

土 木 研 究 所 資 料

非侵食試験によるフィルタ機能の評価

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、土木研究所長の承認を得ずしてこれを行ってはならない。」

非侵食試験によるフィルタ機能の評価

フィルダム研究室	室長	中村 昭
	主任研究員	山口 嘉一
		小嶋 光博
	前室長	藤澤 侃彦*
	部外研究員	矢萩 賢仁**)
	元部外研究員	田原 則雄***)

*)現企画部先端技術開発研究官

**)日特建設(株)(平成4年4月から平成6年3月までの2年間、(財)土木研究センターから部外研究員としてフィルダム研究室に在籍)

***)戸田建設(株)(平成2年4月から平成4年3月までの2年間、(財)土木研究センターから部外研究員としてフィルダム研究室に在籍)

要 旨

近年、フィルダムの遮水機能を受け持つコアの流亡を防ぐために配されるフィルタの粒度条件、いわゆるフィルタ基準について新たな観点に立った研究が進められている。これは、フィルダムのコア部に地震、水圧破碎、万一の施工上の不備、分散粘土の存在等により集中的な浸透が発生するという極限状態を想定したフィルタ基準の研究である。本資料では、集中的な浸透が発生した際でも有効に働くフィルタの粒度条件を検討するための手法の一つである Sherard らが1985年に発表した非侵食試験を実施し、その結果によりこの試験法の精度を検証するとともにフィルタ基準について考察する。

キーワード：フィルダム、浸透、非侵食試験、フィルタ基準

Evaluation of Dam Filters with No Erosion Filter Tests

Akira NAKAMURA

Head, Fill Type Dam Division

Dr. Yoshikazu YAMAGUCHI

Senior Research Engineer

Mitsuhiro KOJIMA

Engineer

Tadahiko FUJISAWA

Research Coordinator for Advanced Technology

Takahito Yahagi

Visiting Research Engineer

Norio TAHARA

Visiting Research Engineer

Synopsis:

Concentrated leakage could take place in impervious zone of fill dam because of earthquake, hydraulic fracture, imperfection of construction work, dispersibility of core materials and so on. Recently a lot of studies about effective filters against concentrated leakage through impervious zone have been made. We conducted no erosion filter (NEF) tests to establish appropriate filter criteria against concentrated leakage through impervious core zone.

Keywords : fill dam, leakage, no erosion filter test, filter criteria.

ま え が き

フィルタ基準に関する研究は、Terzaghi(1922)¹⁾が提案したのに始まり、その後は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実験的研究が精力的に行われた^{2)~7)}。これらの成果と多くのフィルダム建設の経験に基づいて、Sherardら(1963)⁸⁾がフィルダムのフィルタ基準ともいえるフィルタ5則を提案し、これまで我が国のフィルダムでも設計基準として採用されてきた^{9)・10)}。

上記のような研究の一方で、最近では実際のフィルダムの状況と実験条件の違いを考慮したフィルタ基準の研究も進められている。すなわち、フィルダムの保護すべき材料であるコアは砂質土ではなく粘性土であることに加えて、また、地震、水圧破砕、施工上の万一の不備、粘土の分散性等の原因によりコア部に集中的な浸透の経路が形成される場合をも想定した研究である。このような世界的な状況の中で、筆者らもこうした研究を進めている。

Sherardら(1984)¹¹⁾は、これらを再現するためスラリー試験 (Slurry Test) とスロット試験 (Slot Test) を行った。これらの試験結果から新しいフィルタ基準を提案したが、粗粒材料を含むコアへの適用に不都合が生じたため、翌年、Sherardら(1985)¹²⁾は、さらに非侵食試験 (NEF 試験 : No Erosion Filter Test) を行い更に新しい基準を提案した。米国の農務省土壌保全局¹³⁾、内務省開拓局¹⁴⁾および陸軍省工兵隊では、この基準を現在我が国で用いているフィルタ5則に変えて採用してフィルダムのフィルタの設計を行っていたり、行う方向にある。Sherardら(1985)の提案した基準を評価するため、Townzendら(1987)¹⁵⁾はダーティー・ウォーター試験 (DW 試験 : Dirty Water Test) とフィルタ試験を行っているが、筆者らも同様の目的からピンホール試験¹⁶⁾とダーティー・ウォーター試験を実施し、その結果は既に報告している^{17)~23)}。

しかし、このダーティー・ウォーター試験と非侵食試験には試験の前提条件に大きな違いがある。つまり、前者ではフィルダムのコア部に集中浸透が発生し、その水流が細粒子を取り込み濁水化して流出するという前提にあるのに対し、後者ではコア部の集中浸透までしか前提としていないことにある。そこで、両者の立場から研究を実施し、フィルタ基準について総合的な見解を示す必要がある。ここでは、Sherardら(1985)らが行った非侵食試験を実施し、その試験方法および試験結果解析法を確立するものである。

目 次

まえがき

1. 研究概要	1
2. 既往の研究	2
2.1 我が国のフィルタ基準と最近の研究動向	2
2.2 ダーティ・ウォーター試験	4
2.3 Sherard らの研究	10
2.3.1 スラリー試験およびスロット試験	10
2.3.2 非侵食試験 (NEF 試験)	12
2.4 Chai らの研究	18
2.5 Sêco e Pinto らの研究	22
2.6 Leonards らの研究	26
3. 試験方法	30
3.1 概 説	30
3.2 試 料	31
3.3 試験装置	36
3.4 供試体の作製方法	36
3.5 試験方法	40
3.5.1 突固め確認試験	40
3.5.2 非侵食試験	40
3.6 試験条件および数量	42
4. 試験結果	45
4.1 突固め確認試験	45
4.2 非侵食試験	45
4.2.1 均一なフィルタ	45
4.2.2 粒度範囲の広いフィルタ	70
4.2.3 含水比を変化させたコア	90

5. 考 察	115
5.1 既往のフィルタ基準との比較	115
5.1.1 現行のフィルタ基準との比較	115
5.1.2 Sherard らの提案した基準との比較	115
5.1.3 Chai らの提案した基準との比較	117
5.2 フィルタ効果への影響因子とダーティ・ウォーター試験との比較	119
5.2.1 フィルタ材の粒度分布	119
5.2.2 フィルタ材の透水係数	123
5.3 コア材の締固め度の影響	128
5.4 加積侵食指数 ΣE_i	130
5.5 流出開始時間	139
5.6 非侵食試験方法についての考察	141
5.6.1 供試体作製	141
5.6.2 試験方法の比較	141
6. まとめ	143
謝 辞	145
参考文献	146
付 表	149
非侵食試験データ記録	149

1. 研 究 概 要

本研究では、均一なフィルタ材を用いて Sherard ら(1985)¹²⁾が非侵食試験により得た成果を確認するとともに、試験結果の定量的解析法の確立を目指す。また、やや粒度分布曲線が寝ているフィルタ材についても検討を加え、フィルタ材の最大粒径 D_{max} や均等係数 U_c などの粒度条件の影響を調べる。さらに、コア材の締固め含水比の試験結果に与える影響についても検討する。

研究は、以下の項目に力点を置いて実施した。

- ① Sherard ら(1985)が提案したフィルタ基準のもとになった非侵食試験同等の仕様で実施し、試験方法・試験結果の精度の確認を行う。
- ② 非侵食試験結果の定量的解析法の確立を目指す。
- ③ 非侵食試験を行うにあたり、フィルタの上にコア材をのせた状態において、所定の締固め乾燥密度が得られるような突固め方法を検討する。
- ④ 今回の非侵食試験の結果と Sherard ら(1985)が実施した試験の結果、並びに筆者らが実施したダーティー・ウォーター試験^{11), 20)~22)}の結果を比較し、試験方法およびフィルタ基準の評価を行う。

2. 既 往 の 研 究

2.1 我が国のフィルタ基準と最近の研究動向

フィルタ材料とは浸透水を安全に排水するとともに、それに接する土粒子（フィルダムの場合コア材）の流亡を防ぐために設けられた材料をいい、次の条件を満足していなければならない。

- ① フィルタの間隙径は、コア材の流亡を防ぐ程度に小さいこと。
- ② フィルタ材料を非粘着とするため、細粒分の含有率は制限すること。
- ③ フィルタ自身および隣接するコアの間隙水圧の上昇を押さえ、かつ浸透水を安全に排除するため、十分な透水性を有していること。

これらの条件を満足するためにその粒度条件を具体的に規定したものが、いわゆる「フィルタ基準」である。現在、我が国で採用しているフィルダムのフィルタ基準は、主として Sherard ら(1963)⁹⁾が当時の種々の研究、基準等を参考にして取りまとめた以下に示すフィルタ 5 則と呼ばれるものである^{9), 10)}（表-2.1参照）。

- 1)
$$\frac{\text{フィルタ材料の15\%粒径 } (D_{15})}{\text{フィルタで保護される材料（ベース材料）の15\%粒径 } (d_{15})} > 5 \text{ (透水則)}$$
- 2)
$$\frac{\text{フィルタ材料の15\%粒径 } (D_{15})}{\text{フィルタで保護される材料（ベース材料）の85\%粒径 } (d_{85})} < 5 \text{ (パイピング則)}$$
- 3) フィルタ材料の粒度曲線は、保護される材料の粒度曲線とはほぼ平行であることが望ましい（平行則）。
- 4) フィルタで保護される材料が粗粒材料を含む場合は、その材料の粒径25mm以下の部分について1)および2)を適用する（-25mm規定）。
- 5) フィルタ材料は粘着性のないもので、200井（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（細粒分規定）。

なお、保護される材料が粘着性に富む場合には、これらの条件を多少緩和することができるとされている（緩和規定）。

上記のフィルタ基準の意味については、既に既往の研究成果をとりまとめることにより明らかにしている^{24), 25)}。

この基準は一律に規定されているためどのような土にも適用できる反面、保護される材料が粘着性を有している場合にはかなりの安全率を有している²⁶⁾。そのために緩和規定があるのであるが、これは定量的な記述ではない。一方、最近では、何らかの原因でコア部に水みちが発生して集中的な浸透が起ることを想定したフィルタ基準に関する研究が進められているなかで、このような粘性を有する材料にひとたび亀裂が生じると、その粘着抵抗性により亀裂が塞がることはなく保持されるため集中浸透の原因となると

表-2.1 フィルタ基準に関する研究経緯 (Sherard のフィルタ 5 則提案以前)¹⁾

研究 者	ベース材料	フィル材料	フィルタ基準	記 事
Terzaghi ¹⁾ (1922)	経験と理論に基 づく典型的粒径	経験と理論に基 づく典型的粒径	$D_{15}/d_{50} < 4$ $D_{15}/d_{10} > 4$	・フィルタにより D_{50} 以上が守られ、D_{50} 以上によりそれ以下が守られる。self-filtering の概念。 ・ドレーンとしての透水性。 ・均一材料と不均一材料の区別なし (安全側)。
Bertram ²⁾ (1940)	74~210 μ m の均一材 (Ottawa Sand)	1.2~2.3mm の均一材 (crushed quartz)	$D_{15}/d_{50} < 6$ $D_{15}/d_{10} < 9$	・試験条件、破壊の判定基準あり。 ・粒子の形状、動水勾配、上下流の流れの方向によらない。
Newton & Hurley ³⁾ (1953)	粒度分布の良い 砂利を含む砂	天然の河床砂礫 かなり均一な細粒子	$D_{15}/d_{10} < 32$ $D_{15}/d_{50} < 15$	・河床礫のフィルタ材としての有効性。 ・self-filtering は 15% の粗粒分のみならず、ある多粒径分にもよる。 ・Terzaghi、Bertram の基準とは合致しない。
USCE ^{5), 6)} (1941~1953)	比較的均一な細かい 砂	砂と礫の混合材	$D_{15}/d_{50} \leq 5$	・実験条件、破壊形態についても明記している。 ・$D_{15}/d_{50} < 5$ ならフィルタを通して洗われぬ。 ・フィルタ材はベース材と同じく粒度分布がよく、平行であることが望ましい。 ・フィルタ材は密に締めるべきである。
Lund ⁴⁾ (1949)	粒径、粒度分布を種 々変えた均一材と 流度分布の良い砂	均 一 材 ($D_{15}=0.8\sim 7\text{mm}$)	$D_{15}/d_{50} \leq 8$	・試験方法、破壊認定法示す。 ・Terzaghi の基準に対し、少し控え目。 ・ベース材の粗粒部分が self-filtering 機能を持つ。
USCE ⁶⁾ (1953)	細かい粒子から粗 い粒子までのあら ゆる種類の均一材	天 然 の 砂 礫	$D_{15}/d_{50} \leq 5$ $\left[\begin{array}{l} U_{cn} < 1.5 \text{ なら} \\ D_{15}/d_{50} < 6 \\ D_{50}/d_{50} \leq 25 \\ D_{15}/d_{10} < 20 \end{array} \right]$ $\left[\begin{array}{l} U_{cn} < 4 \text{ なら} \\ D_{15}/d_{10} < 40 \end{array} \right]$	・試験条件、破壊認定法示す。 ・既往の実験、データの取りまとめ。 ・従来のフィルタ 5 則は、細かい粒子や粘着性のある土にとっては安全側すぎる。 ・均一材でも粒径範囲の広い材料でもフィルタとして適するが、ギャップのあるものは材料分離をおこしやすく問題がある。 ・フィルタ 5 則の適用に疑問がある場合は室内試験により決定。
Karpoff ⁷⁾ (USBR) (1955)	種々の均一材を 混合して作製	均一材と粒径範囲 の広いフィルタ	・均一フィルタに対して $5 < D_{50}/d_{50} < 10$ ・粒径範囲の広いフィ ルタ $12 < D_{50}/d_{50} < 58$ $12 < D_{15}/d_{10} < 40$ ・角張っている場合 $9 < D_{50}/d_{50} < 30$ $6 < D_{15}/d_{10} < 18$	・均一なフィルタと粒径範囲が広いフィルタの設計方法の確立。 ・試験の結果は D_{50}/d_{50} と D_{15}/d_{10} で解析。 d_{15}: ベース材料の 15% 通過粒径 D_{15}: フィルタ材料の 15% 通過粒径 d_{50}: ベース材料の 50% 通過粒径 D_{50}: フィルタ材料の 50% 通過粒径 d_{85}: ベース材料の 85% 通過粒径 U_{cn}: ベース材料の均等係数

いう見解がある。つまり、保護される材料が粘性土であることが逆に危険側に作用する場合があるという立場である。

これらの最近のフィルタに対する研究の前提条件には、大きく分けて二つの条件がある。一つは、フィルダムコア材で作製した供試体に集中浸透を発生させる水みちを形成し、そこに高压水を流した状態で供試体下流に配したフィルタが有効に働いているか否かを判定するものである。もう一つは、コア中に集中浸透が発生し、その水中にコアの細粒分がとり込まれて濁水になった状態を想定してスラリーを作製し、それをフィルタ中に通過させてフィルタの有効性を判定するというものである。さらに、コアを構成する粘土が分散性を有しているか否かで取り扱いを変えている場合もある。

2.2 ダーティー・ウォータ試験^{17), 20)~23)}

Townsend ら(1987)¹⁵⁾ が考案したダーティー・ウォータ試験は、分散性粘土で築造されたフィルダムにおいて、分散性粘土がダム貯水池からの浸透水中に溶解し、濁水になって流出するという極端な場合を想定した試験法である。筆者らは我が国のフィルダムの土質材料を用いてダーティー・ウォータ試験を実施し、フィルタ機能の検討を行った。

試料としては保護すべき材料（ベース材）と保護する材料（フィルタ材）を準備した。ベース材としては我が国のフィルダムのコア材5種類を、またフィルタ材には粒度調整した堅固な砂岩を用いた。図-2.1にコア材の、図-2.2に均一なフィルタ材（均等係数 $U_c \leq 2.5$ ）の粒度分布をそれぞれ示す。また、図-2.3には粒度範囲の広いフィルタ材（ $2.5 < U_c < 7$ ）の粒度分布を試験ケースごとに示す。

ダーティー・ウォータ試験装置の構成を図-2.4に示す。試験は内径150mmの円筒容器の底に敷かれたフィルタ材に対してコア材を10ℓの水と混合、攪拌して作製したスラリーを投入し、フィルタ材を通過、排出された水の濁り、流出量等を観察、測定することによりフィルタの有効性を判定した。フィルタの有効性の判定方法は、基本的にはフィルタを通過して排出された水が清浄であり、フィルタの内部や表面にス

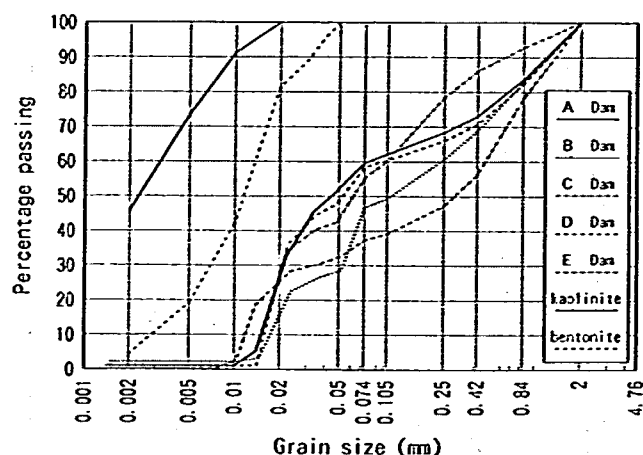


図-2.1 フィルダムコア材料の粒度分布曲線²³⁾

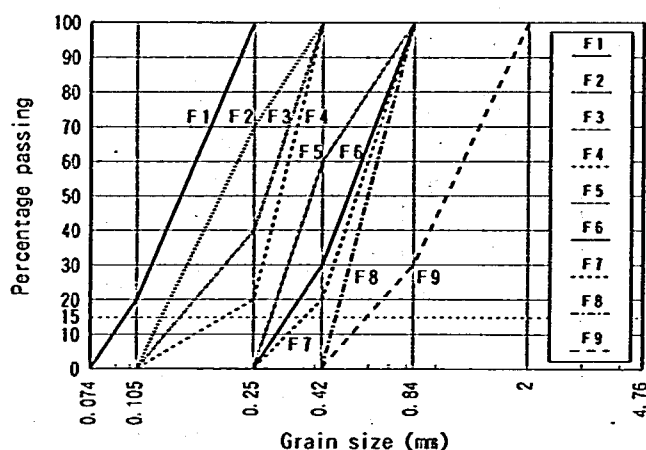
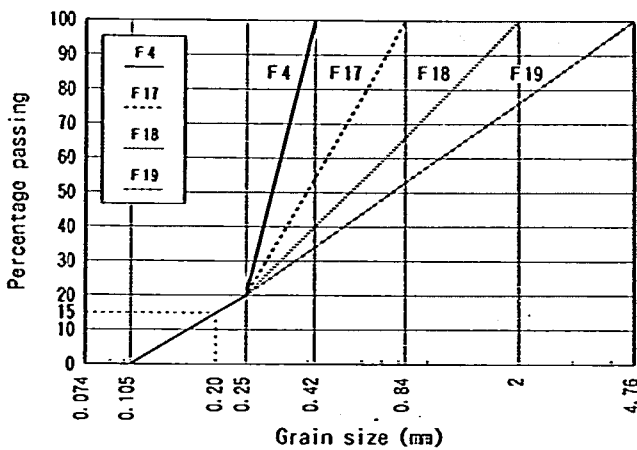


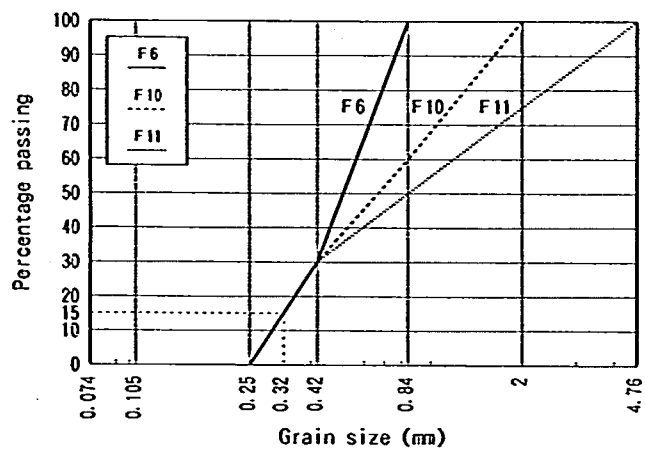
図-2.2 フィルタ材の粒度分布曲線
(均一なフィルタ)²³⁾

ラリーの膜が発生し流速が徐々に減少していくような場合を有効なフィルタとし、逆にフィルタを通過したスラリーの濃度が原液とほとんど変わらない状態で排出されるような場合を有効でないフィルタと判定した。筆者らが提案した具体的な判定フローを図-2.5に示す。ここでは、フィルタの有効性を、

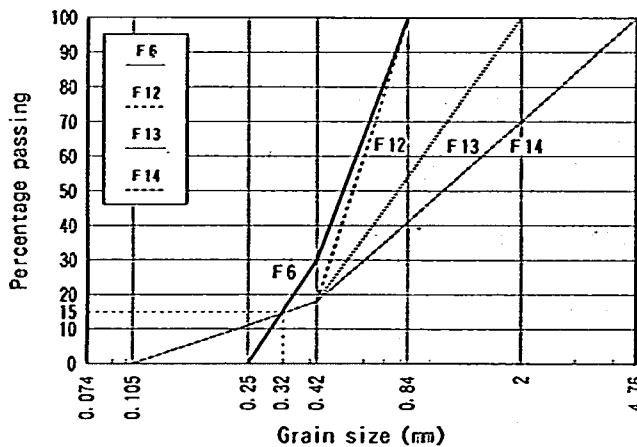
- ① 濁度
- ② W_{Q70}/W_{Q100} (コア材通過重量率, W_{Q70} : 加積通過流量率70%時点でのコア材加積通過重量率, W_{Q100} : 同100%時点のコア材加積通過重量率)
- ③ 流出量の低減状況, フィルタの表面・内部の変化および排出色の変化の3段階の判定基準により行った。



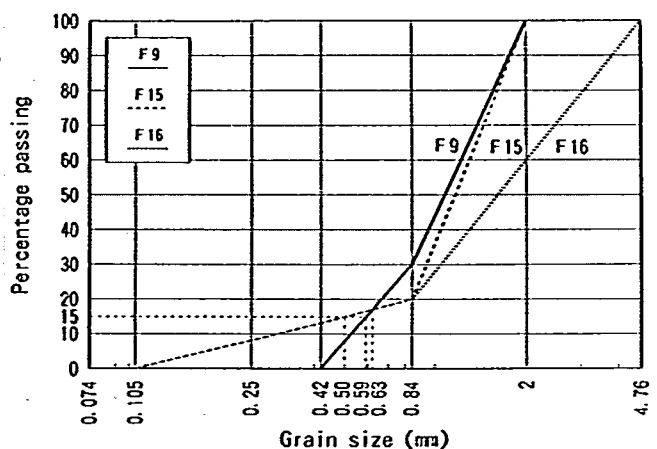
(a) フィルタF4, F17~F19



(b) フィルタF6, F10, F11

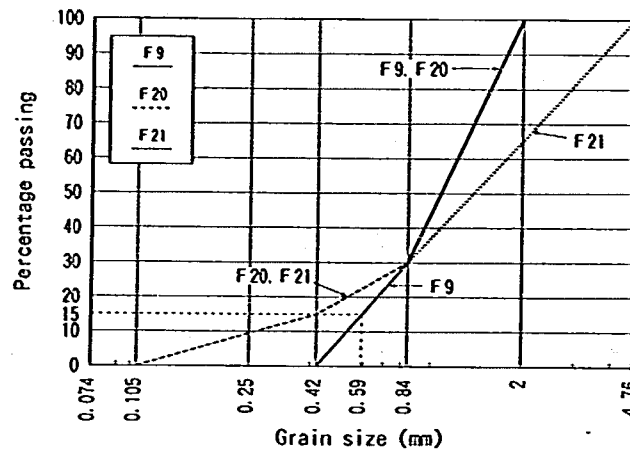


(c) フィルタF6, F12~F14



(d) フィルタF9, F15, F16

図-2.3 フィルタ材の粒度分布曲線 (粒度範囲の広いフィルタ)²³⁾



(e) フィルタF 9, F 20, F 21

図-2.3 フィルタ材の粒度分布曲線 (粒度範囲の広いフィルタ) ²³⁾

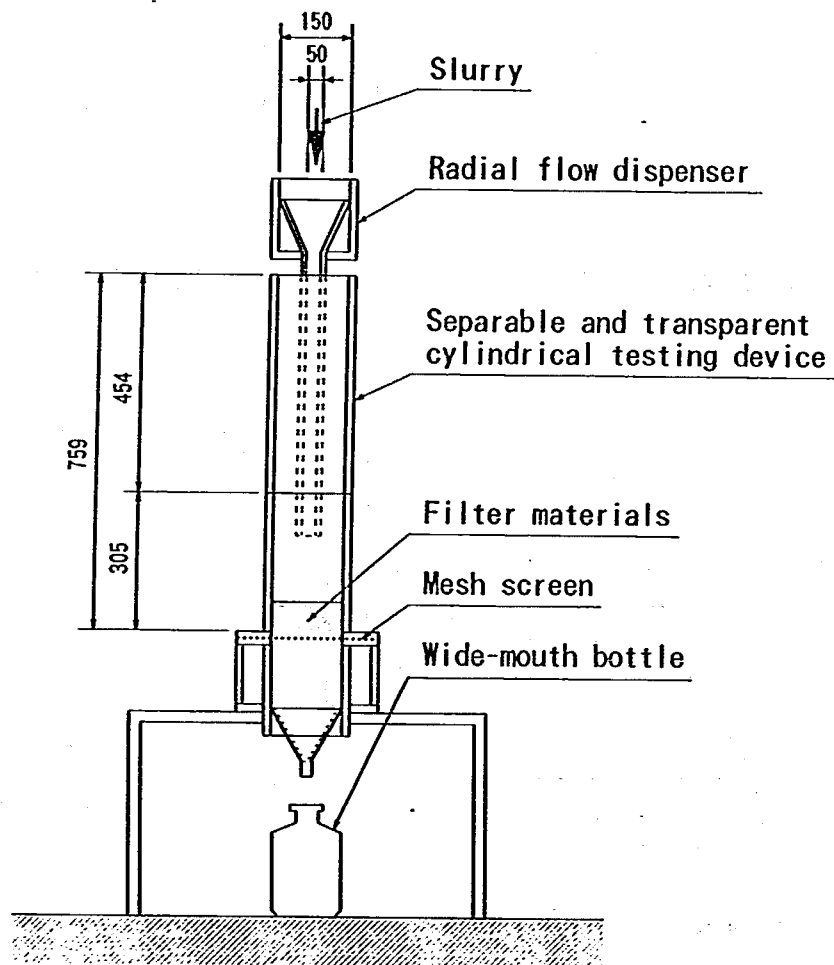


図-2.4 ダーティー・ウォータ試験装置の構成 ²³⁾

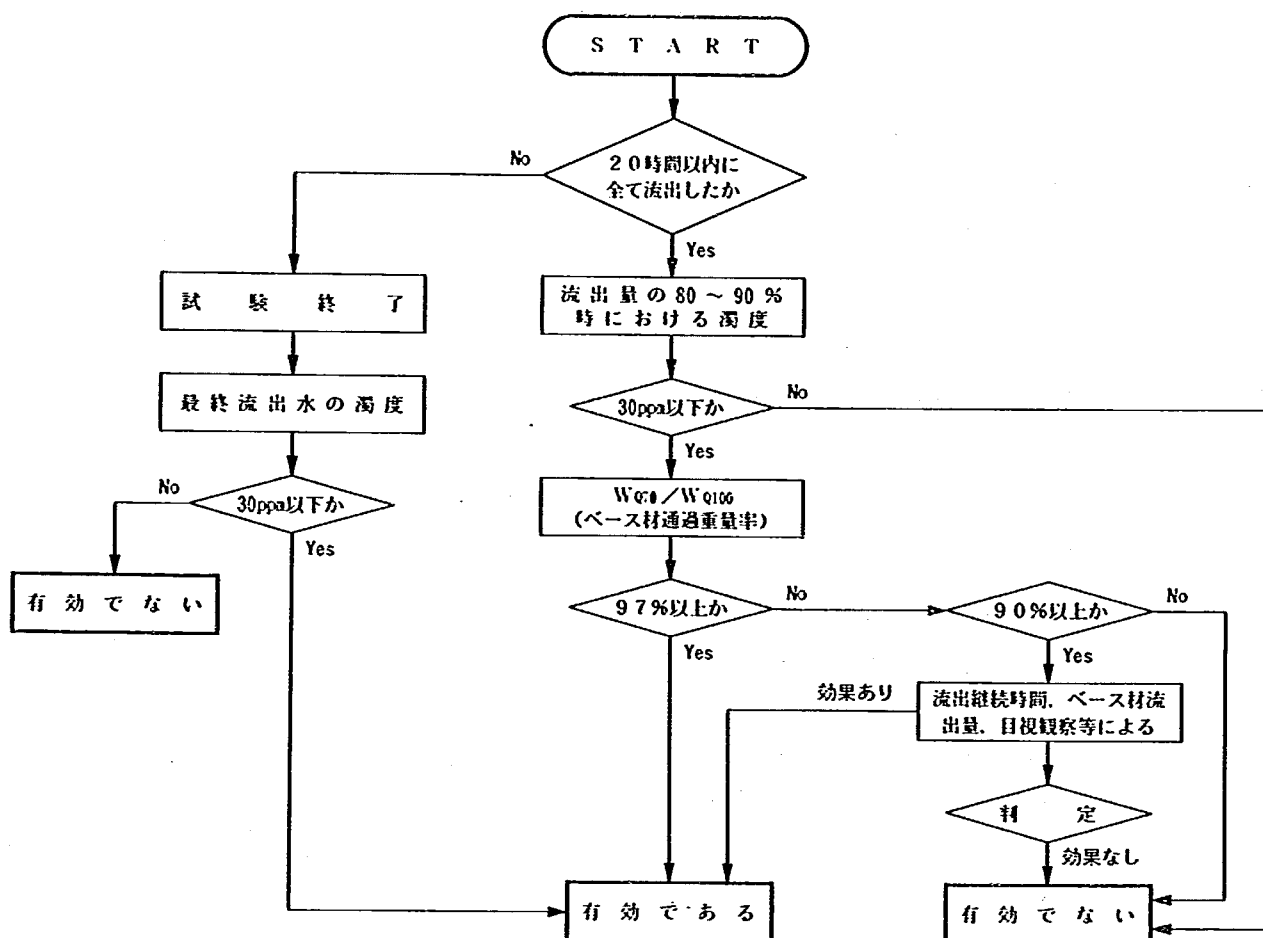


図-2.5 ダーティー・ウォータ試験結果に基づくフィルタ材の有効性判定基準フロー¹⁷⁾

均一なフィルタ材に対する試験結果を表-2.2に示す。粒径 0.074mm 以下のコア材を水道水で混合したものは、F 6より細かいフィルタ材は有効に働いたが、F 7より粗いものは有効でなく、両者の間には明瞭な境界が見られた。一方、粒径 2.00mm 以下のコア材に対してはF 7とF 8の間に境界があった。つまり、コア材の最大粒径を変えても有効なフィルタの境界にはほとんど差がなかった。これは、ダーティー・ウォータ試験があくまでコア部に集中浸透が発生し、その水の流れによって既にコア材が洗われ、スラリー状になったことを想定しての試験であり、この際、試験の最大粒径よりも細かい粒子があるかないかの方が重要であることを示している。

均一なフィルタ材料を用いた試験結果では、コア材料の種類によるフィルタの有効性の判定結果に差がなかったことから、粒度範囲の広いフィルタ材料にはCダムのコア材料の粒径 0.074mm 以下の部分のみをベース材料として試験を行った。試験結果を表-2.3にまとめて示す。図-2.3(a)の有効性に余裕のあった均一なフィルタ材F 4と20%粒径 D_{20} 以下の粒度は同じで最大粒径 D_{max} を 0.42mm からそれぞれ 0.84 , 2 , 4.76mm と大きくしたF 17, F 18, F 19は全て有効であった。しかし、有効な均一なフィルタ材の中では最も粗いF 6と同じ15%粒径 D_{15} を有するが、 D_{max} を 0.84mm からそれぞれ 2 , 4.76mm に大きくした図-2.3(d)のフィルタ材F 10, F 11はいずれも効果がなかった。一方、図-2.3(c)のフィルタ材F 12, F 13, F 14は

いずれも有効であった。(b)のフィルタ材F10, F11が効果がなかったのに対し、 D_{max} , D_{15} がそれぞれ同じ(c)のフィルタ材F13, F14が有効であったのは、 D_{15} より細かい部分の粒度が寝ているためフィルタ層内の間隙径が小さくなったことに起因すると考える。これは D_{15} 以下の細かい部分の粒度が寝ているフィルタ材料ほどコア材料を保護する可能性は高くなり、 D_{max} が大きくなっても有効に働く可能性が高いことを示している。図-2.3(d)のフィルタ材F15, F16については、フィルタF15では効果が見られたが、F16では効果がなかった。なお、この2つのフィルタとはほぼ同じ D_{15} を持つ均一なフィルタ材F9は有効でなかった。F15が有効に働いたのは D_{20} 以下の粒度が寝ていることによる。図-2.3(e)のフィルタ材F20は有効となったが、フィルタ材F21は有効でなかった。F15, F16の場合と同様に均一なフィルタ材F9は有

表-2.2 均一なフィルタ材に対する試験結果²⁾

Maximum grain size of base materials	Base materials	F4		F5		F6		F7		F8		F9	
		D_{15}/d_{15}	E/N ^{a)}	D_{15}/d_{15}	E/N ^{a)}	D_{15}/d_{15}	E/N ^{a)}	D_{15}/d_{15}	E/N ^{a)}	D_{15}/d_{15}	E/N ^{a)}	D_{15}/d_{15}	E/N ^{a)}
0.074 mm	A Dam	4.0	E	5.8	E	6.4	E	7.6	N	9.2	N	—	—
	B Dam	3.2	E	4.6	E	5.1	E	6.0	N	7.3	N	—	—
	C Dam	3.5	E	5.1	E	5.6	E	6.7	N	8.1	N	—	—
	D Dam	3.9	E	5.7	E	6.3	E	7.5	N	9.0	N	—	—
	E Dam	4.8	E	6.9	E	7.6	E	9.0	N	11.0	N	—	—
2.000 mm	A Dam	—	—	0.32	E	—	—	0.42	E	0.55	N	0.65	N
	C Dam	—	—	0.73	E	—	—	0.95	E	1.2	N	1.5	N

a) E = Effective, N = Non - effective.

表-2.3 粒度範囲の広いフィルタ材に対する試験結果²⁾

(a) F4, F17~F19

Filter materials	D_{15}/d_{15}	E/N ^{a)}
F4	3.5	E
F17	3.5	E
F18	3.5	E
F19	3.5	E

(b) F6, F10, F11

Filter materials	D_{15}/d_{15}	E/N ^{a)}
F6	5.6	E
F10	5.6	N
F11	5.6	N

(c) F6, F12~F14

Filter materials	D_{15}/d_{15}	E/N ^{a)}
F6	5.6	E
F12	5.6	E
F13	5.6	E
F14	5.6	E

(d) F9, F15, F16

Filter materials	D_{15}/d_{15}	E/N ^{a)}
F9	10.4	N
F15	8.8	E
F16	8.8	N

(e) F9, F20, F21

Filter materials	D_{15}/d_{15}	E/N ^{a)}
F9	10.4	N
F20	7.4	E
F21	7.4	N

a) E = Effective, N = Non - effective.

効でなかったのに対して、フィルタ F20が効果あったのは、30%粒径 D_{30} 以下、特に D_{15} 以下の細かい部分の粒度分布が寝ているためと考える。

以上のことから、粒度分布の広いフィルタ材料の場合、その有効性は D_{15} のみならず粒度分布の影響を強く受けることがわかる。つまり、 D_{15} が同じでも D_{15} 以下の粒度が立ったまま D_{max} が大きくなると、均一材に比べより大きな間隙径も発生し、そこから流亡するコア材料の量が増える。一方、 D_{15} より細かい部分の粒度分布が寝ているフィルタは、 D_{max} が均一材より若干大きくなっても有効に働く。

Cダムコア材料の粒径0.074mm以下の部分に対する試験結果より、フィルタの有効性をフィルタ材料の最大粒径 D_{max} と15%粒径 D_{15} との関係として整理したものを図-2.6に示す。図-2.6に示す直線A、Bは、それぞれ粒度範囲の広いフィルタと均一なフィルタの有効と非有効の大まかな境界線を示すものである。境界線を右下がりとして描いているのは、 D_{15} が小さいものほど、また D_{max} が小さいものほど有効となる傾向があるためである。図-2.6(a)でF10とF13、ならびにF11とF14は D_{15} と D_{max} が同じであるが、F10とF11は、 D_{15} より細かい部分の粒度がそれぞれF13とF14より立っているために有効に働かなかった。F10と D_{max} が2mmと同じで、 D_{15} は大きいF15、F20が有効となっているのも同様な理由からである。これらを勘案すると、この直線A、Bに挟まれた領域はフィルタ材料の D_{15} 、 D_{max} 以外の粒度分布曲線形状の違いによってその有効性に差のでる境界領域と考えられる。

図-2.7にはフィルタ材料の D_{max} と均等係数 U_c の関係および有効と非有効の境界線をこの線より上にくるものは全て有効となるように描いたものを示した。この図より D_{max} が小さく、 U_c が大きく粒度が寝ているものほど有効となる傾向が強いことがわかる。

以上のことからフィルタの有効性は D_{15} のみならず D_{max} 、 D_{15} 以下の粒度分布などの粒度分布曲線形状の影響を受けることがわかる。

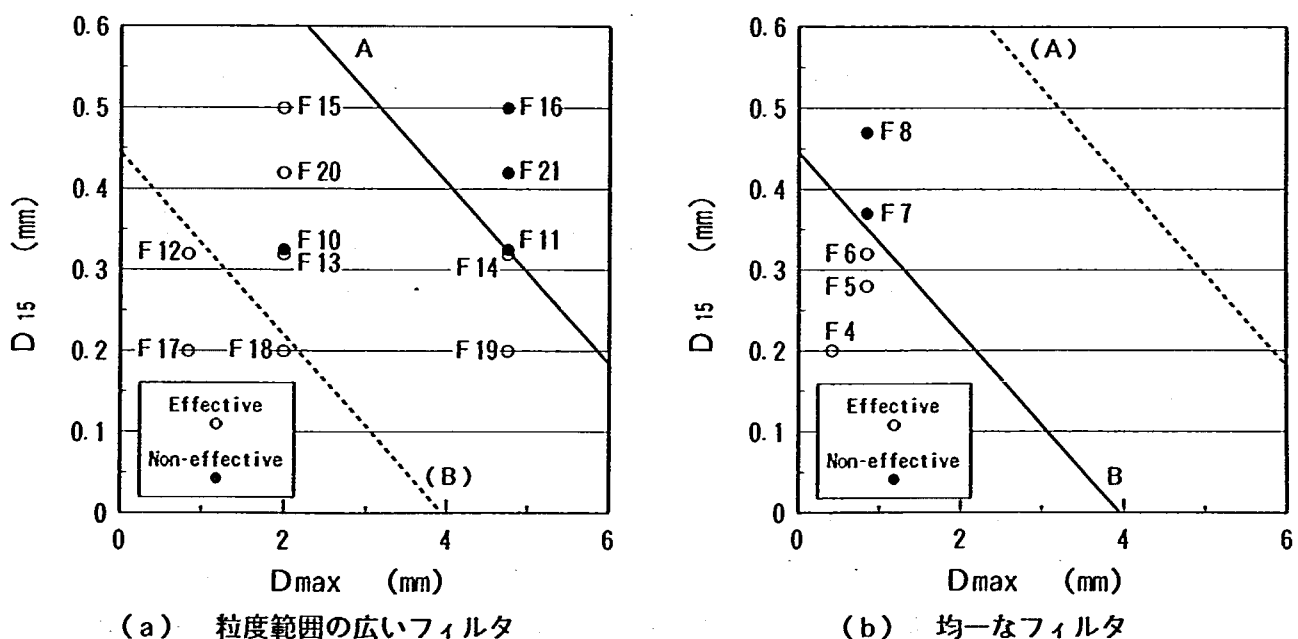


図-2.6 フィルタ材の最大粒径 D_{max} および15%通過粒径 D_{15} とフィルタ効果の関係²³⁾

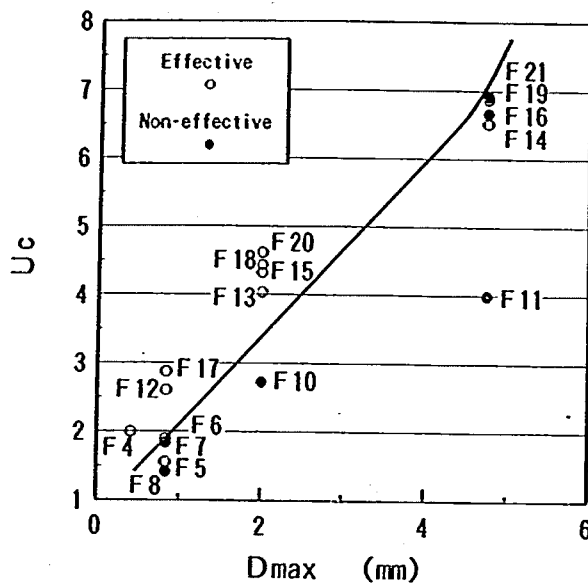


図-2.7 フィルタ材の最大粒径 D_{max} および均等係数 U_c とフィルタ効果の関係²³⁾

2.3 Sherard らの研究^{11), 12)}

Sherard らは保護する材料として分散土をも考慮に入れたスラリー試験、スロット試験を実施し、1984年に新しいフィルタの基準を提案した¹¹⁾。しかし、その翌年(1985)、基準の適用範囲に限界があるとして新たに非侵食試験(NEF試験: No Erosion Filter Test)を行って前年提案した基準を修正している¹²⁾。これらの試験はいずれも縦型の円筒の底部にフィルタ材を敷き、その上にコア材を載せて上流側から高圧で水を送り、フィルタを通り下流側から流出してくる水の濁りを目視により観察するというものである。

2.3.1 スラリー試験およびスロット試験

Sherard らの実施したスラリー試験およびスロット試験の試験装置の構成をそれぞれ図-2.8, 2.9に示す。

スラリー試験は、図-2.8に示すようにフィルタの上にスラリー状にしたコア材を入れ、さらにその上を水で満たした状態で上部から 4 kgf/cm^2 の圧力をかけて通水させている。この試験では、有効なフィルタ材を用いた場合は通水後2, 3分間少量流出した後、流出は止まりフィルタの表面がスラリー構成粘土粒子によりシールされるが、有効でないフィルタの場合には2, 3秒でスラリーがフィルタ材を通してすべて流出してしまい、フィルタの上はきれいな水に置き代わっている。

また、スロット試験では、締め固めたコア材に図-2.9に示す縦長のスロット($13 \text{ mm} \times 2 \text{ mm}$ の溝)を開けて、上流側から圧力 4 kgf/cm^2 で通水している。この試験の場合も有効なフィルタ材は時間の経過とともに流出水が徐々にきれいになり、2, 3分後にはフィルタ表面がシールされ、流れも遅くなる。一方、有効でないフィルタ材の場合には、コア材を含んだ濁水の流出が絶えず続き、数分後にはスロットが $10 \sim 15 \text{ mm}$ 程度に拡大するようになる。

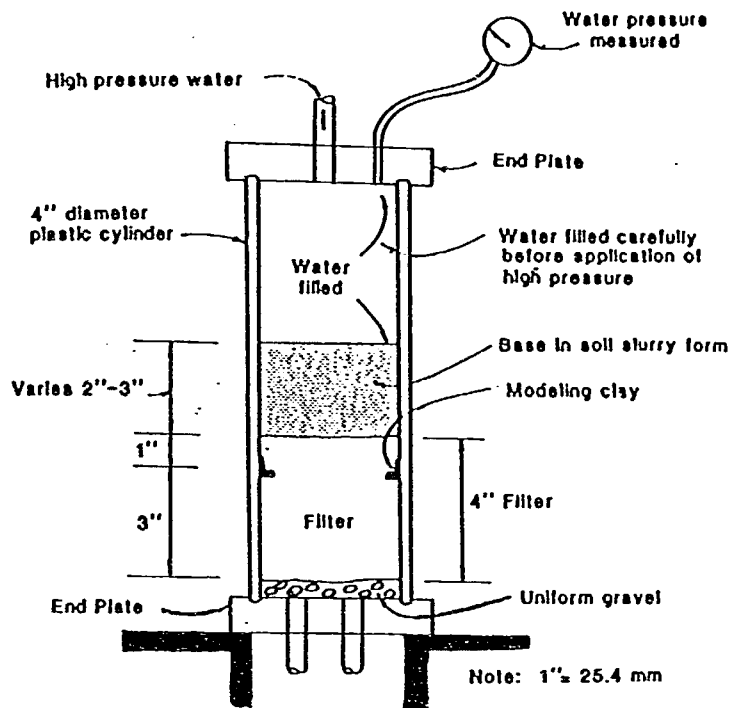


図-2.8 スラリー試験装置の構成¹⁾

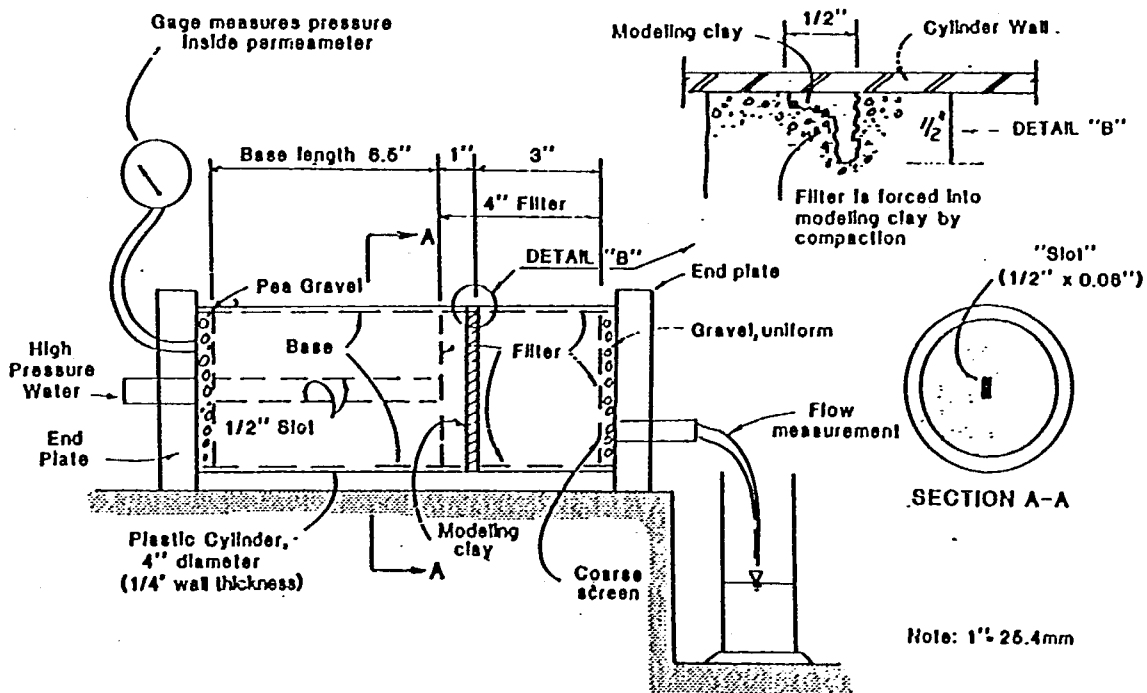


図-2.9 スロット試験装置の構成¹⁾

粘土、シルトをコア材として2つのタイプの試験、すなわちスラリー試験とスロット試験を実施したがほぼ同じ結果を得た。これらの試験では、有効なフィルタと判定した試験の中には、少量のコア材の侵食が見られたが、流速が急激に遅くなり水がきれいになって安定してきたという現象を示したものも含まれている。

表-2.4に Sherard ら (1984) がスラリー試験およびスロット試験の結果をもとに提案したフィルタ基準を示す。

表-2.4 Sherard ら(1984)¹¹⁾が提案したフィルタ基準

グループ	d_{85} の範囲	設 計 基 準
1	0.1 ~ 0.5 mm	$D_{15} / d_{85} \leq 5$
2	0.03 ~ 0.1 mm	$D_{15} \leq 0.5 \text{ mm}$
2' (低塑性材)	0.03 ~ 0.1 mm	$D_{15} \leq 0.3 \text{ mm}$
3	0.02 mm 以下	$D_{15} \leq 0.2 \text{ mm}$

2.3.2 非侵食試験 (NEF 試験)

図-2.10に Sherard らが1985年に実施した非侵食試験の試験装置の構成を示す。この試験はコア材の中央にあらかじめ亀裂(ピンホール)を開けておき、上部から413kPa (4.2kgf/cm²)の高圧水を送り込み、コア材下流のフィルタを通過した排出水の透水量の測定、および排出水の濁度とコア材の亀裂周辺の侵食状況を観察するという方法である。

この試験は、フィルダムのコアから下流のフィルタに向かっての集中浸透がダム内部に発達するという最も厳しい条件を模擬した試験である。この試験は比較的単純で経済的に行うことができる上、結果の解釈が容易で試験結果の再現性があるとしている。

コア材がフィルタを通過するのを妨げるフィルタの性能は、フィルタ材の15%通過粒径 D_{15} で一般には定義されている。非侵食試験では、このコア材の侵食を許すか否かの境界のフィルタ材の15%通過粒径 D_{15} を求めることを目的としている。この試験で得られる D_{15} は保護される土の基本的性質によって決まる固有の値で、この値は0.1mmの精度で正確に定義され信頼性が高いとしている。この試験では、使用されたすべてのコア材を0.074mm以下の細粒分含有率により4つのグループに分け、それぞれに対して表-2.5に示すように D_{15} が決定されている。ただし、コア材が礫を含む場合は、その材料の粒径4.76mm以下の部分に対する0.074mm以下の細粒分含有率としている。

非侵食試験での現象は、グループ3、4の細粒分の少ない砂質粘土とグループ1、2の細粒分の多い難透水粘土では根本的に異なる。その概略を以下に示す。

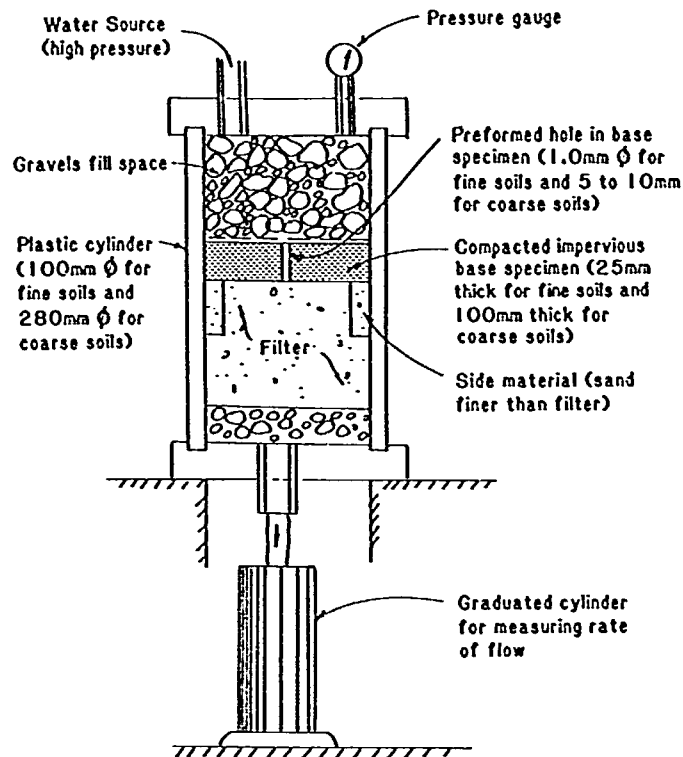


図-2.10 非侵食試験の試験装置の構成¹²⁾

表-2.5 細粒分含有率によるフィルタ境界 (D_{15b}) の決定²⁷⁾

グループ	細粒分含有率 ^{*)} A (< #200)	フィルタ境界 (D_{15b})
1	85 ~ 100 %	$D_{15b} = 7 d_{85} \sim 12 d_{85}$ (平均 $D_{15b} = 9 d_{85}$)
2	40 ~ 85 %	$D_{15b} = 0.7\text{mm} \sim 1.5\text{mm}$
3	0 ~ 15 %	$D_{15b} = 7 d_{85} \sim 10 d_{85}$
4	15 ~ 40 %	$D_{15b} = 0.7 + (40 - A)(4 \times d_{85} - 0.7) / 25$

*) 4.76mmふるいを通過する部分の細粒分含有率

グループ1, 2の細粒の粘土で行った試験では, 通水するとピンホールを通った集中浸透はコア材とフィルタ材の境界面で向きを90度変え, あらゆる方向へ流れる放射流となる(図-2.11参照)。このときピンホールの下端では 4 kgf/cm^2 と非常に高い圧力がかかるため, コア材下面のピンホールに接する部分が侵食されてフィルタの内部または表面に流れ込む。フィルタ材の15%通過粒径 D_{15} が D_{15b} より細かい場合には, 図-2.12に見られるようにコア材とフィルタ材の境界面が連続的に次々と侵食され, 1mm程度の薄いスロットが形成される。このとき, 侵食されたコア材はすぐ下のフィルタへ流れ込みフィルタの上面が塞がれて, コア材の孔(ピンホール)内と, コア材とフィルタの境界面に新しく形成されたスロット部は加

えられた圧力に等しく平衡状態になり、コア材の侵食は生じない。

一方、 D_{15} が D_{150} より粗い場合には、コア材内のピンホールの孔壁が侵食されてその径が2～5倍程度に拡大し、コア材下面のスロットの大きさも D_{150} より細かいものに比べさらに拡大し、場合によってはモールド壁面に沿った侵食が見られることもある。しかし、この場合でもフィルタ表面はコア材でシールされている。

グループ3は、表-2.5に示しているように粒径0.074mm以下の細粒分が15%以下のシルト質または粘土質の砂である。このグループのコア材は、非侵食試験ではグループ1、2と違った挙動を示しているが、

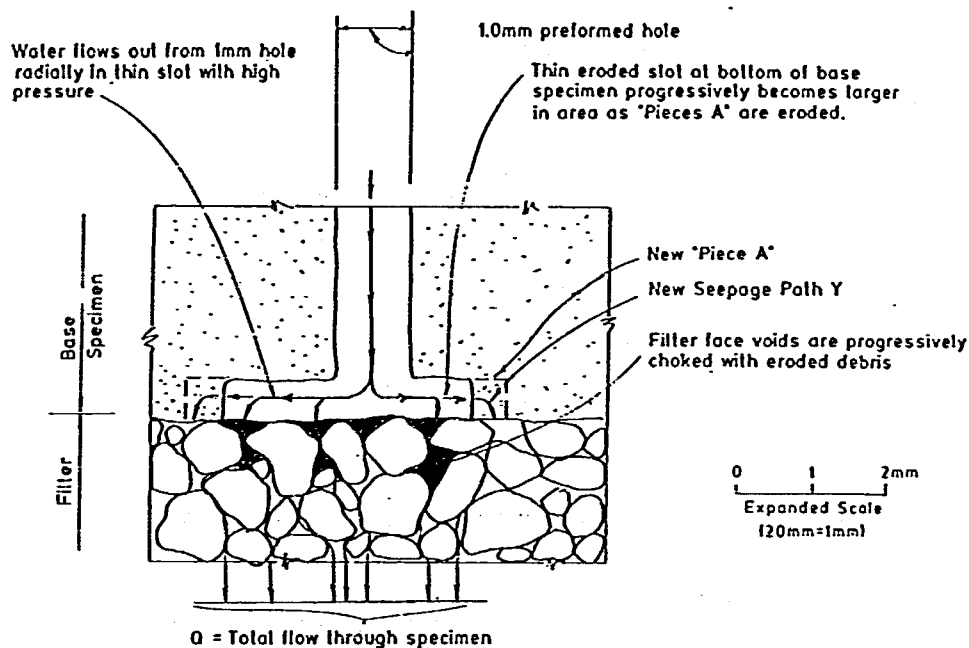


図-2.11 平衡状態前の境界面の侵食状況²⁾

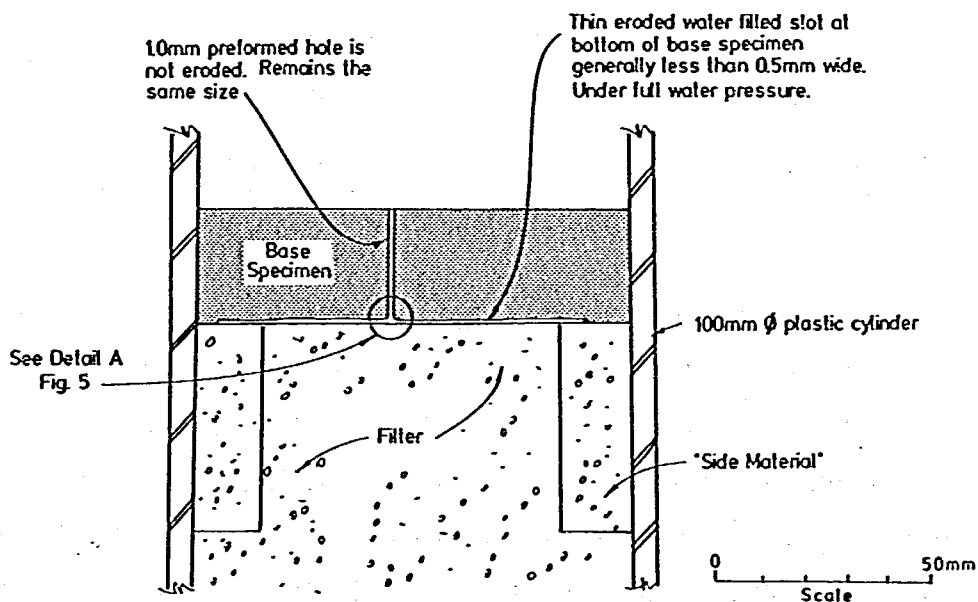


図-2.12 有効なフィルタにおけるピンホールの最終状況（グループ1・2）²⁾

フィルタ境界 D_{15} を定義する点ではまったく同じである。

有効なフィルタ ($D_{15} < D_{15s}$) の試験では、一般に最初のピンホールにもコアとフィルタの境界面にも侵食は見られない。図-2.13は、グループ3の試験で有効なフィルタを用いた場合のピンホール下部付近の様子を示している。有効なフィルタでは、このピンホールには 4 kgf/cm^2 の水圧がかかっており、図-2.12に示すようにコア材とフィルタ材境界付近のフィルタ空隙を最短(約 $2 \sim 3 \text{ mm}$)で結ぶ浸透経路では、動水勾配 i は約 $20,000 (40\text{m}/0.002\text{m})$ にも達する。しかし、コア材中の細かい粒子はコア材を通る間に保護され、細かい粒子がフィルタを通して流亡することはほとんどない。したがって、フィルタを通して出てくる水は、最初わずかに濁っているがすぐ完全にきれいな状態となる。

