

土木研究所資料

森吉山ダムロック材料試験

平成2年5月

建設省土木研究所
フィルダム研究室

「Copyright © (1990) by P.W.R.I.

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

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

森吉山ダムロック材料試験

フィルダム研究室 室 長 松本徳久
研究員 豊田光雄
伊藤基博

要 旨

本報告は、森吉山ダム原石山候補2地点の岩石（安山岩と玄武岩）のせん断強度特性を把握することを目的とする。

材料試験は、比重吸水率試験、点載荷圧裂試験、締固め試験、三軸圧縮試験を行い、物理的特性、締固め特性、せん断強度特性、変形特性としてとりまとめた。

結果として、2種類の岩石のせん断強度特性等には、大きな差は生じないことが認められた。

キーワード：フィルダム，ロック材料，安山岩，玄武岩，三軸圧縮試験，
内部摩擦角，変形特性

目 次

はじめに

1. 森吉山ダムの原石山の概要	1
2. 材料試験	2
2.1 横坑粒度	2
2.2 試験粒度	2
3. 岩石の物性値	4
3.1 比重および吸水率	4
3.2 粒子形状	5
3.3 点載荷圧裂強度	8
4. 締固め特性	12
4.1 試験方法	12
4.2 突固めエネルギーと破碎率	16
4.3 最大・最小密度	17
5. せん断強度特性	20
5.1 試験方法および試験条件	20
5.2 等方圧密による供試体の変化	23
5.3 応力-ひずみ曲線	24
5.4 破壊時の軸ひずみ・体積ひずみ	26
5.5 モールの応力円	26
5.6 最大軸応力	29
5.7 内部摩擦角 (ϕ')	30
5.8 ダイレイタンスー比	32
5.9 破碎率	35
5.10 垂直応力とせん断強度	36
5.11 $p-q$ 値 (内部摩擦角 ϕ')	39
6. 変形特性	41
6.1 変形係数	41
6.2 ポアソン比	44
7. ロック材としてのまとめ	49
参考文献	52

はじめに

森吉山ダムは、秋田県北部地域を流れる一級河川米代川水系の左支川阿仁川に、堤高90mの中央コア型ロックフィルダムとして計画されている。

既往の調査¹⁾によれば、森吉山ダムのロック原石山として左岸上流部の森吉沢地区（ダムサイトから5 km）と、右岸上流部の連瀬入口地区（ダムサイトから7 km）の2地区が候補としてあげられている。森吉沢地区の岩種は輝石安山岩（以降、安山岩という）で連瀬入口地区の岩種は粗粒玄武岩（以降、玄武岩という）である。

本報告は、この安山岩と玄武岩のロック材としての適正を比較検討することを目的とし、岩石試験、締固め試験、三軸圧縮試験を行ったものを取りまとめたものである。三軸圧縮試験は、気乾状態において、側圧0.5～8.0 kg f / cm²の拘束圧範囲で行ない、せん断強度特性および変形特性を把握した。

1. 森吉山ダムの原石山の概要

森吉山ダムは、秋田県北部を東西に流れる一級河川米代川水系の左支川阿仁川に、洪水調節、特定かんがい、水道用水、水力発電を目的として建設が計画されているダムであり、堤高90.0m、堤体積約500万 m^3 の規模を有する中央コア型のロックフィルダムとして計画されている。

原石山候補として森吉沢地区（ダムサイトから約5 km）と連瀬入口（ダムサイトから約7 km）があげられている。これまでの調査¹⁾によれば、森吉沢地区は、新生代第3紀中新世の森吉沢層に主に輝石安山岩が貫入しており、連瀬入口地区は、新生代第3紀中新世の木内層に粗粒玄武岩が貫入している。安山岩は青灰色を呈し、粗粒玄武岩は黒色を呈している。

表-1.1に岩石試験の結果を示す。

表-1.1 岩石試験結果¹⁾一覧表

	連 瀬 入 口	森 吉 沢
地 質	粗粒玄武岩	輝石安山岩
比 重	2.58~2.81	2.36~2.68
吸 水 率	0.6~3.7%	0.8~8.2%
有 効 間 隙 比	1.2~9.3%	1.6~9.7%
一 軸 圧 縮 強 度	87~1345 kg f/cm^2	966~1660 kg f/cm^2
動 弾 性 係 数	45~89 $\times 10^{-4}\text{kg f/cm}^2$	44~64 $\times 10^{-4}\text{kg f/cm}^2$
超 音 波 伝 播 速 度	2.2~6.1 km/s	4.9~6.2 km/s
安 定 性 試 験	0.1~0.8%	0.6~0.7%
アル骨（科学法）	無 害	無 害
モルタルバー試験 （3ヶ月値）	無 害	無 害

2. 試験材料の粒度

2.1 横坑粒度

森吉沢地域の安山岩はTm-1横坑、連瀬入口地域の玄武岩は、Ti-1横坑から採取した。図-2.1に横坑粒度を示す。岩級区分では、どちらもCH級岩盤に相当する。安山岩および玄武岩の最大粒径は500mmで、安山岩の均等係数(U_c)は13、玄武岩の U_c は7である。

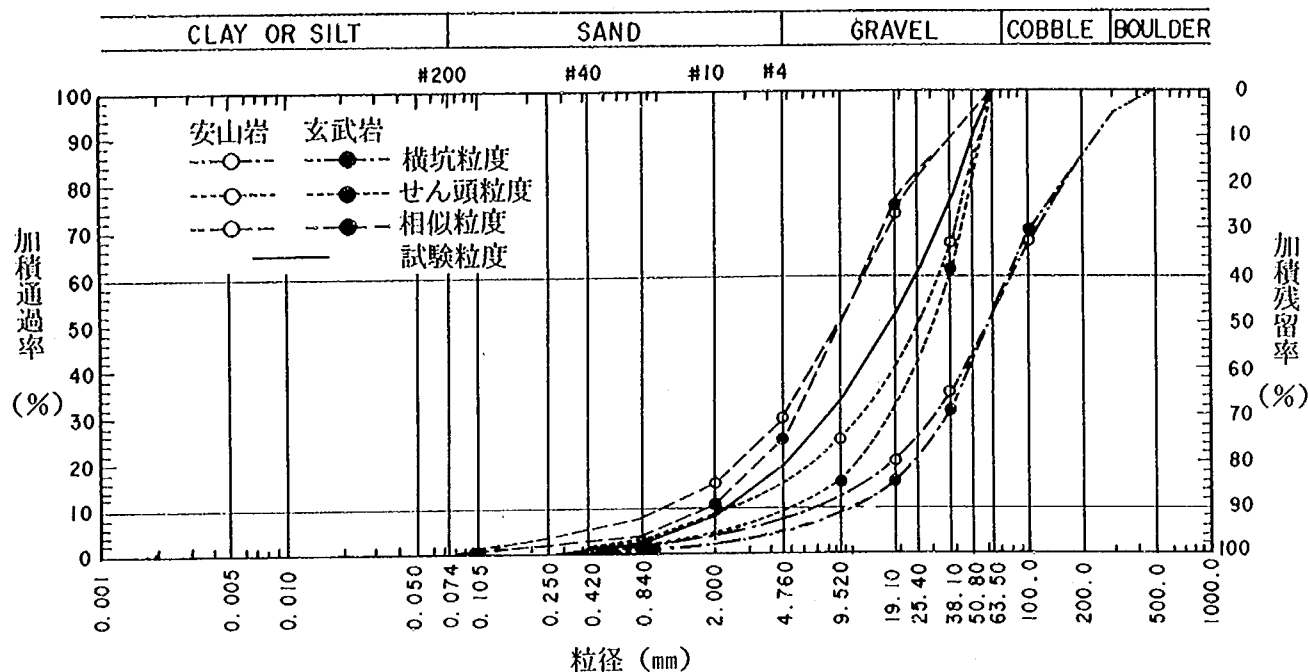


図-2.1 試験粒度

2.2 試験粒度

試験を行う場合の材料の粒度は、採取された状態の実粒度曲線を用いるべきであるが、締固め試験および三軸圧縮試験の試験用供試体直径が300mmであることから従来よりその1/5の大きさの約60mmを最大粒径として試験粒度を作製する方法が用いられている。

試験粒度の作製方法には、許容最大粒径以上の粒子を除外するせん頭粒度と、試料の最大粒径を決め細粒側へ実粒度を平行移動させる相似粒度がある。

図-2.1に、安山岩と玄武岩の横坑粒度、せん頭粒度、相似粒度を示す。なお、せん頭粒度と相似粒度は、一般に異なる粒度曲線を示し、どの粒度を試験粒度として用いるかは、試験結果にも影響を及ぼすため、試験粒度を決めることは重要なことである。ここでは、他材料の試験として既往例も多い、 $U_c = 12$ を有する粒度を試験粒度とした。この試験粒度は、安山岩および玄武岩のせん頭粒度と相似粒度のほぼ中間に位置する粒度である。表-2.1, 2.2に試験粒度を示す。

なお、両方の岩石とも同じ試験粒度とした。

表-2.1 粒度分布表(加積通過率)

粒 径	安 山 岩			玄 武 岩			試験粒度
	横坑粒度	せん断強度	相似粒度	横坑粒度	せん断強度	相似粒度	
~400	100	—	—	100	—	—	—
~300	95.5	—	—	95.0	—	—	—
~200	86.5	—	—	86.5	—	—	—
~100	68.0	—	—	70.0	—	—	—
~63.5	52.0	100	100	51.0	100	100	100
~50.8	44.0	84.6	96.5	42.5	83.3	96.0	92.0
~38.1	35.0	67.3	90.5	31.5	61.8	90.0	77.0
~25.4	25.5	49.0	81.5	21.0	41.2	82.0	62.0
~19.1	20.5	39.4	74.0	16.0	31.4	75.5	53.0
~9.52	13.0	25.0	51.0	8.0	15.7	50.0	34.0
~4.76	8.0	15.4	30.0	5.0	9.8	25.5	20.0
~2.00	4.7	9.0	15.5	2.7	5.3	11.0	9.0
~0.84	2.0	3.8	8.5	1.4	2.7	5.0	3.0
~0.42	1.0	1.9	5.5	1.0	2.0	3.5	0.0
~0.25	0.5	1.0	4.0	0.5	1.0	2.5	—
~0.105	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	1.5	—
~0.074	—	—	0.0	—	—	0.0	—

表-2.2 試験粒度

粒径 (mm)	加積残留率(%)	最大粒径 (mm)	63.5
63.5~50.8	8 (8) ※	最小粒径 (mm)	0.42
50.8~38.1	23 (15)	D85粒径 (mm)	44.7
38.1~25.4	38 (15)	D60粒径 (mm)	24.5
25.4~19.1	47 (9)	D50粒径 (mm)	17.4
19.1~9.52	66 (19)	D30粒径 (mm)	7.7
9.52~4.76	80 (14)	D10粒径 (mm)	2.1
4.76~2.00	91 (11)	均等係数 U _c	12
2.00~0.84	97 (6)	曲率係数	1.15
0.84~0.42	100 (3)	4.76mm通過率(%)	20

※ () は各粒径毎の残留率 (%)

3. 岩石の物性値

3.1 比重および吸水率

試料の比重および吸水率を求めるため、JIS-A-1110, 1202の規準に従って試験を実施した。
試験結果を表-3.1, 図-3.1に示す。

表-3.1 比重および吸水量

粒 径 (mm)	残粒率 (%)	安 山 岩				玄 武 岩			
		比 重			吸水率 Q (%)	比 重			吸水率 Q (%)
		真比重 G _r	絶乾比重 G _s	表乾比重 G _a		真比重 G _r	絶乾比重 G _s	表乾比重 G _a	
63.5~50.8	8	2.727	2.580	2.634	2.10	2.857	2.763	2.796	1.19
50.8~38.1	15	2.737	2.576	2.635	2.28	2.864	2.744	2.780	1.53
38.1~25.4	15	2.744	2.566	2.631	2.54	2.884	2.735	2.786	1.89
25.4~19.1	9	2.747	2.557	2.626	2.71	2.895	2.727	2.785	2.13
19.1~9.52	19	2.748	2.550	2.622	2.82	2.910	2.711	2.780	2.53
9.52~4.76	14	2.735	2.506	2.590	3.35	2.928	2.675	2.762	3.23
4.76~2.00	11	2.732	—	—	—	2.915	—	—	—
2.00~0.84	6	2.723	—	—	—	2.905	—	—	—
0.84~0.42	3	2.731	—	—	—	2.905	—	—	—
	(100)	2.738	2.589	2.643	2.68	2.896	2.760	2.802	2.17

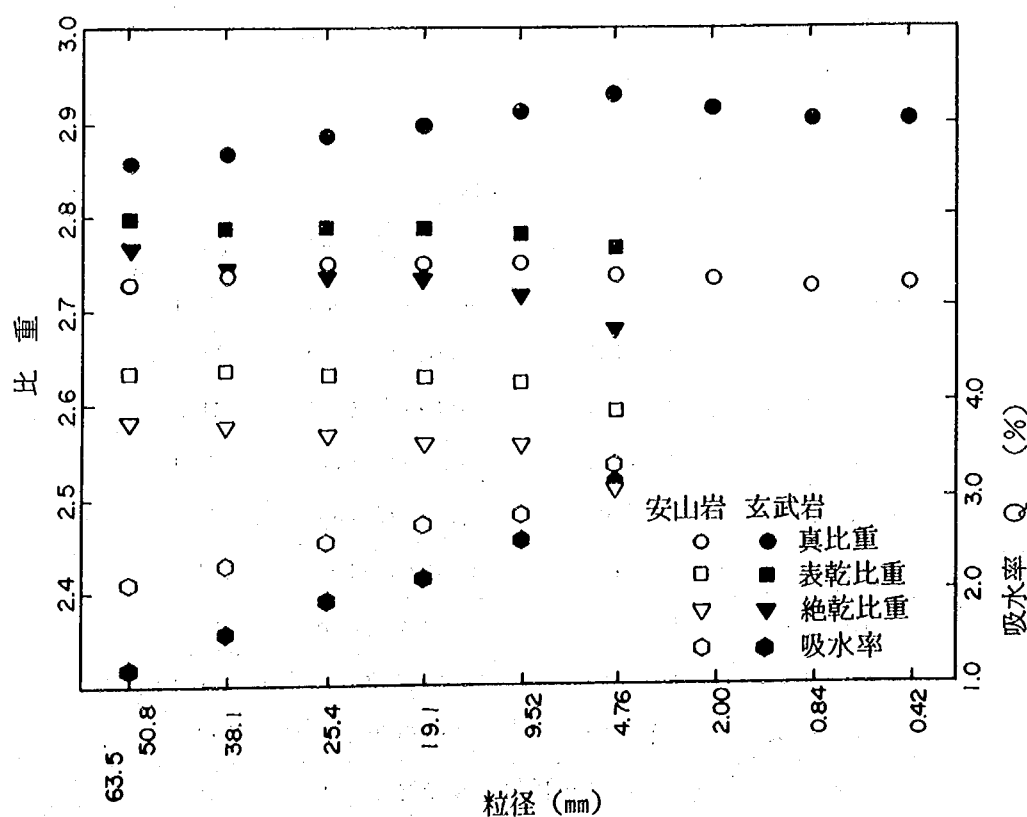


図-3.1 粒径と比重および吸水量

また、表乾比重、絶乾比重、真比重、吸水率は、(3.1)式によって求めた。

$$\begin{aligned} G_r &= A / (A - C) \\ G_d &= A / (B - C) \\ G_s &= B / (B - C) \quad \dots\dots\dots (3.1) \\ Q &= (B - A) / A \times 100 \end{aligned}$$

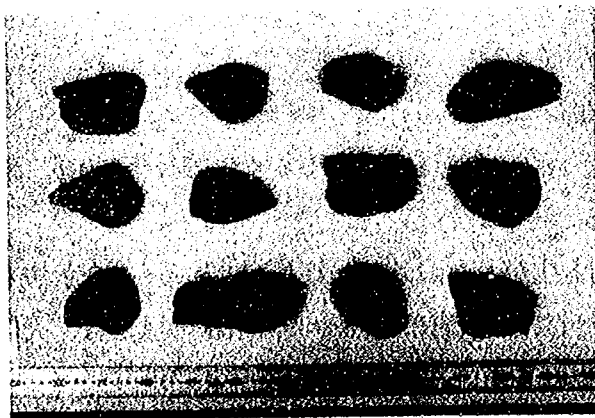
ここに、

G_r : 真比重	A : 絶乾重量
G_d : 絶乾比重	B : 表乾重量
G_s : 表乾比重	C : 水中重量
Q : 吸水率	

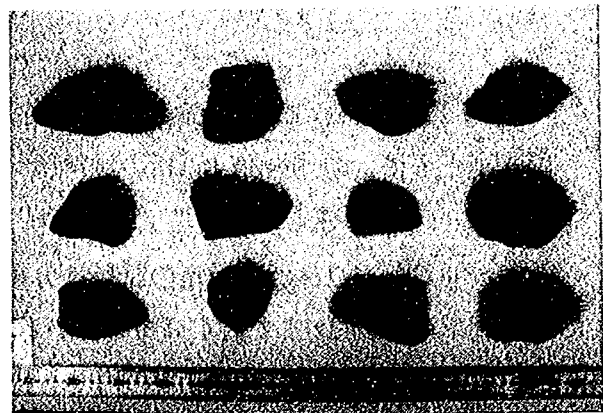
試験粒度における各粒径毎の残留率を考慮して求めた平均絶乾比重 (G_d) は、安山岩で2.589, 玄武岩で2.760, 吸水率は、それぞれ2.68%, 2.17%を示す。これより、玄武岩の方が比重が大きく吸水率の小さい値を示し、この点からは、安山岩に比べ良好な材料であると考えられる。

3.2 粒子形状

代表的な粒子形状を呈する試料を写真-3.1に示す。



安山岩



玄武岩

写真-3.1 粒子形状 (63.5~50.8mm)

Zinggの分類法を用いて、粒径63.5~50.8, 50.8~38.1, 38.1~25.4mmの試料を、それぞれ30個試験し試料の粒子形状の分類を行ってみた。この分類法は、粒子の最大径, 中間径, 最小径を測定し、(3.2)式を用いて扁平率, 細長率等を求め評価するものである⁴⁾。

今回は、扁平率と細長率より、図-3.2に示すように分類を行った。

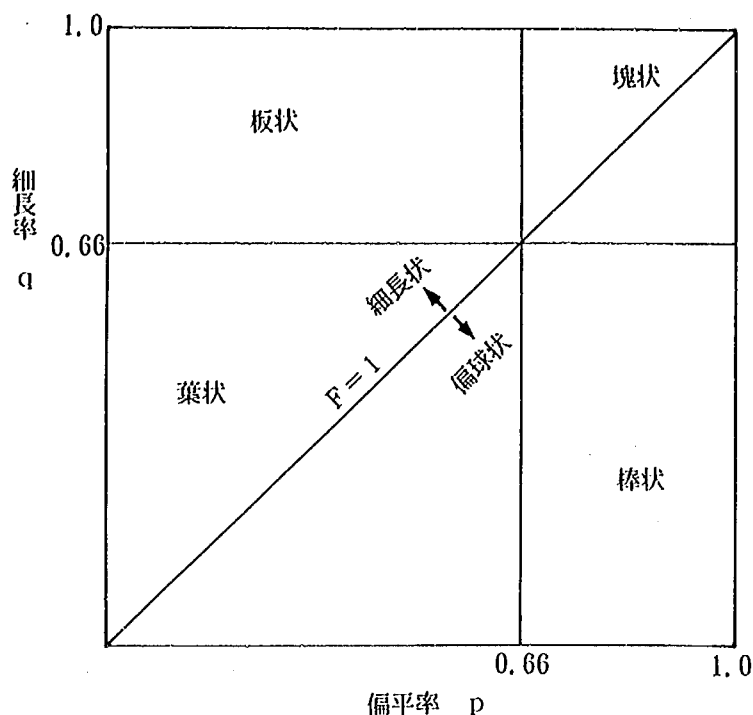


図- 3. 2 Zingg の分類

$$p = c / b , \quad q = b / a \quad \dots\dots\dots (3. 2)$$

ここに、

p : 扁平率 a : 最大径
 q : 細長率 b : 中間径
 c : 最小径

(1. 2) 式によって求めた扁平率と細長率の関係を、図- 3. 3 に示す。

両岩種ともに、63.5～50.8mmの試料は、ばらつきが他粒径に比べ小さく、細長率で0.8, 扁平率で0.6程度の値を示し、板状を呈する試料であることがわかる。

50.8～38.1, 38.1～25.4mmの試料は分布範囲も広がり、おおむね細長率で0.5以上を示すものの、扁平率は0.2程度まで広く分布している。ただし、玄武岩の50.8～38.1mmの試料は、大部分が細長率0.66以下を示し、玄武岩の内でも特異な形状を示すことがわかる。

全試料をまとめて見ると、両岩種ともほぼ同様の分布範囲を示すことがわかる。扁平率および細長率の平均値は、両岩種ともに扁平率は0.64程度であるが、細長率では差が認められ、安山岩で0.73, 玄武岩で0.66程度を示す。よって、形状分類を行うと安山岩および玄武岩は概ね板状を示すものといえる。

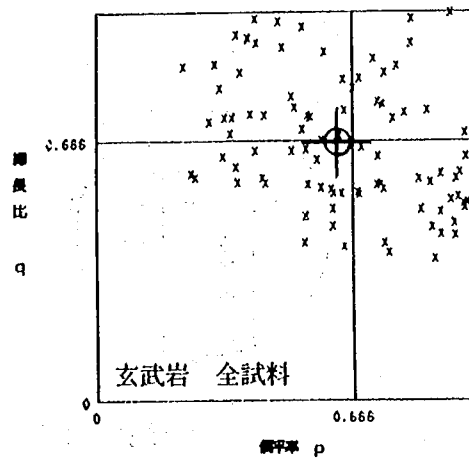
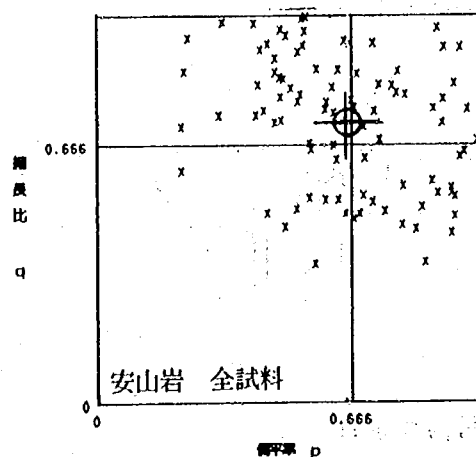
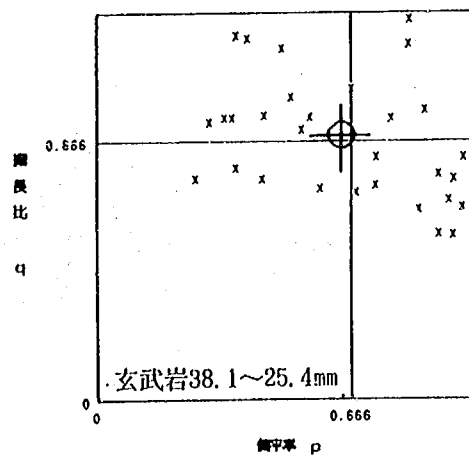
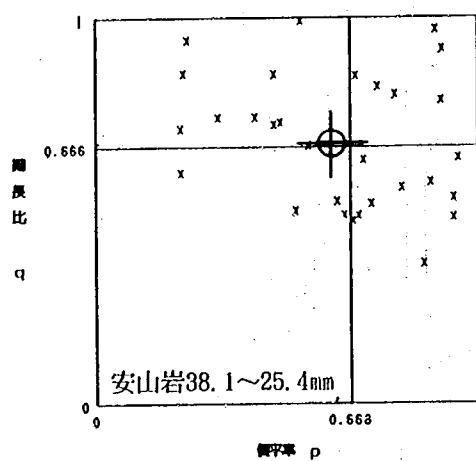
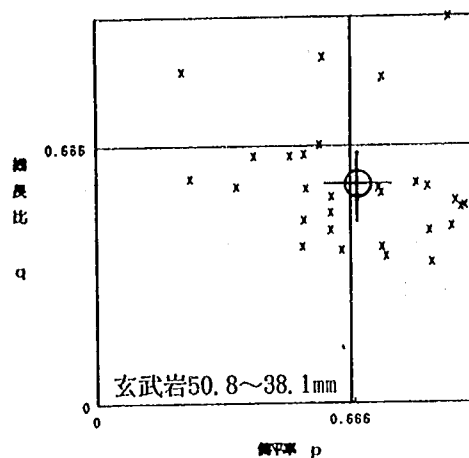
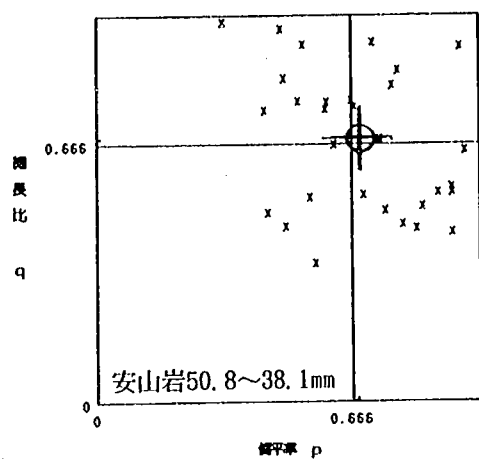
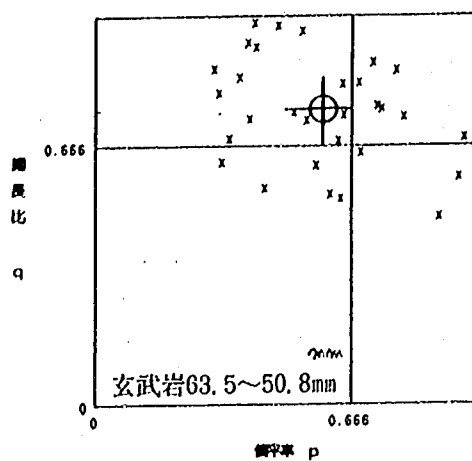
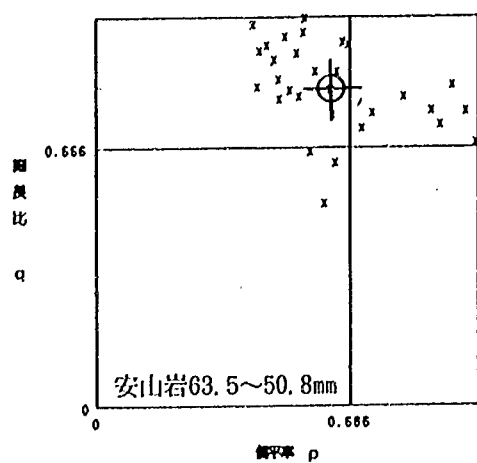


図-3.3 粒子形状分類図

3.3 点載荷圧裂強度

点載荷圧裂強度は、図－3.4に示す試験装置を用いて行った。使用した材料は、63.5mmふるいを通し50.8mm粒径にとまるもの、同様に50.8～38.1mm, 38.1～25.4mmの3粒径で、気乾および水浸状態の2通りの状態で行った。

試験個数はそれぞれの粒径で30個であり、水浸状態は、30日間の水浸を行ったものである。

載荷点間隔は、岩種、岩級によっては、試験機の載荷ポイントがくいこむことがあるのでこれを考慮した図－3.5に示す破壊長とした。

点載荷圧裂強は次式³⁾によって求めた。

$$\sigma_t = 0.891 \cdot \frac{F}{d^2}$$

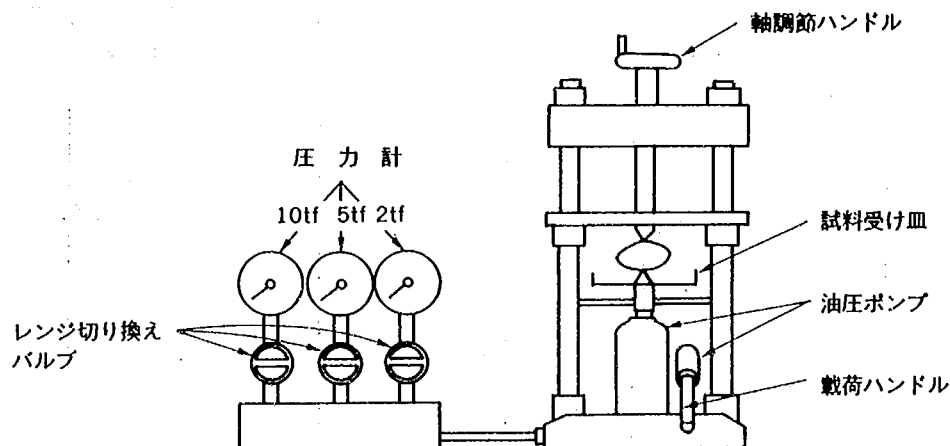
ここに、

σ_t : 点載荷圧裂強 (kg/cnf)

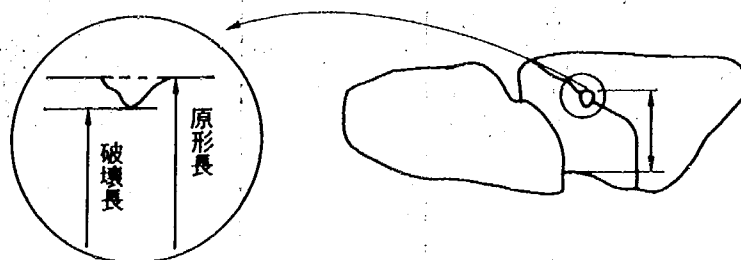
F : 極限荷重 (kg)

d : 載荷点間隔 (cm)

