

土木研究所資料

羽地ダムロック材(輝緑凝灰岩)の 材料試験 その2

—主にロック材の内部摩擦角の拘束圧依存性に関して—

昭和63年12月

建設省土木研究所
フィルダム研究室

Copyright © (1988) 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、複写は、土木研究所長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。

羽地ダムロック材(輝緑凝灰岩)の 材料試験 その2

—主にロック材の内部摩擦角の拘束圧依存性に関して—

フィルダム研究室 室長 松本 徳久
研究員 豊田 光雄
正 国 之 弘

要 旨

羽地ダムは羽地大川水系羽地大川に、多目的ダムとして計画中の堤高が66.5mのロックフィルダムである。

本報告は、ロック材として用いられる輝緑凝灰岩の内部摩擦角の拘束圧依存性に着目した三軸試験を行ない、気乾・飽和状態のちがいによる内部摩擦角の拘束圧依存性等を明らかにすることを目的としている。また、平面すべり等において、内部摩擦角の拘束圧依存性に着目した安定解析を行ない、従来の方法と安全率の比較検討を行った。

キーワード：フィルダム，ロック材料，輝緑凝灰岩，三軸圧縮試験，せん断強度，変形係数，すべり安全率

目 次

はじめに	1
1. ロック材（輝緑凝灰岩）の材料試験	2
1.1 試験材料	2
1.2 岩石の物性値	3
① 比重および吸水量	3
② 一軸圧縮強度	4
③ 点載荷圧裂強度	4
1.3 締固め特性	6
① 突固めエネルギーと密度および破砕率	6
② 最大・最小密度	7
1.4 拘束圧の変化に伴うせん断強度の特性（気乾・飽和）	9
① 試験条件	9
② 等方圧密による供試体の変化	10
③ 応力・ひずみ曲線	11
④ モールの応力円	12
⑤ 側圧と軸ひずみおよび体積ひずみ	13
⑥ 最大主応力, 最小主応力	13
⑦ 側圧と ϕ_0	14
⑧ 側圧とダイレイタンス比	14
⑨ 側圧と破砕率	15
⑩ $p-q$ 曲線	15
⑪ 垂直応力とせん断強度	16
1.5 拘束圧の変化に伴う変形特性（気乾・飽和）	19
① 側圧と変形係数	19
② 側圧とポアソン比	21
2. 内部摩擦角の拘束圧依存性に着目した安定解析の一例	24
2.1 平面すべりによる安全率の比較	24
2.2 円弧すべりによる安全率の比較	28
3. まとめと今後の問題点	31
4. 補足資料（築堤解析）	34

目 次

はじめに	1
1. ロック材（輝緑凝灰岩）の材料試験	2
1.1 試験材料	2
1.2 岩石の物性値	3
① 比重および吸水量	3
② 一軸圧縮強度	4
③ 点載荷圧裂強度	4
1.3 締固め特性	6
① 突固めエネルギーと密度および破砕率	6
② 最大・最小密度	7
1.4 拘束圧の変化に伴うせん断強度の特性（気乾・飽和）	9
① 試験条件	9
② 等方圧密による供試体の変化	10
③ 応力・ひずみ曲線	11
④ モールの応力円	12
⑤ 側圧と軸ひずみおよび体積ひずみ	13
⑥ 最大主応力, 最小主応力	13
⑦ 側圧と ϕ_0	14
⑧ 側圧とダイレイタンス比	14
⑨ 側圧と破砕率	15
⑩ $p-q$ 曲線	15
⑪ 垂直応力とせん断強度	16
1.5 拘束圧の変化に伴う変形特性（気乾・飽和）	19
① 側圧と変形係数	19
② 側圧とポアソン比	21
2. 内部摩擦角の拘束圧依存性に着目した安定解析の一例	24
2.1 平面すべりによる安全率の比較	24
2.2 円弧すべりによる安全率の比較	28
3. まとめと今後の問題点	31
4. 補足資料（築堤解析）	34

はじめに

羽地ダムではロック材として輝緑凝灰岩が利用されることになっている。これまでにフィルダム研究室では輝緑凝灰岩についてはS 6 1年度に①岩石の物理的性質および劣化の度合、②締固め特性、③透水係数、④せん断強度に関する試験を行ない設計値を決めてきたところである。

ところで、このなかのせん断強度については、側圧で $2 \sim 6.0 \text{ kg f/cm}^2$ の範囲でモールの破壊包絡線を直線とみなして、内部摩擦角を求め、せん断強度は見掛けの粘着力成分を無視し垂直応力に一樣の内部摩擦角を乗じた値としてきた。しかし、モールの破壊包絡線は、拘束圧が大きくなるにつれてカーブする傾向にある。つまり、内部摩擦角は拘束圧が大きくなるにつれて減少していくわけであり、内部摩擦角を拘束圧に無関係に同じ値として、評価するには問題があると考えられる。

本報告は、ロック材（輝緑凝灰岩）の内部摩擦角の拘束圧依存性に着目した三軸試験を行ない、気乾・飽和状態のちがいによる内部摩擦角の拘束圧依存性等を明らかにすることを目的としている。また平面すべり等において内部摩擦角の拘束圧依存性に着目した安定解析を行ない、従来の方法と安全率の比較検討を行った。

1. ロック材（輝緑凝灰岩）の材料試験

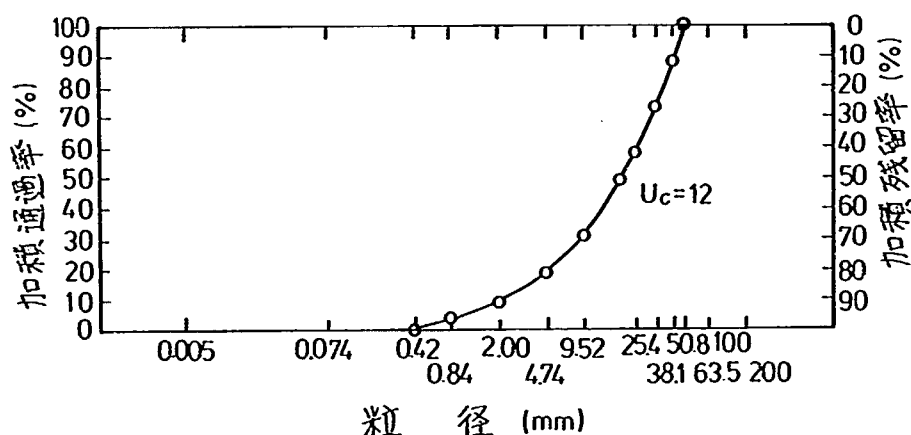
1.1 試験材料

ロック原石山の輝緑凝灰岩には泥質輝緑凝灰岩と砂質輝緑凝灰岩の2種類がある。これらの鉱物的特徴は、表-1¹⁾に示すとおりである。このうち、試験材料には砂質系より軟質と考えられる泥質輝緑凝灰岩を用いた。

表-1 輝緑凝灰岩の鉱物成分

	泥質輝緑凝灰岩 M-Sch	砂質輝緑凝灰岩 S-Sch
鉱物成分	輝石 } 角閃石 } → 緑泥石 (比重3.0程度) 斜長石	斜長石 (比重2.6~2.7) 緑泥石
色調および硬さ	暗緑色~緑色 中硬~やや軟	緑灰色~灰緑色 中硬

材料は、R-1原石山の露頭部（T-1地区）より採取したものを使用した。締め試験および三軸圧縮試験に用いる材料の粒度を図-1に示す。最大粒径63.5mm、最小粒度0.42mm、均等係数12、4.76mmの通過率が20%のものである。



粒 径 (mm)	63.5~ 50.8	50.8~ 38.1	38.1~ 25.4	25.4~ 19.1	19.1~ 9.52	9.52~ 4.76	4.76~ 2.00	2.00~ 0.84	0.84~ 0.42
加減残留率 (%)	8	23	38	47	66	80	91	97	100
各粒径毎の 残留率(%)	8	15	15	9	19	14	11	8	3
最大粒径 最小粒径	63.5mm 0.42mm	D ₆₀ 粒径	24.5mm	D ₁₀ 粒径	2.1mm	均等係数	12	4.76mmの 通過率	20%

図-1 試験粒度

1.2 岩石の物性値

①比重および吸水量

ロック材の比重および吸水量はJIS-A-1110、JIS-A-1202の規準に従い求めた。試験結果を表-2および図-2に示す。ここで示す表乾比重(G_a)、絶乾比重(G_b)、真比重(G_g)および吸水量(Q)は式1.2.1によって求めたものである。

$$G_a = \frac{B}{B - C} \quad G_b = \frac{A}{B - C} \quad G_g = \frac{A}{A - C} \quad Q = \frac{B - A}{A} \times 100 \quad \dots 1.2.1$$

A : 絶乾重量 B : 表乾重量 C : 水中重量

材料の粒度を式1.2.2によって考慮した絶乾比重および吸水量はそれぞれ $\overline{G_b} = 2.869$
 $\overline{Q} = 1.20\%$ である。

$$\overline{G_b} = \frac{1}{\sum \frac{f_i}{G_{bi}}} \quad Q = \sum f_i \cdot Q_i \quad \dots 1.2.2$$

f_i : 各粒度階における残留率

G_{bi} : 各粒度階における絶乾比重

Q_i : 各粒度階における吸水量

表-2 比重および吸水量

粒 径 (mm)	残留率(%) $U_c=12$	比 重			吸水量 $Q(\%)$
		真比重 G_g	絶乾比重 G_b	表乾比重 G_a	
63.5~50.8	8	2.925	2.855	2.879	0.84
50.8~38.1	15	2.951	2.854	2.887	1.16
38.1~25.4	15	2.939	2.861	2.888	0.94
25.4~19.1	9	2.956	2.860	2.888	1.10
19.1~9.52	19	2.952	2.844	2.880	1.29
9.52~4.76	14	2.951	2.815	2.862	1.64
4.76~2.00	11	2.965	/	/	/
2.00~0.84	6	2.938			
0.84~0.42	3	2.934			
平 均	100		2.869		1.20

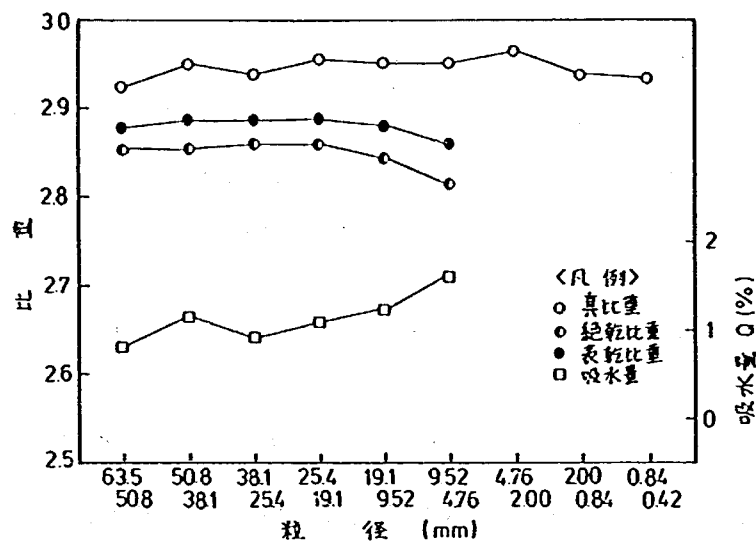


図-2 粒径と比重および吸水量

②一軸圧縮強度

一軸圧縮試験はKDK S-0502に準拠して行った。試験個数各5個ずつの平均値等の一軸圧縮強度を表-3に示す。気乾状態では平均値 273kgf/cm²、標準偏差94.5kgf/cm²、水浸状態では平均値 246kgf/cm²、標準偏差65.4kgf/cm²であった。すなわち水浸状態の一軸圧縮強度は気乾状態に比べ約9割の大きさである。

表-3 一軸圧縮強度

試料状態	密度			一軸圧縮強度		
	平均値 g/cm ³	標準偏差 g/cm ³	変動係数 %	平均値 kgf/cm ²	標準偏差 kgf/cm ²	変動係数 %
気 乾	2.911	0.041	1.40	273	94.5	34.6
水 浸	2.882	0.035	1.08	246	65.4	26.7

注) 水浸は31日間である。

③点載荷圧裂強度

粒径63.5~38.1mmの岩石粒子を用いて図-3に示す試験機で点載荷圧裂強度を求めた。

点載荷圧裂強度(σ_t)は、式1.2.3²⁾によって求めたもので、表-4に試験個数30個の気乾および水浸後の点載荷圧裂強度を示す。

$$\sigma_t = 0.891 \cdot \frac{F}{d^2} \quad \dots 1.2.3$$

F: 極限荷重 d: 載荷点間隔

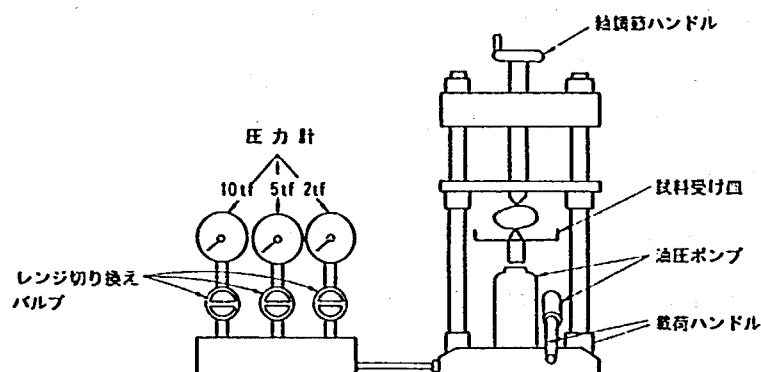


図-3 点载荷試験装置

表-4 点载荷圧裂強度

粒子サイズ mm	気 乾		水 浸		水浸 ／ 気乾 %
	平均値 kgf/cm ²	標準偏差 kgf/cm ²	平均値 kgf/cm ²	標準偏差 kgf/cm ²	
63.5~50.8	64.5	31.3	41.3	28.4	64
50.8~38.1	105.5	44.5	42.1	37.8	40
全 体	85.0	37.9	41.7	33.1	49

注) 水浸は 31日間

気乾材料の場合、粒径の大きさにより点载荷圧裂強度の大きさが異なり、粒径が小さい方が点载荷圧裂強度は大きくなる。水浸材料では粒径による差はほとんどない。粒径、試料状態によらず標準偏差が大きくバラツキの大きい値である。水浸状態の点载荷圧裂強度は、気乾状態のそれに比べ約5割である。

全粒径平均の点载荷圧裂強度の一軸圧縮強度に対する割合は、気乾状態で約3割、水浸状態で約2割の大きさである。

以上、ロック材としては比重が大きく、吸水量の小さい岩石である。岩石単体としての点载荷圧裂強度は、前回の報告書³⁾にのべたよう他岩種に比べ小さい。とりわけ、今回の実験においては、気乾時と飽和時の強度差が明確に生じ、水にぬれることによって岩石が軟弱化することがわかった。

1.3 締固め特性

①密度および破砕率

直径30cm、高さ約35cmの供試体(容量25ℓ)を用いて突固め試験を行なった。突固め試験機を図-4に示す。突固め試験においてはランマー直径15cm、ランマー重量15kgを使用し、ランマー落下高さは50cm⁴⁾とした。

表-5に突固めエネルギーと密度および破砕率を示す。

表-5 突固めエネルギーと密度および破砕率

突固めエネルギー	0Ec	0.5Ec	1Ec	2Ec	3Ec	5Ec
ρ_d t/m ³	1.807	2.085	2.201	2.229	2.246	2.335
e_b	0.588	0.376	0.303	0.287	0.277	0.229
MB %	3.7	8.3	11.2	12.0	16.9	18.2

図-5に突固めエネルギーと間隙比(e_b)、乾燥密度(ρ_d)および突固めエネルギーと破砕率の関係を示す。突固めエネルギーが増えるに従い、間隙比は小さくなる(乾燥密度は大きくなる)が、1E以上の突固めエネルギーを加えても密度の増加は少ないようである。破砕率は、突固めエネルギーが増えるに伴い増えるが3~5E程度で17~18%に達する。

図-6に、他岩種の突固め試験による密度と破砕率の関係を示す。図からわかるように花崗岩のCL級と同様に破砕の多い材料であると言える。

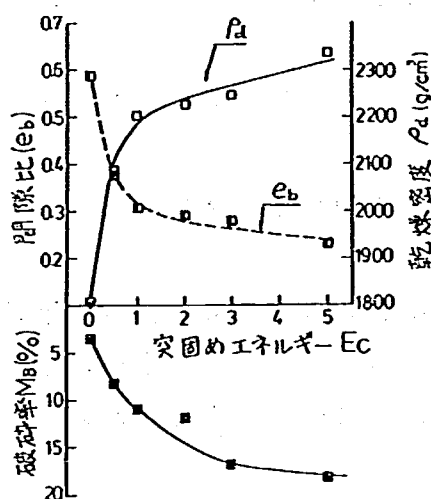


図-5 突固めエネルギーと密度および破砕率

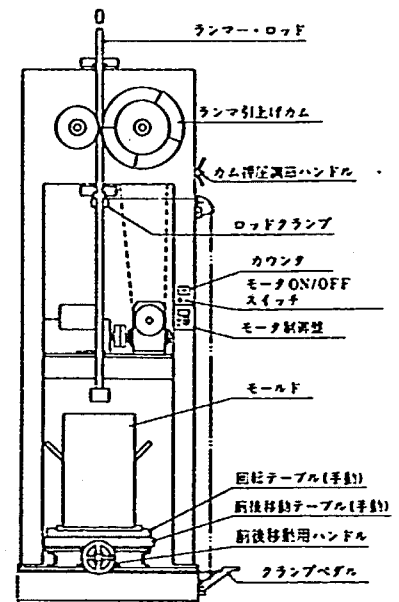


図-4 突固め試験機

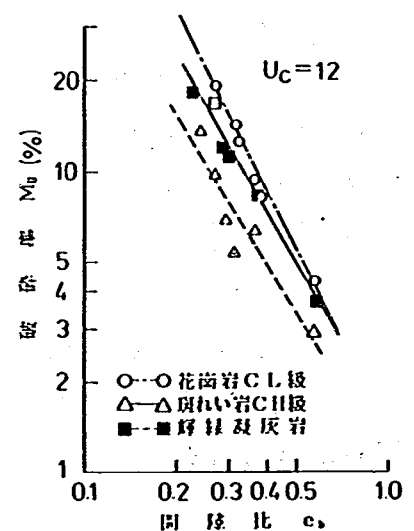


図-6 密度と破砕率

②最大・最小密度

最大・最小密度を求めるために直径30cm、高さ60cmの供試体を用い、電気ハンマー（重量33kg、1分間の打撃回数 950回）による締固め試験を行った。この方法を用いた理由は突固め試験では粒子破碎が大きく、突固め後の粒度が設定時に比べ大きく変化すると考えられたからである。

締固め試験は、三軸試験用供試体の作製にあたって6層に分けて作るために1層当り締固め時間をパラメーターにして行った。

表-6に電気ハンマーによる1層当りの締固め時間における密度と破碎率の値を示す。

表-6 締固め時間と密度および破碎率

締固め時間	投入のみ	10秒	20	30	60	120
ρ_{dt}/m^3	1.824	2.148	2.198	2.250	2.304	2.353
e_b	0.573	0.336	0.305	0.276	0.245	0.219
MB %	2.7	6.1	7.6	8.3	10.1	12.4

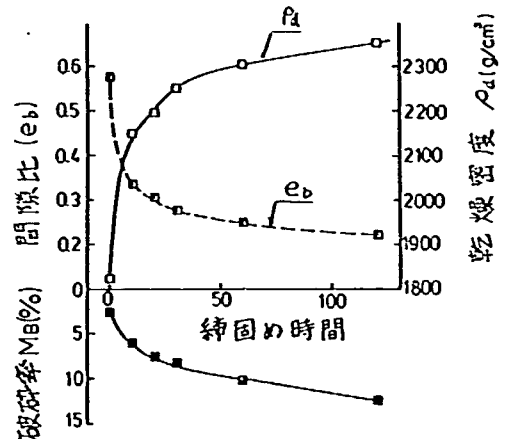


図-7には、締固め時間と密度および破碎率の関係を示すが、締固め時間30秒以上になると密度増加は少ない。

図-7 締固め時間と密度および破碎率

図-8に締固め時間10秒、30秒および120秒における締固め後の粒度曲線を示す。締固め時間が増えるに従い、粒度曲線が左にずれ、細粒化していく傾向にあるが、30秒後の粒度分布の均等係数は約13となり設定時(12)とあまり変わらない値となる。

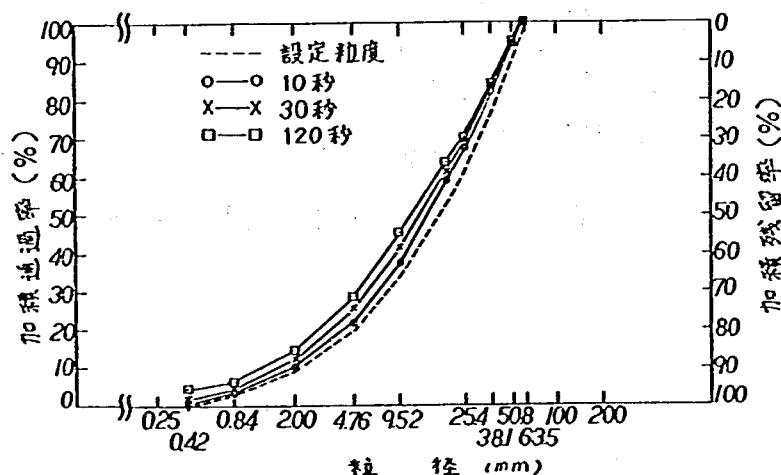


図-8 粒度曲線

従って、図-7および図-8から判断して締固め時間30秒後の密度を最大密度とする。また、図-9に示すように締固め時間(t)と間隙比(e_b)とは対数上で直線であることから実験式 $e_b = 0.508 t^{-0.176}$ より $t = 30$ 秒を代入して最小間隙比を求めた。最大間隙比は突固め容器および締固め容器を用いた投入のみの平均値とした。最大密度および最小密度をまとめて表-7に示す。なお、この表で最大密度を生じるときの突固めエネルギーは、図-5から求めると $2 E_0$ に相当する。

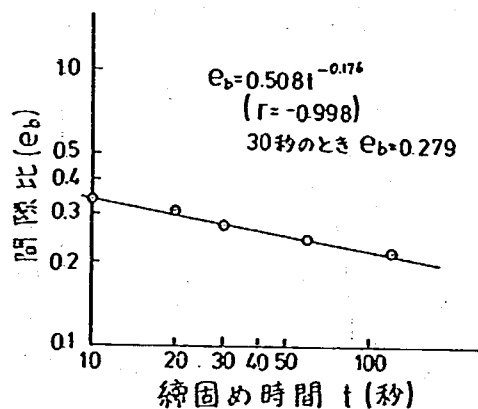


図-9 $\lg t$ と $\lg e_b$ の関係

表-7 最大密度および最小密度

	岩 級		C M
	均 等 係 数		12
最 大 密 度	最大乾燥密度	ρ_{dmax} g/cm ³	2.243
	最小間隙比	e_{min}	0.279
	締固め時間	s e c	30
	突固めエネルギー	E c	2
	破 砕 率	B %	8.4
最 小 密 度	最小乾燥密度	ρ_{dmin} g/cm ³	1.816
	最大間隙比	e_{max}	0.580

図-10に均等係数12の締固め試験における最大、最小間隙比の関係を他岩種と比較して示す。花崗岩CH級の場合をのぞき輝緑凝灰岩の最大、最小間隙比の範囲は他岩種と変わらないようである。

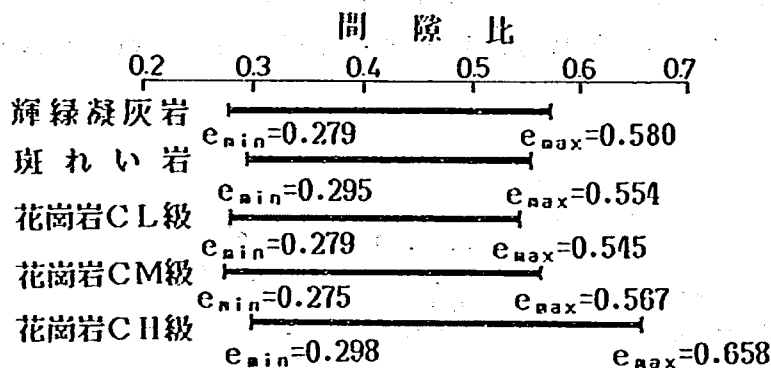


図-10 最大、最小間隙比の比較

1.4 拘束圧の変化に伴うせん断強度特性

①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。三軸圧縮試験機の概略図を図-11に示す。計測器の種類、容量および精度を表-8に示す。試験条件を表-9に示す。

試験条件に示すように各側圧とも供試体の密度は供試体作製終了後の間隙比（初期間隙比： e_0 ）を0.35に統一した。この0.35は羽地ガムの設計値である。1.3項でのべた最大、最小間隙比の値を用いて間隙比0.35の相対密度(D_r)を式1.4.1から求めると

$$D_r = \frac{e_{\max} - e}{e_{\max} - e_{\min}} \times 100 \quad \dots 1.4.1$$

$$= \frac{0.580 - 0.350}{0.580 - 0.279} \times 100 = 76\%$$

76%になる。

側圧は、0.5～14 kgf/cm²の間で9種類変えた。最大側圧14 kgf/cm²は $\sigma_3/\sigma_1=0.5$ で $\gamma=2.0\text{t/m}^3$ を考えるならば、140mのゴム高さに相当する大きさである。

なお、供試体の作製にあたって、供試体全体を6層に分け1層毎に締固め試験に用いた電気ハンマーで締固めて最終的に0.35の密度になるように作製した。1層当りの締固め時間は4～5秒程度であった。

また、飽和状態の供試体は気乾状態で供試体を作製し、その後、二酸化炭素を通したのち、脱気水で供試体を飽和させ、飽和度(B係数0.96以上)をチェックしたのち試験を行った。

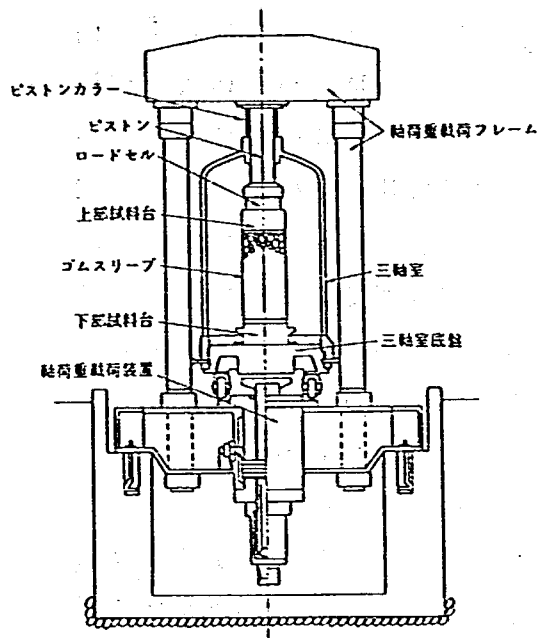


図-11 大型三軸圧縮試験機の概略図

表-8 計測器の種類、容量および精度

計測項目	計測器	容量	精度	備考
荷重	ひずみゲージ型変換器	50 tcn 10 ton	0.5%Fs	三軸室内にロードセルがある
変位	ポテンションメータ	200 mm	0.2%Fs	
体積変化	ポテンションメータ	10000 cc	0.4%Fs	外体積変化計
	差圧計	50000 cc	%	内体積変化計
側圧	ブルドン管	10, 20 kgf/cm ²	1.0%Fs	
	ひずみゲージ型変換器	30 kgf/cm ²	0.04%Fs	

表-9 試験条件

供試体	大きさ	300×600mm
	粒 度	Uc=12 最大粒径 63.5mm 最小粒径 0.42mm
	密 度	間隙比 0.350 相対密度 75%
試料状態		気乾、飽和状態の両方
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, 10, 14 kgf/cm ²

②圧密による供試体の変化

等方圧密による供試体の体積変化量を表-10および図-12に示す。側圧が大きくなるに従い、体積圧縮量は増えていく。飽和時の体積圧縮率は気乾状態に比べ全体に大きい。例えば、側圧14 kgf/cm²において体積圧縮率は気乾状態で約4%であるが飽和状態ではその倍近くの約7%となり飽和状態における圧縮がかなり大きいことを示している。

これを圧密後の間隙比(e_o)および初期間隙比(e_g)に対する圧密後の間隙比の比(e_o/e_g)で示すと図-13、図-14のようになる。気乾状態の圧密後の間隙比は側圧4 kgf/cm²以上では初期状態の約9割、飽和状態では初期状態の7~9割となり、飽和状態ではより締った状態からせん断が開始することになる。

なお、以上においてメンブレインの貫入量の補正は実施していない。

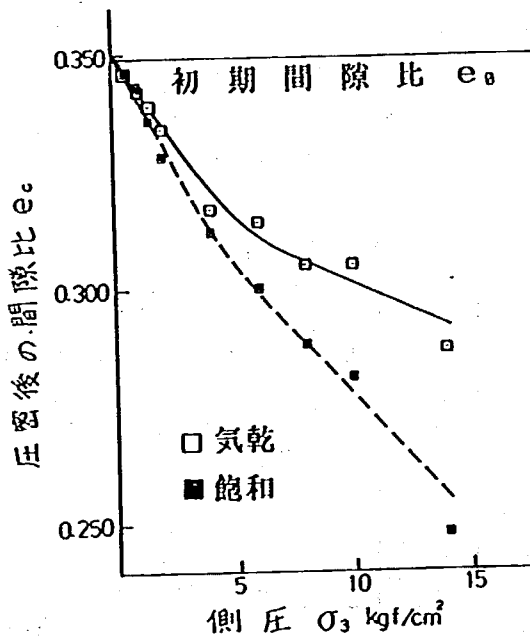


図-13 側圧と圧密後の間隙比

表-10 供試体の体積変化量

側圧 σ_3	気 乾			飽 和		
	供試体 体積	体積圧 縮量	圧縮率	供試体 体積	体積圧 縮量	圧縮率
0.5	41976.2	87	0.21	41989.9	91	0.22
1.0	41983.1	222	0.53	41969.3	180	0.43
1.5	41989.9	335	0.80	41989.9	410	0.98
2	41983.1	470	1.12	41976.2	640	1.52
4	41989.9	1002	2.39	41996.8	1160	2.76
6	41996.8	1125	2.68	41983.1	1523	3.63
8	41983.1	1360	3.24	41948.7	1865	4.45
10	41962.4	1355	3.23	41983.1	2110	5.03
14	41976.2	1935	4.61	41976.2	3140	7.48

