

I S S N 0386—5878

土 研 資 料 第1975号
032

土 木 研 究 所 資 料

竜門ダムフィル材料試験報告書

昭和58年3月

建設省土木研究所
ダム部フィルダム研究室

Copyright © 1983 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なってはならない。

竜門ダムフィル材料試験報告

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，小川 俊

目 次

1. ま え が き	1
2. 試 験 材 料	2
3. 試 験 概 要	3
4. 試 験 結 果	6
4.1 物 理 試 験	6
4.2 締 固 め 試 験	7
4.3 三 軸 圧 縮 試 験	9
4.4 粒 子 破 碎	10
4.5 粒子形状および圧裂引張強さ	10
5. 考 察	13
参 考 文 献	16

1. まえがき

竜門ダムは、熊本県菊池川右支川、迫間川上流の竜門地点に洪水調節・流水機能の正常化・かんがいおよび工業用水を目的に計画中であり、ダム高101 m、有効貯水容量4150万 m^3 のダムである。

本報告書は、九州地方建設局竜門ダム工事事務所の依頼によりロック材料として使用予定の花崗岩について物理試験および大型三軸圧縮試験を実施した結果とロック材料としての設計参考値について考察を加えてとりまとめたものである。図-1に竜門ダムの建設予定概略位置を示す。

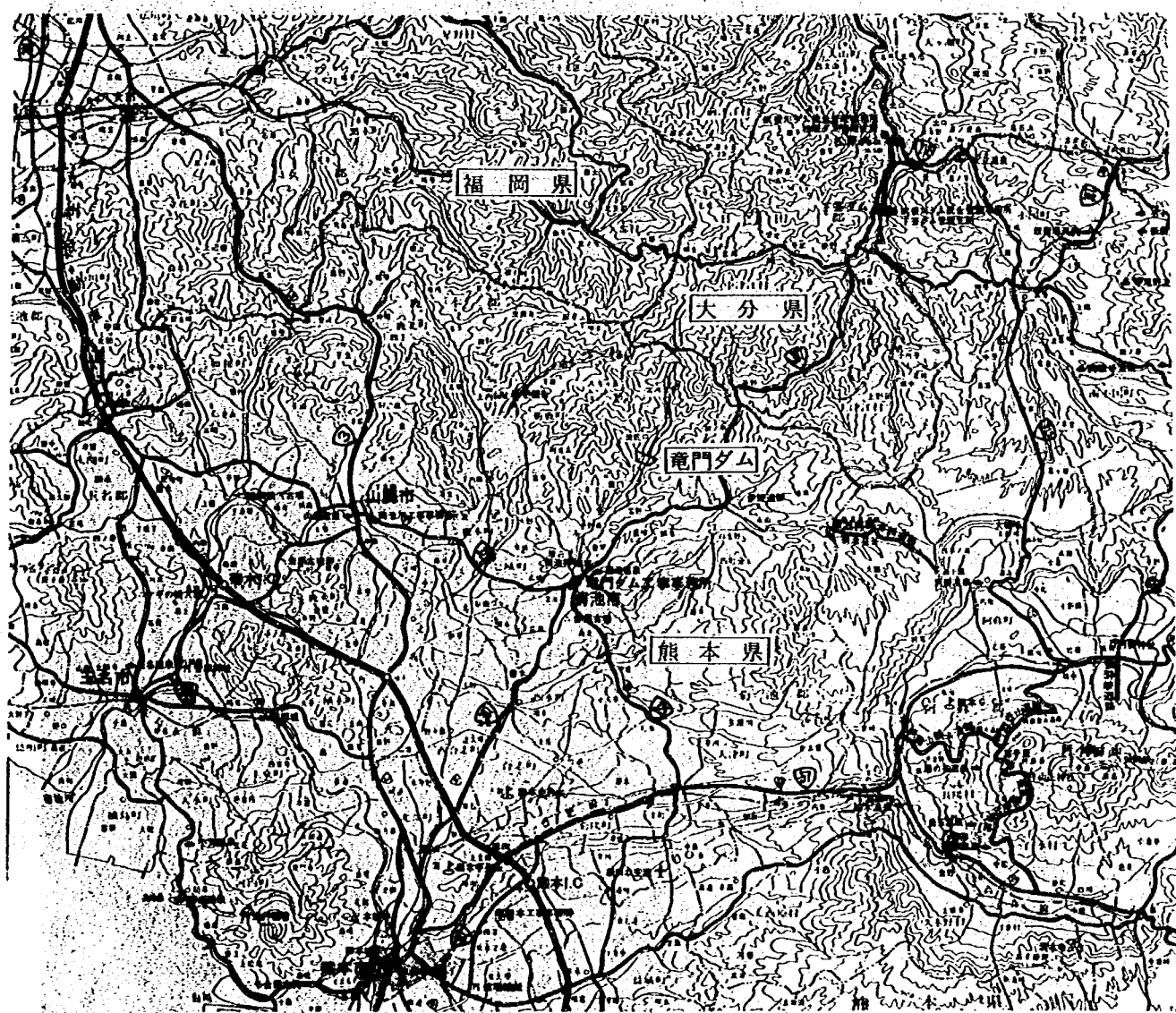
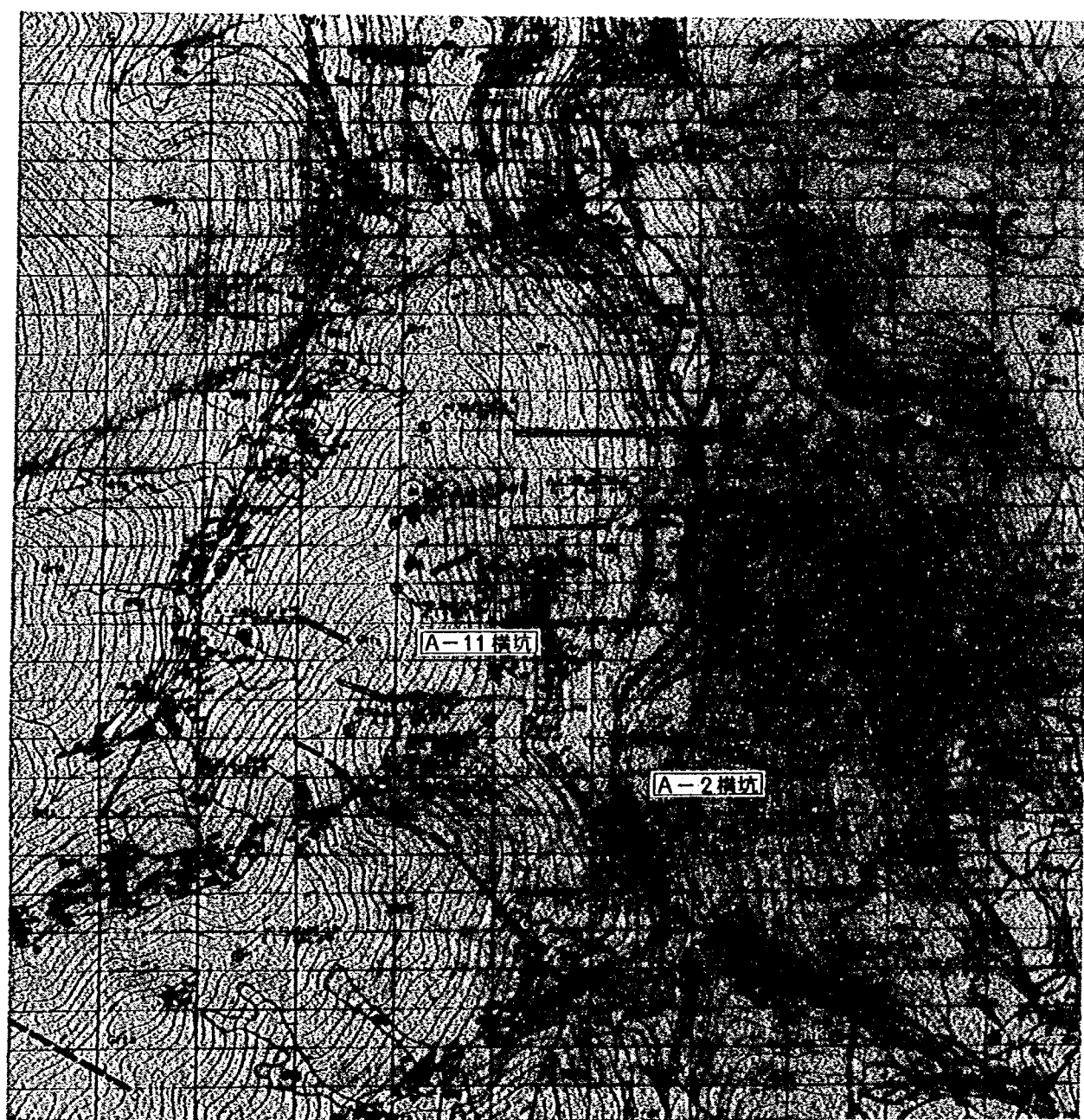


