

ISSN 0386—5878

土研資料第1665号

Aero. 48/ST.Division

土木研究所資料

寒河江ダムフィル材料試験報告

昭和56年3月

建設省土木研究所
ダム部フィルダム研究室

寒河江ダムフィル材料試験報告

建設省土木研究所フィルダム研究室

渡 辺 和 夫
小 川 優

目 次

1. ま え が き	1
2. 試 験 目 的	1
3. 試 験 概 要	1
3.1 試 験 項 目	1
3.2 試 験 方 法	1
3.3 試験材料と試験ケース	3
4. 試 験 結 果	6
4.1 物 理 試 験	6
4.2 締 固 め 試 験	9
4.3 三 軸 圧 縮 試 験	16
4.4 そ の 他 の 試 験	44
5. 考 察	47
付 録	
粒 度 試 験 結 果	49

1. ま え が き

寒河江ダムは山形県最上川の支川である寒河江川流域に多目的ダムとして建設中のダム高115m、総貯水容量約1.1億トンの大規模なロックフィルダムである。

本報告は、東北地方建設局寒河江ダム工事事務所の依頼により、昭和54年度、昭和55年度の2ケ年において寒河江ダム堤体材料として使用予定であるロック材料（粗粒玄武岩）について物理試験および力学試験を実施した結果を報告するものである。

2. 試 験 目 的

ロック材料の採取予定地である小砂子関原石山は、事務所の原石分類で粗粒玄武岩（Do）とペグマタイト（PDo）にはば二分類されている。本試験では使用予定ロック材料として過半をしめる粗粒玄武岩を試験対象材料として実施したものであり試験目的は以下のとおりである。

(1)原石山での粗粒玄武岩は風化の程度を指標として、Do1（新鮮）、Do1（風化）、Do2（弱風化）、Do2（中風化）に分類されているがDo1については昭和52年度、昭和53年度の2ケ年において実施した物理試験および力学試験結果からロック材料としての特性を検討した（土研資料1455号）が風化の程度がより高いDo2（弱風化）について風化に起因して、細粒分が増加した粒度分布の場合のロック材料としての特性を検討しようとするものである。

(2)Do2（弱風化および中風化）について、風化の程度および粒度分布の相違がせん断強度に与える影響を把握し使用可能な材料については、密度および強度定数の設計値について検討しようとするものである。

3. 試 験 概 要

3.1 試験項目

主な試験項目は、物理試験、粒度試験、締固め試験および大型三軸圧縮試験から成る。

3.2 試験方法

3.2.1 物理試験

表一 1 試 験 方 法

試 験	規 格	対 象 粒 径
含 水 量 試 験	JIS A 1203-1978	全 粒 径
粗粒材の比重及び吸水量試験	JIS A 1110- 51	4.76mm以上
土 粒 子 の 比 重 試 験	JIS A 1202-1978	4.76mm以下

3.2.2 粒度試験

土の粒度試験方法（JIS A 1204 T-1979）に準拠して締固め試験後および三軸圧縮試験後に各々の試験材料の粒度試験を行ない各々の粒径における残留率の増減を基にMarsalの定義による破砕率を求める。

3.2.3 締固め試験

振動締固め試験機を用いて絶乾重量、締固め層数、振動数および振動時間を一定として加速度を変化させることにより締固めエネルギーと締固まり密度（または間隙比）の関係を求める。振動時には試料上面の乱れを防ぐために上面に0.5割程度の上載応力を与える。

試験の手順は、

- ①締固め条件（加速度値）の設定。
- ②試料（重量＝7.8 kg）を試験粒度分布に従い粒径毎に必要量を計量する。
- ③②によって計量されたものを各粒径毎に6等分した後、等分された試料を混合して試験粒度分布状態の試料を6個作成する。
- ④③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（内径30 cm）内に投入した後に初期高さを測定する。また振動後においても高さを測定する。以上を繰返し6層まで締固めて試料の締固まり密度を求める。

表一2 締 固 め 条 件

項 目	条 件 お よ び 方 法
絶 乾 重 量	7.8 kg
振 動 数	30 Hz
振 動 時 間	480 sec/層
層 数	6層（1層約10 cm）
締 固 め エ ネ ル ギ ー	振動時の加速度は起振モーターの偏心重錘重量（枚数）を変化することにより調整する。試験加速度 0～4 g

3.2.4 大型三軸圧縮試験

土質工学会基準「土の三軸圧縮試験法（案）」に準拠した方法である。

表一3 試 験 方 法

項 目	条 件 お よ び 方 法
供 試 体 寸 法	径30×高さ60 cm
試 験 密 度	締固め試験結果より決定する。
試 験 側 圧	基本側圧1.5, 3.0, 4.5, 6.0 %
方 法	CD試験
制 御	軸方向変位制御 6 mm/min

3.3 試験材料と試験ケース

試験材料の採取位置を図-1, 2, 表-4に示す。

表-4 試料採取位置

材料採取地	山形県西村山郡西川町 砂子関地内(小砂子原石山)		
採取横坑 (採取ヶ所)	KSRT-3 (49~51m)	KSRT-3 (77m)	KSRT-3 (50m)
分類	Do 2 (弱風化)	Do 2 (中風化)	Do 2 (弱風化)
記号	W-54	M-55	W-55
試験時期	S54.9~S54.12	S55.9~S55.12	

昭和54年の試験材料は、63.5~0.074mmの各フルイによってフルイ分けられたものが搬入された。昭和55年の試験材料は、細粒分が多い等の理由により63.5mm以下の横坑採取粒度の状態で搬入された。

以下に試験ケースを示す。

[昭和54年の試験]

目的：細粒分の増加と粒度変化に伴う強度定数の変化を把握する。

試験最大粒径：9.52, 19.1, 38.1, 63.5 mm

均等係数： $U_c = 2, 4, 6, 12, 20$

三軸圧縮試験：供試体の目標初期密度を相対密度で85%状態として試験側圧を(3.0), 4.5, 6.0 ㌦とした。不飽和状態。

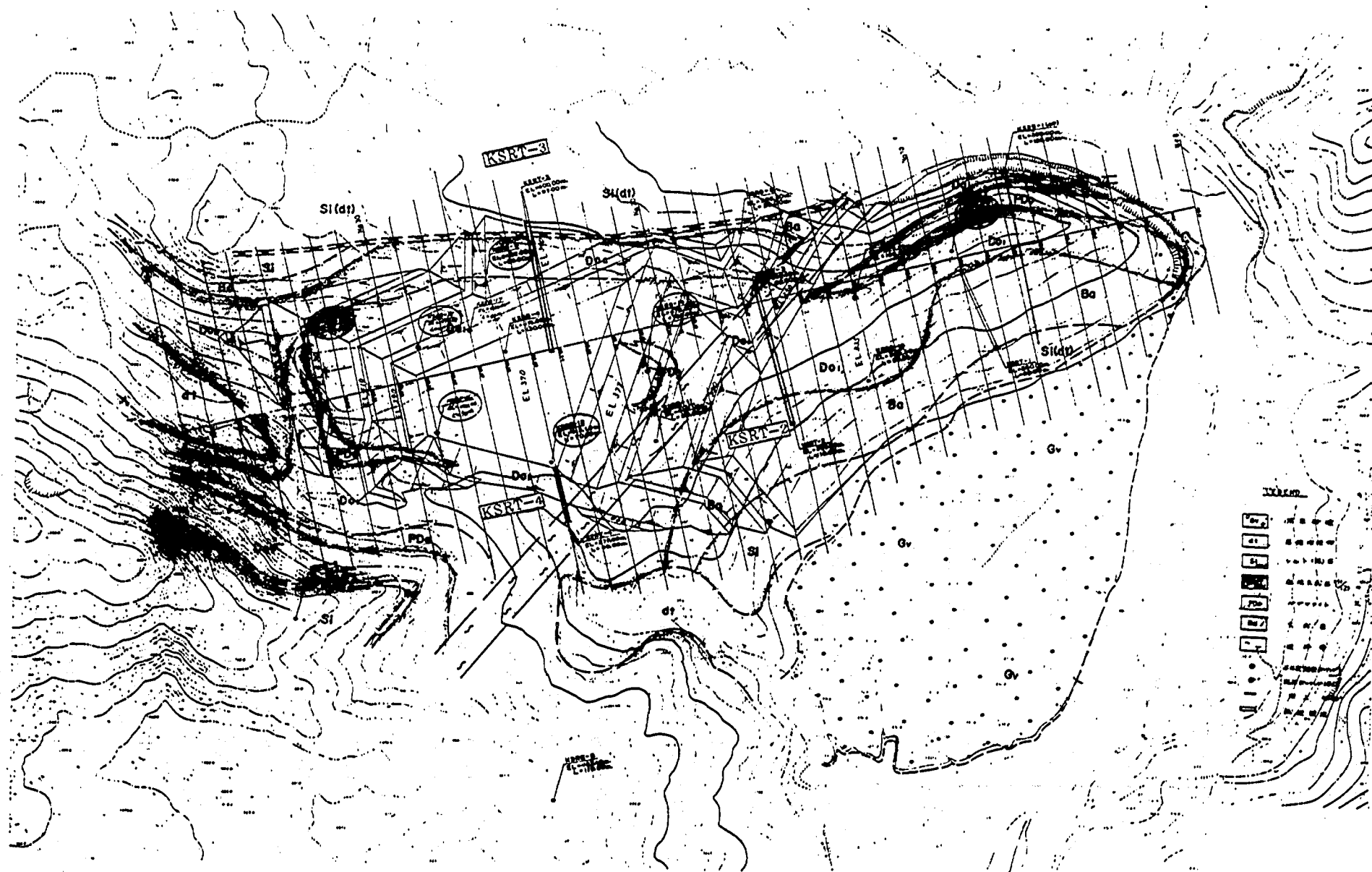
[昭和55年の試験]

目的：風化程度の相違が強度定数に与える影響把握とロック材料としての適性について検討する。

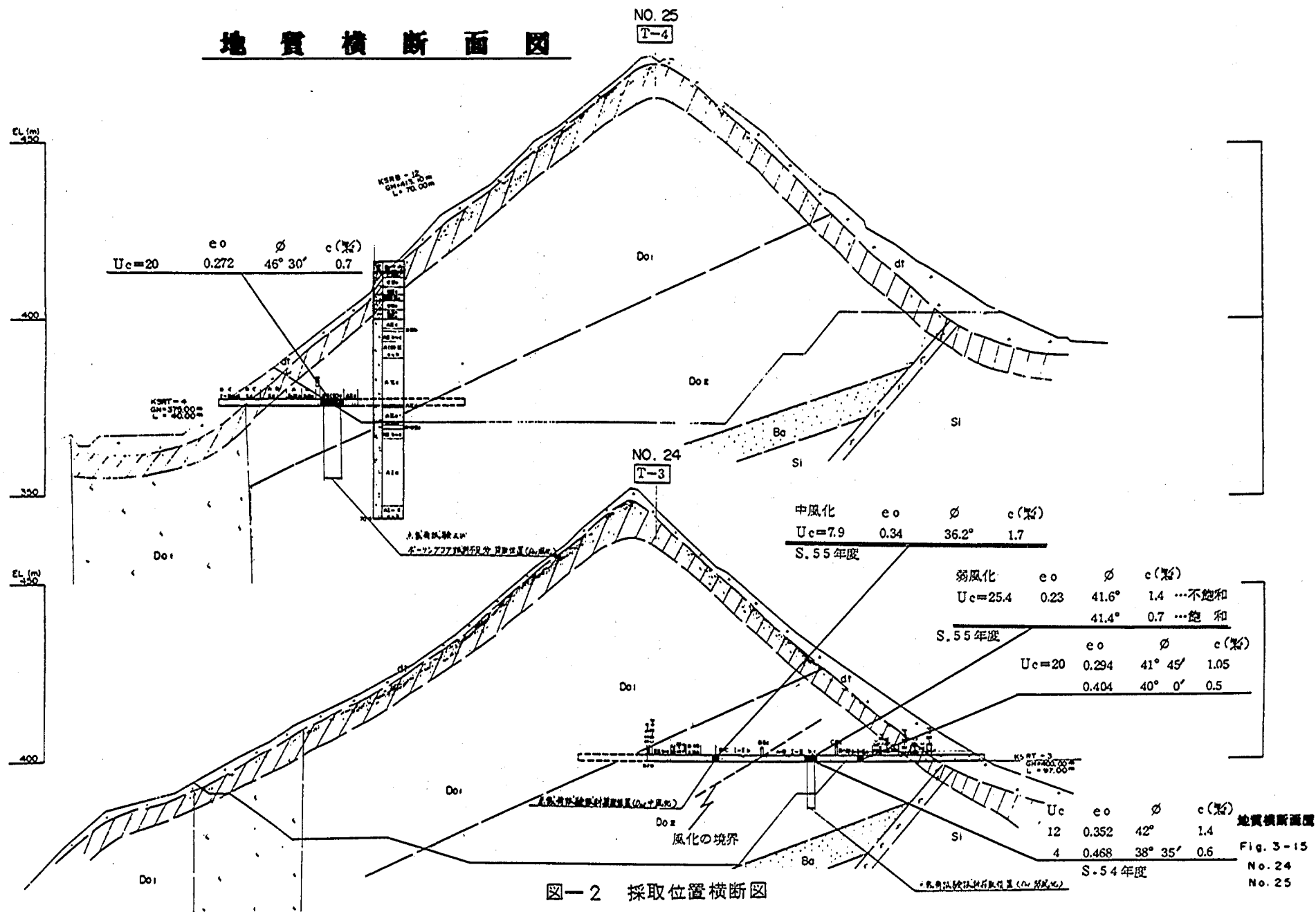
試験最大粒径：63.5 mm

均等係数：最大粒径63.5mm以下の横坑採取粒度分布状態。中風化が $U_c = 8$ ，弱風化が $U_c = 2.5$ 程度である。

三軸圧縮試験：供試体の目標初期密度を相対密度で90%状態として試験側圧を，1.5，3.0，4.5，6.0 ㌦とした。試験方法は，弱風化について飽和および不飽和状態，中風化については不飽和状態について実施した。



图一 1 試料採取位置(地質平面図)



图一 2 採取位置横断面

4. 試験結果

4.1 物理試験

搬入材料についての比重および吸水量試験の結果を表-5, 図-3に示す。なお表中における物性値は以下の定義によるものである。

$$\text{表乾比重 } G_a = \frac{B}{B - C}$$

$$\text{絶乾比重 } G_b = \frac{A}{B - C}$$

$$\text{JIS A 1202に対応した比重 } G_g = \frac{A}{A - C}$$

$$\text{吸水率 } Q = \frac{B - A}{A} \times 100(\%)$$

A : 絶乾重量 B : 表乾重量 C : 水中重量

測定結果より真比重 (G_g) の値は 2.76 ~ 2.90 を示しており粗粒玄武岩としては一般的な値であると考えられる。絶乾比重 (G_b) と吸水率 (Q) の関係についてみると両者は反比例の関係を示し、昭和54年の試験材料は $G_b = 2.51 \sim 2.56$, $Q = 3.7 \sim 5.1\%$ と値のバラツキが少ないが昭和55年の試験材料では弱風化と中風化を含むため $G_b = 2.38 \sim 2.57$, $Q = 3.2 \sim 7.4\%$ と物性値にバラツキが多い。

以上の物性値の測定結果から

1) 原石山での材質の不均一性。

2) 通常のロック材料としては若干、絶乾比重が小さく吸水率が大き。

と考えられる。

なお、以下の実験結果整理の中で用いられている G_b の値は粒径別百分率による加重平均による値である。

表—5 物理試驗結果

Do 2 (弱風化) 昭和54年度實施材料

KSRT-3(49~51m)

岩 種	粒 徑(mm)	63.5-50.8	50.8-38.1	38.1-25.4	25.4-19.1	19.1-9.52	9.52-4.76
粗粒玄武岩	表 乾 比 重 Ga	2.642	2.624	2.657	2.649	2.635	2.639
	絕 乾 比 重 Gb	2.539	2.509	2.562	2.541	2.506	2.512
	真 比 重 Gg	2.831	2.835	2.830	2.847	2.879	2.875
	吸 水 率 %	4.05	4.6	3.7	4.2	5.1	4.3

岩 種	粒 徑(mm)	4.76-2.00	2.00-0.84	0.84-0.42	0.42-0.074
粗粒玄武岩	真 比 重 Gg	2.916	2.889	2.905	2.895

Do 2 (弱風化) 昭和55年度實施材料

KSRT-3(50m)

岩 種	粒 徑(mm)	63.5-50.8	50.8-38.1	38.1-25.4	25.4-19.1	19.1-9.52	9.52-4.76
粗粒玄武岩	表 乾 比 重 Ga	2.631	2.648	2.610	2.536	2.582	2.549
	絕 乾 比 重 Gb	2.524	2.568	2.496	2.440	2.442	2.389
	真 比 重 Gg	2.826	2.798	2.817	2.853	2.839	2.843
	吸 水 率 %	4.291	3.197	4.558	5.931	5.727	6.691

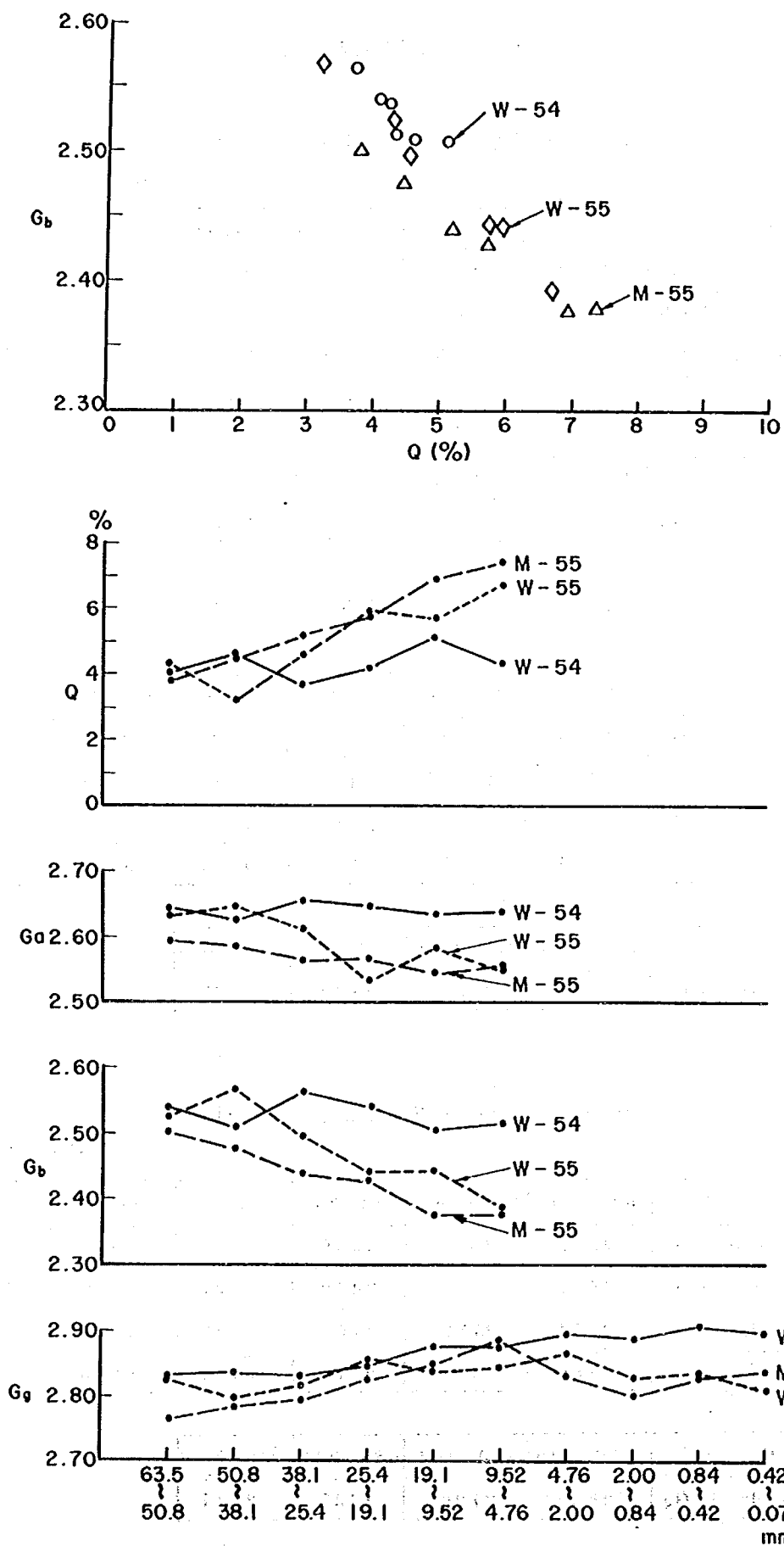
岩 種	粒 徑(mm)	4.76-2.00	2.00-0.84	0.84-0.42	0.42-0.074
粗粒玄武岩	真 比 重 Gg	2.867	2.827	2.832	2.809

Do 2 (中風化) 昭和55年度實施材料

KSRT-3(77m)

岩 種	粒 徑(mm)	63.5-50.8	50.8-38.1	38.1-25.4	25.4-19.1	19.1-9.52	9.52-4.76
粗粒玄武岩	表 乾 比 重 Ga	2.597	2.585	2.566	2.567	2.542	2.554
	絕 乾 比 重 Gb	2.502	2.475	2.439	2.427	2.376	2.379
	真 比 重 Gg	2.764	2.782	2.793	2.822	2.848	2.886
	吸 收 率 %	3.786	4.462	5.214	5.769	6.975	7.392

岩 種	粒 徑(mm)	4.76-2.00	2.00-0.84	0.84-0.42	0.42-0.074
粗粒玄武岩	真 比 重 Gg	2.830	2.799	2.825	2.837



図一3 粒径と比重値

4.2 締固め試験

4.2.1 昭和54年の結果

締固め試験および三軸圧縮試験を実施したときの試験粒度分布を表-6に試験粒径加積曲線を図-4に示す。

締固め試験の結果より加速度（および偏心重錘枚数）と間ゲキ比の関係を図-5に示す。試験結果より締固まり特性についてみると均等係数が大きくなると最大間ゲキ比および最小間ゲキ比が小さくなる傾向を示している。加速度の大きさに着目すると均等係数、最大粒径にあまり影響されず加速度が2.4g～3.0gにおいては間ゲキ比の減少率が小さく一定した傾向を示し加速度が2.4gの締固め条件で最大密度に対してほぼ98%程度の締固め密度が得られている。以上の傾向は同一締固め条件で行った多くのロック材料に見られる特性と一致するものである。

表-6 寒河江フィル材料三軸試験粒度分布（W-54）

KSRT-3(49~51m)

均等係数 #4粒分%	Uc=2	Uc=2	Uc=4	Uc=4	Uc=4	Uc=4	Uc=6	Uc=12	Uc=12	Uc=12	Uc=20
粒径 mm	0	18*	5	18*	40*	60*	10	18	40*	60*	28
63.5 ~ 50.8	10 %		9 %				9 %	6 %			6 %
50.8 ~ 38.1	18		13				11	10			8
38.1 ~ 25.4	32		29		11 %		23	18	16 %		14
25.4 ~ 19.1	24		15		7		15	16	9		12
19.1 ~ 9.52	16	28 %	20	54 %	20		21	20	20		20
9.52 ~ 4.76		54	9	28	22	40 %	11	12	15	40 %	12
4.76 ~ 2.00		18	5	13	30	36	6	8	17	28	11
2.00 ~ 0.84				5	10	24	4	7	13	14	8
0.84 ~ 0.42								3	7	8	5
0.42 ~ 0.074									3	10	4

*特別粒度（細粒分が多い）

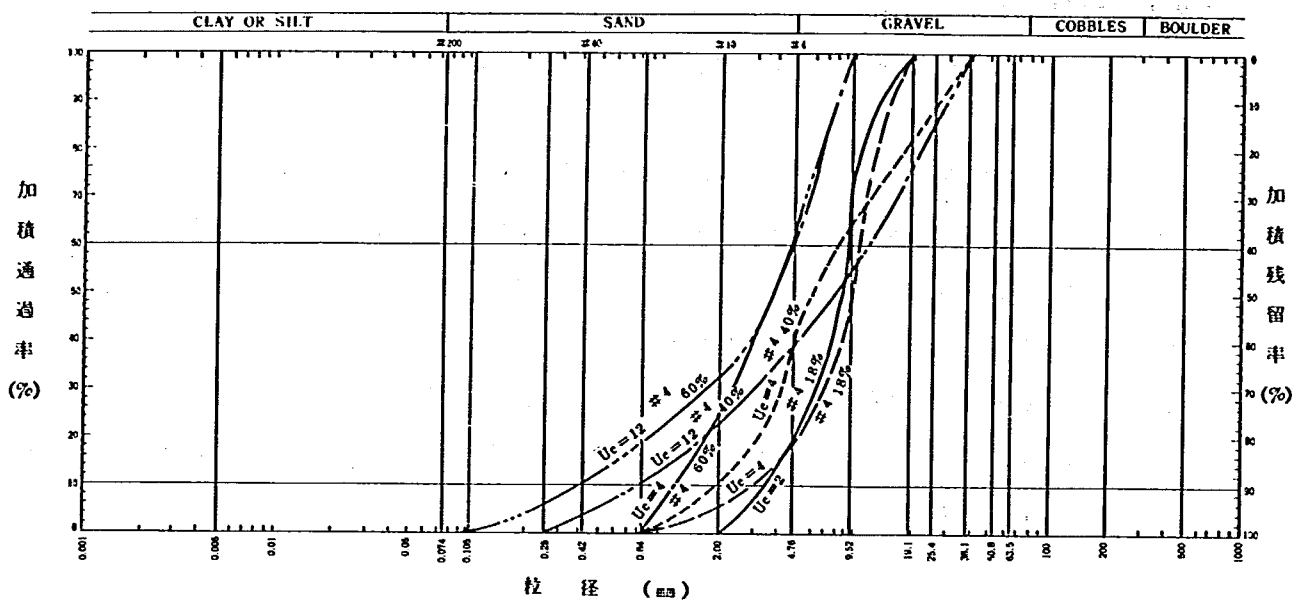


図-4(1) 試験粒度曲線
寒河江ダムロック材(玄武岩)

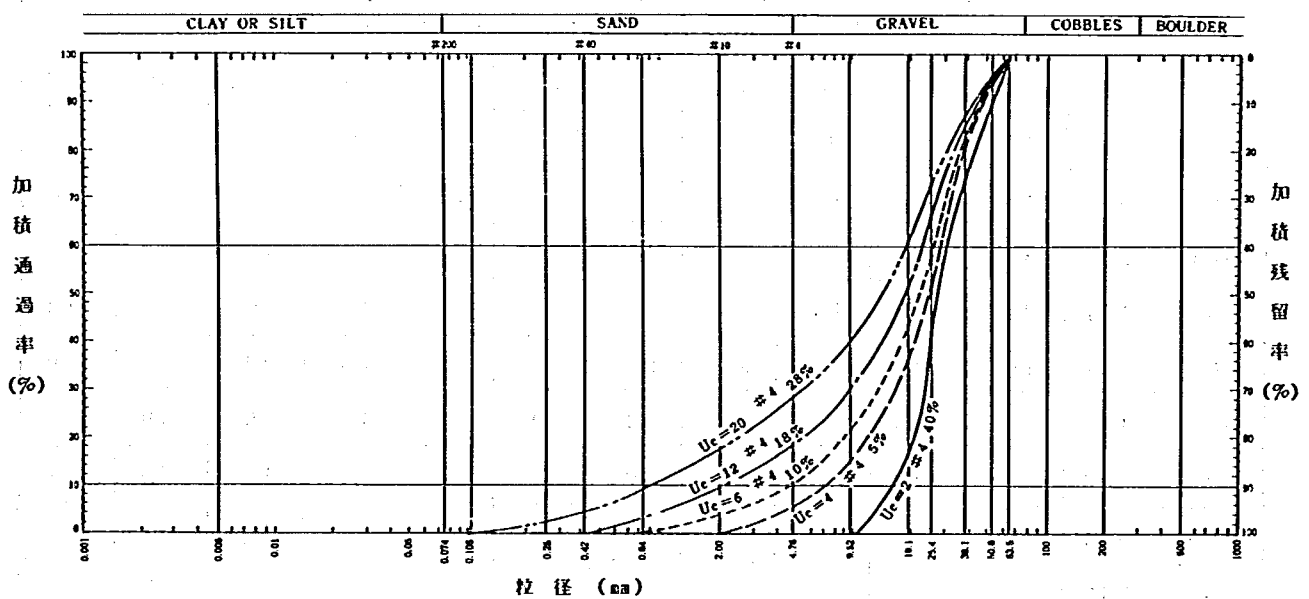


図-4(2) 試験粒度曲線
寒河江ダムロック材(玄武岩)

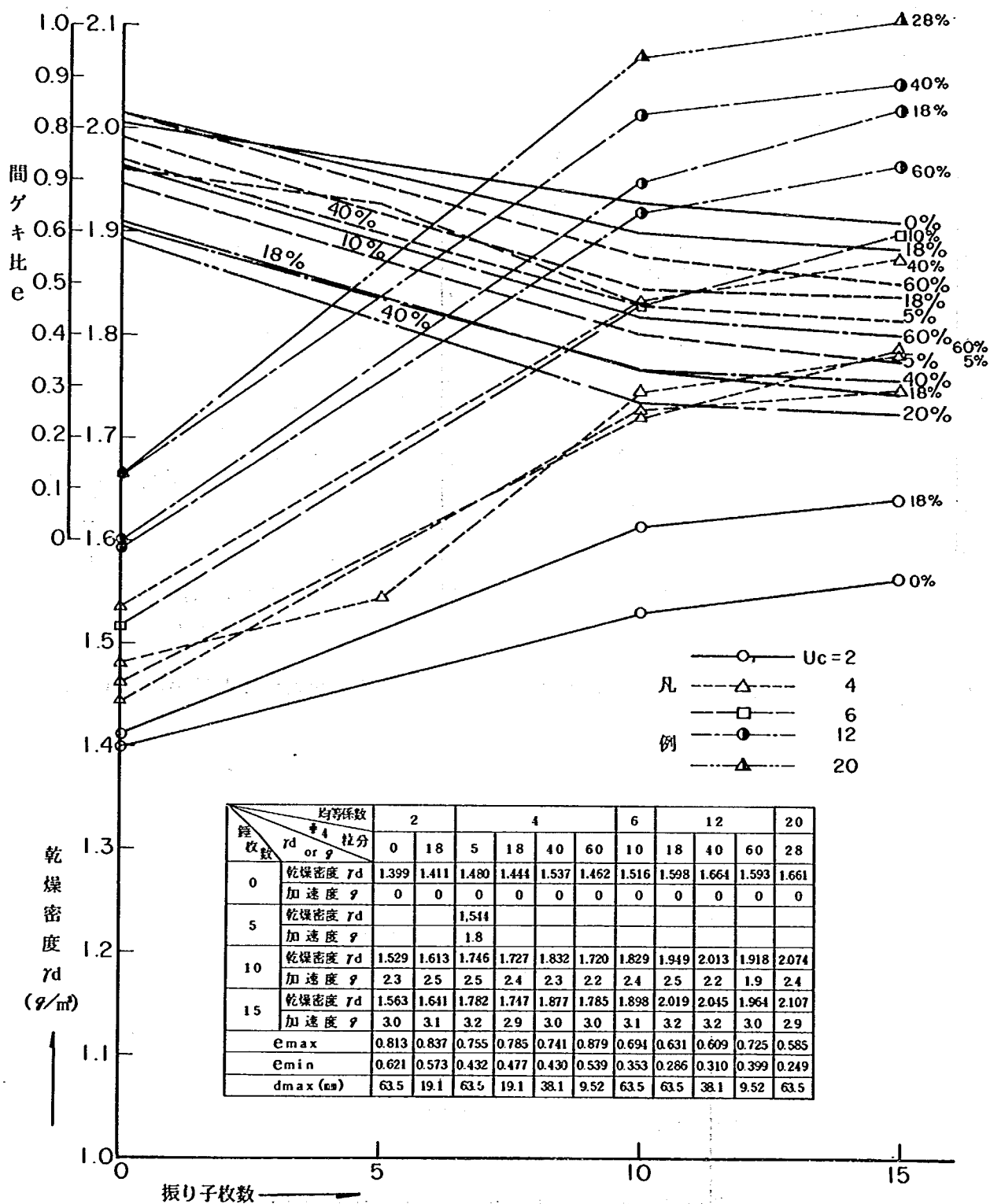


図-5 締固め試験結果

粒径範囲の相違が締固まり間ゲキ比に与える影響を把握するために最大粒径，最小粒径および均等係数と間ゲキ比の関係で整理した結果を図-6，7に示す。試験結果からは，同一最大粒径条件では均等係数が増加すると最大および最小間ゲキ比が減少する。最小粒径が一定の場合では最大粒径が増加すると最大および最小間ゲキ比が減少することを示している。