試験結果を図－3.5に示す。



図－3.4 点載荷試験装置



図－3.5 載荷点間隔の定義

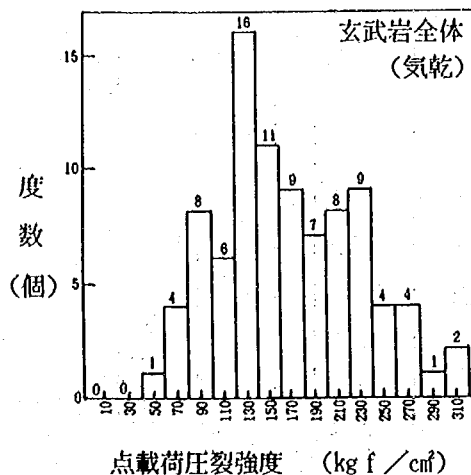
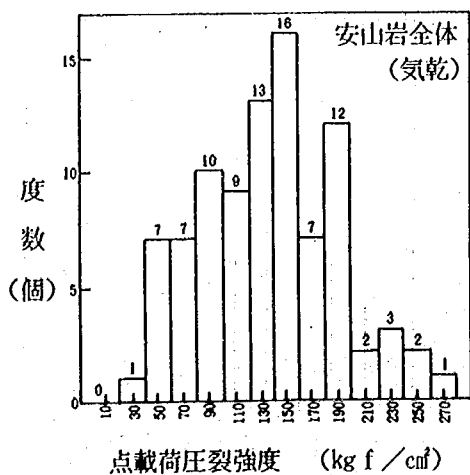
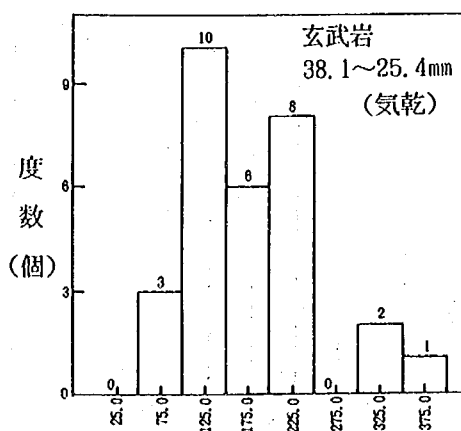
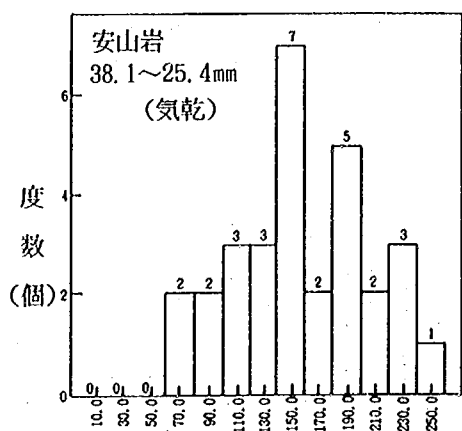
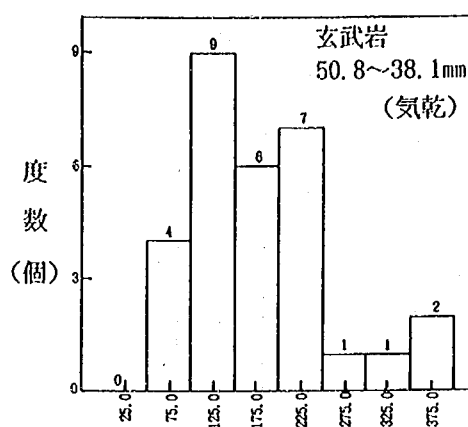
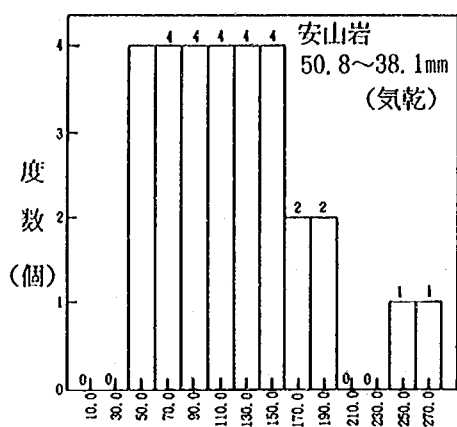
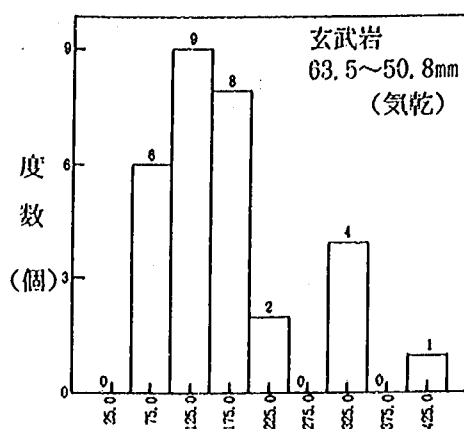
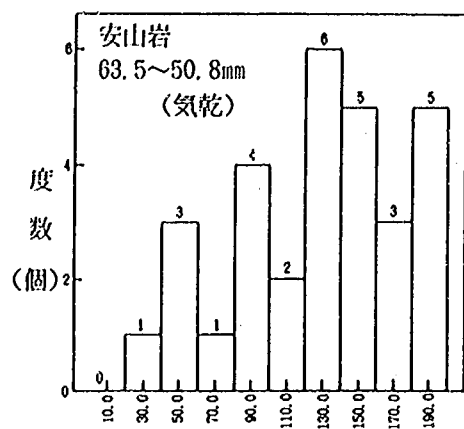


図-3.6 a 点载荷圧裂強度 (気乾)

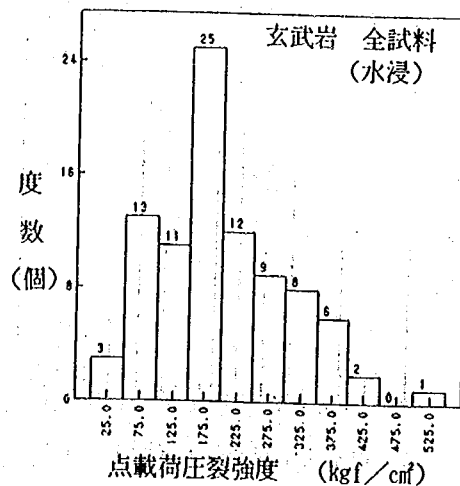
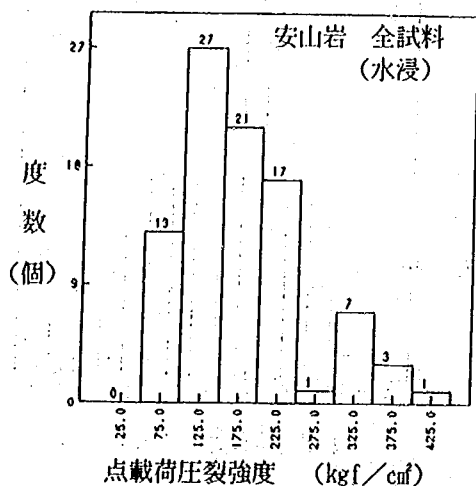
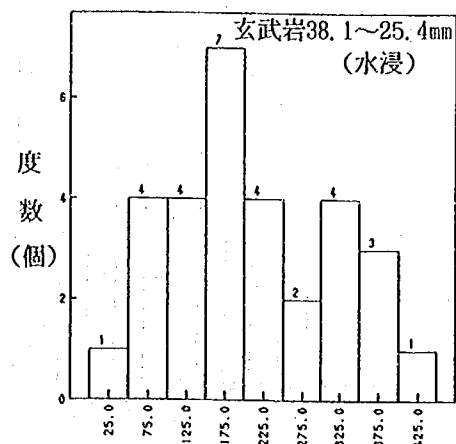
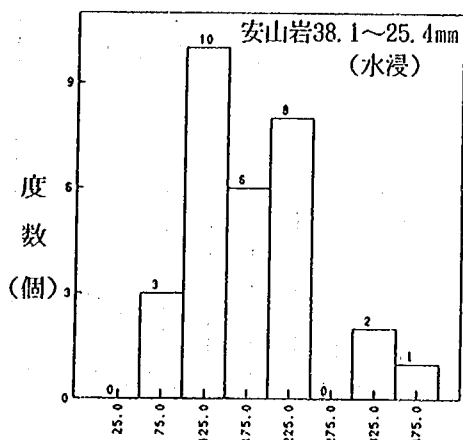
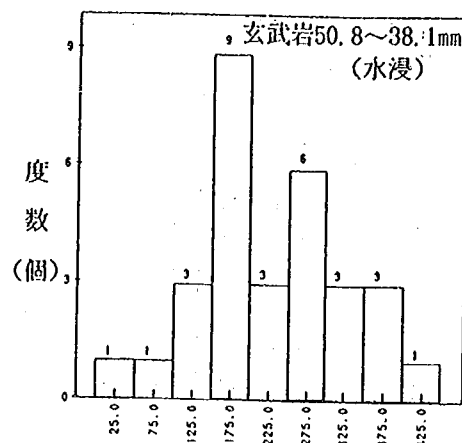
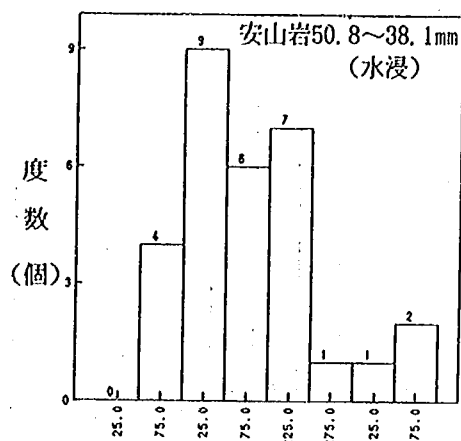
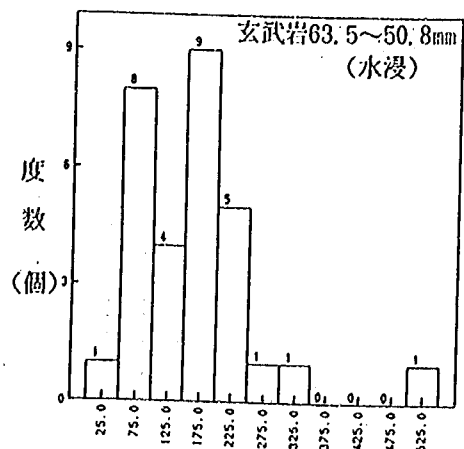
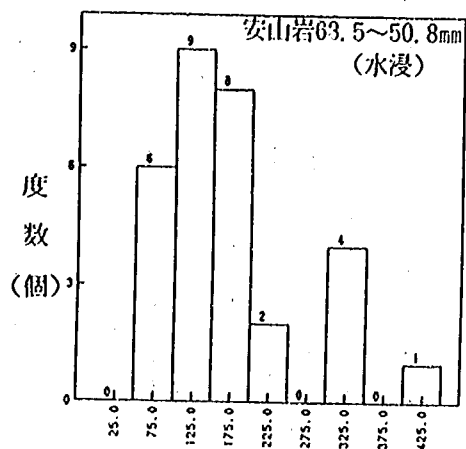


図-3.6b 点載荷圧裂強度 (水浸)

表-3.2 a 点载荷压裂强度 (安山岩)

粒 径 (mm)	点载荷压裂强度 σ_c (kg f / cm ²)				氣乾 / 水浸
	氣 乾 状 态		水 浸 状 态		
	平均值	標準偏差	平均值	標準偏差	
全 体	135	52	176	77	0.767
63.5~50.8	127	48	171	85	0.743
50.8~38.1	122	54	181	78	0.674
38.1~25.4	158	49	174	67	0.908

表-3.2 b 点载荷压裂强度 (玄武岩)

粒 徑 (mm)	点载荷压裂強度 σ_c (kg f / cm ²)				氣乾 / 水浸
	氣 乾 状 態		水 浸 状 態		
	平均值	標準偏差	平均值	標準偏差	
全 体	167	60	202	100	0.827
63.5~50.8	178	62	162	97	1.099
50.8~38.1	169	63	232	87	0.728
38.1~25.4	154	54	212	94	0.726

4. 締固め特性

試料の締固め特性を求めるために、突固め試験と電気ハンマーを用いた締固め試験を行った。突固め試験においては突固めエネルギーと密度の関係を求め、電気ハンマーによる締固め試験においては最大・最小密度を求めることをおもな目的としている。

4.1 試験方法

突固め試験および締固め試験は次に示す試験機および試験手順で行った。

4.1.1 突固め試験方法

(1) 試験用具

- a. 突固め試験機 (図-4.1)
- b. モールド 直径30cm×35.4cm (25リットル容器)

(2) 試験方法

- ① 投入材料の各粒径毎の含水量を測定し、粒度分布を考慮した平均含水量 (ω) を求める。
- ② 全体投入重量(w)を3等分(3層)に分ける。
- ③ 1層毎に材料を投入し、所定の突固めエネルギー(層毎)のもとで突固める。
- ④ この繰り返しを3回行い、供試体高さを測定し、供試体体積(v)を求める。
- ⑤ 供試体密度は w と v から求める。

(3) 突固め条件

突固め条件を表-4.1に示す。

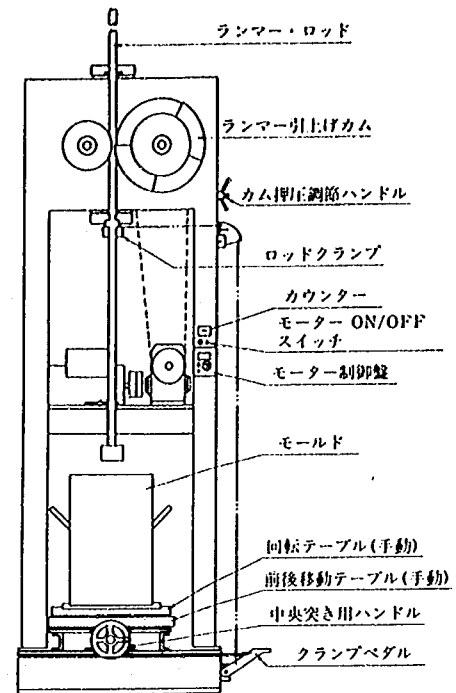


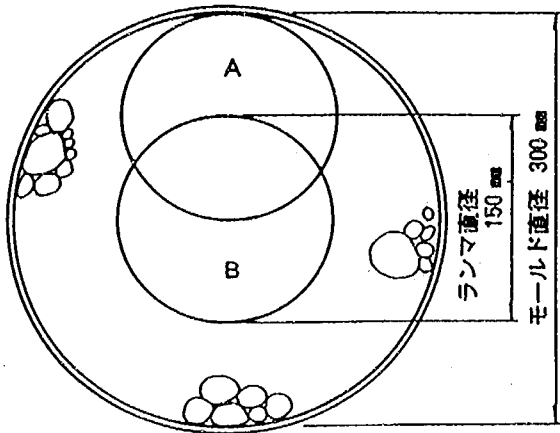
図-4.1 突固め試験機

表-4.1 突固め条件

試 験 機	半自動締固め試験機
モ ー ル ド	直径30cm×高さ50cm
ラ ン マ	ランマー直径15cm, ランマー重量15kg f
ランマ落下高	50cm
突 固 め 層 数	3層(1層11~12cm)
供試体・目標高さ	約35cm±1cm
突固めエネルギー	0, 0.5, 1, 2, 3, 5, Ec
供試体高さの測定	17点(供試体表面に板をのせない)
備 考	供試体体積を一定にすること。そのため、投入重量を各エネルギー毎に整理すること。

(4) 突固めパターン

ランマ重量15kg f、ランマ落下高50cm、突固め層数を3層にして突固め回数を求め、
図-4.2に示す突固めパターンによって供試体を突固める。



突 固 め エ ネ ル ギ	突固めパターンと回数	計
0.5 Ec	A-9回, B-1, A-10, B-1, A-9, B-1	31回
1 Ec	0.5 Ec + A-9, B-1, A-10, B-1, A-10, B-1	63
2 Ec	0.5 Ec × 3回 + A-9, B-1, A-10, B-1, A-10, B-1	125
3 Ec	0.5 Ec × 5回 + A-9, B-1, A-11, B-1, A-10, B-1	188
5 Ec	0.5 Ec × 9回 + A-10, B-1, A-11, B-1, A-10, B-1	313

注) 1層当りの突固めパターンおよび回数

図-4.2 突固めパターン図

突固めエネルギーはプロクタによる定義を用いる。

$$E_c = \frac{W_R \cdot H \cdot N_B \cdot N_L}{V} \quad (\text{m} \cdot \text{kgf}/\text{m}^3)$$

ここに、

E_c : 突固めエネルギー (1 Ec $\approx 5.6 \times 10^4 \text{ m} \cdot \text{kgf}/\text{m}^3$)

W_R : ランマ重量 (kgf) H : ランマ落下高 (m)

N_B : 層当り突固め回数 N_L : 層の数

(5) 供試体高さの測定

密度を求めるための試料高さの測定は、図-4.3に示すように17点を測り、凹凸の極端に激しいところは避ける。

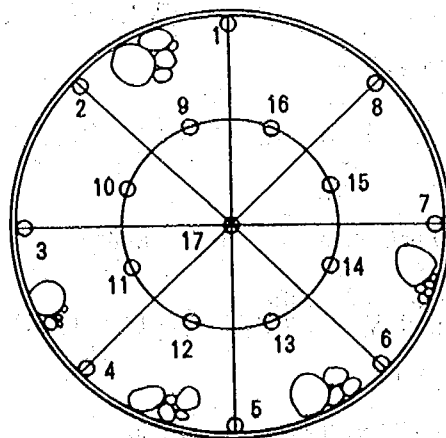


図-4.3 測定ポイント

(6) 密度の計算

$$\text{湿潤密度 } \rho_i = \frac{W}{V}$$

W : 湿潤重量

$$\text{乾燥密度 } \rho_d = \frac{\rho_i}{1 + \frac{\omega}{100}}$$

V : 供試体の体積

ω : 含水比

$$\text{間隙比 } e_v = \frac{\rho_w \cdot \bar{G}}{\rho_d} - 1$$

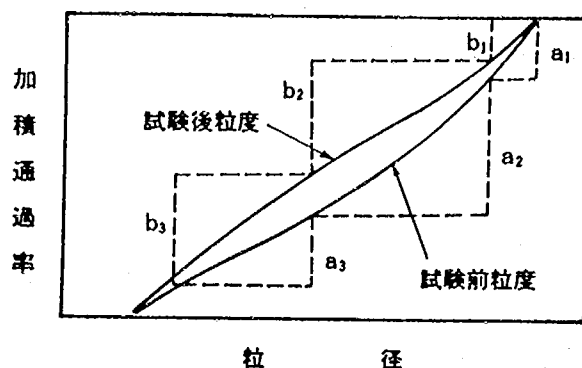
$\bar{G}$: 平均比重 (絶乾比重)

ρ_d : 供試体の乾燥密度 g/cm³

ρ_w : 水の密度 g/cm³

(7) 破碎率の測定

試験後、粒度試験によつて各突固めエネルギー毎に破碎率 (B_M) を求める。破碎率は図-4.4 に示すマーサルの定義によつて算出する。



$$a_1 - b_1 = \Delta A_1$$

$$a_2 - b_2 = \Delta A_2$$

$$a_3 - b_3 = -\Delta A_3$$

$$a_n - b_n = \Delta A_n$$

$$\Sigma \Delta A = 0$$

$$B_M = \Sigma (-\Delta A) \text{ 又は } \Sigma (\Delta A)$$

図-4.4 粒子破碎率 (B_M) の算出

4.1.2 電気ハンマーによる締固め試験方法

(1) 試験用具

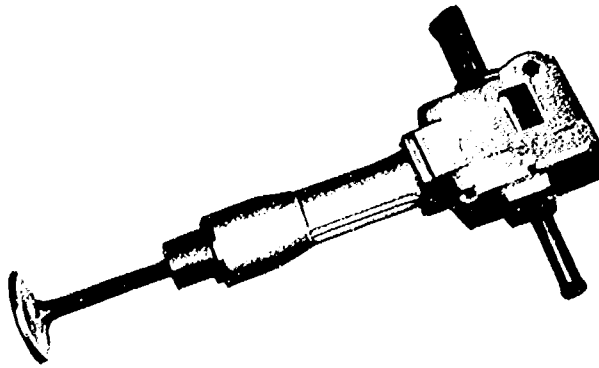
a. 電気ハンマー

電気ハンマーの仕様を表-4.2 に示す。概要図を写真-4.1 に示す。

b. モールド直径30cm, 高さ60cm

表-4.2 電気ハンマーの仕様

項 目	仕 様
名 称	日立電気ハンマー PH-85型
使 用 電 源	単相交流50/60Hz 電圧100V又は200V, 電流14A (100V), 7A (200V)
全負荷打撃数	毎分950回
電 動 機	保護形単相直巻整流子電動機
重 量	33kg f



写真－4.1 電気ハンマー

(2) 供試体作製方法

突固め試験の時と同様の方法で行うが、層数が3層ではなく6層とし、締固めは電気ハンマーで行う。

(3) 締固め条件

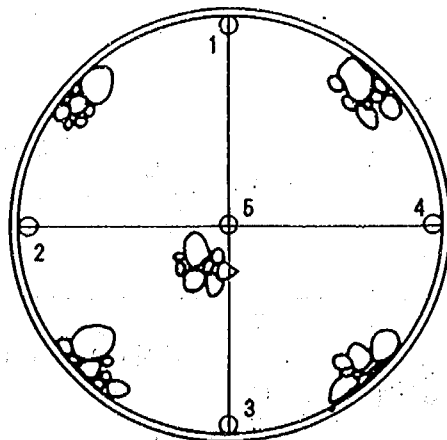
締固め条件を表－4.3に示す。

表－4.3 締固め条件

供試体の大きさ	直径30cm, 高さ60cm
締固め層数	6層(1層当り10cm)
締固め時間	0秒, 10秒, 20秒, 30秒, 60秒, 120秒
供試体高さの測定	5点, 板あり(板厚0.8cm)
備考	供試体重量を締固め時間に係わらず一定とする。

(4) 供試体高さの測定

供試体高さの測定は、粒子間の凹凸がないために図－4.5に示す5ヶ所で行う。



図－4.5 測定ポイント

(5) 密度の計算

突固め試験と同様に行う。

電気ハンマーでは、最大・最小密度を求めて次に示す相対密度(D_r)の計算を行う。

$$D_i = \frac{e_{\max} - e}{e_{\max} - e_{\min}} \times 100 (\%) = \frac{1/\rho_d \min - 1/\rho_d}{1/\rho_d \min - 1/\rho_d \max} \times 100 (\%)$$

$$= \frac{\rho_d \max (\rho_d - \rho_d \min)}{\rho_d (\rho_d \max - \rho_d \min)} \times 100 (\%)$$

(6) 破碎率の測定

試験後、粒度試験によって、各締固め時間毎の供試体の破碎率の測定を行う。

4.2 突固めエネルギーと密度および破碎率

突固めエネルギーと乾燥密度および破碎率の関係を表-4.4, 図-4.6に示す。

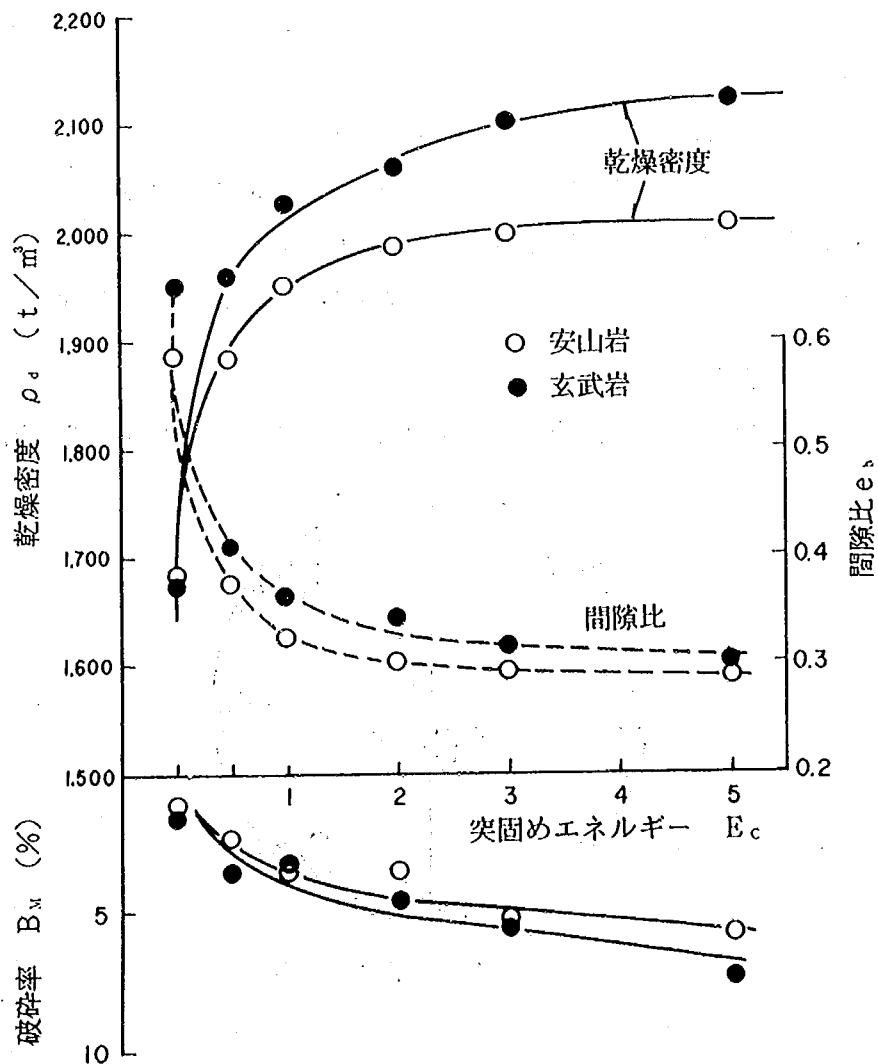


図-4.6 突固めエネルギーと密度および破碎率

表-4.4 a 突固めエネルギーと乾燥密度および破碎率 (安山岩)

突固めエネルギー	0 E c	0.5 E c	1.0 E c	2.0 E c	3.0 E c	5.0 E c
ρ_d (t/m ³)	1.683	1.882	1.952	1.987	1.999	2.008
e_s	0.538	0.375	0.326	0.303	0.295	0.289
B_M (%)	1.1	2.4	3.5	3.6	5.4	5.9

表-4.4 b 突固めエネルギーと乾燥密度および破碎率 (玄武岩)

突固めエネルギー	0 E c	0.5 E c	1.0 E c	2.0 E c	3.0 E c	5.0 E c
ρ_d (t/m ³)	1.673	1.959	2.023	2.058	2.098	2.121
e_s	0.649	0.409	0.364	0.341	0.316	0.301
B_M (%)	1.6	3.6	3.2	4.7	5.6	7.4

乾燥密度は、突固めエネルギーの増加に伴い増加していくが1 E c 以上では乾燥密度の増加率は少ない。安山岩と玄武岩では玄武岩の方が大きな乾燥密度を示している。間隙比で比較すると、各締固めエネルギーとも安山岩の方が玄武岩に比べ間隙比が小さくなる傾向がある。一方、突固めによる破碎は突固めエネルギーの増加に伴い両岩石とも破碎率は大きくなる。ただし、わずかであるが玄武岩の方が安山岩に比べ破碎が生じやすい。

4.3 最大・最小密度

最大密度は、電気ハンマーを用いた締固め試験によって求めた。電気ハンマーを用いた理由は前述のとおり破碎があまり進行しないことより、所定の粒度を確保したまま、最小間隙比を有する供試体を作製することができるためである。

締固め時間と密度および破碎率の関係を表-4.5, 図-4.7に示す。

表-4.5 a 締固め時間と密度および破碎率 (安山岩)

締固め時間	投入のみ	5sec	10sec	20sec	30sec	60sec
ρ_d (t/m ³)	1.559	1.826	1.826	1.909	1.947	1.967
e_s	0.661	0.418	0.418	0.356	0.330	0.316
B_M (%)	1.0	1.5	1.3	1.7	2.3	2.2

表-4.5 b 締固め時間と密度および破碎率 (玄武岩)

締固め時間	投入のみ	5sec	10sec	20sec	30sec	60sec
ρ_d (t/m ³)	1.600	1.917	1.958	2.020	2.049	2.114
e_s	0.725	0.440	0.410	0.366	0.347	0.306
B_M (%)	2.4	3.5	3.6	3.2	2.7	3.2

安山岩および玄武岩ともに、締固め時間が増加するに従い、間隙比が減少（乾燥密度は増加）していく傾向が認められる。両岩種の間隙比は、ほぼ同一値を示すことが認められる。乾燥密度は、比重の異なる分だけ差が生じ、玄武岩が大きな値を示す。

破碎率は、全般的に玄武岩の方が大きな値を示す傾向が認められる。

最小密度（最大間隙比）は、締固め時間 0 sec（投入のみ）とし、最大密度（最小間隙比）は、乾燥密度および間隙比の変化率の小さくなる締固め時間 60 sec の場合とした。最大・最小密度を表-4.6 に示す。

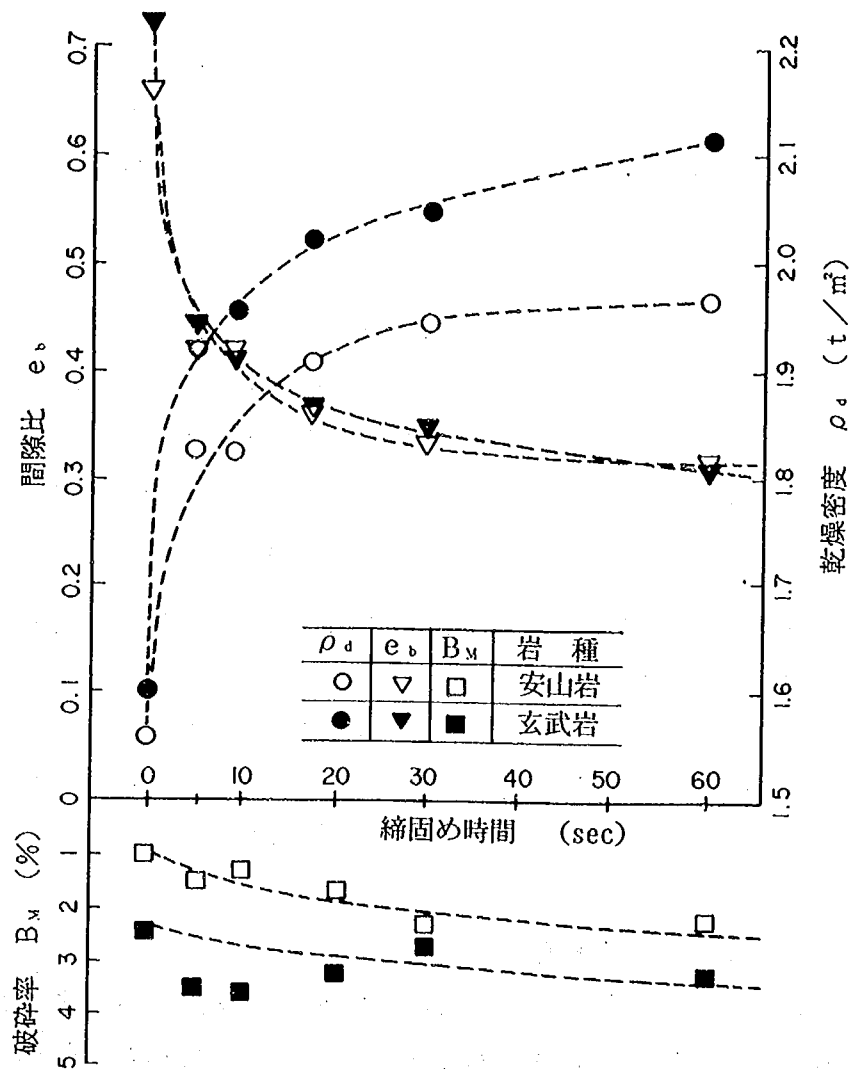


図-4.7 締固め時間と密度および破碎率

表-4.6 最大密度および最小密度

岩 種		安山岩	玄武岩
最大密度	最大乾燥密度 $\rho_d \text{ max (g/cm}^3\text{)}$	1.967	2.114
	最小間隙比 $e_b \text{ min}$	0.316	0.306
	締固め時間 (sec)	60	60
	破碎率 B_M (%)	(2.2)	(3.2)
	突固めエネルギー E_c	1~2	4
最小密度	最小乾燥密度 $\rho_d \text{ max (g/cm}^3\text{)}$	1.559	1.600
	最大間隙比 $e_b \text{ min}$	0.661	0.725
	締固め時間 (sec)	0	0

図-4.8は、これまでの試験で得られている均等係数 $U_c = 12$ の試料の締固め試験における最大・最小間隙比と比較して図示したものである。これより、他の岩種に比較し最大、最小密度（間隙比）とも大きな値を示していることがわかる。