図-1 竜門ダム建設予定の概略位置

2. 試験材料

ダムサイト周辺の地質概要は、工事事務所の調査によれば、菊池川上流部は新生代更新世末期の阿蘇カルデラ生成時に噴出された阿蘇火砕流堆積物と洪積砂礫層であり中下流部は花崗岩類が分布している。ダムサイトは、古生代の変成岩と中生代末期の花崗岩を基盤とし、これに不整合した阿蘇火砕流堆積物等から構成されている。

試験材料は図－2に示す原石山横坑内から工事事務所が採取して土木研究所フィルダム研究室の実験室に搬入されたものである。試料採取の概要を表－1に示す。



図－2 原石山での試料採取位置

表-1 試料採取の概要

採取横坑 (ダムサイト左岸)	A-2 : 坑口からの深度23 m地点, 岩級: $C_M \sim C_L$, 標高: 260 m A-11 : 坑口からの深度20 m地点, 岩級: $C_M \sim C_L$, 標高: 270 m
岩種	花崗岩
採取時期	昭和57年3月
採取方法	穿孔長: 1.2 m 穿孔径: 30 mm 一断面当りの穿孔本数: 28~32本 火薬の種類: 2号復および3号桐

3. 試験概要

試験の手順を図-3に示す。現場より実験室に搬入された試料をJIS・A・1204に準拠して粒径0.074~6.35mmについて10粒径階に分級するとともに並行作業として試料の含水比を1%以下となるまで天日乾燥した。

1) 物理試験

試料の比重および吸水率を求める試験である。粒径4.76mm以上の比重および吸水率はJIS・A・1110に準拠した方法であり、試料の水浸・炉乾燥時間は各々48・24時間とした。粒径4.76mm以下についてはJIS・A・1202に準拠した方法で行った。また、搬入試料および試験中における含水比状態を求めるためにJIS・A・1203に準拠した含水量試験を行った。

2) 試験粒度の決定

試料の締固まり特性を求めるための締固め試験および三軸圧縮試験を行う時の試験粒度を決定する必要がある。

試験粒度条件としては、①試料最大粒径と三軸供試体直径の比を1:5とする（本試験での最大粒径は6.35mmとした）。②横坑採取した試料の粒度は大粒径のものより構成されているため室内で試験可能とするために横坑内で採取した粒度分布と相似な粒度分布について試験することを基本的な考え方とした。

ここでA-2横坑より採取したものをA-2材料、A-11横坑より採取したものをA-11材料と分類しておくことにする。比重および吸水率は試験結果から判断してA-2材料とA-11材料は同程度であり同一の岩質であると考えられた。また、横坑採取粒度分布はA-2材料、A-11材料とも図-4に示す粒度分布範囲内にはほぼ相似に分布しているがA-2材料はやや全体的に粒径が大きな粒度組成（分布範囲の右側）の傾向であった。後で述べるようにA-2材料およびA-11材料は比重および吸水率が同程度であることから材質的には同じものとみなし粒度の分布範囲のみに着目して粒径の大きな粒度組成をA-2材料で均等係数10のもの、粒径の小さな粒度