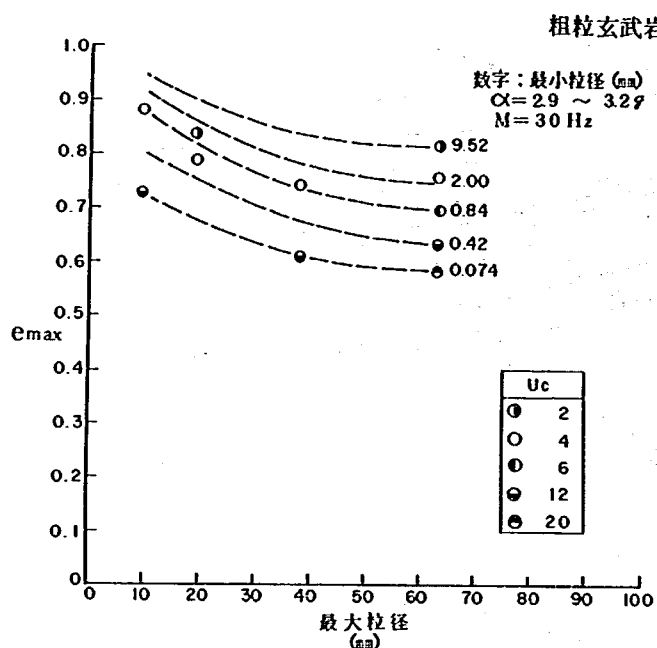


図-6 最大粒径と最大間ゲキ比の関係

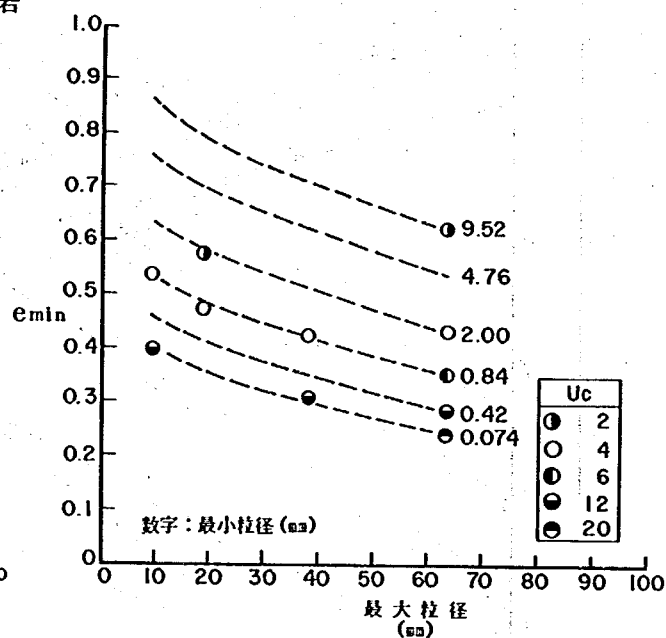


図-7 最大粒径と最小間ゲキ比の関係

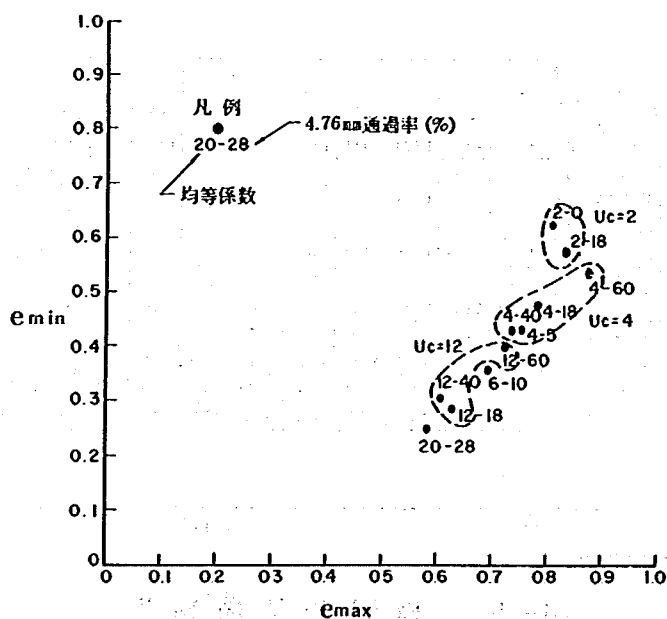


図-8 e_{max} と e_{min} の関係

同一均等係数では均等係数が大きな範囲にある場合では最大粒径が増加すると最小間ゲキ比が減少し均等係数が小さな範囲にある場合には両者の関係は一定または逆の関係を示している。このことは大きな均等係数では細粒分の増加により粒度組成を悪くし、小さい均等係数では逆に粒度組成を良くしているものと考えられる。

図-8に最大間ゲキ比と最小間ゲキ比の関係を示す。同一の締固め方法によって得られた最大間ゲキ比と最小間ゲキ比の間には一定の関係がみられ均等係数に支配されているが4.76mm粒径の通過率が40%以上になると最大間ゲキ比および最小間ゲキ比の増加が認められこの傾向は締固まり密度に与える4.76mm粒径の限界含有率の値を示唆しているものと考えられる。

締固めによる粒子破碎は1~5%程度と小さな値であった。

4.2.2 昭和55年の結果

締固め試験および三軸圧縮試験の試験粒度分布を表-7に試験粒径加積曲線を図-9に示す。

図-10に加速度（および偏心重錘枚数）と間ゲキ比および乾燥密度との関係を示す。

加速度と間ゲキ比の関係は加速度の増加に伴い間ゲキ比は減少するが加速度がほぼ3g以上では顕著な締固め効果が認められない。

振動エネルギーによって得られた最小間ゲキ比は

$$\text{弱風化} \quad U_c \div 2.5 \quad e_{\min} = 0.202$$

$$\text{中風化} \quad U_c \div 8 \quad e_{\min} = 0.315$$

であり他ダムのロック材料の締固め試験によって得られた平均的な値

$$U_c = 2.5 \quad \bar{e}_{\min} \div 0.22$$

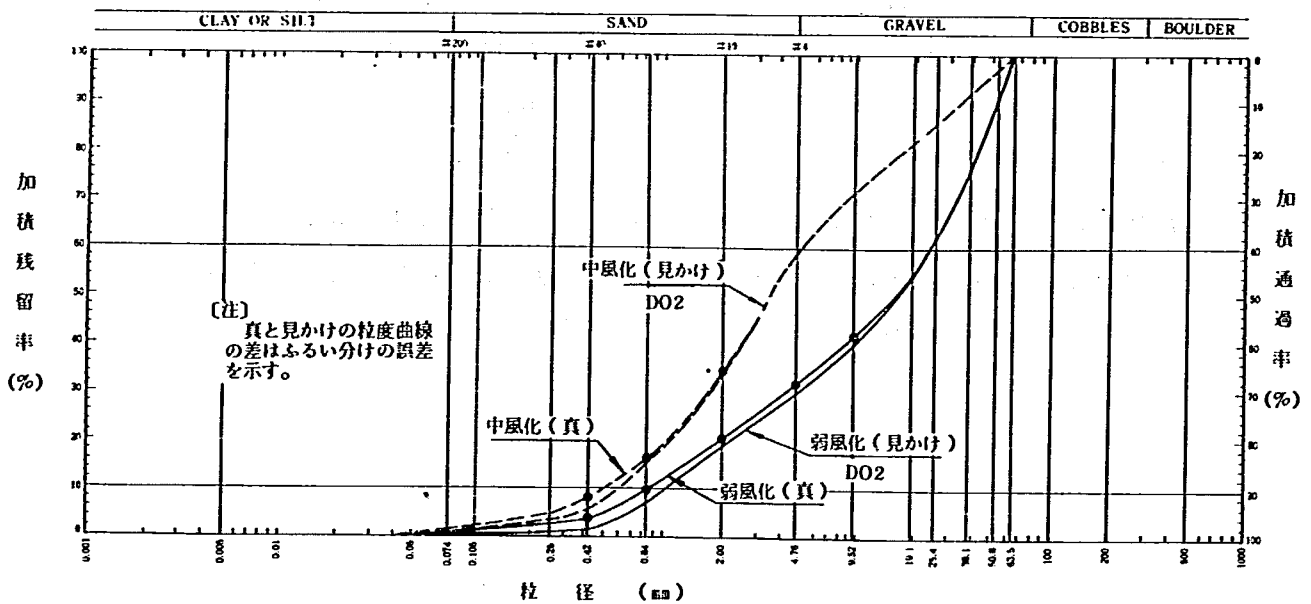
$$U_c = 8 \quad \bar{e}_{\min} \div 0.33$$

と比較すると平均的な締固まり特性をもつロック材料である。

締固めによる破碎率は弱風化で3.6~5.6%，中風化で4.1~6.2%の値を示し粒度分布および風化程度の相違による差は顕著に認められない。破碎の傾向を粒径サイズで分類すると明確ではないが D_{50} 粒径より大きな粒子が破碎される傾向にある。

表一七 試験粒度分布 (M-55, W-55)

粒 径 (mm)	弱 風 化 KSRT-3 (50m)		中 風 化 KSRT-3 (77m)	
	残 留 率 (%)	加 積 通 加 率 (%)	残 留 率 (%)	加 積 通 加 率 (%)
63.5	0	100	0	100
50.8	12	88	3	97
38.1	13	75	4	93
25.4	15	60	9	84
19.1	6	54	3	81
9.52	14	40	10	71
4.76	10	30	13	58
2.00	11	19	25	33
0.84	12	7	18	15
0.42	5	2	10	5
0.074	2	0	5	0
計	100		100	



図一九 試験粒径加積曲線

岩種	試験項目 振り回数	乾燥密度 $\gamma_d (g/cm^3)$	間グキ比 e	加 速 度 g	破 碎 率 %
弱 風 化	0	1.710	0.515	—	—
	1	1.800	0.439	0.24	3.6
	5	1.914	0.354	1.42	3.7
	10	2.091	0.239	2.84	5.6
	15	2.156	0.202	3.0	5.0
	15+T*	2.155	0.202	3.6	5.0
中 風 化	0	1.697	0.561	—	—
	1	1.742	0.521	0.24	4.6
	5	1.844	0.436	1.48	4.1
	10	1.992	0.330	3.20	5.4
	15	2.014	0.315	3.30	5.8
	15+T*	2.021	0.311	3.60	6.2

T : 静荷重 5.0TON

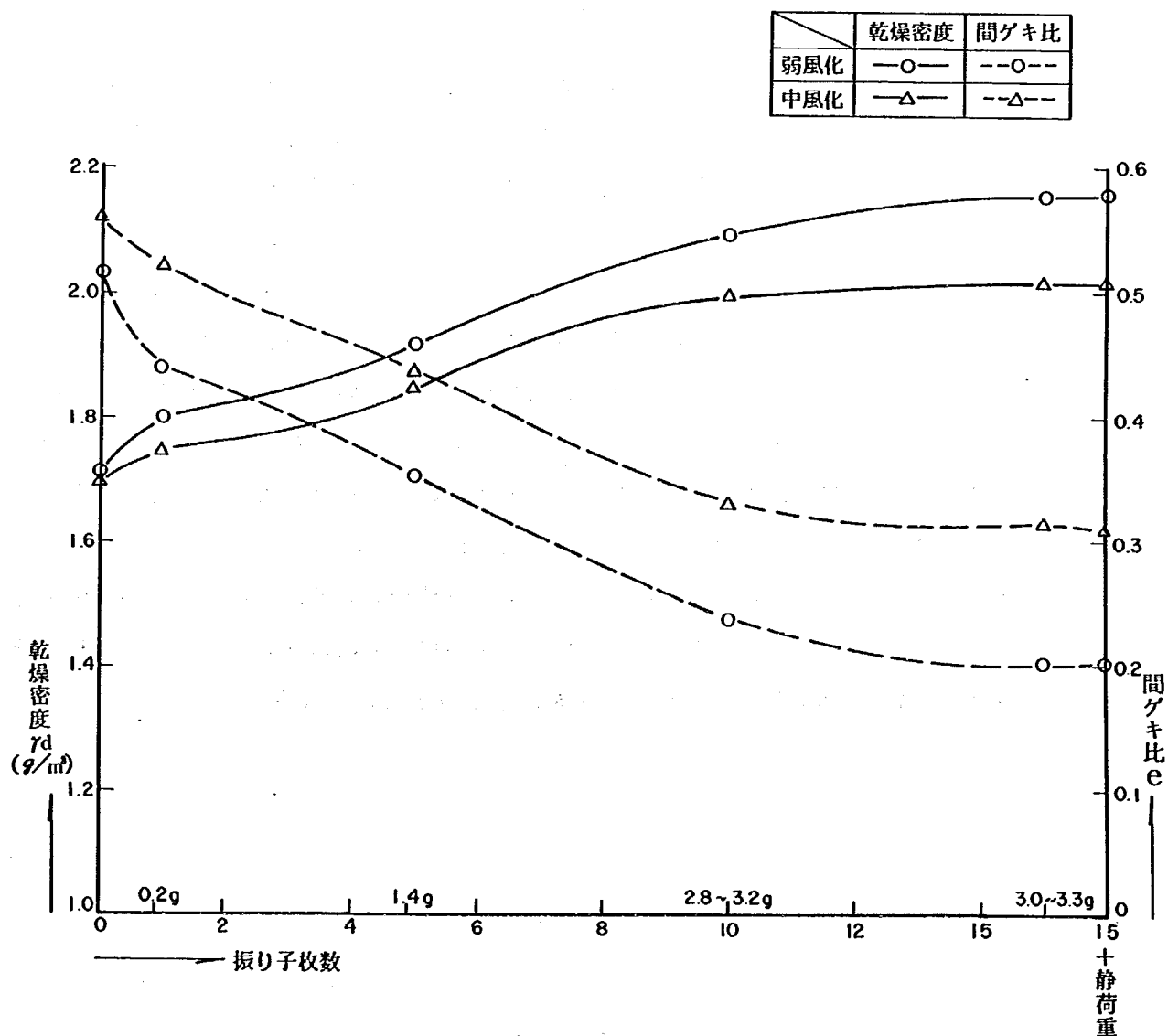


図-10 締固め試験結果

4.3 三軸圧縮試験

4.3.1 昭和54年の試験結果

表-8に三軸圧縮試験結果の一覧を図-11に応力とひずみの関係および破壊包絡線を示す。

1) 応力とひずみの関係

軸方向ひずみが15%以内において主応力差の最大値が明確に現われている下記

dmax	Uc	P _{4.76}
63.5 mm	20	28%
63.5 mm	12	18%
38.1 mm	12	40%

の試験ケースの場合は最大粒径が大きく4.76mm粒径が、40%以上含まない均等係数が大きな粒度組成の状態であり主応力差の最大値の発生に伴って体積圧縮から体積膨張の傾向を示している。最大主応力差の最大値が現われない場合は体積圧縮のみの傾向を示している。

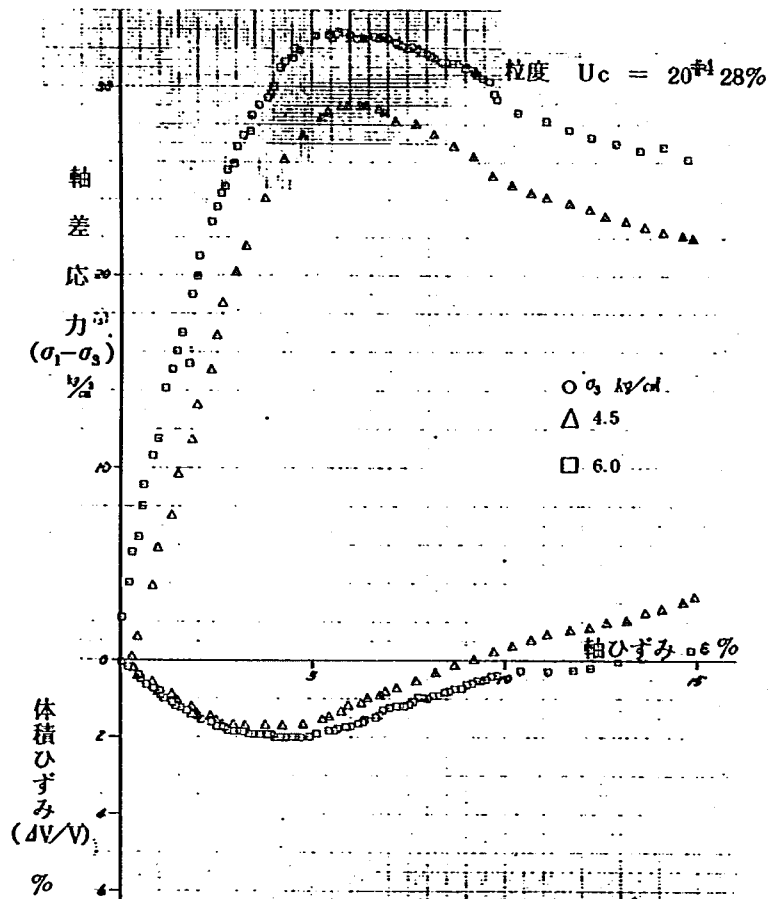
図-12の破壊時の軸ひずみと体積ひずみの関係に着目すると最大粒径が19.1mmの ϵ_f を除き他の粒度条件の場合には均等係数が増加すると ϵ_f および ϵ_{vf} が小さく現われている。また均等係数が小さく粒径加積曲線の形状がS字形を示している分布状態の場合に ϵ_f および ϵ_{vf} が大きく現われる傾向にあるものと考えられる。

図-13に4.5%の側圧条件で得られた応力とひずみの関係を示す。最大粒径が等しく均等係数が異なる場合では均等係数の大きい場合、つまり細粒分の多い方が同一軸ひずみ量において主応力差が大きく体積変化量が小さい。同一均等係数で最大粒径の異なる場合で均等係数の小さい条件では主応力差と軸方向ひずみの関係で大きな差を生じないが軸方向ひずみと体積ひずみの関係では最大粒径が大きい場合、つまり細粒分が少ない方が体積圧縮量が大きく生ずる傾向を示す。

以上の応力とひずみの関係に見られる特徴と細粒分の影響は、最大粒径が減少することに伴い均等係数が低下することと粒径加積曲線の形状にスムーズさを失う粒度分布状態の場合には変形係数は小さな値を示すものと考えられる。

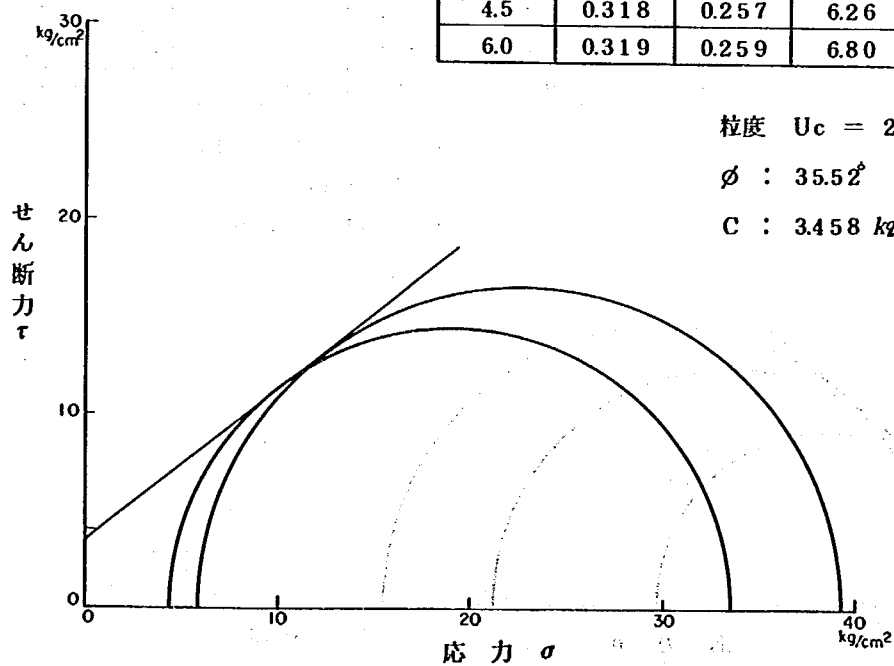
表-8 大型三軸圧縮試験一覧表(W-54)

実験 ケース	均等 係数 Uc	最大粒径 (mm) 最小粒径 (mm) 粒度#4(%)	側圧 (%)	比重 Gb	含水比 w (%)	吸水率 Q (%)	初期乾燥 密度 rd (g/cm ³)	間 ギ 比			破 壊 時						破 砕 率 B (%)	強度定数 φ (度) C (°)
								初 期	圧 密 後	破 壊 時	軸差応力 (σ ₁ -σ ₃) f %	軸ひずみ ε f (%)	体積ひずみ ΔV/V (%)	ポアソン比 ν = $\frac{\varepsilon_v f - \varepsilon f}{2 \varepsilon f}$	主応力比 $\frac{\sigma_1}{\sigma_3}$	割 線 変形係数		
1	20	63.5 0.074 28	4.5	2632	0.5	4.3	1.997	0.318	0.257	0.236	28.99	6.26	1.17	0.406	7.4	463 ^{kg/cm²}	8.0	35.52°
2			6.0	"	0.4	"	1.995	0.319	0.259	0.242	33.15	6.80	1.42	0.396	6.5	488	6.6	34.58
3	12	63.5 0.42 18	3.0	2596	0.5	"	1.918	0.353	0.266	0.264	17.90	7.36	0.22	0.485	7.0	243	6.9	40.47°
4			4.5	"	0.4	"	1.925	0.349	0.250	0.238	24.81	7.67	0.60	0.461	6.5	323	8.0	1.665
5			6.0	"	0.7	"	1.916	0.355	0.276	0.256	28.87	7.84	1.63	0.396	6.1	368	10.1	
6	6	63.5 0.84 10	4.5	2568	0.4	"	1.861	0.380	0.303	0.283	20.70	9.51	1.62	0.402	5.6	218	15.6	29.60°
7			6.0	"	0.5	"	1.832	0.401	0.320	0.287	23.72	9.81	2.56	0.370	4.9	242	11.6	3.423
8	4	63.5 2.00 5	3.0	2552	0.6	"	1.733	0.472	0.324	0.250	12.60	15.00	5.4	0.320	5.2	84	10.7	38.02°
9			4.5	"	0.5	"	1.736	0.470	0.358	0.229	17.71	14.94	4.57	0.347	4.9	118	12.7	0.748
10			6.0	"	0.7	"	1.745	0.462	0.351	0.287	22.21	15.03	4.95	0.335	4.7	148	13.1	
11	2	63.5 9.52 0	4.5	2536	1.0	"	1.526	0.662	0.475	0.392	13.30	12.84	6.10	0.262	4.0	104	18.1	38.6°
12			6.0	"	0.9	"	1.538	0.649	0.452	0.341	19.95	18.00	8.28	0.270	4.3	111	21.6	0.0
13	12	63.5 0.42 18	20	2596	0.2	"	1.955	0.328	0.223	0.160	61.17	15.08	5.46	0.319	4.0	406	17.4	37.30°
14			25	"	1.4	"	1.933	0.343	0.168	0.089	76.60	14.95	7.28	0.256	4.1	512	16.9	(0.0)
15	12	9.52 0.074 60	4.5	2748	1.8	"	1.874	0.466	0.430	0.404	21.30	6.93	1.77	0.372	5.7	307	7.7	32.20°
16			6.0	"	2.0	"	1.876	0.465	0.363	0.324	24.46	9.85	2.88	0.354	5.1	248	9.1	3.052
17	4	9.52 0.84 60	4.5	2748	0.9	"	1.690	0.626	0.574	0.539	16.97	10.64	2.24	0.395	4.8	100	7.7	36.21°
18			6.0	"	2.1	"	1.704	0.613	0.525	0.472	21.32	16.10	3.59	0.388	4.6	132	9.7	1.005
19	12	38.1 0.074 40	4.5	2678	0.7	"	2.015	0.329	0.282	0.271	26.64	5.60	0.63	0.444	6.9	458	6.1	46.60°
20			6.0	"	0.6	"	2.021	0.325	0.266	0.258	34.63	6.59	1.09	0.417	6.8	520	5.2	0.531
21	4	38.1 0.84 40	4.5	2677	1.1	4.7	1.819	0.472	0.413	0.392	20.03	8.18	1.94	0.381	5.4	245	7.9	42.20°
22			6.0	"	1.0	"	1.835	0.460	0.387	0.353	26.17	9.31	2.53	0.364	5.4	281	10.4	0.356
23	4	19.1 0.84 18	4.5	2580	0.7	"	1.714	0.506	0.412	0.359	17.60	13.44	3.91	0.354	4.9	131	7.7	39.60°
24			6.0	"	0.5	"	1.697	0.520	0.412	0.397	22.93	13.98	3.49	0.375	4.8	164	9.1	0.377
25	2	19.1 2.00 18	4.5	2583	1.8	"	1.615	0.599	0.500	0.437	16.15	12.89	4.43	0.328	4.6	125	17.7	35.70°
26			6.0	"	1.5	"	1.615	0.599	0.479	0.389	20.35	12.49	6.49	0.240	4.4	163	17.6	0.916
27	12	63.5 0.42 18	4.5	2596	0.5	4.3	2.036	0.275	0.216	0.206	25.54	6.71	0.85	0.437	6.7	381	11.2	42.45°
28			6.0	"	0.7	"	2.027	0.281	0.209	0.184	31.82	8.60	2.06	0.380	6.3	370	11.5	1.508

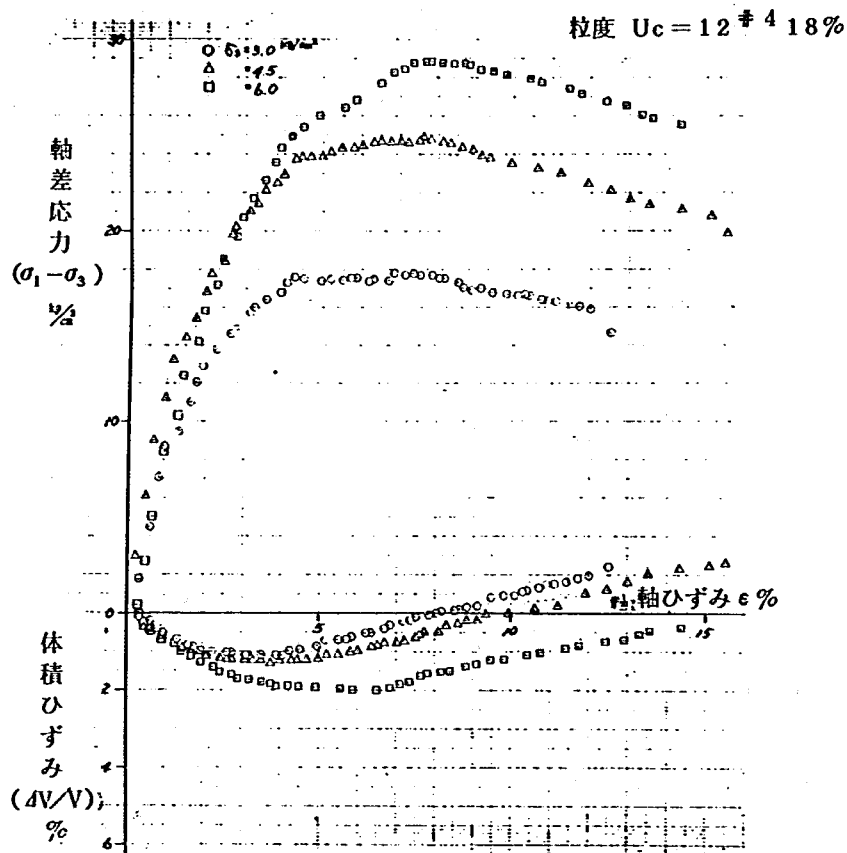


図一11(1.a) 応力ひずみ曲線

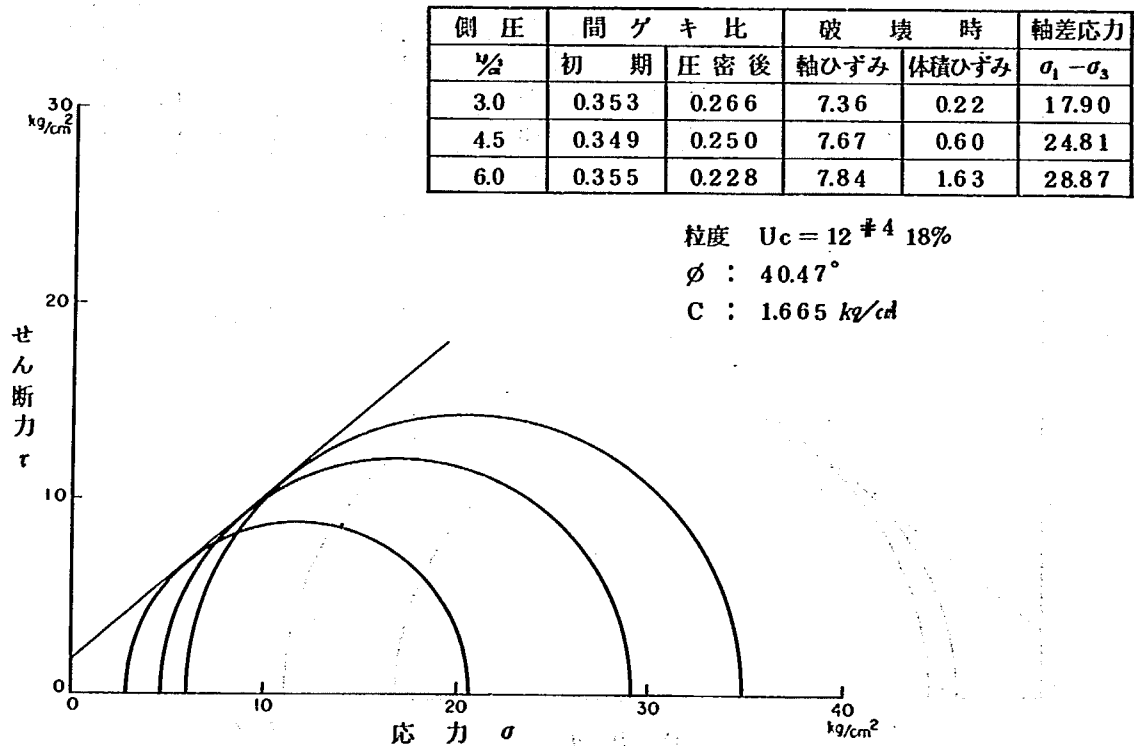
側圧 $\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$	間ゲキ比 初期 圧密後	破壊時 軸ひずみ 体積ひずみ	軸差応力 $\sigma_1 - \sigma_3$
4.5	0.318 0.257	6.26 1.17	28.99
6.0	0.319 0.259	6.80 1.42	33.15