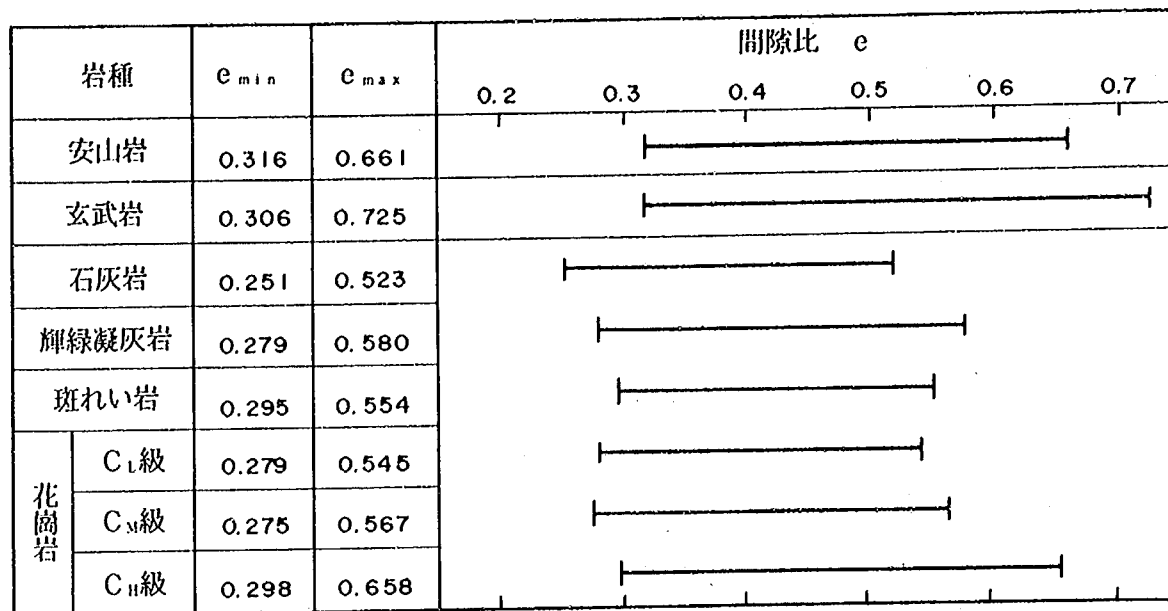


図-4.8 最大・最小密度の比較

5. せん断強度特性

5.1 試験方法および試験条件

直径30cm, 高さ60cmの供試体を用いた三軸圧縮試験を行った。試験条件を表-5.1に示し、試験機および計測器の仕様について図-5.1および表-5.2に示す。

初期間隙比は、よく締固まった状態すなわち相対密度が約85%になるような間隙比を設定した。相対密度85%の間隙比は(5.1)式によって求めると次のようになる。

$$e_0 = e_{\max} - \frac{D_r}{100} (e_{\max} - e_{\min}) \quad \dots\dots\dots (5.1)$$

ここに、

e_0 : 初期間隙比 (相対密度を所定の D_r となるよう設定したとき)

D_r : 相対密度 (%)

$e_{\max}$: 最小密度における間隙比

$e_{\min}$: 最大密度における間隙比

安山岩で、

$$e_0 = 0.661 - \frac{85}{100} (0.661 - 0.316) = 0.368$$

玄武岩で、

$$e_0 = 0.725 - \frac{85}{100} (0.725 - 0.306) = 0.369$$

となるが、両岩石とも $e_0 = 0.36$ と設定した。このため相対密度は87%となった。

側圧は、 $0.5 \sim 8.0 \text{ kg f / cm}^2$ の範囲で7側圧について行った。最大側圧 8.0 kg f / cm^2 、単位体積重量 $\gamma = 2.0 \text{ t / m}^3$ で応力比 $\sigma_3 / \sigma_1 = 0.5$ と仮定した場合の、ダム下流側において表層より深さ80m部分の状態を表す。

表-5.1 試験条件

供試体	大 き さ	300×600mm
	粒 度	$U_c = 12$ 最大粒径63.5mm 最小粒径 0.42mm
	密 度	初期間隙比 0.36
試 料 状 態		気乾 状態
排 水 条 件		圧密排水
せん断	制 御	ひずみ制御
	スピード	供試体高さの0.5%/min
拘束圧範囲		0.5, 1.0, 1.5, 2, 4, 6, 8 kg f / cm^2

表-5.2 (1) 三軸試験後の仕様

三 軸 室	一室式 耐圧 30kg f / cm ² 寸法 (φ800mm × h 1000mm)
供 試 体	・寸法 φ300 × h 600mm ゴムスリーブ 2mm × 2枚 ・上下加圧盤の形状 供試体直径と同寸法 ・上部加圧盤とロッドは分離 (回転可能)
軸 荷 重 載 荷 装 置	・油圧サーボ方式 (油圧シリンダー) ・供試体下部より上方に載荷
側 圧 発 生 装 置	・空気圧水圧変換方式 最小 10kg f / cm² ・油圧水圧変換方式 最大 30kg f / cm²
バックプレッシャー 負 荷 装 置	・空気圧水圧変換方式 最大 10kg f / cm ²
油 圧 源	・常用圧力 210kg f / cm ²
供 試 体 飽 和 装 置	・炭酸ガスによる空気置換を行い、バックプレッシャーによって脱気水の供給
そ の 他	・上下加圧盤の排水方法 ポーラスメタル ・載荷用ピストンの貫入量補正は機械的に補正

表-5.2 (2) 測定装置の仕様

測 定	容 量	方 式	精 度	備 考
軸 荷 重	10ton 50ton	ロードセル (ひずみゲージ型)	0.5 % F s "	三軸室内 供試体上部
側 圧	30kg f / cm ² 10kg f / cm ² 20kg f / cm ²	間隙水圧計 (ひずみゲージ型) ブルドン管 "	0.04 % F s 1.0 % F s "	供試体中央部 " "
間 隙 水 圧	30kg f / cm ²	間隙水圧計 (ひずみゲージ型)	0.04 % F s	供試体中央部
軸 変 位	200mm	ポテンションメータ	0.2 % F s	
外体積変化	10,000cm ³	ポテンションメータ	0.4 % F s	側圧用シリンダー の変位測定
内体積変化	500cm ³ 1000cm ³ 5000cm ³	ビューレット差圧計型 差圧計 (静電容量型)	0.4 % F s " "	

供試体の作製方法は次のとおりである。

- ① 材料の各粒径毎の含水量を測定しておき、粒度分布を考慮した平均含水量を求める。
- ② 投入材料全体を6等分 (6層) にする。
- ③ 1層毎に材料を投入し、電気ハンマーで所定の密度に締固める。
- ④ これを6回繰り返し供試体高さを求め、密度を計算する。

5.2 等方圧密による供試体の変化

三軸圧縮試験は、任意の拘束圧の状態（圧密という）で行うために、初期間隙比を一定にした場合、せん断開始前の供試体の間隙比が、側圧の大きさによって異なってくる。

圧密による供試体の体積変化量・率を表-5.3, 図-5.2, 5.3に示す。側圧が高くなるにつれ供試体の圧縮量も多くなる傾向が認められる。安山岩と玄武岩を比較した場合、量・率ともに安山岩の方が大きな値を示す傾向が認められる。側圧 6.0 kg f / cm^2 では、玄武岩で圧縮量約 1000 cm^3 、圧縮率 2.3% 、安山岩で約 1200 cm^3 、 2.9% の値を示す。

表-5.3 供試体の体積変化量

側圧 σ'_3 (kg f / cm^2)	安 山 岩			玄 武 岩		
	供試体体積 (cm^3)	圧縮量 (cm^3)	圧縮率 (%)	供試体体積 (cm^3)	圧縮量 (cm^3)	圧縮率 (%)
0.5	41886.7	92	0.22	42031.2	42	0.10
1.0	41976.2	420	1.00	42003.7	280	0.67
1.5	41921.1	495	1.18	41948.6	345	0.82
2.0	41996.8	600	1.43	41989.9	380	0.90
4.0	41941.8	672	1.60	41907.4	642	1.53
6.0	41941.8	1202	2.87	42017.5	972	2.31
8.0	41089.2	1080	2.63	41955.5	1075	2.56

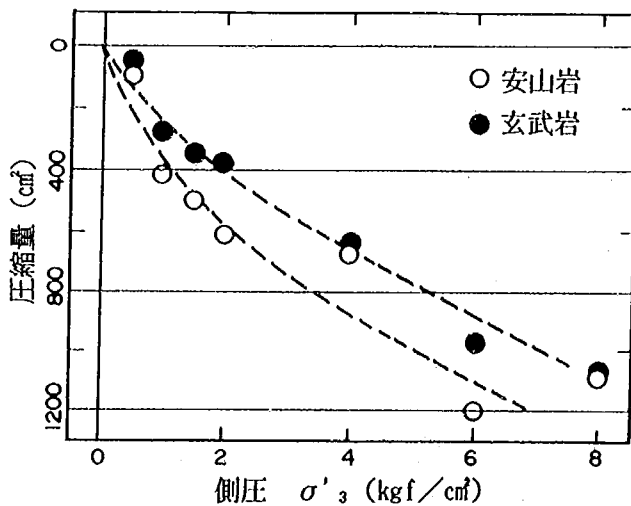


図-5.2 側圧と体積圧縮量

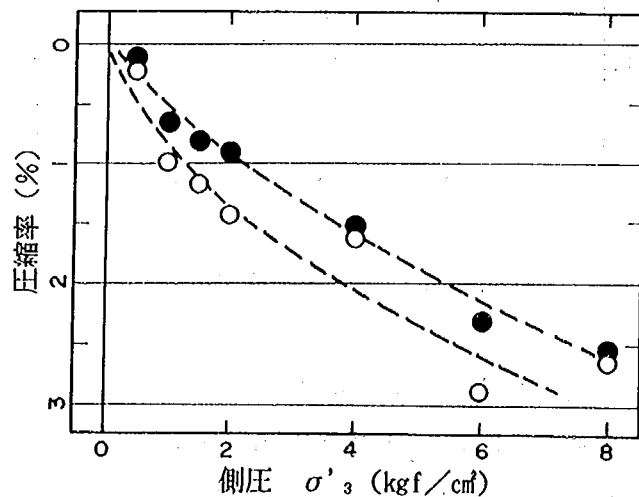


図-5.3 側圧と体積圧縮率

これを、間隙比として表したものを表-5.4, 図-5.4, 5.5に示す。圧密後の間隙比 (e_c) および初期間隙比に対する割合 (e_c / e_0) とも供試体体積変化量と同じ傾向を示す。側圧 6.0 kg f / cm^2 では、安山岩で初期間隙比の約 89% 、玄武岩では約 91% にまで減少しており、側圧が高い

場合には初期状態よりよく締まった状態でせん断が始まったことになる。

なお、ロック材料でもゴムスリーブの貫入による体積変化量の補正を考える必要があるが今回の試験では行っていない。

表- 5. 4 間隙比の変化量

側圧 σ'_3 (kg f / cm ²)	安 山 岩			玄 武 岩		
	初 期 間隙比 e_0	圧密後 間隙比 e_c	e_c / e_0	初 期 間隙比 e_0	圧密後 間隙比 e_c	e_c / e_0
0.5	0.357	0.354	0.992	0.363	0.362	0.997
1.0	0.360	0.346	0.961	0.362	0.353	0.975
1.5	0.358	0.342	0.955	0.360	0.349	0.969
2.0	0.360	0.341	0.947	0.362	0.349	0.964
4.0	0.358	0.337	0.941	0.359	0.338	0.942
6.0	0.358	0.320	0.894	0.362	0.331	0.914
8.0	0.358	0.323	0.902	0.360	0.325	0.903

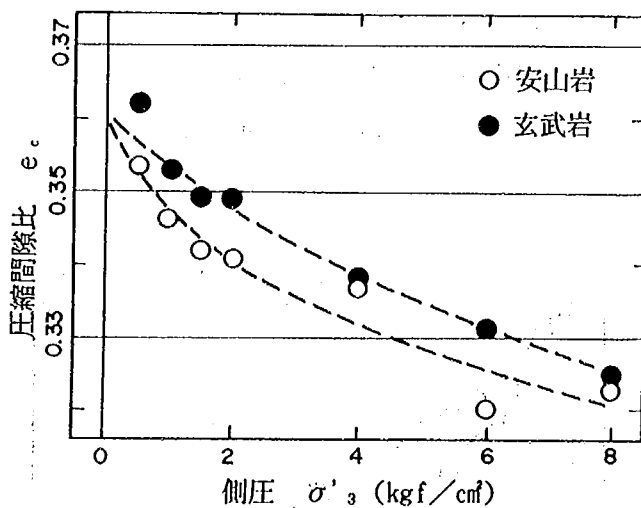


図- 5. 4 側圧と圧密後間隙比

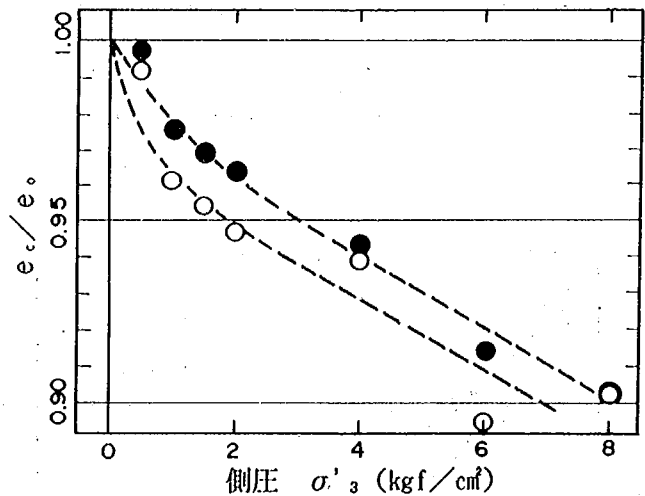


図- 5. 5 側圧と e_c / e_0

5. 3 応力・ひずみ曲線

軸ひずみ (ϵ_v) と軸差応力 ($\sigma'_1 - \sigma'_3$) および体積ひずみ (ϵ_v) の関係を、図- 5. 6 に示す。両岩種とも応力-ひずみ曲線に有意の差は認められない。また、軸差応力は最大値が明確にあらわれている。体積ひずみは、両岩種共に側圧が低いほど軸ひずみの小さな範囲で膨張側へ移行している。

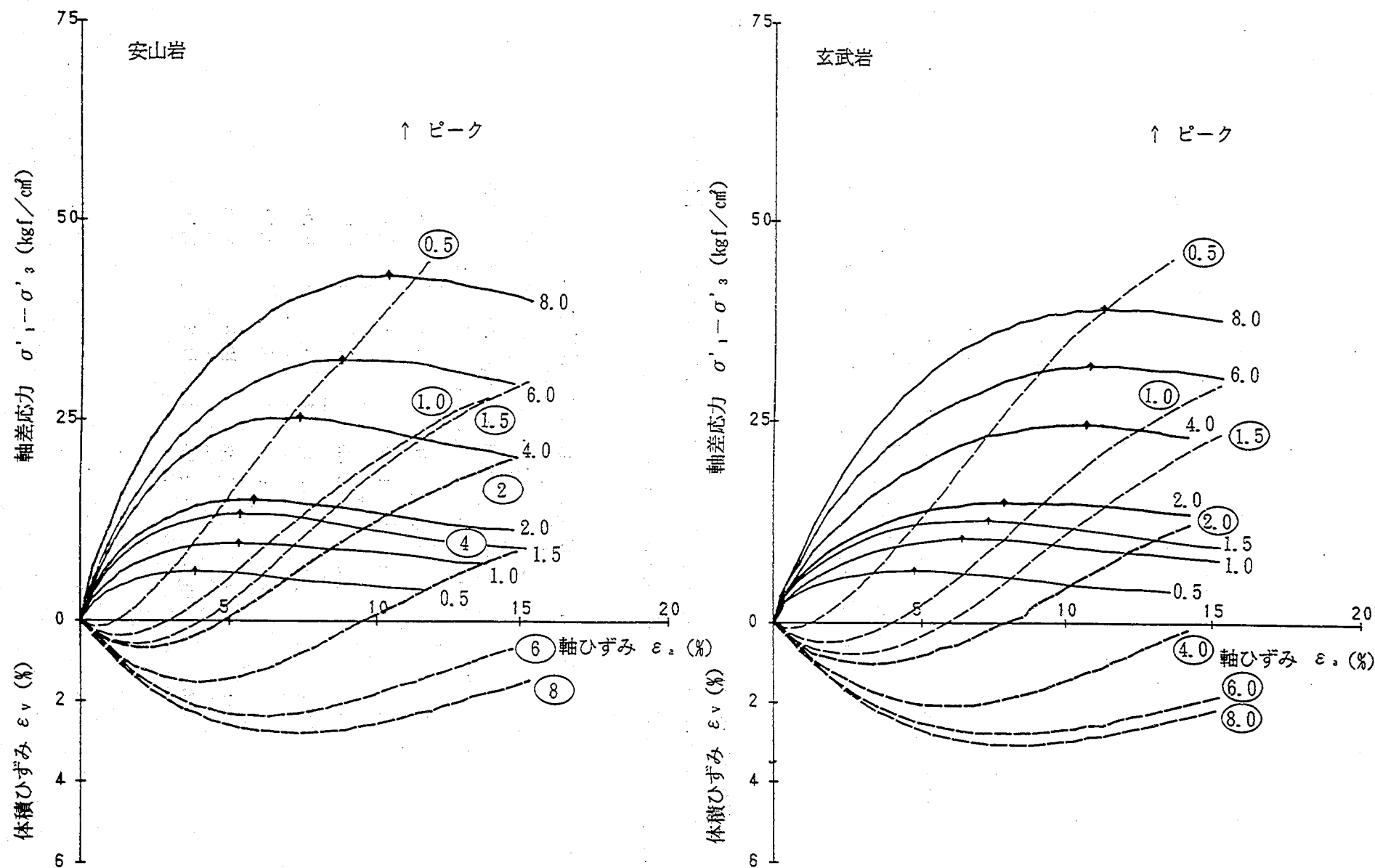


図-5.6 応力ひずみ曲線

5.4 破壊時の軸ひずみ・体積ひずみ

側圧と破壊時の軸ひずみ・体積ひずみの関係を表-5.5, 図-5.7 aに示す。ここで破壊時とは、軸差応力が最大値を示す時をいう。

破壊時の軸ひずみは側圧と相関が高く、側圧の増加に従い破壊時の軸ひずみは大きくなっていく傾向が認められる。安山岩と玄武岩を比較すると、全般的に安山岩の方が小さい値を示す傾向が認められる。これは、安山岩の方が、相対的に軸ひずみの小さなうちに、最大軸差応力が生じていることを示している。

側圧と破壊時軸ひずみの関係を対数上で表したものを図-5.7 bに示す。これより、側圧と破壊時軸ひずみはベキ乗関係にあることが認められ、次の実験式が求まる。

$$\text{安山岩} \quad \varepsilon_{\sigma f} = 4.892 \cdot \sigma_3^{0.328} \quad (r=0.987)$$

$$\text{玄武岩} \quad \varepsilon_{\sigma f} = 6.233 \cdot \sigma_3^{0.318} \quad (r=0.983)$$

一方、破壊時の体積ひずみは、側圧が高くなるにつれ膨張側より圧縮側へ推移していく傾向が認められる。0.5~1.5 kg f / cm²の側圧側の範囲で、安山岩と玄武岩の差は認められないが、側圧が2.0 kg f / cm²を超えると圧縮側へ推移するようになる。玄武岩の方が大きな圧縮側の体積ひずみの値を示す。

5.5 モールの破壊応力円

軸ひずみ～軸差応力曲線におけるピーク値から得られるモールの破壊応力円を図-5.8に示す。図中には、あとで示すモールの破壊包絡線を記載している。

表-5.5 破壊時の軸ひずみ・体積ひずみ

側 圧 σ_3 (kg f / cm ²)	安 山 岩		玄 武 岩	
	軸ひずみ $\varepsilon_{\sigma f}$ (%)	体積ひずみ $\varepsilon_{v f}$ (%)	軸ひずみ $\varepsilon_{\sigma f}$ (%)	体積ひずみ $\varepsilon_{v f}$ (%)
0.5	3.9	-1.97	4.7	-2.38
1.0	5.3	-1.28	6.4	-1.19
1.5	5.4	-0.69	7.3	-0.69
2.0	5.8	-0.48	7.8	0.00
4.0	7.4	0.82	10.7	1.24
6.0	8.7	2.06	10.8	2.53
8.0	10.3	2.50	11.2	2.80

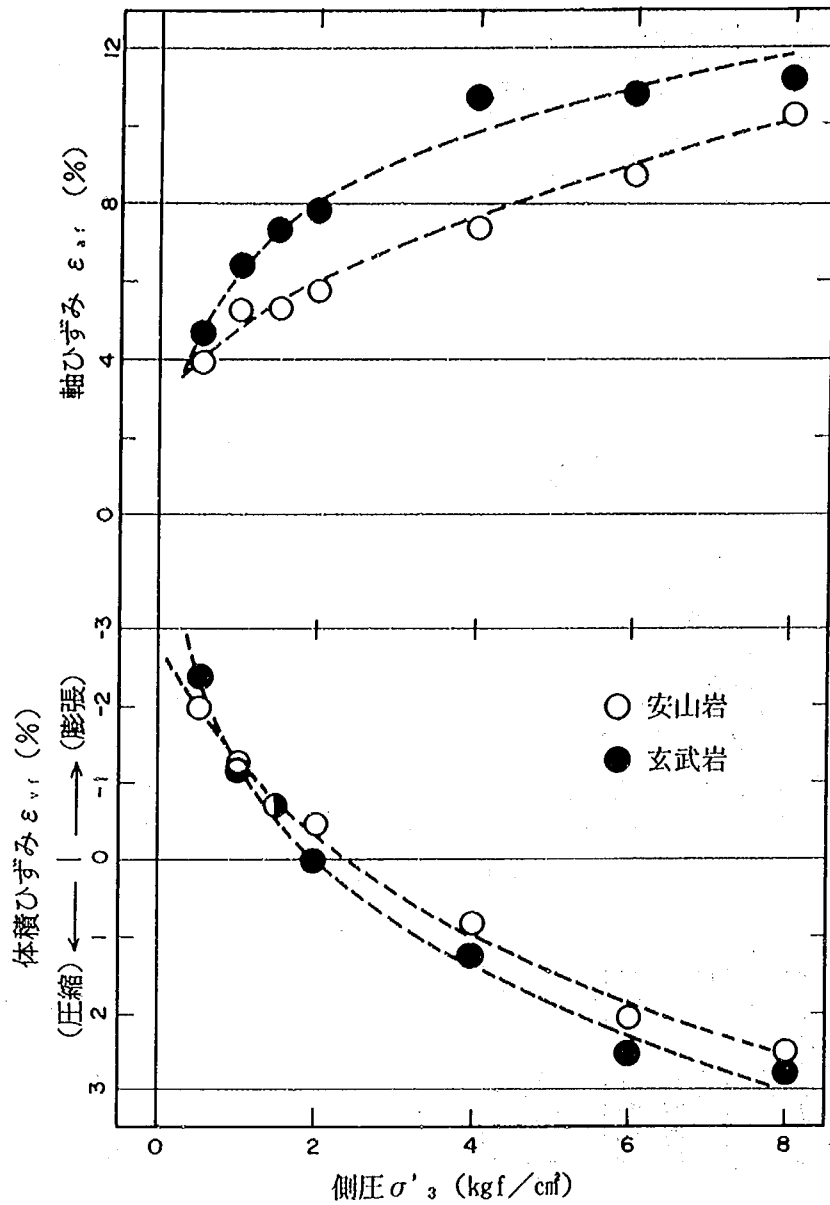


図-5.7 a 側圧と破壊時軸ひずみ・体積ひずみ

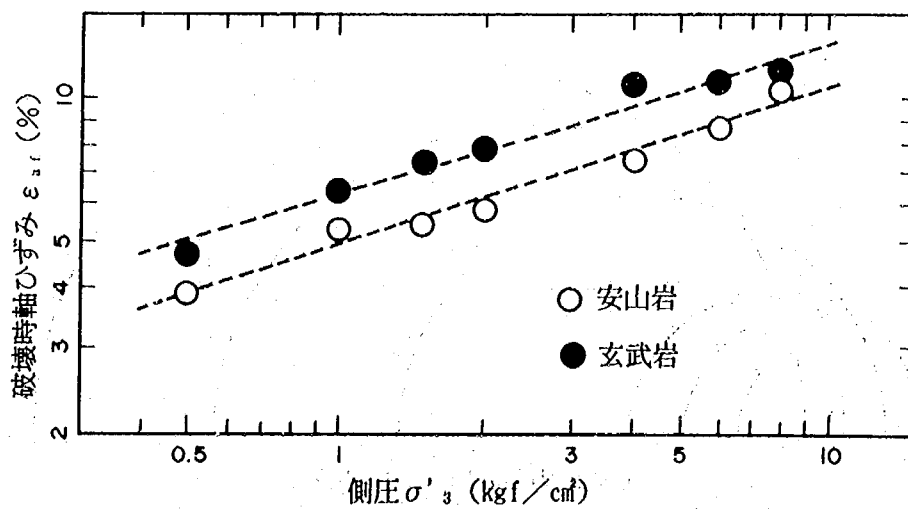
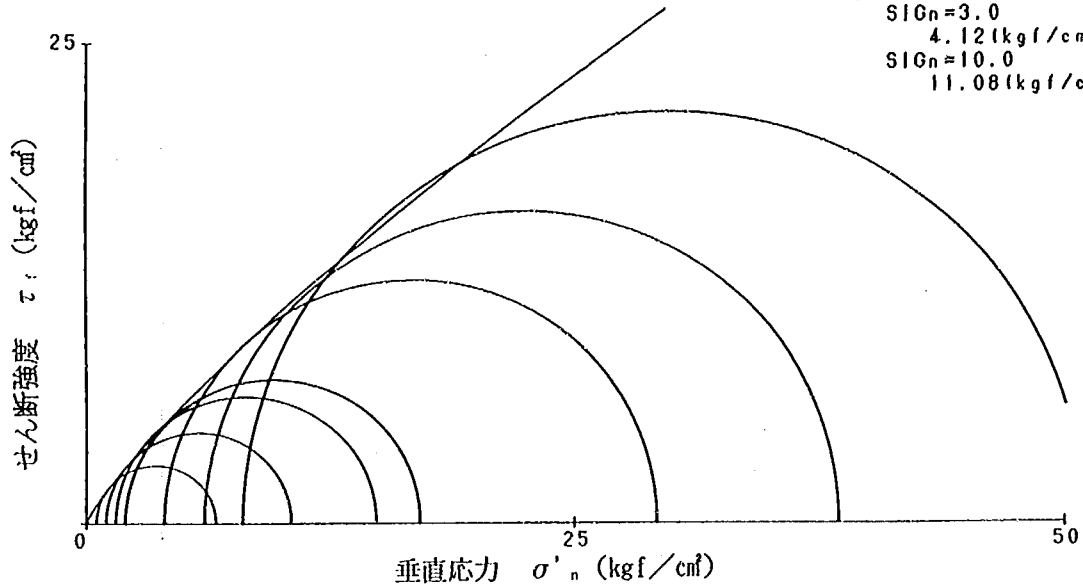


図-5.7 b 側圧と破壊時軸ひずみ

SIO 3	DEV. SIO	SIO 1
.5	6.14	6.64
1	9.54	10.54
1.5	13.27	14.77
2	15.01	17.01
4	25.29	29.29
6	32.44	38.44
8	42.8	50.8

安山岩



CASE- 1

n,m-method

A = 1.673

b = .82

n = 10.736

m = .727

r = .999

PHA10-method

a = 1.649

b = .823

IAUn=n*(SIGn)**m

SIGn=3.0

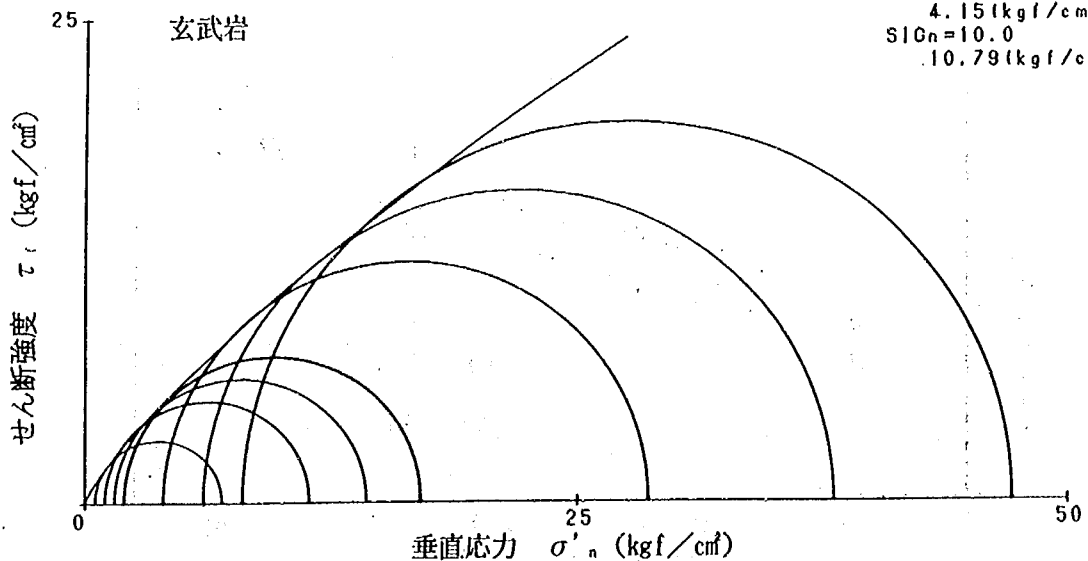
4.12(kgf/cm²)

SIGn=10.0

11.08(kgf/cm²)

SIO 3	DEV. SIO	SIO 1
.5	6.46	6.96
1	10.4	11.4
1.5	12.7	14.2
2	14.95	16.95
4	24.85	28.85
6	32.03	38.03
8	39.15	47.15

玄武岩



CASE- 1

n,m-method

A = 1.74

b = .792

n = 11.044

m = .687

r = .999

PHA10-method

a = 1.705

b = .796

IAUn=n*(SIGn)**m

SIGn=3.0

4.15(kgf/cm²)

SIGn=10.0

10.79(kgf/cm²)

図-5.8 モールの破壊応力円

5.6 最大軸応力

側圧と最大軸応力の関係を図-5.9に示す。この関係は、松本・渡辺が指摘¹⁾するようにベキ乗関係にあることが認められる。

$$\sigma'_{1f} = n_0 \cdot P_0 \cdot (\sigma'_3 / P_0)^m \quad \dots\dots\dots (5.2)$$

ここに、

σ'_{1f} : 最大軸応力 (kg f / cm²)

σ'_3 : 側圧 (kg f / cm²)

P_0 : 側圧と同じ単位で測定した大気圧 (kg f / cm²)

n_0, m : 実験より求まる無次元の定数

安山岩 $\sigma'_{1f} = 10.735 \cdot \sigma'_3{}^{0.727} \quad (r=0.999)$

玄武岩 $\sigma'_{1f} = 11.044 \cdot \sigma'_3{}^{0.687} \quad (r=0.999)$

である。1.0 kg f / cm²の低側圧の範囲までは、玄武岩の方が大きな最大軸応力を示すが、側圧が高くなるにつれ、安山岩の方が大きな最大軸応力を示すことが認められる。しかし、その差はわずかである。

定数 n_0, m は、既往例では、 n_0 は 5 ~ 13, m は 0.65 ~ 0.95 にある¹⁾といわれるが、今回の安山岩と玄武岩の値はその範囲にある。

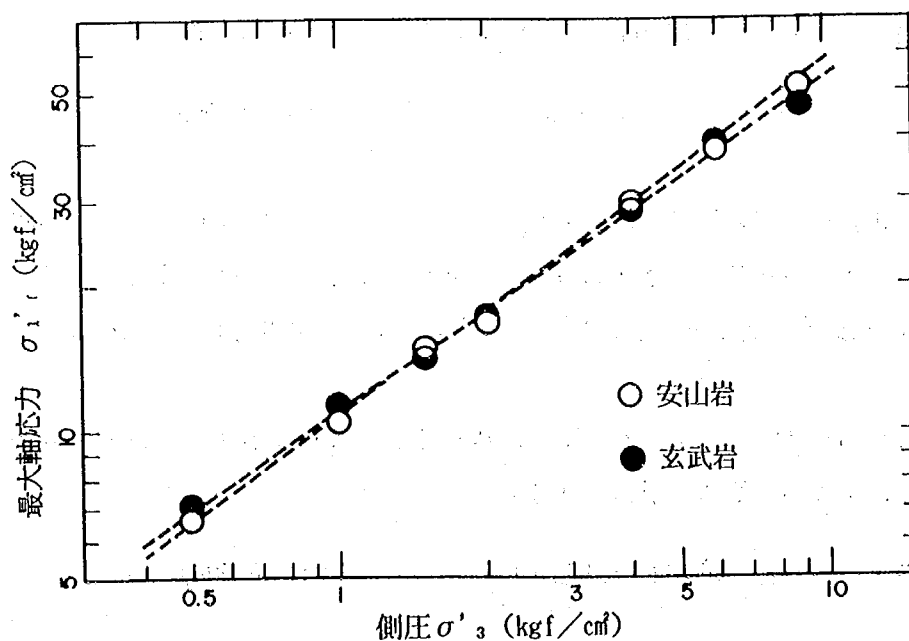


図-5.9 側圧と最大軸応力

5.7 内部摩擦角 (ϕ'_0)