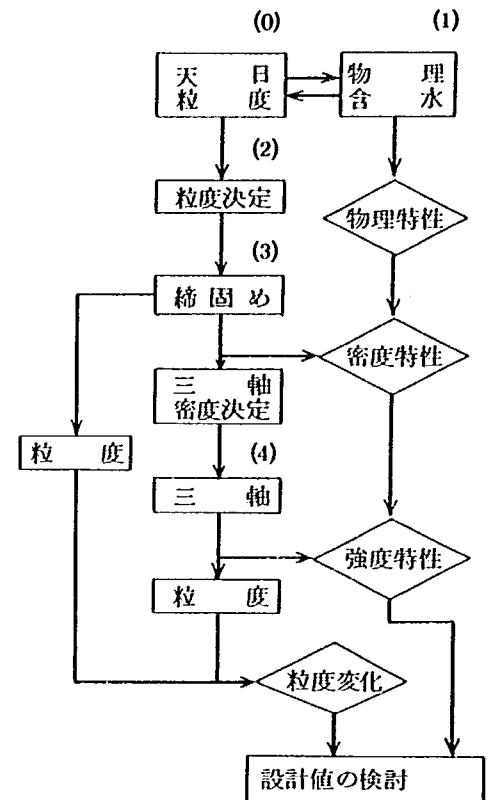


図-3 試験の手順

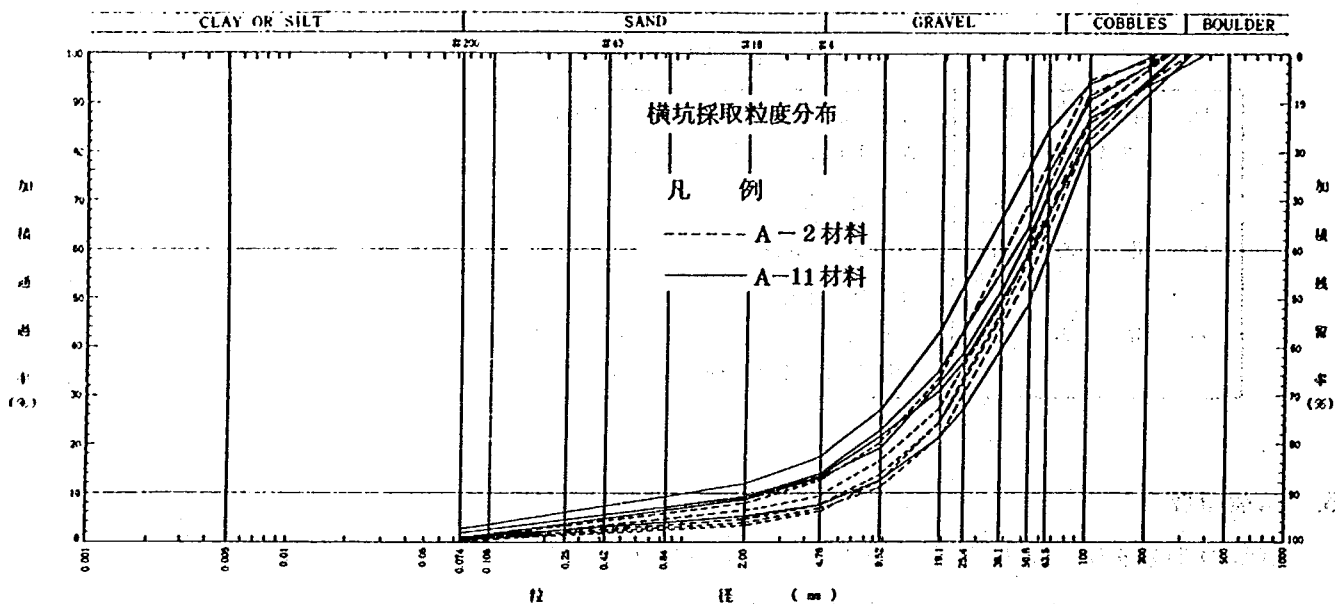


図-4(a) 横坑採取粒度分布

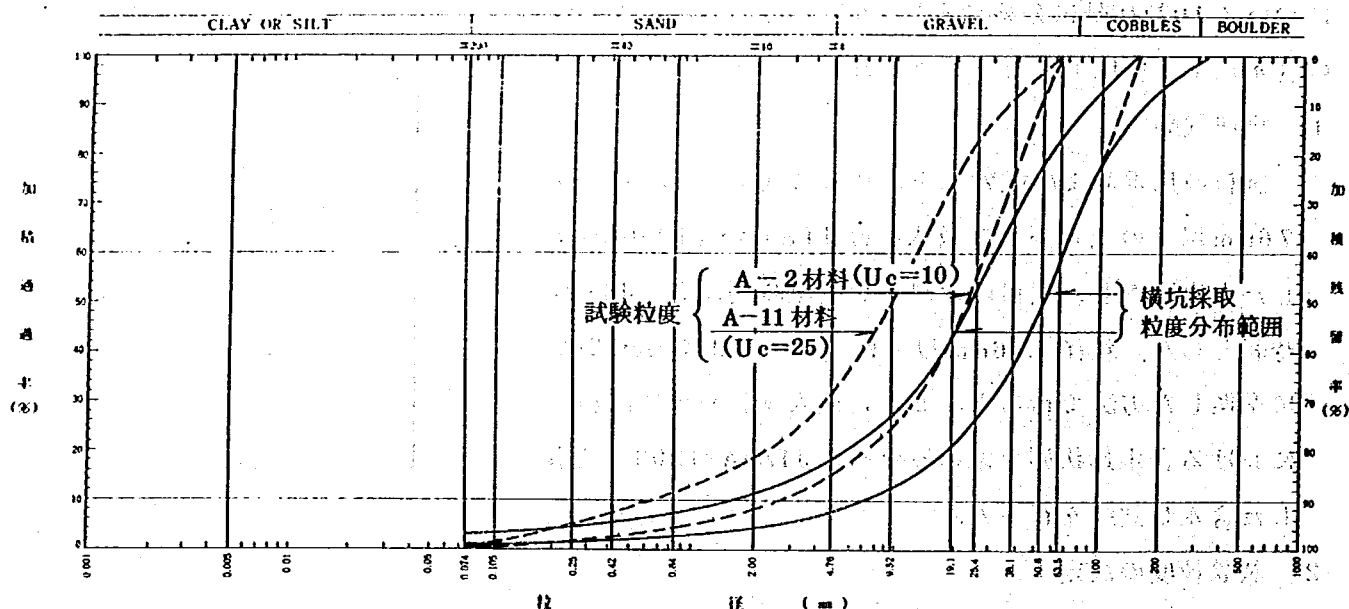


図-4(b) 横坑採取粒度と室内試験粒度

組成を A-11 材料で均等係数 25 のものとして図-4 に示す相似な 2 種の試験粒度を以後試験する粒度と決定した。

3) 締固め試験

試験は図-5 に示す電動ランマーにより表-2 に示す仕様で行った。

表-2 締固めの仕様

電動ランマー	全負荷打撃数: 950 打/分 本体重量: 33 kgf 加圧盤径: 20 cm
試料絶乾重量	78 kgf
締固め層数	6層(1層10cm程度)
モールド寸法	径30cm×高さ60cm
締固めエネルギー	締固め時間で調節
締固め時間(1層)sec	0, 10, 20, 30, e min を求める

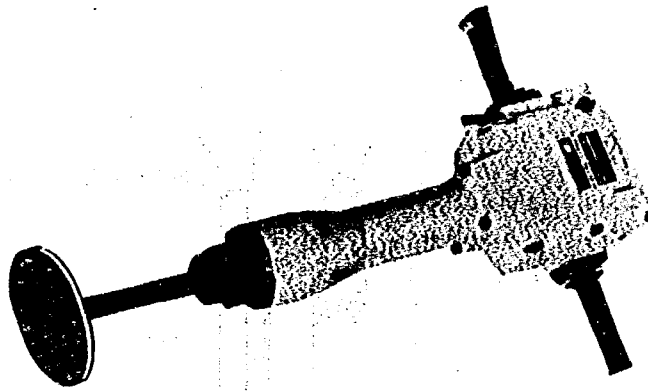


図-5 電動ランマー

試験手順は、試料の絶乾重量を 78 kgf として図-4の試験粒度分布となるように粒径別の必要量を計量してから各粒径重量を6等分する。6等分した各々の粒径を混合して1層分の粒度組成試料を6個作成する。締固めは1層ごとに行い6層まで締固める。締固め後の密度は試料高さを5点測定した平均値とモールド直径・試料の絶乾重量より計算により求めた。締固め試験による最小間隙比 $e_{\min}$ (最大乾燥密度) は締固めによって間隙比が一定に近づき粒子の破碎率が7%以下の状態を定義して求めた。粒子破碎率は、試験前の粒度分布と試験後の粒度分布の差を求め Marsal の定義¹⁾により表現した。粒子破碎を調べるための粒度試験は $e_{\min}$ を求めた時の試料と三軸圧縮試験を行う時の圧密後間隙比と同程度の締固まり密度の試料について行った。

4) 三軸圧縮試験

試験は土質工学会基準「土の三軸試験法(案)」²⁾に準拠して行った。三軸試験の方法を表-3に示す。また三軸圧縮試験装置の仕様を表-4に装置の概要を図-6に示す。

表-3 三軸試験の方法

試験方法	圧密排水, 不飽和(気乾)
せん断方法	軸変位制御 (6 mm/min)
試験粒度と試験密度	A-2 材料: $e_c = 0.322, 0.402$ A-11 材料: $e_c = 0.279, 0.745$
試験側圧	$1.5, 3, 4.5, 6 \text{ kgf/cm}^2$

表-4 三軸圧縮試験装置の仕様

試験装置	項目	仕様
大型三軸圧縮試験機	供試体の寸法	$D300 \times H600 \text{ mm}$
	最大軸力	$150 \text{ ton} (\div 215 \text{ kg/cm}^2)$
	最大側圧	$30 \text{ kg/cm}^2 \left(\frac{\sigma_1 \text{ max}}{\sigma_3 \text{ max}} \div 7.2 \right)$
	ひずみ速度	6 mm/min (約1%)
	制御	ひずみ及び荷重制御可

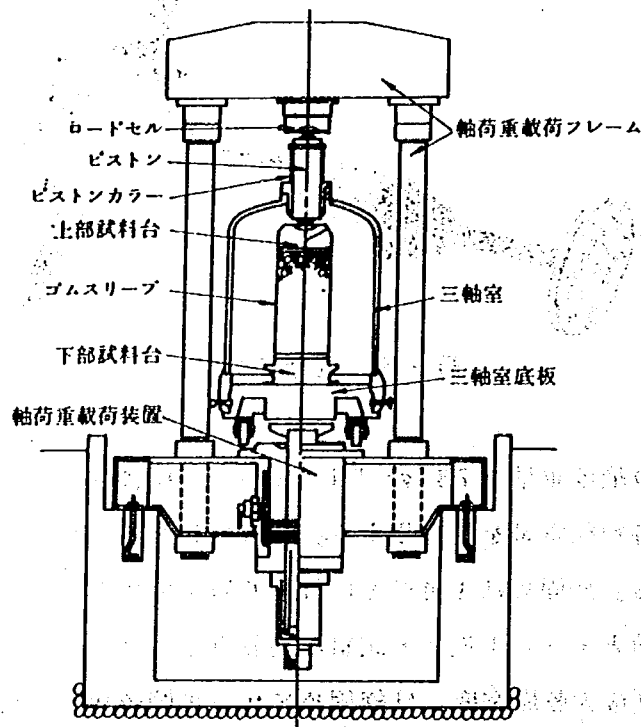


図-6 三軸試験装置の概要

供試体の試験密度は締固め試験で定義して得られた相対密度80%の状態をDense、60%の状態をMediumとしてA-2材料およびA-11材料について試験した。本試験では、供試体の初期密度を統一した場合には側圧の大小によって圧密量が異なりせん断直前における供試体密度に差を生じることとなるためせん断直前での供試体密度を統一する方法を採用した。せん断直前の供試体密度つまり圧密後の密度を絶対比重で求めた間隙比で統一した。具体的には、あらかじめ供試体の初期密度と圧密応力（側圧）の大きさによる圧密量の関係を求めその結果より試験側圧で生じる圧密量を考慮して目標圧密後密度となる初期密度状態の供試体を作成して試験した。せん断は軸方向ひずみが17%で終了とした。また、圧密前に供試体側面にゴムスリーブを密着させるために0.3Kgf/cm程度の負圧を与えて圧密を開始して側圧を0.3Kgf/cm程度になった時点で大気開放した。粒子の破碎率調査は締固め試験時に行った同じ方法でせん断試験後供試体試料について行った。