図一11(1.b) 応力円と破壊包絡線



図一 11 (2.a) 応力ひずみ曲線



図一 11 (2.b) 応力円と破壊包絡線

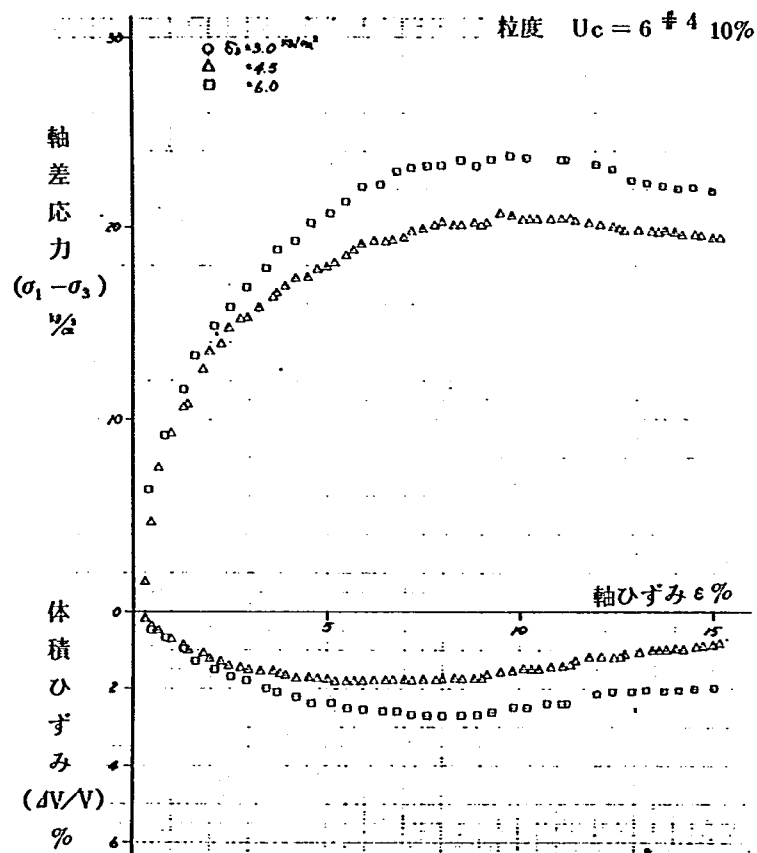


図-11(3a) 応力ひずみ曲線

側圧 $\frac{1}{2}$	間ゲキ比		破壊時		軸差応力 $\sigma_1 - \sigma_3$
	初期	圧密後	軸ひずみ	体積ひずみ	
4.5	0.384	0.303	9.51	1.62	20.70
6.0	0.373	0.320	9.81	2.56	23.72

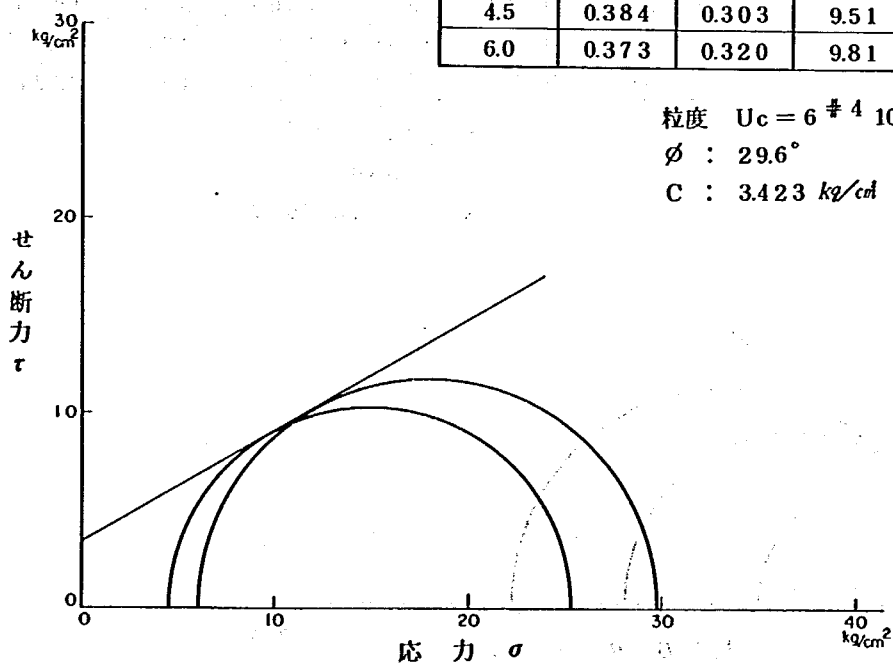


図-11(3b) 応力円と破壊包絡線

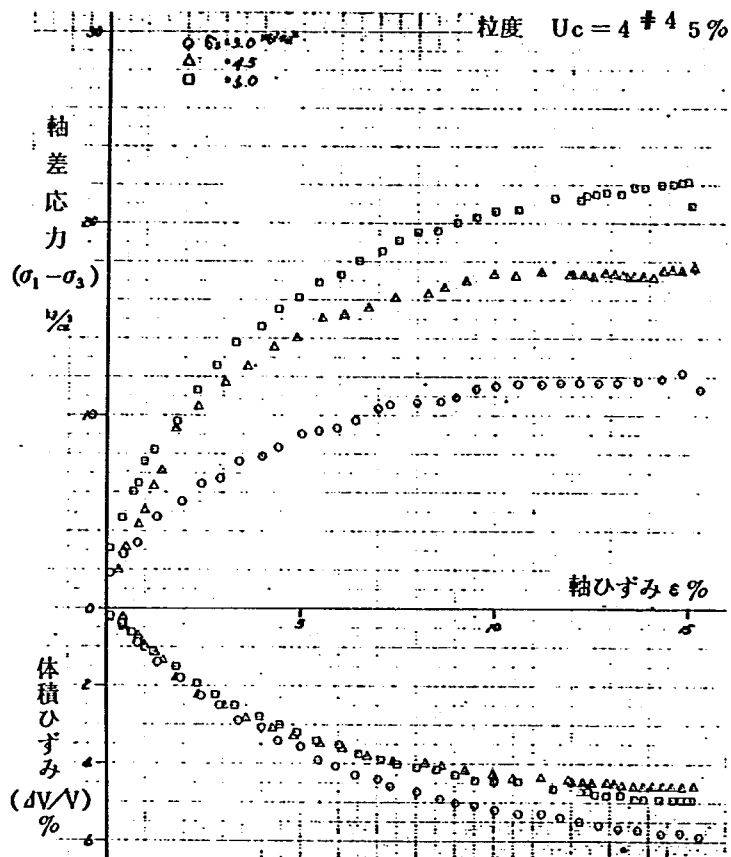


図-11(4.a) 応力ひずみ曲線

側圧 %	間ゲキ比		破壊時		軸差応力 $\sigma_1 - \sigma_3$
	初期	圧密後	軸ひずみ	体積ひずみ	
3.0	0.472	0.357	15.00	5.45	12.59
4.5	0.470	0.358	14.94	4.57	17.71
6.0	0.462	0.351	15.03	4.95	22.21

粒度 $U_c = 4 \pm 5\%$

$\phi : 38.02^\circ$

$C : 0.748 \text{ kg/cm}^2$

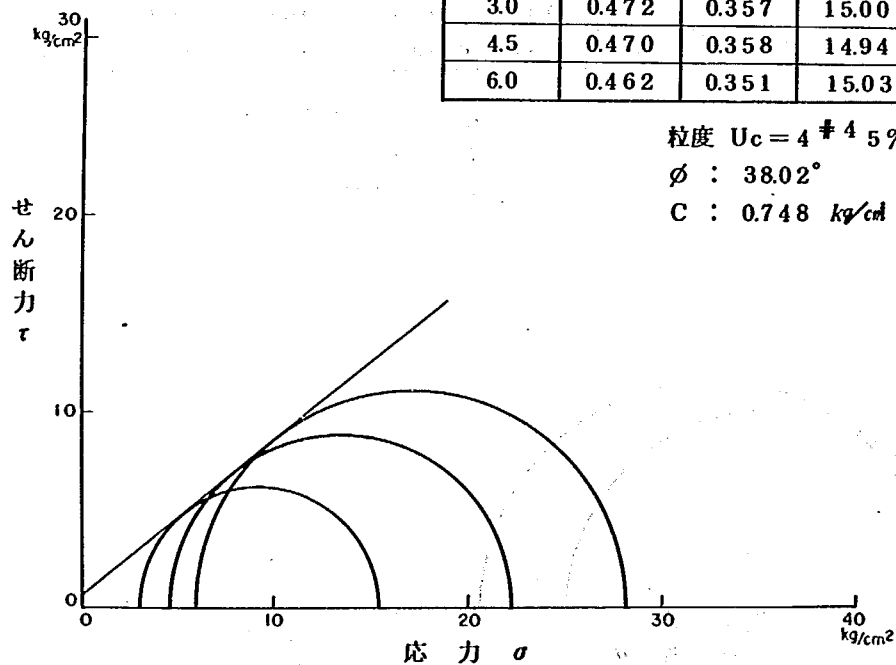


図-11(4.b) 応力円と破壊包絡線

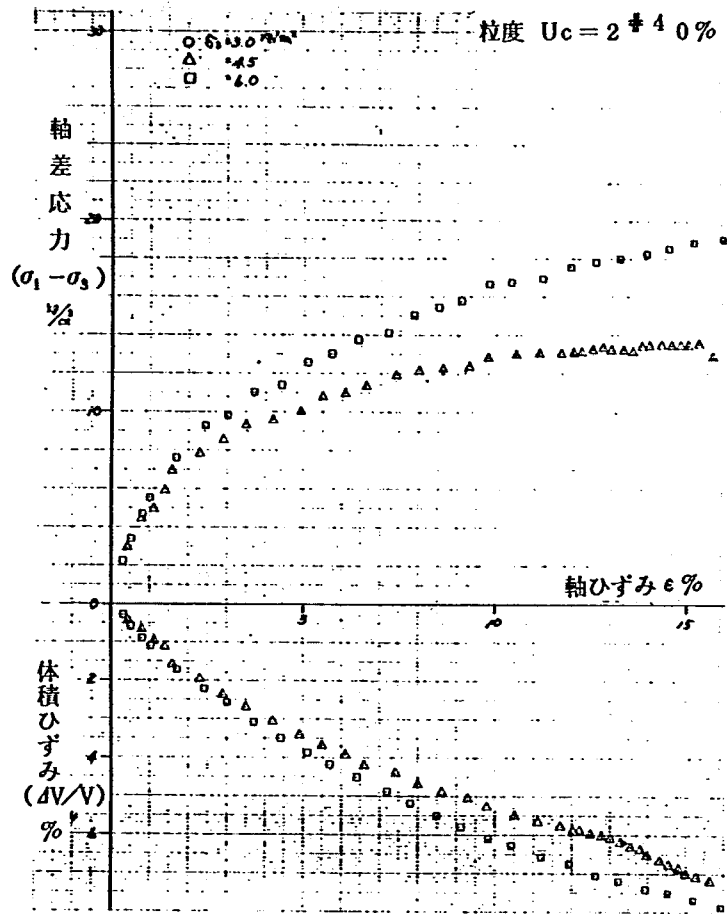


図-11(5.a) 応力ひずみ曲線

側圧 %	間グキ比		破壊時		軸差応力 $\sigma_1 - \sigma_3$
	初期	圧密後	軸ひずみ	体積ひずみ	
4.5	0.612	0.475	12.84	6.10	13.30
6.0	0.601	0.452	18.00	8.28	19.95

粒度 $U_c = 2 \pm 40\%$

$\phi : 38.6^\circ$

$C : 0.0 \text{ kg/cm}^2$

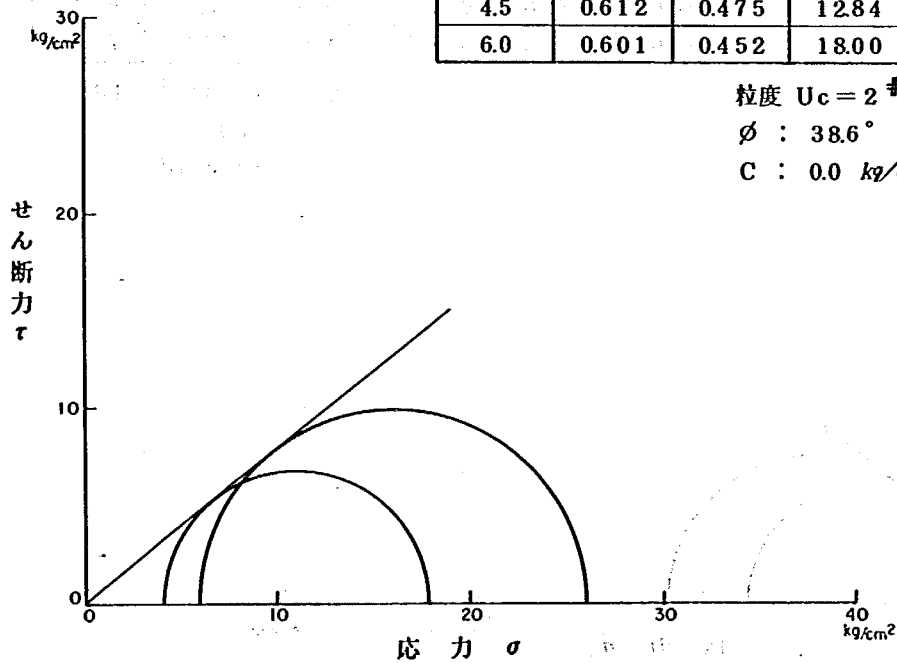


図-11(5.b) 応力円と破壊包絡線

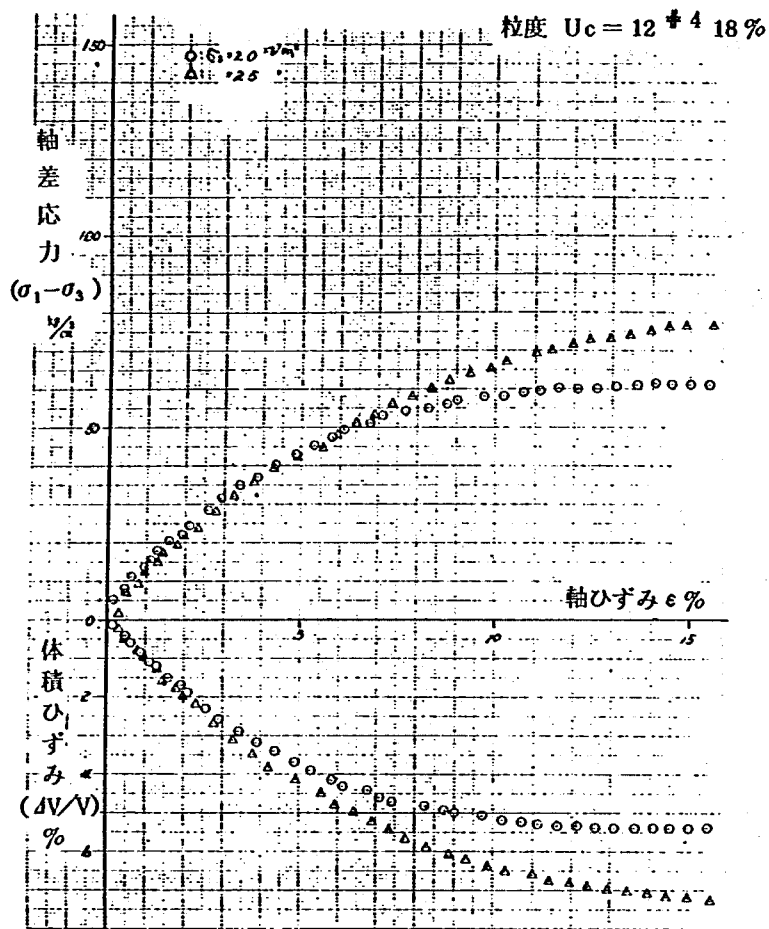


図-11(6.a) 応力ひずみ曲線

側圧	間ゲキ比		破壊時		軸差応力
%	初期	圧密後	軸ひずみ	体積ひずみ	$\sigma_1 - \sigma_3$
20.0	0.328	0.223	15.08	5.46	61.17
25.0	0.343	0.168	14.95	7.28	76.60

粒度 $U_c = 12 \pm 4 \%$

$\phi : 37.3^\circ$

$C : 0.0 \text{ kg/cm}^2$

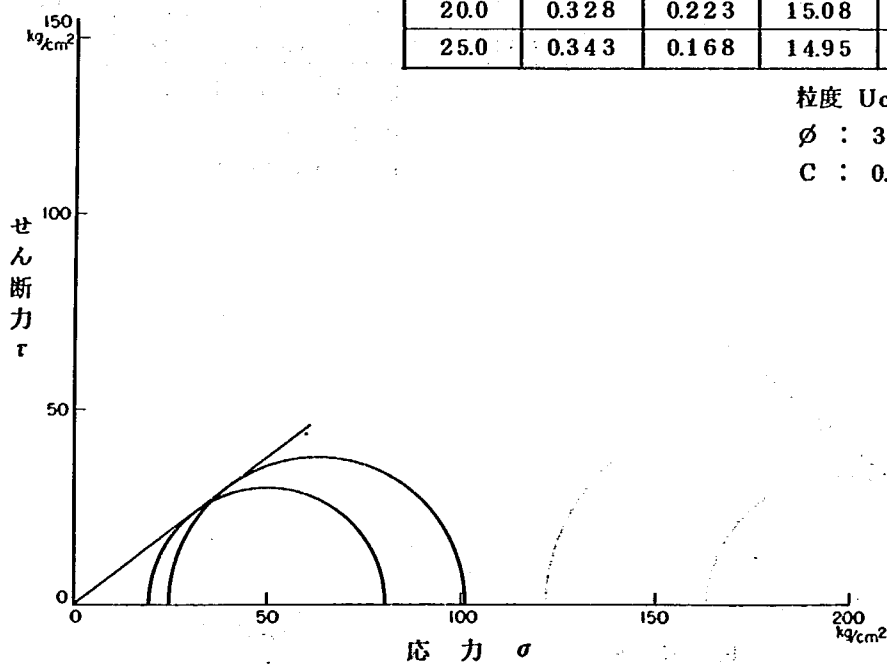


図-11(6.b) 応力円と破壊包絡線

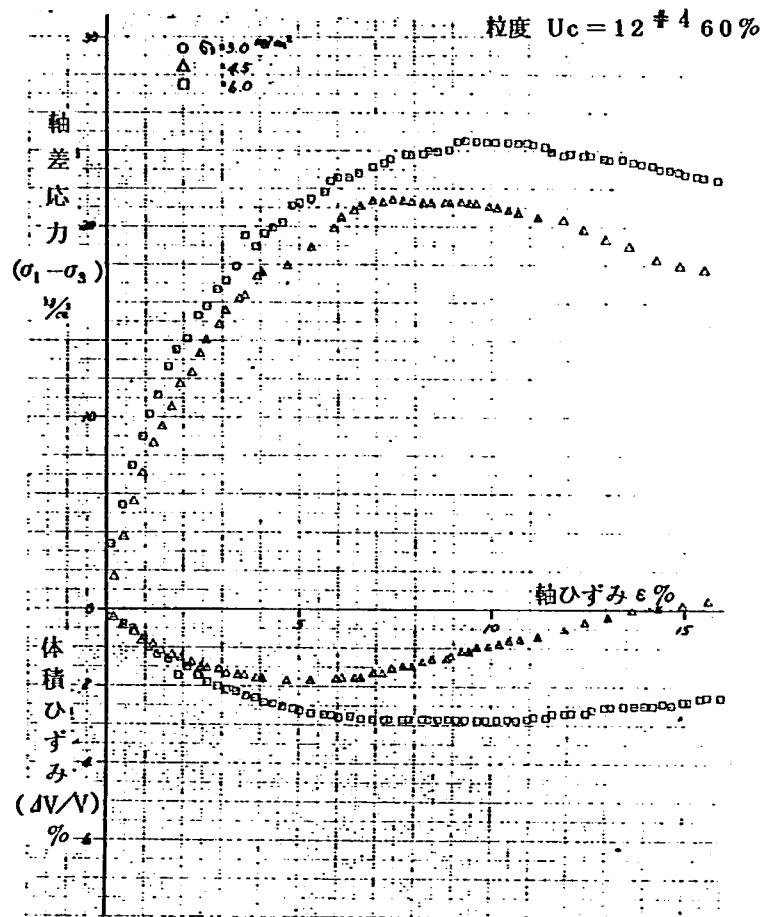


図-11(7a) 応力ひずみ曲線

側圧	間ゲキ比		破壊時		軸差応力
%	初期	圧密後	軸ひずみ	体積ひずみ	$\sigma_1 - \sigma_3$
4.5	0.466	0.430	6.93	1.77	21.3
6.0	0.465	0.433	9.85	2.88	24.46

粒度 $U_c = 12 \pm 4.60\%$

$\phi : 32.2^\circ$

$C : 3.052 \text{ kg/cm}^2$

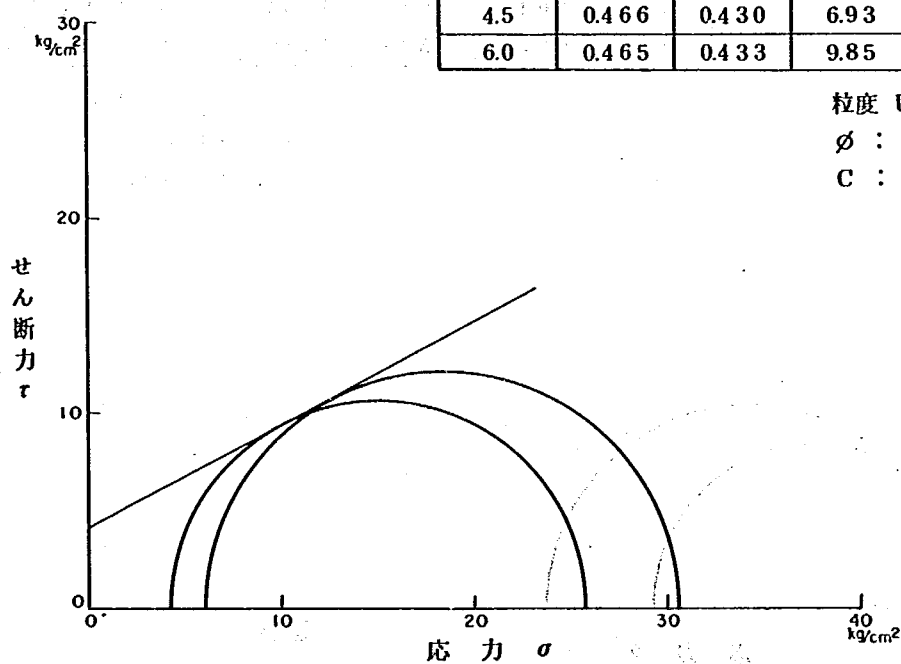


図-11(7b) 応力円と破壊包絡線

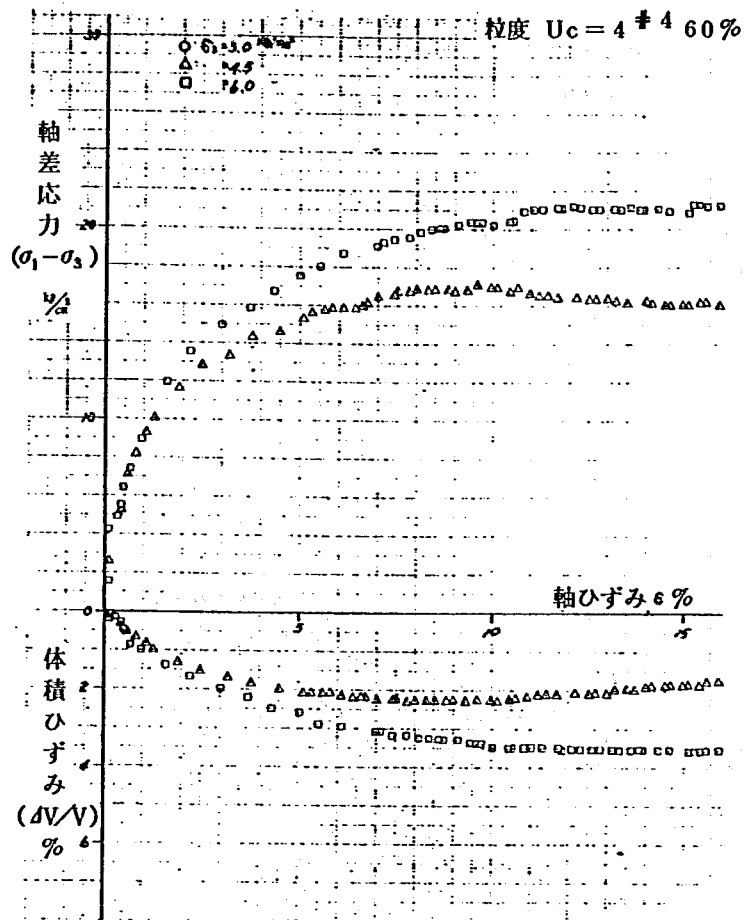


図-11(8.a) 応力ひずみ曲線

側圧	間ゲキ比		破壊時		軸差応力
%	初期	圧密後	軸ひずみ	体積ひずみ	$\sigma_1 - \sigma_3$
4.5	0.633	0.578	10.64	2.24	16.97
6.0	0.613	0.525	16.10	3.59	21.32

粒度 $U_c = 4 \frac{1}{2} \phi 60\%$

$\phi : 36.21^\circ$

$C : 1.005 \text{ kg/cm}$

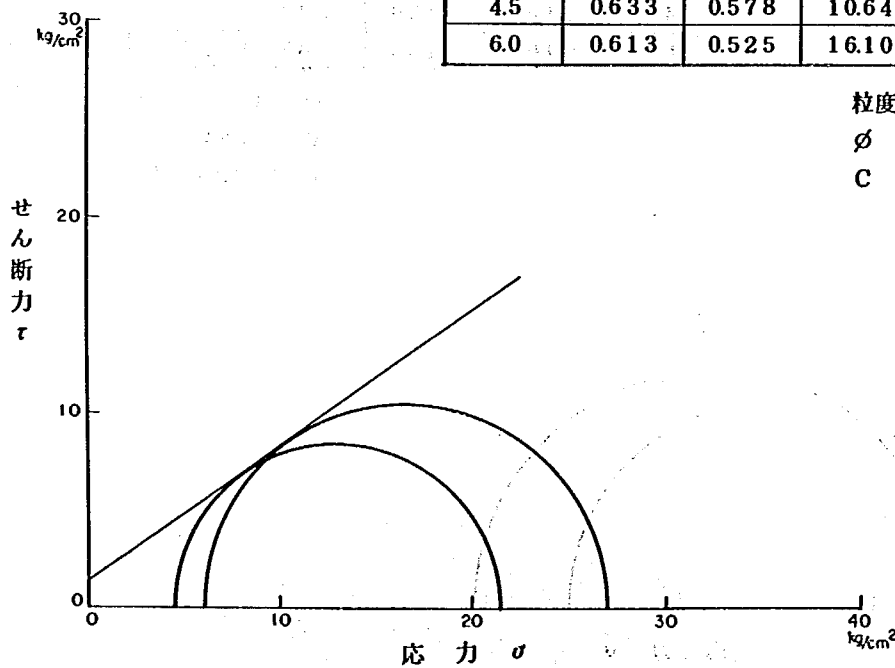
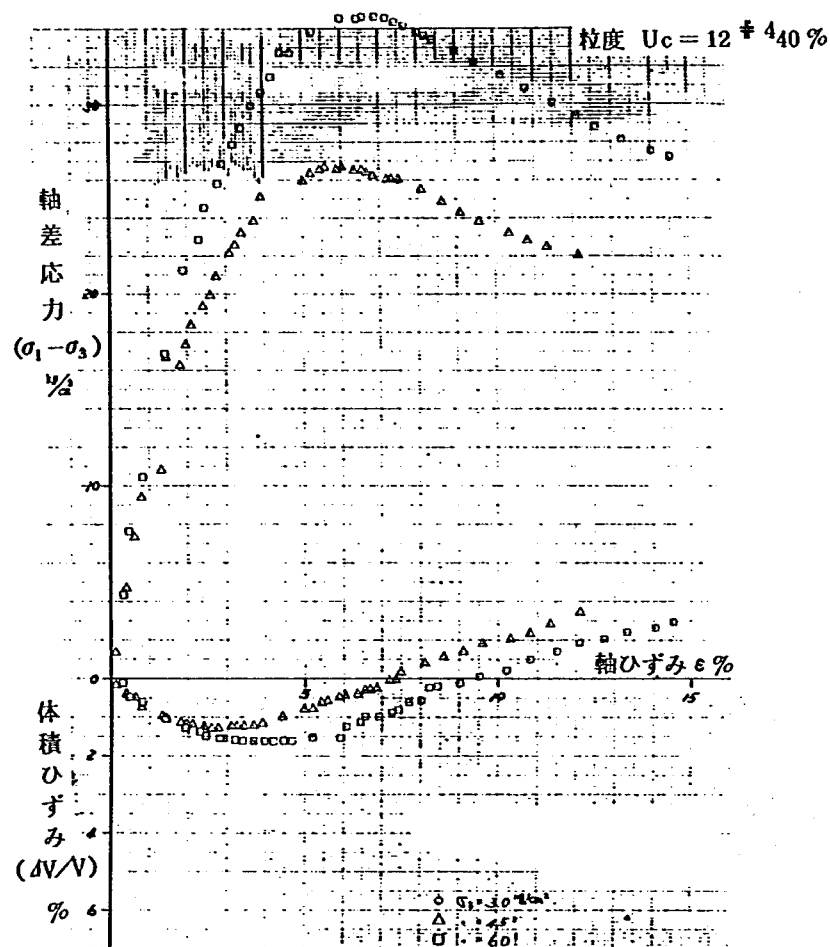