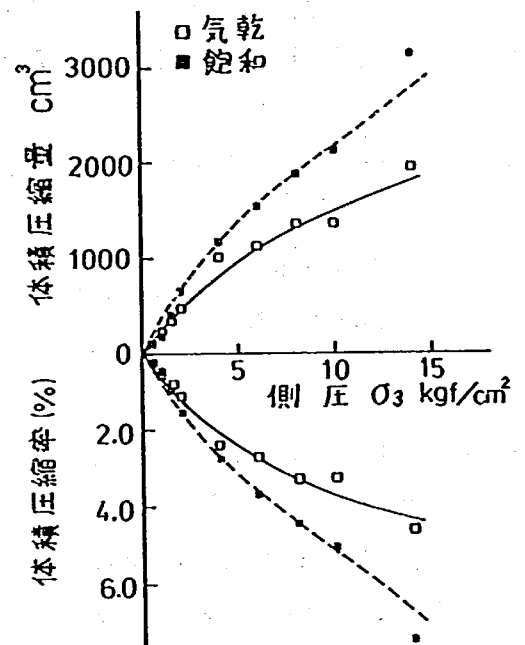


図-12 側圧と体積圧縮量および体積圧縮率

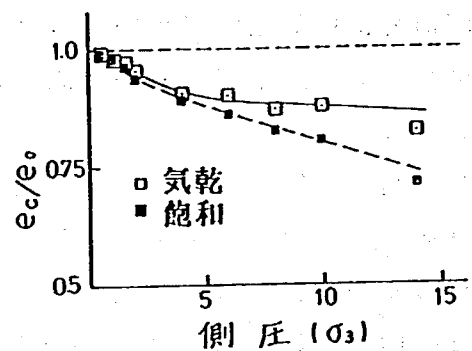


図-14 側圧と e_o/e_g

③ 応力・ひずみ曲線

図-15、16に軸ひずみと軸差応力および体積ひずみの曲線を側圧をパラメータにして示す。気乾状態では、側圧 6 kg f/cm^2 まで軸ひずみ15%以内でピーク強度が生じるが、それ以上の側圧では軸ひずみ15%をこえてもピーク強度は生じない。飽和状態では側圧 2 kg f/cm^2 までが軸ひずみ15%以内でピーク強度が生じており、それ以上の側圧では15%をこえてもピーク強度は生じない曲線となっている。すなわち飽和状態の方が軸差応力-軸ひずみ曲線がよりなだらかであると言える。

一方、体積ひずみは、低側圧では軸ひずみが大きくなるにつれて圧縮から膨張に変わるが側圧が大きくなるにつれて圧縮側だけとなる。飽和時の方は、側圧 1.0 kg f/cm^2 より軸ひずみが増えても圧縮側だけの体積ひずみである。

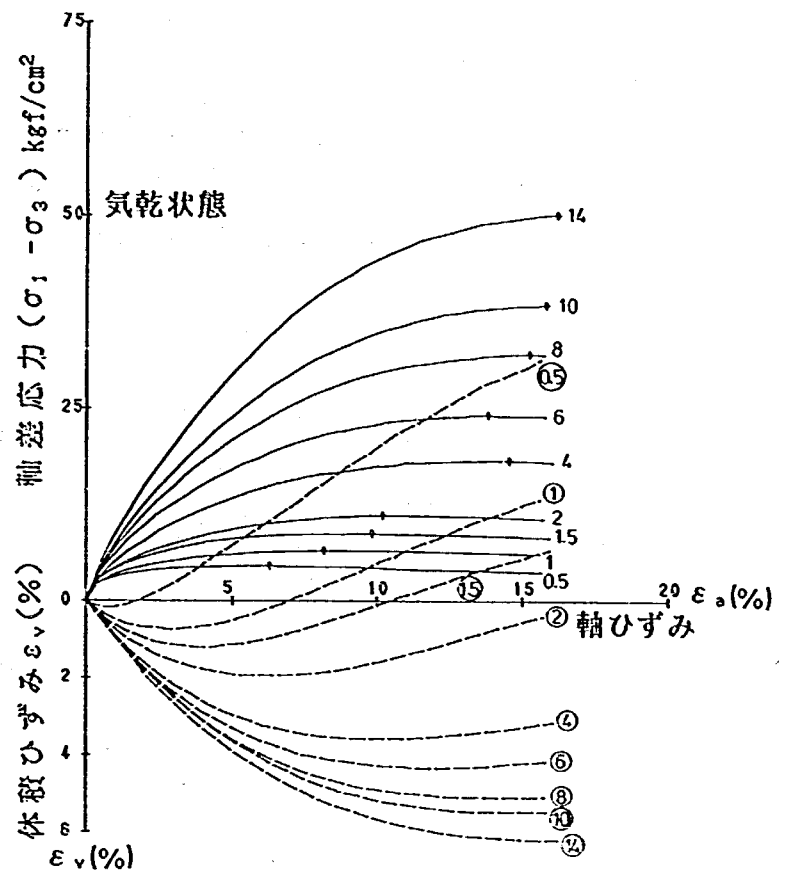


図-15 応力-ひずみ曲線（気乾状態）

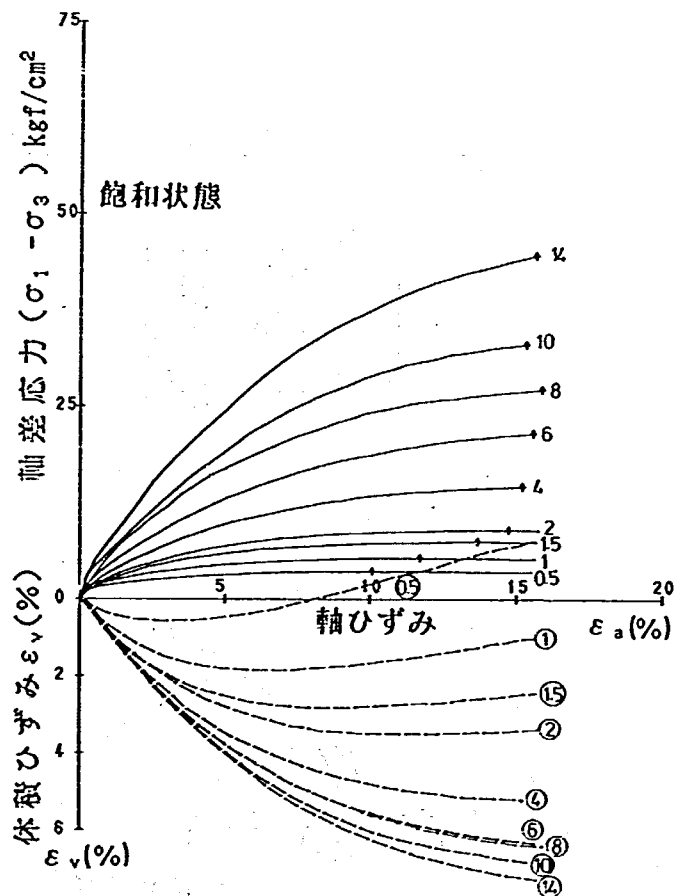


図-16 応力-ひずみ曲線（飽和状態）

④ モールの応力円

図-17、18に側圧 0.5~14 kgf/cm²におけるモールの応力円を示す。モールの応力円を結ぶ包絡線はやや上に凸の傾向を示す。この傾向は気乾状態、飽和状態でも大差がないようである。なお、図中の包絡線はあとでのべる $\tau = A \sigma_n^b$ によって求めた曲線である。

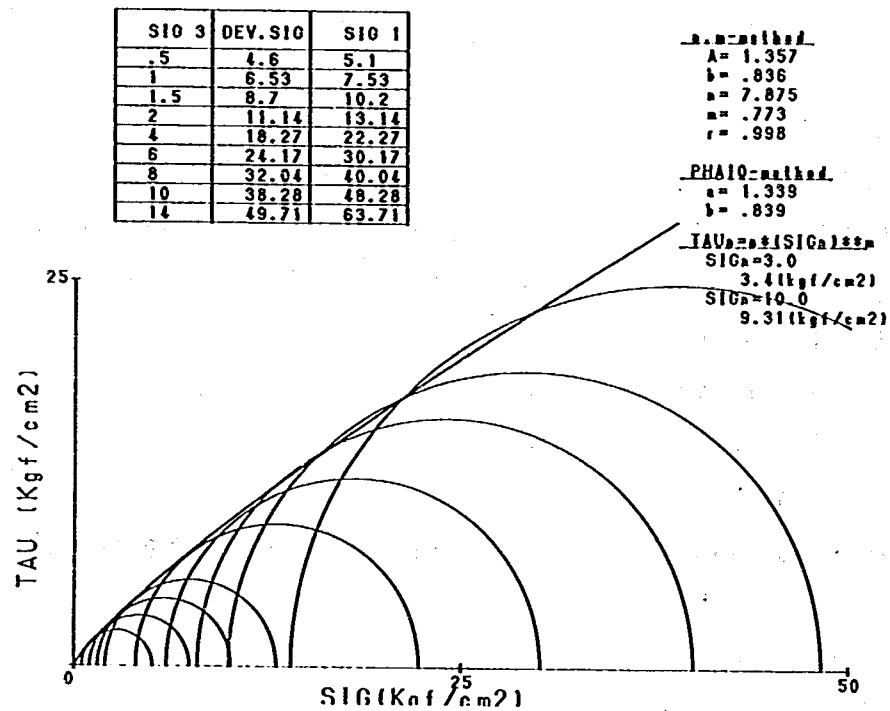


図-17 モールの応力円（気乾状態）

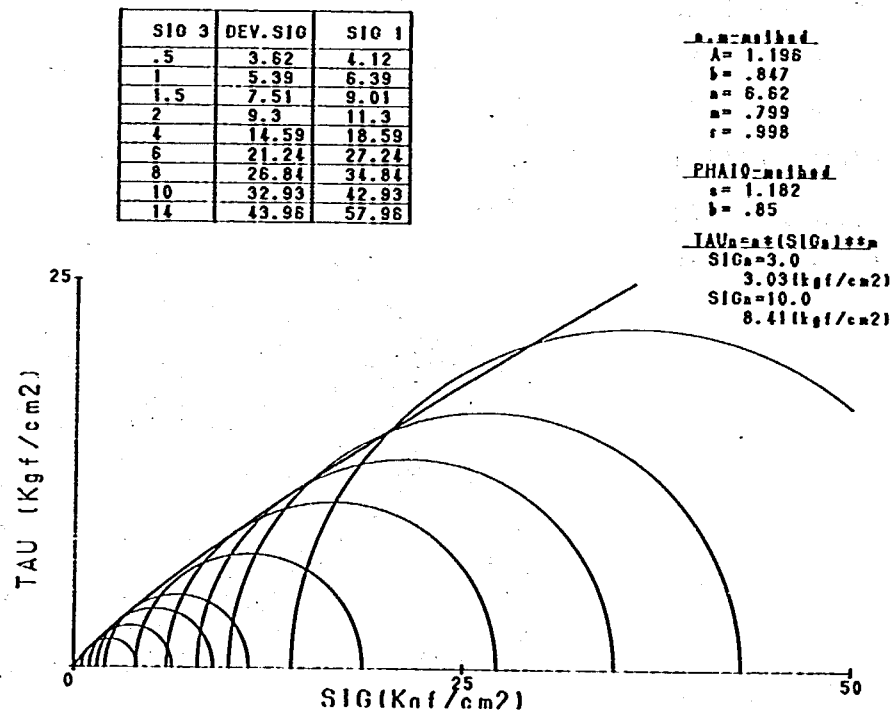


図-18 モールの応力円（飽和状態）

⑥側圧と軸ひずみおよび体積ひずみ

図-19に側圧と破壊時の軸ひずみおよび破壊時の体積ひずみの関係を示す。

ここで破壊時の軸ひずみとは、ピーク強度を生じるときの値である。軸ひずみが15%をこえてもピーク強度を生じない場合は15%のひずみを破壊時の軸ひずみとした。この結果、飽和状態の破壊ひずみは気乾状態に比べ低側圧のときから15%に達している。

一方、破壊時の体積ひずみは低側圧領域（気乾1.5kgf/cm²、飽和0.5kgf/cm²）では膨張側に、それ以上の側圧では圧縮側となり側圧が増えるに従い破壊時の体積ひずみは大きくなる。

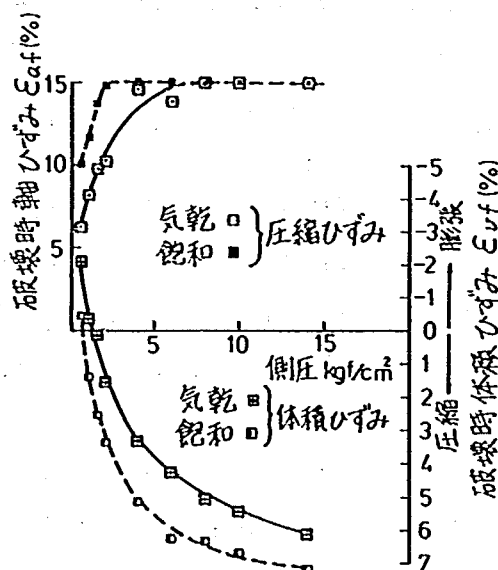


図-19 側圧と破壊時の軸ひずみ
および体積ひずみ

⑥ σ_{1f} と σ_{3f} の関係

図-20に最大主応力(σ_{1f})と最小主応力(側圧 σ_3)の関係を両対数上にプロットして示す。この関係は松本、渡辺が指摘⁵⁾するようにほぼ直線関係であることが認められる。これを式 1.4.2によって示すと

$$\sigma_{1f} = n_0 \cdot P_a \cdot \left(\frac{\sigma_3}{P_a} \right)^m \quad \text{----- 1.4.2}$$

気乾状態で

$$\sigma_{1f} = 7.876 \sigma_3^{0.774}$$

$$\text{相関係数}(r) = 0.998$$

飽和状態で

$$\sigma_{1f} = 6.621 \sigma_3^{0.800}$$

$$\text{相関係数}(r) = 0.999$$

の実験式が得られる。すなわち、 n_0 の値は気乾状態より飽和状態の方が大きく、一方、 m の値は飽和状態の方がやや大きい。また、前出の松本ら⁵⁾によると n_0 の値は5~12の範囲に、 m の値は0.65~0.95の範囲にあるとしているが今回の実験値はこれらの値にはいっている。

P_a : σ_3 と同じ単位の大気圧
 n_0, m : 実験から求まる定数

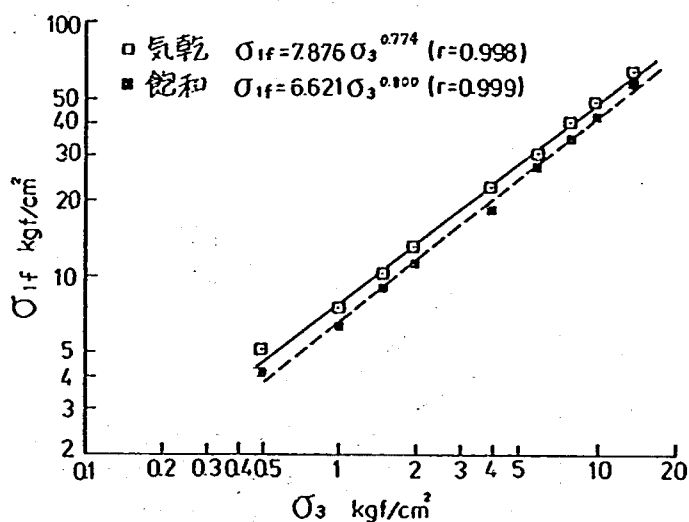


図-20 $\lg \sigma_3$ と $\lg \sigma_{1f}$

⑦側圧と ϕ_0 の関係

見掛けの粘着力成分を無視した内部摩擦角(ϕ_0)を式1.4.3によって求める。

$$\phi_0 = \sin^{-1} \frac{\sigma_{1f} - \sigma_3}{\sigma_{1f} + \sigma_3} \quad \dots 1.4.3$$

この ϕ_0 と側圧との関係を図-21に示す。側圧0.5kgf/cm²における ϕ_0 の値(気乾56°、飽和51°)は側圧14kgf/cm²になると(気乾42° 飽和38°)と10数度も小さくなる。気乾状態と飽和状態の差は、最大約3度で側圧が大きくなるに従いその差はやや小さくなるよう

である。なお、気乾状態と飽和状態の強度差が生じる理由のひとつには、1.2項でのべたように岩石を水浸させると強度が小さくなることが影響していると考えられる。

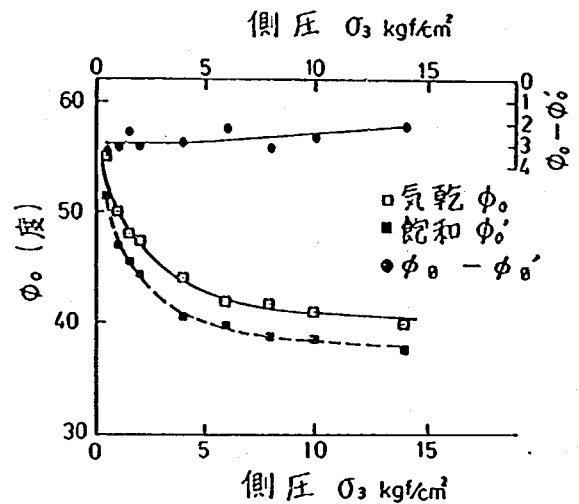


図-21 側圧と内部摩擦角(ϕ_0)

⑧側圧とダイレイタンスー比

図-22に側圧とダイレイタンスー比の関係を示す。ダイレイタンスー比は体積ひずみ増分($d v$)を軸ひずみ増分($d \epsilon_a$)で除したものである。図からわかるように側圧が低いときにダイレイタンスー比は大きく、側圧が高くなるとその値は0に近い値となる。気乾状態に比べ、飽和状態のダイレイタンスー比はどの側圧でも小さい。すなわち粒子が水にぬれることによってダイレイタンスーの影響が少なくなると言える。

図-23には、式1.4.4⁶⁾によって軸差応力の補正($\sigma_1 - \sigma_3$)_rを行って求めた ϕ_{0r} と側圧の関係を示す。

$$(\sigma_1 - \sigma_3)_{r1} = (\sigma_1 - \sigma_3)_f - \sigma_3 \cdot \frac{d v}{d \epsilon_a} \quad \dots 1.4.4$$

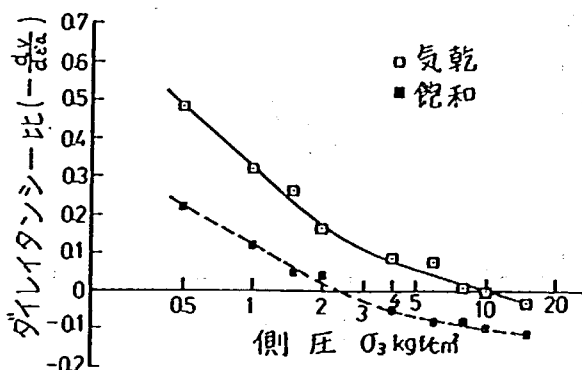


図-22 側圧とダイレイタンスー比

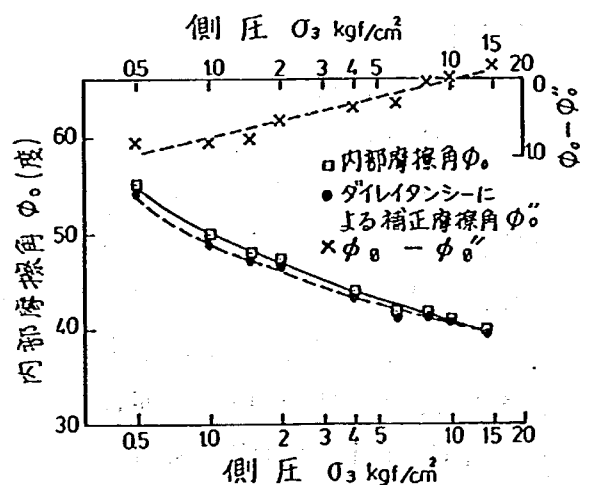


図-23 ダイレイタンスー補正した内部摩擦角(ϕ_{0r}) (気乾状態)

ダイレイタンス補正を行って求めた内部摩擦角すなわち粒子の摩擦だけによる内部摩擦角は、補正しない場合に比べ低側圧領域でわずか約1度のちがいが生じている。

⑨側圧と破砕率

図-24に側圧とせん断時の破砕率の関係を示す。せん断時の破砕率は試験後の破砕率から図-25に示す締固め試験の結果を踏えて供試体作製に生じる破砕率(6.2%)を差し引いて求めたものである。

側圧が大きくなれば破砕率は大きくなり、気乾状態と飽和状態の破砕率の差が明瞭であり、飽和状態の方が2~4%程度大きい。

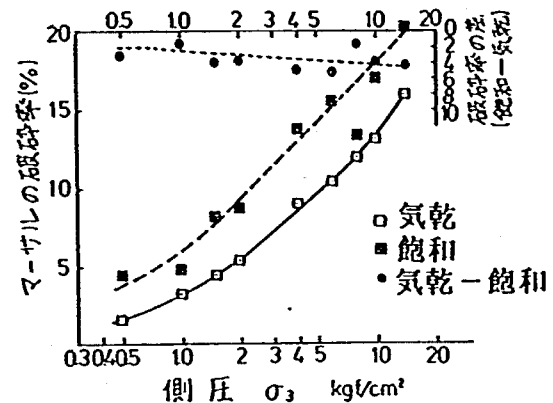


図-24 側圧と破砕率

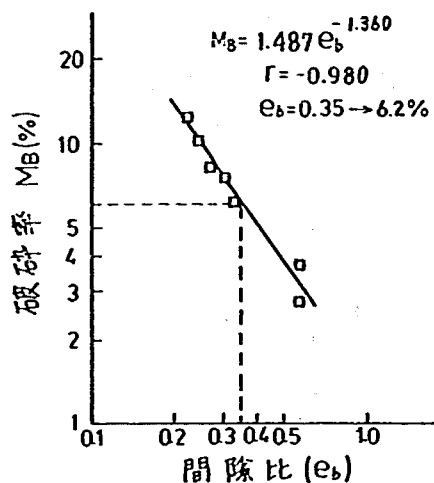


図-25 $\lg e_b$ と $\lg M_B$ の関係

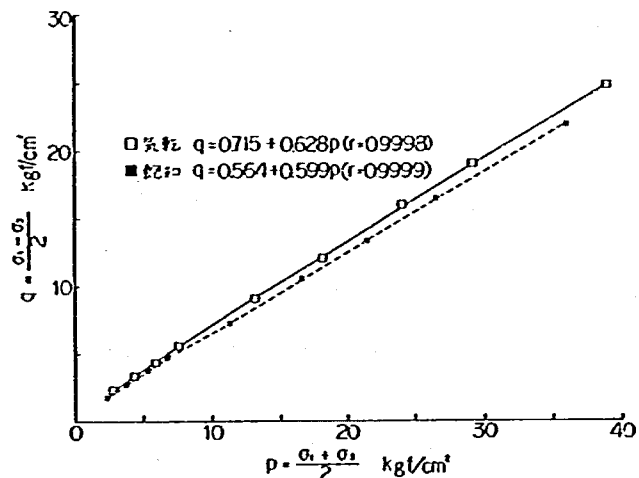


図-26 p、q 曲線

⑩ p - q の関係

図-26に p - q の関係を示す。ここで p および q は式 1.4.5 によって求めたものである。

$$p = \frac{\sigma_{1f} + \sigma_3}{2} \quad q = \frac{\sigma_{1f} - \sigma_3}{2} \quad \text{----- 1.4.5}$$

この p - q 曲線は破壊条件を示しており、p - q 曲線より左上では応力は存在しない。各点を結んだ曲線はやや上に凸の傾向を示している。図-26における p、q 曲線の傾き(α)および切片(a)から見掛けの粘着力成分(c)および内部摩擦角(φ)を式 1.4.6 によって求めることができる。

$$\phi = \sin^{-1} \cdot \tan \alpha$$

$$c = \frac{a}{\cos \phi} \quad \dots 1.4.6$$

側圧 0.5~14 kg f/cm² の間で最小二乗法で α と a を求め式 1.4.6 に代入すると気乾状態で $\phi = 38.9^\circ$ 、 $c = 0.92 \text{ kg f/cm}^2$ 、飽和状態で $\phi = 36.8^\circ$ 、 $c = 0.70 \text{ kg f/cm}^2$ となる。

⑩ 垂直応力とせん断強度の関係

せん断強度をモールの破壊包絡線から求める。

この方法⁷⁾は、各々の側圧でせん断した破壊時のモールの応力円の包絡線がなめらかに存在すると仮定して、図-27に示すようにこの包絡線と応力円の接線における包絡線の接線勾配から τ_f と σ_n を求めるものである。図-27より接線勾配は次式によって求めることができる。

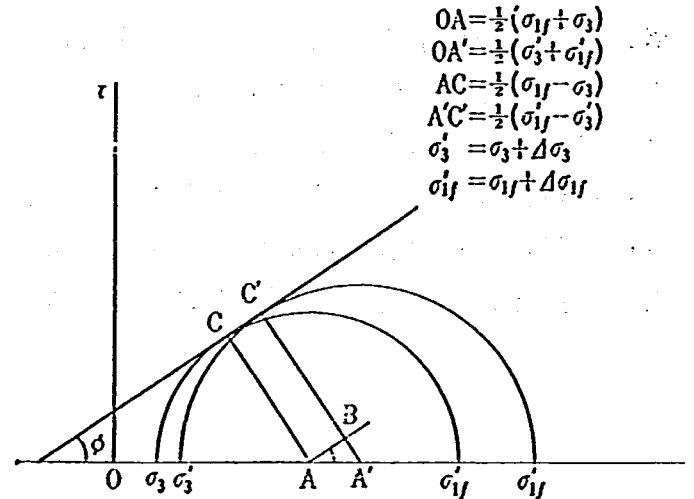


図-27 2個のモールの応力円に共通する接線

$$\sin \phi (\sigma_3) = \frac{\frac{1}{2} \{ (\sigma_{1f} + \Delta \sigma_{1f}) - (\sigma_3 + \Delta \sigma_3) \} - \frac{1}{2} (\sigma_{1f} - \sigma_3)}{\frac{1}{2} \{ (\sigma_{1f} + \Delta \sigma_{1f}) + (\sigma_3 + \Delta \sigma_3) \} - \frac{1}{2} (\sigma_{1f} + \sigma_3)} \quad \dots 1.4.7$$

ここで、前項でのべた式 1.4.2 を用いて $(\sigma_{1f} + \Delta \sigma_{1f})$ を求める。

$$\sigma_{1f} + \Delta \sigma_{1f} = n_0 \cdot p_a \left(\frac{\sigma_3 + \Delta \sigma_3}{p_a} \right)^n \quad \dots 1.4.8$$

式 1.4.8、式 1.4.2 を式 1.4.7 に代入すると

$$\sin \phi (\sigma_3) = \frac{\{ n_0 \cdot p_a \left(\frac{\sigma_3 + \Delta \sigma_3}{p_a} \right)^n - (\sigma_3 + \Delta \sigma_3) \} - \{ n_0 \cdot p_a \left(\frac{\sigma_3}{p_a} \right)^n - \sigma_3 \}}{\{ n_0 \cdot p_a \left(\frac{\sigma_3 + \Delta \sigma_3}{p_a} \right)^n + (\sigma_3 + \Delta \sigma_3) \} - \{ n_0 \cdot p_a \left(\frac{\sigma_3}{p_a} \right)^n + \sigma_3 \}} \quad \dots 1.4.9$$

$\Delta \sigma_3$ が小さいときに

$$n_0 \cdot p_a \left(\frac{\sigma_3 + \Delta \sigma_3}{p_a} \right)^n - n_0 \cdot p_a \left(\frac{\sigma_3}{p_a} \right)^n \approx n_0 \cdot m \left(\frac{\sigma_3}{p_a} \right)^{n-1} \Delta \sigma_3 \quad \dots 1.4.10$$

として式 1.4.9 に式 1.4.10 を代入すると接線勾配 $\sin \phi (\sigma_3)$ は次のとおりになる。

$$\sin \phi (\sigma_3) = \frac{n_0 \cdot m \left(\frac{\sigma_3}{p_a} \right)^{n-1} - 1}{n_0 \cdot m \left(\frac{\sigma_3}{p_a} \right)^{n-1} + 1} \quad \cdots 1.4.11$$

式 1.4.11 を用いて垂直応力 (σ_n) とせん断強度 (τ_f) を求めると

$$\sigma_n = \frac{\sigma_{1f} + \sigma_3}{2} - \frac{\sigma_{1f} - \sigma_3}{2} \sin \phi (\sigma_3) \quad \cdots 1.4.12$$

$$\tau_f = \frac{\sigma_{1f} - \sigma_3}{2} \cos \phi (\sigma_3) \quad \cdots 1.4.13$$

となる。

σ_n と τ_f の関係をプロットしたものを図-28 に示す。垂直応力が増えるにつれてせん断強度は大きくなり、低側圧領域でやや上に凸の曲線を示す。また、垂直応力が大きくなると気乾と飽和のせん断強度の差が大きくなる。図-29 に示すように両対数上にこの関係を示すとほぼ直線関係が得られる。すなわち τ_f と σ_n の関係は

$\tau_f = A \sigma_n^b$ という実験式⁷⁾ で簡単に示すことができると考えられる。気乾状態における実験式は、

$\tau_f = 1.357 \sigma_n^{0.836}$ となり、飽和状態の実験式は、

$\tau_f = 1.196 \sigma_n^{0.848}$ となる。

図-30 は A と b の値について、拘束圧範囲、0.5~2 kgf/cm²、0.5~8 kgf/cm²、0.5~14 kgf/cm²、の間で比較したものである。図からわかるように A の値は拘束圧範囲が広くなるにつれてやや減少する。一方、 $\sigma_n - \tau_f$ 曲線の曲がり角を示す b の値はほぼ同じである。この傾向は気乾、飽和状態とも同じであるが、A の

