

土 木 研 究 所 資 料

フィルタ材料の非粘着性確認 のための実験的検討

平成6年1月

建設省土木研究所
ダム部フィルダム研究室

「Copyright © (1994) by P.W.R.I.

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

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

I S S N 0386-5878

土木研究所資料第3235号

土 木 研 究 所 資 料

フィルタ材料の非粘着性確認 のための実験的検討

平成6年1月

建設省土木研究所
ダム部フィルダム研究室

フィルタ材料の非粘着性確認のための実験的検討

フィルダム研究室	室長	中村 昭
	主任研究員	山口 嘉一
	研究員	小川 直樹
		多賀 恭一

要 旨

フィルダムのフィルタ材料には非粘着性が要求されている。現在その目安として、粒径0.074mm以下の細粒分の含有率を5%以下に規定しているが、5%以上であっても非粘着性であって、かつ十分な排水性能を有していることが確認できれば、フィルタ材料として使用できるといえる。本資料ではフィルタ材料の非粘着性を判定する方法として、Vaughanが提案したSand Castle試験を取り上げ、この方法により非粘着性を適切に評価できるか否かを検討した。

キーワード：フィルダム、フィルタ基準、非粘着性、Sand Castle試験

Experimental Study for Confirmation of Filter Cohesion

Akira NAKAMURA

Head

Yoshikazu YAMAGUCHI

Senior Research Engineer, Dr. Eng.

Naoki OGAWA

Research Engineer

Kyoichi TAGA

Engineer, Fill Dams Division

Synopsis:

Filter materials are required to be cohesionless. At present, from this point of view, we have the rule that the percentage of the soil passing the No.200 sieve should be less than 5%. However we can use any soil for filters, if we can confirm high permeability and non-cohesion. We have performed Sand Castle Test proposed by Vaughan in order to confirm non-cohesion of filter materials.

Keywords : filldam, filter criteria, non-cohesion, Sand Castle Test

はじめに

フィルダムのフィルタ材料は、保護すべき遮水材料の粒度に応じてある粒度条件を満足しなければならない。これがフィルタ基準である。我が国で採用しているフィルダムのフィルタ基準^{1),2)}は、Terzaghi (テルツァーギ)³⁾により基本的な基準が提案された後、フィルタ材料として砂・礫を、保護すべき材料として砂を使用した多くの実験的研究により検証、発展され^{4)~9)}、最終的には、Sherard (シェラード)ら¹⁰⁾が多くのフィルダム建設の経験も加味して提案したものである。この基準は5項目から成り立っているが、実際我が国におけるフィルダムの建設に際して最も遵守困難なものが、「フィルタ材料は粘着性のないもので、200番(0.074mm)ふるいを通過する細粒分を5%以上含んではならない」という細粒分含有規定である。細粒分含有率が高くなると透水性が低下することは一般に良く知られている。透水性があまり低下すると、堤体盛立時や貯水池運用開始後の水位低下時にそれぞれ過剰間隙水圧や残留間隙水圧が発生するためフィルタ（厳密には、フィルタ・ドレーン）としての機能を果たさなくなる。一方、フィルタ材料が粘着性を有していると、何らかの原因でフィルタゾーンに亀裂が発生した場合、水浸後もその亀裂が保持される可能性が高い。細粒分を全く含有しなければ、その材料は明らかに非粘着性である。しかし、フィルダムのフィルタ材料のような砂礫主体の材料が細粒分を含有する場合、どの程度の含有率から粘着性を有するようになるのか、またそれはどのような試験により判定するかなどについては系統立てた研究がほとんどなされてこなかった。

このような現況に鑑み、まず我が国のフィルダムのフィルタ材料の透水性および細粒分管理状況について考察した後、フィルタ材料の非粘着性を判定するための試験方法としてVaughan (ヴォガン) ^{11),12)}が提案したSand Castle試験の適用性を検討するとともに、この試験の結果と材料の他の物性値とを総合的に検討することにより細粒分含有率と粘着性の関係について考察したのでここに報告する。

目 次

は じ め に

1. 我が国のフィルダムのフィルタ材料の細粒分含有率および透水性管理	1
2. Sand Castle試験方法	4
2. 1 気中の安息角試験	5
2. 2 水中の安息角試験	7
2. 3 水浸の安息角試験	8
3. 均一フィルタおよび広範囲フィルタに対するSand Castle試験	11
3. 1 試 料	11
3. 2 試験結果および考察	18
3. 2. 1 気中安息角	18
3. 2. 2 水中安息角	21
3. 2. 3 水浸安息角	23
3. 2. 4 基本物性からの非粘着性の検討	24
3. 3 総合検討	28
4. 現場粒度材料に対するSand Castle試験	30
4. 1 試 料	30
4. 2 試験結果および考察	36
4. 2. 1 気中安息角	37
4. 2. 2 水浸安息角	39
4. 2. 3 基本物性からの非粘着性の検討	41
4. 3 総合検討	46
5. ま と め	47
参考文献	49
資料集	51

1. 我が国のフィルダムのフィルタ材料の細粒分含有率および透水性管理

1975年以降に竣工した我が国の21のフィルダムを調査したところ、14ダムにおいて施工管理に際してフィルタ材料の細粒分含有率に規格値を設定していた。規格値の度数分布を図-1.1に示す。規格値を設けていないダムでは、フィルタ基準に従い、5%を細粒分含有の規格値として考えていたものと推察する。規格値の判明している14ダム中6ダムで5%よりも高い細粒分含有率を規格値としている。図-1.2に示す細粒分含有率の実績値においても21ダム中3ダムにおいて5%よりも大きい細粒分含有率となっており、この規定の遵守が難しいことがわかる。さらに、この規定を遵守しているダムの中でも、ダム近傍から採取した材料をそのままフィルタ材料とすることができず、粗粒材料のクラッシングや材料購入により粒度調整を行ったり、2層フィルタを採用しているダムがかなりある。

次に、フィルタ材料の細粒分含有率と透水係数 k_f の関係を図-1.3に示す。この図より、材料ごとの粒度構成、密度等の違いによりその分布はかなりばらついているため、細粒分含有率が高くなるほど透水性が小さくなるという明瞭な傾向を見いだすことはできない。透水係数は全て $1 \times 10^{-4} \text{cm/s}$ 以上で、保護すべき遮水材料の規格最高透水係数 $1 \times 10^{-5} \text{cm/s}$ よりも1桁以上大きく、遮水材料に対して十分な排水性能を有している。しかし、絶対値的には $1 \times 10^{-3} \text{cm/s}$ 以下の透水係数を有するフィルタ材料もあり、仮に揚水発電用のダムに用いられていれば、水位急低下時の残留間隙水圧の発生が懸念された可能性があると考えられる。

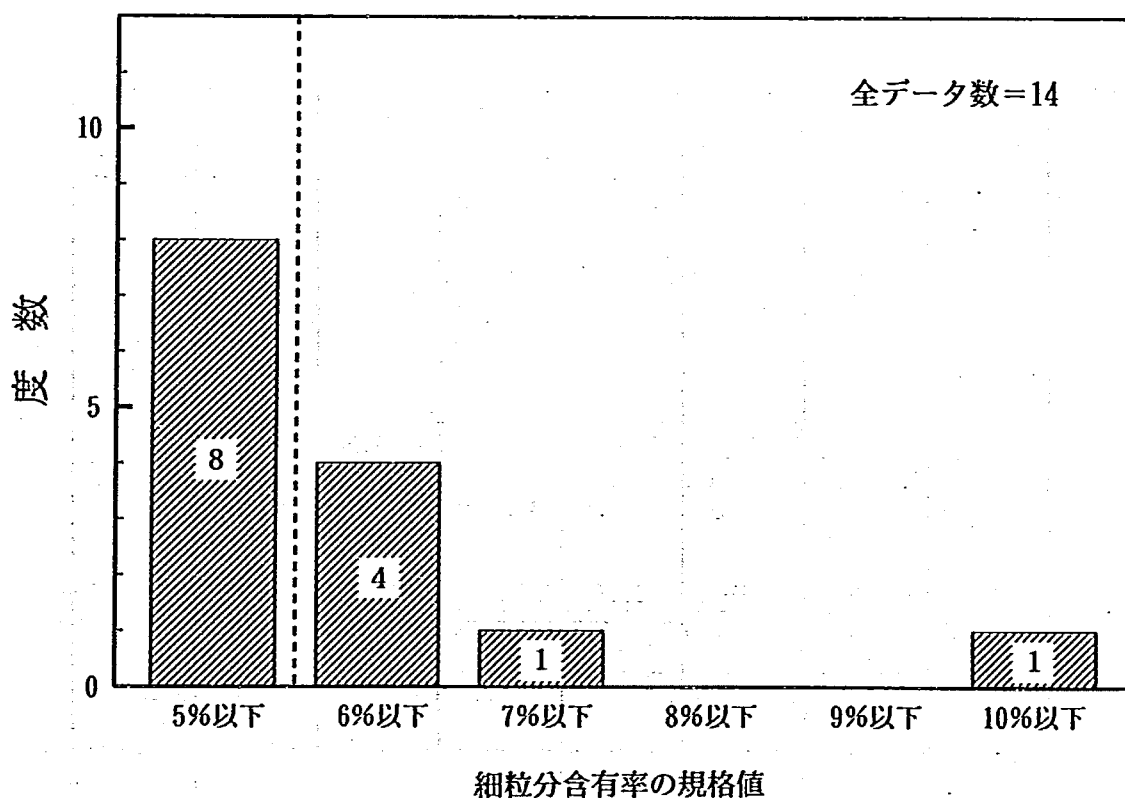


図-1.1 細粒分含有率の規格値

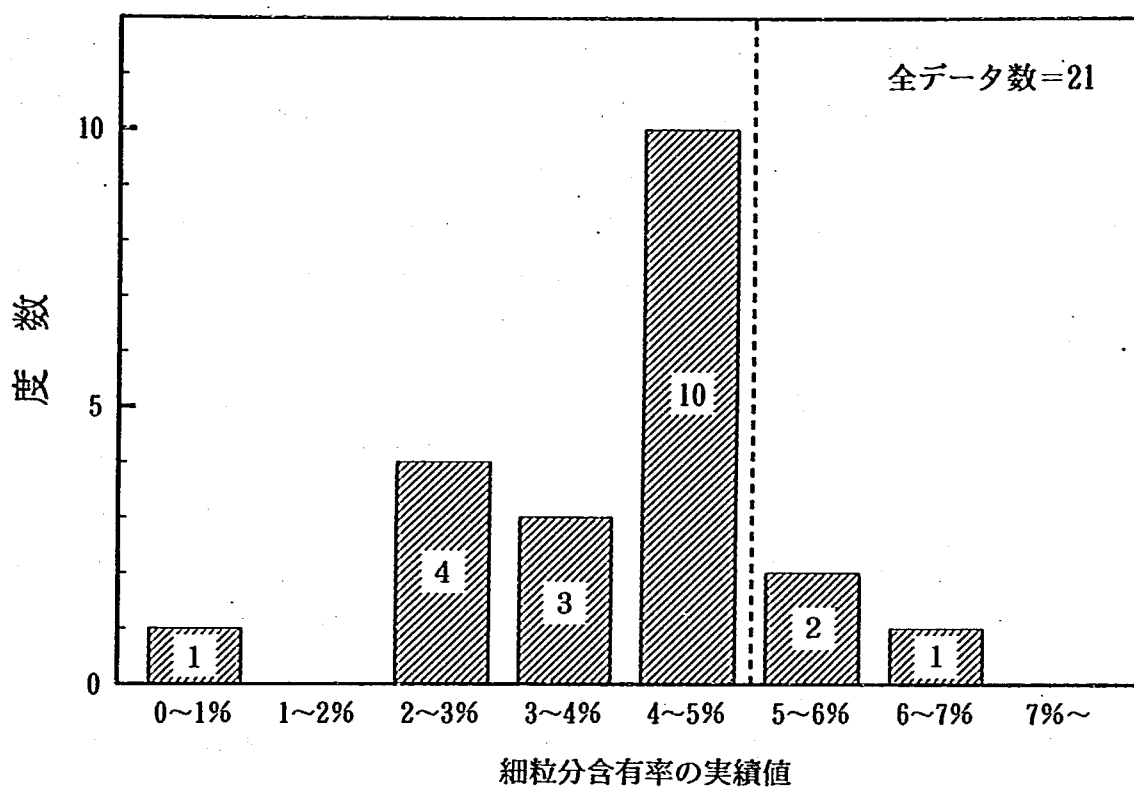


図-1.2 細粒分含有率の実績値

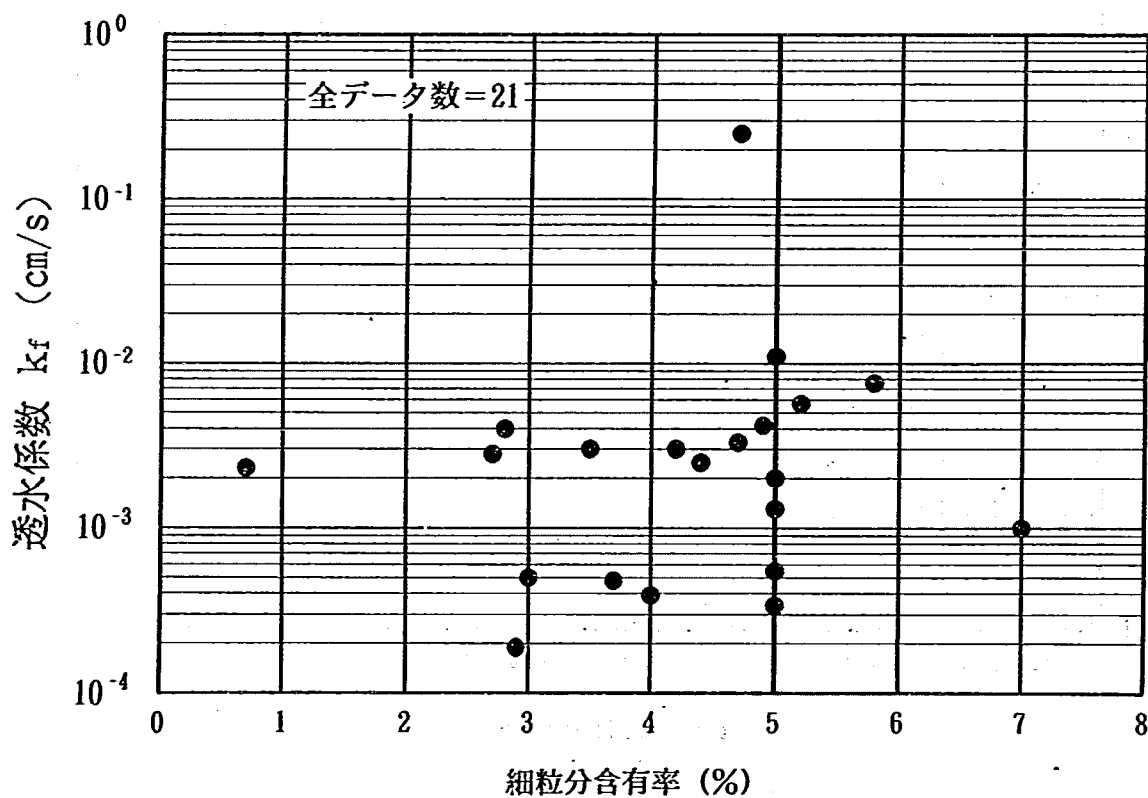


図-1.3 細粒分含有率と透水係数の関係

フィルタ材料の細粒分含有率が5%を超えたり、透水係数が $1 \times 10^{-3} \text{cm/s}$ を下回ったダムにおいても湛水時には何ら問題は発生していない。細粒分含有率5%の遵守に多大な労力をかけることもしばしば見受けられる現況を鑑みるに、透水係数も考慮したうえで細粒分含有率と粘着性の関連について詳細に検討することが意義のある研究であることがわかる。

2. Sand Castle試験方法

Vaughanによって提案されたSand Castle試験の手順を図-2.1に示す。まずフィルタ材料をモールド内にて締固め、それを水中に沈める。水中内で静かにモールドを引き抜く。その際、フィルタ材料が安息角以下の角度で崩壊した場合は粘着性、安息角以上の角度で崩壊または形状を保持した場合は粘着性と判定する。

同じように材料の粘着性を判定するための試験として、Mantz(マンツ)¹³⁾の方法が提案されているが、この方法は狭い粒度範囲の材料ごとに試験を実施しなければならず、粒度の広い材料に対して合理的に適用するためには工夫が必要であると考えられており¹⁴⁾、フィルダムのフィルタ材料のような粒度範囲の広いフィルタ材料にはSand Castle試験のほうが有利であるといえる。また、この他にも、Sand Castle試験には以下のような利点がある。

- ① 締固めエネルギーを変えることで締固め度を実際のダムと同様に調整できる。
- ② 締固めた材料の水浸崩壊は、堤体に発生すると仮定した亀裂の崩壊と対応する。
- ③ 複雑な試験用具を使用せずに済む。

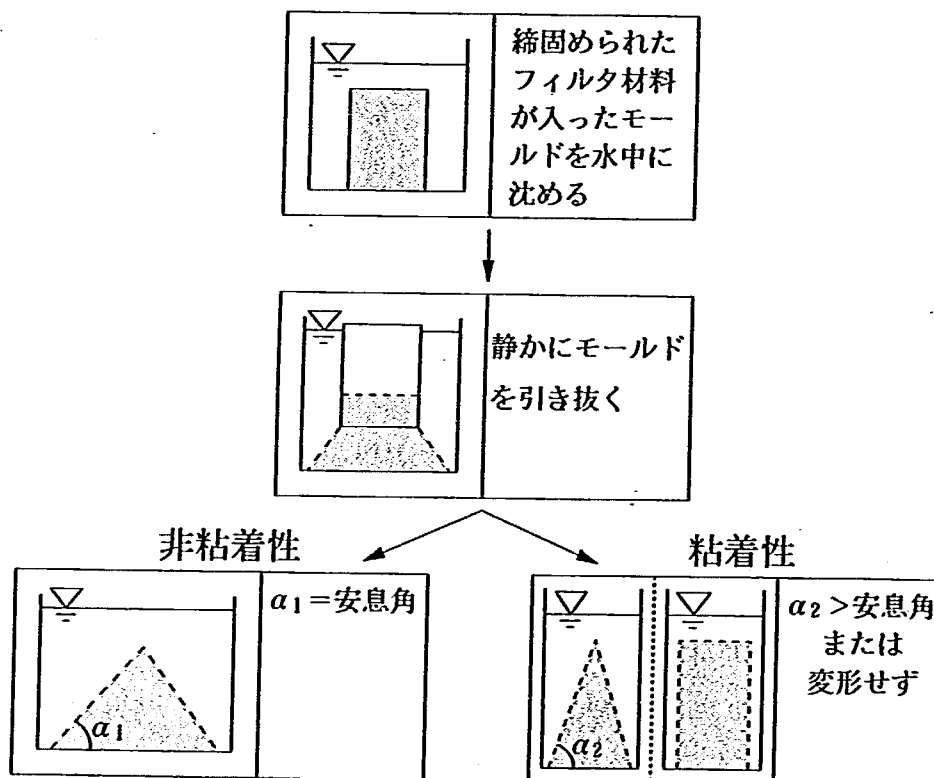


図-2.1 Sand Castle 試験概念図

今回Sand Castle試験の適用性を詳細にわたって検討するため、以下に示す3種類の試験を原則として実施する。

(1) 気中の安息角試験

空気中で気乾試料が示す安息角を求める。

(2) 水中の安息角試験

気乾試料を水中に投入した際の安息角を求める。

(3) 水侵の安息角試験

円筒型モールド内に締固めた試料を水浸した際の安息角を求める。

なお、水中の安息角試験は、Vaughanが提案した方法とは直接関係ないが、非粘着性の材料が水中落下したときにどのような山を形成し、どの程度の安息角を示すのかを確認するために実施する。

また、試料の非粘着性の判定は、基本的にはVaughanが提案したとおり、気中安息角と水浸安息角の大小関係により行うことにする。

各試験方法を以下に詳述する。

2.1 気中の安息角試験

試験は漏斗あるいはハンドスコップを用いて、ベニヤ板の上で実施する（図-2.2）。円錐の直径Dを計るために、ベニヤ板に4本の同じ中心を通った直線（直線のなす角45°）を引いて、目盛りをつけた。円錐の高さHの測定にはパワーリフトと直尺を使った（図-2.3）。

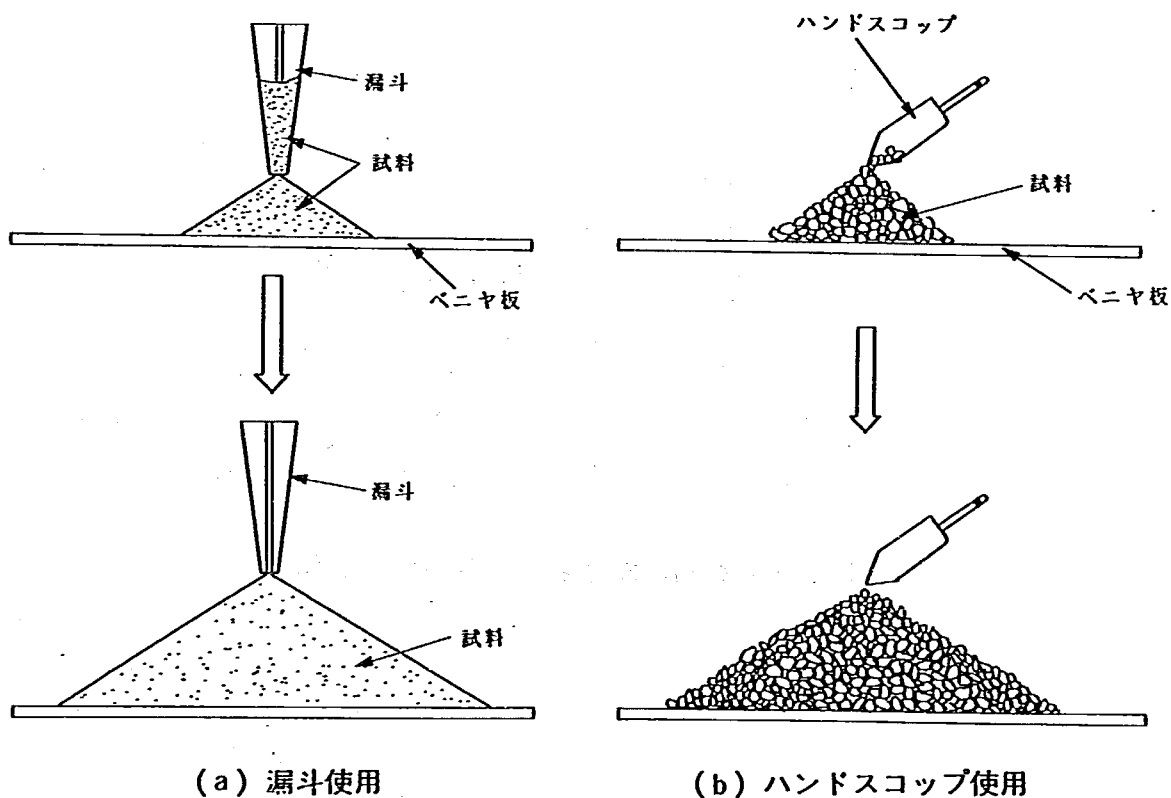


図-2.2 気中の安息角試験

1) 気乾試料による気中の安息角試験

- ① 粒径に応じて適量の試料を準備する。
- ② 漏斗あるいはハンドスコップを使って、試料をなるべく落下高さを低く抑えて自然落下させ、安定した円錐型の山を形成させる (図-2.2)。
- ③ 円錐底面の直径Dを4ヵ所測定し、平均値を求める。
- ④ パワーリフトを徐々に降ろし、その上に載せた鋼直尺が山の頂上と接触した時、止める (図-2.3)。そして、試料を撤去した後、円錐の山の高さHを、もう一本の鋼直尺で計る。
- ⑤ 次式から安息角 θ を算出する。

$$\theta = \arctan(2H/D) \dots\dots\dots (2.1)$$

- ⑥ 各試料とも3回の試験を実施し、その平均を安息角とする。
- ⑦ 試験後の状態を写真撮影する。

2) 水浸後試料による気中の安息角試験

- ① 準備した試料を水浸させる。
- ② ハンドスコップを使って、試料をなるべく落下高さを低く抑えて少しずつ自然落下させ、安定した円錐型の山を形成させる。
- ③ 以下は気乾試料の③～⑦と同じである。

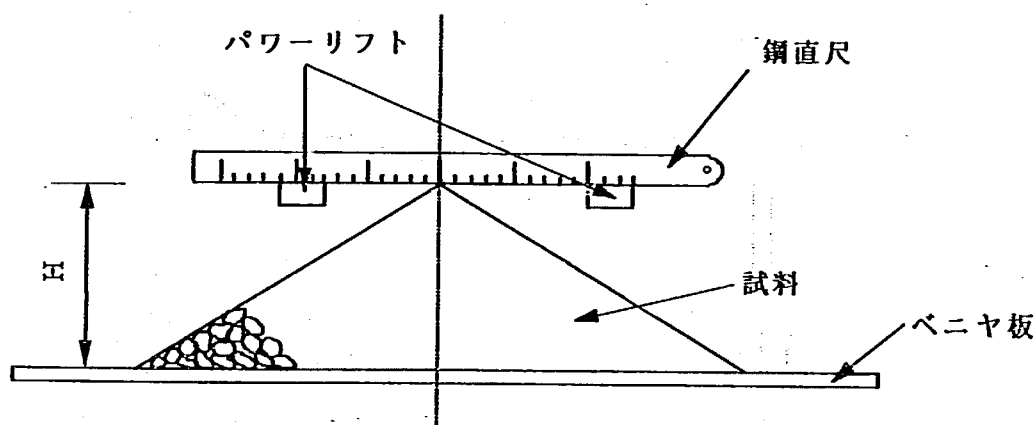


図-2.3 山の高さの測定 (気中の安息角試験)

3) 最適含水比試料による気中の安息角試験

- ① 試料を最適含水比の状態に調整し、一日以上放置する。
- ② 以下は水浸後試料の②～③と同じである。

2.2 水中の安息角試験

- ① 気乾試料を準備する。
- ② 水槽に水を入れる。
- ③ 水を張った水槽の中に、漏斗あるいはハndsコップで水面の直上から気乾試料を落下させて、安定した円錐型の山を形成させる。(図-2.4)。
- ④ 水を張った状態で高さHを図-2.5に示す要領で測定する。
- ⑤ 円錐の直径を4ヵ所で測定し、平均値を求める。
- ⑥ 式(2.1)によって安息角を算定する。
- ⑦ 各試料とも3回の試験を実施し、その平均を安息角とする。
- ⑧ 試験後の状態を写真撮影する。

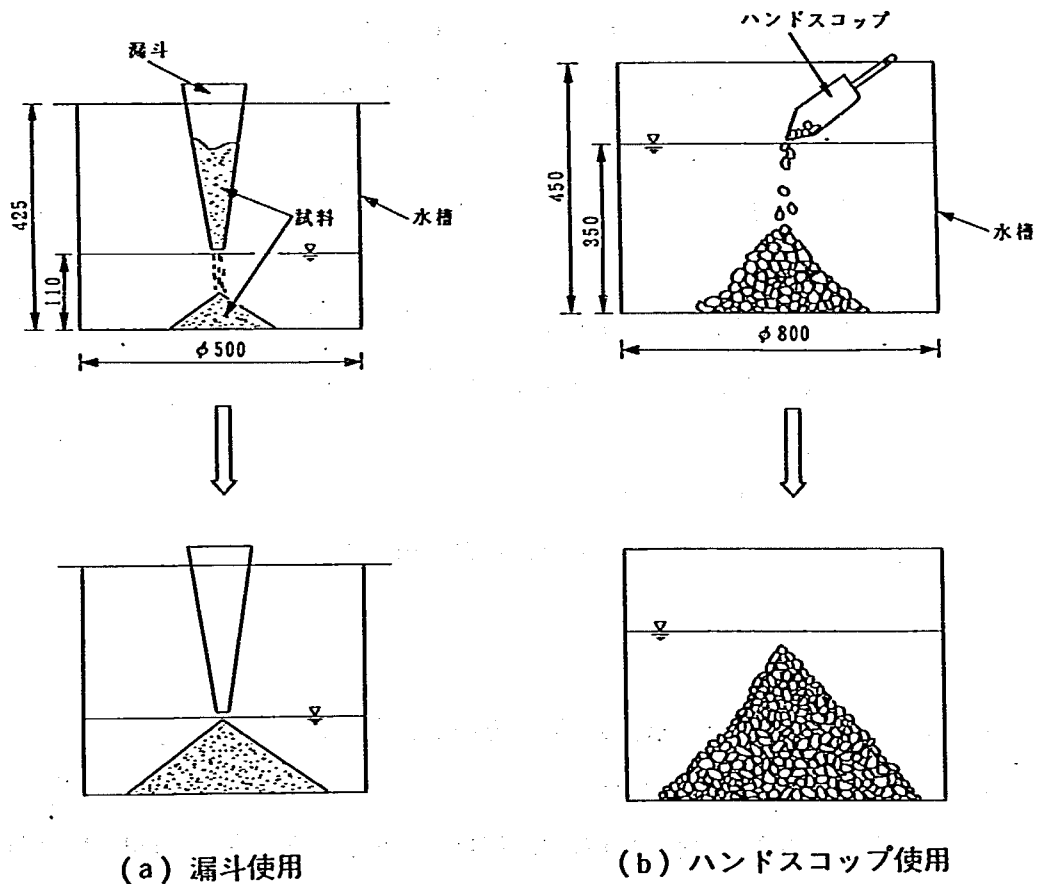


図-2.4 水中の安息角試験

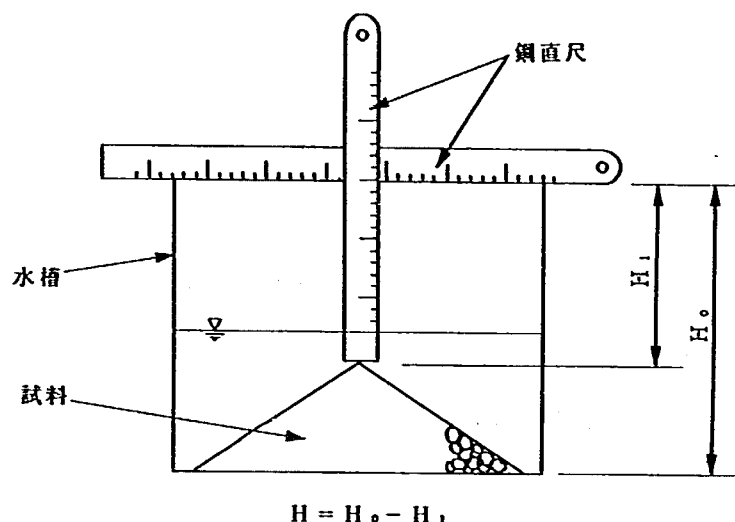


図-2.5 山の高さの測定 (水中の安息角試験 および
水浸の安息角試験)

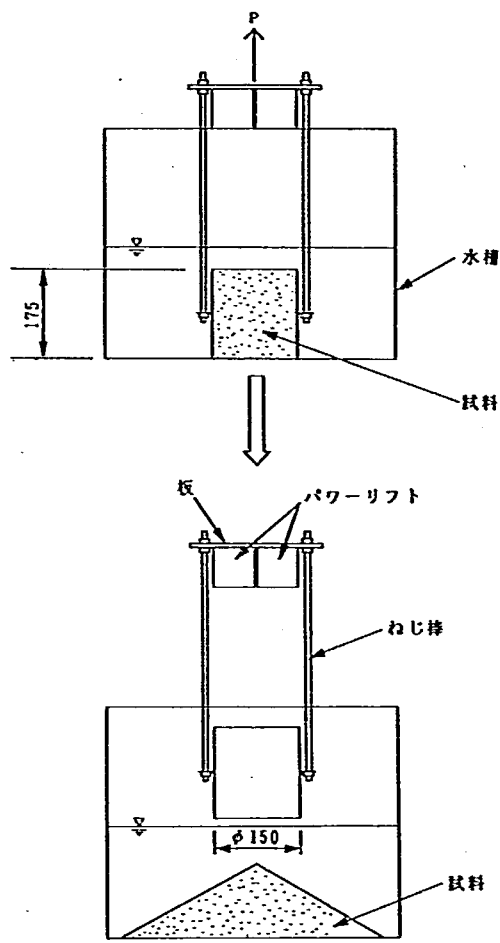
2.3 水浸の安息角試験

- ① 準備した試料をφ150mmのモールド内で締固めて供試体を作製する。
- ② 締固めた試料が入ったモールドを静かに水槽の底板に置く。
- ③ 水槽に水を入れて、供試体を水浸させる。
- ④ パワーリフトあるいは油圧ジャッキでゆっくりとモールドを抜き取る (図-2.6)。その後の供試体の崩壊状況を観察する。
- ⑤ 最終安定状態の円錐型の山の高さ H (図-2.5の要領による) と直径 D を測定する。 H 、 D の測定は極力水を張った状態で行うが、細粒分を含む試料の場合等、その状態で D を測定できない際は、水を抜いてから測定する。
- ⑥ 式 (2.1) によって安息角を算定する。
- ⑦ 各試料とも3回の試験を実施し、その平均を安息角とする。
- ⑧ 試験中の状況と試験後の状態を写真撮影する。

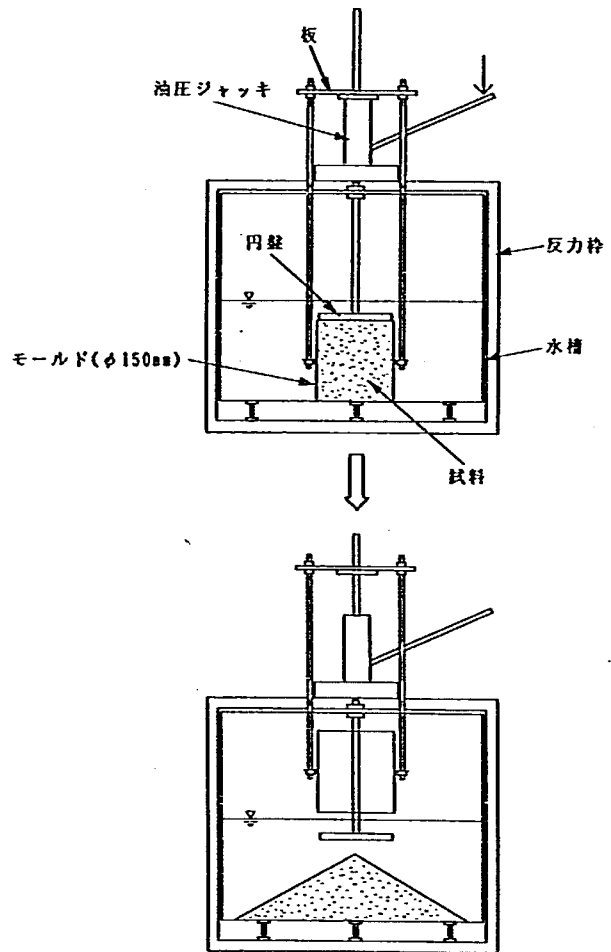
なお、水浸の安息角試験を行う供試体の締固め方法は、次のとおりである。

(1) 0.074mm以下の細粒分を含んでいない試料

締固め方法は、基本的に最大密度試験(JSF-T-161)を準用するが、今回はJSF-T-161の適用範囲で



(a) パワーリフト使用



(b) 油圧ジャッキ使用

図-2.6 水浸の安息角試験

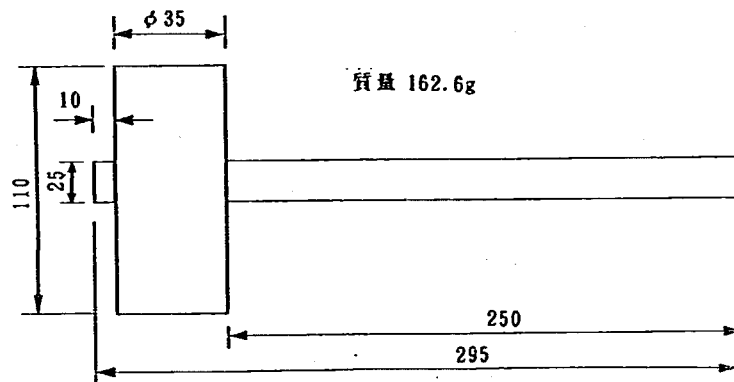


図-2.7 最大密度試験に用いる木づち (単位: mm)