図-11(8.b) 応力円と破壊包絡線



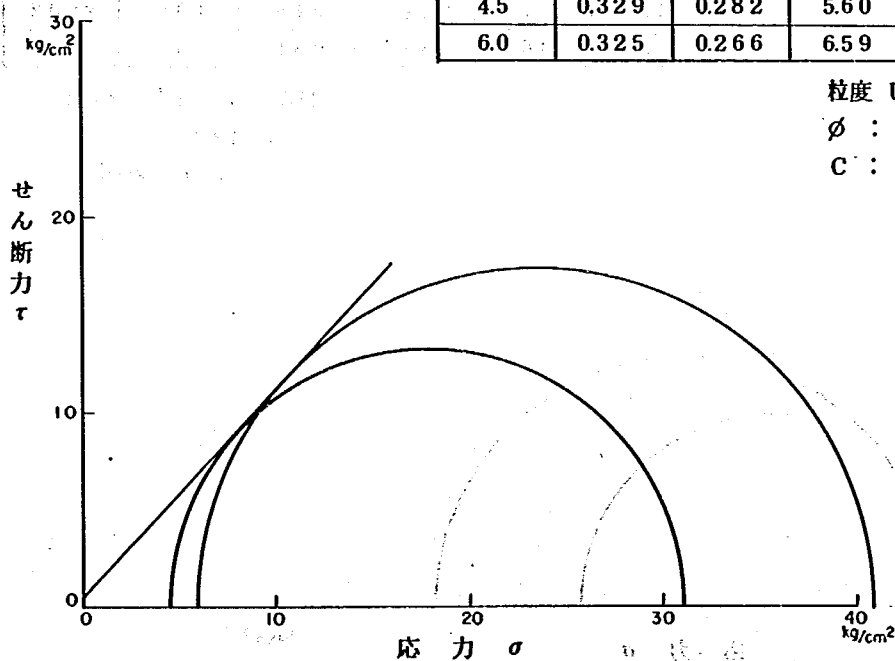
図一11(9a) 応力ひずみ曲線

側 圧	間 グ キ 比		破 壊 時		軸差応力
$\frac{1}{2}$	初 期	圧 密 後	軸ひずみ	体積ひずみ	$\sigma_1 - \sigma_3$
4.5	0.329	0.282	5.60	0.63	26.64
6.0	0.325	0.266	6.59	1.09	34.63

粒度 $U_c = 12 \pm 40\%$

$\phi : 46.6^\circ$

$C : 0.531 \text{ kg/cm}^2$



図一11(9b) 応力円と破壊包絡線

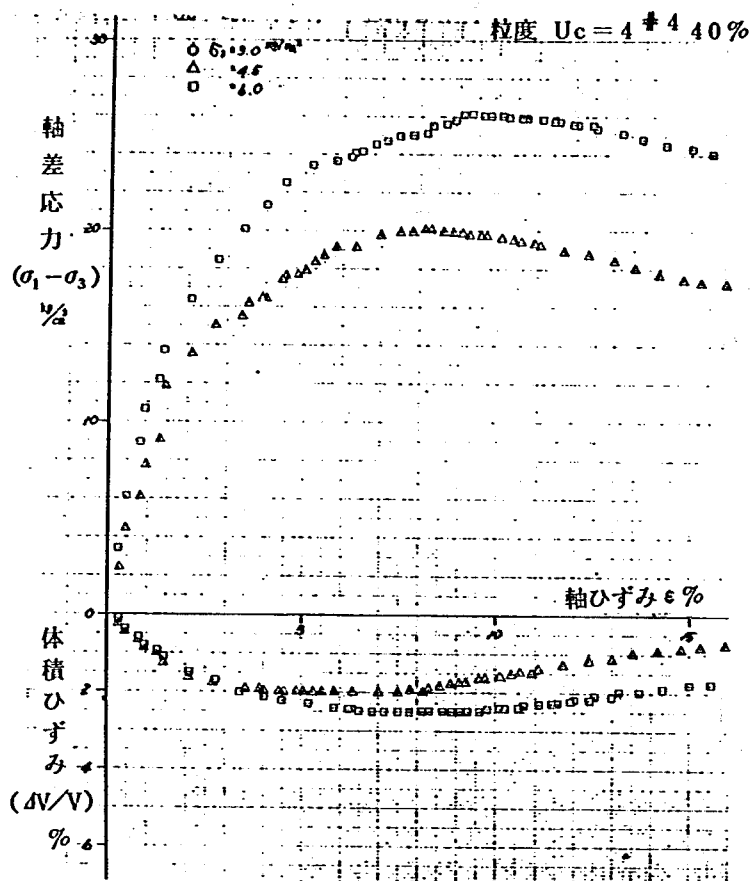


図-11(10.a) 応力ひずみ曲線

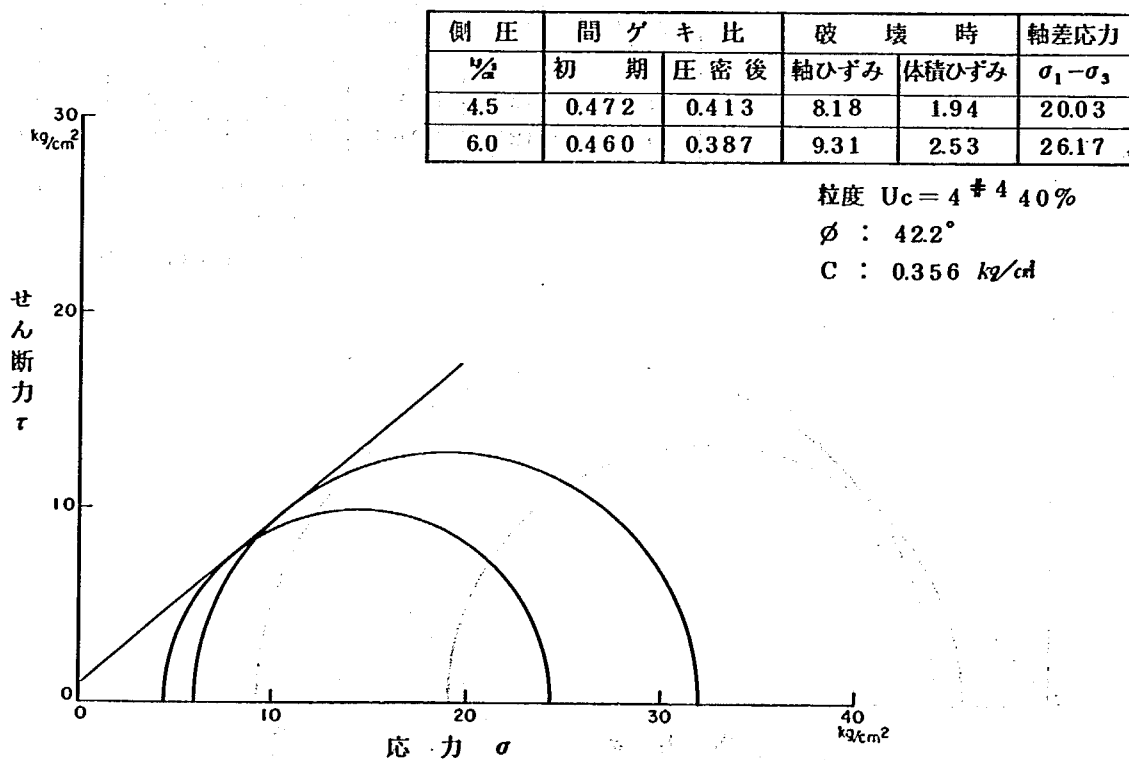


図-11(10.b) 応力円と破壊包絡線

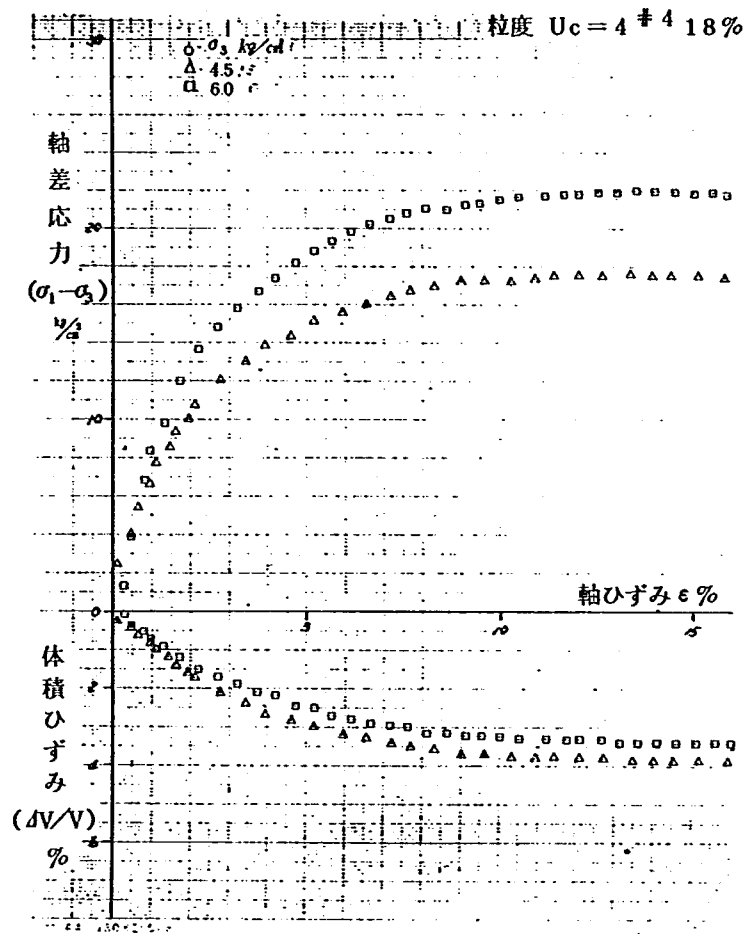


図-11(11.a) 応力ひずみ曲線

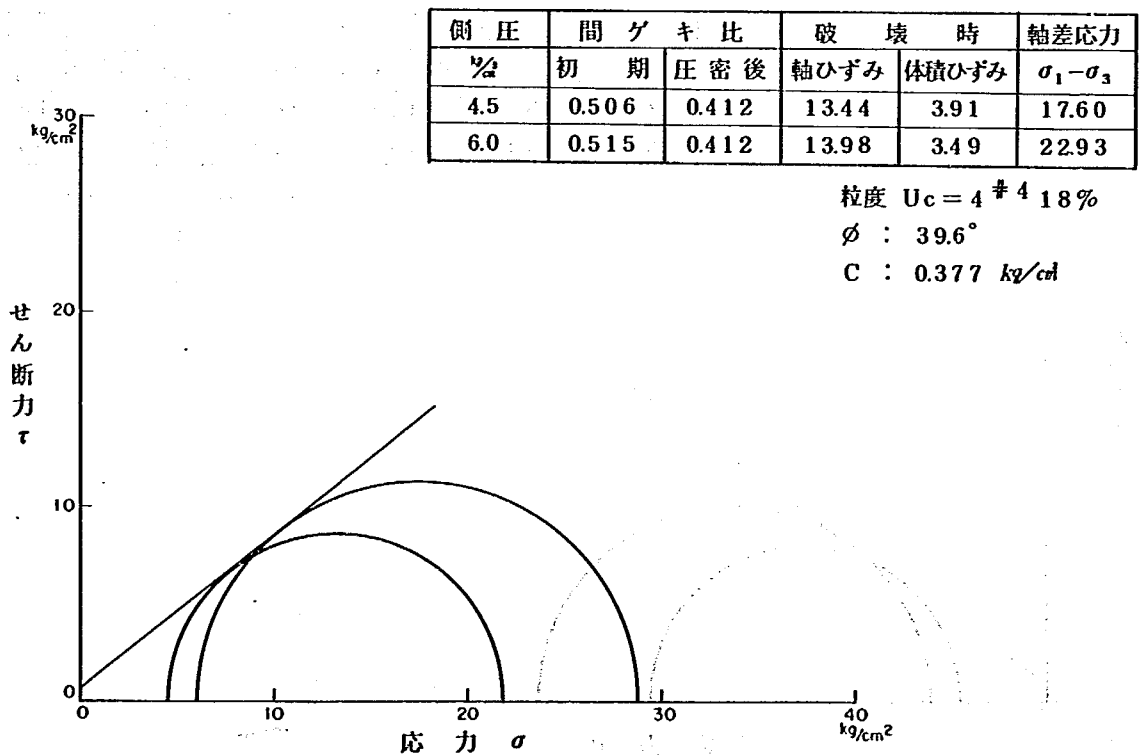


図-11(11.b) 応力円と破壊包絡線

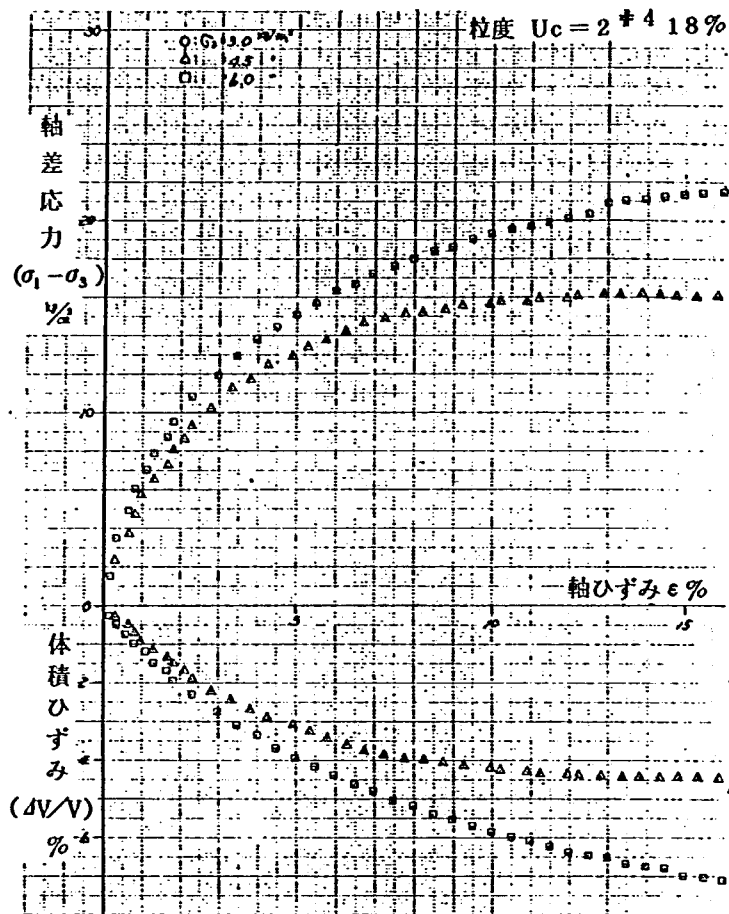


図-11(12.a) 応力ひずみ曲線

側圧 $\gamma\%$	間グキ比		破壊時		軸差応力 $\sigma_1 - \sigma_3$
	初期	圧密後	軸ひずみ	体積ひずみ	
4.5	0.587	0.459	12.89	4.43	16.15
6.0	0.594	0.437	12.49	6.49	20.35

粒度 $U_c = 2 \sim 4 \ 18\%$

$\phi : 35.7^\circ$

$C : 0.916 \text{ kg/cm}^2$

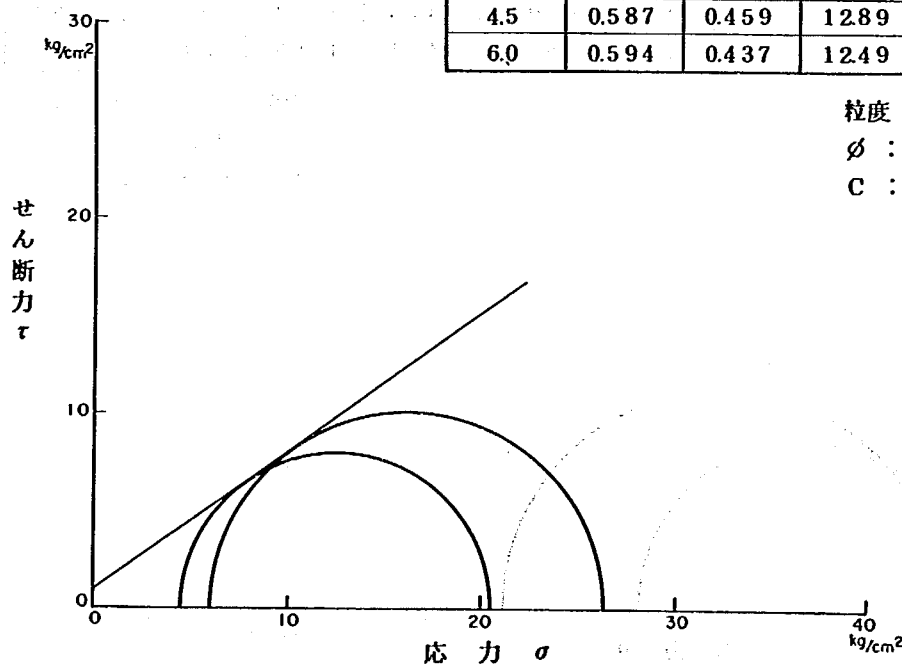


図-11(12.b) 応力円と破壊包絡線

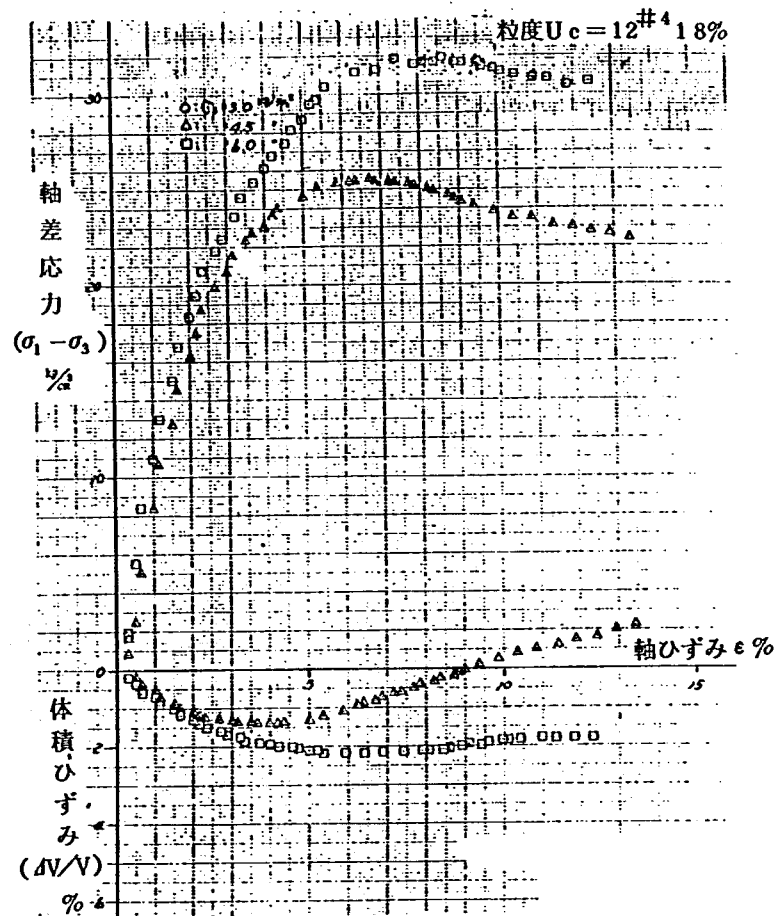


図-11(13.a) 応力ひずみ曲線

側圧 %	間グキ比		破壊時		軸差応力
	初期	圧密後	軸ひずみ	体積ひずみ	$\sigma_1 - \sigma_3$
4.5	0.275	0.216	6.71	0.85	25.54
6.0	0.281	0.209	8.60	2.06	31.82

粒度 $U_c = 12\frac{4}{5} 18\%$

$\phi : 42.45^\circ$

$C : 15.08 \text{ kg/cm}^2$

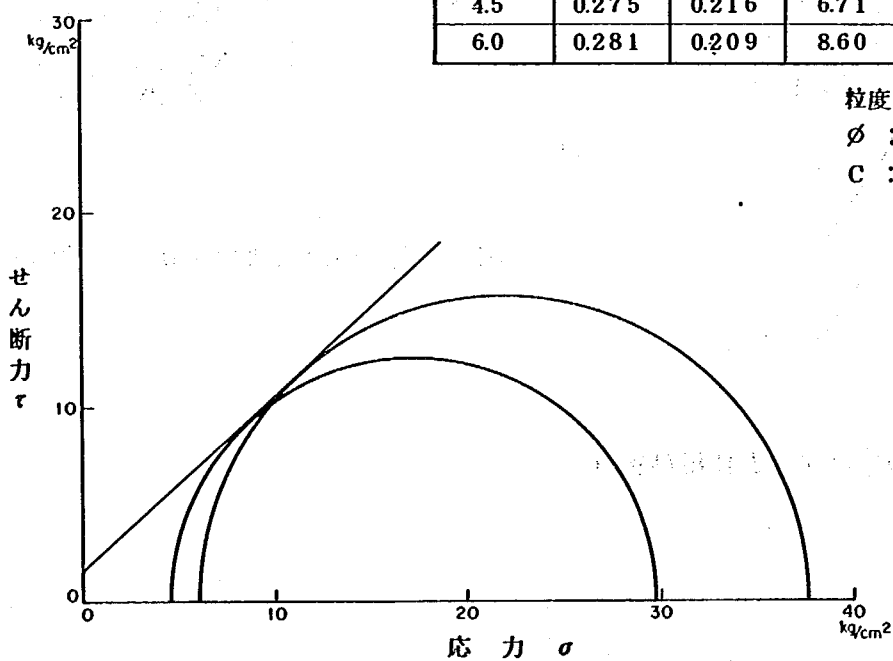
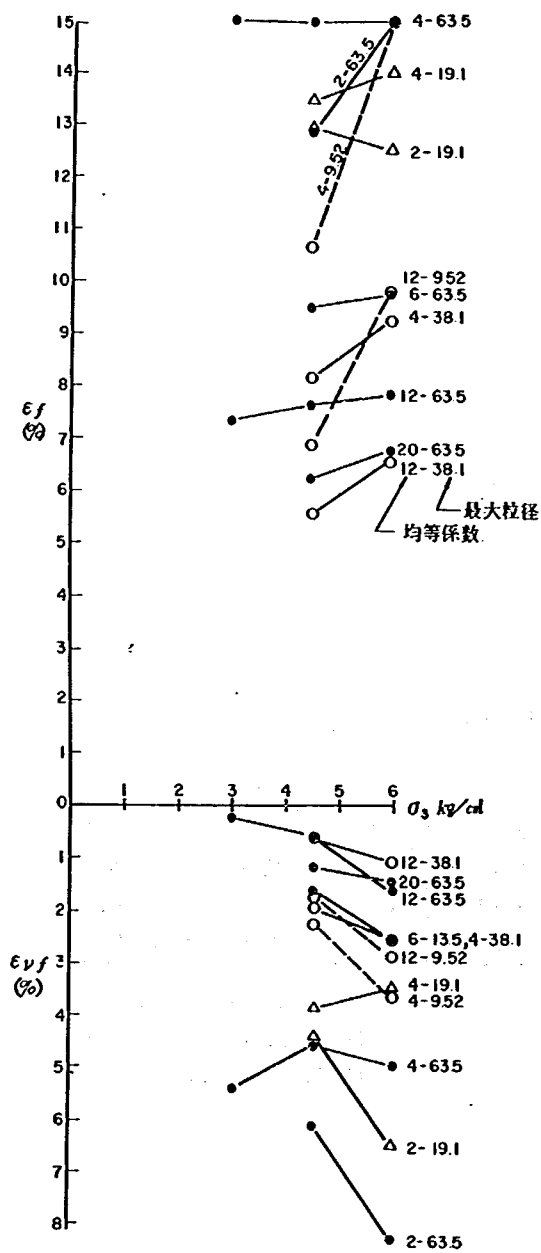
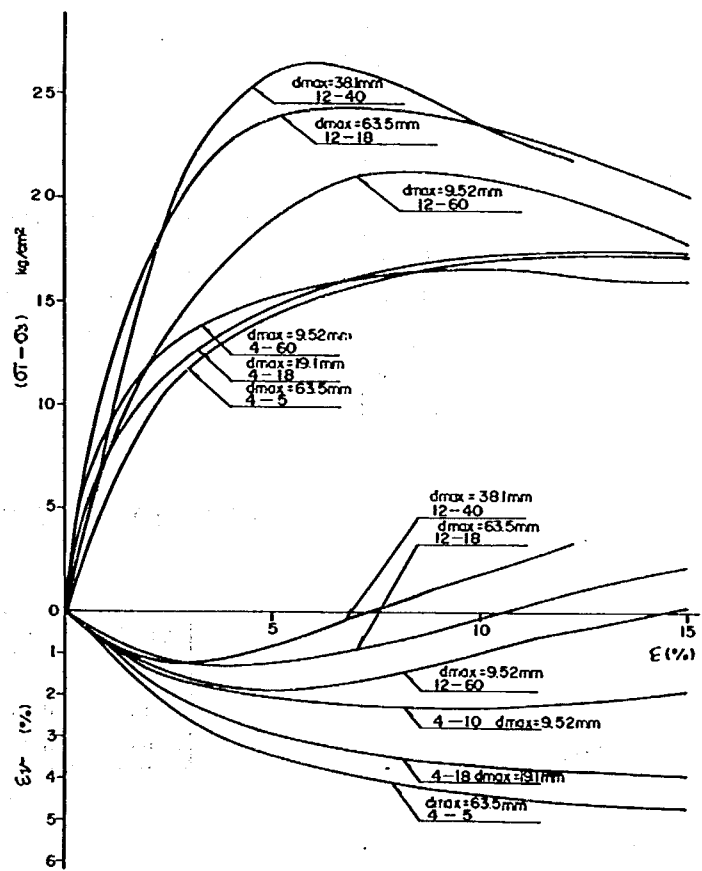


図-11(13.b) 応力円と破壊包絡線



図一 12 破壊時の軸ひずみと体積ひずみ



図一 13 応力歪曲線 ($\sigma_3 = 4.5 \text{ kg/cm}^2$)

2) 強度定数

最大粒径が 6.3.5 mm 条件で得られた均等係数と強度定数の関係を図-14 に示す。相対密度が 80 ~ 90 % 状態では初期間ゲキ比のバラツキが多い $U_c = 6$ の結果を除外すると均等係数が増加すると粘着力成分が増加している。内部摩擦角の値と均等係数との関係を試験側圧 3.0, 4.5, 6.0 ㏩によって得られた $U_c = 4$ と $U_c = 12$ の値で比較すれば均等係数の大きな方が大きな値を示している。

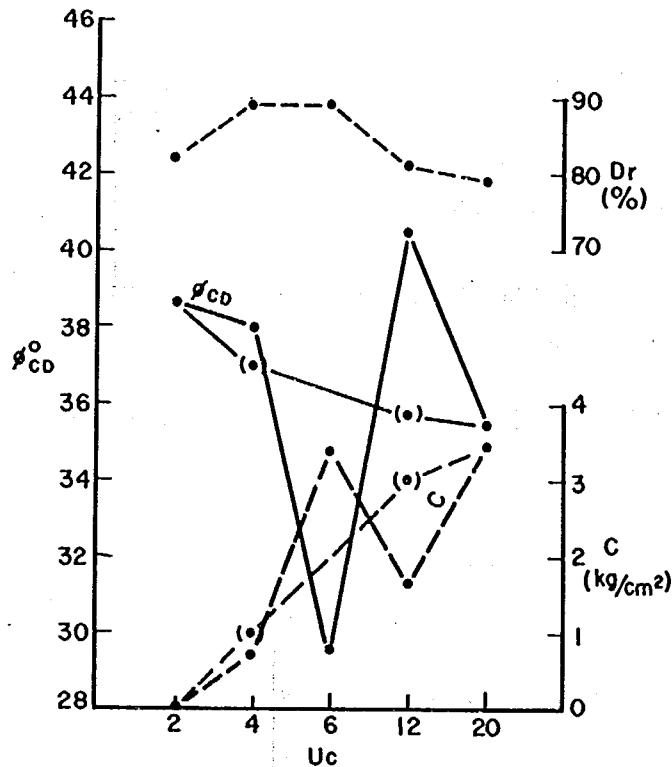
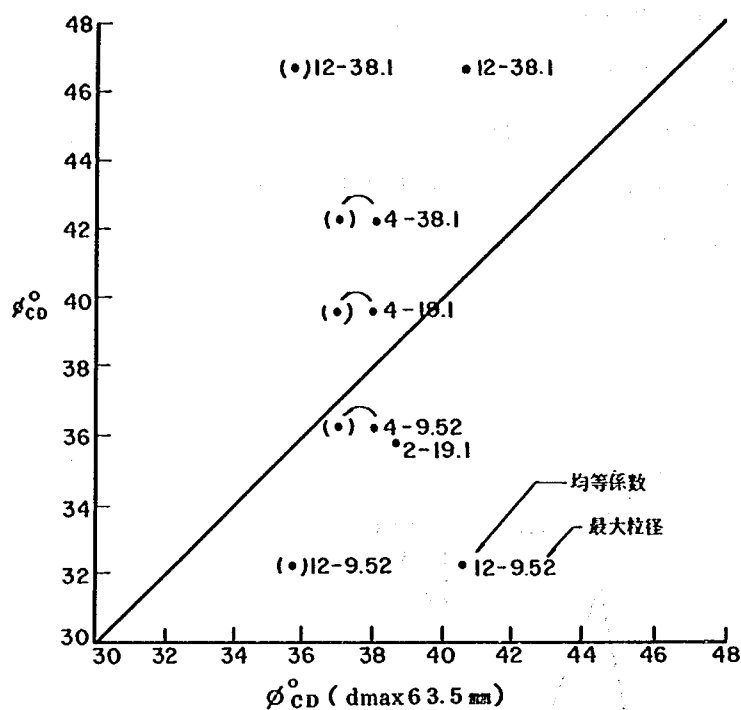


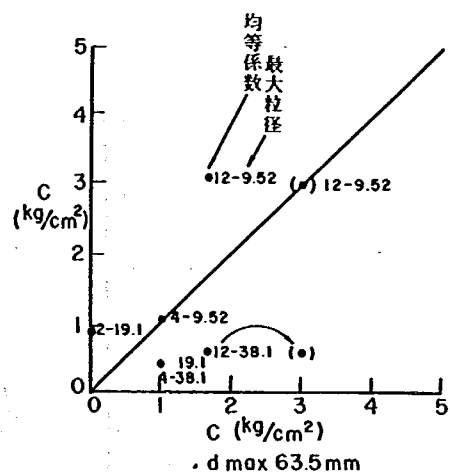
図-14 均等係数と強度定数

試験側圧 4.5, 6.0 ㏩で得られた値 ($U_c = 4$, $U_c = 12$ の場合 (•) の記号) で比較すると均等係数が増加すると内部摩擦角は減少し粘着力成分は増加する傾向にあり $U_c = 2 \sim 20$ で $\phi_{cd} = 38 \sim 35$ 度, $C = 0 \sim 3.5$ ㏩の値を示している。このことは高い側圧の基では内部摩擦角が低下する可能性を示唆しているものと考えられる。