図-5.10に示すように粘着力成分 (c') をゼロとして内部摩擦角 (ϕ'_0) を求める。その式を (5.3) 式に示す。

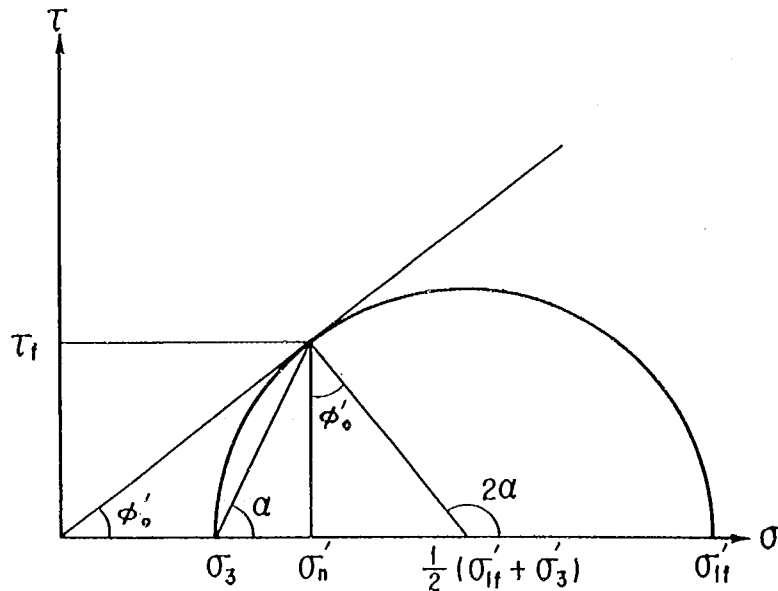


図-5.10 粘着力成分をゼロにした内部摩擦角

$$\phi'_0 = \sin^{-1} \left((\sigma'_{1f} - \sigma'_3) / (\sigma'_{1f} + \sigma'_3) \right) \dots\dots\dots (5.3)$$

表-5.6に粘着成分をゼロにした内部摩擦角の値を示す。 ϕ'_0 と σ'_3 の関係を図-5.11に示す。 ϕ'_0 と σ'_3 の関係は片対数上で直線関係にあり、下記の実験式が求まる。

安山岩 $\phi'_0 = 55.95 - 4.720 \cdot \log \sigma'_3$ ($r = 0.995$)

玄武岩 $\phi'_0 = 56.38 - 5.406 \cdot \log \sigma'_3$ ($r = 0.998$)

これより、 2.0 kg f / cm^2 より低い側圧の範囲においては、玄武岩の方が大きな ϕ'_0 を示し、 2.0 kg f / cm^2 を超えると、安山岩の方が大きな ϕ'_0 を示す。しかしその差はあまり大きくない。 $\sigma_3 = 1.0 \text{ kg f / cm}^2$ では玄武岩の方が安山岩に比べ1度大きく $\sigma'_3 = 8.0 \text{ kg f / cm}^2$ には逆に1度小さくなっている。

次に、 ϕ'_0 と垂直応力 (σ'_n) との関係について図-5.12に示す。これも片対数上において直線関係で表すことができ、次の実験式が求まる。

安山岩 $\phi'_0 = 58.88 - 4.855 \cdot \log \sigma'_n$ ($r = 0.994$)

玄武岩 $\phi'_0 = 59.75 - 5.580 \cdot \log \sigma'_n$ ($r = 0.998$)

これも側圧との関係と同様に、ある垂直応力値で安山岩と玄武岩の ϕ'_0 が逆転している。その σ'_v の値はほぼ 3.0 kg f / cm^2 である。

表-5.6 垂直応力と内部摩擦角 (ϕ'_0)

側 圧 σ'_3 (kg f / cm ²)	安 山 岩		玄 武 岩	
	直応力 σ'_v (kg f / cm ²)	内部摩擦角 ϕ'_0 (度)	直応力 σ'_v (kg f / cm ²)	内部摩擦角 ϕ'_0 (度)
0.5	0.93	59.32	0.93	60.01
1.0	1.83	55.77	1.84	57.00
1.5	2.72	54.65	2.71	54.00
2.0	3.58	52.15	3.58	52.09
4.0	7.04	49.41	7.02	49.03
6.0	10.38	46.89	10.37	46.68
8.0	13.83	46.75	13.68	45.23

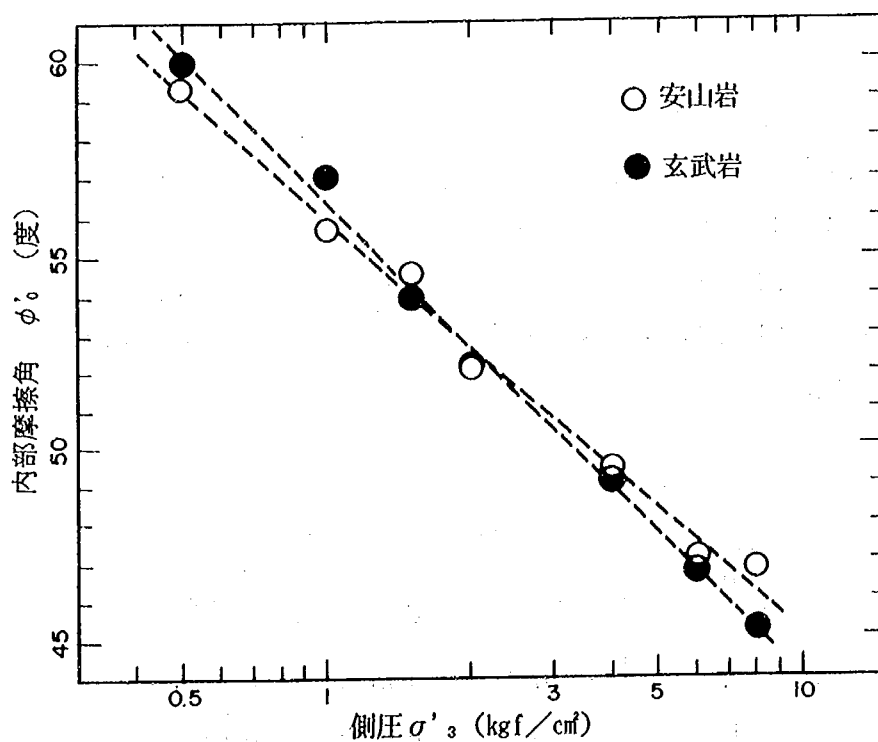


図-5.11 側圧と内部摩擦角 (ϕ'_0)

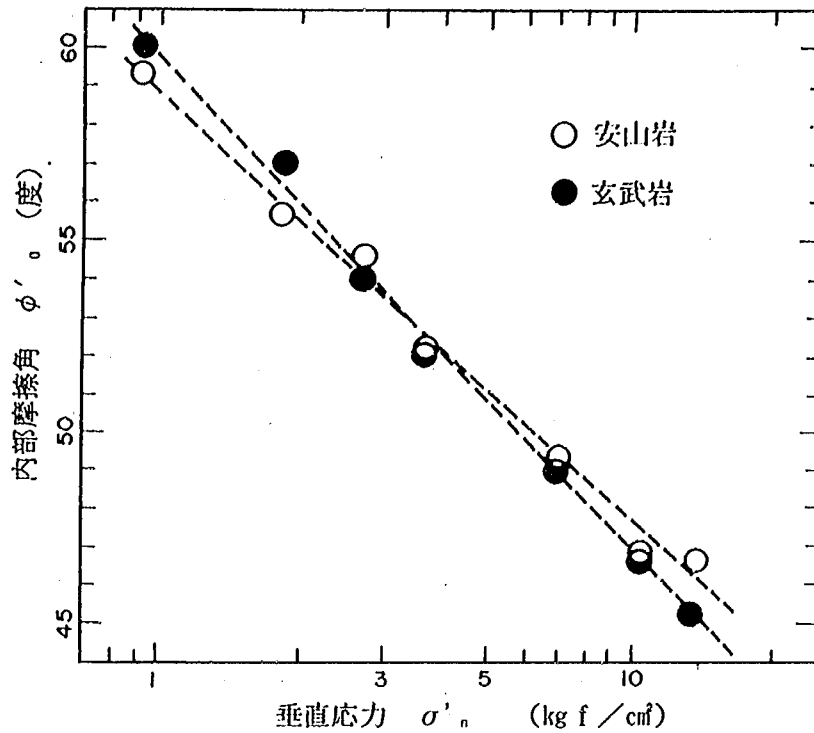


図-5.12 垂直応力と内部摩擦角 (ϕ')

5.8 ダイレイタンスー比

ここで述べるダイレイタンスー比とは、破壊時における軸ひずみ～体積ひずみ曲線の傾き ($d\varepsilon_v/d\varepsilon_p$) のことを表す⁵⁾。表-5.7に各側圧毎のダイレイタンスー比の大きさを示す。図-5.13に側圧とダイレイタンスー比の関係を示す。側圧が高くなるにつれダイレイタンスー比は小さくなっている。安山岩と玄武岩を比較すると安山岩の方が大きな値を示している。

つまり、せん断時には供試体の体積変化が伴うものであり、その体積変化が外的な仕事量とすると次の関係が得られる。

表-5.7 ダイレイタンスー比

側 圧 σ_3 (kg f/cm²)	ダイレイタンスー比 (%)		
	安山岩	玄武岩	安山岩 - 玄武岩
0.5	0.9711	0.8725	0.0986
1.0	0.6462	0.6040	0.0422
1.5	0.6103	0.5185	0.0918
2.0	0.4733	0.2741	0.1992
4.0	0.3183	0.2534	0.0649
6.0	0.1912	0.0844	0.1068
8.0	0.1761	0.1271	0.0490

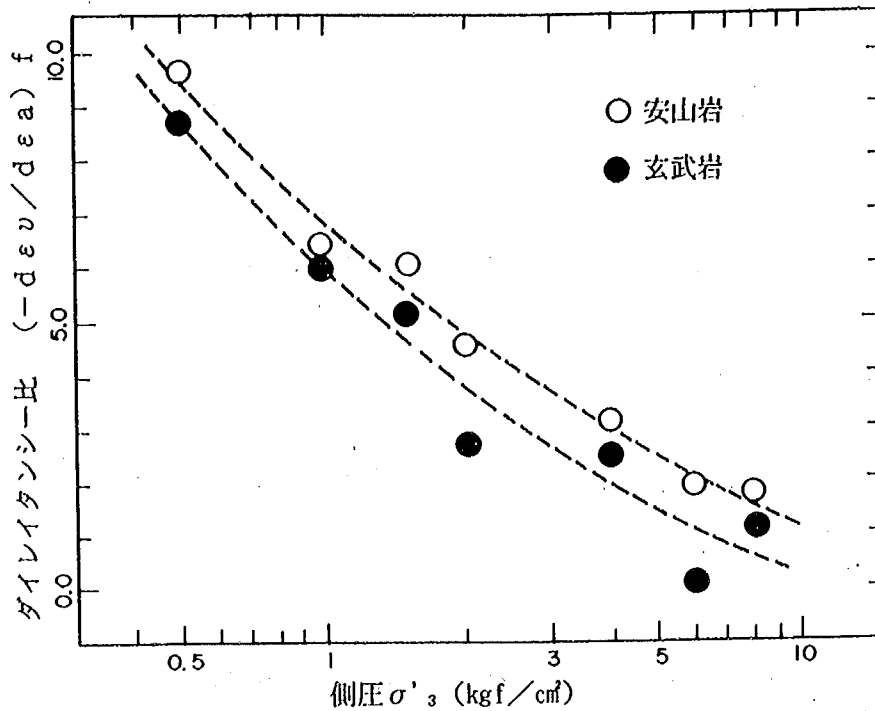


図-5.13 側圧とダイレイタンス比

$$(\sigma'_1 - \sigma'_3)_f = (\sigma'_1 - \sigma'_3)_{rf} + dw/d\epsilon_a \quad \dots\dots\dots (5.3)$$

ここに、

$(\sigma'_1 - \sigma'_3)_f$: 破壊時の軸差応力

$(\sigma'_1 - \sigma'_3)_{rf}$: 真の破壊時軸差応力

$dw/d\epsilon_a$: 体積変化の項

体積変化の項 $dw/d\epsilon_a$ は、定側圧三軸試験の場合

$$dw/d\epsilon_a = \sigma_3 \cdot d\epsilon_v/d\epsilon_a \quad \dots\dots\dots (5.4)$$

と表すことができ、(4.3)式は次のような式となる。

$$(\sigma'_1 - \sigma'_3)_f = (\sigma'_1 - \sigma'_3)_{rf} + \sigma'_3 \cdot d\epsilon_v/d\epsilon_a \quad \dots\dots\dots (5.5)$$

(5.5)式より、体積変化による補正(ダイレイタンス補正)を行った軸差応力は、次式で求められる。

$$(\sigma'_1 - \sigma'_3)_{rf} = (\sigma'_1 - \sigma'_3)_f - \sigma'_3 \cdot d\epsilon_v/d\epsilon_a \quad \dots\dots\dots (5.6)$$

また、最大軸応力で表せば下式となる。

$$\sigma'_{1rf} = \sigma'_{1f} - \sigma'_3 \cdot d\epsilon_v/d\epsilon_a \quad \dots\dots\dots (5.7)$$

これより、ダイレイタンス補正を行った内部摩擦角 (ϕ'_{0r}) は、次式で表される。

$$\phi'_{0r} = \sin^{-1} \frac{\sigma'_{1r} - \sigma'_3}{\sigma'_{1r} + \sigma'_3} \quad \dots\dots\dots (5.8)$$

ここに、

ϕ'_{0r} : ダイレイタンス補正を行った内部摩擦角 (度)
 σ'_{1r} : " 最大軸応力 (kg f / cm²)
 σ'_3 : 側圧 (kg f / cm²)

(5.8) 式より求まる ϕ'_{0r} と、 ϕ'_0 との差 (補正值) について表-5.8に示す。ダイレイタンスによる補正值は、安山岩で $-1.12^\circ \sim -0.55^\circ$ であり、玄武岩で $-0.94^\circ \sim -0.27^\circ$ の範囲にある。

表-5.8 ダイレイタンス補正した内部摩擦角

側圧 σ'_3 (kg f / cm ²)	補正した内部摩擦角 ϕ'_{0r} (度)			
	安山岩	補正值	玄武岩	補正值
0.5	58.20	-1.12	59.07	-0.94
1.0	54.74	-1.03	56.15	-0.85
1.5	53.57	-1.08	53.04	-0.96
2.0	51.14	-1.01	51.51	-0.58
4.0	48.57	-0.84	48.35	-0.68
6.0	46.29	-0.60	46.41	-0.27
8.0	46.20	-0.55	44.79	-0.44

また、ダイレイタンス補正後の内部摩擦角 (ϕ'_{0r}) と側圧の関係は、図-5.14に示すとおり対数関係にあり、次の実験式が求まる。

安山岩

$$\phi'_{0r} = 54.89 - 4.504 \cdot \log \sigma'_3 \quad (r = 0.994)$$

玄武岩

$$\phi'_{0r} = 55.52 - 5.183 \cdot \log \sigma'_3 \quad (r = 0.998)$$

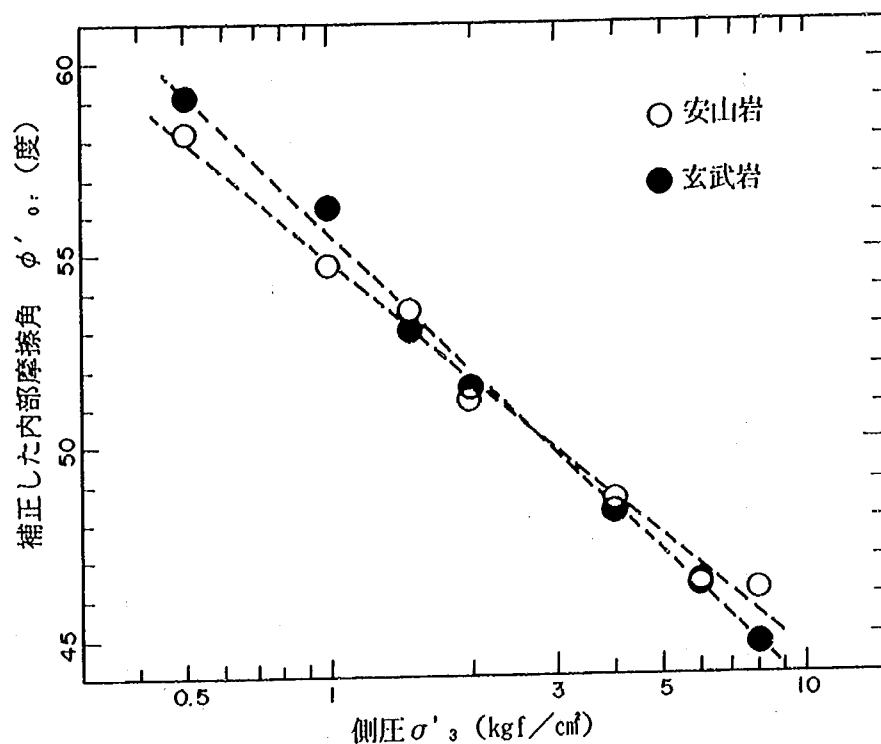


図-5.14 側圧とダイレイタンスー補正した内部摩擦角 (ϕ'_0)

5.9 破砕率

せん断試験による破砕率を表-5.9に示す。なお破砕率は、側圧0.5kg f /cm²におけるせん断試験後の破砕率を基準にして表現したものである。

せん断時の破砕率は、玄武岩の方がやや大きな値を示した。これは、締固め試験において求められた傾向と同じである (図-5.15)。

表-5.9 Marsal の破砕率

側圧 σ'_3 (kg f /cm ²)	Marsal の破砕率 B_M (%)		
	安山岩	玄武岩	安山岩 - 玄武岩
0.5	0	0	—
1.0	0.2	1.2	-1.0
1.5	0	1.4	-1.4
2.0	1.8	1.9	-0.1
4.0	3.3	4.1	-0.8
6.0	3.3	4.5	-1.2
8.0	4.1	4.0	0.1

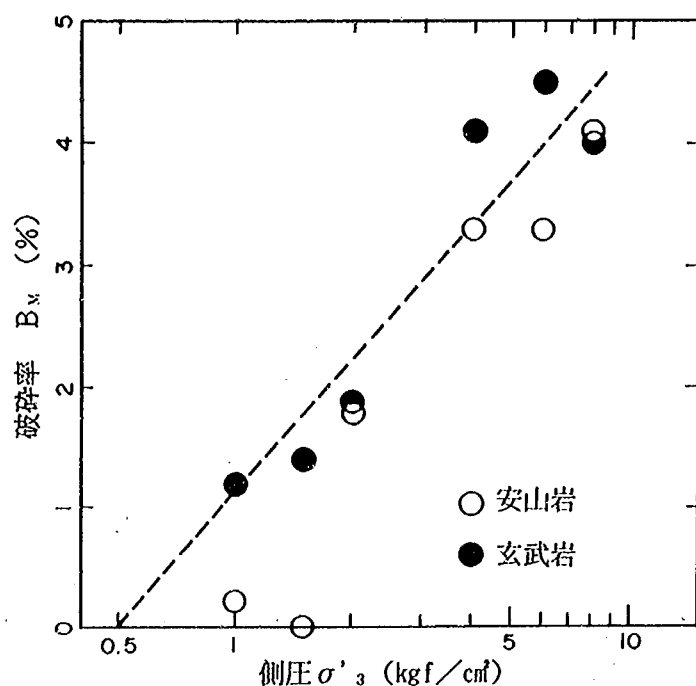


図-5.15 側圧と破砕率

5.10 垂直応力とせん断強度

垂直応力(σ'_n)とせん断強度(τ_f)の関係を求める方法は、粘着力をゼロとして求めた内部摩擦角 ϕ_0 より求める方法(クーロンの破壊線)と、モールの応力円の包絡線の接線勾配より求める方法の2つの方法がある。

ここでは、後者のモールの応力円の包絡線の接線勾配より、 σ'_n と τ_f の関係について考察を加えた。

まず、この方法で基本となる関係が、 σ'_3 と σ'_{1f} がベキ乗関係にあることで、次の関係式が成り立つことを前提としている。

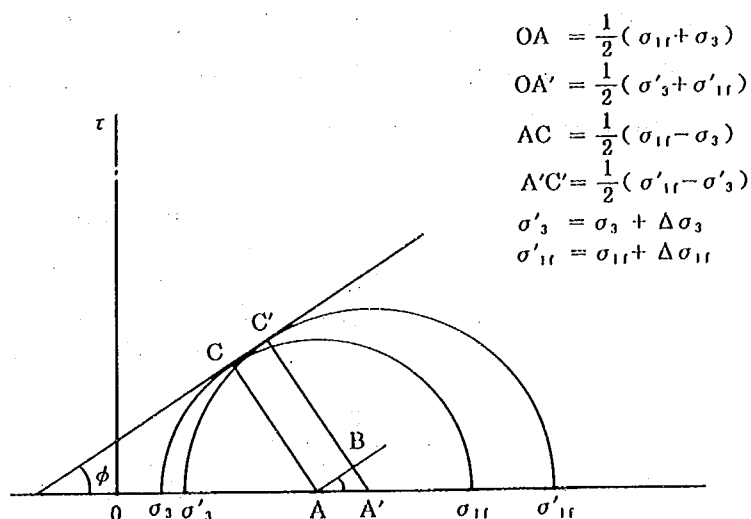


図-5.16 2個のモールの応力円に共通する接線

$$\sigma'_{1f} = n_0 \cdot p_0 \cdot (\sigma'_3 / p_0)^m$$

側圧 σ_3 とそれよりわずかに $\Delta\sigma_3$ だけ高い側圧 $\sigma_3 + \Delta\sigma_3$ の2個のモールの応力円に接する接線の関係を図-5.16^{b)}に示す。この接線の傾きを $\phi(\sigma_3)$ とすると、

$$\sin \phi (\sigma'_3) = \frac{n_0 \cdot m \cdot (\sigma'_3 / Pa)^{m-1} - 1}{n_0 \cdot m \cdot (\sigma'_3 / Pa)^{m-1} + 1} \quad \dots\dots\dots (5.9)$$

(5.9) 式を用いて σ_n と τ_f を求めると

$$\sigma_n = \frac{\sigma'_{11} + \sigma'_3}{2} - \frac{\sigma'_{11} - \sigma'_3}{2} \cdot \sin \phi (\sigma_3) \quad \dots\dots\dots (5.10)$$

$$\tau_f = \frac{\sigma'_{11} - \sigma'_3}{2} \cdot \cos \phi (\sigma_3) \quad \dots\dots\dots (5.14)$$

上記の手法を用いて求めた σ'_n , τ_f の関係を表-5.10, 図-5.17に示す。せん断強度 τ_f は、垂直応力 σ'_n が大きくなるにつれ、その増分は減少していくことがわかる。図-5.17(a)では直線関係にあり、 τ_f と σ'_n はベキ乗関係にあることを示し、次の実験式で表される¹⁾。

$$\tau_f = A \cdot \sigma_n'^b \quad \dots\dots\dots (4.12)$$

ここに、

τ_f : せん断強度 (kg f / cm²)

σ'_n : 有効垂直応力 (kg f / cm²)

A, b : 実験より求まる無次元の定数

安山岩 $\tau_f = 1.674 \cdot \sigma_n'^{0.821}$

玄武岩 $\tau_f = 1.740 \cdot \sigma_n'^{0.793}$

の実験式が求まる。

σ'_n が 3 kg f / cm² より低い範囲では、玄武岩の方が大きな τ_f を示すが、その差は小さい。 σ'_n が 3 kg f / cm² を超えると安山岩の方が大きな値を示し、 σ'_n が大きくなるにつれ、玄武岩との差はわずかであるが開いていく。

表-5.10 Ab法における垂直応力とせん断強度

側 圧 σ'_3 (kg f / cm ²)	安 山 岩		玄 武 岩	
	垂直応力 (kg f / cm ²)	せん断強度 (kg f / cm ²)	垂直応力 (kg f / cm ²)	せん断強度 (kg f / cm ²)
0.5	1.074	1.762	1.110	1.872
1.0	2.106	3.089	2.169	3.221
1.5	3.117	4.274	3.203	4.405
2.0	4.114	5.373	4.219	5.487
4.0	8.005	9.259	8.161	9.232
6.0	11.789	12.665	11.968	12.429
8.0	15.500	15.776	15.681	15.293

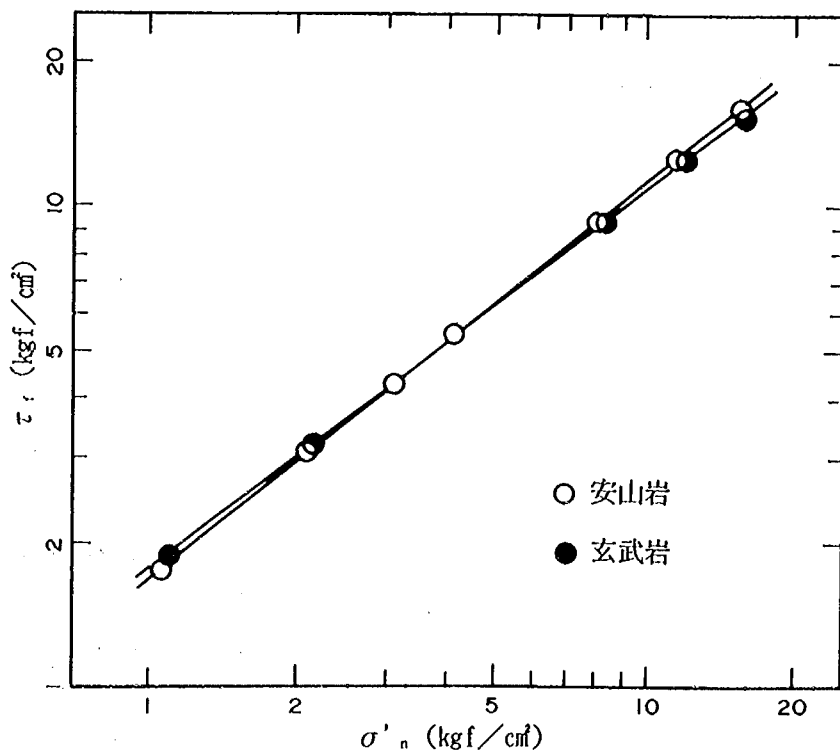


図-5.17 a 垂直応力とせん断強度

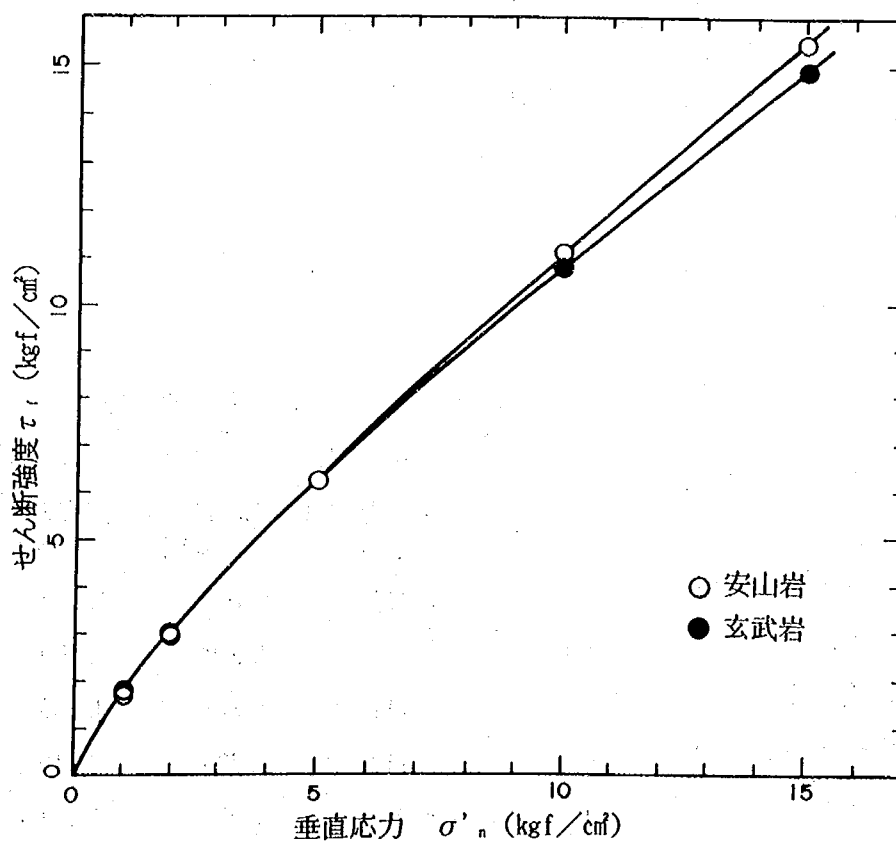


図-5.17 b 垂直応力とせん断強度

5.11 p・q値

p・q値とは、(5.13)式より求まる値である。この関係はおおむね直線関係にあり、(5.14)式に示す回帰式を求めて、内部摩擦角(ϕ')および見かけの粘着力成分(c')を求めるものである。

$$p = (\sigma'_{1f} + \sigma'_3) / 2, \quad q = (\sigma'_{1f} - \sigma'_3) / 2 \quad \cdots \cdots (5.13)$$

$$q = a + b \cdot p \quad \cdots \cdots (5.14)$$

$$\phi' = \sin^{-1} \cdot \tan b, \quad c' = a / \cos \phi \quad \cdots \cdots (5.15)$$

ここに、

ϕ' : 内部摩擦角 (度)

c' : 見掛けの粘着力 ($\text{kg f} / \text{cm}^2$)

b : p・q直線式の傾き

a : p・q直線式の切片

p・q値の関係について表-5.11および図-5.18に示す。p・q関係式を次に示す。

$$\text{安山岩} \quad q = 0.752 + 0.703 \cdot p \quad (r = 0.9998)$$

$$\text{玄武岩} \quad q = 0.935 + 0.683 \cdot p \quad (r = 0.9996)$$

この式より求まる、側圧0.5~8.0 $\text{kg f} / \text{cm}^2$ の範囲における c' および ϕ' は次のとおりとなる。

$$\text{安山岩} \quad c' = 1.06 \text{ kg f} / \text{cm}^2, \quad \phi' = 44.70^\circ$$

$$\text{玄武岩} \quad c' = 1.28 \text{ kg f} / \text{cm}^2, \quad \phi' = 43.08^\circ$$

表-5.11 p・q値

側 圧 σ'_3 ($\text{kg f} / \text{cm}^2$)	安 山 岩		玄 武 岩	
	p ($\text{kg f} / \text{cm}^2$)	q ($\text{kg f} / \text{cm}^2$)	p ($\text{kg f} / \text{cm}^2$)	q ($\text{kg f} / \text{cm}^2$)
0.5	3.573	3.073	3.7335	3.2335
1.0	5.773	4.773	6.2000	5.2000
1.5	8.1355	6.6355	7.852	6.352
2.0	9.508	7.508	9.4795	7.4795
4.0	16.6245	12.6245	16.3275	12.3275
6.0	22.2225	16.2225	22.019	16.019
8.0	29.453	21.453	27.5775	19.5775