4. 試験結果

4.1 物理試験

試験結果を表-5に代表物性値を表-6に示す。

試験前含水比（天日乾燥後）はA-2およびA-11材料とも等しい値を示し、粒径4.76mm以上で0.2~0.4%と1%以下に乾燥できたが4.76~2.00mmで4%、2.00~0.074mmで8%と多目であった。これは粒径が小さいために十分に乾燥できなかったためである。しかし、含水比が多

目の材料使用量が少ないため試料全体の平均含水比では1%以下となるので問題はない。比重の大きさは、A-2, A-11材料はほぼ等しい値で絶乾比重で2.5・真比重で2.6・表乾比重で2.6

表-5 粒径別の比重および吸水率

試料 粒径 d(mm)	A-2材料						A-11材料					
	搬入時 含水比 w(%)	絶乾 比重 Gb	真比重 Gg	表乾 比重 Ga	吸水率 Q(%)	重量 百分率 (%)	搬入時 含水比 w(%)	絶乾 比重 Gb	真比重 Gg	表乾 比重 Ga	吸水率 Q(%)	重量 百分率 (%)
63.5~50.8	0.26	2.591	2.638	2.609	0.70	8.0	0.25	2.560	2.630	2.587	1.04	3.0
50.8~38.1	0.19	2.590	2.638	2.608	0.70	16.0	0.34	2.557	2.631	2.585	1.09	5.0
38.1~25.4	0.23	2.589	2.643	2.610	0.80	20.0	0.34	2.548	2.630	2.579	1.23	9.0
25.4~19.1	0.20	2.575	2.636	2.598	0.90	13.0	0.41	2.538	2.638	2.576	1.50	9.0
19.1~9.52	0.23	2.564	2.638	2.592	1.08	19.0	0.41	2.538	2.635	2.575	1.45	25.0
9.52~4.76	0.31	2.541	2.638	2.578	1.44	9.0	0.74	2.493	2.643	2.550	2.29	18.0
4.76~2.00	4.07		2.645			7.0	4.38		2.636			13.0
2.00~0.84			2.650			4.0			2.646			6.0
0.84~0.42	8.02		2.657			1.0	8.33		2.651			4.0
0.42~0.074			2.667			3.0			2.658			8.0

表-6 代表物性値

試料	含水比(%)	絶乾比重(Gb)	吸水率(%)
A-2材料	0.19	2.588	0.92
A-11材料	0.43	2.566	1.60

前後である。また、吸水率はA-2材料で0.7~1.4%、A-11材料で1.0~2.3%で粒径が大きなものより小さいものの方が大きな傾向にあるが、これは粒径が小さくなると表乾状態を作ることが困難になることに起因しているものと考えられる。

試験結果よりA-2, A-11材料は同一の材料と判断でき、比重の大きさを見ると花崗岩としては一般的な値であり、吸水率が試料A-11材料で若干多い程度でロック材料として問題のない値と言える。

4.2 締固め試験

締固め試験結果を表-7および図-7に示す。締固め後の間隙比は1~5層までは20・30秒、6層目で5秒毎に30秒までの締固め時間で求めた。また、粒子破碎調査は締固め時間30秒(e_{min})のみ行った。 e_{max} および e_{min} の値はA-2材料で0.64・0.25, A-11材料で0.56, 0.21と e_{max} および e_{min} ともA-2材料の方がA-11材料より大きな値が現われており粒度組成の相違が締固まり密度に大きく影響を与えている。締固め時間が10~20秒で間隙比の減少が若干あり20~30秒ではほぼ一定の間隙となっているため e_{min} を30秒で得られた間隙比としたが粒子破碎率を見ると本試験の規定よりも2%多目でありあまり良い求め方ではなかった。本来は同一

表-7 締固め試験結果

	層	投入のみ	締 固 め 時 間							破砕率 B(%)	備 考
			0 秒	5 秒	10 秒	15 秒	20 秒	25 秒	30 秒		
A-2 材料 Uc = 10 比重 2.588	1	γ_d 1.370 e 0.889	1.345 0.925				1.756 0.474		1.782 0.452	9.2	E _{max} = 0.640 E _{min} = 0.255 γ_d max = 2.063 t/m ³ γ_d min = 1.578 t/m ³
	2	1.422 0.820	1.603 0.615				1.917 0.550		1.947 0.329		
	3	1.548 0.672	1.768 0.464				1.974 0.311		1.986 0.303		
	4	1.563 0.656	1.837 0.409				2.001 0.293		2.009 0.288		
	5	1.566 0.652	1.891 0.369				2.028 0.276		2.045 0.265		
	6	1.578 0.640	1.929 0.342	2.028 0.276	2.038 0.270	2.047 0.264	2.061 0.256	2.055 0.259	2.063 0.255		
A-11 材料 Uc = 25 比重 2.566	1	1.383 0.855	1.479 0.735		1.926 0.332	1.949 0.317	1.968 0.304	1.990 0.289	1.994 0.287	9.0	E _{max} = 0.560 E _{min} = 0.210 *印 締固め時間 35 秒 γ_d max = 2.121 t/m ³ γ_d min = 1.645 t/m ³
	2	1.553 0.653	1.740 0.475				2.056 0.248		2.072 0.239		
	3	1.601 0.603	1.870 0.372				2.079 0.234		*2.110 0.216		
	4	1.612 0.591	1.921 0.336				2.086 0.230		2.095 0.225		
	5	1.632 0.572	1.956 0.312				2.101 0.221		2.097 0.224		
	6	1.645 0.560	1.993 0.288		2.099 0.222	2.111 0.215	2.108 0.217	2.120 0.211	2.121 0.210		

