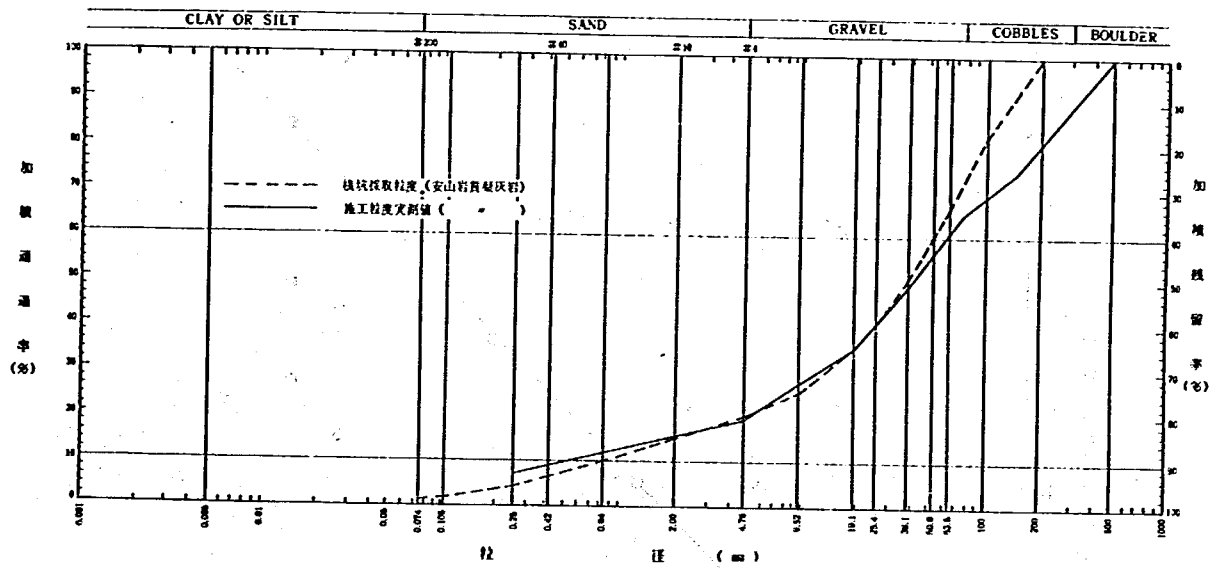


図-8.11(4) 武 利

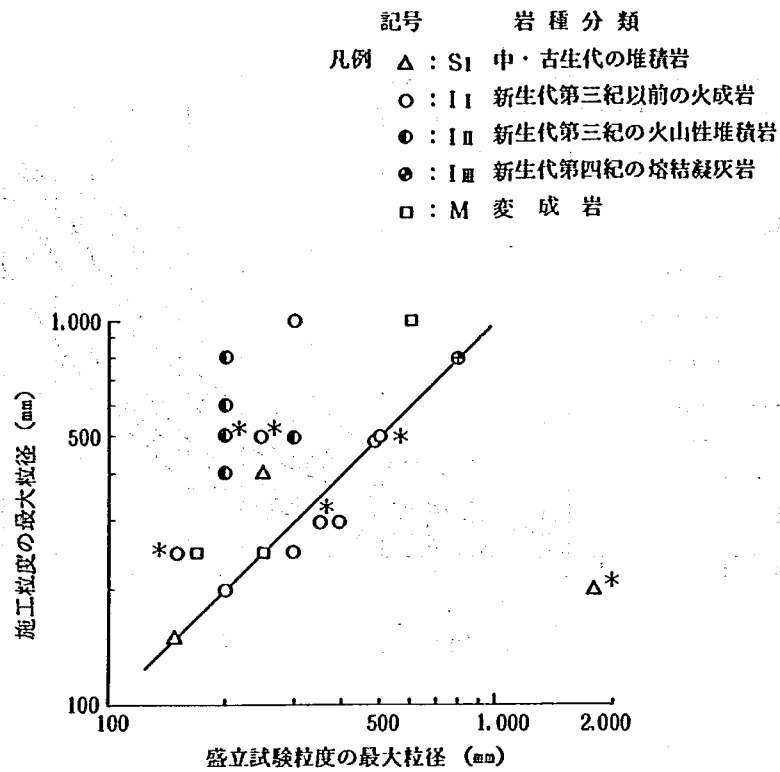


図-8.12 施工粒度と盛立試験粒度(*印は発破試験粒度)の比較
(最大粒径)