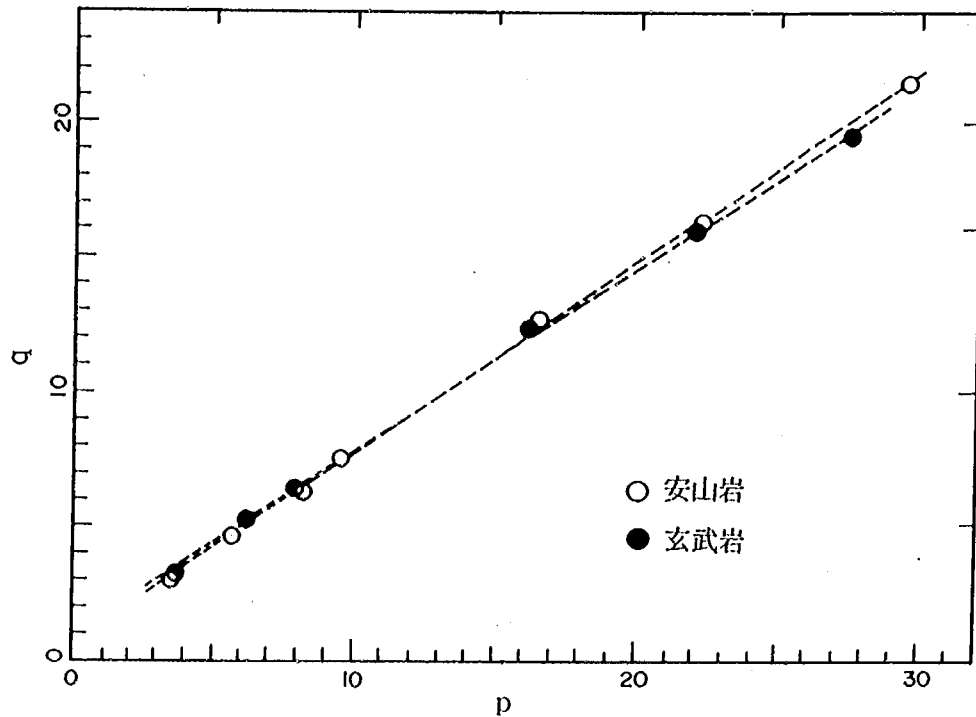


図-5.18 p・q図

これより、内部摩擦角は安山岩の方が1.62度大きな値を示すことがわかる。

以上は、 $0.5 \sim 8.0 \text{ kg f/cm}^2$ の全側圧範囲より求めたものであるが、側圧範囲によって、 c' および ϕ' は異なる値を示すものであるから、側圧範囲を変えて、 c' 、 ϕ' を求めたものを表-5.12に示す。

側圧が低いほど ϕ' は大きくなり c' は小さくなる傾向が認められ、安山岩と玄武岩の ϕ' を比較すると、低側圧区間 ($0.5 \sim 2.0 \text{ kg f/cm}^2$) で約1.6度、 $2 \sim 8 \text{ kg f/cm}^2$ で約2.2度、安山岩が大きな値を示す。

表-5.12 各拘束圧範囲における ϕ' と C' の値

側 圧 σ'_3 (kg f/cm^2)	安 山 岩		玄 武 岩	
	ϕ' (度)	C' (kg f/cm^2)	ϕ' (度)	C' (kg f/cm^2)
0.5~2.0	49.03	0.62	47.48	0.80
2.0~8.0	44.03	1.30	41.84	1.70
0.5~8.0	44.70	1.06	43.08	1.28

6. 変形特性

6.1 変形係数 (E_{50}) および初期接線係数 (E_i)

前項でのべた三軸試験から得られる応力ひずみ関係から変形係数 (E_{50}) および初期接線変形係数 (E_i) を求める。

6.1.1 変形係数 (E_{50})

変形係数 (E_{50}) は図-6.1 に示すように最大軸差応力の $1/2$ の大きさをその時に生じる軸ひずみで除したものである。

変形係数 (E_{50}) と側圧の関係について表-6.1, 図-6.2 に示す。 E_{50} と σ'_3 の関係は両対数上ではほぼ直線関係が得られ、次の実験式が求まる。

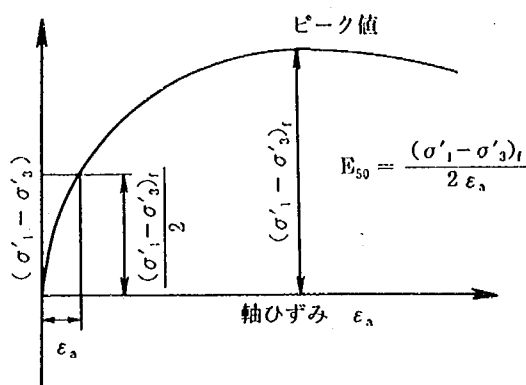


図-6.1 変形係数 E_{50} の求め方

表-6.1 変形係数 E_{50}

側 圧 σ'_3 (kg f / cm ²)	変形係数 E_{50} (kg f / cm ²)		
	安山岩	玄武岩	安山岩 - 玄武岩
0.5	439	231	208
1.0	477	400	77
1.5	632	508	124
2.0	683	527	156
4.0	789	529	260
6.0	811	620	191
8.0	975	773	202

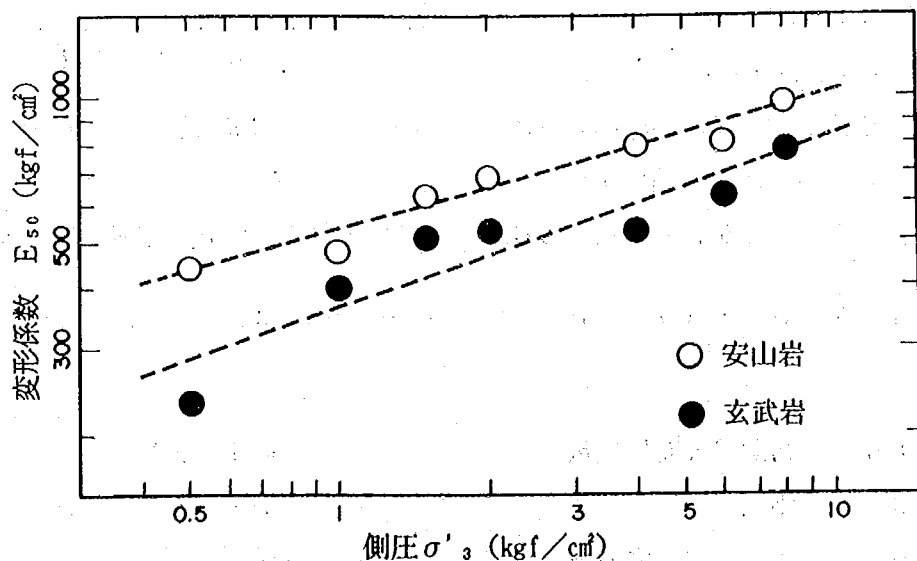


図-6.2 側圧と変形係数 (E_{50})

$$\text{安山岩} \quad E_{50} = 528 \cdot \sigma_3'^{0.282} \quad (r=0.975)$$

$$\text{玄武岩} \quad E_{50} = 364 \cdot \sigma_3'^{0.354} \quad (r=0.924)$$

安山岩の E_{50} が、玄武岩に比べ多少大きな値を示す傾向が認められる。

6.1.2 初期接線変形係数 (E_i)

Kondner⁷⁾ は、軸差応力と軸ひずみの関係を図-6.3に示すように双曲線近似として(6.1)式を提案している。

$$\sigma'_1 - \sigma'_3 = \varepsilon_a / (a + b \cdot \varepsilon_a) \quad \dots\dots\dots (6.1)$$

$$a = 1 / E_i$$

$$b = R_f / (\sigma'_{1f} - \sigma'_3)$$

ここに、

$\sigma'_1 - \sigma'_3$: 軸差応力 (kg f / cm²)

$\sigma'_{1f} - \sigma'_3$: 破壊時の軸差応力 (kg f / cm²)

ε_a : 軸ひずみ (%)

E_i : 初期接線変形係数 (kg f / cm²)

R_f : 破壊比

今回の試験における ε_a と $\varepsilon_a / (\sigma'_{1f} - \sigma'_3)$ の関係を図-6.4に示す。各側圧とも破壊時の軸ひずみを示す付近までは直線関係にあることが認められる。軸ひずみが1~3%の範囲における E_i を(6.1)式より求め表-6.2、

図-6.5に示す。側圧が高くなるにつ

れて E_i はやや増加する傾向が認められる。

両対数上で σ'_3 と E_i は直線関係すなわ

ちべき乗関係であることが認められ、Kulhawyら¹⁰⁾は(6.2)式で表せることを報告している。

$$E_i = k \cdot p_a \cdot (\sigma'_3 / p_a)^n \quad \dots\dots\dots (6.2)$$

ここに、

E_i : 初期接線変形係数 (kg f / cm²)

σ'_3 : 側圧 (kg f / cm²)

p_a : σ_3 と同じ応力単位で表した大気圧 (kg f / cm²)

k, n : 実験より求まる無次元の定数

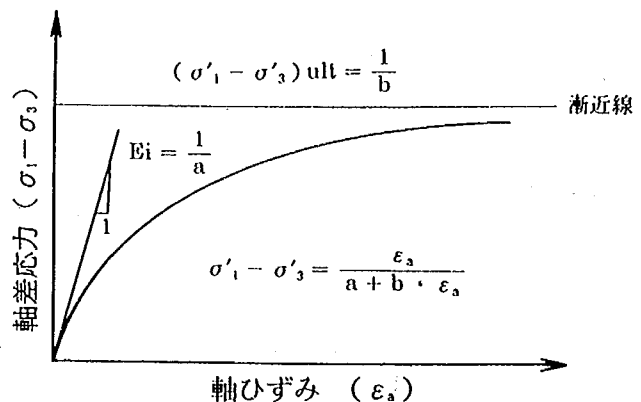


図-6.3 初期接線変形係数(E_i)の求め方

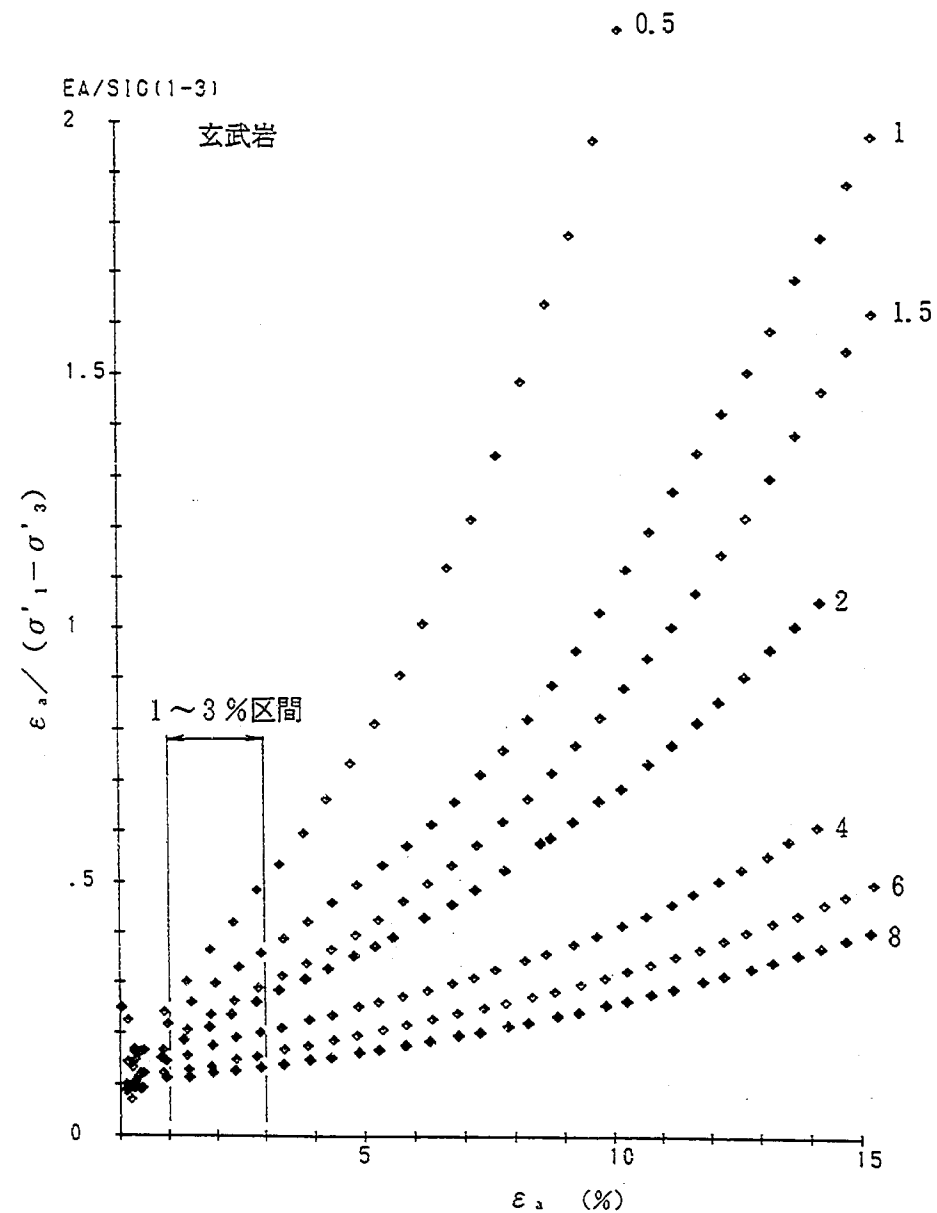
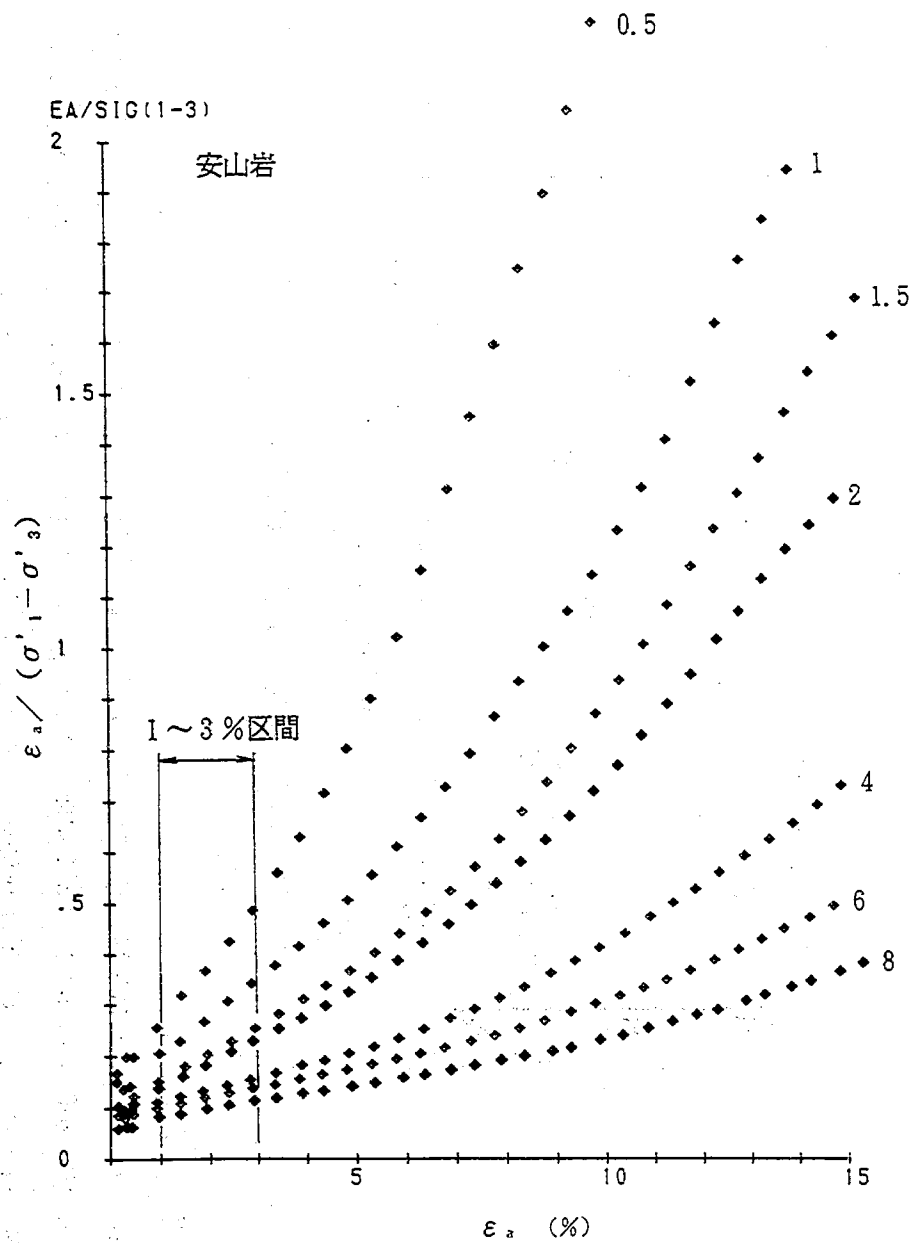


図-6.4 ϵ_a と $(\epsilon_a / (\sigma'_1 - \sigma'_3))$ の関係

安山岩 $E_i = 801 \cdot \sigma_3'^{0.281}$ ($r = 0.952$)

玄武岩 $E_i = 776 \cdot \sigma_3'^{0.138}$ ($r = 0.774$)

上記の実験式が求まる。両岩種ともに、ほぼ同様な値を示す。ただし、高側圧になるにつれ、安山岩の初期接線変形係数が多少大きくなる傾向が認められる。

表-6.2 初期接線変形係数のRf

側 圧 σ_3' (kg f / cm ²)	初期接線係数 E_i (kg f / cm ²)			
	安 山 岩		玄 武 岩	
	E_i	R f	E_i	R f
0.5	635	0.70	786	0.81
1.0	737	0.68	669	0.76
1.5	1012	0.71	808	0.74
2.0	1087	0.72	924	0.84
4.0	1100	0.54	806	0.67
6.0	1220	0.65	1123	0.80
8.0	1510	0.71	1043	0.49

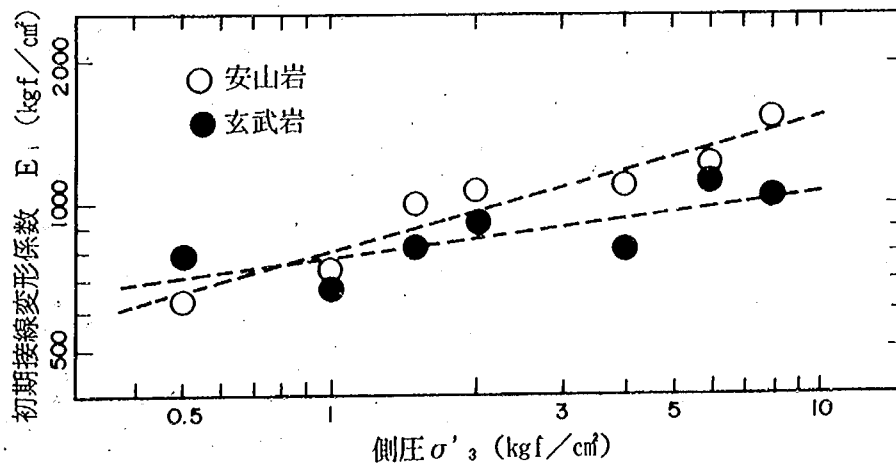


図-6.5 側圧と初期接線変形係数

6.2 ポアソン比

ポアソン比 (ν) は半径方向のひずみ (ϵ_r) と軸ひずみ (ϵ_a) の比 (ϵ_r / ϵ_a) で表され、半径ひずみが0.5~1.5%における初期ポアソン比 (ν_i) と破壊時のポアソン比 (ν_f) について検討を行った。ここで、半径方向のひずみ (ϵ_r) は(6.3)式で表される。

ポアソン比についても初期接線変形係数と同様な方法で、図-6.6, 6.7に示すとおり表すことができ、(6.4)式の関係があることをKulhawyら⁸⁾が報告している。

$$\varepsilon_r = 1/2 \cdot (\varepsilon_v - \varepsilon_a) \quad \dots\dots\dots (6.3)$$

$$\nu = F + D \cdot \varepsilon_r \quad \dots\dots\dots (6.4)$$

ここに、

ε_r : 半径方向のひずみ

ε_v : 体積ひずみ

ε_a : 軸ひずみ

ν : ポアソン比 ($\varepsilon_r / \varepsilon_a$)

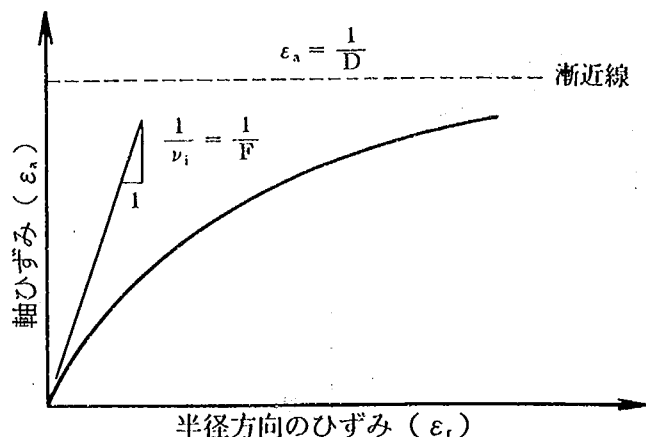


図-6.6 ε_r と ε_a の関係

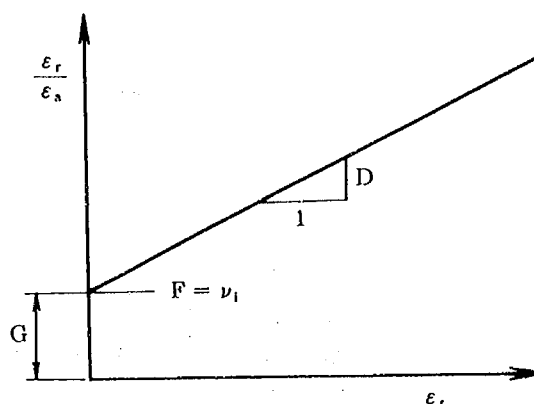


図-6.7 $\varepsilon_r - \varepsilon_r / \varepsilon_a$ の関係

今回の試験における ε_r と ν の関係を図-6.8に示す。半径方向のひずみが大きくなるにつれて、ポアソン比の変化量は小さくなる傾向にある。ただし、明瞭な直線関係は認められなかった。

(6.5)式より半径方向のひずみが0.5~1.5%の範囲において、初期ポアソン比を求め表-6.3, 図-6.9に示す。初期ポアソン比は、側圧が高くなるにつれ減少していく傾向が認められる。側圧と初期ポアソン比の関係についてKulhawyら⁸⁾が(6.5)式で表せることを報告している。

$$\nu_i = G - F \cdot \log (\sigma'_3 / p_a) \quad \dots\dots\dots (6.5)$$

ここに、

ν_i : 初期ポアソン比

σ'_3 : 側圧 (kg f / cm²)

G, F : 実験より求まる無次元の定数

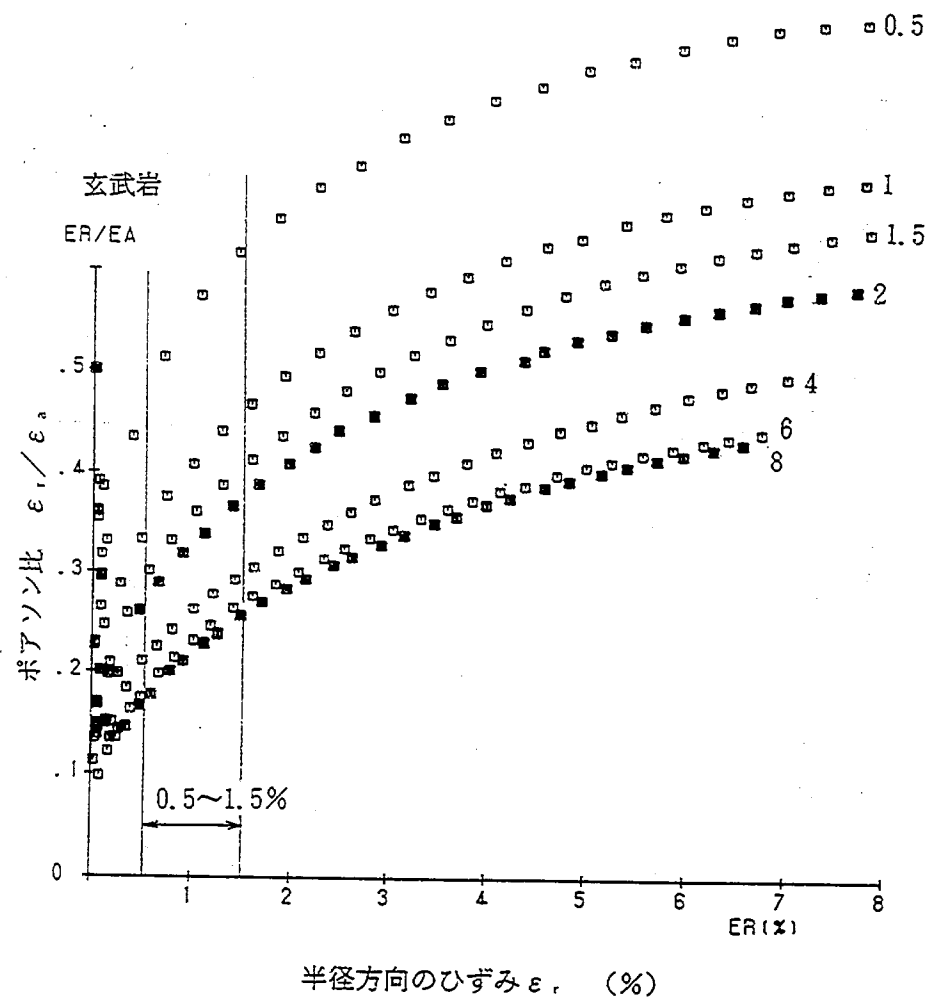
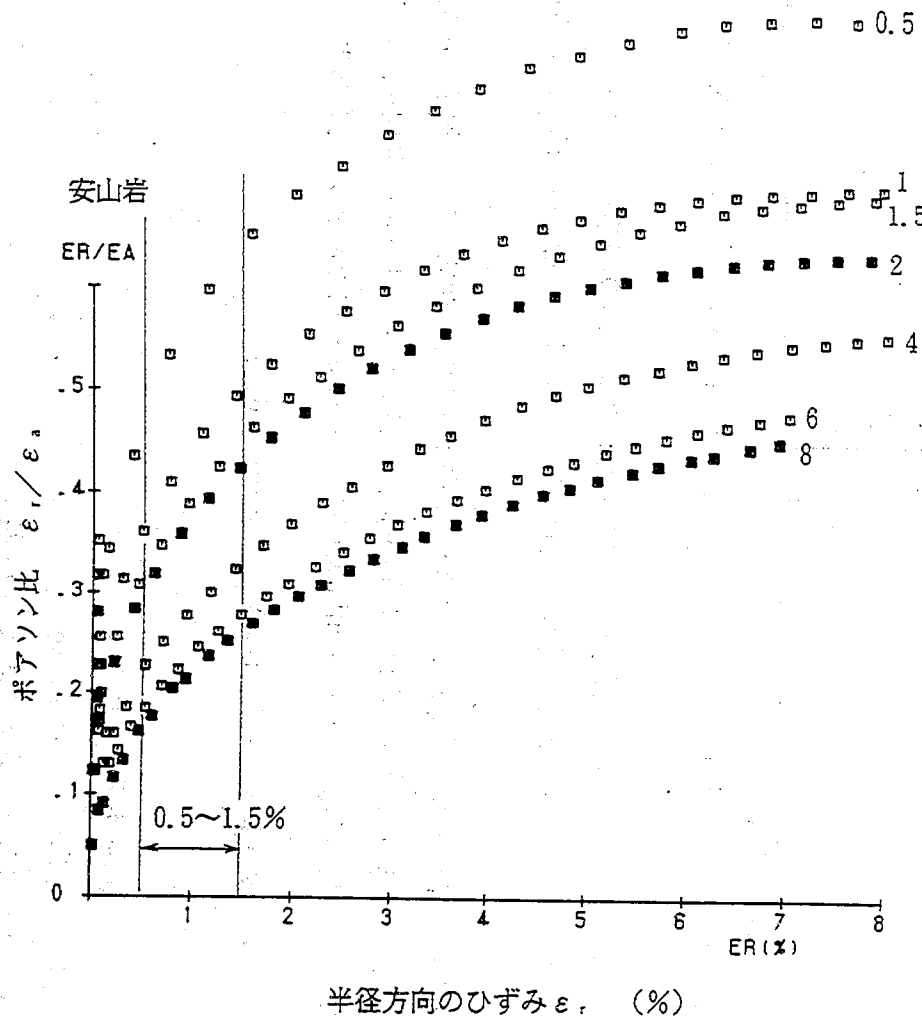


図-6.8 半径方向のひずみとポアソン比

安山岩 $\nu_i = 0.293 - 0.086 \cdot \log \sigma'_3$

玄武岩 $\nu_i = 0.301 - 0.096 \cdot \log \sigma'_3$

上記の実験式が求まる。

また、図-6.10に側圧と傾き(D)の関係を示す。傾きDの値は一定ではなく側圧が大きくなると減少する傾向を示している。

破壊時のポアソン比と側圧の関係について表-6.4と図-6.11に示す。各側圧とも、初期ポアソン比より大きな値を示している。安山岩と玄武岩を比較すると安山岩の方が大きな値を示す傾向にある。

表-6.3 初期ポアソン比と傾き

側 圧 σ'_3 (kg f / cm ²)	安 山 岩		玄 武 岩	
	初期ポアソン比 $\varepsilon_r / \varepsilon_o$	傾き D	初期ポアソン比 $\varepsilon_r / \varepsilon_o$	傾き D
0.5	0.355	21.91	0.418	13.91
1.0	0.293	14.59	0.273	13.21
1.5	0.244	14.77	0.237	11.74
2.0	0.248	12.43	0.210	11.47
4.0	0.169	11.19	0.167	8.98
6.0	0.138	9.75	0.133	9.35
8.0	0.117	10.19	0.127	8.80

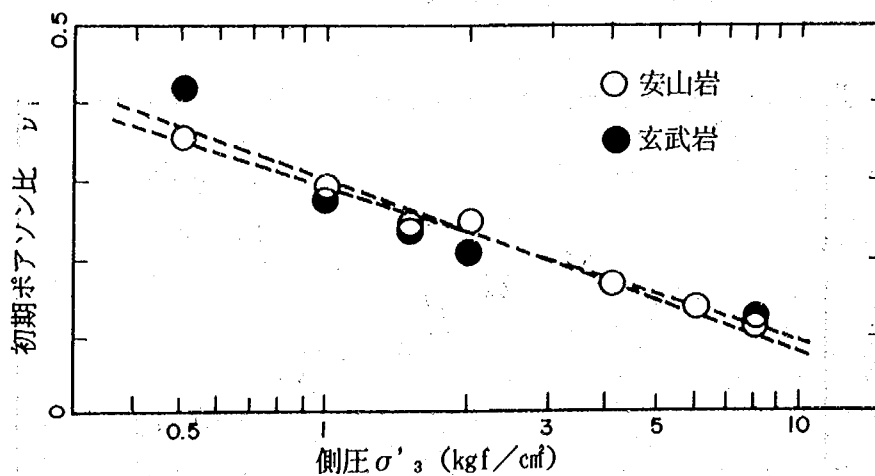


図-6.9 側圧と初期ポアソン比

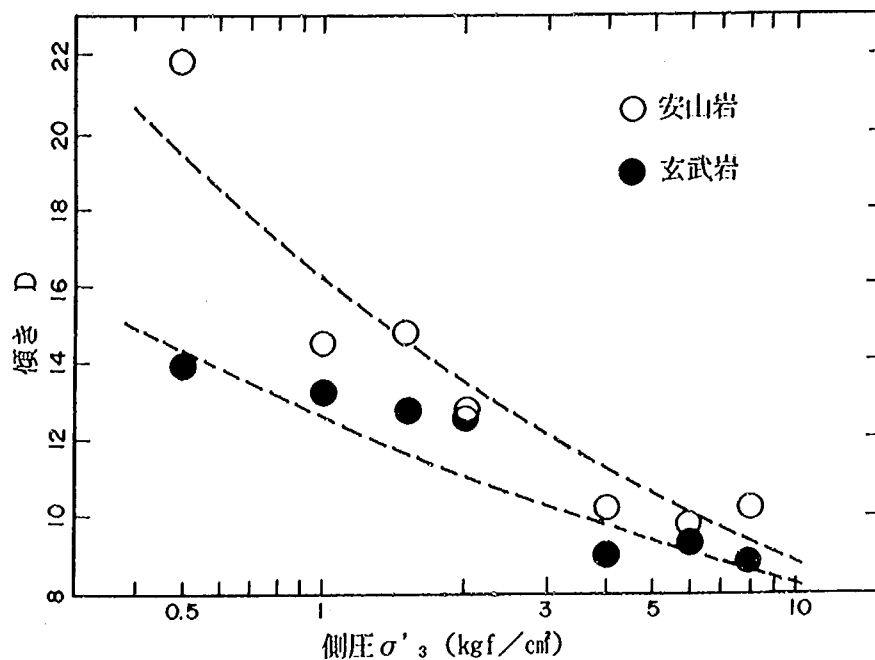


図-6.10 側圧と傾き (D)