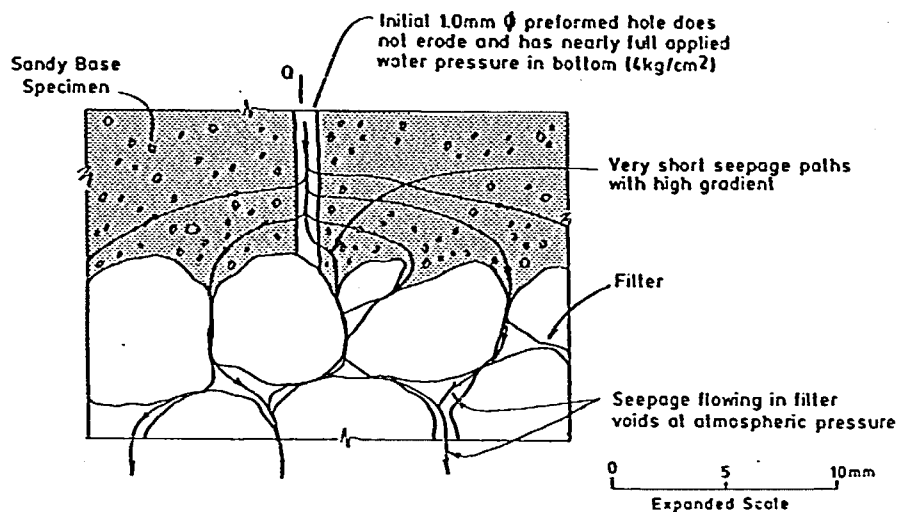


図-2.13 有効なフィルタにおける試験最終状況(グループ3)²⁾

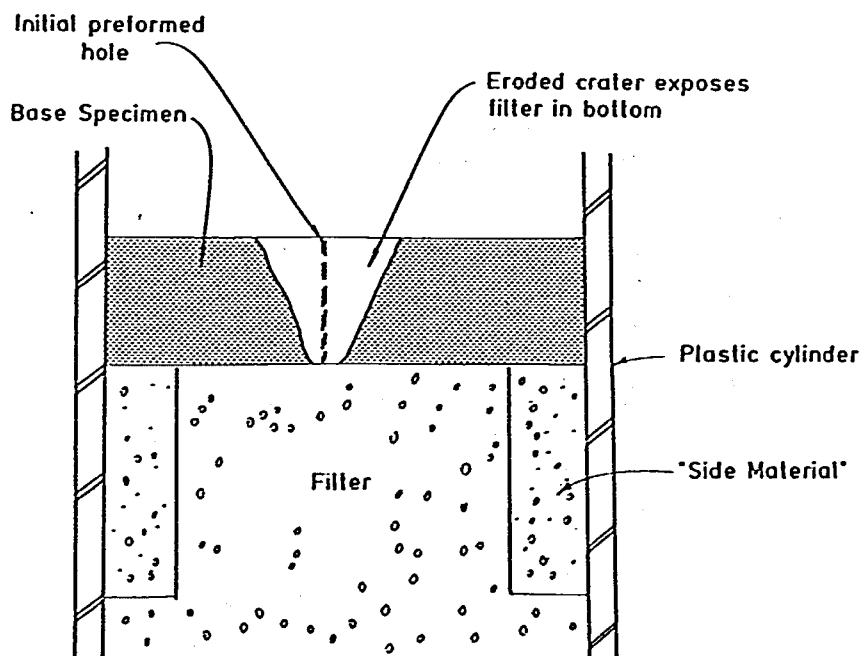


図-2.14 有効でないフィルタにおける試験最終状況(グループ3)²⁾

一方、有効でないフィルタの場合は、 D_{15} が D_{15b} よりほんのわずかに大きいだけで、図-2.14に示すように最初のピンホールは直ちに拡大してクレータが形成される。このクレータは、必ずしも中央にできるとは限らず、時には2個あるいはそれ以上できることもある。

グループ3の試験結果を整理したものが、図-2.15である。これからわかるように、有効なフィルタと有効でないフィルタの境界は、狭い範囲に収まっている。グループ3では、フィルタ境界がフィルタの粒子形状で異なり、角張った粒子では $D_{15b}/d_{85}=9\sim10$ 程度、やや丸みのある粒子では $D_{15b}/d_{85}=7\sim8$ 程度となっている。ここに d_{85} はコア材の85%通過粒径である。

また、グループ4は、コア材の粒径0.074mm以下の細粒分が15%から40%の範囲のもので、グループ2とグループ3の中間の場合である。このグループでも、粒径0.074mm以下の細粒分が35~40%と高い場合は、グループ2に近く、コア材の d_{85} に関係なく D_{15b} は0.8~1.5mmとなる。一方、0.074mm以下の細粒分が15~20%と低い場合は、グループ3に近く、 D_{15b} は d_{85} の約7~8倍となる。細粒分15~40%の中間の土に対しては、グループ2とグループ3の細粒分の含有率に応じ直線関係があると考えられ、これから D_{15b} が決定される。

これを例で示す。まず、図-2.16(a)は、3種類の異なった粒径分布曲線、つまり、コア材の85%通過粒径 d_{85} はすべて1.0mmで同じであるが、No.200フルイを通る細粒分含有率がXでは40%、Yでは15%、中間のZでは30%とした場合の曲線を示している。図-2.16(b)は、横軸に細粒分の含有率、縦軸にフィルタ材の15%粒径 D_{15} をとっている。この図で、Xの D_{15b} が0.8mm、Yの D_{15b} が $8d_{85}=8\text{mm}$ として直線を引くと、Zの D_{15b} は細粒分含有率が30%のときの交点として $D_{15b}=3.7\text{mm}$ が求まる。表-2.5のグループ4のフィルタ境界は、これを式で表したものである。

前述のスラリー試験、スロット試験が通常のフィルダムのコア材がそうであるように d_{85} が0.1mm以上の砂粒子に対してあまり適用できなかったのに対し、非侵食試験は上記のような粗い粒子にも適用できる。

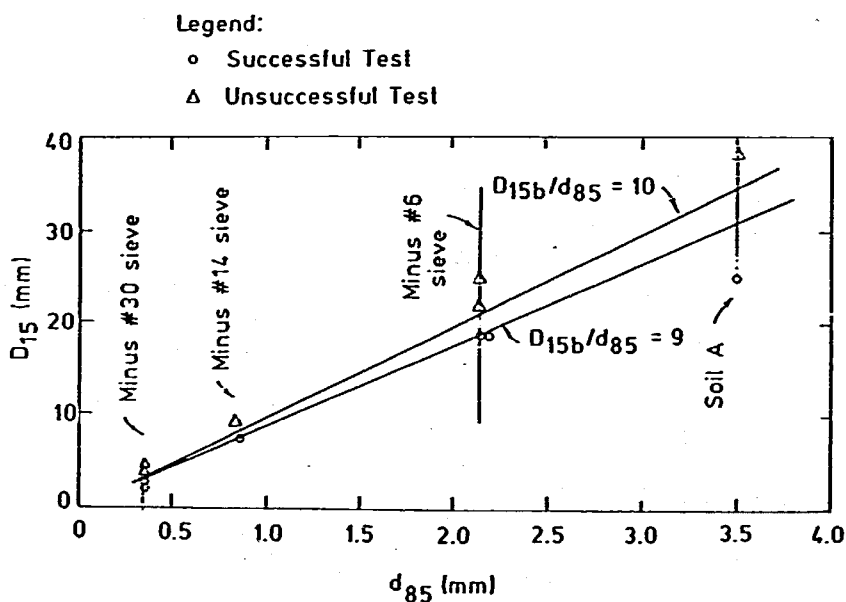


図-2.15 グループ3の非侵食試験結果²⁷⁾

この非侵食試験の結果から、Sherard が新たなフィルタ基準として提案したのが表-2.6である。表-2.6で細粒分含有率は、コア材の粒径4.76mm以下の部分の0.074mm以下の含有率を示している。

Sherard は4年間の調査・研究の結論として、この非侵食試験はコア材に亀裂ができ、結果として集中漏水が発生した場合のフィルダム下流側のフィルタの有効性を評価する最良の試験方法であると述べている。

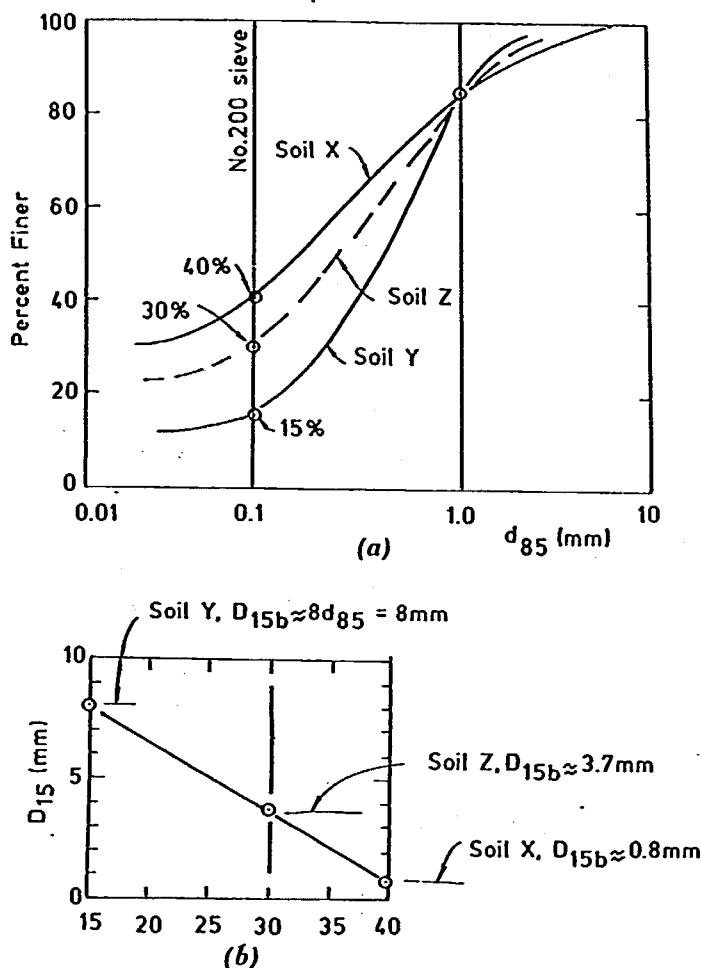


図-2.16 グループ4における細粒分含有率とフィルタ粒径の関係 (例)²⁾

表-2.6 Sherard ら(1985)¹²⁾が新たに提案したフィルタ基準

グループ	細粒分含有率 ^{*)} A (< # 200)	設 計 基 準 (適切な安全率を加味してある)
1	85 ~ 100 %	$D_{15} / d_{85} \leq 9$
2	40 ~ 85 %	$D_{15} \leq 0.7 \text{ mm}$
3	0 ~ 15 %	$D_{15} / d_{85} \leq 4$
4	15 ~ 40 %	$D_{15} \leq 0.7 + (40 - A)(4 \times d_{85} - 0.7) / 25$

*) 4.76mmふるいを通過する部分の細粒分含有率

2.4 Chai らの研究²³⁾

Chaiらは、粒度範囲の広い砂質または礫質のフィルダムのコアに対するフィルタ基準に統一されたものが見られなかったことから、これらのコアに集中的な浸透が発生した場合でも有効に働くフィルタを設計すべきであるとし、図-2.17に示す1987年3月にマレーシアに完成した堤高45mのSungai Malutダムのコア材を使用しピンホール・フィルタ試験 (Pinhole Filter Test) を実施した。図-2.18にChaiらが1989年に発表したピンホール・フィルタ試験の試験装置の構成を示す。試験の基本的原理はSherardらが1985年に実施した非侵食試験と同様であり、コア材の中央にあらかじめピンホールを開けておき、上部から4 kgf/cm²の高圧水を送り込み、コア材下流のフィルタを通過した排出水の測定およびコア材の亀裂周辺の侵食状況を観察するという方法である。

ベース材には、図-2.19に示す最大粒径 $d_{max}=4.75\sim19.0\text{mm}$ 、非塑性シルトから塑性粘土に分類される砂質または礫質の粘土～シルトS1～S9の9種類を用いている。これらのベース材の粒径0.075mm以下の細粒分含有率は40～85%となっている。このうち実際にSungai Malutダムに使用されたコア材はS3、S4、S7およびS8の4種類のイギリス法 (BS) による低～高液性限界シルト (ML-MH) である。フィルタ材には、クラッシングした花崗岩を15%通過粒径 $D_{15}=0.5\sim1.7\text{mm}$ までの範囲で粒度調整したもの

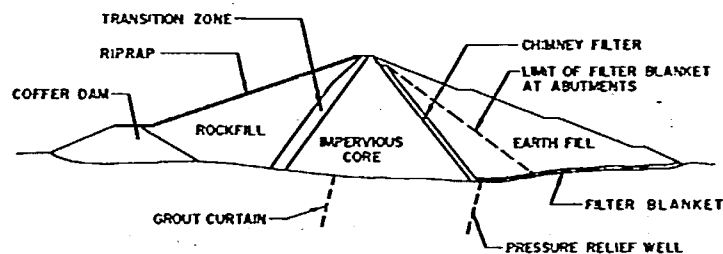


図-2.17 Sungai Malut ダム横断面図²³⁾

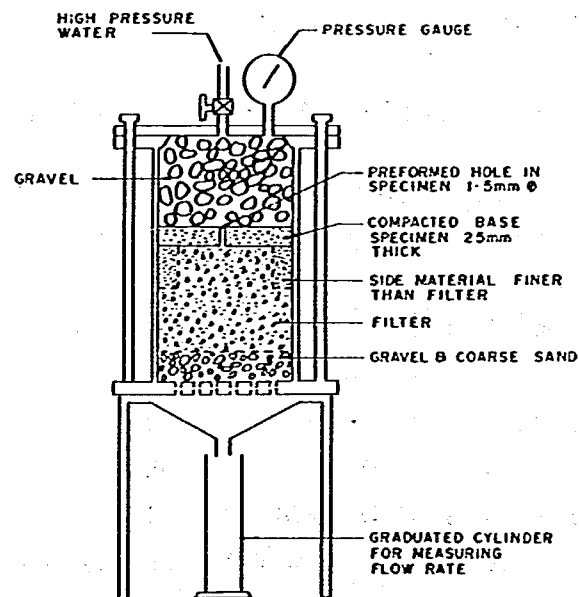


図-2.18 ピンホール・フィルタ試験装置の構成²³⁾

を22種類用いている。使用したモールドの内径は170mm、長さは290mmである。供試体の作製方法としては、フィルタ材5kgを湿润状態で十分混合し上層部(厚さ50mm)と下層部(厚さ80mm)の2層に分けて投入し振動台の上で8kgfの载荷で1分間締め固め、その上にあらかじめモールド中央部に外径1.5mmのメタルピンを置き、最適含水比 ω_{opt} 付近を保ったコア材約1.1kgを投入し目標突固め最終高さを25mmとし最大乾燥密度 ρ_{dmax} の約95%までタンバを用い突き固めている。

Sherardらの非侵食試験と同様にピンホール・フィルタ試験でも、コア材の侵食を許すか否かの境界のフィルタ材の15%通過粒径 D_{15} を求めることを目的としている。表-2.7にコア材料の物理試験結果およびピンホール・フィルタ試験の結果を示す。

有効なフィルタ($D_{15} < D_{15s}$)の試験では、試験開始約10秒後に清浄な水が流出量100~200cm³/minの範囲で安定して排出され、有効・非有効の境界部のフィルタの最小流出量は150cm³/minであった。また、全てのピンホールに侵食が見られなかった。図-2.20は、有効なフィルタを用いた場合のピンホールの状況を

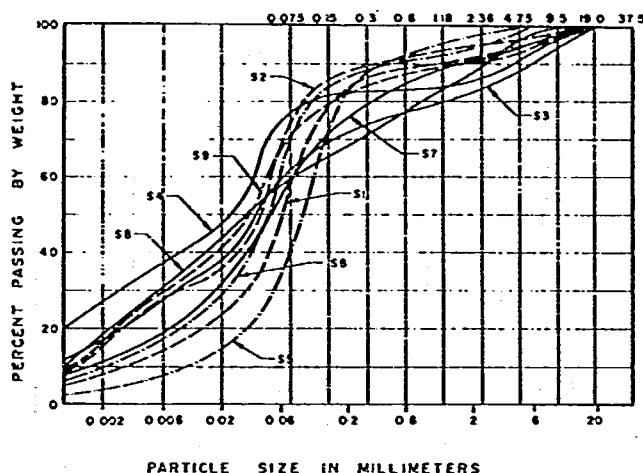


図-2.19 コア材料の粒度分布曲線²⁸⁾

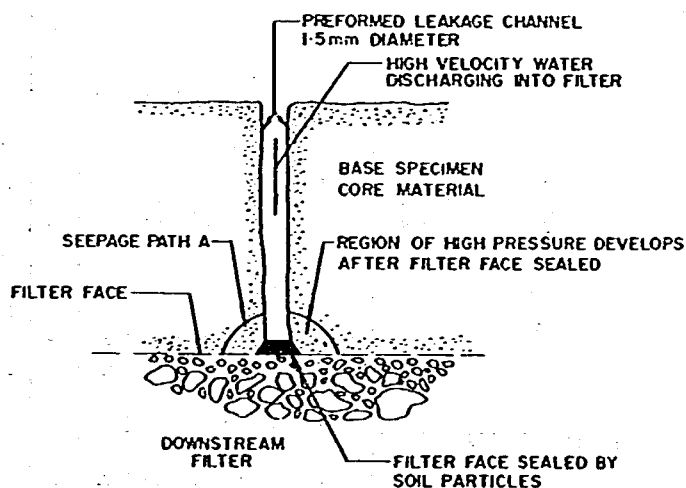


図-2.20 有効なフィルタにおける試験最終状況²⁸⁾

表-2.7 コア材料の物理試験結果およびピンホール・フィルタ試験の結果²⁰⁾

種 類	コ ア 材						有効・非有効の境界のフィルタ材			D_{100}/d_{85}	D_{50}/d_{50}	D_{100}/d^*_{85}
	液性限界 (%)	塑性指数 (%)	d_{85} (mm)	d_{50} (mm)	0.075mm以下の 細粒分含有率 (%)	d^*_{85} (mm)	均等係数 U_c	D_{50} (mm)	D_{100} (mm)			
S 1	30.4	8.8	0.24	0.058	58.4	0.062	21.2	7.9	0.92	3.8	137	14.8
S 2	40.2	13.8	0.13	0.042	74.7	0.061	16.1	8.0	1.05	8.2	192	17.1
S 3	40.5	14.6	2.91	0.047	59.8	0.052	13.8	8.1	1.25	0.43	173	23.9
S 4	55.5	24.5	1.39	0.026	76.6	0.054	27.2	8.0	0.85	0.61	310	15.5
S 5	19.4	0	0.24	0.092	41.1	0.063	24.8	7.9	0.81	3.4	85	12.9
S 6	27.0	5.4	0.12	0.039	72.5	0.059	14.0	8.0	1.22	10.3	204	20.7
S 7	36.5	13.0	0.58	0.050	59.1	0.054	23.6	8.0	1.12	1.94	159	20.6
S 8	46.0	17.0	1.23	0.036	59.4	0.039	17.1	7.9	1.02	0.83	219	26.1
S 9	43.4	16.9	0.27	0.035	71.6	0.055	18.8	8.0	0.97	3.54	228	17.6

d^*_{85} : 0.075mm以下の部分に対する85%通過粒径

示している。有効なフィルタでは、このピンホールに 4 kgf/cm^2 の水圧がかかっており、コア材の厚さを通水経路とすると動水勾配 i は約 $1,600 (40\text{mm}/0.025\text{mm})$ 、有効・非有効の境界部の流出量を $150\text{cm}^3/\text{min}$ とすると侵食流の流速は約 1.41m/s にも達する。このとき、侵食されたコア材の粒子によってフィルタの上面が塞がれて、コア材のピンホールの出口とフィルタの境界面に薄膜が形成される。次に、フィルタ表面がコア材でシールされ、コア材とフィルタ材境界を最短で結ぶ浸透経路 A における動水勾配は非常に大きなものとなる。このことから Chai らは、ピンホール・フィルタ試験は実際のフィルダムのコアから下流のフィルタに向かっての集中浸透が生じるという状況よりも更に厳しい条件を想定した試験であるとしている。

一方、 D_{15} が D_{150} より粗い非有効なフィルタの場合には、試験開始直後から濁水が流出し、フィルタが粗粒になるほど排水の濁度と流出量が大きくなり、コア材内のピンホールの侵食径も拡大した。この濁水には分散性粘土を含んでいるが、シルトから砂の粒子は見られなかった。なお、 D_{15} が D_{150} より粗いが $2 D_{150}$ より粗粒なフィルタの場合には、排水は時間とともに清浄となり、通常は 3～5 分で完全に清浄となった。この場合、ピンホールは侵食されるが、フィルタ表面はコア材でシールされていることを示している。

図-2.21 に粒度分布の良いフィルタ材に対する試験結果を示す。なお、図中の d_{85}^* はコア材の粒径 0.075 mm 以下の部分に対する 85% 通過粒径としている。Chai らは、ピンホール・フィルタ試験結果においてフィ

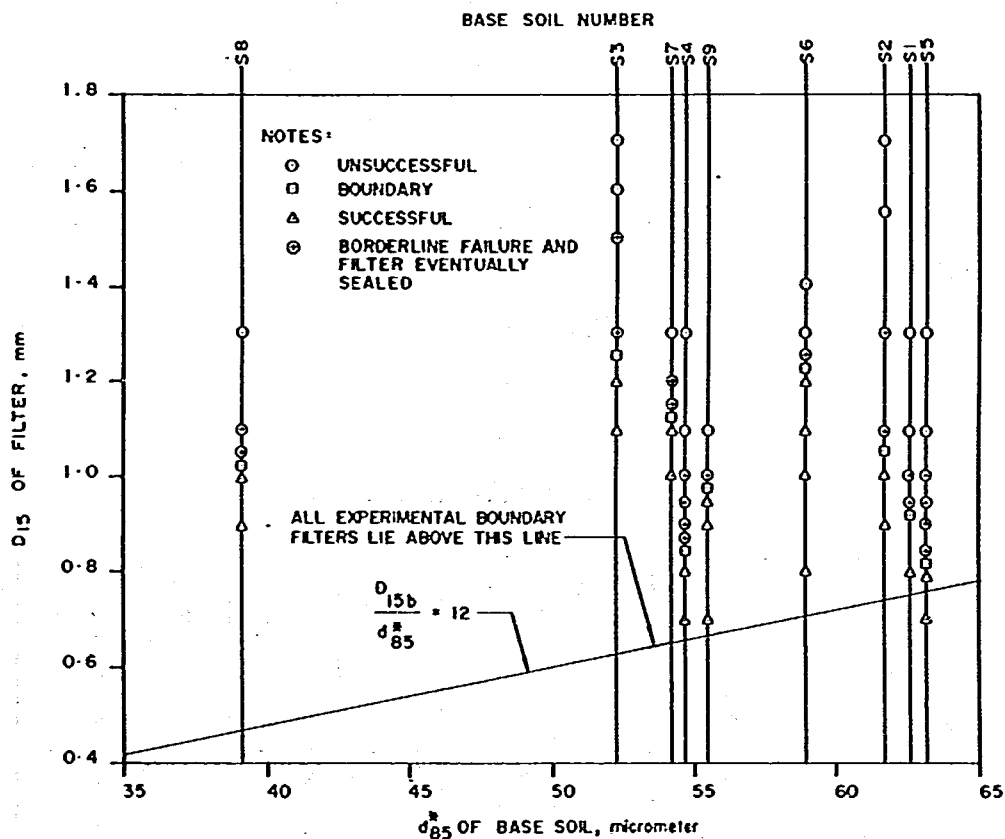


図-2.21 粒度分布の良いフィルタ材に対する試験結果²⁾

ルタ材の D_{15} とコア材の d_{85} および d_{50} と間には相関関係が成り立たず、 D_{15} と d_{85}^* との関連が深いとして新たなフィルタ基準(2.1) 式を提案した。

$$D_{15}/d_{85}^* \leq 12 \quad \dots\dots\dots (2.1)$$

ここに、 D_{15} : フィルタ材の15%通過粒径

d_{85}^* : コア材の粒径0.075mm 以下の部分に対する85%通過粒径

また、Chai らは D_{15} を同一とし最小粒径 $D_{\min}$ を変化させてピンホール・フィルタ試験を実施し、フィルタ材の15%通過粒径以下の粒度が試験結果に影響を与えるとしている。なお、この試験で得られる D_{15} はコア材の粒度によってのみ決まる固有の値で、コア材の液性限界や塑性指数などのアッターベルク限界には影響されないとも述べている。

2.5 Sêco e Pinto らの研究²⁹⁾

Sêco e Pinto らは、厳格に設計されたフィルダムでも基礎の不等沈下、材料の乾燥収縮、水圧破碎、地震などによって堤体に亀裂が生じコアに集中的な浸透が発生することが経験上ありうるとして、ポルトガルの3箇所のフィルダム (Santa Clara ダム, Marateca ダム, Alvito ダム) における最大粒径 $d_{\max}=4.75$ mmの粘土または砂質粘土のコア材を使用しフィルタ試験 (Conventional Filter Test), スロット試験 (Slot Test), ホール試験 (Hole Test) を実施した。フィルタ材は15%通過粒径 $D_{15}=0.35\sim 6$ mmまでの範囲で細粒側Aから粗粒側Fまでの6種類を用い、コア材は最適含水比に対して乾燥側と湿潤側の2種類の含水比で各々締め固めている。各ダムのコア材と試験に用いたフィルタ材の粒度分布曲線を図-2.22に、コア材の物理試験結果を表-2.8に示す。

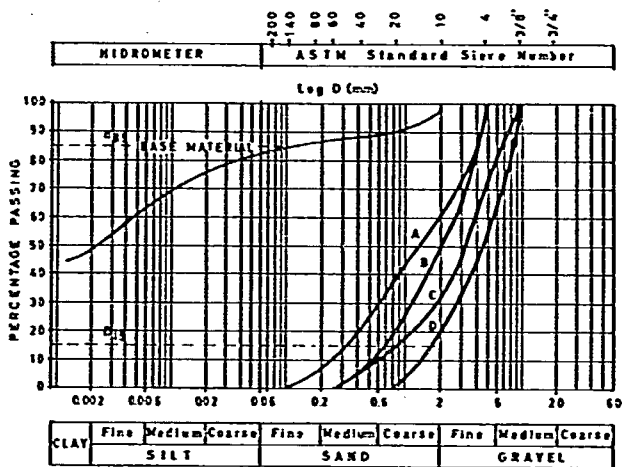
フィルタ試験は、フィルタの水平方向上流側に締め固めたコア材を設置し、上流側より圧力50kPa (0.51kgf/cm²) から200kPa (2.0kgf/cm²) まで各段階50kPa 刻みで昇圧させて通水させている。なお、

表-2.8 コア材料の物理試験結果および力学試験結果²⁹⁾

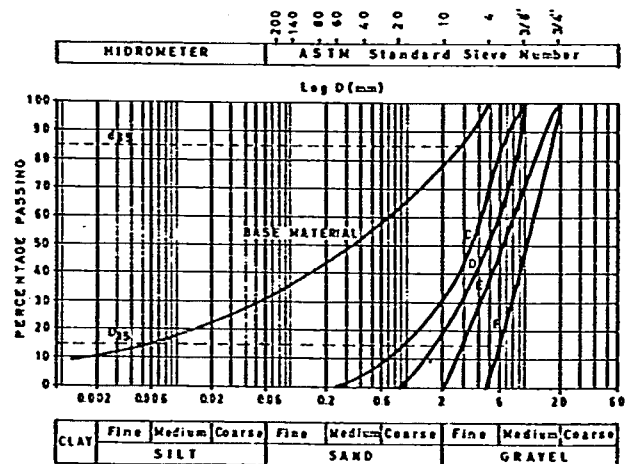
	Santa Clara ダムコア材	Marateca ダムコア材	Alvito ダムコア材
85%通過粒径 (mm)	0.1	3	0.25
液性限界 (%)	50.6	29.6	41.8
塑性限界 (%)	25.5	25.3	18.7
最適含水比 (%)	20.5	13.0	16.7
最小透水係数 (m/s)	10 ⁻⁹	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹

Sherard らの非侵食試験と違いコア材には亀裂を設けていない。この試験では、Santa Clara ダムコア材において圧力150kPa (1.5kgf/cm²) 以上でコア材に崩壊が生じたが、他のダムコア材では全てのフィルタ材が有効に働き流出水は常に清浄であった。また、各ダムコア材とも含水比が乾燥側のものは湿潤側のものに比べ流量が大であった。

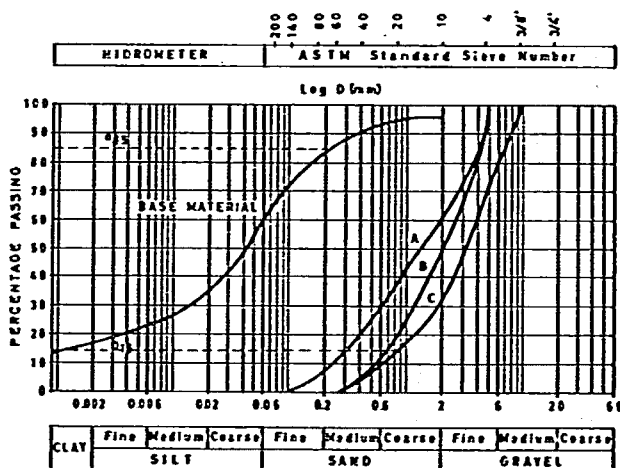
また、スロット試験では、締め固めたコア材の上流側に縦長のスロット (9mm×1mm×1mmの溝) を開けて、上流側からフィルタ試験と同様の圧力段階で通水している。この試験の場合も、全てのフィルタ材が有効に働き流出水は清浄であった。流出水の計算上の流速は1m/sと遅く、コア材に顕著な侵食は見られなかった。また、Maratecaダムと Alvitoダムのコア材の試験ではスロットの目詰まりが観察された。以上のように、Sêco e Pintoらはフィルタ試験とスロット試験を実施しているが、両者の試験ではほぼ同じ結果を得ている。



(a) Santa Clara ダムコア材



(b) Marateca ダムコア材



(c) Alvito ダムコア材

図-2.22 フィルダムコア材料およびフィルタ材料の粒度分布曲線⁽²⁾

図-2.23に内径100mmのモールドを用いた Sêco e Pintoらのホール試験の試験装置の構成を示す。試験の基本原理は Sherard らが1985年に実施した非侵食試験と同様であり、目標突固め最終高さ25mmに締め固めたコア材の中央にあらかじめ直径1mmのピンホールを開けておき、上流側から250kPa (2.6kgf/cm²) の圧力水を送り込み、コア材下流のフィルタを通過した排出水の測定およびコア材の亀裂周辺の侵食状況を観察するという方法である。ただし、Sherard らの非侵食試験の通水方向が垂直方向で上から下であることに対して、Sêco e Pinto らのホール試験の通水方向が水平方向であることに違いがある。基本的に、ホール試験におけるコア材の締め固めエネルギーは1Ecとしているが、低締め固めゾーンのコアを再現するために締め固めエネルギーを0.9Ecとしたホール試験も行っている。また、同様の試験装置と供試体を用い圧力50kPa (0.51kg/cm²) で20日間以上通水を継続した長期ホール試験も実施している。

ホール試験もまた Sherard らと同様に、コア材の侵食を許すか否かの境界のフィルタ材の粒度分布を求めることを目的としている。表-2.9に各ダムコア材を1Ecで締め固め、含水比を最適含水比に対して乾燥側と湿潤側の2種類としたホール試験の結果を示す。Santa Claraダムコア材の場合、乾燥側・湿潤側ともフィルタ材Aのみ有効に働いたが、フィルタ材Bより粗粒のものは有効でなかった。また、同一のフィルタ材では乾燥側のコア材のピンホールがより侵食された。一方、Maratecaダムコア材の場合、乾燥側・湿潤側ともフィルタ材Dより細粒のフィルタ材は有効に働いたが、フィルタ材Eより粗粒のものは有効でなかった。また、湿潤側ではピンホールの目詰まりによって流量が極端に少ない試験が顕著に見られた。Alvitoダムコア材では、Santa Claraダムコア材と同様に乾燥側・湿潤側ともフィルタ材Aのみ有効でありフィルタ材Bより粗粒で非有効であった。

なお、各ダムコア材とも締め固めエネルギー1Ecの場合に比べ、締め固めエネルギーを0.9Ecとしたホール試験では流出水の流量、侵食されたコア材の量いずれも多かった。また、有効なフィルタ材に対する20日間以上にわたる長期ホール試験では、流出水は常に清浄でコア材に侵食は見られなかった。

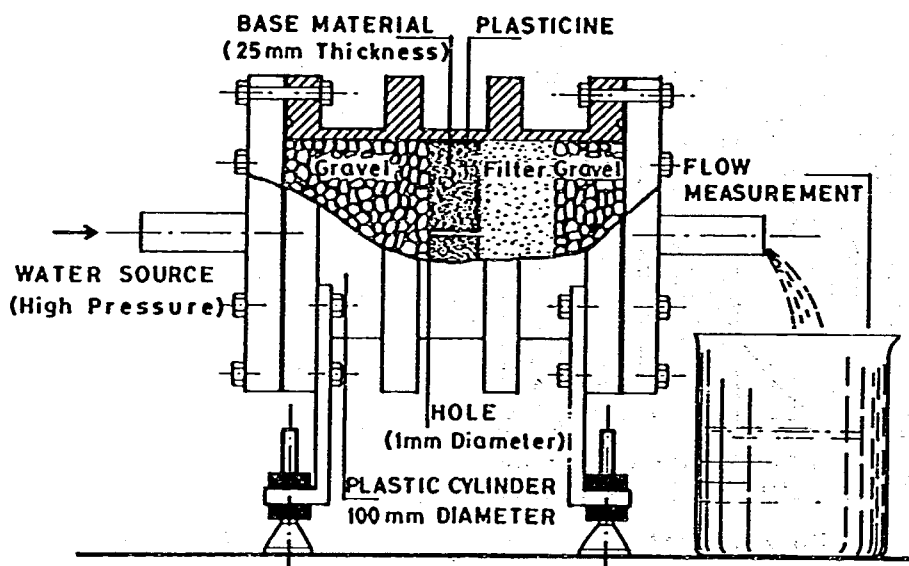


図-2.23 ホール試験装置の構成²⁹⁾

表-2.9 ホール試験の結果²⁹⁾

(a) Santa Clara ダムコア材

フ ィ ル タ 材			D_{15}/d_{85}	コア材 含水比 (%)	ピンホール の侵食直径 ϕ_f (mm)	流 出 量 Q (m^3/s)	流 出 速 度 v (m/s)	排水水の状況	判 定
種 類	D_{15} (mm)	均等係数 U _c							
A	0.35	8.3	3.5	18.5	1.0	19.7 → 15.8	17.4 → 8.9	濁水	有効
				22.0	2.0	15.8 → 21.4	14.0 → 6.8	清水	有効
B	0.7	4.5	7	18.5	3.0	34.4 → 25.4	22.3 → 3.6	濁水	境界域
				21.8	2.5	15.5 → 30.0	10.0 → 6.1	清水	境界域
C	0.9	6.7	9	18.0	—	41.6 → —	—	濁水	非有効
				22.0	3.0	13.3 → 46.7	8.6 → 6.6	—	不十分
D	1.7	3.9	17	18.0	—	96.0 → —	—	—	非有効
				22.0	5.0	77.8 → 105.6	—	—	非有効

Santa Claraダムコア材 85%通過粒径 $d_{85} = 0.1 \text{ mm}$

(b) Marateca ダムコア材

フ ィ ル タ 材			D_{15}/d_{85}	コア材 含水比 (%)	ピンホール の侵食直径 ϕ_f (mm)	流 出 量 Q (m^3/s)	流 出 速 度 v (m/s)	排水水の状況	判 定
種 類	D_{15} (mm)	均等係数 U _c							
C	0.9	6.7	0.3	11.4	1.0	0.73 → 0.33	0.9 → 1.2	清水	有効
				14.9	—	0.03 → 0.03	—	清水, 目詰まり	有効
D	1.7	3.9	0.6	11.9	—	0.17 → 0.13	—	清水, 目詰まり	有効
				13.5	—	0.03 → 0.03	—	清水, 目詰まり	有効
E	3	3.2	1	11.9	5.0	52.0 → —	—	濁水	不十分
				14.9	—	0.04 → 0.04	—	清水	不十分
F	6	2.4	2	11.9	—	—	—	—	非有効
				14.9	—	117.0 → —	—	—	非有効

Maratecaダムコア材 85%通過粒径 $d_{85} = 3 \text{ mm}$

(c) Alvito ダムコア材

フ ィ ル タ 材			D_{15}/d_{85}	コア材 含水比 (%)	ピンホール の侵食直径 ϕ_f (mm)	流 出 量 Q (m^3/s)	流 出 速 度 v (m/s)	排水水の状況	判 定
種 類	D_{15} (mm)	均等係数 U _c							
A	0.35	8.3	1.4	14.4	—	0.32 → 0.33	—	濁水, 目詰まり	有効
				18.4	1.0	2.3 → 2.1	2.9 → 2.6	清水	有効
B	0.7	4.5	2.8	15.8	3.0	56.3 → 57.3	28.0 → 8.1	濁水	境界域
				17.5	2.0	33.1 → 35.9	16.5 → 11.4	清水	境界域
C	0.9	6.7	3.6	15.8	4.0	—	—	—	非有効
				17.5	2.0	64.3 → 61.0	—	濁水	不十分

Alvitoダムコア材 85%通過粒径 $d_{85} = 0.25 \text{ mm}$

Sêco e Pintoらは、このホール試験の結果を既往のフィルタ基準と比較している。図-2.24(a)に示すイギリス法 (BS) による高液性限界粘土 (CH, Santa Clara ダムコア材) と低液性限界粘土 (CL, Alvito ダムコア材) の場合は同様の試験結果が得られ、今回の試験で有効なフィルタの粒度範囲は Wolski ら(1970)³⁰ と Sherard ら(1984)のフィルタ基準の範囲より細粒で Vaughan ら(1982)³¹の基準の範囲より粗粒であった。一方、図-2.24(b)に示すシルト質砂 (SM, Marateca ダムコア材) の場合、今回の試験で有効なフィルタの D_{15} 以下の粒度範囲は Vaughan ら(1982), Sherard ら(1984), Paré ら(1982)³² および Kjøernsli(1982)³³ の基準の範囲より粗粒であった。

有効なフィルタの場合のホール試験における最終的な圧力および動水勾配がかなり高いことからことから Sêco e Pinto らも Sherard ら(1985)や Chai らと同様に、この試験は実際のフィルダムのコアから下流のフィルタに向かっての集中浸透が生じるという状況よりも更に厳しい条件を想定した試験であるとし、3箇所のフィルダムで実際に用いられているフィルタは十分に有効であると述べている。

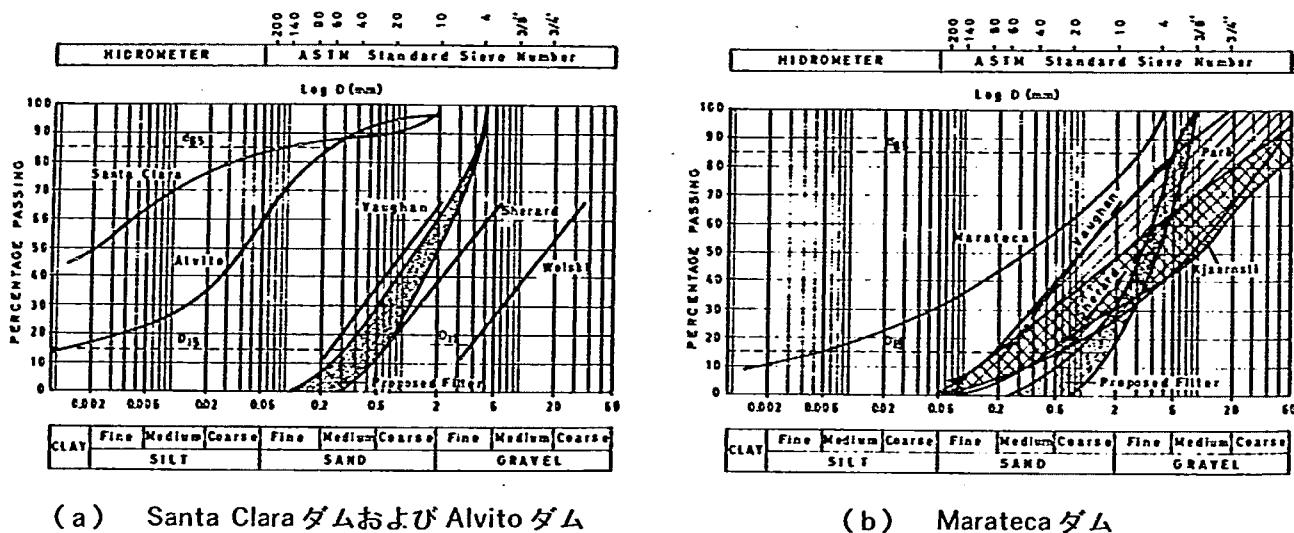


図-2.24 フィルダムのフィルタの粒度分布曲線と既往のフィルタ則との比較²⁹⁾

2.6 Leonards らの研究³⁴⁾

Leonards らは、図-2.25に示す米国西バージニア州の廃棄フライアッシュ堆積用の Conner Run ダムの嵩上げ計画の調査設計中に、既存のスラグよりなるチムニー型ドレーンが Sherard ら(1985)のフィルタ則を満足していないことを発見した。このため、コアに集中的な浸透が発生しているのではないかと懸念し、このダムの3種類のコア材 (上流粘土ブランケット材) とフィルタ材 (ドレーン材) を使用しパイピング試験 (Piping Test) とピンホール試験 (Pinhole Test) を実施した。試験に用いた15%通過粒径 $D_{15}=0.85\sim 3\text{ mm}$ のフィルタ材と貯水池に堆積したフライアッシュの粒度分布曲線を図-2.26に、風化頁岩よりなるコア材の物理試験結果と締固め試験結果を表-2.10と図-2.27に示す。

図-2.28(a)に内径150mmのモールドを用いた Leonards らのパイピング試験の試験装置の構成を示す。パイピング試験における供試体の作製手順は、モールドに締固めエネルギーを $0.95Ec$ ないしは $1Ec$ とし

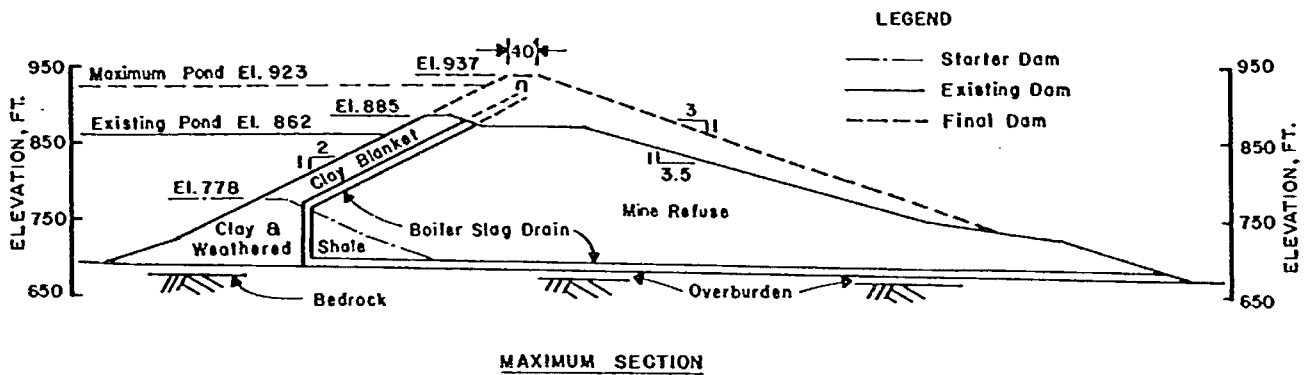
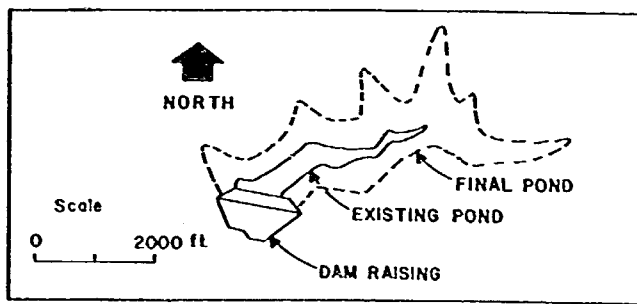


図-2.25 Conner Run ダム平面図および横断図³⁴⁾

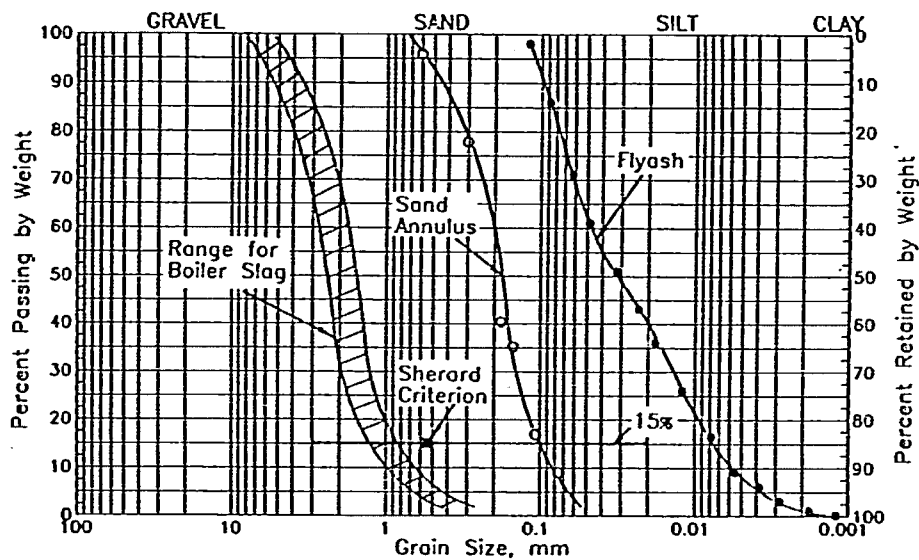


図-2.26 フライアッシュ，周辺材およびフィルタ材料の粒度分布曲線³⁴⁾

表-2.10 上流粘土プランケット材料の物理試験結果³⁴⁾

	赤色粘土	黄色粘土	灰色粘土
比 重	2.82	2.77	2.82
液性限界 (%)	47	40	37
塑性指数 (%)	50	16	14

て締め固めたコア材を設置し、その上に実際の現場単位体積重量 16.8kN/m^3 (1.713tf/m^3) の90%まで締め固めたフィルタ材を設置することで行われている。このモールドに垂直方向下方の上流側から流量が急増しパイピングが生じるまで昇圧させて通水させている。なお、Sherard らの非侵食試験と違いコア材には亀裂を設けていない。コア材として灰色風化頁岩を用いた試験では、締め固めエネルギー $0.95E_c$ の場合に動水勾配 i が40~80でパイピングが生じたが、締め固めエネルギー $1E_c$ の場合では動水勾配 i が160~240でパイピングが生じた。実際の Conner Run ダムのコアの動水勾配 i が約6であることから、コアに亀裂が生じていないと仮定するならばパイピングの危険性は無いとしている。

図-2.28(b)に内径102mmのモールドを用いた Leonards らのピンホール試験の試験装置の構成を示す。試験は Sherard ら(1985)の非侵食試験に準じるとし、コア材の中央にあらかじめ直径1mmのピンホールを開けておき、上部から最高水位55mの水圧に相当する550kPa (5.6kgf/cm^2) の圧力水を送り込み、コア材下流のフィルタを通過した排出水の測定およびコア材の亀裂周辺の侵食状況を観察するという方法である。コア材は、含水比を最適含水比 $\omega_{\text{opt}} - 1\%$ とし、最大乾燥密度 ρ_{max} の95%または100%までの密度を目標として締め固めている。コア材として風化頁岩を、フィルタ材としてスラグを用いたピンホール試験では、コア材の種類と締め固め度に関わらず、全ての試験でコア材に侵食が見られフィルタ材としてスラグは有効でないという結果が得られた。

そこで、Leonards らは貯水池に浮遊堆積したフライアッシュがコアの亀裂に目詰まりしシール材の役割を果たし集中的な浸透を防止すると仮定し、風化頁岩のコア材、スラグのフィルタ材およびフライアッ

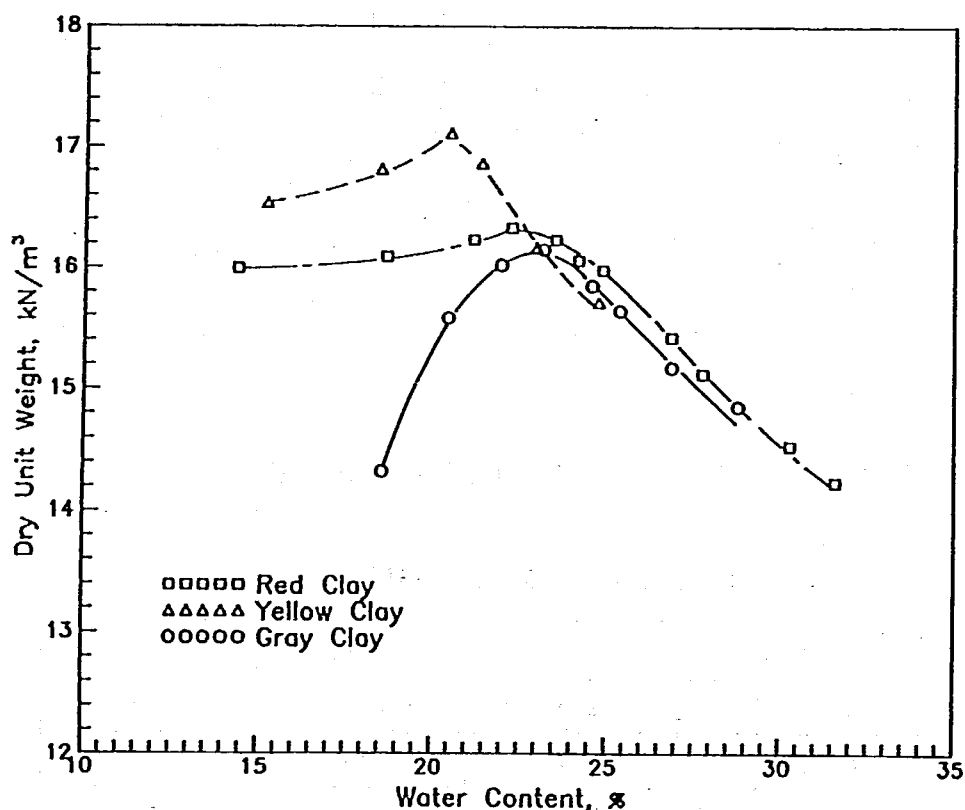


図-2.27 風化頁岩粘土の締め固め試験結果³⁰⁾

シュを用いたピンホール試験を実施している。コア材とフィルタ材の間にフライアッシュを5cm設置した試験では、フライアッシュがフィルタ材から流出しコア材に侵食が見られ非有効な試験結果となった。一方、貯水池のフライアッシュがダム上流面に接触する状態を再現するためにコア材の上流面にルーズなフライアッシュの薄層を設置し、更にフライアッシュのスラリーを静水頭80cmで事前に供試体内に注入した試験では、圧力を550kPa (5.6kgf/cm²) とし19時間観察したが流出水は常に清浄で流量も約30cc/sと少なく一定していた。解体後のコア材のピンホールは上流側から約1.5cmまで目詰まりが見られたが、コア材には侵食は見られなかった。

この試験結果、調査ボーリングにより実際のコアの空隙にフライアッシュが目詰まりしていたことおよび近隣の廃棄フライアッシュ堆積用の Cardinal I ダムの浸透量の経時変化の漸減状況から、貯水池のフライアッシュがシール材の役割を果たし集中的な浸透を防止するに有効であるとしている。

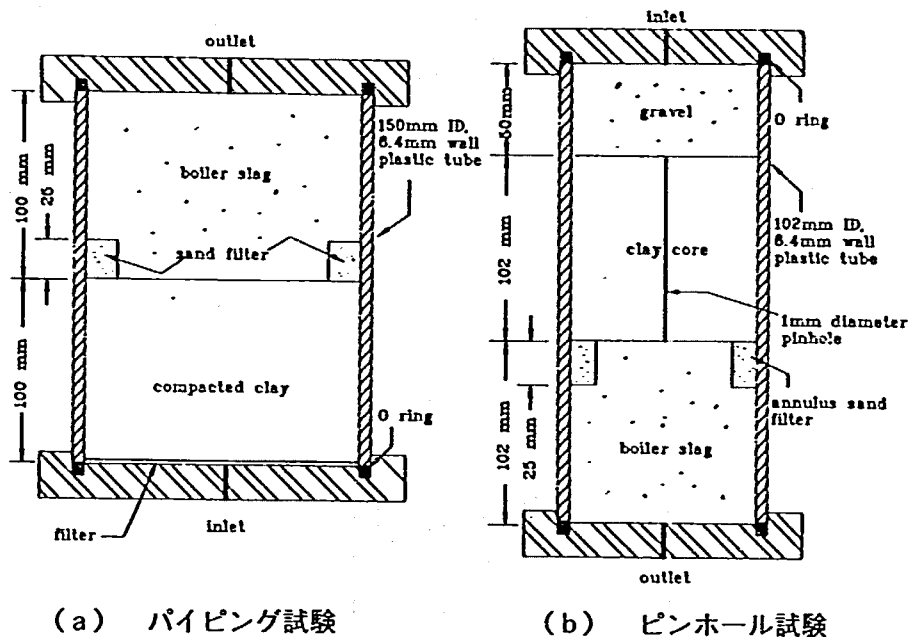


図-2.28 パイピング試験およびピンホール試験装置の構成³⁰⁾

3. 試 験 方 法

3.1 概 説

Sherard ら(1985)¹²⁾ によって提案された非侵食試験 (NEF 試験: No Erosion Filter Test) は、図-3.1 に示すような円筒状の容器を用いて行う。その大きさは、用いるコア材の最大粒径の大きさにより内径 100mm から 300mm 程度までの各種が使われる。今回の試験では、コア材の最大粒径を 4.76mm、フィルタ材の最大粒径を 9.52mm としているため、内径 100mm のモールドを使用した。また、締固めたコア材の中央に開けている亀裂の大きさも使用する材料の粒径によって変わるが、今回の試験では径 1mm の穴とした。試験水は、分散性を有する試料では蒸留水を用いて行うが、今回使用するコア材はピンホール試験 (Pinhole Test)¹³⁾ により分散性がないと判断していたため、水道水を使用した。

今回実施した非侵食試験では、フィルタ材としては均一なフィルタ (均等係数 $U_c \leq 2.6$), 粒度範囲の広いフィルタ ($2.6 < U_c \leq 7.3$) を使い分けた。なお、均等係数が 10 以上のフィルタ材料では設置時の材料分離や通水時の細粒分の流亡といった内部不安定が発生するとの研究成果³⁵⁾ があるので、今回の試験では粒度範囲の広いフィルタ材料としては、その U_c が最大 7.3 未満のものを使用することにした。