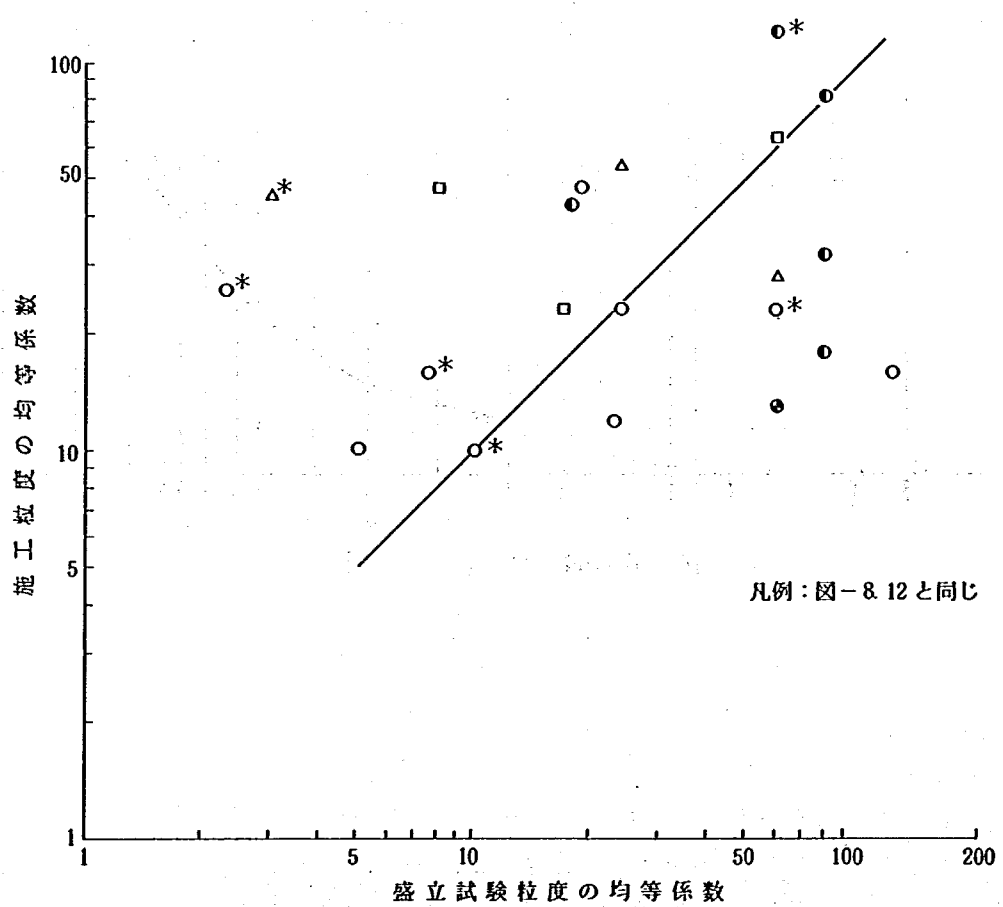


図-8.13 施工粒度と盛立試験(*印は発破試験粒度)の比較
(均等係数)

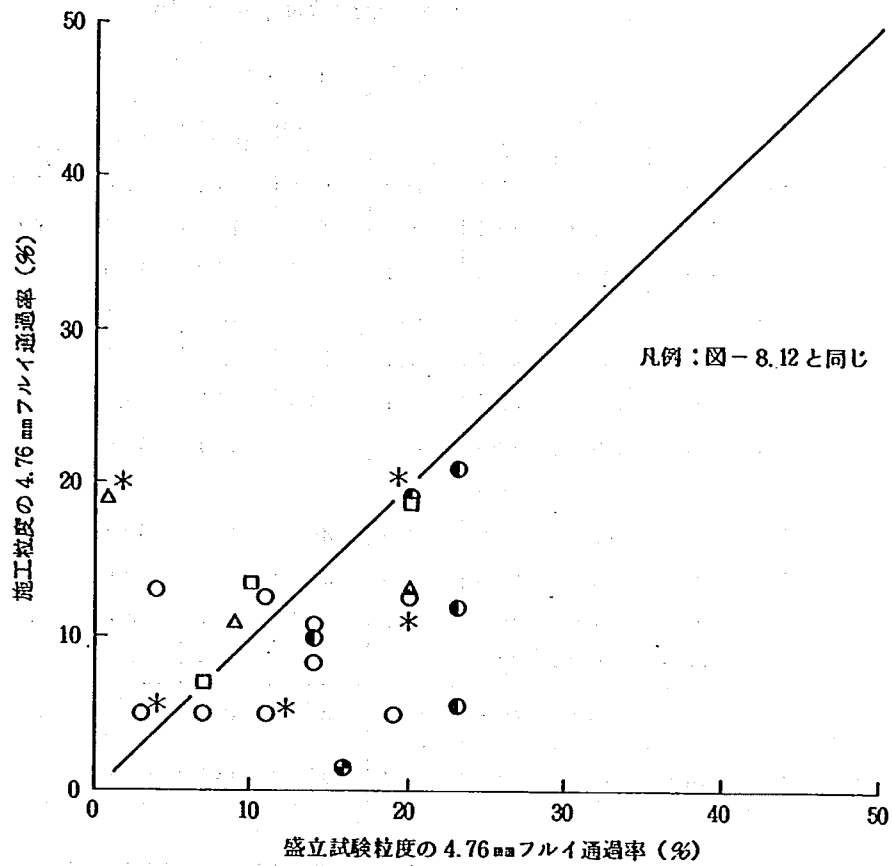


図-8.14 施工粒度と盛立試験粒度（*印は発破試験粒度）の比較
（4.76 mm フライ通過率）

表-8.2 考え方の違いによる「平均粒度」の差 (例)

		粒径加積通過率 P (%)									最大粒径 D (mm)	均等係数 U _c
		800	500	300	150	76.2	38.1	19.1	9.52	4.76		
デ-タ	①	100	100	100	71.7	42.5	19.5	5.5	4.0	1.9	300	4.8
	②	100	100	94.9	70.4	49.7	25.8	13.8	8.6	6.0	500	11.0
	③	100	100	85.0	60.2	38.1	27.0	17.9	11.9	6.0	500	17.5
	④	100	100	100	71.9	46.8	33.0	19.8	9.1	5.7	300	12.0
	⑤	100	100	90.0	64.7	29.7	13.8	8.0	6.1	3.6	500	5.4
	⑥	100	100	100	67.7	46.1	28.0	17.5	8.8	2.8	500	10.0
	⑦	100	100	100	70.5	52.3	30.5	21.1	13.6	5.6	500	13.0
	⑧	100	81.9	68.8	48.4	36.5	27.0	18.5	13.0	6.0	800	38.0
	⑨	100	100	69.0	47.0	31.8	21.5	14.4	10.7	4.5	500	28.0
	⑩	100	90.1	84.0	63.0	43.8	29.4	22.1	12.0	6.0	800	16.5
	⑪	100	93.0	81.0	66.8	49.0	31.4	21.5	14.0	5.4	800	17.1
	⑫	100	68.0	49.0	27.3	18.0	11.6	8.3	6.2	4.6	800	16.8
単純平均値		100	94.4	85.1	60.8	40.4	24.9	15.7	10.4	4.8	570	(16)※ 15.8
最大値と最小値の中間値		100	84.0	74.5	49.6	35.2	22.3	13.8	9.0	4.0	550	(18)※ 21.4
※ 図-8.15から読み取った均等係数												

