

これは山梨県企業局が笛吹川上流（山梨県東山梨郡三富村字川浦 広瀬）に計画しているロックフイルダム（広瀬ダム）のコア材料に関する調査報告である。

I 試料の性質

1 試料採取の経緯

7月上旬に現地踏査を行ない代表的な試料3種（4-1、4-2、4-3）をオーガーボーリングによって採取した。その後土の分布状況を明らかにする目的で土取場予定地をおおむ50mおきのネットを組んで約50点のオーガーボーリングを深さ5mまで行なった。その結果によって代表的な試料2種（4-4、4-6）をハンドオーガーにより10月上旬に採取した。10月中旬より2箇所て2m×2mの竖孔を掘削して地山の構成を直接観察するとともに11月上旬5mの深さから試料を採取した（V-1、V-2）

2 試料の外観

露頭部分およびオーガーボーリングにより得られた試料の観察によれば、灰白色の粗砂状にみえるものから淡褐色の砂質シルト状のものまでいろいろな種類の土がみられたがテストビットを掘削して観察したところ、その壁面は2～3mm程度の白色粒を混じえたカコウ岩の断面と同じ外観を呈しているがスコップで容易に掘削でき、ブロックサンプリングが不可能なほどぐずれやすくなっていた。ところどころに幅2～3cmの淡褐色粘土が1mおきぐらいの間隔で不規則にはさまれている。地表に近い部分は淡褐色で、白色粒混じりの灰色の土を手でつぶすと白色粒が簡単にぐずれて淡褐色をおびた細粘土になることから、カコウ岩の風化が進むにつれて褐色が強く細粒分が多くなっていき、その風化の程度がいろいろ異なるものが存在すると考えられる。

試料4-1、4-2、4-3、4-4、4-6、はハンドオーガーで採取したため地表に近い、風化の進んだものが混入しているがテストビットより採取したV-1、V-2は、この土取予定地の大部分を構成するものと思われる。

3 土粒子比重

土粒子比重 G_s は表-1のとおりであった。

表-1 土粒子比重

試料	4-1	4-2	4-3	4-4	4-6	V-1	V-2
比重	2.71	2.71	2.71	2.73	2.73	2.65	2.69

4 自然含水比

自然含水比は表-2に示すような範囲にあったが季節および降雨条件等により非常に変化するようである。

表-2 自然含水比

試料	自然含水比 (%)	測定時
4-1	23.1 ~ 27.8	1966・7・27
4-2	11.3 ~ 19.8	〃
4-3	13.6 ~ 18.9	〃
4-4	15.2 ~ 17.4	1966・10・10
4-6	12.9 ~ 16.3	〃
V-1	18.6 ~ 19.6 15.4 ~ 22.5	1966・11・1 1966・11・10
V-2	11.6 ~ 12.6 15.9 ~ 18.2	1966・11・1 1966・11・10

5 コンシステンシー指数

いずれの試料についても液性限界、塑性限界を求めることは不可能であった。

6 粒度分布と土質分類

粒度試験の結果およびそれに基づいて分類した名称を表-3に、粒度加積曲線を図-1に示す。ここで「締固め後」と書いたものは後述の締固め試験において55回の突固め終了後の試料について試験を行なった結果であって、いずれの試料も締固めによって細粒分が増加することがわかるが、特にV-1、V-2はその傾向が著しい。土質分類は三角座標分類によれば砂または砂質ローム、統一分類ではSMとなっている。

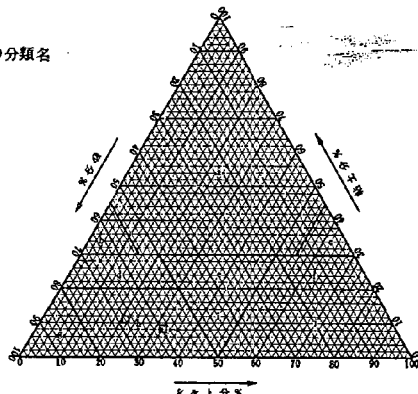
試料とその状態	レキ分 *1 (%)	砂分 *1 (%)	シルト分 *1 (%)	粘土分 *1 (%)	74μフルイ 通過粒(%)	三角座標に よる分類	統一分類
4-1 締固め前	1	68	21	10	3.14	砂質ローム	SM
〃 後	0	61	32	7	3.87	砂質ローム	SM
4-2 締固め前	20	64	13	3	15.1	砂	SM
〃 後	18	62	17	3	18.5	砂質ローム	SM
4-3 締固め前	27	64	6	3	9.0	砂	SW-SM
〃 後	21	64	11	4	14.5	砂	SM
4-4 締固め前	4	68	22	6	30.4	砂質ローム	SM
〃 後	3	57	30	10	38.7	砂質ローム	SM
4-6 締固め前	2	81	13	4	17.4	砂	SM
〃 後	3	67	21	9	30.4	砂質ローム	SM
V-1 締固め前	1	85	10	4	14.9	砂	SM
〃 後	1	71	20	8	28.3	砂質ローム	SM
V-2 締固め前	3	84	10	3	14.4	砂	SM
〃 後	3	66	23	8	32.7	砂質ローム	SM

*1. JIS A 1204 暫定改定案の定義による。

* 締固め試験において55回突固め後をいう。

調査名・目的 広瀬ダム 4-12000 μ フルイ通過試料の粒度による土の分類名

- a 粘土
- b 砂質粘土
- c シルト質粘土
- d 砂質粘土ローム
- e 粘土質ローム
- f シルト質粘土ローム
- g 砂
- h 砂質ローム
- i ローム
- j シルト質ローム



試料 番号	レキ %	砂分 %	シルト分 %	粘土分 %	最大径 mm	60%径 mm	10%径 mm	均等 係数	200 μ フルイ 通過率%	250 μ フルイ 通過率%	75 μ フルイ 通過率%	三角定規 上の記号	三角定規 による分類	備考
特図の前	1.0	68.0	21.0	10.0	—	0.29	0.005	58.1	99.0	72.7	31.4	○	砂質粘土	SM
特図の後	0.4	60.6	32.0	7.0	—	0.20	0.008	25.0	99.6	79.5	38.7	□	砂質粘土	SM

粒度加積曲線

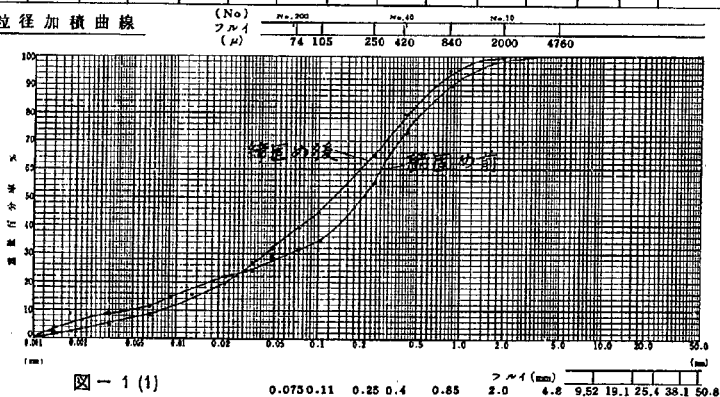


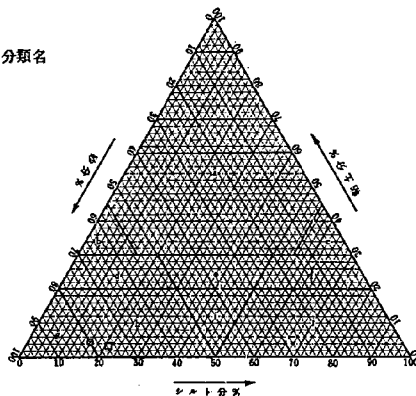
図-1(1)