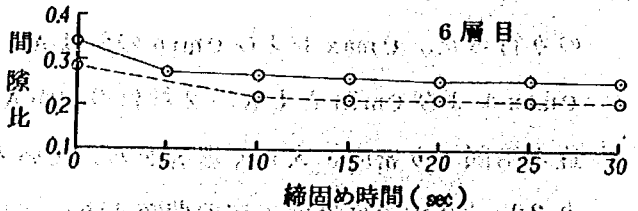
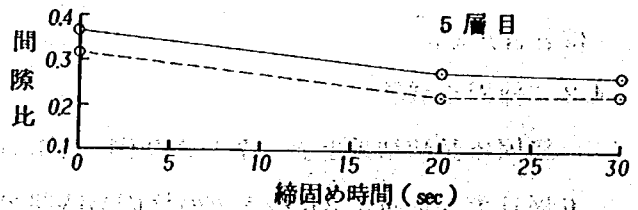
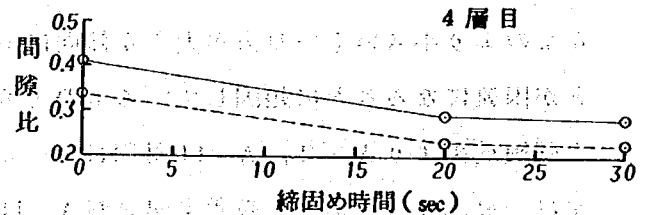
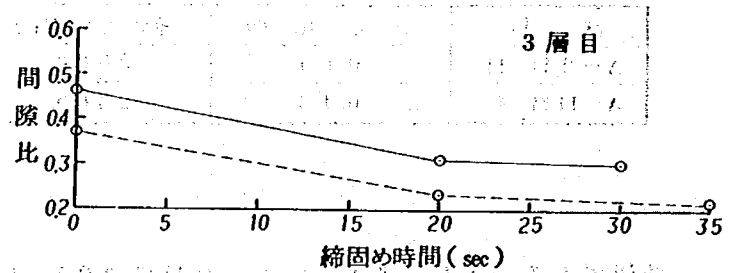
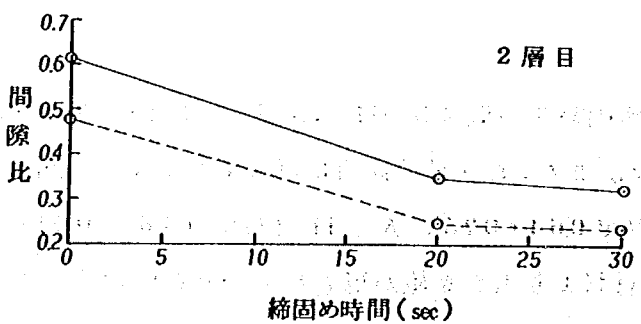
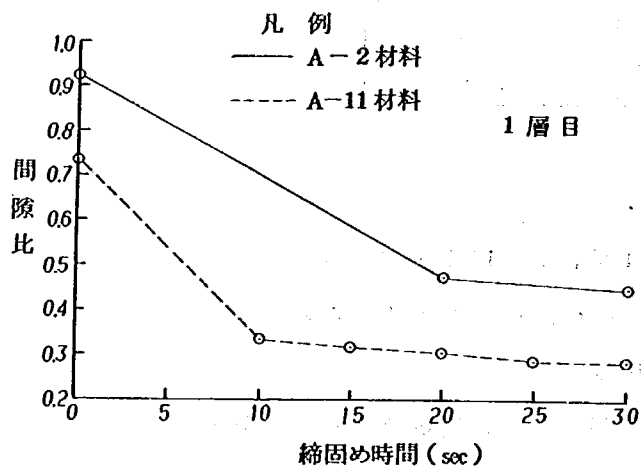


図-7 層別の締固め時間と間隙比の変化

粒度条件について最低4供試体以上は試験すべきであるが試料に限りがあったため多くの試験ができなかった。

4.3 三軸圧縮試験

a) 供試体間隙比

間隙比の値は、乾燥密度・水の単位体積重量および絶乾比重の値を用いて計算により求めたものである。

圧密後の平均間隙比を表-8に示す。間隙比の統一は、同じ密度条件内で0.002程度のバラツキ範囲とすることができたが、この方法は非常にむづかしく4本に1本の割合で成功する程度である。

表-8 圧密後平均間隙比

材 料	均 等 係 数	密 度 状 態	相 対 密 度	圧密後平均間隙比
A-2	10	Dense	82%	0.322
A-2	10	Medium	62%	0.402
A-11	25	Dense	80%	0.279
A-11	25	Medium	61%	0.345

b) 破壊包絡線

図-8に側圧と最大主応力差の関係を示す。モール・クーロンの破壊基準によれば一般にモールの応力円群の包絡線は一本の直線で表わすことができ図-8に示す側圧と最大主応力差の関係は各々の試験ケースで一本の直線で近似することができる。A-2材料のDense、A-11材料のMediumの側圧と最大主応力差の關係に若干のバラツキが認められるが全体的には兩者の關係は直線分布している。試験結果をとりまとめたものを表-9に示す。せん断強さについてみるとA-2、A-11材料とも圧密後の間隙比が大きいものより小さいものが大きい。圧密後の相対密度が同程度のA-2材料とA-11材料を比較してみるとA-2材料の方がA-11材料よりもせん断抵抗角が0.8~1.2度小さく現われている。同様に粘着力成分についても0.16~0.26 Kgf/cm²小さく現われている。

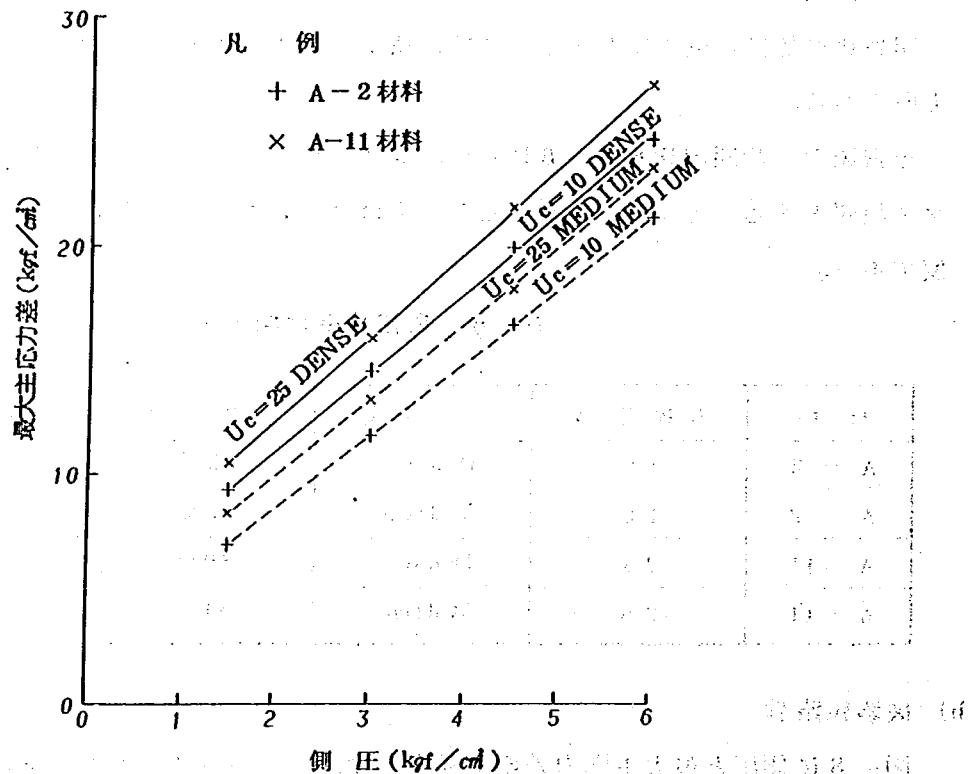


図-8 側圧と最大主応力差

c) 応力ひずみ曲線

応力ひずみ曲線を図-9, 10, 11, 12 に示す。

A-11 材料の方が A-2 材料に比較して軸方向ひずみが 15 % 以内で明確な最大主応力差が現われている。最大主応力差は軸方向ひずみの増加に伴って体積ひずみが圧縮方向に生じその後、膨張現象が生じてから現われておりせん断過程において生じる体積変化が軸方向ひずみと主応力差の関係に影響を与えているものと考えられる。

4.4 粒子破碎

最大密度を定義した締固め試験時の粒子破碎率は、A-2 材料で 9.2 %、A-11 材料で 9.0 % であった。三軸圧縮試験後の粒子破碎率は、側圧の小さなものより大きい方が大きい。また、同程度の相対密度条件では A-2 材料の方が A-11 材料よりも大きく現われており均等係数の小さな粒度組成の方が粒子破碎が大きく生じる結果が現われている。

4.5 粒子形状および圧裂引張強さ

表-10 に試料の粒子形状および圧裂引張強さを調べた結果を示す。

粒子形状調査は粒子の形を分類するために調査したものである。調査方法は、石を置いた時に一番安定した状態での寸法を三方向について測定する。その結果より最長(a)・中間長(b)・最短長