表-6.4 破壊時のポアソン比

側 圧 σ_3 (kg f/cm ²)	破壊時のポアソン比 ν_f		
	安山岩	玄武岩	安山岩 - 玄武岩
0.5	0.7544	0.7507	0.0037
1.0	0.6197	0.5931	0.0266
1.5	0.5640	0.5471	0.0169
2.0	0.5414	0.5000	0.0414
4.0	0.4440	0.4422	0.0018
6.0	0.3821	0.3826	-0.0005
8.0	0.3790	0.3755	0.0035

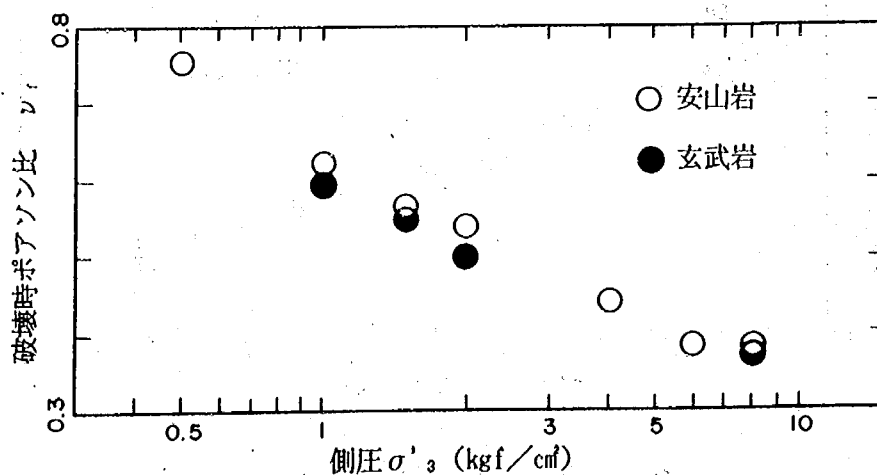


図-6.11 側圧と破壊時ポアソン比

7. ロック材料としてのまとめ

ロック材の候補として考えられる安山岩と玄武岩を比較検討して次のことがわかった。

1) 物理的特性

- ① 材料の比重及び吸水率は粒径毎に異なり、絶乾比重は安山岩で2.580～2.506, 玄武岩で2.763～2.675の値を示す。一方、吸水率は安山岩2.1～3.4%, 玄武岩で1.2～3.2%ある。試験粒度(均等係数12)を考慮した合成絶乾比重は安山岩2.589, 玄武岩2.760, 吸水率は安山岩2.7%, 玄武岩2.2%である。

すなわち、玄武岩の方が安山岩に比べ岩質は良い。なお、両岩種とも図-7.1に示すように比較的良好な岩石である。

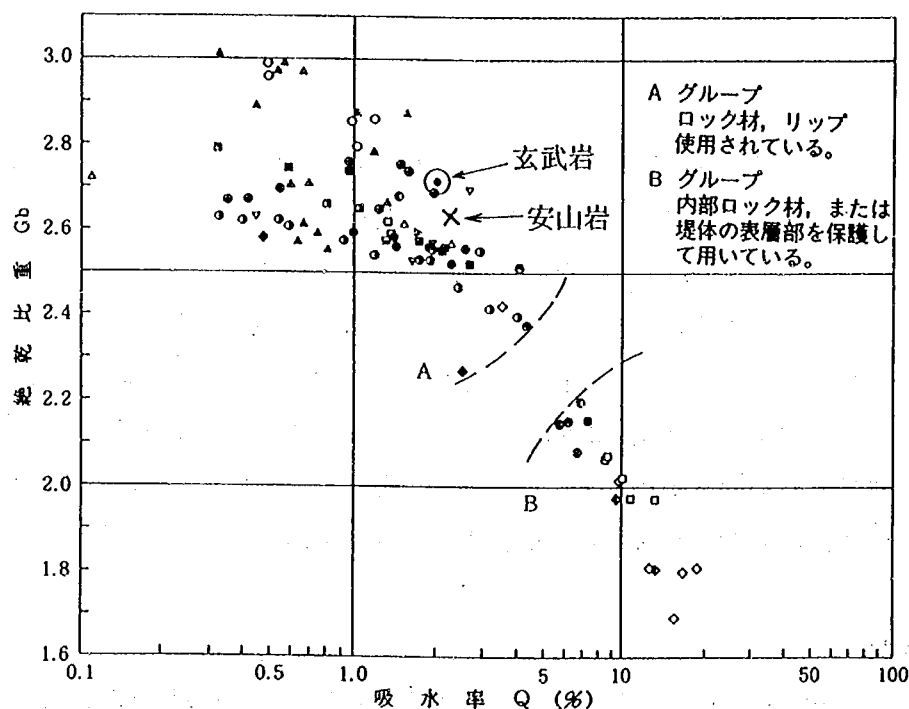


図-7.1 岩石の絶乾比重と吸水率

- ② 材料の粒子形状は、全試料をまとめて見ると、両岩種ともほぼ同様の分布範囲を示すことがわかる。しかし、細長比の平均値では、多少の差が認められる。偏平率は両岩種ともに0.64程度であるが、細長率では、安山岩で0.73, 玄武岩で0.66程度を示す。

よって、形状分類は両岩種とも概ね板状を示す。

- ③ 材料の強度を表すために用いた点載荷圧裂強度は気乾状態で安山岩127kg f/cm², 玄武岩178kg f/cm²の値を示す。一方30日水浸後の強度は安山岩171kg f/cm², 玄武岩162kg f/cm²で水浸状態になっても岩石強度の低下は認められない。他岩種と比較しても表-7.1に示すように岩石強度は大きい方にはいる。

表-7.1 一軸圧縮強度と点載荷圧裂強度

	一軸圧縮強度		点載荷圧裂強度	
	気 乾	水 浸	気 乾	水 浸
花崗岩 CH	1042	632	132	126
" CM	666	538	98	75
" CL	335	918	105	69
斑 れ い 岩	1482	1167	160	126
輝緑凝灰岩	273	246	85	42
安 山 岩	—	—	127	171
玄 武 岩	—	—	178	162

2) 締固め特性

締固め特性を比較すると安山岩に比べ玄武岩の方が締固まりやすいが、締固めによる破碎も生じやすい。安山岩及び玄武岩の最大、最小密度は次のとおり。

安山岩	最大密度	1.967 t/m ³	最小密度	1.559 t/m ³
	最小間隙比	0.316	最大間隙比	0.661
玄武岩	最大密度	2.114 t/m ³	最小密度	1.600 t/m ³
	最小間隙比	0.306	最大間隙比	0.725

最大密度を求めるための突固めエネルギーは安山岩で1~2 Ec、玄武岩で4 Ecである。すなわち、安山岩の方が小さなエネルギーで最大密度を得やすい。

3) せん断強度

直径30cm、高さ60cmの三軸圧縮試験により、よく締った状態（相対密度87%）でせん断強度を求め比較検討した。

- ① せん断開始前の間隙比は側圧が大きくなるにつれて小さくなる。両方ともよく締った状態で供試体が作製されているので間隙比の変化率は少ない（図-5.4、図-5.5）。
- ② 応力-ひずみ曲線（図-5.6）において両岩石の供試体ともピーク強度が明瞭な曲線である。やや安山岩の方がピーク強度が早目に生じるが差はわずかである。
- ③ 見掛けの粘着力成分をゼロにした内部摩擦角の値は側圧および垂直応力の増加に伴い減少の傾向を示す（図-5.11）。安山岩と玄武岩の差は低側圧および高側圧領域で生じている。すなわち、低側圧領域では玄武岩の方が、高側圧領域では安山岩の方が大きい値を示している。
- ④ ダイレイタンスー特性は、低側圧領域で生じ、やや安山岩の方がダイレイタンスーは大きい。また破碎率は高側圧領域で多く生じており、玄武岩の方が安山岩に比べ破碎率は多い（図-5.13、図-5.15）。

⑤ モールの破壊包絡線を曲線近似することによって求めたせん断強度は、垂直応力の増加に伴ない大きくなる（図－5.17）。安山岩と玄武岩とも低側圧領域ではさほど強度差は生じていないが、高側圧領域で安山岩の方がわずかに大きくなっている。

⑥ モールの破壊包絡線と直線近似することによって求めた内部摩擦角（ ϕ' ）および見掛けの粘着力成分（ c' ）は拘束圧領域によって異なる。（表－5.12）

安山岩の内部摩擦角の方が玄武岩に比べ低側圧領域で約1.6度、中間側圧領域で約2.0度大きい値を示している。

4) 変形特性

三軸試験より得られたデータをもとに変形特性についても考察する。

① 変形係数（ E_{50} ）の値は、安山岩の方が玄武岩に比べ大きい値（図－6.2）を示す。応力ひずみ曲線を双曲線によって近似し、軸ひずみ1～3%の範囲で求めた初期接線係数（図－6.5）も安山岩の方が大きい値を示している。

② 初期ポアソン比の値は、玄武岩の方がやや大きい値を示した（図－6.9）。

③ 変形係数に係る常数を他岩種と比較して表－7.2に示す。

表－7.2 他岩種との変形特性の比較

岩 種	状態	$\bar{G}b$	$\bar{Q}$	$\bar{e}_0$	E_i		ν_i			備 考
					K	n	G	F	D	
安 山 岩	気乾	2.643	0.027	0.36	801	0.281	0.293	0.301	13.5	今 回
玄 武 岩	気乾	2.802	0.022	0.36	776	0.138	0.859	0.096	11.1	
石 灰 岩	気乾	2.698	0.003	0.30	1535	0.159	0.397	0.141	13.5	
輝緑凝灰岩	気乾	2.869	0.012	0.35	708	0.089	0.089	0.270	9.2	参考文献 ⁹⁾
斑 れ い 岩	気乾	2.845	0.011	0.35	538	0.294	0.095	0.303	9.6	参考文献 ¹⁰⁾
流 紋 岩	気乾	2.488	0.023	0.335	660	0.38	0.27	0.22	20.5	参考文献 ⁴⁾
閃 緑 岩	気乾	2.612	0.022	0.332	380	0.46	0.33	0.25	10.0	
玄 武 岩	気乾	2.722	0.022	0.404	540	0.14	0.28	0.25	13.1	

参考文献

- 1) 森吉山ダム原石山候補地比較検討書、東北地建森吉山ダム工事事務所1989. 7.
- 2) 播田, 豊田: 「ロック材の粒子形状試験」土木研究所資料第1659号, 1981.
- 3) 平松, 岡, 木山: 「非整形試験片による岩石の引張強さの迅速試験」日本鉱業会誌, Vol.81, No.932, 1965.
- 4) 松本, 渡辺: 「ロック材料の三軸圧密試験と強度特性」土木研究所報告第173号, 1987.
- 5) 赤井: 「砂のせん断におけるダイレイタンスー効果」土木学会論文集58号 pp. 76~81, 1958.
- 6) 松本, 渡辺: 「ロック材料のせん断強度」土と基礎, Vol. 35-12, 1987.
- 7) Kondner, R.L.: Hyperbolic Stress-strain Response Cohesive Soils, journal of Soil Mechanics and Foundation Division, ASCE, Vol.89, No. SMI, 1963.
- 8) Kulhawy, F.H., Duncan, J.M. and Seed, H.B.: Finite Element Analysis of Stresses and Movements in Embankments during Construction, Report No. TE-69-4 to U.S. Army Engineers, WES, Univ. of California, 1969.
- 9) 松本, 豊田, 正国: 「羽地ダムロック材(輝緑凝灰岩)の材料試験その2」土木研究所資料第2705号, 1988.
- 10) 松本, 豊田: 「ロック材(斑れい岩)のせん断強度および変形特性」土木研究所資料第2789号, 1989.

三軸試験結果一覧表

試験名 森吉山ダム(安山岩)

気乾

・食包不口

供試体 番号	側圧 σ_3 kgf/cm ²	初期 間隙比 e_0	圧 密		破壊時 間隙比 e_r	破壊時の ひずみ ε_r %	破壊時の 軸差応力 ($\sigma_1 - \sigma_3$) _r kgf/cm ²	最大 主応力 σ_{1r} kgf/cm ²	破壊時 主応力比 σ_{1r}/σ_3	破壊時 体積変化 $\Delta V/V$ %	破壊時の タルカン $\Delta \varepsilon_1/\Delta \varepsilon_3$	破壊時 ポアソン比 $\varepsilon_r/\varepsilon_3$	C-0法の ϕ_0 (度)	変形係数 E_{30} kgf/cm ²	Marsalの破砕率 BM %		備 考
			体積変化 量 ΔV cm ³	圧密後間 隙比 e_0											全体	せん断時	
MAD 0.5	0.5	0.357	92	0.354	0.327	0.039	6.146	6.646	3.323	-0.0197	-0.9711	-0.7544	59.32	439	2.7	0	
MAD 1.0	1.0	0.360	420	0.346	0.329	0.053	9.546	10.546	5.273	-0.0128	-0.6462	-0.6197	55.77	477	2.9	0.2	
MAD 1.5	1.5	0.358	495	0.342	0.333	0.054	13.271	14.771	7.386	-0.0069	-0.6103	-0.5640	54.65	632	2.7	0	
MAD 2.0	2.0	0.360	600	0.341	0.335	0.058	15.016	17.016	8.508	-0.0048	-0.4733	-0.5414	52.15	683	4.5	1.8	
MAD 4.0	4.0	0.358	672	0.337	0.348	0.074	25.249	29.249	14.625	0.0082	-0.3183	-0.4440	49.41	789	6.0	3.3	
MAD 6.0	6.0	0.358	1202	0.320	0.347	0.087	32.445	38.445	19.223	0.0206	-0.1912	-0.3821	46.89	811	6.0	3.3	
MAD 8.0	8.0	0.358	1080	0.323	0.328	0.103	42.906	50.906	25.453	0.0250	-0.1761	-0.3790	46.75	975	6.8	4.1	

三軸試験結果一覧表

試験名 森吉山ダム(玄武岩)

気乾

・ 飽和口

供試体 番号	側圧 σ_3 kgf/cm ²	初期 間隙比 e_0	圧 密		破壊時 間隙比 e_r	破壊時の ひずみ ε_r %	破壊時の 軸差応力 ($\sigma_1 - \sigma_3$) _r kgf/cm ²	最大 主応力 σ_{1r} kgf/cm ²	破壊時 主応力比 σ_{1r}/σ_3	破壊時 体積変化 $\Delta V/V$ %	破壊時の ゲイルガンジ $\Delta \varepsilon_v/\Delta \varepsilon_0$	破壊時 ポアソン比 $\varepsilon_r/\varepsilon_0$	C-0法の ϕ_0 (度)	変形係数 E_{00} kgf/cm ²	Marsalの破碎率 BM %		備 考
			体積変化 量 ΔV cm ³	圧密後間 隙比 e_0											全体	せん断時	
MGD 0.5	0.5	0.363	42	0.362	0.329	0.047	6.467	6.967	3.484	-0.0238	-0.8725	-0.7507	60.01	231	3.0	0	
MGD 1.0	1.0	0.362	280	0.353	0.338	0.064	10.400	11.400	5.7	-0.0119	-0.6040	-0.5931	57.00	400	4.2	1.2	
MGD 1.5	1.5	0.360	345	0.349	0.340	0.073	12.704	14.204	7.102	-0.0069	-0.5185	-0.5471	54.00	508	4.4	1.4	
MGD 2.0	2.0	0.362	380	0.349	0.349	0.078	14.959	16.959	8.480	0.0000	-0.2741	-0.5000	52.09	527	4.9	1.9	
MGD 4.0	4.0	0.359	642	0.338	0.354	0.107	24.655	28.655	14.328	0.0124	-0.2534	-0.4422	49.03	529	7.1	4.1	
MGD 6.0	6.0	0.362	972	0.331	0.393	0.108	32.038	38.038	19.019	0.0253	-0.0844	-0.3826	46.68	620	7.5	4.5	
MGD 8.0	8.0	0.360	1075	0.325	0.363	0.112	39.155	47.155	23.578	0.0280	-0.1271	-0.3755	45.23	773	7.0	4.0	

****TEST NAME :MAD0.5*** **FILE NAME :MAD05****

MEAN DIAMETER = 29.60 (CM)				VOLUME COMPRESSIBILITY = 92.00 (CC)							
				INITIAL CONDITION				AFTER CONSOLIDATION			
HEIGHT (CM)				60.87				60.83			
VOLUME (CC)				41855.70				41794.70			
DRY DENSITY (g/cm3)				1.908				1.912			
WEIGHT UNDER OVEN DRY CONDITION = 78922.10 (g)											
MEAN SPECIFIC GRAVITY UNDER OVEN DRY CONDITION = 2.689											
MEAN PERCENTAGE OF ABSORPTION = 2.68 (%)											
CONFINING PRESSURE = 0.50 (Kg/cm2)											
COEFFICIENT OF CALIBRATION = 0.0014553											

No	AXIAL	LOAD	VOL. CHANGE	DEV. SIG	EA	EV	Q/P	ER/EA	ER	EA/DEV. SIG	DIL. SIG	DIL. SLP
1	0.08	540.0	20.0	0.786	0.001	0.0005	1.031	-0.3181	-0.0004	0.0017	0.9671	0.3638
2	0.20	1140.0	50.0	1.656	0.003	0.0012	1.674	-0.3181	-0.0010	0.0020	1.8011	0.2911
3	0.28	1600.0	60.0	2.321	0.005	0.0014	1.822	-0.3441	-0.0016	0.0020	2.3212	0.0000
4	0.56	2600.0	50.0	3.609	0.009	0.0012	2.119	-0.4350	-0.0040	0.0026	3.4837	-0.2609
5	0.86	3100.0	-40.0	4.444	0.014	-0.0010	2.243	-0.5338	-0.0076	0.0032	4.1937	-0.4997
6	1.16	3650.0	-166.0	5.181	0.019	-0.0037	2.327	-0.5979	-0.0114	0.0037	4.8675	-0.6476
7	1.46	4000.0	-307.0	5.640	0.024	-0.0073	2.370	-0.6530	-0.0157	0.0043	5.2618	-0.7658
8	1.76	4250.0	-468.0	5.940	0.029	-0.0112	2.395	-0.6935	-0.0201	0.0049	5.5559	-0.7676
9	2.08	4406.0	-634.0	6.092	0.034	-0.0152	2.407	-0.7218	-0.0247	0.0056	5.6591	-0.8659
10	2.36	4480.0	-825.0	6.146	0.039	-0.0197	2.411	-0.7544	-0.0293	0.0063	5.6601	-0.9711
11	2.66	4480.0	-1021.0	6.086	0.044	-0.0244	2.407	-0.7793	-0.0341	0.0072	5.5943	-0.9836
12	2.94	4460.0	-1217.0	6.002	0.048	-0.0291	2.400	-0.8012	-0.0387	0.0081	5.4841	-1.0363
13	3.24	4430.0	-1434.0	5.901	0.053	-0.0343	2.392	-0.8221	-0.0438	0.0090	5.4107	-0.9812
14	3.56	4330.0	-1635.0	5.709	0.059	-0.0391	2.376	-0.8342	-0.0488	0.0103	5.2318	-0.9554
15	3.86	4200.0	-1841.0	5.483	0.063	-0.0440	2.356	-0.8471	-0.0538	0.0116	4.9819	-1.0023
16	4.18	4040.0	-2062.0	5.218	0.069	-0.0493	2.330	-0.8590	-0.0590	0.0132	4.7366	-0.9629
17	4.46	3930.0	-2238.0	5.031	0.073	-0.0535	2.311	-0.8651	-0.0634	0.0146	4.5954	-0.8707
18	4.76	3860.0	-2409.0	4.896	0.078	-0.0576	2.286	-0.8683	-0.0678	0.0160	4.4871	-0.8174
19	5.06	3780.0	-2575.0	4.761	0.083	-0.0616	2.280	-0.8703	-0.0724	0.0176	4.3785	-0.7446
20	5.36	3720.0	-2716.0	4.638	0.088	-0.0650	2.267	-0.8687	-0.0766	0.0190	4.2511	-0.7689
21	5.66	3650.0	-2892.0	4.506	0.093	-0.0692	2.261	-0.8715	-0.0811	0.0207	4.0863	-0.8392
22	5.96	3580.0	-3062.0	4.378	0.098	-0.0733	2.235	-0.8738	-0.0856	0.0224	3.9665	-0.8247
23	6.26	3460.0	-3232.0	4.193	0.103	-0.0773	2.210	-0.8767	-0.0901	0.0245	3.7806	-0.8247
24	6.56	3410.0	-3402.0	4.094	0.108	-0.0814	2.196	-0.8774	-0.0946	0.0263	3.6819	-0.8247
25	6.86	3330.0	-3572.0	3.961	0.113	-0.0855	2.176	-0.8789	-0.0991	0.0285	3.5346	-0.8531
26	7.14	3250.0	-3742.0	3.832	0.117	-0.0895	2.156	-0.8814	-0.1035	0.0306	4.6985	1.7339

****TEST NAME :MAD1.0*** **FILE NAME :MAD10****

MEAN DIAMETER = 29.60 (CM)			VOLUME COMPRESSIBILITY = 420.00 (CC)									
			INITIAL CONDITION			AFTER CONSOLIDATION						
HEIGHT (CM)			61.00			60.60						
VOLUME (CC)			41876.20			41556.20						
DRY DENSITY (g/cm3)			1.904			1.923						
WEIGHT UNDER OVEN DRY CONDITION = 79922.10 (g)												
MEAN SPECIFIC GRAVITY UNDER OVEN DRY CONDITION = 2.589												
MEAN PERCENTAGE OF ABSORPTION = 2.68 (%)												
CONFINING PRESSURE = 1.00 (Kg/cm2)												
COEFFICIENT OF CALIBRATION = 0.0014630												
No	AXIAL	LOAD	VOL. CHANGE	DEV. SIG	EA	EV	Q/P	ER/EA	ER	EA/DEV. SIG	DIL. SIG	DIL. SLP
1	0.08	600.0	20.0	0.877	0.001	0.0005	0.679	-0.3171	-0.0004	0.0016	1.4257	0.5486
2	0.16	1320.0	60.0	1.929	0.003	0.0014	1.174	-0.2257	-0.0006	0.0014	2.5689	0.6401
3	0.24	1900.0	90.0	2.776	0.004	0.0022	1.441	-0.2257	-0.0009	0.0014	3.0809	0.3062
4	0.59	3250.0	150.0	4.726	0.010	0.0036	1.835	-0.3140	-0.0030	0.0021	4.8963	0.1707
5	0.84	4180.0	160.0	6.054	0.014	0.0039	2.006	-0.3607	-0.0050	0.0023	6.0275	-0.0286
6	1.14	4880.0	140.0	7.029	0.019	0.0034	2.103	-0.4102	-0.0077	0.0027	6.8464	-0.1829
7	1.44	5400.0	85.0	7.729	0.024	0.0020	2.161	-0.4568	-0.0108	0.0031	7.4241	-0.3048
8	1.74	5880.0	15.0	8.359	0.029	0.0004	2.208	-0.4937	-0.0141	0.0034	7.9813	-0.3779
9	2.04	6280.0	-70.0	8.864	0.034	-0.0017	2.241	-0.5251	-0.0176	0.0038	8.4011	-0.4633
10	2.34	6590.0	-175.0	9.231	0.038	-0.0042	2.264	-0.5547	-0.0214	0.0042	8.7192	-0.5120
11	2.64	6760.0	-280.0	9.383	0.043	-0.0067	2.273	-0.5776	-0.0251	0.0046	8.8468	-0.5384
12	2.94	6900.0	-395.0	9.516	0.048	-0.0095	2.281	-0.5983	-0.0289	0.0051	8.9065	-0.6096
13	3.24	6980.0	-530.0	9.546	0.053	-0.0128	2.283	-0.6197	-0.0330	0.0056	8.8996	-0.6462
14	3.54	7000.0	-660.0	9.494	0.058	-0.0159	2.280	-0.6364	-0.0371	0.0061	8.8599	-0.6340
15	3.84	6990.0	-790.0	9.402	0.063	-0.0190	2.274	-0.6505	-0.0411	0.0067	8.7877	-0.6340
16	4.14	6980.0	-920.0	9.310	0.068	-0.0221	2.269	-0.6626	-0.0451	0.0073	8.7005	-0.6096
17	4.44	6930.0	-1040.0	9.169	0.073	-0.0260	2.260	-0.6713	-0.0490	0.0080	8.5591	-0.6096
18	4.74	6840.0	-1170.0	8.974	0.078	-0.0282	2.248	-0.6806	-0.0531	0.0087	8.3767	-0.5974
19	5.04	6780.0	-1285.0	8.837	0.083	-0.0308	2.240	-0.6865	-0.0569	0.0094	8.2762	-0.5608
20	5.34	6750.0	-1400.0	8.714	0.088	-0.0337	2.232	-0.6918	-0.0606	0.0101	8.1656	-0.5466
21	5.64	6720.0	-1510.0	8.607	0.093	-0.0363	2.225	-0.6966	-0.0646	0.0106	8.0945	-0.5120
22	5.94	6690.0	-1610.0	8.502	0.098	-0.0387	2.218	-0.6983	-0.0682	0.0116	8.0299	-0.4719
23	6.26	6600.0	-1710.0	8.318	0.103	-0.0411	2.205	-0.6998	-0.0721	0.0124	7.8237	-0.4955
24	6.56	6530.0	-1820.0	8.165	0.108	-0.0438	2.194	-0.7029	-0.0758	0.0132	7.6773	-0.4877
25	6.86	6430.0	-1910.0	7.979	0.113	-0.0460	2.180	-0.7037	-0.0794	0.0141	7.5306	-0.4483
26	7.18	6280.0	-2010.0	7.729	0.118	-0.0484	2.161	-0.7048	-0.0832	0.0153	7.2804	-0.4483
27	7.48	6130.0	-2100.0	7.486	0.123	-0.0505	2.142	-0.7054	-0.0868	0.0164	7.0596	-0.4267
28	7.78	5960.0	-2185.0	7.224	0.128	-0.0526	2.120	-0.7054	-0.0903	0.0177	6.8826	-0.3414
29	8.08	5960.0	-2240.0	7.174	0.133	-0.0539	2.116	-0.7028	-0.0934	0.0185	6.9026	-0.2714
30	8.40	5930.0	-2300.0	7.085	0.138	-0.0553	2.108	-0.7003	-0.0968	0.0195	6.7960	-0.2867

*****TEST NAME :MAD1.6*** **FILE NAME :MAD1#5*****											
MEAN DIAMETER = 29.60 (CM)						VOLUME COMPRESSIBILITY = 495.00 (CC)					
INITIAL CONDITION						AFTER CONSOLIDATION					
HEIGHT (CM)						60.92					
VOLUME (CC)						41921.10					
DRY DENSITY (g/cm3)						1.906					
WEIGHT UNDER OVEN DRY CONDITION						= 79922.10 (g)					
MEAN SPECIFIC GRAVITY UNDER OVEN DRY CONDITION						= 2.589					
MEAN PERCENTAGE OF ABSORPTION						= 2.68 (%)					
CONFINING PRESSURE						= 1.50 (Kg/cm2)					
COEFFICIENT OF CALIBRATION						= 0.0014648					
No	AXIAL LOAD	VOL. CHANGE	DEV. SIG	EA	EY	O/P*	ER/EA	ER	EA/DEV. SIG	DIL. SIG	DIL. SLP
1	0.28	2650.0	116.0	3.728	0.005	0.0028	1.359	-0.1992	-0.0009	0.0012	4.4670
2	0.58	4330.0	195.0	6.312	0.010	0.0047	1.761	-0.2638	-0.0024	0.0015	6.7369
3	0.90	5650.0	235.0	8.200	0.015	0.0057	1.937	-0.3088	-0.0046	0.0018	8.3829
4	1.18	6600.0	245.0	9.636	0.019	0.0059	2.038	-0.3479	-0.0068	0.0020	9.4981
5	1.48	7440.0	225.0	10.690	0.024	0.0054	2.111	-0.3887	-0.0095	0.0023	10.4522
6	1.78	8080.0	180.0	11.638	0.029	0.0043	2.168	-0.4269	-0.0125	0.0026	11.0990
7	2.08	8560.0	105.0	12.140	0.034	0.0025	2.189	-0.4630	-0.0159	0.0028	11.6719
8	2.38	8940.0	25.0	12.589	0.039	0.0006	2.210	-0.4923	-0.0193	0.0031	12.0019
9	2.66	9270.0	-50.0	12.968	0.044	-0.0012	2.227	-0.5138	-0.0226	0.0034	12.2668
10	2.96	9530.0	-160.0	13.227	0.049	-0.0039	2.238	-0.5396	-0.0263	0.0037	12.3668
11	3.26	9640.0	-285.0	13.271	0.054	-0.0059	2.240	-0.5640	-0.0303	0.0040	12.3551
12	3.56	9700.0	-410.0	13.244	0.059	-0.0099	2.239	-0.5843	-0.0343	0.0044	12.3223
13	3.86	9760.0	-545.0	13.206	0.064	-0.0132	2.238	-0.6029	-0.0385	0.0048	12.2161
14	4.18	9730.0	-690.0	13.063	0.069	-0.0167	2.231	-0.6209	-0.0428	0.0053	12.0278
15	4.48	9660.0	-825.0	12.849	0.074	-0.0199	2.222	-0.6349	-0.0469	0.0057	11.8422
16	4.78	9490.0	-965.0	12.614	0.078	-0.0233	2.207	-0.6479	-0.0510	0.0063	11.4725
17	5.06	9320.0	-1100.0	12.190	0.083	-0.0266	2.191	-0.6592	-0.0550	0.0068	11.1858
18	5.36	9170.0	-1230.0	11.893	0.088	-0.0297	2.176	-0.6681	-0.0590	0.0074	10.8488
19	5.66	8980.0	-1385.0	11.641	0.093	-0.0334	2.158	-0.6792	-0.0634	0.0081	10.5522
20	5.96	8800.0	-1600.0	11.218	0.098	-0.0362	2.141	-0.6843	-0.0672	0.0088	10.3939
21	6.26	8660.0	-1610.0	10.951	0.103	-0.0389	2.126	-0.6884	-0.0710	0.0094	10.1451
22	6.56	8500.0	-1720.0	10.662	0.108	-0.0416	2.110	-0.6920	-0.0748	0.0101	9.8746
23	6.86	8320.0	-1825.0	10.353	0.113	-0.0441	2.091	-0.6946	-0.0786	0.0109	9.6024
24	7.16	8180.0	-1925.0	10.099	0.118	-0.0465	2.075	-0.6969	-0.0822	0.0117	9.3601
25	7.44	8050.0	-2020.0	9.865	0.123	-0.0488	2.060	-0.6988	-0.0857	0.0124	9.2018
26	7.74	7890.0	-2100.0	9.718	0.128	-0.0507	2.051	-0.6987	-0.0891	0.0131	9.0741
27	8.02	7830.0	-2190.0	9.674	0.132	-0.0529	2.041	-0.7000	-0.0925	0.0138	8.9701
28	8.34	7810.0	-2265.0	9.356	0.137	-0.0547	2.026	-0.6989	-0.0961	0.0147	8.8599
29	8.64	7730.0	-2330.0	9.193	0.142	-0.0562	2.014	-0.6975	-0.0993	0.0155	8.6991
30	8.94	7700.0	-2400.0	9.090	0.147	-0.0579	2.007	-0.6966	-0.1026	0.0162	8.5791
31	9.22	7650.0	-2465.0	8.969	0.152	-0.0595	1.998	-0.6958	-0.1057	0.0169	8.3794