ある最大粒径 2 mm を上回る粒径の試料を対象とするため、 $\phi 150$ mm のモールド (体積 $V = 3092 \text{ cm}^3$) を使用する。そのため、下記のとおり実施する。

① モールドの質量 m_0 を計る。

- ② カラーを装着したモールドに、ほぼ同質量に10等分した試料を層ごとに分けて入れる。各層ごとに、打撃点を回転させながらモールドの側面を100回打撃して試料を締固める。打撃回数は合計1000回である。打撃用の木づちは図-2.7に示す通りである。
- ③ 締固め後、カラーを取り外し、試料の余盛り部分を直ナイフ（粒径が4.76mmを超える試料を含む場合は手）で除去する。
- ④ モールドと試料の合計質量 m_1 を計る。
- ⑤ 次式で最大密度を算定する。

$$\rho_{dmax} = (m_1 - m_0) / V \dots\dots\dots (2.2)$$

- ⑥ 各試料とも3回の試験を実施し、その平均を最大密度とする。

さらに、相対密度を求めるために最小密度試験が必要となるが、これもJSF-T-161を準用し、 $\phi 150$ mmのモールド（体積 $V = 3092 \text{ cm}^3$ ）を使用して、下記の要領で実施する。

(A) 粒径4.76mmを超える試料を含まない場合

- ① モールドの質量 m_0 を計る。
- ② モールド底面中央に漏斗を立て、漏斗の中に試料を入れる。
- ③ 漏斗を一定速度で鉛直に上げていき、モールドの上端面全周から試料を溢れさせる。上げていく際、モールド内の砂に最頂部と漏斗の口先とが常に一致し、かつ試料の流れが途切れないように細心の注意を払う。
- ④ モールドの上端面の縁に直ナイフをのせ、それを滑らせて一気に試料の余盛り部分を除去する。
- ⑤ モールドと試料の合計質量 m_2 を計る。
- ⑥ 次式で最小密度を算定する。

$$\rho_{dmin} = (m_2 - m_0) / V \dots\dots\dots (2.3)$$

- ⑦ 各試料とも3回の試験を実施し、その平均を最小密度とする。

(B) 粒径4.76mmを超える試料を含む場合

- ① モールドの質量 m_0 を計る。
- ② 試料の粒径が大きく、漏斗が使えないため、手で試料をモールドの中になるべく落下高さを低く抑えて投入。モールドの上端面全周から試料を溢れさせる。
- ③ 手で静かに試料の余盛り部分を除去する。
- ④ 以下は(A)の⑤～⑦と同じである。

(2) 0.074mm以下の細粒分を含む試料

JIS-A-1210に示す突固めによる土の締固め試験の要領により供試体を作成する。試料は最適含水比に調整し、使用するモールドは $\phi 150 \text{ mm}$ 、締固めエネルギーは1 Ecとする。

3. 均一フィルタおよび広範囲フィルタに対するSand Castle試験

この章では、Sand Castle試験の試験手順を確認したうえで、Sand Castle試験がどのような特徴や問題点を有しているかを明らかにするため、明らかに非粘着性材料と考えられる細粒分を含有しない均一フィルタや、細粒分含有率を変えた広範囲フィルタ等について試験を行った内容について述べる。

3.1 試 料

図-3.1、表-3.1に示す粒度分布を持つ材料を準備する。図-3.1(a)は、明らかに非粘着性と考えられる細粒分を含有しない均一なフィルタ（均等係数 $U_c=1.2\sim 2.4$ 程度）で、これを試験ケース1用とする。図-3.1(b)は最大粒径を4.76mmとして粒度範囲を変え、さらに粒径0.074mm以下の細粒分含有率を変えた広範囲フィルタ（ $U_c=3.4\sim 30$ 程度）で、これを試験ケース2用とする。なお、粒度⑦-1、⑦-2、⑦-3、⑦-4の細粒分含有率はそれぞれ0、5、10、20%としている。また、試料の粒径を最大で38.1mmとしているのは、突固めによる土の締固め試験（JIS-A-1210）でモールド径150mmを使用した場合の試料の許容最大粒径を準用したためである。

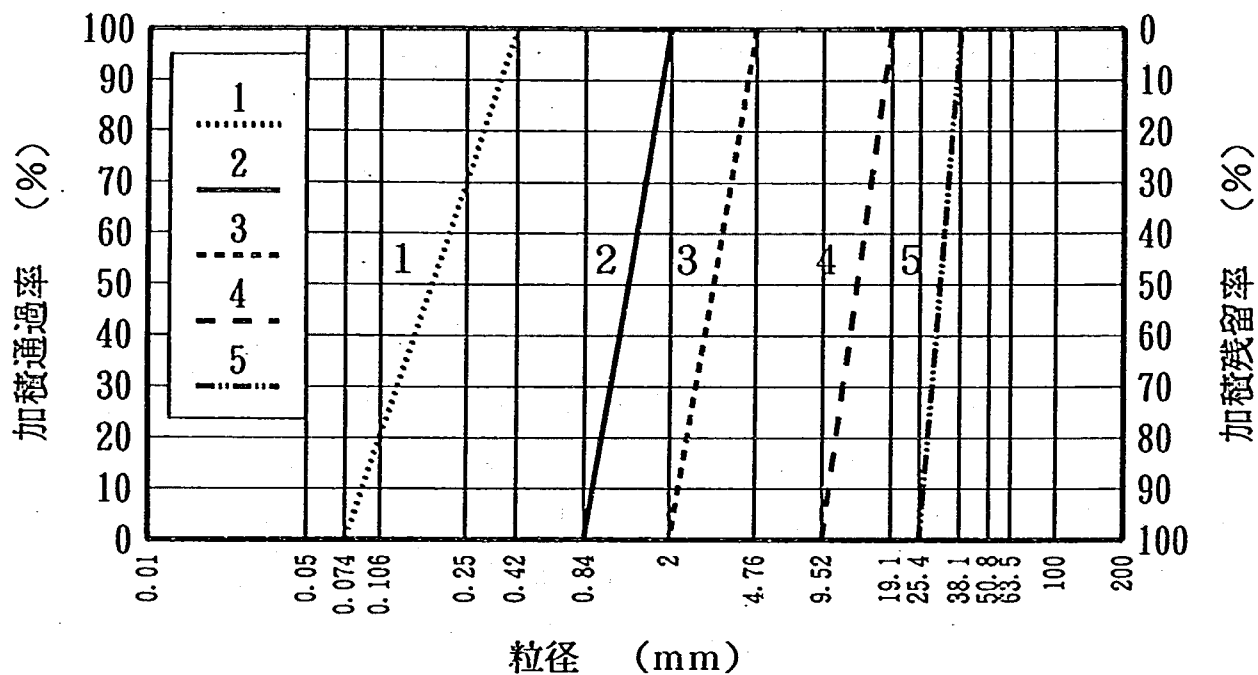
試料には、粒子形状についての検討を行うために、円礫と角礫を準備した。角礫には筑波山産の砂岩を、円礫には福島相馬河床礫を用いた。さらに、実際のフィルダムのフィルタ材料に用いられる予定の材料（千枚岩と石灰岩の混合）も用いた。ここでは、円礫、角礫、実際のフィルダムのフィルタ

表-3.1 フィルタ材の粒度構成

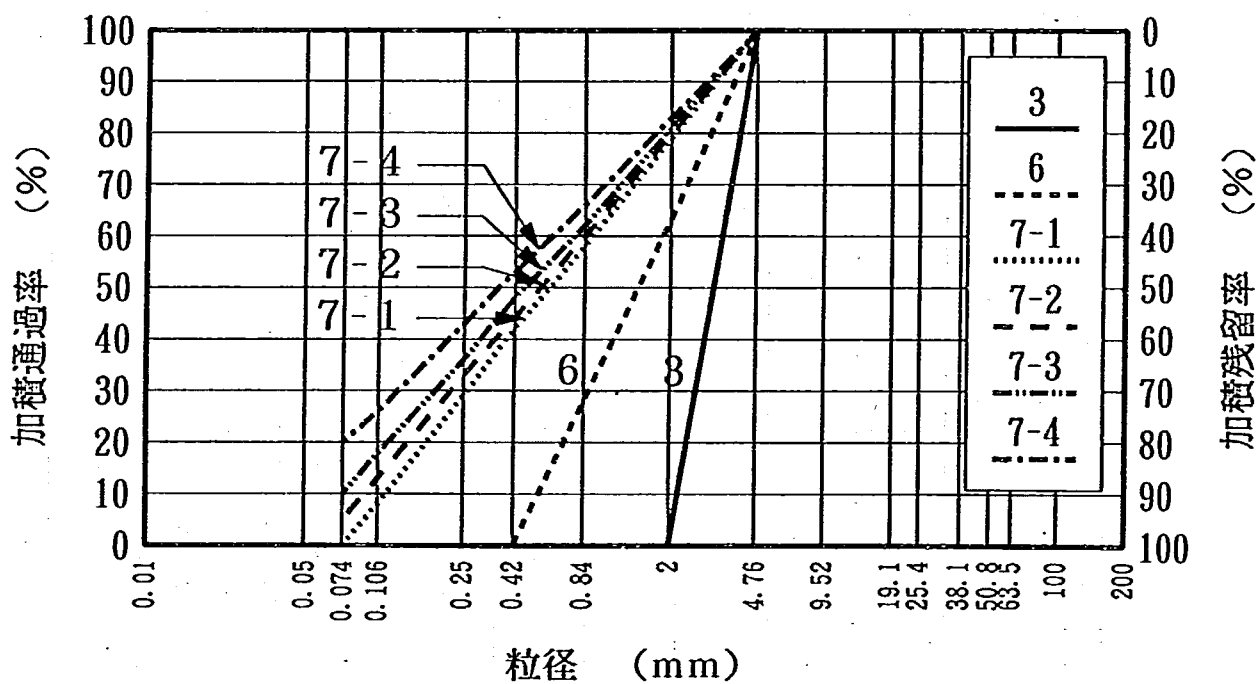
単位：%

粒 径 (mm)	粒 度 番 号									
	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦-1	⑦-2	⑦-3	⑦-4
0.074以下	(0.3)							5	10	20
0.074~0.105	20 (0.4)						8	8	8	6
0.105~0.25	50 (92.7)						21	20	18	17
0.25~0.42	30 (6.6)						13	11	12	10
0.42~0.84						28	16	16	14	13
0.84~2.00		100				35	21	20	19	17
2.00~4.76			100			37	21	20	19	17
9.52~19.1				100						
25.4~38.1					100					

注) カッコ書きは標準砂の粒度試験結果



(a) 試験ケース 1 (均一フィルタ)



(b) 試験ケース 2 (広範囲フィルタ)

図-3.1 フィルタ材の粒度分布曲線

材料を、それぞれA材料、B材料、C材料と呼ぶことにする。また、試験ケース2においてB材料、C材料に添加する0.074mm以下の細粒分にはあるダムのコア材料を用いた。コア材料の基本物性を表-3.2に示す。さらに、標準砂とガラスビーズについても試験を実施した。

表-3.3に各試料について実施した物理試験結果を示す。また、細粒分を含まない試料の最大密度・最小密度試験を2.3(1)に示す方法で実施し、その結果を最大間隙比・最小間隙比の計算結果とあわせて表-3.4に示す。細粒分を含む試料の突固め・透水試験の結果を表-3.5、図-3.2に示す。表-3.5には最適含水比試料を締固めエネルギー1Ecで締固めた時の破碎後の細粒分含有率およびMarsal(マルサル)¹⁵⁾の粒子破碎率 B_M も示している。

表-3.2 コア材の基本物性

		B材料添加コア材	C材料添加コア材
真 比 重 G_s		2.725	2.754
液 性 限 界 w_L (%)		42.4	52.4
塑 性 限 界 w_p (%)		20.1	30.5
塑 性 指 数 I_p		22.3	21.9
締固め特性	最適含水比 w_{opt} (%)	17.8	17.1
	最大乾燥密度 ρ_{dmax} (t/m ³)	1.714	1.712
粒 度 特 性	-0.075mm (%)	64.6	42.2
	-0.425mm (%)	85.2	53.5
	-2.00mm (%)	94.8	80.1
	D_{50} (mm)	0.040	0.69
	D_{10} (mm)	—	0.0013
	均 等 係 数	—	519.1

注) 粒度特性および締固め特性は、最大粒径がB材料添加コア材で9.52mm以下、C材料添加コア材で4.76mm以下を対象した試験結果である。
 なお、締固め試験はJIS.1Ecの締固めエネルギーで実施した。また、C材料添加コア材の基本物性は、Sand Castle試験に供したコア材とは採取時期が異なる材料の値である。

表-3.3 物理試験結果

試料名	粒度番号 または 粒 径	真 比 重 G _s	絶乾比重 G _s	吸 水 量 Q(%)	液性限界 w _L (%)	塑性限界 w _p (%)	塑性指数 I _p
標準砂	①	2.645					
ガラス	②	2.510					
ビーズ	④		2.507				
A材料	②	2.647					
	③	2.659					
	④		2.596	0.895			
	⑤		2.599	0.908			
B材料	② 2.0~0.84mm	2.709					
	③ 4.76~2.0mm	2.717					
	④ 19.1~9.52mm		2.649	1.030			
	⑤ 38.1~25.4mm		2.689	0.584			
	⑥	2.700*					
	⑦-1	2.709*			NP	NP	NP
	⑦-2	2.709*			NP	NP	NP
	⑦-3	2.711*			16.0	13.2	2.8
	⑦-4	2.712*			20.9	12.8	8.1
	0.84~0.42mm	2.667					
	0.42~0.25mm	2.700					
	0.25~0.106mm	2.713					
	0.106~0.074mm	2.773					
	0.074mm以下	2.725					
C材料	①	2.750*					
	② 2.0~0.84mm	2.699					
	③ 4.76~2.0mm	2.714					
	④ 19.1~9.52mm		2.634	1.37			
	⑤ 38.1~25.4mm		2.651	0.89			
	⑥	2.716*					
	⑦-1	2.730*			NP	NP	NP
	⑦-2	2.730*			NP	NP	NP
	⑦-3	2.729*			18.9	15.7	3.2
	⑦-4	2.728*			26.6	18.8	7.8
	0.84~0.42mm	2.740					
	0.42~0.25mm	2.744					
	0.25~0.106mm	2.754					
	0.106~0.074mm	2.750					
	0.074mm以下	2.722					

*) 各粒度階ごとの真比重によって算定した合成比重である。

表-3.4 最大密度・最小密度試験結果

試料名	粒度番号	最大密度 ρ_{dmax} (g/cm ³)	最小密度 ρ_{dmin} (g/cm ³)	真比重G ₀ または 総乾比重G _s	最大間隙比 e_{max}	最小間隙比 e_{min}
標準砂	①	1.625	1.349	2.645	0.961	0.628
ガラス	②	1.633	1.501	2.510	0.672	0.537
ビーズ	④	1.483	1.421	2.507	0.764	0.690
A材料	②	1.654	1.407	2.647	0.881	0.600
	③	1.761	1.519	2.659	0.750	0.510
	④	1.688	1.459	2.596	0.779	0.538
	⑤	1.664	1.394	2.599	0.864	0.562
B材料	②	1.541	1.267	2.708	1.137	0.757
	③	1.562	1.319	2.717	1.060	0.739
	④	1.559	1.264	2.649	1.036	0.699
	⑤	1.504	1.167	2.689	1.304	0.788
	⑥	1.758	1.389	2.700	0.944	0.536
	⑦-1	1.894	1.528	2.709	0.773	0.430
C材料	①	1.442	1.198	2.750	1.295	0.907
	②	1.521	1.262	2.699	1.139	0.774
	③	1.531	1.268	2.714	1.140	0.773
	④	1.536	1.232	2.634	1.138	0.715
	⑤	1.509	1.168	2.651	1.270	0.757
	⑥	1.680	1.370	2.716	0.982	0.617
	⑦-1	1.883	1.415	2.730	0.929	0.450

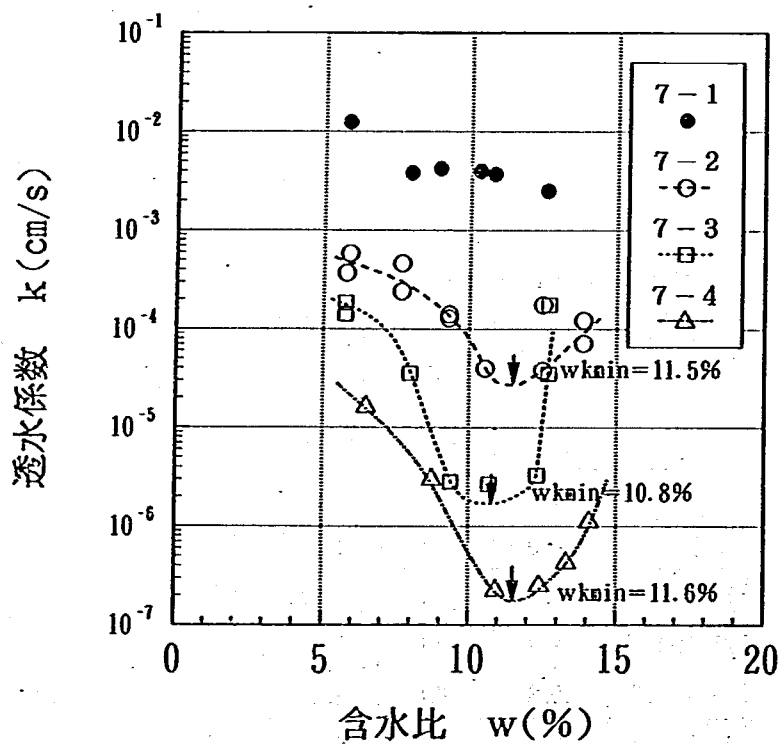
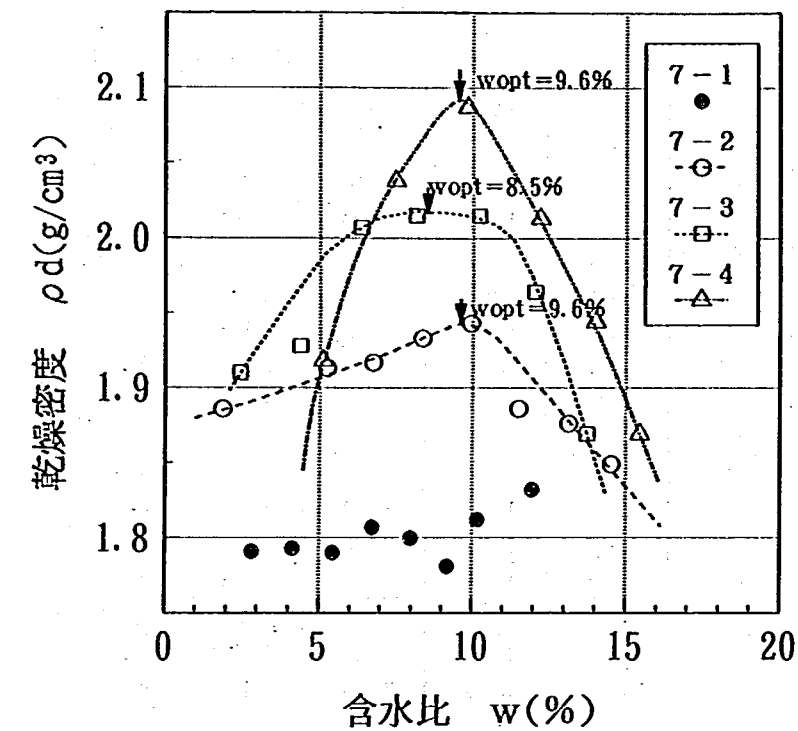
*) 粒度番号④、⑥は総乾比重G_s、その他は真比重G₀。

表-3.5 突固め・透水試験結果

試料名	粒度番号	細粒分含有率 (%)		破 碎 率 B _M (%)	最 含 水 比 w _{opt} (%)	最 大 乾燥密度 ρ_{dmax} (g/cm ³)	透 水 係 数 k _{opt} (cm/s)	最 小 透水係数 k _{min} (cm/s)	含 水 比 w _{kmin} (%)
		当初調整	締固め後*						
B材料	⑦-1	0.0	3.5(+3.5)	4.1	—	—	5.1×10 ⁻³ **	5.1×10 ⁻³ **	—
	⑦-2	5.0	8.5(+3.5)	4.9	9.6	1.946	9.2×10 ⁻⁵	2.6×10 ⁻⁵	11.5
	⑦-3	10.0	13.4(+3.4)	3.9	8.5	2.024	1.7×10 ⁻⁵	1.4×10 ⁻⁵	10.8
	⑦-4	20.0	21.5(+1.5)	2.8	9.6	2.092	1.0×10 ⁻⁵	1.6×10 ⁻⁷	11.6
C材料	⑦-1	0.0	9.3(+9.3)	10.8	8.5	1.917	5.7×10 ⁻³	5.6×10 ⁻³	8.0
	⑦-2	5.0	14.2(+9.2)	9.2	9.4	1.934	6.0×10 ⁻⁴	2.4×10 ⁻⁴	11.6
	⑦-3	10.0	18.2(+8.2)	9.2	9.4	1.960	5.4×10 ⁻⁵	2.9×10 ⁻⁵	10.7
	⑦-4	20.0	27.9(+7.9)	8.5	10.5	2.006	2.7×10 ⁻⁵	9.0×10 ⁻⁷	12.1

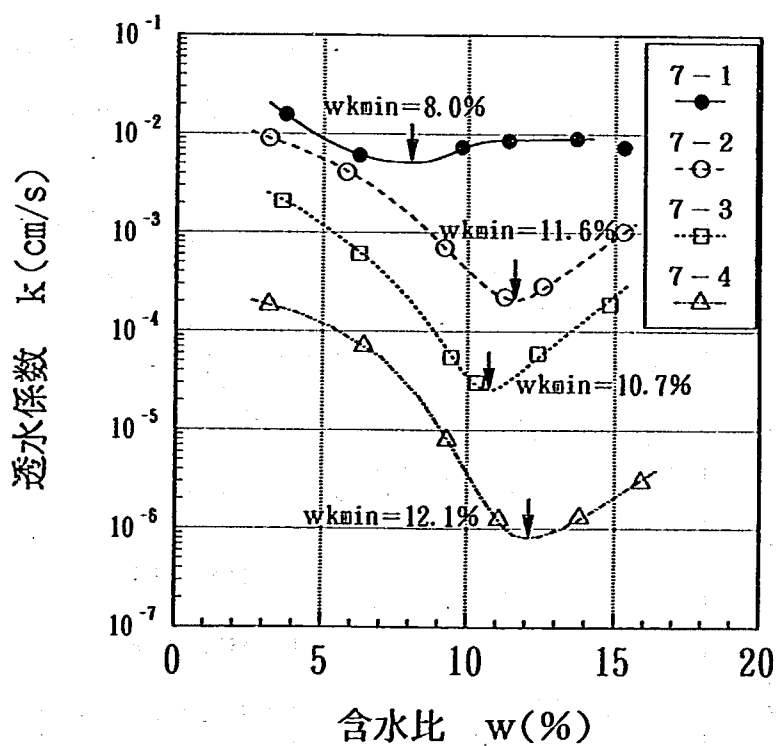
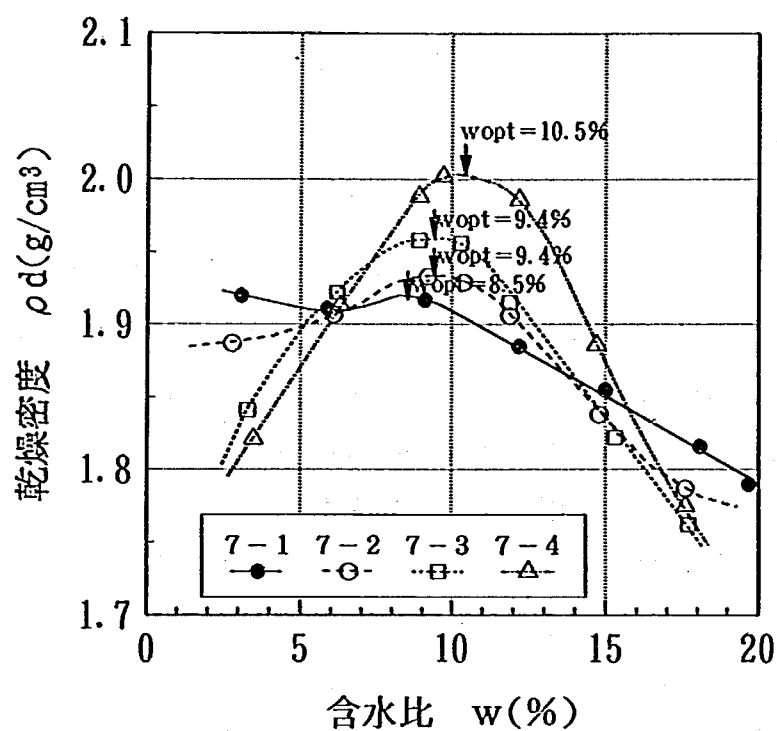
*) : ()内の値は締固め後の当初調整粒度に対する細粒分含有率の増加分を表示する。

**) : 平均透水係数



(a) B材料

図-3.2 突固め・透水試験結果



(b) C 材料

図-3.2 突固め・透水試験結果

3.2 試験結果および考察

表-3.6に均一フィルタ・広範囲フィルタについて実施した各安息角試験の結果を示し、以下に考察を加える。

3.2.1 気中安息角

図-3.3には、細粒分を含まない均一粒度のフィルタに対する試験ケース1より求めた気乾試料の気中安息角を示す。これによると、2点のデータしかないため明確な傾向のつかめないガラスビーズを除き、最大粒径が大きくなると気中安息角が大きくなる傾向がある。これは堅固な砂岩に対して豊田らが行った試験結果と同じ傾向である¹⁶⁾。また、その傾向は円礫(A材料)よりも角礫(B材料、C材料)が強く、これらの材料の気中安息角は表面粗度の影響を強く受けるものと考えられる。

次に、試験ケース2の気乾試料の気中安息角を図-3.4に示す。B材料では細粒分がない範囲では均等係数が大きくなると気中安息角は小さくなるが、細粒分が混入してくると気中安息角は上昇傾向を示す。C材料では、細粒分混入による影響は特に見られないが、均等係数が大きくなると気中安息角も大きくなる傾向が概ね認められ、この点はB材料と同じである。

図-3.5には、同じ材料、同じ粒度において、試料が気乾状態と湿潤状態または最適含水比状態の2状態で気中の安息角試験を実施した場合の結果を比較したものである。いずれも湿潤状態あるいは最適含水比状態の気中安息角が気乾状態のそれを上回っている。また、粒度⑦シリーズの最適含水比に調整した試料に注目してみると、細粒分を混入していない粒度⑦-1では気乾状態の気中安息角と最適含水比状態の気中安息角には8~9度程度の開きがあるが、細粒分を混入するにしたがい、その差

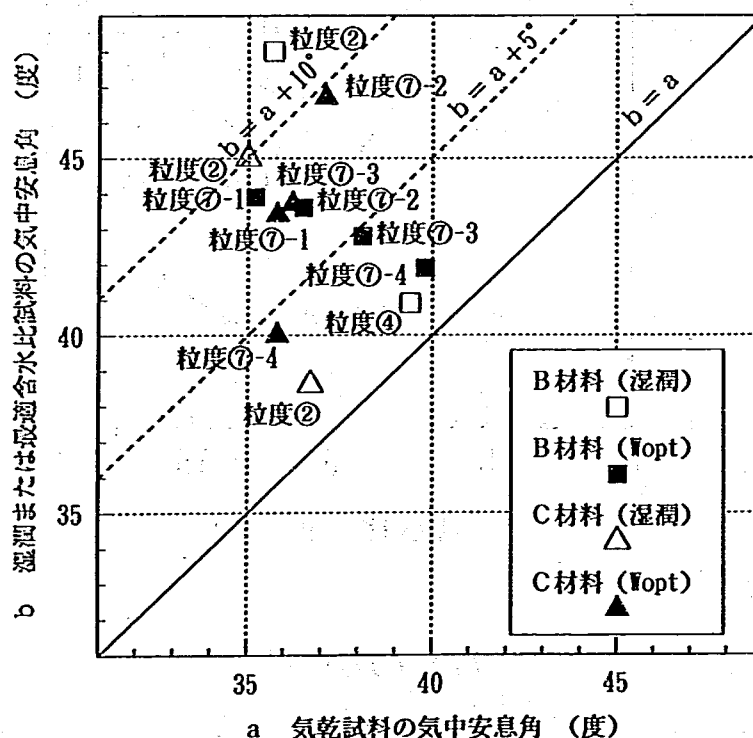


図-3.5 気乾試料と湿潤または最適含水比試料の気中安息角の比較

表-3.6 Sand Castle試験結果 (均一フィルタ・広範囲フィルタ)

試料名	粒度	気中の安息角試験				水中の安息角試験				水浸の安息角試験 (50%)				水浸の安息角試験 (100%)				気中 -水浸 (度)																													
		試料状態	試験後乾燥 密度(g/cm ³)	安息角(度)		試料状態	試験後乾燥 密度(g/cm ³)	安息角(度)		試料状態	乾燥密度(g/cm ³)		安息角(度)		試料状態	乾燥密度(g/cm ³)			安息角(度)																												
				平均値	範囲			平均値	範囲		試験前	試験後	平均値	範囲		試験前	試験後		平均値	範囲																											
標準砂	①	気乾	1.426	32.3	32.0~32.6	気乾	1.458	30.5	30.3~30.9					気乾	1.620	1.726	27.6	27.3~27.9	4.7																												
		湿潤	—	不能	—															—	—	—	—	—																							
ガラス ビーズ	②	気乾	1.592	20.5	20.1~20.9	気乾	1.396	21.8	21.5~22.2					気乾	1.633	1.623	18.3	18.3~18.4	2.2																												
		④	気乾	1.256	18.6															18.4~18.8	④	気乾	1.483	1.487	17.2	16.9~17.7	1.4																				
A 材 料	②	④	気乾	1.466	34.3	34.1~34.4	気乾	1.613	33.9	33.8~34.1					気乾	1.658	1.824	29.2	28.9~29.6	5.1																											
		③	気乾	1.657	32.4	32.1~32.9															③	気乾	1.759	2.058	30.6	30.2~30.9	1.8																				
		④	気乾	1.454	34.9	34.7~35.2															④	気乾	1.685	1.980	32.9	32.5~33.1	2.0																				
		⑤	気乾	1.467	34.9	34.7~35.3															⑤	気乾	1.662	2.238	32.5	32.2~32.9	2.4																				
		⑥																																													
		⑦-1																																													
		②	気乾	1.300	35.7	35.5~35.9															気乾	1.401	35.3	34.9~35.7					気乾	1.537	1.593	31.5	31.3~31.9	4.2													
		③	湿潤	0.802	48.0	47.0~48.9																													③	湿潤	0.802	48.0	47.0~48.9	③	湿潤	0.802	48.0	47.0~48.9	16.5		
④	気乾	1.254	37.2	36.9~37.3	④	気乾	1.562	1.677	33.8	33.5~34.1	3.4																																				
④	気乾	1.241	39.4	38.8~39.8	気乾	1.425	41.8	41.6~42.1					気乾	1.558	1.727	38.7	38.3~39.3	0.7																													
⑤	湿潤	1.193	40.9	40.2~41.4															⑤	湿潤															1.193	40.9	40.2~41.4	⑤	湿潤	1.193	40.9	40.2~41.4	2.2				
⑥	気乾	1.346	39.5	39.4~39.7															⑥	気乾															1.502	1.835	41.3	40.9~41.6	-1.8								
⑥	気乾	1.506	34.6	34.5~34.7															⑥	気乾															1.758	1.786	31.8	31.7~31.9	2.8								
⑦-1	気乾	1.574	35.2	35.1~35.3															気乾	1.580															31.5	31.3~31.9					W _{opt} =9.4	1.901	1.804	33.4	32.8~34.5	3.1	
⑦-2	W _{opt} =9.0	0.729	43.9	43.6~44.3																	⑦-2	W _{opt} =9.0	0.792	43.6	43.3~44.2	⑦-2	W _{opt} =9.0	0.792	43.6	43.3~44.2	10.2																
⑦-3	気乾	1.496	36.5	36.2~36.7																	⑦-3	気乾	1.374	38.1	38.0~38.3	⑦-3	気乾	1.509	1.509	41.7	40.7~42.5	-3.6															
⑦-4	W _{opt} =9.0	0.795	42.8	42.5~43.1																	⑦-4	W _{opt} =9.0	0.795	42.8	42.5~43.1	⑦-4	W _{opt} =9.0	0.795	42.8	42.5~43.1	1.1																
⑦-4	気乾	1.246	39.8	39.6~40.0	W _{opt} =9.7	2.075	1.307	43.9	43.3~44.3	-4.1																																					
⑦-4	W _{opt} =9.0	0.772	41.9	41.5~42.2							⑦-4	W _{opt} =9.0	0.772	41.9	41.5~42.2	⑦-4	W _{opt} =9.0	0.772			41.9	41.5~42.2	-2.0																								
①	気乾	1.239	33.6	32.8~34.6							気乾	2.209	23.6	23.0~23.9	気乾	1.450	1.260	27.6			25.3~29.2	気乾	1.500	1.256	27.2	26.6~27.8	6.4																				
②	湿潤	—	不能	—																								—	—	—	—	—	—	—													—
C 材 料	②	④	気乾	1.272							35.0	34.8~35.2	気乾	1.599	35.8	34.0~38.8	気乾	1.491	1.636	33.2	30.9~35.0	気乾	1.478	1.638	32.4	30.7~35.5	2.6																				
		③	湿潤	1.072							45.0	44.3~46.3																③	湿潤	1.072	45.0	44.3~46.3	③	湿潤	1.072	45.0	44.3~46.3	12.6									
		④	気乾	1.153							34.2	33.4~34.8																気乾	1.483	38.8	37.4~40.0	気乾	1.461	1.716	33.1	32.6~34.2	気乾	1.419	1.532	31.1	30.1~32.0	3.1					
		⑤	気乾	1.261							36.7	36.6~37.0																															⑤	気乾	1.261	36.7	36.6~37.0
		⑥	湿潤	1.274	38.6	37.6~39.5	⑥	湿潤	1.274	38.6	37.6~39.5	⑥																															湿潤	1.274	38.6	37.6~39.5	4.1
		⑥	気乾	1.142	38.5	37.7~39.5	⑥	気乾	1.142	38.5	37.7~39.5	⑥																															気乾	1.142	38.5	37.7~39.5	5.3
	⑦-1	気乾	1.384	35.8	35.2~36.3	W _{opt} =9.4	2.051	1.839	37.7	35.8~39.7	W _{opt} =9.4	1.964	1.722	38.5	37.5~39.3	-1.4																															
	⑦-2	W _{opt} =8.5	0.996	43.4	42.1~44.3												⑦-2	W _{opt} =8.5	0.996	43.4	42.1~44.3	⑦-2	W _{opt} =8.5	0.996	43.4	42.1~44.3	8.2																				
	⑦-3	気乾	1.452	37.1	36.7~37.6												W _{opt} =9.4	2.053	1.467	42.2	41.2~44.1	-6.0																									
	⑦-4	W _{opt} =9.4	0.895	46.7	46.1~47.4																		⑦-4	W _{opt} =9.4	0.895	46.7	46.1~47.4	⑦-4	W _{opt} =9.4	0.895	46.7	46.1~47.4	1.5														
	⑦-4	気乾	1.485	36.2	35.6~36.6																		W _{opt} =105	2.049	1.365	45.6	44.8~46.2	-9.8																			
	⑦-4	W _{opt} =9.4	1.072	43.7	42.4~45.1																								⑦-4	W _{opt} =9.4	1.072	43.7	42.4~45.1	⑦-4	W _{opt} =9.4	1.072	43.7	42.4~45.1	-5.6								
	⑦-4	気乾	1.414	35.8	34.7~36.4	⑦-4	気乾	1.414	35.8	34.7~36.4	⑦-4	気乾	1.414	35.8	34.7~36.4	-5.6																															
	⑦-4	W _{opt} =105	1.133	40.0	39.3~41.4	⑦-4	W _{opt} =105	1.133	40.0	39.3~41.4	⑦-4	W _{opt} =105	1.133	40.0	39.3~41.4	-5.6																															