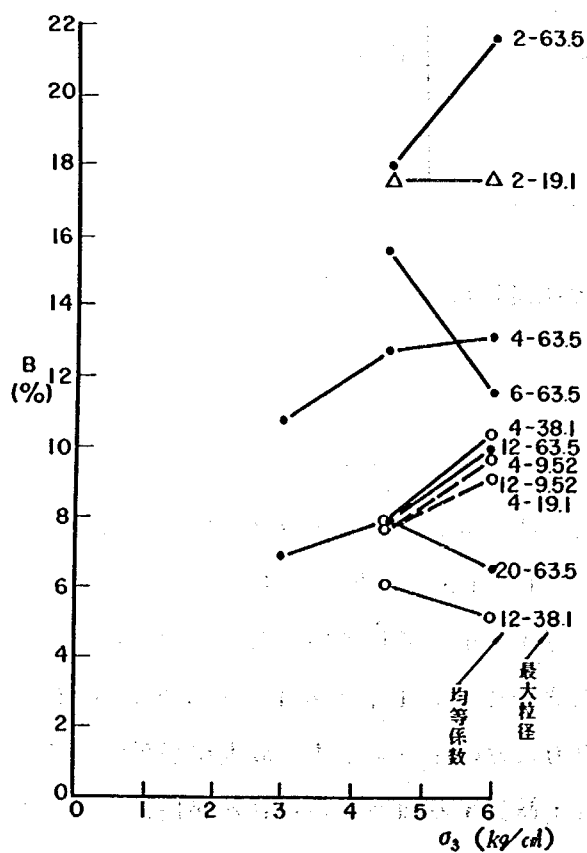
図-15, 16 に最大粒径 6.3.5 mm と最大粒径 3.8.1, 1.9.1, 9.5.2 mm 粒度分布状態より得られた内部摩擦角および粘着力成分の比較を示す。最大粒径が増大すると内部摩擦角が若干増加し粘着力成分が若干減少する傾向がみられるが内部摩擦角と粘着力成分は相関連するため明確な結果ではない。



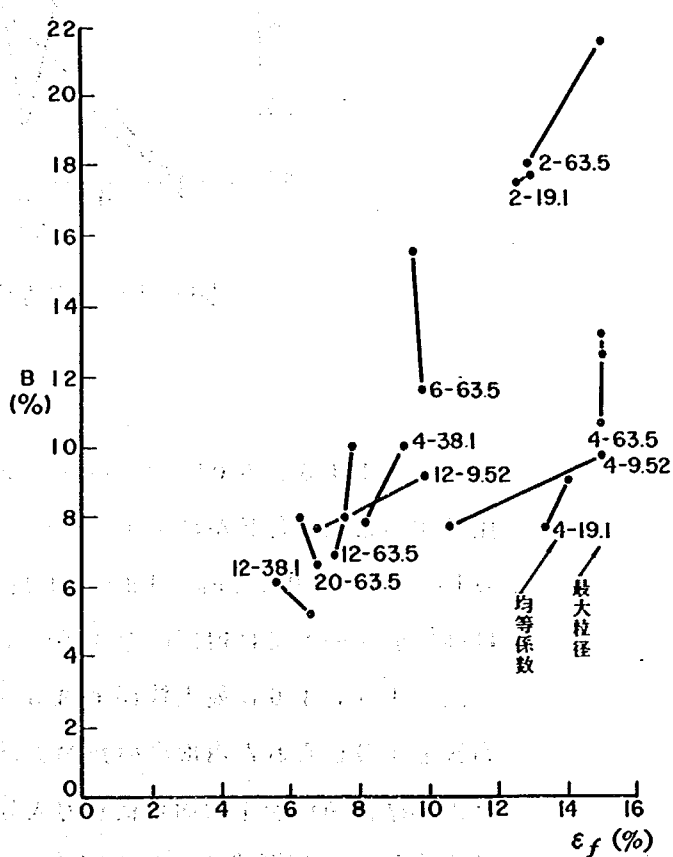
図一15 内部摩擦角の比較



図一16 粘着力成分の比較



図一17 側圧と破砕率



図一18 破壊時軸方向ひずみと破砕率

3) 粒子破碎

図-17に側圧と破碎率，図-18に破壊時軸方向ひずみと破碎率の関係を示す。

BはMarsalの定義による破碎率を表わす。

側圧とBの関係では試験側圧が高くなるとBが増加する傾向を示し均等係数が小さいほど破碎率が高く現われている。この傾向の要因は側方向の拘束圧の増加により粒子移動が制限されることと均等係数が小さい場合には粒子相互間に生ずる接点数が少ないことにより一個の接点が分担する抵抗力が大きくなるために粒子の破碎が増加の傾向を示すものと考えられる。

破壊時の軸方向ひずみ量と破碎率の関係ではひずみ量が多い場合に破碎率が大きく現われている。しかし相互の関係は応力増分を与えられたことにより粒子の破碎を生じながらひずみ量が増大した結果を示しているものと考えられる。図-19に最大主応力差と破碎率の関係を示す。ひずみ量と応力の依存関係から粒子破碎が生じると最大主応力差の値が低下する傾向を示している。

4.3.2 昭和55年の試験結果

三軸圧縮試験の結果を表-9に，応力とひずみの関係および破壊包絡線を図-20に示す。

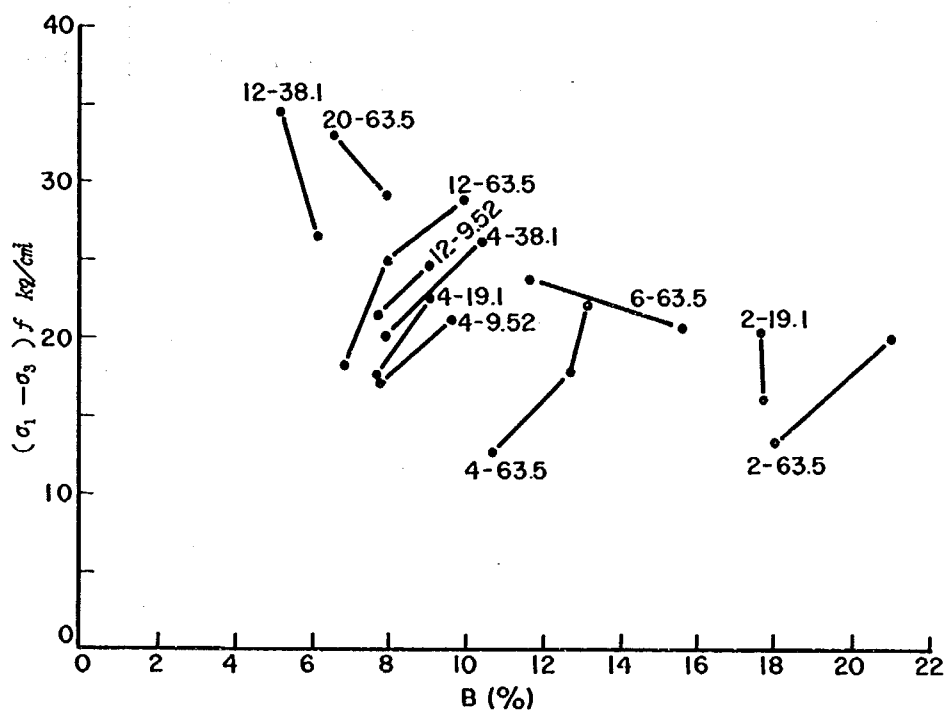


図-19 最大主応力差と破碎率

表一 9 大型三軸圧縮試験

実験 ケース	均等係 Uc	最大粒径 (mm) 最小粒径 (mm)	側圧 (%)	比重 Gb	含水比 w (%)	吸水率 Q (%)	初期乾燥 密度 γ_d (g/cm^3)	間 隙 比		
								初 期 e _o	圧 密 後 e _c	破 壊 時 e _f
1 弱風化 (不飽和)	25	63.5 0.074	1.5	2.591	1.3	5.06	2.102	0.233	0.194	0.193
			3.0	"	0.8	"	2.102	0.233	0.170	0.148
			4.5	"	1.0	"	2.104	0.231	0.165	0.143
			6.0	"	1.45	"	2.092	0.238	0.162	0.131
2 中風化 (不飽和)	8	63.5 0.074	1.5	2.649	0.75	5.60	1.967	0.347	0.302	0.293
			3.0	"	0.8	"	1.976	0.340	0.274	0.264
			4.5	"	1.0	"	1.978	0.339	0.263	0.235
			6.0	"	0.7	"	1.970	0.343	0.239	0.203
3 弱風化 (飽和)	25	63.5 0.074	1.5	2.591	—	5.06	2.101	0.233	0.185	0.167
			3.0	"	—	"	2.093	0.238	0.178	0.161
			4.5	"	—	"	2.104	0.231	0.149	0.119
			6.0	"	—	"	2.098	0.235	0.144	0.107

一覧表 (M-55, W-55)

破 壊 時						破 碎 率 B (%)	強度定数 ϕ (度) C (%)
軸差応力 ($\sigma_1 - \sigma_3$) kg/cm ²	軸ひずみ ϵ_f (%)	体積ひずみ dV/V (%)	ポアソン比 $\nu = \frac{\epsilon_f - \epsilon_v f}{2 \epsilon_f}$	主応力比 $\frac{\sigma_1}{\sigma_3}$	割 線 変形係数		
11.70	4.59	0.13	0.486	8.80	255	5.7	41.65° 14.00
19.07	5.30	1.88	0.323	7.36	360	6.7	
24.31	7.32	1.86	0.373	6.40	332	6.3	
29.68	7.11	2.72	0.309	5.95	417	9.2	
7.32	5.10	0.63	0.438	5.88	143	5.5	36.16° 17.43
15.34	6.45	0.77	0.440	6.11	238	7.0	
20.16	6.47	2.30	0.322	5.48	311	8.3	
23.95	9.32	3.03	0.337	4.99	257	6.9	
8.48	8.24	1.53	0.407	6.65	103	4.3	41.39° 0.662
14.96	8.26	1.48	0.410	5.99	181	7.0	
20.80	8.00	2.73	0.329	5.62	260	6.2	
26.03	10.02	3.34	0.333	5.34	260	8.5	

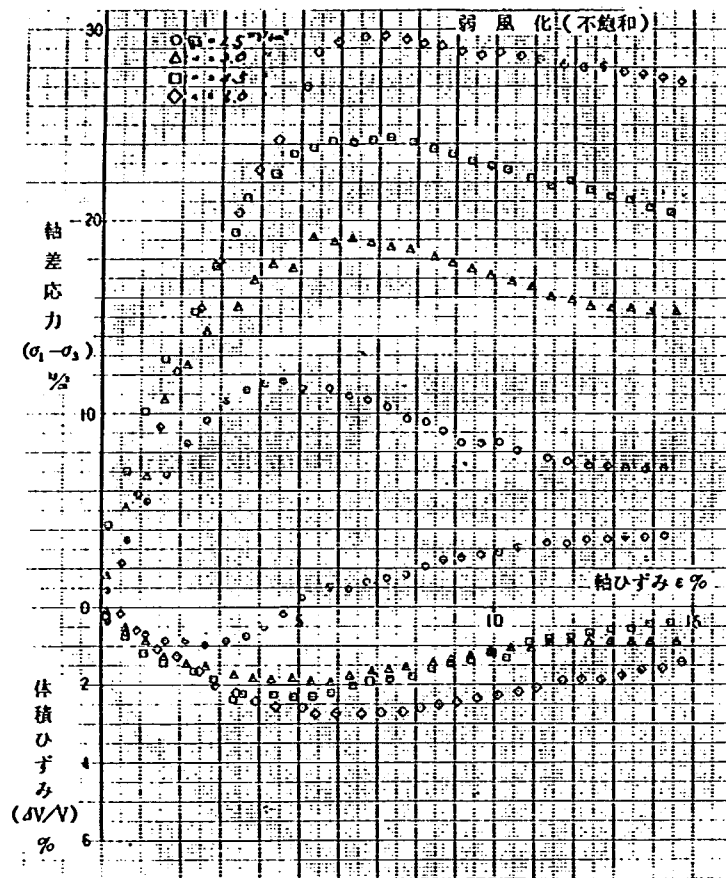


図-20(1.a) 応力ひずみ曲線

側 圧 kg/cm ²	間 グ キ 比		破 壊 時		軸差応力 $\sigma_1 - \sigma_3$
	初 期	圧 密 後	軸ひずみ	体積ひずみ	
1.5	0.233	0.194	4.59	0.13	11.70
3.0	0.233	0.170	5.30	1.88	19.07
4.5	0.231	0.165	7.32	1.86	24.31
6.0	0.238	0.162	7.11	2.72	29.68

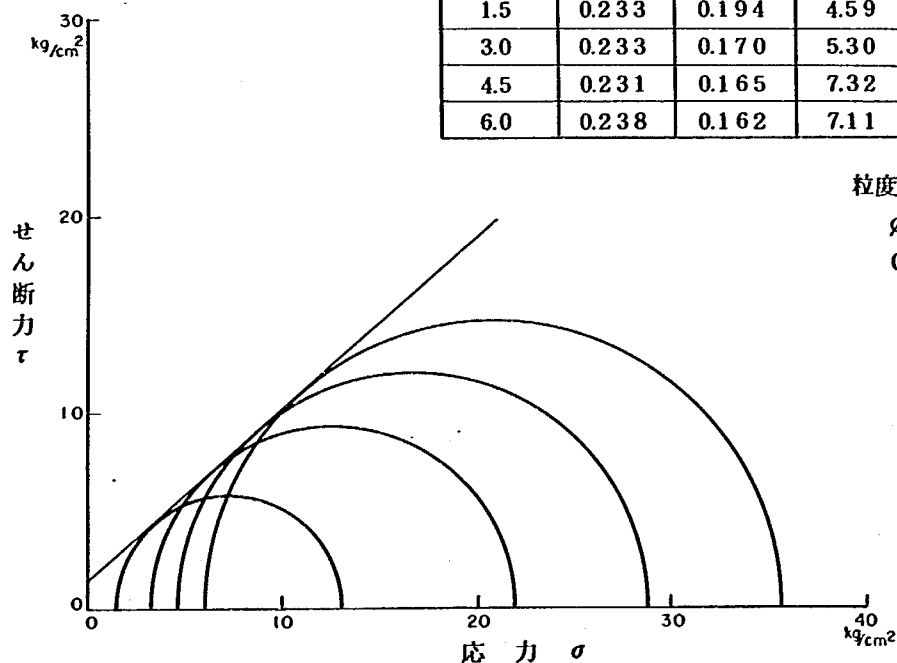
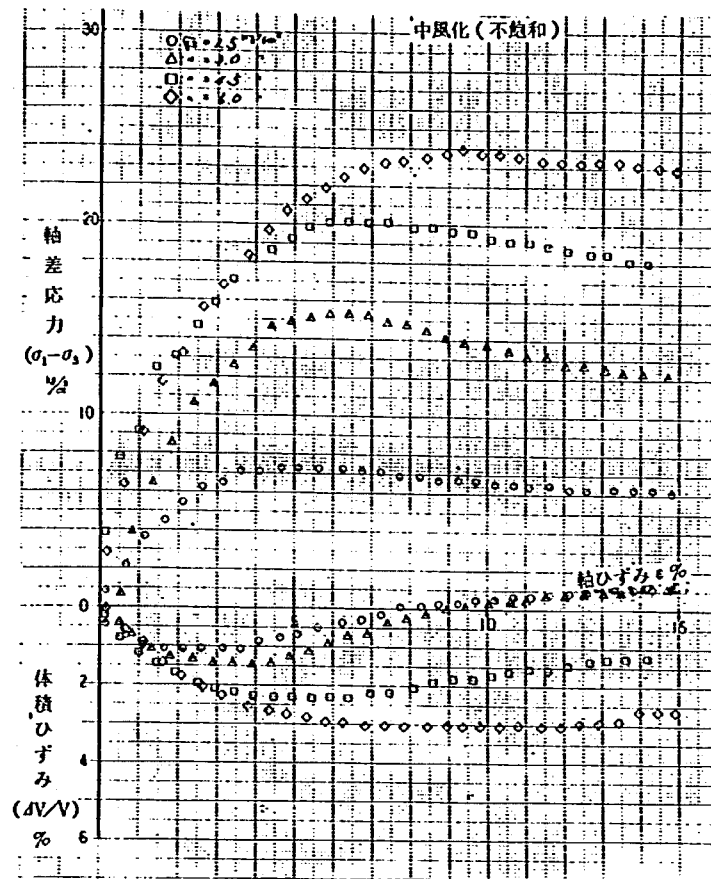


図-20(1.b) 応力円と破壊包絡線(弱風化(不飽和))



図一20(2.a) 応力ひずみ曲線

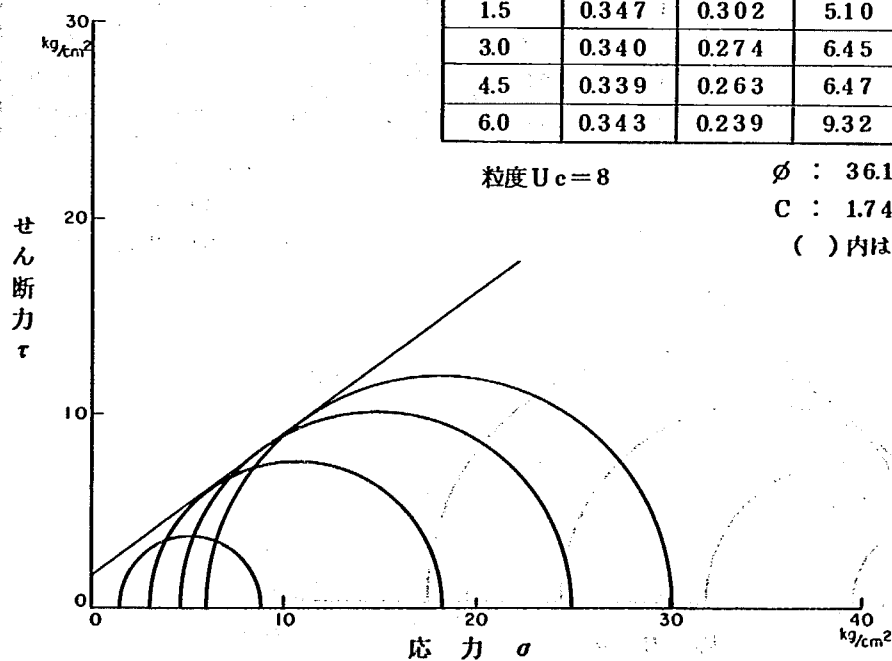
側圧	間グキ比		破壊時		軸差応力
%	初期	圧密後	軸ひずみ	体積ひずみ	$\sigma_1 - \sigma_3$
1.5	0.347	0.302	5.10	0.63	7.32
3.0	0.340	0.274	6.45	0.77	15.34
4.5	0.339	0.263	6.47	2.30	20.16
6.0	0.343	0.239	9.32	3.03	23.95

粒度 $U_c = 8$

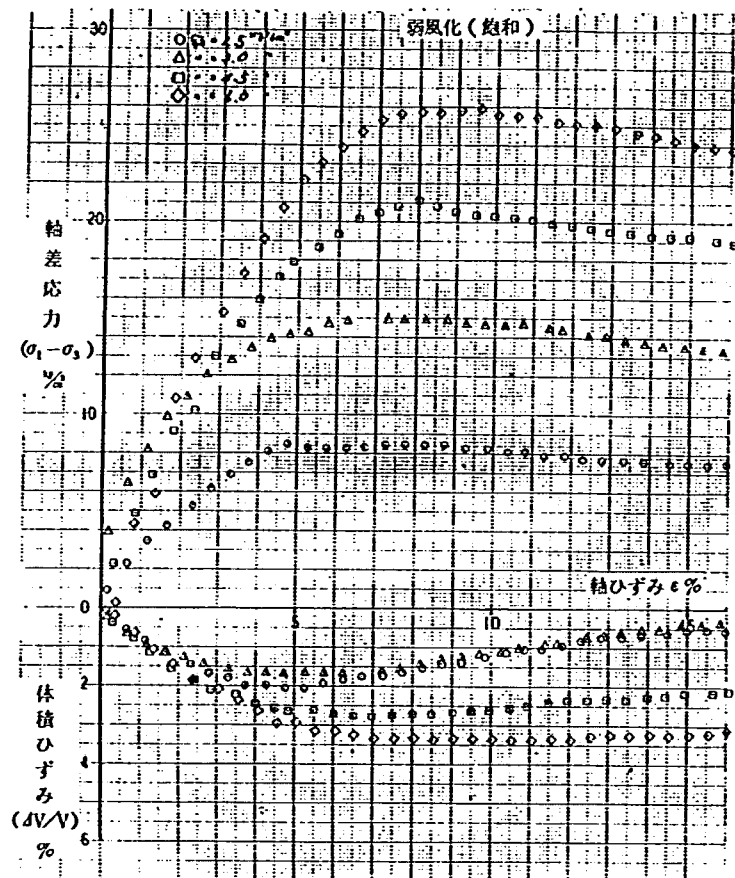
$\phi : 36.16^\circ (40.52^\circ)$

$C : 1.743 (0.644) \text{ kg/cm}^2$

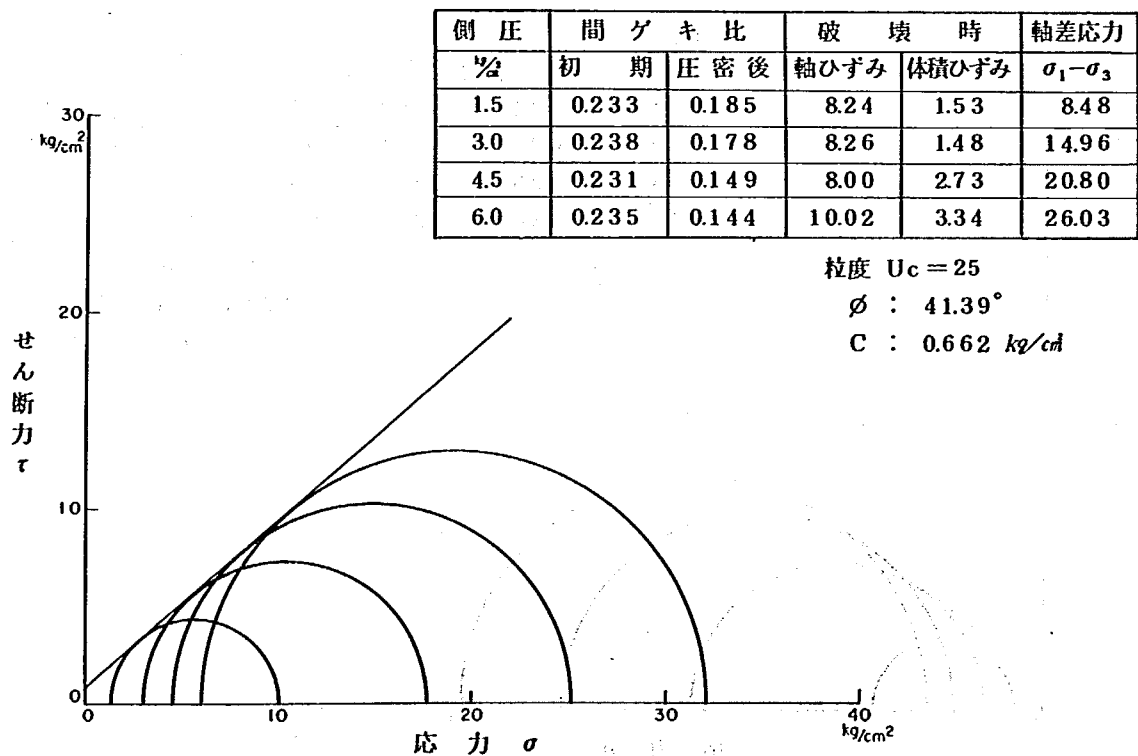
() 内は $\sigma_3 = 1.5\%$ を代入した場合



図一20(2.b) 応力円と破壊包絡線 (中風化 (不飽和))



図一20(3.a) 応力ひずみ曲線



図一20(3.b) 応力円と破壊包絡線(弱風化(飽和))

(1) 応力とひずみの関係

粒径 4.76 ~ 6.35mm の平均物性値および粒度は

弱風化	$G_b = 2.477$	$Q = 5.1\%$	$U_c \div 25$	$D_{60} \div 25 \text{ mm}$
中風化	$G_b = 2.433$	$Q = 5.6\%$	$U_c \div 8$	$D_{60} \div 5 \text{ mm}$

であり比重および吸水率では大きな差は認められないが粒度分布の相違が変形性に与える影響についてみると各々の試験結果において軸方向ひずみが 0 ~ 3 % 程度の領域においては軸方向ひずみと主応力差の値との間に線型の関係が強くみられる。体積変化にみられる特徴は相対密度が 90 % という高密度条件にもかかわらず顕著な負のダイレイタンスー現象が現われていない。軸ひずみと主応力差の関係における曲線形状の比較を不飽和条件について行くと中風化に比較して弱風化の方が主応力差の最大値を示してから後の主応力差の低減率が大きく現われている。

図-21 に破壊時の軸ひずみと体積ひずみの関係を示す。不飽和状態で中風化と弱風化を比較すると各々の破壊ひずみに大きな差は生じていないが同一側圧で軸ひずみが 1 % 程度、体積ひずみが 0.5 % 程度と若干中風化材料の方がひずみ量が大きく現われている。弱風化材料を不飽和状態と飽和状態で比較すると飽和状態の方が軸方向ひずみ量で 1 ~ 3 % 程度、体積ひずみ量で 1 ~ 1.5 % 程度大きな値が現われておりこのことは飽和状態がひずみ量を増加させる危険性を示唆するものである。

図-22 に破壊時の主応力差と割線変形係数を示す。同一側圧条件における主応力差の値を不飽和状態で風化の程度による比較を行うと中風化よりも弱風化材料の方が 4 ~ 5 % 程度高い値を示している。また同様に破壊時の割線変形係数についても比較すると弱風化材料の方が 100 % 程度大きな値を示している。弱風化材料の不飽和状態と飽和状態において生じた差についてみると主応力差で 3 %、割線変形係数で 150 % 程度と飽和状態に値の低下がみられ中風化材料の不飽和状態の値とほぼ同程度の値を示している。

(2) 強度定数

結果一覧表に記載されている強度定数の値は主応力和の平均値と主応力差の平均値の関係より最小自乗法によって求めた値である。

弱風化材料の強度定数の値は

不飽和	$\bar{e}_o = 0.234$	$\phi = 41.6^\circ$	$C = 1.4\%$
飽和	$\bar{e}_o = 0.234$	$\phi = 41.4^\circ$	$C = 0.7\%$

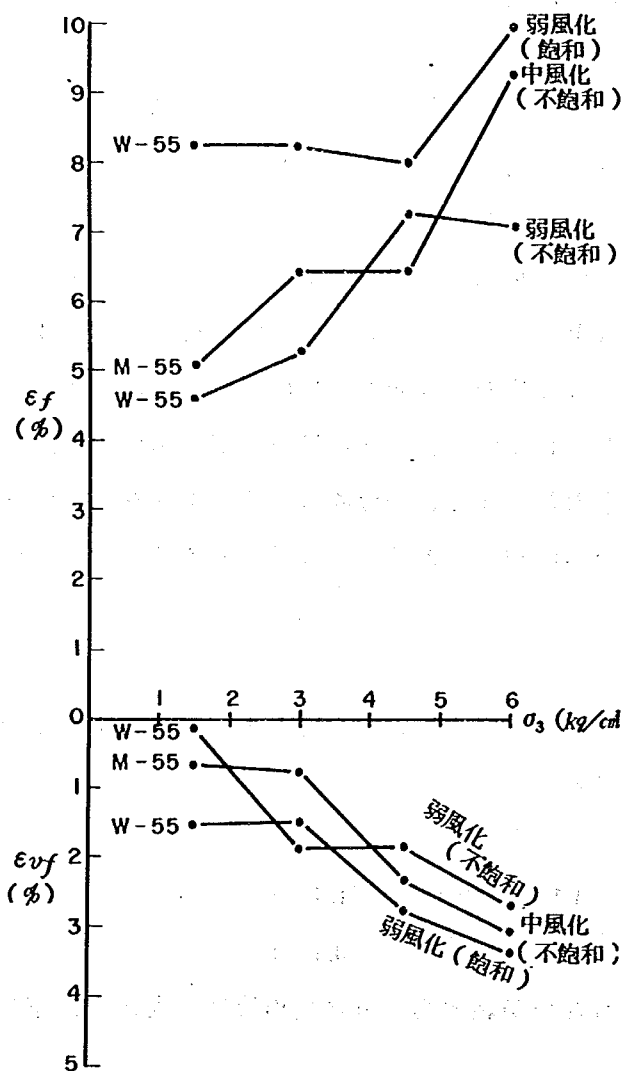
であり内部摩擦角には大きな差は認められないが粘着力成分は飽和状態で大きく低下している。中風化材料の強度定数の値は

不飽和	$\bar{e}_o = 0.342$	$\phi = 36.2^\circ$	$C = 1.7\%$
-----	---------------------	---------------------	-------------

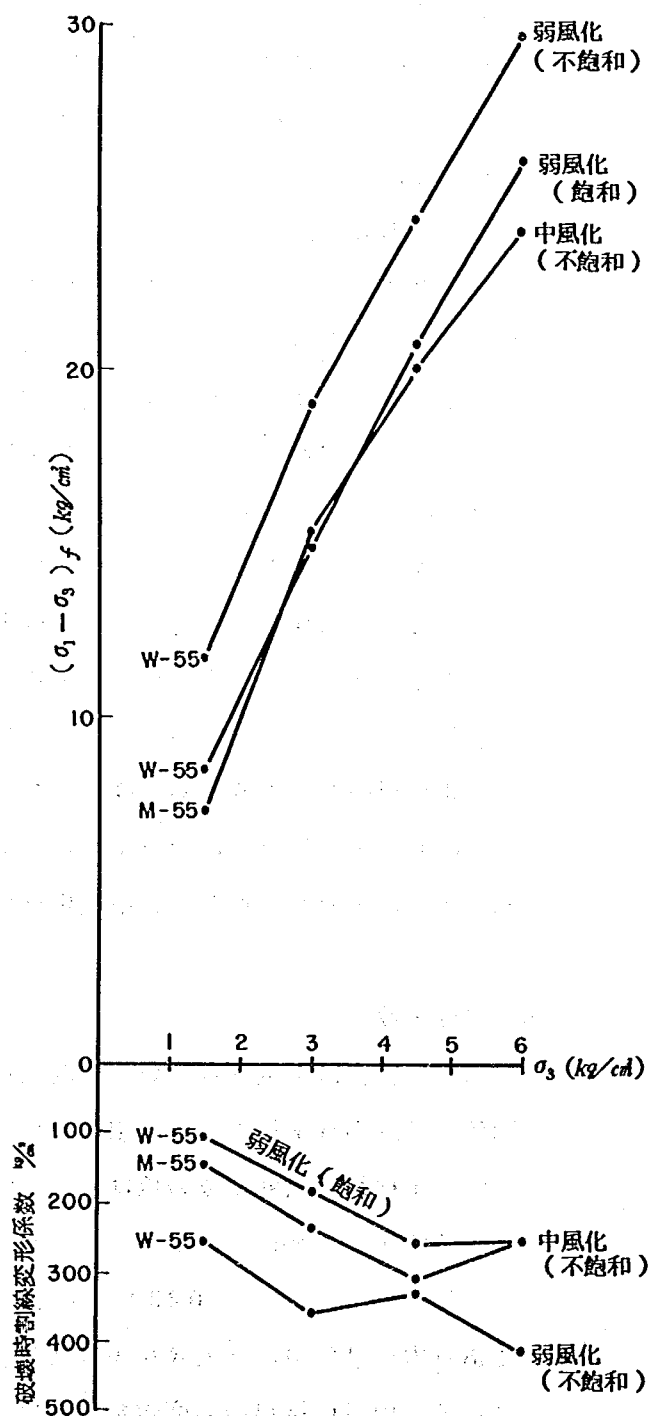
が得られ弱風化材料と比較すると内部摩擦角が大きな低下を示しており風化の程度の相

違による粒度分布の影響が大きく支配している結果であると考えられる。

粒度分布状態，粒子強度，試験側圧の範囲等によって破壊包絡線が曲線となる場合がある。本試験材料においてもそのような傾向の有無を把握するために隣り合う二側圧によって得られた最大主応力差より破壊包絡線を直線とした場合の内部摩擦角の値の変化についてしらべてみると以下のようなになる。