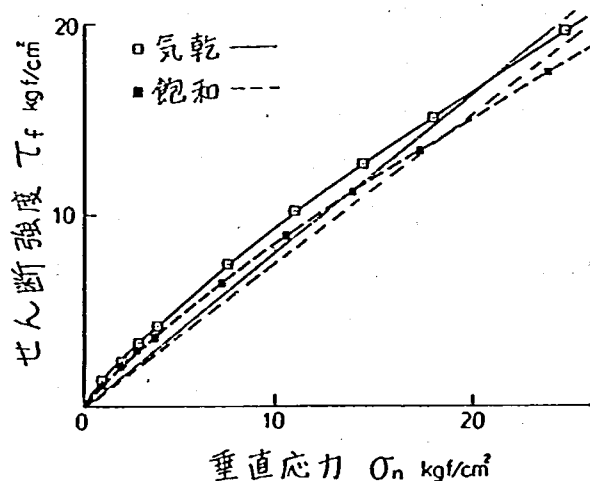


図-28 垂直応力とせん断強度

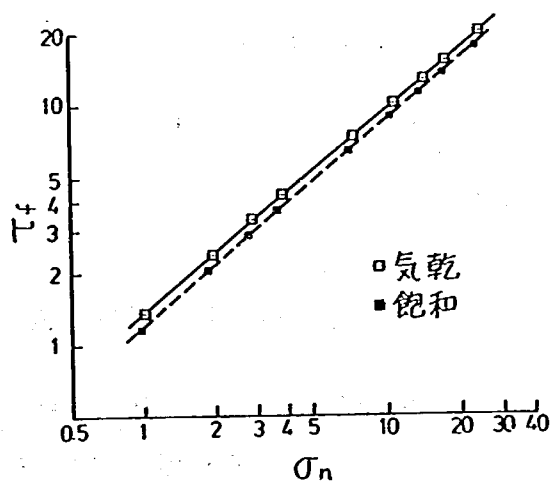


図-29 $\lg \sigma_n$ と $\lg \tau_f$

値は気乾と飽和の差が生じ、bの値は気乾と飽和の差が生じない。この理由のひとつには、1.4の②項でのべたように飽和状態ではせん断開始時の間隙比がかなり小さくなることにより強度が増加したものと考えられる。

各拘束圧範囲毎（低側圧、中間側圧、高側圧）の内部摩擦角および見掛けの粘着力成分を図-31に示す。これらの値は、各々の拘束圧範囲において3～4つのモデルの応力円から最小二乗法によって求めたものである。

低側圧(0.5～2 kg f/cm²)、中間側圧(2～8 kg f/cm²)、高側圧(8～14 kg f/cm²)の順に低側圧ほど内部摩擦角は大きく、その逆、見掛けの粘着力は小さい傾向を示す。飽和状態においてもこの傾向はあまり変わらない。ただし高側圧になると気乾と飽和状態の内部摩擦角の差はやや小さくなるようである。

側圧2～8 kg f/cm²で求めた内部摩擦角（気乾 $\phi=39^\circ$ 、飽和 $\phi=37^\circ$ ）でせん断強度(τ_f')を式1.4.14より

$$\tau_f' = \sigma_n \tan \phi \quad \dots 1.4.14$$

求めて図-28に示す。

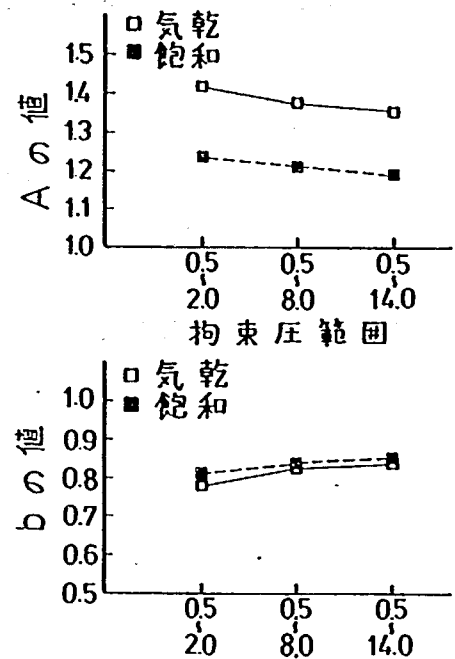


図-30 各拘束圧範囲におけるAとbの値

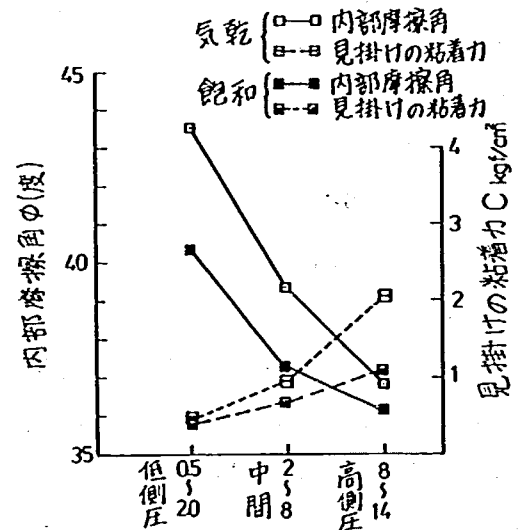


図-31 各拘束圧範囲の内部摩擦角および見掛けの粘着力

表-11 各側圧毎の内部摩擦角と見掛けの粘着力

拘束圧の範囲 (kgf/cm ²)	気 乾		飽 和	
	内部摩擦角 (度)	見掛けの粘着力 (kgf/cm ²)	内部摩擦角 (度)	見掛けの粘着力 (kgf/cm ²)
0.5～2	43.52	0.47	40.35	0.41
2～8	39.34	0.96	37.23	0.68
8～14	36.86	2.06	36.12	1.09

1.5 拘束圧の変化に伴う変形特性

①側圧と変形係数

フィルダムにおいては堤体を構成する材料を応力-ひずみレベルで変形特性が変化する非線形性の材料とし扱っている。Kondner⁸⁾は、応力($\sigma_1 - \sigma_3$)を軸ひずみ(ϵ_a)の関係で式1.5.1を提案している(図-33、図-34)。

$$\sigma_1 - \sigma_3 = \frac{\epsilon_a}{a + b \cdot \epsilon_a} \quad \dots 1.5.1$$

または

$$\frac{\epsilon_a}{\sigma_1 - \sigma_3} = a + b \epsilon_a$$

$$a = \frac{1}{E_i} \quad b = \frac{R_f}{(\sigma_1 - \sigma_3)_f}$$

E_i : 初期接線変形係数 R_f : 破壊比

図-35、36に気乾および飽和状態の軸ひずみ(ϵ_a と $\epsilon_a / (\sigma_{1f} - \sigma_3)$)との関係を示す。

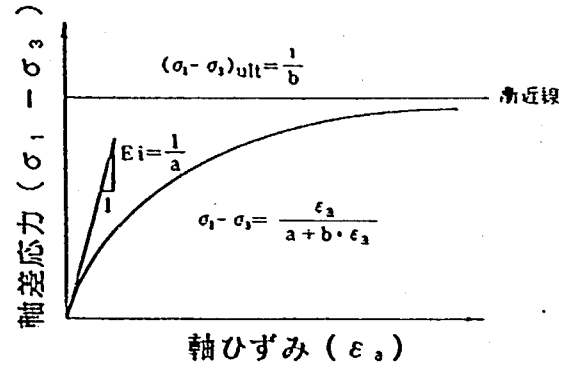


図-33 ϵ_a と $\sigma_1 - \sigma_3$ の関係

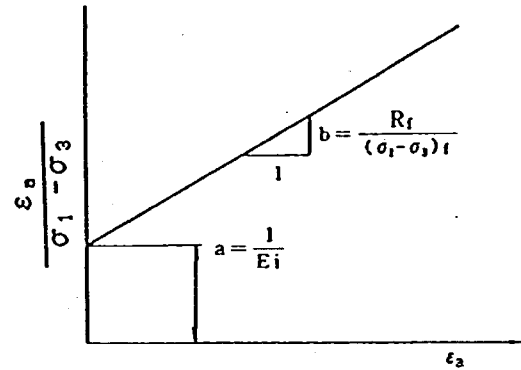


図-34 ϵ_a と $\epsilon_a / (\sigma_{1f} - \sigma_3)$ の関係

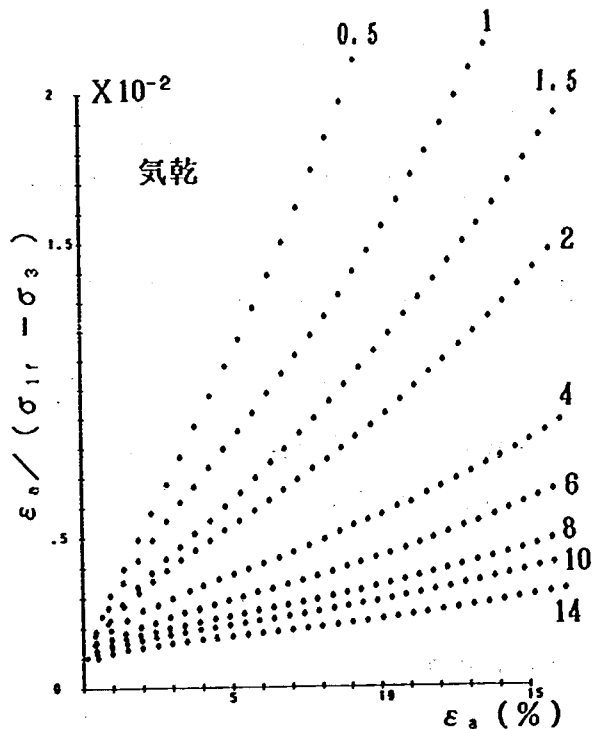


図-35 ϵ_a と $\epsilon_a / (\sigma_{1f} - \sigma_3)$ の関係
(気乾状態)

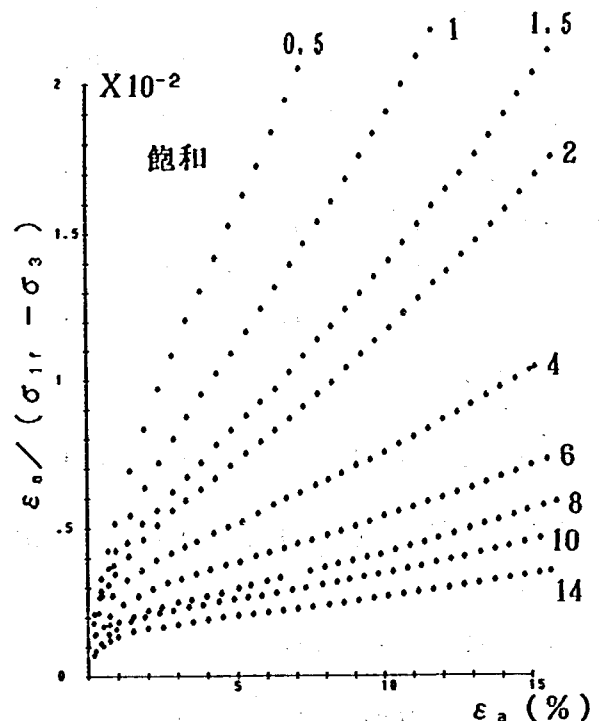


図-36 ϵ_a と $\epsilon_a / (\sigma_{1f} - \sigma_3)$ の関係
(飽和状態)

側圧 0.5~14 kgf/cm²までをプロットしているが高側圧になると $\epsilon_a/(\sigma_{11}-\sigma_3)$ は小さくなる。この関係は、 ϵ_a が 1 % 付近で折れ曲がり、ほぼ上に凸の曲線を程している。この傾向は気乾状態、飽和状態にかかわらず同様である。

図-35、36の曲線において、3 % 以内の軸ひずみ領域で各側圧毎に初期接線変形係数 (E_1) を求めて表-12に示す。

表-12 初期接線変形係数

側 圧	気 乾				飽 和			
	*1 1.5 %	*2 2 %	*3 3 %	*4 1~3 %	1.5 %	2 %	3 %	1~3 %
kgf/cm ²	kgf/cm ²	kgf/cm ²	kgf/cm ²	kgf/cm ²	kgf/cm ²	kgf/cm ²	kgf/cm ²	kgf/cm ²
0.5	1146	1047	971	716	746	640	522	350
1.0	880	826	796	734	717	628	522	375
1.5	1091	963	867	763	526	489	406	352
2	920	862	777	653	537	502	465	384
4	909	870	769	694	628	566	505	397
6	973	906	888	838	887	805	712	560
8	1029	1021	928	874	717	713	696	676
10	1111	1053	991	923	1547	1284	1053	700
14	1154	1053	1027	943	1282	1195	1074	882

*1 軸ひずみ 0~1.5 %

*2 // 0~2 %

*3 // 0~3 %

*4 // 1~3 %

図-37は、軸ひずみ 1~3 % の範囲における初期接線変形係数と側圧との関係を両対数上に示したものである。側圧が大きくなると気乾状態では E_1 の増加率はゆるやかであるが、飽和状態ではこの増加率が大い。すなわち側圧の小さい段階での気乾状態と飽和状態の差が大い側圧が大きくなると差がなくなることを示している。

Janbu⁹⁾ は、この関係について式 1.5.1 を提案している。

$$E_1 = K \cdot p_a \left(\frac{\sigma_3}{p_a} \right)^n \quad \dots 1.5.1$$

各拘束圧範囲で式 1.5.1 の実験式を求める。

気乾状態で、

$$(\sigma_3 = 0.5 \sim 14 \text{ kgf/cm}^2)$$

$$E_1 = 708 \cdot p_a \left(\frac{\sigma_3}{p_a} \right)^{0.889}$$

$$(r = 0.77)$$

$K \cdot n$: 変形に関する係数

p_a : 大気圧

$$(\sigma_3 = 0.5 \sim 6 \text{ kgf/cm}^2)$$

$$E_1 = 717 \cdot p_a \left(\frac{\sigma_3}{p_a} \right)^{0.831}$$

$$(r = 0.33)$$

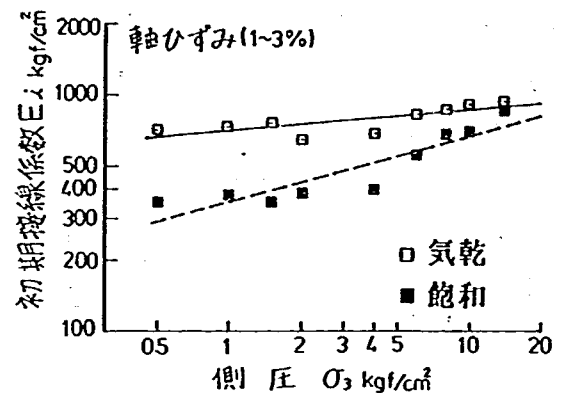


図-37 側圧と初期接線変形係数

飽和状態で、

$$(\sigma_3 = 0.5 \sim 14 \text{ kg f/cm}^2)$$

$$E_1 = 353 \cdot p_a \left(\frac{\sigma_3}{p_a} \right)^{0.278} \quad (r = 0.91)$$

となり、飽和状態の初期接線係数は気乾状態の1/2の大きさを示し、飽和状態の直線の増加率は気乾状態に比べかなり大きい値となっている。

図-38には、軸差応力の1/2の大きさにおける変形係数 (E_{50}) を示す。側圧が大きくなれば変形係数は大きくなる傾向を示している。

$$(\sigma_3 = 0.5 \sim 6 \text{ kg f/cm}^2)$$

$$E_1 = 363 \cdot p_a \left(\frac{\sigma_3}{p_a} \right)^{0.152} \quad (r = 0.79)$$

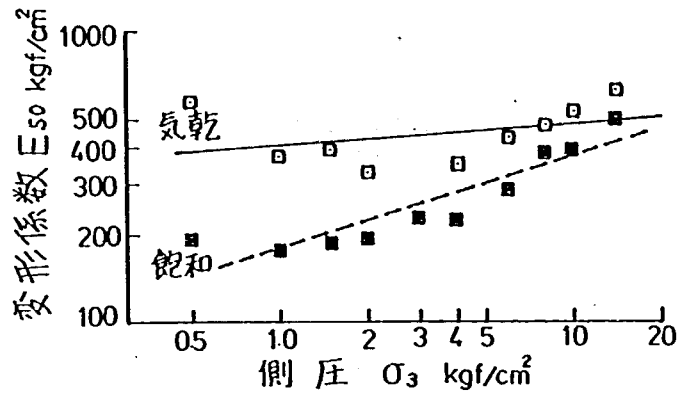


図-38 側圧と E_{50} の変形係数

②側圧とポアソン比

ポアソン比についても変形係数と同様に図-39に示すように軸方向ひずみ (ϵ_a) と半径方向のひずみ (ϵ_r) の関係を図-40に示すように双曲線で近似することが提案⁹⁾されている。

ここで半径方向のひずみ (ϵ_r) は、式1.5.3によって求められる。

$$\epsilon_r = \frac{1}{2} (\epsilon_v - \epsilon_a) \quad \dots 1.5.3$$

ϵ_v : 体積ひずみ

ϵ_r と ϵ_a の関係は

$$\epsilon_a = \frac{\epsilon_r}{F + D \cdot \epsilon_r} \quad \dots 1.5.4$$

または ポアソン比 ($\epsilon_r / \epsilon_a \dots \nu$) は

$$\frac{\epsilon_r}{\epsilon_a} = F + D \cdot \epsilon_r \quad \text{となる。}$$

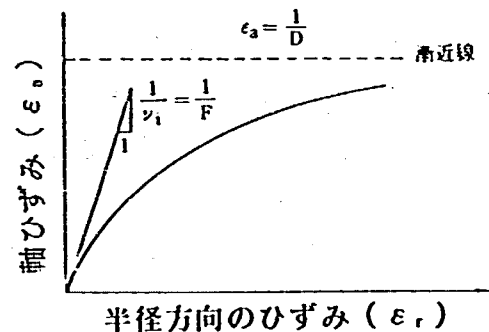


図-39 ϵ_r と ϵ_a の関係

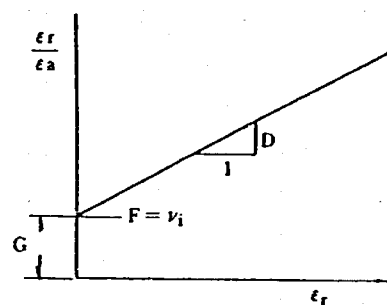


図-40 $\epsilon_r - \epsilon_r / \epsilon_a$ の関係

図-41および図-42に気乾および飽和状態における半径方向のひずみとポアソン比 (ν) との関係を示す。半径方向のひずみが大きくなるにつれて上に凸の曲線を示し、 ϵ_r と ν の関係において ϵ_r が2%未満で直線関係が認められる。 ν は側圧が大きくなるにつれて小さくなることを示している。飽和状態でも同じである。

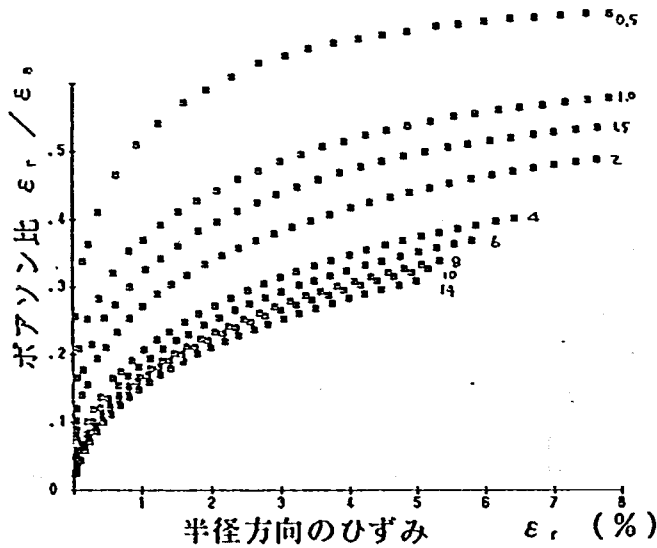


図-41 $\varepsilon_r - \varepsilon_r / \varepsilon_\theta$ の関係 (気乾)

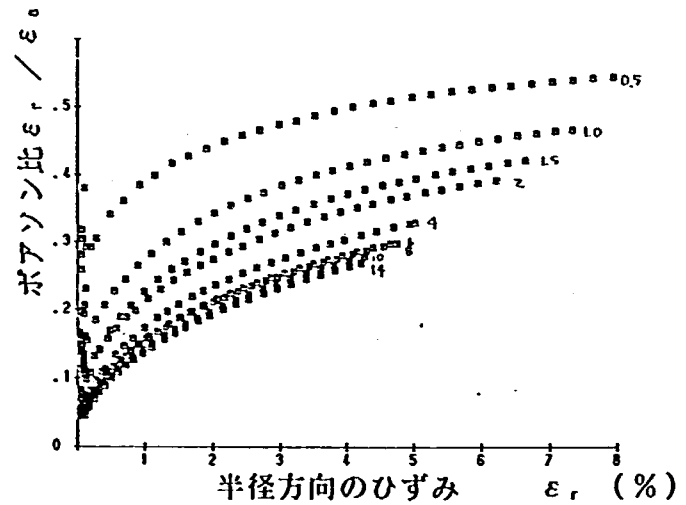


図-42 $\varepsilon_r - \varepsilon_r / \varepsilon_\theta$ の関係 (飽和)

各側圧毎に半径方向のひずみ 1.5%までにおいて初期ポアソン比(ν_1)と立上がり勾配(D)を最小二乗法によって求めたものを表-13に示す。初期ポアソン比(ν_1)は側圧が大きくなるにつれて小さくなるが、Dの値はあまり変わらないようである。なお、飽和状態でも同様の傾向を示す。

表-13 初期ポアソン比と傾き

(半径方向ひずみ1%まで)

側圧 kgf/cm ²	気 乾				飽 和			
	初期ポアソン比		D		初期ポアソン比		D	
	0~1%	0.5~1.5%	0~1%	0.5~1.5%	0~1%	0.5~1.5%	0~1%	0.5~1.5%
0.5	0.288	0.388	25.6	12.3	0.272	0.303	12.7	8.4
1	0.203	0.265	18.7	9.9	0.151	0.177	13.1	9.6
1.5	0.157	0.210	17.9	10.4	0.090	0.125	14.6	10.0
2	0.120	0.168	17.0	9.7	0.101	0.127	11.9	8.3
4	0.064	0.116	15.8	8.5	0.057	0.091	12.6	8.1
6	0.040	0.095	16.2	8.5	0.045	0.078	12.3	7.7
8	0.039	0.084	14.2	8.1	0.049	0.077	11.5	7.6
10	0.052	0.083	12.2	7.9	0.052	0.069	9.6	7.3
14	0.032	0.072	13.1	7.7	0.049	0.067	9.5	7.0
			16.7	9.2			12.0	8.2

半径方向のひずみ
0~1%の範囲
半径方向のひずみ
0.5~1.5%の範囲
全側圧の平均値

図-43に側圧と初期ポアソン比の関係を片対数上に示す。Kulhawy、Duncan、Seedによれば初期ポアソン比は側圧の関数で式 1.5.5を提案している。

$$\nu_1 = G - F \log \left(\frac{\sigma_3}{P_0} \right) \quad \dots 1.5.5$$

G、F : 実験から求められる定数

本材料によれば、気乾状態で

$$(\sigma_3 = 0.5 \sim 14 \text{ kg f/cm}^2) \quad \nu_1 = 0.270 - 0.089 \text{kg}(\sigma_3 / P_a) \quad \text{相関係数} \quad r = 0.954$$

$$(\sigma_3 = 0.5 \sim 6 \text{ kg f/cm}^2) \quad \nu_1 = 0.276 - 0.116 \text{kg}(\sigma_3 / P_a) \quad \text{相関係数} \quad r = 0.974$$

飽和状態で

$$(\sigma_3 = 0.5 \sim 14 \text{ kg f/cm}^2) \quad \nu_1 = 0.195 - 0.060 \text{kg}(\sigma_3 / P_a) \quad \text{相関係数} \quad r = 0.896$$

$$(\sigma_3 = 0.5 \sim 14 \text{ kg f/cm}^2) \quad \nu_1 = 0.200 - 0.083 \text{kg}(\sigma_3 / P_a) \quad \text{相関係数} \quad r = 0.918$$

が得られる。

すなわち、飽和状態でのGおよびFの値は気乾状態に比べ小さい傾向を示す。当然のことながら拘束圧によってG、Fの値は異なる。

図-44には、側圧と破壊時のポアソン比との関係を示す。破壊時のポアソン比は低側圧ほど大きく、高側圧になると小さくなる。飽和状態のポアソン比は、気乾状態に比べ全体に小さい。

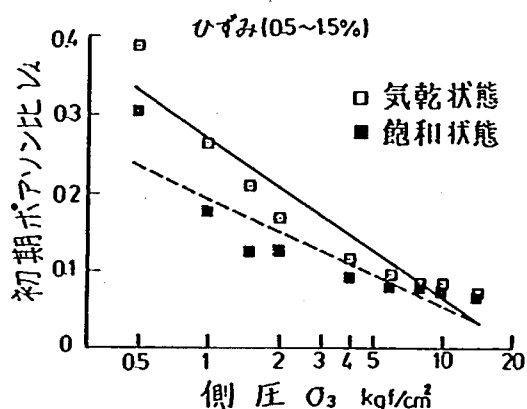


図-43 側圧と初期ポアソン比

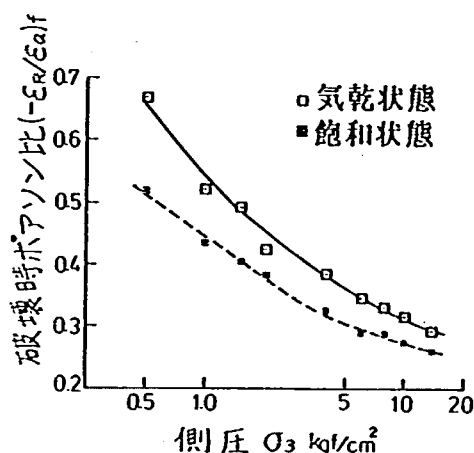


図-44 側圧と破壊時のポアソン比

③変形係数およびポアソン比のまとめ

表-14には、他岩種の E_1 (n、k)と ν_1 (D、F、G)を示す。ほぼ同一間隙比で比較してみると輝緑凝灰岩のnおよびGが他岩種に比べやや小さい。

表-14⁵⁾ 他岩種の E_1 (n、k)と ν_1 (D、F、G)

岩 種	G_0	Q	$\bar{e}_a$	$\bar{e}_0$	E_1		ν_1		
					n	k	D	F	G
流紋岩	2.486	0.023	0.335	0.279	0.38	660	20.5	0.22	0.27
閃緑岩	2.612	0.022	0.332	0.278	0.46	380	10.0	0.25	0.33
玄武岩 半風化	2.676	0.022	0.335	0.282	0.25	560	12.9	0.24	0.32
玄武岩	2.722	0.022	0.404	0.340	0.14	540	13.1	0.25	0.28
斑れい岩	2.952	0.008	0.357	0.309	0.42	790	16.8	0.16	0.24
輝緑凝灰岩 (気乾)	2.869	0.012	0.348 0.349	0.287 0.346	0.089	708	9.2	0.270	0.089
輝緑凝灰岩 (飽和)	2.869	0.012	0.348 0.349	0.248 0.346	0.278	353	8.2	0.195	0.060

2. 内部摩擦角の拘束圧依存性に着目した安定解析の一例

2.1 平面すべりによる安全率の比較

無限斜面における安全率は、図-45に示すように力のつりあいから求められる。内部摩擦角を一定とする方法とモールの破壊包絡線を用いる方法の2通りについて説明する。

1) 空虚地震時

①内部摩擦角(ϕ)を一定にする場合

$$\text{安全率}(F) = \frac{\text{せん断抵抗力}(R)}{\text{せん断力}(S)} \quad \dots 2.1.1$$

せん断抵抗力(R)は

$$R = (N - N_0) \tan \phi$$

ここで

$$N = W \cos \beta = \gamma_t \cdot h \cdot l \cos \beta \cdot \cos \beta$$

$$N_0 = k W \sin \beta = k \gamma_t \cdot h \cdot l \cos \beta \cdot \sin \beta$$

$$R = \gamma_t \cdot h \cdot l \cos \beta (\cos \beta - k \sin \beta) \tan \phi \quad \dots 2.1.2$$

せん断力(S)は

$$S = T + T_0$$

ここで

$$T = W \sin \beta = \gamma_t \cdot h \cdot l \cos \beta \cdot \sin \beta$$

$$T_0 = k W \cos \beta = k \gamma_t \cdot h \cdot l \cos \beta \cdot \cos \beta$$

$$S = \gamma_t \cdot h \cdot l \cos \beta (\sin \beta + k \cos \beta) \quad \dots 2.1.3 \quad \text{図-45 無限斜面での力のつり合い (気乾状態)}$$

よって、安全率(F)は式2.1.1に式2.1.2、式2.1.3を代入して求める。

$$F = \frac{\gamma_t \cdot h \cdot l \cos \beta (\cos \beta - k \sin \beta)}{\gamma_t \cdot h \cdot l \cos \beta (\sin \beta + k \cos \beta)} \tan \phi = \frac{1 - k \tan \beta}{\tan \beta + k} \tan \phi \quad \dots 2.1.4$$

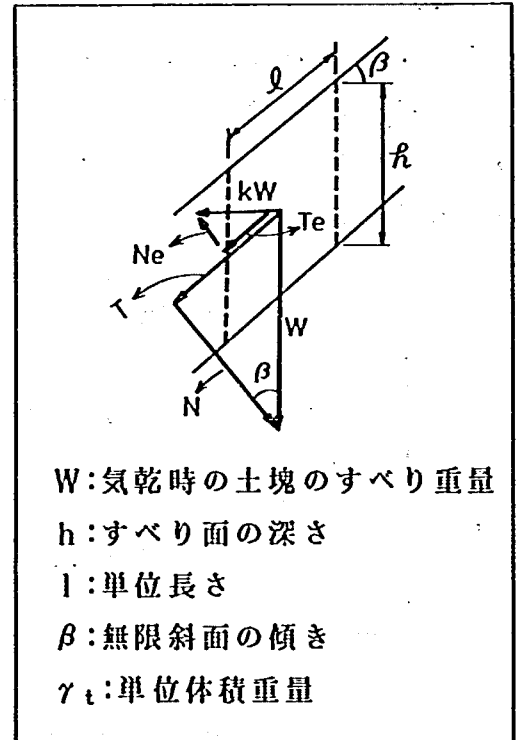
$k=0$ のとき

$$F = \frac{\tan \phi}{\tan \beta} \quad \dots 2.1.5 \quad \text{となる。}$$

②内部摩擦角の拘束圧依存性($\tau = A \sigma_n^b$)による場合

垂直応力(σ_n)は次式から求められる。

$$\begin{aligned} \sigma_n &= (N - N_0) / l \\ &= (\gamma_t \cdot h \cdot l \cos \beta \cdot \cos \beta - k \cdot \gamma_t \cdot h \cdot l \cos \beta \cdot \sin \beta) / l \end{aligned}$$



$$F = \frac{1 - k \frac{\gamma_{sat}}{\gamma_{sub}} \cdot \tan \beta}{\tan \beta + k \cdot \frac{\gamma_{sat}}{\gamma_{sub}}} \cdot \tan \phi \quad \dots 2.1.11$$