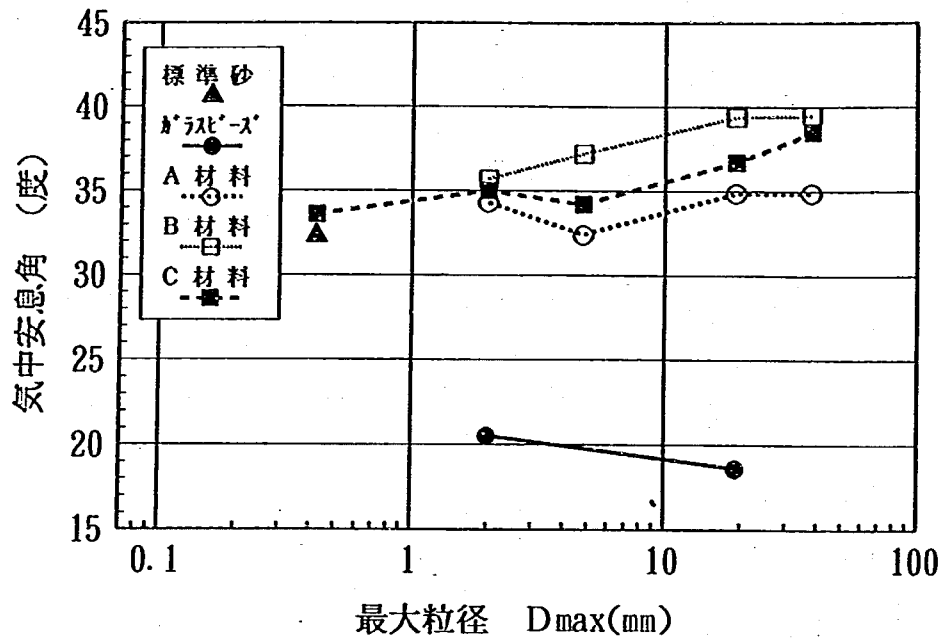


図-3.3 気中安息角 (試験ケース 1)

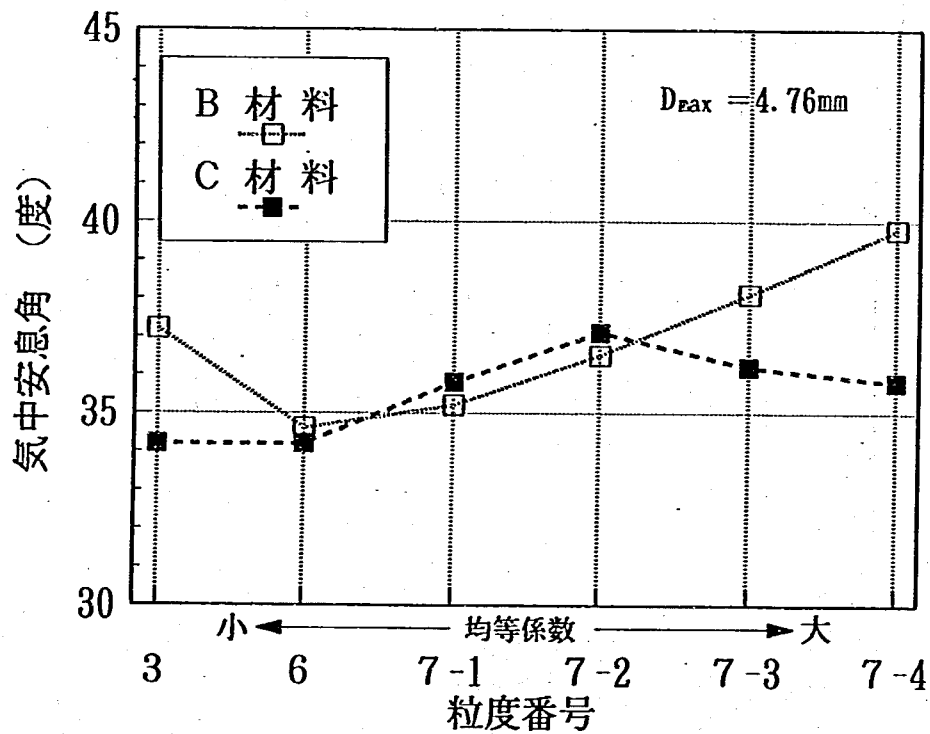


図-3.4 気中安息角 (試験ケース 2)

は縮まり(C材料の粒度⑦-2は除く)、粒度⑦-4では2~4度の開きになることがわかる。ただし、湿潤状態の試料を用いた気中の安息角試験では、気乾試料ほどきれいな円錐型が形成されておらず、安息角の測定精度自体やや落ちることは注記しておきたい。

3.2.2 水中安息角

図-3.6は気中安息角(a)と水中安息角(b)を比較したものである。C材料の粒度①を除く細粒分を含有しない均一フィルタでは、 $b = a \pm 2^\circ$ の範囲に収まり、両者には大きな差異はないといえる。一方、粒度⑦-2材は、粒度範囲が広く、細粒分が含有されていることから、水中落下時に材料分離が発生したため水中安息角が少し小さくなったものと考えられる。

図-3.7には試験実施後の円錐の密度を気中と水中で比較したものである。両者の安息角には差がなかったが、密度では水中試験時の方が大きく、水締め効果があることがわかる。この理由は次のように考えられる。本来密度が大きい方が強度が大きくなるが、水浸することにより浮力が作用し、結果として同程度の安息角が得られたものとする。ガラスビーズにおいては、水中試験時の密度の方が小さくなっているが、粘着力や表面粗度があまりにも小さいため、きれいな円錐型の山が形成されない影響と思われる。

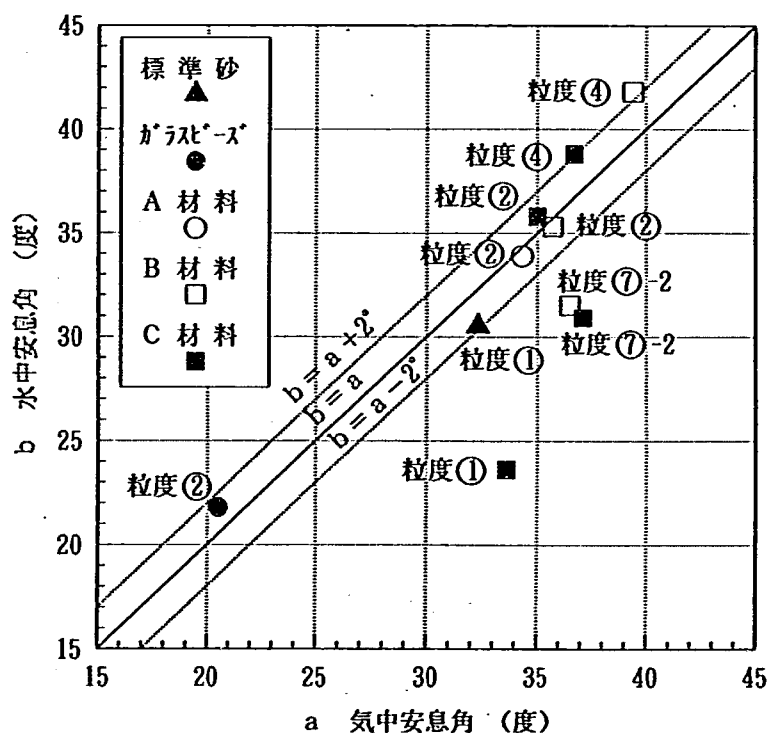


図-3.6 気中安息角と水中安息角の比較

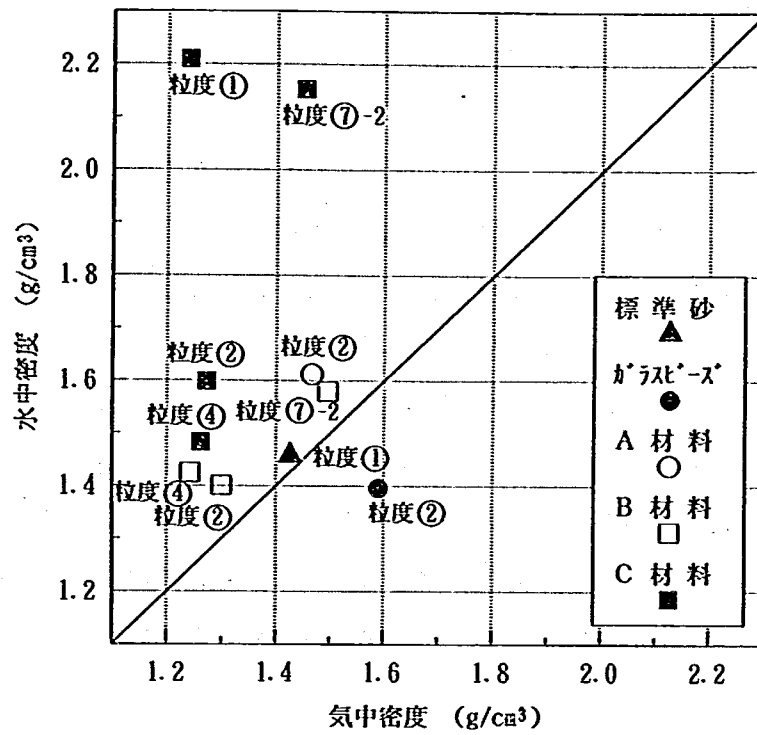


図-3.7 気中の安息角試験時と水中の安息角試験時の密度の比較

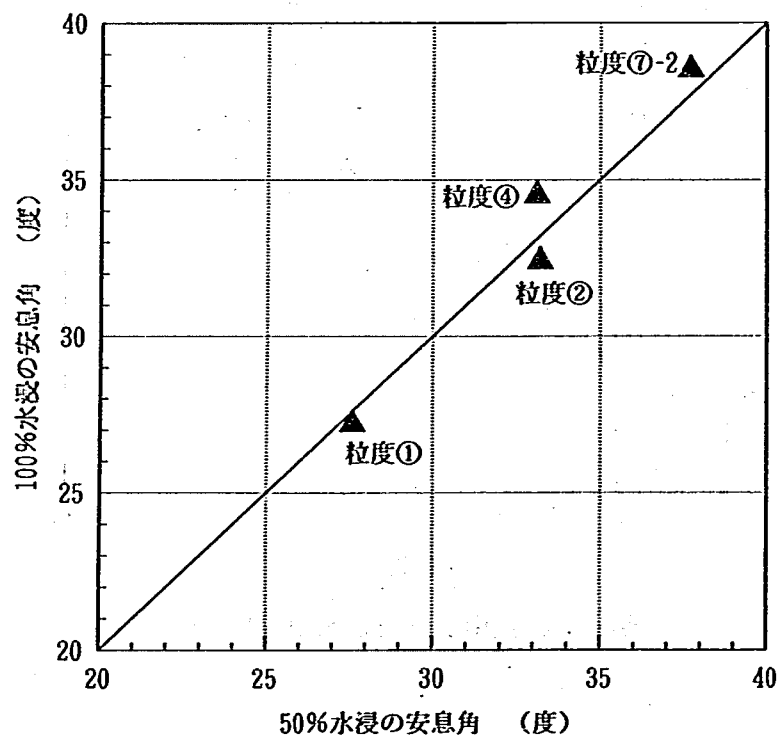


図-3.8 水浸の安息角試験における水浸水位の比較

3.2.3 水浸安息角

図-3.8は、締固めた供試体の水浸水位100%以上（完全に水浸）と50%の2種類の条件で水浸の安息角試験を実施して得た結果を比較したものである。なお、試料はC材料の4粒度である。これより安息角測定精度を加味すると、水浸水位によらず、ほぼ一定の水浸の安息角が得られることがわかる。あくまで2種類の水浸水位のみの比較であるので、水浸水位が全く影響しないとは断言できないが、実施の容易さも考慮して、水浸の安息角試験は、特に水浸水位を調整する必要のない100%以上水浸で行うことが適切と考える。

また、初期的には細粒分を含有していないが最適含水比の得られたC材料の粒度⑦-1については、気乾試料を最大密度試験の要領で作製した供試体と、最適含水比に調整した試料をJIS.IEcの締固めエネルギーで締固めた供試体について水浸の安息角試験を実施したが、その結果に大きな差は見られなかった（表-3.3、3.4）。

図-3.9は、細粒分を含まず均一粒径であるため明らかに非粘着性と考えられる試験ケース1のフィルタ材料の気中安息角と水浸安息角の差を示したものである。B材料では最大粒径が大きくなると気中安息角と水浸安息角の差が小さくなる傾向があるが、ガラスビーズ、A材料、C材料では最大粒径による明瞭な傾向は認められない。ただし、B材料の粒度⑤で水浸安息角が気中安息角を上回っており、Vaughanのいう粘着性材料と判定されるが、これは粒径が大きいため円錐型の山がきれいに形成されず、測定の誤差の影響と考えられる。よって、Sand Castle試験を非粘着性材料に対して行った場合の（気中安息角）－（水浸安息角）の値は、概ね0～+6度になるものと考えられる。Vaughanの定義によると、（気中安息角）－（水浸安息角）が0になる材料が非粘着性材料である。しかし、厳密には、気中状態と水浸状態では密度、応力状態が異なり、その安息角が一致すると断言することはでき

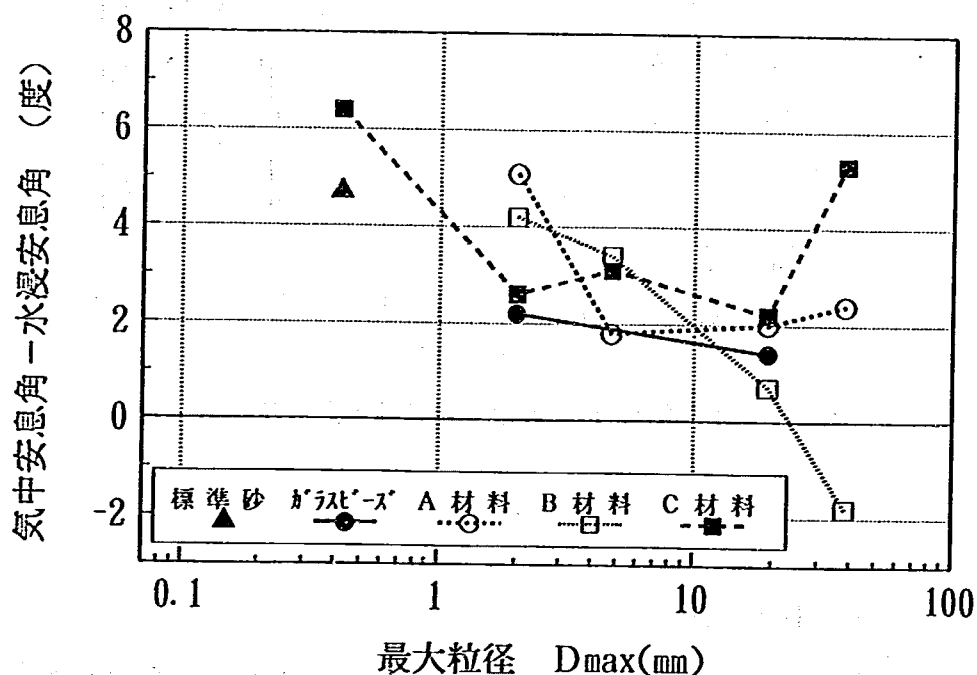


図-3.9 気中安息角と水浸安息角の差（試験ケース1）

ない。今回の非粘着性材料を用いた実験結果に基づくと、非粘着性材料の場合、(気中安息角)－(水浸安息角)は5～6度以下の正值になると言える。

次に、試験ケース2の気中安息角と水浸安息角の差を図-3.10に示す。気中の安息角試験を気乾試料で行ったものの結果を見ると、B材料では粒度⑦-1、⑦-2では+3～4度で推移しており非粘着性材料と判定されるが、粒度⑦-3、⑦-4は-3～-4度となり粘着性材料と判定され、粘着性であるか否かの境界は粒度⑦-2と⑦-3の間にあると考えられる。C材料ではB材料ほど明瞭な境界はないものの、気中安息角と水浸安息角の差が正から負に変移している粒度⑦-1と⑦-2の間に粘着性か否かの境界があると考えられる。

気中の安息角試験を最適含水比に調整した試料で行ったものの結果を見ると、B材料およびC材料はともに粒度⑦-3と⑦-4の間に気中安息角と水浸安息角の差の符号に変化があった。しかし、前述したように湿潤試料を用いた気中の安息角試験ではきれいな円錐型が形成されないため、非粘着性の判定には気乾試料を用いた気中の安息角試験によるべきである。

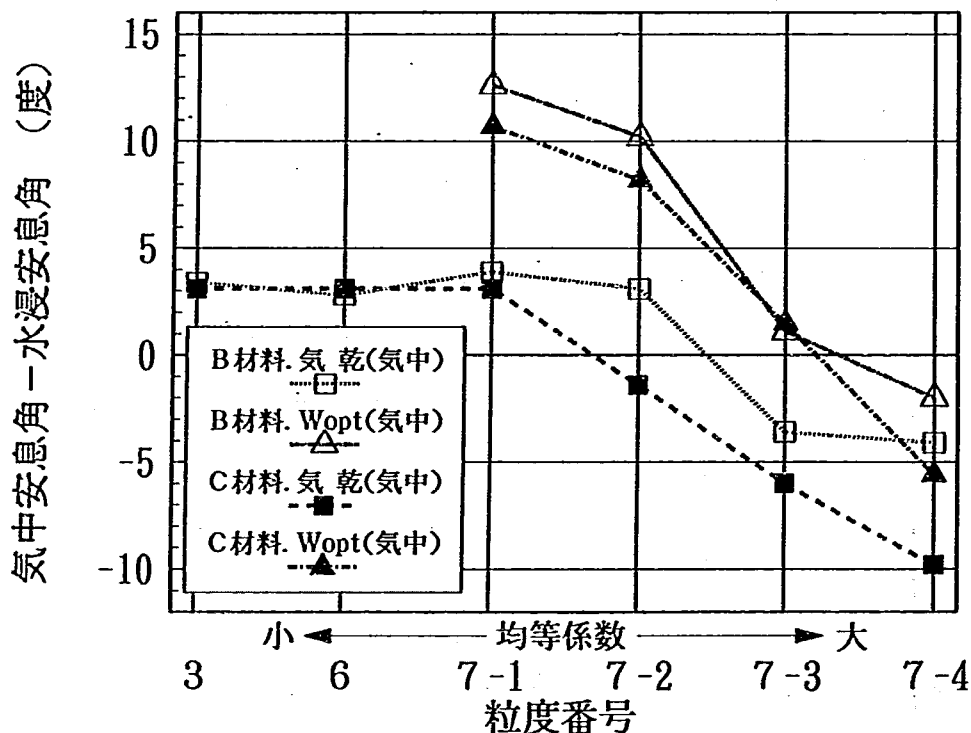


図-3.10 気中安息角と水浸安息角の差 (試験ケース2)

3.2.4 基本物性からの非粘着性の検討

粘着性材料か否かの境界があると思われる試験ケース2の材料について、材料の基本物性からの判定の可能性を検討した。

(1) 塑性指数と粘着性の関係

米国農務省土壌保全局 (SCS: U.S. Department of Agriculture, Soil Conservation Service) の指針¹⁷⁾に、非粘着性材料であるための条件として塑性指数はゼロでなければならないというものがある。今回の液性・塑性限界試験の結果(表-3.3)をみると、B材料およびC材料はともに粒度⑦-1、⑦-2ではNP (non-plastic) であったのに対し、粒度⑦-3、⑦-4では塑性指数が得られている。VaughanのSand Castle試験結果と考え合わすに、塑性指数が非粘着性の判定の指標となりうると思われる。

(2) 締固め特性と粘着性の関係

当初の設定粒度の細粒分含有率は、粒度⑦-1から⑦-4がそれぞれ0%、5%、10%、20%となっているが、表-3.5に示すとおり、突固め後には、B材料ではそれぞれ3.5%、8.5%、13.4%、21.5%に、C材料ではそれぞれ9.3%、14.2%、18.2%、27.9%になっている。B材料では1.5~3.5%、C材料では7.9~9.3%が締固め時の破碎により細粒分が増加していることになり、B材料に比べC材料の破碎に対する抵抗性が劣っていることがわかる。また、Marsalの粒子破碎率で破碎の状況を比較すると、B材料では2.8~4.9%、C材料で8.5~10.8%となり、全粒度範囲に渡ってC材料の破碎がB材料よりも多く発生していることがわかる。また、両材料とも細粒分含有率が大きくなるほど、小さな破碎率となっており、細粒土が粗粒土に対する緩衝材となっているものと考えられる。

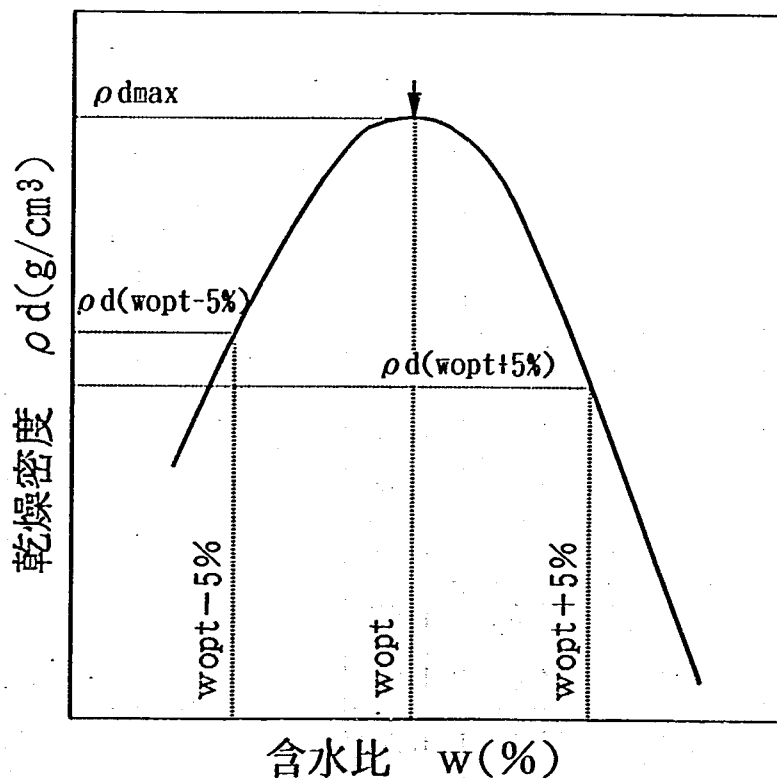


図-3.11 形状指数の考え方

つぎに、図-3.2に見られるようにB材料の粒度⑦-1では乾燥密度の値には含水比による違いは見られず、最適含水比の判定はできないが、粒度⑦-2、⑦-3、⑦-4では最適含水比の判定が容易になる。C材料では、粒度⑦-1でも最適含水比の判定は可能である。また、今回の粒度範囲では細粒分の含有率が大きい材料ほど最大乾燥密度も大きくなっている。さらに、細粒分の含有率が大きい材料ほど、締固め曲線は鋭い形状を呈し、はっきりと最大乾燥密度、最適含水比が決定できる傾向にある。ここで締固め曲線の形状を表す指標として形状指数Xを式(3.1)の様に定義した(図-3.11)。

$$X = \rho_{dmax} - \{ (w_{opt} + 5\% \text{の} \rho_d) + (w_{opt} - 5\% \text{の} \rho_d) \} / 2 \text{ (g/cm}^3\text{)} \cdots (3.1)$$

表-3.7にはXの計算結果を、また図-3.12に細粒分含有率とXとの関係を示す。これらより、どの材料に対しても細粒分の含有率が大きいものほどXの値は大きくなる傾向があり、Xによる非粘着性の判定の可能性があるものと考ええる。

(3) 透水性と粘着性の関係

図-3.13は、細粒分含有率と最小透水係数および最適含水比時の透水係数の関係を表している。さらに細粒分含有率は、締固め前の当初調整粒度と締固めによる破碎後の粒度の値で示している。いずれのケースにおいても細粒分含有率が大きくなると透水係数は小さくなることがわかる。フィルタ材の透水係数は一般的に、コア材の透水係数との関係やフィルタゾーンに間隙水圧が残留しないように、 $1.0 \times 10^{-4} \text{cm/s}$ 以上を要求されることが多い¹⁴⁾。この主旨を考えると、破碎後の最小透水係数が $1.0 \times 10^{-4} \text{cm/s}$ 以上となる細粒分含有率がとりうる最大値と考えられ、その最大値はB材料では7.2%、C材料では15.8%となる。さらに材料特有の破碎特性を考慮して締固め前の粒度を考えると、B材料で3.7%、C材料で7.0%まで許容できることになる。

表-3.7 締固め曲線形状指数

試料名		w_{opt} (%)	$w_{opt}-5\%$ (%)	$w_{opt}+5\%$ (%)	ρ_{dmax} (g/cm ³)	$\rho_d(w_{opt}-5\%)$ (g/cm ³)	$\rho_d(w_{opt}+5\%)$ (g/cm ³)	X (g/cm ³)
B 材 料	⑦-1	—	—	—	—	—	—	(0) *
	⑦-2	9.6	4.6	14.6	1.946	1.904	1.846	0.071
	⑦-3	8.5	3.5	13.5	2.024	1.940	1.884	0.112
	⑦-4	9.6	4.6	14.6	2.092	1.896	1.914	0.187
C 材 料	⑦-1	8.5	3.5	13.5	1.917	1.917	1.870	0.024
	⑦-2	9.4	4.4	14.4	1.934	1.896	1.846	0.063
	⑦-3	9.4	4.4	14.4	1.960	1.872	1.848	0.100
	⑦-4	10.5	5.5	15.5	2.006	1.890	1.850	0.136

*) 締固め曲線を含水比軸と平行と見なした場合。

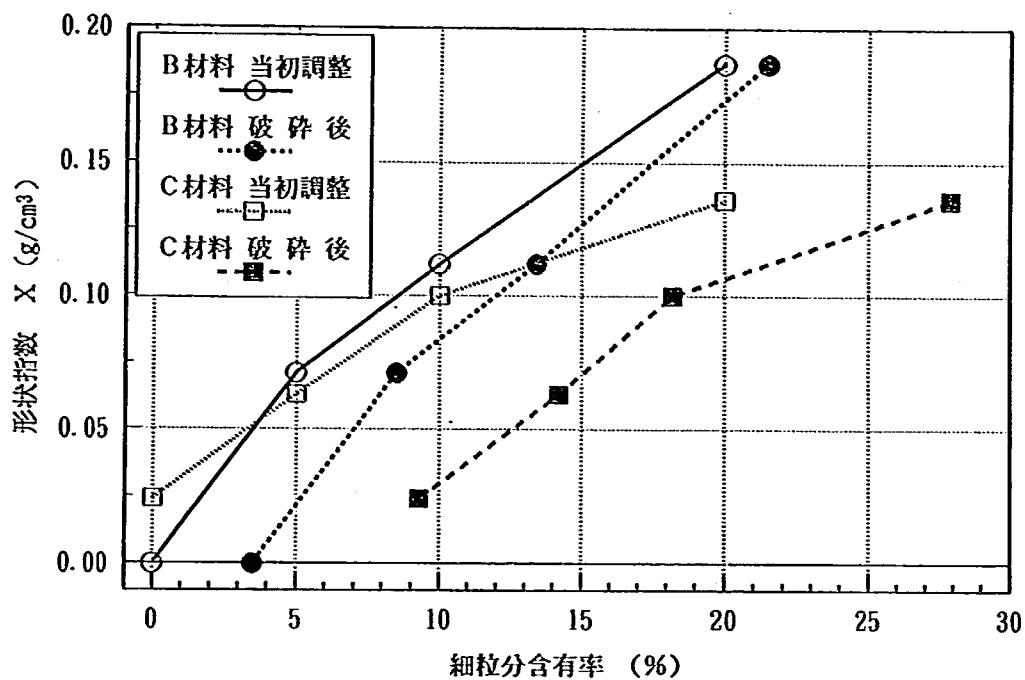
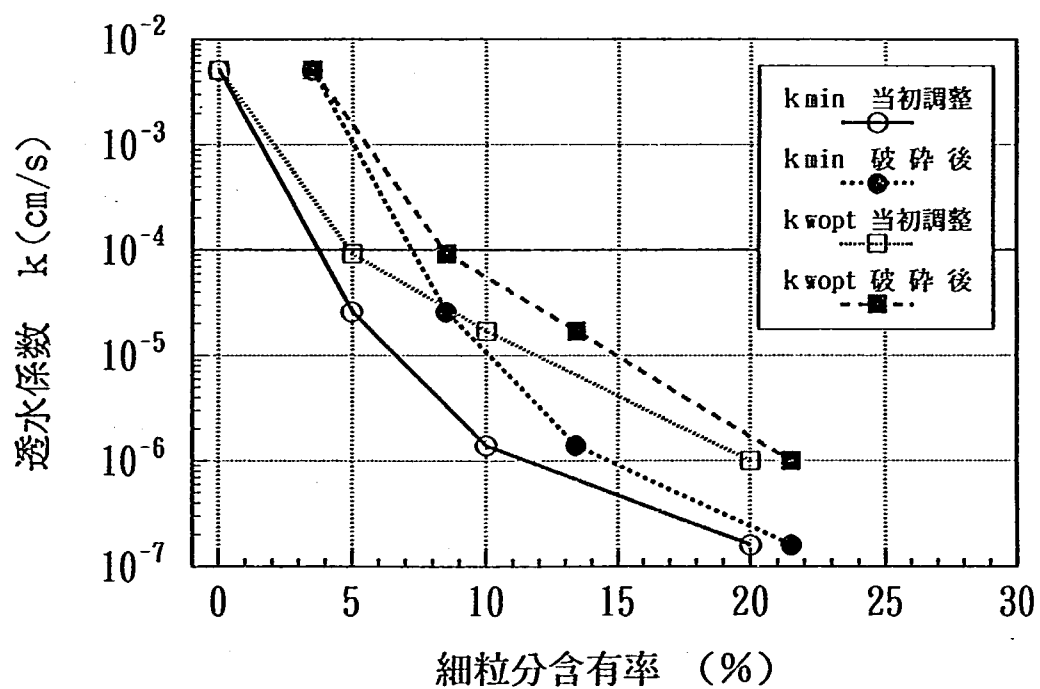
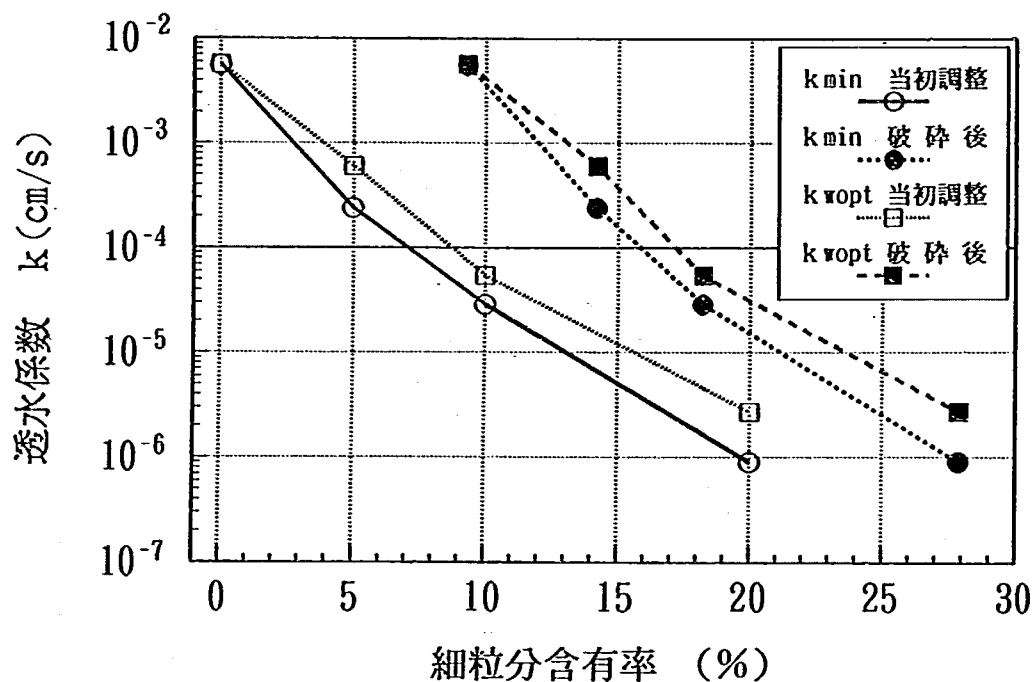


図-3.12 細粒分含有率と形状指数の関係



(a) B材料

図-3.13 細粒分含有率と透水係数の関係



(b) C材料

図-3.13 細粒分含有率と透水係数の関係

3.3 総合検討

Sand Castle試験および各種基本物性から、フィルタ材料に要求される非粘着性、透水性を満足するための細粒分含有率についての検討を行った内容を表-3.8に、さらにこれを図化したものを図-3.14にまとめる。非粘着性の条件からは塑性指数でNPであること、Sand Castle試験から得られる気中安息角と水浸安息角の差が正であること、また透水性の条件からは最小透水係数が 1×10^{-4} cm/s以上であることを、考慮して要求される細粒分含有率を示している。細粒分含有率は、当初調整粒度での値と粒子破砕後の粒度での値を併記している。

B材料では非粘着性の条件よりも透水性の条件から細粒分含有率が制限されることが判り、その値は当初調整粒度で3.7%以下、1Ecの締固めエネルギーによる粒子破砕後で7.2%以下となる。

一方、C材料では、非粘着性の条件のうちSand Castle試験結果から細粒分含有率が制限され、塑性指数や透水性の条件から決まる細粒分含有率よりも小さな値となっており、その値は当初調整粒度で0～5%の間、1Ecの締固めエネルギーによる粒子破砕後で9.3～14.2%の間となる。

このように、材料によって細粒分含有率を制限する条件が違うことが判った。また、非粘着性の2条件 (Sand Castle試験と塑性指数) から判定された細粒分含有率は、B材料では同じ結果となっているものの、C材料では若干異なっている。試験粒度の設定間隔を粗く設定したため断定できないが、非粘着性の2条件から得られる結果は、比較的近いものと考えられる。今後、細かく設定した試験粒度により検討を行い、非粘着性の2条件の比較を行いたいと考える。

表-3.8 判定一覧表

判定項目		判定条件	細粒分含有率		上段：当初調整 下段：破碎後
			B材料	C材料	
非 粘 着 性	塑性指数	NP	5~10%以下 8.5~13.5%以下	5~10%以下 14.2~18.2%以下	
	Sand Castle 試験		5~10%以下 8.5~13.5%以下	<u>0~5%以下</u> <u>9.3~14.2%以下</u>	
透 水 性		透水係数k	<u>3.7%以下</u>	7.0%以下	
		$\geq 10^{-4}(\text{cm/s})$	<u>7.2%以下</u>	15.8%以下	