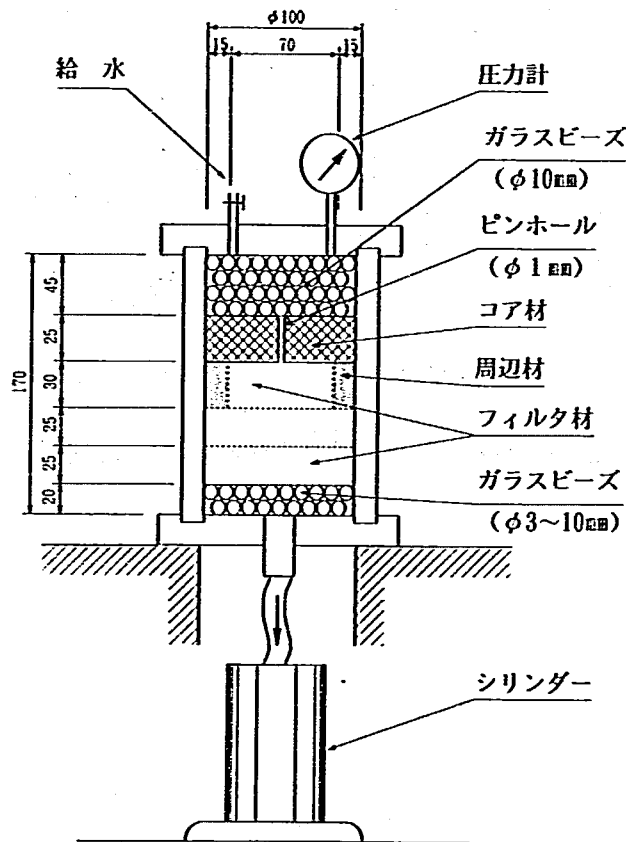


図-3.1 非侵食試験装置の構成

3.2 試 料

非侵食試験に使用する試料として、保護すべき材料（ベース材）と保護する材料（フィルタ材）の2種類を準備した。

ベース材には、粒径4.76mm以上の部分を除去したフィルダムのコア材4種類を用いた。なお、これらのコア材は、既に実施しているダーティー・ウォーター試験^{17), 20)~23)}に使用したものと同じダムから採取しているが、採取時期は異なっている。また、フィルタ材には、粒径0.074mmから9.52mmまでの堅固で清浄な砂および礫を粒度調整したものを当てた。

図-3.2にフィルダムコア材料の粒度分布曲線、表-3.1にフィルダムコア材料の物理試験および力学試験結果を示す。また、図-3.3にフィルタ材の粒度分布曲線、表-3.2にフィルタ材の粒度特性を示す。フィルタ材F1からF19までは均一なフィルタ ($U_c \leq 2.6$) として、また、F20からF42までは比較的粒度範囲の広いフィルタ ($2.6 < U_c \leq 7.3$) として準備した。

表-3.1 フィルダムコア材料の物理試験結果および力学試験結果

		A ダムコア材	B ダムコア材	C ダムコア材	D ダムコア材
物理試験	比 重	2.725	2.709	2.754	2.777
	自 然 含 水 比	13.9 %	18.9 %	21.2 %	20.4 %
	粒 度	-4.76mm 粒径	100 %	100 %	100 %
		-2.00mm 粒径	94.8 %	93.6 %	85.8 %
		-0.42mm 粒径	86.2 %	54.6 %	61.1 %
		-0.074mm 粒径	64.6 %	29.4 %	47.7 %
		85 % 粒径	0.35 mm	1.37 mm	2.48 mm
		60 % 粒径	0.040 mm	0.51 mm	0.69 mm
		30 % 粒径	0.0021 mm	0.082 mm	0.015 mm
		10 % 粒径	—	0.0036 mm	0.0013 mm
		均等係数	—	140.1	519.1
		曲率係数	—	3.59	0.23
	コンシステ	液性限界	42.4 %	44.6 %	52.4 %
		塑性限界	20.1 %	28.2 %	30.5 %
		塑性指数	22.3 %	16.4 %	21.9 %
力学試験	突固め仕事量	JIS, 1 Ec	JIS, 1 Ec	JIS, 1 Ec	JIS, 1 Ec
	最適含水比	17.8 %	19.0 %	17.1 %	19.0 %
	最大乾燥密度	1.714 g/cm ³	1.737 g/cm ³	1.712 g/cm ³	1.724 g/cm ³

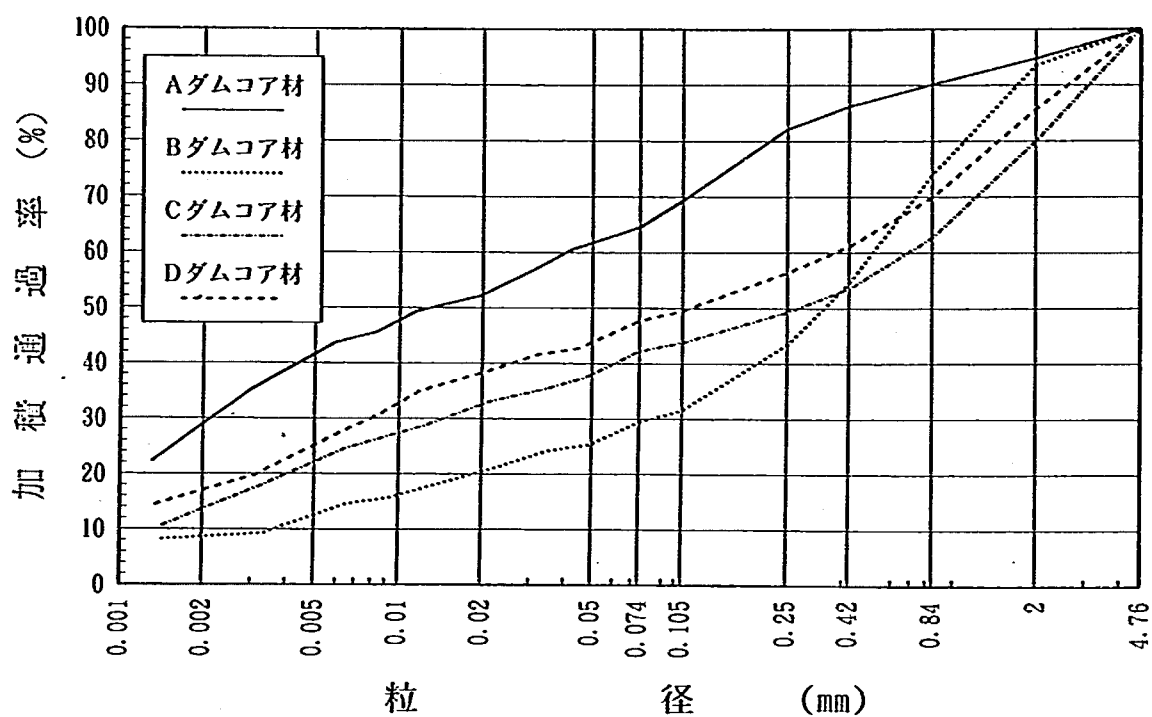
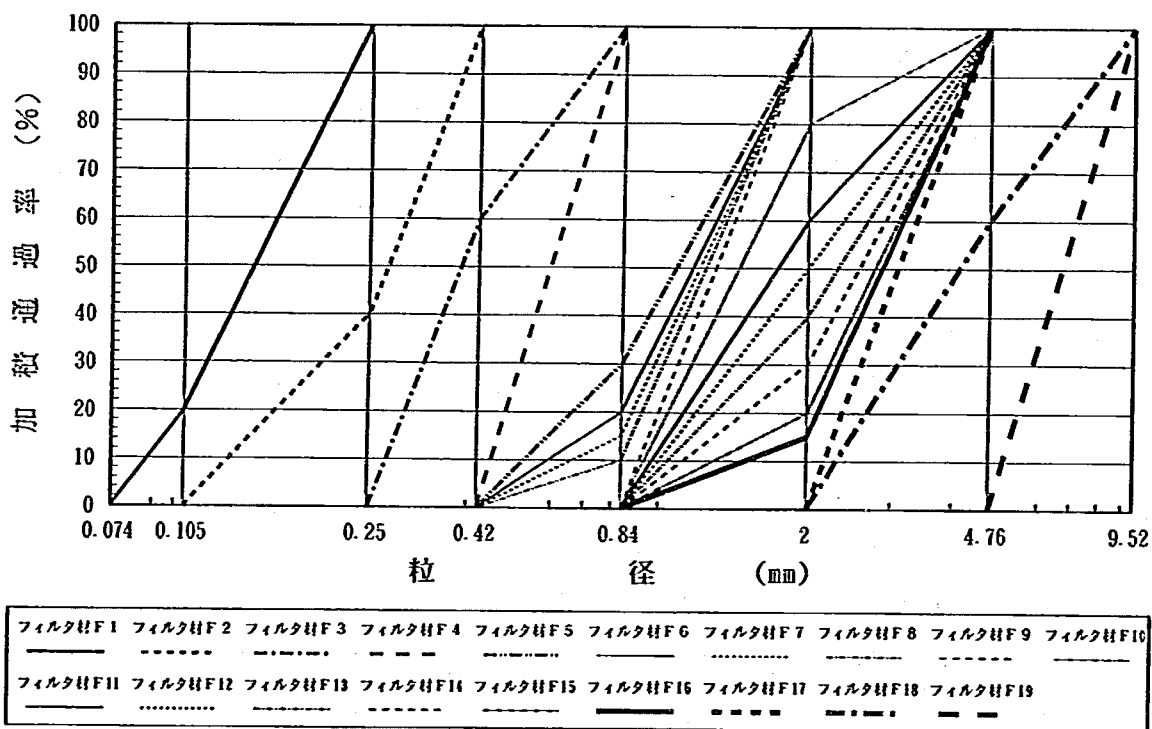
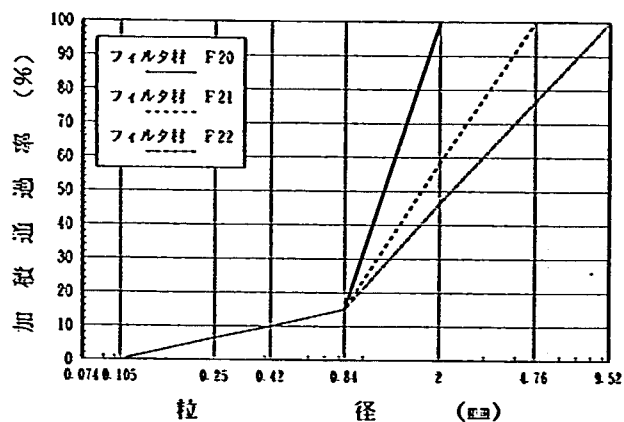


図-3.2 フィルダムコア材料の粒度分布曲線

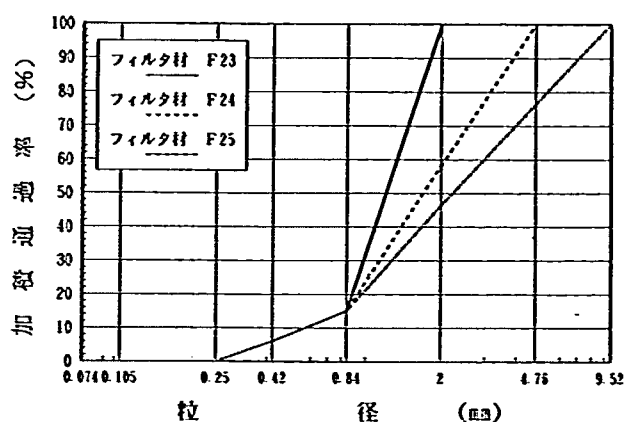


(a) フィルタ材F1 ~ F19

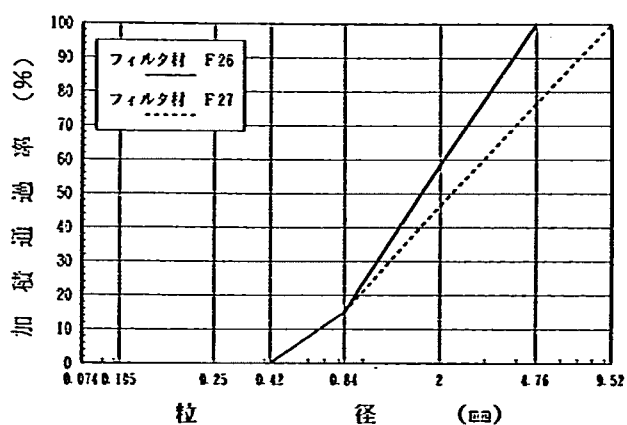
図-3.3 フィルタ材の粒度分布曲線



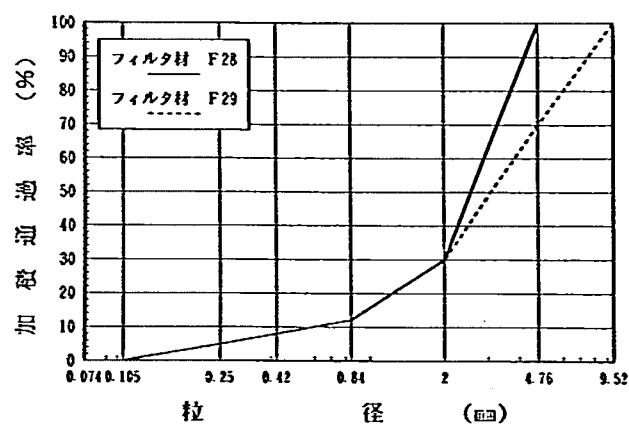
(b) フィルタ材F 20～F 22



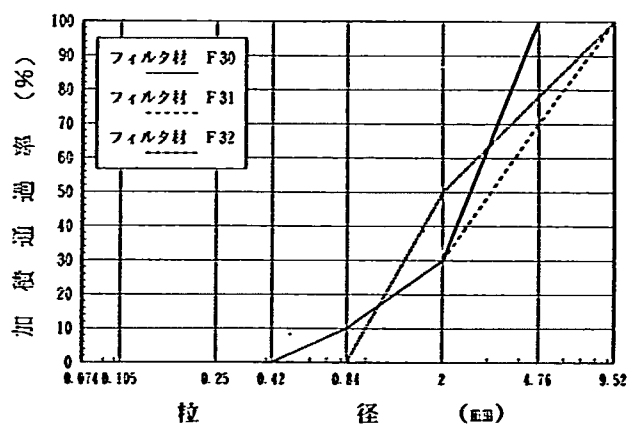
(c) フィルタ材F 23～F 25



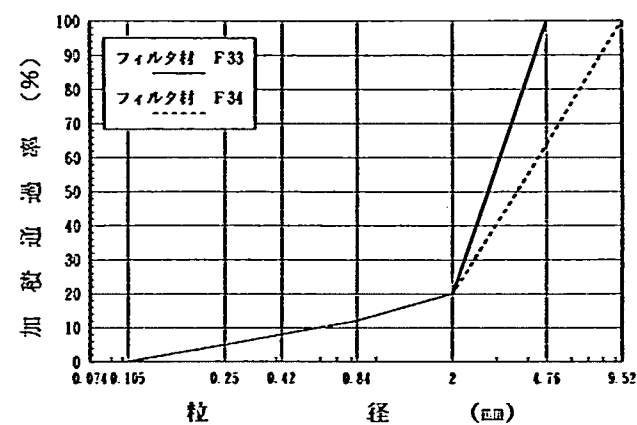
(d) フィルタ材F 26, F 27



(e) フィルタ材F 28, F 29

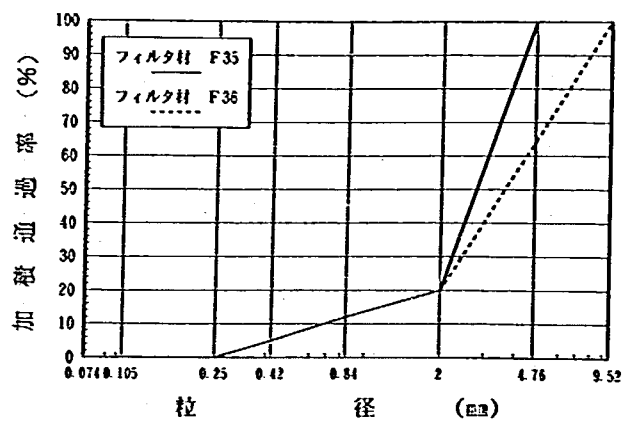


(f) フィルタ材F 30～F 32

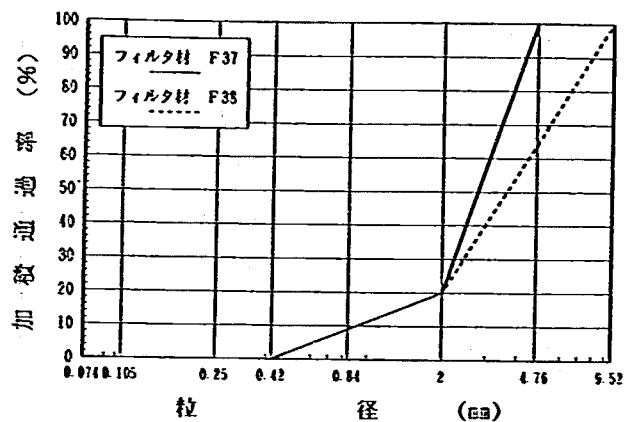


(g) フィルタ材F 33, F 34

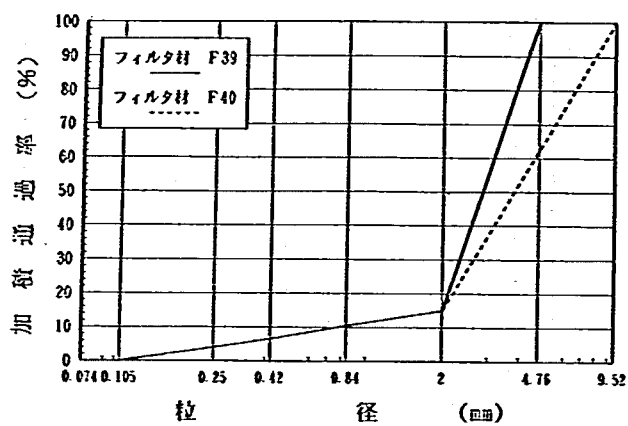
図-3.3 フィルタ材の粒度分布曲線



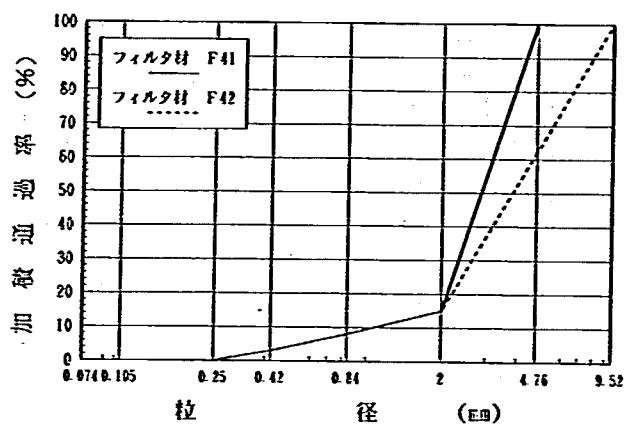
(h) フィルタ材F35, F36



(i) フィルタ材F37, F38



(j) フィルタ材F39, F40



(k) フィルタ材F41, F42

図-3.3 フィルタ材の粒度分布曲線

表-3.2 フィルタ材の粒度特性

(a) 均一なフィルタ

種 類	D ₁₀ (mm)	D ₂₀ (mm)	D ₃₀ (mm)	D ₄₀ (mm)	D ₅₀ (mm)	D ₆₀ (mm)	D ₇₀ (mm)	D ₈₀ (mm)	均等係数 U _c	百分係数 U _{c'}
F 1	0.074	0.088	0.095	0.12	0.15	0.16	0.21	0.25	1.82	1.02
F 2	0.105	0.13	0.15	0.20	0.27	0.30	0.37	0.42	2.31	1.03
F 3	0.25	0.27	0.28	0.32	0.39	0.42	0.65	0.84	1.56	0.90
F 4	0.42	0.45	0.47	0.52	0.59	0.64	0.76	0.84	1.42	0.94
F 5	0.42	0.53	0.59	0.84	1.08	1.22	1.66	2.00	2.30	1.09
F 6	0.42	0.59	0.71	0.94	1.16	1.30	1.70	2.00	2.20	1.15
F 7	0.42	0.67	0.84	0.98	1.20	1.33	1.72	2.00	1.99	1.08
F 8	0.42	0.84	0.88	1.02	1.24	1.36	1.73	2.00	1.62	0.91
F 9	0.84	0.92	0.96	1.09	1.30	1.41	1.76	2.00	1.53	0.92
F 10	0.84	0.94	0.99	1.16	1.44	1.61	2.48	4.76	1.71	0.89
F 11	0.84	0.97	1.04	1.30	1.73	2.00	3.44	4.76	2.06	0.87
F 12	0.84	1.00	1.09	1.41	2.00	2.38	3.67	4.76	2.38	0.84
F 13	0.84	1.04	1.16	1.61	2.31	2.67	3.83	4.76	2.57	0.93
F 14	0.84	1.12	1.30	2.00	2.56	2.90	3.95	4.76	2.59	1.23
F 15	0.84	1.30	1.61	2.23	2.77	3.09	4.05	4.76	2.38	1.24
F 16	0.84	1.50	2.00	2.33	2.86	3.17	4.08	4.76	2.11	1.14
F 17	2.00	2.18	2.28	2.59	3.09	3.36	4.18	4.76	1.54	0.92
F 18	2.00	2.31	2.48	3.09	4.12	4.76	7.34	9.52	2.06	0.87
F 19	4.76	5.10	5.28	5.86	6.73	7.21	8.58	9.52	1.41	0.93

(b) 粒度範囲の広いフィルタ

種 類	D ₁₀ (mm)	D ₂₀ (mm)	D ₃₀ (mm)	D ₄₀ (mm)	D ₅₀ (mm)	D ₆₀ (mm)	D ₇₀ (mm)	D ₈₀ (mm)	均等係数 U _c	百分係数 U _{c'}
F 20	0.105	0.42	0.84	0.96	1.20	1.33	1.72	2.00	3.17	1.72
F 21	0.105	0.42	0.84	1.13	1.69	2.06	3.48	4.76	4.90	1.48
F 22	0.105	0.42	0.84	1.27	2.21	2.95	6.12	9.52	7.02	1.30
F 23	0.25	0.57	0.84	0.98	1.20	1.33	1.72	2.00	2.33	1.27
F 24	0.25	0.57	0.84	1.13	1.69	2.06	3.48	4.76	3.61	1.09
F 25	0.25	0.57	0.84	1.27	2.21	2.95	6.12	9.52	5.18	0.96
F 26	0.42	0.67	0.84	1.13	1.69	2.06	3.48	4.76	3.07	0.93
F 27	0.42	0.67	0.84	1.27	2.21	2.95	6.12	9.52	4.40	0.82
F 28	0.105	0.59	0.97	2.00	2.56	2.90	3.95	4.76	4.92	2.34
F 29	0.105	0.59	0.97	2.00	3.09	3.83	6.73	9.52	6.49	1.77
F 30	0.42	0.84	1.04	2.00	2.56	2.90	3.95	4.76	3.45	1.64
F 31	0.42	0.84	1.04	2.00	3.09	3.83	6.73	9.52	4.56	1.24
F 32	0.84	1.00	1.09	1.41	2.00	2.73	5.91	9.52	2.73	0.73
F 33	0.105	0.59	1.16	2.23	2.77	3.09	4.05	4.76	5.24	2.73
F 34	0.105	0.59	1.16	2.43	3.57	4.32	7.07	9.52	7.32	2.32
F 35	0.25	0.69	1.16	2.23	2.77	3.09	4.05	4.76	4.43	2.33
F 36	0.25	0.69	1.16	2.43	3.57	4.32	7.07	9.52	6.26	1.98
F 37	0.42	0.91	1.35	2.23	2.77	3.09	4.05	4.76	3.40	1.77
F 38	0.42	0.91	1.35	2.43	3.57	4.32	7.07	9.52	4.75	1.50
F 39	0.105	0.77	2.00	2.33	2.86	3.17	4.08	4.76	4.12	2.22
F 40	0.105	0.77	2.00	2.59	3.67	4.36	7.07	9.52	5.66	2.00
F 41	0.25	1.08	2.00	2.33	2.86	3.17	4.08	4.76	2.94	1.59
F 42	0.25	1.08	2.00	2.59	3.67	4.36	7.07	9.52	4.04	1.42

3.3 試験装置

非侵食試験装置の概要は、図-3.4に示すとおりであるが、試験装置は、主に鋼製（ステンレス加工）の円筒型の容器（内径100mm）と、水圧8 kgf/cm²までの安定した圧力水を供給できるポンプ装置からなる。なお、底盤には流出水が容易に排出できるように底盤中央に穴を開けている。また、この穴からガラスビーズ、フィルタ材が流出しないように金網を敷いた。

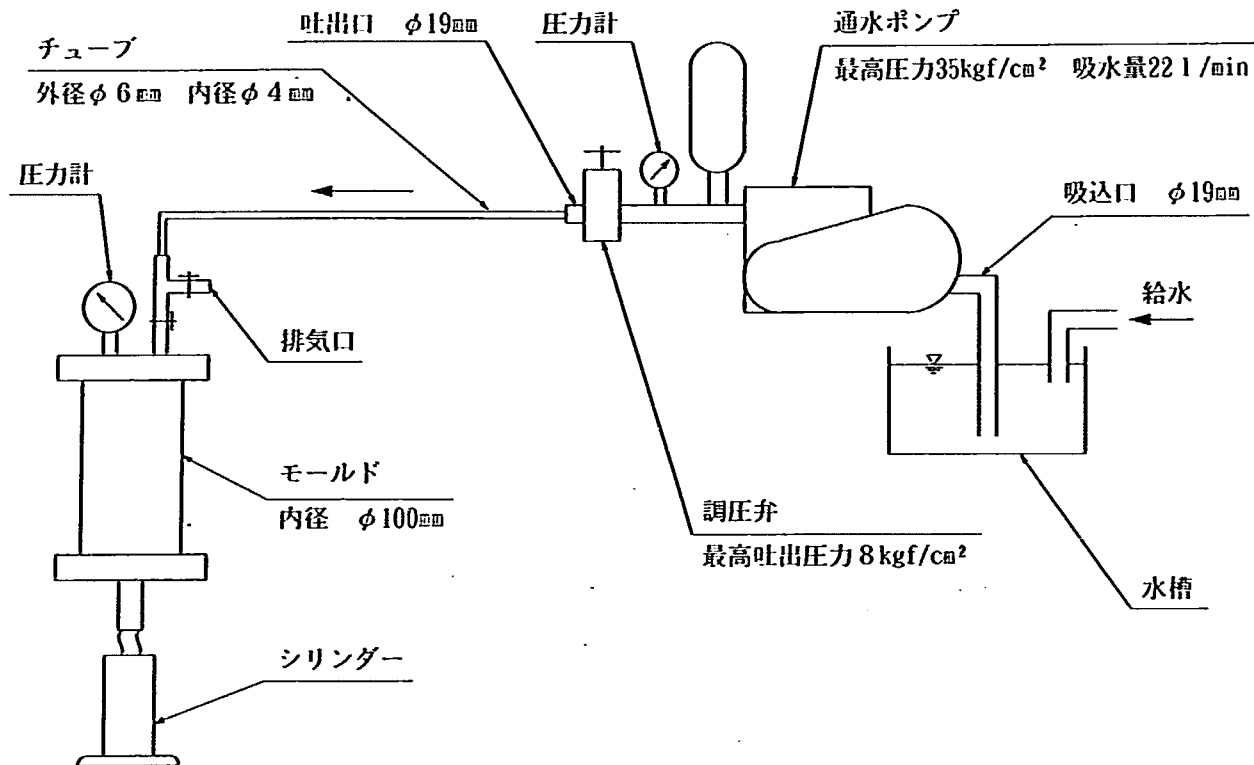


図-3.4 非侵食試験装置概要

3.4 供試体の作製方法

供試体の主な構成は、下から下層のガラスビーズ、フィルタ材、コア材、上層のガラスビーズとなっている。フィルタ材は、上層フィルタと下層フィルタよりなる。下層フィルタはフィルタ材単体で構成されるが、上層フィルタは図-3.5に示すアクリル製の翼により、一方向に片寄らないように間仕切りして設置された中央部の試験用フィルタ材と周辺材（細粒のフィルタ材）により構成される。非侵食試験に用いるコア材料は、最適含水比 ω_{ex} 付近または $\omega_{ex} \pm 3 \sim 4\%$ の含水比で締固めることを原則とするため、締固める前に規定の含水比に調整し、少なくとも24時間養生した。

供試体の作製方法は、最初にモールドの底に金網を敷き、その上にガラスビーズを約2 cm厚入れ、フィルタ材はその上に上層部と下層部の2層に分けて投入した。なお、フィルタ材としては、粒径0.074mmから9.52mmの範囲で均一なフィルタ材7種類を予め準備しておき、必要に応じこれらを混合することにより所

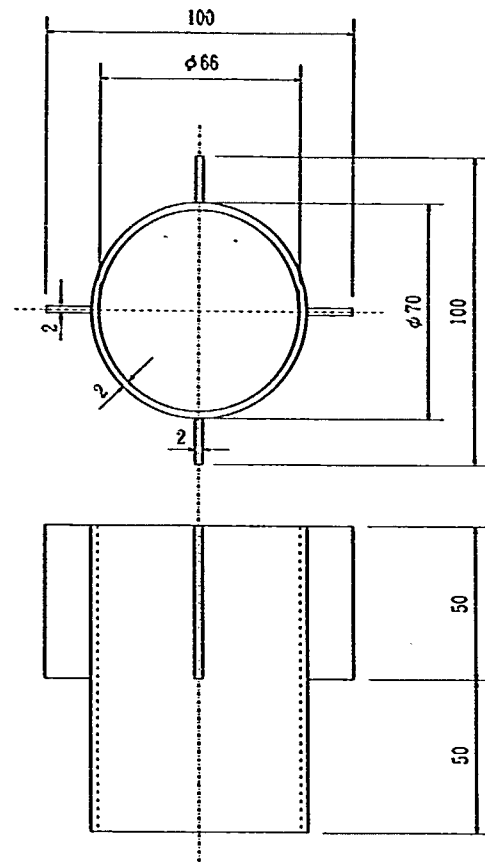


図-3.5 上層フィルタ間仕切り翼の概観

定のフィルタ材を作製した。表-3.3に各フィルタの均一材混合比を示す。また、上層部のフィルタについては、透過水がモールド壁面に沿って流れ出すのを防ぐため、上層フィルタの周辺部には、試験に用いるフィルタ材より細かい細粒フィルタ（周辺材）を配置した。フィルタ材は、モールド側面から木鏝で軽くたたく程度で、特に締固めは行わなかった。よって、比較的緩詰め状態である。なお、周辺材とフィルタ材、フィルタ材と下部のガラスビーズには原則として表-3.4に示すように、パイピング則 $D_{is}/d_{ss} < 5$ を満足させた。

コア材の締固めにあたっては、コア材をフィルタ材の上で直接締固めを行うため、予めそれぞれの試料について求めておいた JIS A 1210法によって得られた最大乾燥密度 $\rho_{L_{max}}$ と同程度もしくは $\rho_{L_{max}}$ の90～95%程度の乾燥密度となるような突固め方法を検討した。その結果、最適含水比付近に保ったコア材を3層に分け各層50回、6.8kgf級ハーバード・ミニチュア・タンパーで最終的には25mmの厚さになるように均等に締固めることとした。なお、ピンホールの形成は締固め終了後、直径1mmのニードルを挿入することにより作製した。最後に、コア材の上に $\phi 10\text{mm}$ のガラスビーズを充填することにより供試体の準備は終了となる。

表-3.3 各フィルタの均一材混合率

(a) 均一なフィルタ

種類 \ 範囲	(%)						
	0.074 mm } 0.105 mm	0.105 mm } 0.25 mm	0.25 mm } 0.42 mm	0.42 mm } 0.84 mm	0.84 mm } 2.00 mm	2.00 mm } 4.76 mm	4.76 mm } 9.52 mm
F 1	20.0	80.0					
F 2		40.0	60.0				
F 3			60.0	40.0			
F 4				100.0			
F 5				30.0	70.0		
F 6				20.0	80.0		
F 7				15.0	85.0		
F 8				10.0	90.0		
F 9					100.0		
F 10					80.0	20.0	
F 11					60.0	40.0	
F 12					50.0	50.0	
F 13					40.0	60.0	
F 14					30.0	70.0	
F 15					20.0	80.0	
F 16					15.0	85.0	
F 17						100.0	
F 18						60.0	40.0
F 19							100.0

(b) 粒度範囲の広いフィルタ

種類 \ 範囲	(%)						
	0.074 mm } 0.105 mm	0.105 mm } 0.25 mm	0.25 mm } 0.42 mm	0.42 mm } 0.84 mm	0.84 mm } 2.00 mm	2.00 mm } 4.76 mm	4.76 mm } 9.52 mm
F 20		6.5	3.5	5.0	85.0		
F 21		6.5	3.5	5.0	43.5	41.5	
F 22		6.5	3.5	5.0	31.5	30.0	23.5
F 23			6.0	9.0	85.0		
F 24			6.0	9.0	43.5	41.5	
F 25			6.0	9.0	31.5	30.0	23.5
F 26				15.0	43.5	41.5	
F 27				15.0	31.5	30.0	23.5
F 28		5.0	3.0	4.0	18.0	70.0	
F 29		5.0	3.0	4.0	18.0	40.0	30.0
F 30				10.0	20.0	70.0	
F 31				10.0	20.0	40.0	30.0
F 32					50.0	28.0	22.0
F 33		5.0	3.0	4.0	8.0	80.0	
F 34		5.0	3.0	4.0	8.0	44.0	36.0
F 35			5.0	7.0	8.0	80.0	
F 36			5.0	7.0	8.0	44.0	36.0
F 37				9.0	11.0	80.0	
F 38				9.0	11.0	44.0	36.0
F 39		4.0	2.5	4.0	4.5	85.0	
F 40		4.0	2.5	4.0	4.5	47.0	38.0
F 41			3.0	5.0	7.0	85.0	
F 42			3.0	5.0	7.0	47.0	38.0

表-3.4 周辺材・ガラスビーズ使用種類の一覧

(a) 均一なフィルタ

フィルタ 種類	フィルタ D ₁₀ (mm)	周 辺 材 (mm)	フィルタ D ₅₀ (mm)	下層ガラス ビーズ粒径 (mm)
F 1	0.096	0.074~0.105	0.21	3
F 2	0.15	0.074~0.105	0.37	3
F 3	0.28	0.074~0.105	0.65	3
F 4	0.47	0.074~0.105	0.76	3
F 5	0.59	0.105~0.25	1.66	5
F 6	0.71	0.105~0.25	1.70	5
F 7	0.84	0.105~0.25	1.72	5
F 8	0.88	0.105~0.25	1.73	5
F 9	0.96	0.105~0.25	1.76	5
F 10	0.99	0.105~0.25	2.48	5
F 11	1.04	0.25~0.42	3.44	7
F 12	1.09	0.25~0.42	3.67	7
F 13	1.16	0.25~0.42	3.83	7
F 14	1.30	0.25~0.42	3.95	7
F 15	1.61	0.25~0.42	4.05	7
F 16	2.00	0.42~0.84	4.08	7
F 17	2.28	0.42~0.84	4.18	7
F 18	2.48	0.42~0.84	7.34	10
F 19	5.28	0.84~2.00	8.58	10

(b) 粒度範囲の広いフィルタ

フィルタ 種類	フィルタ D ₁₀ (mm)	周 辺 材 (mm)	フィルタ D ₅₀ (mm)	下層ガラス ビーズ粒径 (mm)
F 20	0.84	0.105~0.25	1.72	5
F 21	0.84	0.105~0.25	3.48	7
F 22	0.84	0.105~0.25	6.12	10
F 23	0.84	0.105~0.25	1.72	5
F 24	0.84	0.105~0.25	3.48	7
F 25	0.84	0.105~0.25	6.12	10
F 26	0.84	0.105~0.25	3.48	7
F 27	0.84	0.105~0.25	6.12	10
F 28	0.97	0.105~0.25	3.95	7
F 29	0.97	0.105~0.25	6.73	10
F 30	1.04	0.25~0.42	3.95	7
F 31	1.04	0.25~0.42	6.73	10
F 32	1.09	0.25~0.42	5.91	10
F 33	1.16	0.25~0.42	4.05	7
F 34	1.16	0.25~0.42	7.07	10
F 35	1.16	0.25~0.42	4.05	7
F 36	1.16	0.25~0.42	7.07	10
F 37	1.35	0.25~0.42	4.05	7
F 38	1.35	0.25~0.42	7.07	10
F 39	2.00	0.42~0.84	4.08	7
F 40	2.00	0.42~0.84	7.07	10
F 41	2.00	0.42~0.84	4.08	7
F 42	2.00	0.42~0.84	7.07	10

3.5 試験方法

3.5.1 突固め確認試験

非侵食試験に用いた各試料の締固め試験を、表-3.1に示してあるように JIS A 1210に基づき予め実施した。ここで述べる突固め確認試験というのは、非侵食試験で用いるコア材の締固めをフィルタの上に載せて直接突固めを行うため、この場合でも JIS の方法で求めた最大乾燥密度 ρ_{dmax} 、最適含水比 ω_{opt} の値をほぼ満足するような締固めの条件を求めることを目的としている。つまり、フィルタ材を敷き均した後、フィルタ上で各層ごとに6.8kgf級ハーバード・ミニチュア・タンバを用いて突固めを行い、JIS の結果と同程度か、あるいは JIS 法で得られた最大乾燥密度 ρ_{dmax} の90%から95%の値を満足するような突固め層数、1層当たりの突固め回数を求めた。

3.5.2 非侵食試験

非侵食試験の手順を図-3.6に示すとともに、以下に詳しく説明する。

(1) 通水準備

通水準備としては、水道水元栓から水槽への給水準備を行った後、供試体を架台に載せ、ポンプとの接続を行う。給水圧力の調整は、供試体の入ったモールド上部にある圧力ゲージが約4 kgf/cm²となるようにポンプの給水圧力を上昇させ、その後、ポンプに取付けてある微調整用のバルブでモールド上部の圧力計が、4 kgf/cm²となるように正確に合わせた。最初はホース内のエアを逃がすため排気口は開け、供試体側への給水口は閉じてく。排気が終了すると、排気口を閉じ、ポンプ吐出口の圧力ゲージが4 kgf/cm²で安定したものを確認してから供試体側へのバルブを開いて送水を開始する。試験はこの時点で開始し、時間を計測する。また、このとき流出してきた水を採取するためのポリ容器（1ℓ用の広口びん、またはポリバケツ）をモールドの下に配置した。

(2) 通水試験

通水試験中は、常時供試体を通して流出してくる水の色や濁り具合を目視により観察するとともに、連続して流出した水をポリ容器に採取して、その流出量と濁度を測定した。試験は、原則として平衡状態になるまで行うが、通常は5分から10分程度であるので今回の試験では10分を目安とした。試験終了と同時にバルブを閉め給水を止めた。

(3) モールド解体、跡片付

通水試験終了後は、直ちにモールドを解体し、供試体内部の変化、つまりコア材中央部のピンホールの侵食状況、ならびにコア材とフィルタ材接触面の侵食状況を観察した。また、これらすべてが終了した後は、跡片付もしくは次の試験の準備に入った。

(4) 測定および観察

(a) 測定項目

① 流出量の経時変化

コア材亀裂を通り、フィルタ材の空隙を通り抜けてきた水道水を1ℓ用のポリ容器（広口びん）に採

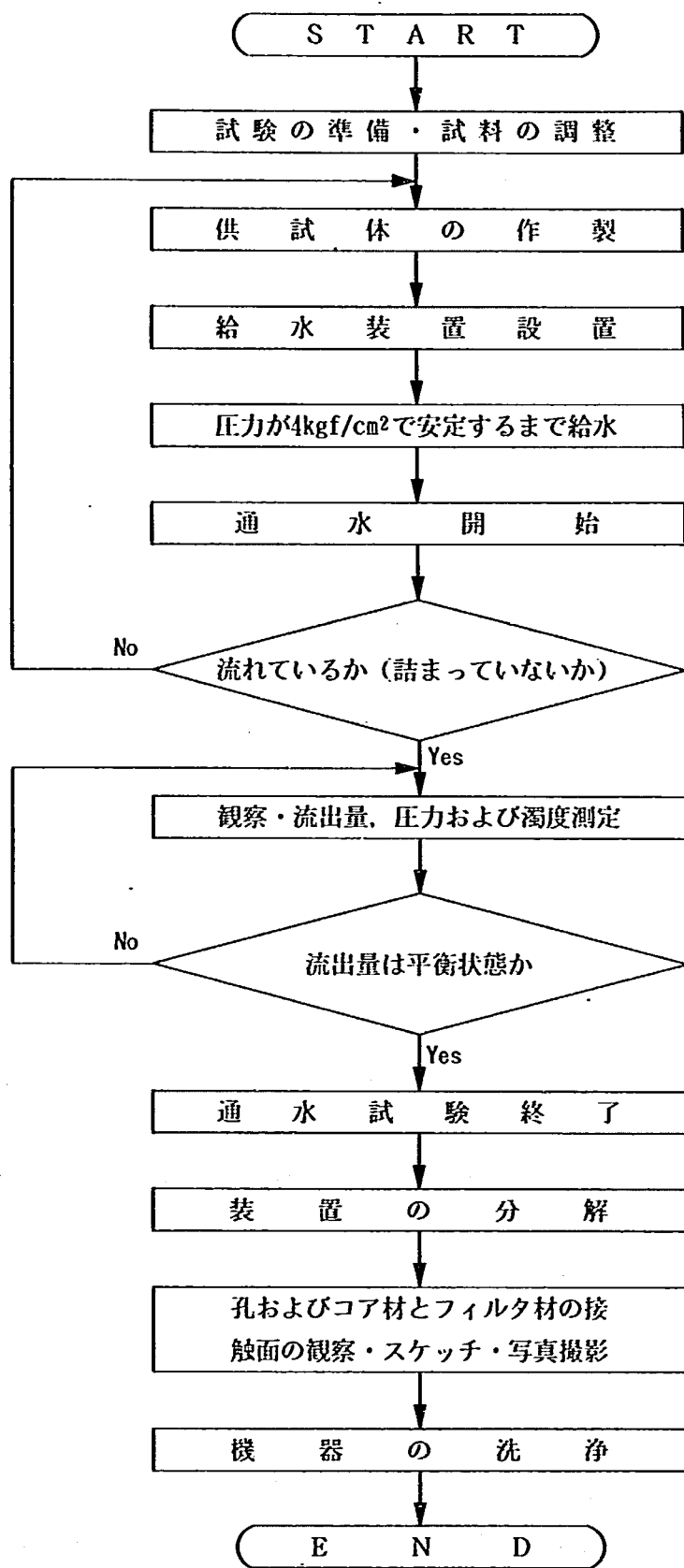


図-3.6 非侵食試験の手順

取し、各々の経時時間と正確な容積を測定した。

② 濁度の経時変化

上記の採取水の濁度を濁度計（測定は透過光方式、測定範囲は最大500ppm、0～100ppmと0～500ppmの2レンジ切替方式、測定精度はフルスケールの±5%）により測定した。

③ 圧力の経時変化

試験時の圧力は、原則的には4 kgf/cm²としているので圧力変動は極力少なく制御するとともに、経時的な圧力変化も記録する。

(b) 目視による観察項目

① 流出してきた水の濁り具合はどうか。

② モールド解体後のピンホールの侵食状況はどうか。

③ モールド解体後のコア材とフィルタ材接触面の侵食状況はどうか。

なお、②、③の侵食状況は、目視による観察を行った後、写真を撮って記録した。

濁度の測定は、ポリ容器1ℓ用（広口びん）に採取した流出水をビーカーに開けて行っていたが、1分間の流出量が非常に小さい場合には、今回用いた濁度計では濁度の測定が不可能となったため、一定量（測定量と同量、または整数倍）の清水（濁度はほぼ0）を加え薄めて測定し、換算した。

3.6 試験条件および数量

表-3.5、表-3.6にそれぞれ突固め確認試験と非侵食試験の試験条件と数量を示すとともに、非侵食試験の試験条件の設定について以下に説明する。

(1) 非侵食試験の精度を確認する試験

試験法の精度を検証することを目的に均一な粒度分布のフィルタ ($U_c \leq 2.6$) を対象として表-3.6(a)に示す非侵食試験を実施した。なお、コア材は突固め確認試験で得られた最適含水比 ω_{opt} で締め固めるものとした。

非侵食試験の結果は、流出量・通水圧力・濁度の経時変化およびピンホール・コア材とフィルタ材接触面の侵食状況に着目して評価した。Sherardら(1985)によると最終的にフィルタを通して排出された水が清浄であり、かつピンホールおよび接触面に侵食が見られない場合を有効なフィルタと目視によって判定し、排出水の流出量や濁度（清浄度）について定量的には言及していない。そこで、流出量と濁度の経時変化から、この有効性の判定について定量化を試みた。

(2) フィルタ材の粒度分布の影響を調査する試験

フィルタ材の最大粒径 D_{max} や均等係数 U_c などの粒度条件の影響を調査することを目的に粒度範囲の広いフィルタ ($2.6 < U_c \leq 7.3$) を対象として表-3.6(b)に示す非侵食試験を実施した。なお、コア材は突固め確認試験で得られた最適含水比 ω_{opt} で締め固めるものとした。

(3) コア材の締め固め度の影響を調査する試験

Sherardら(1985)によると、試験結果はコア材の含水比や締め固め乾燥密度に影響されないとし、 ω_{opt} 以

外の結果は明示していない。そこで、今回の試験ではコア材の締固め度の影響を検討するために含水比を $\omega_{ex} \pm 4\%$ または $\omega_{ex} \pm 3\%$ に変化させて締め固めたA・Dダムのコア材に対して表-3.6(c)に示す非侵食試験を実施した。

表-3.5 突固め確認試験の試験条件と数量

突固め器具	ベース材の種類	目標突固め 最終高さ (mm)	突固め層数 (層)	1層当り 突固め回数 (回)	1ケース 当り回数 (回)	数 量 (回)
6.8kgf級 ハーバード ミニチュア タンパー	Aダムコア材	25	3	30	1	3
				50	1	
				70	1	
	Bダムコア材	25	3	30	1	3
				50	1	
				70	1	
	Cダムコア材	25	3	30	1	3
				50	1	
				70	1	
	Dダムコア材	25	3	30	1	3
				50	1	
				70	1	
					合 計	12

表-3.6 非侵食試験の試験条件と数量

(a) 非侵食試験の精度を確認する試験

フィルタ材の 粒 度 分 布	ベース材の種類	ベース材の 含 水 比 (%)	フ ィ ル タ 材 種 類	1ケース 当り回数 (回)	数 量 (回)
均一なフィルタ	Aダムコア材	18.0	F1, F2, F3, F4, F5, F6, F7 F9, F11, F13, F15, F17, F19	1	13
	Bダムコア材	19.5	F1, F2, F3, F4, F9, F11, F13 F15, F17, F19	1	10
	Cダムコア材	19.0	F1, F2, F3, F4, F5, F6, F7 F9, F17, F19	1	10
	Dダムコア材	22.0	F4, F5, F6, F7, F8, F9, F10 F11, F12, F13, F15, F17, F19	1	13
				合 計	46

表-3.6 非侵食試験の試験条件と数量

(b) フィルタ材の粒度分布の影響を調査する試験

フィルタ材の 粒 度 分 布	ベース材の種類	ベース材の 含 水 比 (%)	フ ィ ル タ 材 種 類	1 ケース 当り回数 (回)	数 量 (回)
粒 度 範 囲 の 広 い フィルタ	A ダムコア材	18.0	F 20, F 21, F 22, F 23, F 24, F 25, F 26 F 27, F 28, F 29, F 33, F 34, F 39, F 40 F 41, F 42	1	16
	D ダムコア材	22.0	F 20, F 21, F 22, F 23, F 24, F 25, F 26 F 27, F 30, F 31, F 32, F 33, F 34, F 35 F 36, F 37, F 38	1	17
				合 計	33

(c) コア材の締固め度の影響を調査する試験

フィルタ材の 粒 度 分 布	ベース材の種類	ベース材の 含 水 比 (%)	フ ィ ル タ 材 種 類	1 ケース 当り回数 (回)	数 量 (回)
均一なフィルタ	A ダムコア材	14.0	F 5	2	2
		18.0		2	2
		22.0		2	2
		14.0	F 6	2	2
		18.0		2	2
		22.0		2	2
		14.0	F 9	2	2
		18.0		2	2
		22.0		2	2
	D ダムコア材	19.0	F 5	3	3
		22.0		3	3
		25.0		3	3
		19.0	F 7	3	3
		22.0		3	3
		25.0		3	3
		19.0	F 11	3	3
		22.0		3	3
		25.0		3	3
				合 計	45

4. 試 験 結 果

4.1 突固め確認試験

図-4.1にJIS A 1210の方法に基づいて実施した各コア材の締固め試験結果を示す。図-4.2に非侵食試験の供試体作製時と同様にフィルタ上で、コア材厚さ25mmのコア材を締固めた場合の試験結果を示す。

JISの方法では、4種類のコア材は図-4.1に示すとおり最大乾燥密度 ρ_{dmax} 、最適含水比 ω_{opt} のいずれも同程度の値を示した。一方、非侵食試験の供試体を模した場合の図-4.2では、次のような結果を示した。なお、図-4.2中の $\rho_{dmax}(JIS)$ 、 $\rho_{dmax}(JIS) \times 0.90$ ($\rho_{dmax}(JIS)$ の90%の値) および $\omega_{opt}(JIS)$ は各々JISの方法で得られた値を示している。

- ① Aダムコア材については、突固め回数30回では、最大乾燥密度は、JIS法に比べ必ずしも十分満足できるものではなかった。一方、50回と70回の場合は、結果に大きな違いはなく、JIS法に対しても十分満足できるものであった。また、最適含水比についても18%前後で両者に大きな差異はなかった。
- ② Bダムコア材については、突固め回数30回と50回で最大乾燥密度、含水比いずれも大きな差異はない。また、70回にすると最大乾燥密度はJIS法に対してほぼ満足できるものであった。最適含水比はJIS法に比べやや小さい。
- ③ Cダムコア材については、最適含水比については、JIS法に比べ大きく出ているが、最大乾燥密度の明瞭なピークが見られない。また、突固め回数を70回にしてもJIS法と同等の乾燥密度は得られていない。
- ④ Dダムコア材については、突固め回数30回と50回で最大乾燥密度、含水比いずれも大きな差異はない。また、70回にすると最大乾燥密度は大きくなり、最適含水比はJIS法より大きい。

以上の結果も加味し、今回の非侵食試験に用いるコア材の突固め回数は、各試料いずれも3層仕上げの各層の突固め回数を50回とした。これは、何れの試料もJIS法で求めた最大乾燥密度 ρ_{dmax} の90~95%は十分に満足し得るとの判断からである。

また、コア材を5層で突固めるケースも予定していたが、1層厚さが仕上がりで5mm程度と非常に薄くなり、3層での結果から判断して上手く締め固められないとして5層の突固め試験は実施しなかった。

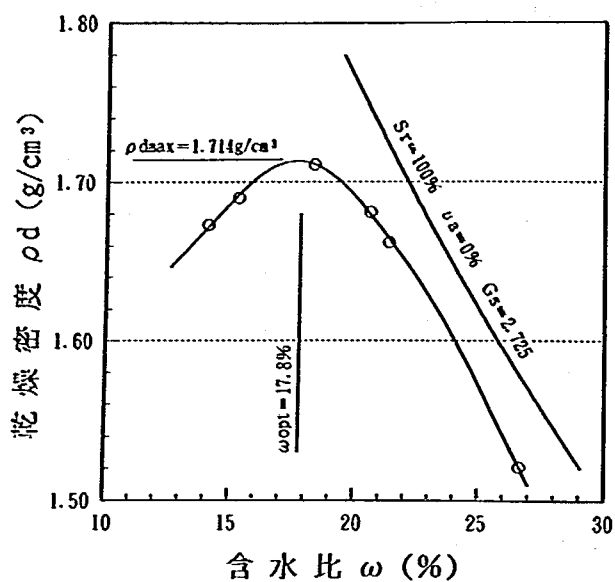
4.2 非侵食試験

4.2.1 均一なフィルタ

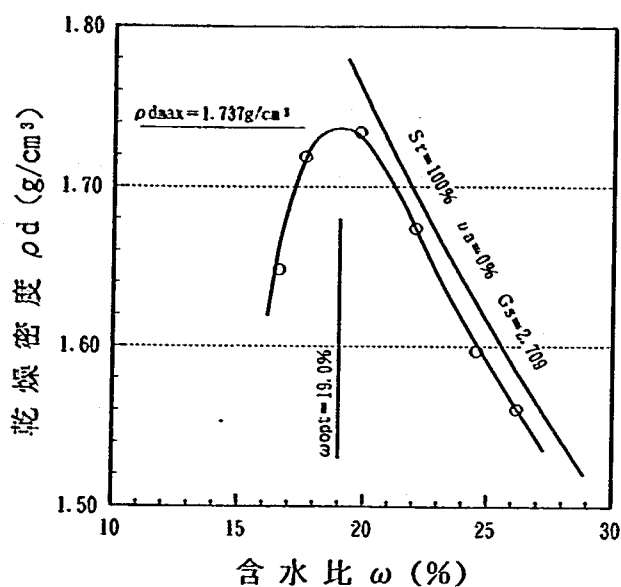
(1) 試験結果

均一な粒度分布のフィルタ材(均等係数 $U_c \leq 2.6$) F1~F19を対象とした非侵食試験の結果の一覧を表-4.1に示す。なお、表中のピンホールの侵食状況の記述のうち、(侵食径A×B)のAとBは図-4.3に示す位置での径の測定値である。

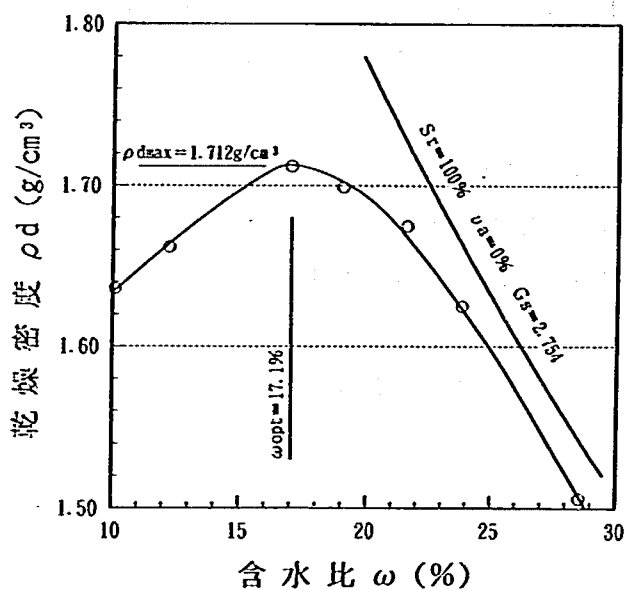
コア材については、4.1の突固め確認試験で得られた最適含水比 ω_{opt} 付近で締め固めた。各試料の目標最適含水比 ω_{opt} は、Aダムコア材で18%、Bダムコア材で19%、Cダムコア材で19%およびDダムコア材で22%である。各ダムコア材の締固め後の乾燥密度はJIS法で求められた最大乾燥密度 ρ_{dmax} に対して何れも