$k=0$ のときは式2.1.5と同様になる。

②内部摩擦角の拘束圧依存性 ($\tau = A \sigma_n^b$) を用いる場合

1) の②と同様にしてせん断抵抗力 (R_1) を求めると

垂直応力 σ_n は

$$\begin{aligned} \sigma_n &= (N_1 - N_{o1} - U) / l \\ &= (\gamma_{sat} \cdot h \cdot l \cos \beta \cdot \cos \beta - k \cdot \gamma_{sat} \cdot h \cdot l \cos \beta \cdot \sin \beta - \gamma_w \cdot h \cdot l \cos \beta \cdot \cos \beta) / l \\ &= h \cos \beta (\gamma_{sat} \cdot \cos \beta - k \cdot \gamma_{sat} \cdot \sin \beta - \gamma_w \cos \beta) \end{aligned}$$

$$\gamma_{sub} = \gamma_{sat} - \gamma_w$$

$$\sigma_n = h \cos \beta (\gamma_{sub} \cos \beta - k \gamma_{sat} \cdot \sin \beta)$$

となる。せん断抵抗力 R_1 は

$$R_1 = A (h \cos \beta)^b (\gamma_{sub} \cdot \cos \beta - k \gamma_{sat} \cdot \sin \beta)^b \cdot l \quad \dots 2.1.12$$

安全率(F)は、式2.1.1に式2.1.12と式2.1.10を代入して求めると

$$\begin{aligned} F &= \frac{A (h \cos \beta)^b (\gamma_{sub} \cdot \cos \beta - k \gamma_{sat} \cdot \sin \beta)^b \cdot l}{h \cdot l \cos \beta (\gamma_{sub} \cdot \sin \beta + k \gamma_{sat} \cdot \cos \beta)} \\ &= A (h \cos \beta)^{b-1} \cdot \frac{(\gamma_{sub} \cdot \cos \beta)^{b-1} \cdot (1 - k \frac{\gamma_{sat}}{\gamma_{sub}} \cdot \tan \beta)^b}{\tan \beta + k \frac{\gamma_{sat}}{\gamma_{sub}}} \quad \dots 2.1.13 \end{aligned}$$

となる。

式2.1.4、2.1.8、2.1.11、2.1.13によって、表-15に示す計算条件を代入して求めた安全率の比較を図-47に示す。

無限斜面において内部摩擦角を一定にする方法(ϕ 法)とモールの破壊包絡線を用いて計算する方法(A、b法)では、後者の方はすべり面の深さが深くなるにつれて安全率が低下することになる。上流側、空虚時では安全率 1.2をきることはないが、貯水時には深さ20mから安全率が 1.2以下となる。一方、下流側では、深さ約15mから安全率が 1.2を下回ることになる。しかし、いずれにしても内部摩擦角の拘束圧依存性では、表層付近の安全率がかなり大きくなると言える。なお、上流側満水時で法勾配を3割にした場合も示したが2割7分より約10m深い(30m)から安全率 1.2を切ることになる。

しかし、あとでのべる円弧すべり計算のφ法では表層付近の安全率が最も小さい値が得られるからこのA、b法を用いれば表層付近の安全率はかなり大きい値が得られる。

表-15 計算の入力条件

	上 流 側		下 流 側	備 考
	空虚時	満水時		
A	1.357	1.196	1.357	空虚時は気乾状態のモールの包絡線、満水時は飽和状態のモールの包絡線
b	0.836	0.848	0.836	
φ	39	37	39	側圧2~8kgf/cm ² の内部摩擦角
γ _t	2.125	—	2.125	輝緑凝灰岩の設計値
γ _{sat}	—	2.384	—	$\gamma_{sat} = \frac{Gb+e}{1+e} \gamma_w$
γ _{sub}	—	1.384	—	$\gamma_{sub} = \gamma_{sat} - \gamma_w$
k	0.12			弱震帯
法勾配	0.370 (2割7分) 20.3°		0.476 (2割1分) 25.45°	設計断面より

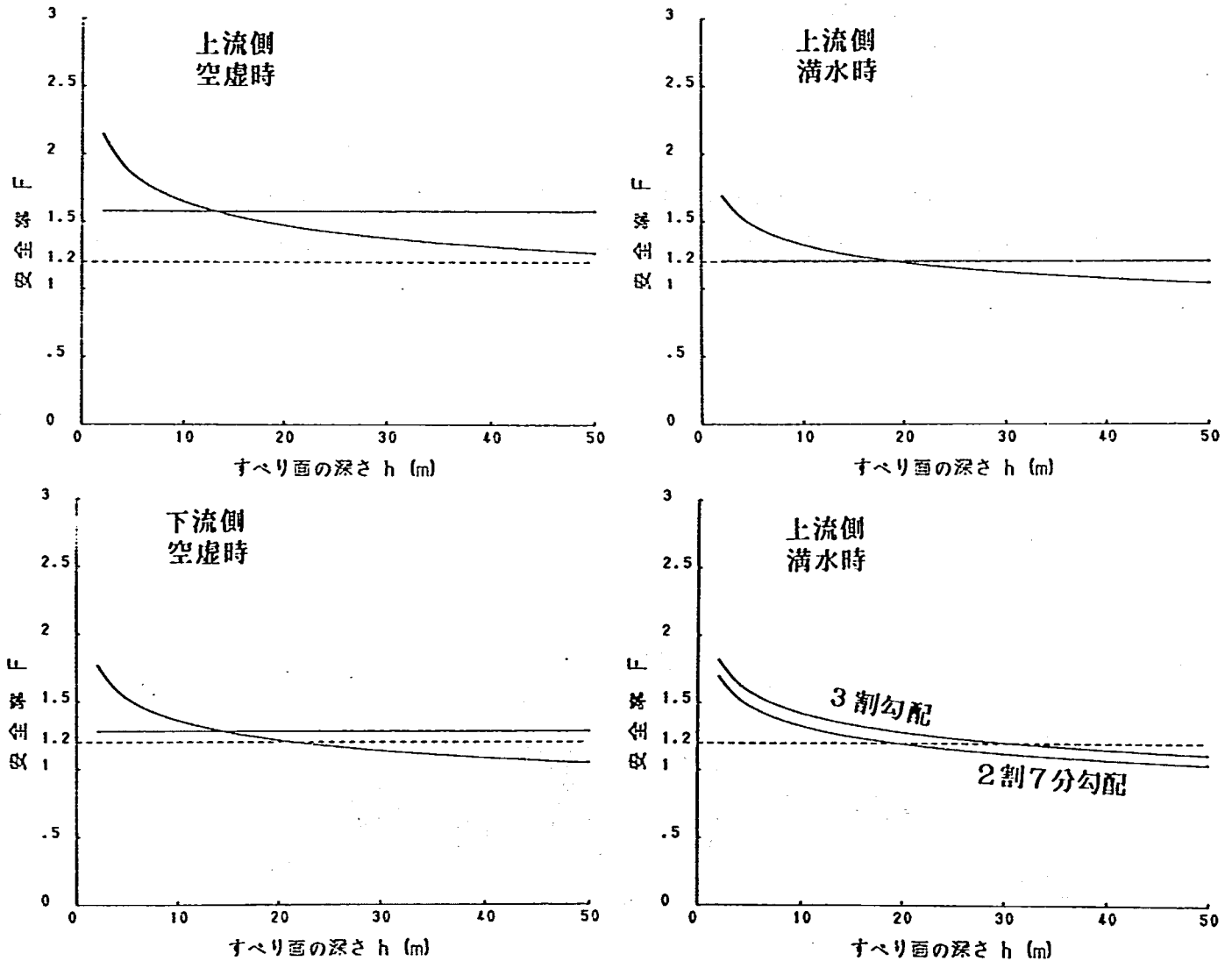


図-47 安全率の比較

2.2 円弧すべりによる安全率の比較

せん断強度において内部摩擦角を一定にする法(φ法)と内部摩擦角の拘束圧依存性を考慮する方法(A、b法)を用いて、円弧すべりによる安定計算(簡便スライス法)を行った。なお、安定計算は円弧のすべり面上におけるせん断抵抗力とせん断力の比によった。

φ法による安全率(F)は、

$$F = \frac{\sum (N - U - N_o) \tan \phi}{\sum (T + T_o)}$$

N:各スライスのすべり面上に働く荷重の垂直分力

T:各スライスのすべり面上に働く水平分力

U:各スライスのすべり面上に働く間隙圧

N_o:各スライスのすべり面上に働く地震時慣性力の垂直分力

T_o:各スライスのすべり面上に働く地震時慣性力の水平分力

一方、A、b法による安全率(F)は、

$$F = \frac{\sum A (N - U - N_o)^b}{\sum (T + T_o)}$$

となる。

計算断面を図-48に示す。断面においてフィルタ部を設けていない理由は内部ロック材と同様の材料を用いるためであり、また、外部ロック材についてはA、bの試験値がないために省略した。

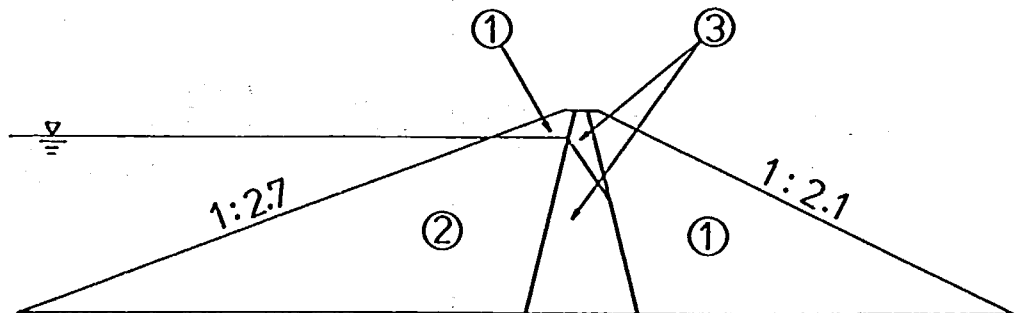


図-48 計算断面図

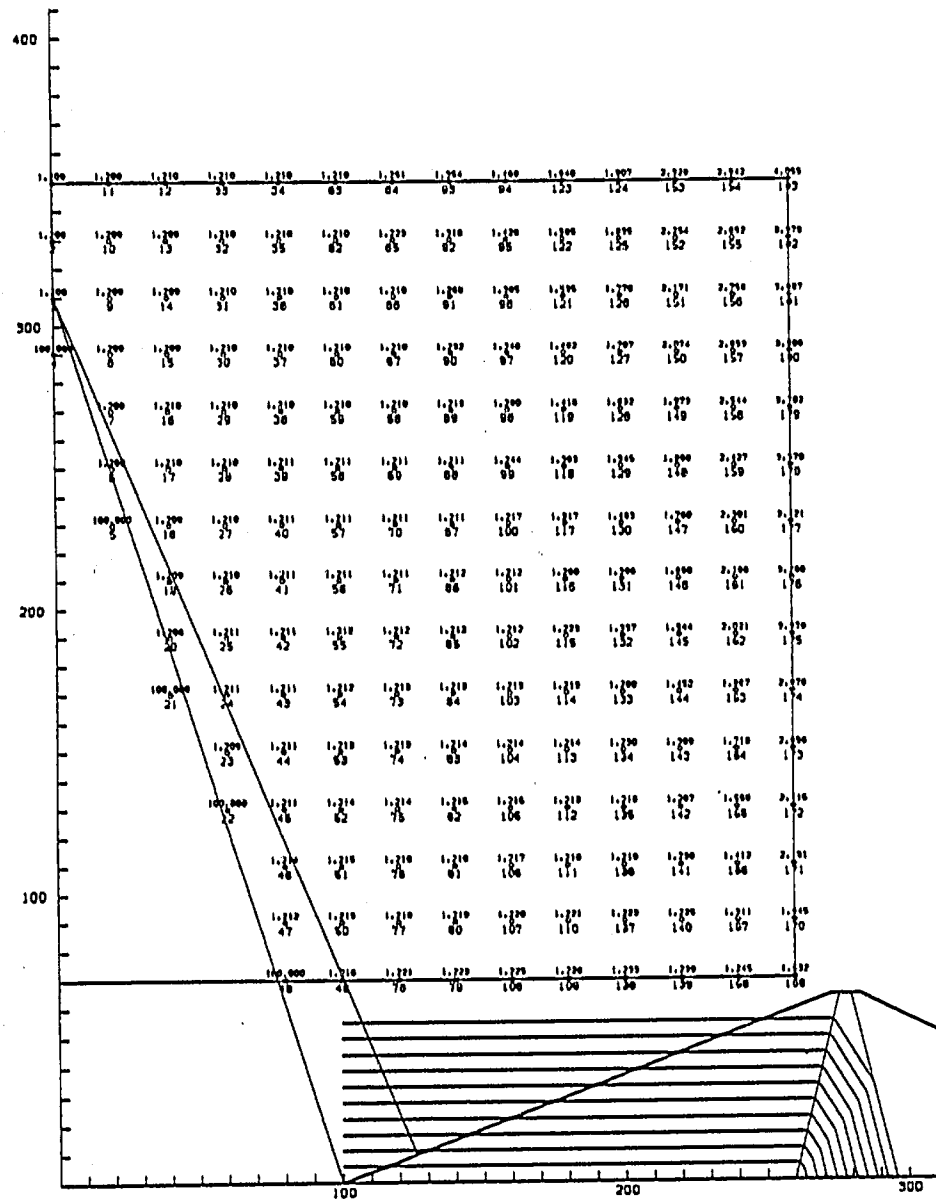
各断面の物性値を表-16に示す。計算は、常時満水位の上流側についてのみ行った。

表-16 計算に用いた物性値

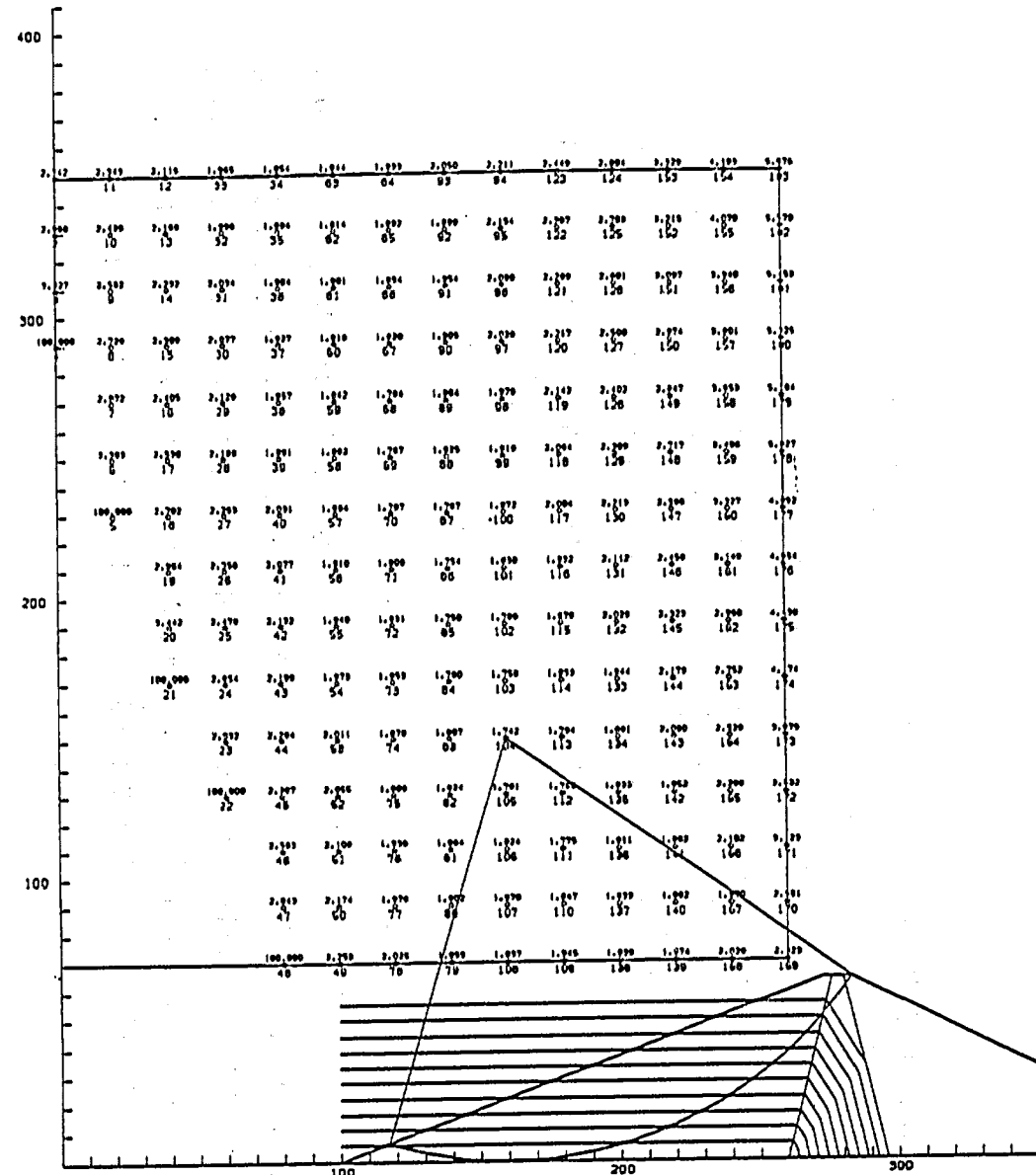
断 面	γ_t	γ_{sat}	c	ϕ	A	b	備 考
1	2.125	2.384	0	39°	1.357	0.836	内部ロックの気乾
2	2.125	2.384	0	37°	1.196	0.848	内部ロックの飽和
3	2.070	2.160	0	30°	0.577	1.000	コア材

地震時慣性力は、0.12で堤体に一様に分布させた。

計算結果を ϕ 法とA、b法を比較して図-49に示す。 ϕ 法では表層（表層から2mの深さ）において、最小安全率（ $F_s=1.208$ ）が得られる。図では上流側法尻付近だけになっているがほかの1.21程度の安全率をみて円弧を描くと、ほかの表層付近に生じるようである。一方、A、b法では堤体表層から約30mのところを横切るすべり面が最小安全率となるが、その値は1.742であり、設計許容値1.2を大きく上回っている。



a) ϕ 法



b) A・b 法

図-49 安全率の分布

3. まとめと今後の問題点

今回の実験および安定解析をとおして次のことがわかった。

1) 材料の物理的性質

- a. 今回使用した泥質輝緑凝灰岩の比重および吸水量は、それぞれ2.869、1.2%であった。
- b. 岩石の一軸圧縮強度および点載荷圧裂強度は、気乾と飽和の強度差があり、飽和時の一軸圧縮強度は、気乾時の90%、飽和時の点載荷圧裂強度は気乾時の50%であり、泥質輝緑凝灰岩は飽和時に軟弱化することを示している。

2) 締固め特性

実固めエネルギーが増えるにつれて密度が増加するが、他岩種に比べ破碎の大きい材料である。均等係数における最大、最小密度は、それぞれ 2.243 t/m^3 、 1.824 t/m^3 と他岩種に比べ大きい値である。

3) 拘束圧依存性に着目したせん断強度の特性

- a. 間隙比0.35（相対密度75%）で行った三軸試験によると拘束圧の増加によってせん断直前の間隙比は、気乾、飽和とも小さくなる。特に飽和の方が顕著である。
- b. 応力・ひずみ曲線において、拘束圧が大きくなると軸ひずみ15%をこえてもピーク強度の生じないなだらかな曲線となり、この傾向は飽和時の方が一層明瞭である。
- c. 側圧（最小主応力）と最大主応力とは対数上ではほぼ直線関係が得られる。飽和時でも同じである。
- d. 拘束圧が大きくなると見掛けの粘着力成分をゼロにした内部摩擦角は側圧とともに小さくなる。ダイレイタンスの影響は拘束圧の小さいときに大きく、破碎率は拘束圧が大きいときに大きくなる。なお、飽和ではダイレイタンスの影響は気乾状態に比べ少なく、逆に破碎率は飽和時の方が大きい。
- e. モールの破壊包絡線を利用して求めた垂直応力とせん断強度の関係は、垂直応力が大きくなるとせん断強度は大きくなり、やや上に凸の関係が得られ、対数上ではこの関係はほぼ直線である。この関係は、せん断強度(τ_f)は $\tau_f = A \sigma_n^b$ という単純な実験式で表現できる。
- f. ここでAおよびbの値は、拘束圧が大きくなるとAの値はやや減少するが、bの値はほぼ同じ大きさである。気乾と飽和の差はAの値のみが明確であるが、bの値については差はない。
- g. 各拘束圧範囲において3～4つのモールの応力円から求める内部摩擦角は、低側圧、中間側圧、高側圧ほど大きい。飽和時においてもほぼ同様の傾向であ

るが、気乾時との差は低側圧時が最も大きく（約3度）、側圧が大きくなるにつれてその差が小さくなる。

4) 変形特性

- a. 初期接線変形係数のパラメーターKは、気乾で708、飽和で353であり、飽和での値が小さい。このことは、盛立終了後貯水による浸水沈下の可能性について検討すべきと考えられる。
- b. 拘束圧が大きくなると初期接線変形係数は大きくなる。飽和時でも同じであるが、低側圧から高側圧へかけての増加率が大きい。
- c. 初期ポアソン比は、拘束圧が大きくなるにつれて小さくなり、飽和時においても同じであるがその値は気乾時に比べ小さい。

5) 拘束圧依存性を利用した安定解析

平面すべりによって拘束圧依存性を利用したせん断強度で安定解析を行うと従来法に比べ、表層付近の安全率は大きくなるが、深くなるにつれて安全率が小さくなる。

円弧すべりにおいても内部摩擦角の拘束圧依存性を利用した方法では表層より深いところで最小安全率が得られた。そしてこの値は、1.742であり、1.2よりもずっと大きい。

今後の問題点として、さらに次のことを検討していく必要がある。

- 1) 内部摩擦角の拘束圧依存性について、気乾、飽和状態による差をみたが、他岩種との比較を行い、さらには粒度、密度のちがいについても検討する必要がある。
- 2) 輝緑凝灰岩は、室内締固め試験でもかなりの破砕が生じたので今後、盛立試験で破砕率について再確認する必要がある。
- 3) 今後、築堤解析、湛水解析、さらに動的解析を進めていくためには、外部ロック、コア材の静的物性値および動的物性値について試験が必要である。

参考文献

- 1) 沖縄総合事務局北部ダム事務所：羽地ダムロック材料試験業務報告書 S 57.3
- 2) 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 № 932 P1024-1030、 1965
- 3) 松本、豊田、小川：羽地ダムロック材（輝緑凝灰岩）の材料試験、
土木研究所資料、第2405号 S 61.10
- 4) 松本、渡辺、岩田、小川：粗粒材料の密度試験に関する実験的検討、
土木研究所資料、第2233号 S 60.5
- 5) 松本、渡辺：ロック材料の三軸圧縮試験と強度特性、
土木研究所報告、第173号 S 62.3
- 6) 赤井：砂のセン断におけるダイレイタンスー効果、
土木学会論文集、58号 p.p.76~81 (1958)
- 7) 松本、渡辺：ロック材料のセン断強度、
土と基礎 S 62.4
- 8) Kondner, R.L.: Hyperbolic Stress-Strain Response; Cohesive Soils; Journal
of Soil Mechanics and Foundation Division, ASCE, Vol.89, No. SM1, 1963.

4. 補足資料（羽地ダムの築堤解析）

羽地ダムの築堤時の応力分布および変形を把握するために有限要素法による築堤解析を行った。羽地ダムの標準断面図を図-4.1に示す。解析に用いる断面は、コアのトレンチ部の最低標高を水平にのばした大きさとした。ダム断面の要素分割図を図-4.2に示す。基礎部は、物性値が不明であるために剛体と考えた。

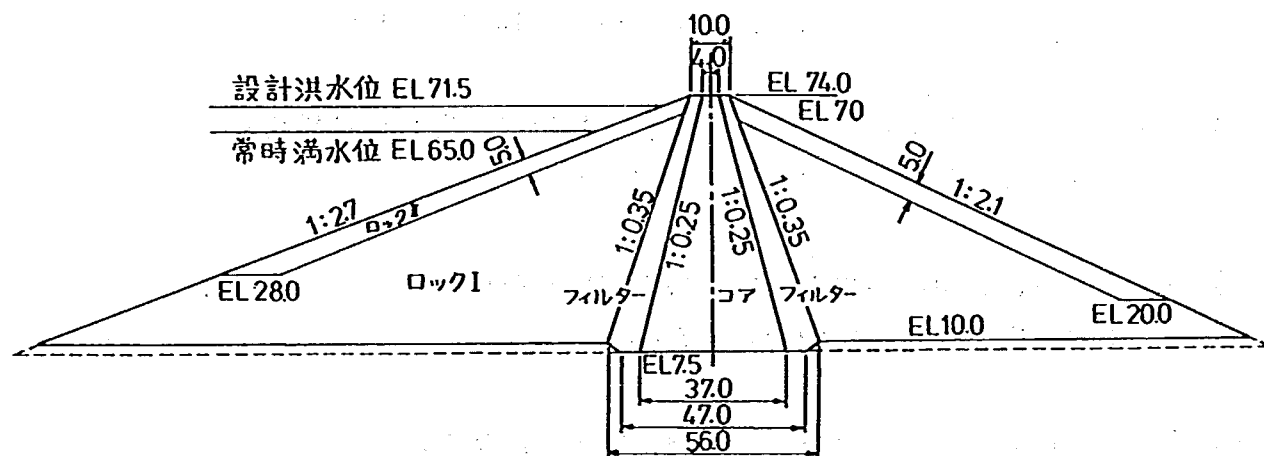


図-4.1 羽地ダム標準断面図

堤高 76.5m
要素数 170
節点数 187
築堤層数 10

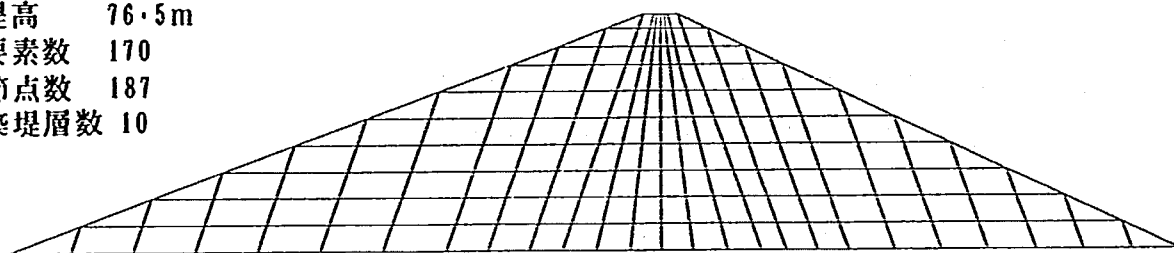


図-4.2 要素分割図

要素断面は、要素数170、節点数187、築堤層数10層である。ロック、フィルタ、コアの物性値を表-4.1に示す。ロック、フィルタの物性値は1.5項で求めた側圧 0.5 ~ 6kg f/cm²における値であり、フィルタ部はロック部と同様の材料を用いるために弾性係数とポアソン比の値は変えなかったが、内部摩擦角の値を設計値とあわせた。なお、コア材の物性値は、羽地ダムで実施された圧密非排水の三軸試験の結果をもとに弾性係数の常数は求められた。しかし、圧密非排水試験であるためにポアソン比については、表-4.2の物性値を考慮して求めた。

表-4.1 築堤解析入力値

	弾性係数			ポアソン比			γ_t t/m ³	C	ϕ_d (度)
	k	n	R_f	G	F	D			
ロック	717	0.031	0.95	0.276	0.116	9.9	2.125	0	39
フィルタ	717	0.031	0.95	0.276	0.116	9.9	2.129	0	35
コア	200	0.800	1.10	0.400	0.100	2.0	2.070	0	30

表-4.2 他ダムの解析に使用されたE、 ν の参考値

	E			ν			γ_t	C	ϕ_d	備 考
	k	n	R_t	G	F	D				
コア材 SC 10	141	0.941	1.039	0.397	0.098	7.96	2.171	0.31	36°	七ヶ宿
コ ア	820	0.1	0.95	0.25	0.15	12.4	2.010	0.0	25°	寒河江

10層盛立後の主応力の分布と変形をそれぞれ図-43、図-44に示す。引張応力の存在する要素はなく、 σ_3/σ_1 の大きさはコア部低標高部で約0.3~0.4の大きさである。また、コア部の中位標高で変形が大きくなることを示している。

盛立完了時(10層)

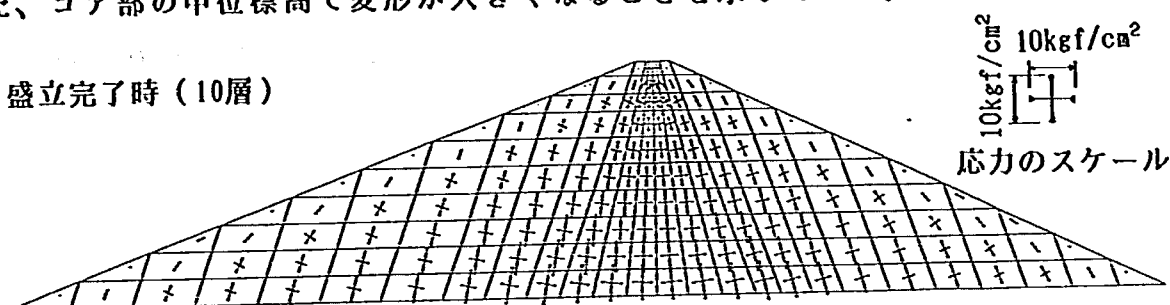


図-4.3 主応力の分布図

盛立完了時(10層)