コロイド	粘土	シルト	砂	レキ
------	----	-----	---	----

調査名・目的 広瀬ダム 4-2

2000 μ フルイ通過試料の粒度による土の分類名

- a 粘土
- b 砂質粘土
- c シルト質粘土
- d 砂質粘土ローム
- e 粘土質ローム
- f シルト質粘土ローム
- g 砂
- h 砂質ローム
- i ローム
- j シルト質ローム



試料 番号	レキ分 %	砂分 %	シルト分 %	粘土分 %	最大径 mm	60%径 mm	10%径 mm	均等 係数	200 μ フルイ 通過率%	60 μ フルイ 通過率%	10 μ フルイ 通過率%	三角定規 上の記号	三角定規 による分類	備考
締固め前	19.6	64.4	13.0	3.0	—	0.9	0.033	27.3	80.4	41.8	15.1	○	砂	SM
締固め後	17.7	62.3	17.0	3.0	—	0.73	0.018	40.5	82.3	47.1	18.5	□	シルト質 ローム	SM

粒径加積曲線

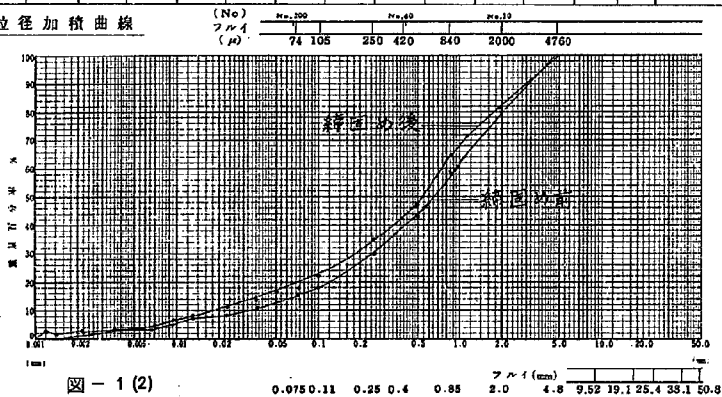


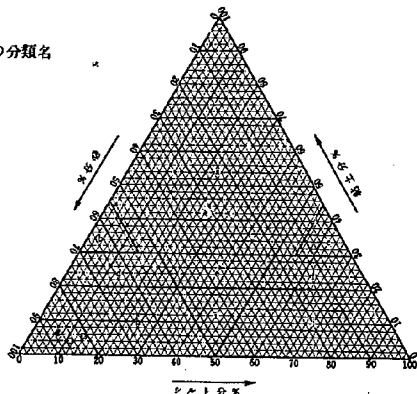
図 - 1 (2)

コロイド	粘土	シルト	砂	レキ
------	----	-----	---	----

調査名・目的 広瀬ダム 4-3

2000 μ フルイ通過試料の粒度による土の分類名

- a 粘土
- b 砂質粘土
- c シルト質粘土
- d 砂質粘土ローム
- e 粘土質ローム
- f シルト質粘土ローム
- g 砂
- h 砂質ローム
- i ローム
- j シルト質ローム



試料 番号	ソレ分 %	砂分 %	シルト分 %	粘土分 %	最大径 mm	60%径 mm	10%径 mm	均等 係数	200 μ フルイ 通過率%	75 μ フルイ 通過率%	75 μ フルイ 通過率% 上の記号	三軸圧縮 試験に よる分 類	備考
締固め前	27.0	64.0	6.0	3.0	—	1.2	0.09	13.3	72.9	31.2	9.0	○ 砂	SW-SM
締固め後	21.0	64.0	11.0	4.0	—	0.8	0.036	22.2	79.0	44.5	14.5	□ 砂	SM

粒径加積曲線

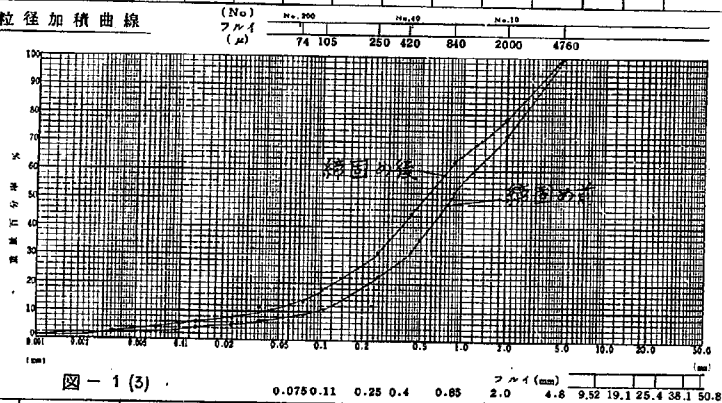


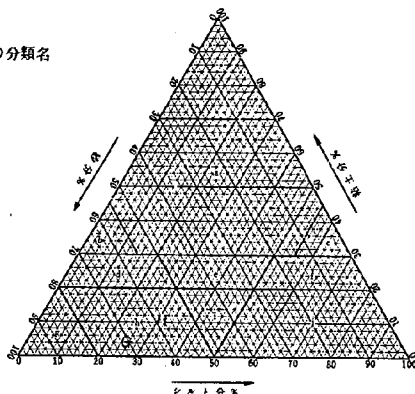
図-1(3)

コロイド 粘土 シルト 砂 レキ

調査名・目的 広瀬ダム 4-4

2000 μ フルイ通過試料の粒度による土の分類名

- a 粘土
- b 砂質粘土
- c シルト質粘土
- d 砂質粘土ローム
- e 粘土質ローム
- f シルト質粘土ローム
- g 砂
- h 砂質ローム
- i ローム
- j シルト質ローム



試料 番号	レキ分 %	砂分 %	シルト分 %	粘土分 %	最大径 mm	60%径 mm	10%径 mm	均等 係数	200 μ 7 $\times$ 1 ふるい 通過率%	40 μ 7 $\times$ 1 ふるい 通過率%	75 μ 7 $\times$ 1 ふるい 通過率%	三角分 上の2分 の2分	三角分 下の2分 の2分	備 考
締固め前	3.5	68.0	22.5	6.0		0.36	0.013	27.7	96.65	64.08	30.41	G	砂質ローム	SM
締固め後	2.5	37.5	29.5	10.5		0.24	0.0045	54.3	77.7	72.3	38.7	H	砂質ローム	SM

粒径加積曲線

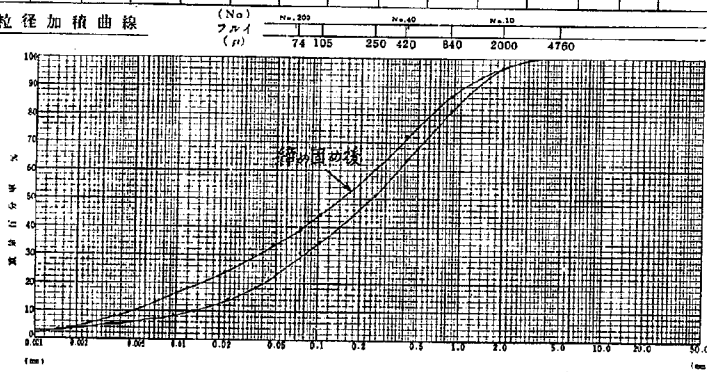
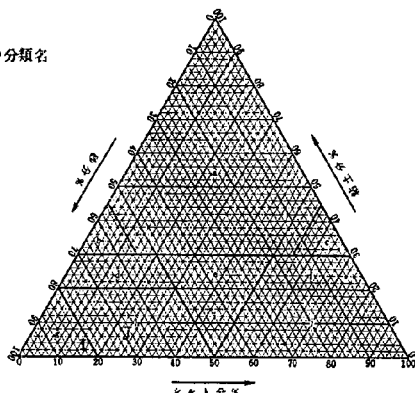


図-1(4)