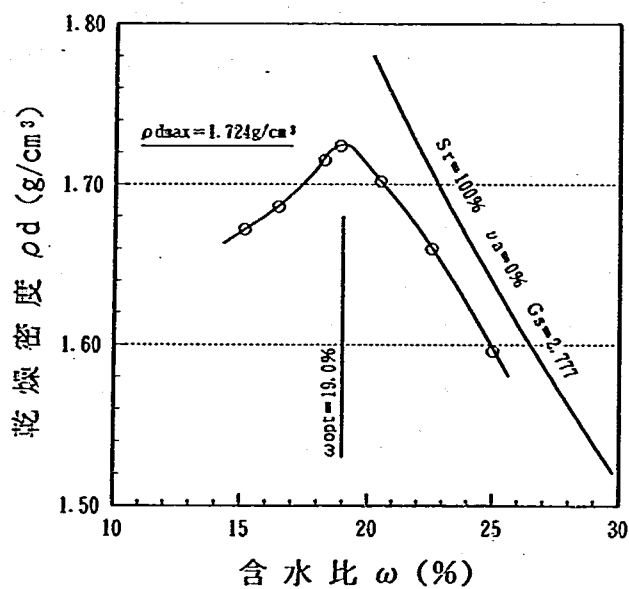
(a) Aダムコア材



(b) Bダムコア材

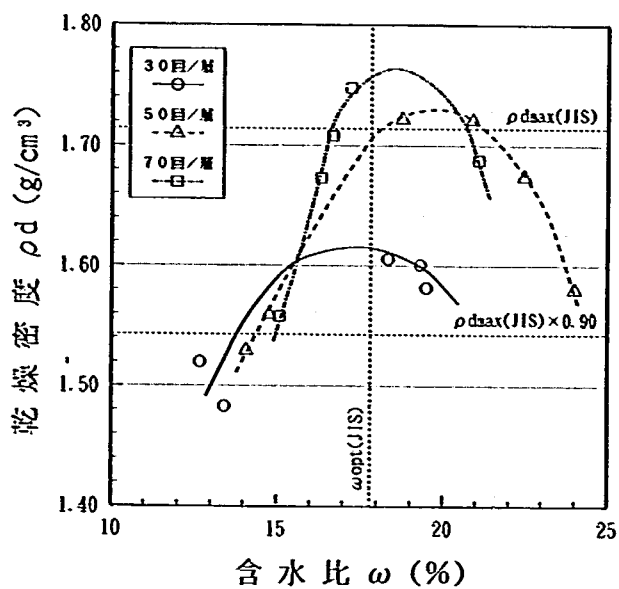


(c) Cダムコア材

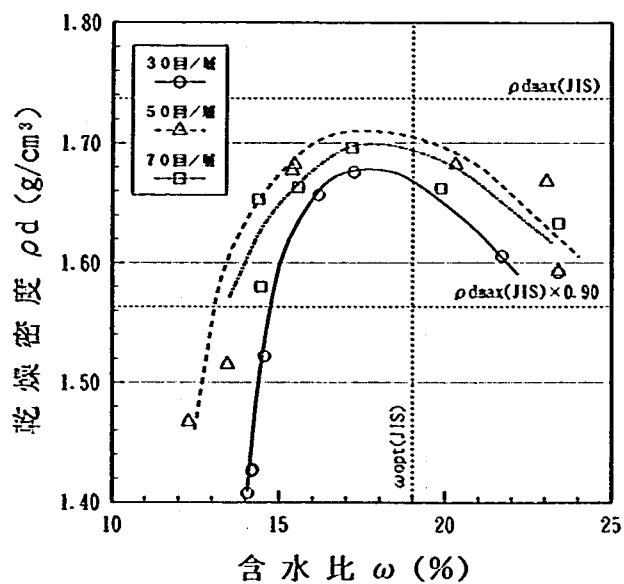


(d) Dダムコア材

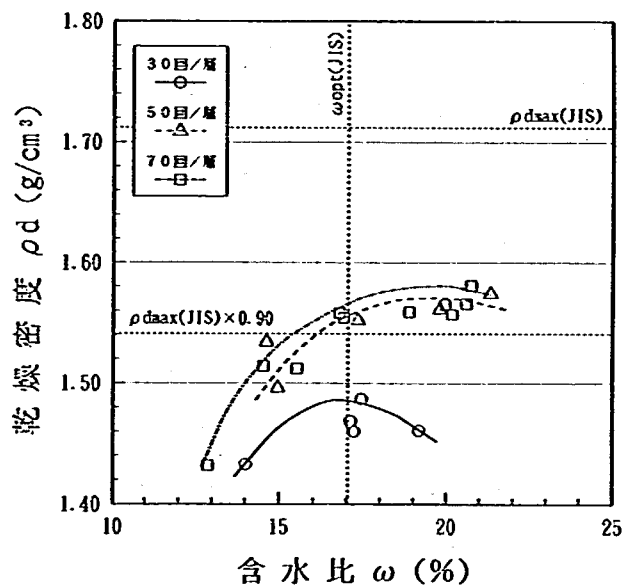
図-4.1 コア材の締固め試験結果 (JIS A 1210による)



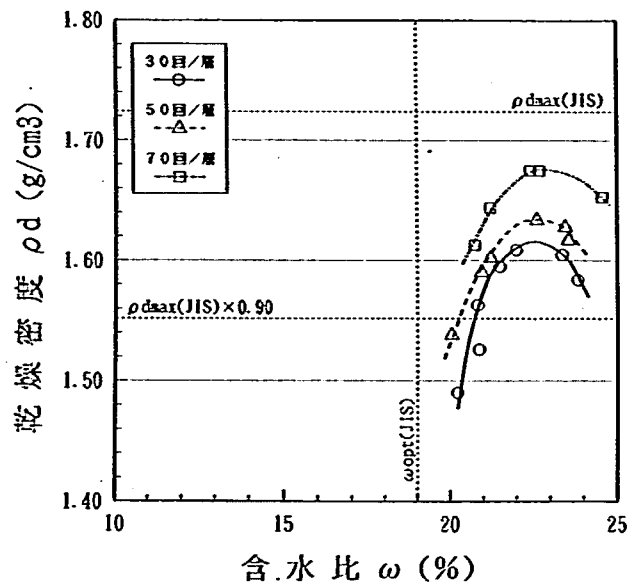
(a) Aダムコア材



(b) Bダムコア材



(c) Cダムコア材



(d) Dダムコア材

図-4.2 コア材の締固め試験結果（非侵食試験の供試体作製方法に基づく）

表-4.1 均一なフィルタに対する非侵食試験結果の一覧

(a) Aダムコア材

フ ィ ル タ 材			$D_{10}/d_{0.05}$	コ ア 材		流出開始 時 間 (秒後)	ピンホールの 侵 食 状 況 (侵食径A×B)	境界面の侵食状況	圧 力 (kgf/cm ²)	流 出 速 度 (cm ³ /s)	濁 度 (ppm)	判 定
種 類	D_{10} (mm)	均等係数 U_c		含水比 (%)	乾燥密度 (g/cm ³)							
F 1	0.096	1.82	0.27	18.23	1.717	60	侵食なし	侵食なし	4.0~3.9	3.7→2.8	190 → 20	○
F 2	0.15	2.31	0.43	18.03	1.720	42	侵食なし	侵食なし	4.0~3.9	6.4→4.8	63 → 0	○
F 3	0.28	1.56	0.80	18.03	1.720	48	侵食なし	侵食なし	4.0~3.8	14.1→5.7	400 → 0	○
F 4	0.47	1.42	1.34	18.23	1.717	60	侵食なし	侵食なし	4.0~3.9	4.6→2.9	200 → 0	○
F 5	0.59	2.30	1.69	18.03	1.720	50	侵食なし	侵食なし	4.0	6.7→2.8	500以上→0	○
F 6	0.71	2.20	2.03	18.03	1.727	42	侵食なし	侵食なし	4.0	6.9→4.7	500以上→20	○
F 7	0.84	1.99	2.40	18.15	1.718	26	侵食なし	侵食なし	4.0	8.7→5.9	500以上→10	○
F 9	0.96	1.53	2.74	18.23	1.717	21	わずかに侵食 ($\phi 2.0\text{mm} \times 1.2\text{mm}$)	わずかに侵食	4.0~3.9	8.3→4.7	500以上→40	×
F 11	1.04	2.06	2.97	18.15	1.718	10	一様に拡大 ($\phi 10\text{mm} \times 10\text{mm}$)	広く侵食	3.1~4.0	32.3~24.2	500以上→6	×
F 13	1.16	2.57	3.31	18.03	1.720	11	ほぼ一様に拡大 ($\phi 10\text{mm} \times 10\text{mm}$)	一方向に広く侵食	2.6~3.1	43.0~26.2	500以上→6	×
F 15	1.61	2.38	4.60	18.03	1.720	0	一様に拡大 ($\phi 20\text{mm} \times 12\text{mm}$)	広く侵食	1.0~1.1	50.1~58.7	500以上→0	×
F 17	2.28	1.54	6.51	18.23	1.717	7	逆円錐状に拡大 ($\phi 30\text{mm} \times 25\text{mm}$)	広く侵食	1.0~1.5	47.9~50.3	500以上→100	×
F 19	5.28	1.41	15.09	18.23	1.717	0	一様に拡大 ($\phi 30\text{mm} \times 35\text{mm}$)	広く侵食	0.3~0.4	57.6~63.6	500以上	×

Aダムコア材 85%通過粒径 $d_{0.05} = 0.35 \text{ mm}$

表-4.1 均一なフィルタに対する非侵食試験結果の一覧

(b) Bダムコア材

フ ィ ル タ 材			D_{15}/d_{50}	コ ア 材		流出開始 時 間 (秒後)	ピンホールの 侵 食 状 況 (侵食径A×B)	境界面の侵食状況	圧 力 (kgf/cm ²)	流出速度 (cm ³ /s)	濁 度 (ppm)	判 定
種 類	D_{15} (mm)	均等係数 U_c		含水比 (%)	乾燥密度 (g/cm ³)							
F 1	0.096	1.82	0.07	19.40	1.651	13	侵食なし	侵食なし	4.0→3.9	19.4~22.9	215 → 65	○
F 2	0.15	2.31	0.11	19.48	1.650	11	侵食なし	侵食なし	4.0	31.9→22.9	173 → 6	○
F 3	0.28	1.56	0.20	19.48	1.650	11	侵食なし	侵食なし	4.0	38.0→31.3	100 → 3	○
F 4	0.47	1.42	0.34	19.48	1.650	9	侵食なし	侵食なし	4.0	34.5→30.5	178 → 4	○
F 9	0.96	1.53	0.70	19.24	1.650	10	侵食なし	侵食なし	3.7→4.0	39.1~40.9	340 → 10	○
F 11	1.04	2.06	0.76	19.30	1.650	12	侵食なし	侵食なし	3.9→4.0	35.5→32.2	280 → 0	○
F 13	1.16	2.57	0.85	19.30	1.650	13	侵食なし	侵食なし	4.0	22.1~23.4	490 → 8	○
F 15	1.61	2.38	1.18	19.30	1.650	7	侵食なし	侵食なし	4.0~3.8	37.5~42.3	500以上→ 10	○
F 17	2.28	1.54	1.66	19.24	1.650	7	ほぼ一様に拡大 ($\phi 9.0\text{mm} \times 6.0\text{mm}$)	広く侵食	3.9~3.1	35.9~56.1	500以上→ 34	×
F 19	5.28	1.41	3.85	19.30	1.650	6	一様に拡大 ($\phi 9.0\text{mm} \times 9.0\text{mm}$)	広く侵食	3.0→0.8	62.5~88.5	410 → 8	×

Bダムコア材 85%通過粒径 $d_{85} = 1.37 \text{ mm}$

表-4.1 均一なフィルタに対する非侵食試験結果の一覧

(c) Cダムコア材

フ ィ ル タ 材			D_{10}/d_{85}	コ ア 材		流出開始 時 間 (秒後)	ピンホールの 侵 食 状 況 (侵食径A×B)	境界面の侵食状況	圧 力 (kgf/cm ²)	流出速度 (cm ³ /s)	濁 度 (ppm)	判 定
種 類	D_{10} (mm)	均等係数 U_c		含水比 (%)	乾燥密度 (g/cm ³)							
F 1	0.096	1.82	0.04	19.21	1.569	78	侵食なし	侵食なし	4.0→3.9	3.0→2.7	140 → 0	○
F 2	0.15	2.31	0.06	19.21	1.569	28	侵食なし	侵食なし	4.0	7.3→6.0	35 → 0	○
F 3	0.28	1.56	0.11	19.21	1.569	30	侵食なし	侵食なし	4.0→3.9	8.8→7.6	74 → 0	○
F 4	0.47	1.42	0.19	19.21	1.569	30	侵食なし	侵食なし	4.0	8.9→7.7	175 → 2	○
F 5	0.59	2.30	0.24	19.21	1.569	16	わずかに侵食	わずかに侵食	3.8~4.0	19.2~23.3	470 → 34	○
F 6	0.71	2.20	0.29	19.20	1.569	16	侵食なし	侵食なし	4.0	14.1→10.7	450 → 9	○
F 7	0.84	1.99	0.34	19.20	1.569	16	侵食なし	侵食なし	4.0	15.4→11.1	500以上→20	○
F 9	0.96	1.53	0.39	19.21	1.569	17	ほぼ一様に拡大 (φ10mm×10mm)	広く侵食	3.0→3.5	35.2→24.8	500以上→10	×
F 17	2.28	1.54	0.92	19.21	1.569	6	ほぼ一様に拡大 (φ12mm×12mm)	広く侵食	1.0	54.5~57.3	500以上→9	×
F 19	5.28	1.41	2.13	19.21	1.569	6	一様に拡大 φ15mm程度	広く侵食	0.5~0.4	50.2~62.1	500以上→4	×

Cダムコア材 85%通過粒径 $d_{85} = 2.48 \text{ mm}$

表-4.1 均一なフィルタに対する非侵食試験結果の一覧

(d) Dダムコア材

フ ィ ル タ 材			D_{10}/d_{95}	コ ア 材		流出開始 時 間 (秒後)	ピンホールの 侵 食 状 況 (侵食径A×B)	境界面の侵食状況	圧 力 (kgf/cm ²)	流 出 速 度 (cm ³ /s)	濁 度 (ppm)	判 定
種 類	D_{10} (mm)	均等係数 U_c		含水比 (%)	乾燥密度 (g/cm ³)							
F 4	0.47	1.42	0.24	22.10	1.628	41	侵食なし	わずかに侵食	4.0	5.6→3.5	35 → 10	○
F 5	0.59	2.30	0.31	22.01	1.630	21	侵食なし	わずかに侵食	4.0	7.4→6.0	250 → 4	○
F 6	0.71	2.20	0.37	22.01	1.630	8	侵食なし	侵食なし	4.0	4.1→3.1	120 → 8	○
F 7	0.84	1.99	0.44	22.01	1.630	30	侵食なし	侵食なし	4.0	3.6→2.8	119 → 4	○
F 8	0.88	1.62	0.46	21.88	1.632	28	侵食なし	侵食なし	4.0	4.5→3.9	144 → 0	○
F 9	0.96	1.53	0.50	22.10	1.628	11	一様に拡大 ($\phi 7.0\text{mm} \times 5.0\text{mm}$)	広く大きく侵食	3.3~4.0	22.6~39.4	290 → 10	×
F 10	0.99	1.71	0.52	22.02	1.630	4	ほぼ一様に拡大 ($\phi 2.0\text{mm} \times 2.0\text{mm}$)	わずかに侵食	3.5→4.0	99.0~69.3	500以上→ 2	×
F 11	1.04	2.06	0.54	22.01	1.630	10	供試体が軟弱 新たなピンホール	侵食なし	4.0~3.9	16.6~19.3	500以上→ 6	×
F 12	1.09	2.38	0.57	22.02	1.630	4	一様に拡大 ($\phi 2.0\text{mm} \times 2.0\text{mm}$)	わずかに侵食	2.0→4.0	112.0~66.6	500以上→ 0	×
F 13	1.16	2.57	0.60	22.01	1.630	8	一様に拡大 ($\phi 6.0\text{mm} \times 7.0\text{mm}$)	広く侵食	2.5→3.9	36.5~56.4	470 → 5	×
F 15	1.61	2.38	0.84	22.01	1.630	5	全体に拡大 ($\phi 10\text{mm} \times 10\text{mm}$)	広く大きく侵食	2.0	76.5~80.2	500以上→ 18	×
F 17	2.28	1.54	1.19	22.10	1.628	5	一様に拡大 ($\phi 5.0\text{mm} \times 4.0\text{mm}$)	広く大きく侵食	1.4→1.6	65.3→80.6	490 → 68	×
F 19	5.28	1.41	2.75	22.01	1.630	10	全体に拡大 ($\phi 14\text{mm} \times 10\text{mm}$)	広く大きく侵食	0.6→1.0	96.1~82.5	480 → 2	×

Dダムコア材 85%通過粒径 $d_{95} = 1.92 \text{ mm}$

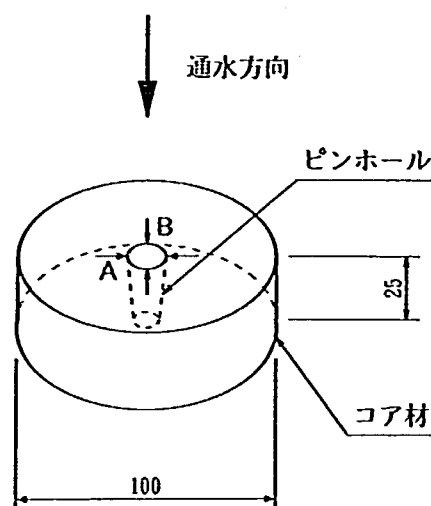


図-4.3 コア材の侵食径の測定位置

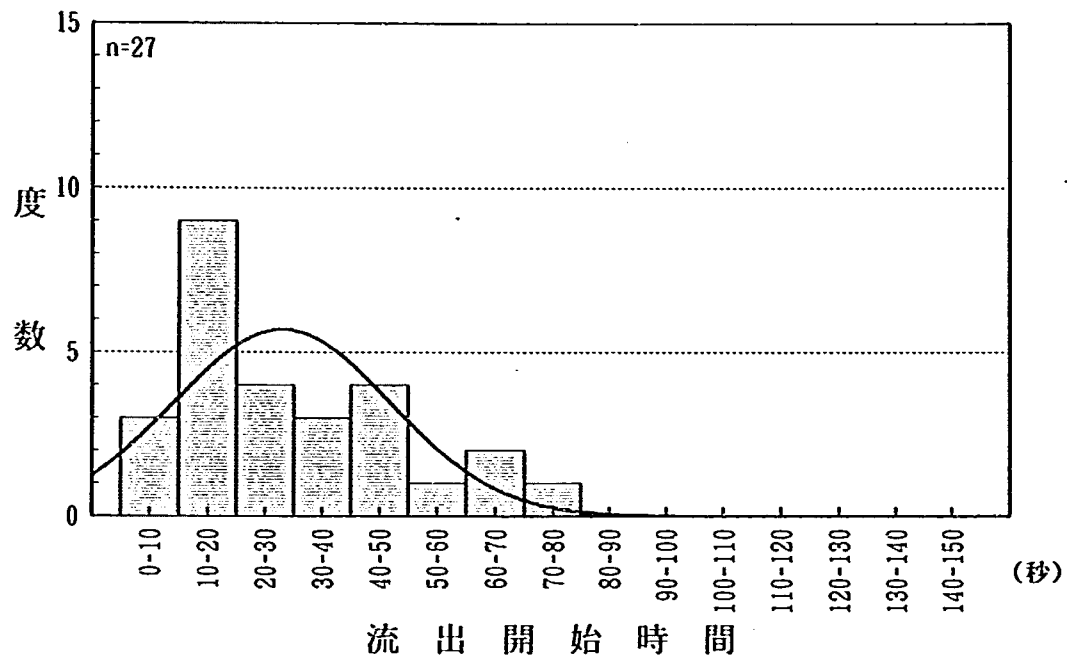
90%以上であった。なお、コア材の乾燥密度 ρ_d が各ダムコア材ごとに良く近似した値を示しているのは、供試体の乾燥密度をほぼ同様の値とするように目標突固め最終高さ25mmを管理値として突き固めたからである。

非侵食試験の結果は、ピンホールおよびコア材とフィルタ材の接触面に侵食が見られず、通水圧力が4 kgf/cm²で安定しており、かつ流出量・濁度が経時的に減少していく場合を有効なフィルタと判定した。Aダムコア材では、フィルタ材F 7より細粒のフィルタ材は有効に働いたが、フィルタ材F 9より粗粒のものは有効でなかった。一方、Bダムコア材では、フィルタ材F 15より細粒のものは有効だが、フィルタ材F 17より粗粒のものは非有効であった。Cダムコア材では、Aダムコア材と同様にフィルタ材F 7より細粒で有効でありフィルタ材F 9より粗粒で非有効であった。Dダムコア材もほぼ同様にフィルタ材F 8より細粒で有効でありフィルタ材F 9より粗粒で非有効であった。各試料ともフィルタ材が粗粒になり非有効になるにつれてピンホールおよび境界面の侵食部が拡大していく傾向があった。

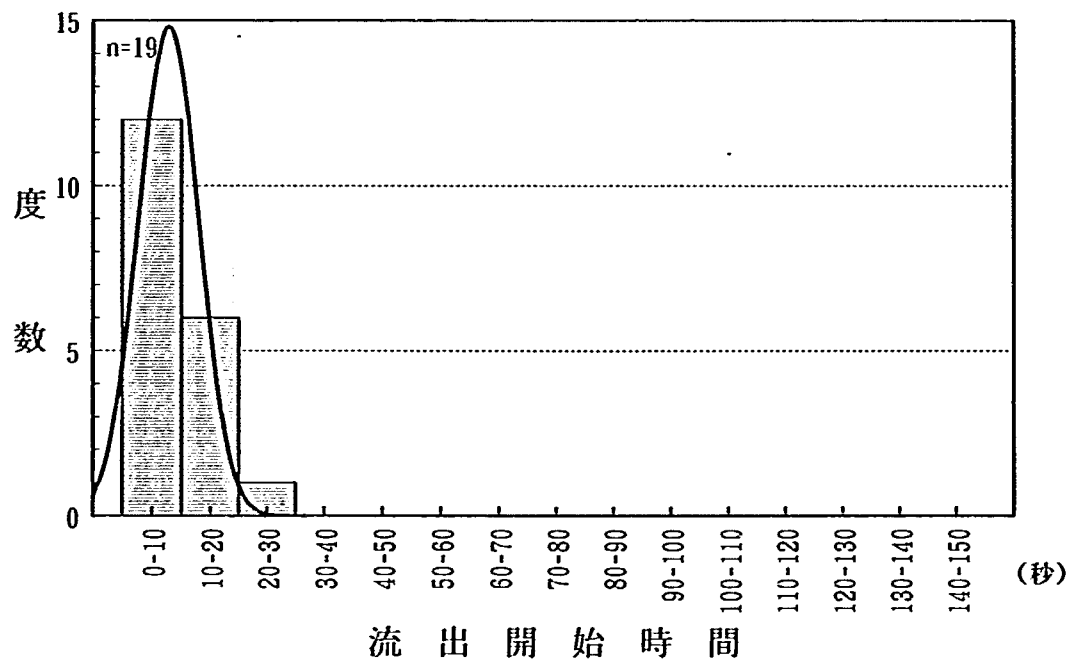
(2) 流出開始時間

有効・非有効の各々のフィルタ材における流出開始時間は、Aダムコア材では有効が26～60秒後で非有効が0～10秒後、Bダムコア材では有効が7～13秒後で非有効が6～7秒後、Cダムコア材では有効が16～78秒後で非有効が6～17秒後およびDダムコア材では有効が8～41秒後で非有効が4～10秒後となり明らかに有効なフィルタ材では流出開始時間が遅くなっている。

次に、流出開始時間の頻度分布を図-4.4のヒストグラムに示す。なお、図-4.4にはA～Dダムコア材を用いた均一フィルタによる試験の流出開始時間をまとめて有効・非有効なフィルタ材ごとに示し、正規曲線も併記している。この図からも、有効なフィルタ材の流出開始時間は、バラツキがあるものの明らかに非有効なフィルタ材に比べ遅くなっている。これらの有効なフィルタ材の場合には、流出の初期の段階から圧力水によって侵食されたコア材がフィルタ材の上面に流れ込んで急激に目詰まりが進行し、いったん平衡状態になってから流出が始まるものと考えられる。一方、非有効なフィルタ材の場合には、フィル



(a) 有効なフィルタ材



(b) 非有効なフィルタ材

図-4.4 流出開始時間の頻度分布 (均一なフィルタ)

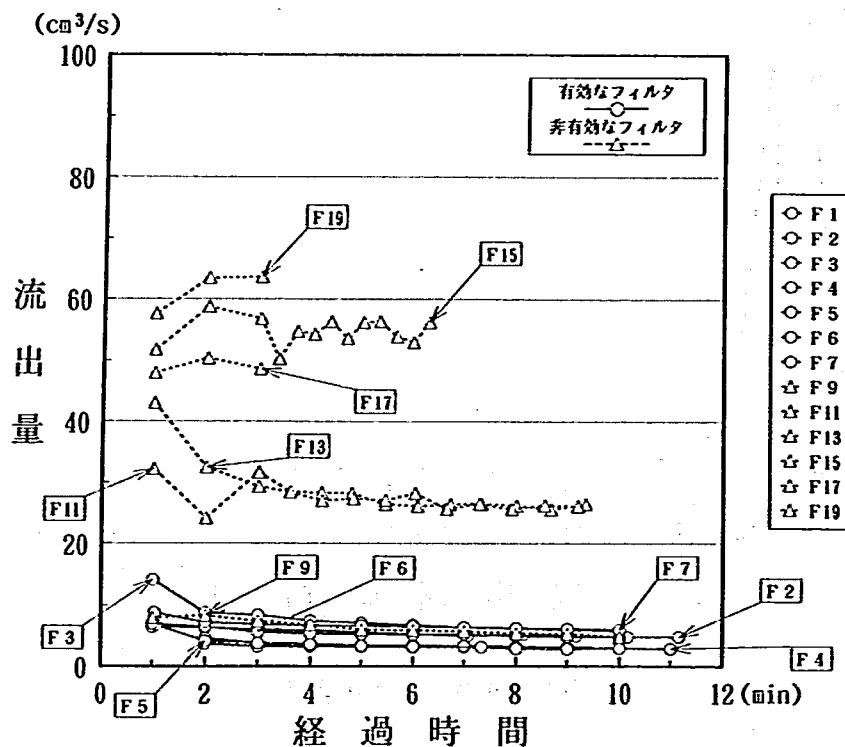
タがより粗粒であるため緩慢に目詰まりが進行し即座に流出が開始されるものといえる。

(3) 流出量の経時変化

図-4.5に流出量の経時変化を示す。ここにおける流出量 Q_i (cm^3/s) は $(i-1) \sim (i)$ 回測定間隔での流出量を示し、図中の経過時間は (i) 回における測定時間とした。この図から以下のことがわかる。

- ① 図-4.5(a)に示すAダムコア材の場合、有効なフィルタ材における流出量はほぼ $10\text{cm}^3/\text{s}$ 未満で時間とともに漸減するが、非有効なフィルタ材では有効・非有効の境界に近いフィルタ材F9を除き $20\text{cm}^3/\text{s}$ 以上の流出量となり、より粗粒のフィルタ材F15, F17, F19では流出量が漸増傾向を示した。非有効であるフィルタ材F9では有効なフィルタ材に近い流出量の経時変化を示しているが、これはF9がフィルタの有効・非有効のまさに境界であることを示唆しているとも考えられる。
- ② 図-4.5(b)に示すBダムコア材の場合、有効なフィルタ材における流出量は $20 \sim 40\text{cm}^3/\text{s}$ で漸減するが、非有効なフィルタ材では $50\text{cm}^3/\text{s}$ 以上の流出量となり漸増傾向を示した。
- ③ 図-4.5(c)に示すCダムコア材の場合、フィルタ材F5を除く有効なフィルタ材での流出量は $20\text{cm}^3/\text{s}$ 未満で漸減し、非有効なフィルタ材では $20\text{cm}^3/\text{s}$ 以上の流出量となった。
- ④ 図-4.5(d)に示すDダムコア材の場合はAダムコア材と同様に有効なフィルタ材における流出量は $10\text{cm}^3/\text{s}$ 未満で漸減し、非有効なフィルタ材ではほぼ $20\text{cm}^3/\text{s}$ 以上であり流出量の変動幅が大きかった。

以上のように各試料とも有効・非有効のフィルタ材の間には流出量の経時変化に明確な差がみられ、基本的にはフィルタ材がより粗粒になるほど流出量が増えてくる。また、A, C, Dダムコア材に対して粗



(a) Aダムコア材

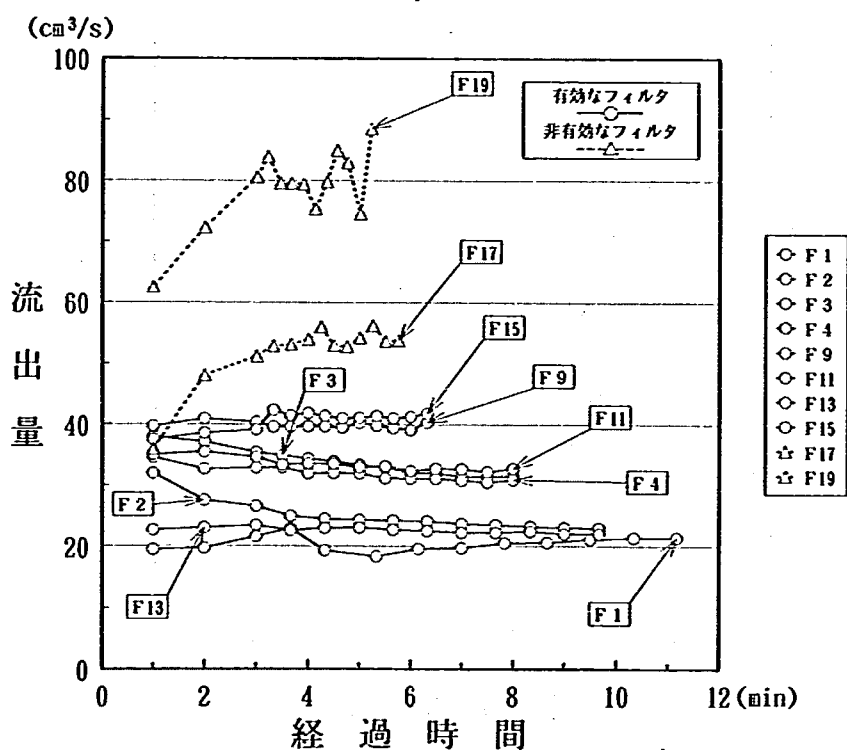
図-4.5 流出量の経時変化 (均一なフィルタ)

粒な（細粒分含有率が最も小さい）Bダムコア材では有効・非有効のフィルタ材の境界の流出量が40～50 cm^3/s となり、有効なフィルタ材でも20 cm^3/s 以上の流出量を示した。これは、Bダムコア材のより粗粒な粒子による目詰まり現象により、フィルタ上面に形成された膜の間隙がA、C、Dダムコア材に比べ大きく、流出量が増大したものとする。

(4) 濁度の経時変化

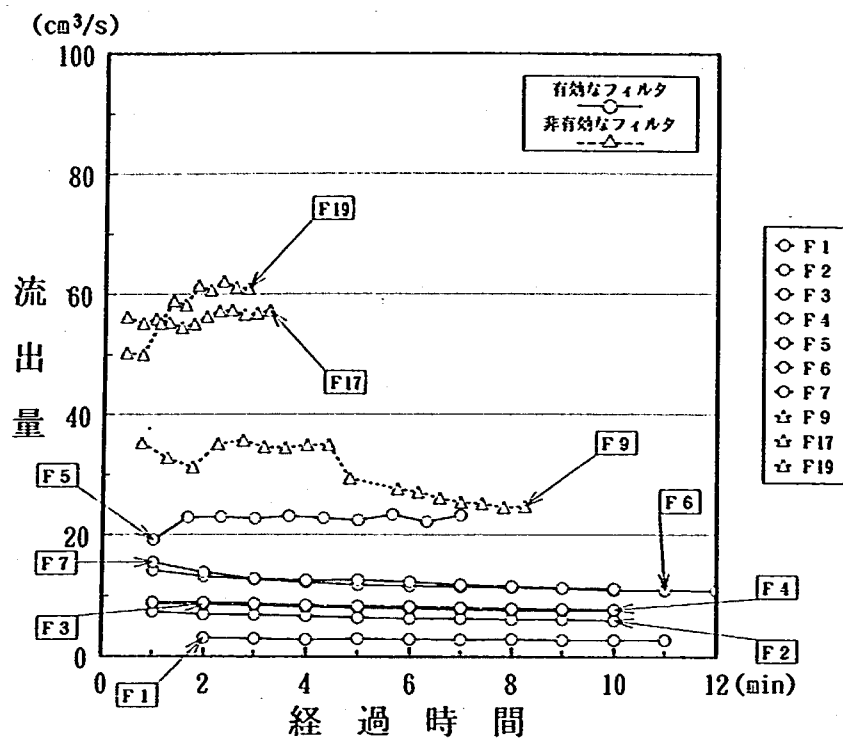
図-4.6に濁度の経時変化を示す。ここにおける濁度 D_i (ppm) は $(i-1) \sim (i)$ 回測定間隔での濁度を示し、図中の経過時間は (i) 回における測定時間とした。ただし、濁度が今回使用した濁度計の最大測定範囲500ppm を越えるものについては全て500ppm として表示した。今後は流出水に加水して500 ppm 以上の濁度を測定することも必要と考える。各ダムコア材において有効・非有効のフィルタ材とも通水開始後3～5分経過時点で濁度は50ppm未滿に収束したが、通水開始時点での濁度は非有効なフィルタ材ほど高い傾向にあった。これは、有効・非有効に関わらずフィルタ材の上面に目詰まりによってコア材の土粒子が保持されて流出水の濁度が急激に減少するのは同様であるが、非有効な場合ではそのフィルタ材の間隙が大きいため保持される土粒子が相対的に少なく目詰まり効果が低いことを示している。

また、図-4.6(a), (b), (d)に示すA, B, Dダムコア材では一様に濁度が減少していくが、図-4.6(c)に示すCダムコア材の非有効なフィルタ材F9, F17では濁度の変動幅が大きかった。これらのフィルタ材では、一端コア材によるフィルタ上面の目詰まりが生じた後、フィルタ材が粗粒であるため高圧水によって保持されていた細かい土粒子が再度排出されるというサイクルを繰り返しているものとする。

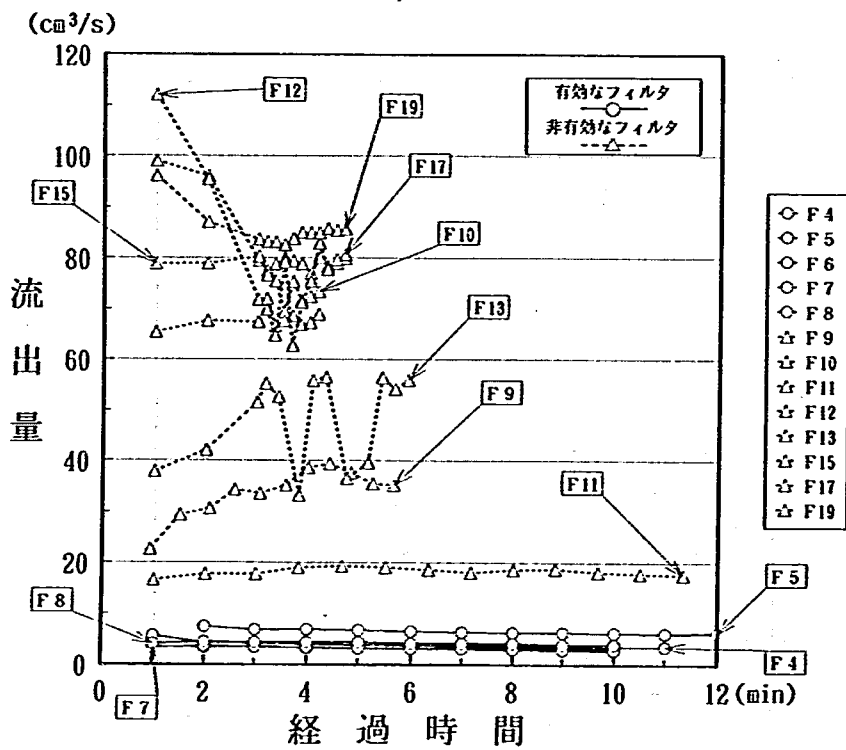


(b) Bダムコア材

図-4.5 流出量の経時変化（均一なフィルタ）

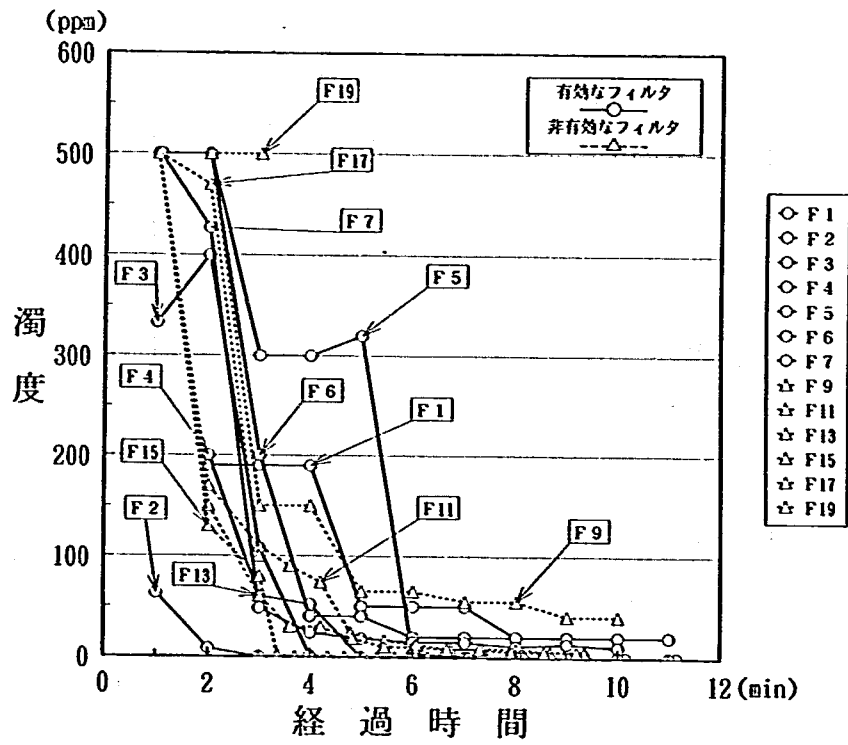


(c) Cダムコア材

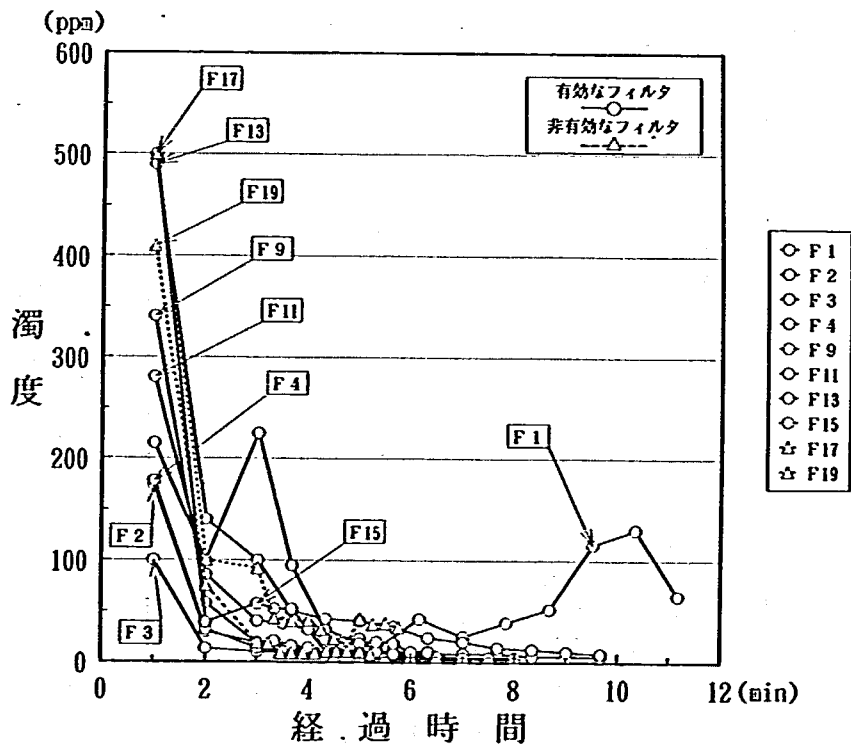


(d) Dダムコア材

図-4.5 流出量の経時変化 (均一なフィルタ)

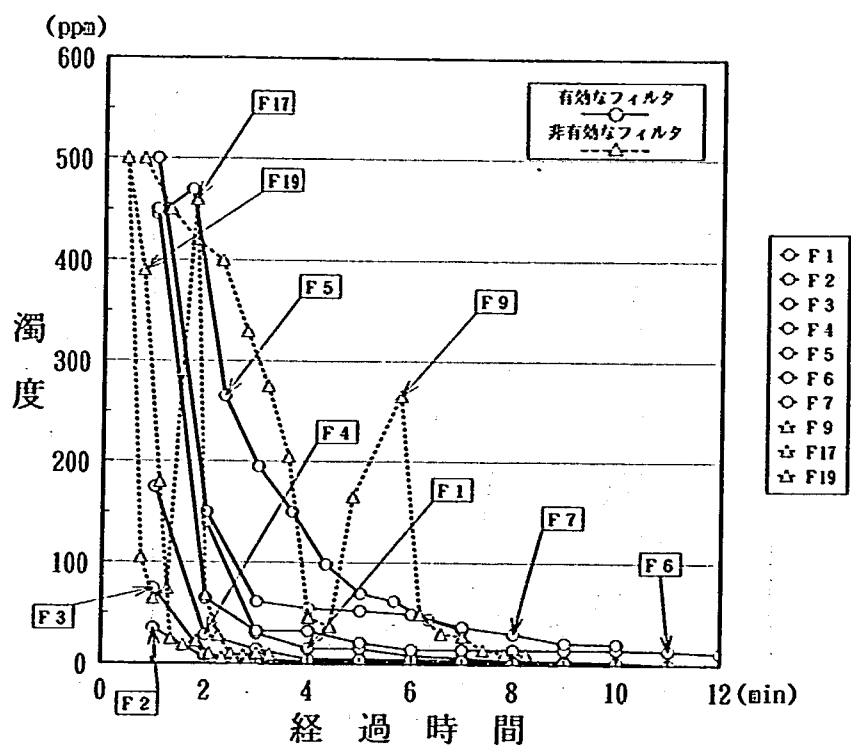


(a) Aダムコア材

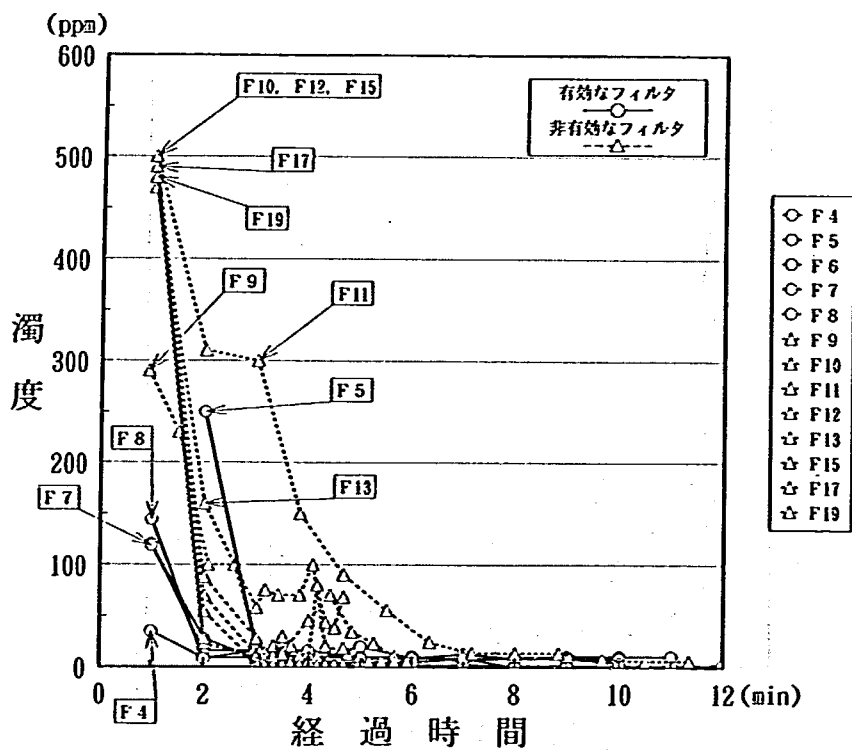


(b) Bダムコア材

図-4.6 濁度の経時変化 (均一なフィルタ)



(c) Cダムコア材



(d) Dダムコア材

図-4.6 濁度の経時変化 (均一なフィルタ)

(5) 圧力の経時変化

図-4.7に圧力の経時変化を示す。ここにおける圧力 P_i (kgf/cm²) は (i) 回測定時間での圧力を示している。圧力については各ダムコア材の有効・非有効なフィルタ材とも 4 kgf/cm² で一定となる様に制御しているが、非有効な場合ではピンホールの侵食径が大となり通水ポンプの最大吐出能力を越え圧力 4 kgf/cm² を維持できなかったことが多かった。

(6) フィルタ材の粒度分布

各ダムコア材の非侵食試験において用いた均一なフィルタ材の粒度分布曲線と試験結果を図-4.8に、試験結果のまとめを表-4.2に示す。図-4.8(a)に示すAダムコア材では、有効・非有効の境界の D_{15} は0.84~0.96mmとなった。一方、図-4.8(b)に示すBダムコア材では、有効・非有効の境界の D_{15} は1.61~2.28mmとなった。図-4.8(c)に示すCダムコア材では、Aダムコア材と同様に有効・非有効の境界の D_{15} は0.84~0.96mmとなった。図-4.8(d)に示すDダムコア材でも、有効・非有効の境界の D_{15} は0.88~0.96mmとなった。この結果から、各ダムコア材とも有効と非有効のフィルタ材の15%通過粒径 D_{15} には明瞭な境界がみられことがわかる。

以上の様に、A、C、Dダムコア材においては有効・非有効の境界のフィルタ材の D_{15} は0.84~0.96mm間となるが、これらのコア材に対してより粗粒なBダムコア材では有効・非有効の境界の D_{15} はより粗粒の1.61~2.28mm間となり、今回の試料は明らかに異なる二つのグループに分けられることがわかる。

(7) 加積侵食指数 ΣE_i

ここで、排出水の流出量と濁度の経時変化に着目し、フィルタのコア材に対する有効性の指標として、

(4.1) 式の侵食指数 E_i を提案する^{36), 37)}。

$$E_i = Q_i \times D_i \quad \dots\dots\dots (4.1)$$

ここに、 Q_i : (i-1) ~ (i) 回測定間隔での流出量 (cm³/s)

D_i : (i-1) ~ (i) 回測定間隔での濁度 (ppm)

ただし、今回の試験での濁度の最大値は濁度計の測定範囲から500ppmまでである。侵食指数 E_i は、非侵食試験によりフィルタを通して排出されたコア材の流出土量に比例するものと考えられ、 E_i が小である程有効なフィルタと判断される。均一なフィルタ材における各ダムコア材の侵食指数の加積値 ΣE_i の経時変化を図-4.9に示す。この図は通水の排出に伴うフィルタの目詰まり状況を示しており、図化にあたっては2次元での表記に加えてフィルタ材の粒度分布の順に加積侵食指数 ΣE_i の経時変化を並べ鳥瞰図とした表記も併記した。この図から以下のことがわかる。

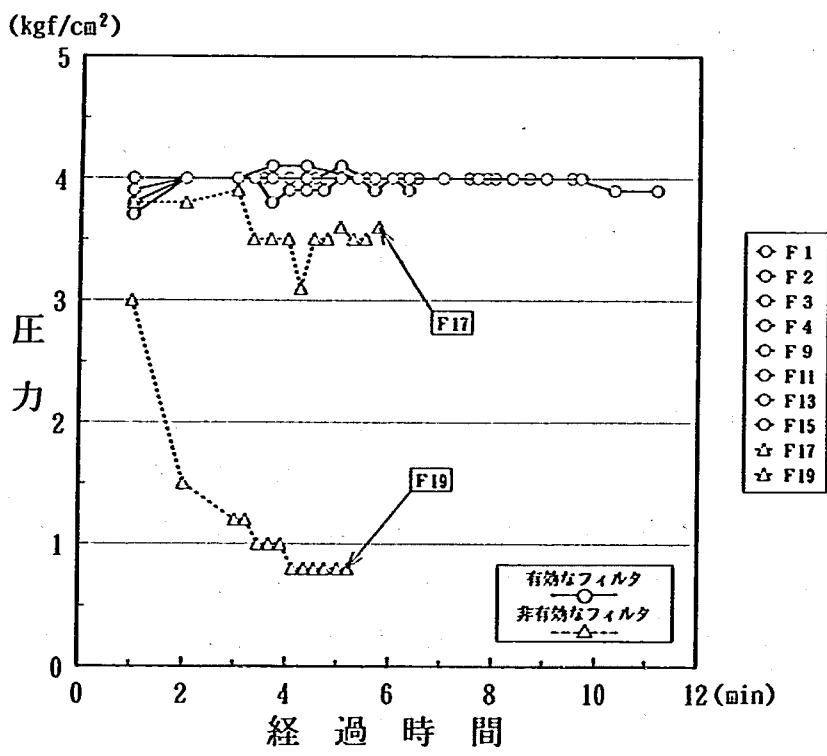
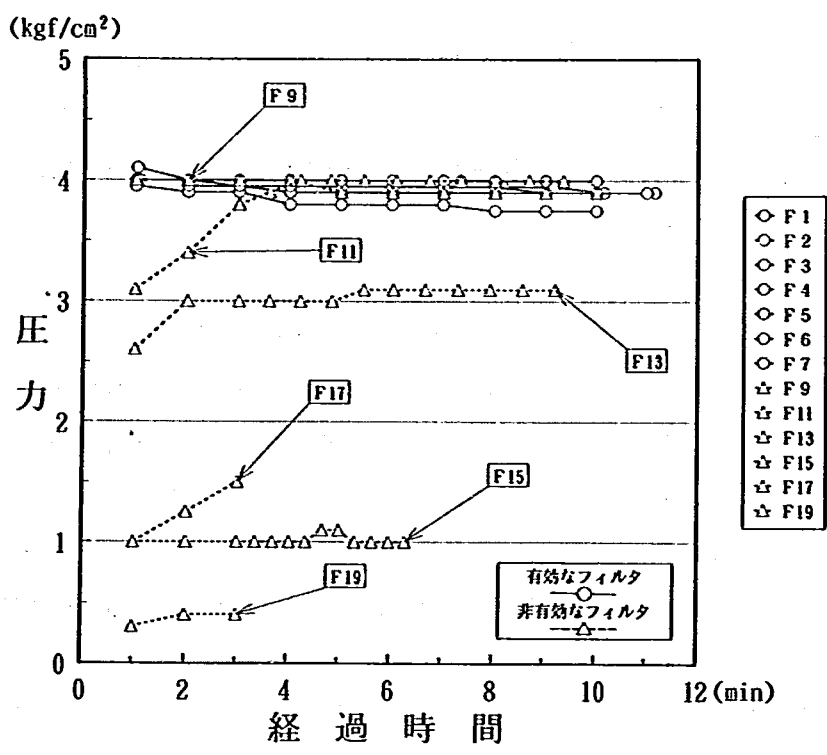


図-4.7 圧力の経時変化 (均一なフィルタ)

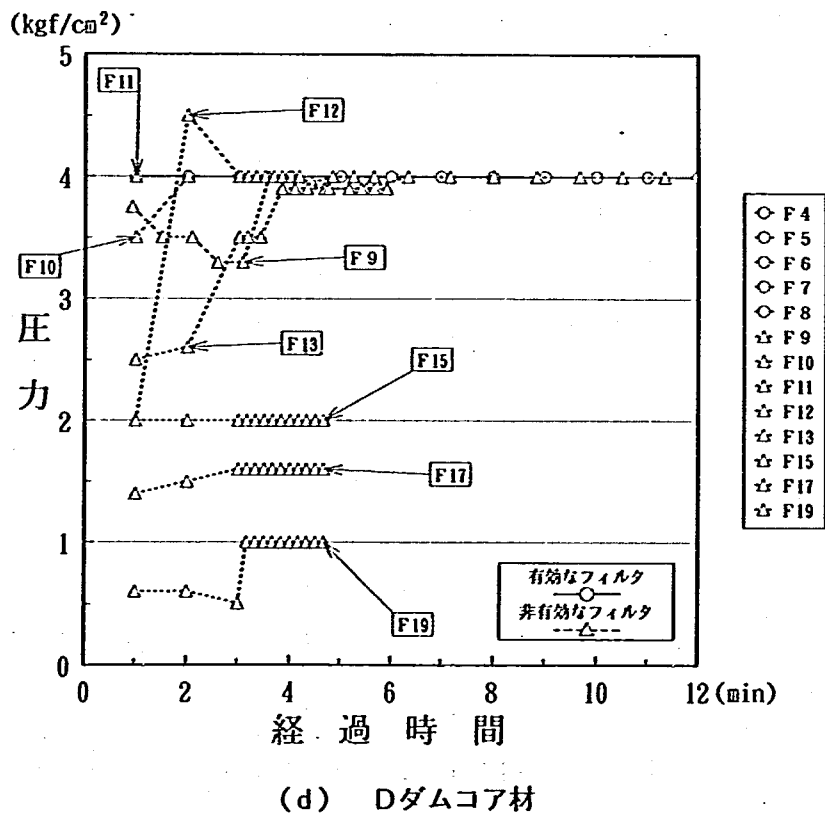
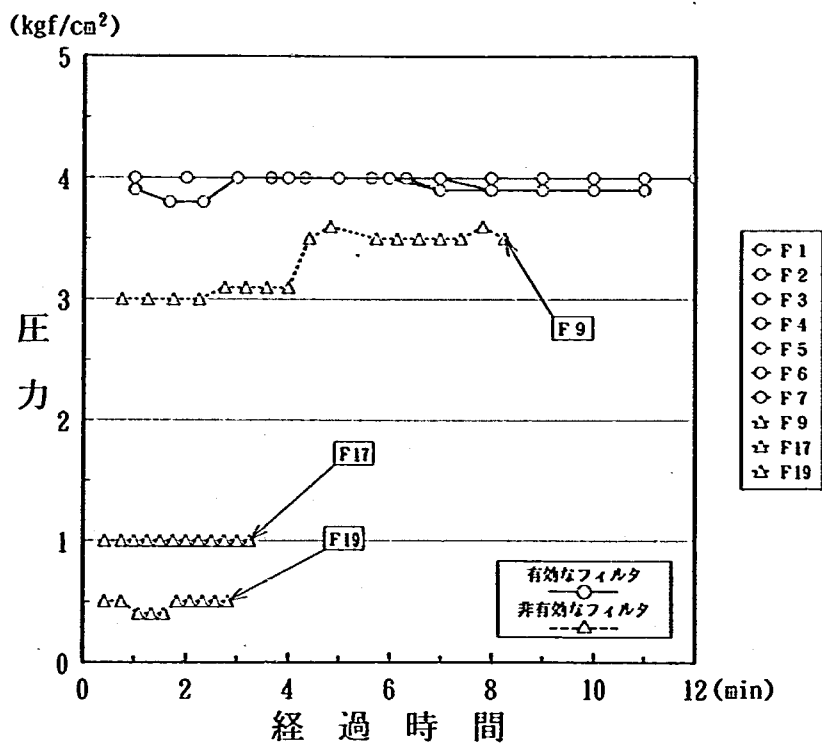
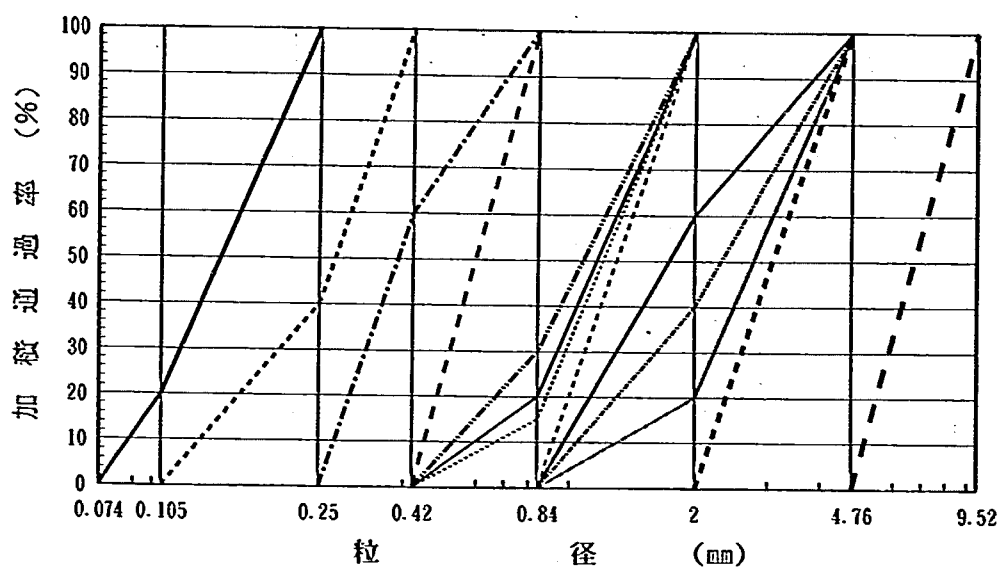


図-4.7 圧力の経時変化 (均一なフィルタ)