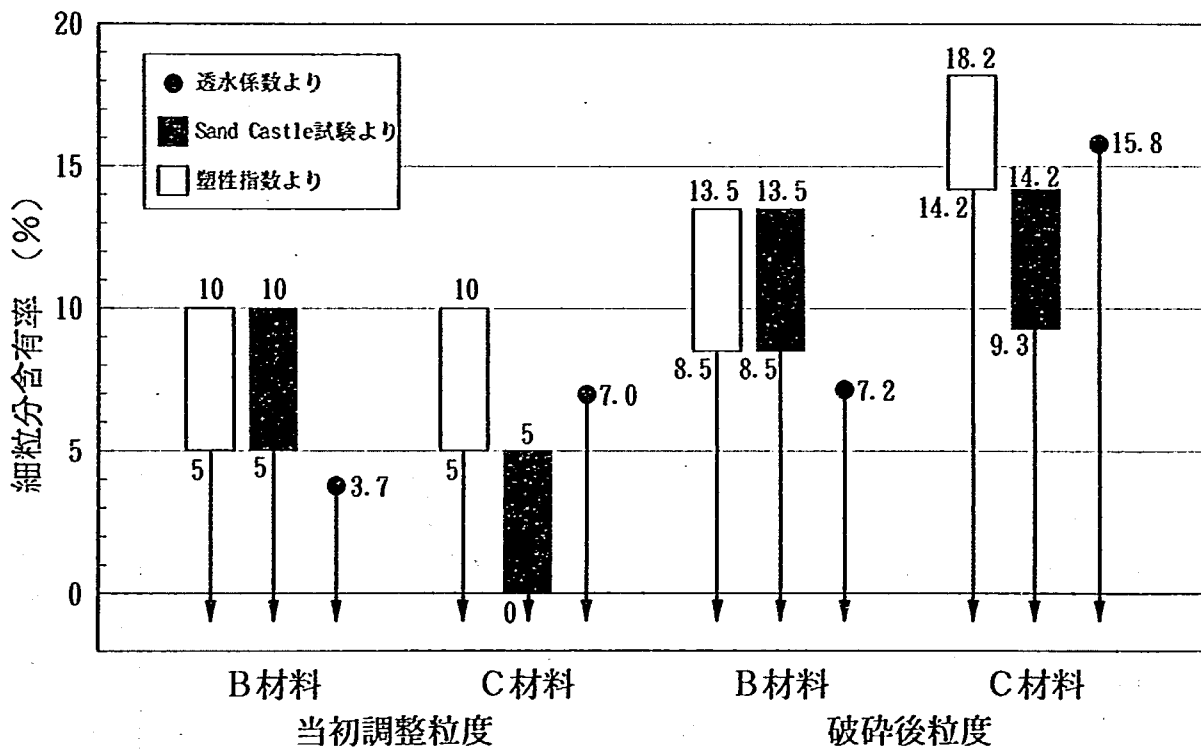


図-3.14 細粒分含有率判定図

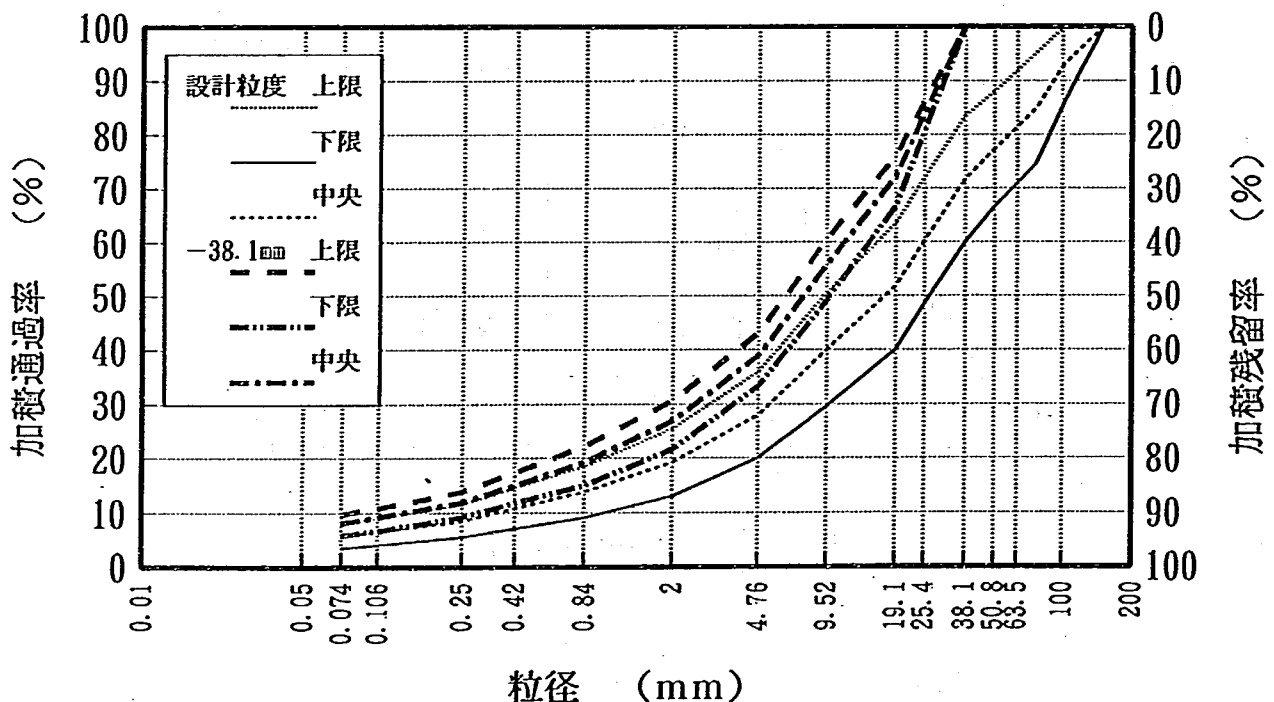
4. 現場粒度材料に対する Sand Castle試験

3章では、均一フィルタおよび広範囲フィルタに対して Sand Castle試験を行い、この試験により非粘着性の確認が概ねできることが判った。この章では、実際のフィルダムのフィルタ材料に用いられる予定の材料を、Sand Castle試験に供した。ただし、通常現場では最大粒径100~200mm程度の材料をフィルタ材料として用いているが、そのまま Sand Castle試験に使用することは難しいため、せん頭粒度について試験を行い、現場粒度材料についての見解を示す。

4.1 試料

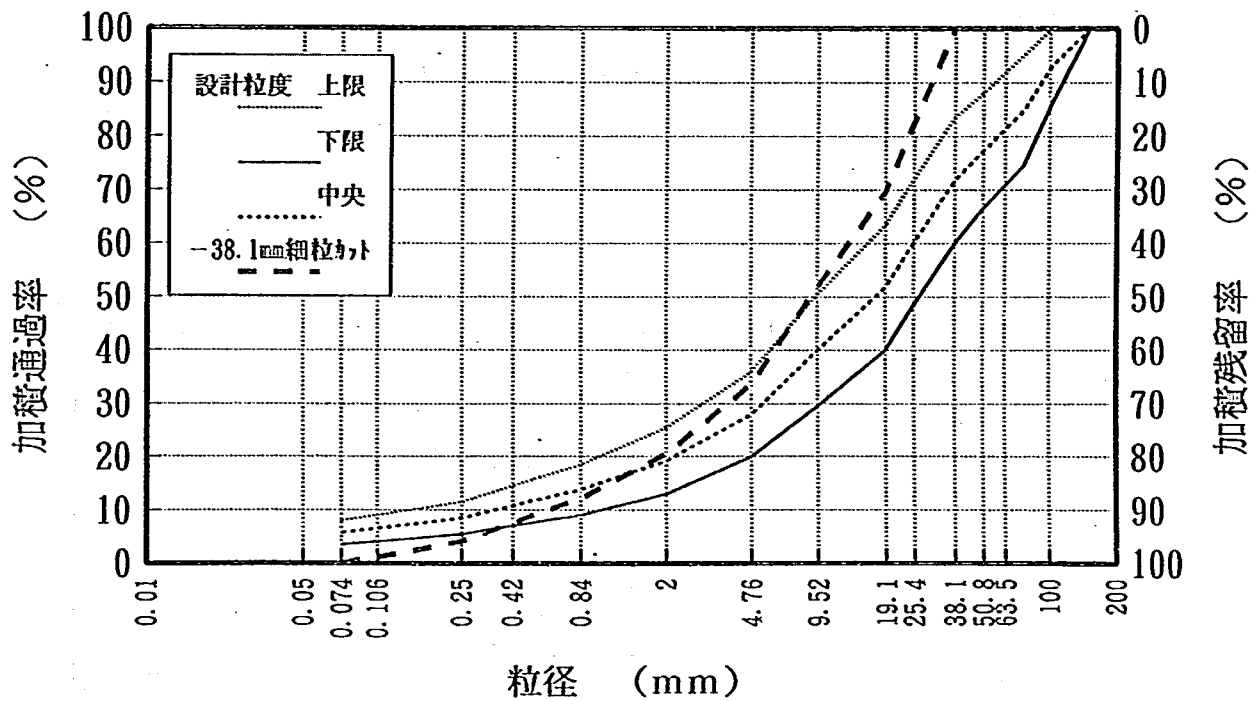
現場粒度材料は、3章において使用したC材料である。ただし3章では、0.074mm以下の細粒分にはあるダムのコア材料を混合していたが、現場粒度に対する試験では、0.074mm以下の細粒分にもC材料を採取した原石山で発生した細粒分を混合している点が異なっている。

図-4.1に Sand Castle試験を実施した試験粒度をフィルタ材の現場での設計粒度（上限、下限、中央）と共に示す。図-4.1(a)には、設計粒度範囲の上限、下限、中央をそれぞれ最大粒径38.1mmにせん頭した粒度を示しており、これらに対する試験を試験ケース3とする。図-4.1(b)には、設計粒度の中央を最大粒径38.1mmにせん頭し、さらに0.074mm以下の細粒分を除去した粒度を示しており、これに対して、最大密度試験の要領で供試体を作製した供試体と突固めにより作製した供試体の違いを比較する試験を試験ケース4とする。また、図-4.1(c)には、設計粒度の中央を最大粒径38.1mm、19.1mm、4.76mmの3種類にせん頭した粒度を示し、これらに対する試験を試験ケース5とする。表-4.1には試験

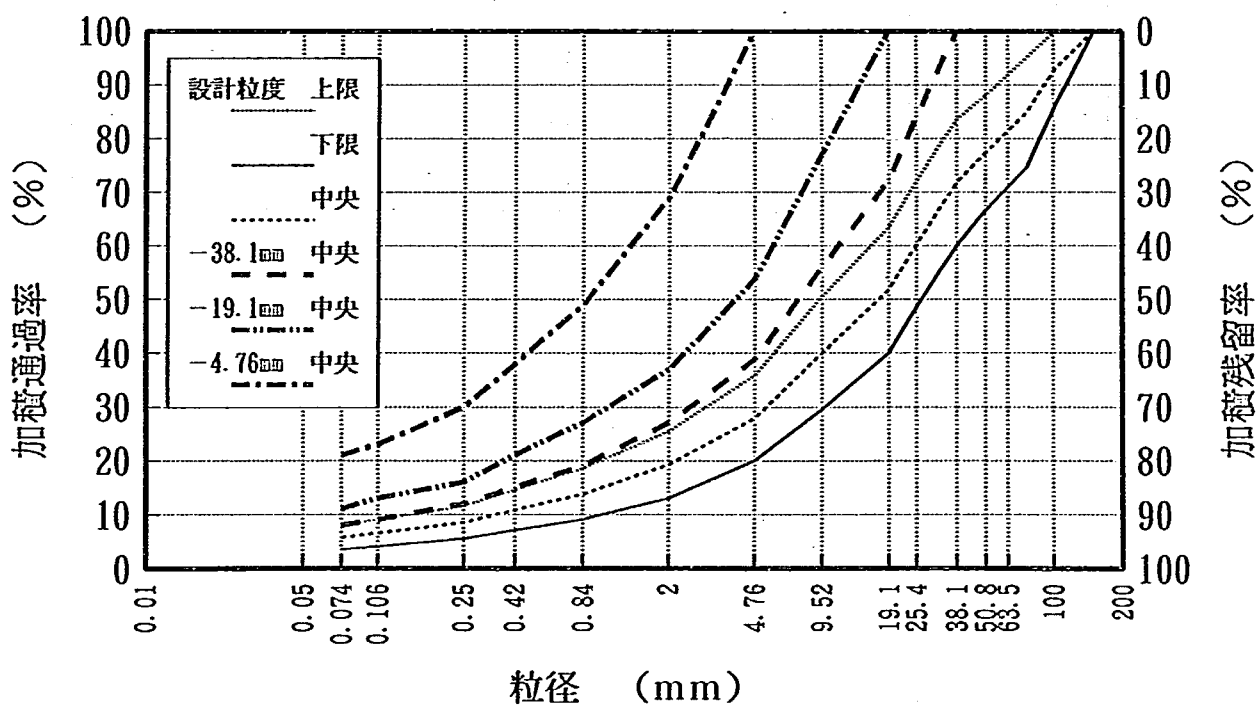


(a) 試験ケース3

図-4.1 フィルタ材の粒度分布曲線



(b) 試験ケース 4



(c) 試験ケース 5

図-4.1 フィルタ材の粒度分布曲線

粒度の粒度構成を示す。

表-4.2には各試料について実施した物理試験結果を示す。また、突固め・透水試験の結果を表-4.3、
図-4.2、に示す。表-4.3には最適含水比試料を締固めエネルギー1Ecで締固めた時の破碎後の細粒分
含有率およびMarsalの粒子破碎率も示している。

表-4.1 フィルタ材の粒度構成

単位：%

粒 径 (mm)	- 4.76mm	- 19.1mm	- 38.1mm			
	中 央	中 央	上 限	中 央	下 限	細粒カット
0.074以下	21	11	10	8	6	0
0.074~0.105	2	2	1	1	1	1
0.105~0.25	7	3	3	3	2	3
0.25~0.42	8	5	3	3	3	4
0.42~0.84	11	6	5	4	3	4
0.84~2.00	20	10	9	8	7	8
2.00~4.76	31	17	12	12	11	14
4.76~9.52		23	17	17	16	18
9.52~19.1		23	16	16	18	18
19.1~25.4			10	12	14	13
25.4~38.1			14	16	19	17

表-4.2 物理試験結果

試料名	粒 度 名 または 粒 径	真 比 重 G _s	総乾比重 G _c	吸 水 量 Q(%)	液性限界 w _L (%)	塑性限界 w _p (%)	塑性指数 I _p
C材料	38.1~25.4mm		2.654 (2.651)	0.83 (0.89)			
	19.1~9.52mm		2.632 (2.634)	1.37 (1.37)			
	4.76~2.0mm	2.715 (2.714)					
	2.0~0.84mm	2.693 (2.699)					
	0.84~0.42mm	2.748 (2.740)					
	0.42~0.25mm	2.757 (2.744)					
	0.25~0.106mm	2.763 (2.754)					
	0.106~0.074mm	2.755 (2.750)					
	0.074mm以下	2.701 (2.722)					
	-4.76mm中央	2.719*			24.0	15.2	8.8
	-19.1mm中央	2.697*			24.2	15.0	9.2
	-38.1mm上限	2.674*			22.9	14.8	8.1
	-38.1mm中央	2.668*			24.3	15.0	9.3
	-38.1mm下限	2.672*			23.7	15.3	8.4
	-38.1mm細粒カット	2.670*			NP	NP	NP

*) 合成比重。ただし、4.76~9.52mmおよび19.1~25.4mmの比重については、それぞれ9.52~19.1mmおよび25.4~38.1mmの比重と同じと仮定して算定した。

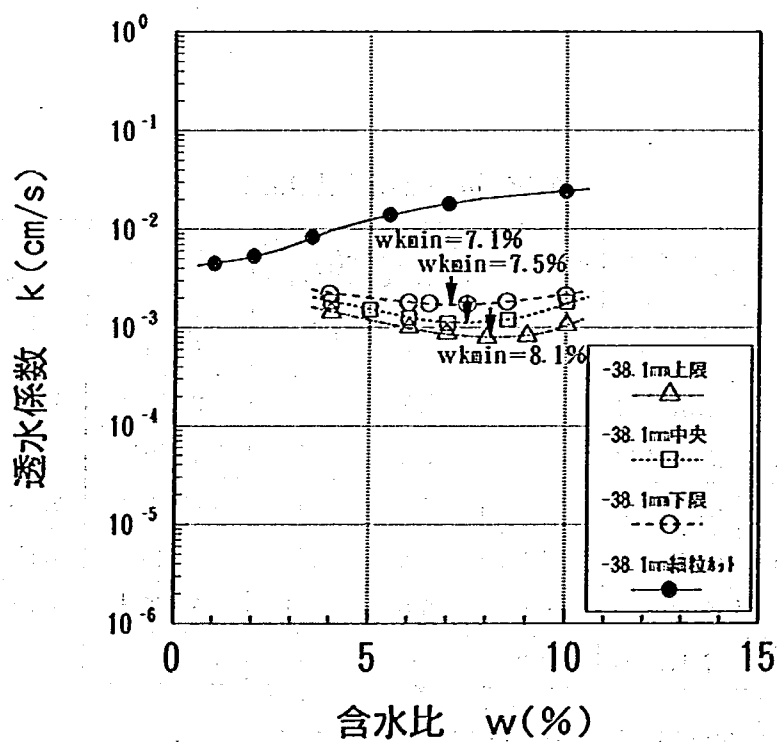
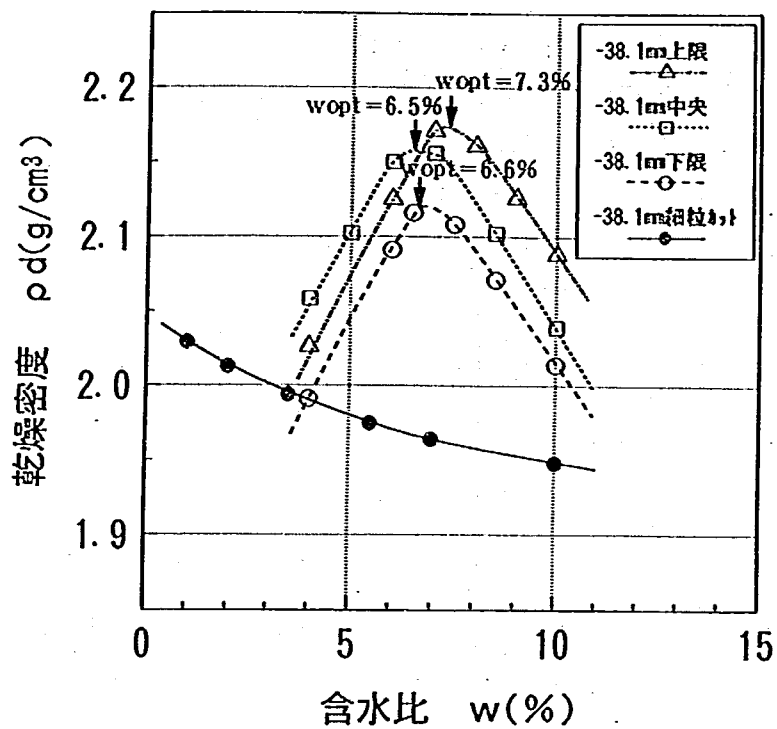
注) カッコ書きは均一フィルタ・広範囲フィルタに対するSand Castle試験実施時のC材料の結果。

表-4.3 突固め・透水試験結果

粒 度 名	細粒分含有率 (%)		破 碎 率 B _N (%)	最 含 水 適 比 w _{opt} (%)	最 大 乾燥密度 ρ _{dmax} (g/cm ³)	透 係 数 k _{opt} (cm/s)	最 小 透水係数 k _{min} (cm/s)	含 水 比 w _{kmin} (%)
	当初調整	締固め後*						
-4.76mm中央	21.0	27.5(+6.5)	8.2	8.8	2.083	1.9×10 ⁻⁵	1.9×10 ⁻⁵	9.0
-19.1mm中央	11.0	15.9(+4.9)	7.1	7.9	2.141	1.1×10 ⁻⁴	1.1×10 ⁻⁴	8.4
-38.1mm上限	10.0	15.1(+5.1)	7.4	7.3	2.173	8.4×10 ⁻⁴	7.9×10 ⁻⁴	8.1
-38.1mm中央	8.0	13.3(+5.3)	6.3	6.5	2.161	1.2×10 ⁻³	1.1×10 ⁻³	7.5
-38.1mm下限	6.0	12.1(+6.1)	6.9	6.6	2.116	1.7×10 ⁻³	1.7×10 ⁻³	7.1
-38.1mm細粒カット	0.0	7.1(+7.1)	9.0	—	—	1.2×10 ^{-2**}	1.2×10 ^{-2**}	—

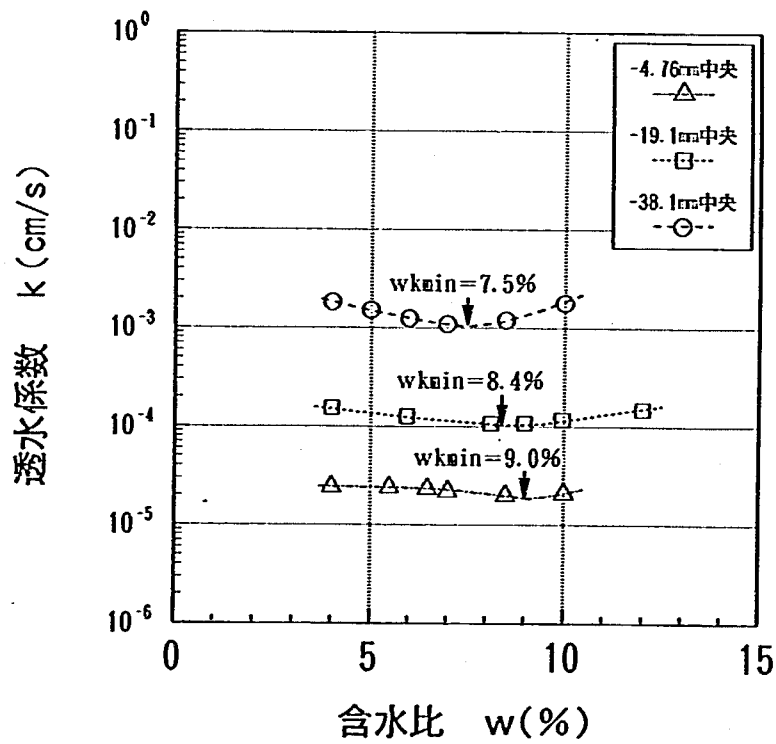
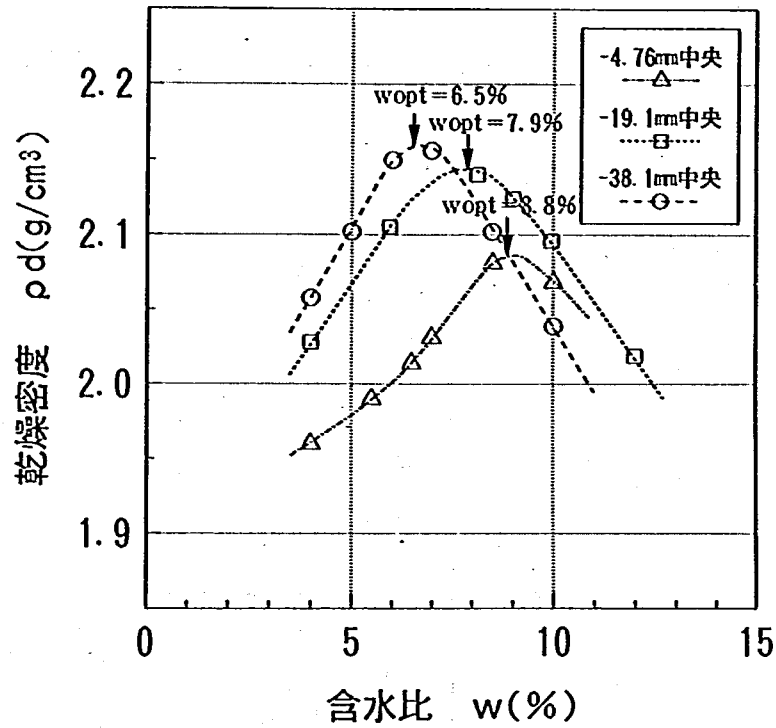
*) : ()内の値は締固め後の当初調整粒度に対する細粒分含有率の増加を表示する。

**): 平均透水係数



(a) 試験ケース 3, 4

図-4.2 突固め・透水試験結果



(b) 試験ケース 5

図-4.2 突固め・透水試験結果

4.2 試験結果および考察

表-4.4に現場粒度について実施した各安息角試験の試験結果を示し、以下に考察する。

表-4.4 Sand Castle 試験結果

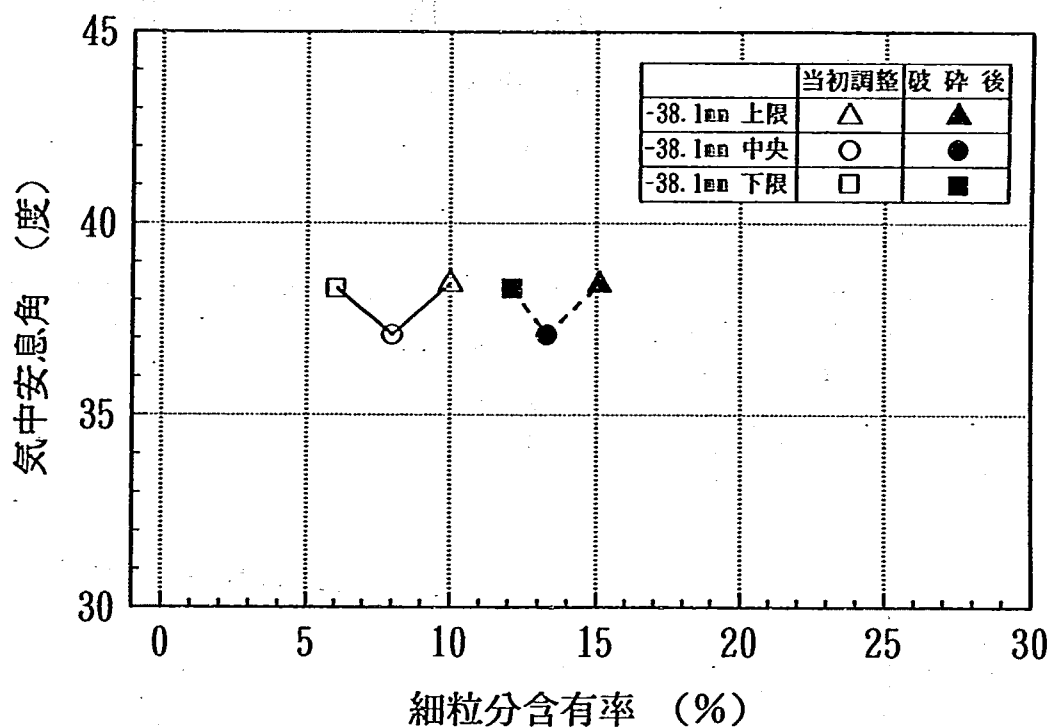
粒 度	気中の安息角試験				水浸の安息角試験					気中 水浸 (度)
	試料状態	試験後乾燥 密度(g/cd)	安息角(度)		試料状態	乾燥密度(g/cd)		安息角(度)		
			平均値	範 囲		試験前	試験後	平均値	範 囲	
-4.76mm中央	気乾	1.126	37.7	36.9~39.0	Wopt (8.8%)	2.050	2.130	37.0	36.6~37.3	0.7
-19.1mm中央	気乾	1.225	36.9	36.8~37.0	Wopt (7.9%)	2.197	1.498	40.3	38.5~42.5	-3.4
-38.1mm上限	気乾	1.482	38.4	38.1~38.6	Wopt (7.3%)	2.233	1.327	41.7	39.4~44.6	-3.3
-38.1mm中央	気乾	1.472	37.1	36.9~37.3	Wopt * (6.5%)	2.232	1.430	41.4	34.8~46.9	-4.3
-38.1mm下限	気乾	1.524	38.3	37.3~39.1	Wopt (6.6%)	2.189	1.243	43.7	42.8~45.2	-5.4
-38.1mm細粒 カット	気乾	1.625	36.5	34.9~38.3	Wopt相当 (7.0%)	2.062	2.185	28.6	27.6~30.1	7.9
					気乾 *	1.993	1.993	34.1	29.0~39.5	2.4

注) *印の試料状態は5回の試験の平均値を示す(他の試料状態は3回)。

4.2.1 気中安息角

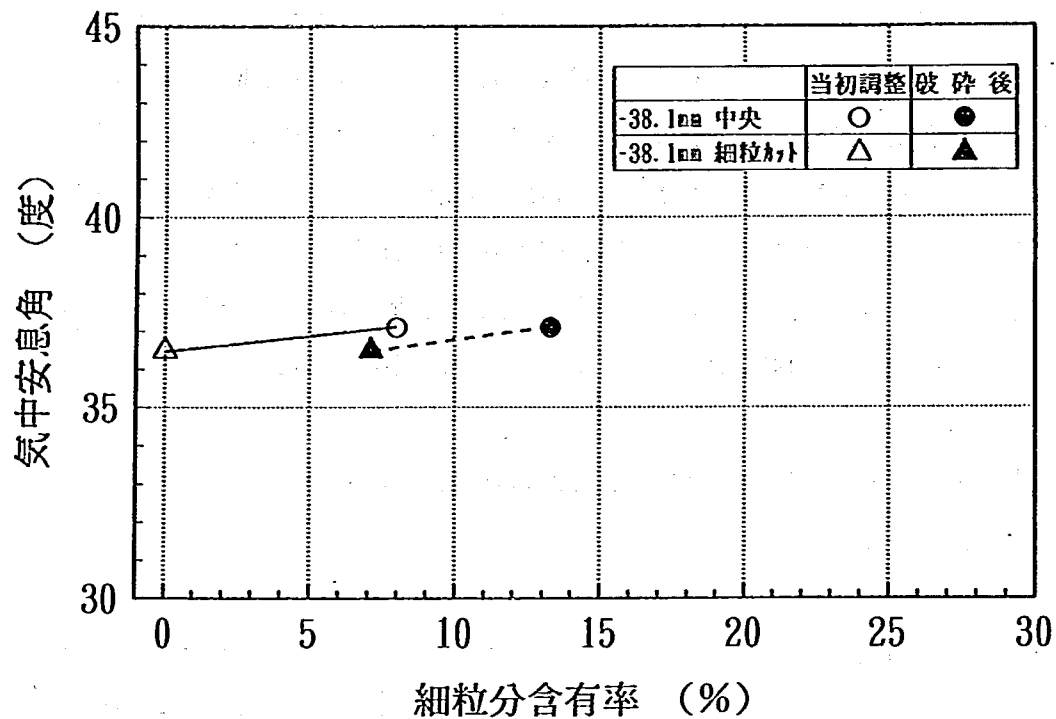
図-4.3に気中の安息角試験結果を示す。個々の気中の安息角試験において3回繰り返して実施しているが、円錐型の山を安定して形成される量の材料を用意しているために、それぞれの測定値についてはバラツキは少ない。試験ケース3では-38.1mm上限、-38.1mm中央、-38.1mm下限の細粒分含有率は、それぞれ当初調整時で10、8、6%、破碎後でも15.1、13.3、12.1%と大きな差がないためか、気中安息角は約37~38度の狭い範囲に分布していた。試験ケース4の細粒分カット材と-38.1mm中央では、その細粒分含有率には当初調整で8%、破碎後で6%程度の開きがあったが、気中安息角はわずか0.6度の違いとなった。試験ケース5では最大粒径に相違があり、細粒分含有率においても当初調整で最大13%、破碎後で最大14%程度の開きがあったが、気中安息角では試験ケース4と同様1度以内の範囲に収まった。