コロイド	粘土	シルト	砂	
------	----	-----	---	--

調査名・目的 広瀬ダム 4-62000 μ フルイ通過試料の粒度による土の分類名

- a 粘土
- b 砂質粘土
- c シルト質粘土
- d 砂質粘土ローム
- e 粘土質ローム
- f シルト質粘土ローム
- g 砂
- h 砂質ローム
- i ローム
- j シルト質ローム



試料 番号	レキ分 %	砂分 %	シルト分 %	粘土分 %	最大径 mm	60%径 mm	10%径 mm	均等 係数	200 μ フルイ 通過率%	475 μ フルイ 通過率%	75 μ フルイ 通過率%	三角型 上の記号	三角型 内記号	備考
締固め前	1.5	81.5	13.0	4.0		0.470	0.033	14.2	98.6	56.2	17.4	I	砂	SM
締固め後	3.0	67.0	21.0	9.0		0.340	0.0065	52.3	97.1	66.2	30.4	J	砂ローム	SM

粒径加積曲線

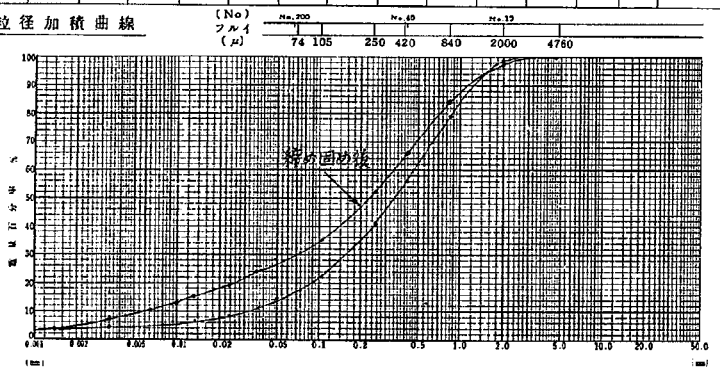
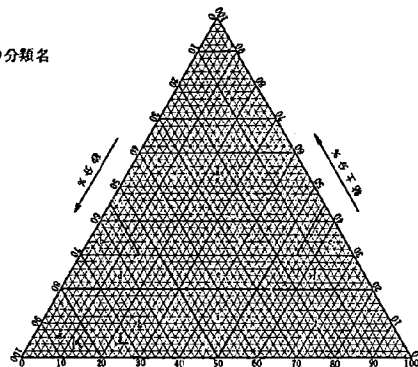


図-1(5)

コロイド	粘土	シルト	砂	レキ

調査名・目的 広瀬ダム V-12000 μ フルイ通過試料の粒度による土の分類名

- a 粘土
- b 砂質粘土
- c シルト質粘土
- d 砂質粘土ローム
- e 粘土質ローム
- f シルト質粘土ローム
- g 砂
- h 砂質ローム
- i ローム
- j シルト質ローム



試料 番号	レキ分 %	砂分 %	シルト分 %	粘土分 %	最大径 mm	60%径 mm	10%径 mm	均等 係数	200 μ フルイ 通過率%	425 μ フルイ 通過率%	75 μ フルイ 通過率%	三角分 上の記号	混合 土の 記号	備 考
締固め前	1.0	85.0	10.0	4.0		0.65	0.039	16.7	99.2	46.3	14.9	K	砂	SM
締固め後	1.0	70.5	20.5	8.0		0.32	0.0085	37.6	99.2	67.8	28.3	L	砂和土	SM

粒度加積曲線

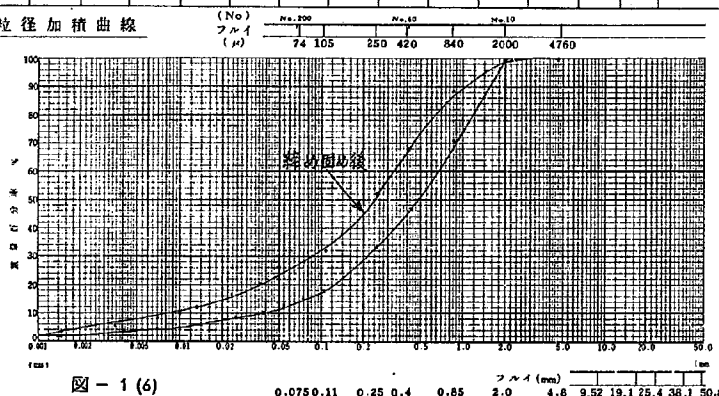


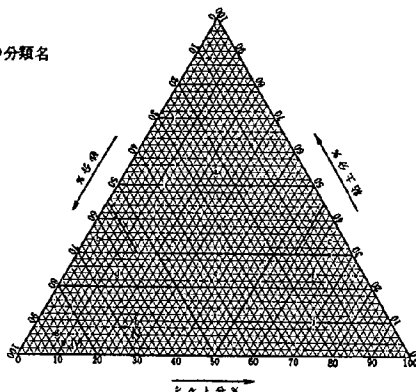
図 - 1 (4)

コロイド	粘土	シルト	砂	レキ
------	----	-----	---	----

調査名・目的 広瀬ダム V-2

2000 μ フレイ通過試料の粒度による土の分類名

- a 粘土
- b 砂質粘土
- c シルト質粘土
- d 砂質粘土 ローム
- e 粘土質 ローム
- f シルト質粘土 ローム
- g 砂
- h 砂質 ローム
- i ローム
- j シルト質ローム



試料 番号	レキ分 %	砂分 %	シルト分 %	粘土分 %	最大径 mm	60%径 mm	10%径 mm	均等 係数	200 μ フレイ 通過率%	475 μ フレイ 通過率%	75 μ フレイ 通過率%	三角区画 上の記号	三角区 画はに よる分 類	備 考
締固め前	3.0	84.0	10.0	3.0		0.73	0.05	14.6	96.8	44.1	14.4	M	砂	SM
締固め後	3.0	66.0	23.0	8.0		0.32	0.007	45.8	96.8	68.9	32.7	N	砂質ロ-ム	SM

粒度加積曲線

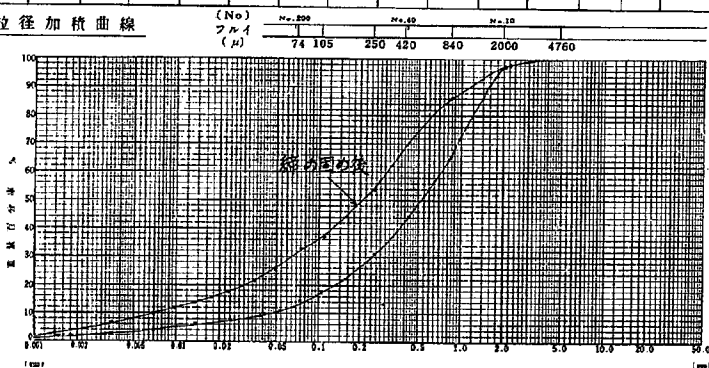


図 - 1 (7)

コロイド	粘土	シルト	砂	レキ
------	----	-----	---	----

7 締固め試験

JIS A 1210 に規定する 10cm モールドと 2.5kg ランマーを用いて突固めの回数を 10、25、40、55 回と変えて行なった試験の結果を図-2 に示す。

表-4 は各締固め曲線に対応する最適含水比と最大乾燥密度をまとめたものである。

表-4 締固め試験結果

		10 回突固め	25 回突固め	40 回突固め	55 回突固め
4-1	最適含水比 w_{opt} (%)	25.2	22.2	21.3	19.2
	最大乾燥密度 $r_{d,max}$ (g/cm^3)	1.45	1.56	1.61	1.66
4-2	w_{opt} (%)	18.9	16.0	15.3	16.0
	$r_{d,max}$ (g/cm^3)	1.68	1.73	1.81	1.80
4-3	w_{opt} (%)	21.5	17.0	16.0	15.0
	$r_{d,max}$ (g/cm^3)	1.62	1.72	1.74	1.76
4-4	w_{opt} (%)	19.7	18.0	17.2	16.7
	$r_{d,max}$ (g/cm^3)	1.65	1.73	1.74	1.78
4-6	w_{opt} (%)	19.0	16.4	16.0	15.5
	$r_{d,max}$ (g/cm^3)	1.68	1.74	1.77	1.81
V-1	w_{opt} (%)	22.6	19.0	16.7	15.8
	$r_{d,max}$ (g/cm^3)	1.54	1.67	1.72	1.77
V-2	w_{opt} (%)	20.4	17.2	16.3	15.9
	$r_{d,max}$ (g/cm^3)	1.62	1.71	1.76	1.77