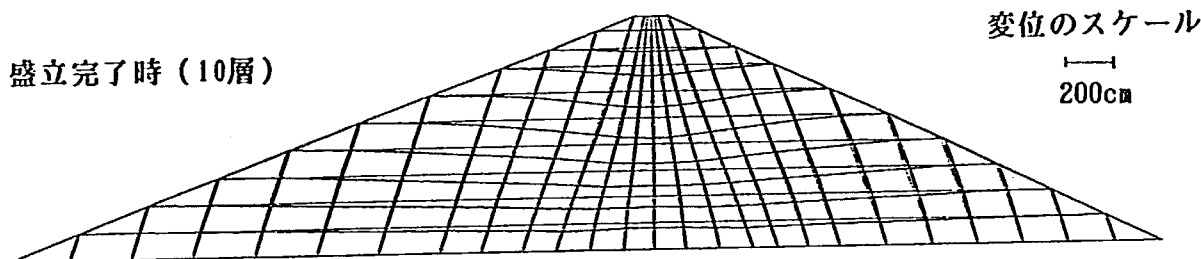


図-4.4 変位図

図-4.5 に基礎に接する堤体最下部要素における垂直応力(σ_y)、水平応力(σ_x)、せん断応力(τ_{xy})の分布図を示す。 σ_y の最大値はフィルター部とロック部の境界付近に生じている。その最大値は12.1kgf/cm²である。堤体標高に密度を乗じた値($\gamma_t \cdot H = 2.125t/m^3 \times 76.5m \times 1/10 = 16.3kgf/cm^2$)に対し、約7割の大きさである。

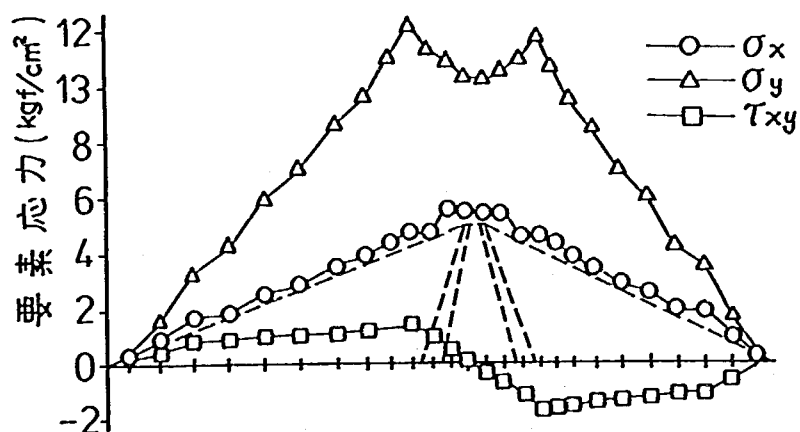


図-4.5 堤体最下部要素の応力分布図

水平応力も垂直応力と同様のヶ所において、最大 5.16kgf/cm^2 を生じており、この値は垂直応力の $1/2$ の大きさである。また、せん断応力は最大 1.7kgf/cm^2 の大きさである。

図-4.6 に堤体中央部（コア部中央）における沈下量を示す。10層盛立後の最大沈下量は 71.8cm である。これはダム高さの約 1% に相当し、この沈下量の最大値は堤体のほぼ中央で生じている。

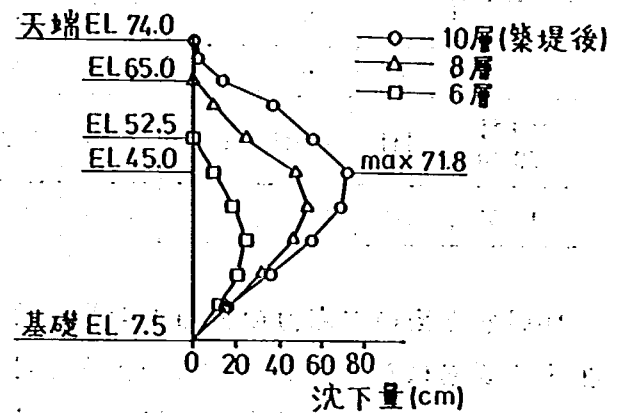


図-4.6 コア部の沈下量

三車軸式試験結果一覧表

試験名称 羽地ダム CM

気圧 食包系口

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 ゲイガー $\Delta \varepsilon_v / \Delta \varepsilon_a$	破壊時の ポアソン比 $\varepsilon_r / \varepsilon_a$	C=0法の ϕ_0 (度)	変形係数 $E_{50} \times 10^2$ 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_c											全体	せん断時	
EMD 0#5.1	0.5	0.349	87	0.346	0.374	6.3	4.516	5.106	10.03	-2.08	-0.4651	-0.6653	54.96	565	7.5	1.3	丸東三軸 10 ton
EMD 1#0.1	1.0	0.349	222	0.342	0.347	8.2	6.537	7.537	7.54	-0.38	-0.3269	-0.5234	49.97	376	9.2	3.0	"
EMD 1#5.1	1.5	0.349	335	0.339	0.337	9.8	8.706	10.206	6.80	0.14	-0.2635	-0.4927	48.05	395	10.4	4.2	"
EMD 2#0.1	2.0	0.349	470	0.334	0.313	10.2	11.149	13.149	6.57	1.54	-0.1680	-0.4246	47.39	330	11.3	5.1	"
EMD 4#0.1	4.0	0.349	1002	0.317	0.273	14.6	18.270	22.270	5.57	3.32	-0.0985	-0.3661	44.06	351	15.0	8.8	丸東三軸 50 ton
EMD 6#0.1	6.0	0.349	1125	0.314	0.257	13.9	24.173	30.173	5.03	4.28	-0.0728	-0.3455	41.93	434	16.4	10.2	"
EMD 6#0.1	8.0	0.349	1360	0.305	0.239 0.239	15.0 15.3	32.048 32.095	40.048 40.095	5.01 5.01	5.10 5.10	-0.0099 -0.0248	-0.3298 -0.3332	41.84 41.66	481	17.9	19.7	"
EMD10#0.1	10.0	0.348	1355	0.305	0.234 0.234	15.0 15.4	38.287 38.310	48.287 48.310	4.83 4.83	5.47 5.47	0.0000 0.0000	-0.3178 -0.3219	41.06 41.07	532	19.1	12.9	"
EMD14#0.1	14.0	0.349	1935	0.287	0.207 0.207	15.0 15.7	49.713 50.136	63.713 64.136	4.55 4.58	6.18 6.19	0.0340 0.0000	-0.2935 -0.3030	39.77 39.92	629	21.9	15.7	"

****TEST NAME :HMD015.1*** **FILE NAME :HMD015.1****

MEAN DIAMETER = 29.60 (CM)					VOLUME COMPRESSIBILITY = 87.00 (CC)							
			INITIAL CONDITION				AFTER CONSOLIDATION					
HEIGHT (CM)			61.00				60.96					
VOLUME (CC)			41976.20				41889.20					
DRY DENSITY (g/cm3)			2.127				2.131					
WEIGHT UNDER OVEN DRY CONDITION = 89280.00 (g)												
MEAN SPECIFIC GRAVITY UNDER OVEN DRY CONDITION = 2.869												
MEAN PERCENTAGE OF ABSORPTION = 1.20 (%)												
CONFINING PRESSURE = 0.50 (Kg/cm2)												
COEFFICIENT OF CALIBRATION = 0.0014552												
No	AXIAL	LOAD	VOL.CHANGE	DEV.SIG	EA	EV	Q/P'	ER/EA	ER	EA/DEV.SIG	DIL.SIG	DIL.SLP
1	0.09	1000.0	30.0	1.454	0.001	0.0007	1.477	-0.2575	-0.0004	0.0010	1.6158	0.3234
2	0.27	1620.0	60.0	2.350	0.004	0.0014	1.831	-0.3383	-0.0015	0.0019	2.4560	0.2112
3	0.40	1890.0	75.0	2.737	0.007	0.0018	1.938	-0.3636	-0.0024	0.0024	2.7615	0.0485
4	0.57	2100.0	70.0	3.032	0.009	0.0017	2.007	-0.4106	-0.0038	0.0031	2.9759	-0.1132
5	0.85	2440.0	40.0	3.505	0.014	0.0010	2.101	-0.4658	-0.0065	0.0040	3.3961	-0.2170
6	1.14	2650.0	-15.0	3.783	0.019	-0.0004	2.148	-0.5096	-0.0095	0.0049	3.6297	-0.3064
7	1.42	2820.0	-80.0	4.000	0.023	-0.0019	2.182	-0.5410	-0.0126	0.0058	3.8125	-0.3759
8	1.74	2990.0	-170.0	4.210	0.029	-0.0041	2.212	-0.5711	-0.0163	0.0068	4.0037	-0.4123
9	2.02	3080.0	-250.0	4.308	0.033	-0.0060	2.225	-0.5901	-0.0196	0.0077	4.0820	-0.4516
10	2.32	3140.0	-350.0	4.359	0.038	-0.0084	2.232	-0.6098	-0.0232	0.0087	4.0966	-0.5248
11	2.63	3210.0	-470.0	4.420	0.043	-0.0112	2.240	-0.6300	-0.0272	0.0098	4.1660	-0.5082
12	2.95	3280.0	-570.0	4.481	0.048	-0.0136	2.248	-0.6406	-0.0310	0.0108	4.2345	-0.4933
13	3.22	3320.0	-670.0	4.504	0.053	-0.0160	2.251	-0.6514	-0.0344	0.0117	4.2488	-0.5106
14	3.52	3350.0	-770.0	4.511	0.058	-0.0184	2.251	-0.6592	-0.0381	0.0128	4.2720	-0.4771
15	3.83	3380.0	-870.0	4.516	0.063	-0.0208	2.252	-0.6653	-0.0418	0.0139	4.2733	-0.4851
16	4.12	3390.0	-970.0	4.496	0.068	-0.0232	2.249	-0.6713	-0.0454	0.0150	4.2490	-0.4933
17	4.42	3400.0	-1070.0	4.475	0.073	-0.0255	2.247	-0.6761	-0.0490	0.0162	4.2048	-0.5398
18	4.74	3410.0	-1200.0	4.449	0.078	-0.0286	2.244	-0.6842	-0.0532	0.0175	4.1822	-0.5336
19	5.02	3430.0	-1290.0	4.444	0.082	-0.0308	2.243	-0.6870	-0.0566	0.0185	4.1926	-0.5018
20	5.32	3440.0	-1400.0	4.421	0.087	-0.0334	2.240	-0.6915	-0.0603	0.0197	4.1545	-0.5336
21	5.62	3420.0	-1510.0	4.361	0.092	-0.0360	2.232	-0.6955	-0.0641	0.0211	4.1183	-0.4851
22	5.92	3400.0	-1600.0	4.303	0.097	-0.0382	2.225	-0.6967	-0.0677	0.0226	4.0643	-0.4771
23	6.23	3350.0	-1710.0	4.205	0.102	-0.0408	2.211	-0.6997	-0.0715	0.0243	3.9427	-0.5248
24	6.53	3320.0	-1820.0	4.134	0.107	-0.0434	2.201	-0.7028	-0.0753	0.0259	3.9037	-0.4608
25	6.83	3310.0	-1900.0	4.091	0.112	-0.0454	2.195	-0.7024	-0.0787	0.0274	3.8975	-0.3881
26	7.13	3300.0	-1980.0	4.049	0.117	-0.0473	2.189	-0.7021	-0.0821	0.0289	3.8308	-0.4366
27	7.43	3300.0	-2080.0	4.017	0.122	-0.0497	2.184	-0.7037	-0.0858	0.0303	3.7954	-0.4440
28	7.72	3300.0	-2160.0	3.988	0.127	-0.0516	2.180	-0.7036	-0.0891	0.0318	3.7787	-0.4193
29	8.02	3290.0	-2250.0	3.946	0.132	-0.0537	2.174	-0.7041	-0.0926	0.0333	3.7229	-0.4460
30	8.34	3280.0	-2350.0	3.901	0.137	-0.0561	2.167	-0.7050	-0.0965	0.0351	3.7164	-0.3696
31	8.65	3250.0	-2410.0	3.838	0.142	-0.0575	2.157	-0.7027	-0.0997	0.0370	3.6850	-0.3051
32	8.96	3230.0	-2480.0	3.785	0.147	-0.0592	2.149	-0.7014	-0.1031	0.0388	3.6277	-0.3153
33	9.25	3230.0	-2540.0	3.759	0.152	-0.0606	2.144	-0.6998	-0.1062	0.0404	3.5742	-0.3700
34	9.55	3220.0	-2630.0	3.718	0.157	-0.0628	2.138	-0.7004	-0.1097	0.0421	3.5185	-0.3996

****TEST NAME :HND110.1*** **FILE NAME :HND110.1****

MEAN DIAMETER = 29.60 (CM)				VOLUME COMPRESSIBILITY = 222.00 (CC)								
				INITIAL CONDITION					AFTER CONSOLIDATION			
HEIGHT (CM)				61.01					60.90			
VOLUME (CC)				41983.10					41761.10			
DRY DENSITY (g/cm3)				2.127					2.138			
WEIGHT UNDER OVEN DRY CONDITION				= 89280.00 (g)								
MEAN SPECIFIC GRAVITY UNDER OVEN DRY CONDITION :				2.869								
MEAN PERCENTAGE OF ABSORPTION				= 1.20 (%)								
CONFINING PRESSURE				= 1.00 (Kg/cm2)								
COEFFICIENT OF CALIBRATION				= 0.0014584								
No	AXIAL	LOAD	VOL.CHANGE	DEV.SIG	EA	EY	Q/P'	ER/EA	ER	EA/DEV.SIG	DIL.SIG	DIL.SLP
1	0.25	1600.0	100.0	2.329	0.004	0.0024	1.311	-0.2083	-0.0009	0.0018	2.8247	0.4953
2	0.53	2250.0	180.0	3.267	0.009	0.0043	1.564	-0.2524	-0.0022	0.0027	3.6376	0.3708
3	0.84	2720.0	250.0	3.936	0.014	0.0060	1.702	-0.2830	-0.0039	0.0035	4.1747	0.2391
4	1.14	3060.0	280.0	4.409	0.019	0.0067	1.785	-0.3209	-0.0060	0.0042	4.5058	0.0972
5	1.44	3350.0	290.0	4.803	0.024	0.0069	1.847	-0.3532	-0.0084	0.0049	4.8775	0.0742
6	1.73	3580.0	310.0	5.111	0.028	0.0074	1.890	-0.3693	-0.0105	0.0056	5.1357	0.0251
7	2.02	3780.0	300.0	5.368	0.033	0.0072	1.925	-0.3917	-0.0130	0.0062	5.2916	-0.0768
8	2.30	4000.0	280.0	5.651	0.038	0.0067	1.960	-0.4112	-0.0155	0.0067	5.5504	-0.1006
9	2.60	4150.0	260.0	5.830	0.043	0.0062	1.981	-0.4271	-0.0182	0.0073	5.7086	-0.1215
10	2.90	4280.0	230.0	5.977	0.048	0.0055	1.997	-0.4422	-0.0211	0.0080	5.7830	-0.1944
11	3.20	4420.0	180.0	6.134	0.053	0.0043	2.015	-0.4590	-0.0241	0.0086	5.9149	-0.2188
12	3.50	4540.0	140.0	6.261	0.057	0.0034	2.028	-0.4708	-0.0271	0.0092	6.0184	-0.2431
13	3.80	4620.0	80.0	6.329	0.062	0.0019	2.035	-0.4846	-0.0302	0.0099	6.0620	-0.2674
14	4.10	4700.0	30.0	6.397	0.067	0.0007	2.042	-0.4947	-0.0333	0.0105	6.0957	-0.3017
15	4.38	4770.0	-40.0	6.450	0.072	-0.0010	2.048	-0.5067	-0.0364	0.0112	6.1533	-0.2966
16	4.69	4840.0	-90.0	6.501	0.077	-0.0022	2.053	-0.5140	-0.0396	0.0118	6.2092	-0.2917
17	4.98	4900.0	-160.0	6.537	0.082	-0.0038	2.056	-0.5234	-0.0428	0.0125	6.2097	-0.3269
18	5.27	4930.0	-220.0	6.533	0.087	-0.0053	2.056	-0.5304	-0.0459	0.0132	6.2365	-0.2966
19	5.57	4950.0	-280.0	6.515	0.091	-0.0067	2.054	-0.5367	-0.0491	0.0140	6.1990	-0.3160
20	5.87	5000.0	-350.0	6.534	0.096	-0.0084	2.056	-0.5435	-0.0524	0.0148	6.1696	-0.3646
21	6.17	5010.0	-430.0	6.499	0.101	-0.0103	2.053	-0.5508	-0.0558	0.0156	6.1884	-0.3108
22	6.48	5020.0	-480.0	6.468	0.106	-0.0115	2.049	-0.5540	-0.0589	0.0165	6.1569	-0.3108
23	6.78	5030.0	-560.0	6.433	0.111	-0.0134	2.046	-0.5602	-0.0624	0.0173	6.0866	-0.3461
24	7.07	5050.0	-620.0	6.415	0.116	-0.0148	2.044	-0.5639	-0.0655	0.0181	6.1276	-0.2869
25	7.39	5060.0	-680.0	6.380	0.121	-0.0163	2.041	-0.5671	-0.0688	0.0190	6.0742	-0.3058
26	7.69	5060.0	-750.0	6.334	0.126	-0.0180	2.036	-0.5711	-0.0721	0.0199	5.9935	-0.3403
27	7.99	5060.0	-820.0	6.288	0.131	-0.0196	2.031	-0.5748	-0.0754	0.0209	5.9717	-0.3160
28	8.29	5090.0	-880.0	6.280	0.136	-0.0211	2.030	-0.5774	-0.0786	0.0217	6.0084	-0.2719
29	8.58	5080.0	-930.0	6.226	0.141	-0.0223	2.025	-0.5790	-0.0816	0.0226	5.9789	-0.2472
30	8.88	5080.0	-980.0	6.183	0.146	-0.0235	2.020	-0.5805	-0.0846	0.0236	5.8915	-0.2917
31	9.18	5080.0	-1050.0	6.137	0.151	-0.0251	2.015	-0.5834	-0.0879	0.0246	5.8552	-0.2823
32	9.50	5070.0	-1100.0	6.080	0.156	-0.0263	2.009	-0.5844	-0.0912	0.0257	5.24.9619	1-31.0423

*****TEST NAME :HND115.1*** **FILE NAME :HND115.1*****

MEAN DIAMETER = 29.60 (CM)					VOLUME COMPRESSIBILITY = 335.00 (CC)							
INITIAL CONDITION					AFTER CONSOLIDATION							
HEIGHT (CM)					61.02							
VOLUME (CC)					41989.90							
DRY DENSITY (g/cm ³)					2.126							
HEIGHT UNDER OVEN DRY CONDITION					= 89280.00 (g)							
MEAN SPECIFIC GRAVITY UNDER OVEN DRY CONDITION					= 2.869							
MEAN PERCENTAGE OF ABSORPTION					= 1.20 (%)							
CONFINING PRESSURE					= 1.50 (Kg/cm ²)							
COEFFICIENT OF CALIBRATION					= 0.0014610							
No	AXIAL	LOAD	VOL.CHANGE	DEV.SIG	EA	EY	Q/P'	ER/EA	ER	EA/DEV.SIG	DIL.SIG	DIL.SLP
1	0.24	1850.0	110.0	2.699	0.004	0.0026	1.125	-0.1652	-0.0007	0.0015	3.6686	0.6462
2	0.52	2710.0	230.0	3.947	0.009	0.0055	1.402	-0.1769	-0.0015	0.0022	4.7407	0.5290
3	0.82	3340.0	320.0	4.851	0.013	0.0077	1.556	-0.2149	-0.0029	0.0028	5.3901	0.3593
4	1.13	3820.0	380.0	5.528	0.019	0.0091	1.654	-0.2543	-0.0047	0.0034	5.9661	0.2922
5	1.42	4220.0	440.0	6.086	0.023	0.0106	1.725	-0.2736	-0.0064	0.0038	6.4201	0.2229
6	1.72	4580.0	470.0	6.576	0.028	0.0113	1.781	-0.3004	-0.0085	0.0043	6.7250	0.0991
7	2.01	4920.0	480.0	7.032	0.033	0.0115	1.829	-0.3256	-0.0108	0.0047	7.1432	0.0743
8	2.31	5200.0	500.0	7.398	0.038	0.0120	1.865	-0.3419	-0.0130	0.0051	7.4695	0.0479
9	2.62	5480.0	500.0	7.755	0.043	0.0120	1.898	-0.3606	-0.0155	0.0056	7.6486	-0.0707
10	2.93	5660.0	470.0	7.961	0.048	0.0113	1.917	-0.3828	-0.0184	0.0060	7.8196	-0.0943
11	3.24	5870.0	460.0	8.210	0.053	0.0110	1.938	-0.3963	-0.0211	0.0065	8.0688	-0.0943
12	3.55	6010.0	430.0	8.355	0.058	0.0103	1.950	-0.4115	-0.0240	0.0070	8.1426	-0.1414
13	3.86	6120.0	400.0	8.455	0.063	0.0096	1.958	-0.4243	-0.0269	0.0075	8.1954	-0.1733
14	4.14	6230.0	360.0	8.557	0.068	0.0086	1.966	-0.4365	-0.0297	0.0080	8.2596	-0.1981
15	4.45	6310.0	320.0	8.611	0.073	0.0077	1.970	-0.4475	-0.0327	0.0085	8.2876	-0.2156
16	4.75	6400.0	270.0	8.677	0.078	0.0065	1.975	-0.4585	-0.0358	0.0090	8.3176	-0.2395
17	5.06	6450.0	220.0	8.686	0.083	0.0053	1.976	-0.4682	-0.0389	0.0096	8.3323	-0.2356
18	5.37	6500.0	170.0	8.694	0.088	0.0041	1.977	-0.4769	-0.0421	0.0101	8.3405	-0.2356
19	5.68	6550.0	120.0	8.701	0.093	0.0029	1.977	-0.4846	-0.0452	0.0107	8.3126	-0.2592
20	5.99	6600.0	60.0	8.706	0.098	0.0014	1.978	-0.4927	-0.0485	0.0113	8.3109	-0.2635
21	6.29	6620.0	10.0	8.674	0.103	0.0002	1.975	-0.4988	-0.0516	0.0119	8.2854	-0.2592
22	6.61	6640.0	-50.0	8.637	0.109	-0.0012	1.972	-0.5055	-0.0549	0.0126	8.2835	-0.2356
23	6.91	6680.0	-90.0	8.633	0.114	-0.0022	1.972	-0.5095	-0.0579	0.0132	8.2734	-0.2395
24	7.22	6710.0	-150.0	8.609	0.119	-0.0036	1.970	-0.5152	-0.0611	0.0138	8.2141	-0.2635
25	7.52	6730.0	-200.0	8.576	0.124	-0.0048	1.968	-0.5194	-0.0642	0.0144	8.1812	-0.2635
26	7.83	6750.0	-260.0	8.540	0.129	-0.0062	1.965	-0.5243	-0.0675	0.0151	8.1378	-0.2678
27	8.12	6780.0	-310.0	8.520	0.133	-0.0074	1.963	-0.5279	-0.0704	0.0157	8.1612	-0.2395
28	8.44	6800.0	-360.0	8.484	0.139	-0.0086	1.960	-0.5312	-0.0737	0.0163	8.1412	-0.2283
29	8.76	6800.0	-410.0	8.422	0.144	-0.0098	1.955	-0.5342	-0.0769	0.0171	8.1137	-0.2055
30	9.08	6800.0	-450.0	8.362	0.149	-0.0108	1.950	-0.5362	-0.0800	0.0178	8.0197	-0.2283
31	9.40	6800.0	-510.0	8.299	0.154	-0.0122	1.945	-0.5396	-0.0834	0.0186	7.9452	-0.2356
32	9.70	6800.0	-550.0	8.242	0.159	-0.0132	1.941	-0.5414	-0.0863	0.0193	37.9008	19.7722

TEST NAME :HMD210.1 **FILE NAME :HMD210.1****

MEAN DIAMETER = 29.60 (CH)				VOLUME COMPRESSIBILITY = 470.00 (CC)								
				INITIAL CONDITION				AFTER CONSOLIDATION				
HEIGHT (CH)				61.01				60.78				
VOLUME (CC)				41983.10				41513.10				
DRY DENSITY (g/cm3)				2.127				2.151				
WEIGHT UNDER OVEN DRY CONDITION				= 89280.00 (g)								
MEAN SPECIFIC GRAVITY UNDER OVEN DRY CONDITION				= 2.869								
MEAN PERCENTAGE OF ABSORPTION				= 1.20 (%)								
CONFINING PRESSURE				= 2.00 (Kg/cm2)								
COEFFICIENT OF CALIBRATION				= 0.0014642								
No	AXIAL	LOAD	VOL.CHANGE	DEV.SIG	EA	EV	Q/P'	ER/EA	ER	EA/DEV.SIG	DIL.SIG	DIL.SLP
1	0.27	2000.0	140.0	2.925	0.004	0.0034	0.983	-0.1204	-0.0005	0.0015	4.3637	0.7192
2	0.57	2850.0	280.0	4.162	0.009	0.0067	1.229	-0.1404	-0.0013	0.0023	5.4745	0.6564
3	0.85	3520.0	400.0	5.131	0.014	0.0096	1.383	-0.1555	-0.0022	0.0027	6.1410	0.5049
4	1.15	4100.0	480.0	5.958	0.019	0.0116	1.495	-0.1944	-0.0037	0.0032	6.8022	0.4219
5	1.44	4600.0	570.0	6.667	0.024	0.0137	1.579	-0.2102	-0.0050	0.0036	7.4245	0.3787
6	1.73	5050.0	630.0	7.294	0.028	0.0152	1.646	-0.2334	-0.0066	0.0039	7.8497	0.2777
7	2.02	5420.0	680.0	7.800	0.033	0.0164	1.696	-0.2536	-0.0084	0.0043	8.2543	0.2272
8	2.31	5780.0	720.0	8.285	0.038	0.0173	1.740	-0.2718	-0.0103	0.0046	8.6324	0.1737
9	2.61	6140.0	750.0	8.762	0.043	0.0181	1.781	-0.2896	-0.0124	0.0049	9.0551	0.1464
10	2.91	6420.0	780.0	9.121	0.048	0.0188	1.810	-0.3038	-0.0145	0.0052	9.3654	0.1220
11	3.21	6720.0	800.0	9.503	0.053	0.0193	1.839	-0.3175	-0.0168	0.0056	9.5988	0.0480
12	3.52	6990.0	800.0	9.831	0.058	0.0193	1.863	-0.3336	-0.0193	0.0059	9.8313	0.0000
13	3.82	7200.0	800.0	10.074	0.063	0.0193	1.880	-0.3467	-0.0218	0.0062	10.0736	0.0000
14	4.11	7380.0	800.0	10.273	0.068	0.0193	1.894	-0.3575	-0.0242	0.0066	10.2224	-0.0252
15	4.40	7550.0	790.0	10.453	0.072	0.0190	1.906	-0.3686	-0.0267	0.0069	10.3556	-0.0488
16	4.71	7720.0	780.0	10.627	0.077	0.0188	1.917	-0.3788	-0.0294	0.0073	10.4808	-0.0732
17	5.00	7900.0	760.0	10.813	0.082	0.0183	1.929	-0.3887	-0.0320	0.0076	10.6149	-0.0993
18	5.30	8020.0	740.0	10.913	0.087	0.0178	1.936	-0.3978	-0.0347	0.0080	10.6651	-0.1241
19	5.59	8120.0	710.0	10.984	0.092	0.0171	1.940	-0.4070	-0.0374	0.0084	10.6475	-0.1680
20	5.91	8270.0	670.0	11.111	0.097	0.0161	1.948	-0.4170	-0.0405	0.0088	10.7801	-0.1653
21	6.21	8350.0	640.0	11.149	0.102	0.0154	1.950	-0.4246	-0.0434	0.0092	10.8126	-0.1680
22	6.52	8390.0	600.0	11.128	0.107	0.0145	1.949	-0.4326	-0.0464	0.0096	10.7371	-0.1952
23	6.81	8420.0	560.0	11.097	0.112	0.0135	1.947	-0.4398	-0.0493	0.0101	10.6997	-0.1985
24	7.11	8450.0	520.0	11.064	0.117	0.0125	1.945	-0.4465	-0.0522	0.0106	10.6665	-0.1985
25	7.40	8510.0	480.0	11.071	0.122	0.0116	1.946	-0.4525	-0.0551	0.0110	10.6391	-0.2160
26	7.72	8550.0	430.0	11.043	0.127	0.0104	1.944	-0.4592	-0.0583	0.0115	10.5708	-0.2362
27	8.02	8580.0	380.0	11.006	0.132	0.0092	1.942	-0.4653	-0.0614	0.0120	10.5737	-0.2160
28	8.33	8610.0	340.0	10.969	0.137	0.0082	1.939	-0.4701	-0.0644	0.0125	10.5294	-0.2196
29	8.62	8620.0	290.0	10.908	0.142	0.0070	1.935	-0.4754	-0.0674	0.0130	10.4682	-0.2196
30	8.93	8600.0	250.0	10.807	0.147	0.0060	1.929	-0.4795	-0.0704	0.0136	10.3819	-0.2125
31	9.24	8600.0	200.0	10.729	0.152	0.0048	1.924	-0.4842	-0.0736	0.0142	10.3111	-0.2092
32	9.56	8600.0	160.0	10.653	0.157	0.0039	1.919	-0.4877	-0.0767	0.0148	8-791.6960	13-401.740