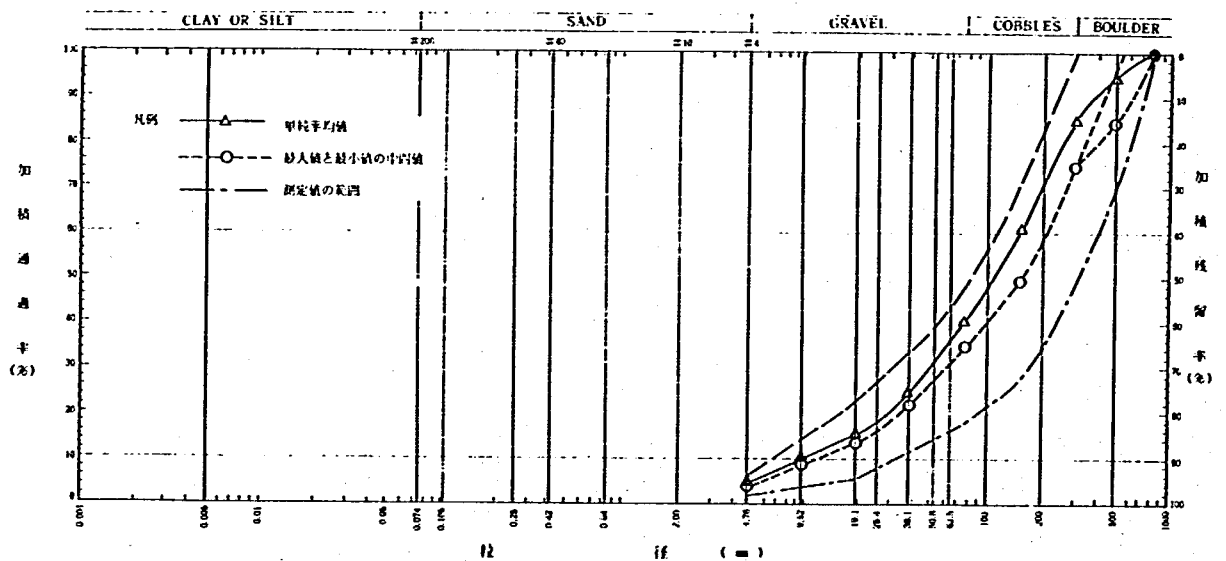


図-8.15 考え方の違いによる「平均粒度」の差 (例)

9. 今後の問題点

今回の事例研究のための情報は、特別な調査（アンケートなど）により収集したものではなく、ほとんどがすでに手元（フィルダム研究室）にあった資料、報文および文献から収集した。したがって、知りたい情報が見つからなかったり、あってもその記述が不十分なものが少なくなかった。今回の研究を通じて最も強く感じたことは、フィルダムの設計・施工全般に関する発展のためには信頼性の高い情報の蓄積が必要であり、調査・設計・施工に関する記録には、結果としての数値のみでなく結果に対する当事者の判断やその根拠、さらに、調査・試験の成果が以後の作業にどのように反映されたかというような点について詳細に記述しておく必要があるということである。

以下に、今回参考とした資料に関して気づいた点を若干述べる。また、材料調査・試験、材料採取および品質管理に関する情報で、技術情報として記録・保存しておくのがよいと思われる項目を、様式-1～様式-12に示す。

9.1 材料試験に関すること

(1) 試料

調査・設計段階に行った材料試験に関する情報の中に、試料についての情報が少かった。材料試験で得た成果をもとに設計値や施工管理基準を決定し、その基準に従って本体施工を進めていくことを考えれば、本体施工時の材料に関する情報が調査・試験時の情報と対比できるようにしておく必要がある。そのためには調査・試験時の材料について、採取地、岩種だけでなく岩質（岩級、風化度、物性値など）および採取方法（発破採取した場合は穿孔パターン、単位薬量など）をできるだけ詳細に記録しておくことが大切である。また、一番重要で難しい問題であるが、試験に用いた材料が採取予定地の全体の材質をどの程度代表しているかということ、地質調査等の成果や代表性判定の着目点などとともに具体的に明示しておけば、調査・試験の進捗に伴い採取地の地質や材料の特性について新しい情報が得られた場合でも、それ以前の成果を十分生かすことができると思う。

(2) 試験方法

材料の性質を試験値で比較する場合は同一の試験法で求められたものでなければならない。しかし、ロック材料のような粗粒な材料については試験基準が確立されているとは言えず、材料の粒径に応じてJISなどで定めている土やコンクリート骨材の試験基準を準用しているのが現状である。したがって、ロック材料について行った試験の成果を報告する場合は、適用した試験法はもちろん試験装置・手順などについても詳細に記述しておくことが必要である。