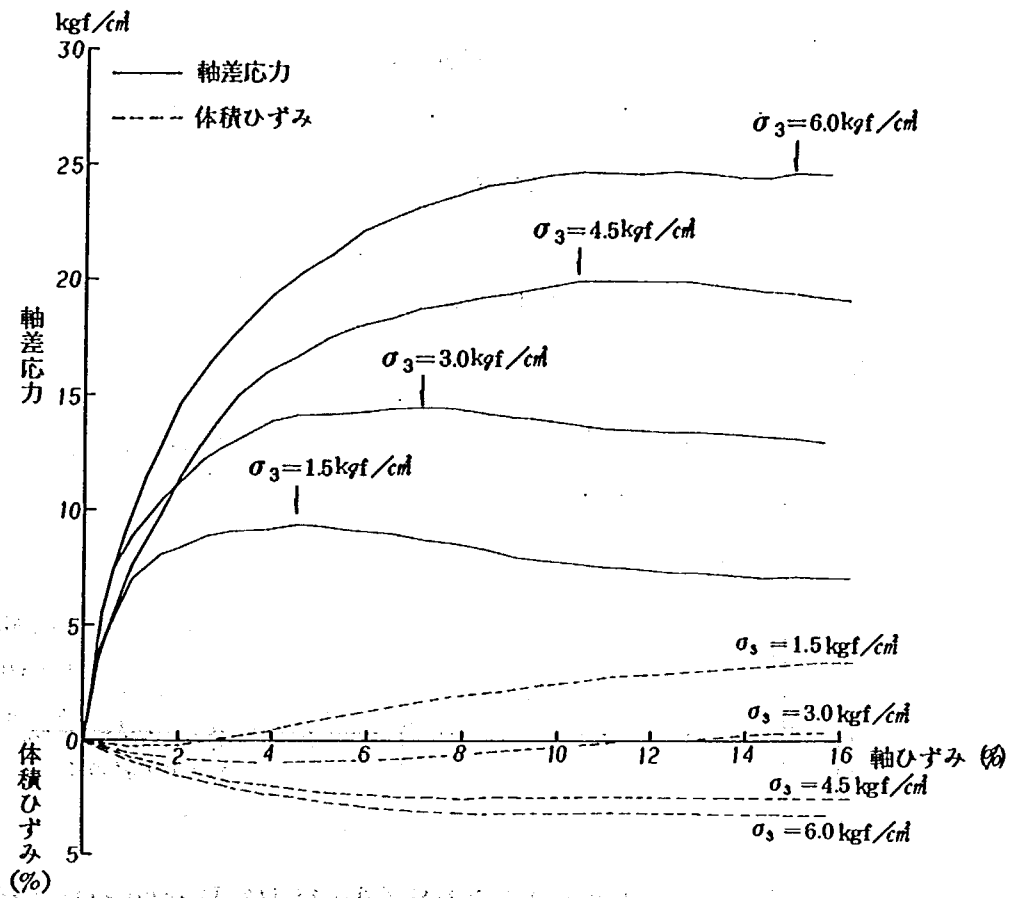


図-9 応力・ひずみ曲線 (A-2 材料 Dense $\cdot U_c = 10$)

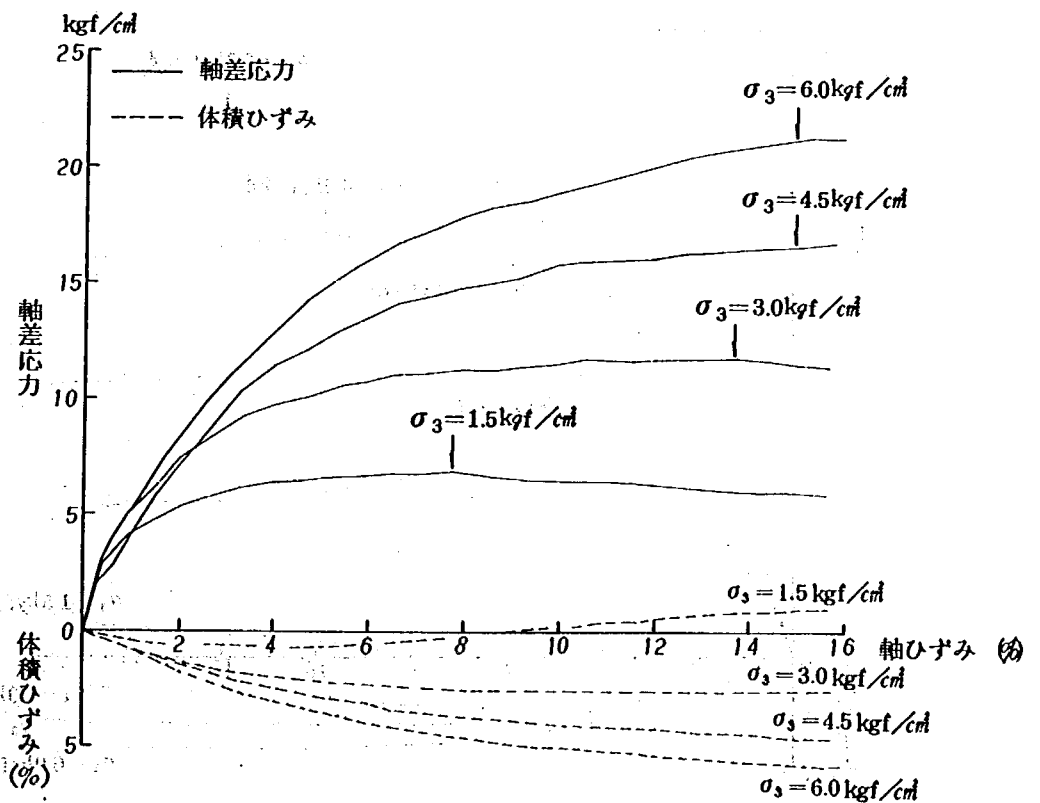


図-10 応力・ひずみ曲線 (A-2 材料 Medium $\cdot U_c = 10$)

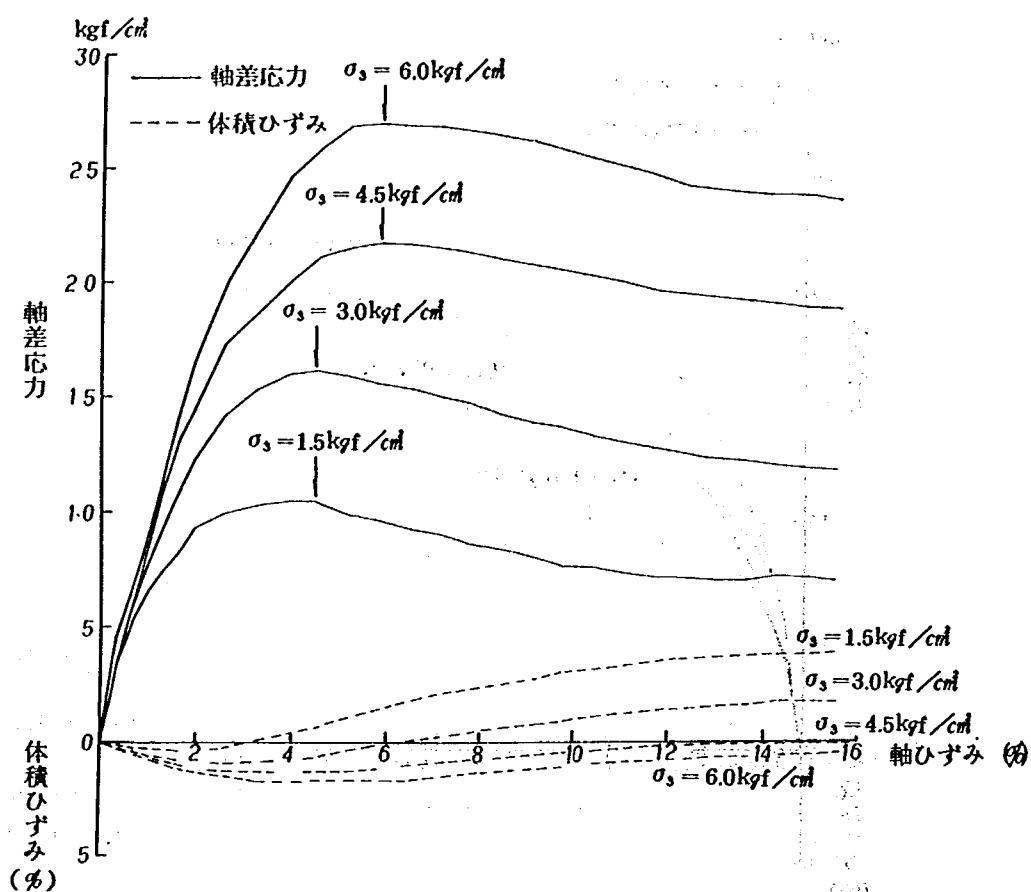


図-11 応力・ひずみ曲線 (A-11 材料 Dense $\cdot U_c = 25$)