以上の結果を考慮するに、気中安息角は、今回の試験粒度においては最大粒径や細粒分含有率によらずほぼ同様な値になることがわかった。

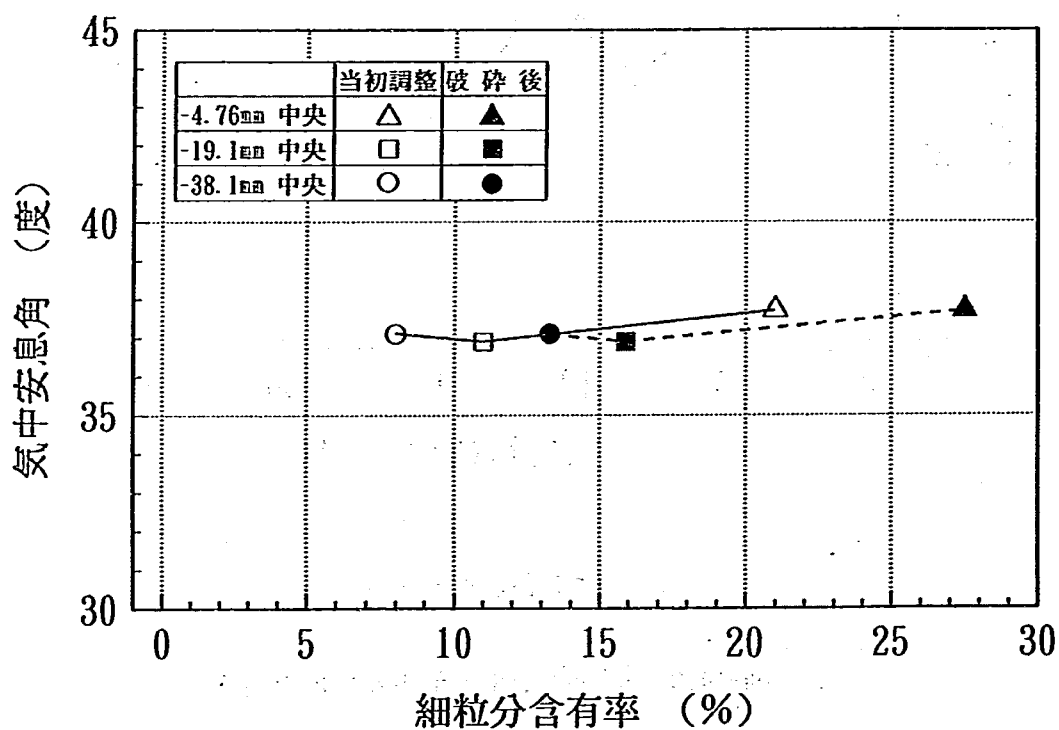


(a) 試験ケース3

図-4.3 細粒分含有率と気中安息角の関係



(b) 試験ケース 4



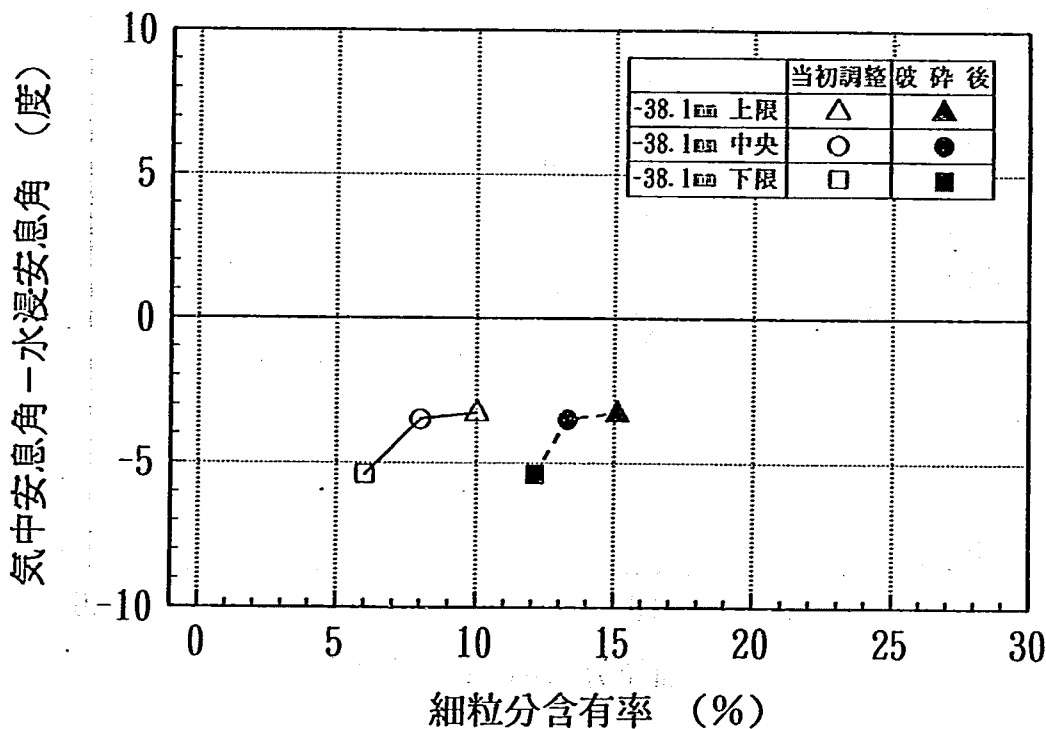
(c) 試験ケース 5

図-4.3 細粒分含有率と気中安息角の関係

4.2.2 水浸安息角

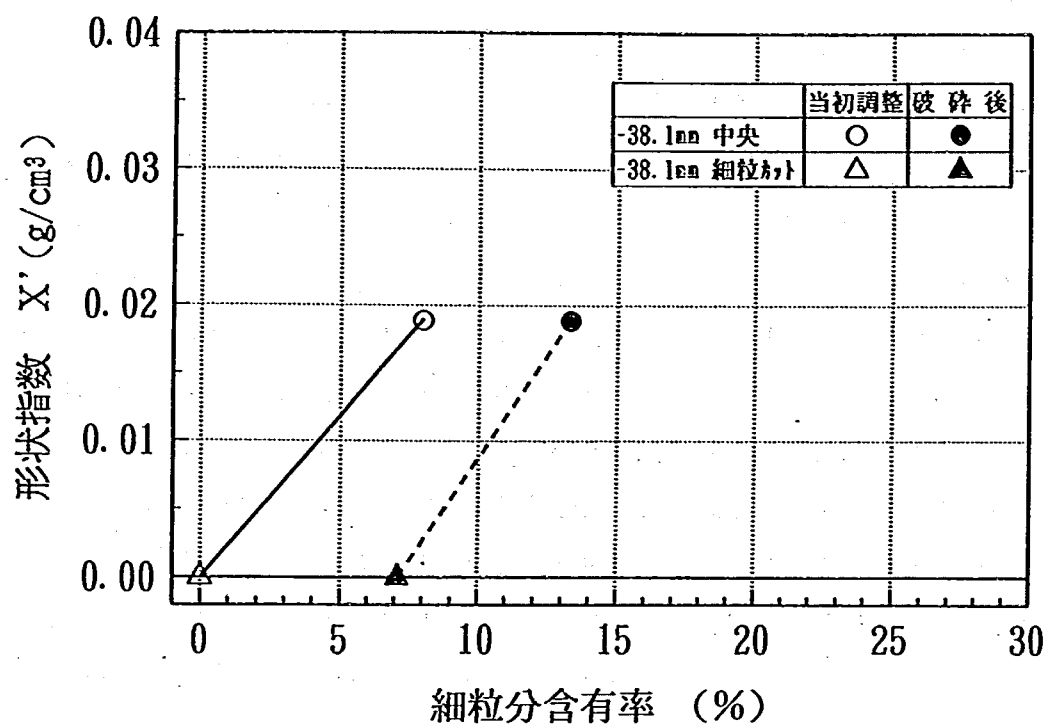
水浸の安息角試験でも、同条件の試料に対して原則として3回の繰り返し試験を行っているが、特に最大粒径38.1mmの材料において、その測定値に大きなバラツキが見られている。これは、最大粒径38.1mmの隙を有する材料がきれいな円錐型の山を形成するには、ある一定以上の量が必要と考えられるが、今回の水浸の安息角試験ではφ150mmのモールドを標準として試験を行ったために材料の使用量が限定され、きれいな山が形成されなかったことによるものとする。すなわち、大きな隙が斜面を転がり落ちて山から離れた時と、山の中に吸収している時で安息角の計算に必要な円錐底面直径と円錐高さがかかなり異なってしまうためである。一方、後述する最大粒径が19.1mmおよび4.76mmの材料では、φ150mmのモールドに対して妥当な量で試験を実施できたと考えられ、バラツキが少なくなっている。最大粒径38.1mmの材料に対しては、一部5回の試験を実施しており、これらの繰り返し試験で得られた結果の平均値で考察することで大きな問題は生じないと考える。

試験ケース3での気中安息角と水浸安息角の差は、図-4.4(a)に示すとおり約-3~-5度となり、粘着性を有していると判定される。しかし、細粒分含有率が高いものほど粘着性の傾向が強くなることが考えられるが、試験ケース3の3条件からは、細粒分含有率が高い-38.1mm上限よりも細粒分含有率が小さい-38.1mm下限のほうが気中安息角と水浸安息角の差が負で大きくなり粘着性が強い

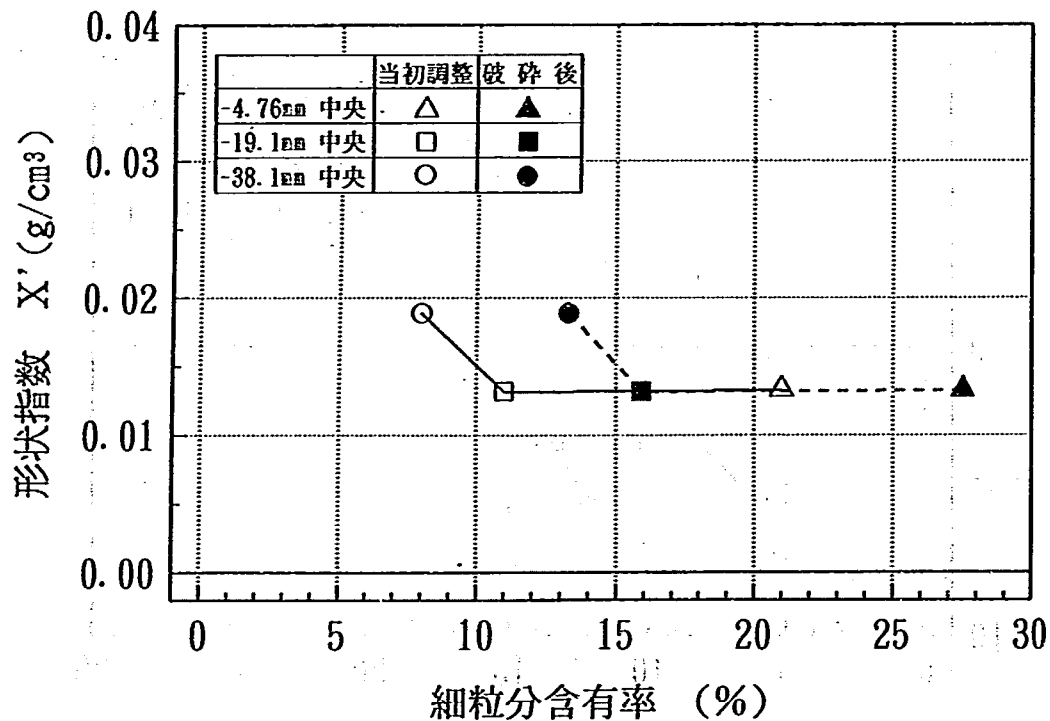


(a) 試験ケース3

図-4.4 細粒分含有率と気中安息角と水浸安息角の差



(b) 試験ケース 4



(c) 試験ケース 5

図-4.4 細粒分含有率と気中安息角と水浸安息角の差

という逆傾向が見られた。試験ケース4では、含水状態（含水比7%）で締固めた供試体の試験前密度は $2.062\text{g}/\text{cm}^3$ に対し、気乾試料を最大密度試験の要領で作製した供試体の試験前密度は $1.993\text{g}/\text{cm}^3$ となり、若干緩詰めであるが、水浸安息角は大きい値となっている。また、図-4.4(b)に示すとおり、気中安息角と水浸安息角の差はどちらも正の値となっており、非粘着性材料であると判定され、細粒分を含有している材料とは明らかに粘着性の点で相違があることが確認できた。

試験ケース5では、-4.76mm中央、-19.1mm中央、-38.1mm中央の順に密度が大きくなっており、水浸安息角の値もこの順に大きくなっている。図-4.4(c)には試験ケース5の気中安息角と水浸安息角の差を細粒分含有率とともに示している。これによると、細粒分含有率が21%と大きなものが正の値となり、逆に細粒分含有率が小さくなると、負になるという傾向がある。この結果から、水浸安息角は細粒分含有率だけでなく、試料の最大粒径や粒度分布曲線形状等の影響も強く受けるものと考えられる。

4.2.3 基本物性から非粘着性の検討

C材料の現場粒度試料の基本物性からその粘着性判定の可能性を検討した。

(1) 塑性指数と粘着性の関係

3.2.4(1)で述べたとおり、SCSの指針にフィルタ材料が非粘着性であるための条件に、塑性指数はゼロでなければならないとある。現場粒度材料の液性・塑性限界試験結果（表-4.2）でみると、最大粒径38.1mmで細粒分を除去したものでNPとなっており、また、その他の粒度（当初調整時の細粒分含有率6～21%）では塑性指数が得られている。

(2) 締固め特性と粘着性の関係

表-4.3に示したとおり、突固めにより細粒分含有率が当初調整粒度より4.9～7.1%増加している。この数値は3章で述べた試験ケース2のC材料の7.9～9.3%よりも少ないが、これは粒度曲線の形状がよいためと考えられる。また、図-4.2に見られるように、最大粒径38.1mmで細粒分を除去したものでは乾燥密度の値には含水比との相関は見られず、最適含水比の判定はできないが、その他の粒度では最適含水比の判定は容易となっている。ここで、式(3.1)に基づいて形状指数Xの計算を試みたが、突固め試験での含水比の範囲が狭いために、一部の粒度でXの算出ができなかった。よって、含水比範囲が狭い場合の形状指数X'を、式(4.1)により求めた。

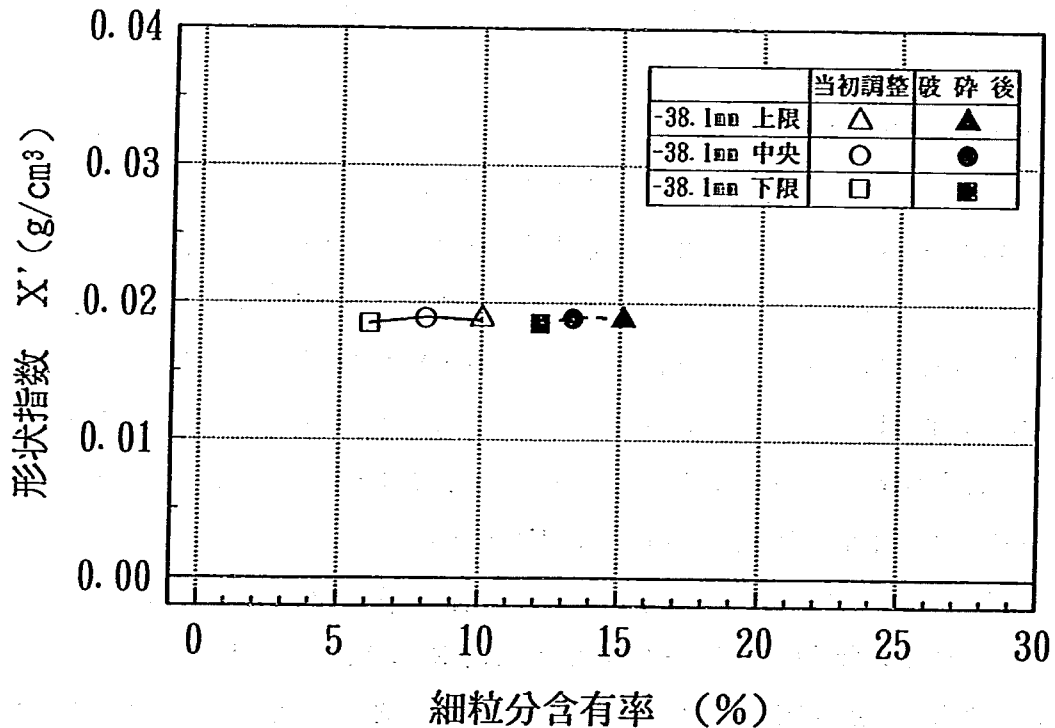
$$X' = \rho_{d\max} - \{(w_{\text{opt}} + 3\% \text{ の } \rho_d) + (w_{\text{opt}} - 3\% \text{ の } \rho_d)\} / 2 \text{ (g/cm}^3\text{)} \cdots (4.1)$$

形状指数XおよびX'の計算結果を表-4.5に示す。X、X'の2種類を算出できた-4.76mm中央、-19.1mm中央では、両者には極端な開きはないものと思われる。図-4.5には細粒分含有率とX'の関係を示す。図-4.5(a)の試験ケース3では、細粒分含有率に大きな差がないためか、X'の値はほぼ同じ値となった。図-4.5(b)の試験ケース4では、細粒分含有率が大きなものほどX'が大きくなるという一般的な傾向が読み取れるが、図-4.5(c)に示す試験ケース5では、細粒分含有率が小さなものでX'が大きくなっており、4.2.2の水浸安息角の項でも述べたような逆傾向があり、X'の値も細粒分含有率だけで

表-4.5 締固め曲線形状指数

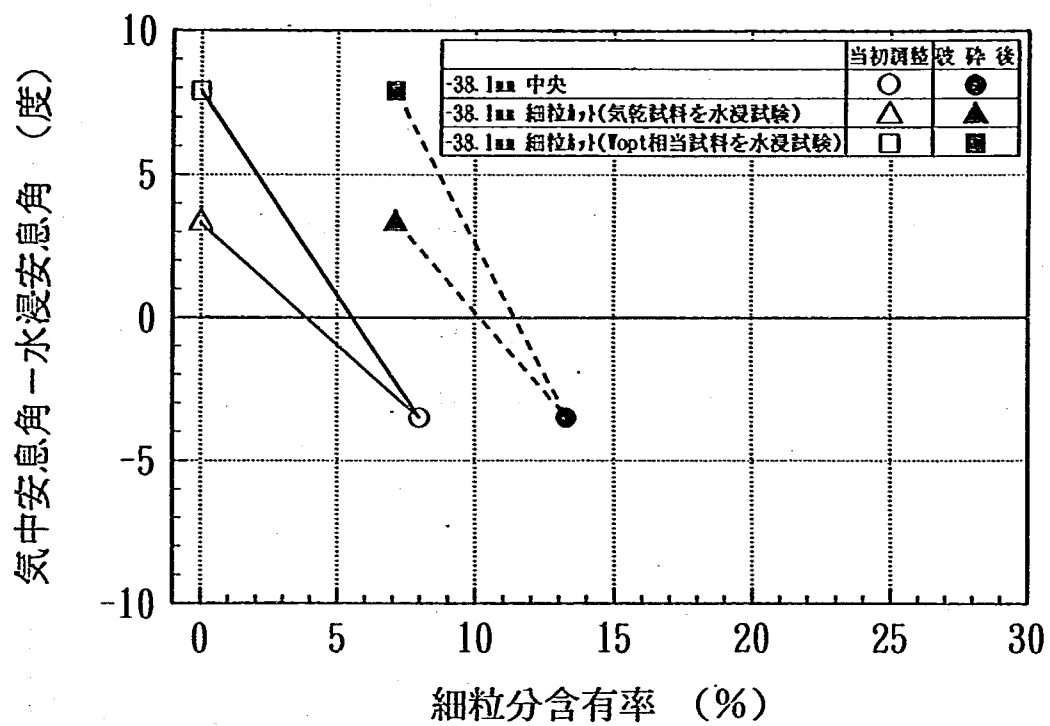
粒 度 名	wopt (%)	[wopt-3%] wopt-5% (%)	[wopt+3%] wopt+5% (%)	ρ_{dmax} (g/cm ³)	[ρ_d (wopt-3%)] ρ_d (wopt-5%) (g/cm ³)	[ρ_d (wopt+3%)] ρ_d (wopt+5%) (g/cm ³)	[X'] X (g/cm ³)
-4.75mm中央	8.8	[5.8] 3.8	[11.8] 13.8	2.083	[1.997] 1.958	[2.010] 1.944	[0.0133] 0.0132
-19.1mm中央	7.9	[4.9] 2.9	[10.9] 12.9	2.141	[2.065] 1.979	[2.059] 1.986	[0.0132] 0.0159
-38.1mm上限	7.3	[4.3] 2.3	[10.3] 12.3	2.173	[2.042]	[2.078]	[0.0188]
-38.1mm中央	6.5	[3.5] 1.5	[9.5] 11.5	2.161	[2.035]	[2.060]	[0.0189]
-38.1mm下限	6.6	[3.6] 1.6	[9.6] 11.6	2.116	[1.980]	[2.030]	[0.0185]
-38.1mm細粒カット	—	—	—	—	—	—	(0) *

*) 締固め曲線を含水比軸と平行と見なした場合

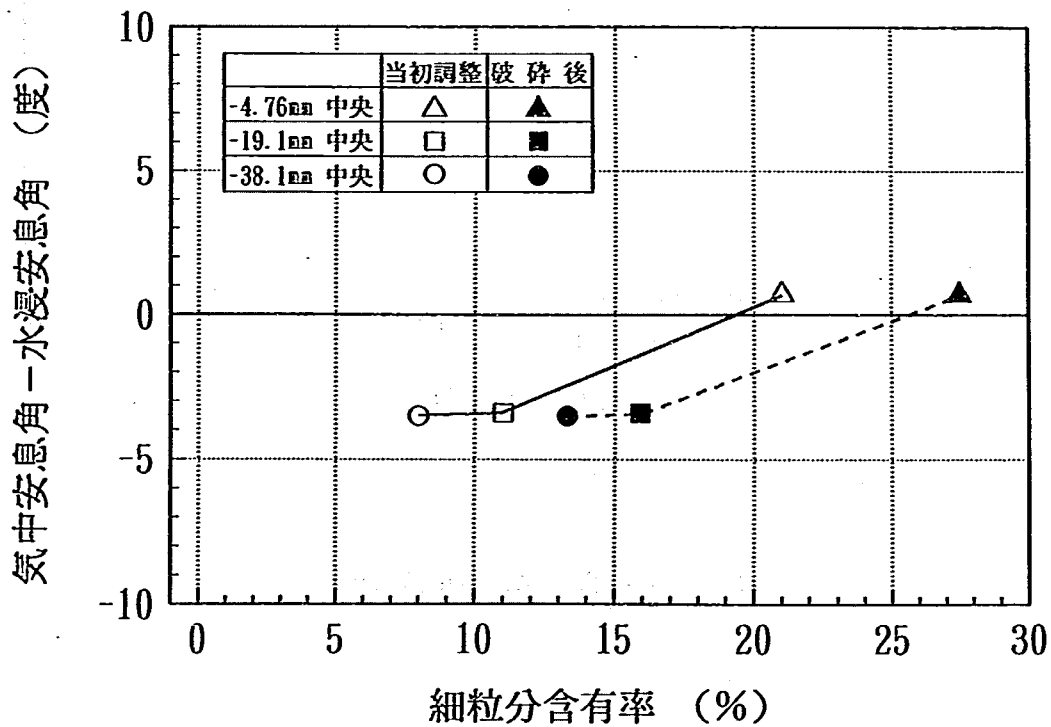


(a) 試験ケース 3

図-4.5 細粒分含有率と形状指数の関係



(b) 試験ケース 4



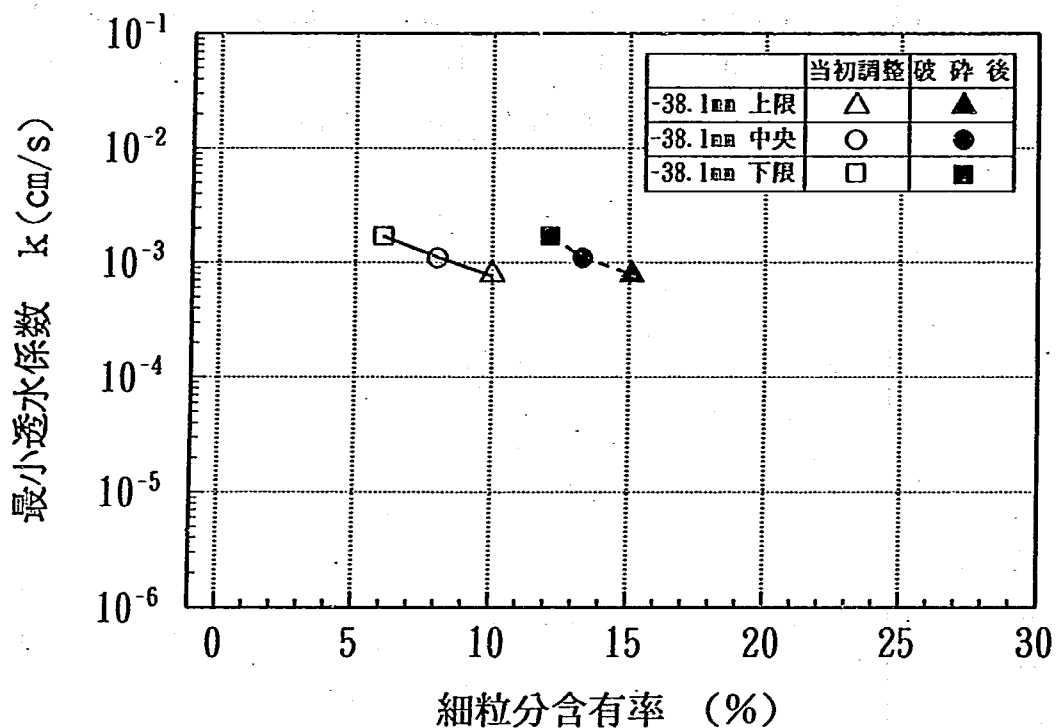
(c) 試験ケース 5

図－4.5 細粒分含有率と形状指数の関係

なく、試料の最大粒径や粒度分布曲線形状等の影響も受けるものと考えられる。

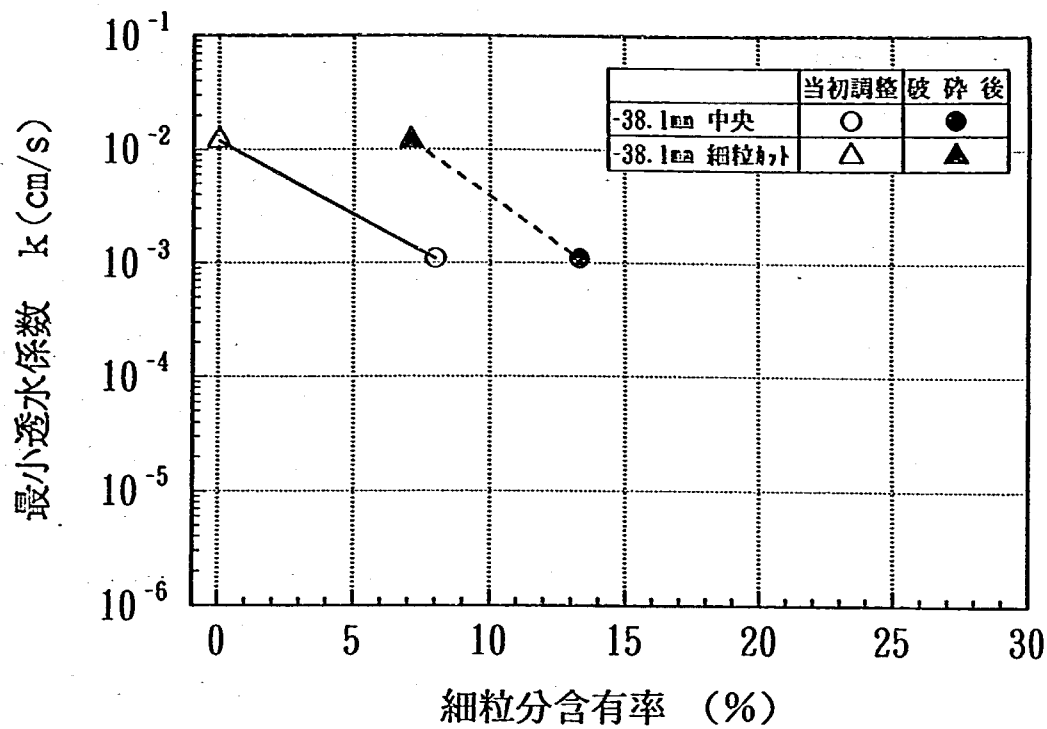
(3) 透水性と粘着性の関係

図-4.6には、細粒分含有率と最小透水係数の関係を示しているが、どの試験ケースにおいても細粒分含有率が大きくなれば最小透水係数が小さくなる傾向が認められる。また、フィルタ材料の透水係数は一般に $1.0 \times 10^{-4} \text{cm/s}$ 以上を要求されることが多いことは3.2.4(3)で述べたとおりであるが、これを考慮に入ると、図-4.6(a)の試験ケース3、図-4.6(b)の試験ケース4はいずれも問題のない結果となる。しかし、図-4.6(c)の試験ケース5では最大粒径が小さくなると透水係数も小さくなり、最大粒径が4.76mmの試料では 10^{-5}cm/s オーダーの値をとるに至っている。ただし、このダムで用いられるフィルタ材料の最大粒径は150mmと計画されているので、透水性の面で問題となることはないと考え

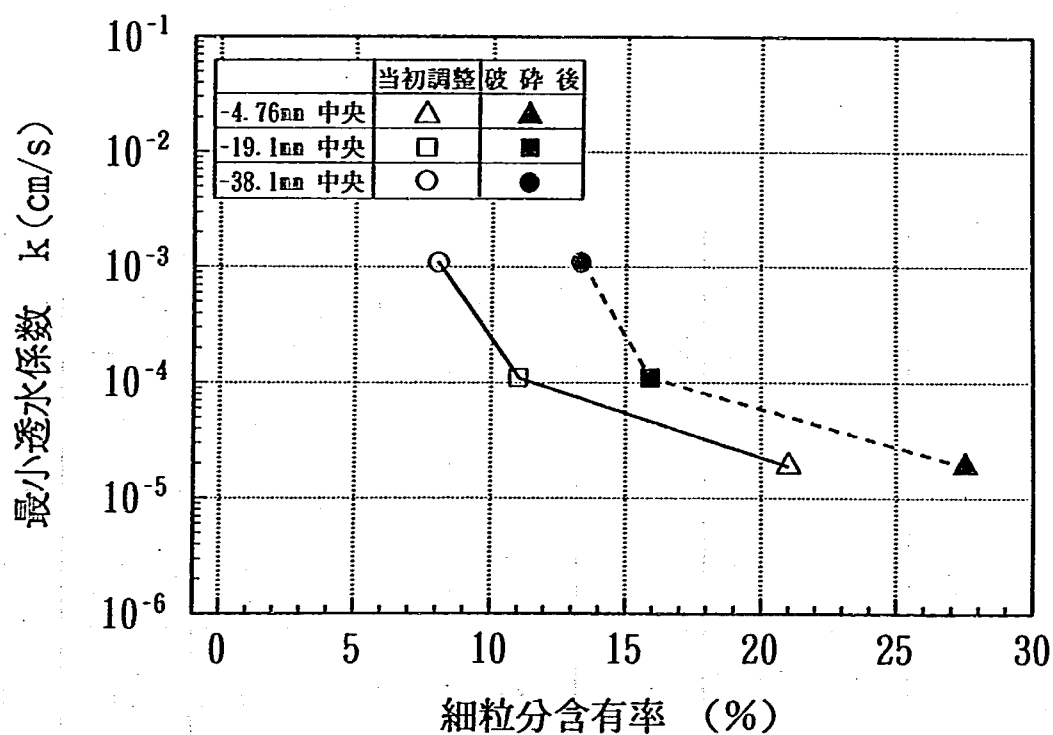


(a) 試験ケース3

図-4.6 細粒分含有率と最小透水係数の関係



(b) 試験ケース 4



(c) 試験ケース 5

図-4.6 細粒分含有率と最小透水係数の関係

4.3 総合検討

Sand Castle試験および各種基本物性からフィルタ材料の非粘着性の検討を行った結果を表-4.6にまとめる。これから判るように、三つの判定条件を全て満足した試験粒度は、-38.1mm細粒カット粒度だけであった。また、三つの判定条件を全て満足しなかったものは、-19.1mm中央粒度の透水性で境界付近の値となったものを含めて一つもなかった。

実ダムで用いられるフィルタ材料の粒度を考えると、透水性の面では、最大粒径を大きくした試験粒度ほど大きな透水係数が得られていることから、問題はないと考えられる。一方、非粘着性の面では、せん頭した粒度による今回の試験からは、非粘着性材料であると断定できなかった。細粒分を除去した粒度では非粘着性と判定されたことを考えると、今回使用したフィルタ材料試験粒度は、フィルタとしては若干細粒分が多めのものであるといえる。また細粒分含有率に注目すると、三条件を満足するには締固め後の粒度で7.1%となり、3章のC材料の広範囲フィルタに対する試験ケース2で得た9.3~14.2%よりも厳しい結果となっている。

今回のSand Castle試験による実ダムフィルタ材料の粘着性の調査は、1材料だけを対象としたものであったので、非粘着性の判定が可能か否かの評価は避けておく。今後は多くの材料について試験を行い、せん頭粒度により試験を行うことが妥当かどうか、今回使用したモールドの大きさや試料の最大粒径が適切なものであったか等といった、試験の実施方法、試験結果の評価方法等について検討を行っていきたいと考える。

表-4.6 判定一覧表

判定項目		判定条件	判定					
			-4.76mm 中 央	-19.1mm 中 央	-38.1mm 上 限	-38.1mm 中 央	-38.1mm 下 限	-38.1mm 細粒カット
非 粘 着 性	塑性指数	NP	×	×	×	×	×	○
	Sand Castle 試 験	気中の安息角 - 水浸の安息角 ≥ 0	○	×	×	×	×	○
透 水 性		透水係数k ≥ 10 ⁻⁴ (cm/s)	×	○	○	○	○	○
細粒分含有率 (%)		当 初 調 整	21.0	11.0	10.0	8.0	6.0	0.0
		締 固 め 後	27.5	15.9	15.1	13.3	12.1	7.1

注) ○：判定条件を満足する ×：判定条件を満足しない

5. まとめ

今回、Vaughanによって提案されたSand Castle試験の試験手順の確認、またフィルタ材料に対する非粘着性評価の可能性の把握を目的として、細粒分を含有しない均一フィルタや細粒分含有率を変えた広範囲フィルタについて試験を行った。さらに、実際のフィルダムに用いられる予定のフィルタ設計粒度の評価のため、そのフィルタ材料のせん頭粒度を対象にSand Castle試験を行った。これらの結果により、Sand Castle試験は以下のような特徴や問題点を有していることがわかった。

- ① 材料の最大粒径が大きくなると気中安息角も大きくなり、その傾向は角礫ほど強い。
- ② 同じ最大粒径では、0.074mm以下の細粒分含有率が大きくなると気中安息角も大きくなる。
- ③ 非粘着性と考えられる均一フィルタの水中安息角は、気中安息角と大きな差異はない。
- ④ 水浸の安息角試験における水浸水位は水浸安息角に大きな影響を与えないと考えられ、この試験は水浸水位を調整する必要のない100%以上水浸で行うことが適切と考える。
- ⑤ Sand Castle試験を非粘着性材料に対して行った場合、(気中安息角)－(水浸安息角)の値は、概ね0～+6度になるものと考えられる。
- ⑥ 気中安息角と水浸安息角の大小関係により、材料が粘着性を有しているか否かの判定ができそうである。すなわち、(気中安息角)－(水浸安息角)が正值なら非粘着性、負値なら粘着性というものである。
- ⑦ 実際のフィルダムのフィルタ設計粒度の評価に、Sand Castle試験をせん頭粒度に対して行い、Sand Castle試験で非粘着性と判定されたものは実大の粒度においても非粘着性と考えられるが、粘着性と判定されたものが実大粒度でも粘着性とは考えられない結果となった。

今回、Sand Castle試験の他に材料の基本物性からも粘着性か否かの判定の可能性を検討し、以下の見解を得た。

- ⑧ Sand Castle試験結果を考え合わせると、液性・塑性限界試験結果がNPとなる試料は非粘着性材料と考えられ、塑性指数より粘着性か否かの判断ができそうである。
- ⑨ 締固め試験より得られる締固め曲線の形状と粘着性には何らかの関連があり、これより粘着性か否かの判断ができそうである。
- ⑩ 非粘着性と考えられる材料でも、フィルタ材料としての透水性の条件を満足しないものがあり、細粒分含有率の制限が、非粘着性の条件によるか透水性の条件によるかは、材料によって異なる。

今後の課題としては、以下のことがあげられる。

- ⑪ 今回の水浸の安息角試験でのモールドと試料の許容最大粒径の関係は、突固めによる土の締固め

試験での関係を準用しているが、これが妥当かどうかの調査を実施すること。

⑫ 実ダムフィルタ材料の粘着性の調査にSand Castle試験を用いる場合の試験の実施方法、試験結果の評価方法を検討するために、多くの材料に対して追加試験を実施すること。

⑬ 0.074mm以下の細粒分を多く含むフィルタについてSand Castle試験（特に水浸の安息角試験）および透水試験を行う場合、締固めたフィルタ材中に通水することによって細かい粒子が洗い流されるが粗粒分の骨格構造は保持され（図-5.1）、非粘着性側に評価されたり、透水性を大きく評価してしまう等、設計粒度を評価する際に危険側の結果を与えかねない。また、これらの試験はフィルタゾーンの微小部分を対象としているが、実際のダムのフィルタゾーンを考えると、細かい粒子はゾーンから完全に逸脱せず、ゾーン内に留まり透水性の低い膜を形成するといったことが考えられ、Sand Castle試験や透水試験の試験条件との相違、さらに両試験結果の評価に十分注意する必要がある。

Sand Castle試験は実際の堤体で起きる崩壊を想定できる方法と述べたが、さらに筆者らは、Sand Castle試験よりも実際の堤体に近い状況を再現する方法として、亀裂を形成した状態でフィルタ材料を締固めて供試体を作製し、その供試体を水浸させた際に、その亀裂が崩壊するか否かを調べる亀裂崩壊試験（図-5.2）を実施していることを最後に付記する。

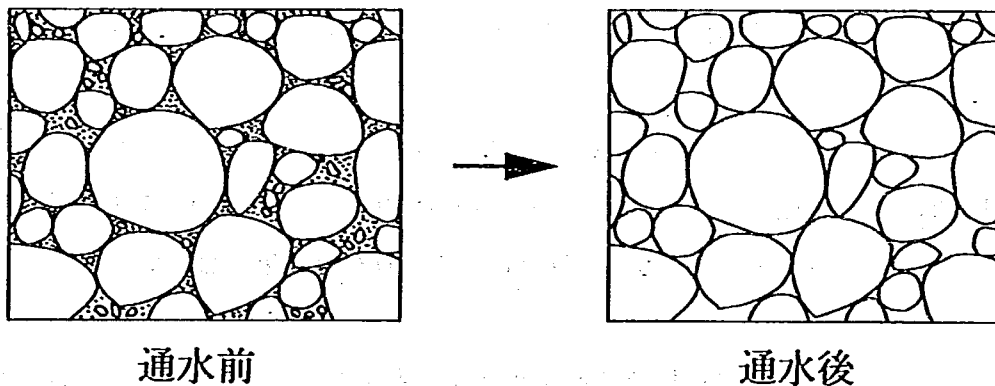


図-5.1 細粒分流出概念図

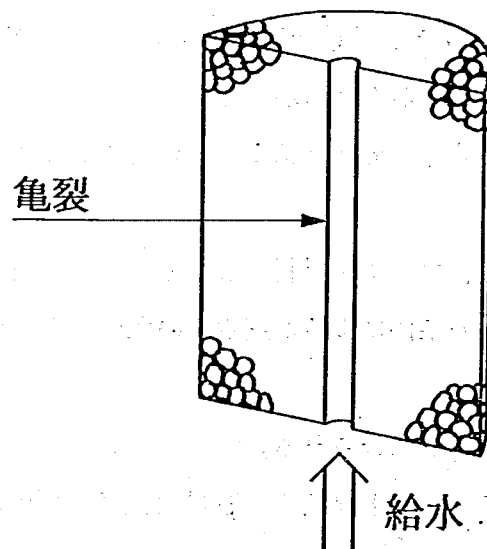


図-5.2 亀裂崩壊試験概念図

参考文献

- 1) (社) 日本大ダム会議：第2次改訂 ダム設計基準、p. 88、1978年8月。
- 2) 建設省河川局監修：建設省河川砂防技術基準（案）、設計編〔I〕、山海堂、p. 196、1985年10月。
- 3) Terzaghi, K. : Der Grundbruch an Stauwerken und seine Verhütung, Die Wasserkraft, p. 445, 1922.
- 4) Bertram, G. E. : An Experimental Investigation of Protective Filters, Harvard University Soil Mechanics Series, No. 7, 1940.
- 5) Newton, C. T. and Hurly, H. W. : Abstract of Thesis "Investigation to Determine the Practical Application of Natural Bank Gravel as a Protective Filter for an Earth Embankment", M. I. T., 1940.
- 6) Lund, A. : An Experimental Study of Graded Filters, M. Sc. Thesis, University of London, 1949.
- 7) US Army Engineer, Waterways Experiment Station : Investigation of Filter Requirements for Underdrains, Technical Memorandum, No. 183-1, 1941.
- 8) US Army Engineer, Waterways Experiment Station : Filter Experiments and Design Criteria, Technical Memorandum, No. 3-360, 1953.
- 9) Karpoff, K. P. : The Use of Laboratory Test to Develop Design Criteria for Protective Filters, Proc. ASTM, Vol. 55, p. 1183, 1955.
- 10) Sherard, J. L. et al. : Earth and Earth-Rock Dams, John Wiley & Sons, 1963.
- 11) Vaughan, P. R. : Design of Filters for the Protection of Cracked Dam Cores Against Internal Erosion, Preprint 3420 Presented to ASCE Convention, Chicago, 1978.
- 12) Vaughan, P. R. and Soares, H. F. : Design of Filters for Clay Cores of Dams, ASCE, Vol. 108, GT1, 1982.
- 13) Mantz, P. A. : Low Transport Stages by Water Streams of Fine, Cohesionless, Granular and Flakey Sediments, Ph. D. Thesis, University of London, 1975.
- 14) 松本徳久・山口嘉一・山野雅彦：フィルタ基準に関する調査と考察、建設省土木研究所資料、第2903号、1990年10月。
- 15) Marsal, R. J. : Mechanical Properties of Rockfill, Casagrande Volume, John Wiley and Sons, pp. 109~200, 1972.
- 16) 豊田光雄・志賀三智・松本徳久：ロックフィルダムの地震時表層すべりに関する振動実験報告、土木研究所資料、第2424号、1987年1月。
- 17) U. S. Department of Agriculture Soil Conservation Service Engineering Division : Guide for Determining the Gradation of Sand and Gravel Filters, Soil Mechanics Note No. 1 201-VI, 1986.