(3) 試験結果の表示

材料の試験値を収集・整理していく過程で困ったことは、比重、間隙比、および密度の基準が明示されていないものがあるということである。比重については真比重か表乾比重か絶乾比重かということが不明なもの、間隙比については前出のどの比重に対応するものであるかが不明なもの、密度については乾燥密度か湿潤密度かが不明なもの、が少なくなかった。また、粒度試験については、粒径加積曲線が100%まで描かれず途中で切れている（最大粒径の明示がない）ものがあつた。以上のような情報は、それがいかに慎重な試験で得られたものであっても、情報としての価値が半減してしまう。

9.2 設計値の表示について

すべり面法で堤体の安定解析を行う場合に必要な堤体材料の設計定数は、湿潤密度、飽和密度、せん断強さ、透水係数であり、比重、乾燥密度は直接安定解析に必要な数値ではない。しかし、比重および乾燥密度は、湿潤密度や飽和密度を計算で求めるためには当然必要な値である。また、これらの値はいろいろなダムを比較する際の指標となるため、設計値として明示しておくべきであろう。

ダム名:

調査地(注1)		調査期間 (年、月)	調査内容(注2)				概要(注3)
地区名	ダムサイトからの 距離・比高		種別	坑・孔数	延長 (m)	岩石試験代表値(注4)	
			踏査 弾性波 ボーリング (ϕ =) トレンチ (断面) 横坑 (断面)				地質年代: 岩種・岩級: 賦存量 評価: (材質の評価、 施工計画上の問 題など。)

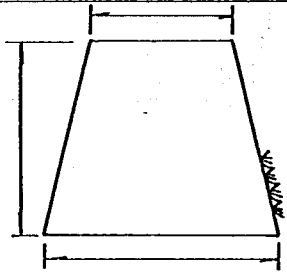
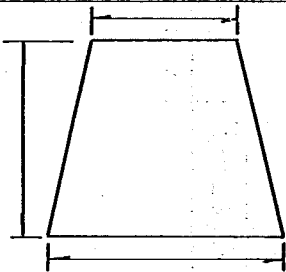
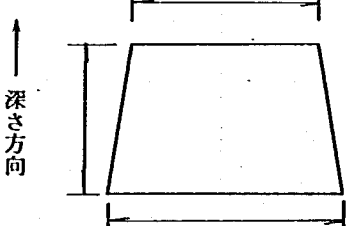
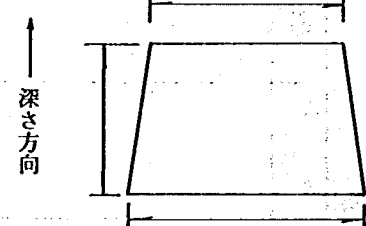
注1) 調査地位置図を添付する。

2) 採取地に関しては、調査孔・坑位置および物理探査測線を明示した地質図(平面、断面)を添付する。

3) " , 弾性波伝播速度分布および採取範囲を明示した地質図(平面, 断面)を添付する。

4) 発破試験を実施した場合は、「様式-2」に記入する。

様式-2 ロック材料の横坑内採取試験結果

ダ	ム	名			
横	坑	名			
試	験	区 間 (m)			
試	験	年 月 日	~		
岩		種	年代	年代	
岩		級	~	平均:	
弾 性 波 速 度 (km/sec)			~	平均:	
一 軸 強 度 (kg/cm ²)			~	平均:	
物 性 値 (4.76mm 以 上)	真 比 重 (Gg)		~	平均:	
	表 乾 比 重 (Ga)		~	平均:	
	絶 乾 比 重 (Gb)		~	平均:	
	吸 水 率 % (Q)		~	平均:	
採 取 方 法	穿 孔 長 (m)				
	穿 孔 径 (mm)				
	穿 孔 数 (本)				
	火 薬 の 種 類				
	全 火 薬 使 用 量 (kg)				
	単 位 火 薬 使 用 量 (kg/m ²)				
	穿 孔	正 面 図 および 穿 孔 間 隔			
		断 面 図 および 穿 孔 方 向			
	地 山 体 積 (m ³)				
	総 重 量 (ton)				
粒 度 分 布	総 重 量 (ton)		D ₁₀ =	D ₆₀ =	
	最 大 粒 径 (mm)				
	加 積 通 過 率 (%)	200 (mm)			
		101.6 (mm)			
		63.5 (mm)			
		38.1 (mm)			
		19.1 (mm)			
		9.52 (mm)			
4.76 (mm)					
2.0 (mm)					
備 考	1. 試験作業者				
	2. その他特記すべき事項				
	3. その他参考となる資料を付録する				

岩級: 電研の田中の分類 D₁₀: 10%粒径, D₆₀: 60%粒径

様式-3 ロック材料せん断試験

ダム名:

ダム名:

試料		試験方法				強度定数		備考			
岩石名 地質年代	採取位置 岩級区分	平均比重 吸水率	粒 度	供試体 寸 法	供試体密度 (g / cm ³) 初 期 圧 密 後		排水条件 とせん断 方 法		供 試 体 含 水 比 (%)	せん断抵抗 角 (度)	粘 着 力 C (kg / cm ²)
		Gg Ga Gb Q	Dmax D ₆₀ D ₁₀ -4.76 mm								◦ 試料採取方法, 採取時の粒度 (様式-2 の情報との関連) ◦ 試験粒度の決定方法 ◦ 締固め方法, 密度測定方法 ◦ 試験側圧 (垂直応力) ◦ 強度定数 (C, φ) の求め方 ◦ 試験実施年月日