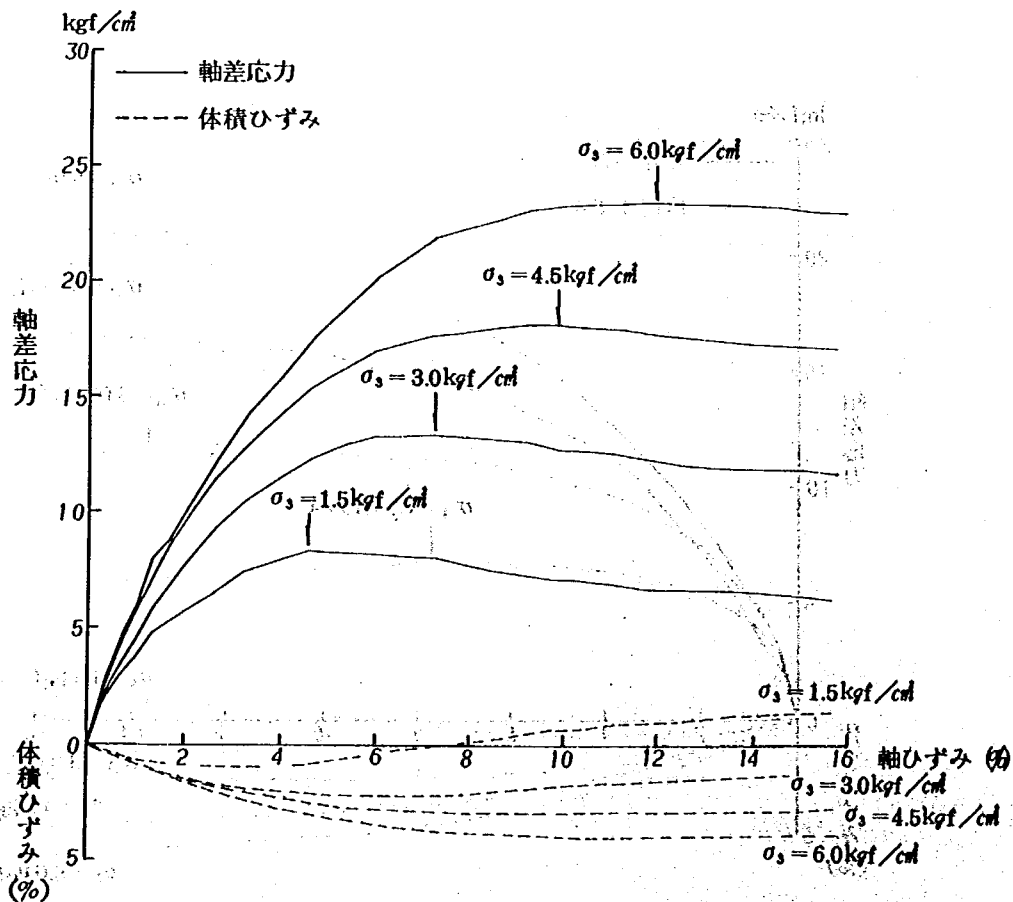


図-12 応力・ひずみ曲線 (A-11 材料 Medium $\cdot U_c = 25$)

表-9 試験結果一覧表

Uc Gb	ケース	測 σ ₃ (kgf/cm ²)	初期乾 保湿度 r _d (kgf/cm ²)	間 隙 比 変 化			(σ ₁ -σ ₃)f (kgf/cm ²)	(σ ₁)f (kgf/cm ²)	σ ₁ f (kgf/cm ²)	ε _f (%)	(ΔV/V _c) (%)	E ₅₀ (kgf/cm ²)	B (mm)	強度定数	
				e ₀	e _c	e _f								φ (度)	C (kgf/cm ²)
A-2 材料 Uc=10 Gb=2588	DENSE Dr=83%	6.0	1.865	0.388	0.323	0.280	24.60	5.10	30.60	15.00	3.24	824	16.6	39.12	1.01
		4.5	1.859	0.392	0.322	0.289	19.88	5.42	24.38	10.41	2.51	615	14.9		
		3.0	1.890	0.369	0.322	0.312	14.43	5.81	17.43	7.19	0.72	1,170	14.4		
		1.5	1.919	0.349	0.322	0.332	9.32	7.21	10.82	4.55	-0.74	996	11.4		
	Medium 62%	6.0	1.733	0.495	0.402	0.323	21.21	4.54	27.21	15.00	5.64	366	16.8	37.90	0.53
		4.5	1.759	0.471	0.400	0.336	16.58	4.68	21.08	15.00	4.60	342	12.8		
		3.0	1.776	0.457	0.402	0.368	11.78	4.93	14.78	13.76	2.46	460	11.8		
		1.5	1.796	0.441	0.402	0.400	6.88	5.59	8.38	7.82	0.17	595	9.4		
A-11 材料 Uc=25 Gb=2566	DENSE 80%	6.0	1.935	0.326	0.279	0.257	26.97	5.50	32.97	5.85	1.74	875	11.8	40.32	1.17
		4.5	1.941	0.322	0.277	0.262	21.68	5.82	26.18	5.87	1.17	860	10.7		
		3.0	1.951	0.315	0.280	0.271	16.08	6.36	19.08	4.54	0.67	802	9.8		
		1.5	1.968	0.304	0.279	0.288	10.50	8.00	12.00	4.53	-0.69	812	8.4		
	Medium 61%	6.0	1.807	0.420	0.345	0.293	23.43	4.91	29.43	11.91	3.89	465	9.1	38.71	0.79
		4.5	1.828	0.404	0.346	0.307	18.12	5.05	22.62	9.82	2.92	490	8.0		
		3.0	1.844	0.392	0.345	0.316	13.34	5.45	16.34	7.20	2.18	409	6.4		
		1.5	1.865	0.376	0.344	0.331	8.33	6.55	9.83	4.56	0.94	380	7.6		

(注) 強度定数は側圧と最大主応力差の関係より最小自乗法により求めたものである。³⁾

E₅₀は(σ₁-σ₃)fの2分の1に対応した軸方向ひずみと(σ₁-σ₃)f/2との比により求めたものである。

表-10 粒子の形状および圧裂引張強さ

粒 径	粒 子 形 状				圧裂引張強さ
	板 状	葉 状	棒 状	塊 状	
6 3.5 ~ 5 0.8 mm	3 6 %	1 0 %	2 7 %	2 7 %	9 7.8 kgf/cm ²
5 0.8 ~ 3 8.1	2 3	1 3	1 3	2 0	7 2.8
3 8.1 ~ 2 5.4	4 0	0	3 0	3 0	1 1 6.6
2 5.4 ~ 1 9.1	4 0	2 3	2 0	1 7	1 1 3.4
1 9.1 ~ 9.5 2	4 0	1 7	2 3	2 0	1 2 2.7

(c)として $q=b/c$, $p=c/b$ の係数を求める。次に縦軸に q ・横軸に p をとり測定結果をプロットした点を $p=q=0.66$ の線を境にして左上を板状・左下を葉状・右上を塊状・右下を棒状と定義して形状を分類する。⁴⁾ 調査は各粒径について30個づつサンプリングしたものについて行った。粒径9.52~63.5 mmの全体では板状が36%, 葉状が12%, 棒状が29%, 塊状が23%であり葉状の粒子が少ない。

圧裂引張強さは粒子に点載荷を与えた時の極限荷重 F_0 の大きさを試験して求めたものである。載荷点間隔 d と F_0 から引張強さ St は $0.9 \times (F_0/d^2)$ で与えられている。⁵⁾ 試験は各粒径について10個づつサンプリングして行った。試験値には大きなバラツキがあったが平均的には100 kgf/cm²程度の値であった。