図一21 破壊時の軸ひずみと体積ひずみ



図一22 破壊時の主応力差と変形係数

表一 1 0 内部摩擦角の変化

試験ケース	i	試験側圧 %	内部摩擦角 ϕ°	$\Delta\phi^\circ = \phi_{i+1} - \phi_i$
弱風化 (不飽和)	1	1.5	45.3	
	2	3.0		-5.8
	3	4.5	39.5	+0.4
	4	6.0	39.9	
弱風化 (飽和)	1	1.5	43.1	
	2	3.0		-1.8
	3	4.5	41.3	-1.8
	4	6.0	39.5	
中風化 (不飽和)	1	1.5	46.7	
	2	3.0		-8.6
	3	4.5	38.1	-4.2
	4	6.0	33.9	

各々の応力レベルにおける内部摩擦角は一定値を示さず応力レベルが高くなると若干低下する傾向にある。弱風化材料では不飽和に比較して飽和状態の場合がその傾向が強い。中風化材料の場合は内部摩擦角の低減量が大きく現われており破壊包絡線が曲線であることを示唆するものである。

内部摩擦角の値を最小自乗法によるものと応力レベルを考慮したものと比較すると最小自乗法が若干過大評価した値を示していると考えられる。ここで堤体内の応力レベルを考慮して側圧が3.0～6.0%の範囲を重視して内部摩擦角を求めるとおよそ以下の値を考慮することが適切であると考えられる。

表一 1 1 修正内部摩擦角

材 料	初期間ゲキ比	内部摩擦角(度)
弱風化(不飽和)	0.234	40.0
弱風化(飽和)	0.234	39.5
中風化(不飽和)	0.342	35.0

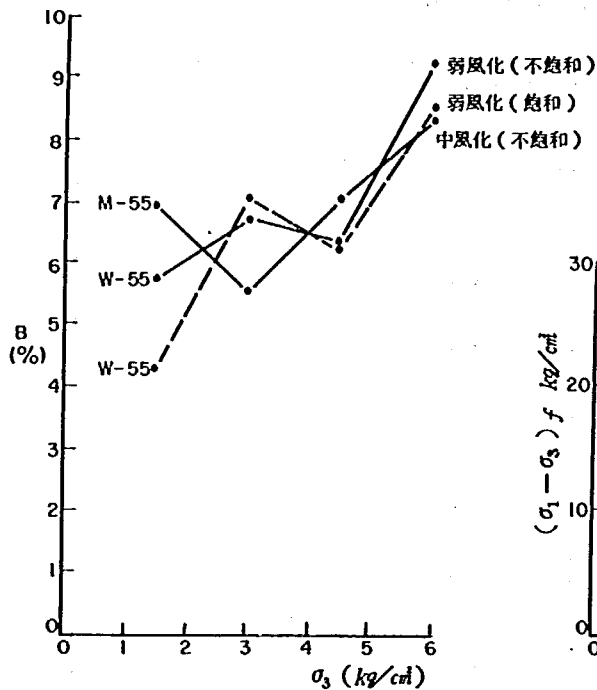


図-23 側圧と破碎率

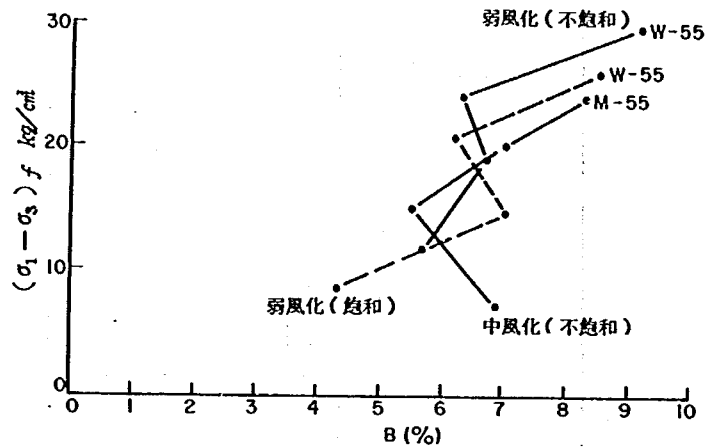


図-24 最大主応力差と破碎率

(3) 粒子破碎

側圧と破碎率の関係を図-23に最大主応力差と破碎率の関係を図-24に示す。風化の程度、粒度分布の相違、飽和条件の相違等による影響の差が明確に現われず応力レベルが増加すると破碎率も増加する傾向を示し破碎率は4～9%と極端に大きな値は現われていない。破碎率を粒径サイズで分類してみると弱風化材料（不飽和および飽和条件）では3.8.1～6.3.5mm粒径において4～5%と全体破碎率の過半をしめ細粒化の傾向にある。中風化材料では2.0～6.3.5mmの粒径が平均的に破碎され細粒化の傾向を示している。

4.4 その他の試験

4.4.1 透水試験

昭和55年の試験材料であるDo2（弱風化および中風化）を試験対象材料とした。試験の目的は横坑採取粒度において2.00mm以下の粒径が20～40%程度含まれていることと風化程度のパラッキによる細粒化によって通常のロック材料としての排水性が懸念されるため透水試験によって透水度を把握しようとしたものである。

試験は土の透水試験方法（JIS A 1218-1977）に準拠した定水位透水試験方法により実施した。以下に試験の概略を示す。

- a) 試験モールド 直径15cmのCBRモールド
- b) 試験粒度 9.52mm以上のオーバーサイズを除いた横坑採取粒度
- c) 試料初期状態 自然乾燥 ($w < 1\%$)
- d) 供試体作成 突固め方法

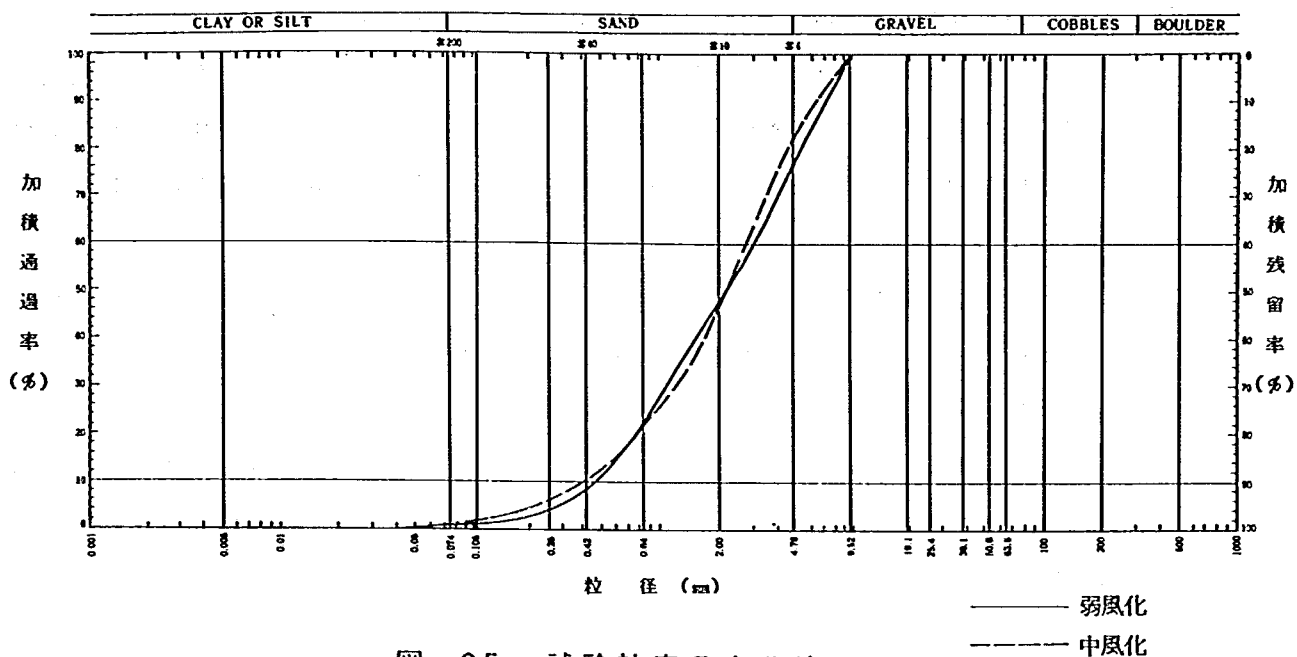


図-25 試験粒度分布曲線

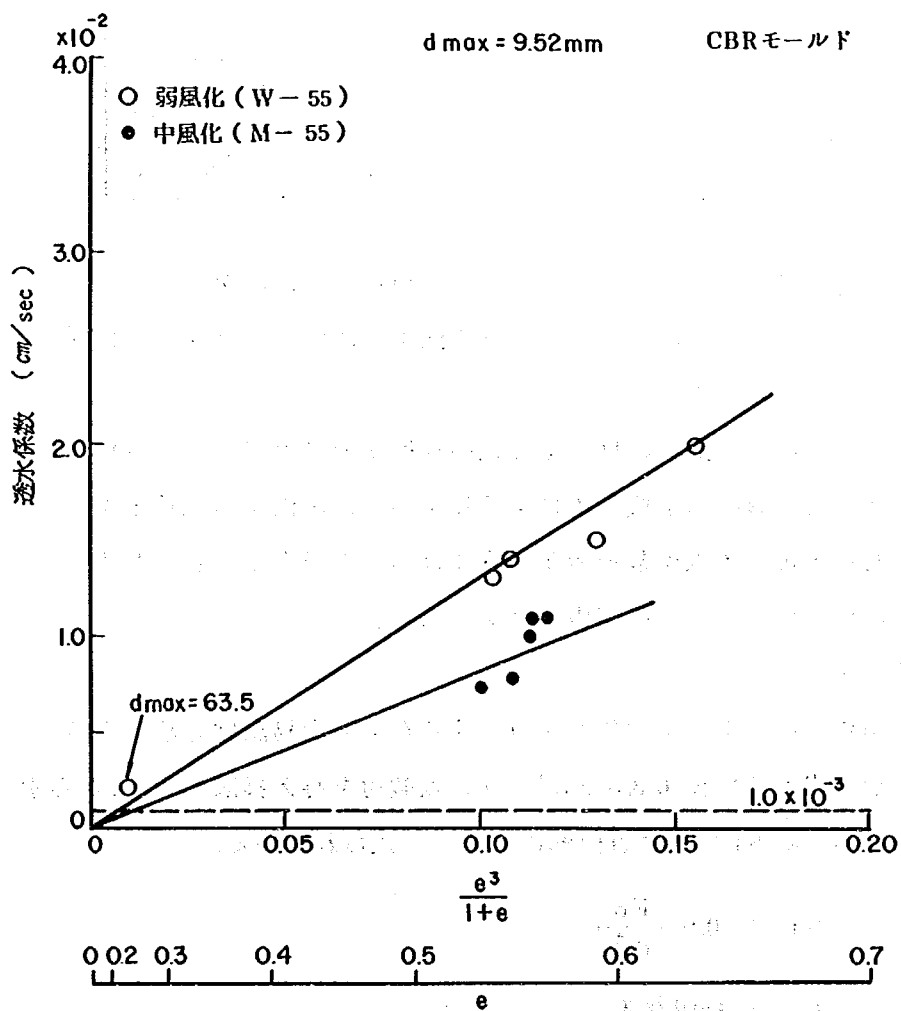


図-26 間ゲキ比関数と透水係数の関係

図-25に試験粒度分布を図-26に試験結果を示す。-9.52mmの粒度分布では弱風化と中風化の粒度特性が明確に現われていない。また-0.074mm粒径も2%未満と少ない状態であった。試験粒度は均等係数が6~7と比較的均一粒度で突固めが困難であったため小さな間ゲキ比の領域での試験値が得られなかった。試験結果の中に三軸圧縮試験時の供試体飽和過程を利用して得られた値(d_{max} 63.5mm, $e = 0.233$, $k = 2.3 \times 10^{-3}$ cm/sec)が含まれている。

一般に土の透水係数に特に大きな影響を与える要因として水温、間ゲキ比、粒径、粒度などが考えられている。ロック材料の場合にも以上の要因が透水性を大きく支配していると考え中でも間ゲキ比をパラメータにして透水性を評価することにする。

図-25にはTaylorの間ゲキ比関数と水温15℃に対する透水係数の関係を示してある。実験結果に若干のバラツキが認められるが両者の関係より各々の最小間ゲキ比に対応する透水係数の推定を行うと表-12の値となる。

表-12 透水係数の推定値

Do 2	最小間ゲキ比	透水係数の推定値
中 風 化	0.34	2.3×10^{-3} cm/sec
弱 風 化	0.23	1.3×10^{-3} cm/sec

フィルダムのロックゾーンにおける排水性の点から透水係数を考えると $k < 1.0 \times 10^{-3}$ cm/sec状態では自由排水とはいえず貯水位急低下時にはロックゾーンに間ゲキ圧が残留して有効応力が低下する結果となる。

試験材料に対しては原石山での材質(風化の程度)のバラツキに伴う粒度変化(細粒化)および盛立て施工時における重機転圧による粒子破砕に起因する細粒化を考慮すると推定透水係数よりも築堤後の透水係数の値が小さくなることが考えられるためロック材料として用いる場合にはゾーニング上の配慮が必要である。

4.4.2 点載荷圧裂試験

粒子強度を引張強度によって評価しようとするための簡易試験方法である。

試験は非整形の岩石(粒径63.5mm以下)に点載荷を与え極限荷重 F_o から引張強度 S_t を求めるものである。 S_t の値は近似的に次式で与えられている。

$$S_t \doteq 0.9 \frac{F_o}{d^2}$$

F_o : 極限荷重

d : 載荷点間隔

昭和54年の試験材料では粒径による値のバラツキが少ないので記載しないが自然乾燥状態 ($w < 1\%$) で平均引張強度が55%であった。

昭和55年の試験材料については自然乾燥 ($w < 1\%$) および55日間浸水 ($S_r = 100\%$) 状態の各々について点載荷圧裂試験を実施した。試料は粒径25.4~63.5mmの中から無作為に各々10個抽出して行った。試験結果を表-13に示す。

表-13 試験結果

Do 2		St ($w < 1\%$)	St ($S_r = 100\%$)
中風化	最小	2.1 %	1.3 %
	最大	41.6	40.2
	平均	11.1	9.9
弱風化	最小	19.0	13.2
	最大	162.9	111.3
	平均	51.3	52.7

弱風化、中風化材料とも最小値と最大値の差が大きく現われている。自然乾燥状態に比較して飽和状態の方が若干強度が低下する傾向が認められる。風化の程度による比較では平均値で中風化材料は弱風化材料の倍と低い値を示している。弱風化材料は昭和54年の平均値とほぼ同値であるが中風化材料も含めて原石山での強度(材質)のバラツキが有ることを十分に留意することが必要である。

5. 考 察

- (1) 物性値では真比重で2.76~2.90を示し粗粒玄武岩としては一般的な値といえるが絶乾比重が2.37~2.57, 吸水率が3.2~7.4%と値に大きなバラツキがあるとともに通常のロック材料と比較すると吸水率の大きい材料といえる。
- (2) 締固まり特性および最小間ゲキ比の値はそれぞれの粒度状態に対応した通常のロック材料と大きな差が認められず締固めによる破碎率も5%前後と極端に大きな値が現われていない。しかし、風化の程度を考慮すると破碎の少ない材料であると判断するよりもむしろ締固め方法に起因しているものと考えられる。
- (3) 細粒分の増加が強度定数に与える影響については明確な傾向はみられないが、変形性については細粒化に伴い均等係数が低下し変形係数が低下する。
- (4) 室内締固め条件と現場締固め施工条件とは異なるため盛立試験によって粒子破碎による粒度変動を把握しておく必要がある。

- (5) 中風化材料は横坑採取粒度および粒子強度の点を考慮するとさらに細粒化することに伴う内部摩擦角の低下および飽和状態での強度定数の低下，さらに自由排水を考えた透水性の点から通常の透水性ゾーンに配置するロック材料としては問題がある。
- (6) 弱風化材料はロック材料として使用可能と考えられる。しかし岩質のバラツキ，重機転圧による粒度変化に伴う強度定数の低下と透水係数の低下を考慮したゾーニングと設計値を決定する必要が有る。
- (7) 弱風化材料について設計参考値の検討を行うと以下の値を得る。まず本試験時の粒度および飽和状態を基本条件と考え施工密度を相対密度で85%を目標とする。値は相対密度90%状態で得られた $\phi = 39.5^\circ$ ， $e_o = 0.234$ を用いて推定する。最上の ϕ と e の関係より相対密度85%時の $e = 0.249$ に対する内部摩擦角を推定すると38.9度となる。その他の方法としてフィルダム研究室で得られた多くの三軸試験結果より e と ϕ の関係で整理した結果から間ゲキ比が ± 0.1 変化すると内部摩擦角が ± 2.5 度程度変化するという傾向から内部摩擦角を求めると39.1度を得る。以上の二方法によって得られた内部摩擦角の値に1度の余裕を考慮すると $e = 0.25$ で $\phi = 38$ 度となる。図-27に試験値と参考値の関係を示す。

表-14 設計参考値

ゾーン	岩種	絶乾比重	乾燥密度	間ゲキ比	ϕ	C	備考
ロック	粗粒玄武岩 Do 2	2.59	t/m^3 2.07	0.25	38度	$0 \frac{1}{2}$	弱風化材料であり，粘着力成分は考慮しない

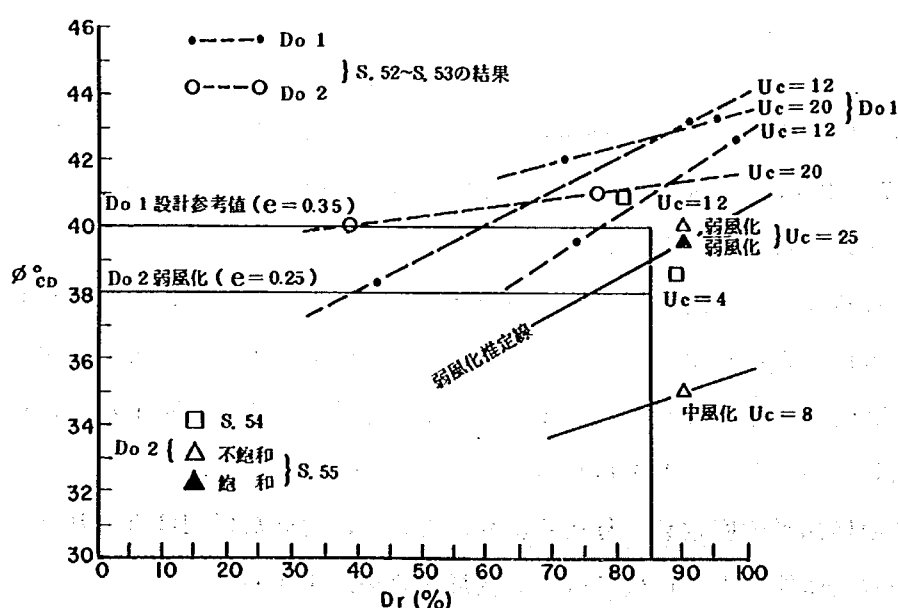


図-27 試験値と設計参考値の関係

附

録

1. 粒度試験結果

締固め試験および三軸圧縮試験によって生じた粒子破砕の現象を試験前後の粒径別百分率の増減によって表わしたものである。

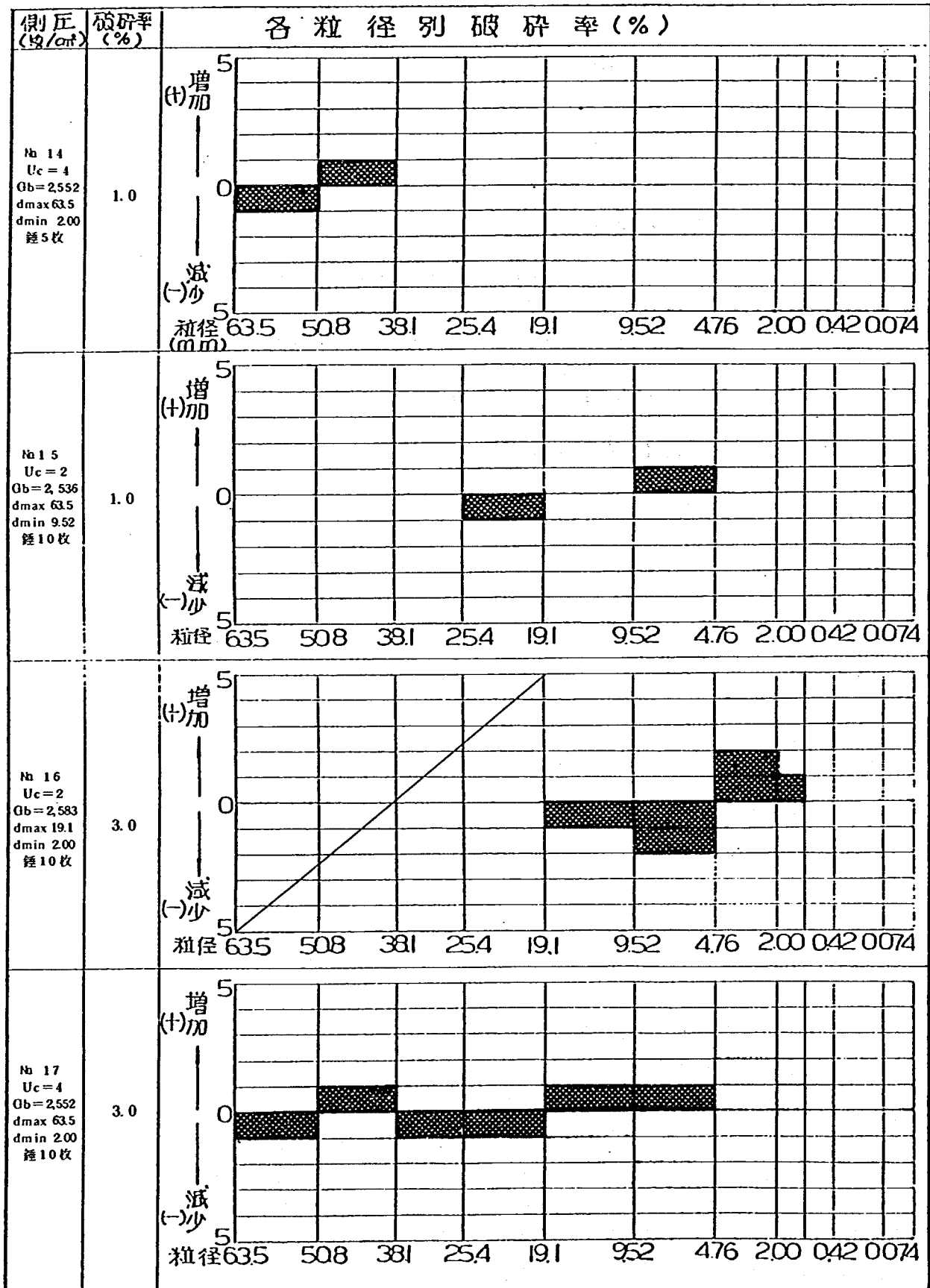
粒度試験 (破 碎 率)

試験ケース名
岩 種
締固め試料

寒河江ロック材
締固め試験後

平均比重 (G_b)
粒 度

KSRT-3 (49~51m)



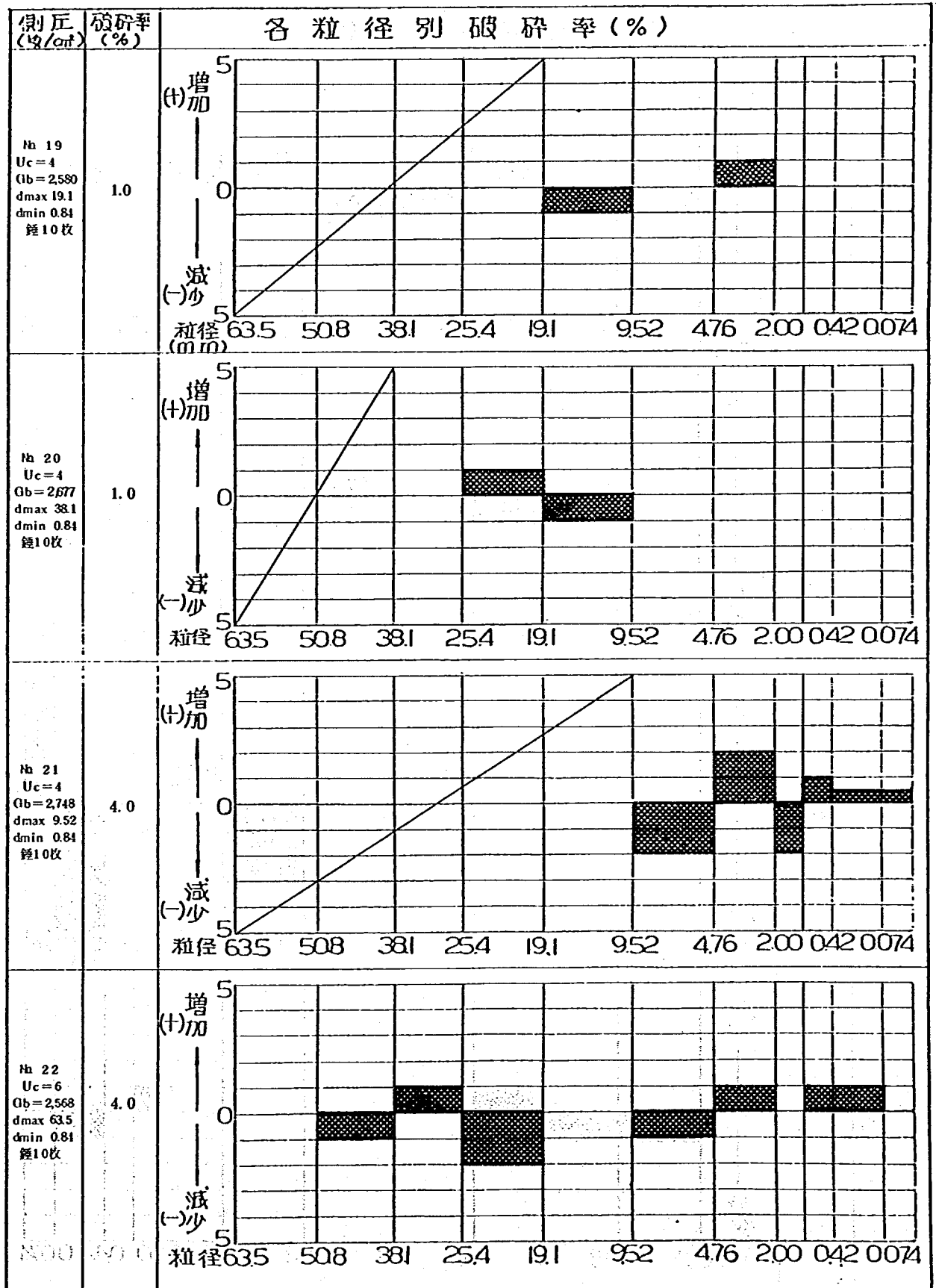
粒度試験 (破 碎 率)

試験ケース名
岩 種
締固め/円-ソ

寒河江ロック材
締固め試験後

平均比重 (Gb)
粒 度

KSRT-3 (49~51m)



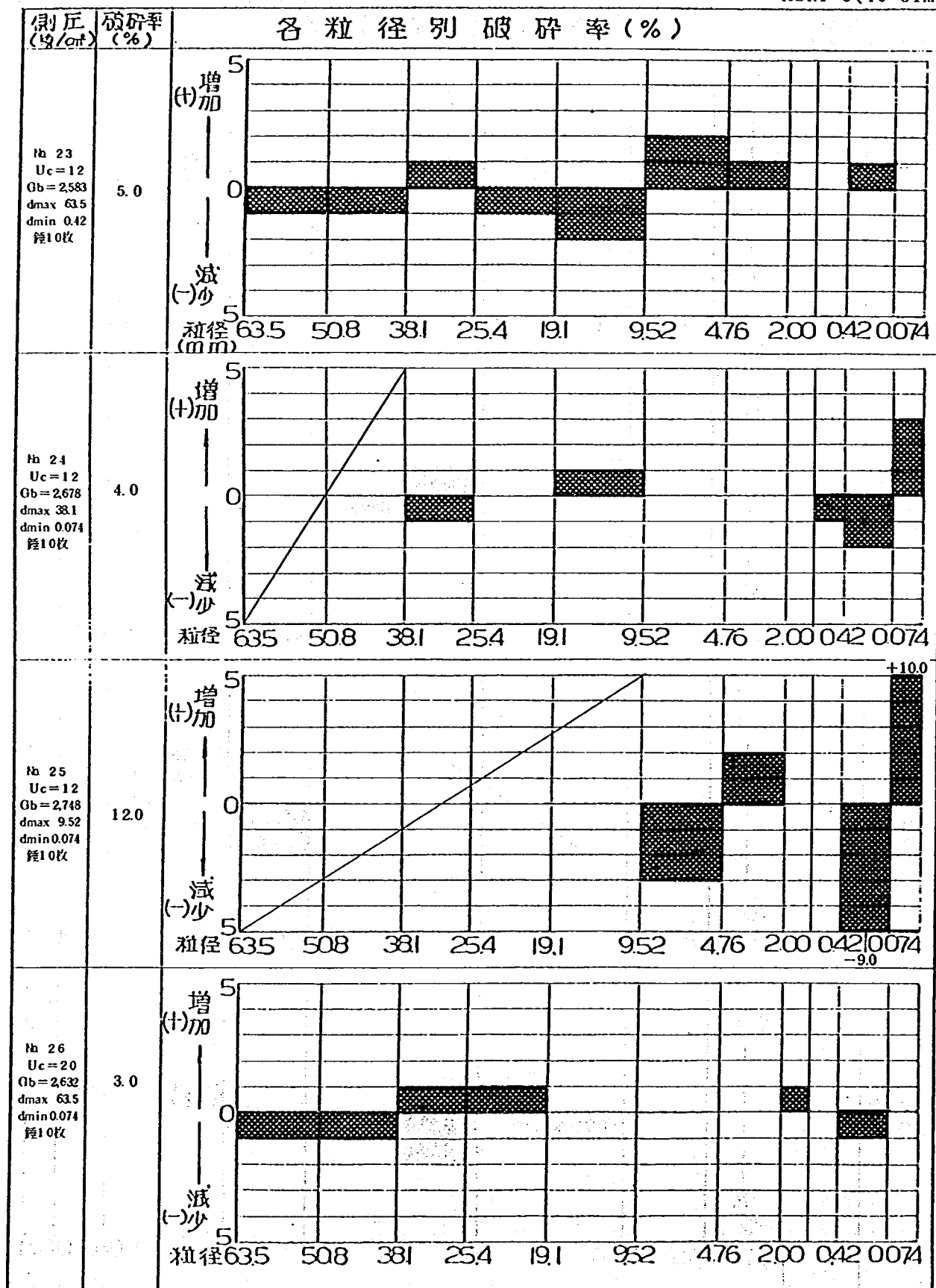
粒度試験 (破 碎 率)