Gg: 真比重, Ga: 表乾比重, Gb: 絶乾比重, Q: 吸水率, Dmax: 最大粒径, D₆₀: 60%粒径, D₁₀: 10%粒径

様式-4 ロック材料の室内締固め試験

[illegible]

※2 D_{max} : 最大乾径

※2 $D_{\max}$: 最大粒径, D_{60} : 60%粒径, D_{10} : 10%粒径

※3 モールドの高さおよび試料高さとその測定方法を併記する。

ダム名:

[illegible]

※ Gg:真比重, Ga:表乾比重, Gb:絕乾比重, Q:吸水率, Dmax:最大粒径, D₆₀:60%粒径, D₁₀:10%粒径

様式-6 ロック材料盛立試験(1)

ダム名:

N 4 — —	○ 試験実施年月 ○ 縮 尺	記号: 試験名 ○ : 密 度 ● : 沈下量 △ : 透水性 基礎地盤の状況:			
試験場位置図 (ダムサイト・採取地との関連)		試験盛土略図 (形状、寸法、各種試験測定位置)			
測 定 点 数		測 定 方 法			
層・時期 ※	計	比 重 吸水率	試 料 重 量	試 料 粒 径	試 験 法
比重・吸水率					
乾燥密度		乾 燥 密 度	試験孔の大きさ 形状: 体積:	体積測定方法 重量測定器	含水比換算方法 容量: 感度:
粒 度		粒 度	試 料 重 量	分 級 方 法 (使用したフルイ目の寸法)	
沈下量		沈下量			
透 水 性		透水性			

※「層・時期」の欄は、上層、下層、転圧前、転圧後などを記入する。

様式—7— ロック材料盛立試験(2)

ダム名:

[illegible]

Gg:真比重, $\bar{G}_a$:表乾比重, $\bar{G}_b$:絶乾比重, 平均値の考え方を明示する。

様式-8 ロック材料の設計値およびその考え方

ダム名:

[illegible]

様式-9 ロック材料品質管理基準

ダム名：

ゾーン名：

場 所	測定項目	測 定 方 法				品 質 基 準	試 験 頻 度	備 考
盛 立 場	比重・吸水率	試料採取方法	試 験 法	試 料 重 量	試 料 粒 径			
	密 度	体 積 測 定 方 法	試験孔の大きさ	重 量 測 定 器	含水比換算方法			
			形状： 体積：	容量： 感度：				
	粒 度	試料採取方法	試 料 重 量	分 級 方 法 (フルイ寸法)				
	透 水 性	測 定 位 置	試 験 方 法 (透水係数を求める式)					
採 取 場	比重・吸水率	試料採取方法	試 験 法	試 料 重 量	試 料 粒 径			
	粒 度	試料採取方法	試 料 重 量	分 級 方 法 (フルイ寸法)				

， 転庄仕様：

- 180 -

様式-11 ロック材料の採取

ダ ム 名										
岩 種 お よ び 岩 級		原石山から堤体 までの距離		km	原石山と堤体 部の高低差		m			
		運搬道路の勾配		最高	%	最低	%	平均	%	
堤体ロックの必要量(m³)		採 取 時 期								
原 石 山	坑 道 断 面									
	爆 破 工 法	薬 室 の 配 置								
		火 薬 量 (kg)								
		火 薬 の 種 類								
		坑 道 延 長 (m)		薬 室 数						
		掘 削 地 山 量 (m³)		最小抵抗線長 (m)						
		m³ 当りの火薬量 (kg/m³)								
		1,000m³当りの坑道長 (m)								
		薬 量 算 定 係 数 (C)								
		ベ ン チ カ ッ チ 工 法	孔 間 隔 (m)		概略図					
			薬 量 (kg)						単位薬量	(kg/m³)
	火 薬 の 種 類									
	ベ ン チ カ ッ チ		高 さ (m)							
			巾 (m)							
			長 さ (m)							
	数									
	掘 削 地 山 量 (m³)									
	せ ん 孔 機									
	せ ん 孔 径 (mm)									
せ ん 孔 長 (m)										
施 工 粒 度	粒 度 調 整 の 有 無									
	粒 度 調 整 の 方 法									
	最 大 粒 径 (mm)		原石山採 取 粒 度		盛立試験 粒 度					
	加 積 通 過 率 (%)	200 (mm)								
		101.6 (mm)								
		63.5 (mm)								
		38.1 (mm)								
		19.1 (mm)								
		9.52 (mm)								
		4.76 (mm)								
2.0 (mm)										
備 考	1. 採取作業者 2. 採取工法の決定理由 3. その他特記すべき事項 4. その他参考となる資料を 付録する		原石山 の 調 査	ボーリング	箇所	m				
				横 坑	箇所	m				
				弾 性 波	箇所	m				

おわりに

この報告書は、はじめに述べたように、昭和49年から昭和51年にかけて実施した建設省技術研究会の指定課題「フィルダムの設計と施工に関する研究」以来5年が経ったことから、主として直轄および補助ダムのロック材料について現場データを取りまとめたものである。技術研究会のひとつの成果である「フィル材料の試験指針(案)」はよく現場に浸透しており、今回の事例調査で各ダムを横ならべして比較してみる上でも大きく役立っているが、この試験指針(案)に盛られていない事項、例えば、現場密度・粒度の試験方法・データのとりまとめ方などについては、各ダムがバラバラに実施しているために厳密には共通のデータベースがなく、データも散逸しがちであることがわかった。

ダム工学は一般に経験工学の要素が強いが、ロックフィルダムのエンジニアリングも例外ではない。したがって現場のデータがある程度たまったら、本報告書のように整理しておくことが、今後のダム建設の進歩に役立つと思われる。