表-4.2 均一なフィルタに対する非侵食試験結果

フ イ ル タ 材					コ ア 材 種 類							
					A ダ ム $d_{95}=0.35\text{mm}$		B ダ ム $d_{95}=1.37\text{mm}$		C ダ ム $d_{95}=2.48\text{mm}$		D ダ ム $d_{95}=1.92\text{mm}$	
種 類	D_{15} (mm)	D_{min} (mm)	D_{max} (mm)	均等係数 U_c	判 定	D_{15}/d_{95}	判 定	D_{15}/d_{95}	判 定	D_{15}/d_{95}	判 定	D_{15}/d_{95}
F 1	0.096	0.074	0.25	1.82	○	0.27	○	0.07	○	0.04	-	-
F 2	0.15	0.105	0.42	2.31	○	0.43	○	0.11	○	0.06	-	-
F 3	0.28	0.25	0.84	1.56	○	0.80	○	0.20	○	0.11	-	-
F 4	0.47	0.42	0.84	1.42	○	1.34	○	0.34	○	0.19	○	0.24
F 5	0.59	0.42	2.00	2.30	○	1.69	-	-	○	0.24	○	0.31
F 6	0.71	0.42	2.00	2.20	○	2.03	-	-	○	0.29	○	0.37
F 7	0.84	0.42	2.00	1.99	○	2.40	-	-	○	0.34	○	0.44
F 8	0.88	0.42	2.00	1.62	-	-	-	-	-	-	○	0.46
F 9	0.96	0.84	2.00	1.53	×	2.74	○	0.70	×	0.39	×	0.50
F 10	0.99	0.84	4.76	1.71	-	-	-	-	-	-	×	0.52
F 11	1.04	0.84	4.76	2.06	×	2.97	○	0.76	-	-	×	0.54
F 12	1.09	0.84	4.76	2.38	-	-	-	-	-	-	×	0.57
F 13	1.16	0.84	4.76	2.57	×	3.31	○	0.85	-	-	×	0.60
F 14	1.30	0.84	4.76	2.59	-	-	-	-	-	-	-	-
F 15	1.61	0.84	4.76	2.38	×	4.60	○	1.18	-	-	×	0.84
F 16	2.00	0.84	4.76	2.11	-	-	-	-	-	-	-	-
F 17	2.28	2.00	4.76	1.54	×	6.51	×	1.66	×	0.92	×	1.19
F 18	2.48	2.00	9.52	2.06	-	-	-	-	-	-	-	-
F 19	5.28	4.76	9.52	1.41	×	15.09	×	3.85	×	2.13	×	2.75

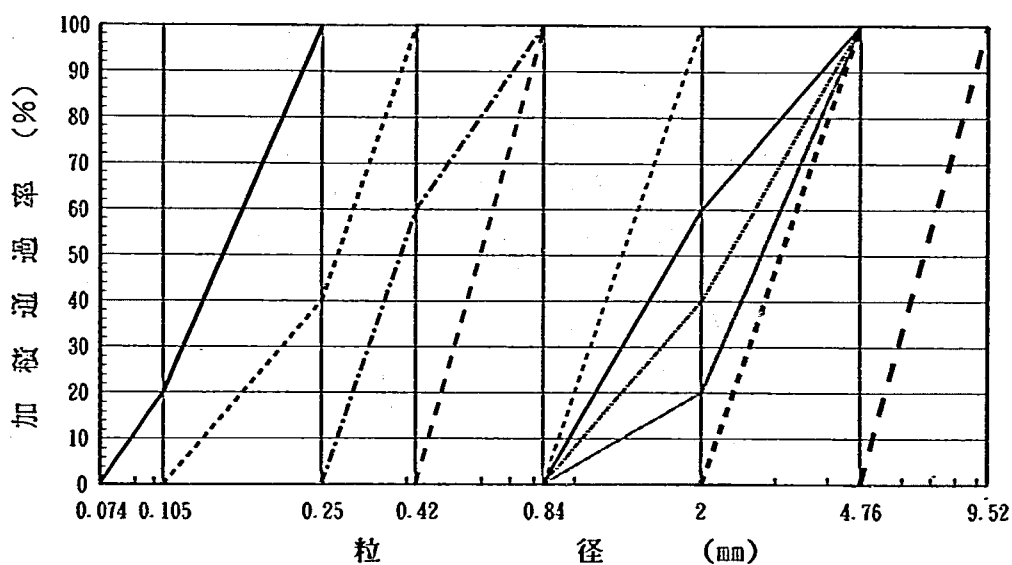
○：有効である ×：有効でない



フィルタ材	D15	Uc	判定
F 1	0.095	1.82	○
F 2	0.15	2.31	○
F 3	0.28	1.56	○
F 4	0.47	1.42	○
F 5	0.59	2.30	○
F 6	0.71	2.20	○
F 7	0.84	1.99	○
F 9	0.96	1.53	×
F11	1.04	2.06	×
F13	1.16	2.57	×
F15	1.61	2.33	×
F17	2.28	1.54	×
F19	5.28	1.41	×

フィルタ材F1 フィルタ材F2 フィルタ材F3 フィルタ材F4 フィルタ材F5 フィルタ材F6 フィルタ材F7
 フィルタ材F9 フィルタ材F11 フィルタ材F13 フィルタ材F15 フィルタ材F17 フィルタ材F19

(a) Aダムコア材

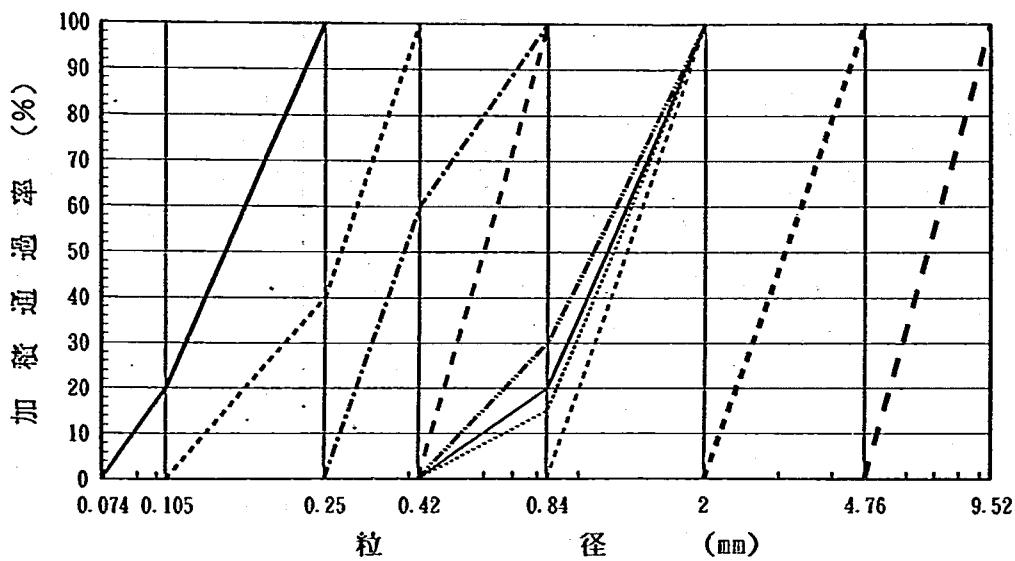


フィルタ材	D15	Uc	判定
F 1	0.096	1.82	○
F 2	0.15	2.31	○
F 3	0.28	1.56	○
F 4	0.47	1.42	○
F 9	0.96	1.53	○
F11	1.04	2.06	○
F13	1.16	2.57	○
F15	1.61	2.33	○
F17	2.28	1.54	×
F19	5.28	1.41	×

フィルタ材F1 フィルタ材F2 フィルタ材F3 フィルタ材F4 フィルタ材F9
 フィルタ材F11 フィルタ材F13 フィルタ材F15 フィルタ材F17 フィルタ材F19

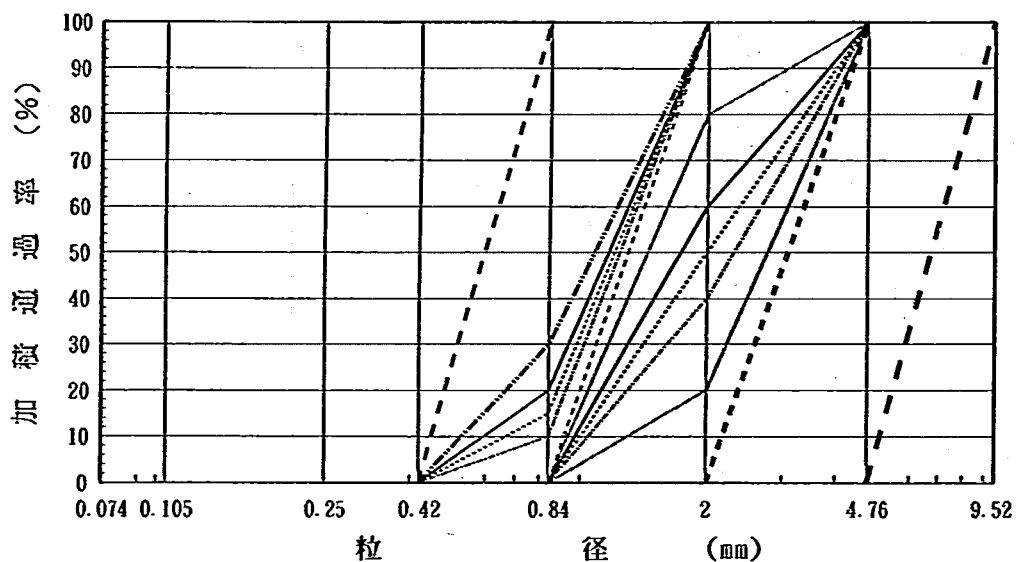
(b) Bダムコア材

図-4.8 フィルタ材の粒度分布曲線と試験結果 (均一なフィルタ)



フィルタ材	D15	Uc	判定
F1	0.096	1.82	O
F2	0.15	2.31	O
F3	0.28	1.56	O
F4	0.47	1.42	O
F5	0.59	2.30	O
F6	0.71	2.20	O
F7	0.84	1.99	O
F9	0.96	1.53	×
F17	2.28	1.54	×
F19	5.28	1.41	×

(c) Cダムコア材

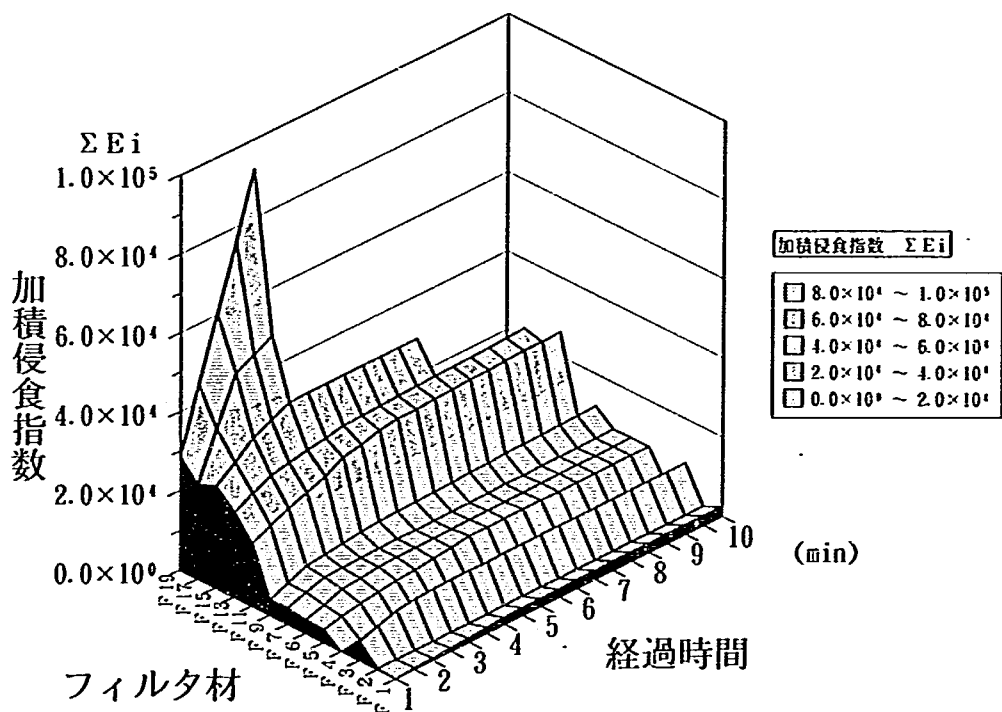
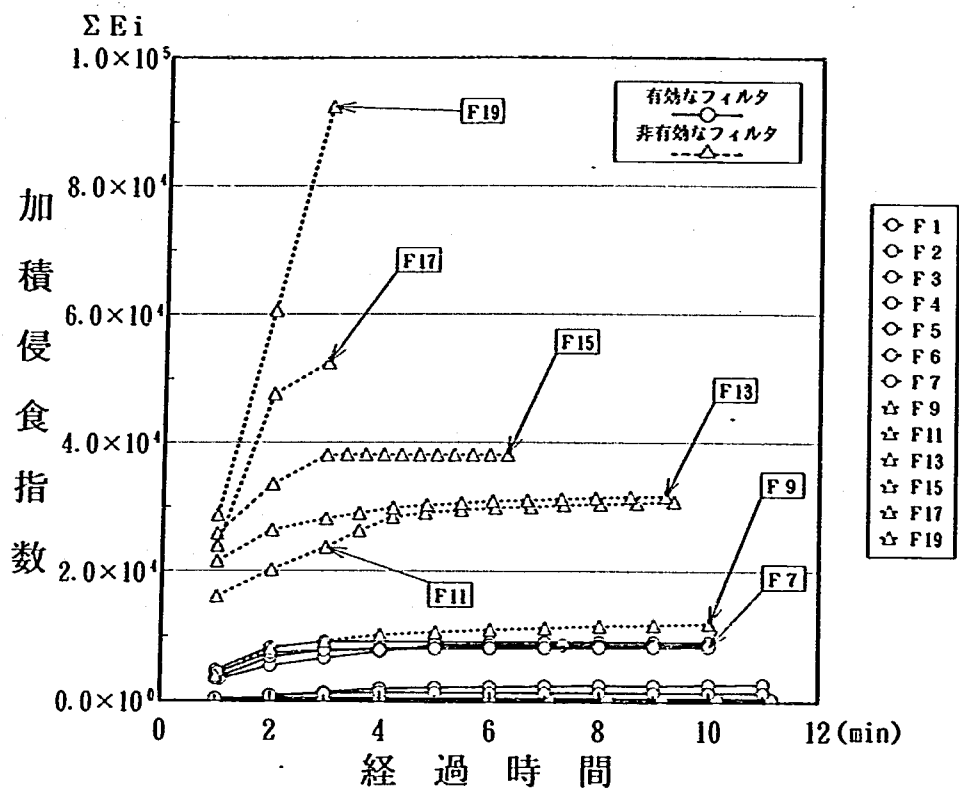


フィルタ材	D15	Uc	判定
F4	0.47	1.42	O
F5	0.59	2.30	O
F6	0.71	2.20	O
F7	0.84	1.99	O
F8	0.88	1.62	O
F9	0.96	1.53	×
F10	0.99	1.71	×
F11	1.04	2.06	×
F12	1.09	2.38	×
F13	1.16	2.57	×
F15	1.61	2.38	×
F17	2.28	1.54	×
F19	5.28	1.41	×

(d) Dダムコア材

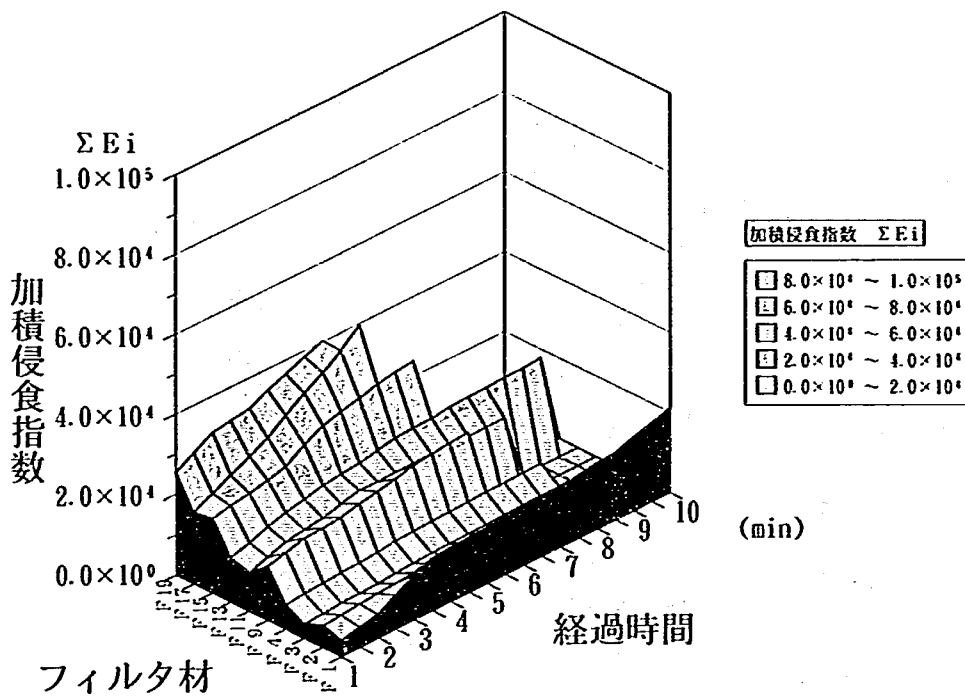
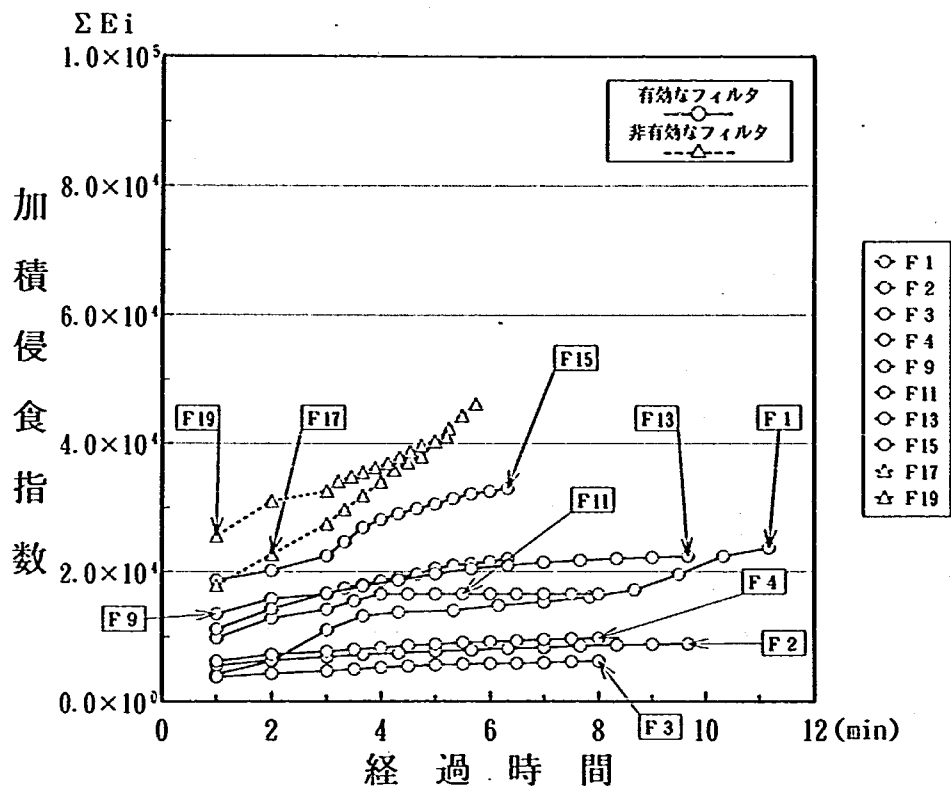
図-4.8 フィルタ材の粒度分布曲線と試験結果 (均一なフィルタ)

- ① 図-4.9(a)に示すAダムコア材の場合、F7より細粒で有効なフィルタ材では ΣE_i が一定値に収束するが、F11より粗粒で非有効なフィルタ材ではこの ΣE_i が漸増傾向を示している。ただし、有効・非有効の境界に近いフィルタ材F9の ΣE_i の経時変化は有効なフィルタ材と近い分布を示すが、漸増傾向が見られ非有効なフィルタの特徴を呈している。
- ② 図-4.9(b)に示すBダムコア材の場合、F13より細粒で有効なフィルタ材では ΣE_i が一定値に収束する傾向にあるが、F17より粗粒で非有効なフィルタ材では ΣE_i が増加傾向を示している。有効・非有効の境界に近いフィルタ材F15における ΣE_i の経時変化は、その粒度分布からも有効・非有効の中間領域の傾向を示している。
- ③ 図-4.9(c)に示すCダムコア材の場合、F7より細粒で有効なフィルタ材では ΣE_i が一定値に収束する傾向にあるが、F9より粗粒で非有効なフィルタ材では ΣE_i が著しい増加傾向を示している。
- ④ 図-4.9(d)に示すDダムコア材の場合でも、F8より細粒で有効なフィルタ材では ΣE_i が一定値に収束し、F9より粗粒で非有効なフィルタ材では ΣE_i が漸増傾向を示していることがわかる。



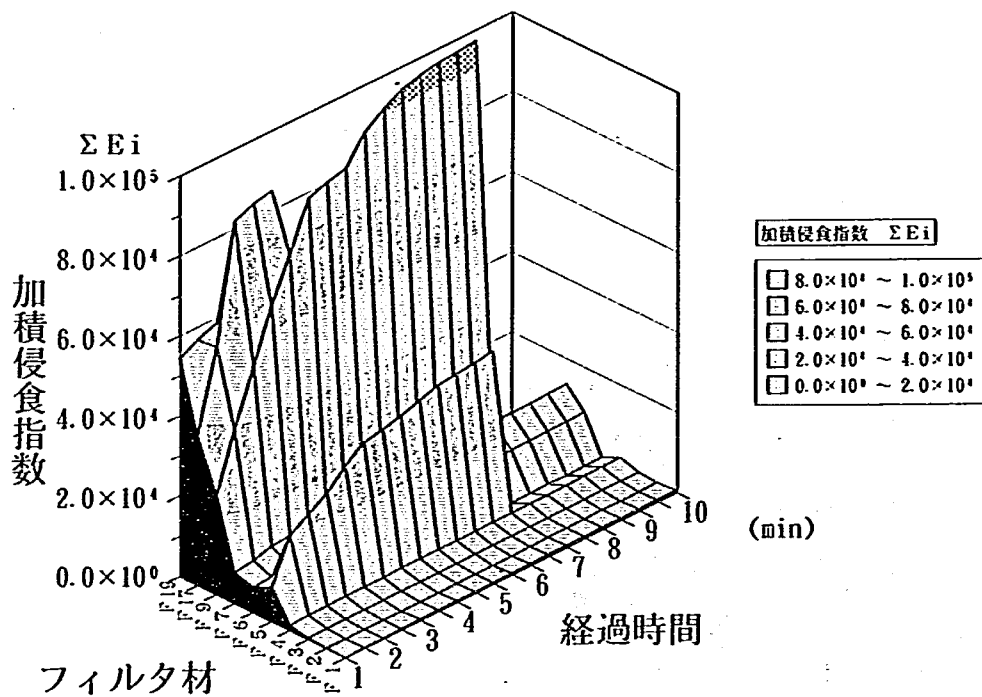
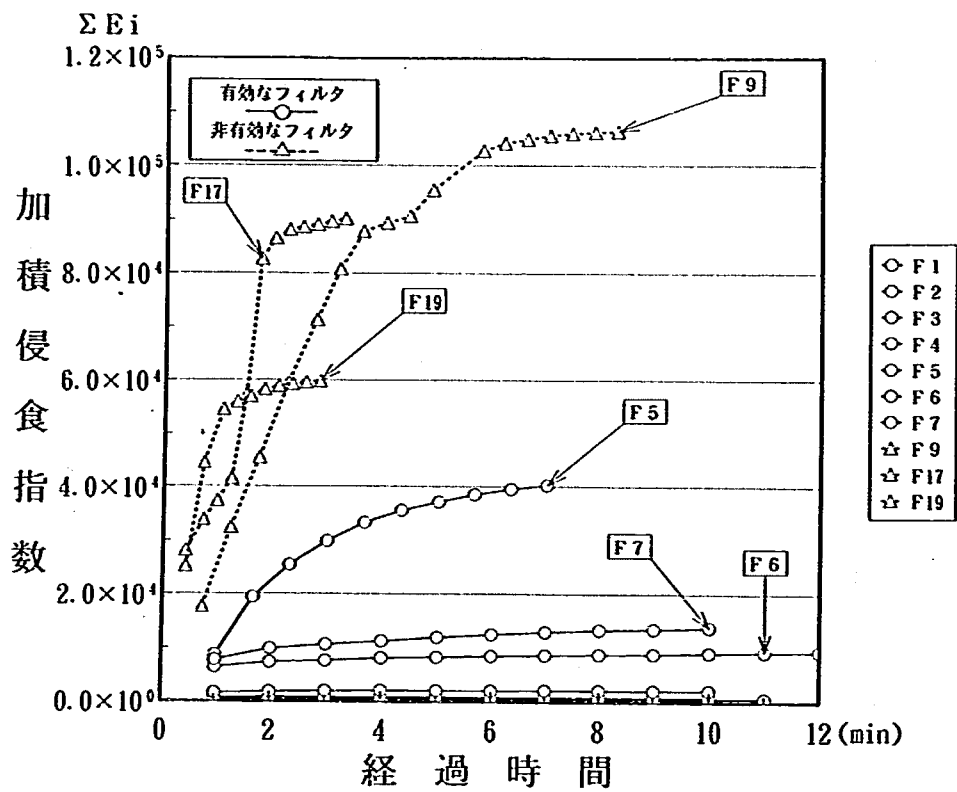
(a) Aダムコア材

図-4.9 加積侵食指数 ΣE_i の経時変化 (均一なフィルタ)



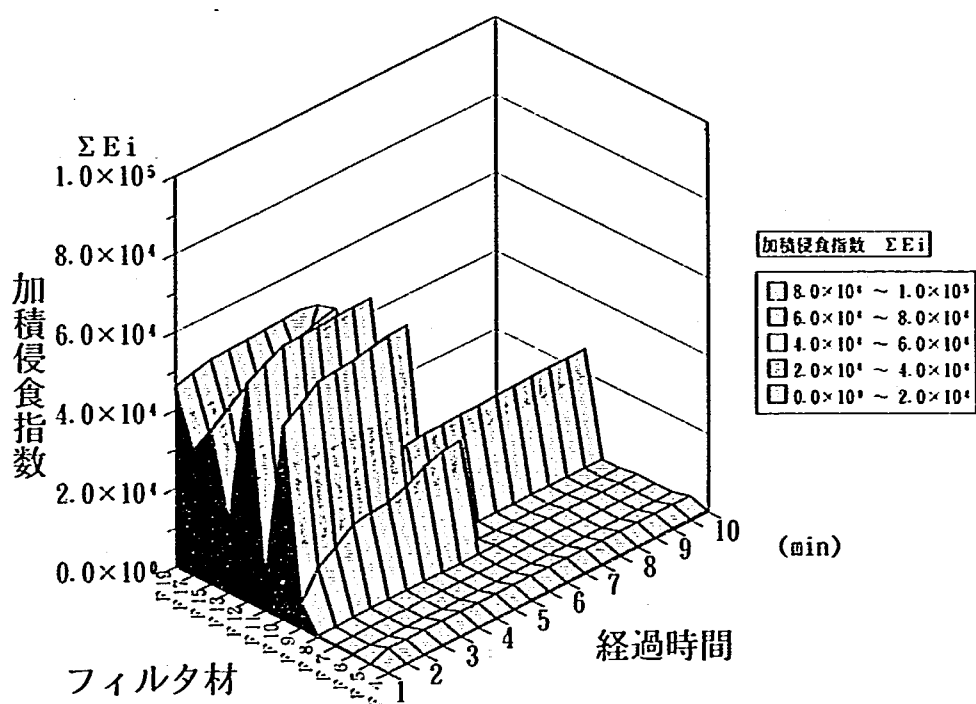
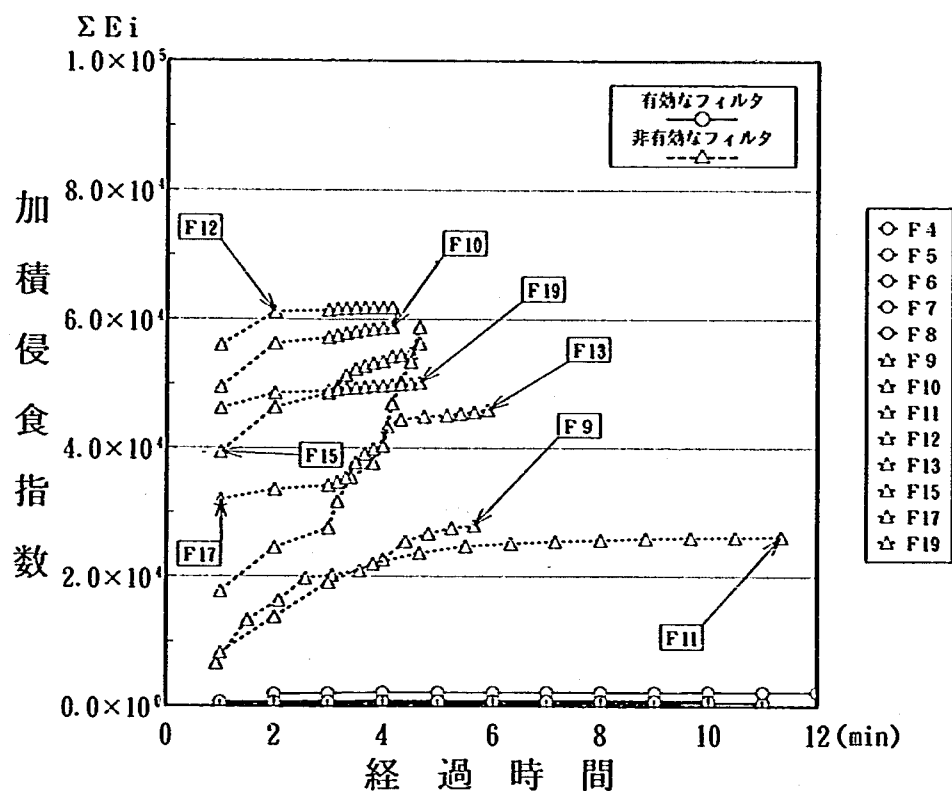
(b) Bダムコア材

図-4.9 加積侵食指数ΣEiの経時変化(均一なフィルタ)



(c) Cダムコア材

図-4.9 加積侵食指数ΣEiの経時変化(均一なフィルタ)



(d) Dダムコア材

図-4.9 加積侵食指数 ΣE_i の経時変化 (均一なフィルタ)

4.2.2 粒度範囲の広いフィルタ

(1) 試験結果

粒度範囲の広いフィルタ材 ($2.6 < U_c \leq 7.3$) F20～F42を対象とした非侵食試験の結果の一覧を表-4.3に示す。コア材はAおよびDダムの試料とし、均一なフィルタ材の場合と同一の最適含水比 ω_{opt} で締め固めた。各ダムコア材の締め固め後の乾燥密度はJIS法で求められた最大乾燥密度 ρ_{max} に対して何れも90%以上であり、均一なフィルタにおける試験での値とほぼ同様である。

均一なフィルタを用いた試験結果では、AおよびDダムコア材における有効・非有効の境界でのフィルタ材の15%通過粒径 D_{15} が0.84～0.96mmであったことから、粒度範囲の広いフィルタ材の設定にあたっては、 D_{15} を0.84mmに固定し $D_{25} \sim D_{15}$ および $D_{15} \sim D_{max}$ の粒度分布を変化させたフィルタ材F20～F27、 D_{15} を0.97～2.00mmに固定し $D_{25} \sim D_{15}$ および $D_{15} \sim D_{max}$ の粒度分布を変化させたフィルタ材F28～F42の2系統とした。なお、フィルタ材F23は $U_c = 2.33$ となり U_c のみからみれば均一なフィルタとなるが、 D_{15} を0.84mmに固定し $D_{25} \sim D_{15}$ の粒度分布を変化させたフィルタ材であるので粒度範囲の広いフィルタに含めている。

非侵食試験の判定方法は均一フィルタの場合と同様とし、結果は以下の通りである。

- ① Aダムコア材を用いた試験の場合、均一なフィルタでは、 $D_{15} = 0.84\text{mm}$ のフィルタ材F7より細粒のフィルタ材は有効に働いたが、 $D_{15} = 0.96\text{mm}$ のフィルタ材F9より粗粒のものは有効でなかった。一方、粒度範囲の広いフィルタにおいて、 D_{15} がF9より大であるフィルタ材F28、F29、F33、F34、F39～F42は粒度分布に関わらず全て非有効であるが、 D_{15} がF7の0.84mmと同様のフィルタ材F20～F27では、 $D_{max} = 4.76\text{mm} \cdot D_{25} = 0.25\text{mm}$ のF24、 $D_{max} = 9.52\text{mm} \cdot D_{25} = 0.25\text{mm}$ のF25および $D_{max} = 9.52\text{mm} \cdot D_{25} = 0.42\text{mm}$ のF27のみが非有効であり他のフィルタ材は有効であった。
- ② Dダムコア材を用いた試験の場合、均一なフィルタでは、 $D_{15} = 0.88\text{mm}$ のフィルタ材F8より細粒で有効であり、 $D_{15} = 0.96\text{mm}$ のフィルタ材F9より粗粒で非有効であった。一方、粒度範囲の広いフィルタにおいてはAダムコア材の場合と異なり、 D_{15} がF7と同様の0.84mmのフィルタ材F20～F27は粒度分布に関わらず全て有効であるが、 D_{15} がF9より大であるフィルタ材F30～F38では、 $D_{15} = 1.04\text{mm}$ のF31および $D_{15} = 1.09\text{mm}$ のF32のみが有効であり他のフィルタ材は非有効であった。

なお、A・Dダム各試料ともフィルタ材の D_{15} とピンホールおよび境界面の侵食状況にはあまり関連性はみられなかった。

(2) 流出開始時間

流出開始時間の頻度分布を図-4.10のヒストグラムに示す。なお、図-4.10にはA・Dダムコア材を用いた粒度範囲の広いフィルタによる試験の流出開始時間をまとめて有効・非有効なフィルタ材ごとに示し、正規曲線も併記している。この図から、有効なフィルタ材の流出開始時間は、バラツキがあるものの非有効なフィルタ材に比べ遅くなっていることがわかる。また、各ダムコア材の試験における流出開始時間も、Aダムでは有効が10～48秒後で非有効が4～26秒後およびDダムでは有効が9～142秒後で非有効が3～9秒後となり、均一なフィルタの場合と同様の理由で明らかに有効なフィルタ材の試験では流出開始時間が遅くなっている。

(a) Aダムコア材

表-4.3 粒度範囲の広いフィルタに対する非侵食試験結果の一覧

フ ィ ル タ 材			D_{10}/d_{90}	コ ア 材		流出開始 時 間 (秒後)	ピンホールの 侵 食 状 況 (侵食径A×B)	境界面の侵食状況	圧 力 (kgf/cm ²)	流出速度 (cm ³ /s)	濁 度 (ppm)	判 定
種 類	D_{10} (mm)	均等係数 U _c		含水比 (%)	乾燥密度 (g/cm ³)							
F20	0.84	3.17	2.40	18.15	1.718	10	侵食なし	侵食なし	4.0	4.2~3.6	500以上→4	○
F21	0.84	4.90	2.40	18.35	1.715	48	侵食なし	侵食なし	4.0	6.2→4.7	500以上→21	○
F22	0.84	7.02	2.40	18.35	1.715	26	侵食なし	侵食なし	4.0	11.7→10.0	500以上→25	○
F23	0.84	2.33	2.40	18.15	1.718	15	侵食なし	侵食なし	4.0→3.9	8.8→7.2	500以上→12	○
F24	0.84	3.61	2.40	18.35	1.715	26	一様に拡大 (φ14mm×5.0mm)	広く侵食	4.0	10.9→6.6	500以上→55	×
F25	0.84	5.18	2.40	18.35	1.715	17	一様に拡大 (φ7.0mm×5.0mm)	少し侵食	4.0	14.0→7.2	500以上→28	×
F26	0.84	3.07	2.40	18.15	1.718	22	わずかに拡大	わずかに侵食	4.0→3.9	9.1→5.9	500以上→12	○
F27	0.84	4.40	2.40	18.15	1.718	17	一様に拡大 (φ7.0mm×4.0mm)	少し侵食	3.7~3.9	24.1→19.5	500以上→10	×
F28	0.97	4.92	2.77	18.35	1.780	18	逆円錐状に拡大 (φ10mm×5.0mm)	やや侵食	2.0→1.0	48.6~59.4	500以上→6	×
F29	0.97	6.49	2.77	18.35	1.780	17	逆円錐状に拡大 (φ10mm×7.0mm)	わずかに侵食	0.8→1.2	54.5~60.0	500以上→18	×
F33	1.16	5.24	3.31	18.35	1.780	17	一様に拡大 (φ8.0mm×8.0mm)	侵食範囲は狭い	2.0~2.4	55.0~66.9	500以上→6	×
F34	1.16	7.32	3.31	18.35	1.780	15	全体に拡大 (φ15mm×6.0mm)	やや侵食	1.0→0.5	56.0~71.0	500以上→16	×
F39	2.00	4.12	5.71	18.35	1.715	8	全体に拡大 (φ20mm×15mm)	広く大きく侵食	2.5→3.4	50.3→36.2	500以上→6	×
F40	2.00	5.66	5.71	18.09	1.719	4	全体に拡大 (φ7.0mm×7.0mm)	厚く侵食	4.0	36.3→13.7	500以上→6	×
F41	2.00	2.94	5.71	18.09	1.719	10	一様に拡大 (φ12mm×8.0mm)	かなり広く侵食	1.8→2.5	63.2→57.2	500以上→6	×
F42	2.00	4.04	5.71	18.09	1.719	6	全体に拡大 (φ15mm×15mm)	広く大きく侵食	2.0→2.6	54.9~47.3	500以上→5	×

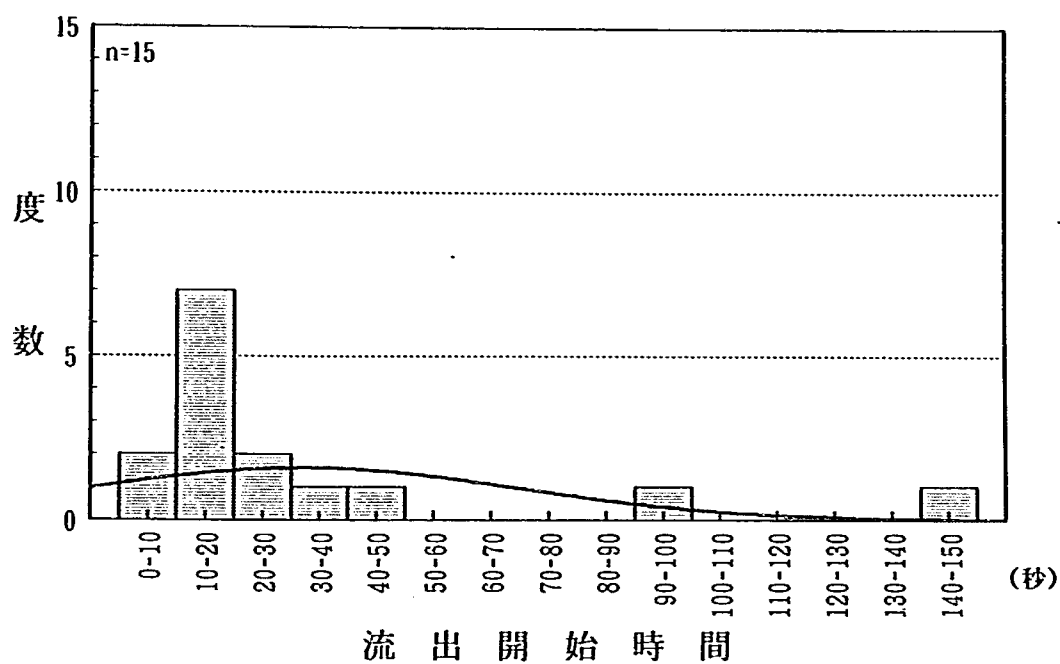
Aダムコア材 85%通過粒径 $d_{85} = 0.35$ mm

表-4.3 粒度範囲の広いフィルタに対する非侵食試験結果の一覧

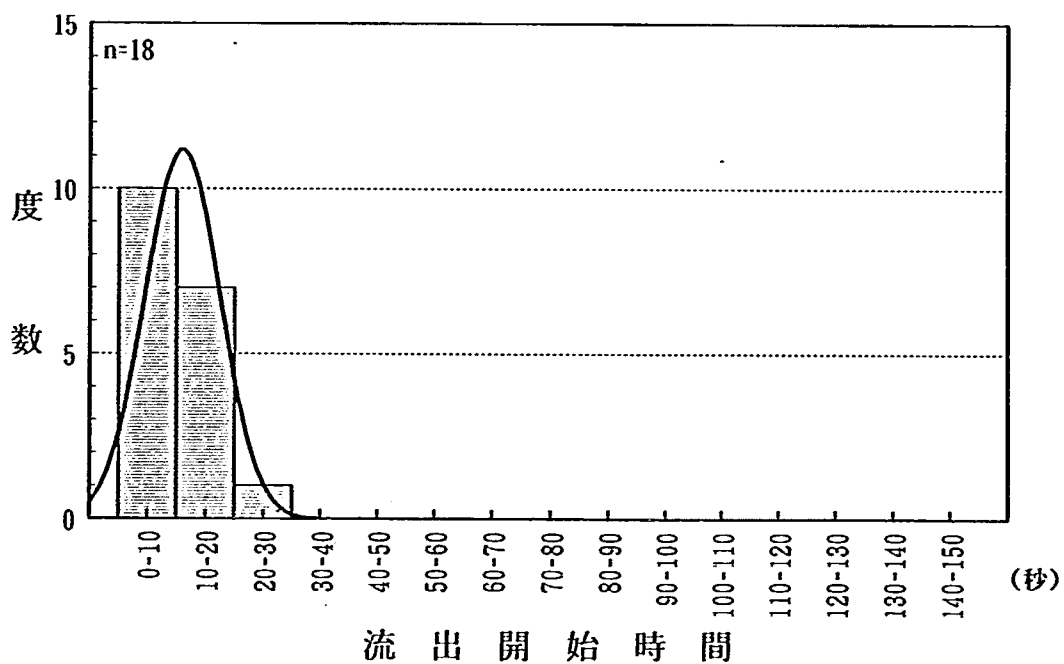
(b) Dダムコア材

フ ィ ル タ 材			$D_{15}/d_{0.5}$	コ ア 材		流出開始 時 間 (秒後)	ピンホールの 侵 食 状 況 (侵食径A×B)	境界面の侵食状況	圧 力 (kgf/cm ²)	流出速度 (cm ³ /s)	濁 度 (ppm)	判 定
種 類	D_{15} (mm)	均等係数 U _c		含水比 (%)	乾燥密度 (g/cm ³)							
F20	0.84	3.17	0.44	22.00	1.630	9	侵食なし	侵食なし	4.0	26.9→19.7	500以上→ 4	○
F21	0.84	4.90	0.44	21.75	1.633	142	侵食なし	侵食なし	4.0	0.8~ 0.9	20 → 6	○
F22	0.84	7.02	0.44	21.75	1.633	95	侵食なし	わずかに侵食	4.0	1.3→ 1.2	50 → 0	○
F23	0.84	2.33	0.44	21.75	1.633	35	侵食なし	わずかに侵食	4.0	4.3→ 4.0	360 → 6	○
F24	0.84	3.61	0.44	21.75	1.633	15	侵食なし	わずかに侵食	4.0	15.2→12.2	500以上→ 10	○
F25	0.84	5.18	0.44	21.75	1.633	19	侵食なし	わずかに侵食	4.0	8.9~13.5	280 → 9	○
F26	0.84	3.07	0.44	22.05	1.629	10	侵食なし	侵食なし	4.0	26.8~23.3	500以上→ 2	○
F27	0.84	4.40	0.44	22.05	1.629	9	侵食なし	侵食なし	4.0	22.3→18.6	500以上→ 1	○
F30	1.04	3.45	0.54	22.02	1.630	4	一様に拡大 (φ2.0mm×2.0mm)	少し侵食	2.0→4.0	100.7→67.2	500以上→ 2	×
F31	1.04	4.56	0.54	21.88	1.632	15	侵食なし	侵食なし	4.0	7.0→ 6.0	500以上→ 12	○
F32	1.09	2.73	0.57	21.88	1.632	15	侵食なし	わずかに侵食	4.0	7.8~ 6.6	500以上→ 10	○
F33	1.16	5.24	0.60	21.75	1.633	9	一様に拡大 (φ5.0mm×5.0mm)	広く大きく侵食	0 →0.1	86.4~94.2	500以上→ 35	×
F34	1.16	7.32	0.60	21.75	1.633	7	一様に拡大 (φ10mm×5.0mm)	広く大きく侵食	0 →0.1	76.6~91.6	500以上→ 14	×
F35	1.16	4.48	0.60	21.75	1.633	3	側壁部が大きく 侵食(20mm×25mm)	侵食なし	0	69.2→79.9	500以上→ 1	×
F36	1.16	6.26	0.60	21.75	1.633	6	側壁部が大きく 侵食(25mm×20mm)	広く侵食	0	83.7~53.9	500以上→ 4	×
F37	1.35	3.40	0.70	21.75	1.633	7	一様に拡大 (φ5.0mm×4.0mm)	広く侵食	0.2~0.3	85.9~60.6	500以上→ 40	×
F38	1.35	4.75	0.70	21.75	1.633	8	一様に拡大 (φ5.0mm×5.0mm)	広く侵食	0.4→2.0	73.0→87.6	490 → 3	×

Dダムコア材 85%通過粒径 $d_{0.5} = 1.92 \text{ mm}$



(a) 有効なフィルタ材

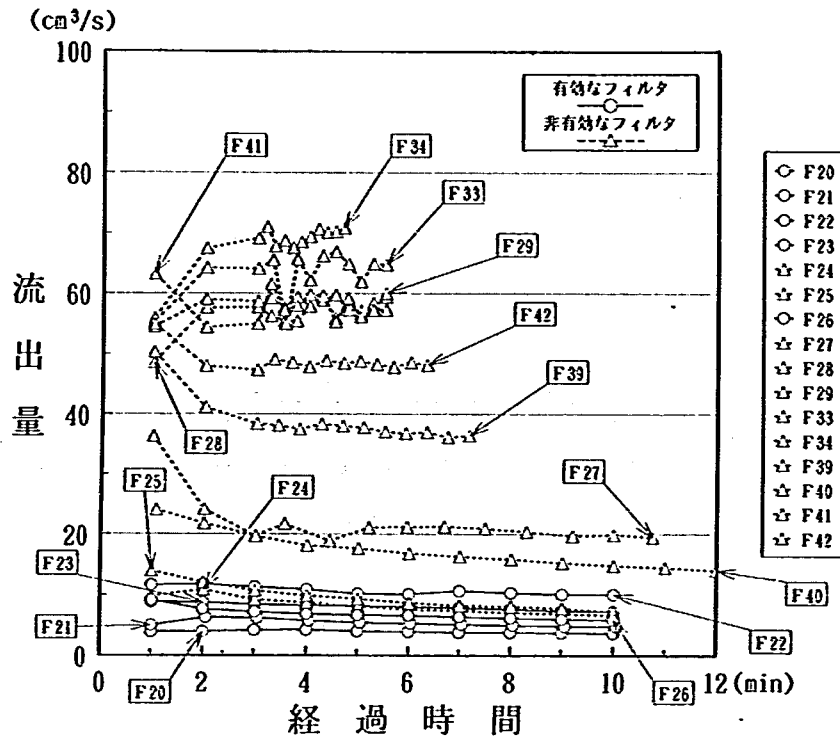


(b) 非有効なフィルタ材

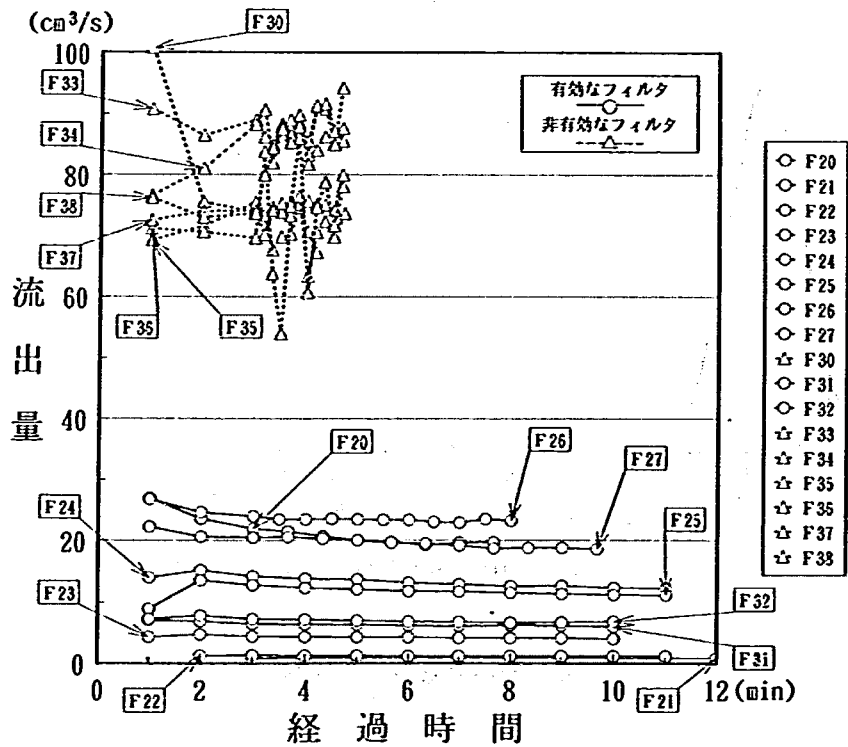
図-4.10 流出開始時間の頻度分布 (粒度範囲の広いフィルタ)

(3) 流出量の経時変化

図-4.11に流出量の経時変化を示す。この図から以下のことがわかる。



(a) Aダムコア材



(b) Dダムコア材

図-4.11 流出量の経時変化 (粒度範囲の広いフィルタ)

① 図-4.11(a)に示すAダムコア材の場合、有効なフィルタ材における流出量はほぼ $15\text{cm}^3/\text{s}$ 未満で時間とともに漸減するが、非有効なフィルタ材では有効・非有効の境界に近いフィルタ材F24とF25を除き $15\text{cm}^3/\text{s}$ 以上の流出量となった。非有効であるフィルタ材F24とF25はその流出量の経時変化から有効なフィルタ材にかなり近いと考える。

② 図-4.11(b)に示すDダムコア材の場合、有効なフィルタ材における流出量は $30\text{cm}^3/\text{s}$ 未満で漸減するが、非有効なフィルタ材ではほぼ $60\text{cm}^3/\text{s}$ 以上であり流出量の変動幅が大きかった。

均一なフィルタ材の場合と同様に、各試料とも有効・非有効のフィルタ材の間には流出量の経時変化に明確な差がみられ、基本的にはフィルタ材の D_{15} がより粗粒になるほど流出量が増えている。

(4) 濁度の経時変化

図-4.12に濁度の経時変化を示す。ただし、濁度が今回使用した濁度計の最大測定範囲 500ppm を越えるものについては全て 500ppm として表示した。有効・非有効のフィルタ材ともAダムコア材では通水開始後4分経過時点で濁度は 100ppm 未満に、Dダムコア材では通水開始後5分経過時点で濁度は 50ppm 未満に収束したが、通水開始時点での濁度は非有効なフィルタ材ほど高い傾向にあった。均一なフィルタ材の場合と同様に、有効・非有効に関わらずフィルタ材の目詰まりによってコア材の土粒子が保持されて流出水の濁度が急激に減少することを示している。

(5) 圧力の経時変化

図-4.13に圧力の経時変化を示す。圧力については各ダムコア材の有効・非有効なフィルタ材とも $4\text{kgf}/\text{cm}^2$ で一定となる様に制御しているが、Aダムコア材の非有効なフィルタ材の場合、ピンホールの侵食径が大となり通水ポンプの最大吐出能力を越え圧力 $4\text{kgf}/\text{cm}^2$ を維持できなかったことが多かった。

(6) フィルタ材の粒度分布

各ダムコア材の非侵食試験において用いた粒度範囲の広いフィルタ材の粒度分布曲線と試験結果を図-4.14および図-4.15に、試験結果のまとめを表-4.4に示す。なお、Aダムコア材の試験結果を示す図-4.14には均一なフィルタにおいて、有効と非有効の境界の粒度であるF7（有効）とF9（非有効）の試験結果も含めている。同様に、Dダムコア材の試験結果を示す図-4.15にも、均一なフィルタの境界の粒度であるF8（有効）とF9（非有効）の試験結果も含めている。

(a) Aダムコア材を用いた試験の場合

有効である均一なフィルタの中では最も粗いF7と同じ $D_{15}=0.84\text{mm}$ を有するフィルタ材F20～F27は、基本的にフィルタ材の最大粒径 D_{max} および最小粒径 D_{min} が大きくなるほど非有効となる傾向にある。

まず、 D_{min} に着目したとき、

① 図-4.14(a)に示す $D_{min}=0.105\text{mm}$ で D_{15} 以下の粒度分布が同じ場合、 D_{max} を 2.00 、 4.76 、 9.52mm としたフィルタ材F20、F21、F22は D_{max} の大小に関わらず有効であった。

② 図-4.14(b)に示す $D_{min}=0.25\text{mm}$ で D_{15} 以下の粒度分布が同じ場合、 $D_{max}=2.00\text{mm}$ のフィルタ材F23は有効であったが、 $D_{max}=4.76$ 、 9.52mm のフィルタ材F24、F25は非有効であった。

③ 図-4.14(c)に示す $D_{min}=0.42\text{mm}$ で D_{15} 以下の粒度分布が同じ場合、 $D_{max}=2.00$ 、 4.76mm のフィルタ材F

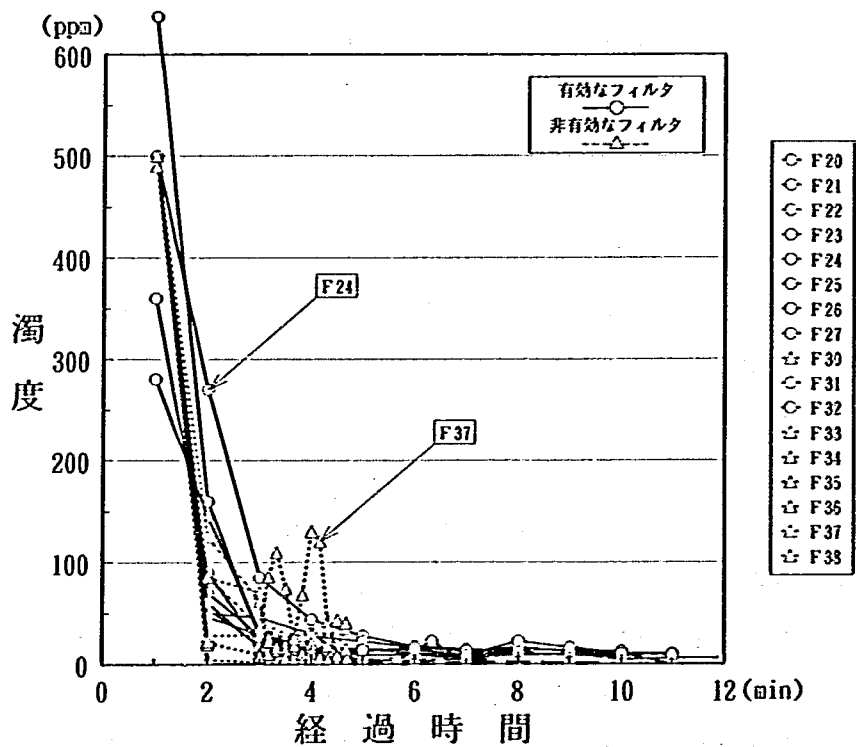
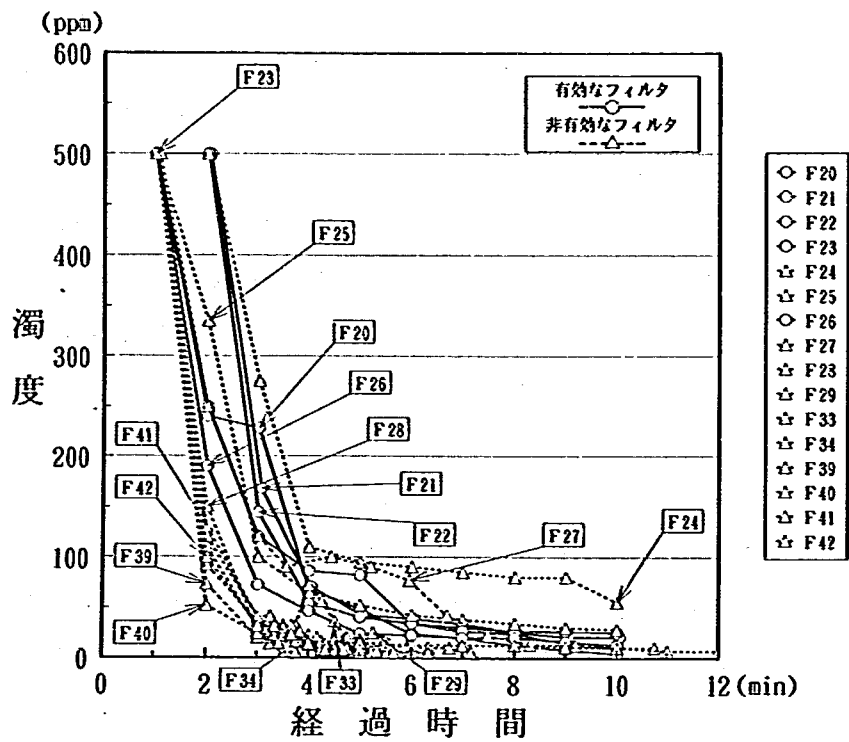
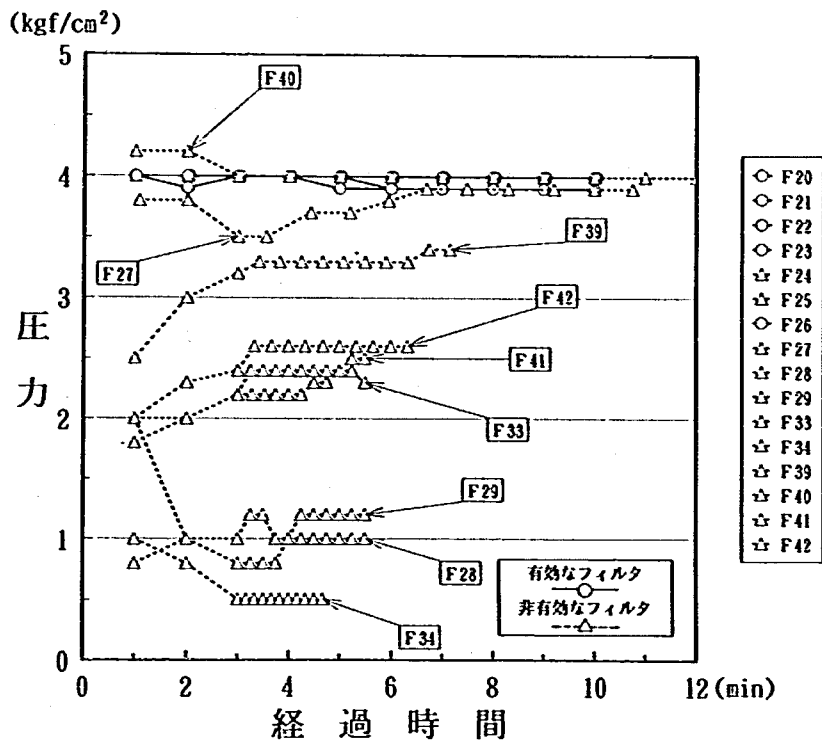
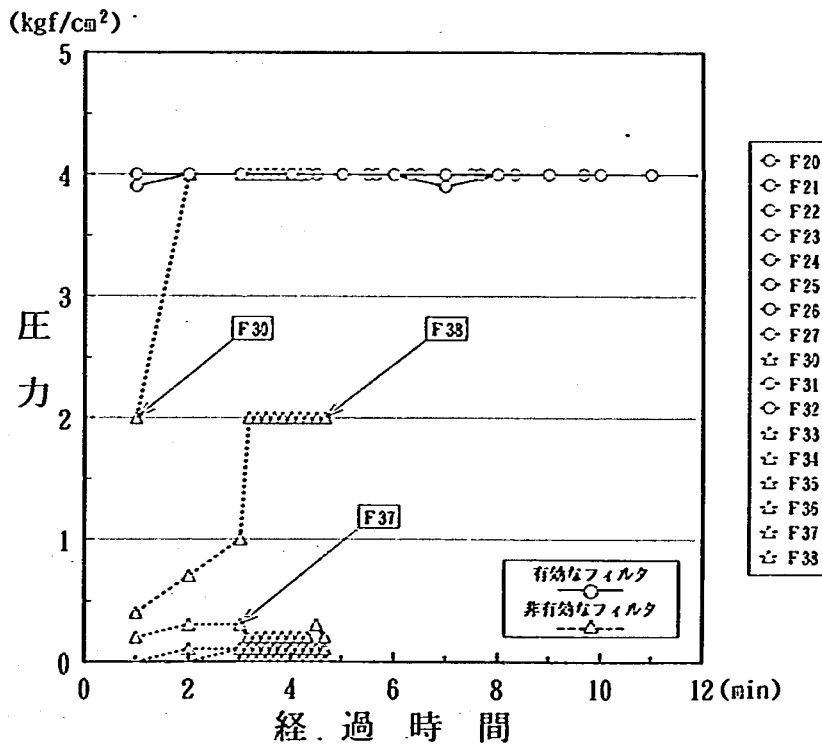