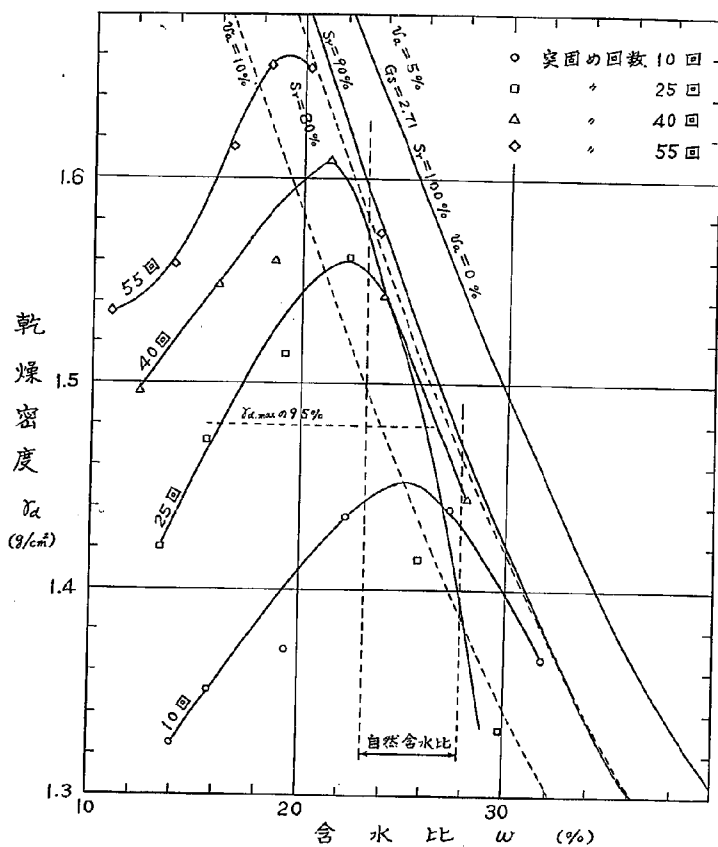


図-2(1) 締固め曲線 (4-1)

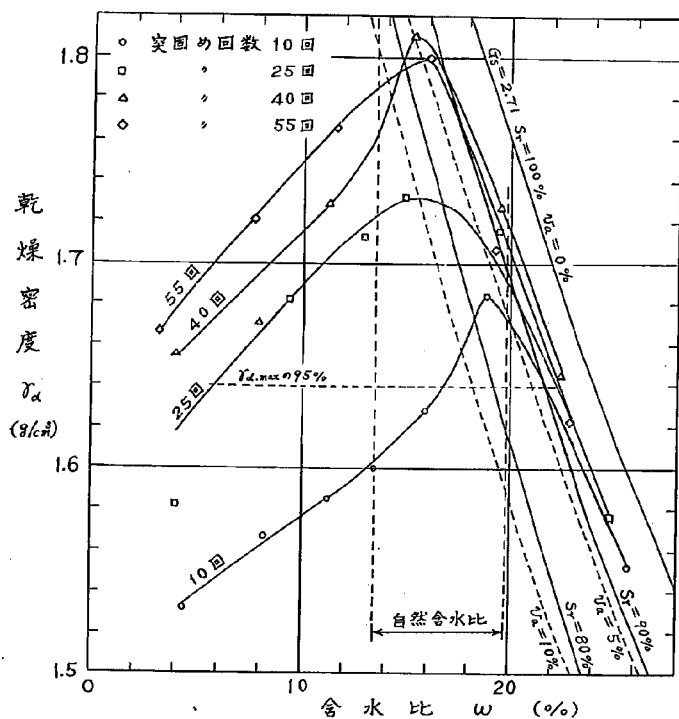


図-2(2) 締固め曲線 (4-2)

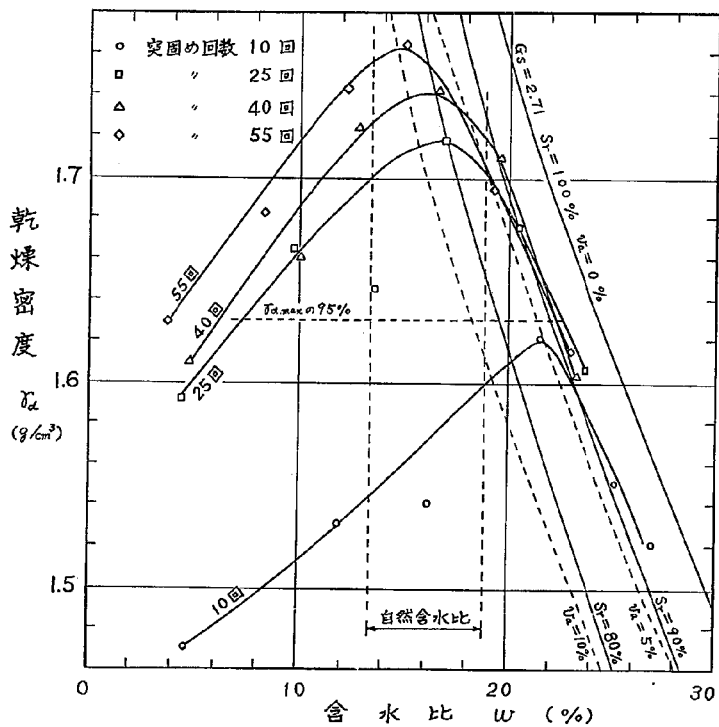


図-2(3) 締固め曲線 (4-3)

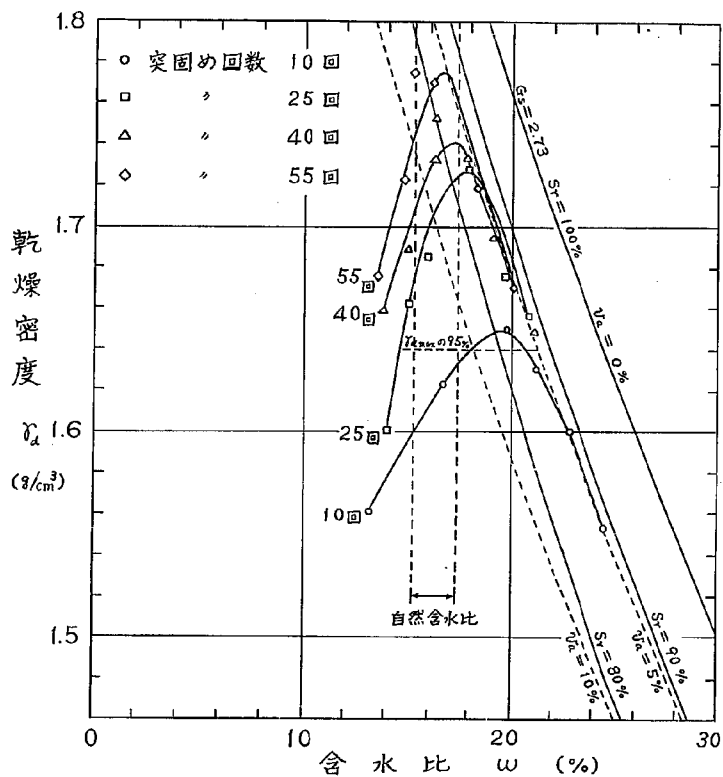


図-2 (4) 締固め曲線 (4-4)