****TEST NAME :HMD4.0-1*** **FILE NAME :HMD400.1****

MEAN DIAMETER = 29.60 (CM)					VOLUME COMPRESSIBILITY = 1002.00 (CC)							
				INITIAL CONDITION				AFTER CONSOLIDATION				
HEIGHT (CM)				61.02				60.53				
VOLUME (CC)				41989.90				40987.90				
DRY DENSITY (g/cm3)				2.126				2.178				
WEIGHT UNDER OVEN DRY CONDITION = 89280.00 (g)												
MEAN SPECIFIC GRAVITY UNDER OVEN DRY CONDITION = 2.869												
MEAN PERCENTAGE OF ABSORPTION = 1.20 (%)												
CONFINING PRESSURE = 4.00 (Kg/cm2)												
COEFFICIENT OF CALIBRATION = 0.0014769												
No	AXIAL	LOAD	VOL.CHANGE	DEV.SIG	EA	EV	Q/P'	ER/EA	ER	EA/DEV.SIG	DIL.SIG	DIL.SLP
1	0.28	2100.0	160.0	3.099	0.005	0.0039	0.616	-0.0780	-0.0004	0.0015	6.6641	0.8912
2	0.58	3350.0	350.0	4.942	0.010	0.0085	0.875	-0.0544	-0.0005	0.0019	8.3726	0.8575
3	0.90	4450.0	520.0	6.558	0.015	0.0127	1.060	-0.0733	-0.0011	0.0023	9.4191	0.7154
4	1.22	5300.0	660.0	7.795	0.020	0.0161	1.181	-0.1005	-0.0020	0.0026	10.3271	0.6330
5	1.53	6250.0	790.0	9.174	0.025	0.0193	1.300	-0.1187	-0.0030	0.0028	11.4984	0.5811
6	1.83	6950.0	900.0	10.178	0.030	0.0220	1.377	-0.1368	-0.0041	0.0030	11.9953	0.4544
7	2.18	7650.0	990.0	11.161	0.036	0.0242	1.446	-0.1647	-0.0059	0.0032	12.8760	0.4288
8	2.45	8200.0	1080.0	11.935	0.040	0.0263	1.496	-0.1745	-0.0071	0.0034	13.6370	0.4255
9	2.77	8750.0	1160.0	12.691	0.046	0.0283	1.542	-0.1908	-0.0087	0.0036	14.0246	0.3335
10	3.07	9300.0	1220.0	13.439	0.051	0.0298	1.585	-0.2065	-0.0105	0.0038	14.5215	0.2708
11	3.37	9800.0	1270.0	14.105	0.056	0.0310	1.621	-0.2217	-0.0123	0.0039	15.1701	0.2663
12	3.68	10250.0	1330.0	14.695	0.061	0.0324	1.651	-0.2331	-0.0142	0.0041	15.5522	0.2144
13	3.99	10700.0	1360.0	15.268	0.066	0.0332	1.680	-0.2483	-0.0164	0.0043	15.8585	0.1477
14	4.28	11050.0	1390.0	15.698	0.071	0.0339	1.700	-0.2602	-0.0184	0.0045	16.2792	0.1453
15	4.60	11400.0	1420.0	16.115	0.076	0.0346	1.720	-0.2720	-0.0207	0.0047	16.5843	0.1172
16	4.91	11700.0	1440.0	16.456	0.081	0.0351	1.735	-0.2834	-0.0230	0.0049	16.7420	0.0715
17	5.22	11900.0	1450.0	16.648	0.086	0.0354	1.743	-0.2949	-0.0254	0.0052	16.8421	0.0484
18	5.52	12150.0	1460.0	16.910	0.091	0.0356	1.755	-0.3047	-0.0278	0.0054	17.0104	0.0250
19	5.81	12450.0	1460.0	17.237	0.096	0.0356	1.769	-0.3144	-0.0302	0.0056	17.2365	0.0000
20	6.09	12700.0	1460.0	17.493	0.101	0.0356	1.779	-0.3230	-0.0325	0.0058	17.4926	0.0000
21	6.41	12850.0	1460.0	17.595	0.106	0.0356	1.784	-0.3318	-0.0351	0.0060	17.5952	0.0000
22	6.70	13200.0	1460.0	17.978	0.111	0.0356	1.799	-0.3391	-0.0375	0.0062	17.8807	-0.0242
23	7.02	13250.0	1450.0	17.934	0.116	0.0354	1.797	-0.3475	-0.0403	0.0065	17.7402	-0.0484
24	7.31	13400.0	1440.0	18.034	0.121	0.0351	1.801	-0.3545	-0.0428	0.0067	17.7387	-0.0738
25	7.62	13550.0	1420.0	18.121	0.126	0.0346	1.805	-0.3624	-0.0456	0.0069	17.8300	-0.0726
26	7.92	13700.0	1410.0	18.213	0.131	0.0344	1.808	-0.3685	-0.0482	0.0072	17.9173	-0.0738
27	8.22	13800.0	1390.0	18.232	0.136	0.0339	1.809	-0.3751	-0.0509	0.0074	17.9314	-0.0751
28	8.51	13900.0	1380.0	18.258	0.141	0.0337	1.810	-0.3803	-0.0535	0.0077	17.9621	-0.0738
29	8.82	14000.0	1360.0	18.270	0.146	0.0332	1.811	-0.3861	-0.0563	0.0080	17.8762	-0.0985
30	9.11	14050.0	1340.0	18.223	0.150	0.0327	1.809	-0.3914	-0.0589	0.0083	17.7310	-0.1231
31	9.42	14100.0	1310.0	18.164	0.156	0.0320	1.807	-0.3973	-0.0618	0.0086	17.6799	-0.1211
32	9.72	14100.0	1290.0	18.048	0.161	0.0315	1.802	-0.4020	-0.0645	0.0089	151.8370	133.4472

*****TEST NAME :HMD6.0-1*** **FILE NAME :HMD6NO.1*****

MEAN DIAMETER = 29.60 (CM)					VOLUME COMPRESSIBILITY : 1125.00 (CC)							
INITIAL CONDITION					AFTER CONSOLIDATION							
HEIGHT (CM)					61.03							
VOLUME (CC)					41996.80							
DRY DENSITY (g/cm3)					2.126							
WEIGHT UNDER OVEN DRY CONDITION					= 89280.00 (g)							
MEAN SPECIFIC GRAVITY UNDER OVEN DRY CONDITION					= 2.869							
MEAN PERCENTAGE OF ABSORPTION					= 1.20 (%)							
CONFINING PRESSURE					= 6.00 (Kg/cm2)							
COEFFICIENT OF CALIBRATION					= 0.0014799							
No	AXIAL	LOAD	VOL.CHANGE	DEV.SIG	EA	EV	Q/P'	ER/EA	ER	EA/DEV.SIG	DIL.SIG	DIL.SLP
1	0.28	2500.0	180.0	3.699	0.005	0.0044	0.511	-0.0243	-0.0001	0.0013	9.2672	0.9281
2	0.59	4050.0	370.0	5.989	0.010	0.0091	0.749	-0.0360	-0.0004	0.0016	11.4071	0.9030
3	0.87	5350.0	540.0	7.908	0.014	0.0132	0.916	-0.0407	-0.0006	0.0018	12.7238	0.8026
4	1.18	6500.0	690.0	9.593	0.020	0.0169	1.043	-0.0673	-0.0013	0.0020	13.8851	0.7153
5	1.47	7600.0	830.0	11.201	0.024	0.0203	1.151	-0.0822	-0.0020	0.0022	15.1968	0.6659
6	1.78	8500.0	960.0	12.502	0.029	0.0235	1.230	-0.1009	-0.0030	0.0024	15.9061	0.5673
7	2.07	9300.0	1060.0	13.646	0.034	0.0259	1.294	-0.1211	-0.0041	0.0025	16.8061	0.5267
8	2.37	10200.0	1170.0	14.931	0.039	0.0286	1.360	-0.1347	-0.0053	0.0026	17.7424	0.4686
9	2.67	10950.0	1250.0	15.978	0.044	0.0306	1.411	-0.1536	-0.0068	0.0028	18.3859	0.4013
10	2.96	11600.0	1330.0	16.876	0.049	0.0325	1.452	-0.1675	-0.0082	0.0029	19.1719	0.3827
11	3.25	12300.0	1400.0	17.835	0.054	0.0343	1.493	-0.1813	-0.0097	0.0030	19.9422	0.3512
12	3.55	12800.0	1470.0	18.496	0.059	0.0360	1.520	-0.1936	-0.0114	0.0032	20.2717	0.2960
13	3.85	13450.0	1520.0	19.357	0.064	0.0372	1.555	-0.2079	-0.0132	0.0033	20.8128	0.2426
14	4.16	14000.0	1570.0	20.064	0.069	0.0384	1.581	-0.2207	-0.0152	0.0034	21.6651	0.2669
15	4.46	14500.0	1630.0	20.702	0.074	0.0399	1.605	-0.2296	-0.0169	0.0036	21.8854	0.1973
16	4.76	14950.0	1650.0	21.241	0.079	0.0404	1.624	-0.2435	-0.0192	0.0037	21.9804	0.1233
17	5.06	15400.0	1680.0	21.779	0.084	0.0411	1.642	-0.2543	-0.0213	0.0038	22.5065	0.1213
18	5.37	15700.0	1700.0	22.090	0.089	0.0416	1.653	-0.2658	-0.0236	0.0040	22.6920	0.1003
19	5.65	16050.0	1720.0	22.479	0.093	0.0421	1.666	-0.2747	-0.0257	0.0042	23.0812	0.1003
20	5.96	16350.0	1740.0	22.782	0.099	0.0426	1.676	-0.2840	-0.0280	0.0043	23.2255	0.0740
21	6.25	16700.0	1750.0	23.151	0.103	0.0428	1.688	-0.2928	-0.0303	0.0045	23.2970	0.0243
22	6.57	17000.0	1750.0	23.428	0.109	0.0428	1.697	-0.3029	-0.0329	0.0046	23.7194	0.0485
23	6.86	17200.0	1770.0	23.588	0.113	0.0433	1.702	-0.3091	-0.0351	0.0048	23.9000	0.0519
24	7.14	17400.0	1770.0	23.738	0.118	0.0433	1.706	-0.3166	-0.0374	0.0050	23.7381	0.0000
25	7.44	17600.0	1770.0	23.876	0.123	0.0433	1.710	-0.3240	-0.0398	0.0052	23.7327	-0.0239
26	7.76	17750.0	1760.0	23.928	0.128	0.0431	1.712	-0.3322	-0.0426	0.0054	23.7848	-0.0239
27	8.06	18000.0	1760.0	24.127	0.133	0.0431	1.718	-0.3384	-0.0451	0.0055	23.9838	-0.0239
28	8.38	18150.0	1750.0	24.173	0.139	0.0428	1.720	-0.3455	-0.0479	0.0057	23.7367	-0.0728
29	8.67	18200.0	1730.0	24.093	0.143	0.0423	1.717	-0.3524	-0.0505	0.0059	23.6413	-0.0752
30	8.97	18300.0	1720.0	24.079	0.148	0.0421	1.717	-0.3581	-0.0531	0.0062	23.7827	-0.0493
31	9.27	18400.0	1710.0	24.063	0.153	0.0418	1.716	-0.3635	-0.0557	0.0064	23.7672	-0.0493
32	9.57	18500.0	1700.0	24.046	0.158	0.0416	1.716	-0.3686	-0.0583	0.0066	21910.8400	1314.4650

*****TEST NAME :HMD8.0-1*** **FILE NAME :HMD810.1*****

MEAN DIAMETER = 29.60 (CH)				VOLUME COMPRESSIBILITY = 1360.00 (CC)								
				INITIAL CONDITION				AFTER CONSOLIDATION				
HEIGHT (CH)				61.01				60.35				
VOLUME (CC)				41983.10				40623.10				
DRY DENSITY (g/cm3)				2.127				2.198				
WEIGHT UNDER OVEN DRY CONDITION				= 89280.00				(g)				
MEAN SPECIFIC GRAVITY UNDER OVEN DRY CONDITION				= 2.869								
MEAN PERCENTAGE OF ABSORPTION				= 1.20				(%)				
CONFINING PRESSURE				= 8.00				(Kg/cm2)				
COEFFICIENT OF CALIBRATION				= 0.0014856								
No	AXIAL	LOAD	VOL.CHANGE	DEV.SIG	EA	EV	Q/P'	ER/EA	ER	EA/DEV.SIG	DIL.SIG	DIL.SLP
1	0.28	2650.0	170.0	3.935	0.005	0.0042	0.423	-0.0490	-0.0002	0.0012	11.5170	0.9477
2	0.58	4500.0	370.0	6.682	0.010	0.0091	0.653	-0.0261	-0.0003	0.0014	14.1354	0.9317
3	0.87	5950.0	540.0	8.830	0.014	0.0133	0.807	-0.0389	-0.0006	0.0016	15.7966	0.8709
4	1.16	7400.0	710.0	10.974	0.019	0.0175	0.941	-0.0453	-0.0009	0.0018	17.3130	0.7923
5	1.47	8750.0	860.0	12.957	0.024	0.0212	1.052	-0.0654	-0.0016	0.0019	18.7015	0.7181
6	1.76	9900.0	1000.0	14.639	0.029	0.0246	1.137	-0.0779	-0.0023	0.0020	19.9876	0.6685
7	2.07	11150.0	1130.0	16.454	0.034	0.0278	1.220	-0.0945	-0.0032	0.0021	21.1305	0.5845
8	2.37	12200.0	1240.0	17.961	0.039	0.0305	1.284	-0.1114	-0.0044	0.0022	22.2477	0.5358
9	2.68	13200.0	1350.0	19.384	0.044	0.0332	1.340	-0.1258	-0.0056	0.0023	23.3455	0.4952
10	2.97	14200.0	1440.0	20.795	0.049	0.0354	1.393	-0.1398	-0.0069	0.0024	24.2786	0.4354
11	3.26	15000.0	1520.0	21.900	0.054	0.0374	1.431	-0.1537	-0.0083	0.0025	25.1234	0.4029
12	3.56	15800.0	1600.0	22.994	0.059	0.0394	1.468	-0.1661	-0.0098	0.0026	25.9654	0.3714
13	3.86	16600.0	1670.0	24.074	0.064	0.0411	1.502	-0.1786	-0.0114	0.0027	26.6927	0.3273
14	4.15	17350.0	1730.0	25.071	0.069	0.0426	1.533	-0.1903	-0.0131	0.0027	27.4884	0.3022
15	4.45	18050.0	1790.0	25.984	0.074	0.0441	1.560	-0.2012	-0.0148	0.0028	28.1993	0.2770
16	4.74	18700.0	1840.0	26.814	0.079	0.0453	1.583	-0.2116	-0.0166	0.0029	28.5968	0.2228
17	5.05	19300.0	1880.0	27.549	0.084	0.0463	1.603	-0.2235	-0.0187	0.0030	29.1072	0.1948
18	5.35	19850.0	1920.0	28.209	0.089	0.0473	1.621	-0.2334	-0.0207	0.0031	29.8205	0.2014
19	5.64	20400.0	1960.0	28.868	0.093	0.0482	1.638	-0.2419	-0.0226	0.0032	30.0762	0.1511
20	5.94	20850.0	1980.0	29.358	0.098	0.0487	1.651	-0.2524	-0.0248	0.0034	30.1501	0.0990
21	6.24	21300.0	2000.0	29.842	0.103	0.0492	1.663	-0.2619	-0.0271	0.0035	30.6338	0.0990
22	6.54	21700.0	2020.0	30.249	0.108	0.0497	1.673	-0.2706	-0.0293	0.0036	30.8533	0.0755
23	6.83	22050.0	2030.0	30.579	0.113	0.0500	1.681	-0.2792	-0.0316	0.0037	30.9890	0.0512
24	7.12	22300.0	2040.0	30.766	0.118	0.0502	1.685	-0.2872	-0.0339	0.0038	31.3810	0.0768
25	7.41	22650.0	2060.0	31.095	0.123	0.0507	1.693	-0.2935	-0.0360	0.0039	31.5048	0.0512
26	7.70	22950.0	2060.0	31.334	0.128	0.0507	1.699	-0.3013	-0.0384	0.0041	31.5291	0.0244
27	8.02	23200.0	2070.0	31.491	0.133	0.0510	1.703	-0.3083	-0.0410	0.0042	31.6830	0.0240
28	8.32	23550.0	2070.0	31.783	0.138	0.0510	1.709	-0.3152	-0.0435	0.0043	31.7831	0.0000
29	8.63	23800.0	2070.0	31.929	0.143	0.0510	1.713	-0.3218	-0.0460	0.0045	31.9291	0.0000
30	8.92	24000.0	2070.0	32.017	0.148	0.0510	1.715	-0.3276	-0.0484	0.0046	32.0169	0.0000
31	9.22	24200.0	2070.0	32.095	0.153	0.0510	1.716	-0.3332	-0.0509	0.0048	31.8973	-0.0248
32	9.52	24300.0	2060.0	32.031	0.158	0.0507	1.715	-0.3393	-0.0535	0.0049	31.7943	0.0000

*****TEST NAME :HMD10.0-1*** **FILE NAME :HMD10.1*****

MEAN DIAMETER = 29.60 (CH)					VOLUME COMPRESSIBILITY = 1355.00 (CC)							
				INITIAL CONDITION				AFTER CONSOLIDATION				
HEIGHT (CH)				60.98				60.32				
VOLUME (CC)				41962.40				40607.40				
DRY DENSITY (g/cm3)				2.128				2.199				
WEIGHT UNDER OVEN DRY CONDITION = 89280.00 (g)												
MEAN SPECIFIC GRAVITY UNDER OVEN DRY CONDITION = 2.869												
MEAN PERCENTAGE OF ABSORPTION = 1.20 (%)												
CONFINING PRESSURE = 10.00 (Kg/cm2)												
COEFFICIENT OF CALIBRATION = 0.0014855												
No	AXIAL	LOAD	VOL.CHANGE	DEV.SIG	EA	EV	Q/P'	ER/EA	ER	EA/DEV.SIG	DIL.SIG	DIL.SLP
1	0.28	2750.0	150.0	4.081	0.005	0.0037	0.359	-0.1021	-0.0005	0.0011	12.8938	0.8812
2	0.59	4900.0	350.0	7.271	0.010	0.0086	0.585	-0.0594	-0.0006	0.0013	16.5247	0.9254
3	0.89	6750.0	530.0	10.010	0.015	0.0131	0.751	-0.0577	-0.0009	0.0015	18.6757	0.8666
4	1.19	8400.0	700.0	12.447	0.020	0.0172	0.880	-0.0631	-0.0012	0.0016	20.7558	0.8309
5	1.48	9900.0	860.0	14.656	0.025	0.0212	0.985	-0.0684	-0.0017	0.0017	22.0840	0.7428
6	1.77	11250.0	990.0	16.627	0.029	0.0244	1.070	-0.0846	-0.0025	0.0018	23.1737	0.6546
7	2.07	12600.0	1120.0	18.588	0.034	0.0276	1.148	-0.0981	-0.0034	0.0018	24.9199	0.6332
8	2.38	13850.0	1250.0	20.391	0.039	0.0308	1.214	-0.1099	-0.0043	0.0019	26.3327	0.5942
9	2.67	15100.0	1360.0	22.182	0.044	0.0335	1.275	-0.1217	-0.0054	0.0020	27.4691	0.5287
10	2.97	16200.0	1460.0	23.734	0.049	0.0360	1.325	-0.1349	-0.0066	0.0021	28.4383	0.4704
11	3.27	17300.0	1550.0	25.271	0.054	0.0382	1.372	-0.1479	-0.0080	0.0021	29.5515	0.4280
12	3.56	18250.0	1630.0	26.578	0.059	0.0401	1.409	-0.1599	-0.0094	0.0022	30.8582	0.4280
13	3.86	19250.0	1720.0	27.951	0.064	0.0424	1.447	-0.1690	-0.0108	0.0023	31.8470	0.3896
14	4.17	20150.0	1790.0	29.149	0.069	0.0441	1.478	-0.1812	-0.0125	0.0024	32.5586	0.3409
15	4.47	21050.0	1860.0	30.343	0.074	0.0458	1.509	-0.1909	-0.0141	0.0024	33.6164	0.3273
16	4.76	21800.0	1920.0	31.310	0.079	0.0473	1.532	-0.2004	-0.0158	0.0025	34.0331	0.2723
17	5.07	22500.0	1970.0	32.176	0.084	0.0485	1.553	-0.2114	-0.0178	0.0026	34.6115	0.2435
18	5.37	23200.0	2020.0	33.040	0.089	0.0497	1.572	-0.2206	-0.0196	0.0027	35.0206	0.1981
19	5.67	23850.0	2050.0	33.806	0.094	0.0505	1.589	-0.2315	-0.0218	0.0028	35.5689	0.1763
20	5.96	24500.0	2090.0	34.579	0.099	0.0515	1.606	-0.2395	-0.0237	0.0029	36.3419	0.1763
21	6.26	25050.0	2120.0	35.188	0.104	0.0522	1.619	-0.2485	-0.0258	0.0029	36.4469	0.1259
22	6.55	25500.0	2140.0	35.647	0.109	0.0527	1.629	-0.2573	-0.0279	0.0030	36.6536	0.1007
23	6.85	26050.0	2160.0	36.231	0.114	0.0532	1.641	-0.2658	-0.0302	0.0031	37.2213	0.0990
24	7.15	26500.0	2180.0	36.669	0.119	0.0537	1.650	-0.2735	-0.0324	0.0032	37.6433	0.0974
25	7.46	27000.0	2200.0	37.163	0.124	0.0542	1.660	-0.2810	-0.0347	0.0033	37.8931	0.0731
26	7.76	27300.0	2210.0	37.372	0.129	0.0544	1.664	-0.2885	-0.0371	0.0034	37.8755	0.0504
27	8.05	27700.0	2220.0	37.720	0.133	0.0547	1.671	-0.2952	-0.0394	0.0035	37.9719	0.0252
28	8.35	28000.0	2220.0	37.910	0.138	0.0547	1.675	-0.3025	-0.0419	0.0037	37.9099	0.0000
29	8.65	28300.0	2220.0	38.095	0.143	0.0547	1.678	-0.3094	-0.0444	0.0038	38.0949	0.0000
30	8.95	28600.0	2220.0	38.275	0.148	0.0547	1.682	-0.3158	-0.0468	0.0039	38.2752	0.0000
31	9.26	28800.0	2220.0	38.310	0.154	0.0547	1.682	-0.3219	-0.0494	0.0040	38.3103	0.0000
32	9.55	29100.0	2220.0	38.490	0.158	0.0547	1.686	-0.3273	-0.0518	0.0041	37109.4600	1707.0970

*****TEST NAME :HMD14.0-1*** **FILE NAME :HMD14.1*****

MEAN DIAMETER = 29.60 (CH)					VOLUME COMPRESSIBILITY = 1935.00 (CC)							
					INITIAL CONDITION				AFTER CONSOLIDATION			
HEIGHT (CH)					61.00				60.06			
VOLUME (CC)					41976.20				40041.20			
DRY DENSITY (g/cm ³)					2.127				2.230			
WEIGHT UNDER OVEN DRY CONDITION					= 89280.00 (g)							
MEAN SPECIFIC GRAVITY UNDER OVEN DRY CONDITION					= 2.869							
MEAN PERCENTAGE OF ABSORPTION					= 1.20 (%)							
CONFINING PRESSURE					= 14.00 (Kg/cm ²)							
COEFFICIENT OF CALIBRATION					= 0.0015000							
No	AXIAL	LOAD	VOL.CHANGE	DEV.SIG	EA	EV	Q/P'	ER/EA	ER	EA/DEV.SIG	DIL.SIG	DIL.SLP
1	0.31	3400.0	170.0	5.095	0.005	0.0042	0.325	-0.0887	-0.0005	0.0010	18.0456	0.9250
2	0.60	5700.0	370.0	8.544	0.010	0.0092	0.507	-0.0375	-0.0004	0.0012	22.4252	0.9915
3	0.90	7850.0	560.0	11.763	0.015	0.0140	0.656	-0.0333	-0.0005	0.0013	25.4135	0.9750
4	1.20	10000.0	760.0	14.985	0.020	0.0190	0.789	-0.0250	-0.0005	0.0013	27.3786	0.8853
5	1.51	11850.0	920.0	17.736	0.025	0.0230	0.891	-0.0430	-0.0011	0.0014	28.2361	0.7500
6	1.80	13550.0	1060.0	20.252	0.030	0.0265	0.976	-0.0583	-0.0017	0.0015	30.2186	0.7119
7	2.10	15250.0	1200.0	22.758	0.035	0.0300	1.054	-0.0714	-0.0025	0.0015	32.0528	0.6639
8	2.41	16900.0	1330.0	25.169	0.040	0.0332	1.124	-0.0861	-0.0035	0.0016	33.5693	0.6000
9	2.70	18350.0	1440.0	27.269	0.045	0.0360	1.181	-0.1000	-0.0045	0.0016	35.3189	0.5750
10	3.01	19900.0	1560.0	29.504	0.050	0.0390	1.238	-0.1113	-0.0056	0.0017	36.9557	0.5323
11	3.32	21300.0	1660.0	31.490	0.055	0.0415	1.285	-0.1250	-0.0069	0.0018	38.0310	0.4672
12	3.62	22700.0	1750.0	33.461	0.060	0.0437	1.330	-0.1374	-0.0083	0.0018	39.7608	0.4500
13	3.92	23950.0	1840.0	35.198	0.065	0.0460	1.368	-0.1480	-0.0097	0.0019	41.1484	0.4250
14	4.22	25200.0	1920.0	36.915	0.070	0.0480	1.403	-0.1588	-0.0112	0.0019	42.1649	0.3750
15	4.52	26300.0	1990.0	38.390	0.075	0.0497	1.433	-0.1698	-0.0128	0.0020	43.3728	0.3559
16	4.81	27300.0	2060.0	39.714	0.080	0.0514	1.458	-0.1788	-0.0143	0.0020	44.2644	0.3250
17	5.12	28300.0	2120.0	41.003	0.085	0.0529	1.482	-0.1894	-0.0161	0.0021	44.6696	0.2619
18	5.44	29250.0	2170.0	42.188	0.091	0.0542	1.503	-0.2008	-0.0182	0.0021	45.5753	0.2419
19	5.74	30200.0	2220.0	43.376	0.096	0.0554	1.524	-0.2099	-0.0201	0.0022	46.7635	0.2419
20	6.06	31000.0	2270.0	44.322	0.101	0.0567	1.540	-0.2191	-0.0221	0.0023	47.3701	0.2177
21	6.36	31750.0	2310.0	45.190	0.106	0.0577	1.555	-0.2276	-0.0241	0.0023	47.5996	0.1721
22	6.67	32450.0	2340.0	45.956	0.111	0.0584	1.567	-0.2369	-0.0263	0.0024	48.0560	0.1500
23	6.96	33200.0	2370.0	46.800	0.116	0.0592	1.581	-0.2446	-0.0283	0.0025	48.8655	0.1475
24	7.28	33750.0	2400.0	47.326	0.121	0.0599	1.589	-0.2527	-0.0306	0.0026	49.0198	0.1210
25	7.58	34300.0	2420.0	47.850	0.126	0.0604	1.598	-0.2606	-0.0329	0.0026	49.2044	0.0968
26	7.90	34900.0	2440.0	48.415	0.132	0.0609	1.606	-0.2684	-0.0353	0.0027	49.4316	0.0726
27	8.20	35500.0	2450.0	48.978	0.137	0.0612	1.615	-0.2759	-0.0377	0.0028	49.6661	0.0492
28	8.51	35900.0	2460.0	49.247	0.142	0.0614	1.619	-0.2832	-0.0401	0.0029	49.9350	0.0492
29	8.81	36300.0	2470.0	49.519	0.147	0.0617	1.623	-0.2897	-0.0425	0.0030	50.2071	0.0492
30	9.12	36750.0	2480.0	49.843	0.152	0.0619	1.628	-0.2961	-0.0450	0.0030	50.1758	0.0238
31	9.44	37200.0	2480.0	50.136	0.157	0.0619	1.632	-0.3030	-0.0476	0.0031	50.1359	0.0000
32	9.74	37500.0	2480.0	50.241	0.162	0.0619	1.634	-0.3090	-0.0501	0.0032	4605.0920	39.6323

三申由式試験結果一覧表

試験体名 羽地ゴム CM

気圧 - 気圧米口

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 ($\sigma_1 - \sigma_3$), kgf/cm ²	最大 主応力 σ_1 , kgf/cm ²	破壊時 主応力比 σ_1 / σ_3	破壊時 体積変化 $\Delta V / V$ %	破壊時の ゲイルソン $\Delta \varepsilon_v / \Delta \varepsilon$	破壊時 ポアソン比 $\varepsilon_R / \varepsilon$	C=0法の ϕ_0 (度)	変形係数 $E_{50} \times 10^2$ kgf/cm ²	Marsalの破砕率 BM %		備 考
			体積変化 量 ΔV cm ³	圧密間隙 比 e_c											全体	せん断時	
EDW 0#5.1	0.5	0.349	91	0.346	0.352	10.1	3.623	4.123	8.25	-0.41	-0.2220	-0.5201	51.60	191	10.3	4.1	丸束 10 ton
EDW 1#0.1	1.0	0.349	180	0.343	0.323	11.7	5.392	6.392	6.39	1.48	-0.1214	-0.4368	46.84	179	10.7	4.5	〃
EDW 1#5.1	1.5	0.349	410	0.336	0.302	13.7	7.514	9.014	6.01	2.57	-0.0488	-0.4062	45.62	188	14.0	7.8	〃
EDW 2#0.1	2.0	0.349	640	0.328	0.283	14.8	9.031	11.031	5.52	3.41	-0.0474	-0.3845	43.87	196	14.8	8.6	〃
EDW 4#0.1	4.0	0.349	1160	0.312	0.244	15.0	14.593	18.593	4.65	5.18	0.0555	-0.3279	40.23	228	19.7	13.5	丸束 50 ton
EDW 6#0.1	6.0	0.349	1523	0.300	0.219 0.219	15.0 15.1	21.246 21.260	27.246 27.260	4.54 4.54	6.26 6.26	0.0839 0.0815	-0.2911 -0.2921	39.72 39.73	287	21.4	15.2	〃
EDW 8#0.1	8.0	0.348	1865	0.288	0.206 0.207	15.0 15.5	26.842 26.989	34.842 34.989	4.36 4.37	6.34 6.36	0.0814 0.0517	-0.2886 -0.2941	38.79 38.89	387	19.3	13.1	〃
EDW 10# 1	10.0	0.349	2110	0.281	0.195 0.195	15.0 15.1	32.883 32.958	42.883 42.958	4.29 4.30	6.74 6.76	0.1018 0.1175	-0.2745 -0.2757	38.45 38.49	398	23.0	16.8	〃
EDW 14# 2	14.0	0.349	3140	0.248	0.158 0.158	15.0 15.3	43.969 44.247	57.969 58.247	4.14 4.16	7.18 7.21	0.1102 0.1031	-0.2606 -0.2644	37.66 37.77	500	26.1	19.9	〃