図-4.12 濁度の経時変化 (粒度範囲の広いフィルタ)



(a) Aダムコア材



(b) Dダムコア材

図-4.13 圧力の経時変化 (粒度範囲の広いフィルタ)

7, F26は有効であったが, $D_{\max}=9.52\text{mm}$ のフィルタ材F27は非有効であった。

次に, $D_{\max}$ に着目したとき,

④ 図-4.14(d)に示す $D_{\max}=2.00\text{mm}$ で D_{15} 以上の粒度分布が同じ場合, $D_{\min}$ を0.105, 0.25, 0.42mmとしたフィルタ材F20, F23, F7は $D_{\min}$ の大小に関わらず有効であった。

⑤ 図-4.14(e)に示す $D_{\max}=4.76\text{mm}$ で D_{15} 以上の粒度分布が同じ場合, $D_{\min}=0.105, 0.42\text{mm}$ のフィルタ材F21, F26は有効であったが, $D_{\min}=0.25\text{mm}$ のフィルタ材F24は非有効であった。

⑥ 図-4.14(f)に示す $D_{\max}=9.52\text{mm}$ で D_{15} 以上の粒度分布が同じ場合, $D_{\min}=0.105\text{mm}$ のフィルタ材F22は有効であったが, $D_{\min}=0.25, 0.42\text{mm}$ のフィルタ材F25, F27は非有効であった。

このように, フィルタ材F20~F27の試験では, $D_{\max}$ を設定した内で最小である 2.00mm とし $D_{\min}\sim D_{15}$ の粒度分布を変化させたフィルタ材または $D_{\min}$ を設定した内で最小である 0.105mm とし $D_{15}\sim D_{\max}$ の粒度分布を変化させたフィルタ材は全てが有効であったが, $D_{\max}$ または $D_{\min}$ がこれらより粗粒なフィルタ材ではその粒度分布から一部非有効となる試験もみられた。

なお,

⑦ 図-4.14(g), (h)に示す D_{15} が均一なフィルタにおいて非有効である範囲内にあるフィルタ材F28, F29, F33, F34, F39~F42の試験では, 前述した通り粒度分布に関わらず全て非有効であった。

(b) Dダムコア材を用いた試験の場合

① 図-4.15(a)~(c)に示す D_{15} が均一なフィルタにおいて有効である範囲内にあるフィルタ材F20~F27は, Aダムコア材の場合と異なり粒度分布に関わらず全て有効であった。

② D_{15} が均一なフィルタにおいて非有効である範囲内にあるフィルタ材の試験では, 図-4.15(d)に示す D_{15} が均一なフィルタにおいての有効・非有効の境界に近いフィルタ材F31およびF32のみが有効であり, 図-4.15(e)~(g)に示す他のフィルタ材は非有効であった。

以上のようにA・Dダムコア材における粒度範囲の広いフィルタの試験結果は, 均一なフィルタにおいての有効・非有効の境界の D_{15} と同様の値の D_{15} によって大きく左右されることが判明したが, $D_{\min}\sim D_{15}$, $D_{15}\sim D_{\max}$ の粒度分布にも若干影響を受けると言えよう。

(7) 加積侵食指数 ΣE_i の経時変化

粒度範囲の広いフィルタ材における各ダムコア材の加積侵食指数値 ΣE_i の経時変化を図-4.16に示す。この図から以下のことがわかる。

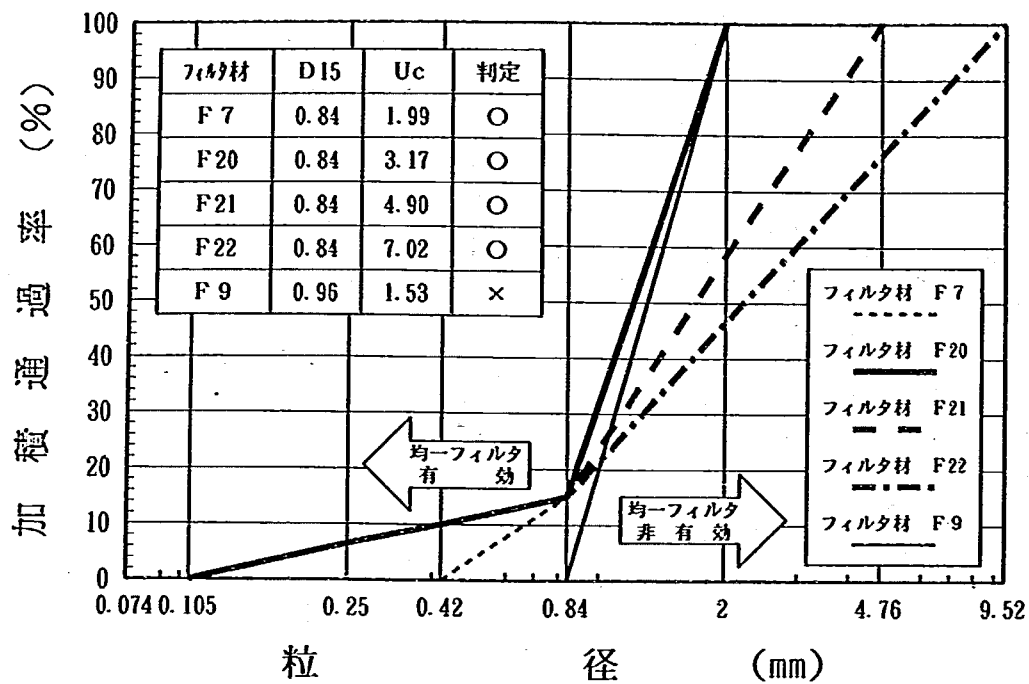
① 図-4.16(a)に示すAダムコア材の場合, 有効なフィルタ材では ΣE_i が一定値に収束するが, 非有効なフィルタ材ではこの ΣE_i が漸増傾向を示している。ただし, D_{15} が均一なフィルタにおいて有効である範囲内にあるが非有効なフィルタ材F24およびF25の ΣE_i の経時変化は有効なフィルタ材と近い分布を示すが, フィルタ材F24と同一の $D_{\max}$ でありながら $D_{\min}$ が粗粒なフィルタ材F26が有効であることやそれらの粒度分布からもその非有効性の判定に疑問がもたれるとも言える。

② 図-4.16(b)に示すDダムコア材の場合, 有効なフィルタ材では ΣE_i が一定値に収束し, 非有効なフィルタ材では ΣE_i が漸増傾向を示しており両者の間には明らかな違いが見られる。

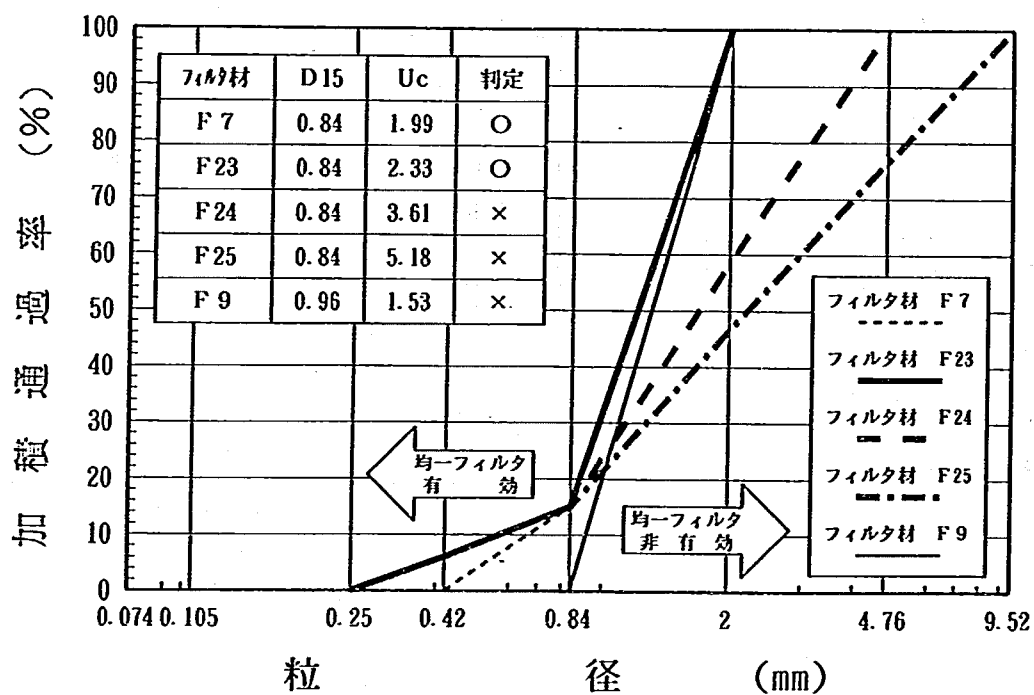
表-4.4 粒度範囲の広いフィルタに対する非侵食試験結果

フ ィ ル タ 材					コ ア 材 種 類			
					A ダ ム $d_{95}=0.35\text{mm}$		D ダ ム $d_{95}=1.92\text{mm}$	
種 類	D_{15} (mm)	D_{42} (mm)	D_{85} (mm)	均等係数 U_c	判 定	D_{15}/d_{95}	判 定	D_{15}/d_{95}
F20	0.84	0.105	2.00	3.17	○	2.40	○	0.44
F21	0.84	0.105	4.76	4.90	○	2.40	○	0.44
F22	0.84	0.105	9.52	7.02	○	2.40	○	0.44
F23	0.84	0.25	2.00	2.33	○	2.40	○	0.44
F24	0.84	0.25	4.76	3.61	×	2.40	○	0.44
F25	0.84	0.25	9.52	5.18	×	2.40	○	0.44
F26	0.84	0.42	4.76	3.07	○	2.40	○	0.44
F27	0.84	0.42	9.52	4.40	×	2.40	○	0.44
F28	0.97	0.105	4.76	4.92	×	2.77	—	—
F29	0.97	0.105	9.52	6.49	×	2.77	—	—
F30	1.04	0.420	4.76	3.45	—	—	×	0.54
F31	1.04	0.420	9.52	4.56	—	—	○	0.54
F32	1.09	0.840	9.52	2.73	—	—	○	0.57
F33	1.16	0.105	4.76	5.24	×	3.31	×	0.60
F34	1.16	0.105	9.52	7.32	×	3.31	×	0.60
F35	1.16	0.25	4.76	4.48	—	—	×	0.60
F36	1.16	0.25	9.52	6.26	—	—	×	0.60
F37	1.35	0.42	4.76	3.40	—	—	×	0.70
F38	1.35	0.42	9.52	4.75	—	—	×	0.70
F39	2.00	0.105	4.76	4.12	×	5.71	—	—
F40	2.00	0.105	9.52	5.66	×	5.71	—	—
F41	2.00	0.25	4.76	2.94	×	5.71	—	—
F42	2.00	0.25	9.52	4.04	×	5.71	—	—

○：有効である ×：有効でない

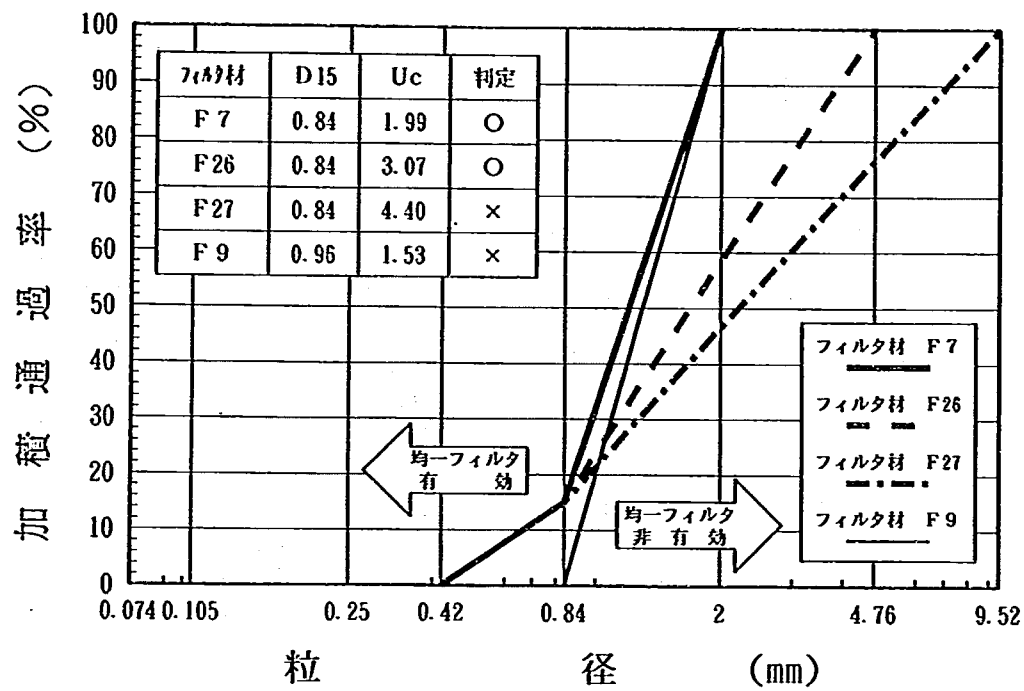


(a) フィルタ材F7, F9, F20~F22

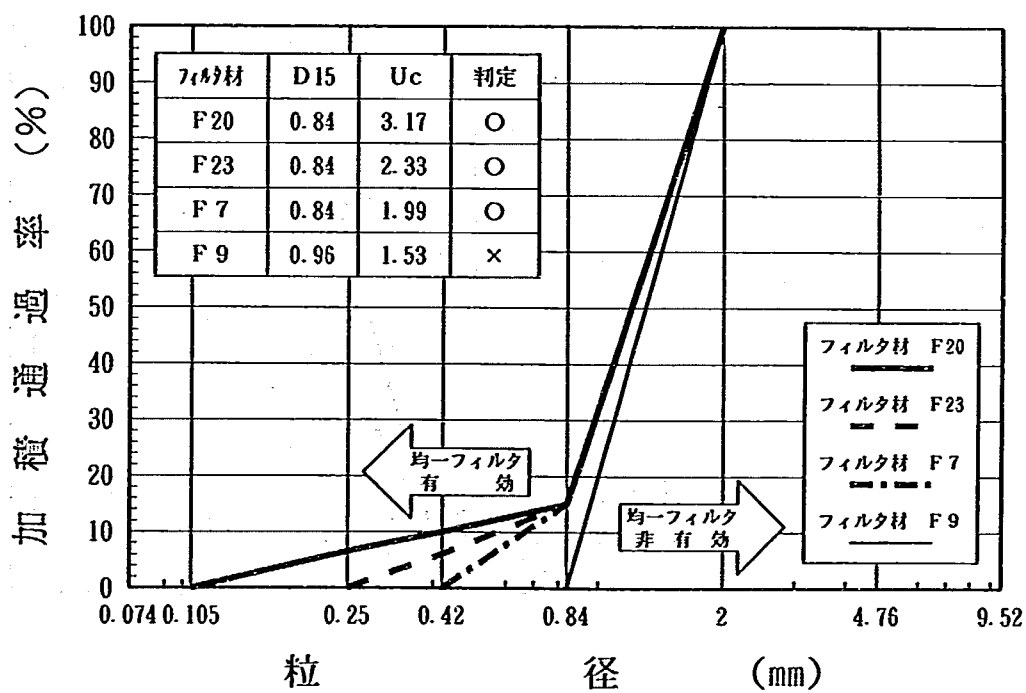


(b) フィルタ材F7, F9, F23~F25

図-4.14 フィルタ材の粒度分布曲線と試験結果 (Aダムコア材, 粒度範囲の広いフィルタ)

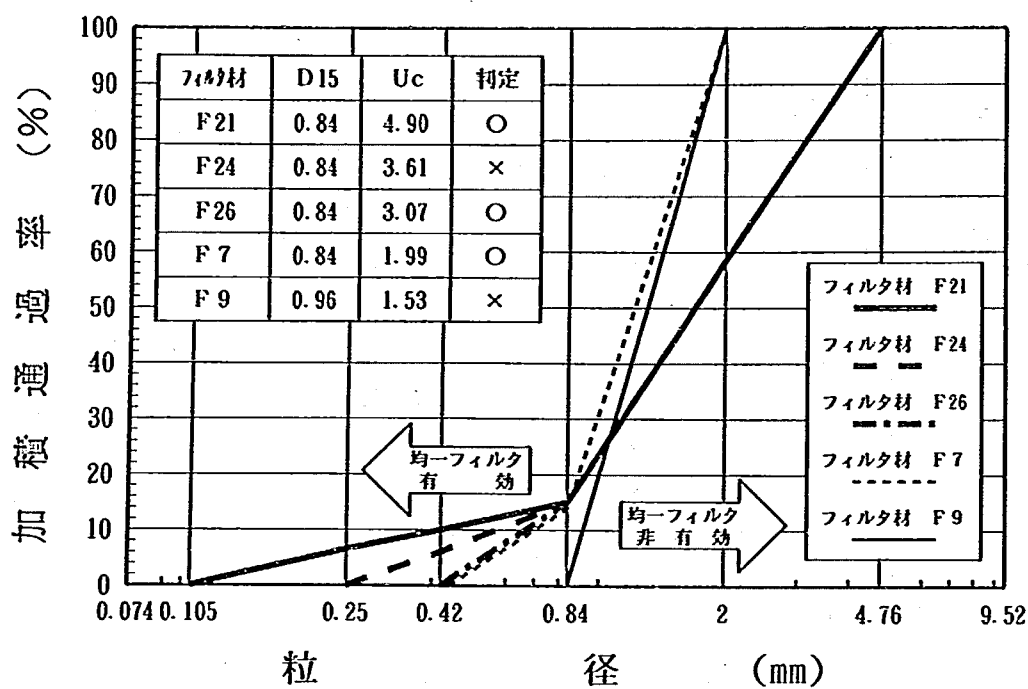


(c) フィルタ材F7, F9, F26, F27

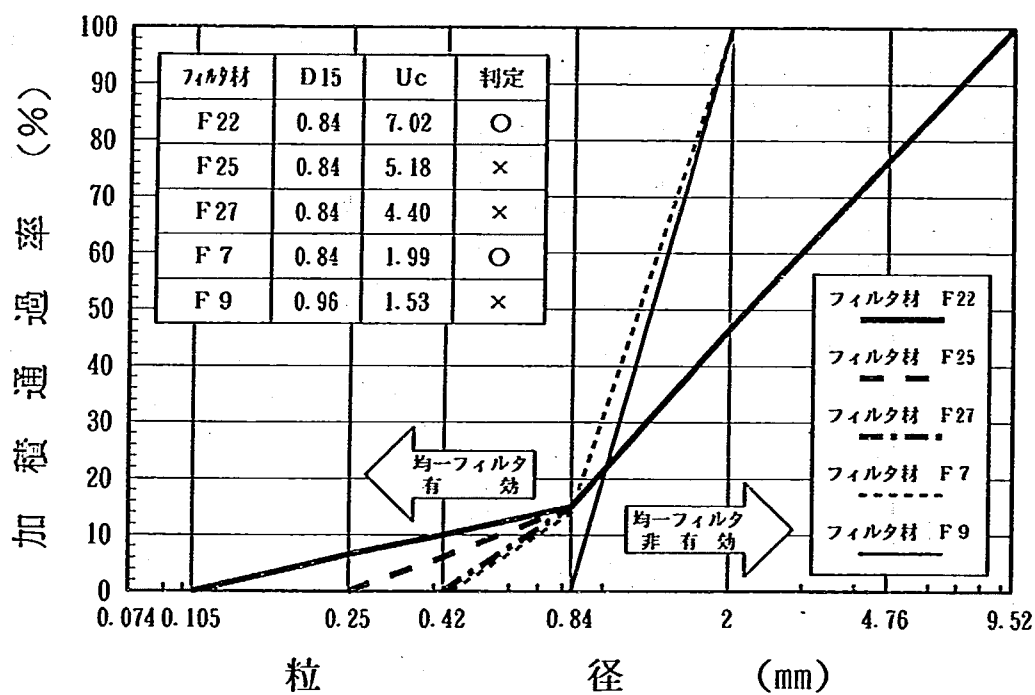


(d) フィルタ材F7, F9, F20, F23

図-4.14 フィルタ材の粒度分布曲線と試験結果 (Aダムコア材, 粒度範囲の広いフィルタ)

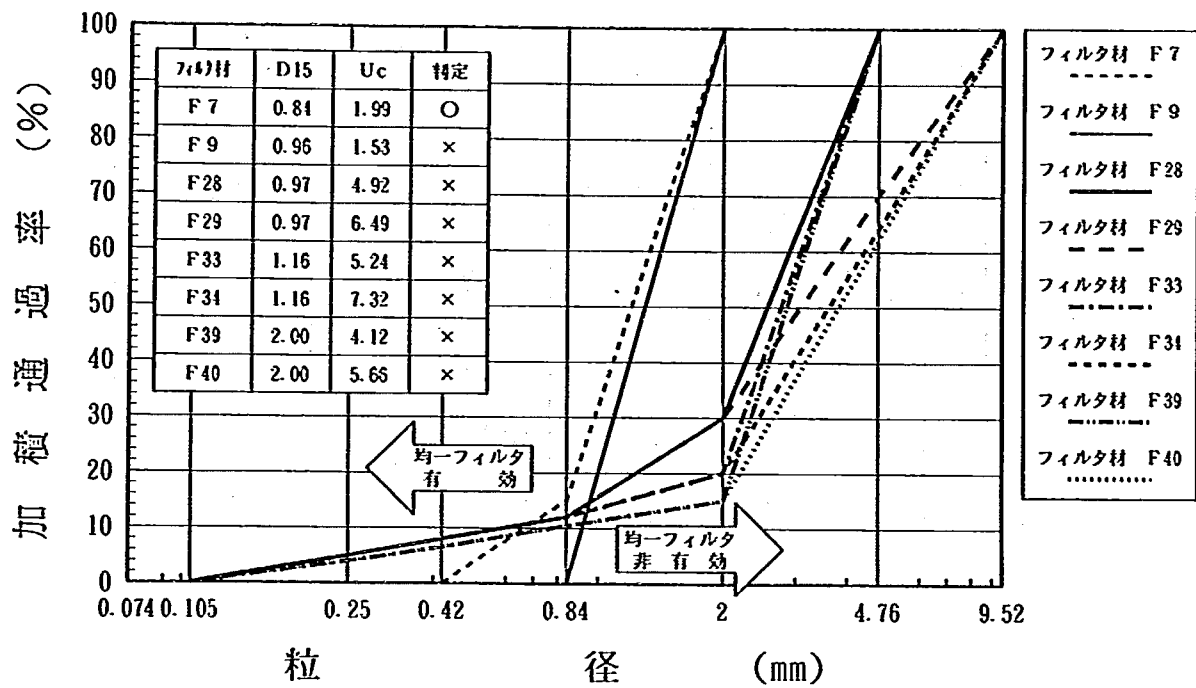


(e) フィルタ材F7, F9, F21, F24, F26

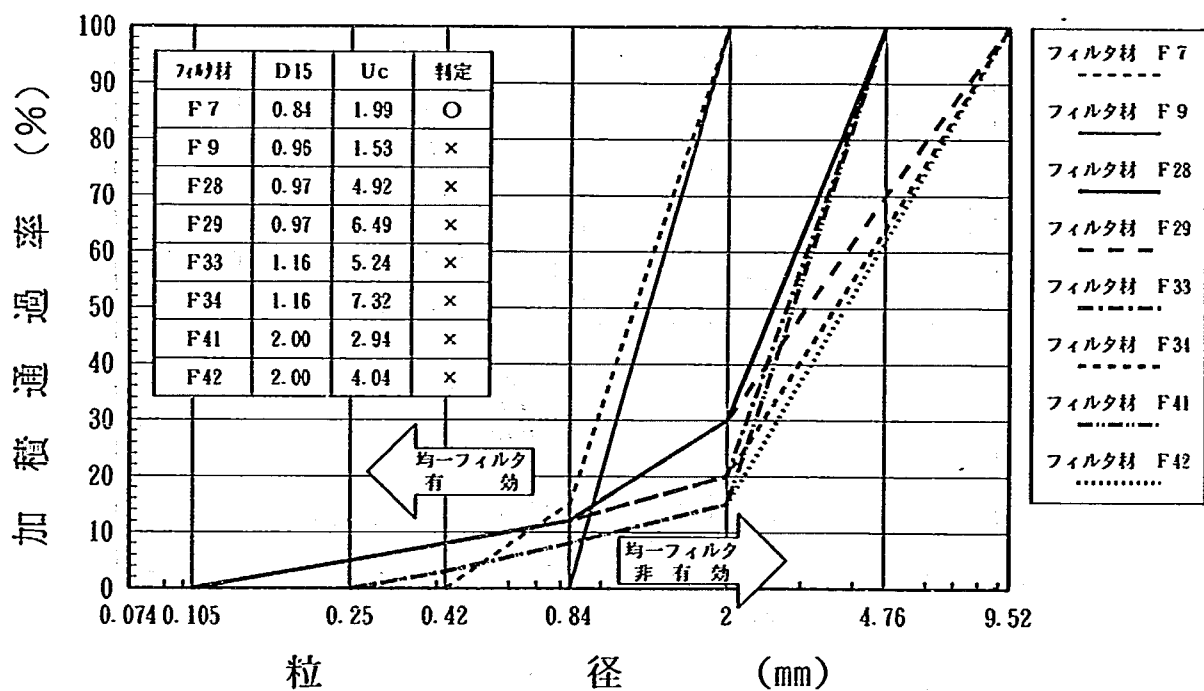


(f) フィルタ材F7, F9, F22, F25, F27

図-4.14 フィルタ材の粒度分布曲線と試験結果 (Aダムコア材, 粒度範囲の広いフィルタ)

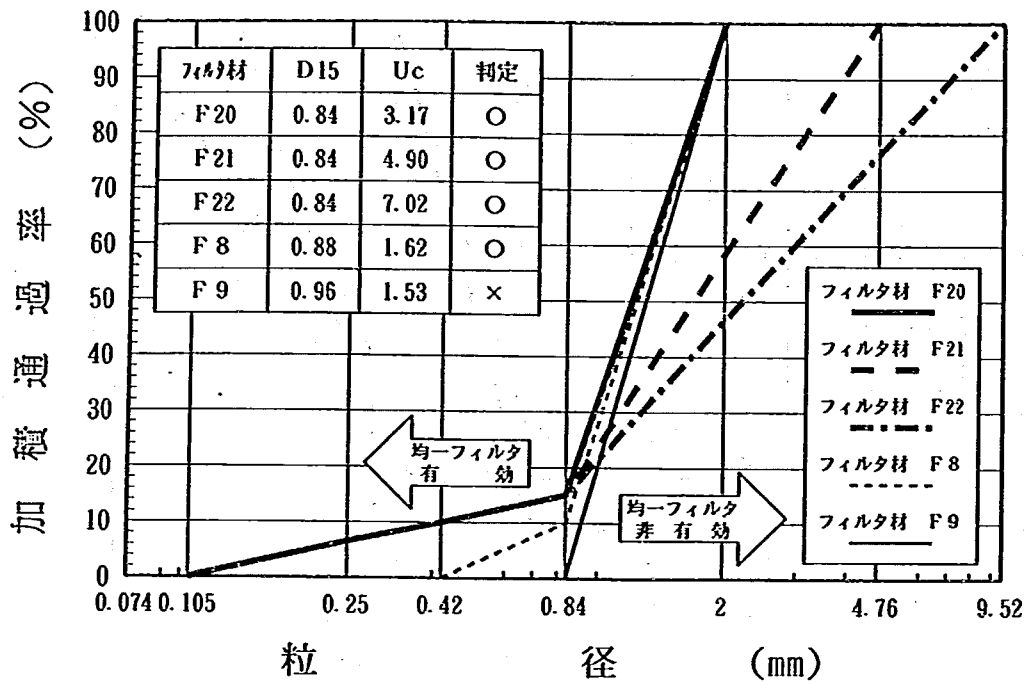


(g) フィルタ材F7, F9, F28, F29, F33, F34, F39, F40

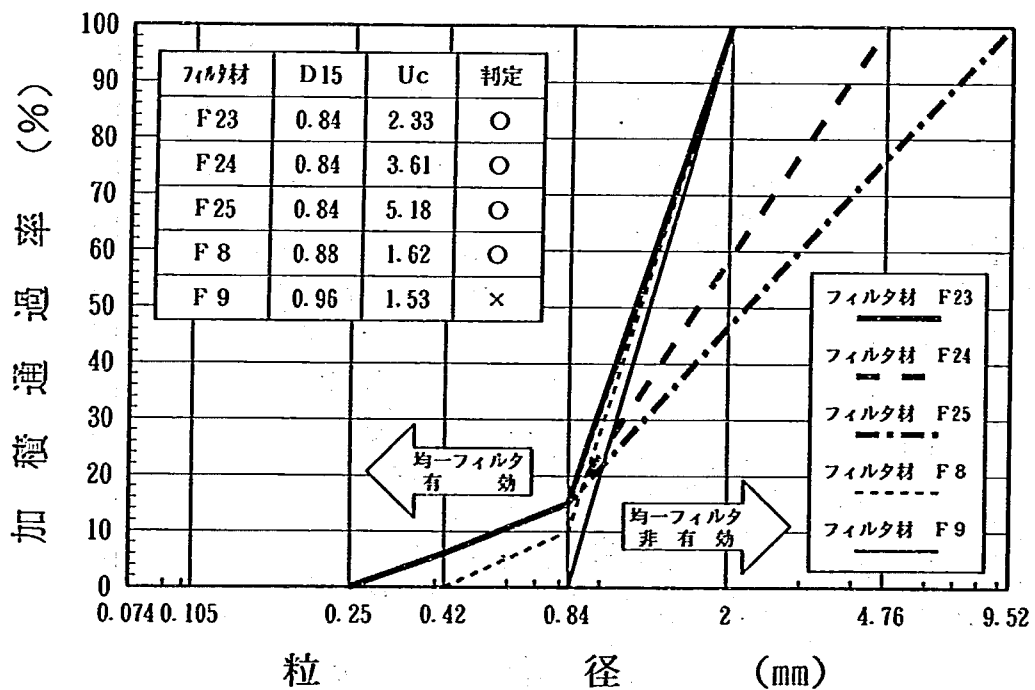


(h) フィルタ材F7, F9, F28, F29, F33, F34, F41, F42

図-4.14 フィルタ材の粒度分布曲線と試験結果 (Aダムコア材, 粒度範囲の広いフィルタ)

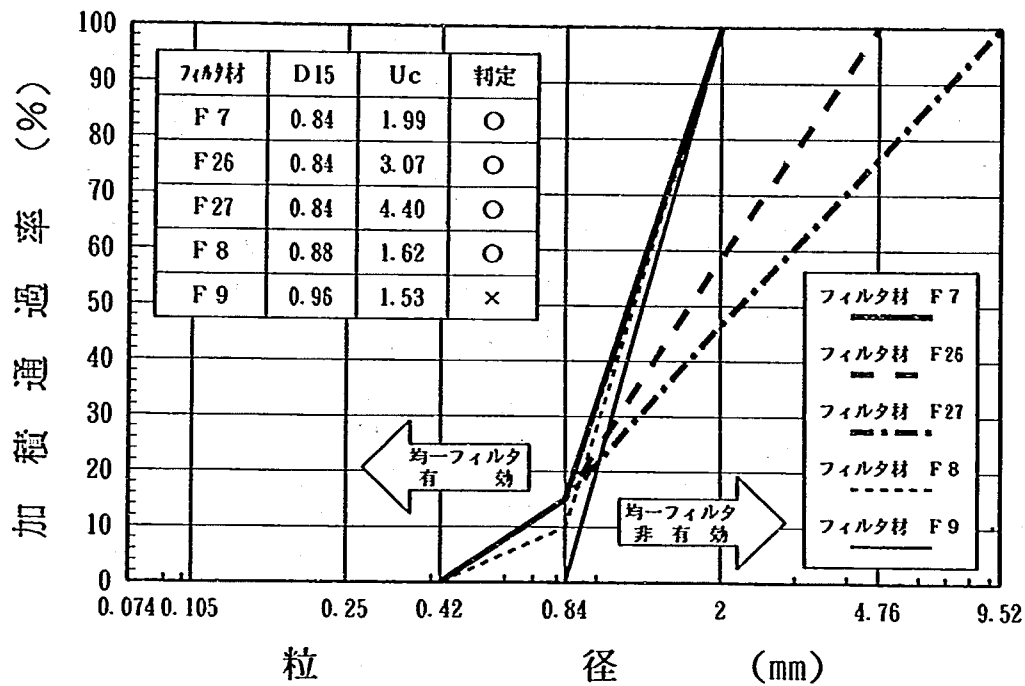


(a) フィルタ材F8, F9, F20~F22

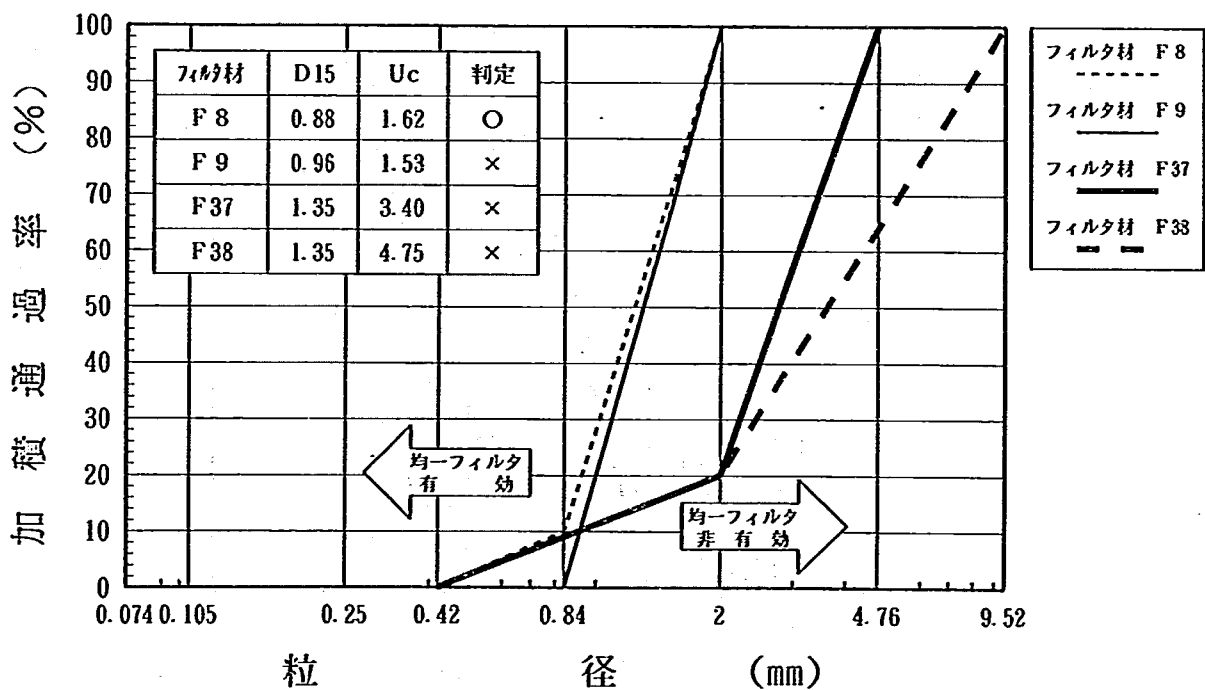


(b) フィルタ材F8, F9, F23~F25

図-4.15 フィルタ材の粒度分布曲線と試験結果 (Dダムコア材, 粒度範囲の広いフィルタ)

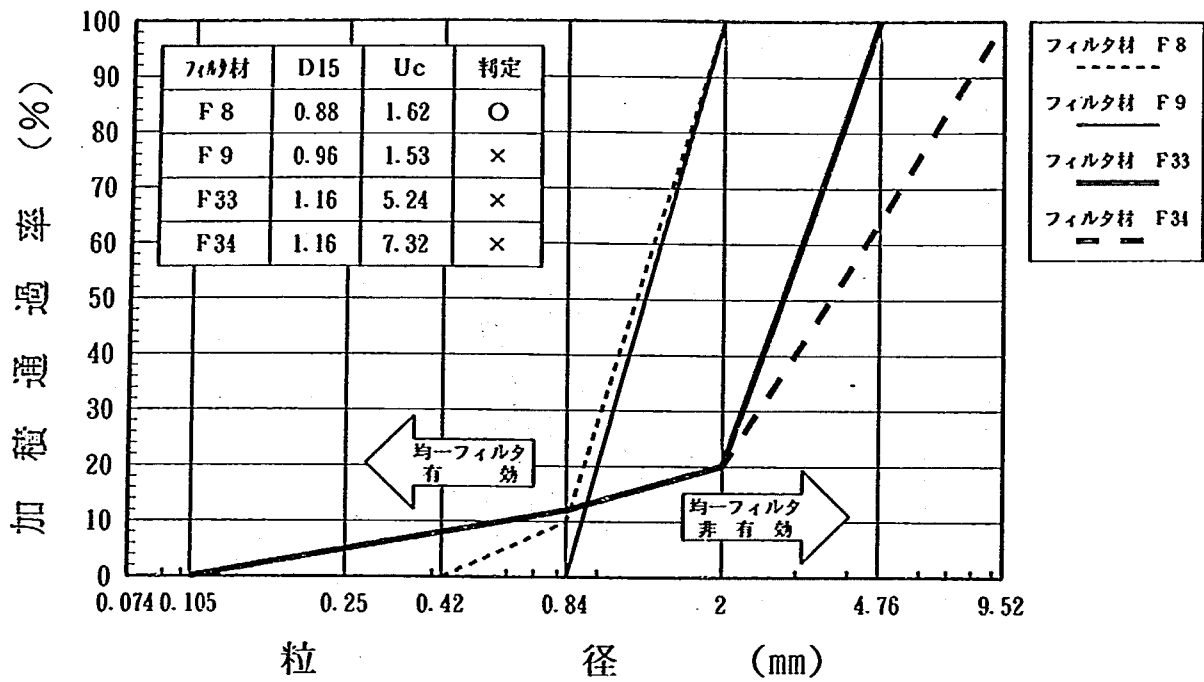


(c) フィルタ材F7 ~F9 , F26, F27

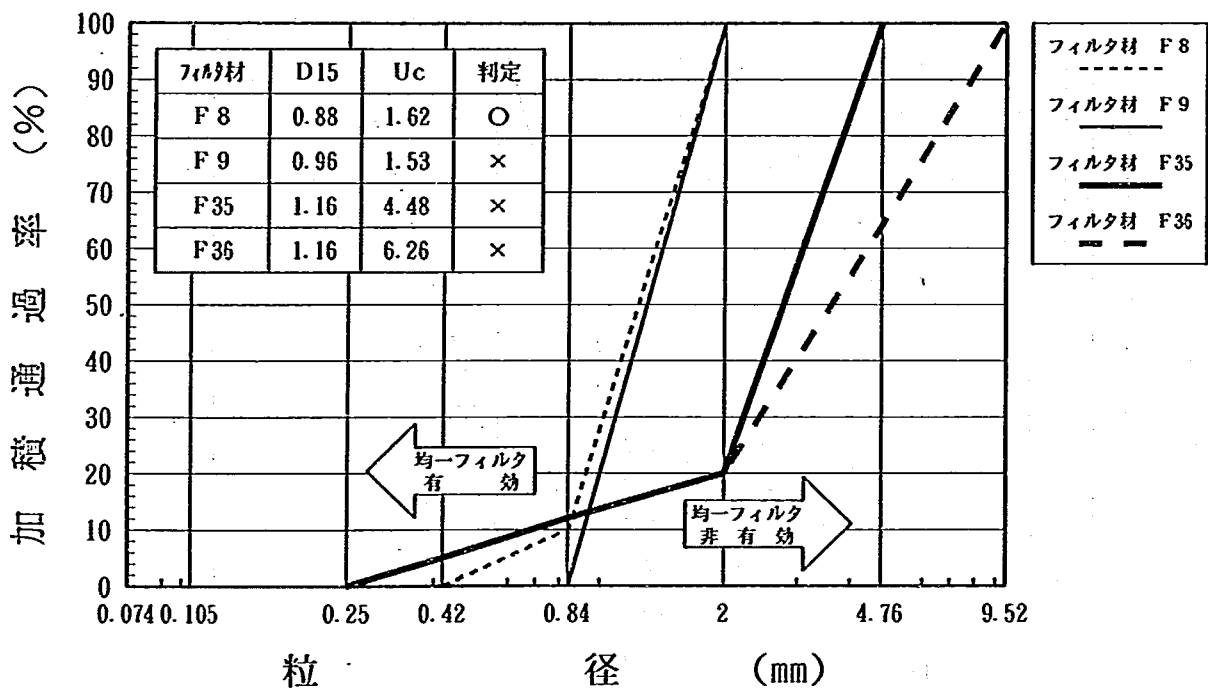


(d) フィルタ材F8 , F9 , F30~F32

図-4.15 フィルタ材の粒度分布曲線と試験結果 (Dダムコア材, 粒度範囲の広いフィルタ)

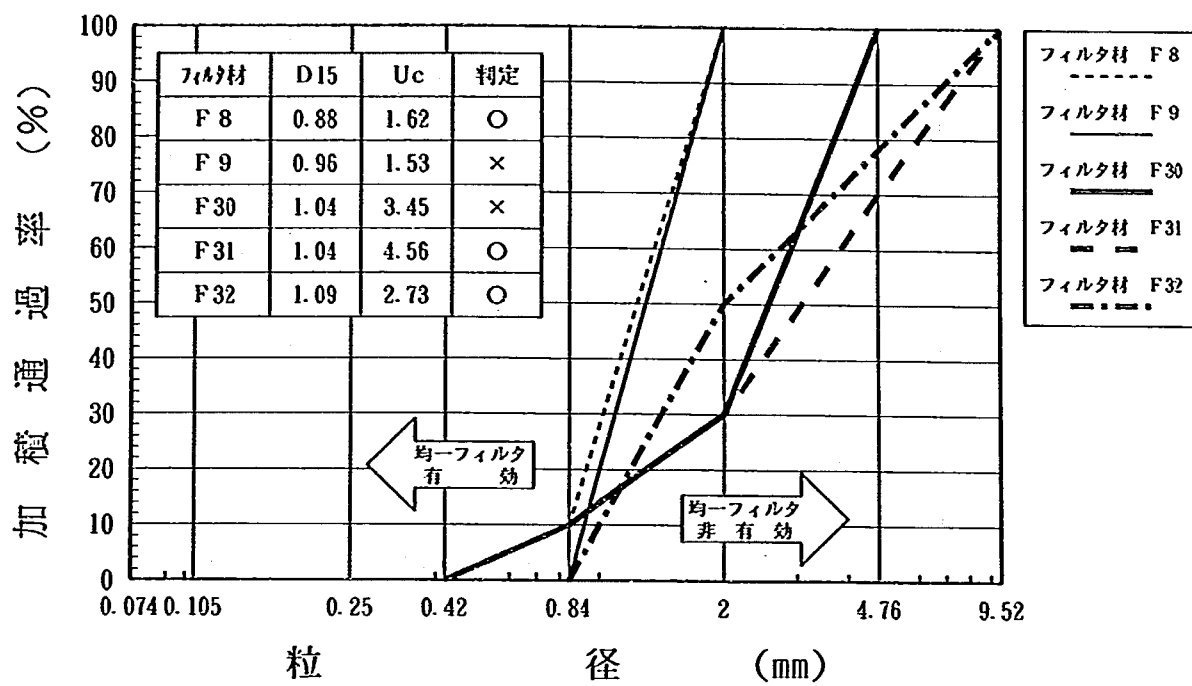


(e) フィルタ材F8, F9, F33, F34



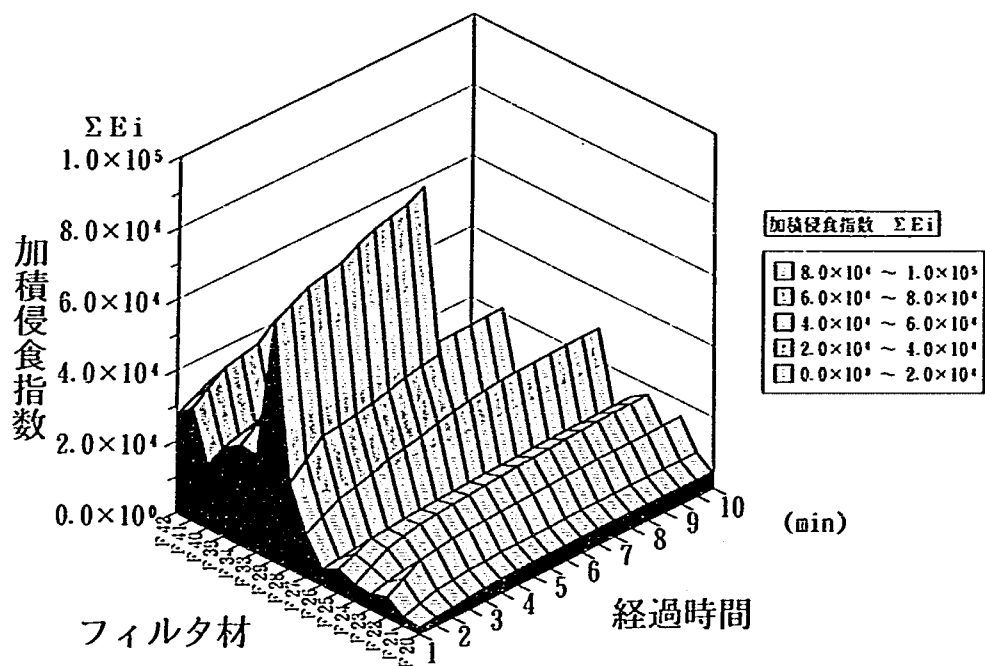
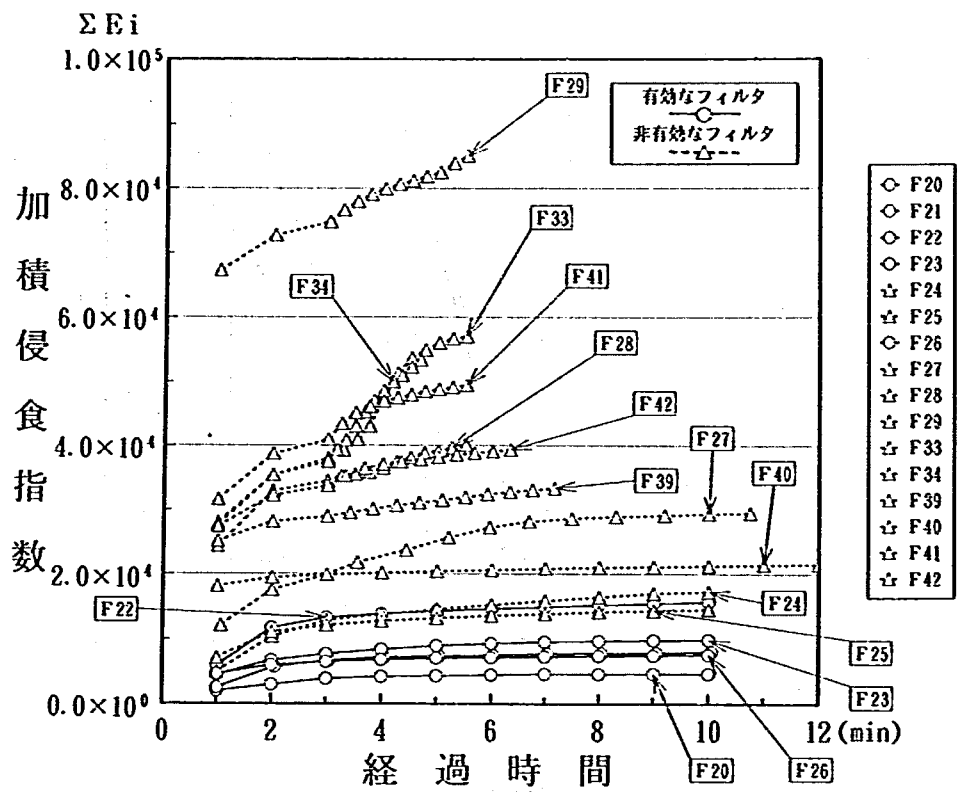
(f) フィルタ材F8, F9, F35, F36

図-4.15 フィルタ材の粒度分布曲線と試験結果 (Dダムコア材, 粒度範囲の広いフィルタ)



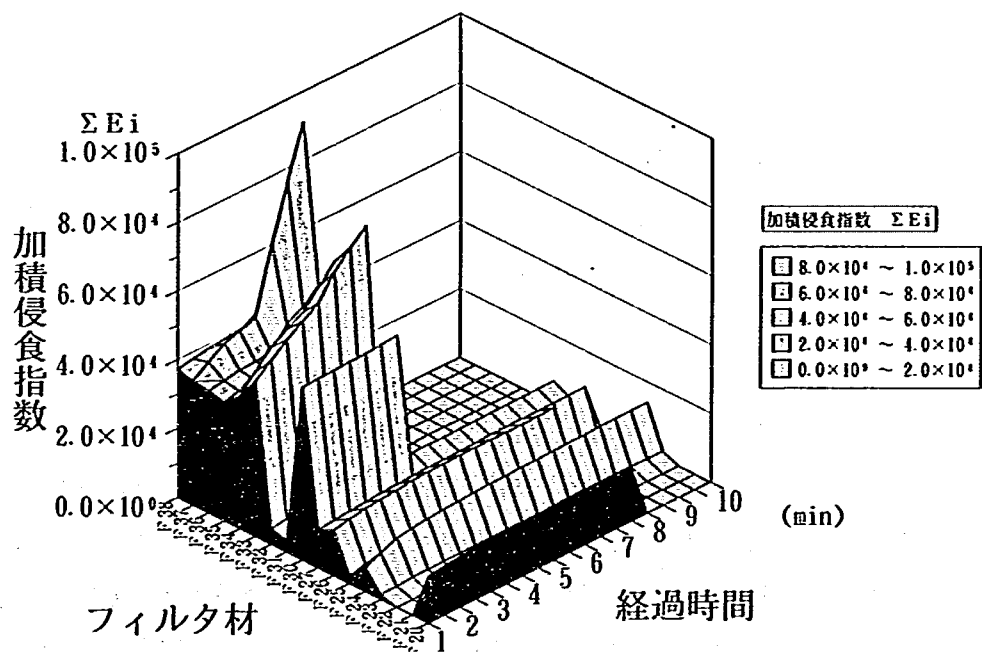
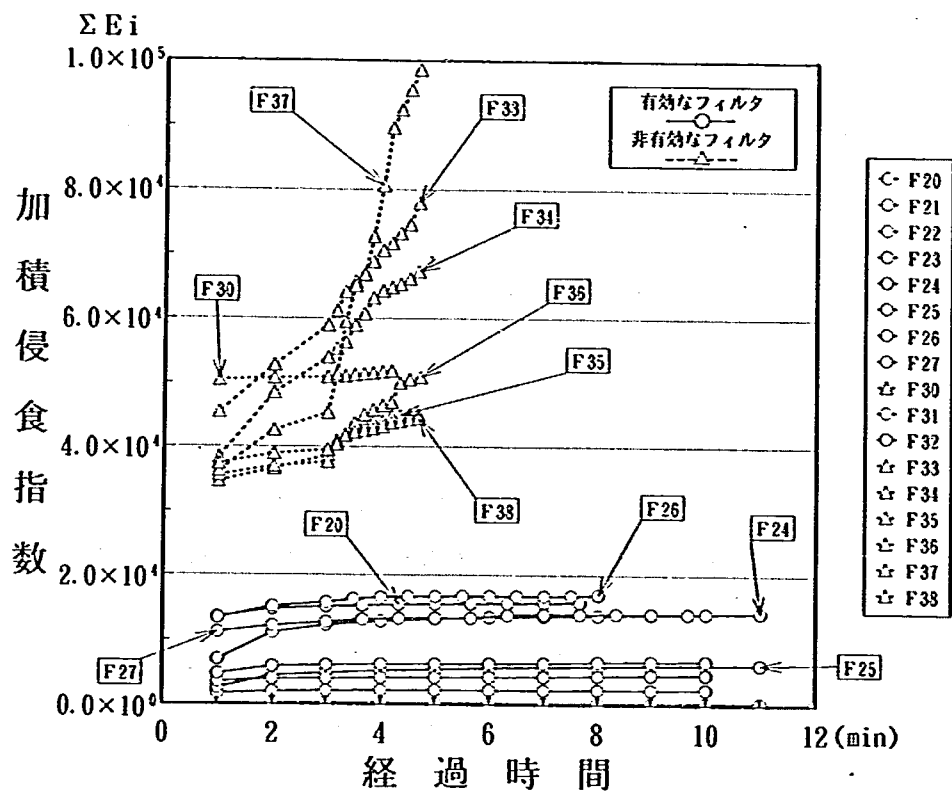
(g) フィルタ材F8 , F9 , F37, F38

図-4.15 フィルタ材の粒度分布曲線と試験結果 (Dダムコア材, 粒度範囲の広いフィルタ)



(a) Aダムコア材

図-4.16 加積侵食指数ΣEiの経時変化(粒度範囲の広いフィルタ)



(b) Dダムコア材

図-4.16 加積侵食指数 ΣE_i の経時変化 (粒度範囲の広いフィルタ)