資 料 集

均一フィルタおよび広範囲フィルタ に対する Sand Castle 試験

試験データ

氣中の安息角試験

THE JOURNAL OF THE

安息角試験データ

試料名 : 標準砂
試料状態 : 気乾
粒度番号 : ①
試験条件 : 気中

試験番号	1 回	2 回	3 回
試料乾燥重量 W(g)	1335.8	1335.8	1335.8
円錐底面直径 D1(mm)	398.0	399.5	400.0
円錐底面直径 D2(mm)	391.0	393.0	397.0
円錐底面直径 D3(mm)	399.5	399.0	397.0
円錐底面直径 D4(mm)	395.5	400.0	399.5
平均直径 D(mm)	396.3	397.6	399.1
円錐高さ H(mm)	125.0	127.0	124.5
安息角 θ (度)	32.2	32.6	32.0
平均安息角 θ (度)	32.3		
体積 V(cc)	5139.6	5256.1	5165.6
乾燥密度 $\rho_d(g/cc)$	1.439	1.407	1.432
平均密度 $\rho_d(g/cc)$	1.426		
観察メモ			

安息角試験データ

試料名 : ガラスビーズ
試料状態 : 気乾
粒度番号 : ②
試験条件 : 気中

試験番号	1 回	2 回	3 回
試料乾燥重量 W(g)	3000.0	3000.0	3000.0
円錐底面直径 D1(mm)	338.0	345.0	338.5
円錐底面直径 D2(mm)	337.0	340.0	340.0
円錐底面直径 D3(mm)	335.5	336.5	332.5
円錐底面直径 D4(mm)	335.0	337.5	337.5
平均直径 D(mm)	336.4	339.8	337.1
円錐高さ H(mm)	61.5	65.0	63.0
安息角 θ (度)	20.1	20.9	20.5
平均安息角 θ (度)	20.5		
体積 V(cc)	1822.0	1954.8	1874.2
乾燥密度 $\rho_d(g/cc)$	1.647	1.527	1.601
平均密度 $\rho_d(g/cc)$	1.592		
観察メモ			

安息角試験データ

試料名 : ガラスビーズ
試料状態 : 気乾
粒度番号 : ①
試験条件 : 気中

試験番号	1 回	2 回	3 回
試料乾燥重量 W(g)	9972.3	9972.3	9972.3
円錐底面直径 D1(mm)	566.0	566.0	565.0
円錐底面直径 D2(mm)	565.5	565.5	565.5
円錐底面直径 D3(mm)	565.0	565.0	565.0
円錐底面直径 D4(mm)	564.0	564.0	564.0
平均直径 D(mm)	565.1	565.1	565.1
円錐高さ H(mm)	95.0	94.0	95.0
安息角 θ (度)	18.6	18.4	18.8
平均安息角 θ (度)	18.6		
体積 V(cc)	7942.2	7859.6	8025.8
乾燥密度 $\rho_d(g/cc)$	1.256	1.269	1.243
平均密度 $\rho_d(g/cc)$	1.255		
観察メモ			

安息角試験データ

試料名 : A材料
試料状態 : 気乾
粒度番号 : ②
試験条件 : 気中

試験番号	1 回	2 回	3 回
試料乾燥重量 W(g)	8144.6	8144.6	8144.6
円錐底面直径 D1(mm)	391.0	399.5	399.0
円錐底面直径 D2(mm)	392.0	395.5	399.5
円錐底面直径 D3(mm)	395.0	398.5	398.5
円錐底面直径 D4(mm)	395.0	395.0	409.5
平均直径 D(mm)	393.3	397.1	399.4
円錐高さ H(mm)	133.0	135.5	136.5
安息角 θ (度)	34.1	34.3	34.4
平均安息角 θ (度)	34.3		
体積 V(cc)	5385.0	5593.8	5700.6
乾燥密度 $\rho_d(g/cc)$	1.512	1.456	1.429
平均密度 $\rho_d(g/cc)$	1.466		
観察メモ			

安息角試験データ

試料名 : A材料
 試料状態 : 気乾
 粒度番号 : ③
 試験条件 : 気中

試験番号	1 回	2 回	3 回
試料乾燥重量 W(g)	10058.8	10058.8	10058.8
円錐底面直径 D1(mm)	418.0	414.5	418.0
円錐底面直径 D2(mm)	413.5	415.5	410.0
円錐底面直径 D3(mm)	422.5	419.5	418.0
円錐底面直径 D4(mm)	421.0	422.0	421.5
平均直径 D(mm)	418.8	417.9	416.9
円錐高さ H(mm)	135.5	132.0	131.0
安息角 θ (度)	32.9	32.3	32.1
平均安息角 θ (度)	32.4		
体積 V(cm ³)	6221.9	6035.1	5950.8
乾燥密度 ρ_d (g/cm ³)	1.617	1.667	1.657
平均密度 ρ_d (g/cm ³)	1.657		
観察メモ			

安息角試験データ

試料名 : A材料
 試料状態 : 気乾
 粒度番号 : ④
 試験条件 : 気中

試験番号	1 回	2 回	3 回
試料乾燥重量 W(g)	83193.0	83193.0	83193.0
円錐底面直径 D1(mm)	852.5	794.0	839.0
円錐底面直径 D2(mm)	882.0	858.5	865.5
円錐底面直径 D3(mm)	843.0	857.5	855.5
円錐底面直径 D4(mm)	860.5	879.0	850.0
平均直径 D(mm)	859.5	852.3	854.8
円錐高さ H(mm)	293.5	295.5	301.5
安息角 θ (度)	34.8	34.7	35.2
平均安息角 θ (度)	34.9		
体積 V(cm ³)	57730.4	55155.7	57674.7
乾燥密度 ρ_d (g/cm ³)	1.441	1.489	1.442
平均密度 ρ_d (g/cm ³)	1.454		
観察メモ			

安息角試験データ

試料名 : A材料
 試料状態 : 気乾
 粒度番号 : ⑤
 試験条件 : 気中

試験番号	1 回	2 回	3 回
試料乾燥重量 W(g)	105082.0	105082.0	105082.0
円錐底面直径 D1(mm)	917.0	910.0	929.5
円錐底面直径 D2(mm)	939.0	920.5	905.5
円錐底面直径 D3(mm)	929.0	905.5	920.5
円錐底面直径 D4(mm)	950.0	911.5	938.5
平均直径 D(mm)	933.8	911.9	923.5
円錐高さ H(mm)	323.0	322.5	318.0
安息角 θ (度)	34.7	35.3	34.6
平均安息角 θ (度)	34.9		
体積 V(cm ³)	73735.9	70209.0	71001.8
乾燥密度 ρ_d (g/cm ³)	1.425	1.497	1.480
平均密度 ρ_d (g/cm ³)	1.467		
観察メモ			

安息角試験データ

試料名 : B材料
 試料状態 : 気乾
 粒度番号 : ④
 試験条件 : 気中

試験番号	1 回	2 回	3 回
試料乾燥重量 W(g)	6000.0	6000.0	6000.0
円錐底面直径 D1(mm)	364.0	358.5	358.0
円錐底面直径 D2(mm)	365.5	377.0	362.5
円錐底面直径 D3(mm)	371.0	366.0	372.0
円錐底面直径 D4(mm)	369.5	369.0	361.5
平均直径 D(mm)	367.5	367.6	363.5
円錐高さ H(mm)	131.0	133.0	130.5
安息角 θ (度)	35.5	35.9	35.7
平均安息角 θ (度)	35.7		
体積 V(cm ³)	4631.9	4705.1	4514.3
乾燥密度 ρ_d (g/cm ³)	1.295	1.275	1.329
平均密度 ρ_d (g/cm ³)	1.300		
観察メモ			

安息角試験データ

試料名 : B材料
試料状態 : 気乾
粒度番号 : ③
試験条件 : 気中

試験番号	1 目	2 目	3 目
試料乾燥重量 W(g)	6000.0	6000.0	6000.0
円錐底面直径 D1(mm)	365.0	359.0	365.5
円錐底面直径 D2(mm)	352.0	369.5	351.0
円錐底面直径 D3(mm)	363.0	359.0	362.0
円錐底面直径 D4(mm)	363.0	369.2	351.0
平均直径 D(mm)	353.3	366.4	362.4
円錐高さ H(mm)	136.5	139.5	138.0
安息角 θ (度)	35.9	37.3	37.3
平均安息角 θ (度)	37.2		
体積 V(cm ³)	4716.6	4902.9	4744.9
乾燥密度 $\rho d(g/cm^3)$	1.272	1.224	1.265
平均密度 $\rho d(g/cm^3)$	1.254		
観察メモ			

安息角試験データ

試料名 : B材料
試料状態 : 気乾
粒度番号 : ④
試験条件 : 気中

試験番号	1 目	2 目	3 目
試料乾燥重量 W(g)	62400.0	62400.0	62400.0
円錐底面直径 D1(mm)	790.0	780.2	769.0
円錐底面直径 D2(mm)	776.0	807.0	766.0
円錐底面直径 D3(mm)	779.5	762.0	759.0
円錐底面直径 D4(mm)	799.0	771.0	758.5
平均直径 D(mm)	785.1	780.1	763.1
円錐高さ H(mm)	324.0	314.0	318.0
安息角 θ (度)	39.5	38.8	39.8
平均安息角 θ (度)	39.4		
体積 V(cm ³)	52416.6	50026.4	48479.6
乾燥密度 $\rho d(g/cm^3)$	1.190	1.247	1.287
平均密度 $\rho d(g/cm^3)$	1.241		
観察メモ			

安息角試験データ

試料名 : B材料
試料状態 : 気乾
粒度番号 : ⑤
試験条件 : 気中

試験番号	1 目	2 目	3 目
試料乾燥重量 W(g)	113700.0	113700.0	113700.0
円錐底面直径 D1(mm)	891.5	908.0	924.5
円錐底面直径 D2(mm)	925.0	928.5	935.0
円錐底面直径 D3(mm)	912.0	942.0	927.0
円錐底面直径 D4(mm)	936.0	913.0	917.0
平均直径 D(mm)	916.1	922.9	926.1
円錐高さ H(mm)	380.5	379.5	380.0
安息角 θ (度)	39.7	39.4	39.4
平均安息角 θ (度)	39.5		
体積 V(cm ³)	83600.5	84623.2	85323.4
乾燥密度 $\rho d(g/cm^3)$	1.360	1.344	1.333
平均密度 $\rho d(g/cm^3)$	1.345		
観察メモ			

安息角試験データ

試料名 : B材料
試料状態 : 気乾
粒度番号 : ⑥
試験条件 : 気中

試験番号	1 目	2 目	3 目
試料乾燥重量 W(g)	8000.0	8000.0	8000.0
円錐底面直径 D1(mm)	381.0	381.5	387.0
円錐底面直径 D2(mm)	390.5	391.0	386.0
円錐底面直径 D3(mm)	391.0	398.5	384.5
円錐底面直径 D4(mm)	399.5	388.5	398.0
平均直径 D(mm)	388.0	399.9	388.9
円錐高さ H(mm)	134.5	134.0	134.0
安息角 θ (度)	34.7	34.5	34.6
平均安息角 θ (度)	34.6		
体積 V(cm ³)	5301.0	5333.1	5305.8
乾燥密度 $\rho d(g/cm^3)$	1.509	1.500	1.508
平均密度 $\rho d(g/cm^3)$	1.505		
観察メモ			

安息角試験データ

試料名 : B材料
 試料状態 : 気乾
 粒度番号 : ①-1
 試験条件 : 気中

試験番号	1 回	2 回	3 回
試料乾燥重量 W(g)	6000.0	6000.0	6000.0
円錐底面直径 D1(mm)	335.5	343.5	342.5
円錐底面直径 D2(mm)	345.5	346.0	343.0
円錐底面直径 D3(mm)	347.0	343.0	350.0
円錐底面直径 D4(mm)	352.0	347.0	346.5
平均直径 D(mm)	345.3	344.9	345.8
円錐高さ H(mm)	121.5	122.0	122.0
安息角 θ (度)	35.1	35.3	35.1
平均安息角 θ (度)	35.2		
体積 V(cm ³)	3792.6	3799.4	3841.4
乾燥密度 ρ_d (g/cm ³)	1.592	1.579	1.562
平均密度 ρ_d (g/cm ³)	1.574		
観察メモ			

安息角試験データ

試料名 : B材料
 試料状態 : 気乾
 粒度番号 : ①-2
 試験条件 : 気中

試験番号	1 回	2 回	3 回
試料乾燥重量 W(g)	6000.0	6000.0	6000.0
円錐底面直径 D1(mm)	346.0	339.0	351.0
円錐底面直径 D2(mm)	342.5	349.0	351.5
円錐底面直径 D3(mm)	347.5	345.0	355.0
円錐底面直径 D4(mm)	339.0	337.0	350.0
平均直径 D(mm)	343.8	342.8	351.9
円錐高さ H(mm)	126.0	127.0	131.0
安息角 θ (度)	36.2	35.5	36.7
平均安息角 θ (度)	35.8		
体積 V(cm ³)	3899.0	3907.1	4247.0
乾燥密度 ρ_d (g/cm ³)	1.539	1.536	1.413
平均密度 ρ_d (g/cm ³)	1.495		
観察メモ			

安息角試験データ

試料名 : B材料
 試料状態 : 気乾
 粒度番号 : ①-3
 試験条件 : 気中

試験番号	1 回	2 回	3 回
試料乾燥重量 W(g)	9000.0	9000.0	9000.0
円錐底面直径 D1(mm)	395.5	402.5	400.6
円錐底面直径 D2(mm)	400.5	397.0	397.5
円錐底面直径 D3(mm)	397.5	406.0	397.0
円錐底面直径 D4(mm)	402.0	397.5	402.5
平均直径 D(mm)	398.9	400.8	399.3
円錐高さ H(mm)	156.0	158.0	156.0
安息角 θ (度)	38.0	38.3	38.0
平均安息角 θ (度)	38.1		
体積 V(cm ³)	6498.6	6544.8	6511.7
乾燥密度 ρ_d (g/cm ³)	1.385	1.354	1.382
平均密度 ρ_d (g/cm ³)	1.374		
観察メモ			

安息角試験データ

試料名 : B材料
 試料状態 : 気乾
 粒度番号 : ①-4
 試験条件 : 気中

試験番号	1 回	2 回	3 回
試料乾燥重量 W(g)	9000.0	9000.0	9000.0
円錐底面直径 D1(mm)	405.5	399.5	410.0
円錐底面直径 D2(mm)	404.5	400.5	407.0
円錐底面直径 D3(mm)	406.0	408.0	402.0
円錐底面直径 D4(mm)	401.5	404.0	407.5
平均直径 D(mm)	404.4	403.0	406.6
円錐高さ H(mm)	169.5	168.0	168.0
安息角 θ (度)	40.0	39.8	39.6
平均安息角 θ (度)	39.8		
体積 V(cm ³)	7257.1	7143.1	7271.3
乾燥密度 ρ_d (g/cm ³)	1.240	1.260	1.238
平均密度 ρ_d (g/cm ³)	1.245		
観察メモ			

安息角試験データ

試料名 : B材料
 試料状態 : 潤潤
 粒度番号 : ②
 試験条件 : 気中

試験番号	1 回	2 回	3 回
試料乾燥重量 W(g)	6000.0	6000.0	6000.0
円錐底面直径 D1(mm)	357.0	385.0	360.0
円錐底面直径 D2(mm)	402.0	344.5	378.0
円錐底面直径 D3(mm)	351.0	349.0	359.5
円錐底面直径 D4(mm)	385.0	405.5	385.0
平均直径 D(mm)	376.3	371.0	368.4
円錐高さ H(mm)	210.5	199.0	211.0
安息角 θ (度)	48.2	47.0	48.9
平均安息角 θ (度)	48.0		
体積 V(cm ³)	7803.5	7170.8	7497.0
乾燥密度 ρ_d (g/cm ³)	0.769	0.837	0.800
平均密度 ρ_d (g/cm ³)	0.802		
観察メモ			

安息角試験データ

試料名 : B材料
 試料状態 : 潤潤
 粒度番号 : ③
 試験条件 : 気中

試験番号	1 回	2 回	3 回
試料乾燥重量 W(g)	65000.0	65000.0	65000.0
円錐底面直径 D1(mm)	795.0	785.5	787.5
円錐底面直径 D2(mm)	785.5	785.5	783.0
円錐底面直径 D3(mm)	778.5	790.5	780.0
円錐底面直径 D4(mm)	783.0	758.5	780.0
平均直径 D(mm)	785.5	780.3	782.6
円錐高さ H(mm)	346.0	342.0	331.0
安息角 θ (度)	41.4	41.2	40.2
平均安息角 θ (度)	40.9		
体積 V(cm ³)	55890.4	54515.2	53073.3
乾燥密度 ρ_d (g/cm ³)	1.163	1.192	1.225
平均密度 ρ_d (g/cm ³)	1.193		
観察メモ			

安息角試験データ

試料名 : B材料
 試料状態 : 最適含水比
 粒度番号 : ①-1
 試験条件 : 気中

試験番号	1 回	2 回	3 回
試料乾燥重量 W(g)	6600.0	6600.0	6600.0
円錐底面直径 D1(mm)	425.0	422.0	412.0
円錐底面直径 D2(mm)	409.0	418.0	425.0
円錐底面直径 D3(mm)	403.0	428.0	431.0
円錐底面直径 D4(mm)	401.0	403.0	407.0
平均直径 D(mm)	411.0	417.8	418.8
円錐高さ H(mm)	195.0	200.0	204.0
安息角 θ (度)	43.6	43.8	44.3
平均安息角 θ (度)	43.9		
体積 V(cm ³)	8667.8	9139.8	9367.3
乾燥密度 ρ_d (g/cm ³)	0.761	0.722	0.705
平均密度 ρ_d (g/cm ³)	0.729		
観察メモ			

安息角試験データ

試料名 : B材料
 試料状態 : 最適含水比
 粒度番号 : ①-2
 試験条件 : 気中

試験番号	1 回	2 回	3 回
試料乾燥重量 W(g)	7565.0	7565.0	7565.0
円錐底面直径 D1(mm)	419.0	442.0	416.5
円錐底面直径 D2(mm)	428.0	432.0	415.5
円錐底面直径 D3(mm)	425.0	428.0	427.5
円錐底面直径 D4(mm)	423.0	414.0	425.0
平均直径 D(mm)	423.8	429.0	421.4
円錐高さ H(mm)	200.0	202.0	205.0
安息角 θ (度)	43.3	43.3	44.2
平均安息角 θ (度)	43.6		
体積 V(cm ³)	9404.2	9732.7	9530.4
乾燥密度 ρ_d (g/cm ³)	0.804	0.777	0.794
平均密度 ρ_d (g/cm ³)	0.792		
観察メモ			

安息角試験データ

試料名 : B材料
試料状態 : 最適含水比
粒度番号 : ①-3
試験条件 : 真中

試験番号	1 回	2 回	3 回
試料乾燥重量 W(g)	6495.1	6495.1	6495.1
円錐底面直径 D1(mm)	407.0	403.5	394.0
円錐底面直径 D2(mm)	403.5	409.0	413.5
円錐底面直径 D3(mm)	404.5	418.0	407.5
円錐底面直径 D4(mm)	405.5	408.0	412.0
平均直径 D(mm)	405.1	409.6	406.8
円錐高さ H(mm)	187.0	187.5	190.0
安息角 θ (度)	42.7	42.5	43.1
平均安息角 θ (度)	42.8		
体積 V(cc)	8034.1	8235.5	8231.6
乾燥密度 $\rho_d(g/cc)$	0.808	0.789	0.789
平均密度 $\rho_d(g/cc)$	0.795		
試験人			

安息角試験データ

試料名 : B材料
試料状態 : 最適含水比
粒度番号 : ①-4
試験条件 : 真中

試験番号	1 回	2 回	3 回
試料乾燥重量 W(g)	4180.8	4180.8	4180.8
円錐底面直径 D1(mm)	355.0	350.0	354.0
円錐底面直径 D2(mm)	355.0	359.0	359.5
円錐底面直径 D3(mm)	365.0	359.5	353.0
円錐底面直径 D4(mm)	356.5	360.5	356.0
平均直径 D(mm)	357.9	359.8	358.1
円錐高さ H(mm)	162.0	159.0	162.0
安息角 θ (度)	42.2	41.5	42.1
平均安息角 θ (度)	41.9		
体積 V(cc)	5432.6	5338.8	5438.7
乾燥密度 $\rho_d(g/cc)$	0.770	0.776	0.769
平均密度 $\rho_d(g/cc)$	0.772		
試験人			

安息角試験データ

試料名 : C材料
試料状態 : 真乾
粒度番号 : ①
試験条件 : 真中

試験番号	1 回	2 回	3 回
試料乾燥重量 W(g)	7000.0	7000.0	7000.0
円錐底面直径 D1(mm)	403.0	400.0	410.0
円錐底面直径 D2(mm)	395.0	396.0	393.0
円錐底面直径 D3(mm)	405.0	410.0	403.0
円錐底面直径 D4(mm)	409.0	405.0	399.0
平均直径 D(mm)	409.8	402.8	402.5
円錐高さ H(mm)	132.0	130.0	130.0
安息角 θ (度)	33.4	32.8	34.6
平均安息角 θ (度)	33.6		
体積 V(cc)	5559.0	5520.6	5595.4
乾燥密度 $\rho_d(g/cc)$	1.261	1.263	1.187
平均密度 $\rho_d(g/cc)$	1.239		
試験人			

安息角試験データ

試料名 : C材料
試料状態 : 真乾
粒度番号 : ②
試験条件 : 真中

試験番号	1 回	2 回	3 回
試料乾燥重量 W(g)	6000.0	6000.0	6000.0
円錐底面直径 D1(mm)	373.0	377.0	387.0
円錐底面直径 D2(mm)	370.0	374.5	375.0
円錐底面直径 D3(mm)	358.0	365.0	367.0
円錐底面直径 D4(mm)	372.0	370.0	372.0
平均直径 D(mm)	370.8	371.6	374.0
円錐高さ H(mm)	129.5	131.0	130.0
安息角 θ (度)	34.9	35.2	34.8
平均安息角 θ (度)	35.0		
体積 V(cc)	4550.2	4736.4	4760.5
乾燥密度 $\rho_d(g/cc)$	1.288	1.267	1.260
平均密度 $\rho_d(g/cc)$	1.272		
試験人			

安息角試験データ

試料名 : C材料
試料状態 : 乾燥
粒度番号 : ④
試験条件 : 真中

試験番号	1 目	2 目	3 目
試料乾燥重量 W(g)	6003.0	6009.0	6030.0
円錐底面直径 $\phi 1(\text{mm})$	333.0	331.0	339.0
円錐底面直径 $\phi 2(\text{mm})$	335.5	335.0	333.5
円錐底面直径 $\phi 3(\text{mm})$	338.0	400.4	335.0
円錐底面直径 $\phi 4(\text{mm})$	333.4	335.0	335.0
平均直径 D(mm)	338.2	353.1	333.4
円錐高さ H(mm)	128.0	126.5	131.5
安息角 θ (度)	33.4	34.8	34.5
平均安息角 θ (度)	34.2		
体積 V(cm^3)	5050.6	5522.1	5059.9
乾燥密度 $\rho d(\text{g}/\text{cm}^3)$	1.188	1.087	1.186
平均密度 $\rho d(\text{g}/\text{cm}^3)$	1.153		
試験ノモ			

安息角試験データ

試料名 : C材料
試料状態 : 乾燥
粒度番号 : ④
試験条件 : 真中

試験番号	1 目	2 目	3 目
試料乾燥重量 W(g)	74032.0	73520.0	73759.0
円錐底面直径 $\phi 1(\text{mm})$	870.0	852.0	795.0
円錐底面直径 $\phi 2(\text{mm})$	847.0	818.0	859.0
円錐底面直径 $\phi 3(\text{mm})$	837.0	856.0	839.0
円錐底面直径 $\phi 4(\text{mm})$	853.0	833.0	857.0
平均直径 D(mm)	853.5	839.0	837.8
円錐高さ H(mm)	321.0	312.0	311.0
安息角 θ (度)	37.0	35.6	36.6
平均安息角 θ (度)	35.7		
体積 V(cm^3)	61218.2	57497.2	57142.3
乾燥密度 $\rho d(\text{g}/\text{cm}^3)$	1.209	1.284	1.291
平均密度 $\rho d(\text{g}/\text{cm}^3)$	1.261		
試験ノモ			

安息角試験データ

試料名 : C材料
試料状態 : 乾燥
粒度番号 : ④
試験条件 : 真中

試験番号	1 目	2 目	3 目
試料乾燥重量 W(g)	105000.0	105000.0	105000.0
円錐底面直径 $\phi 1(\text{mm})$	945.0	950.0	1057.0
円錐底面直径 $\phi 2(\text{mm})$	940.0	935.0	1030.0
円錐底面直径 $\phi 3(\text{mm})$	920.0	950.0	952.0
円錐底面直径 $\phi 4(\text{mm})$	955.0	900.0	925.0
平均直径 D(mm)	940.0	918.8	931.0
円錐高さ H(mm)	317.0	375.0	333.0
安息角 θ (度)	33.5	38.3	37.7
平均安息角 θ (度)	38.5		
体積 V(cm^3)	85523.1	83369.6	90472.4
乾燥密度 $\rho d(\text{g}/\text{cm}^3)$	1.173	1.188	1.065
平均密度 $\rho d(\text{g}/\text{cm}^3)$	1.142		
試験ノモ			

安息角試験データ

試料名 : C材料
試料状態 : 乾燥
粒度番号 : ④
試験条件 : 真中

試験番号	1 目	2 目	3 目
試料乾燥重量 W(g)	7000.0	7000.0	7000.0
円錐底面直径 $\phi 1(\text{mm})$	446.0	379.0	310.0
円錐底面直径 $\phi 2(\text{mm})$	375.0	317.0	355.0
円錐底面直径 $\phi 3(\text{mm})$	310.0	335.0	332.0
円錐底面直径 $\phi 4(\text{mm})$	312.0	312.0	312.0
平均直径 D(mm)	335.8	335.8	312.3
円錐高さ H(mm)	135.0	131.0	128.5
安息角 θ (度)	34.5	34.2	33.9
平均安息角 θ (度)	34.2		
体積 V(cm^3)	5576.3	5103.3	4915.5
乾燥密度 $\rho d(\text{g}/\text{cm}^3)$	1.255	1.372	1.424
平均密度 $\rho d(\text{g}/\text{cm}^3)$	1.350		
試験ノモ			

安息角試験データ

試料名: CHH

試料状態: 乾燥

粒度番号: ①-1

試験条件: 真中

試験番号	1 目	2 目	3 目
試料乾燥重量 W(g)	6000.0	6000.0	6000.0
円筒底面直径 $\phi 1(\text{mm})$	355.0	363.0	365.0
円筒底面直径 $\phi 2(\text{mm})$	370.0	370.0	365.0
円筒底面直径 $\phi 3(\text{mm})$	355.0	350.0	355.0
円筒底面直径 $\phi 4(\text{mm})$	355.0	353.0	359.0
平均直径 D(mm)	361.3	354.0	359.5
円筒高さ H(mm)	132.5	128.0	127.0
安息角 θ (度)	36.3	35.9	35.2
平均安息角 θ (度)	35.8		
体積 V(cm^3)	4526.9	4199.4	4297.0
乾燥密度 $\rho d(\text{g}/\text{cm}^3)$	1.325	1.429	1.356
平均密度 $\rho d(\text{g}/\text{cm}^3)$	1.384		
観察 / 写真			

安息角試験データ

試料名: CHH

試料状態: 乾燥

粒度番号: ①-2

試験条件: 真中

試験番号	1 目	2 目	3 目
試料乾燥重量 W(g)	6000.0	6000.0	6000.0
円筒底面直径 $\phi 1(\text{mm})$	359.0	345.0	350.0
円筒底面直径 $\phi 2(\text{mm})$	345.0	343.0	343.0
円筒底面直径 $\phi 3(\text{mm})$	350.0	346.0	351.0
円筒底面直径 $\phi 4(\text{mm})$	340.0	342.0	348.0
平均直径 D(mm)	348.5	344.0	348.0
円筒高さ H(mm)	132.0	128.0	134.0
安息角 θ (度)	37.1	36.7	37.6
平均安息角 θ (度)	37.1		
体積 V(cm^3)	4197.1	3365.5	4248.5
乾燥密度 $\rho d(\text{g}/\text{cm}^3)$	1.430	1.519	1.412
平均密度 $\rho d(\text{g}/\text{cm}^3)$	1.452		
観察 / 写真			

安息角試験データ

試料名: CHH

試料状態: 乾燥

粒度番号: ①-3

試験条件: 真中

試験番号	1 目	2 目	3 目
試料乾燥重量 W(g)	7000.0	7000.0	7000.0
円筒底面直径 $\phi 1(\text{mm})$	362.0	376.0	367.0
円筒底面直径 $\phi 2(\text{mm})$	358.0	361.0	358.0
円筒底面直径 $\phi 3(\text{mm})$	370.0	358.0	368.0
円筒底面直径 $\phi 4(\text{mm})$	373.0	371.0	367.0
平均直径 D(mm)	365.8	366.5	367.5
円筒高さ H(mm)	136.0	131.0	135.0
安息角 θ (度)	35.6	35.6	35.3
平均安息角 θ (度)	35.2		
体積 V(cm^3)	4762.9	4696.7	4773.3
乾燥密度 $\rho d(\text{g}/\text{cm}^3)$	1.470	1.520	1.466
平均密度 $\rho d(\text{g}/\text{cm}^3)$	1.485		
観察 / 写真			

安息角試験データ

試料名: CHH

試料状態: 乾燥

粒度番号: ①-4

試験条件: 真中

試験番号	1 目	2 目	3 目
試料乾燥重量 W(g)	7000.0	7000.0	7000.0
円筒底面直径 $\phi 1(\text{mm})$	376.0	370.0	370.0
円筒底面直径 $\phi 2(\text{mm})$	366.0	366.0	359.0
円筒底面直径 $\phi 3(\text{mm})$	388.0	359.0	359.0
円筒底面直径 $\phi 4(\text{mm})$	387.0	377.0	371.0
平均直径 D(mm)	384.3	373.3	365.8
円筒高さ H(mm)	133.0	137.0	135.0
安息角 θ (度)	34.7	36.3	36.4
平均安息角 θ (度)	35.8		
体積 V(cm^3)	5141.0	4696.8	4727.9
乾燥密度 $\rho d(\text{g}/\text{cm}^3)$	1.352	1.481	1.481
平均密度 $\rho d(\text{g}/\text{cm}^3)$	1.414		
観察 / 写真			

安息角試験データ

試料名: C材料

試料状態: 乾燥

粒度番号: ①

試験条件: 気中

試験番号	1 目	2 目	3 目
試料乾燥重量 W(g)	6000.0	6000.0	6000.0
円錐底面直径 $\phi 1(\text{mm})$	335.0	332.0	340.0
円錐底面直径 $\phi 2(\text{mm})$	355.0	345.0	370.0
円錐底面直径 $\phi 3(\text{mm})$	375.0	325.0	330.0
円錐底面直径 $\phi 4(\text{mm})$	327.0	367.0	343.0
平均直径 D(mm)	355.8	344.3	349.5
円錐高さ H(mm)	174.0	165.0	183.0
安息角 θ (度)	44.4	44.3	45.3
平均安息角 θ (度)	45.0		
体積 V(cm^3)	5765.1	5212.3	5152.1
乾燥密度 $\rho d(\text{g}/\text{cm}^3)$	1.041	1.151	1.025
平均密度 $\rho d(\text{g}/\text{cm}^3)$	1.072		
試験結果			

安息角試験データ

試料名: C材料

試料状態: 乾燥

粒度番号: ④

試験条件: 気中

試験番号	1 目	2 目	3 目
試料乾燥重量 W(g)	63500.0	63500.0	63500.0
円錐底面直径 $\phi 1(\text{mm})$	771.0	767.0	797.0
円錐底面直径 $\phi 2(\text{mm})$	754.0	778.0	771.0
円錐底面直径 $\phi 3(\text{mm})$	813.0	792.0	738.0
円錐底面直径 $\phi 4(\text{mm})$	789.0	795.0	801.0
平均直径 D(mm)	789.5	783.3	776.8
円錐高さ H(mm)	316.0	302.0	320.0
安息角 θ (度)	33.7	37.6	39.5
平均安息角 θ (度)	38.6		
体積 V(cm^3)	51565.5	48593.8	50545.3
乾燥密度 $\rho d(\text{g}/\text{cm}^3)$	1.239	1.317	1.264
平均密度 $\rho d(\text{g}/\text{cm}^3)$	1.274		
試験結果			