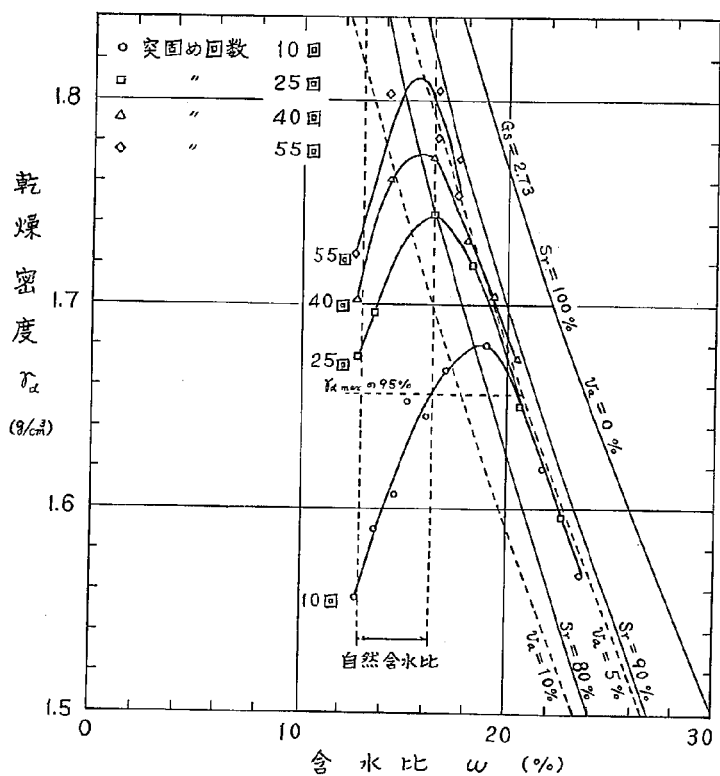


図-2(5) 締固め曲線 (4-6)

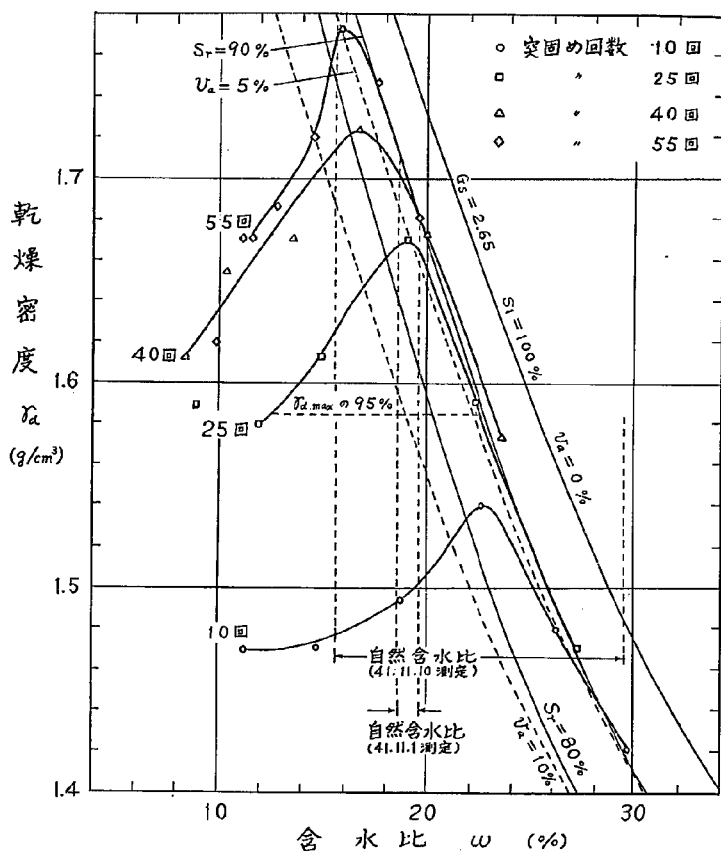


図 - 2 (6) 締め固め曲線 (V-1)

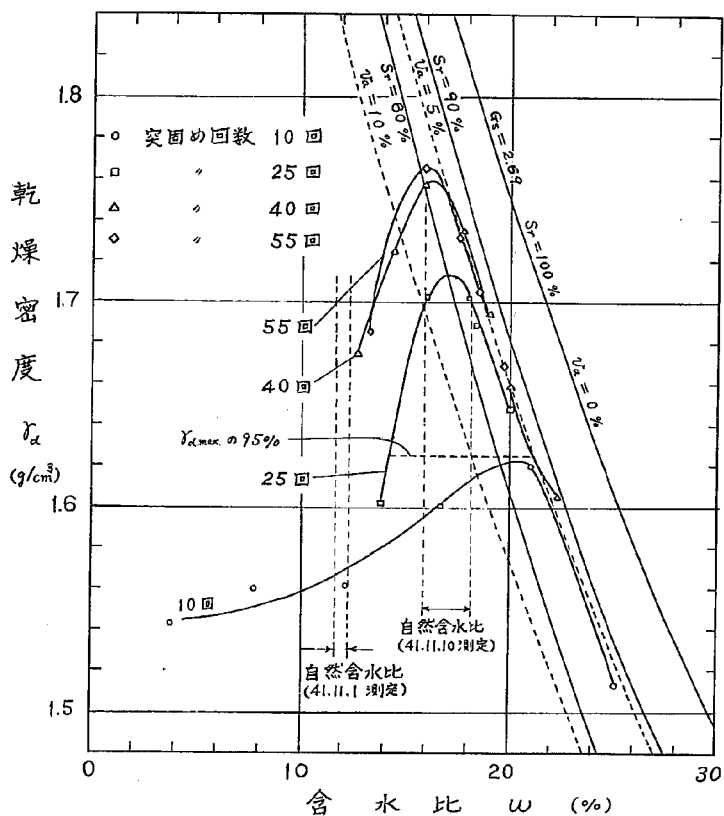


図 - 2 (7) 締固め曲線 (V-2)

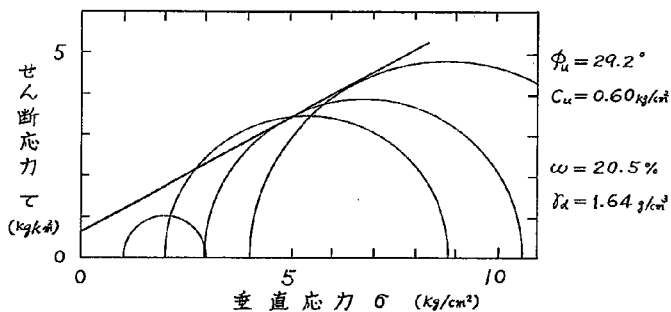
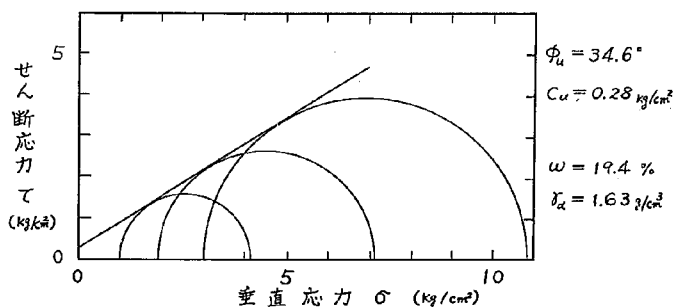
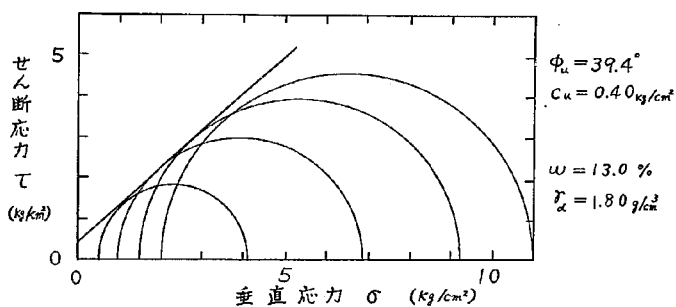