4.2.3 含水比を変化させたコア

(1) 試験結果

含水比を突固め確認試験で得られた最適含水比 ω_{opt} から変化させて締め固めたAおよびDダムのコア材に対する非侵食試験の結果の一覧を表-4.5に示す。Aダムコア材では含水比を $\omega_{opt}-4\%$ 、 ω_{opt} 、 $\omega_{opt}+4\%$ に、Dダムコア材では $\omega_{opt}-3\%$ 、 ω_{opt} 、 $\omega_{opt}+3\%$ に変化させて締め固め、均一なフィルタ材を用い各々複数回試験を実施した。各試料の目標最適含水比 ω_{opt} は、Aダムコア材で18%およびDダムコア材で22%である。

非侵食試験の結果の判定方法は均一フィルタの場合と同様とし、結果は以下の通りである。

- ① Aダムコア材を用いた試験の場合、 ω_{opt} で締め固めたコア材において有効であったフィルタ材の内、F5ではコア材の含水比を $\omega_{opt} \pm 4\%$ に変化させても有効であったが、F6では $\omega_{opt} \pm 4\%$ の場合において非有効であった。一方、 ω_{opt} のコア材において非有効であったフィルタ材F9では、コア材の含水比を $\omega_{opt} \pm 4\%$ に変化させても非有効であった。
- ② Dダムコア材を用いた試験の場合、 ω_{opt} で締め固めたコア材において有効であったフィルタ材F5およびF7ではコア材の含水比を $\omega_{opt} \pm 4\%$ に変化させても有効であったが、 $\omega_{opt}-4\%$ の場合において非有効であった。一方、 ω_{opt} のコア材において非有効であったフィルタ材F11では、コア材の含水比を $\omega_{opt} \pm 4\%$ に変化させても非有効であった。

非有効なフィルタ材での試験では、Dダムコア材に比べAダムコア材の方がピンホールおよび境界面の侵食部が拡大している傾向にあった。

(2) 流出開始時間

流出開始時間の頻度分布を図-4.17のヒストグラムに示す。なお、図-4.17には含水比を変化させたA・Dダムコア材を用いた試験の流出開始時間をまとめて有効・非有効なフィルタ材ごとに示し、正規曲線も併記している。この図から、全体的にバラツキがあるものの、有効なフィルタ材の流出開始時間は非有効なフィルタ材に比べ遅くなっていることがわかる。

(3) 流出量の経時変化

図-4.18に流出量の経時変化を示す。この図から以下のことがわかる。

- ① 図-4.18(a)に示すAダムコア材・ $\omega_{opt}-4\%$ の場合、流出量は有効なフィルタ材において $5\text{cm}^3/\text{s}$ 未満、非有効なフィルタ材においても $10\text{cm}^3/\text{s}$ 未満で時間とともに漸減し明確な差がみられなかった。同様に、図-4.18(b)に示すAダムコア材・ ω_{opt} の場合でも、流出量は有効なフィルタ材において $15\text{cm}^3/\text{s}$ 未満、非有効なフィルタ材においてはほぼ $20\text{cm}^3/\text{s}$ 未満で漸減し両者の間にはあまり明確な差がみられなかった。一方、図-4.18(c)に示すAダムコア材・ $\omega_{opt}+4\%$ の場合、有効なフィルタ材における流出量は $15\text{cm}^3/\text{s}$ 未満で漸減するが、非有効なフィルタ材では $20\text{cm}^3/\text{s}$ 以上であり、有効・非有効のフィルタ材の間には流出量の経時変化に明確な差がみられた。
- ② 図-4.18(d)に示すDダムコア材・ $\omega_{opt}-3\%$ の場合、非有効なフィルタ材における試験のみで流出量は $60\text{cm}^3/\text{s}$ 以上で変動幅が大きかった。図-4.18(e)に示すDダムコア材・ ω_{opt} の場合、有効なフィルタ材

表-4.5 含水比を変化させたコアに対する非侵食試験結果の一覧

(a) Aダムコア材

フ イ ル タ 材			D_{10}/d_{90}	コ ア 材		流出開始 時 間 (秒後)	ピンホールの 侵 食 状 況 (侵食径A×B)	境界面の侵食状況	圧 力 (kgf/cm ²)	流 出 速 度 (cm ³ /s)	濁 度 (ppm)	判 定
種 類	D_{10} (mm)	均等係数 U_c		含水比 (%)	乾燥密度 (g/cm ³)							
F5	0.59	2.30	1.69	14.02	1.530	129	わずかに侵食	侵食なし	4.0	6.9→2.8	500以上→12	○
				14.02	1.530	60	わずかに侵食	侵食なし	4.0	3.9→2.8	500以上→3	○
				18.35	1.780	41	侵食なし	侵食なし	3.8→4.0	8.1→10.2	500以上→26	○
				18.35	1.780	24	侵食なし	侵食なし	3.8→4.0	16.1→13.8	500以上→22	○
				22.03	1.690	80	侵食なし	侵食なし	4.0	3.1→11.8	30→75→25	○
				22.03	1.690	80	侵食なし	わずかに侵食	3.7→4.0	3.5→13.5	48→140→16	○
F6	0.71	2.20	2.03	14.11	1.529	10	一様に拡大 ($\phi 3.0\text{mm} \times 3.0\text{mm}$)	広く侵食	4.0	12.8→5.5	500以上→14	×
				13.98	1.530	17	逆円錐状に拡大 ($\phi 4.0\text{mm} \times 4.0\text{mm}$)	厚く侵食	4.0	8.2→5.5	500以上→20	×
				18.33	1.780	93	侵食なし	侵食なし	4.0	2.2→3.4	27→186→15	○
				18.33	1.780	37	侵食なし	わずかに侵食	3.9→4.0	9.0→10.6	450→54	○
				22.06	1.689	20	一様に拡大 ($\phi 7.0\text{mm} \times 5.0\text{mm}$)	厚く侵食	3.8→4.0	21.0→37.4	500以上→4	×
				22.11	1.725	17	一様に拡大 ($\phi 8.0\text{mm} \times 5.0\text{mm}$)	広く大きく侵食	4.0	30.8→22.5	500以上→12	×
F9	0.96	1.53	2.74	14.05	1.528	45	一様に拡大 ($\phi 2.0\text{mm} \times 2.0\text{mm}$)	侵食範囲は狭い	4.0	5.3→3.3	500以上→12	×
				14.05	1.528	130	一様に拡大 ($\phi 3.0\text{mm} \times 1.0\text{mm}$)	広く大きく侵食	3.9→4.0	4.8→3.7	500以上→3	×
				18.20	1.781	10	一様に拡大 ($\phi 6.0\text{mm} \times 5.0\text{mm}$)	広く侵食	3.5→4.0	43.7→20.4	500以上→10	×
				18.20	1.781	15	一様に拡大 ($\phi 5.0\text{mm} \times 6.0\text{mm}$)	広く侵食	4.0	19.8→12.9	500以上→30	×
				22.16	1.706	14	一様に拡大 ($\phi 6.0\text{mm} \times 5.0\text{mm}$)	広く大きく侵食	2.3→3.5	39.8→48.6	500以上→29	×
				22.16	1.706	10	一様に拡大 ($\phi 6.0\text{mm} \times 4.0\text{mm}$)	広く大きく侵食	3.8→2.1	42.0→46.5	500以上→125	×

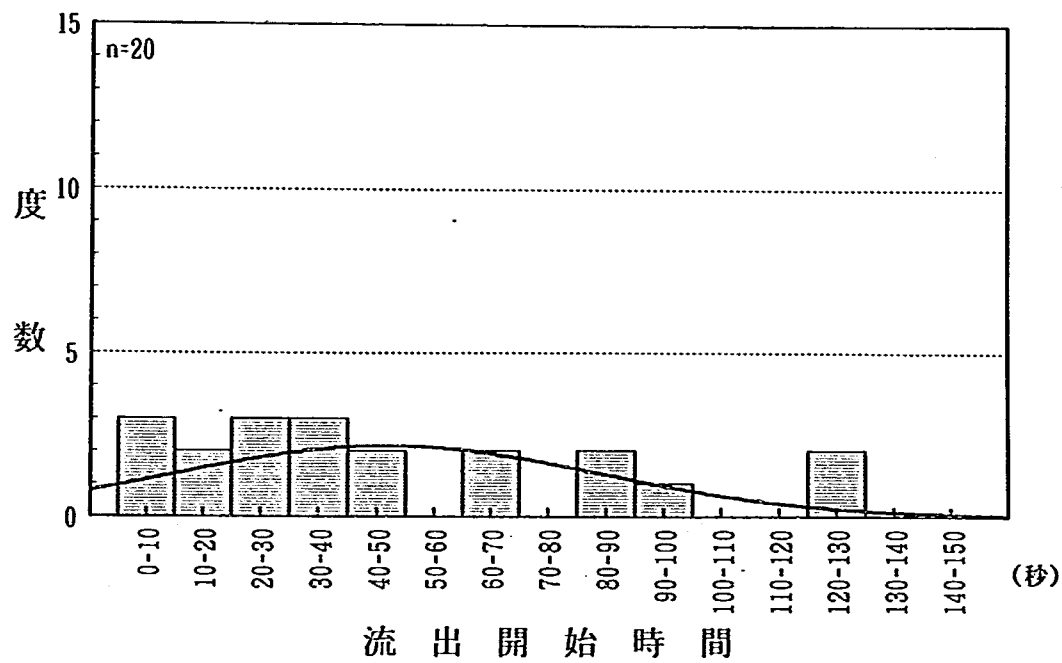
Aダムコア材 85%通過粒径 $d_{90} = 0.35 \text{ mm}$

(b) Dダムコア材

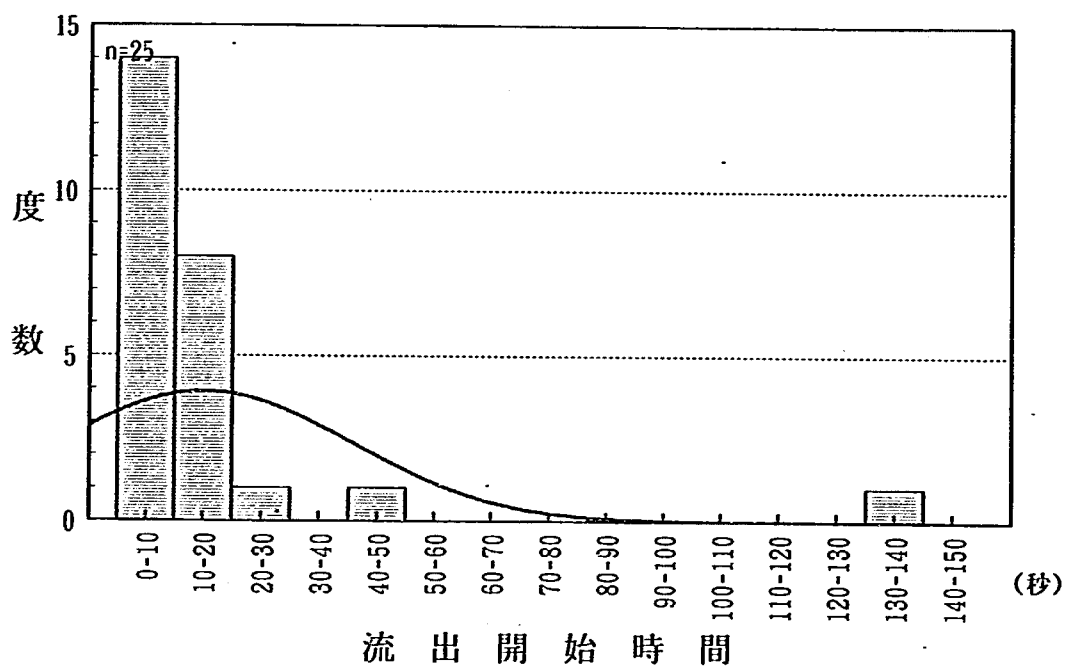
表-4.5 含水比を変化させたコアに対する非侵食試験結果の一覧

フ ィ ル タ 材			D_{10}/d_{90}	コ ア 材		流出開始 時 間 (秒後)	ピンホールの 侵 食 状 況 (侵食径A×B)	境界面の侵食状況	圧 力 (kgf/cm ²)	流出速度 (cm ³ /s)	濁 度 (ppm)	判 定
種 類	D_{10} (mm)	均等係数 U_c		含水比 (%)	乾燥密度 (g/cm ³)							
F5	0.59	1.09	0.31	19.09	1.479	7	供試体が軟弱 ($\phi 1.0\text{mm} \times 1.0\text{mm}$)	侵食なし	1.3~1.4	82.9~72.7	115 → 5	×
				19.09	1.479	5	供試体が軟弱 ($\phi 1.0\text{mm} \times 1.0\text{mm}$)	侵食なし	1.0→1.1	81.6→78.0	95 → 4	×
				19.09	1.479	4	供試体が軟弱 ($\phi 1.0\text{mm} \times 1.0\text{mm}$)	侵食なし	1.1	82.2~77.2	110 → 2	×
				22.05	1.630	6	侵食なし	侵食なし	4.0	38.9→27.5	500以上→ 6	○
				22.05	1.630	7	侵食なし	侵食なし	3.3→4.0	61.8~55.3	500以上→ 5	○
				21.97	1.629	8	わずかに侵食	侵食なし	4.0	36.3→21.9	500以上→ 2	○
				25.02	1.500	47	侵食なし	侵食なし	4.0	2.8~ 2.0	40 → 0	○
				25.02	1.500	120	侵食なし	わずかに侵食	4.0	2.0→ 1.0	16 → 0	○
				25.02	1.500	69	侵食なし	わずかに侵食	4.0	1.8→ 1.6	40 → 0	○
F7	0.84	1.08	0.44	19.01	1.480	9	一様に拡大 ($\phi 2.0\text{mm} \times 2.0\text{mm}$)	侵食範囲は狭い	1.6→1.9	110.7~95.5	340 → 2	×
				19.03	1.480	3	供試体が軟弱 ($\phi 1.0\text{mm} \times 1.0\text{mm}$)	わずかに侵食	2.0→4.0	123.0~81.5	450 → 0	×
				19.03	1.480	3	供試体が軟弱 ($\phi 1.0\text{mm} \times 1.0\text{mm}$)	広く侵食	3.0→4.0	94.0~58.6	500以上→ 2	×
				22.00	1.630	23	侵食なし	侵食なし	4.0	9.8~12.4	300 → 0	○
				22.00	1.630	21	侵食なし	侵食なし	4.0	28.4→19.6	500以上→ 0	○
				22.00	1.630	17	侵食なし	侵食なし	4.0	24.6~27.8	500以上→ 0	○
				25.01	1.500	30	侵食なし	わずかに侵食	4.0	6.0→ 3.9	8 → 0	○
				25.01	1.500	36	侵食なし	わずかに侵食	4.0	3.5~ 2.3	0	○
				24.98	1.501	15	侵食なし	侵食なし	4.0	4.2→ 3.4	160 → 0	○
F11	1.04	0.87	0.54	19.03	1.480	8	一様に拡大 ($\phi 2.0\text{mm} \times 2.0\text{mm}$)	厚く侵食	1.0	82.6~77.8	270 → 7	×
				19.03	1.480	5	一様に拡大 ($\phi 2.5\text{mm} \times 2.0\text{mm}$)	厚く侵食	0.8→0.9	79.9~82.3	230 → 20	×
				19.09	1.479	5	一様に拡大 ($\phi 2.0\text{mm} \times 2.0\text{mm}$)	厚く侵食	1.0	80.4~85.6	150 → 2	×
				22.05	1.630	6	一様に拡大 ($\phi 2.0\text{mm} \times 2.0\text{mm}$)	侵食範囲は狭い	1.5→1.2	80.7~77.2	500以上→ 20	×
				22.05	1.630	3	一様に拡大 ($\phi 3.0\text{mm} \times 2.0\text{mm}$)	侵食範囲は狭い	1.8→1.9	73.8~67.3	500以上→ 16	×
				22.05	1.630	5	一様に拡大 ($\phi 2.0\text{mm} \times 2.0\text{mm}$)	わずかに侵食	1.9→1.6	73.3~77.6	390 → 19	×
				25.15	1.498	11	一様に拡大 ($\phi 2.0\text{mm} \times 3.0\text{mm}$)	侵食範囲は狭い	2.2→2.4	71.1~67.2	300 → 4	×
				25.15	1.498	8	一様に拡大 ($\phi 3.0\text{mm} \times 2.0\text{mm}$)	侵食範囲は狭い	2.2→1.6	55.0~60.4	330 → 4	×
				25.15	1.498	9	一様に拡大 ($\phi 2.5\text{mm} \times 2.5\text{mm}$)	厚く侵食	2.0	64.8~69.2	380 → 3	×

Dダムコア材 85%通過粒径 $d_{85} = 1.92 \text{ mm}$



(a) 有効なフィルタ材



(b) 非有効なフィルタ材

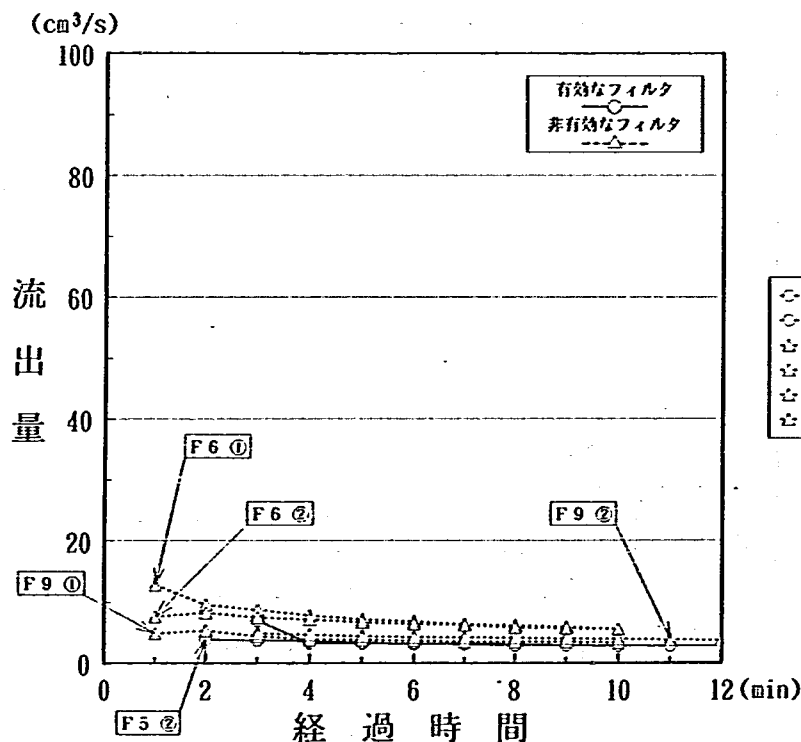
図-4.17 流出開始時間の頻度分布 (含水比を変化させたコア)

タ材における流出量は $60\text{cm}^3/\text{s}$ 未満で漸減するが、非有効なフィルタ材では $70\text{cm}^3/\text{s}$ 以上であり、有効・非有効のフィルタ材の間に明確な差がみられた。同様に、図-4.18(f)に示すDダムコア材・ $\omega_{\text{opt}}+3\%$ の場合でも、有効なフィルタ材における流出量はほぼ $10\text{cm}^3/\text{s}$ 未満で漸減し非有効なフィルタ材では $60\text{cm}^3/\text{s}$ 以上となり、有効・非有効のフィルタ材の間に明確な差がみられた。

以上のように、有効・非有効のフィルタ材における流出量の経時変化は、Aダムコア材の試験では明確な差がみられなかったものが多かったが、Dダムコア材の試験では有効・非有効の境界の流出量が $60\text{cm}^3/\text{s}$ となり明確な差がみられた。

(4) 濁度の経時変化

図-4.19に濁度の経時変化を示す。ただし、濁度が今回使用した濁度計の最大測定範囲 500ppm を越えるものについては全て 500ppm として表示した。有効・非有効のフィルタ材とも図-4.19(a)~(c)に示すAダムコア材では通水開始後5分経過時点で濁度は 100ppm 未満に、図-4.19(d)~(f)に示すDダムコア材では通水開始後3分経過時点で濁度は 50ppm 未満に収束したが、通水開始時点での濁度は非有効なフィルタ材ほど高い傾向にあった。



(a) Aダムコア材, $\omega_{\text{opt}}=4\%$

図-4.18 流出量の経時変化 (含水比を変化させたコア)

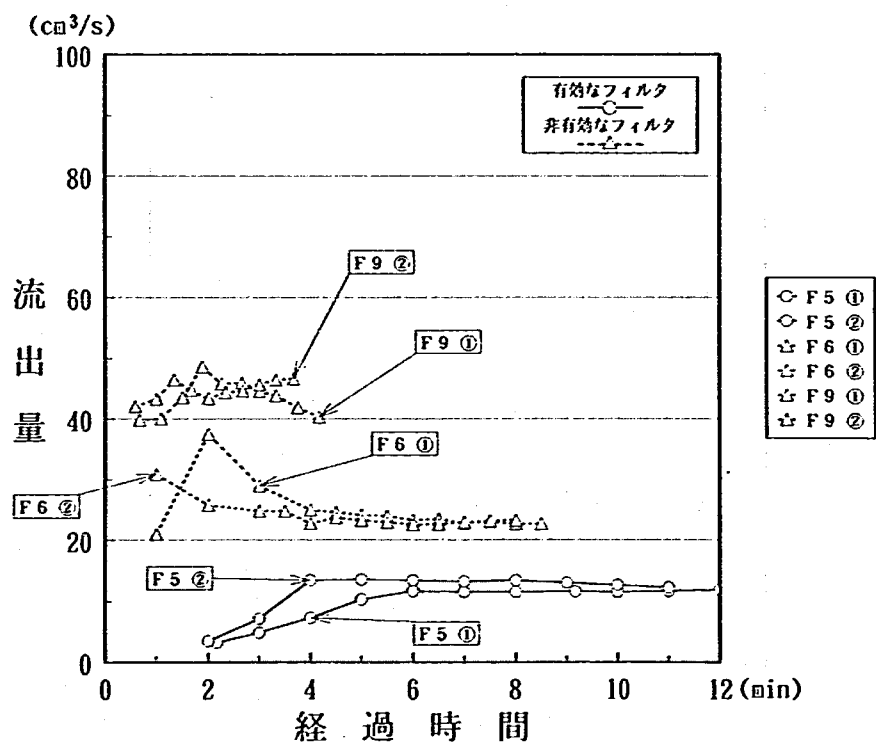
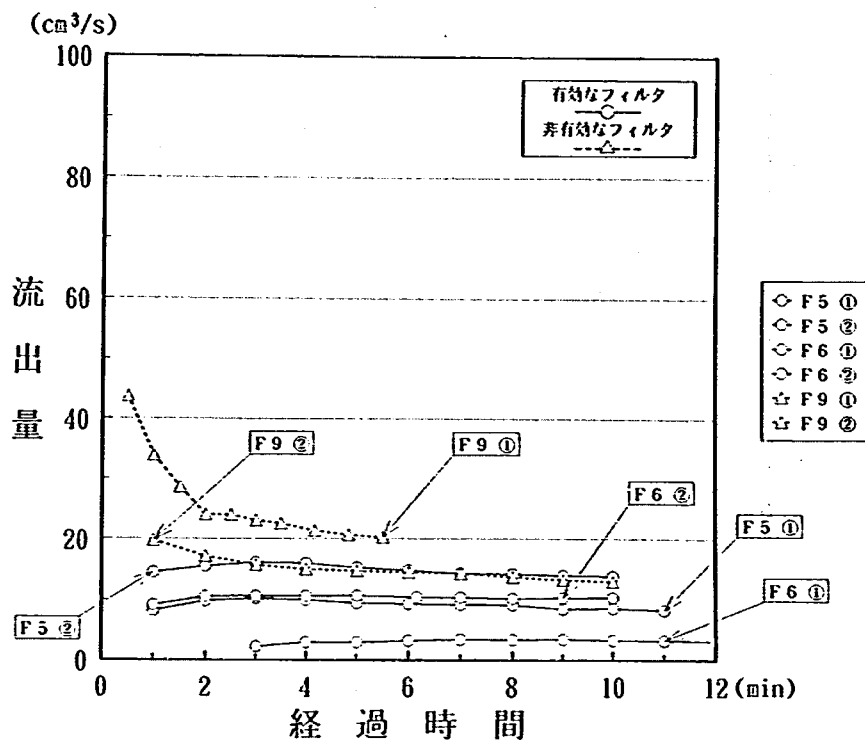


図-4.18 流出量の経時変化 (含水比を変化させたコア)

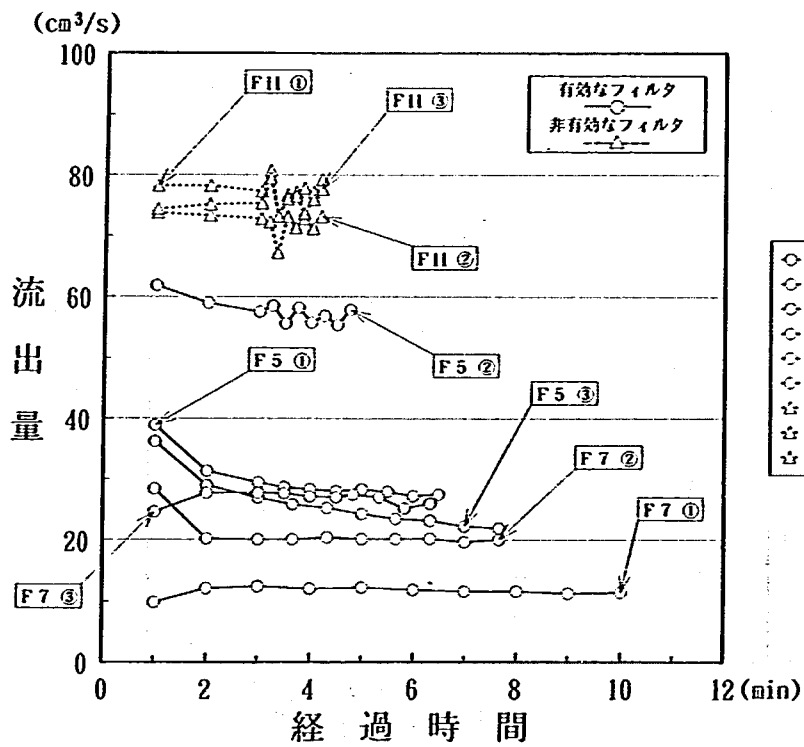
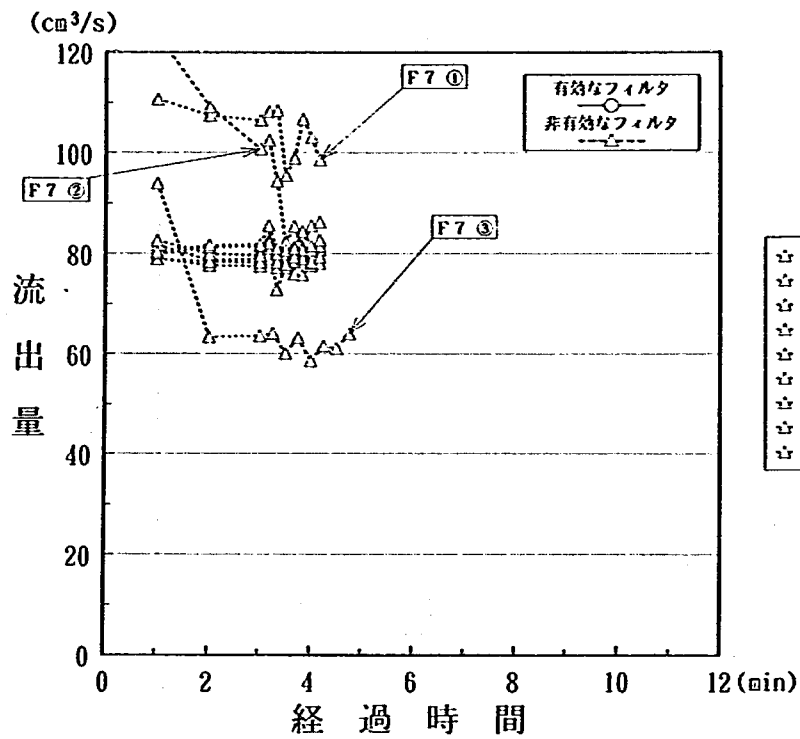


図-4.18 流出量の経時変化 (含水比を変化させたコア)

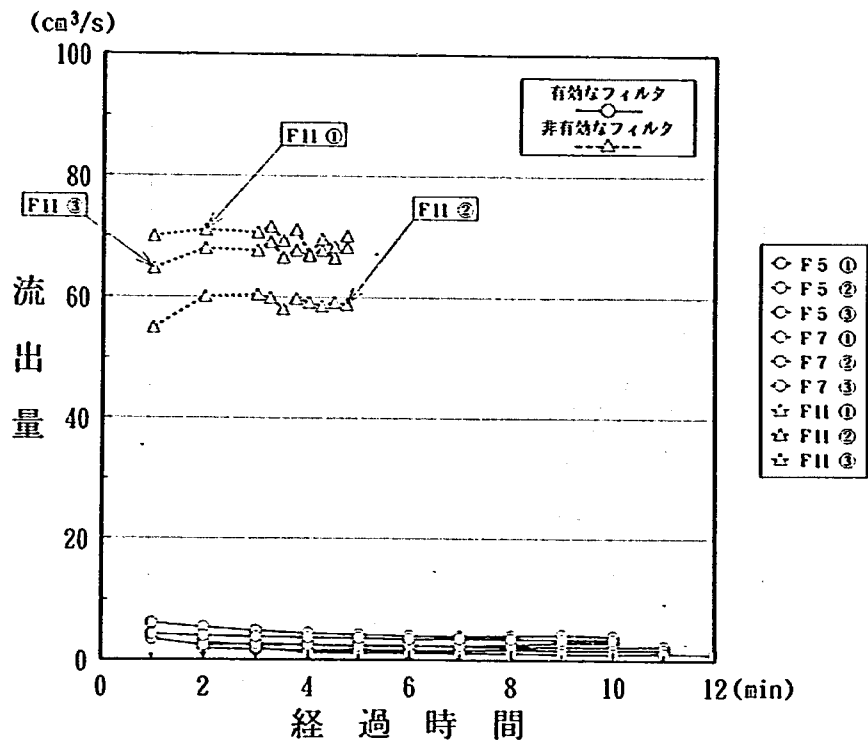


図-4.18 流出量の経時変化 (含水比を変化させたコア)

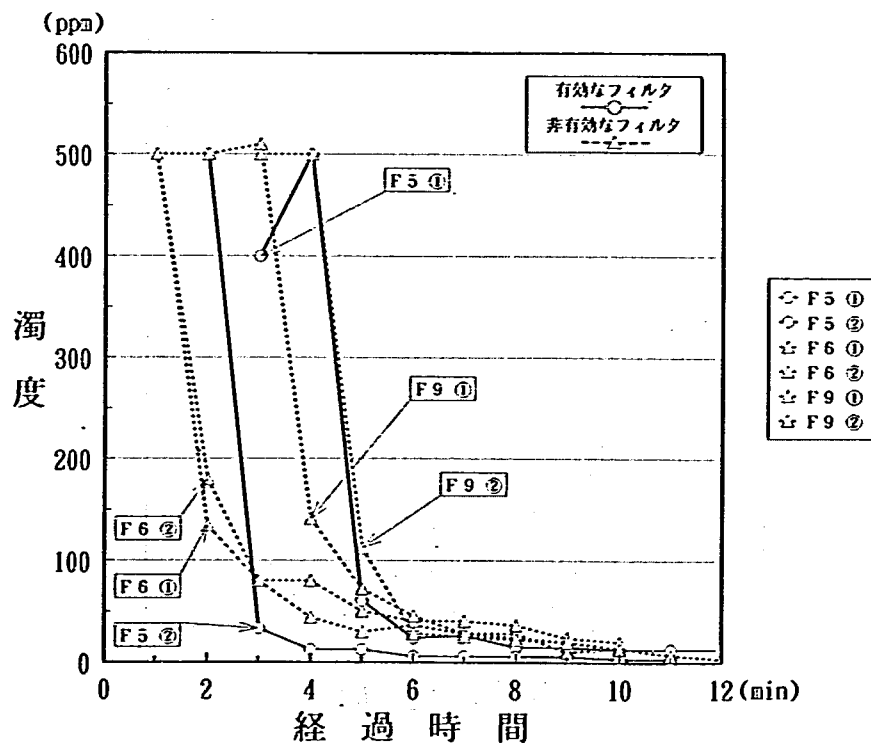
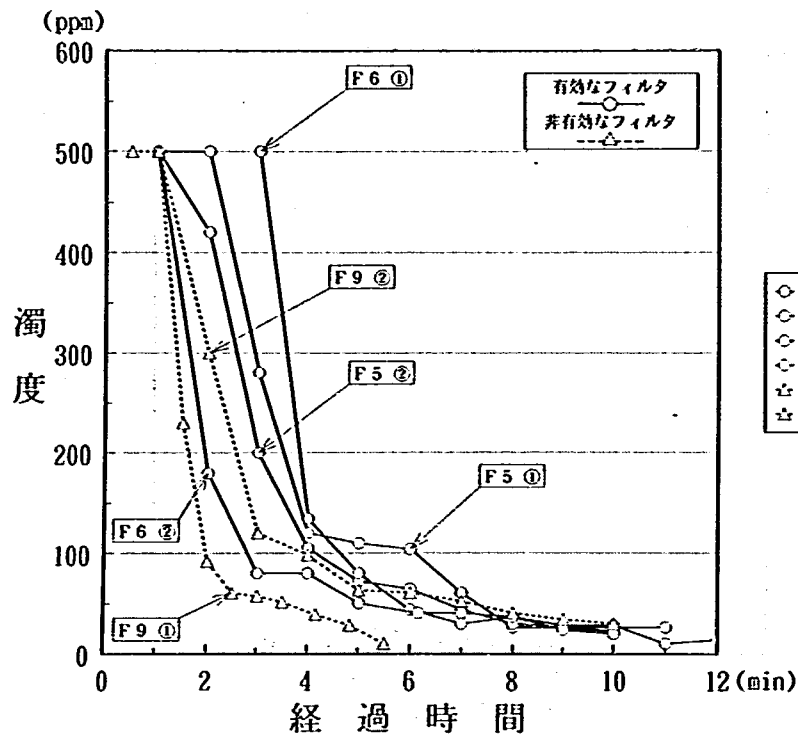
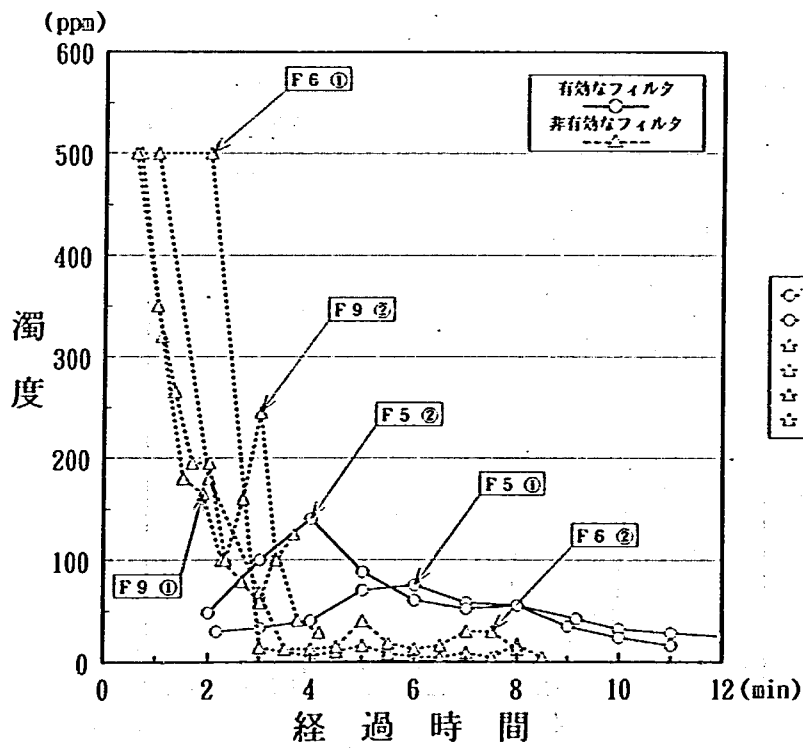


図-4.19 濁度の経時変化 (含水比を変化させたコア)



(b) Aダムコア材, ω_{opt}



(c) Aダムコア材, $\omega_{opt} + 4\%$

図-4.19 濁度の経時変化 (含水比を変化させたコア)

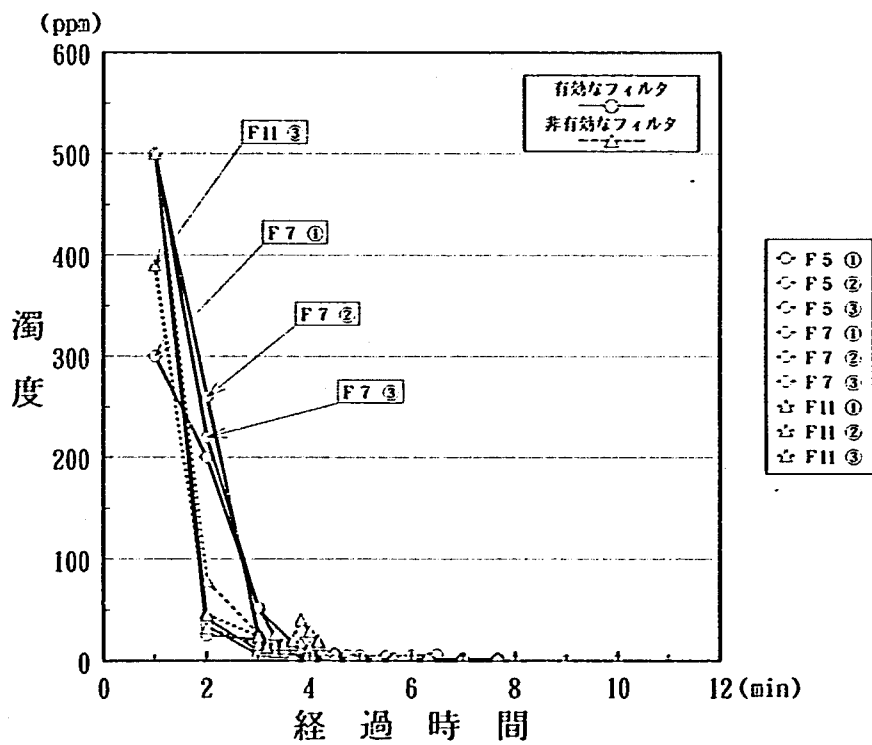
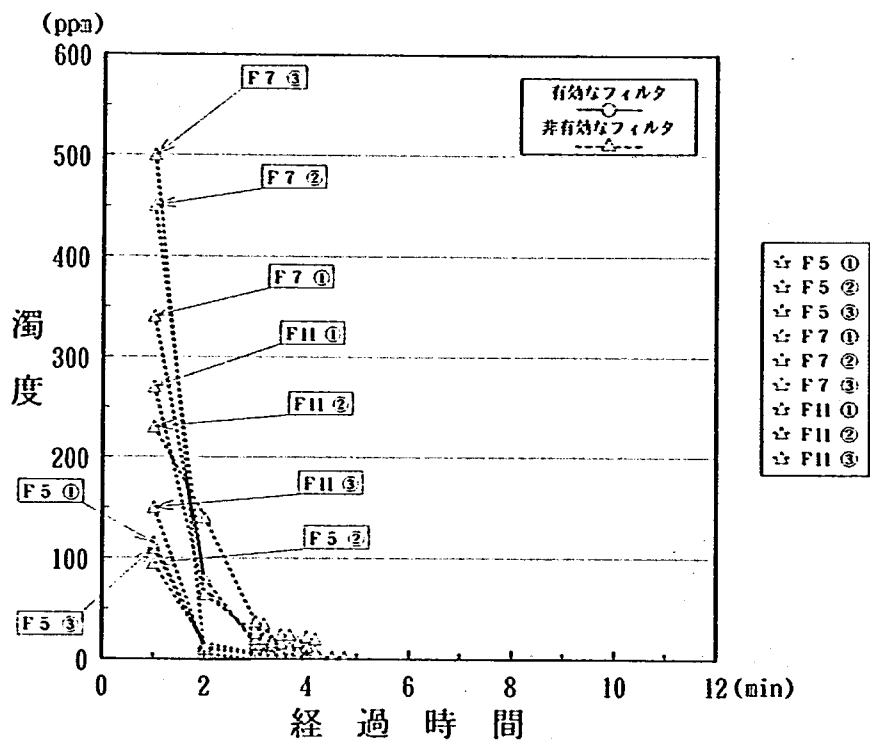
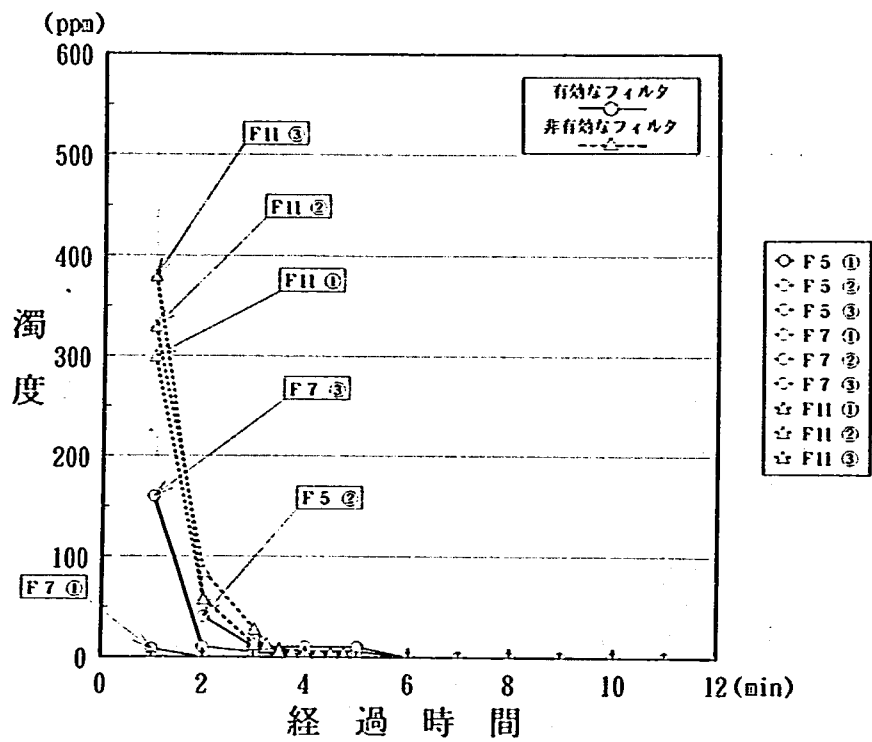


図-4.19 濁度の経時変化 (含水比を変化させたコア)



(f) Dダムコア材, $\omega_{opt} + 3\%$

図-4.19 濁度の経時変化 (含水比を変化させたコア)

(5) 圧力の経時変化

図-4.20に圧力の経時変化を示す。圧力については各ダムコア材の有効・非有効なフィルタ材とも 4 kgf/cm^2 で一定となる様に制御しているが、Aダムコア材・ $\omega_{\text{opt}} + 4\%$ およびDダムコア材の各含水比の非有効なフィルタ材の場合、ピンホールの侵食径が大となり通水ポンプの最大吐出能力を越え圧力 4 kgf/cm^2 を維持できなかったことが多かった。

(6) フィルタ材の粒度分布

含水比を変化させたコア材の非侵食試験において用いたフィルタ材の粒度分布曲線と試験結果を図-4.21に、試験結果のまとめを表-4.6に示す。なお、図-4.21には各ダムコア材について含水比毎に試験結果を示している。

均一なフィルタによる非侵食試験の場合、最適含水比 ω_{opt} で締め固めたAダムコア材における有効・非有効の境界の D_{15} は $0.84 \sim 0.96 \text{ mm}$ であり、Dダムコア材における有効・非有効の境界の D_{15} もほぼ同様の $0.88 \sim 0.96 \text{ mm}$ であった。

コア材の含水比を ω_{opt} から変化させた試験の場合、

- ① D_{15} が有効・非有効の境界よりも非有効側のフィルタ材ではA・Dダムコア材とも含水比が乾燥側・湿潤側双方で非有効であった。
- ② D_{15} が有効・非有効の境界よりも有効側のフィルタ材では各ダムコア材によって試験結果に差がみられた。Aダムコア材の場合、より細粒のフィルタ材F5では乾燥側・湿潤側双方とも有効、有効・非有効の境界付近のフィルタ材F6では乾燥側・湿潤側双方とも非有効であり、コア材の乾湿による差がみられなかった。これに対してDダムコア材の場合、より細粒のフィルタ材F5および有効・非有効の境界付近のフィルタ材F7とも乾燥側が非有効となり湿潤側が有効となった。

これらの結果から、含水比を $\omega_{\text{opt}} + 3 \sim 4\%$ と湿潤側に締め固めたコア材は、含水比を $\omega_{\text{opt}} - 3 \sim 4\%$ と乾燥側にしたものに比べ非侵食試験における集中浸透に対する抵抗性がやや高いとも言える。

(7) 加積侵食指数 ΣE_i の経時変化

含水比を変化させた各ダムコア材の加積侵食指数値 ΣE_i の経時変化を図-4.22に示す。この図から以下のことがわかる。

- ① 図-4.22(a), (b)に示すAダムコア材・ $\omega_{\text{opt}} - 4\%$ および ω_{opt} の場合、有効なフィルタ材では ΣE_i が一定値に収束するが、非有効なフィルタ材ではこの ΣE_i が漸増傾向を示している。ただし、有効・非有効の境界付近の ΣE_i の経時変化曲線は近似している。
- ② 図-4.22(c)に示すAダムコア材・ $\omega_{\text{opt}} + 4\%$ 、図-4.22(e), (f)に示すDダムコア材・ ω_{opt} および $\omega_{\text{opt}} + 3\%$ の場合、有効なフィルタ材では ΣE_i が一定値に収束し、非有効なフィルタ材では ΣE_i が漸増ないしは急増傾向を示しており両者の間には明らかな違いが見られる。

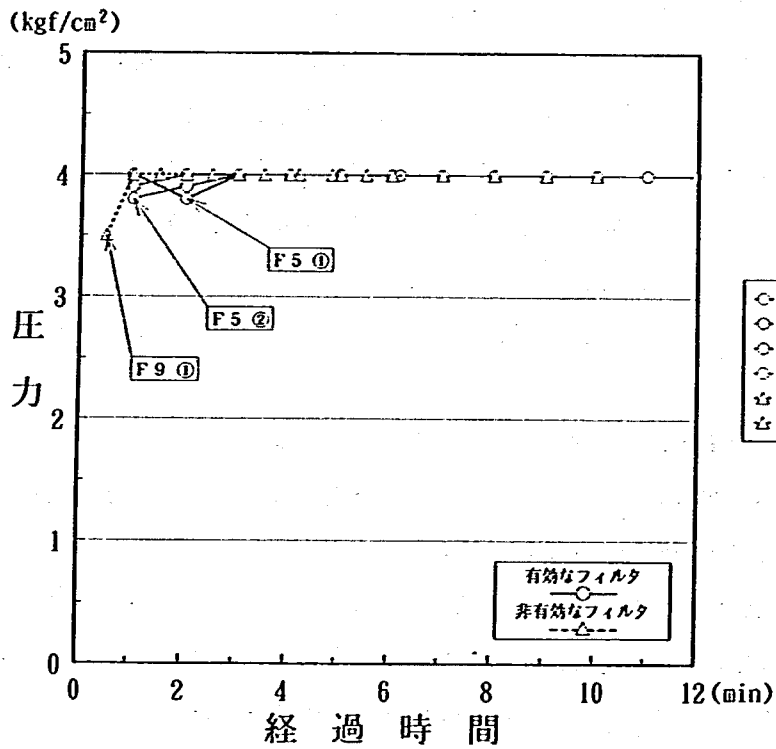
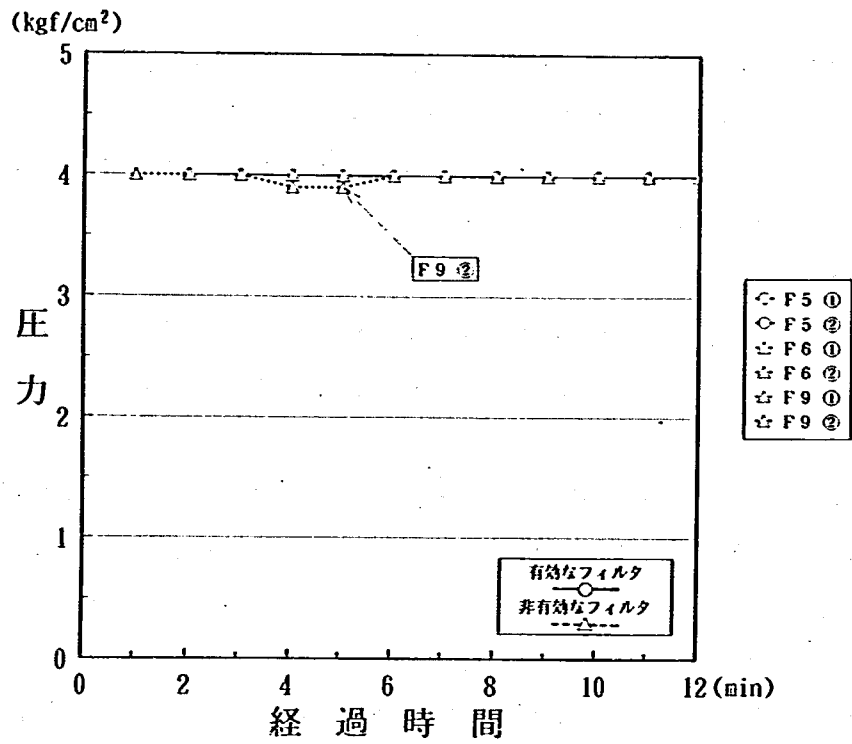


図-4.20 圧力の経時変化 (含水比を変化させたコア)

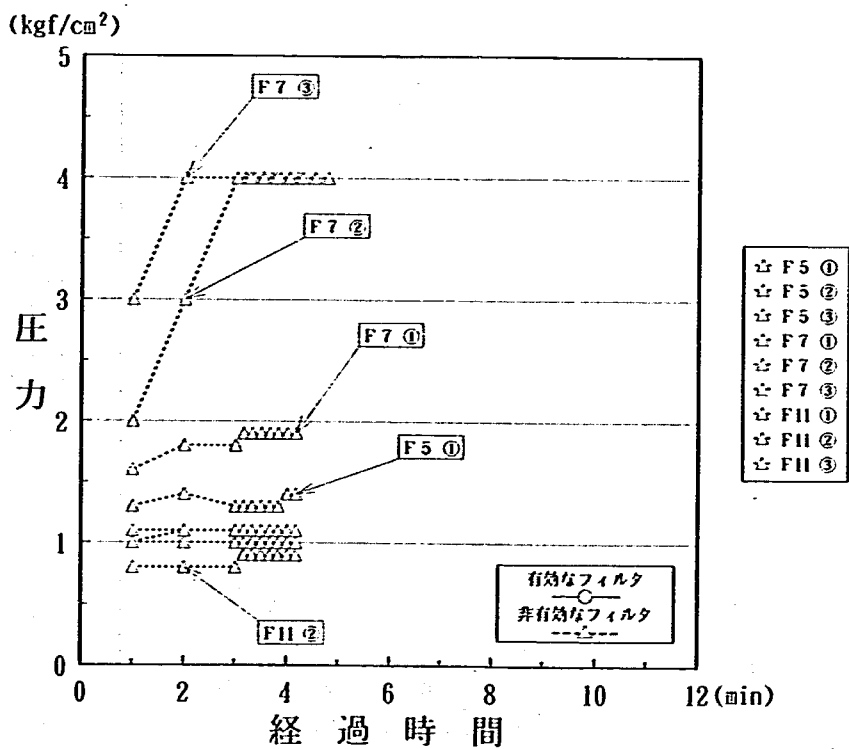
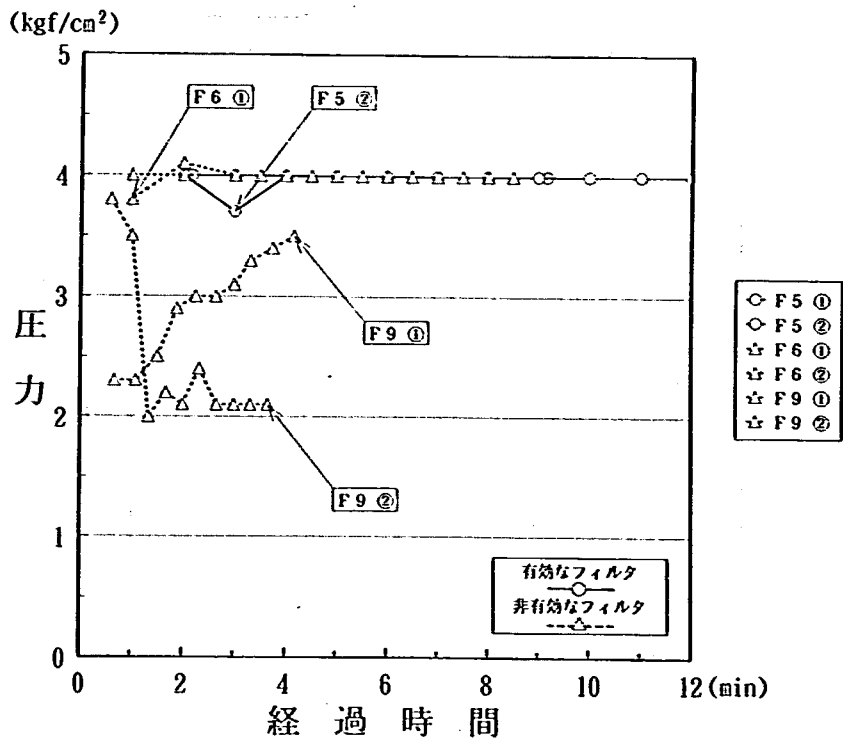
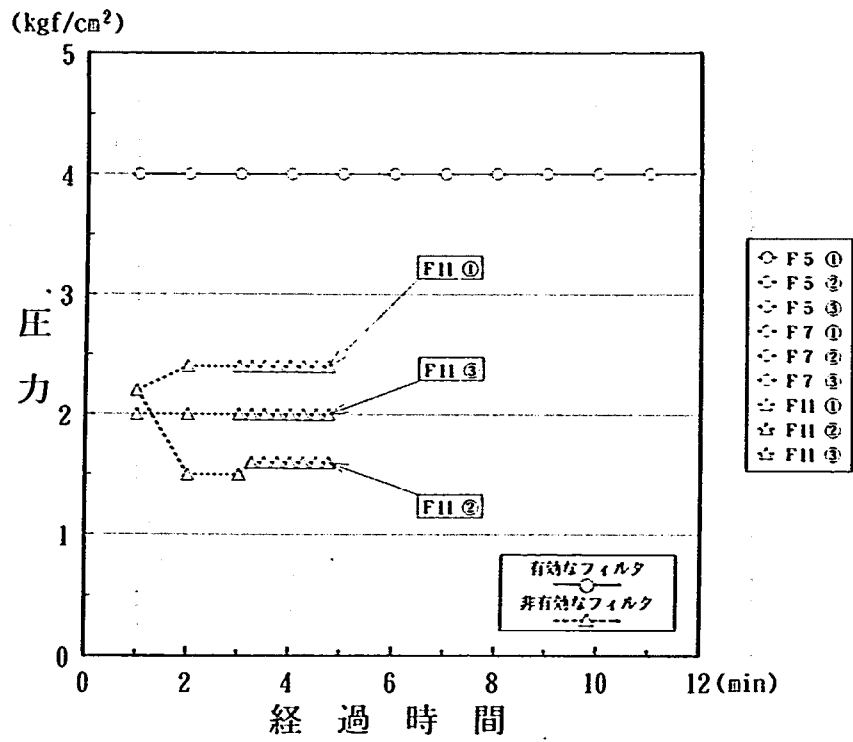
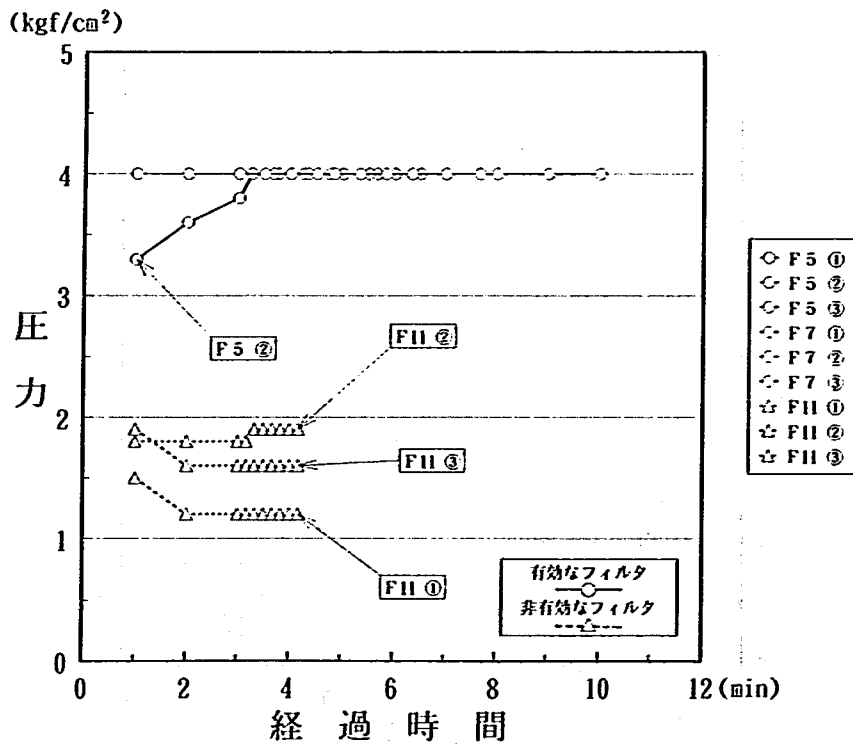