最後に、本研究のための資料を提供されたそれぞれのダム工事事務所の各位に謝意を表します。

参考文献

- 1) 日本大ダム会議；改訂ダム設計基準，(1971. 7)
- 2) 建設省河川局開発課・建設省土木研究所；フィルダムの設計と施工に関する研究，第29回建設省技術研究会報告(昭和50年度)，(1976. 11)
- 3) 建設省土木研究所ダム部フィルダム研究室；ロックフィル材料の大型三軸圧縮試験，(1982)
- 4) 松本徳久・渡辺和夫・小川優；ロック材料の最大粒径に着目した三軸圧縮比較試験，土木研究所資料第1788号，(1982. 3)
- 5) 堀徹郎；設計施工上より見たフィルダムの材料とその性質，フィルタイプダムの施工技術(Ⅱ)，日本ダム協会

調査対象としたダムの情報収集に際し参考とした資料・文献名を以下に示す。

① 大雪ダム

- 1) 北海道開発局；大雪ダム工事記録，(1977)
- 2) 北海道開発局旭川開発建設部大雪ダム建設事業所；フィル材料に関する調査資料(大雪ダム)，(技術研究会資料，1974. 8)
- 3) 北海道開発局大雪ダム建設事業所えん堤係；石狩川大雪ダム建設事業の内大雪ダム建設工事堤体関係施工管理試験とりまとめ図表，(技術研究会資料，1973. 11)
- 4) 大雪ダム建設事業所設計係；大雪ダム堤体本体の設計について，(1973. 4)
- 5) 古明地宏通・他2名；大雪ダムの設計と施工，ダム日本No 367，(1975. 5)

② 十勝ダム

- 1) 十勝ダムフィル材料に関する資料，(技術研究会資料，1974. 7)

2) 十勝ダム建設事業所；「フィルダムの施工」報告書，（技術研究会資料）

3) 北海道開発局帯広開発建設部；十勝ダム建設工事概要書第5回改記，（1981. 4）

4) 石井 収・近藤憲二郎；十勝ダムの設計と施工，ダム日本No 378，（1976. 4）

5) 十勝ダム建設事業所提供資料，（1982. 4）

③ 漁川ダム

1) 北海道開発局石狩川開発建設部；漁川ダム工事記録，（1981. 3）

2) 北海道開発局石狩川開発建設部漁川ダム建設事業所；漁川ダム試験設計施工に関する報告書（技術研究会資料）

④ 御所ダム

1) 建設省東北地方建設局御所ダム工事事務所；北上川水系御所ダム土木研究所ダム関係打合せ要旨（No 1 議事録集），（1978. 3）

2) 東北地方建設局御所ダム工事事務所；御所ダムフィル材料に関する調査資料，（技術研究会資料，1974. 7）

3) 東北地方建設局御所ダム工事事務所；原石山（三手の森山）試験結果一覧表，（1976. 3）

4) 調査設計課；御所ダムフィル堤体部堤体材料現場試験計画書，（1977. 3）

5) 御所ダム工事事務所；御所ダムロック材盛立試験報告書，（1977. 9）

6) 御所ダム工事事務所；御所ダムフィル堤体盛立について，（1979）

7) 建設省東北地方建設局御所ダム工事事務所；御所ダム工事誌，（1982. 3）

8) 建設省東北地方建設局御所ダム工事事務所；御所ダム図集，（1981. 10）

⑤ 白川ダム

1) 建設省東北地方建設局白川ダム工事事務所；フィルダムの設計と施工に関する研究（白川ダム大型一面せん断試験について），（1974. 11）

2) 東北地方建設局白川ダム工事事務所；フィルダムの設計と施工，（技術研究会資料）

3) 東北地方建設局白川ダム工事事務所；フィルダムの施工，（技術研究会資料，1976. 9）

4) 白川ダム工事事務所；白川ダムフィル堤体盛立計画編，（1975. 3）

5) 白川ダム工事事務所；白川ダム盛立試験，（1975. 3）

6) 白川ダム工事事務所；白川ダム盛立工事について，（1976）

7) 建設省東北地方建設局白川ダム工事事務所；昭和55年度白川ダム地質解析資料整理業務委託報告書，（1981. 3）

8) 東北地方建設局白川ダム工事事務所；白川ダムの設計，（1981. 3）

9) 白川ダム工事事務所提供資料，（1982）

10) 川村幸司・他3名；白川ダムの盛立試験と施工管理について，第29回建設省技術研究会報告（昭和50年度），（1976. 11）

11) 電力土木技術協会；改訂新版最新フィルダム工学，（1981. 3）

⑥ 岩屋ダム

- 1) 水資源開発公団・中部電力株式会社；岩屋ダム工事誌，（1978. 3）
- 2) 中部電力株式会社；“岩屋ダムの設計と施工に関する研究”報告書（技術研究会資料，1976. 9）

⑦ 寺内ダム

- 1) 水資源開発公団寺内ダム建設所；寺内ダム工事誌，（1980. 3）
- 2) 水資源開発公団寺内ダム建設所；寺内ダムの築堤材料の特性，（技術研究会資料，1974. 7）
- 3) 水資源開発公団寺内ダム建設所；寺内ダムの築堤材料の特性（追補，ロック材の大型3軸試験），（技術研究会資料，1974. 8）
- 4) (株)間組・日本国土開発(株)寺内ダム建設工事共同企業体；寺内ダム建設工事ロック盛立試験報告書，（技術研究会資料，1975. 8）
- 5) 前岡光明・古川保典；寺内ダムの調査－築堤材料調査－，第7回技術研究発表会資料
- 6) 水資源開発公団寺内ダム建設所；寺内ダム図面集，（1979. 3）