*****TEST NAME :HMW0.5-1*** **FILE NAME :HMW05.1*****

MEAN DIAMETER = 29.60 (CM)					VOLUME COMPRESSIBILITY = 91.00 (CC)							
			INITIAL CONDITION				AFTER CONSOLIDATION					
HEIGHT (CM)			61.02				60.98					
VOLUME (CC)			41989.90				41898.90					
DRY DENSITY (g/cm3)			2.126				2.131					
WEIGHT UNDER OVEN DRY CONDITION					= 89280.00 (g)							
MEAN SPECIFIC GRAVITY UNDER OVEN DRY CONDITION =					2.869							
MEAN PERCENTAGE OF ABSORPTION					= 1.20 (%)							
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	0.12	640.0	30.0	0.930	0.002	0.0007	1.148	-0.3181	-0.0006	0.0021	1.1381	0.4158
2	0.28	960.0	80.0	1.393	0.005	0.0019	1.445	-0.2921	-0.0013	0.0033	1.6116	0.4366
3	0.42	1120.0	120.0	1.623	0.007	0.0029	1.559	-0.2921	-0.0020	0.0042	1.8053	0.3638
4	0.56	1230.0	150.0	1.780	0.009	0.0036	1.628	-0.3051	-0.0028	0.0052	1.8932	0.2264
5	0.87	1430.0	190.0	2.061	0.014	0.0045	1.736	-0.3411	-0.0049	0.0069	2.1456	0.1698
6	1.16	1590.0	220.0	2.282	0.019	0.0053	1.810	-0.3620	-0.0069	0.0083	2.3312	0.0987
7	1.46	1730.0	230.0	2.471	0.024	0.0055	1.867	-0.3854	-0.0092	0.0097	2.4961	0.0502
8	1.74	1850.0	240.0	2.631	0.029	0.0057	1.911	-0.3996	-0.0114	0.0108	2.6306	0.0000
9	2.04	1960.0	230.0	2.772	0.033	0.0055	1.947	-0.4180	-0.0140	0.0121	2.7599	-0.0247
10	2.33	2080.0	230.0	2.927	0.038	0.0055	1.984	-0.4282	-0.0164	0.0131	2.9153	-0.0243
11	2.64	2180.0	220.0	3.051	0.043	0.0053	2.011	-0.4394	-0.0190	0.0142	3.0149	-0.0728
12	2.93	2260.0	200.0	3.146	0.048	0.0048	2.031	-0.4503	-0.0216	0.0153	3.0958	-0.1004
13	3.22	2340.0	180.0	3.240	0.053	0.0043	2.051	-0.4593	-0.0243	0.0163	3.1893	-0.1004
14	3.51	2420.0	160.0	3.332	0.058	0.0038	2.069	-0.4668	-0.0269	0.0173	3.2712	-0.1213
15	3.82	2490.0	130.0	3.407	0.063	0.0031	2.083	-0.4752	-0.0298	0.0184	3.3456	-0.1233
16	4.10	2540.0	110.0	3.457	0.067	0.0026	2.092	-0.4805	-0.0323	0.0195	3.3791	-0.1559
17	4.38	2590.0	70.0	3.504	0.072	0.0017	2.101	-0.4884	-0.0351	0.0205	3.4040	-0.2007
18	4.68	2640.0	30.0	3.550	0.077	0.0007	2.109	-0.4953	-0.0380	0.0216	3.4510	-0.1973
19	4.97	2660.0	-10.0	3.555	0.082	-0.0002	2.110	-0.5015	-0.0409	0.0229	3.4577	-0.1940
20	5.28	2690.0	-50.0	3.572	0.087	-0.0012	2.113	-0.5069	-0.0439	0.0242	3.4852	-0.1727
21	5.56	2720.0	-80.0	3.591	0.091	-0.0019	2.116	-0.5105	-0.0465	0.0254	3.4920	-0.1973
22	5.87	2740.0	-130.0	3.593	0.096	-0.0031	2.116	-0.5161	-0.0497	0.0268	3.4815	-0.2220
23	6.15	2780.0	-170.0	3.623	0.101	-0.0041	2.122	-0.5201	-0.0525	0.0278	3.5120	-0.2220
24	6.46	2780.0	-220.0	3.598	0.106	-0.0053	2.117	-0.5248	-0.0556	0.0294	3.4909	-0.2147
25	6.76	2800.0	-260.0	3.601	0.111	-0.0062	2.118	-0.5280	-0.0585	0.0308	3.5038	-0.1940
26	7.06	2820.0	-300.0	3.603	0.116	-0.0072	2.118	-0.5309	-0.0615	0.0321	3.5167	-0.1727
27	7.35	2840.0	-330.0	3.606	0.121	-0.0079	2.119	-0.5327	-0.0642	0.0334	3.5095	-0.1940
28	7.66	2860.0	-380.0	3.607	0.126	-0.0091	2.119	-0.5361	-0.0673	0.0348	3.4853	-0.2426
29	7.95	2880.0	-430.0	3.608	0.130	-0.0103	2.119	-0.5394	-0.0703	0.0361	3.4987	-0.2183
30	8.26	2890.0	-470.0	3.596	0.135	-0.0112	2.117	-0.5414	-0.0733	0.0377	3.4884	-0.2147
31	8.56	2900.0	-520.0	3.583	0.140	-0.0124	2.115	-0.5442	-0.0764	0.0392	3.4761	-0.2147
32	8.87	2910.0	-560.0	3.571	0.145	-0.0134	2.113	-0.5459	-0.0794	0.0407	3.4984	-0.1455
33	9.16	2910.0	-580.0	3.550	0.150	-0.0138	2.109	-0.5461	-0.0820	0.0423	3.4647	-0.1698
34	9.47	2900.0	-630.0	3.512	0.155	-0.0150	2.102	-0.5484	-0.0852	0.0442	3.4661	-0.0921

*****TEST NAME :HMM1.0-1*** **FILE NAME :HMM10.1*****

MEAN DIAMETER = 29.60 (CM)				VOLUME COMPRESSIBILITY = 180.00 (CC)								
				INITIAL CONDITION				AFTER CONSOLIDATION				
HEIGHT (CM)				60.99				60.90				
VOLUME (CC)				41969.30				41789.30				
DRY DENSITY (g/cm ³)				2.127				2.136				
WEIGHT UNDER OVEN DRY CONDITION				= 89280.00				(g)				
MEAN SPECIFIC GRAVITY UNDER OVEN DRY CONDITION				= 2.869								
MEAN PERCENTAGE OF ABSORPTION				= 1.20				(%)				
CONFINING PRESSURE				= 1.00				(Kg/cm ²)				
COEFFICIENT OF CALIBRATION				= 0.0014574								
No	AXIAL	LOAD	VOL.CHANGE	DEV.SIG	EA	EV	Q/P'	ER/EA	ER	EA/DEV.SIG	DIL.SIG	DIL.SLP
1	0.12	750.0	55.0	1.092	0.002	0.0013	0.801	-0.1660	-0.0003	0.0018	1.7690	0.6766
2	0.28	1100.0	130.0	1.601	0.005	0.0031	1.044	-0.1617	-0.0007	0.0029	2.2824	0.6817
3	0.43	1330.0	200.0	1.934	0.007	0.0048	1.176	-0.1611	-0.0011	0.0037	2.6374	0.7036
4	0.57	1520.0	270.0	2.209	0.009	0.0065	1.272	-0.1548	-0.0014	0.0042	2.7917	0.5830
5	0.88	1840.0	380.0	2.667	0.014	0.0091	1.412	-0.1853	-0.0027	0.0054	3.1569	0.4898
6	1.18	2110.0	475.0	3.050	0.019	0.0114	1.512	-0.2067	-0.0040	0.0064	3.4701	0.4199
7	1.47	2330.0	550.0	3.358	0.024	0.0132	1.584	-0.2274	-0.0055	0.0072	3.7161	0.3582
8	1.77	2530.0	620.0	3.634	0.029	0.0148	1.643	-0.2448	-0.0071	0.0080	3.9103	0.2764
9	2.05	2690.0	660.0	3.849	0.034	0.0158	1.686	-0.2654	-0.0089	0.0087	4.0502	0.2010
10	2.35	2850.0	700.0	4.061	0.039	0.0168	1.725	-0.2829	-0.0109	0.0095	4.2285	0.1672
11	2.66	3010.0	730.0	4.270	0.044	0.0175	1.762	-0.3000	-0.0131	0.0102	4.3892	0.1195
12	2.96	3160.0	750.0	4.462	0.049	0.0179	1.794	-0.3154	-0.0153	0.0109	4.5332	0.0717
13	3.27	3280.0	760.0	4.607	0.054	0.0182	1.817	-0.3306	-0.0178	0.0117	4.6543	0.0470
14	3.58	3380.0	770.0	4.723	0.059	0.0184	1.835	-0.3433	-0.0202	0.0124	4.7477	0.0243
15	3.87	3470.0	770.0	4.825	0.064	0.0184	1.850	-0.3550	-0.0226	0.0132	4.8247	0.0000
16	4.18	3560.0	770.0	4.923	0.069	0.0184	1.864	-0.3658	-0.0251	0.0139	4.9229	0.0000
17	4.47	3640.0	770.0	5.008	0.073	0.0184	1.876	-0.3745	-0.0275	0.0147	4.9584	-0.0494
18	4.77	3720.0	750.0	5.088	0.078	0.0179	1.887	-0.3854	-0.0302	0.0154	5.0140	-0.0741
19	5.06	3800.0	740.0	5.169	0.083	0.0177	1.898	-0.3934	-0.0327	0.0161	5.1201	-0.0494
20	5.36	3870.0	730.0	5.235	0.088	0.0175	1.907	-0.4008	-0.0353	0.0168	5.1857	-0.0494
21	5.65	3920.0	720.0	5.274	0.093	0.0172	1.912	-0.4071	-0.0378	0.0176	5.1984	-0.0754
22	5.94	3980.0	700.0	5.324	0.098	0.0168	1.919	-0.4141	-0.0404	0.0183	5.2233	-0.1005
23	6.23	4040.0	680.0	5.373	0.102	0.0163	1.925	-0.4205	-0.0430	0.0190	5.2758	-0.0972
24	6.54	4070.0	660.0	5.380	0.107	0.0158	1.926	-0.4265	-0.0458	0.0200	5.2855	-0.0940
25	6.85	4100.0	640.0	5.386	0.112	0.0153	1.927	-0.4319	-0.0486	0.0209	5.2901	-0.0956
26	7.15	4130.0	620.0	5.392	0.117	0.0148	1.928	-0.4368	-0.0513	0.0218	5.2709	-0.1214
27	7.45	4150.0	590.0	5.384	0.122	0.0141	1.927	-0.4423	-0.0541	0.0227	5.2608	-0.1235
28	7.74	4160.0	570.0	5.365	0.127	0.0136	1.924	-0.4463	-0.0567	0.0237	5.2419	-0.1235
29	8.04	4170.0	540.0	5.344	0.132	0.0129	1.921	-0.4511	-0.0595	0.0247	5.2246	-0.1195
30	8.35	4180.0	520.0	5.323	0.137	0.0124	1.919	-0.4546	-0.0623	0.0258	5.1771	-0.1457
31	8.64	4190.0	480.0	5.301	0.142	0.0115	1.916	-0.4595	-0.0652	0.0268	5.1553	-0.1457
32	8.95	4200.0	460.0	5.280	0.147	0.0110	1.913	-0.4625	-0.0680	0.0278	5.1581	-0.1214
33	9.24	4200.0	430.0	5.246	0.152	0.0103	1.909	-0.4661	-0.0707	0.0289	5.1458	-0.1005
34	9.53	4200.0	420.0	5.216	0.156	0.0101	1.905	-0.4679	-0.0732	0.0300	5.2834	0.0678

*****TEST NAME :HMM1.5-1*** **FILE NAME :HMM1B5.1*****

MEAN DIAMETER = 29.60 (CM)				VOLUME COMPRESSIBILITY = 410.00 (CC)								
			INITIAL CONDITION					AFTER CONSOLIDATION				
HEIGHT (CM)			61.02					60.82				
VOLUME (CC)			41989.90					41579.90				
DRY DENSITY (g/cm3)			2.126					2.147				
WEIGHT UNDER OVEN DRY CONDITION = 89280.00 (g)												
MEAN SPECIFIC GRAVITY UNDER OVEN DRY CONDITION = 2.869												
MEAN PERCENTAGE OF ABSORPTION = 1.20 (%)												
CONFINING PRESSURE = 1.50 (Kg/cm2)												
COEFFICIENT OF CALIBRATION = 0.0014628												
No	AXIAL	LOAD	VOL.CHANGE	DEV.SIG	EA	EV	Q/P'	ER/EA	ER	EA/DEV.SIG	DIL.SIG	DIL.SLP
1	0.25	1050.0	120.0	1.534	0.004	0.0029	0.763	-0.1489	-0.0006	0.0027	2.6932	0.7728
2	0.53	1600.0	280.0	2.336	0.009	0.0067	1.025	-0.1136	-0.0010	0.0037	3.6060	0.8469
3	0.82	2050.0	450.0	2.991	0.013	0.0108	1.198	-0.0986	-0.0013	0.0045	4.1806	0.7934
4	1.12	2450.0	600.0	3.569	0.018	0.0144	1.327	-0.1082	-0.0020	0.0052	4.4685	0.5995
5	1.43	2900.0	700.0	4.213	0.024	0.0168	1.451	-0.1420	-0.0033	0.0056	4.8749	0.4411
6	1.75	3200.0	790.0	4.634	0.029	0.0190	1.522	-0.1698	-0.0049	0.0062	5.2358	0.4011
7	2.05	3480.0	870.0	5.024	0.034	0.0209	1.583	-0.1896	-0.0064	0.0067	5.5818	0.3719
8	2.34	3720.0	940.0	5.353	0.038	0.0226	1.630	-0.2062	-0.0079	0.0072	5.7920	0.2926
9	2.65	3900.0	990.0	5.589	0.044	0.0238	1.662	-0.2268	-0.0099	0.0078	5.9130	0.2158
10	2.95	4100.0	1030.0	5.851	0.049	0.0248	1.696	-0.2446	-0.0119	0.0083	6.1391	0.1918
11	3.26	4300.0	1070.0	6.110	0.054	0.0257	1.728	-0.2599	-0.0139	0.0088	6.4025	0.1950
12	3.55	4460.0	1110.0	6.312	0.058	0.0267	1.751	-0.2713	-0.0158	0.0092	6.5310	0.1463
13	3.86	4660.0	1130.0	6.562	0.063	0.0272	1.780	-0.2859	-0.0181	0.0097	6.7085	0.0975
14	4.15	4740.0	1150.0	6.644	0.068	0.0277	1.789	-0.2973	-0.0203	0.0103	6.7557	0.0744
15	4.45	4850.0	1160.0	6.764	0.073	0.0279	1.801	-0.3093	-0.0226	0.0108	6.8372	0.0488
16	4.75	4950.0	1170.0	6.868	0.078	0.0281	1.813	-0.3199	-0.0250	0.0114	6.9063	0.0252
17	5.03	5060.0	1170.0	6.986	0.083	0.0281	1.825	-0.3299	-0.0273	0.0118	6.9860	0.0000
18	5.34	5150.0	1170.0	7.071	0.088	0.0281	1.833	-0.3398	-0.0298	0.0124	7.0708	0.0000
19	5.64	5240.0	1170.0	7.155	0.093	0.0281	1.842	-0.3483	-0.0323	0.0130	7.1195	-0.0240
20	5.95	5330.0	1160.0	7.236	0.098	0.0279	1.850	-0.3574	-0.0350	0.0135	7.1637	-0.0480
21	6.25	5410.0	1150.0	7.302	0.103	0.0277	1.856	-0.3654	-0.0376	0.0141	7.2292	-0.0488
22	6.55	5470.0	1140.0	7.341	0.108	0.0274	1.860	-0.3727	-0.0401	0.0147	7.2677	-0.0488
23	6.85	5520.0	1130.0	7.365	0.113	0.0272	1.862	-0.3793	-0.0427	0.0153	7.2921	-0.0488
24	7.15	5570.0	1120.0	7.389	0.118	0.0269	1.864	-0.3854	-0.0453	0.0159	7.3522	-0.0244
25	7.45	5640.0	1120.0	7.440	0.122	0.0269	1.869	-0.3900	-0.0478	0.0165	7.4026	-0.0248
26	7.74	5710.0	1110.0	7.489	0.127	0.0267	1.874	-0.3951	-0.0503	0.0170	7.3431	-0.0975
27	8.05	5760.0	1080.0	7.505	0.132	0.0260	1.875	-0.4019	-0.0532	0.0176	7.3590	-0.0975
28	8.34	5800.0	1070.0	7.514	0.137	0.0257	1.876	-0.4062	-0.0557	0.0182	7.4409	-0.0488
29	8.65	5830.0	1060.0	7.506	0.142	0.0255	1.876	-0.4104	-0.0584	0.0189	7.3967	-0.0731
30	8.94	5860.0	1040.0	7.499	0.147	0.0250	1.875	-0.4149	-0.0610	0.0196	7.3531	-0.0975
31	9.25	5890.0	1020.0	7.489	0.152	0.0245	1.874	-0.4194	-0.0638	0.0203	7.3811	-0.0719
32	9.55	5900.0	1010.0	7.456	0.157	0.0243	1.871	-0.4227	-0.0664	0.0211	7.136.9070	1.86.3007

*****TEST NAME :HMW2.0-1*** **FILE NAME :HMW20.1*****

MEAN DIAMETER = 29.60 (CH)					VOLUME COMPRESSIBILITY = 640.00 (CC)							
			INITIAL CONDITION				AFTER CONSOLIDATION					
HEIGHT (CH)			61.00				60.69					
VOLUME (CC)			41976.20				41336.20					
DRY DENSITY (g/cm3)			2.127				2.160					
WEIGHT UNDER OVEN DRY CONDITION										= 89280.00 (g)		
MEAN SPECIFIC GRAVITY UNDER OVEN DRY CONDITION										= 2.869		
MEAN PERCENTAGE OF ABSORPTION										= 1.20 (%)		
CONFINING PRESSURE										= 2.00 (Kg/cm2)		
COEFFICIENT OF CALIBRATION										= 0.0014682		
No	AXIAL	LOAD	VOL.CHANGE	DEV.SIG	EA	EV	Q/P'	ER/EA	ER	EA/DEV.SIG	DIL.SIG	DIL.SLP
1	0.15	800.0	40.0	1.173	0.002	0.0010	0.491	-0.3042	-0.0008	0.0021	2.3963	0.6118
2	0.30	1240.0	125.0	1.817	0.005	0.0030	0.697	-0.1941	-0.0010	0.0027	3.7203	0.9516
3	0.42	1530.0	215.0	2.242	0.007	0.0052	0.816	-0.1242	-0.0009	0.0031	4.2189	0.9882
4	0.56	1820.0	300.0	2.667	0.009	0.0073	0.923	-0.1067	-0.0010	0.0035	4.3098	0.8215
5	0.84	2330.0	450.0	3.411	0.014	0.0109	1.087	-0.1067	-0.0015	0.0041	4.7777	0.6835
6	1.14	2780.0	570.0	4.061	0.019	0.0138	1.211	-0.1329	-0.0025	0.0046	5.3052	0.6221
7	1.43	3170.0	700.0	4.623	0.024	0.0169	1.306	-0.1406	-0.0033	0.0051	5.7974	0.5873
8	1.74	3530.0	810.0	5.135	0.029	0.0196	1.383	-0.1583	-0.0045	0.0056	6.1302	0.4977
9	2.02	3880.0	900.0	5.630	0.033	0.0218	1.452	-0.1729	-0.0058	0.0059	6.4903	0.4303
10	2.32	4200.0	980.0	6.075	0.038	0.0237	1.509	-0.1899	-0.0073	0.0063	6.9208	0.4230
11	2.61	4480.0	1070.0	6.462	0.043	0.0259	1.556	-0.1990	-0.0086	0.0067	7.1840	0.3610
12	2.93	4740.0	1130.0	6.809	0.048	0.0273	1.595	-0.2169	-0.0105	0.0071	7.3688	0.2797
13	3.24	4980.0	1190.0	7.126	0.053	0.0288	1.629	-0.2304	-0.0123	0.0075	7.6475	0.2605
14	3.55	5200.0	1240.0	7.410	0.058	0.0300	1.658	-0.2436	-0.0142	0.0079	7.8508	0.2202
15	3.84	5380.0	1280.0	7.636	0.063	0.0310	1.680	-0.2553	-0.0162	0.0083	8.0338	0.1991
16	4.14	5560.0	1320.0	7.857	0.068	0.0319	1.701	-0.2659	-0.0181	0.0087	8.2554	0.1991
17	4.43	5710.0	1360.0	8.036	0.073	0.0329	1.718	-0.2746	-0.0200	0.0091	8.3345	0.1493
18	4.73	5850.0	1380.0	8.193	0.078	0.0334	1.732	-0.2858	-0.0223	0.0095	8.4378	0.1224
19	5.03	6000.0	1410.0	8.364	0.083	0.0341	1.747	-0.2942	-0.0244	0.0099	8.5570	0.0963
20	5.34	6100.0	1420.0	8.459	0.088	0.0344	1.755	-0.3048	-0.0268	0.0104	8.5549	0.0481
21	5.64	6200.0	1430.0	8.553	0.093	0.0346	1.763	-0.3139	-0.0292	0.0109	8.6507	0.0489
22	5.94	6300.0	1440.0	8.646	0.098	0.0348	1.771	-0.3220	-0.0315	0.0113	8.6945	0.0245
23	6.24	6400.0	1440.0	8.735	0.103	0.0348	1.778	-0.3306	-0.0340	0.0118	8.7347	0.0000
24	6.55	6470.0	1440.0	8.780	0.108	0.0348	1.782	-0.3386	-0.0365	0.0123	8.7799	0.0000
25	6.85	6540.0	1440.0	8.826	0.113	0.0348	1.786	-0.3457	-0.0390	0.0128	8.8257	0.0000
26	7.16	6610.0	1440.0	8.869	0.118	0.0348	1.789	-0.3524	-0.0416	0.0133	8.8689	0.0000
27	7.44	6700.0	1440.0	8.943	0.123	0.0348	1.795	-0.3579	-0.0439	0.0137	8.8928	-0.0249
28	7.75	6750.0	1430.0	8.955	0.128	0.0346	1.796	-0.3645	-0.0466	0.0143	8.9057	-0.0245
29	8.04	6810.0	1430.0	8.985	0.132	0.0346	1.799	-0.3694	-0.0489	0.0147	8.9366	-0.0241
30	8.36	6880.0	1420.0	9.020	0.138	0.0344	1.802	-0.3753	-0.0517	0.0153	8.9715	-0.0241
31	8.65	6920.0	1420.0	9.022	0.143	0.0344	1.802	-0.3795	-0.0541	0.0158	8.9729	-0.0245
32	8.96	6970.0	1410.0	9.031	0.148	0.0341	1.802	-0.3845	-0.0568	0.0163	8.9359	-0.0474
33	9.27	7090.0	1400.0	9.013	0.153	0.0339	1.801	-0.3891	-0.0594	0.0169	8.9182	-0.0474
34	9.58	7030.0	1390.0	8.995	0.158	0.0336	1.800	-0.3935	-0.0621	0.0175	9.4382	0.2217

*****TEST NAME :HMW4.0-1*** **FILE NAME :HMW410.1*****

MEAN DIAMETER = 29.60 (CM)				VOLUME COMPRESSIBILITY = 1160.00 (CC)								
				INITIAL CONDITION				AFTER CONSOLIDATION				
HEIGHT (CM)				61.03				60.47				
VOLUME (CC)				41996.80				40836.80				
DRY DENSITY (g/cm ³)				2.126				2.186				
WEIGHT UNDER OVEN DRY CONDITION				= 89280.00				(g)				
MEAN SPECIFIC GRAVITY UNDER OVEN DRY CONDITION				= 2.869								
MEAN PERCENTAGE OF ABSORPTION				= 1.20				(%)				
CONFINING PRESSURE				= 4.00				(Kg/cm ²)				
COEFFICIENT OF CALIBRATION				= 0.0014807								
No	AXIAL	LOAD	VOL.CHANGE	DEV.SIG	EA	EV	Q/P'	ER/EA	ER	EA/DEV.SIG	DIL.SIG	DIL.SLP
1	0.22	1150.0	115.0	1.701	0.004	0.0028	0.373	-0.1130	-0.0004	0.0021	5.2552	0.8884
2	0.50	2050.0	300.0	3.033	0.008	0.0073	0.605	-0.0558	-0.0005	0.0027	6.7090	0.9191
3	0.80	2750.0	475.0	4.065	0.013	0.0116	0.759	-0.0604	-0.0008	0.0033	7.3724	0.8267
4	1.10	3450.0	635.0	5.095	0.018	0.0155	0.894	-0.0726	-0.0013	0.0036	8.2043	0.7774
5	1.40	4000.0	790.0	5.900	0.023	0.0193	0.989	-0.0822	-0.0019	0.0039	8.7626	0.7157
6	1.70	4600.0	925.0	6.773	0.028	0.0227	1.082	-0.0972	-0.0027	0.0042	9.3773	0.6510
7	1.98	5100.0	1045.0	7.496	0.033	0.0256	1.153	-0.1093	-0.0036	0.0044	10.1729	0.6692
8	2.22	5500.0	1160.0	8.074	0.037	0.0284	1.207	-0.1131	-0.0042	0.0045	10.3210	0.5617
9	2.56	6000.0	1265.0	8.780	0.042	0.0310	1.268	-0.1342	-0.0057	0.0048	10.6774	0.4743
10	2.86	6450.0	1365.0	9.414	0.047	0.0334	1.319	-0.1466	-0.0069	0.0050	11.3028	0.4723
11	3.14	6850.0	1450.0	9.970	0.052	0.0355	1.361	-0.1581	-0.0082	0.0052	11.5497	0.3949
12	3.46	7200.0	1525.0	10.441	0.057	0.0373	1.396	-0.1737	-0.0099	0.0055	11.7367	0.3239
13	3.78	7500.0	1590.0	10.833	0.063	0.0389	1.423	-0.1886	-0.0118	0.0058	12.1095	0.3191
14	4.04	7750.0	1650.0	11.160	0.067	0.0404	1.446	-0.1976	-0.0132	0.0060	12.4290	0.3173
15	4.34	8100.0	1710.0	11.620	0.072	0.0419	1.476	-0.2083	-0.0149	0.0062	12.7182	0.2747
16	4.66	8400.0	1765.0	11.998	0.077	0.0432	1.500	-0.2196	-0.0169	0.0064	13.0193	0.2553
17	4.92	8650.0	1810.0	12.312	0.081	0.0443	1.519	-0.2276	-0.0185	0.0066	13.2441	0.2331
18	5.20	8900.0	1850.0	12.617	0.086	0.0453	1.538	-0.2366	-0.0203	0.0068	13.4847	0.2170
19	5.50	9100.0	1895.0	12.845	0.091	0.0464	1.551	-0.2449	-0.0223	0.0071	13.5854	0.1851
20	5.80	9400.0	1925.0	13.206	0.096	0.0471	1.572	-0.2543	-0.0244	0.0073	13.8479	0.1604
21	6.10	9600.0	1960.0	13.425	0.101	0.0480	1.584	-0.2621	-0.0264	0.0075	14.0670	0.1604
22	6.40	9750.0	1990.0	13.570	0.106	0.0487	1.592	-0.2698	-0.0286	0.0078	14.1133	0.1357
23	6.70	9950.0	2015.0	13.781	0.111	0.0493	1.604	-0.2773	-0.0307	0.0080	14.2249	0.1111
24	7.00	10100.0	2035.0	13.918	0.116	0.0498	1.611	-0.2848	-0.0330	0.0083	14.2631	0.0864
25	7.30	10200.0	2050.0	13.982	0.121	0.0502	1.614	-0.2921	-0.0353	0.0086	14.3274	0.0864
26	7.60	10400.0	2070.0	14.183	0.126	0.0507	1.625	-0.2983	-0.0375	0.0089	14.5914	0.1021
27	7.88	10500.0	2090.0	14.251	0.130	0.0512	1.629	-0.3036	-0.0396	0.0091	14.4976	0.0617
28	8.20	10650.0	2095.0	14.368	0.136	0.0513	1.635	-0.3108	-0.0422	0.0094	14.4670	0.0247
29	8.48	10750.0	2100.0	14.427	0.140	0.0514	1.638	-0.3167	-0.0444	0.0097	14.5261	0.0247
30	8.80	10900.0	2105.0	14.541	0.146	0.0515	1.644	-0.3229	-0.0470	0.0100	14.6839	0.0358
31	9.10	11000.0	2115.0	14.593	0.150	0.0518	1.646	-0.3279	-0.0494	0.0103	14.8146	0.0555
32	9.20	11050.0	2120.0	14.632	0.152	0.0519	1.648	-0.3294	-0.0501	0.0104	14.10.2788	1 -6.2278