安息角試験データ

試料名: C材料

試料状態: 最適含水比

粒度番号: ①-1

試験条件: 気中

試験番号	1 目	2 目	3 目
試料乾燥重量 W(g)	4500.3	4500.3	4500.3
円錐底面直径 $\phi 1(\text{mm})$	346.0	326.0	335.0
円錐底面直径 $\phi 2(\text{mm})$	341.0	344.0	326.0
円錐底面直径 $\phi 3(\text{mm})$	339.0	323.0	331.0
円錐底面直径 $\phi 4(\text{mm})$	353.0	326.0	334.0
平均直径 D(mm)	342.5	329.8	331.5
円錐高さ H(mm)	155.0	161.0	158.0
安息角 θ (度)	42.1	44.3	43.6
平均安息角 θ (度)	43.4		
体積 V(cm^3)	4760.2	4583.1	4545.6
乾燥密度 $\rho d(\text{g}/\text{cm}^3)$	0.958	1.035	1.014
平均密度 $\rho d(\text{g}/\text{cm}^3)$	0.936		
試験結果			

安息角試験データ

試料名: C材料

試料状態: 最適含水比

粒度番号: ①-2

試験条件: 気中

試験番号	1 目	2 目	3 目
試料乾燥重量 W(g)	4570.4	4570.4	4570.4
円錐底面直径 $\phi 1(\text{mm})$	342.0	338.0	335.0
円錐底面直径 $\phi 2(\text{mm})$	333.0	329.0	324.0
円錐底面直径 $\phi 3(\text{mm})$	318.0	338.0	326.0
円錐底面直径 $\phi 4(\text{mm})$	337.0	338.0	332.0
平均直径 D(mm)	332.5	335.8	329.5
円錐高さ H(mm)	173.0	177.0	179.0
安息角 θ (度)	46.1	46.5	47.4
平均安息角 θ (度)	46.7		
体積 V(cm^3)	5067.2	5223.6	5087.8
乾燥密度 $\rho d(\text{g}/\text{cm}^3)$	0.913	0.875	0.898
平均密度 $\rho d(\text{g}/\text{cm}^3)$	0.855		
試験結果			

安息角試験データ

試料名 : C材料
 試料状態 : 最適含水比
 粒度番号 : ①-3
 試験条件 : 真中

試験番号	1 目	2 目	3 目
試料乾燥重量 W(g)	6338.5	6339.5	6338.5
円錐底面直径 B1(mm)	331.0	372.0	389.0
円錐底面直径 B2(mm)	357.0	331.0	354.0
円錐底面直径 B3(mm)	372.0	332.0	355.0
円錐底面直径 B4(mm)	351.0	350.0	355.0
平均直径 D(mm)	372.8	346.3	371.0
円錐高さ H(mm)	170.0	174.0	176.0
安息角 θ (度)	42.4	45.1	43.5
平均安息角 θ (度)	43.7		
体積 V(cc)	6183.8	5461.3	6342.0
乾燥密度 $\rho d(g/cc)$	1.035	1.172	1.029
平均密度 $\rho d(g/cc)$	1.072		
試験ノモ			

安息角試験データ

試料名 : C材料
 試料状態 : 最適含水比
 粒度番号 : ①-4
 試験条件 : 真中

試験番号	1 目	2 目	3 目
試料乾燥重量 W(g)	6334.8	6334.8	6334.8
円錐底面直径 B1(mm)	382.0	389.0	374.0
円錐底面直径 B2(mm)	353.0	352.0	355.0
円錐底面直径 B3(mm)	384.0	381.0	381.0
円錐底面直径 B4(mm)	359.0	385.0	371.0
平均直径 D(mm)	371.8	377.0	362.8
円錐高さ H(mm)	152.0	155.0	160.0
安息角 θ (度)	39.3	39.4	41.4
平均安息角 θ (度)	40.0		
体積 V(cc)	5459.4	5767.4	5511.9
乾燥密度 $\rho d(g/cc)$	1.152	1.098	1.149
平均密度 $\rho d(g/cc)$	1.133		
試験ノモ			

水中の安息角試験

THE NEW YORK PUBLIC LIBRARY

安息角試験データ

試料名 : 標準砂
 試料状態 : 気乾
 粒度番号 : ①
 試験条件 : 水中

試験番号	1 回	2 回	3 回
試料乾燥重量 $W(g)$	4470.0	4470.0	4470.0
円錐底面直径 $D1(mm)$	341.0	349.0	339.0
円錐底面直径 $D2(mm)$	344.0	342.0	340.0
円錐底面直径 $D3(mm)$	342.0	344.0	341.0
円錐底面直径 $D4(mm)$	343.0	339.0	341.0
平均直径 $D(mm)$	342.5	341.3	340.3
円錐高さ $H(mm)$	100.0	102.0	99.5
安息角 $\theta(度)$	30.3	30.9	30.3
平均安息角 $\theta(度)$	30.5		
体積 $V(cm^3)$	3071.1	3110.6	3016.6
乾燥密度 $\rho d(g/cm^3)$	1.455	1.437	1.482
平均密度 $\rho d(g/cm^3)$	1.458		
観察メモ			

安息角試験データ

試料名 : ガラスビーズ
 試料状態 : 気乾
 粒度番号 : ②
 試験条件 : 水中

試験番号	1 回	2 回	3 回
試料乾燥重量 $W(g)$	5000.0	5000.0	5000.0
円錐底面直径 $D1(mm)$	412.0	406.0	412.0
円錐底面直径 $D2(mm)$	412.0	408.0	409.0
円錐底面直径 $D3(mm)$	403.0	410.0	408.0
円錐底面直径 $D4(mm)$	405.0	412.0	410.0
平均直径 $D(mm)$	409.5	409.0	409.8
円錐高さ $H(mm)$	80.5	81.0	83.5
安息角 $\theta(度)$	21.5	21.6	22.2
平均安息角 $\theta(度)$	21.8		
体積 $V(cm^3)$	3534.0	3547.3	3571.1
乾燥密度 $\rho d(g/cm^3)$	1.415	1.410	1.362
平均密度 $\rho d(g/cm^3)$	1.395		
観察メモ			

安息角試験データ

試料名 : A材料
 試料状態 : 気乾
 粒度番号 : ③
 試験条件 : 水中

試験番号	1 回	2 回	3 回
試料乾燥重量 $W(g)$	4500.0	4500.0	4500.0
円錐底面直径 $D1(mm)$	322.0	315.0	307.0
円錐底面直径 $D2(mm)$	326.0	312.0	305.0
円錐底面直径 $D3(mm)$	325.0	312.0	314.0
円錐底面直径 $D4(mm)$	322.0	317.0	320.0
平均直径 $D(mm)$	323.8	314.0	311.8
円錐高さ $H(mm)$	108.5	105.5	105.5
安息角 $\theta(度)$	33.8	33.9	34.1
平均安息角 $\theta(度)$	33.9		
体積 $V(cm^3)$	2978.2	2723.2	2685.2
乾燥密度 $\rho d(g/cm^3)$	1.511	1.652	1.676
平均密度 $\rho d(g/cm^3)$	1.613		
観察メモ			

安息角試験データ

試料名 : B材料
 試料状態 : 気乾
 粒度番号 : ④
 試験条件 : 水中

試験番号	1 回	2 回	3 回
試料乾燥重量 $W(g)$	4100.0	4100.0	4100.0
円錐底面直径 $D1(mm)$	315.0	314.0	315.0
円錐底面直径 $D2(mm)$	321.0	318.0	328.0
円錐底面直径 $D3(mm)$	310.0	305.0	323.0
円錐底面直径 $D4(mm)$	308.0	320.0	315.0
平均直径 $D(mm)$	313.5	314.5	320.3
円錐高さ $H(mm)$	109.5	111.5	115.0
安息角 $\theta(度)$	34.9	35.3	35.7
平均安息角 $\theta(度)$	35.3		
体積 $V(cm^3)$	2817.5	2887.3	3083.7
乾燥密度 $\rho d(g/cm^3)$	1.455	1.420	1.327
平均密度 $\rho d(g/cm^3)$	1.401		
観察メモ			

安息角試験データ

試料名 : B材料
試料状態 : 気乾
粒度番号 : ①
試験条件 : 水中

試験番号	1 回	2 回	3 回
試料乾燥質量 $W(g)$	65000.0	65000.0	65000.0
円錐底面直径 $D1(mm)$	730.0	752.0	701.5
円錐底面直径 $D2(mm)$	729.0	709.0	756.0
円錐底面直径 $D3(mm)$	758.0	736.0	725.0
円錐底面直径 $D4(mm)$	729.5	750.0	693.0
平均直径 $D(mm)$	736.6	736.8	718.9
円錐高さ $H(mm)$	327.5	327.0	325.0
安息角 $\theta(度)$	41.6	41.6	42.1
平均安息角 $\theta(度)$	41.8		
体積 $V(cm^3)$	46520.4	46474.6	43973.3
乾燥密度 $\rho d(g/cm^3)$	1.397	1.399	1.478
平均密度 $\rho d(g/cm^3)$	1.425		
観察メモ			

安息角試験データ

試料名 : B材料
試料状態 : 気乾
粒度番号 : ①-2
試験条件 : 水中

試験番号	1 回	2 回	3 回
試料乾燥質量 $W(g)$	6000.0	6000.0	6000.0
円錐底面直径 $D1(mm)$	369.0	365.0	348.0
円錐底面直径 $D2(mm)$	351.0	395.0	347.0
円錐底面直径 $D3(mm)$	342.0	353.0	385.0
円錐底面直径 $D4(mm)$	379.0	353.0	351.0
平均直径 $D(mm)$	360.3	366.5	359.0
円錐高さ $H(mm)$	112.0	112.0	109.0
安息角 $\theta(度)$	31.9	31.4	31.3
平均安息角 $\theta(度)$	31.5		
体積 $V(cm^3)$	3806.4	3939.5	3657.3
乾燥密度 $\rho d(g/cm^3)$	1.576	1.523	1.641
平均密度 $\rho d(g/cm^3)$	1.550		
観察メモ			

安息角試験データ

試料名 : C材料
試料状態 : 気乾
粒度番号 : ①
試験条件 : 水中

試験番号	1 回	2 回	3 回
試料乾燥質量 $W(g)$	3500.0	3500.0	3500.0
円錐底面直径 $D1(mm)$	308.0	354.0	308.0
円錐底面直径 $D2(mm)$	304.0	218.0	352.0
円錐底面直径 $D3(mm)$	291.0	278.0	289.0
円錐底面直径 $D4(mm)$	297.0	303.0	275.0
平均直径 $D(mm)$	300.0	302.5	305.0
円錐高さ $H(mm)$	66.0	67.0	65.0
安息角 $\theta(度)$	23.7	23.9	23.0
平均安息角 $\theta(度)$	23.6		
体積 $V(cm^3)$	1555.1	1605.1	1593.4
乾燥密度 $\rho d(g/cm^3)$	2.251	2.181	2.197
平均密度 $\rho d(g/cm^3)$	2.209		
観察メモ	細粒が水筒全体に広がった 		

安息角試験データ

試料名 : C材料
試料状態 : 気乾
粒度番号 : ②
試験条件 : 水中

試験番号	1 回	2 回	3 回
試料乾燥質量 $W(g)$	3500.0	3500.0	3500.0
円錐底面直径 $D1(mm)$	296.0	295.0	256.0
円錐底面直径 $D2(mm)$	298.0	301.0	269.0
円錐底面直径 $D3(mm)$	302.0	363.0	262.0
円錐底面直径 $D4(mm)$	309.0	298.0	267.0
平均直径 $D(mm)$	299.0	299.3	261.3
円錐高さ $H(mm)$	181.0	189.0	185.0
安息角 $\theta(度)$	34.0	34.5	30.8
平均安息角 $\theta(度)$	35.8		
体積 $V(cm^3)$	2363.9	2414.8	1876.2
乾燥密度 $\rho d(g/cm^3)$	1.481	1.449	1.855
平均密度 $\rho d(g/cm^3)$	1.599		
観察メモ			

安息角試験データ

試料名: CHH

試料状態: 気乾

粒度番号: ④

試験条件: 水中

試験番号	1 目	2 目	3 目
試料乾燥重量 W(g)	63909.0	63909.0	63909.0
円錐底面直径 ϕ_1 (mm)	754.0	724.0	734.0
円錐底面直径 ϕ_2 (mm)	745.0	734.0	730.0
円錐底面直径 ϕ_3 (mm)	769.0	752.0	751.0
円錐底面直径 ϕ_4 (mm)	751.0	754.0	717.0
平均直径 D(mm)	754.8	741.0	733.0
円錐高さ H(mm)	289.0	259.0	308.0
安息角 θ (度)	37.4	33.8	40.0
平均安息角 θ (度)	33.8		
体積 V(cc)	43059.5	42037.2	43323.8
乾燥密度 ρ_d (g/cc)	1.483	1.492	1.475
平均密度 ρ_d (g/cc)	1.483		
観察写真			

安息角試験データ

試料名: CHH

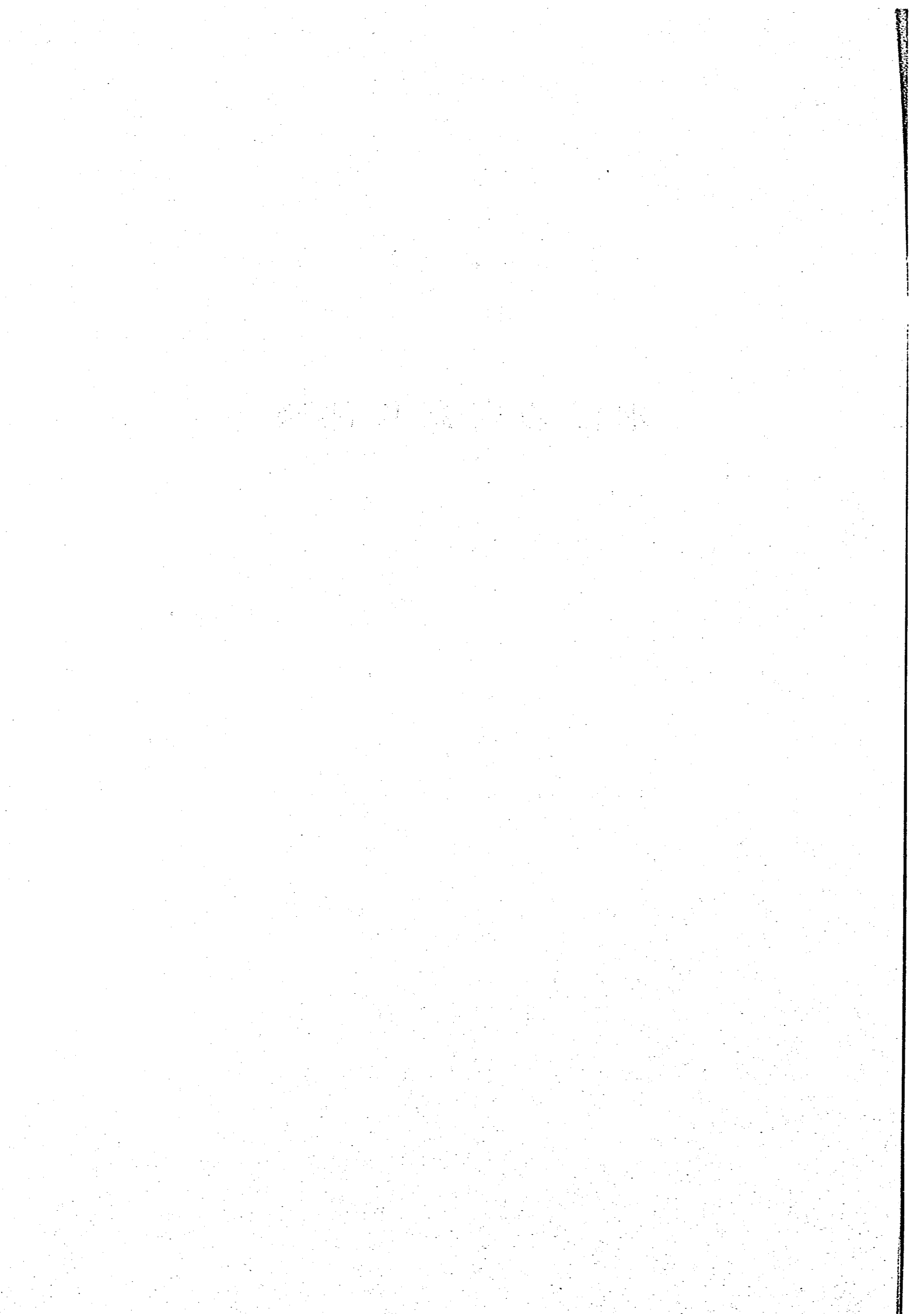
試料状態: 気乾

粒度番号: ⑤-2

試験条件: 水中

試験番号	1 目	2 目	3 目
試料乾燥重量 W(g)	3509.0	3509.0	3509.0
円錐底面直径 ϕ_1 (mm)	232.0	283.0	275.0
円錐底面直径 ϕ_2 (mm)	272.0	271.0	231.0
円錐底面直径 ϕ_3 (mm)	249.0	274.0	264.0
円錐底面直径 ϕ_4 (mm)	284.0	280.0	273.0
平均直径 D(mm)	272.0	277.0	275.8
円錐高さ H(mm)	73.0	85.0	82.0
安息角 θ (度)	30.2	31.8	30.7
平均安息角 θ (度)	30.9		
体積 V(cc)	1530.1	1727.5	1632.3
乾燥密度 ρ_d (g/cc)	2.287	2.025	2.144
平均密度 ρ_d (g/cc)	2.153		
観察写真			

水浸の安息角試験



安息角試験データ

試料名 : 標準砂
試料状態 : 気乾
粒度番号 : ①
試験条件 : 水浸100%

試験番号	1 回	2 回	3 回
試料乾燥重量 $W(g)$	5018.8	5008.1	5004.9
試験前乾燥密度 (g/cm^3)	1.623	1.619	1.618
試験前平均密度 (g/cm^3)	1.620		
円錐底面直径 $D1(mm)$	349.0	349.0	351.0
円錐底面直径 $D2(mm)$	345.0	349.0	345.0
円錐底面直径 $D3(mm)$	351.0	350.0	347.0
円錐底面直径 $D4(mm)$	350.0	350.0	347.0
平均直径 $D(mm)$	349.0	349.5	347.8
円錐高さ $H(mm)$	90.0	91.5	92.0
安息角 $\theta(度)$	27.3	27.6	27.9
平均安息角 $\theta(度)$	27.6		
体積 $V(cm^3)$	2869.9	2925.1	2912.7
乾燥密度 $\rho d(g/cm^3)$	1.749	1.712	1.718
平均密度 $\rho d(g/cm^3)$	1.726		
観察メモ	特に問題なし	特に問題なし	特に問題なし

安息角試験データ

試料名 : ガラスビーズ
試料状態 : 気乾
粒度番号 : ②
試験条件 : 水浸100%

試験番号	1 回	2 回	3 回
試料乾燥重量 $W(g)$	5055.0	5033.3	5063.3
試験前乾燥密度 (g/cm^3)	1.635	1.628	1.637
試験前平均密度 (g/cm^3)	1.633		
円錐底面直径 $D1(mm)$	412.0	420.0	412.0
円錐底面直径 $D2(mm)$	422.0	426.0	417.0
円錐底面直径 $D3(mm)$	411.0	410.0	413.0
円錐底面直径 $D4(mm)$	414.0	413.0	416.0
平均直径 $D(mm)$	414.8	417.3	414.5
円錐高さ $H(mm)$	68.5	69.0	69.0
安息角 $\theta(度)$	18.3	18.3	18.4
平均安息角 $\theta(度)$	18.3		
体積 $V(cm^3)$	3034.8	3144.9	3103.6
乾燥密度 $\rho d(g/cm^3)$	1.639	1.600	1.631
平均密度 $\rho d(g/cm^3)$	1.623		
観察メモ	頂点がほとんど丸くなった。 		

安息角試験データ

試料名 : ガラスビーズ
試料状態 : 気乾
粒度番号 : ④
試験条件 : 水浸100%

試験番号	1 回	2 回	3 回
試料乾燥重量 $W(g)$	4557.9	4593.1	4555.7
試験前乾燥密度 (g/cm^3)	1.454	1.482	1.483
試験前平均密度 (g/cm^3)	1.483		
円錐底面直径 $D1(mm)$	441.0	410.0	407.0
円錐底面直径 $D2(mm)$	442.0	423.0	410.0
円錐底面直径 $D3(mm)$	440.0	423.0	415.0
円錐底面直径 $D4(mm)$	434.0	435.0	425.0
平均直径 $D(mm)$	439.3	423.0	414.3
円錐高さ $H(mm)$	66.0	65.0	65.0
安息角 $\theta(度)$	16.7	17.1	17.7
平均安息角 $\theta(度)$	17.2		
体積 $V(cm^3)$	3254.6	3044.8	2955.1
乾燥密度 $\rho d(g/cm^3)$	1.410	1.505	1.547
平均密度 $\rho d(g/cm^3)$	1.487		
観察メモ	頂点が丸く、二段勾配になった。 		

安息角試験データ

試料名 : A材料
試料状態 : 気乾
粒度番号 : ②
試験条件 : 水浸100%

試験番号	1 回	2 回	3 回
試料乾燥重量 $W(g)$	5119.8	5139.7	5125.8
試験前乾燥密度 (g/cm^3)	1.655	1.652	1.657
試験前平均密度 (g/cm^3)	1.658		
円錐底面直径 $D1(mm)$	337.0	332.0	340.0
円錐底面直径 $D2(mm)$	335.0	335.0	340.0
円錐底面直径 $D3(mm)$	337.0	340.0	331.0
円錐底面直径 $D4(mm)$	345.0	335.0	339.0
平均直径 $D(mm)$	339.0	335.8	337.5
円錐高さ $H(mm)$	93.5	95.5	94.0
安息角 $\theta(度)$	28.9	29.6	29.1
平均安息角 $\theta(度)$	29.2		
体積 $V(cm^3)$	2813.1	2818.4	2803.1
乾燥密度 $\rho d(g/cm^3)$	1.820	1.824	1.829
平均密度 $\rho d(g/cm^3)$	1.824		
観察メモ	頂点があまり尖っていない。 		

安息角試験データ

試料名 : A材料
 試料状態 : 気乾
 粒度番号 : ①
 試験条件 : 水浸100%

試験番号	1 回	2 回	3 回
試料乾燥重量 W(g)	5443.0	5437.6	5440.2
試験前乾燥密度 (g/cm ³)	1.760	1.758	1.759
試験前平均密度 (g/cm ³)	1.759		
円錐底面直径 D1(mm)	325.0	330.0	324.0
円錐底面直径 D2(mm)	324.0	329.0	328.0
円錐底面直径 D3(mm)	319.0	321.0	316.0
円錐底面直径 D4(mm)	323.0	327.0	323.0
平均直径 D(mm)	322.8	326.8	324.3
円錐高さ H(mm)	96.5	95.0	95.0
安息角 θ (度)	30.9	30.2	30.6
平均安息角 θ (度)	30.6		
体積 V(cm ³)	2631.7	2655.4	2642.4
乾燥密度 ρ_d (g/cm ³)	2.068	2.048	2.059
平均密度 ρ_d (g/cm ³)	2.058		
観察メモ	頂上があまり尖っていない。 		

安息角試験データ

試料名 : A材料
 試料状態 : 気乾
 粒度番号 : ①
 試験条件 : 水浸100%

試験番号	1 回	2 回	3 回
試料乾燥重量 W(g)	5205.1	5210.0	5212.9
試験前乾燥密度 (g/cm ³)	1.693	1.695	1.696
試験前平均密度 (g/cm ³)	1.695		
円錐底面直径 D1(mm)	338.0	330.0	317.0
円錐底面直径 D2(mm)	311.0	324.0	286.0
円錐底面直径 D3(mm)	315.0	284.0	324.0
円錐底面直径 D4(mm)	310.0	325.0	339.0
平均直径 D(mm)	311.0	315.8	316.5
円錐高さ H(mm)	101.5	102.5	101.0
安息角 θ (度)	33.1	33.0	32.5
平均安息角 θ (度)	32.9		
体積 V(cm ³)	2570.1	2675.3	2648.7
乾燥密度 ρ_d (g/cm ³)	2.025	1.947	1.958
平均密度 ρ_d (g/cm ³)	1.980		
観察メモ	特に問題なし	特に問題なし	特に問題なし

安息角試験データ

試料名 : A材料
 試料状態 : 気乾
 粒度番号 : ②
 試験条件 : 水浸100%

試験番号	1 回	2 回	3 回
試料乾燥重量 W(g)	5134.9	5146.3	5135.5
試験前乾燥密度 (g/cm ³)	1.660	1.664	1.661
試験前平均密度 (g/cm ³)	1.662		
円錐底面直径 D1(mm)	297.0	321.0	331.0
円錐底面直径 D2(mm)	293.0	300.0	267.0
円錐底面直径 D3(mm)	285.0	276.0	295.0
円錐底面直径 D4(mm)	329.0	309.0	318.0
平均直径 D(mm)	301.0	301.5	302.8
円錐高さ H(mm)	97.5	95.0	96.5
安息角 θ (度)	32.9	32.2	32.5
平均安息角 θ (度)	32.5		
体積 V(cm ³)	2312.6	2260.8	2315.6
乾燥密度 ρ_d (g/cm ³)	2.220	2.276	2.218
平均密度 ρ_d (g/cm ³)	2.238		
観察メモ	頂上があまり尖っていない。 		

安息角試験データ

試料名 : A材料
 試料状態 : 気乾
 粒度番号 : ②
 試験条件 : 水浸100%

試験番号	1 回	2 回	3 回
試料乾燥重量 W(g)	5873.8	5850.7	5854.0
試験前乾燥密度 (g/cm ³)	1.839	1.892	1.896
試験前平均密度 (g/cm ³)	1.895		
円錐底面直径 D1(mm)	338.0	334.0	339.0
円錐底面直径 D2(mm)	337.0	341.0	328.0
円錐底面直径 D3(mm)	331.0	336.0	346.0
円錐底面直径 D4(mm)	338.0	342.0	348.0
平均直径 D(mm)	336.0	339.3	340.3
円錐高さ H(mm)	99.5	100.0	100.0
安息角 θ (度)	30.6	30.6	30.4
平均安息角 θ (度)	30.5		
体積 V(cm ³)	2340.8	2995.3	3030.9
乾燥密度 ρ_d (g/cm ³)	1.997	1.953	1.935
平均密度 ρ_d (g/cm ³)	1.952		
観察メモ	頂上があまり尖っていない。 		

安息角試験データ

試料名 : A材料
試料状態 : 乾燥
粒度番号 : ①-1
試験条件 : 水浸100%

試験番号	1 回	2 回	3 回
試料乾燥重量 $W(g)$	6041.6	6042.5	6058.4
試験前乾燥密度 (g/cm^3)	1.954	1.954	1.959
試験前平均密度 (g/cm^3)	1.956		
円錐底面直径 $D1(mm)$	351.0	356.0	343.0
円錐底面直径 $D2(mm)$	357.0	349.0	348.0
円錐底面直径 $D3(mm)$	351.0	355.0	350.0
円錐底面直径 $D4(mm)$	347.0	336.0	349.0
平均直径 $D(mm)$	351.5	349.3	347.5
円錐高さ $H(mm)$	103.5	103.0	102.5
安息角 $\theta(度)$	30.5	30.5	30.5
平均安息角 $\theta(度)$	30.5		
体積 $V(cm^3)$	3347.8	3289.1	3240.4
乾燥密度 $\rho d(g/cm^3)$	1.895	1.837	1.870
平均密度 $\rho d(g/cm^3)$	1.837		
観察メモ	頂上があまり尖っていない。 		

安息角試験データ

試料名 : B材料
試料状態 : 乾燥
粒度番号 : ②
試験条件 : 水浸100%

試験番号	1 回	2 回	3 回
試料乾燥重量 $W(g)$	4766.5	4727.6	4765.7
試験前乾燥密度 (g/cm^3)	1.541	1.529	1.541
試験前平均密度 (g/cm^3)	1.537		
円錐底面直径 $D1(mm)$	333.0	330.0	332.0
円錐底面直径 $D2(mm)$	337.0	325.0	340.0
円錐底面直径 $D3(mm)$	330.0	337.0	335.0
円錐底面直径 $D4(mm)$	341.0	330.0	334.0
平均直径 $D(mm)$	335.3	330.5	335.5
円錐高さ $H(mm)$	102.0	103.0	102.0
安息角 $\theta(度)$	31.3	31.9	31.3
平均安息角 $\theta(度)$	31.5		
体積 $V(cm^3)$	3001.3	2945.4	3005.8
乾燥密度 $\rho d(g/cm^3)$	1.593	1.605	1.596
平均密度 $\rho d(g/cm^3)$	1.593		
観察メモ	頂上があまり尖っていない。 		

安息角試験データ

試料名 : B材料
試料状態 : 乾燥
粒度番号 : ③
試験条件 : 水浸100%

試験番号	1 回	2 回	3 回
試料乾燥重量 $W(g)$	4834.4	4826.7	4828.0
試験前乾燥密度 (g/cm^3)	1.563	1.561	1.561
試験前平均密度 (g/cm^3)	1.552		
円錐底面直径 $D1(mm)$	315.0	319.0	327.0
円錐底面直径 $D2(mm)$	326.0	324.0	327.0
円錐底面直径 $D3(mm)$	314.0	319.0	322.0
円錐底面直径 $D4(mm)$	322.0	312.0	315.0
平均直径 $D(mm)$	319.3	318.5	322.8
円錐高さ $H(mm)$	108.0	107.0	107.0
安息角 $\theta(度)$	34.1	33.9	33.5
平均安息角 $\theta(度)$	33.8		
体積 $V(cm^3)$	2881.7	2841.7	2918.0
乾燥密度 $\rho d(g/cm^3)$	1.678	1.639	1.655
平均密度 $\rho d(g/cm^3)$	1.677		
観察メモ	頂上があまり尖っていない。 		

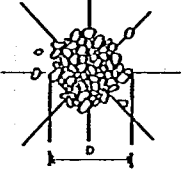
安息角試験データ

試料名 : B材料
試料状態 : 乾燥
粒度番号 : ④
試験条件 : 水浸100%

試験番号	1 回	2 回	3 回
試料乾燥重量 $W(g)$	4817.4	4819.0	4819.1
試験前乾燥密度 (g/cm^3)	1.558	1.558	1.558
試験前平均密度 (g/cm^3)	1.558		
円錐底面直径 $D1(mm)$	284.0	308.0	293.0
円錐底面直径 $D2(mm)$	288.0	313.0	299.0
円錐底面直径 $D3(mm)$	304.0	303.0	315.0
円錐底面直径 $D4(mm)$	283.0	283.0	312.0
平均直径 $D(mm)$	289.8	301.8	304.8
円錐高さ $H(mm)$	118.5	120.0	120.5
安息角 $\theta(度)$	39.3	38.5	38.3
平均安息角 $\theta(度)$	38.7		
体積 $V(cm^3)$	2604.6	2850.5	2929.8
乾燥密度 $\rho d(g/cm^3)$	1.850	1.635	1.645
平均密度 $\rho d(g/cm^3)$	1.727		
観察メモ	頂上があまり尖っていない。 		

安息角試験データ

試料名 : B材料
 試料状態 : 乾燥
 粒度番号 : ⑤
 試験条件 : 水浸100%

試験番号	1 回	2 回	3 回
試料乾燥重量 $W(g)$	4623.3	4664.5	4649.8
試験前乾燥密度 (g/cm^3)	1.495	1.503	1.504
試験前平均密度 (g/cm^3)	1.502		
円錐底面直径 $D1(mm)$	270.0	280.0	313.0
円錐底面直径 $D2(mm)$	240.0	237.0	281.0
円錐底面直径 $D3(mm)$	265.0	255.0	311.0
円錐底面直径 $D4(mm)$	309.0	295.0	337.0
平均直径 $D(mm)$	271.0	267.0	310.5
円錐高さ $H(mm)$	120.5	115.5	137.0
安息角 $\theta(度)$	41.6	40.9	41.4
平均安息角 $\theta(度)$	41.3		
体積 $V(cm^3)$	2316.8	2155.6	3457.9
乾燥密度 $\rho_d(g/cm^3)$	1.955	2.164	1.345
平均密度 $\rho_d(g/cm^3)$	1.835		
観察メモ	山の形は標準の円錐形でない上に、いくつかの石は山から離れたので、直径の測定は右図の通りであった。 		

安息角試験データ

試料名 : B材料
 試料状態 : 乾燥
 粒度番号 : ⑤
 試験条件 : 水浸100%

試験番号	1 回	2 回	3 回
試料乾燥重量 $W(g)$	5447.6	5420.9	5437.1
試験前乾燥密度 (g/cm^3)	1.762	1.753	1.758
試験前平均密度 (g/cm^3)	1.755		
円錐底面直径 $D1(mm)$	331.0	333.0	331.0
円錐底面直径 $D2(mm)$	339.0	349.0	333.0
円錐底面直径 $D3(mm)$	330.0	339.0	337.0
円錐底面直径 $D4(mm)$	332.0	339.0	332.0
平均直径 $D(mm)$	333.0	337.8	333.3
円錐高さ $H(mm)$	103.5	104.5	103.5
安息角 $\theta(度)$	31.9	31.7	31.8
平均安息角 $\theta(度)$	31.8		
体積 $V(cm^3)$	3304.7	3120.9	3009.2
乾燥密度 $\rho_d(g/cm^3)$	1.813	1.737	1.807
平均密度 $\rho_d(g/cm^3)$	1.786		
観察メモ	頂点あまり尖っていない。 		

安息角試験データ

試料名 : B材料
 試料状態 : 乾燥
 粒度番号 : ①-1
 試験条件 : 水浸100%

試験番号	1 回	2 回	3 回
試料乾燥重量 $W(g)$	5852.4	5844.5	5855.3
試験前乾燥密度 (g/cm^3)	1.892	1.890	1.893
試験前平均密度 (g/cm^3)	1.892		
円錐底面直径 $D1(mm)$	355.0	327.0	339.0
円錐底面直径 $D2(mm)$	348.0	335.0	347.0
円錐底面直径 $D3(mm)$	340.0	354.0	336.0
円錐底面直径 $D4(mm)$	359.0	334.0	344.0
平均直径 $D(mm)$	351.0	337.5	341.5
円錐高さ $H(mm)$	105.5	104.0	103.0
安息角 $\theta(度)$	31.3	31.6	31.1
平均安息角 $\theta(度)$	31.3		
体積 $V(cm^3)$	3435.0	3101.3	3144.8
乾燥密度 $\rho_d(g/cm^3)$	1.704	1.885	1.862
平均密度 $\rho_d(g/cm^3)$	1.817		
観察メモ	頂点あまり尖っていない。 		

安息角試験データ

試料名 : B材料
 試料状態 : 最適含水比
 粒度番号 : ①-2
 試験条件 : 水浸100%

試験番号	1 回	2 回	3 回
試料乾燥重量 $W(g)$	5856.5	5855.5	5923.1
試験前乾燥密度 (g/cm^3)	1.894	1.893	1.915
試験前平均密度 (g/cm^3)	1.901		
円錐底面直径 $D1(mm)$	323.0	340.0	330.0
円錐底面直径 $D2(mm)$	334.0	342.0	333.0
円錐底面直径 $D3(mm)$	324.0	350.0	333.0
円錐底面直径 $D4(mm)$	336.0	339.0	345.0
平均直径 $D(mm)$	329.3	342.8	335.3
円錐高さ $H(mm)$	113.0	110.5	103.0
安息角 $\theta(度)$	34.5	32.8	32.8
平均安息角 $\theta(度)$	33.4		
体積 $V(cm^3)$	3207.0	3398.5	3177.8
乾燥密度 $\rho_d(g/cm^3)$	1.826	1.723	1.864
平均密度 $\rho_d(g/cm^3)$	1.804		
観察メモ	崩壊はモールドを抜き取った直後から発生した。2、3時間を経て全部崩壊した。	崩壊はモールドを抜き取った直後から発生した。2、3時間を経て全部崩壊した。	崩壊はモールドを抜き取った直後から発生した。2、3時間を経て全部崩壊した。