⑧ 福地ダム

- 1) 沖縄開発庁沖縄総合事務局北部ダム事務所；福地ダムの設計と施工，第28回建設省直轄技術研究会資料
- 2) 沖縄開発庁沖縄総合事務局北部ダム事務所；フィルダムの設計と施工に関する研究（福地ダムの施工について），（1976. 11）
- 3) 沖縄開発庁；福地ダム（パンフレット），（1979）
- 4) 山住有巧；沖縄の水資源開発と福地ダム，ダム日本No 341（1973. 3）

⑨ 樽水ダム

- 1) 宮城県土木部樽水ダム建設事務所；樽水ダム工事誌，（1977. 3）
- 2) フィルダム材調査について（樽水ダム）（技術研究会資料）
- 3) 宮城県樽水ダム；フィルダムの施工（技術研究会資料，1976. 9）

⑩ 漆沢ダム

- 1) 城島室長現地打合せ資料（資料名不明）
- 2) 宮城県漆沢ダム；フィル材料に関する調査資料，（技術研究会資料）
- 3) 宮城県漆沢ダム建設事務所；漆沢ロックフィルダムの建設計画，ダム日本No 317，（1971. 3）
- 4) 栗林源次郎・小松崎隆；漆沢ダムの施工状況について，ダム日本No 398，（1977. 12）
- 5) 宮城県鳴瀬川総合開発建設事務所漆沢ダム出張所；「フィルダムの施工」報告書，（技術研究会資料，1976. 9）
- 6) 宮城県鳴瀬川総合開発建設事務所漆沢ダム出張所；鳴瀬川総合開発事業漆沢ダム施工管理基準，1976. 3）
- 7) 宮城県鳴瀬川総合開発建設事務所；漆沢ダム築造工事特記仕様書（変更），（1976. 3）
- 8) 電力土木技術協会；改訂新版最新フィルダム工学，（1981. 3）

⑪ 七北田ダム

- 1) 宮城県七北田南川ダム建設事務所提供資料, (1981. 11)
- 2) 開発工事(株); 昭和48年度七北田ダム原石試験報告書, (1974. 2)
- 3) 開発工事(株); 七北田ダムロック材料三軸圧縮試験結果・ダム安定計算結果, (1978. 10)
- 4) 宮城県; 七北田ダム盛立管理実績参考数値 (S. 54. 9 ~ S. 55. 8)
- 5) 宮城県; 七北田ダム盛立材料について, (1979. 8)
- 6) 宮城県; 七北田ダム築造第2期工事七北田ダム盛立施工管理基準, (1980)
- 7) 宮城県; 七北田ダム基礎および築堤材料の地質, (1979. 3)
- 8) 宮城県七北田・南川ダム建設事務所; 七北田ダム (パンフレット), (1979. 4)
- 9) 宮城県; 七北田川総合開発事業計画七北田ダム, (1973. 8)

⑫ 前川ダム

- 1) 前川ダム建設事務所提供資料, (1982. 5)

⑬ 四時ダム

- 1) 福島県四時ダム建設事務所提供資料, (1981. 11)
- 2) (株)新日本技術コンサルタント; 四時ダム材料試験委託 (第2の4の7号) 報告書, (1978. 1)
- 3) 四時ダム建設事務所; ロック材のフィールド試験, (1978. 12)
- 4) 福島県四時ダム建設事務所; 四時ダム堤体材料の調査と施工, (1980. 3)
- 5) 福島県四時ダム建設事務所; 四時ダム建設 (本体) 工事特記仕様書, (1978. 3)

⑭ 手取川ダム

- 1) 汐崎孝允; 手取川ダムの盛立材料とその施工管理について, ダム日本No 411, (1979. 1)
- 2) 電源開発株式会社; 手取川ダム盛立施工基準, (1975)
- 3) 電源開発株式会社手取川建設所; フィルダムの施工報告; (技術研究会資料, 1976. 8)
- 4) 電源開発株式会社提供資料, (1982. 4)
- 5) 電力土木技術協会; 改訂新版最新フィルダム工学, (1981. 3)
- 6) 電源開発株式会社手取川建設所; 手取川ダムフィルター・トランジション・ロック材管理試験結果 (総括), (1978)

⑮ 三保ダム

- 1) 神奈川県企業庁管理局三保事務所; 三保ダム建設工事誌, (1982. 3)
- 2) 企業庁材料試験室; ロック材セン断試験報告書No50-02 (技術研究会資料, 1975. 7)
- 3) 神奈川県企業庁酒匂川総合開発建設事務所; 酒匂ダム堤体材料調査報告書 (技術研究会資料, 1974. 7)
- 4) 神奈川県企業庁酒匂川総合開発建設事務所; 「フィルダムの施工」報告書 (技術研究会資料, 1976. 8)
- 5) 神奈川県企業庁酒匂川総合開発建設事務所; 三保ダム盛立施工管理について (技術研究会資料, 1975. 10)
- 6) 五味一雄; 三保ダムの設計と施工 - 右岸半島部処理を中心に -, 大ダムNo 83 (1978. 3)
- 7) 斉藤真之助・他2名; 三保ダム盛立材料と堤体設計について, ダム日本No 384 (1976. 10)