図 - 3(1) モールの破壊応力円 (V-1)

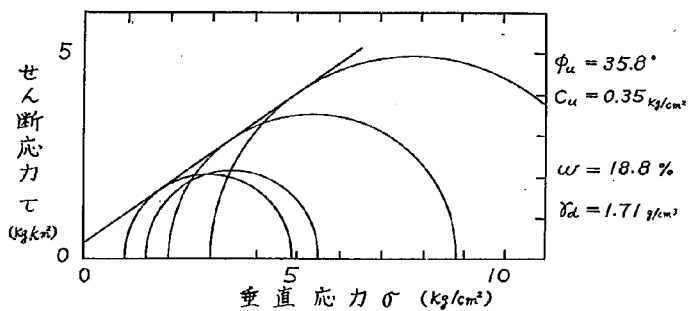
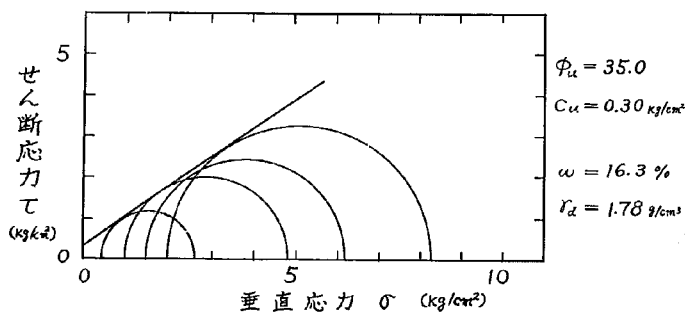
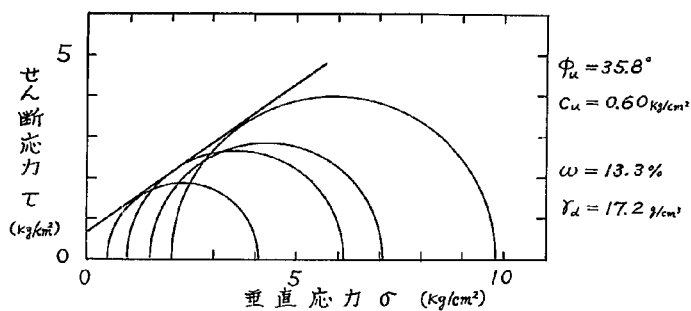


図-3(2)モールの破壊応力円 (V-2)

表-6 (I) 透水試験結果

番 号	突固め 回 数	湿潤密度 γ_s (g/cm ³)	含 水 比 w (%)	乾燥密度 γ_d (g/cm ³)	飽 和 度 S_r (%)	間けき比 e	透 水 係 数 k (cm/sec)	備 考
4-1-1	10	1.80	27.8	1.41	81.7	0.924	1.21×10^{-5}	
4-1-2	25	1.89	23.5	1.53	82.8	0.770	2.59×10^{-5}	
4-1-3	40	1.96	23.2	1.59	89.1	0.706	1.79×10^{-6}	
4-1-4	25	1.85	19.0	1.55	68.6	0.749	1.92×10^{-6}	
4-1-5	25	1.90	27.0	1.50	90.7	0.805	3.05×10^{-6}	
4-1-6	40	1.90	24.3	1.53	85.5	0.770	6.86×10^{-7}	
4-2-1	10	1.86	15.3	1.61	60.8	0.681	9.37×10^{-5}	
4-2-2	10	1.94	15.3	1.68	67.7	0.614	3.38×10^{-4}	
4-2-3	10	1.91	15.9	1.65	67.0	0.643	3.44×10^{-4}	
4-2-4	25	2.01	18.5	1.69	83.0	0.600	1.38×10^{-5}	
4-2-5	40	2.00	16.9	1.71	78.4	0.585	3.39×10^{-6}	
4-2-6	25	2.02	16.5	1.73	78.7	0.567	6.62×10^{-6}	
4-2-7	25	2.00	16.2	1.72	76.4	0.575	8.49×10^{-6}	
4-3-1	25	1.79	18.1	1.51	61.8	0.792	1.42×10^{-4}	
4-3-2	25	1.93	18.1	1.63	74.1	0.661	3.68×10^{-4}	
4-3-3	25	2.03	20.1	1.69	90.5	0.600	5.18×10^{-6}	
4-3-4	40	2.03	18.7	1.71	86.8	0.585	1.42×10^{-5}	
4-3-5	10	1.83	18.0	1.55	65.1	0.750	9.43×10^{-5}	
4-3-6	40	2.04	20.9	1.69	94.5	0.600	1.67×10^{-6}	
4-3-7	40	1.90	14.2	1.66	61.0	0.641	4.44×10^{-5}	
4-3-8	25	1.90	15.9	1.64	66.1	0.650	5.99×10^{-5}	

表-6(2) 透水試験結果

番 号	突固め回数	湿潤密度 γ_t (g/cm ³)	含水比 ω (%)	乾燥密度 γ_d (g/cm ³)	飽和度 S_r (%)	間隙比 e	透水係数 K (cm/sec)	備 考
4-4	55	2.09	14.4	1.83	72.9	0.492	1.43×10^{-5}	
	40	2.17	15.0	1.89	92.0	0.445	7.59×10^{-7}	
	10	1.78	15.5	1.54	54.7	0.773	1.40×10^{-4}	
	25	1.94	15.6	1.68	68.1	0.625	2.51×10^{-5}	
	10	1.92	18.0	1.63	71.3	0.675	4.71×10^{-5}	
	25	2.06	18.0	1.75	87.7	0.560	7.55×10^{-7}	
	40	2.16	18.6	1.82	101.4	0.501	5.88×10^{-7}	
	55	2.06	18.6	1.74	89.2	0.569	5.89×10^{-7}	
	25	2.02	18.9	1.70	85.1	0.606	1.08×10^{-6}	
	55	2.06	19.0	1.73	89.7	0.578	1.33×10^{-6}	
	10	1.94	19.0	1.60	75.6	0.686		
	10	1.94	19.0	1.62	78.8	0.686	5.46×10^{-5}	
4-6	55	2.20	15.0	1.91	95.4	0.429	1.59×10^{-6}	
	25	1.98	15.4	1.72	72.7	0.587	6.42×10^{-5}	
	10	1.81	15.5	1.56	56.4	0.750	4.98×10^{-4}	
	10	1.93	17.3	1.65	72.2	0.654	2.53×10^{-5}	
	25	1.98	17.5	1.68	76.4	0.625	1.50×10^{-5}	
	55	2.18	17.5	1.76	100	0.468	2.58×10^{-6}	
	25	1.99	12.4	1.77	62.5	0.540	2.95×10^{-5}	
	10	1.76	12.6	1.57	53.6	0.738	2.02×10^{-4}	
	40	1.95	13.0	1.73	61.4	0.578	7.34×10^{-6}	
	55	2.10	13.4	1.85	77.0	0.475	2.97×10^{-6}	