*****TEST NAME :MAD2.0*** **FILE NAME :MAD2#0*****												
MEAN DIAMETER = 29.60 (CM)				VOLUME COMPRESSIBILITY = 600.00 (CC)								
INITIAL CONDITION				AFTER CONSOLIDATION								
HEIGHT (CM)				61.03				60.74				
VOLUME (CC)				41996.80				41396.80				
DRY DENSITY (g/cm3)				1.903				1.931				
WEIGHT UNDER OVEN DRY CONDITION = 79922.10 (g)												
MEAN SPECIFIC GRAVITY UNDER OVEN DRY CONDITION = 2.589												
MEAN PERCENTAGE OF ABSORPTION = 2.68 (%)												
CONFINING PRESSURE = 2.00 (Kg/cm2)												
COEFFICIENT OF CALIBRATION = 0.0014673												
No	AXIAL LOAD	VOL. CHANGE	DEV. SIG	EA	EV	Q/P*	ER/EA	ER	EA/DEV. SIG	DIL. SIG	DIL. SLP	
1	0.10	1080.0	30.0	1.583	0.002	0.0007	0.626	-0.2799	-0.0005	0.0010	2.8059	0.6114
2	0.18	2130.0	75.0	3.122	0.003	0.0018	1.027	-0.1943	-0.0006	0.0009	4.6704	0.7744
3	0.28	2910.0	125.0	4.263	0.005	0.0030	1.246	-0.1726	-0.0008	0.0011	6.2900	0.5135
4	0.58	4710.0	215.0	6.880	0.010	0.0052	1.603	-0.2281	-0.0022	0.0014	7.6407	0.3301
5	0.88	6150.0	260.0	8.949	0.014	0.0063	1.796	-0.2832	-0.0041	0.0016	9.3032	0.1771
6	1.16	7230.0	285.0	10.478	0.019	0.0069	1.908	-0.3188	-0.0061	0.0018	10.6000	0.0611
7	1.48	8100.0	285.0	11.676	0.024	0.0069	1.982	-0.3587	-0.0087	0.0021	11.5288	-0.0734
8	1.76	8820.0	255.0	12.644	0.029	0.0062	2.035	-0.3937	-0.0114	0.0023	12.3017	-0.1712
9	2.08	9450.0	215.0	13.503	0.034	0.0052	2.077	-0.4242	-0.0145	0.0026	12.9898	-0.2568
10	2.36	10050.0	150.0	14.224	0.039	0.0036	2.110	-0.4534	-0.0176	0.0027	13.6414	-0.3415
11	2.66	10440.0	80.0	14.676	0.044	0.0019	2.129	-0.4779	-0.0209	0.0030	13.8661	-0.4048
12	2.94	10650.0	-10.0	14.866	0.048	-0.0002	2.137	-0.5025	-0.0243	0.0033	13.9230	-0.4716
13	3.22	10800.0	-100.0	14.970	0.053	-0.0024	2.142	-0.5228	-0.0277	0.0035	14.0408	-0.4646
14	3.54	10920.0	-200.0	15.016	0.058	-0.0048	2.144	-0.5414	-0.0316	0.0039	14.0694	-0.4733
15	3.84	10950.0	-300.0	14.942	0.063	-0.0072	2.141	-0.5573	-0.0352	0.0042	13.8484	-0.4970
16	4.16	10980.0	-410.0	14.860	0.068	-0.0099	2.137	-0.5723	-0.0392	0.0046	13.8083	-0.5258
17	4.44	10890.0	-515.0	14.628	0.073	-0.0124	2.127	-0.5851	-0.0428	0.0050	13.5911	-0.5186
18	4.74	10800.0	-615.0	14.396	0.078	-0.0149	2.117	-0.5952	-0.0484	0.0054	13.4421	-0.4769
19	5.04	10740.0	-710.0	14.207	0.083	-0.0172	2.109	-0.6033	-0.0501	0.0058	13.3022	-0.4524
20	5.34	10680.0	-800.0	14.022	0.088	-0.0193	2.101	-0.6099	-0.0536	0.0063	13.0923	-0.4646
21	5.64	10660.0	-800.0	13.766	0.093	-0.0217	2.089	-0.6171	-0.0573	0.0068	12.8515	-0.4524
22	5.94	10440.0	-985.0	13.499	0.098	-0.0238	2.077	-0.6217	-0.0608	0.0072	12.6185	-0.4402
23	6.24	10320.0	-1080.0	13.241	0.103	-0.0261	2.065	-0.6270	-0.0644	0.0078	12.3851	-0.4279
24	6.54	10140.0	-1160.0	12.914	0.108	-0.0280	2.048	-0.6301	-0.0678	0.0083	12.1804	-0.3668
25	6.86	9990.0	-1235.0	12.626	0.113	-0.0298	2.034	-0.6321	-0.0714	0.0089	11.9157	-0.3550
26	7.16	9840.0	-1310.0	12.345	0.118	-0.0316	2.018	-0.6342	-0.0748	0.0095	11.6825	-0.3313
27	7.48	9660.0	-1375.0	12.029	0.123	-0.0332	2.002	-0.6349	-0.0782	0.0102	11.3439	-0.3424
28	7.76	9570.0	-1450.0	11.833	0.128	-0.0350	1.991	-0.6371	-0.0814	0.0108	11.2007	-0.3162
29	8.06	9450.0	-1500.0	11.605	0.133	-0.0362	1.978	-0.6365	-0.0845	0.0114	11.0671	-0.2690
30	8.36	9390.0	-1560.0	11.450	0.138	-0.0377	1.968	-0.6369	-0.0877	0.0120	10.8872	-0.2812
31	8.66	9420.0	-1615.0	11.406	0.143	-0.0390	1.966	-0.6368	-0.0908	0.0126	10.8923	-0.2568
32	8.96	9420.0	-1665.0	11.327	0.148	-0.0402	1.961	-0.6363	-0.0939	0.0130	10.7798	-0.2736

*****TEST NAME :MAD4.0*** **FILE NAME :MAD400****												
MEAN DIAMETER = 29.60 (CM)						VOLUME COMPRESSIBILITY = 672.00 (CC)						
			INITIAL CONDITION			AFTER CONSOLIDATION						
HEIGHT (CM)			60.95			60.62						
VOLUME (CC)			41941.80			41269.80						
DRY DENSITY (g/cm3)			1.906			1.937						
WEIGHT UNDER OVEN DRY CONDITION						= 79922.10 (g)						
MEAN SPECIFIC GRAVITY UNDER OVEN DRY CONDITION =						2.689						
MEAN PERCENTAGE OF ABSORPTION						= 2.68 (%)						
CONFINING PRESSURE						= 4.00 (Kg/cm2)						
COEFFICIENT OF CALIBRATION						= 0.0014690						
No	AXIAL	LOAD	VOL. CHANGE	DEV. SIG	EA	EY	Q/P'	ER/EA	ER	EA/DEV. SIG	DIL. SIG	DIL. SLP
1	0.26	3000.0	120.0	4.401	0.004	0.0029	0.805	-0.1610	-0.0007	0.0010	7.1289	0.6820
2	0.56	5650.0	260.0	8.275	0.009	0.0063	1.224	-0.1590	-0.0015	0.0011	11.0105	0.6838
3	0.84	7750.0	390.0	11.334	0.014	0.0095	1.457	-0.1690	-0.0022	0.0012	13.6424	0.6771
4	1.12	9550.0	480.0	13.932	0.018	0.0116	1.612	-0.1852	-0.0034	0.0013	16.3499	0.3546
5	1.42	11200.0	530.0	16.276	0.023	0.0128	1.727	-0.2259	-0.0053	0.0014	17.3535	0.2693
6	1.72	12700.0	590.0	18.390	0.028	0.0143	1.816	-0.2481	-0.0070	0.0015	19.2426	0.2132
7	2.04	13950.0	620.0	20.105	0.034	0.0150	1.879	-0.2768	-0.0093	0.0017	20.5638	0.1148
8	2.36	14900.0	640.0	21.367	0.039	0.0155	1.921	-0.3008	-0.0117	0.0018	21.4650	0.0245
9	2.64	15950.0	630.0	22.767	0.044	0.0153	1.964	-0.3247	-0.0141	0.0019	22.4534	-0.0760
10	2.94	16650.0	610.0	23.622	0.048	0.0148	1.989	-0.3476	-0.0169	0.0021	23.1318	-0.1224
11	3.24	17350.0	580.0	24.469	0.053	0.0141	2.013	-0.3688	-0.0197	0.0022	23.6851	-0.1959
12	3.54	17800.0	530.0	24.941	0.058	0.0128	2.025	-0.3900	-0.0228	0.0023	24.0599	-0.2203
13	3.84	18050.0	490.0	25.134	0.063	0.0119	2.031	-0.4063	-0.0257	0.0025	23.8967	-0.2843
14	4.16	18150.0	410.0	25.082	0.069	0.0099	2.029	-0.4276	-0.0293	0.0027	23.6601	-0.3554
15	4.46	18400.0	340.0	25.249	0.074	0.0082	2.034	-0.4440	-0.0327	0.0029	23.8767	-0.3183
16	4.76	18350.0	280.0	25.009	0.079	0.0068	2.027	-0.4568	-0.0359	0.0031	23.5400	-0.3672
17	5.06	18400.0	190.0	24.888	0.083	0.0046	2.024	-0.4724	-0.0394	0.0034	23.1819	-0.4265
18	5.33	18200.0	100.0	24.422	0.089	0.0024	2.012	-0.4863	-0.0432	0.0036	22.8109	-0.4028
19	5.68	18100.0	20.0	24.109	0.094	0.0005	2.003	-0.4974	-0.0466	0.0039	22.6401	-0.3672
20	5.98	18000.0	-50.0	23.805	0.099	-0.0012	1.995	-0.5061	-0.0499	0.0041	22.3830	-0.3554
21	6.30	17850.0	-130.0	23.423	0.104	-0.0032	1.984	-0.5152	-0.0535	0.0044	22.0455	-0.3443
22	6.62	17600.0	-200.0	22.920	0.109	-0.0048	1.969	-0.5222	-0.0570	0.0048	21.4508	-0.3672
23	6.90	17450.0	-280.0	22.563	0.114	-0.0068	1.958	-0.5298	-0.0603	0.0050	20.8892	-0.3935
24	7.18	17350.0	-350.0	22.279	0.118	-0.0085	1.950	-0.5358	-0.0635	0.0053	20.8610	-0.3546
25	7.48	17150.0	-420.0	21.862	0.123	-0.0102	1.937	-0.5412	-0.0668	0.0056	20.5353	-0.3317
26	7.80	17050.0	-490.0	21.568	0.129	-0.0119	1.928	-0.5461	-0.0703	0.0060	20.3740	-0.2984
27	8.12	16950.0	-550.0	21.281	0.134	-0.0133	1.918	-0.5498	-0.0736	0.0063	20.1433	-0.2843
28	8.42	16850.0	-610.0	21.004	0.139	-0.0148	1.909	-0.5532	-0.0768	0.0066	19.9268	-0.2693
29	8.72	16650.0	-660.0	20.611	0.144	-0.0160	1.896	-0.5556	-0.0799	0.0070	19.6316	-0.2448
30	9.02	16450.0	-710.0	20.222	0.149	-0.0172	1.883	-0.5578	-0.0830	0.0074	X113.7460	1 23.38

*****TEST NAME :MAD6.0*** **FILE NAME :MAD600****											
MEAN DIAMETER = 29.60 (CM)						VOLUME COMPRESSIBILITY = 1202.00 (CC)					
INITIAL CONDITION						AFTER CONSOLIDATION					
HEIGHT (CM)						60.95					
VOLUME (CC)						41941.80					
DRY DENSITY (g/cm3)						1.906					
WEIGHT UNDER OVEN DRY CONDITION						= 79922.10 (g)					
MEAN SPECIFIC GRAVITY UNDER OVEN DRY CONDITION						= 2.589					
MEAN PERCENTAGE OF ABSORPTION						= 2.68 (%)					
CONFINING PRESSURE						= 6.00 (Kg/cm2)					
COEFFICIENT OF CALIBRATION						= 0.0014818					
No	AXIAL LOAD	VOL. CHANGE	DEV. SIG	EA	EV	Q/P'	ER/EA	ER	EA/DEV. SIG	DIL. SIG	DIL. SLP
1	0.10	1300.0	20.0	1.924	0.002	0.0005	0.290	-0.3518	-0.0006	0.0009	4.8877
2	0.18	2500.0	60.0	3.699	0.003	0.0015	0.511	-0.2630	-0.0008	0.0008	8.6382
3	0.28	3550.0	120.0	6.261	0.006	0.0029	0.678	-0.1825	-0.0008	0.0009	10.3987
4	0.56	6250.0	280.0	9.239	0.009	0.0069	1.018	-0.1296	-0.0012	0.0010	14.0017
5	0.84	8600.0	420.0	12.697	0.014	0.0103	1.241	-0.1296	-0.0018	0.0011	16.8358
6	1.14	10650.0	550.0	15.695	0.019	0.0135	1.397	-0.1426	-0.0027	0.0012	18.1030
7	1.44	12600.0	650.0	18.374	0.024	0.0160	1.615	-0.1656	-0.0039	0.0013	21.1891
8	1.74	14200.0	740.0	20.813	0.029	0.0182	1.609	-0.1849	-0.0053	0.0014	23.1123
9	2.02	15700.0	800.0	22.836	0.033	0.0196	1.681	-0.2068	-0.0069	0.0015	24.9288
10	2.32	16850.0	870.0	24.533	0.038	0.0214	1.730	-0.2222	-0.0085	0.0016	26.0654
11	2.60	18000.0	900.0	26.100	0.043	0.0221	1.776	-0.2435	-0.0105	0.0017	27.1731
12	2.90	19050.0	940.0	27.507	0.048	0.0231	1.813	-0.2598	-0.0125	0.0017	28.3958
13	3.20	19850.0	960.0	28.527	0.053	0.0236	1.839	-0.2777	-0.0147	0.0019	28.8229
14	3.50	20780.0	960.0	29.664	0.058	0.0236	1.867	-0.2968	-0.0172	0.0020	29.8167
15	3.78	21400.0	970.0	30.450	0.063	0.0238	1.885	-0.3099	-0.0194	0.0021	30.2964
16	4.08	22060.0	950.0	31.193	0.068	0.0233	1.902	-0.3275	-0.0221	0.0022	30.7624
17	4.40	22600.0	940.0	31.781	0.073	0.0231	1.915	-0.3417	-0.0249	0.0023	31.1881
18	4.68	23050.0	910.0	32.227	0.078	0.0223	1.925	-0.3559	-0.0276	0.0024	31.3076
19	4.98	23300.0	880.0	32.377	0.082	0.0216	1.928	-0.3691	-0.0304	0.0025	31.3396
20	5.28	23500.0	840.0	32.445	0.087	0.0206	1.930	-0.3821	-0.0334	0.0027	31.2982
21	5.60	23600.0	800.0	32.362	0.093	0.0196	1.928	-0.3942	-0.0366	0.0029	31.2145
22	5.90	23750.0	760.0	32.357	0.098	0.0187	1.928	-0.4046	-0.0395	0.0030	30.8748
23	6.20	23850.0	700.0	32.265	0.103	0.0172	1.926	-0.4164	-0.0428	0.0032	30.6355
24	6.50	23950.0	650.0	32.181	0.108	0.0160	1.924	-0.4269	-0.0459	0.0033	30.8548
25	6.78	24000.0	620.0	32.067	0.112	0.0152	1.921	-0.4322	-0.0485	0.0035	30.6771
26	7.08	23950.0	660.0	31.763	0.117	0.0137	1.915	-0.4414	-0.0518	0.0037	30.2815
27	7.38	23760.0	620.0	31.290	0.122	0.0128	1.904	-0.4478	-0.0547	0.0039	29.9560
28	7.68	23650.0	470.0	30.943	0.127	0.0115	1.897	-0.4547	-0.0578	0.0041	29.4612
29	7.98	23550.0	420.0	30.599	0.132	0.0103	1.889	-0.4610	-0.0609	0.0043	29.0658
30	8.26	23400.0	370.0	30.204	0.137	0.0091	1.880	-0.4668	-0.0639	0.0045	28.7220
31	8.58	23350.0	320.0	29.917	0.142	0.0079	1.873	-0.4724	-0.0671	0.0048	28.6265
32	8.88	23200.0	280.0	29.624	0.147	0.0069	1.864	-0.4766	-0.0701	0.0050	33.1607

*****TEST NAME :MAD0.0*** **FILE NAME :MAD00*****												
MEAN DIAMETER = 29.60 (CM)						VOLUME COMPRESSIBILITY = 1080.00 (CC)						
						INITIAL CONDITION			AFTER CONSOLIDATION			
HEIGHT (CM)						60.94			60.42			
VOLUME (CC)						41934.80			40854.80			
DRY DENSITY (g/cm3)						1.806			1.856			
WEIGHT UNDER OVEN DRY CONDITION						= 78922.10 (g)						
MEAN SPECIFIC GRAVITY UNDER OVEN DRY CONDITION						= 2.689						
MEAN PERCENTAGE OF ABSORPTION						= 2.68 (%)						
CONFINING PRESSURE						= 8.00 (Kg/cm2)						
COEFFICIENT OF CALIBRATION						= 0.0014788						
No	AXIAL LOAD	VOL. CHANGE	DEV. SIG	EA	EY	Q/P	ER/EA	ER	EA/DEV. SIG	DIL. SIG	DIL. SLP	
1	0.10	1800.0	50.0	2.661	0.002	0.0012	0.299	-0.1303	-0.0002	0.0006	8.6760	0.7394
2	0.20	3450.0	100.0	6.098	0.003	0.0024	0.626	-0.1303	-0.0004	0.0006	12.8613	0.9705
3	0.26	4500.0	155.0	6.651	0.004	0.0038	0.651	-0.0592	-0.0003	0.0006	13.5005	0.8562
4	0.58	7650.0	320.0	11.293	0.010	0.0078	0.960	-0.0921	-0.0009	0.0009	17.4120	0.7649
5	0.84	10450.0	455.0	16.410	0.014	0.0111	1.173	-0.0995	-0.0014	0.0009	20.8177	0.6884
6	1.16	12950.0	590.0	19.058	0.019	0.0144	1.328	-0.1239	-0.0024	0.0010	23.8890	0.6039
7	1.44	16100.0	700.0	22.178	0.024	0.0171	1.441	-0.1406	-0.0034	0.0011	26.1214	0.4929
8	1.76	17000.0	780.0	24.889	0.029	0.0193	1.627	-0.1681	-0.0049	0.0012	28.3393	0.4313
9	2.04	18900.0	876.0	27.697	0.034	0.0214	1.605	-0.1829	-0.0062	0.0012	30.2688	0.3327
10	2.36	20500.0	926.0	29.806	0.039	0.0226	1.662	-0.2102	-0.0082	0.0013	32.2641	0.3060
11	2.62	21800.0	996.0	31.765	0.043	0.0244	1.709	-0.2192	-0.0095	0.0014	34.0225	0.2834
12	2.86	23250.0	1040.0	33.552	0.049	0.0265	1.749	-0.2402	-0.0118	0.0016	35.0786	0.1908
13	3.24	24400.0	1075.0	35.071	0.054	0.0263	1.781	-0.2547	-0.0137	0.0015	36.2157	0.1431
14	3.58	25500.0	1100.0	36.457	0.059	0.0269	1.809	-0.2728	-0.0162	0.0016	37.0484	0.0739
15	3.84	26500.0	1105.0	37.718	0.064	0.0270	1.833	-0.2872	-0.0183	0.0017	38.1259	0.0510
16	4.16	27400.0	1120.0	38.793	0.069	0.0274	1.853	-0.3009	-0.0207	0.0018	39.1874	0.0493
17	4.44	28000.0	1126.0	39.450	0.073	0.0276	1.865	-0.3127	-0.0230	0.0019	39.2630	-0.0246
18	4.76	28650.0	1110.0	40.120	0.078	0.0272	1.877	-0.3276	-0.0258	0.0020	39.6271	-0.0616
19	5.04	29250.0	1100.0	40.744	0.083	0.0269	1.888	-0.3386	-0.0282	0.0020	40.3623	-0.0477
20	5.38	30000.0	1090.0	41.622	0.089	0.0267	1.901	-0.3502	-0.0312	0.0021	40.6710	-0.1188
21	5.60	30400.0	1055.0	41.870	0.093	0.0258	1.907	-0.3607	-0.0334	0.0022	40.6464	-0.1630
22	5.86	30550.0	1030.0	41.774	0.099	0.0252	1.905	-0.3722	-0.0367	0.0024	40.7676	-0.1271
23	6.24	30800.0	1000.0	42.004	0.103	0.0245	1.909	-0.3816	-0.0394	0.0025	40.6238	-0.1725
24	6.56	31000.0	960.0	41.849	0.109	0.0235	1.907	-0.3918	-0.0425	0.0026	40.1317	-0.2147
25	6.86	31050.0	910.0	41.631	0.114	0.0223	1.903	-0.4019	-0.0456	0.0027	40.2506	-0.1725
26	7.16	31100.0	890.0	41.444	0.119	0.0218	1.900	-0.4081	-0.0484	0.0029	39.9647	-0.1849
27	7.42	31250.0	840.0	41.388	0.123	0.0206	1.899	-0.4163	-0.0511	0.0030	39.6710	-0.2147
28	7.78	31100.0	800.0	40.869	0.129	0.0196	1.890	-0.4240	-0.0546	0.0032	39.6945	-0.2218
29	8.02	31050.0	750.0	40.567	0.133	0.0184	1.885	-0.4309	-0.0572	0.0033	38.7309	-0.2295
30	8.36	31050.0	710.0	40.263	0.138	0.0174	1.880	-0.4372	-0.0605	0.0034	39.0394	-0.1530
31	8.60	31000.0	690.0	39.993	0.142	0.0169	1.876	-0.4407	-0.0627	0.0036	38.6130	-0.1725
32	8.96	30900.0	640.0	39.538	0.148	0.0157	1.867	-0.4472	-0.0663	0.0038	37.6895	-0.2311
33	9.24	30650.0	590.0	38.956	0.153	0.0144	1.856	-0.4528	-0.0692	0.0039	39.8013	0.1056

*****TEST NAME :MGDO.5*** **FILE NAME :MGDO5*****												
MEAN DIAMETER = 29.60 (CM)					VOLUME COMPRESSIBILITY = 42.00 (CC)							
					INITIAL CONDITION				AFTER CONSOLIDATION			
HEIGHT (CM)					61.08				61.06			
VOLUME (CC)					42031.20				41989.20			
DRY DENSITY (g/cm3)					2.025				2.027			
WEIGHT UNDER OVEN DRY CONDITION					= 85130.10 (g)							
MEAN SPECIFIC GRAVITY UNDER OVEN DRY CONDITION					= 2.760							
MEAN PERCENTAGE OF ABSORPTION					= 2.17 (%)							
CONFINING PRESSURE					= 0.60 (Kg/cm2)							
COEFFICIENT OF CALIBRATION					= 0.0014542							
No	AXIAL	LOAD	VOL. CHANGE	DEV. SIG	EA	EY	Q/P	ER/EA	ER	EA/DEV. SIG	DIL. SIG	DIL. SLP
1	0.10	500.0	20.0	0.726	0.002	0.0005	0.979	-0.3546	-0.0006	0.0023	0.9080	0.3635
2	0.18	1200.0	45.0	1.742	0.003	0.0011	1.612	-0.3182	-0.0009	0.0017	1.9235	0.3635
3	0.26	1800.0	60.0	2.610	0.004	0.0014	1.905	-0.3322	-0.0014	0.0016	2.6197	0.0191
4	0.56	2630.0	50.0	3.794	0.009	0.0012	2.150	-0.4351	-0.0040	0.0024	3.6999	-0.1880
5	0.84	3180.0	-15.0	4.569	0.014	-0.0004	2.257	-0.5130	-0.0071	0.0030	4.3522	-0.4137
6	1.14	3590.0	-115.0	6.109	0.019	-0.0027	2.319	-0.5733	-0.0107	0.0037	4.8485	-0.5211
7	1.44	3970.0	-230.0	5.606	0.024	-0.0055	2.367	-0.6161	-0.0145	0.0042	6.3093	-0.6938
8	1.74	4200.0	-360.0	6.883	0.028	-0.0086	2.391	-0.6504	-0.0185	0.0048	6.5383	-0.6895
9	2.02	4450.0	-505.0	6.163	0.033	-0.0120	2.414	-0.6818	-0.0226	0.0054	6.8191	-0.7271
10	2.32	4630.0	-650.0	6.378	0.038	-0.0155	2.429	-0.7037	-0.0267	0.0060	6.8709	-0.8148
11	2.60	4700.0	-830.0	6.417	0.043	-0.0198	2.432	-0.7321	-0.0312	0.0066	6.8760	-0.8775
12	2.90	4780.0	-1000.0	6.467	0.047	-0.0238	2.435	-0.7607	-0.0357	0.0073	6.0306	-0.8725
13	3.20	4820.0	-1190.0	6.459	0.052	-0.0283	2.435	-0.7704	-0.0404	0.0081	6.0190	-0.8795
14	3.52	4800.0	-1375.0	6.369	0.058	-0.0327	2.428	-0.7840	-0.0452	0.0091	5.9026	-0.8331
15	3.80	4700.0	-1575.0	6.178	0.062	-0.0375	2.414	-0.8014	-0.0499	0.0101	5.7076	-0.8402
16	4.10	4610.0	-1750.0	6.003	0.067	-0.0417	2.400	-0.8103	-0.0544	0.0112	5.6490	-0.9089
17	4.40	4600.0	-1950.0	6.932	0.072	-0.0464	2.394	-0.8222	-0.0593	0.0121	5.4530	-0.9573
18	4.70	4500.0	-2145.0	6.747	0.077	-0.0511	2.378	-0.8318	-0.0640	0.0134	5.2800	-0.9331
19	5.00	4360.0	-2335.0	6.514	0.082	-0.0556	2.358	-0.8396	-0.0687	0.0148	5.0721	-0.8846
20	5.30	4230.0	-2510.0	6.300	0.087	-0.0598	2.338	-0.8443	-0.0733	0.0164	4.8944	-0.8119
21	5.60	4160.0	-2670.0	6.166	0.092	-0.0636	2.325	-0.8467	-0.0777	0.0178	4.7662	-0.7998
22	5.90	4000.0	-2840.0	4.922	0.097	-0.0676	2.299	-0.8500	-0.0821	0.0196	4.5279	-0.7877
23	6.20	3820.0	-2995.0	4.659	0.102	-0.0713	2.269	-0.8512	-0.0864	0.0218	4.3193	-0.6786
24	6.50	3750.0	-3120.0	4.636	0.106	-0.0743	2.264	-0.8490	-0.0904	0.0235	4.2327	-0.6059
25	6.80	3680.0	-3245.0	4.414	0.111	-0.0773	2.239	-0.8470	-0.0943	0.0252	4.1113	-0.6059
26	7.10	3600.0	-3370.0	4.283	0.116	-0.0803	2.222	-0.8451	-0.0983	0.0272	3.9835	-0.5981
27	7.42	3550.0	-3500.0	4.186	0.122	-0.0834	2.209	-0.8430	-0.1024	0.0290	3.9105	-0.5512
28	7.72	3560.0	-3605.0	4.165	0.126	-0.0859	2.206	-0.8395	-0.1061	0.0304	3.9103	-0.5090
29	8.02	3500.0	-3710.0	4.062	0.131	-0.0884	2.191	-0.8363	-0.1099	0.0323	3.8115	-0.5014
30	8.30	3420.0	-3805.0	3.940	0.136	-0.0906	2.173	-0.8333	-0.1133	0.0345	9.1726	10.4649

*****TEST NAME :MOD1.0*** **FILE NAME :MOD180****												
MEAN DIAMETER = 29.60 (CM)						VOLUME COMPRESSIBILITY = 280.00 (CC)						
			INITIAL CONDITION				AFTER CONSOLIDATION					
HEIGHT (CM)			61.04				60.80					
VOLUME (CC)			42003.70				41723.70					
DRY DENSITY (g/cm3)			2.027				2.040					
WEIGHT UNDER OVEN DRY CONDITION						= 85130.10 (g)						
MEAN SPECIFIC GRAVITY UNDER OVEN DRY CONDITION						= 2.760						
MEAN PERCENTAGE OF ABSORPTION						= 2.17 (%)						
CONFINING PRESSURE						= 1.00 (Kg/cm2)						
COEFFICIENT OF CALIBRATION						= 0.0014597						
No	AXIAL	LOAD	VOL. CHANGE	DEV. S10	EA	EV	Q/P'	ER/EA	ER	EA/DEV. S10	DIL. S10	DIL. SLP
1	0.10	760.0	16.0	1.137	0.002	0.0004	0.826	-0.3905	-0.0006	0.0014	1.6115	0.4744
2	0.20	1510.0	65.0	2.200	0.003	0.0016	1.269	-0.2628	-0.0009	0.0018	2.8572	0.6589
3	0.30	2030.0	105.0	2.956	0.005	0.0025	1.469	-0.2446	-0.0012	0.0017	3.3575	0.4014
4	0.60	3120.0	175.0	4.528	0.010	0.0042	1.805	-0.2871	-0.0028	0.0022	4.7717	0.2433
5	0.90	3920.0	205.0	5.665	0.015	0.0049	1.961	-0.3338	-0.0049	0.0026	5.7383	0.0730
6	1.20	4610.0	205.0	6.629	0.020	0.0049	2.065	-0.3763	-0.0074	0.0030	6.5927	-0.0365
7	1.50	6210.0	180.0	7.452	0.025	0.0046	2.139	-0.4076	-0.0100	0.0033	7.3007	-0.1510
8	1.78	6730.0	145.0	8.148	0.029	0.0035	2.193	-0.4405	-0.0129	0.0036	7.9004	-0.2476
9	2.06	6170.0	95.0	8.722	0.034	0.0023	2.232	-0.4663	-0.0158	0.0039	8.4070	-0.3146
10	2.36	6550.0	20.0	9.195	0.039	0.0005	2.262	-0.4938	-0.0191	0.0042	8.6057	-0.3893
11	2.66	6820.0	-65.0	9.506	0.044	-0.0016	2.280	-0.5178	-0.0226	0.0046	9.0677	-0.4379
12	2.96	7110.0	-160.0	9.836	0.049	-0.0038	2.299	-0.5395	-0.0262	0.0049	9.3537	-0.4826
13	3.28	7360.0	-270.0	10.100	0.054	-0.0065	2.313	-0.5601	-0.0302	0.0053	9.5698	-0.5297
14	3.68	7670.0	-385.0	10.305	0.059	-0.0092	2.324	-0.5785	-0.0340	0.0057	9.7580	-0.6474
15	3.88	7700.0	-495.0	10.400	0.064	-0.0119	2.328	-0.5931	-0.0378	0.0061	9.7963	-0.6040
16	4.16	7760.0	-625.0	10.385	0.068	-0.0160	2.328	-0.6097	-0.0416	0.0066	9.7519	-0.6325
17	4.48	7780.0	-755.0	10.334	0.074	-0.0181	2.325	-0.6230	-0.0458	0.0071	9.7746	-0.6596
18	4.76	7800.0	-855.0	10.285	0.078	-0.0205	2.323	-0.6311	-0.0493	0.0076	9.6307	-0.6544
19	5.06	7760.0	-1015.0	10.140	0.083	-0.0243	2.315	-0.6464	-0.0537	0.0082	9.4341	-0.7055
20	5.36	7670.0	-1145.0	9.938	0.088	-0.0274	2.304	-0.6559	-0.0577	0.0089	9.3297	-0.6082
21	5.66	7580.0	-1265.0	9.741	0.093	-0.0303	2.294	-0.6631	-0.0616	0.0095	9.1206	-0.6204
22	5.96	7450.0	-1400.0	9.492	0.098	-0.0336	2.280	-0.6714	-0.0657	0.0103	8.8682	-0.6239
23	6.28	7320.0	-1530.0	9.244	0.103	-0.0367	2.265	-0.6778	-0.0699	0.0112	8.6439	-0.6004
24	6.58	7240.0	-1655.0	9.067	0.108	-0.0397	2.254	-0.6836	-0.0739	0.0119	8.4830	-0.5839
25	6.88	7160.0	-1770.0	8.894	0.113	-0.0424	2.243	-0.6878	-0.0777	0.0127	8.3584	-0.6352
26	7.18	7110.0	-1875.0	8.761	0.118	-0.0449	2.235	-0.6906	-0.0814	0.0135	8.2747	-0.4866
27	7.48	7060.0	-1970.0	8.632	0.123	-0.0472	2.226	-0.6922	-0.0850	0.0142	8.1849	-0.4473
28	7.80	7020.0	-2065.0	8.513	0.128	-0.0495	2.218	-0.6932	-0.0888	0.0150	8.0755	-0.4378
29	8.08	6950.0	-2150.0	8.368	0.133	-0.0516	2.208	-0.6942	-0.0921	0.0159	7.9274	-0.4404
30	8.38	6830.0	-2240.0	8.160	0.138	-0.0537	2.194	-0.6951	-0.0956	0.0169	7.7342	-0.4257
31	8.68	6780.0	-2325.0	8.038	0.143	-0.0557	2.185	-0.6955	-0.0991	0.0177	7.6382	-0.4002
32	9.00	6690.0	-2410.0	7.868	0.148	-0.0578	2.172	-0.6954	-0.1028	0.0188	7.4908	-0.3771
33	9.28	6610.0	-2480.0	7.720	0.152	-0.0594	2.160	-0.6950	-0.1059	0.0197	7.3288	-0.3909