8) 神奈川県企業庁総合開発局酒匂川総合開発建設事務所；堤体材料について（技術研究会資料，1978. 2）

⑯ 広瀬ダム

1) 山梨県土木部；広瀬ダム，（1976. 3）

2) 山梨県広瀬ダム建設事務所；山梨県広瀬ダムの築堤材料について，（技術研究会資料，1974. 7）

3) 永野明夫；広瀬ダムの設計と施工について，発電水力No 139，（1975. 11）

4) 工藤信雄；広瀬ダムの施工について，ダム日本No 335，（1972. 9）

5) 建設省河川局開発課・建設省土木研究所；フィルダムの設計と施工に関する研究，第29回建設省技術研究会報告（昭和50年度），（1976. 11）

6) 広瀬ダム建設事務所；広瀬ダム堤体法面安定計算，（1971. 8）

⑰ 荒川ダム

1) 日本工営；山梨県荒川ダムのフィル材料に関する資料，（1977）

2) 山梨県荒川ダム建設事務所；荒川総合開発事業荒川ダム建設工事特記仕様書，（1982. 3）

3) 荒川ダム建設事務所；荒川ダム盛立材料について，（1976. 11）

4) 山梨県荒川ダム建設事務所；荒川ダム試験盛立報告書（於2次締切堤），昭和55年度

5) 山梨県荒川ダム建設事務所；荒川ダム材料の設計値について，（1977. 11）

6) 山梨県；荒川ダム（パンフレット）

7) 荒川ダム建設事務所提供資料，（1982. 4）

⑱ 双葉ダム

1) 杉井 勲；双葉ダムの設計と施工について，ダム日本No 369，（1975. 7）

2) 杉井 勲；双葉ダムの設計について

3) 農業土木試験場造構部第3研究室；双葉ダム用土（河床堆積礫）土質試験結果報告書（フィルダム研究室資料，1971. 3）

4) 双葉ダム堤体材料（河床砂礫）大型3軸試験結果報告書（フィルダム研究室資料，1972. 11）

5) 杉井 勲・沢田康則；双葉ダムのダムタイプの選定と基礎処理，土木技術31巻1号

6) 小樽開建倶知安農業事務所；双葉ダム密度試験報告書

⑲ 武利ダム

1) 北海道電力株式会社；瀬戸瀬水力発電所武利ダムの設計について(1)・(2)，（1976）

2) 町野好宜・川嶋登紀衛；瀬戸瀬水力発電所武利ダムの設計について，大ダムNo 84，（1978. 6）

3) 北海道電力株式会社瀬戸瀬水力発電所建設所；瀬戸瀬発電所武利ダムの設計と施工，（1980. 8）

4) 北海道電力株式会社；瀬戸瀬発電所計画概要，（1976. 2）

⑳ 高瀬・七倉ダム

1) 久保田昭寿・江阪俊男；高瀬・七倉ダムの設計および施工の概要について，ダム日本No 354・355，（1974. 5）

2) 三村誠三・山下 弘；高瀬川開発工事のうち，高瀬ダム・七倉ダムの設計と施工計画について，発電水力No 129，（1974. 3）

3) 岩片透；高瀬・七倉ダム，コア材の施工管理基準について－主に土質試験関係－，発電水力№143 (1976. 7)

4) 高井亮治；高瀬ダムの堤体と材料，大ダム№82，(1977. 12)

5) 電力土木技術協会；改訂新版最新フィルダム工学，(1981. 3)

㊸ 下小鳥ダム

1) 玉井摂郎；下小鳥水力発電所建設の概要，発電水力№112，(1971. 5)

2) 矢ヶ崎収一・原田次夫；下小鳥ロックフィルダムの設計と施工(そのⅠ)，発電水力№120，(1972. 9)

3) 矢ヶ崎収一・原田次夫；下小鳥ロックフィルダムの設計と施工(そのⅡ)，発電水力№121，(1972. 11)

4) 電力土木技術協会；改訂新版最新フィルダム工学，(1981. 3)

㊸ 南原・明神ダム

1) 中国電力；南原発電所工事記録－ダム－，(1977)

2) 庄野久人・佐々木清；南原ダム設計・施工上の一，二の問題点について，ダム日本№359，(1974. 9)

3) 南 一良；南原発電所の工事概要，大ダム№72，(1975. 6)

4) 庄野久人・他3名；南原ダム堤体材料の調査と施工，発電水力№138，(1975. 9)

㊸ 稲村ダム

1) 中山謙治・糸賀郁雄；稲村ダムの設計と施工について，大ダム№98，(1981. 12)

2) 糸賀郁雄・井上芳樹；本川発電所の設計と施工について－Ⅱ片岩地帯における稲村ロックフィルダム，電力土木№172，(1981. 5)

3) 材料試験および設計値関係

4) 四国電力株式会社本川建設所；稲村ダムロック材料試験結果，(1979. 5)

5) 四国電力株式会社；稲村ダム盛立施工基準，(1979. 8)

ロック材料の調査・設計・
施工に関する事例調査

土木研究所資料第 1839 号
昭和 57 年 7 月 (1982)
松本徳久, 渡辺和夫, 吉野内真二

キーワード ロック材料, 調査, 設計, 施工

要 旨 本報告書は、既設ダムのロック材料に関する現場データを整理したものであり、余盛の設計法、密度と粒度について調査時と施工時の関連、試験結果の整理記述様式等について若干の提案を行っている。



郵便はがき

40円切手
をはいて
下さい

305-□□

茨城県筑波郡豊里町大字旭一番地
建設省土木研究所
フィルダム研究室 御中

No. _____

No. _____

配布先氏名

配布先住所



土木研究所資料第1839号 部

上記のとおり受領しました。

所 属 (住所)

氏 名

印