表-6(3) 透水試験結果

番 号	突固め回数	湿润密度 $\gamma_t(\text{g/cm}^3)$	含水比 $w(\%)$	乾燥密度 $\gamma_d(\text{g/cm}^3)$	飽和度 $S_r(\%)$	間隙比 e	透水係数 $k(\text{cm/sec})$	備 考
V-1	40	2.03	15.8	1.76	82.7	0.506	3.92×10^{-5}	
	55	2.13	16.0	1.84	96.4	0.440	8.84×10^{-6}	
	25	2.00	16.3	1.72	79.8	0.541	2.03×10^{-5}	
	10	1.68	16.3	1.45	52.2	0.827	5.17×10^{-4}	
	40	1.92	18.9	1.62	78.7	0.636	9.58×10^{-6}	
	25	1.93	19.1	1.62	79.6	0.636	1.28×10^{-4}	
	40	1.87	19.1	1.57	73.5	0.688	2.22×10^{-5}	
	10	1.69	19.2	1.42	58.7	0.866	5.26×10^{-4}	
	55	2.08	19.4	1.74	98.3	0.523	8.11×10^{-5}	
	10	1.64	20.8	1.37	56.2	0.934	1.52×10^{-3}	
	40	2.12	20.7	1.75	100	0.514	3.15×10^{-5}	
	10	1.82	20.8	1.51	73.0	0.755	3.94×10^{-5}	
	25	1.945	21.0	1.61	86.1	0.646	3.61×10^{-5}	
	55	2.10	21.3	1.75	100	0.532	2.67×10^{-5}	
V-2	40	2.09	15.3	1.82	100	0.478	6.79×10^{-5}	
	25	1.87	15.5	1.62	63.2	0.660	6.26×10^{-4}	
	10	1.79	15.7	1.55	57.5	0.735	6.54×10^{-4}	
	55	2.13	15.8	1.84	92.0	0.462	2.07×10^{-5}	
	10	1.81	16.6	1.55	60.8	0.735	6.08×10^{-4}	
	25	1.96	16.6	1.68	74.3	0.601	2.05×10^{-4}	
	55	2.17	16.8	1.86	100	0.446	2.03×10^{-5}	
	40	2.15	17.0	1.83	97.3	0.470	3.65×10^{-5}	
	10	1.95	18.6	1.64	78.2	0.640	3.89×10^{-5}	
	40	2.16	18.7	1.82	100	0.478	4.90×10^{-6}	
	25	1.97	19.0	1.65	81.1	0.630	5.62×10^{-5}	
	25	2.16	19.4	1.81	100	0.486	4.90×10^{-6}	
	40	1.99	19.6	1.66	85.0	0.620	1.54×10^{-5}	
	55	2.13	19.6	1.78	100	0.511	1.61×10^{-5}	
	25	1.95	20.2	1.62	82.3	0.660	2.20×10^{-5}	
	10	1.92	20.4	1.59	79.3	0.692	8.41×10^{-5}	

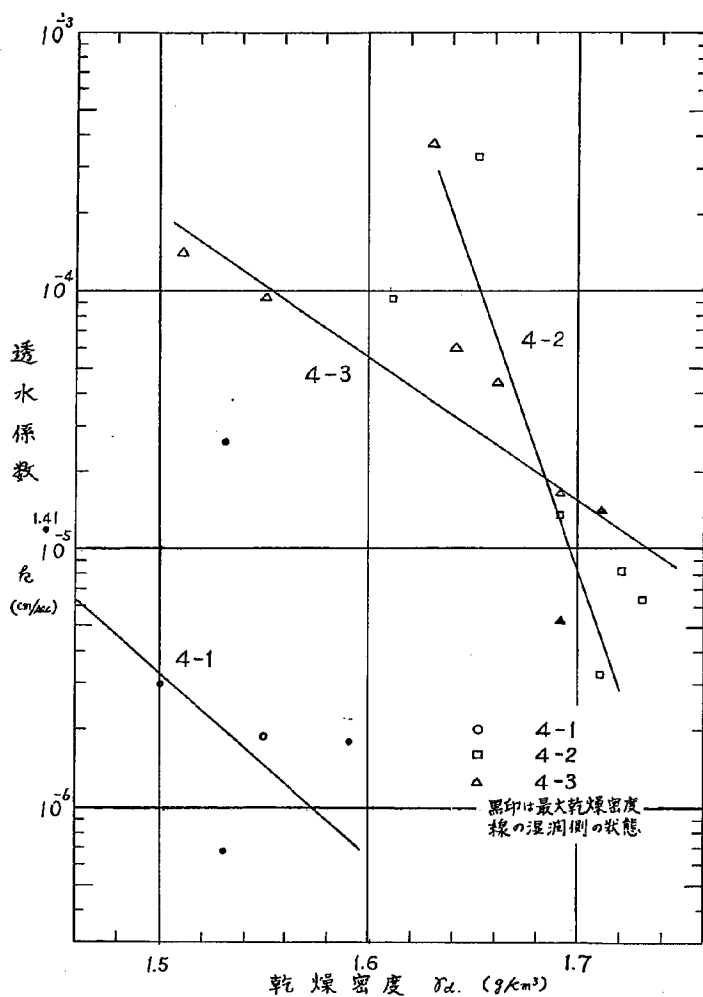


図-4 (1) 乾燥密度と透水系数の関係

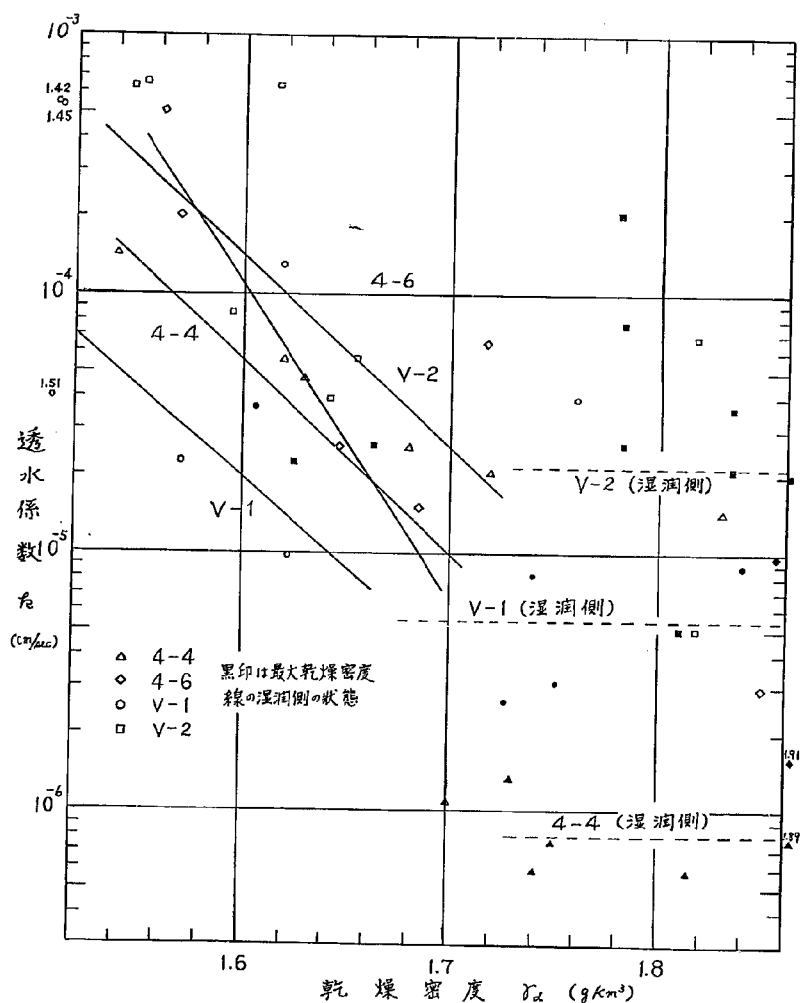


図 - 4 (2) 乾燥密度と透水係数の関係

II コア材料としての検討

1 粒度曲線による検討

統一分類法によって分類された土質に対してその性質の概略を述べた分類表が作成されており、さらにアメリカ開拓局が1500以上の土質試験結果をこの統一分類法の土質ごとに整理したデータがある^{*2}のでこれから、SMという土の性質を書きだしてみると次のようになっている。