5. 考 察

a) 今回の試験に用いた花崗岩は、絶乾比重で2.57~2.59、吸水率で0.9~1.6%の範囲にある。また

圧裂引張強さは平均的に 100 Kg/cm^2 程度である。比重および吸水率と粒子強度より判断して通常のロック材料として問題はない。

b. 材料の締固まり密度は粒度組成の変動によって大きく影響を受ける。またせん断抵抗角は密度の大きさに影響されることから現場盛立試験によって粒度組成の変動に伴う締固まり密度の変化について求めておくことが望ましい。

c. ロックゾーンの変形性については、三軸圧縮試験結果より得られた変形係数 (E_{90}) は通常のロック材料にみられる平均的な値であり問題はないと考えられる。

d. ロックゾーンの設計参考値について検討すると以下のとおりである。

① 設計対象間隙比は、締固め試験で得られた投入のみの間隙比 e_{max} と締固め時間 30 秒で得られた間隙比 e_{min} より相対密度が 85 % に対応した値とする。

② A-2, A-11 材料の相対密度 85 % の間隙比を求めると各々 0.31・0.26 となる。

③ 三軸圧縮試験より得られたせん断抵抗角を間隙比との関係で整理した図-12より②の間隙比に対応するせん断抵抗角を各々外挿して求めると A-2 材料が 39.3 度、A-11 材料が 40.8 度となる。

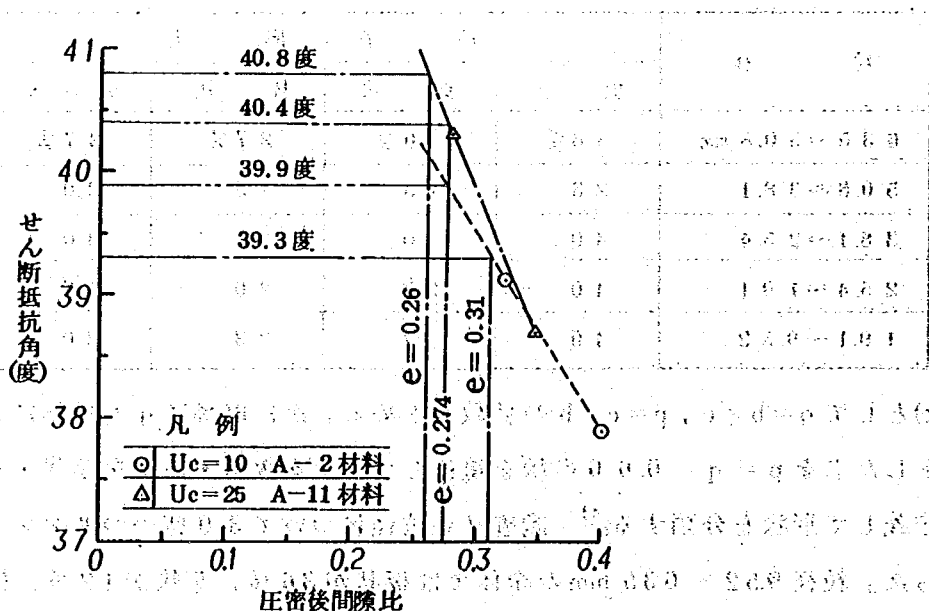


図-12 圧密後間隙比とせん断抵抗角

④ A-2, A-11 材料のせん断抵抗角の設計参考値は③で得られた値に約 1 度の余裕を考慮すると 38.5 度と 40 度となる。

⑤ 以上の検討は、A-2, A-11 材料の各々について行ったものであるが、両者の横坑採取粒度曲線の形状および分布範囲が類似していることから A-2, A-11 材料が混合した場合での設計参考値について検討を加えることにする。

⑥ A-2, A-11 材料の横坑採取粒度資料 (竜門ダム工事事務所が調査試験した結果) を基に

両材料を混合した場合の粒度を求めると均等係数が19の粒度組成となる。

⑦ A-2, A-11 材料の締固め試験より得られた結果を均等係数と間隙比の関係で整理すると

図-13 のようになる。図-13 より $U_c=19$ の e_{max} および e_{min} を内挿して求めると 0.58 ・ 0.22 となる。

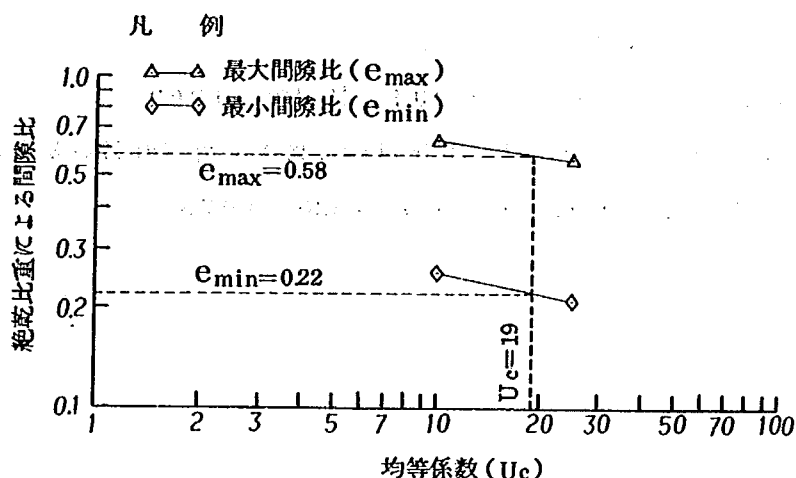


図-13 均等係数と間隙比

⑧ ⑦の値より $U_c=19$ での相対密度85%の間隙比を求めると 0.274 となる。

⑨ 間隙比 0.274 に対応するせん断抵抗角を図-12より A-2, A-11 材料の結果を用いて外挿して求めると各々 39.9 度・ 40.4 度となる。ここで $U_c=19$ の粒度組成は A-2 材料 ($U_c=10$) と A-11 材料 ($U_c=25$) の間にあることからせん断抵抗角は $39.9 \sim 40.4$ 度程度の値が期待できるものと考えられる。以上のことから外挿した値に1度程度の余裕を考慮するとせん断抵抗角は $39 \sim 39.5$ 度となる。表-11 に設計参考値を示す。

表-11 設計参考値(花崗岩)

材 料	均等係数	ゾーン	平均絶乾比重	乾燥密度	間 隙 比	せん断抵抗角	粘着力成分
A - 2	$U_c=10$	ロック	2.59	1.98 t/m^3	0.31	38.5度	0 kgf/cm^2
A - 11	$U_c=25$	ロック	2.57	2.04	0.26	40.0度	0
A - 2 ⊕ A - 11	$U_c=19$	ロック	2.58	2.03	0.27	39~39.5度	0

参考文献

- 1) R. J, Marsal : Mechanical Properties of Rockfill. Enbankment—Dam Engineering, Casagrande Volume, PP. 130~132, 1972
- 2) 土質工学会：土質試験法, PP. 495~522, 1979
- 3) 前掲 2), PP. 520
- 4) 粒子形状についてまとめたものとして,
最上武雄編：土質力学, PP. 896~904, 技報堂, 1969
- 5) 平松良雄, 岡 行俊, 木山英郎：非整形試験片による岩石の引張り強さの迅速試験, 日本鉱業会誌, Vol. 81, 120.932, PP. 1024~1030, 1975

ISSN 0386-5878

土木研究所資料 第1975号

昭和58年3月 (1983)

松本徳久, 渡辺和夫, 小川優

キーワード ロック材料, 大型三軸圧縮試験

要 旨

竜門ダムのロック材料である花崗岩について物理試験および大型三軸圧縮試験を行った結果を報告し, ロックゾーンの設計値を考察したものである。



郵便はがき

四十円切手
をはって下
さい

3 0 5 - □ □

茨城県筑波郡豊里町大字旭一番地

建設省土木研究所
ファイルダム研究室 御中

No. _____

No. _____

配布先氏名

配布先住所



土木研究所資料第1975号

部

上記のとおり受領しました。

所 属（住所）

氏 名

印