安息角試験データ

試料名 : B材料
 試料状態 : 最適含水比
 粒度番号 : ①-3
 試験条件 : 水浸100%

試験番号	1 回	2 回	3 回
試料乾燥重量 W(g)	6258.4	6238.6	6238.6
試験前乾燥密度 (g/cm ³)	2.024	2.017	2.017
試験前平均密度 (g/cm ³)	2.019		
円錐底面直径 D1(mm)	332.0	330.0	334.0
円錐底面直径 D2(mm)	324.0	329.0	336.0
円錐底面直径 D3(mm)	322.0	324.0	324.0
円錐底面直径 D4(mm)	329.0	330.0	329.0
平均直径 D(mm)	326.8	328.3	330.8
円錐高さ H(mm)	140.5	149.0	151.5
安息角 θ (度)	49.7	42.0	42.5
平均安息角 θ (度)	41.7		
体積 V(cm ³)	3927.1	4174.8	4338.9
乾燥密度 ρ_d (g/cm ³)	1.594	1.494	1.438
平均密度 ρ_d (g/cm ³)	1.509		
観察メモ	20分程度まで自立していたが、その後徐々に崩壊した。	30分程度まで自立していたが、その後徐々に崩壊した。	20分程度まで自立していたが、その後徐々に崩壊した。

安息角試験データ

試料名 : B材料
 試料状態 : 最適含水比
 粒度番号 : ①-4
 試験条件 : 水浸100%

試験番号	1 回	2 回	3 回
試料乾燥重量 W(g)	6404.9	6413.3	6430.3
試験前乾燥密度 (g/cm ³)	2.071	2.074	2.079
試験前平均密度 (g/cm ³)	2.075		
円錐底面直径 D1(mm)	339.0	337.0	343.0
円錐底面直径 D2(mm)	346.0	347.0	344.0
円錐底面直径 D3(mm)	334.0	337.0	334.0
円錐底面直径 D4(mm)	342.0	337.0	332.0
平均直径 D(mm)	340.0	339.5	338.3
円錐高さ H(mm)	160.0	164.0	165.0
安息角 θ (度)	43.3	44.0	44.3
平均安息角 θ (度)	43.9		
体積 V(cm ³)	4842.2	4948.7	4942.3
乾燥密度 ρ_d (g/cm ³)	1.323	1.295	1.301
平均密度 ρ_d (g/cm ³)	1.307		
観察メモ	1時間半程度まで自立していた。その後徐々に崩壊した。	1時間半程度まで自立していた。その後徐々に崩壊した。	2時間半程度まで自立していた。その後徐々に崩壊した。

安息角試験データ

試料名 : C材料
 試料状態 : 気乾
 粒度番号 : ①
 試験条件 : 水浸100%

試験番号	1 回	2 回	3 回
試料乾燥重量 W(g)	4650.0	4636.6	4629.3
試験前乾燥密度 (g/cm ³)	1.504	1.499	1.497
試験前平均密度 (g/cm ³)	1.500		
円錐底面直径 D1(mm)	355.0	347.0	345.0
円錐底面直径 D2(mm)	403.0	344.0	356.0
円錐底面直径 D3(mm)	373.0	401.0	376.0
円錐底面直径 D4(mm)	353.0	402.0	363.0
平均直径 D(mm)	376.0	393.5	372.5
円錐高さ H(mm)	94.0	101.0	98.0
安息角 θ (度)	26.6	27.2	27.8
平均安息角 θ (度)	27.2		
体積 V(cm ³)	3479.1	4094.3	3560.0
乾燥密度 ρ_d (g/cm ³)	1.337	1.132	1.339
平均密度 ρ_d (g/cm ³)	1.255		
観察メモ	崩壊分が回りに広がった		

安息角試験データ

試料名 : C材料
 試料状態 : 気乾
 粒度番号 : ②
 試験条件 : 水浸100%

試験番号	1 回	2 回	3 回
試料乾燥重量 W(g)	4567.4	4552.4	4591.5
試験前乾燥密度 (g/cm ³)	1.477	1.472	1.485
試験前平均密度 (g/cm ³)	1.478		
円錐底面直径 D1(mm)	340.0	339.0	393.0
円錐底面直径 D2(mm)	357.0	329.0	292.0
円錐底面直径 D3(mm)	343.0	343.0	291.0
円錐底面直径 D4(mm)	340.0	348.0	282.0
平均直径 D(mm)	345.0	337.5	292.0
円錐高さ H(mm)	104.0	160.0	104.0
安息角 θ (度)	31.1	39.7	35.5
平均安息角 θ (度)	32.4		
体積 V(cm ³)	3240.7	2982.1	2321.5
乾燥密度 ρ_d (g/cm ³)	1.459	1.527	1.978
平均密度 ρ_d (g/cm ³)	1.638		
観察メモ	試にかなり広がった		

安息角試験データ

試料名 : CHH
試料状態 : 乾燥
粒度番号 : ⑤
試験条件 : 水浸100%

試験番号	1 目	2 目	3 目
試料乾燥重量 W(g)	4419.8	4343.0	4405.5
試験前乾燥密度(g/cm ³)	1.429	1.404	1.425
試験前平均密度(g/cm ³)	1.419		
円錐底面直径 D1(mm)	338.0	325.0	339.0
円錐底面直径 D2(mm)	345.0	323.0	326.0
円錐底面直径 D3(mm)	327.0	325.0	335.0
円錐底面直径 D4(mm)	331.0	325.0	331.0
平均直径 D(mm)	333.3	327.0	330.8
円錐高さ H(mm)	102.0	102.0	95.0
安息角 θ (度)	31.3	32.0	30.1
平均安息角 θ (度)	31.1		
体積 V(cm ³)	3091.3	2855.4	2749.4
乾燥密度 ρ_d (g/cm ³)	1.479	1.521	1.602
平均密度 ρ_d (g/cm ³)	1.532		
観察ノモ	上に丸みがある 同じ 同じ		

安息角試験データ

試料名 : CHH
試料状態 : 乾燥
粒度番号 : ⑤
試験条件 : 水浸100%

試験番号	1 目	2 目	3 目
試料乾燥重量 W(g)	4112.9	4333.6	4687.0
試験前乾燥密度(g/cm ³)	1.330	1.401	1.322
試験前平均密度(g/cm ³)	1.351		
円錐底面直径 D1(mm)	310.0	347.0	302.0
円錐底面直径 D2(mm)	327.0	312.0	235.0
円錐底面直径 D3(mm)	230.0	325.0	329.0
円錐底面直径 D4(mm)	262.0	354.0	336.0
平均直径 D(mm)	297.3	334.5	300.0
円錐高さ H(mm)	95.0	100.0	110.0
安息角 θ (度)	32.6	30.9	35.3
平均安息角 θ (度)	33.2		
体積 V(cm ³)	2197.5	2929.3	2591.8
乾燥密度 ρ_d (g/cm ³)	1.872	1.479	1.577
平均密度 ρ_d (g/cm ³)	1.643		
観察ノモ	円の外に出た 丸みがある 同じ 同じ		

安息角試験データ

試料名 : CHH
試料状態 : 乾燥
粒度番号 : ⑤
試験条件 : 水浸100%

試験番号	1 目	2 目	3 目
試料乾燥重量 W(g)	4827.1	4959.1	4664.7
試験前乾燥密度(g/cm ³)	1.561	1.616	1.584
試験前平均密度(g/cm ³)	1.552		
円錐底面直径 D1(mm)	256.0	313.0	316.0
円錐底面直径 D2(mm)	340.0	336.0	312.0
円錐底面直径 D3(mm)	297.0	336.0	330.0
円錐底面直径 D4(mm)	320.0	328.0	327.0
平均直径 D(mm)	313.3	326.3	321.3
円錐高さ H(mm)	112.0	110.0	109.0
安息角 θ (度)	35.6	33.8	34.2
平均安息角 θ (度)	34.5		
体積 V(cm ³)	2877.2	3102.9	2945.0
乾燥密度 ρ_d (g/cm ³)	1.678	1.611	1.584
平均密度 ρ_d (g/cm ³)	1.624		
観察ノモ			

安息角試験データ

試料名 : CHH
試料状態 : 乾燥
粒度番号 : ⑤
試験条件 : 水浸100%

試験番号	1 目	2 目	3 目
試料乾燥重量 W(g)	5929.5	5040.7	5135.4
試験前乾燥密度(g/cm ³)	1.626	1.639	1.652
試験前平均密度(g/cm ³)	1.639		
円錐底面直径 D1(mm)	353.0	351.0	341.0
円錐底面直径 D2(mm)	348.0	341.0	313.0
円錐底面直径 D3(mm)	332.0	350.0	342.0
円錐底面直径 D4(mm)	342.0	339.0	346.0
平均直径 D(mm)	343.8	345.3	343.0
円錐高さ H(mm)	165.0	98.0	100.0
安息角 θ (度)	31.4	29.6	32.2
平均安息角 θ (度)	31.1		
体積 V(cm ³)	3248.2	3058.2	3226.4
乾燥密度 ρ_d (g/cm ³)	1.548	1.648	1.545
平均密度 ρ_d (g/cm ³)	1.581		
観察ノモ	波に広がった		

安息角試験データ

試料名: CHH

試料状態: 乾燥

粒度番号: ①-1

試験条件: 水浸100%

試験番号	1 目	2 目	3 目
試料乾燥重量 W(g)	5605.3	5603.3	5589.8
試験前乾燥密度(g/cm ³)	1.813	1.814	1.808
試験前平均密度(g/cm ³)	1.811		
円筒底面直径 D1(mm)	329.0	333.0	333.0
円筒底面直径 D2(mm)	345.0	339.0	338.0
円筒底面直径 D3(mm)	342.0	333.0	339.0
円筒底面直径 D4(mm)	333.0	340.0	335.0
平均直径 D(mm)	338.5	338.3	337.5
円筒高さ H(mm)	115.0	114.0	107.0
安息角 θ (度)	34.2	34.0	35.7
平均安息角 θ (度)	34.6		
体積 V(cm ³)	3419.7	3414.7	2478.3
乾燥密度 ρ_d (g/cm ³)	1.625	1.642	2.255
平均密度 ρ_d (g/cm ³)	1.841		
観察 / モ	上部がしまっていない		

安息角試験データ

試料名: CHH

試料状態: 最適含水比

粒度番号: ①-1

試験条件: 水浸100%

試験番号	1 目	2 目	3 目
試料乾燥重量 W(g)	5958.4	5922.7	5944.8
試験前乾燥密度(g/cm ³)	1.927	1.915	1.922
試験前平均密度(g/cm ³)	1.921		
円筒底面直径 D1(mm)	349.0	333.0	349.0
円筒底面直径 D2(mm)	342.0	311.0	347.0
円筒底面直径 D3(mm)	372.0	377.0	347.0
円筒底面直径 D4(mm)	331.0	355.0	328.0
平均直径 D(mm)	346.3	374.0	340.5
円筒高さ H(mm)	109.0	111.0	123.0
安息角 θ (度)	32.2	30.7	35.2
平均安息角 θ (度)	32.7		
体積 V(cm ³)	3421.2	4554.8	3542.4
乾燥密度 ρ_d (g/cm ³)	1.742	1.457	1.632
平均密度 ρ_d (g/cm ³)	1.610		
観察 / モ	細粒分が終わりに広がった		

安息角試験データ

試料名: CHH

試料状態: 最適含水比

粒度番号: ①-2

試験条件: 水浸100%

試験番号	1 目	2 目	3 目
試料乾燥重量 W(g)	6118.4	6042.3	6062.5
試験前乾燥密度(g/cm ³)	1.978	1.954	1.969
試験前平均密度(g/cm ³)	1.954		
円筒底面直径 D1(mm)	312.0	332.0	324.0
円筒底面直径 D2(mm)	316.0	332.0	311.0
円筒底面直径 D3(mm)	321.0	315.0	360.0
円筒底面直径 D4(mm)	313.0	319.0	335.0
平均直径 D(mm)	315.5	324.5	332.5
円筒高さ H(mm)	121.0	130.0	135.0
安息角 θ (度)	37.5	38.7	39.3
平均安息角 θ (度)	38.5		
体積 V(cm ³)	3153.2	3583.8	3936.3
乾燥密度 ρ_d (g/cm ³)	1.949	1.686	1.549
平均密度 ρ_d (g/cm ³)	1.722		
観察 / モ	①-1)を抜き取った直後から破壊し、約3時間後に安定した	①-1)を抜き取った直後から破壊し、約2時間後に安定した	①-1)を抜き取った直後から破壊し、約3時間後に安定した

安息角試験データ

試料名: CHH

試料状態: 最適含水比

粒度番号: ①-3

試験条件: 水浸100%

試験番号	1 目	2 目	3 目
試料乾燥重量 W(g)	6335.5	6331.0	6327.4
試験前乾燥密度(g/cm ³)	2.049	2.053	2.046
試験前平均密度(g/cm ³)	2.053		
円筒底面直径 D1(mm)	334.0	332.0	321.0
円筒底面直径 D2(mm)	334.0	340.0	329.0
円筒底面直径 D3(mm)	337.0	322.0	318.0
円筒底面直径 D4(mm)	356.0	329.0	331.0
平均直径 D(mm)	349.3	333.3	324.8
円筒高さ H(mm)	150.0	169.0	142.0
安息角 θ (度)	41.4	44.1	41.2
平均安息角 θ (度)	42.2		
体積 V(cm ³)	4546.3	4582.3	3920.6
乾燥密度 ρ_d (g/cm ³)	1.394	1.393	1.614
平均密度 ρ_d (g/cm ³)	1.457		
観察 / モ	①-1)を抜き取った後から1時間ぐらいたたいて自立していた、3時間後に安定した	①-1)を抜き取った後から30分ぐらいたたいて自立していた、その後破壊し始めた	①-1)を抜き取った後から30分ぐらいたたいて自立していた

安息角試験データ

試料名 : C材料
試料状態 : 普通含水比
粒度番号 : ①-4
試験条件 : 水浸100%

試験番号	1 目	2 目	3 目
試料乾燥重量 W(g)	6336.7	6322.7	6248.2
試験筒乾燥密度 (g/cm ³)	2.049	2.045	2.053
試験筒平均密度 (g/cm ³)	2.049		
円錐底面直径 D1(mm)	328.0	334.0	339.0
円錐底面直径 D2(mm)	328.0	320.0	330.0
円錐底面直径 D3(mm)	317.0	322.0	327.0
円錐底面直径 D4(mm)	331.0	329.0	328.0
平均直径 D(mm)	326.0	324.0	328.8
円錐高さ H(mm)	170.0	161.0	169.0
安息角 θ (度)	45.2	44.8	45.8
平均安息角 θ (度)	45.6		
体積 V(cm ³)	4729.9	4424.7	4701.7
乾燥密度 ρd (g/cm ³)	1.340	1.429	1.328
平均密度 ρd (g/cm ³)	1.365		
観察メモ	開始 6:20分 終了 8:55分 "①"を抜き取った直後から少しずつ破壊し始めた (4)35分後に写真撮影した 16時間後だった どおりだった	開始 5:10分 終了 9:10分 16時間後だった	開始 5:20分 終了 9:30分 16時間後だった

安息角試験データ

試料名 : C材料
試料状態 : 乾燥
粒度番号 : ②
試験条件 : 水浸50%

試験番号	1 目	2 目	3 目
試料乾燥重量 W(g)	4601.6	4603.1	4626.6
試験筒乾燥密度 (g/cm ³)	1.453	1.488	1.496
試験筒平均密度 (g/cm ³)	1.481		
円錐底面直径 D1(mm)	298.0	339.0	341.0
円錐底面直径 D2(mm)	293.0	333.0	337.0
円錐底面直径 D3(mm)	301.0	323.0	342.0
円錐底面直径 D4(mm)	298.0	335.0	332.0
平均直径 D(mm)	297.5	330.3	338.0
円錐高さ H(mm)	104.0	110.0	101.0
安息角 θ (度)	35.0	33.7	30.9
平均安息角 θ (度)	33.2		
体積 V(cm ³)	2459.8	3149.8	3020.8
乾燥密度 ρd (g/cm ³)	1.910	1.456	1.532
平均密度 ρd (g/cm ³)	1.636		
観察メモ	水面より試料の上部が出た		

安息角試験データ

試料名 : C材料
試料状態 : 乾燥
粒度番号 : ①
試験条件 : 水浸50%

試験番号	1 目	2 目	3 目
試料乾燥重量 W(g)	4471.0	4491.3	4488.8
試験筒乾燥密度 (g/cm ³)	1.446	1.452	1.452
試験筒平均密度 (g/cm ³)	1.450		
円錐底面直径 D1(mm)	371.0	361.0	359.0
円錐底面直径 D2(mm)	377.0	357.0	373.0
円錐底面直径 D3(mm)	379.0	374.0	375.0
円錐底面直径 D4(mm)	376.0	376.0	359.0
平均直径 D(mm)	375.8	369.5	376.5
円錐高さ H(mm)	105.0	99.0	89.0
安息角 θ (度)	23.2	28.2	25.3
平均安息角 θ (度)	27.6		
体積 V(cm ³)	3311.1	3553.6	3302.8
乾燥密度 ρd (g/cm ³)	1.152	1.269	1.359
平均密度 ρd (g/cm ³)	1.260		
観察メモ	水面から試料の上部が出ていた		

安息角試験データ

試料名 : C材料
試料状態 : 乾燥
粒度番号 : ③
試験条件 : 水浸50%

試験番号	1 目	2 目	3 目
試料乾燥重量 W(g)	4523.3	4559.4	4429.2
試験筒乾燥密度 (g/cm ³)	1.463	1.487	1.432
試験筒平均密度 (g/cm ³)	1.461		
円錐底面直径 D1(mm)	333.0	399.0	305.0
円錐底面直径 D2(mm)	305.0	387.0	285.0
円錐底面直径 D3(mm)	320.0	311.0	338.0
円錐底面直径 D4(mm)	313.0	326.0	310.0
平均直径 D(mm)	318.0	313.3	309.5
円錐高さ H(mm)	102.0	109.0	105.0
安息角 θ (度)	32.7	32.6	34.2
平均安息角 θ (度)	33.1		
体積 V(cm ³)	2769.4	2558.9	2633.2
乾燥密度 ρd (g/cm ³)	1.675	1.759	1.682
平均密度 ρd (g/cm ³)	1.716		
観察メモ			

安息角試験データ

試料名 : CHH
 試料状態 : 最適含水比
 粒度番号 : ①-2
 試験条件 : 水浸50%

試験番号	1 目	2 目	3 目
試料乾燥重量 W(g)	6337.3	6312.1	6318.3
試験目乾燥密度(g/cm ³)	2.649	2.651	2.653
試験目平均密度(g/cm ³)	2.651		
円錐底面直径 D1(mm)	329.0	329.0	326.0
円錐底面直径 D2(mm)	328.0	327.0	363.0
円錐底面直径 D3(mm)	312.0	322.0	351.0
円錐底面直径 D4(mm)	322.0	333.0	309.0
平均直径 D(mm)	320.5	320.8	332.3
円錐高さ H(mm)	133.0	123.0	120.0
安息角 θ (度)	39.7	37.5	35.8
平均安息角 θ (度)	37.7		
体積 V(cm ³)	3576.6	3312.9	3458.0
乾燥密度 ρ_d (g/cm ³)	1.772	1.914	1.831
平均密度 ρ_d (g/cm ³)	1.839		
試験メモ	①-2を抜き取ってから30分ぐらいで水面より上の部分が破壊し始め2時間後にくずれ終わった		三角錐の形にはならず横に広がってしまった

現場材料に対する Sand Castle試験

試験データ

気中の安息角試験

THE NEW YORK PUBLIC LIBRARY

安息角試験データ

試料名: -4.75mm 中央

試料状態: 乾燥

試験条件: 真中

試験番号	1 回	2 回	3 回
試験乾燥重量 W(g)	6000.0	6000.0	6000.0
円錐底面直径 D1(mm)	354.0	372.0	376.0
円錐底面直径 D2(mm)	357.0	377.0	370.0
円錐底面直径 D3(mm)	355.0	365.0	387.0
円錐底面直径 D4(mm)	370.0	369.0	389.0
平均直径 D(mm)	370.5	370.5	380.5
円錐高さ H(mm)	142.0	150.0	143.0
安息角 θ (度)	37.2	39.0	35.9
平均安息角 θ (度)	37.7		
体積 V(cc)	5185.1	5339.6	5420.2
乾燥密度 $\rho d(g/cc)$	1.157	1.113	1.107
平均密度 $\rho d(g/cc)$	1.126		
試験結果			

安息角試験データ

試料名: -19.1mm 中央

試料状態: 乾燥

試験条件: 真中

試験番号	1 回	2 回	3 回
試験乾燥重量 W(g)	9000.0	9000.0	9000.0
円錐底面直径 D1(mm)	877.0	835.0	903.0
円錐底面直径 D2(mm)	975.0	838.0	995.0
円錐底面直径 D3(mm)	903.0	919.0	956.0
円錐底面直径 D4(mm)	981.0	920.0	912.0
平均直径 D(mm)	914.0	899.5	919.0
円錐高さ H(mm)	312.0	335.0	345.0
安息角 θ (度)	35.8	37.0	37.0
平均安息角 θ (度)	36.9		
体積 V(cc)	74797.4	69547.4	76592.5
乾燥密度 $\rho d(g/cc)$	1.203	1.294	1.176
平均密度 $\rho d(g/cc)$	1.225		
試験結果			

安息角試験データ

試料名: -38.1 上級

試料状態: 乾燥

試験条件: 真中

試験番号	1 回	2 回	3 回
試験乾燥重量 W(g)	10000.0	10000.0	10000.0
円錐底面直径 D1(mm)	855.0	895.0	878.0
円錐底面直径 D2(mm)	816.0	831.0	853.0
円錐底面直径 D3(mm)	794.0	914.0	854.0
円錐底面直径 D4(mm)	882.0	840.0	855.0
平均直径 D(mm)	854.3	895.0	860.8
円錐高さ H(mm)	341.0	353.0	337.0
安息角 θ (度)	38.6	38.6	38.1
平均安息角 θ (度)	38.4		
体積 V(cc)	65145.7	72381.8	65356.0
乾燥密度 $\rho d(g/cc)$	1.535	1.382	1.539
平均密度 $\rho d(g/cc)$	1.482		
試験結果			

安息角試験データ

試料名: -38.1mm 中央

試料状態: 乾燥

試験条件: 真中

試験番号	1 回	2 回	3 回
試験乾燥重量 W(g)	8320.0	8320.0	8320.0
円錐底面直径 D1(mm)	826.0	777.0	822.0
円錐底面直径 D2(mm)	865.0	852.0	875.0
円錐底面直径 D3(mm)	849.0	887.0	850.0
円錐底面直径 D4(mm)	889.0	842.0	848.0
平均直径 D(mm)	857.3	839.5	851.3
円錐高さ H(mm)	324.0	320.0	319.0
安息角 θ (度)	37.1	37.3	36.9
平均安息角 θ (度)	37.1		
体積 V(cc)	62384.5	59041.8	60516.4
乾燥密度 $\rho d(g/cc)$	1.431	1.511	1.474
平均密度 $\rho d(g/cc)$	1.472		
試験結果			

安息角試験データ

試料名: -38.1 μ m 下段

試料状態: 乾燥

試験条件: 真中

試験番号	1 目	2 目	3 目
試料乾燥質量 W(g)	75000.0	75000.0	75000.0
円錐底面直径 D1(mm)	759.0	755.0	803.0
円錐底面直径 D2(mm)	793.0	792.0	755.0
円錐底面直径 D3(mm)	796.0	798.0	812.0
円錐底面直径 D4(mm)	772.0	797.0	735.0
平均直径 D(mm)	779.8	785.5	776.3
円錐高さ H(mm)	317.0	299.0	310.0
安息角 θ (度)	39.1	37.3	38.6
平均安息角 θ (度)	38.3		
体積 V(cc)	50459.0	41298.3	41992.7
乾燥密度 $\rho d(g/cc)$	1.488	1.553	1.534
平均密度 $\rho d(g/cc)$	1.524		
試験ノモ			

安息角試験データ

試料名: -38.1 μ m 細粒カット

試料状態: 乾燥

試験条件: 真中

試験番号	1 目	2 目	3 目
試料乾燥質量 W(g)	55000.0	55000.0	55000.0
円錐底面直径 D1(mm)	820.0	815.0	802.0
円錐底面直径 D2(mm)	923.0	864.0	792.0
円錐底面直径 D3(mm)	718.0	852.0	859.0
円錐底面直径 D4(mm)	864.0	877.0	851.0
平均直径 D(mm)	831.3	879.5	826.0
円錐高さ H(mm)	306.0	307.0	326.0
安息角 θ (度)	35.4	34.9	38.3
平均安息角 θ (度)	36.5		
体積 V(cc)	55354.5	62169.6	58229.9
乾燥密度 $\rho d(g/cc)$	1.716	1.528	1.631
平均密度 $\rho d(g/cc)$	1.625		
試験ノモ			

水浸の安息角試験

ALL INFORMATION CONTAINED

安息角試験データ

試料名: -4.75mm 中央
 試料状態: 最適含水比(8.8%)
 試験条件: 水浸100%

試験番号	1 回	2 回	3 回
試料乾燥重量 W(g)	6312.6	6336.1	6337.8
試験筒乾燥密度(g/cm ³)	2.051	2.049	2.049
試験筒平均密度(g/cm ³)	2.050		
円錐底面直径 D1(mm)	397.0	318.0	303.0
円錐底面直径 D2(mm)	397.0	301.0	319.0
円錐底面直径 D3(mm)	316.0	321.0	306.0
円錐底面直径 D4(mm)	319.0	311.0	319.0
平均直径 D(mm)	310.8	312.3	310.3
円錐高さ H(mm)	118.0	116.0	118.0
安息角 θ(度)	37.2	36.6	37.3
平均安息角 θ(度)	37.0		
体積 V(cm ³)	2333.1	2370.4	2373.5
乾燥密度 ρd(g/cm ³)	2.126	2.133	2.131
平均密度 ρd(g/cm ³)	2.130		
試験方法	水浸直後(13:04)自立 全体がバラバラ(13:05)くずれた	水浸直後(10:35)自立 1時間後	水浸直後(15:10)自立

全ケースとも、上に丸みがあるまんじゅうのような形となっている。仮った測は直径の算定に用いていない。以上より体積を過小評価し、その結果密度を過大評価したと思われる。

安息角試験データ

試料名: -19.15mm 中央
 試料状態: 最適含水比(7.5%)
 試験条件: 水浸100%

試験番号	1 回	2 回	3 回
試料乾燥重量 W(g)	6795.8	6769.7	6829.9
試験筒乾燥密度(g/cm ³)	2.158	2.189	2.206
試験筒平均密度(g/cm ³)	2.197		
円錐底面直径 D1(mm)	358.0	324.0	323.0
円錐底面直径 D2(mm)	341.0	334.0	354.0
円錐底面直径 D3(mm)	328.0	357.0	355.0
円錐底面直径 D4(mm)	351.0	316.0	343.0
平均直径 D(mm)	344.5	342.8	346.5
円錐高さ H(mm)	137.0	157.0	145.0
安息角 θ(度)	33.5	42.5	39.9
平均安息角 θ(度)	40.3		
体積 V(cm ³)	4256.6	4328.6	4557.7
乾燥密度 ρd(g/cm ³)	1.597	1.402	1.437
平均密度 ρd(g/cm ³)	1.493		
試験方法	水浸直後 自立 均等に崩れ始めた	水浸直後 自立	水浸直後 自立

安息角試験データ

試料名: -31.15mm 上級
 試料状態: 最適含水比(7.3%)
 試験条件: 水浸100%

試験番号	1 回	2 回	3 回
試料乾燥重量 W(g)	6195.9	6194.2	6195.3
試験筒乾燥密度(g/cm ³)	2.236	2.233	2.236
試験筒平均密度(g/cm ³)	2.233		
円錐底面直径 D1(mm)	331.0	315.0	295.0
円錐底面直径 D2(mm)	342.0	350.0	292.0
円錐底面直径 D3(mm)	330.0	412.0	439.0
円錐底面直径 D4(mm)	341.0	359.0	284.0
平均直径 D(mm)	351.0	376.8	339.8
円錐高さ H(mm)	173.0	155.0	148.0
安息角 θ(度)	44.6	39.4	41.1
平均安息角 θ(度)	41.7		
体積 V(cm ³)	5579.9	5759.8	4472.5
乾燥密度 ρd(g/cm ³)	1.216	1.159	1.516
平均密度 ρd(g/cm ³)	1.327		
試験方法	水浸直後(11:45)自立 上部がくずれはじめた(12:15)	水浸直後(11:20)自立 下の方がくずれてきた(12:00)	水浸直後(12:55)自立 円錐が壊れた

安息角試験データ

試料名: -31.15mm 中央
 試料状態: 最適含水比(6.5%)
 試験条件: 水浸100%

試験番号	1 回	2 回	3 回	4 回	5 回
試料乾燥重量 W(g)	6383.8	6316.7	6311.2	6330.0	6358.6
試験筒乾燥密度(g/cm ³)	2.228	2.237	2.235	2.228	2.218
試験筒平均密度(g/cm ³)	2.229				
円錐底面直径 D1(mm)	341.0	374.0	375.0	320.0	329.0
円錐底面直径 D2(mm)	338.0	370.0	332.0	354.0	328.0
円錐底面直径 D3(mm)	320.0	324.0	339.0	356.0	338.0
円錐底面直径 D4(mm)	312.0	335.0	350.0	359.0	431.0
平均直径 D(mm)	327.8	351.0	355.0	349.8	365.5
円錐高さ H(mm)	175.0	161.0	127.0	175.0	128.0
安息角 θ(度)	46.9	42.5	34.8	45.0	33.5
平均安息角 θ(度)	40.6				
体積 V(cm ³)	4321.4	5192.9	4429.5	5604.3	5095.8
乾燥密度 ρd(g/cm ³)	1.399	1.332	1.569	1.229	1.378
平均密度 ρd(g/cm ³)	1.378				
試験方法	水浸直後(10:15)自立 下の方が(10:35)崩れ始めた。 上部が(11:35)崩れ始めた。 (11:54)	水浸直後(10:05)自立	水浸直後(11:45)自立 上部がくずれた(11:45)	水浸直後(11:45)自立 上部がくずれた(11:45)	水浸直後(11:45)自立 上部がくずれた(11:45)

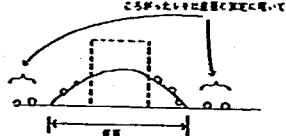
安息角試験データ

試料名: -38.1 下層
試料状態: 最適含水比(6.6%)
試験条件: 水浸100%

試験番号	1 目	2 目	3 目
試料乾燥重量 W(g)	6773.1	6787.0	6745.0
試験筒乾燥密度(g/cm ³)	2.192	2.195	2.181
試験筒平均密度(g/cm ³)	2.189		
円錐底面直径 B1(mm)	328.0	350.0	373.0
円錐底面直径 B2(mm)	340.0	350.0	429.0
円錐底面直径 B3(mm)	338.0	355.0	341.0
円錐底面直径 B4(mm)	339.0	327.0	369.0
平均直径 D(mm)	334.0	348.0	378.0
円錐高さ H(mm)	157.0	175.0	175.0
安息角 θ(度)	43.2	45.2	42.8
平均安息角 θ(度)	43.7		
体積 V(cm ³)	4595.2	5548.4	6546.2
乾燥密度 ρd(g/cm ³)	1.477	1.223	1.030
平均密度 ρd(g/cm ³)	1.243		
試験ノモ	水浸直後(2:40) 水浸直後自立(11:45) 一気にくずれ 上部がくずれ はじめた(2:45) はじめた(12:09)  1 目試験 1 目試験		

安息角試験データ

試料名: -38.1mm 細粒分カット
試料状態: 含水比を7.0%に調整
試験条件: 水浸100%

試験番号	1 目	2 目	3 目
試料乾燥重量 W(g)	6381.3	6312.9	6364.3
試験筒乾燥密度(g/cm ³)	2.063	2.054	2.055
試験筒平均密度(g/cm ³)	2.052		
円錐底面直径 B1(mm)	338.0	325.0	351.0
円錐底面直径 B2(mm)	359.0	337.0	349.0
円錐底面直径 B3(mm)	335.0	331.0	332.0
円錐底面直径 B4(mm)	358.0	370.0	346.0
平均直径 D(mm)	347.8	341.5	344.5
円錐高さ H(mm)	93.0	95.0	93.0
安息角 θ(度)	28.1	38.1	27.6
平均安息角 θ(度)	28.6		
体積 V(cm ³)	2944.3	3022.6	2796.3
乾燥密度 ρd(g/cm ³)	2.167	2.112	2.276
平均密度 ρd(g/cm ³)	2.185		
試験ノモ	水浸直後にくずれはじめ、安定した上にまわりがある。  ころがった頂は直径の算定に用いていない		

安息角試験データ

試料名: -38.1mm 細粒分カット
試料状態: 気乾
試験条件: 水浸100%

試験番号	1 目	2 目	3 目	4 目	5 目
試料乾燥重量 W(g)	6154.4	6139.7	6183.1	6161.2	6189.5
試験筒乾燥密度(g/cm ³)	1.993	1.985	1.999	1.992	2.001
試験筒平均密度(g/cm ³)	1.991				
円錐底面直径 B1(mm)	330.0	319.0	321.0	321.0	312.0
円錐底面直径 B2(mm)	335.0	326.0	349.0	322.0	327.0
円錐底面直径 B3(mm)	418.0	309.0	320.0	332.0	335.0
円錐底面直径 B4(mm)	335.0	319.0	322.0	336.0	347.0
平均直径 D(mm)	353.3	313.3	318.3	327.8	330.3
円錐高さ H(mm)	98.0	123.0	106.0	99.0	108.0
安息角 θ(度)	29.0	39.5	33.7	31.1	33.2
平均安息角 θ(度)	33.3				
体積 V(cm ³)	3201.5	3313.9	2810.7	2784.1	3083.7
乾燥密度 ρd(g/cm ³)	1.925	1.853	2.200	2.213	2.097
平均密度 ρd(g/cm ³)	2.010				
試験ノモ	水浸直後にくずれはじめ、安定した上にまわりがある  ころがった頂は直径の算定に用いていない				

フィルタ材料の非粘着性確認 ISSN 0386-5878
のための実験的検討 土木研究所資料 第3235号

平成6年1月 (1994)

フィルダム研究室

室長 中村 昭
主任研究員 山口 嘉一
研究員 小川 直樹
多賀 恭一

要 旨

フィルダムのフィルタ材料には非粘着性が要求されている。現在その目安として、粒径0.074mm以下の細粒分の含有率を5%以下に規定しているが、5%以上であっても非粘着性であって、かつ十分な排水性能を有していることが確認できれば、フィルタ材料として使用できるといえる。本資料ではフィルタ材料の非粘着性を判定する方法として、Vaughanが提案したSand Castle試験を取り上げ、この方法により非粘着性を適切に評価できるか否かを検討した。

キーワード：フィルダム、フィルタ基準、非粘着性、Sand Castle試験

○

郵便はがき

50円切手
はって下さ
い

3 0 5 -

茨城県つくば市大字旭一番地

建設省土木研究所

フィルダム研究室 行

No. 21

No. 21

配布先氏名

配布先住所

○

○

土木研究所資料第 3 2 3 5 号

部

上記のとおり受領しました。

所 属 (住所)

氏 名

印

○