SM の 性 質

盛土用土としての価値	不透水性コアまたは堤防として利用できる。
締固め特性	良好、含水比密度のコントロールはかなり容易
最大乾燥密度 ^{*1} (g/cm^3)	1.76~2.00 あるいは 平均 1.82
透水係数 (cm/sec)	$10^{-3} \sim 10^{-6}$ あるいは $5 \times 10^{-4} \sim 10^{-6}$ あるいは (7.5 ± 4.6) $\times 10^{-6}$
せん断特性	$\phi = 34 \pm 1^\circ$ 最適含水比 ^{*3} において $c_o = (0.52 \pm 0.06) \text{Kg/cm}^2$ 最適含水比 ^{*3} において飽和すると $c_{sat} = (0.20 \pm 0.07) \text{Kg/cm}^2$
パイピングに対する抵抗	普通ないし小

これはアメリカの土についてのもので、ここで試験した試料では最大乾燥密度は上記の値よりいくらか低く $1.56 \sim 1.74 \text{ g/cm}^3$ となっている。

次にアメリカ開拓局で建設した主要ダムの材料の粒度曲線と比較してみるとこの試料の粒度曲線はすべて不透水部の材料の範囲に入っていて、さらにこれを選別する粗粒材料をコア材料として用いて成功した例が10例以上あるという^{*2}。

またアメリカ開拓局が不透水性 ($K < 10^{-6} \text{ cm/sec}$) を確保するための基準としている74μフレイ (約200フルイ) 通過率7%以上という条件にもすべて適合し、スエーデンにおける湿式転圧法といわれる締固め密度のコントロールをしない施工法 (高含水比のため最適含水比附近での施工が不可能なのでD-7トラクター程度の機械の転圧回数のみで施工管理をする方式) をとる場合の示唆書^{*4}の規定である74μフレイ通過率が15%以上という条件^{*4}にも

*1 土質工学ハンドブック P.72. Earth & Earth Rock Dams P.269

*2 U.S.B.R. Design of Small Dams P.97

*3 標準プロクター法(現行のJIS A 1210に3.2同し)による値 *4土質工学ハンドブック P.970

4-3以外はほぼ合致する。

アメリカ開拓局におけるコア実例48例中 $\frac{1}{3}$ にあたる16例が8Mをコアとして使用していることも報告されている。^{*5}

これらのことから判断してここで試験した土を堤体材料として使用することは可能と考えられる。

2 締固め特性

自然含水比が低ければ締固めエネルギーを高くするとかなり高い乾燥密度を得られることが締固め試験の結果から推定されるが、自然含水比が最適含水比より高いもの(4-1, V-1)もあり、また自然含水比の変動がかなりはげしい(たとえばV-1)ので施工時含水比の範囲がどの程度になるかが締固めの難易に大きく影響する。したがって自然含水比の変化をさらに詳細に調査する必要があるが、極端に最適含水比を超える含水状態になることもないようにも思われる。

3 セン断特性

表-5は締固めたままの状態でのせん断特性で飽和したときに ϕ , c の値がどのようになるかが明らかにされていないので最悪状態を想定して安定解析をするには不十分である。

なおV-1の試料についての一軸圧縮試験結果は次のとおりであった。

$$w = 17.8\% \quad r_d = 1.59 \frac{g}{cm^3} \quad \text{で} \quad q_u = 0.4 \frac{kg}{cm^2}$$

$$w = 17.7\% \quad r_d = 1.60 \frac{g}{cm^3} \quad \text{で} \quad q_u = 0.35 \frac{kg}{cm^2}$$

試験データが不足なので設計に用いる ϕ , c の値としてどの程度をとればよいか判断するのが困難であるがアメリカ開拓局の調査例(前述)を参考にして次のように仮定してはどうであろうか。

$$V-1 \quad \phi = 30^\circ \quad c = 0.30 \frac{kg}{cm^2}$$

$$V-2 \quad \phi = 35^\circ \quad c = 0.30 \frac{kg}{cm^2}$$

4 透水性

ある土について透水係数に最も影響するファクターは間げき比(すなわち乾燥密度)であると考えられるので透水係数と乾燥密度の関係を図示したのが図-4である。ただし同じ乾燥密度でも最適含水比の乾燥側にあるか湿潤側にあるかによって透水性が異なるともいわれているので最大乾燥密度を結ぶ線(Optimum line)より湿潤側にあるものを黒印であ

*4 Earth & Earth Rock Dams P.622~629

*5 土質工学ハンドブック P.969

らわした。

ここで透水係数と乾燥密度がほぼ直線関係であらわされるものと考えて図のような直線を引いて、これから $k = 10^{-5} \text{ cm/sec}$ と $k = 10^{-6} \text{ cm/sec}$ のオーダーの得られる乾燥密度の範圍を調べてみた。

Optimum sine の乾燥側と湿润側で、この直線関係は同一でないようにもみえて湿润側では乾燥密度が変化してもあまり透水係数に影響しないような傾向もある。

	$k = 10^{-5} \text{ cm/sec}$ のオーダー となる $r_d. (\text{g/cm}^3)$	$k = 10^{-6} \text{ cm/sec}$ のオーダー となる $r_d. (\text{g/cm}^3)$
4 - 1	~ 1.41	1.41 ~ 1.57
4 - 2	1.65 ~ 1.69	1.69 ~
4 - 3	1.55 ~ 1.73	—
4 - 4	1.56 ~ 1.70	1.70 ~
4 - 6	1.60 ~ 1.68	1.68 ~
V - 1	1.50 ~ 1.64	1.64 ~
V - 2	1.62 ~ 1.76	(1.76 ~)

いま、最も問題になっている V-1 と V-2 について考えてみると、どちらの場合も $k \sim 10^{-6} \text{ cm/sec}$ を確認できるように締固めをすることは容易であるが $k \sim 10^{-5} \text{ cm/sec}$ を得るのは必ずしも簡単ではない。最適含水比よりも湿润側で締固めたときに、V-1 では $k \sim 10^{-6} \text{ cm/sec}$ となる可能性があるが V-2 では $k \sim 10^{-5} \text{ cm/sec}$ が満足されるのをあまり期待できないことが図-4 よりわかる。

$k = 10^{-5} \text{ cm/sec}$ となるために必要な乾燥密度 (V-1 では 1.50 g/cm^3 V-2 では 1.62 g/cm^3) に締固めをすることは施工含水比が極端に高くないかぎり、かなり低い締固めエネルギーであっても十分可能なことが図-2(6), (7) よりわかる。

V-1、V-2 以外の土は十分な量が得られないと考えられているが不透水性の確保という点からみれば 4-1、4-4 などは適当な材料で、さらに自然含水比と締固め特性を考慮しても 4-4 は良好な材料ということができよう。

しかし土量の十分な V-1 または V-2 を堤体材料として用いるとすれば、 10^{-6} cm/sec のオーダーの透水係数は期待することは無理と考え (V-1 については 10^{-6} cm/sec のオーダーになり得る可能性は皆無ではないが) 一応 10^{-5} cm/sec のオーダーで比較設計を試みるのがよいと思われる。その際の数値としては図-4(2)より判断して次のような数種の値を仮定としてはどうであろうか。

$$V-1 \text{ について } r_d = 1.64 \text{ g/cm}^3, k = 1 \times 10^{-5} \text{ cm/sec}$$

$$r_d = 1.57 \text{ g/cm}^3, k = 5 \times 10^{-5} \text{ cm/sec}$$

$$V-2 \text{ について } r_d = 1.73 \text{ g/cm}^3, k = 2 \times 10^{-5} \text{ cm/sec}$$

$$r_d = 1.64 \text{ g/cm}^3, k = 8 \times 10^{-5} \text{ cm/sec}$$

ただしこれはあくまでひとつの提案であって比較設計のための数値の決定に対する参考として考え、別の観点から比較設計に用いる透水係数の値の検討の余地は十分あるものである。