*****TEST NAME :HMW6.0-1*** **FILE NAME :HMW610.1*****

MEAN DIAMETER = 29.60 (CH)					VOLUME COMPRESSIBILITY = 1523.00 (CC)							
				INITIAL CONDITION				AFTER CONSOLIDATION				
HEIGHT (CH)				61.01				60.27				
VOLUME (CC)				41983.10				40460.10				
DRY DENSITY (g/cm3)				2.127				2.207				
WEIGHT UNDER OVEN DRY CONDITION = 89280.00 (g)												
MEAN SPECIFIC GRAVITY UNDER OVEN DRY CONDITION : 2.869												
MEAN PERCENTAGE OF ABSORPTION : 1.20 (%)												
CONFINING PRESSURE : 6.00 (Kg/cm2)												
COEFFICIENT OF CALIBRATION : 0.0014897												
No	AXIAL	LOAD	VOL.CHANGE	DEV.SIG	EA	EV	Q/P'	ER/EA	ER	EA/DEV.SIG	DIL.SIG	DIL.SLP
1	0.16	1250.0	65.0	1.860	0.003	0.0016	0.281	-0.1974	-0.0005	0.0014	7.2433	0.8972
2	0.44	2400.0	265.0	3.573	0.007	0.0065	0.497	-0.0514	-0.0004	0.0020	9.5578	0.9975
3	0.72	3300.0	440.0	4.911	0.012	0.0109	0.643	-0.0448	-0.0005	0.0024	10.3813	0.9118
4	1.02	4200.0	620.0	6.246	0.017	0.0153	0.773	-0.0473	-0.0008	0.0027	11.3114	0.8441
5	1.32	5000.0	780.0	7.428	0.022	0.0193	0.876	-0.0599	-0.0013	0.0029	12.1209	0.7821
6	1.62	5750.0	935.0	8.533	0.027	0.0231	0.965	-0.0701	-0.0019	0.0032	13.0786	0.7577
7	1.90	6500.0	1075.0	9.634	0.032	0.0266	1.046	-0.0786	-0.0025	0.0033	13.7174	0.6806
8	2.20	7150.0	1200.0	10.576	0.037	0.0297	1.110	-0.0937	-0.0034	0.0035	14.3516	0.6293
9	2.48	7750.0	1320.0	11.443	0.041	0.0326	1.166	-0.1036	-0.0043	0.0036	15.0185	0.5959
10	2.80	8400.0	1440.0	12.372	0.046	0.0356	1.222	-0.1169	-0.0054	0.0038	15.7985	0.5710
11	3.08	9000.0	1550.0	13.229	0.051	0.0383	1.271	-0.1252	-0.0064	0.0039	16.2081	0.4966
12	3.40	9500.0	1640.0	13.918	0.056	0.0405	1.308	-0.1407	-0.0079	0.0041	16.5991	0.4469
13	3.68	10000.0	1730.0	14.612	0.061	0.0428	1.344	-0.1498	-0.0091	0.0042	17.2317	0.4366
14	3.98	10500.0	1810.0	15.293	0.066	0.0447	1.378	-0.1613	-0.0106	0.0043	17.9126	0.4366
15	4.26	10900.0	1900.0	15.833	0.071	0.0470	1.404	-0.1678	-0.0119	0.0045	18.2219	0.3981
16	4.56	11400.0	1965.0	16.499	0.076	0.0486	1.435	-0.1790	-0.0135	0.0046	18.4449	0.3244
17	4.88	11800.0	2035.0	17.011	0.081	0.0503	1.458	-0.1894	-0.0153	0.0048	18.9470	0.3228
18	5.16	12200.0	2095.0	17.526	0.086	0.0518	1.480	-0.1976	-0.0169	0.0049	19.2978	0.2954
19	5.46	12550.0	2150.0	17.956	0.091	0.0531	1.498	-0.2067	-0.0187	0.0050	19.5201	0.2607
20	5.76	12900.0	2200.0	18.380	0.096	0.0544	1.516	-0.2155	-0.0206	0.0052	19.7949	0.2359
21	6.06	13150.0	2245.0	18.655	0.101	0.0555	1.527	-0.2241	-0.0225	0.0054	19.9209	0.2110
22	6.36	13500.0	2285.0	19.065	0.106	0.0565	1.543	-0.2324	-0.0245	0.0055	20.2569	0.1986
23	6.66	13850.0	2325.0	19.471	0.110	0.0575	1.559	-0.2400	-0.0265	0.0057	20.5883	0.1862
24	6.96	14100.0	2360.0	19.730	0.115	0.0583	1.569	-0.2474	-0.0286	0.0059	20.7725	0.1738
25	7.26	14400.0	2395.0	20.055	0.120	0.0592	1.581	-0.2543	-0.0306	0.0060	20.9483	0.1490
26	7.56	14650.0	2420.0	20.301	0.125	0.0598	1.590	-0.2616	-0.0328	0.0062	21.1199	0.1366
27	7.86	14950.0	2450.0	20.615	0.130	0.0606	1.602	-0.2678	-0.0349	0.0063	21.4339	0.1366
28	8.16	15150.0	2475.0	20.785	0.135	0.0612	1.608	-0.2741	-0.0371	0.0065	21.4549	0.1117
29	8.46	15350.0	2495.0	20.949	0.140	0.0617	1.614	-0.2803	-0.0393	0.0067	21.5446	0.0993
30	8.76	15600.0	2515.0	21.178	0.145	0.0622	1.622	-0.2862	-0.0416	0.0069	21.7544	0.0961
31	9.08	15750.0	2535.0	21.260	0.151	0.0627	1.625	-0.2921	-0.0440	0.0071	21.7486	0.0815
32	9.40	16000.0	2550.0	21.471	0.156	0.0630	1.632	-0.2979	-0.0465	0.0073	21.31.9221	1 -8.8988

*****TEST NAME :HMM8.0-1*** **FILE NAME :HMM810.1*****

MEAN DIAMETER = 29.60 (CM)					VOLUME COMPRESSIBILITY = 1865.00 (CC)							
					INITIAL CONDITION				AFTER CONSOLIDATION			
HEIGHT (CM)					60.96				60.06			
VOLUME (CC)					41948.70				40083.70			
DRY DENSITY (g/cm3)					2.128				2.227			
WEIGHT UNDER OVEN DRY CONDITION					= 89280.00				(g)			
MEAN SPECIFIC GRAVITY UNDER OVEN DRY CONDITION					= 2.869							
MEAN PERCENTAGE OF ABSORPTION					= 1.20				(%)			
CONFINING PRESSURE					= 8.00				(Kg/cm2)			
COEFFICIENT OF CALIBRATION					= 0.0014983							
No	AXIAL	LOAD	VOL.CHANGE	DEV.SIG	EA	EV	Q/P'	ER/EA	ER	EA/DEV.SIG	DIL.SIG	DIL.SLP
1	0.14	1100.0	45.0	1.646	0.002	0.0011	0.193	-0.2592	-0.0006	0.0014	5.9537	0.5384
2	0.32	2100.0	115.0	3.139	0.005	0.0029	0.347	-0.2308	-0.0012	0.0017	10.1306	0.8740
3	0.44	2800.0	220.0	4.187	0.007	0.0055	0.446	-0.1254	-0.0009	0.0017	13.5767	1.1737
4	0.62	3750.0	350.0	5.610	0.010	0.0087	0.568	-0.0771	-0.0008	0.0018	13.9749	1.0457
5	0.92	5050.0	555.0	7.555	0.015	0.0138	0.718	-0.0481	-0.0007	0.0020	14.9465	0.9239
6	1.22	6100.0	720.0	9.118	0.020	0.0180	0.826	-0.0579	-0.0012	0.0022	16.0407	0.8654
7	1.50	7150.0	890.0	10.682	0.025	0.0222	0.924	-0.0555	-0.0014	0.0023	16.7753	0.7616
8	1.82	8100.0	1025.0	12.077	0.030	0.0256	1.004	-0.0781	-0.0024	0.0025	17.5708	0.6867
9	2.10	9100.0	1165.0	13.552	0.035	0.0291	1.083	-0.0844	-0.0030	0.0026	19.2346	0.7104
10	2.40	9950.0	1300.0	14.792	0.040	0.0324	1.144	-0.0942	-0.0038	0.0027	19.6863	0.6118
11	2.70	10800.0	1410.0	16.017	0.045	0.0352	1.201	-0.1088	-0.0049	0.0028	20.0440	0.5033
12	3.04	11500.0	1515.0	17.001	0.051	0.0378	1.244	-0.1267	-0.0064	0.0030	21.1338	0.5166
13	3.28	12050.0	1610.0	17.783	0.055	0.0402	1.277	-0.1323	-0.0072	0.0031	21.5024	0.4650
14	3.62	12750.0	1695.0	18.744	0.060	0.0423	1.316	-0.1492	-0.0090	0.0032	21.9406	0.3995
15	3.88	13250.0	1770.0	19.428	0.065	0.0442	1.342	-0.1583	-0.0102	0.0033	22.9008	0.4342
16	4.50	14450.0	1950.0	21.052	0.075	0.0486	1.402	-0.1754	-0.0131	0.0036	24.0486	0.3746
17	4.80	14950.0	2000.0	21.691	0.080	0.0499	1.424	-0.1879	-0.0150	0.0037	23.9646	0.2842
18	5.08	15400.0	2060.0	22.266	0.085	0.0514	1.444	-0.1962	-0.0166	0.0038	24.6427	0.2971
19	5.38	15950.0	2115.0	22.969	0.090	0.0528	1.467	-0.2055	-0.0184	0.0039	25.3660	0.2997
20	5.68	16400.0	2180.0	23.527	0.095	0.0544	1.485	-0.2125	-0.0201	0.0040	26.1107	0.3229
21	5.96	16900.0	2240.0	24.158	0.099	0.0559	1.505	-0.2184	-0.0217	0.0041	26.1214	0.2454
22	6.26	17200.0	2275.0	24.473	0.104	0.0568	1.515	-0.2277	-0.0237	0.0043	25.9716	0.1873
23	6.56	17550.0	2315.0	24.858	0.109	0.0578	1.526	-0.2356	-0.0257	0.0044	26.3566	0.1873
24	6.86	17950.0	2350.0	25.306	0.114	0.0586	1.540	-0.2434	-0.0278	0.0045	26.9590	0.2067
25	7.14	18200.0	2395.0	25.554	0.119	0.0598	1.547	-0.2487	-0.0296	0.0047	26.9520	0.1748
26	7.46	18500.0	2420.0	25.835	0.124	0.0604	1.555	-0.2570	-0.0319	0.0048	26.8650	0.1288
27	7.78	18700.0	2450.0	25.976	0.130	0.0611	1.559	-0.2641	-0.0342	0.0050	27.0393	0.1329
28	8.08	19000.0	2475.0	26.259	0.135	0.0617	1.567	-0.2705	-0.0364	0.0051	27.2920	0.1292
29	8.36	19250.0	2500.0	26.479	0.139	0.0624	1.574	-0.2760	-0.0384	0.0053	27.2776	0.0999
30	8.68	19500.0	2515.0	26.667	0.145	0.0627	1.579	-0.2829	-0.0409	0.0054	27.4661	0.0999
31	8.96	19700.0	2540.0	26.812	0.149	0.0634	1.583	-0.2876	-0.0429	0.0056	27.5107	0.0874
32	9.28	19950.0	2550.0	26.989	0.155	0.0636	1.588	-0.2941	-0.0455	0.0057	27.4022	0.0517
33	9.54	20200.0	2560.0	27.194	0.159	0.0639	1.594	-0.2990	-0.0475	0.0058	27.1952	-5.7934

*****TEST NAME :HMW10.0-1*** **FILE NAME :HMW10.1*****

MEAN DIAMETER = 29.60 (CH)					VOLUME COMPRESSIBILITY = 2110.00 (CC)							
				INITIAL CONDITION				AFTER CONSOLIDATION				
HEIGHT (CH)				61.01				59.99				
VOLUME (CC)				41983.10				39873.10				
DRY DENSITY (g/cm3)				2.127				2.239				
WEIGHT UNDER OVEN DRY CONDITION = 89280.00 (g)												
MEAN SPECIFIC GRAVITY UNDER OVEN DRY CONDITION = 2.869												
MEAN PERCENTAGE OF ABSORPTION = 1.20 (%)												
CONFINING PRESSURE = 10.00 (Kg/cm2)												
COEFFICIENT OF CALIBRATION = 0.0015045												
No	AXIAL	LOAD	VOL.CHANGE	DEV.SIG	EA	EY	Q/P'	ER/EA	ER	EA/DEV.SIG	DIL.SIG	DIL.SLP
1	0.12	1825.0	35.0	2.743	0.002	0.0009	0.251	-0.2806	-0.0006	0.0007	9.9756	0.7233
2	0.26	2600.0	125.0	3.907	0.004	0.0031	0.346	-0.1383	-0.0006	0.0011	13.8364	0.9930
3	0.42	3250.0	233.0	4.884	0.007	0.0058	0.420	-0.0827	-0.0006	0.0014	14.6629	0.9779
4	0.56	3900.0	320.0	5.860	0.009	0.0080	0.490	-0.0702	-0.0007	0.0016	14.9891	0.9129
5	0.86	5100.0	500.0	7.659	0.014	0.0125	0.610	-0.0627	-0.0009	0.0019	16.8673	0.9208
6	1.14	6250.0	675.0	9.383	0.019	0.0169	0.715	-0.0546	-0.0010	0.0020	18.3321	0.8949
7	1.44	7450.0	845.0	11.176	0.024	0.0212	0.814	-0.0586	-0.0014	0.0021	19.6063	0.8430
8	1.72	8600.0	1000.0	12.891	0.029	0.0251	0.902	-0.0627	-0.0018	0.0022	20.5385	0.7648
9	2.04	9700.0	1150.0	14.516	0.034	0.0288	0.978	-0.0759	-0.0026	0.0023	21.7874	0.7272
10	2.32	10750.0	1290.0	16.067	0.039	0.0324	1.046	-0.0817	-0.0032	0.0024	22.9629	0.6896
11	2.64	11700.0	1425.0	17.451	0.044	0.0357	1.103	-0.0940	-0.0041	0.0025	23.7604	0.6309
12	2.94	12650.0	1550.0	18.831	0.049	0.0389	1.157	-0.1034	-0.0051	0.0026	24.7969	0.5966
13	3.22	13550.0	1655.0	20.127	0.054	0.0415	1.205	-0.1134	-0.0061	0.0027	26.0372	0.5910
14	3.50	14500.0	1770.0	21.496	0.058	0.0444	1.252	-0.1196	-0.0070	0.0027	26.9435	0.5447
15	3.80	15250.0	1865.0	22.544	0.063	0.0468	1.287	-0.1308	-0.0083	0.0028	27.1548	0.4610
16	4.12	16050.0	1960.0	23.651	0.069	0.0492	1.322	-0.1421	-0.0098	0.0029	28.1644	0.4513
17	4.40	16800.0	2045.0	24.687	0.073	0.0513	1.354	-0.1504	-0.0110	0.0030	28.6913	0.4004
18	4.74	17500.0	2125.0	25.613	0.079	0.0533	1.382	-0.1628	-0.0129	0.0031	29.2566	0.3644
19	5.04	18200.0	2200.0	26.546	0.084	0.0552	1.408	-0.1716	-0.0144	0.0032	30.0381	0.3493
20	5.30	18650.0	2255.0	27.113	0.088	0.0566	1.424	-0.1799	-0.0159	0.0033	30.3366	0.3224
21	5.60	19250.0	2320.0	27.880	0.093	0.0582	1.445	-0.1884	-0.0176	0.0033	31.0140	0.3134
22	5.90	19900.0	2380.0	28.708	0.098	0.0597	1.467	-0.1966	-0.0193	0.0034	31.3408	0.2633
23	6.20	20450.0	2425.0	29.373	0.103	0.0608	1.484	-0.2058	-0.0213	0.0035	31.5044	0.2131
24	6.50	20900.0	2465.0	29.884	0.108	0.0618	1.497	-0.2147	-0.0233	0.0036	31.8293	0.1945
25	6.78	21400.0	2500.0	30.467	0.113	0.0627	1.512	-0.2226	-0.0252	0.0037	32.1532	0.1686
26	7.08	21750.0	2530.0	30.816	0.118	0.0635	1.520	-0.2312	-0.0273	0.0038	32.4454	0.1630
27	7.38	22150.0	2565.0	31.234	0.123	0.0643	1.530	-0.2386	-0.0293	0.0039	32.7900	0.1556
28	7.66	22600.0	2590.0	31.720	0.128	0.0650	1.542	-0.2457	-0.0314	0.0040	32.8481	0.1128
29	7.98	22900.0	2610.0	31.961	0.133	0.0655	1.547	-0.2540	-0.0338	0.0042	33.0534	0.1092
30	8.28	23250.0	2635.0	32.284	0.138	0.0661	1.555	-0.2606	-0.0360	0.0043	33.7111	0.1427
31	8.56	23600.0	2665.0	32.619	0.143	0.0668	1.563	-0.2658	-0.0379	0.0044	33.8730	0.1254
32	8.88	23900.0	2685.0	32.846	0.148	0.0673	1.568	-0.2726	-0.0403	0.0045	33.7863	0.0940
33	9.04	24050.0	2695.0	32.958	0.151	0.0676	1.570	-0.2757	-0.0416	0.0046	34.1329	0.1175
34	9.20	24200.0	2710.0	33.072	0.153	0.0680	1.573	-0.2784	-0.0427	0.0046	37.5574	0.4485

*****TEST NAME :HMW14.0-2*** **FILE NAME :HMW14.2*****

MEAN DIAMETER = 29.60 (CH)					VOLUME COMPRESSIBILITY = 3140.00 (CC)							
				INITIAL CONDITION				AFTER CONSOLIDATION				
HEIGHT (CH)				61.00				59.48				
VOLUME (CC)				41976.20				38836.20				
DRY DENSITY (g/cm3)				2.127				2.299				
WEIGHT UNDER OVEN DRY CONDITION = 89280.00 (g)												
MEAN SPECIFIC GRAVITY UNDER OVEN DRY CONDITION = 2.869												
MEAN PERCENTAGE OF ABSORPTION = 1.20 (%)												
CONFINING PRESSURE = 14.00 (Kg/cm2)												
COEFFICIENT OF CALIBRATION = 0.0015315												
No	AXIAL	LOAD	VOL.CHANGE	DEV.SIG	EA	EV	Q/P'	ER/EA	ER	EA/DEV.SIG	DIL.SIG	DIL.SLP
1	0.16	2050.0	25.0	3.133	0.003	0.0006	0.208	-0.3803	-0.0010	0.0009	11.3525	0.5871
2	0.30	3150.0	115.0	4.814	0.005	0.0030	0.309	-0.2065	-0.0010	0.0010	18.9810	1.0119
3	0.44	4000.0	210.0	6.114	0.007	0.0054	0.381	-0.1345	-0.0010	0.0012	19.6935	0.9700
4	0.60	4900.0	305.0	7.488	0.010	0.0079	0.454	-0.1107	-0.0011	0.0013	21.0051	0.9655
5	0.90	6500.0	500.0	9.932	0.015	0.0129	0.574	-0.0746	-0.0011	0.0015	23.5118	0.9700
6	1.20	8150.0	685.0	12.450	0.020	0.0176	0.686	-0.0629	-0.0013	0.0016	26.3867	0.9955
7	1.50	10000.0	890.0	15.279	0.025	0.0229	0.800	-0.0456	-0.0012	0.0017	27.9655	0.9062
8	1.80	11350.0	1040.0	17.321	0.030	0.0268	0.876	-0.0576	-0.0017	0.0017	27.6841	0.7402
9	2.10	12600.0	1180.0	19.199	0.035	0.0304	0.941	-0.0697	-0.0025	0.0018	29.0267	0.7020
10	2.40	13850.0	1315.0	21.069	0.040	0.0339	1.002	-0.0804	-0.0032	0.0019	30.7179	0.6892
11	2.70	15000.0	1450.0	22.781	0.045	0.0373	1.055	-0.0888	-0.0040	0.0020	31.7147	0.6381
12	3.00	16200.0	1565.0	24.549	0.050	0.0403	1.107	-0.1005	-0.0051	0.0021	32.9466	0.5999
13	3.30	17450.0	1685.0	26.387	0.055	0.0434	1.158	-0.1090	-0.0060	0.0021	34.4280	0.5743
14	3.60	18550.0	1790.0	27.980	0.061	0.0461	1.199	-0.1192	-0.0072	0.0022	35.6633	0.5488
15	3.90	19650.0	1900.0	29.568	0.066	0.0489	1.239	-0.1269	-0.0083	0.0022	36.8938	0.5233
16	4.20	20675.0	1995.0	31.022	0.071	0.0514	1.275	-0.1363	-0.0096	0.0023	37.6333	0.4722
17	4.50	21650.0	2085.0	32.388	0.076	0.0537	1.306	-0.1452	-0.0110	0.0023	38.0833	0.4068
18	4.84	22600.0	2165.0	33.673	0.081	0.0557	1.335	-0.1575	-0.0128	0.0024	38.8662	0.3709
19	5.14	23500.0	2240.0	34.893	0.086	0.0577	1.361	-0.1663	-0.0144	0.0025	40.2538	0.3829
20	5.44	24250.0	2315.0	35.882	0.091	0.0596	1.382	-0.1741	-0.0159	0.0025	40.5505	0.3335
21	5.76	25000.0	2375.0	36.833	0.097	0.0612	1.402	-0.1843	-0.0178	0.0026	40.9426	0.2935
22	6.04	25650.0	2430.0	37.651	0.102	0.0626	1.418	-0.1919	-0.0195	0.0027	41.5814	0.2808
23	6.36	26450.0	2485.0	38.651	0.107	0.0640	1.438	-0.2008	-0.0215	0.0028	42.2819	0.2594
24	6.66	27150.0	2535.0	39.504	0.112	0.0653	1.454	-0.2085	-0.0233	0.0028	43.0774	0.2553
25	6.96	27850.0	2585.0	40.348	0.117	0.0666	1.470	-0.2156	-0.0252	0.0029	43.2873	0.2100
26	7.28	28500.0	2620.0	41.078	0.122	0.0675	1.483	-0.2244	-0.0275	0.0030	43.6712	0.1853
27	7.58	29000.0	2660.0	41.604	0.127	0.0685	1.493	-0.2313	-0.0295	0.0031	44.2126	0.1863
28	7.88	29600.0	2693.0	42.258	0.132	0.0693	1.505	-0.2383	-0.0316	0.0031	44.5057	0.1606
29	8.20	30100.0	2725.0	42.743	0.138	0.0702	1.513	-0.2455	-0.0338	0.0032	44.8871	0.1532
30	8.50	30600.0	2755.0	43.235	0.143	0.0709	1.522	-0.2518	-0.0360	0.0033	45.2001	0.1404
31	8.80	31150.0	2780.0	43.783	0.148	0.0716	1.531	-0.2581	-0.0382	0.0034	45.3912	0.1149
32	9.10	31650.0	2800.0	44.247	0.153	0.0721	1.539	-0.2644	-0.0404	0.0035	45.6902	0.1031
33	9.32	32000.0	2815.0	44.560	0.157	0.0725	1.544	-0.2687	-0.0421	0.0035	45.18.4249	1 -4.4989

点载荷圧裂強度試験データシート

試験ケース 羽地ダム
 試料状態 気乾
 粒子サイズ 63.5--50.8 mm
 使用圧力計 2 ton

6 t 平均	64.48
6 t 標準偏差 n-1	31.8
6 t 変動係数	49.2

データ数 N	30
標準偏差 n	31.2

試料 番号	極限荷重 kg	載荷点間隔 cm				計測面数	割れ方	圧裂強度 6 t
		①	②	③	平均			
1	330	2.75	2.74		2.75	2	2	39.02
2	770	2.45	2.50		2.48	2	2	112.00
3	250	2.30	2.10		2.20	2	2	46.02
4	530	1.83	1.83		1.83	2	2	141.01
5	900	3.00	3.16		3.08	2	2	84.53
6	690	2.76	2.67		2.72	2	2	83.40
7	460	3.52	3.48	3.53	3.51	3	3	33.27
8	740	3.61	3.46		3.54	2	2	52.76
9	755	2.73	2.65		2.69	2	2	92.97
10	460	2.59	2.55		2.57	2	2	62.05
11	770	4.14	4.17		4.16	2	2	39.74
12	670	3.44	3.51		3.48	2	2	49.44
13	650	4.17	4.15		4.16	2	2	33.47
14	770	3.12	3.17		3.15	2	2	69.36
15	370	3.22	3.14		3.18	2	2	32.60
16	650	2.14			2.14	1	1	126.46
17	245	3.17	3.12	3.23	3.17	3	3	21.68
18	300	3.24	3.31		3.28	2	2	24.92
19	1600	3.46	3.47		3.47	2	2	118.74
20	760	3.85	3.95		3.90	2	2	44.52
21	750	2.80	2.84		2.82	2	2	84.03
22	630	2.78	2.72		2.75	2	2	74.23
23	530	2.85	2.81		2.83	2	2	58.96
24	450	3.80	3.80		3.80	2	2	27.77
25	730	2.96	2.99		2.98	2	2	73.49
26	1060	3.70	3.67		3.69	2	2	69.55
27	660	2.97	2.89		2.93	2	2	68.50
28	400	3.42	3.42		3.42	2	2	30.47
29	415	2.72	2.76		2.74	2	2	49.25
30	940	3.00	3.10		3.05	2	2	90.03

点载荷圧裂強度試験データシート

試験ケース 羽地ダム
 試料状態 気乾
 粒子サイズ 50.8--38.1 mm
 使用圧力計 1 ton

6 t 平均	105.45
6 t 標準偏差 n-1	45.3
6 t 変動係数	42.9

データ数 N	30
標準偏差 n	44.5

試料 番号	極限荷重 kg	載荷点間隔 cm				計測面数	割れ方	圧裂強度 6 t
		①	②	③	平均			
1	555	1.88	1.87		1.88	2	2	140.66
2	780	2.25	2.23		2.24	2	2	138.51
3	780	2.37	2.41		2.39	2	2	121.67
4	535	1.54	1.52		1.53	2	2	203.63
5	840	2.23	2.27		2.25	2	2	147.84
6	320	1.98	1.99		1.99	2	2	72.36
7	270	1.67	1.70		1.69	2	2	84.73
8	310	2.23	2.23		2.23	2	2	55.54
9	300	1.94	2.06		2.00	2	2	66.83
10	250	1.95	1.95		1.95	2	2	58.58
11	690	2.15	2.20		2.18	2	2	129.96
12	560	1.80	1.79		1.80	2	2	154.86
13	340	2.02	2.10		2.06	2	2	71.39
14	340	3.08	3.06		3.07	2	2	32.14
15	350	1.83	1.89		1.86	2	2	90.14
16	710	1.96	1.90		1.93	2	2	169.83
17	300	1.38	1.33		1.36	2	2	145.59
18	430	1.68	1.68		1.68	2	2	135.75
19	440	2.22	2.20		2.21	2	2	80.27
20	300	2.31	3.32		2.82	2	2	33.73
21	650	2.31	2.28		2.30	2	2	109.96
22	340	2.47	2.51		2.49	2	2	48.86
23	630	2.20	2.22		2.21	2	2	114.93
24	630	2.72	2.73		2.73	2	2	75.59
25	340	2.42	2.42		2.42	2	2	51.73
26	610	1.70	1.68		1.69	2	2	190.30
27	700	2.16	2.16		2.16	2	2	133.68
28	580	2.42	2.38		2.40	2	2	89.72
29	640	2.25	2.25		2.25	2	2	112.64
30	500	2.10	2.08		2.09	2	2	101.99

点荷圧裂強度試験データシート

試験ケース 羽地ダム
 試料状態 水浸 (30 日間 水浸)
 粒子サイズ 63.5--50.8 mm
 使用圧力計 1 ton

6 t 平均	41.33
6 t 標準偏差 n-1	28.9
6 t 変動係数	70.0

データ数 N	30
標準偏差 n	28.4

試料 番号	極限荷重 kg	荷点間隔 cm				計測面数	割れ方	圧裂強度 6 t
		①	②	③	平均			
1	330	2.60	2.72		2.66	2	2	41.56
2	370	3.70	3.48		3.59	2	2	25.58
3	220	3.17	3.04		3.11	2	2	20.33
4	530	4.22	4.26		4.24	2	2	26.27
5	450	2.85	2.42		2.64	2	2	57.75
6	540	3.24	2.94	3.08	3.09	3	3	50.50
7	390	1.82	2.30		2.06	2	2	81.89
8	180	3.90	4.02		3.96	2	2	10.23
9	290	2.85	1.79		2.32	2	2	48.01
10	270	3.74	3.88		3.81	2	2	16.57
11	190	2.85	2.82		2.84	2	2	21.06
12	220	3.99	4.22		4.11	2	2	11.63
13	660	2.54	2.28		2.41	2	2	101.25
14	790	2.59	2.46		2.53	2	2	110.40
15	660	2.37	2.48		2.43	2	2	100.00
16	10	4.38	4.14		4.26	2	2	0.49
17	10	3.00			3.00	1	1	0.99
18	260	3.71	3.76		3.74	2	2	16.61
19	760	3.46	3.68		3.57	2	2	53.13
20	300	2.70			2.70	1	1	36.67
21	590	3.47	3.43		3.45	2	2	44.17
22	410	2.22	2.62		2.42	2	2	62.38
23	130	1.46	1.68		1.57	2	2	46.99
24	280	2.32			2.32	1	1	46.35
25	400	3.20	2.72		2.96	2	2	40.68
26	10	3.30	3.76		3.53	2	2	0.72
27	980	3.82	3.89		3.86	2	2	58.76
28	160	2.38	1.55		1.97	2	2	36.92
29	150	2.00	1.92		1.96	2	2	34.79
30	240	2.54	2.26		2.40	2	2	37.13

点载荷圧裂強度試験データシート

試験ケース 羽地ダム
 試料状態 水浸 (30 日間 水浸)
 粒子サイズ 50.8--38.1 mm
 使用圧力計 10 ton . 2 ton

6 t 平均	42.11
6 t 標準偏差 n-1	38.5
6 t 変動係数	91.4

データ数 N	30
標準偏差 n	37.8

試料 番号	極限荷重 kg	載荷点間隔 cm				計測面数	割れ方	圧裂強度 6 t
		①	②	③	平均			
1	200	3.35	3.29		3.32	2	2	16.17
2	400	2.95	2.95		2.95	2	2	40.95
3	40	3.45	3.96		3.71	2	2	2.60
4	140	3.03	3.15		3.09	2	2	13.06
5	350	2.47	2.46		2.47	2	2	51.32
6	180	3.74	3.78		3.76	2	2	11.34
7	470	2.95	2.71		2.83	2	2	52.29
8	340	2.47	2.13	2.35	2.32	3	3	56.45
9	300	2.73	2.74	2.66	2.71	3	3	36.40
10	290	2.69	1.96		2.33	2	2	47.80
11	655	1.65	2.14		1.90	2	2	162.52
12	245	2.84			2.84	1	1	27.06
13	770	1.87	2.22		2.05	2	2	164.05
14	340	3.62	3.35		3.49	2	2	24.94
15	420	2.93	3.07		3.00	2	2	41.58
16	300	2.73	3.50		3.12	2	2	27.55
17	200	2.38	2.72		2.55	2	2	27.40
18	460	2.11	2.38	2.63	2.37	3	3	72.76
19	400	2.38	2.54		2.46	2	2	58.89
20	340	2.44	2.18		2.31	2	2	56.77
21	200	2.37	2.86		2.62	2	2	26.06
22	10	3.04	3.04		3.04	2	2	0.96
23	230	2.86	2.44		2.65	2	2	29.18
24	420	2.74	2.72		2.73	2	2	50.21
25	240	2.99	3.22		3.11	2	2	22.18
26	100	2.18			2.18	1	1	18.75
27	70	2.69			2.69	1	1	8.62
28	15	2.12	2.00		2.06	2	2	3.15
29	500	2.48			2.48	1	1	72.43
30	190	2.06			2.06	1	1	39.89

羽地ダムロック材（輝緑凝灰岩）
の材料試験 その2

ISSN 0386-5878
土研資料第2705号
昭和63年12月（1988）

室長 松本徳久
研究員 豊田光雄
正 国 之 弘

要 旨

羽地ダムは羽地大川水系羽地大川に、多目的ダムとして計画中の堤高が66.5mのロック
フィルダムである。

本報告は、ロック材として用いられる輝緑凝灰岩の内部摩擦角の拘束圧依存性に着目し
た三軸試験を行ない、気乾・飽和状態のちがいによる内部摩擦角の拘束圧依存性等を明ら
にすることを目的としている。また、平面すべり等において、内部摩擦角の拘束圧依存性
に着目した安定解析を行ない、従来の方法と安全率の比較検討を行った。

キーワード：フィルダム、ロック材料、輝緑凝灰岩、三軸圧縮試験、せん断強度、変形係数、
すべり安全率

郵便はがき

四十円切手
をはいて下
さい。

305-□□

茨城県つくば市大字旭一番地

建設省土木研所

フィルダム研究室 御中

No. _____

No. _____

配布先氏名

○

配布先住所

土木研究所資料第2705号 部

上記のとおり受領しました。

所 属（住所）

氏 名

印