試験ケース名
岩 種
締固め/PS-3

寒河江ロック材
締固め試験後

平均比重 (G_b)
粒 度

KSRT-3 (49~51m)



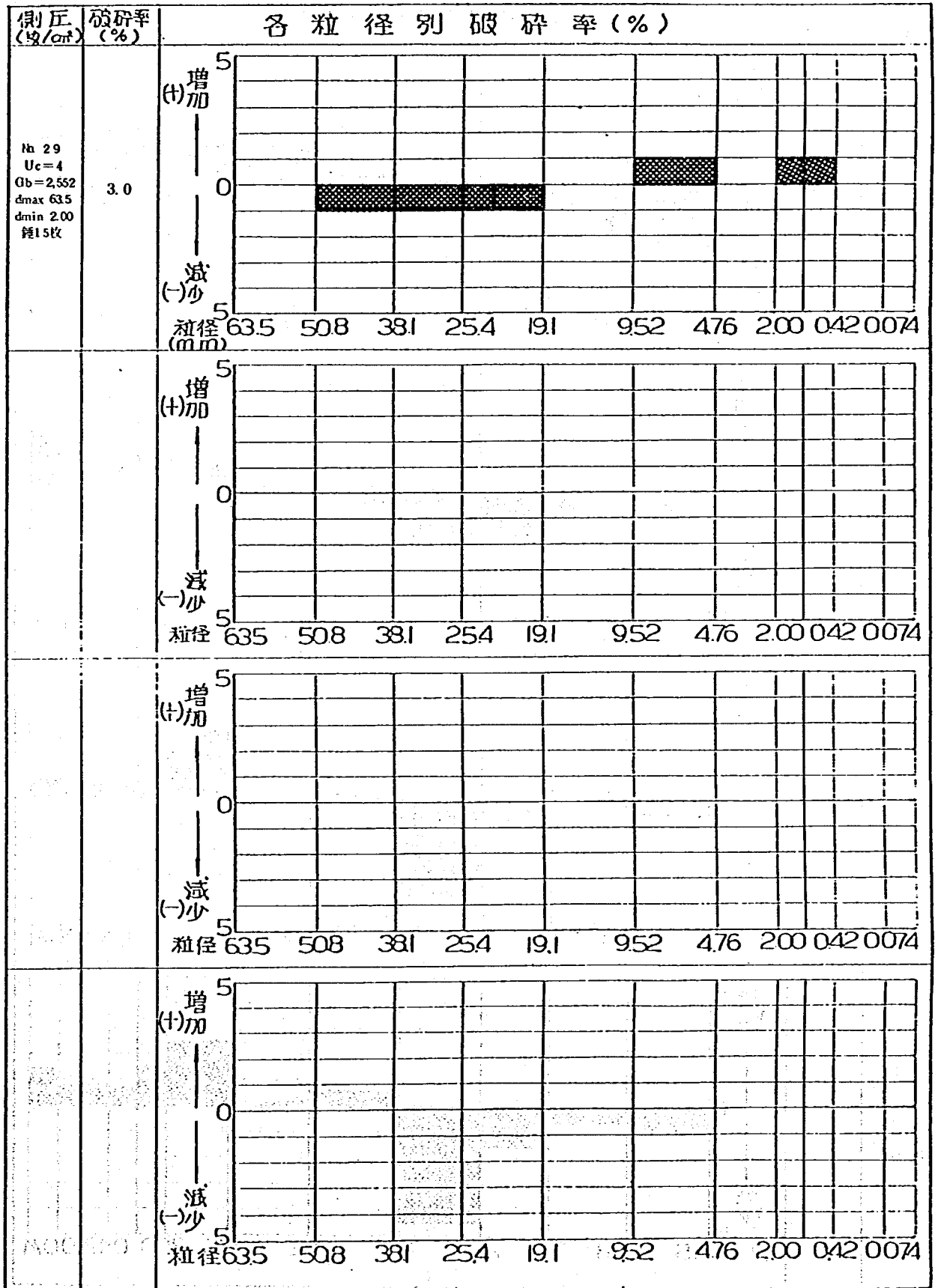
粒度試験 (破 碎 率)

試験ケース名
岩 層
締固め/円-ン

寒河江ロック材
締固め試験後

平均比重 (G_b)
粒 度

KSRT-3 (49~51m)



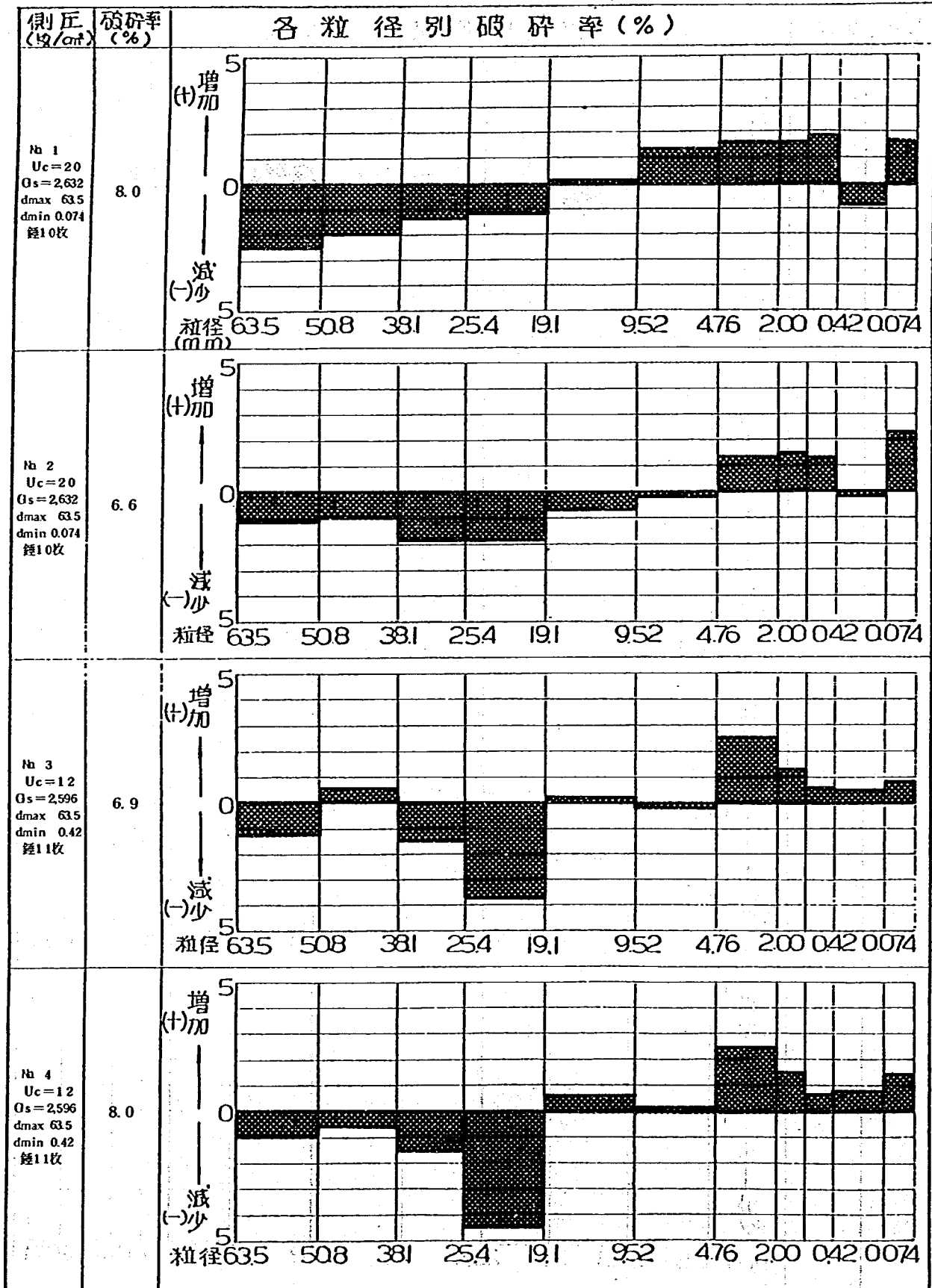
粒度試験 (破 碎 率)

試験ケース名
岩 種
締固め/PS-3

寒河江ロック材
三 軸 試 験 後

平均比重 (Gt)
粒 度

KSRT-3 (49~51m)



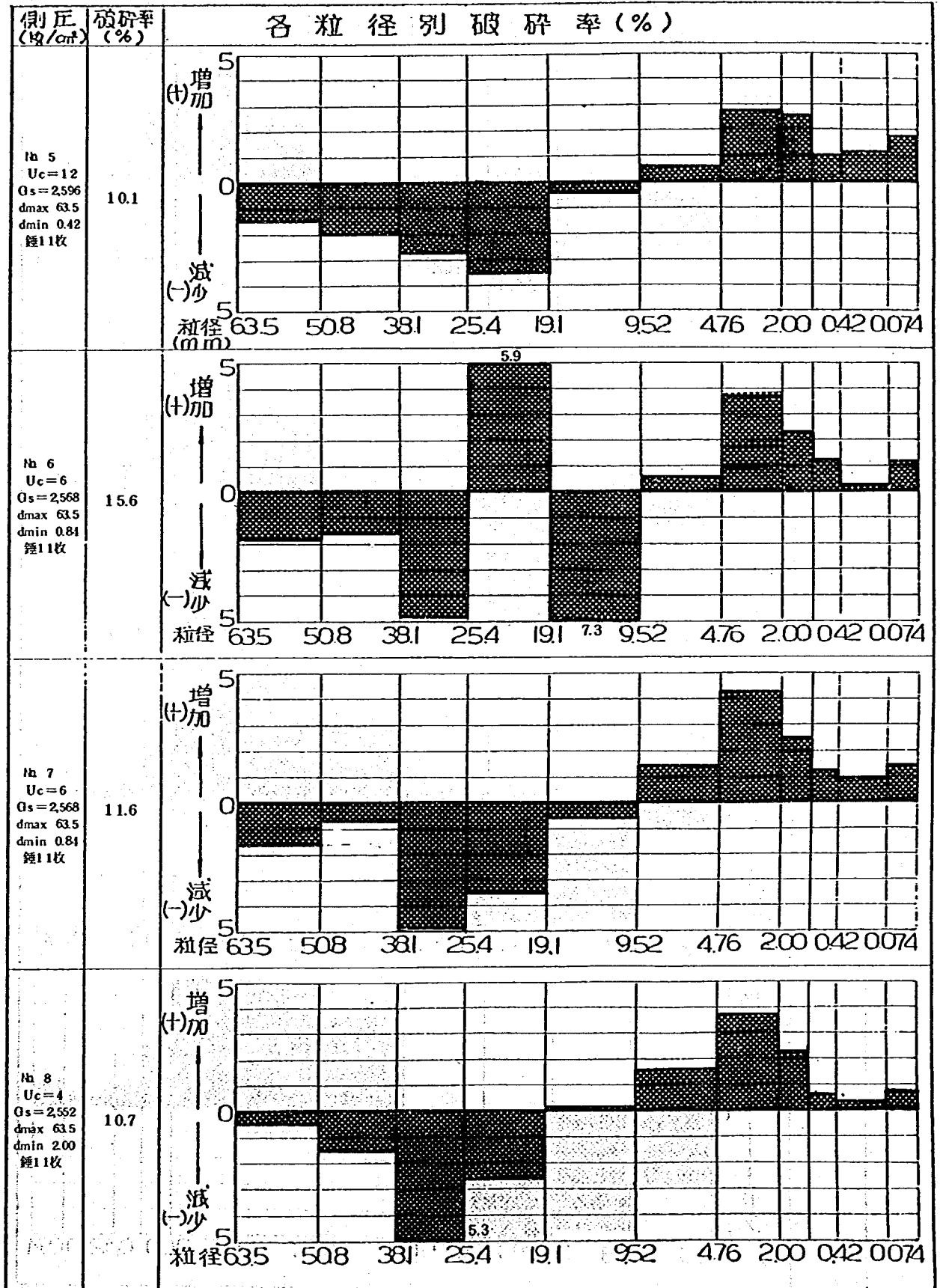
粒度試験 (破 碎 率)

試験ケース名
岩 種
締固め円シ

寒河江ロック材
三軸試験後

平均比重 (G_b)
粒 度

KSRT-3 (49~51m)



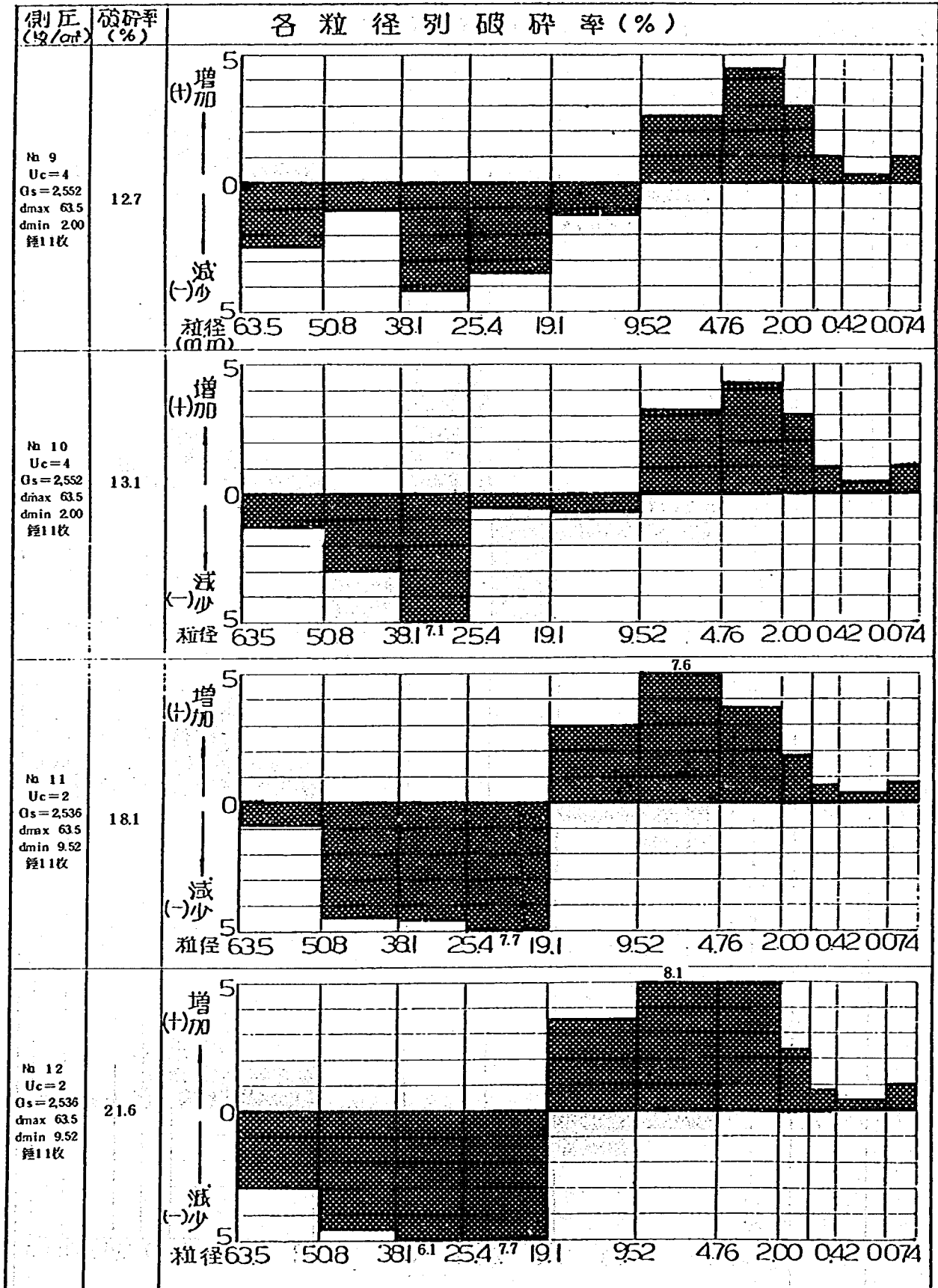
粒度試験 (破 碎 率)

試験ケース名
岩 種
締固め/円ソ

寒河江ロック材
三軸試験後

平均比重 (G_b)
粒 度

KSRT-3 (49~51m)



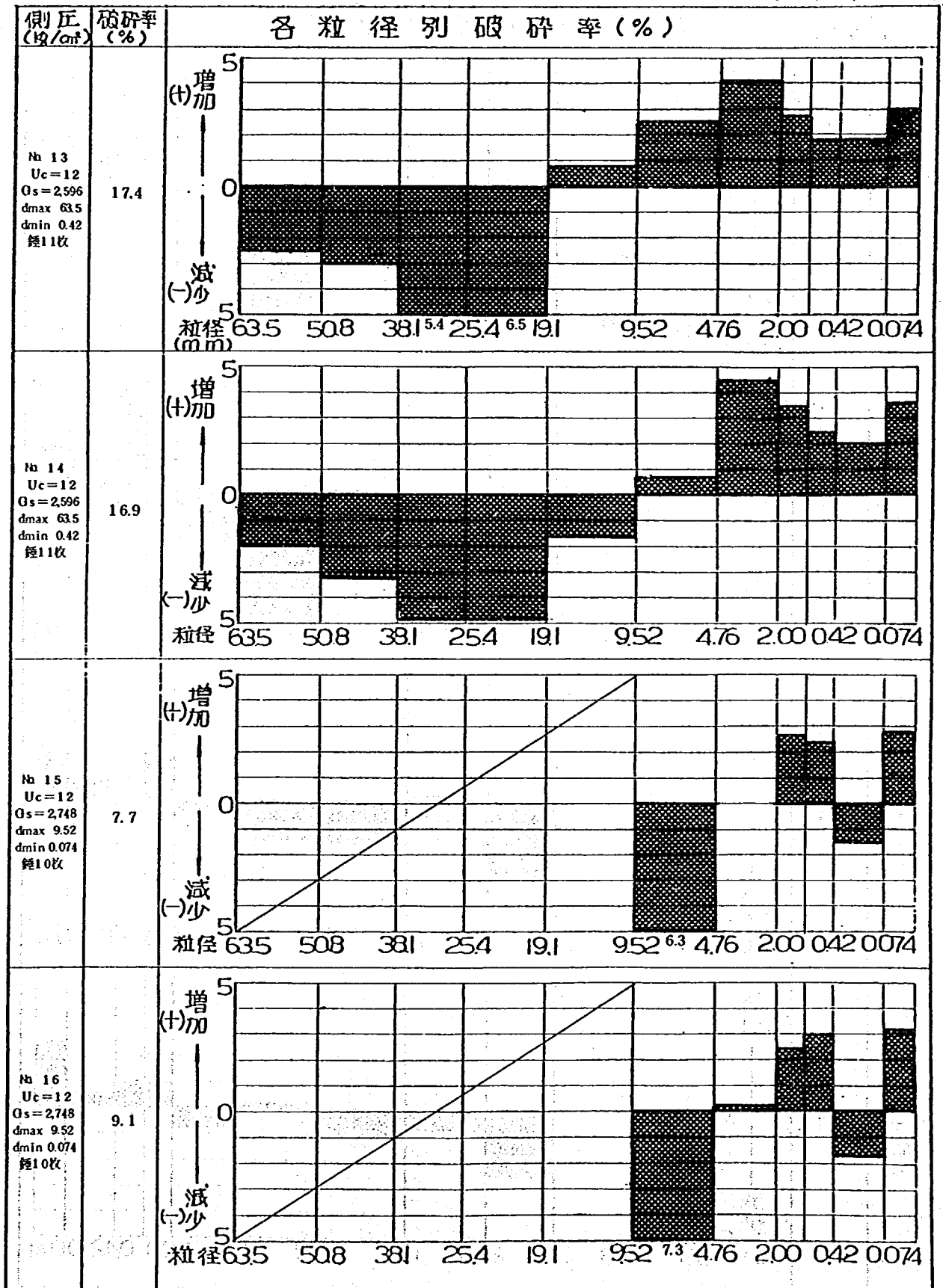
粒度試験 (破 碎 率)

試験ケース名
岩 種
締固め/円-ソ

寒河江ロック材
三軸試験後

平均比重 (G_b)
粒 度

KSRT-3 (49~51m)



粒度試験 (破砕率)

試験ケース名
岩種
締固め円ソ

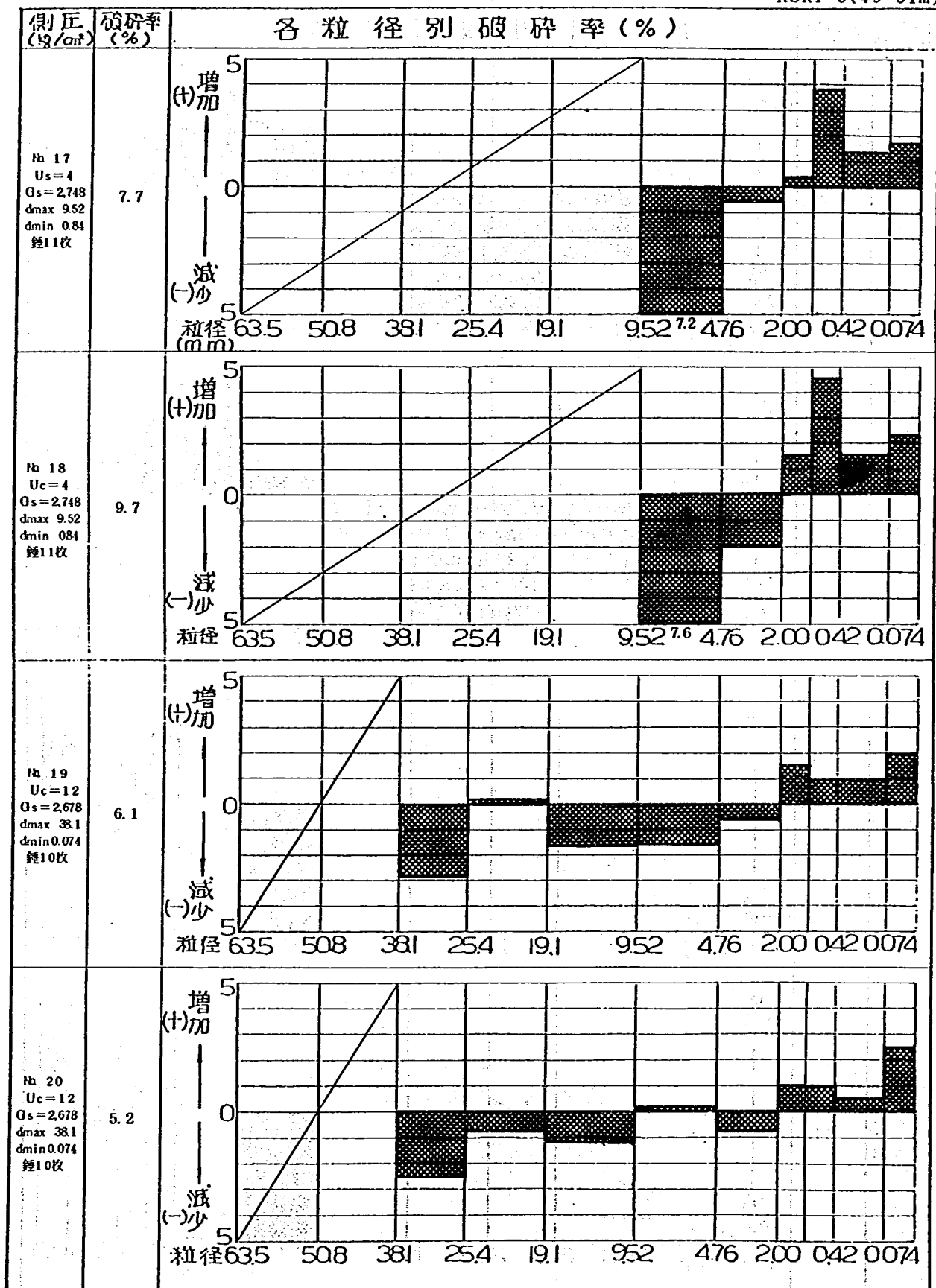
寒河江ロック材

平均比重 (G_b)

三軸試験後

粒度

KSRT-3 (49~51m)



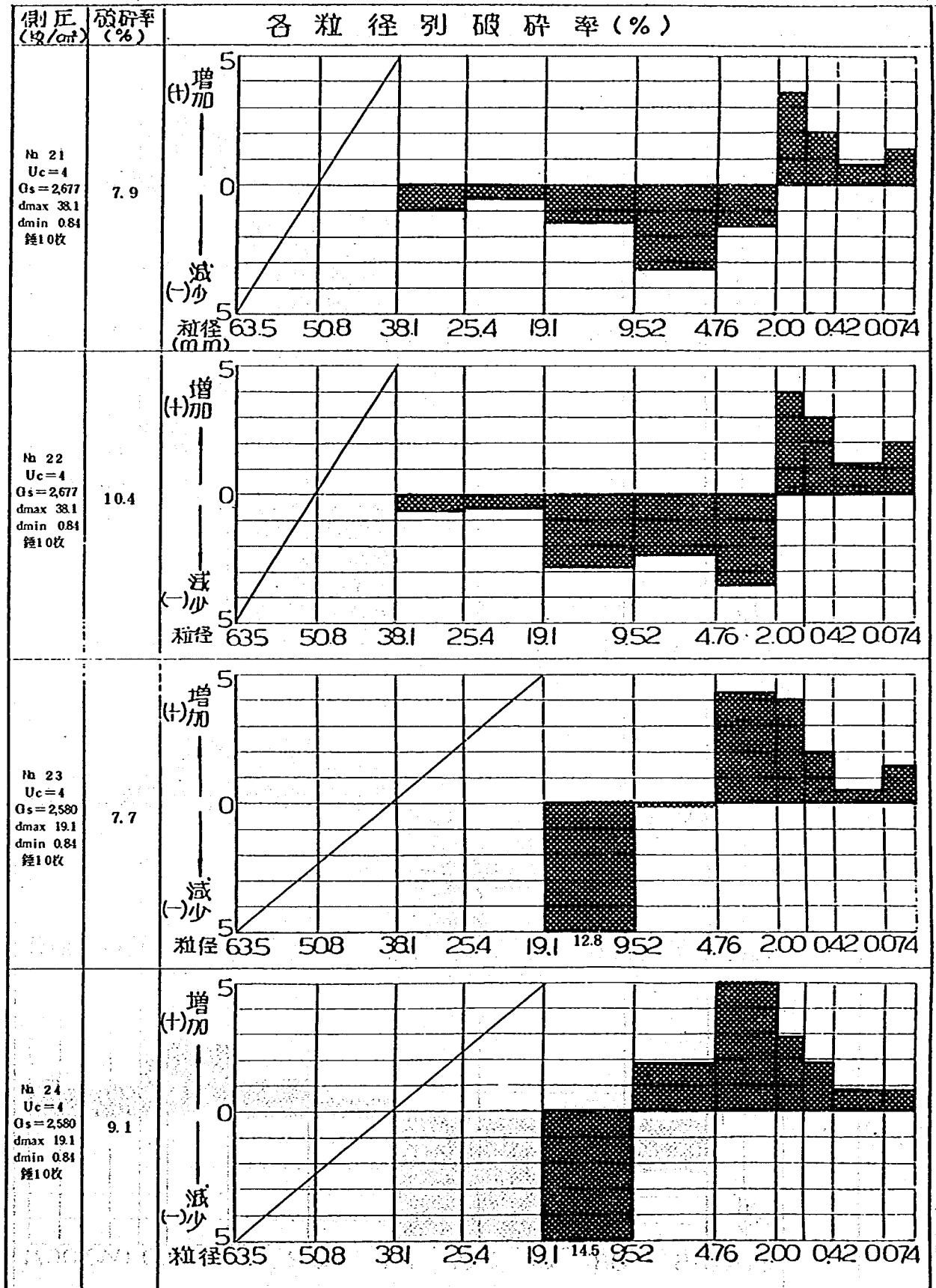
粒度試験 (破 碎 率)

試験ケース名
岩 種
締固め円筒

寒河江ロック材
三軸試験後

平均比重 (G_b)
粒 度

KSRT-3 (49~51m)