*****TEST NAME :M0D1.5*** **FILE NAME :M0D185****												
MEAN DIAMETER = 29.60 (CM)				VOLUME COMPRESSIBILITY = 345.00 (CC)								
				INITIAL CONDITION				AFTER CONSOLIDATION				
HEIGHT (CM)				60.96				60.78				
VOLUME (CC)				41948.70				41603.70				
DRY DENSITY (g/cm3)				2.029				2.046				
WEIGHT UNDER OVEN DRY CONDITION = 85130.10 (g)												
MEAN SPECIFIC GRAVITY UNDER OVEN DRY CONDITION = 2.760												
MEAN PERCENTAGE OF ABSORPTION = 2.17 (%)												
CONFINING PRESSURE = 1.50 (Kg/cm2)												
COEFFICIENT OF CALIBRATION = 0.0014612												
No	AXIAL LOAD	VOL. CHANGE	DEV. SIG	EA	EY	Q/P'	ER/EA	ER	EA/DEV. SIG	DIL. SIG	DIL. SLP	
1	0.08	890.0	30.0	1.300	0.001	0.0007	0.672	-0.2260	-0.0003	0.0010	2.3957	0.7306
2	0.16	1780.0	80.0	2.599	0.003	0.0019	1.098	-0.1347	-0.0004	0.0010	3.7660	0.7712
3	0.26	2360.0	125.0	3.473	0.004	0.0030	1.307	-0.1487	-0.0006	0.0012	4.2520	0.5191
4	0.64	3650.0	215.0	6.314	0.009	0.0052	1.624	-0.2091	-0.0019	0.0017	6.8994	0.3905
5	0.84	4620.0	280.0	6.703	0.014	0.0067	1.795	-0.2565	-0.0035	0.0021	7.0498	0.2314
6	1.14	5490.0	310.0	7.931	0.019	0.0076	1.914	-0.3013	-0.0057	0.0024	8.1135	0.1218
7	1.44	6250.0	330.0	8.988	0.024	0.0079	1.999	-0.3326	-0.0079	0.0026	9.0608	0.0487
8	1.74	6900.0	330.0	9.872	0.029	0.0079	2.061	-0.3614	-0.0103	0.0029	9.8175	-0.0365
9	2.04	7630.0	315.0	10.715	0.034	0.0076	2.113	-0.3872	-0.0130	0.0031	10.6324	-0.1218
10	2.34	8040.0	280.0	11.373	0.038	0.0067	2.149	-0.4126	-0.0159	0.0034	11.0822	-0.2070
11	2.64	8430.0	230.0	11.849	0.043	0.0065	2.174	-0.4363	-0.0189	0.0037	11.4287	-0.2801
12	2.94	8750.0	165.0	12.216	0.048	0.0040	2.192	-0.4580	-0.0222	0.0040	11.6869	-0.3527
13	3.22	8970.0	90.0	12.440	0.053	0.0022	2.203	-0.4786	-0.0254	0.0043	11.8353	-0.4031
14	3.52	9100.0	8.0	12.629	0.058	0.0001	2.207	-0.4990	-0.0289	0.0046	11.8896	-0.4262
15	3.82	9240.0	-85.0	12.628	0.063	-0.0020	2.212	-0.5163	-0.0324	0.0050	11.9518	-0.4505
16	4.12	9360.0	-180.0	12.695	0.068	-0.0043	2.215	-0.5319	-0.0360	0.0053	11.9847	-0.4871
17	4.42	9440.0	-285.0	12.704	0.073	-0.0069	2.215	-0.5471	-0.0398	0.0057	11.8264	-0.5185
18	4.74	9450.0	-400.0	12.611	0.078	-0.0096	2.211	-0.5617	-0.0438	0.0062	11.7800	-0.5539
19	5.04	9420.0	-620.0	12.468	0.083	-0.0126	2.204	-0.5764	-0.0477	0.0068	11.5911	-0.5845
20	5.34	9350.0	-840.0	12.274	0.088	-0.0154	2.195	-0.5876	-0.0516	0.0072	11.4335	-0.6601
21	5.64	9260.0	-750.0	12.058	0.093	-0.0180	2.185	-0.5972	-0.0554	0.0077	11.2647	-0.6358
22	5.94	9180.0	-860.0	11.871	0.088	-0.0207	2.175	-0.6058	-0.0592	0.0082	11.0876	-0.6358
23	6.24	9100.0	-970.0	11.661	0.103	-0.0233	2.165	-0.6136	-0.0630	0.0088	10.8761	-0.6236
24	6.64	9000.0	-1076.0	11.441	0.108	-0.0258	2.153	-0.6201	-0.0667	0.0094	10.6736	-0.6114
25	6.84	8900.0	-1180.0	11.224	0.113	-0.0284	2.141	-0.6260	-0.0704	0.0100	10.4198	-0.6358
26	7.14	8770.0	-1295.0	10.969	0.117	-0.0311	2.127	-0.6325	-0.0743	0.0107	10.1731	-0.6303
27	7.46	8630.0	-1405.0	10.702	0.123	-0.0338	2.112	-0.6378	-0.0782	0.0115	9.9582	-0.4949
28	7.76	8510.0	-1605.0	10.469	0.128	-0.0362	2.098	-0.6417	-0.0819	0.0122	9.7668	-0.4749
29	8.06	8370.0	-1600.0	10.216	0.133	-0.0385	2.083	-0.6450	-0.0855	0.0130	9.5038	-0.4749
30	8.36	8220.0	-1700.0	9.953	0.138	-0.0409	2.066	-0.6486	-0.0892	0.0138	9.2812	-0.4478
31	8.68	8100.0	-1790.0	9.728	0.143	-0.0430	2.051	-0.6507	-0.0929	0.0147	9.0912	-0.4242
32	8.98	8010.0	-1880.0	9.544	0.148	-0.0452	2.039	-0.6530	-0.0965	0.0155	8.9415	-0.4018
33	9.28	7960.0	-1955.0	9.414	0.153	-0.0470	2.030	-0.6539	-0.0998	0.0162	8.9547	-0.3059

*****TEST NAME :M0D2.0*** **FILE NAME :M0D2#0****												
MEAN DIAMETER = 29.60 (CM)						VOLUME COMPRESSIBILITY = 389.00 (CC)						
			INITIAL CONDITION				AFTER CONSOLIDATION					
HEIGHT (CM)			61.02				60.84					
VOLUME (CC)			41889.90				41609.90					
DRY DENSITY (g/cm3)			2.027				2.046					
WEIGHT UNDER OVEN DRY CONDITION = 85130.10 (g)												
MEAN SPECIFIC GRAVITY UNDER OVEN DRY CONDITION = 2.760												
MEAN PERCENTAGE OF ABSORPTION = 2.17 (%)												
CONFINING PRESSURE = 2.00 (Kg/cm2)												
COEFFICIENT OF CALIBRATION = 0.0014621												
No	AXIAL	LOAD	VOL. CHANGE	DEV. SIO	EA	EV	Q/P*	ER/EA	ER	EA/DEV. SIO	DIL. SIO	DIL. SLP
1	0.02	80.0	0.0	0.132	0.000	0.0000	0.064	-0.6000	-0.0002	0.0025	0.8438	0.4061
2	0.18	1230.0	50.0	1.795	0.003	0.0012	0.691	-0.2859	-0.0009	0.0016	3.2572	0.7310
3	0.22	2160.0	100.0	3.164	0.004	0.0024	1.034	-0.1677	-0.0006	0.0011	4.6733	0.7095
4	0.52	3840.0	215.0	6.695	0.009	0.0052	1.448	-0.1977	-0.0017	0.0016	6.7648	0.6798
5	0.80	4860.0	330.0	7.068	0.013	0.0078	1.623	-0.1985	-0.0026	0.0019	7.8236	0.3777
6	1.12	6000.0	370.0	8.688	0.018	0.0089	1.776	-0.2585	-0.0048	0.0021	9.0536	0.1828
7	1.40	6760.0	405.0	9.737	0.023	0.0097	1.856	-0.2885	-0.0066	0.0024	10.0046	0.1340
8	1.72	7530.0	425.0	10.808	0.028	0.0102	1.929	-0.3184	-0.0090	0.0026	10.8790	0.0853
9	2.00	8100.0	440.0	11.676	0.033	0.0106	1.976	-0.3392	-0.0112	0.0028	11.6767	0.0000
10	2.32	8760.0	425.0	12.446	0.038	0.0102	2.024	-0.3661	-0.0140	0.0031	12.2513	-0.0975
11	2.60	9240.0	400.0	13.058	0.043	0.0096	2.055	-0.3876	-0.0166	0.0033	12.7651	-0.1462
12	2.92	9660.0	365.0	13.665	0.048	0.0088	2.080	-0.4086	-0.0186	0.0035	13.1864	-0.1891
13	3.18	10050.0	325.0	14.035	0.052	0.0078	2.102	-0.4263	-0.0222	0.0037	13.4565	-0.2894
14	3.40	10280.0	270.0	14.297	0.056	0.0065	2.113	-0.4419	-0.0247	0.0039	13.8335	-0.2316
15	3.78	10500.0	230.0	14.478	0.062	0.0055	2.121	-0.4555	-0.0283	0.0043	13.9904	-0.2437
16	4.12	10860.0	150.0	14.856	0.068	0.0036	2.137	-0.4734	-0.0321	0.0046	14.1251	-0.3655
17	4.40	10980.0	75.0	14.919	0.072	0.0018	2.140	-0.4876	-0.0353	0.0048	14.2338	-0.3427
18	4.76	11100.0	0.0	14.959	0.078	0.0000	2.141	-0.5000	-0.0391	0.0052	14.4107	-0.2741
19	5.20	11100.0	-75.0	14.816	0.085	-0.0018	2.135	-0.5105	-0.0436	0.0058	14.6056	-0.4047
20	5.32	11220.0	-155.0	14.914	0.087	-0.0037	2.139	-0.5213	-0.0456	0.0059	13.7080	-0.6031
21	5.60	11260.0	-240.0	14.888	0.092	-0.0058	2.138	-0.5313	-0.0489	0.0062	14.1326	-0.3777
22	5.92	11250.0	-310.0	14.738	0.097	-0.0075	2.132	-0.5383	-0.0524	0.0066	13.9580	-0.3899
23	6.20	11440.0	-400.0	14.878	0.102	-0.0096	2.138	-0.5472	-0.0558	0.0068	14.0293	-0.4245
24	6.54	11370.0	-490.0	14.664	0.108	-0.0118	2.129	-0.5548	-0.0596	0.0073	13.8871	-0.3884
25	6.84	11400.0	-570.0	14.694	0.112	-0.0137	2.126	-0.5609	-0.0631	0.0077	13.8389	-0.3773
26	7.16	11370.0	-650.0	14.442	0.118	-0.0156	2.119	-0.5664	-0.0667	0.0081	13.6844	-0.4285
27	7.42	11310.0	-740.0	14.265	0.122	-0.0178	2.112	-0.5729	-0.0699	0.0085	13.4838	-0.3907
28	7.74	11250.0	-805.0	14.063	0.127	-0.0193	2.104	-0.5760	-0.0733	0.0090	13.3977	-0.3427
29	8.06	11130.0	-890.0	13.821	0.132	-0.0214	2.092	-0.5807	-0.0769	0.0096	13.1372	-0.3419
30	8.36	11100.0	-950.0	13.686	0.137	-0.0228	2.086	-0.5831	-0.0801	0.0100	13.0770	-0.3046
31	8.66	11040.0	-1015.0	13.514	0.142	-0.0244	2.078	-0.5857	-0.0834	0.0105	9.1276	-2.1931

*****TEST NAME :M0D4.0*** **FILE NAME :M0D4#0****												
MEAN DIAMETER = 29.60 (CM)						VOLUME COMPRESSIBILITY = 642.00 (CC)						
INITIAL CONDITION						AFTER CONSOLIDATION						
HEIGHT (CM)						60.90						
VOLUME (CC)						41907.40						
DRY DENSITY (g/cm3)						2.031						
WEIGHT UNDER OVEN DRY CONDITION						= 85130.10 (g)						
MEAN SPECIFIC GRAVITY UNDER OVEN DRY CONDITION						= 2.760						
MEAN PERCENTAGE OF ABSORPTION						= 2.17 (%)						
CONFINING PRESSURE						= 4.00 (Kg/cm2)						
COEFFICIENT OF CALIBRATION						= 0.0014683						
No	AXIAL	LOAD	VOL. CHANGE	DEV. SIO	EA	EV	Q/P*	ER/EA	ER	EA/DEV. SIO	DIL. SIO	DIL. SLP
1	0.16	1350.0	25.0	1.978	0.003	0.0006	0.425	-0.3853	-0.0010	0.0013	4.6210	0.6607
2	0.20	2100.0	90.0	3.080	0.003	0.0022	0.613	-0.1696	-0.0006	0.0011	8.1140	1.2685
3	0.30	2760.0	145.0	4.047	0.005	0.0035	0.767	-0.1452	-0.0007	0.0012	6.3059	0.7148
4	0.68	4500.0	275.0	6.688	0.010	0.0067	1.063	-0.1519	-0.0015	0.0015	9.3613	0.6934
5	0.84	6060.0	400.0	8.860	0.014	0.0097	1.274	-0.1604	-0.0021	0.0016	11.1387	0.5696
6	1.16	7500.0	500.0	10.934	0.019	0.0121	1.430	-0.1836	-0.0035	0.0018	12.6915	0.4144
7	1.46	8640.0	575.0	12.655	0.024	0.0139	1.634	-0.2109	-0.0051	0.0019	14.1213	0.3915
8	1.76	9930.0	660.0	14.387	0.029	0.0160	1.636	-0.2247	-0.0065	0.0020	15.8549	0.3671
9	2.02	10950.0	715.0	15.816	0.033	0.0173	1.706	-0.2401	-0.0080	0.0021	16.8924	0.2692
10	2.36	11940.0	770.0	17.169	0.039	0.0187	1.766	-0.2605	-0.0101	0.0023	18.0213	0.2131
11	2.64	12900.0	805.0	18.476	0.044	0.0195	1.819	-0.2761	-0.0120	0.0024	19.1611	0.1713
12	2.86	13560.0	840.0	19.331	0.049	0.0204	1.851	-0.2917	-0.0142	0.0025	19.8026	0.1180
13	3.20	14250.0	850.0	20.235	0.053	0.0206	1.883	-0.3050	-0.0161	0.0026	20.3435	0.0272
14	3.50	15000.0	850.0	21.188	0.058	0.0206	1.915	-0.3217	-0.0186	0.0027	21.1884	0.0000
15	3.80	15690.0	850.0	22.047	0.063	0.0206	1.943	-0.3358	-0.0211	0.0028	21.9976	-0.0122
16	4.10	16200.0	845.0	22.640	0.068	0.0205	1.961	-0.3487	-0.0236	0.0030	22.3779	-0.0555
17	4.36	16740.0	825.0	23.278	0.072	0.0200	1.979	-0.3611	-0.0260	0.0031	22.7109	-0.1412
18	4.62	16950.0	795.0	23.441	0.076	0.0193	1.984	-0.3737	-0.0285	0.0033	22.7781	-0.1658
19	4.98	17370.0	755.0	23.844	0.082	0.0183	1.996	-0.3887	-0.0319	0.0034	23.1809	-0.1658
20	5.24	17730.0	725.0	24.206	0.086	0.0176	2.006	-0.3984	-0.0345	0.0036	23.4723	-0.1835
21	5.58	18030.0	680.0	24.438	0.092	0.0165	2.012	-0.4105	-0.0378	0.0038	23.4904	-0.2368
22	5.86	18240.0	625.0	24.663	0.097	0.0161	2.015	-0.4217	-0.0408	0.0039	23.6354	-0.2669
23	6.18	18420.0	575.0	24.630	0.102	0.0139	2.017	-0.4317	-0.0440	0.0041	23.6409	-0.2723
24	6.48	18570.0	510.0	24.655	0.107	0.0124	2.018	-0.4422	-0.0473	0.0043	23.6409	-0.2534
25	6.80	18660.0	468.0	24.602	0.112	0.0113	2.016	-0.4495	-0.0504	0.0046	23.4883	-0.2785
26	7.06	18630.0	400.0	24.403	0.117	0.0097	2.011	-0.4584	-0.0534	0.0048	23.1071	-0.3240
27	7.38	18600.0	340.0	24.183	0.122	0.0082	2.005	-0.4662	-0.0568	0.0050	22.8123	-0.3426
28	7.66	18600.0	260.0	24.009	0.126	0.0063	2.000	-0.4751	-0.0601	0.0053	22.6382	-0.3426
29	7.98	18570.0	200.0	23.780	0.132	0.0048	1.994	-0.4816	-0.0634	0.0055	22.6760	-0.3038
30	8.24	18360.0	140.0	23.371	0.136	0.0034	1.982	-0.4876	-0.0663	0.0058	22.0982	-0.3181
31	8.66	18360.0	70.0	23.178	0.142	0.0017	1.977	-0.4940	-0.0700	0.0061	7.1474	-4.0080

*****TEST NAME :MOD6.0*** **FILE NAME :MOD600****												
MEAN DIAMETER = 29.60 (CM)						VOLUME COMPRESSIBILITY = 972.00 (CC)						
INITIAL CONDITION				AFTER CONSOLIDATION								
HEIGHT (CM)				61.06				60.69				
VOLUME (CC)				42017.60				41045.60				
DRY DENSITY (g/cm3)				2.026				2.074				
WEIGHT UNDER OVEN DRY CONDITION = 85130.10 (g)												
MEAN SPECIFIC GRAVITY UNDER OVEN DRY CONDITION = 2.760												
MEAN PERCENTAGE OF ABSORPTION = 2.17 (%)												
CONFINING PRESSURE = 6.00 (Kg/cm2)												
COEFFICIENT OF CALIBRATION = 0.0014762												
No	AXIAL	LOAD	VOL. CHANGE	DEV. SIG	EA	EV	O/P*	ER/EA	ER	EA/DEV. SIG	DIL. SIG	DIL. SLP
1	0.08	1050.0	30.0	1.549	0.001	0.0007	0.238	-0.2232	-0.0003	0.0009	6.2938	0.7908
2	0.14	2250.0	75.0	3.320	0.002	0.0018	0.467	-0.1046	-0.0002	0.0007	8.1810	0.8118
3	0.28	3400.0	140.0	6.013	0.005	0.0034	0.653	-0.1310	-0.0006	0.0009	9.8948	0.8303
4	0.64	5000.0	300.0	7.369	0.009	0.0073	0.871	-0.0900	-0.0008	0.0012	12.1027	0.7890
5	0.66	7600.0	450.0	11.182	0.014	0.0110	1.150	-0.1138	-0.0016	0.0013	15.2415	0.6766
6	1.14	9650.0	675.0	14.176	0.019	0.0140	1.322	-0.1277	-0.0024	0.0013	17.6705	0.6659
7	1.46	11250.0	680.0	16.480	0.024	0.0166	1.434	-0.1562	-0.0038	0.0016	19.6336	0.6090
8	1.72	12750.0	775.0	18.638	0.028	0.0189	1.626	-0.1674	-0.0048	0.0016	21.2956	0.4428
9	2.06	14050.0	860.0	20.464	0.034	0.0210	1.698	-0.1919	-0.0065	0.0017	22.6063	0.3571
10	2.34	15400.0	925.0	22.358	0.039	0.0225	1.662	-0.2082	-0.0080	0.0017	24.2776	0.3188
11	2.66	16500.0	990.0	23.863	0.044	0.0241	1.710	-0.2263	-0.0099	0.0018	25.5603	0.2829
12	2.94	17600.0	1040.0	25.218	0.049	0.0253	1.751	-0.2389	-0.0116	0.0019	26.4728	0.2091
13	3.26	18450.0	1075.0	26.463	0.054	0.0262	1.786	-0.2666	-0.0138	0.0020	27.4221	0.1599
14	3.64	19200.0	1105.0	27.424	0.058	0.0269	1.811	-0.2696	-0.0158	0.0021	28.3101	0.1476
15	3.86	20000.0	1135.0	28.428	0.064	0.0277	1.837	-0.2830	-0.0180	0.0022	29.0711	0.1071
16	4.16	20600.0	1150.0	29.137	0.069	0.0280	1.854	-0.2960	-0.0203	0.0024	29.3514	0.0357
17	4.48	21400.0	1150.0	30.097	0.074	0.0280	1.877	-0.3105	-0.0230	0.0025	30.0970	0.0000
18	4.74	22000.0	1150.0	30.798	0.078	0.0280	1.893	-0.3209	-0.0251	0.0025	30.7976	0.0000
19	5.06	22500.0	1150.0	31.317	0.084	0.0280	1.905	-0.3323	-0.0277	0.0027	31.2432	-0.0123
20	5.34	23000.0	1145.0	31.848	0.088	0.0279	1.917	-0.3417	-0.0301	0.0028	31.5523	-0.0492
21	5.66	23400.0	1130.0	32.202	0.093	0.0275	1.924	-0.3526	-0.0329	0.0029	31.7016	-0.0833
22	5.98	23750.0	1110.0	32.489	0.098	0.0270	1.930	-0.3625	-0.0357	0.0030	31.9540	-0.0891
23	6.24	23900.0	1095.0	32.514	0.103	0.0267	1.931	-0.3705	-0.0382	0.0032	31.7370	-0.1295
24	6.53	24200.0	1060.0	32.718	0.108	0.0258	1.935	-0.3802	-0.0410	0.0033	32.2010	-0.0861
25	6.84	24300.0	1060.0	32.665	0.113	0.0258	1.934	-0.3856	-0.0435	0.0035	31.7933	-0.1452
26	7.14	24500.0	1000.0	32.700	0.118	0.0244	1.935	-0.3966	-0.0467	0.0036	31.2243	-0.2460
27	7.44	24500.0	960.0	32.485	0.123	0.0234	1.930	-0.4048	-0.0497	0.0038	31.6682	-0.1527
28	7.72	24500.0	940.0	32.297	0.127	0.0229	1.926	-0.4101	-0.0523	0.0039	31.4115	-0.1476
29	8.04	24550.0	900.0	32.135	0.133	0.0219	1.923	-0.4174	-0.0554	0.0041	30.9924	-0.1905
30	8.34	24700.0	860.0	32.115	0.138	0.0210	1.922	-0.4239	-0.0583	0.0043	31.0436	-0.1786
31	8.66	24650.0	825.0	31.826	0.143	0.0201	1.916	-0.4297	-0.0614	0.0045	30.8333	-0.1654
32	8.92	24650.0	795.0	31.643	0.147	0.0194	1.912	-0.4342	-0.0639	0.0047	30.5359	-0.1845
33	9.26	24550.0	750.0	31.272	0.153	0.0183	1.904	-0.4402	-0.0673	0.0049	32.0616	0.1316

*****TEST NAME :MOD5.0*** **FILE NAME :MOD500****												
MEAN DIAMETER = 29.60 (CM)					VOLUME COMPRESSIBILITY = 1076.00 (CC)							
INITIAL CONDITION					AFTER CONSOLIDATION							
HEIGHT (CM)					60.97				60.45			
VOLUME (CC)					41955.60				40880.60			
DRY DENSITY (g/cm3)					2.029				2.082			
WEIGHT UNDER OVEN DRY CONDITION					= 85130.10 (g)							
MEAN SPECIFIC GRAVITY UNDER OVEN DRY CONDITION					= 2.760							
MEAN PERCENTAGE OF ABSORPTION					= 2.17 (%)							
CONFINING PRESSURE					= 8.00 (Kg/cm2)							
COEFFICIENT OF CALIBRATION					= 0.0014787							
No	AXIAL	LOAD	VOL. CHANGE	DEV. SIG	EA	EV	O/P*	ER/EA	ER	EA/DEV. SIG	DIL. SIG	DIL. SLP
1	0.08	1000.0	15.0	1.477	0.001	0.0004	0.174	-0.3614	-0.0005	0.0009	4.7632	0.4107
2	0.18	2150.0	50.0	3.174	0.003	0.0012	0.350	-0.2946	-0.0009	0.0009	9.0883	0.7393
3	0.26	3200.0	105.0	4.724	0.004	0.0026	0.493	-0.2014	-0.0009	0.0009	11.3776	0.8318
4	0.58	5750.0	275.0	8.478	0.010	0.0067	0.783	-0.1495	-0.0014	0.0011	14.7869	0.7886
5	0.86	8400.0	425.0	12.373	0.014	0.0104	1.021	-0.1346	-0.0019	0.0011	18.1856	0.7266
6	1.16	10600.0	660.0	15.587	0.019	0.0137	1.181	-0.1431	-0.0027	0.0012	20.9916	0.6756
7	1.44	12750.0	690.0	18.720	0.024	0.0169	1.315	-0.1457	-0.0035	0.0013	23.3532	0.6792
8	1.76	14750.0	795.0	21.596	0.029	0.0194	1.421	-0.1660	-0.0048	0.0013	25.6386	0.4929
9	2.04	16500.0	890.0	24.100	0.034	0.0218	1.603	-0.1774	-0.0060	0.0014	27.2540	0.3943
10	2.36	17950.0	955.0	26.116	0.039	0.0234	1.563	-0.2008	-0.0078	0.0015	28.8696	0.3442
11	2.62	19450.0	1025.0	28.221	0.043	0.0251	1.621	-0.2108	-0.0091	0.0015	30.8830	0.3327
12	2.96	20700.0	1090.0	29.907	0.049	0.0267	1.664	-0.2277	-0.0112	0.0016	32.2528	0.2932
13	3.20	21800.0	1140.0	31.405	0.053	0.0279	1.700	-0.2366	-0.0126	0.0017	33.0945	0.2112
14	3.52	22900.0	1170.0	32.830	0.058	0.0286	1.733	-0.2543	-0.0148	0.0018	33.9744	0.1431
15	3.82	23900.0	1200.0	34.108	0.063	0.0294	1.761	-0.2677	-0.0169	0.0019	35.1260	0.1271
16	4.16	24700.0	1225.0	35.061	0.069	0.0300	1.781	-0.2823	-0.0194	0.0020	35.8492	0.0986
17	4.42	25500.0	1240.0	36.043	0.073	0.0303	1.801	-0.2926	-0.0214	0.0020	36.3383	0.0370
18	4.76	26100.0	1240.0	36.667	0.079	0.0303	1.813	-0.3074	-0.0242	0.0021	36.7687	0.0127
19	5.00	26750.0	1245.0	37.423	0.083	0.0305	1.828	-0.3169	-0.0261	0.0022	37.4227	0.0000
20	5.36	27250.0	1240.0	37.870	0.089	0.0303	1.836	-0.3290	-0.0292	0.0023	37.4883	-0.0477
21	5.62	27800.0	1225.0	38.437	0.093	0.0300	1.847	-0.3388	-0.0316	0.0024	37.7473	-0.0863
22	5.96	28000.0	1205.0	38.454	0.099	0.0295	1.847	-0.3505	-0.0346	0.0026	37.8629	-0.0739
23	6.22	28500.0	1195.0	38.946	0.103	0.0292	1.856	-0.3560	-0.0368	0.0026	37.8883	-0.1320
24	6.52	28650.0	1165.0	38.894	0.108	0.0283	1.855	-0.3690	-0.0398	0.0028	37.8739	-0.1275
25	6.80	29000.0	1145.0	39.155	0.112	0.0280	1.860	-0.3765	-0.0422	0.0029	38.1380	-0.1271
26	7.16	29100.0	1100.0	38.982	0.118	0.0269	1.857	-0.3864	-0.0458	0.0030	37.6462	-0.1669
27	7.42	29300.0	1075.0	39.034	0.123	0.0263	1.858	-0.3929	-0.0482	0.0031	37.8508	-0.1479
28	7.76	29500.0	1040.0	39.014	0.128	0.0264	1.857	-0.4009	-0.0515	0.0033	37.6338	-0.1725
29	8.02	29500.0	1005.0	38.787	0.133	0.0246	1.853	-0.4074	-0.0540	0.0034	37.2030	-0.1980
30	8.32	29500.0	965.0	38.627	0.138	0.0236	1.848	-0.4142	-0.0570	0.0036	37.2010	-0.1657
31	8.60	29500.0	940.0	38.296	0.142	0.0230	1.844	-0.4192	-0.0596	0.0037	36.9768	-0.1649
32	8.90	29500.0	900.0	38.034	0.147	0.0220	1.839	-0.4263	-0.0626	0.0039	36.4567	-0.1972
33	9.20	29450.0	860.0	37.713	0.162	0.0210	1.833	-0.4309	-0.0656	0.0040	36.9067	0.1495

森吉山ダムロック材料試験

ISSN 0386-5878

土研資料 第2885号

平成2年5月(1990)

フィルダム研究室

室長

松本 徳久

研究員

豊田 光雄

伊藤 基博

要 旨

本報告は、森吉山ダム原石山候補2地点の岩石(安山岩と玄武岩)のせん断強度特性を把握することを目的とする。

材料試験は、比重吸水率試験、点載荷圧裂試験、締固め試験、三軸圧縮試験を行い、物理的特性、締固め特性、せん断強度特性、変形特性としてとりまとめた。

結果として、2種類の岩石のせん断強度特性等には、大きな差は生じないことが認められた。

キーワード: フィルダム, ロック材料, 安山岩, 玄武岩, 三軸圧縮試験, 内部摩擦角, 変形特性

郵便はがき

3 0 5 - □ □

四十一円切
手をはって
下さい。

建設省土木研究所

フィルダム研究室

行

茨城県つくば市旭一番地

No. 36

No. 36

配布先住所

配布先氏名

○

土木研究所資料 第 2 8 8 5 号 部

上記のとおり受領しました。

所 属 (住所)

氏 名 印

○

土木研究所資料第2785号

森吉山ダムロック材料試験