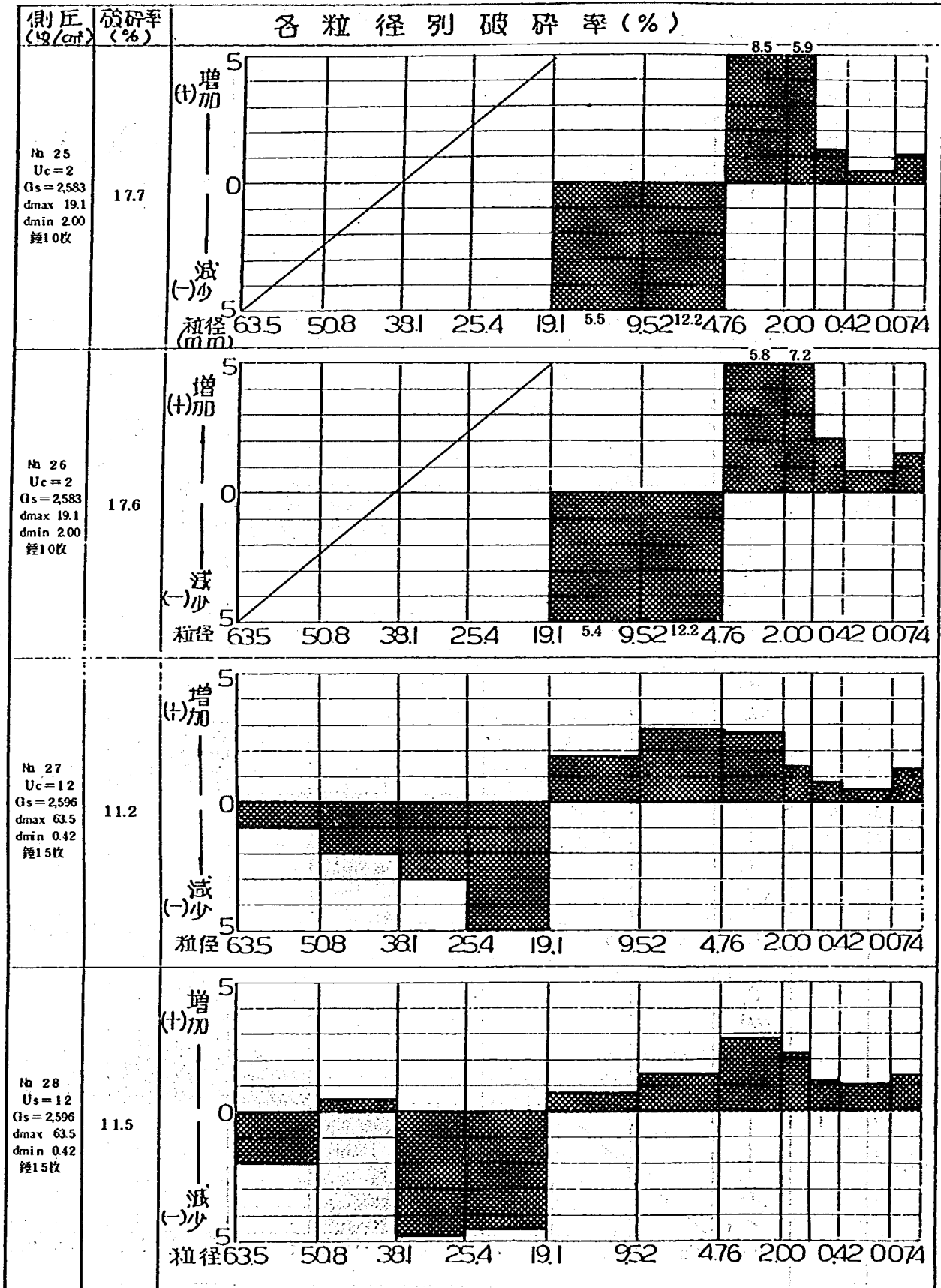
粒度試験 (破 碎 率)

試験ケース名
岩 種
締固め/PS-3

寒河江ロック材
三軸試験後

平均比重 (G_b)
粒 度

KSRT-3 (49~51m)



粒度試験 (破 碎 率)

試験ケース名
岩
締固め/円-ソ

寒河江ロック材 (締固め試験)

粗粒玄武岩 (弱風化)

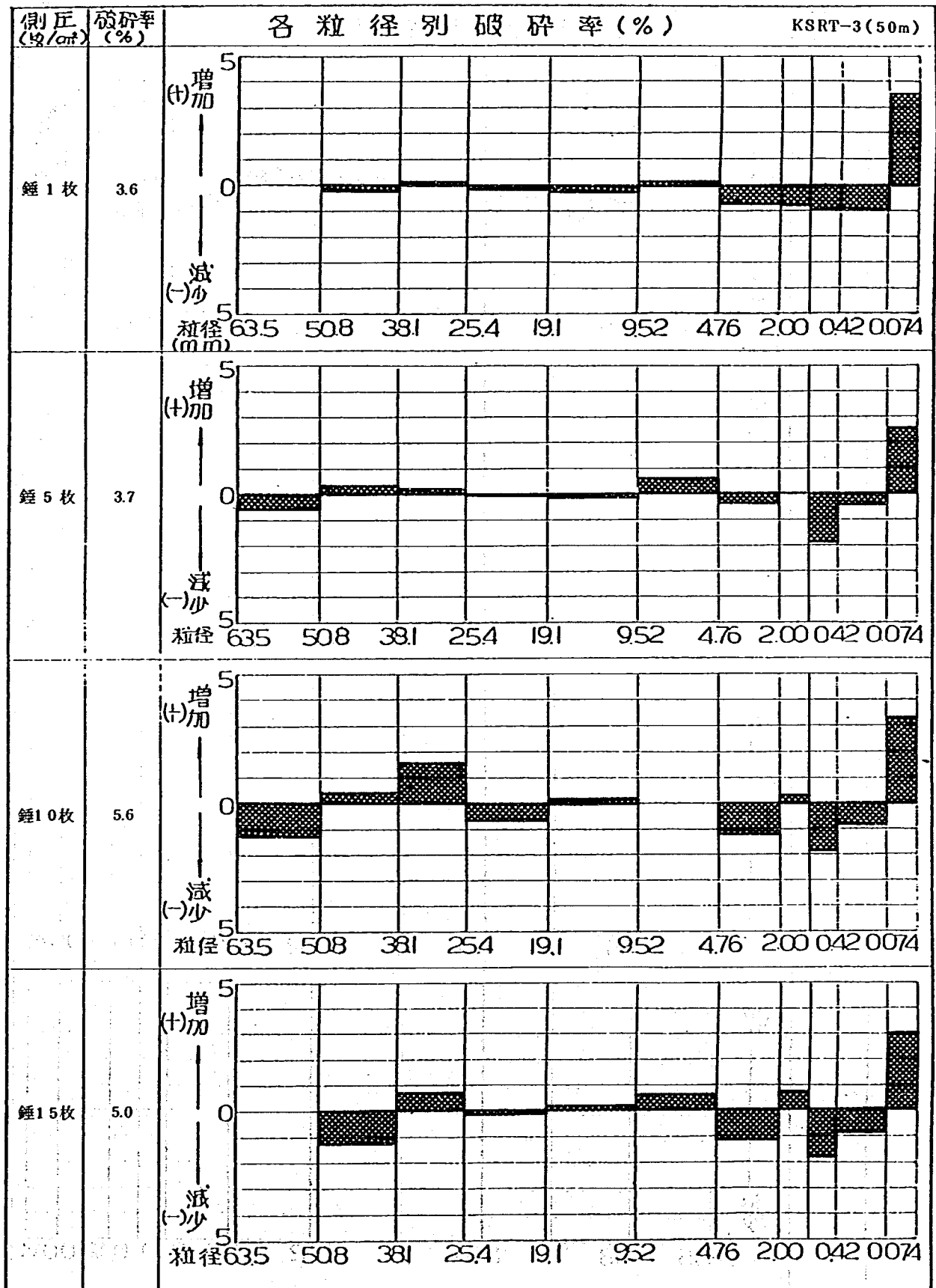
平均比重 (G_b)

2.591

1800 r.p.m 48 分間振動

粒 度

U_c = 25



粒度試験 (破 碎 率)

試験ケース名
岩 種
締固め円ソ

寒河江ロック材 (締固め試験)

粗粒玄武岩 (弱風化)

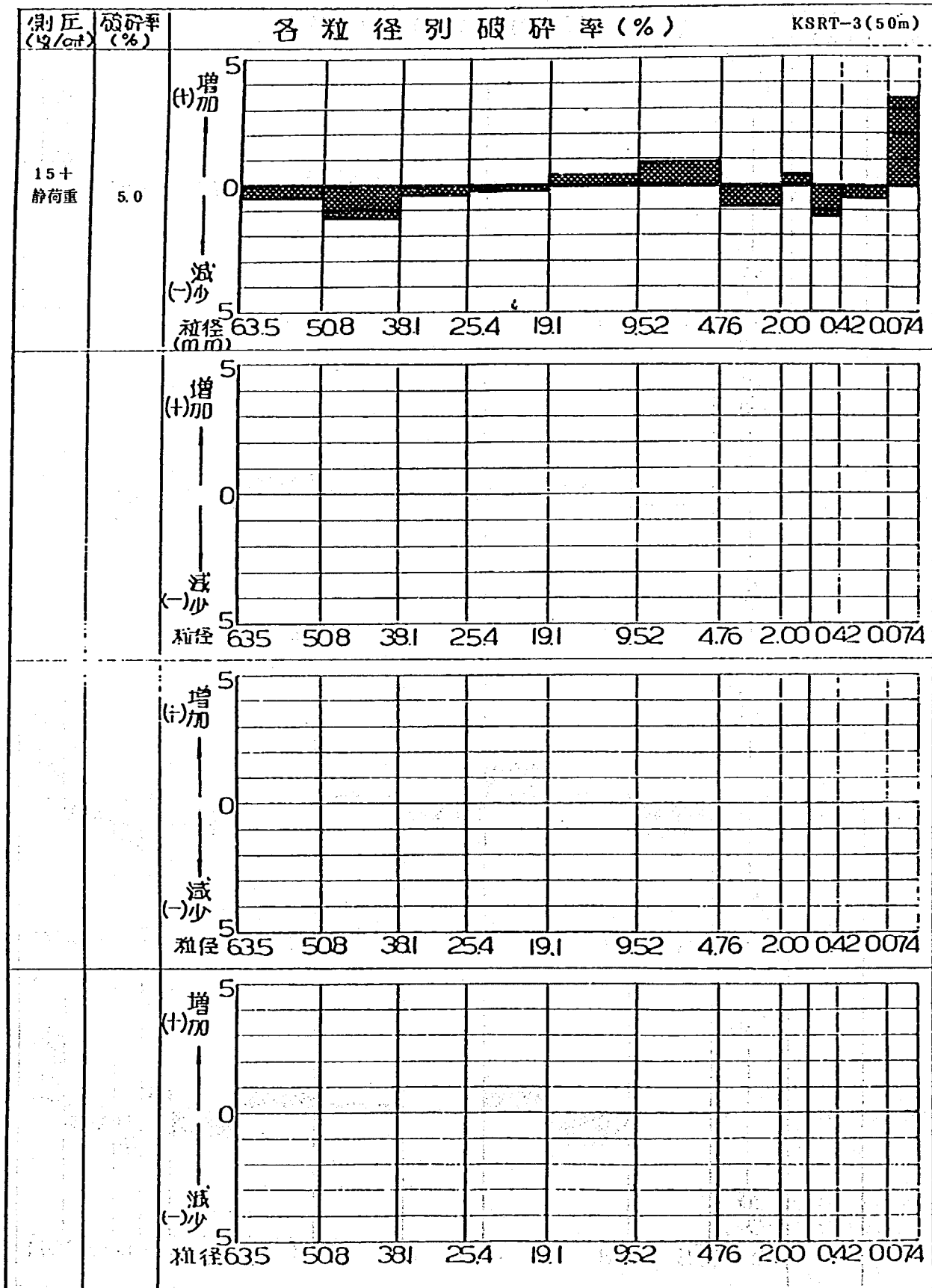
平均比重 (G_b)

2.591

1800 r.p.m 48 分間振動

粒 度

U_c = 25



粒度試験 (破 碎 率)

試験ケース名
岩 種
締固め方法

寒河江ロック材 (締固め試験)

粗粒玄武岩 (中風化)

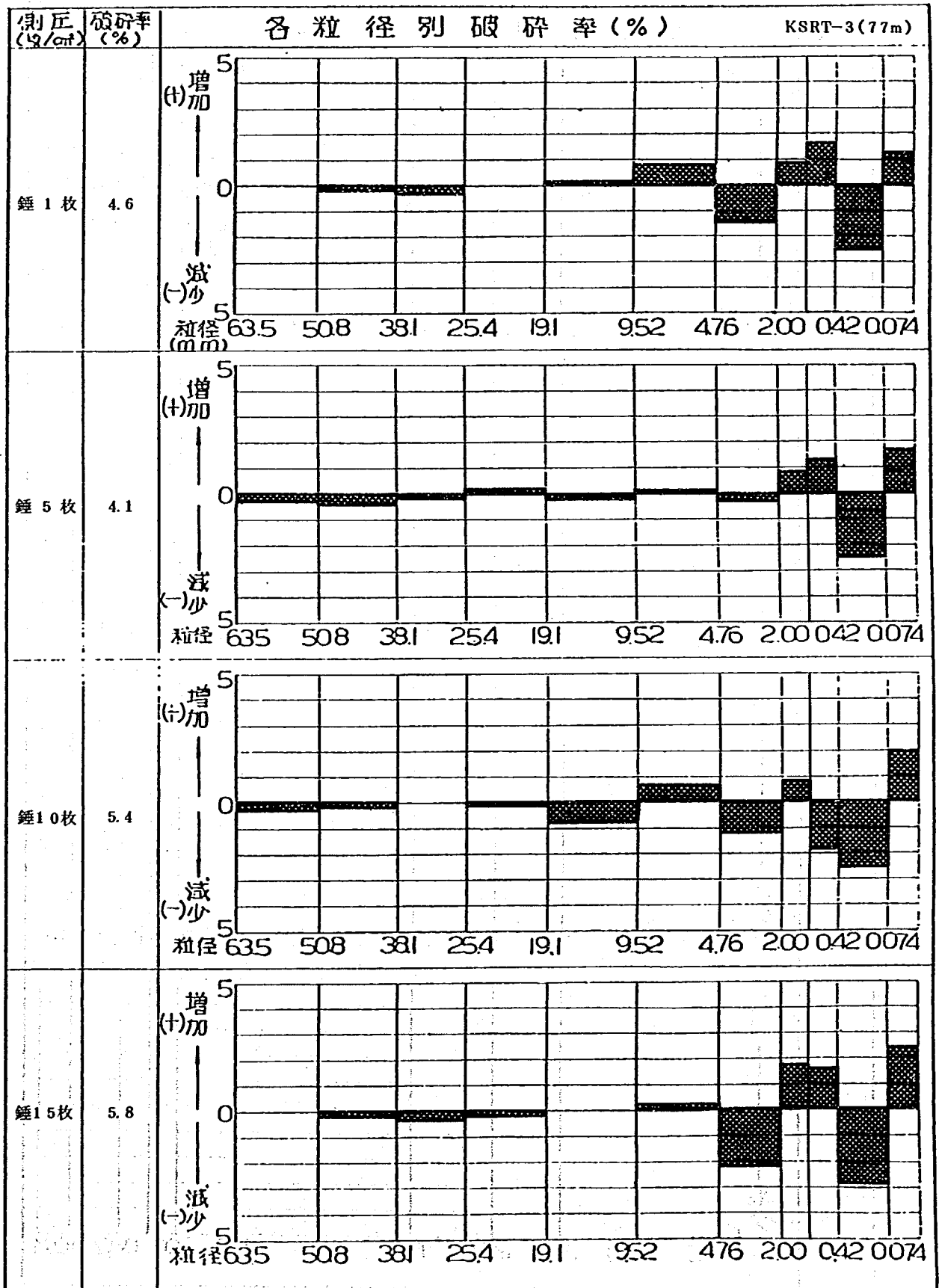
平均比重 (G_b)

2.649

1800 r.p.m 48 分間振動

粒 度

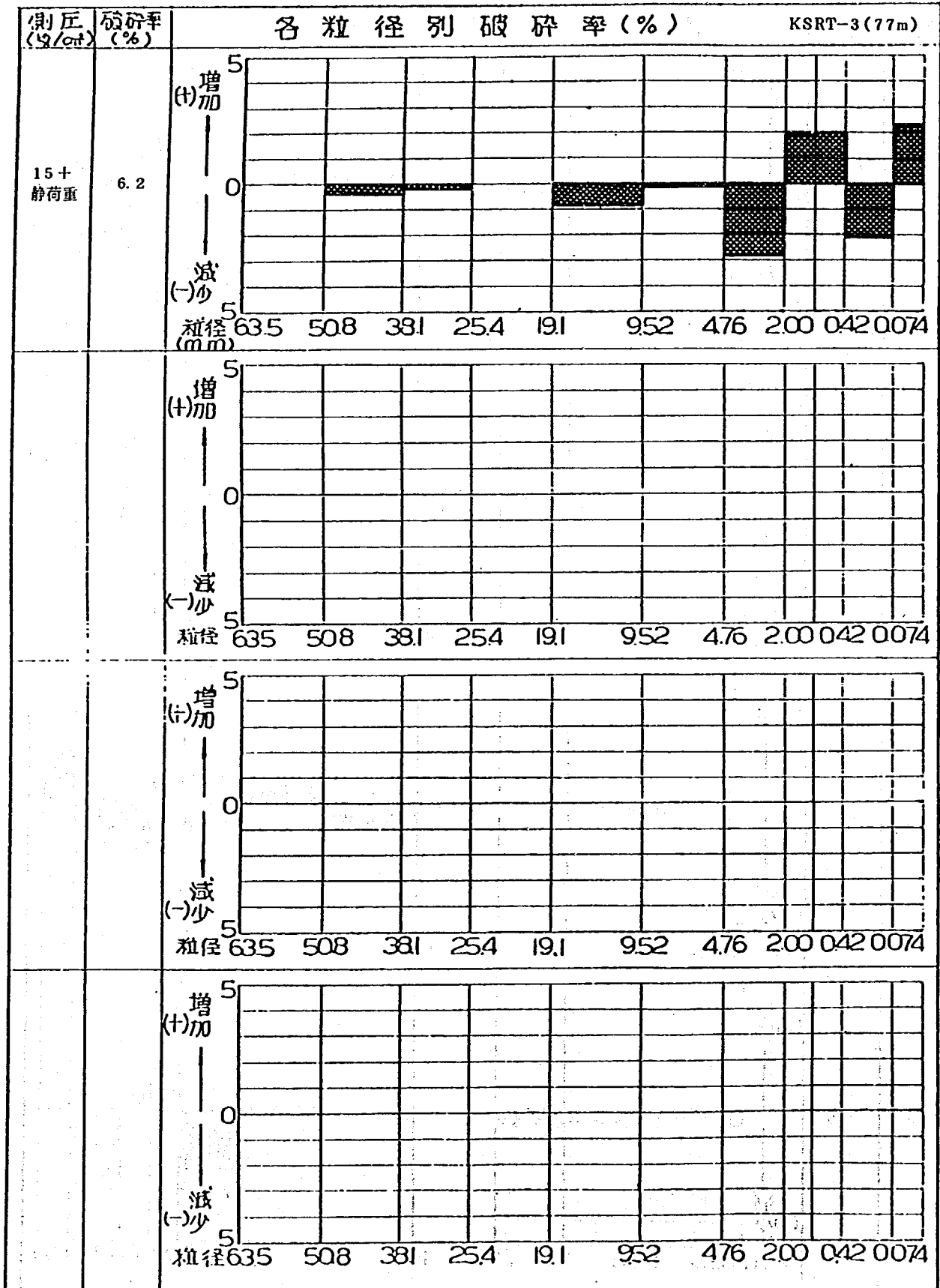
U_c = 8



粒度試験 (破 碎 率)

試験ケース名
岩 層
締固めPS-N

寒河江ロック材 (締固め試験)
粗粒玄武岩 (中風化) 平均比重 (Gt) 2.649
1800 r.p.m 48 分間振動 粒 度 $U_c = 8$



粒度試験 (破 碎 率)

試験ケース名
種
岩
締固め円ソ

寒河江ロック材 (三軸圧縮試験後)

粗粒玄武岩 (弱風化)

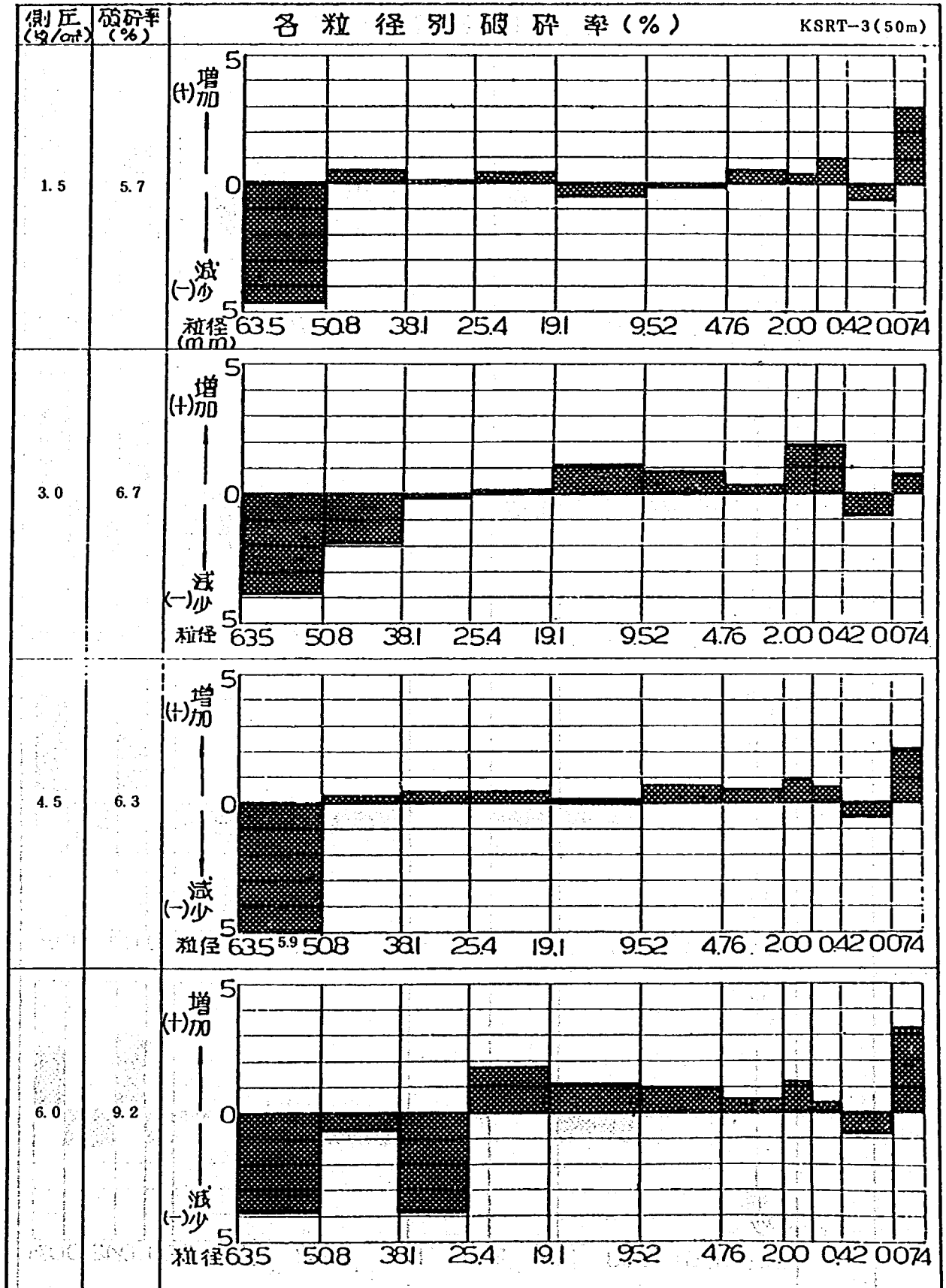
平均比重 (G_b)

2.591

1800 r.p.m 48 分間振動

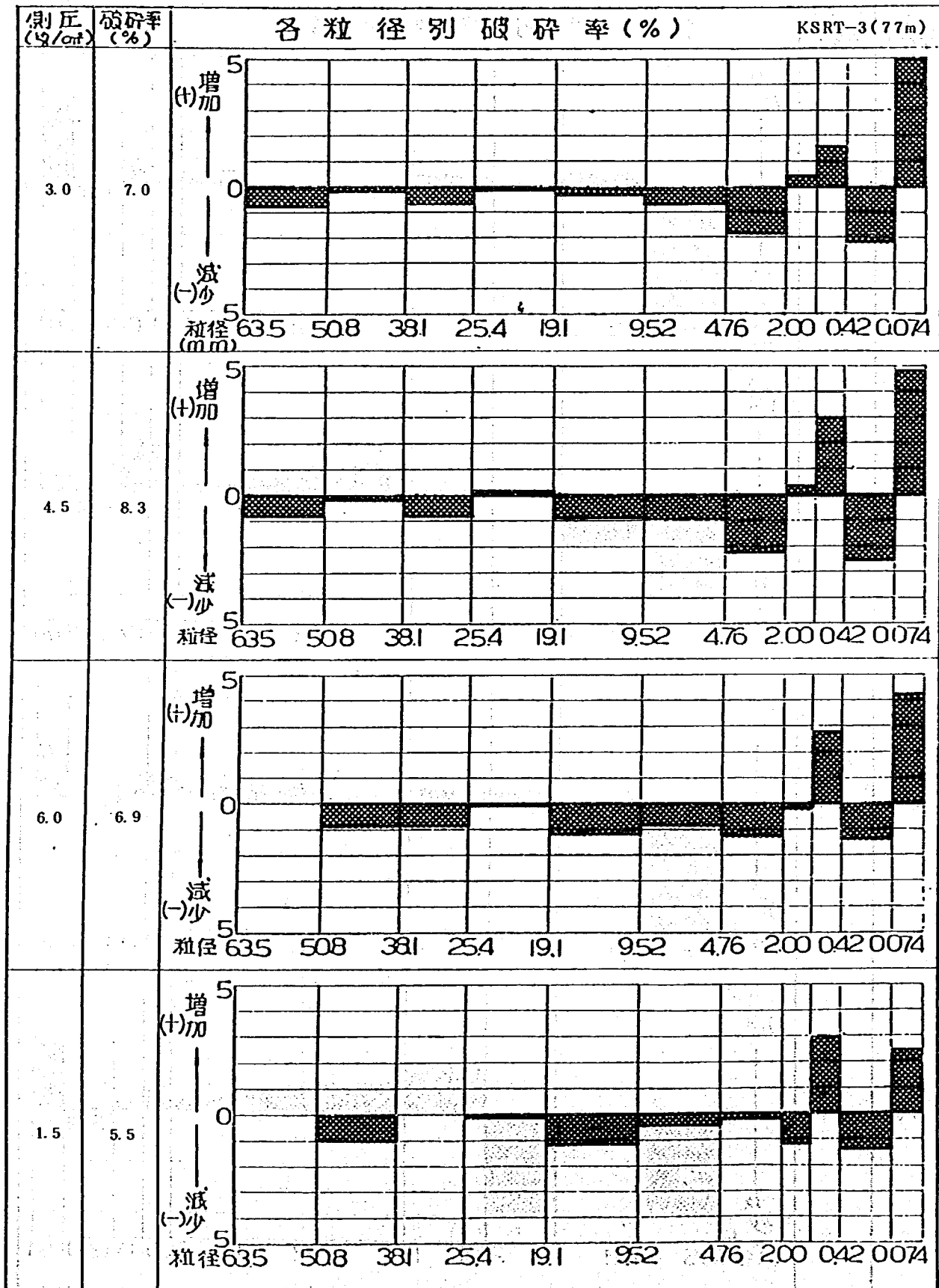
粒 度

U_c = 25



粒度試験 (破 碎 率)

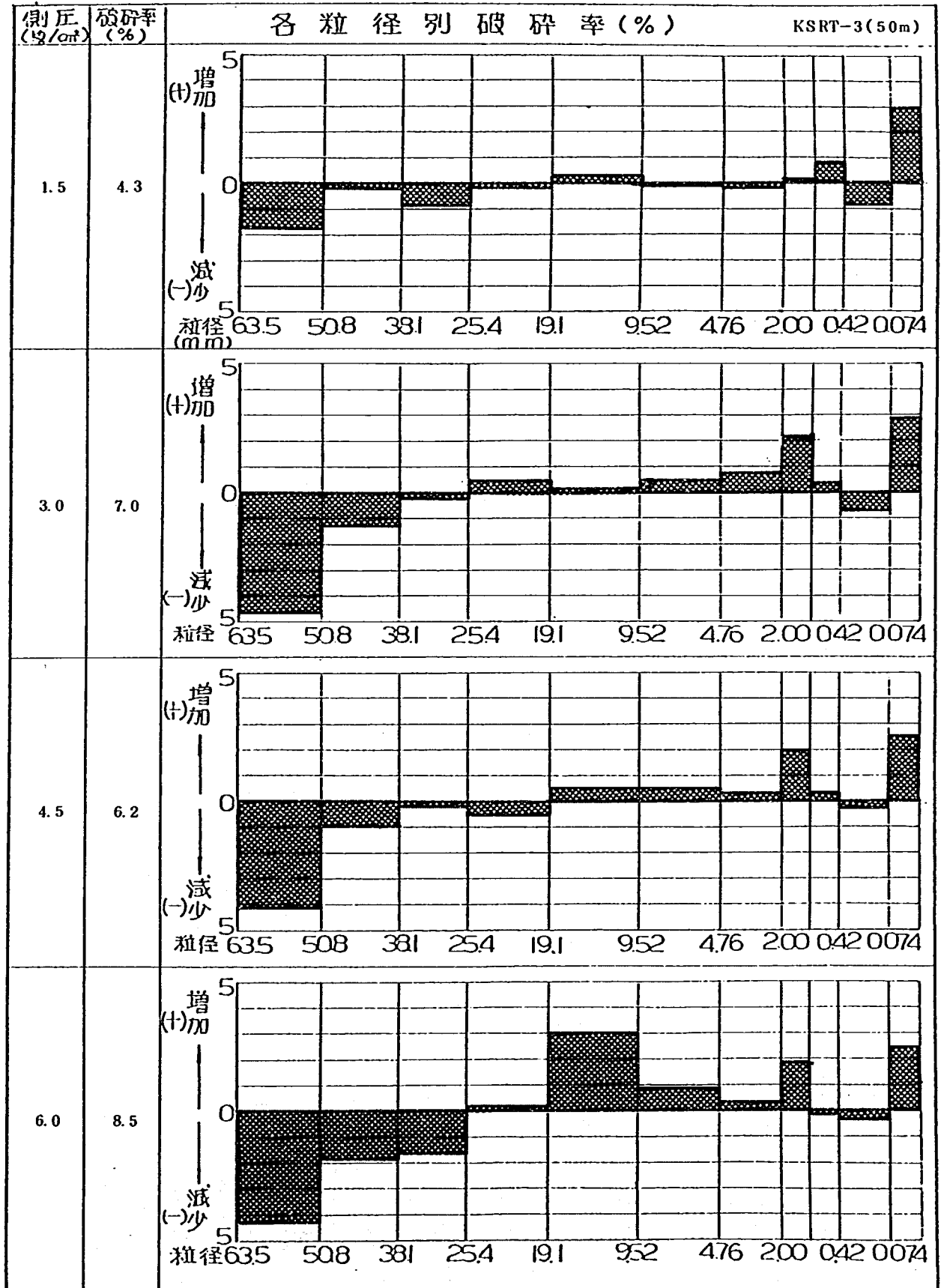
試験機名 寒河江ロック材 (三軸試験後)
 岩 種 粗粒玄武岩 (中風化) 平均比重 (Gt) 2.649
 新固め方 1800 r.p.m 48分間振動 粒 度 Uc = 8



粒度試験 (破 碎 率)

試験ケース名
岩 種
締固め方

寒河江ロック材 (三軸圧縮試験) 飽和
粗粒玄武岩 (弱風化) 平均比重 (Gt) 2.591
1800r.p.m 48分間振動 粒 度 $U_c = 25$



寒河江ダムフィル材料
試験報告

ISSN 0386-5878
土木研究所資料第1665号
昭和56年3月 (1981)
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

寒河江ダムのロック材料である粗粒玄武岩について物理試験および力学試験を行った結果を報告したものである。

郵便はがき

3 0 5 - □ □

四十円切手
をはって下
さい

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. _____

配布先氏名

配布先住所

土木研究所資料第1665号 部

上記のとおり受領しました。

所 属 (住所)

氏 名

印