図-4.20 圧力の経時変化 (含水比を変化させたコア)



(e) Dダムコア材, ω_{opt}



(f) Dダムコア材, $\omega_{opt} + 3\%$

図-4.20 圧力の経時変化 (含水比を変化させたコア)

表-4.6 含水比を変化させたコアに対する非侵食試験結果

(a) Aダムコア材

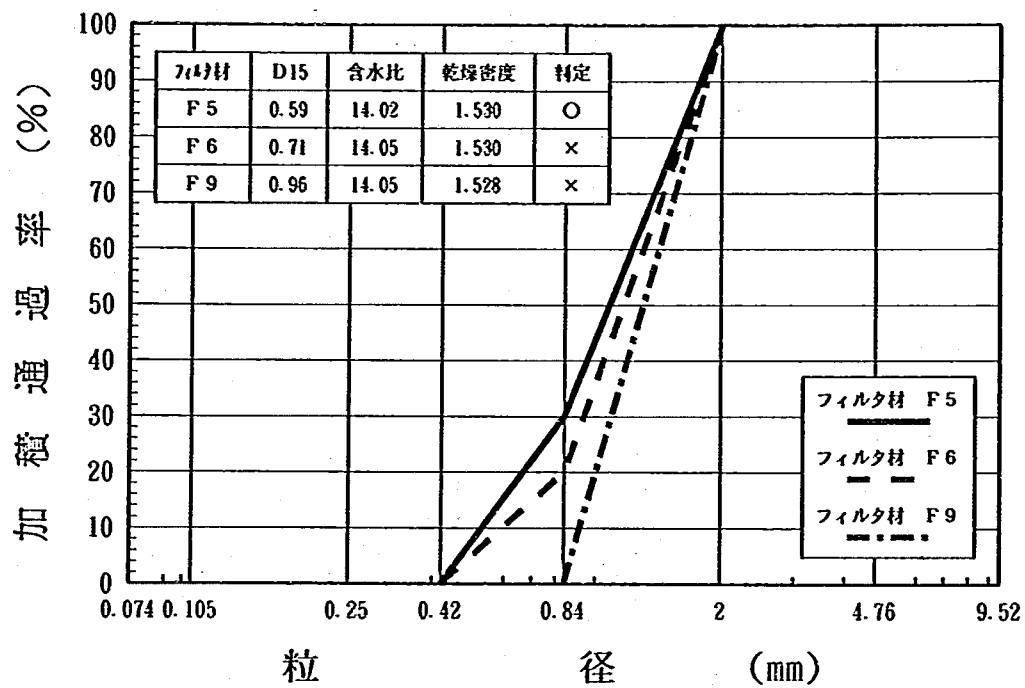
フ ィ ル タ 材					A ダ ム コ ア 材 $d_{95} = 0.35 \text{ mm}$								
					$\omega_{opt} - 4\%$			ω_{opt}			$\omega_{opt} + 4\%$		
種 類	D_{15} (mm)	D_{min} (mm)	D_{max} (mm)	均等係数 U_c	判 定	含水比 (%)	乾燥密度 (g/cm^3)	判 定	含水比 (%)	乾燥密度 (g/cm^3)	判 定	含水比 (%)	乾燥密度 (g/cm^3)
F5	0.59	0.42	2.00	2.30	○	14.02	1.530	○	18.35	1.780	○	22.03	1.690
					○	14.02	1.530	○	18.35	1.780	○	22.03	1.690
F6	0.71	0.42	2.00	2.20	×	14.11	1.529	○	18.33	1.780	×	22.06	1.689
					×	13.98	1.530	○	18.33	1.780	×	22.11	1.725
F9	0.96	0.84	2.00	1.53	×	14.05	1.528	×	18.20	1.781	×	22.16	1.706
					×	14.05	1.528	×	18.20	1.781	×	22.16	1.706

○：有効である ×：有効でない

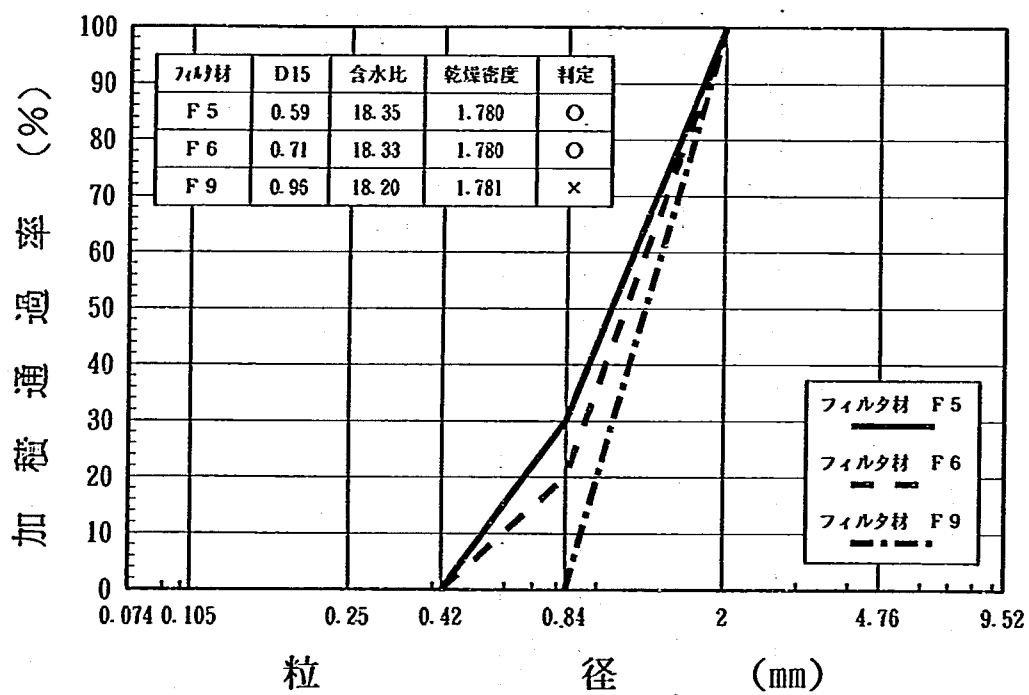
(b) Dダムコア材

フ ィ ル タ 材					D ダ ム コ ア 材 $d_{95} = 1.92 \text{ mm}$								
					$\omega_{opt} - 3\%$			ω_{opt}			$\omega_{opt} + 3\%$		
種 類	D_{15} (mm)	D_{min} (mm)	D_{max} (mm)	均等係数 U_c	判 定	含水比 (%)	乾燥密度 (g/cm^3)	判 定	含水比 (%)	乾燥密度 (g/cm^3)	判 定	含水比 (%)	乾燥密度 (g/cm^3)
F5	0.59	0.42	2.00	2.30	×	19.09	1.479	○	22.05	1.630	○	25.02	1.500
					×	19.09	1.479	○	22.05	1.630	○	25.02	1.500
					×	19.09	1.479	○	21.97	1.629	○	25.02	1.500
F7	0.84	0.42	2.00	1.99	×	19.01	1.480	○	22.00	1.630	○	25.01	1.500
					×	19.03	1.480	○	22.00	1.630	○	25.01	1.500
					×	19.03	1.480	○	22.00	1.630	○	24.98	1.501
F11	1.04	0.84	4.76	2.06	×	19.03	1.480	×	22.05	1.630	×	25.15	1.498
					×	19.03	1.480	×	22.05	1.630	×	25.15	1.498
					×	19.09	1.479	×	22.05	1.630	×	25.15	1.498

○：有効である ×：有効でない

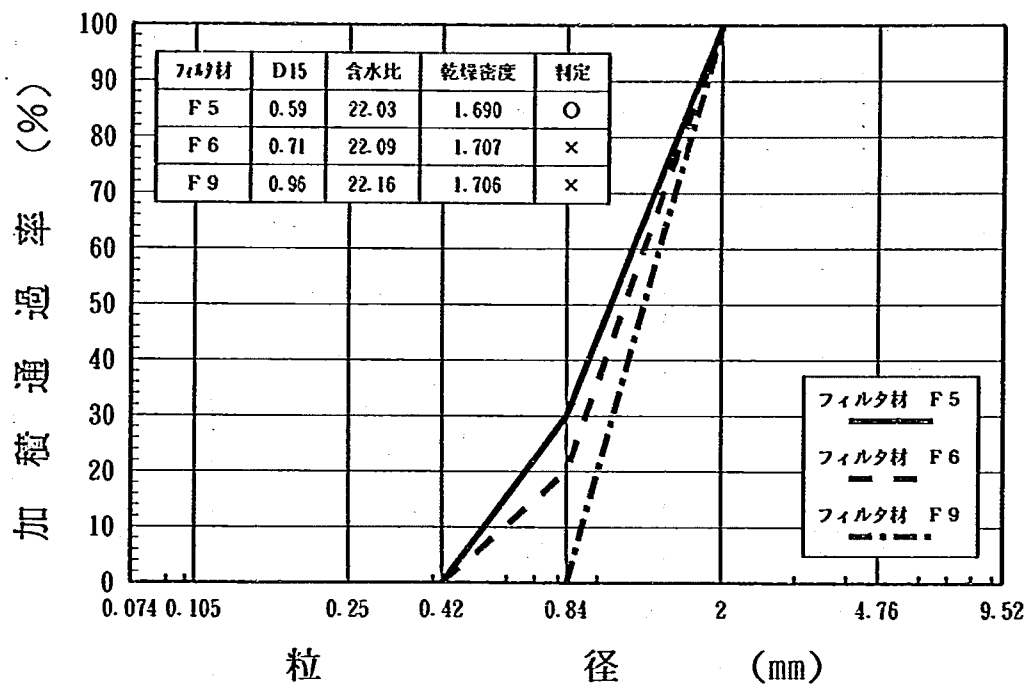


(a) Aダムコア材, $\omega_{opt} = 4\%$

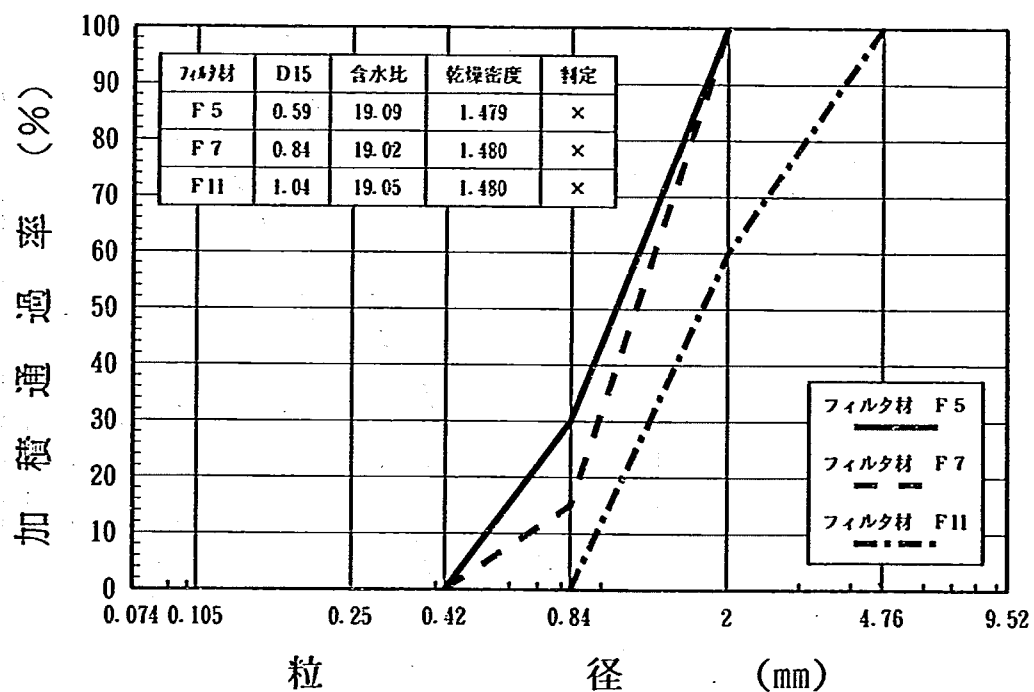


(b) Aダムコア材, ω_{opt}

図-4.21 フィルタ材の粒度分布曲線と試験結果 (含水比を変化させたコア)

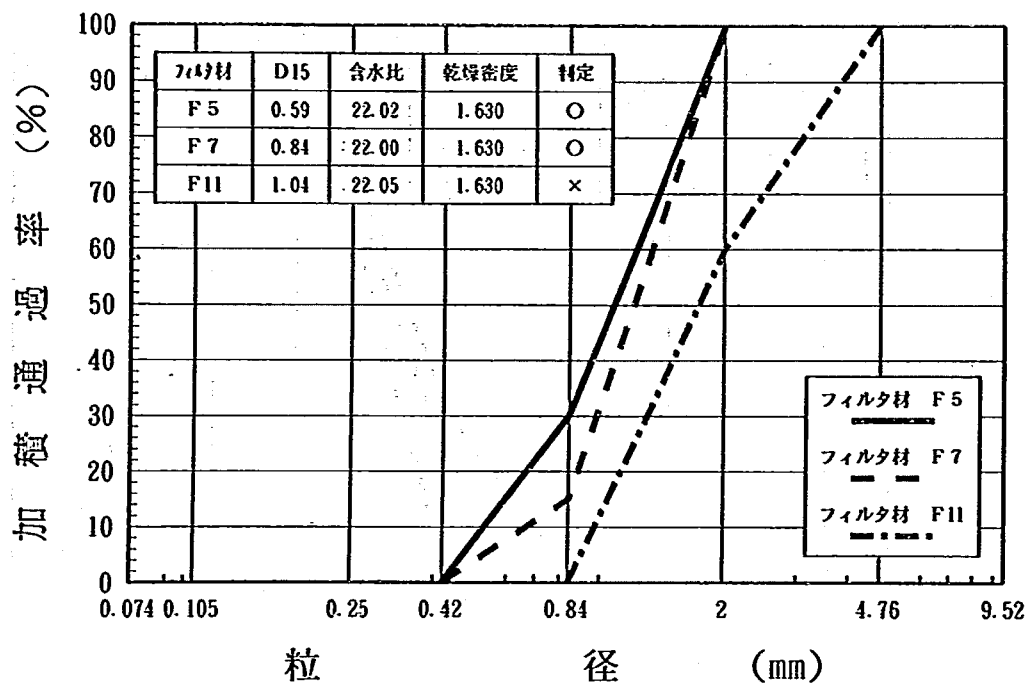


(c) Aダムコア材, $\omega_{opt} + 4\%$

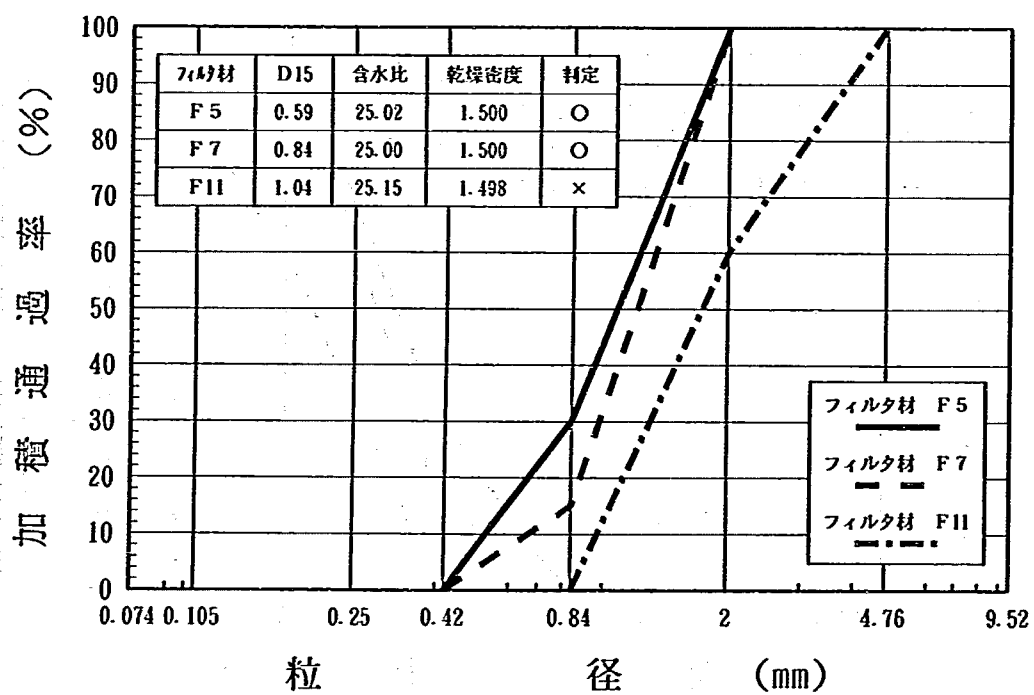


(d) Dダムコア材, $\omega_{opt} - 3\%$

図-4.21 フィルタ材の粒度分布曲線と試験結果 (含水比を変化させたコア)

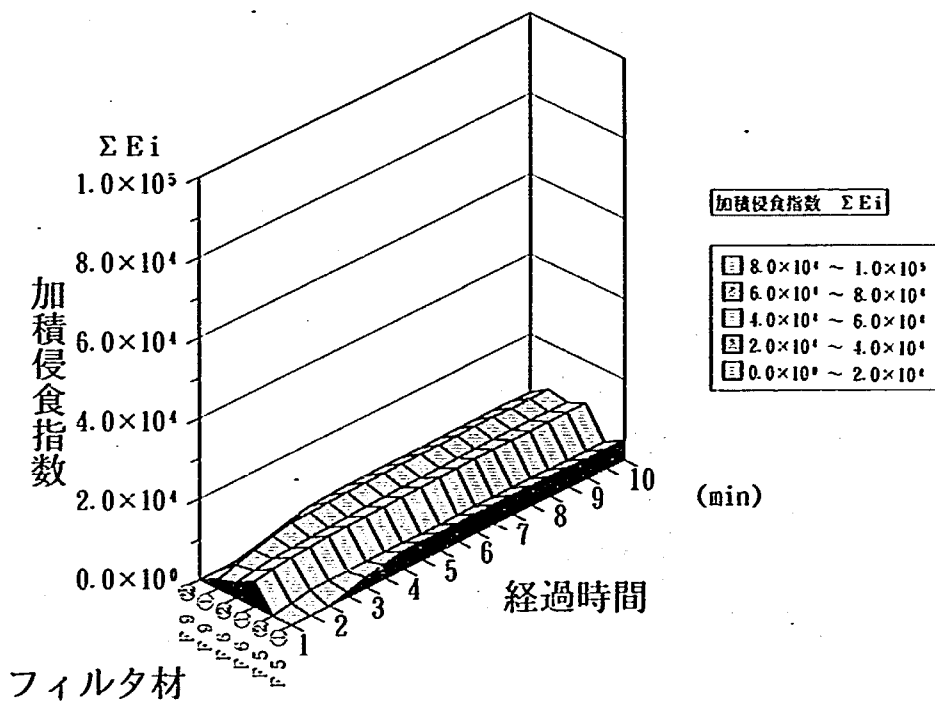
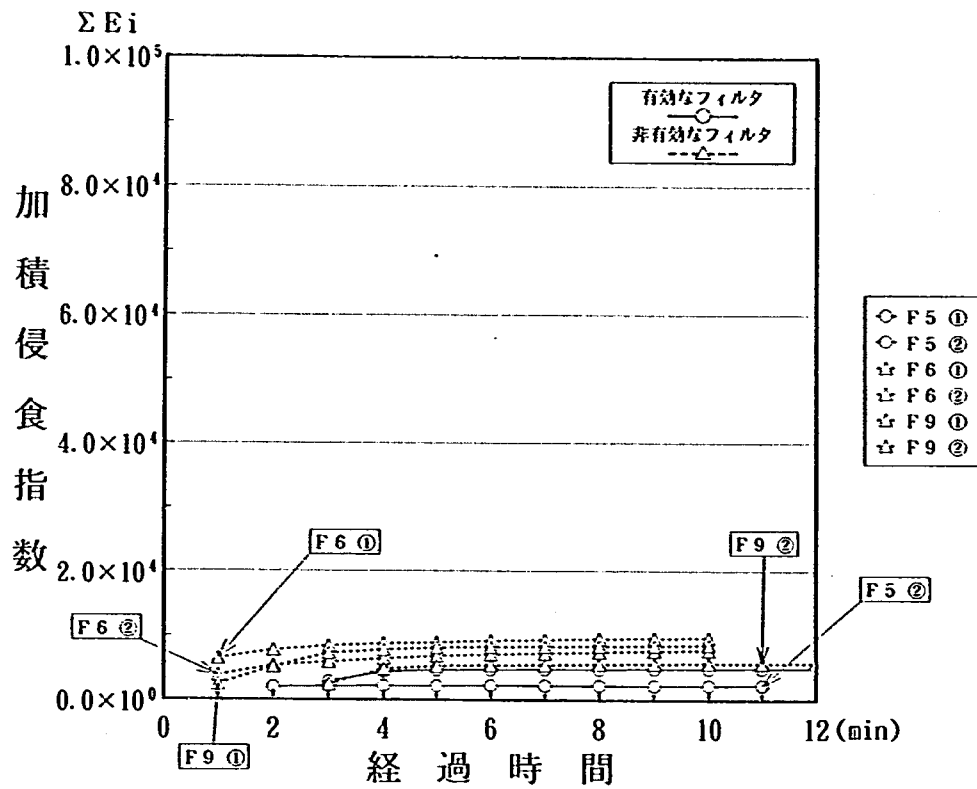


(e) Dダムコア材, ω_{opt}



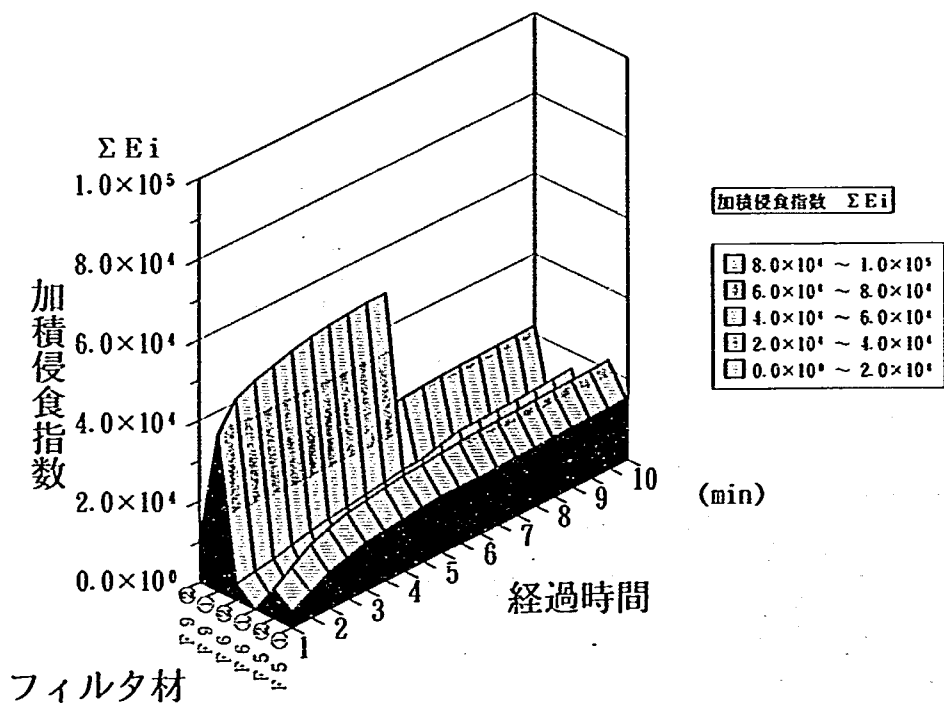
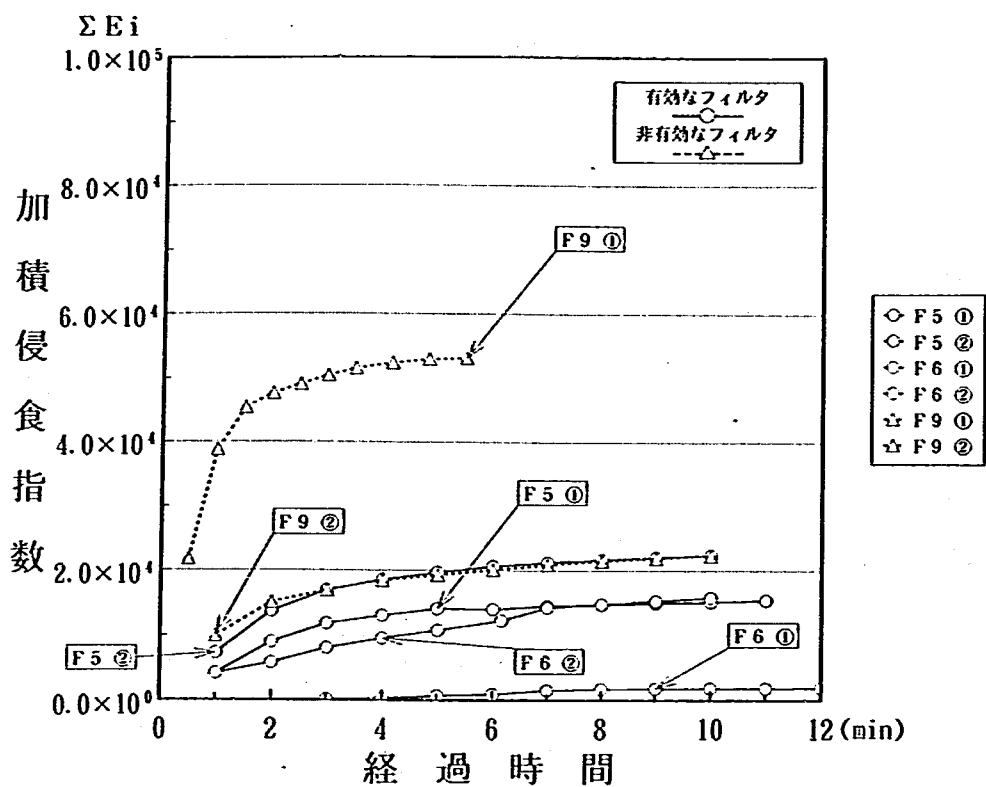
(f) Dダムコア材, $\omega_{opt} + 3\%$

図-4.21 フィルタ材の粒度分布曲線と試験結果 (含水比を変化させたコア)



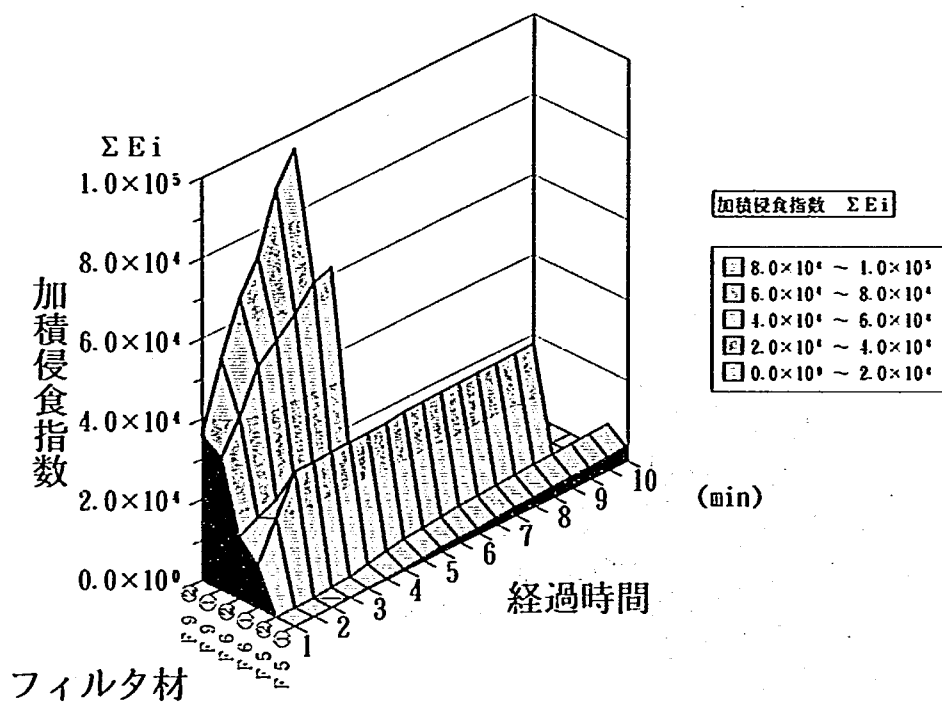
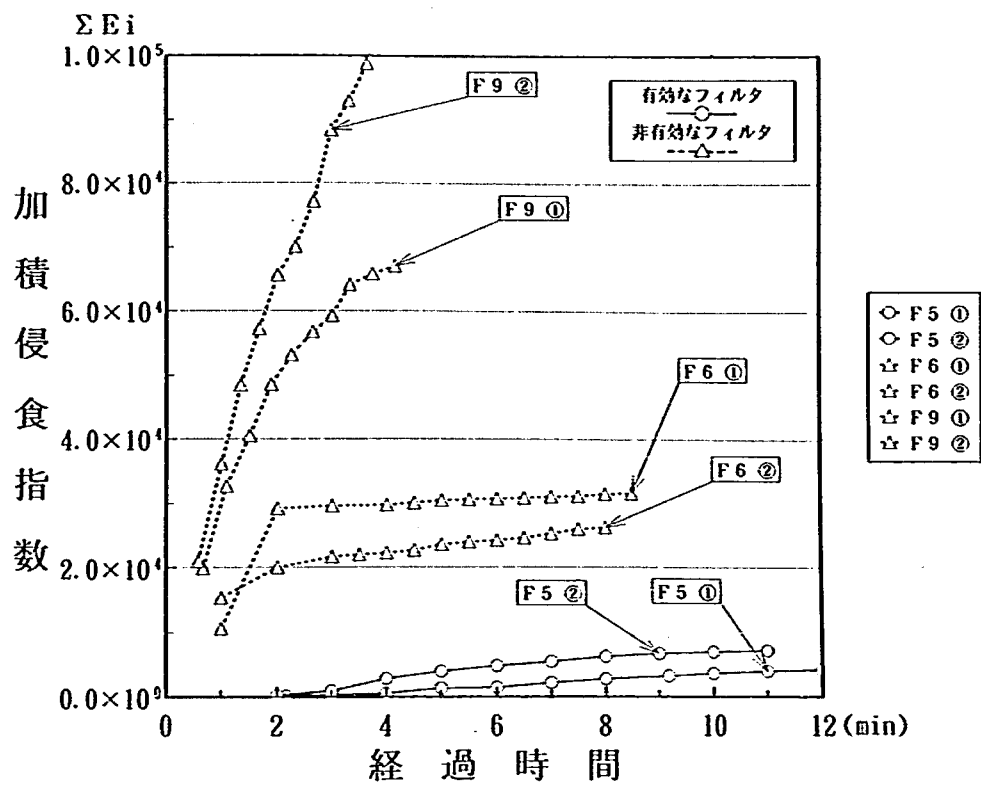
(a) Aダムコア材, $\omega_{opt} = 4\%$

図-4.22 加積侵食指数 ΣE_i の経時変化 (含水比を変化させたコア)



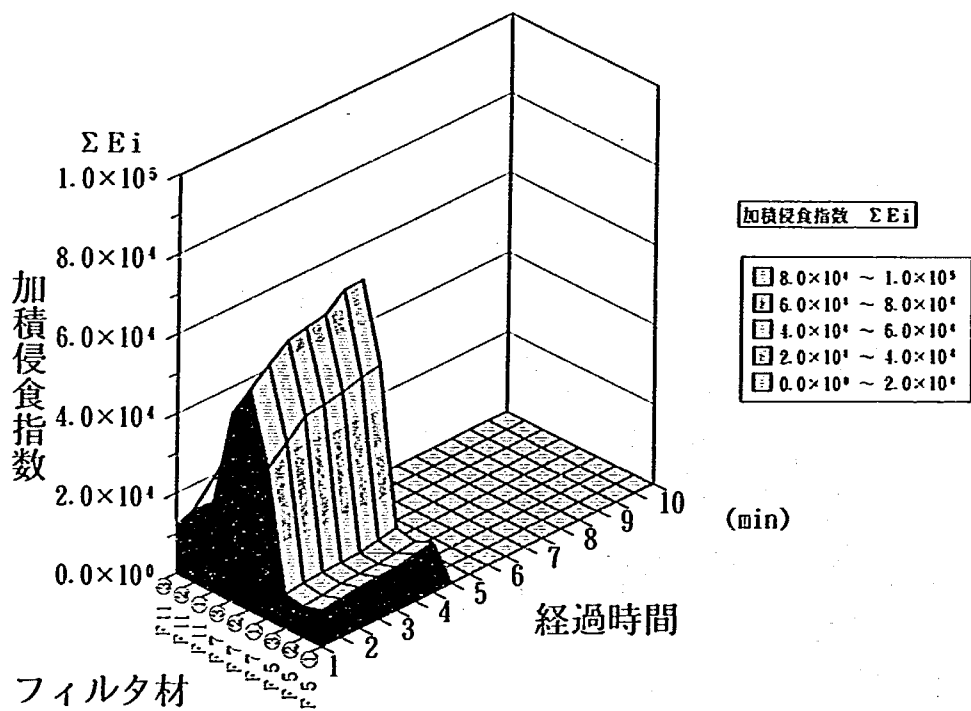
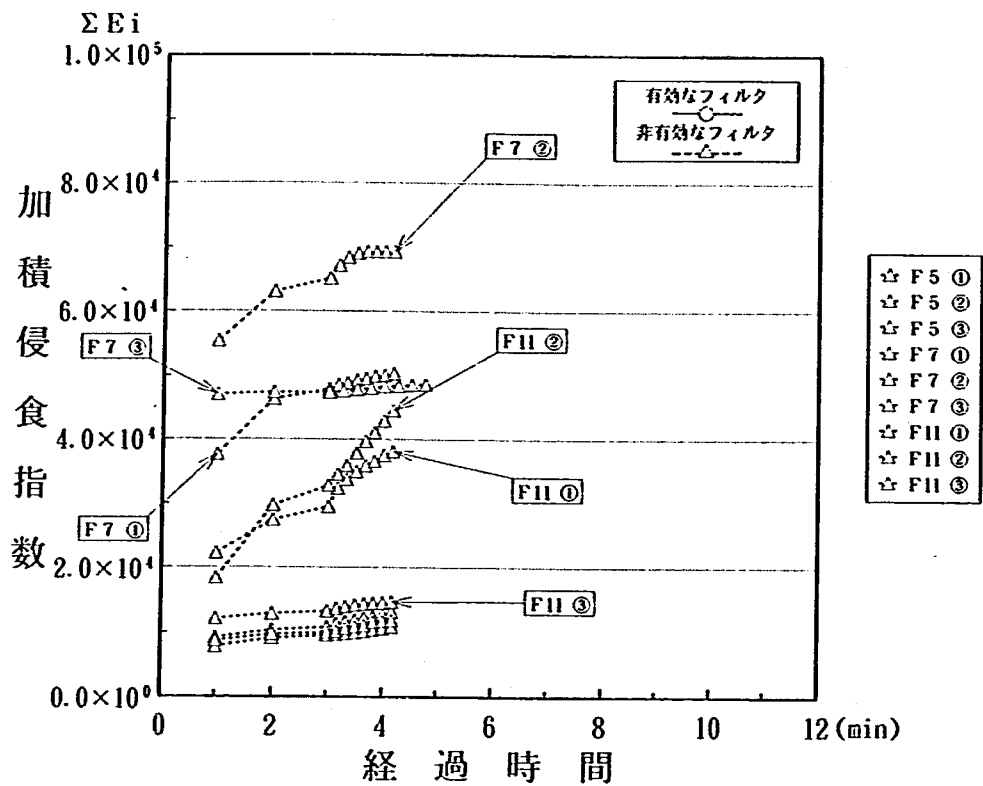
(b) Aダムコア材, ω_{opt}

図-4.22 加積侵食指数 ΣE_i の経時変化 (含水比を変化させたコア)



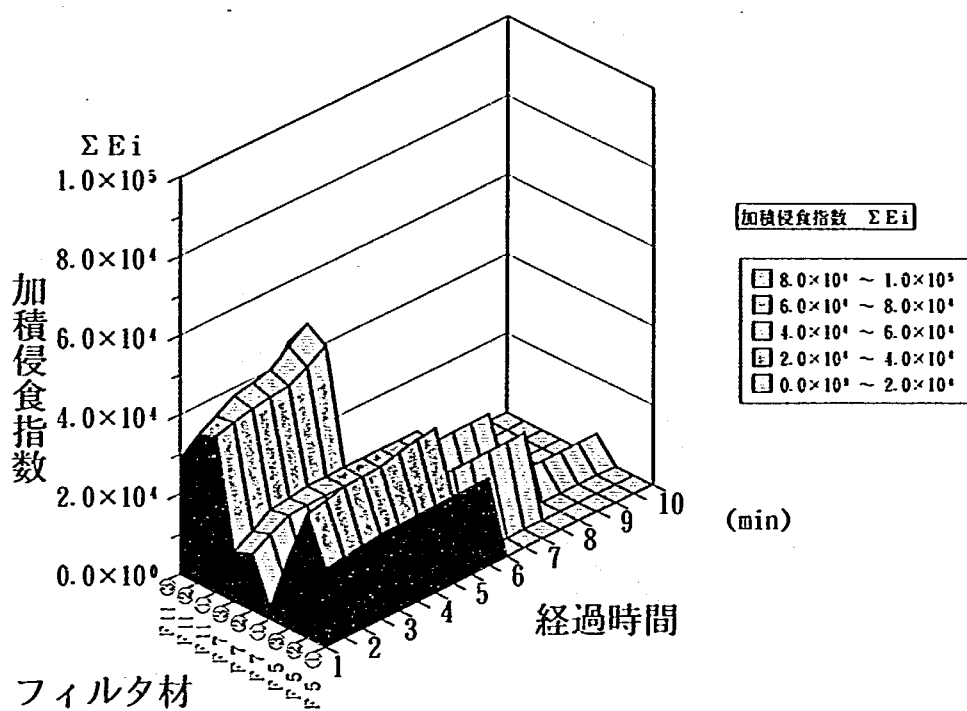
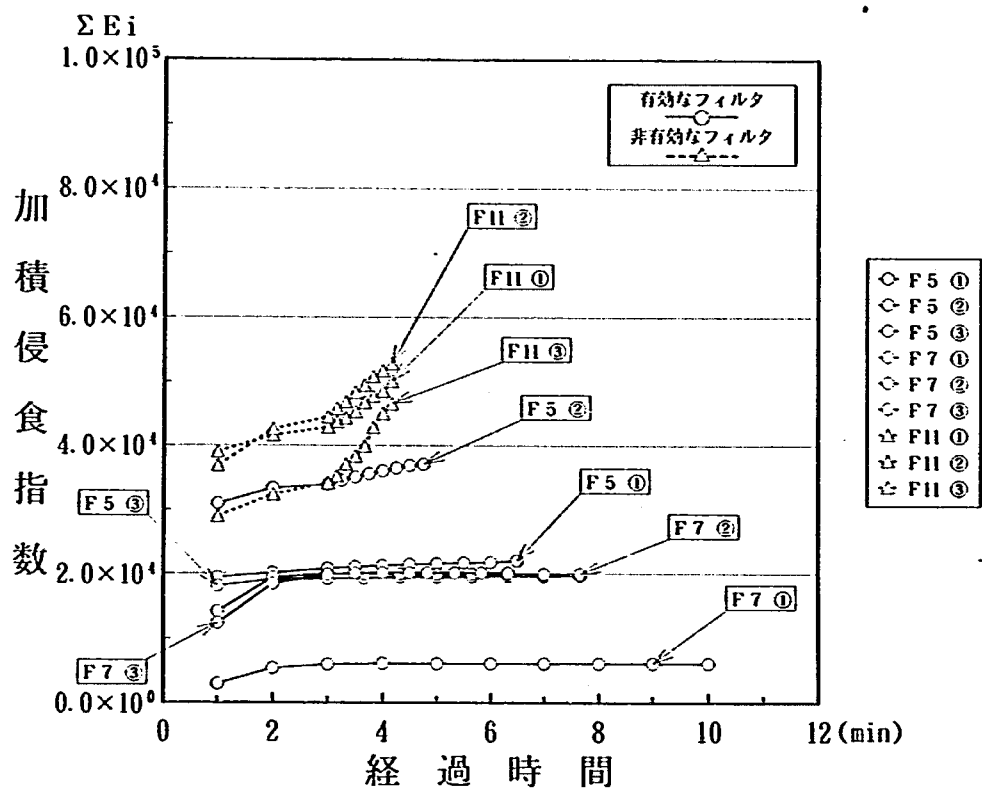
(c) Aダムコア材, $\omega_{opt} + 4\%$

図-4.22 加積侵食指数 ΣE_i の経時変化 (含水比を変化させたコア)



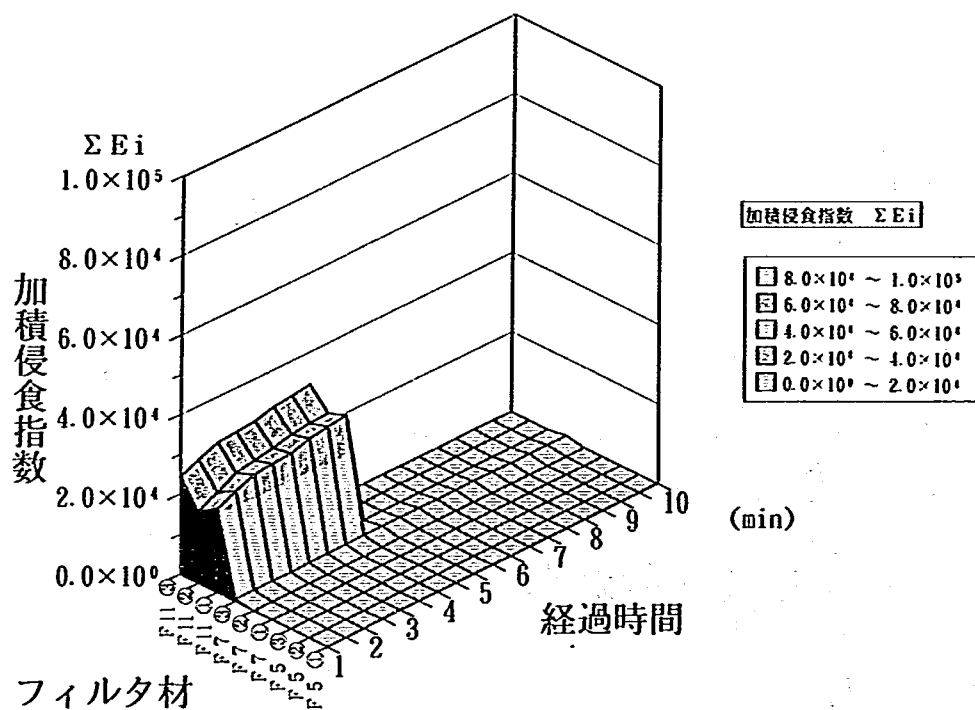
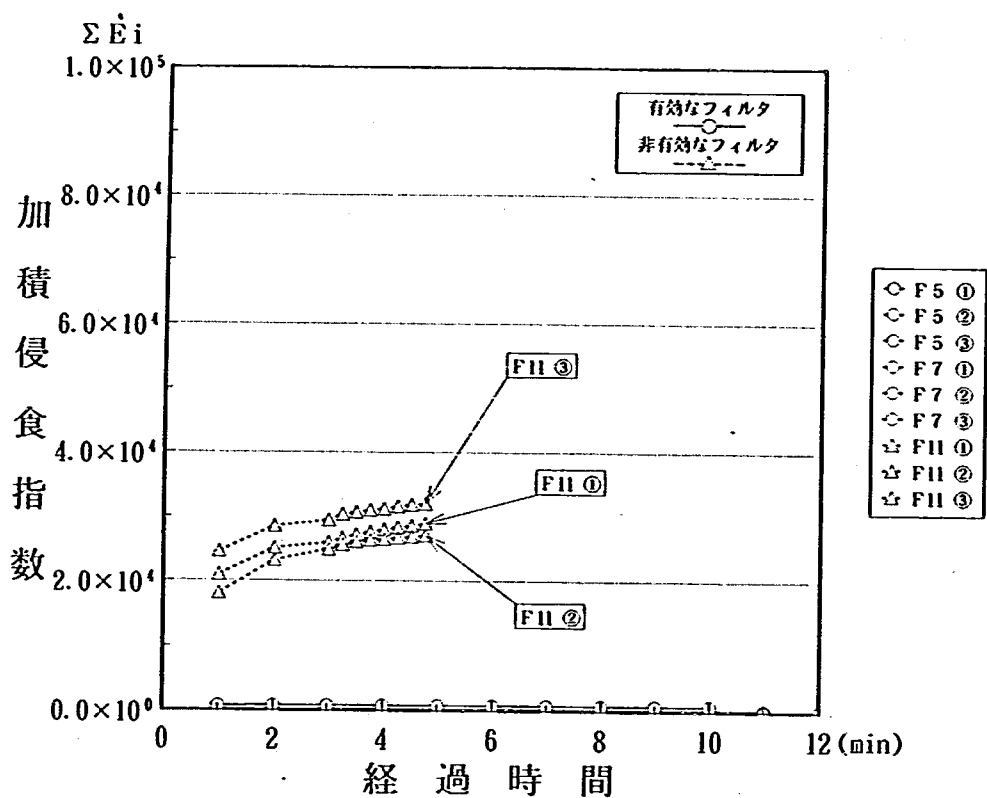
(d) Dダムコア材, $\omega_{opt} = 3\%$

図-4.22 加積侵食指数 ΣE_i の経時変化 (含水比を変化させたコア)



(e) Dダムコア材, ω_{opt}

図-4.22 加積侵食指数ΣEiの経時変化(含水比を変化させたコア)



(f) Dダムコア材, $\omega_{opt} + 3\%$

図-4.22 加積侵食指数 ΣE_i の経時変化 (含水比を変化させたコア)

5. 考 察

5.1 既往のフィルタ基準との比較

5.1.1 現行のフィルタ基準との比較

現在、我が国のフィルダムで採用しているフィルタ基準は既に2.1で述べた通りであるが、今回はコア部に集中的な浸透の経路が形成される場合を想定したフィルタ機能に的を絞っているので、ここではパイピング則に対する評価のみを行うものとする。現行のパイピング則は、

$$\text{パイピング比} \quad D_{15}/d_{85} < 5 \quad \dots\dots\dots (5.1)$$

最適含水比 ω_{opt} で締め固めたA, B, C, Dダムのコア材で実施した均一なフィルタに対する試験において、有効なフィルタの D_{15}/d_{85} はそれぞれ2.40, 1.18, 0.34および0.46以下となり、この試験方法では現行の(5.1)式に対し、条件が非常に厳しいものとなった。これは、今回の非侵食試験がコア部に集中浸透を発生させる水みちが発生し、そこに高圧水が流れたという極端な場合を想定した試験であることから当然のことと考える。

5.1.2 Sherard らの提案した基準との比較

表-5.1は Sherard ら¹²⁾が1985年に提案したフィルタ基準である。この基準は、コア材を細粒分の含有率に応じ4つのグループに分け、それぞれに対し有効なフィルタの基準を定めている。Sherard らのフィルタ基準と今回の ω_{opt} で締め固めたコア材を用いた均一なフィルタに対する試験結果を図-5.1に示す。この図から Sherard らの基準と今回の試験結果を比較すると次のことがいえる。

- ① 図-5.1(a)に示すA, C, Dダムのコア材は Sherard らの基準で全てグループ2に入り、フィルタの有効性判定条件は $D_{15} \leq 0.7\text{mm}$ となるのに対し、今回の試験では $D_{15} \leq 0.84 \sim 0.88\text{mm}$ と余裕をもっている。

表-5.1 Sherard ら(1985)¹²⁾が提案したフィルタ基準

グループ	細粒分含有率 ^{*)} A (< #200)	設 計 基 準 (適切な安全率を加味してある)
1	85 ~ 100 %	$D_{15}/d_{85} \leq 9$
2	40 ~ 85 %	$D_{15} \leq 0.7 \text{ mm}$
3	0 ~ 15 %	$D_{15}/d_{85} \leq 4$
4	15 ~ 40 %	$D_{15} \leq 0.7 + (40 - A)(4 \times d_{85} - 0.7)/25$

*) 4.76mmふるいを通過する部分の細粒分含有率

② 図-5.1(b)に示すBダムコア材は Sherard らの基準でグループ4に入り、フィルタの有効性判定条件は $D_{15} \leq 2.76\text{mm}$ となるのに対し、 $D_{15} \leq 1.61\text{mm}$ とやや厳しい結果となったが、その差は設定したフィルタ材の D_{15} の間隔の粗さを考慮するとさほど大きくない。

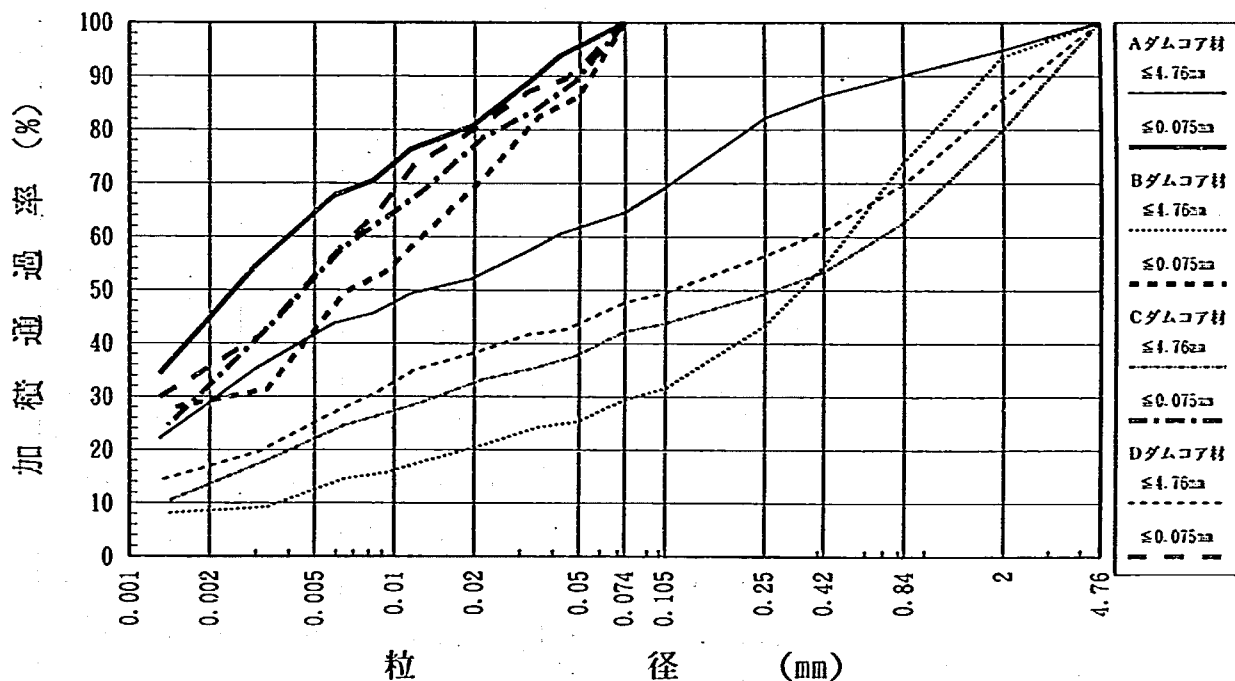
以上のように、非侵食試験の設定条件を Sherard らのもので容認した場合、この試験法は結果の再現性が良く、Sherard らのフィルタ基準の精度も高いことがわかる。

5.1.3 Chai らの提案した基準との比較

Chai ら²⁸⁾は、非侵食試験と同様なピンホール・フィルタ試験を実施し、有効なフィルタの基準においてフィルタ材の D_{15} とコア材の d_{85} と間には相関関係が成り立たず、 D_{15} とコア材の粒径 0.075mm 以下の部分に対する85%通過粒径 d_{85}^* との関連が深いとして新たなフィルタ基準として(5.2) 式を提案している。

$$D_{15}/d_{85}^* \leq 12 \quad \dots\dots\dots (5.2)$$

図-5.2は、今回の試験に用いた最大粒径 $D_{\text{max}}=4.76\text{mm}$ の各ダムコア材の粒度分布曲線とこれらのコア材が 0.075mm ふるいを通過する部分を計算にて求めた粒度分布曲線である。この図から、A、B、C、Dダムのコア材の d_{85}^* はそれぞれ 0.025 、 0.045 、 0.037 および 0.028mm となり、この値から D_{15}/d_{85}^* を求め均一なフィルタに対する試験結果に照らし合わせたものを表-5.2に示す。この表から、有効なフィルタの $D_{15}/$



注：Chai らはBS(JIS新基準と同等)のふるい目、筆者らはJIS旧基準のふるい目を採用

図-5.2 試験に用いたコア材と 0.075mm ふるいを通過する部分の粒度分布曲線

表-5.2 均一なフィルタに対する非侵食試験結果と D_{15}/d^*_{85} の関係

フィルタ材		コ ア 材 種 類											
		A ダ ム $d_{85}=0.35\text{mm}$ $d^*_{85}=0.025\text{mm}$			B ダ ム $d_{85}=1.37\text{mm}$ $d^*_{85}=0.045\text{mm}$			C ダ ム $d_{85}=2.48\text{mm}$ $d^*_{85}=0.037\text{mm}$			D ダ ム $d_{85}=1.92\text{mm}$ $d^*_{85}=0.028\text{mm}$		
種 類	D_{15} (mm)	判 定	D_{15}/d_{85}	D_{15}/d^*_{85}	判 定	D_{15}/d_{85}	D_{15}/d^*_{85}	判 定	D_{15}/d_{85}	D_{15}/d^*_{85}	判 定	D_{15}/d_{85}	D_{15}/d^*_{85}
F 1	0.096	○	0.27	3.8	○	0.07	2.1	○	0.04	2.6	-	-	-
F 2	0.15	○	0.43	6.0	○	0.11	3.3	○	0.06	4.1	-	-	-
F 3	0.28	○	0.80	11.2	○	0.20	6.2	○	0.11	7.6	-	-	-
F 4	0.47	○	1.34	18.8	○	0.34	10.4	○	0.19	12.7	○	0.24	16.8
F 5	0.59	○	1.69	23.6	-	-	-	○	0.24	15.9	○	0.31	21.1
F 6	0.71	○	2.03	28.4	-	-	-	○	0.29	19.2	○	0.37	25.4
F 7	0.84	○	2.40	33.6	-	-	-	○	0.34	22.7	○	0.44	30.0
F 8	0.88	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○	0.46	31.4
F 9	0.96	×	2.74	38.4	○	0.70	21.3	×	0.39	25.9	×	0.50	34.3
F 10	0.99	-	-	-	-	-	-	-	-	-	×	0.52	35.4
F 11	1.04	×	2.97	41.6	○	0.76	23.1	-	-	-	×	0.54	37.1
F 12	1.09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	×	0.57	38.9
F 13	1.16	×	3.31	46.4	○	0.85	25.8	-	-	-	×	0.60	41.4
F 14	1.30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F 15	1.61	×	4.60	64.4	○	1.18	35.8	-	-	-	×	0.84	57.5
F 16	2.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F 17	2.28	×	6.51	91.2	×	1.66	50.7	×	0.92	61.6	×	1.19	81.4
F 18	2.48	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F 19	5.28	×	15.09	211.2	×	3.85	117.3	×	2.13	142.7	×	2.75	188.6

○：有効である ×：有効でない d^*_{85} ：粒径0.075mm以下の部分に対する85%通過粒径

d_{*5} はそれぞれ33.6, 35.8, 22.7および31.4以下となり, Chai らの基準に対してかなり余裕があった。これは, Chai らのピンホール・フィルタ試験に用いたコア材は最大粒径 $d_{\max}=4.75\sim19.0\text{mm}$ で粒度範囲の広い砂質または礫質の粘土～シルトであるが, 粒径 0.075mm 以下の細粒分含有率が41.1～74.7%と高くこれ以下の細かい部分の粒度が立っていることから, 有効なフィルタの D_{15}/d_{*5} が小さい値として得られたものとする。

5.2 フィルタ効果への影響因子とダーティー・ウォーター試験との比較

5.2.1 フィルタ材の粒度分布

フィルタ材の粒度条件の影響を検討するために, ω_{ex} で締め固めたA・Dダムコア材を用いた均一および粒度範囲の広いフィルタに対する非侵食試験 (NEF 試験: No Erosion Filter Test) 結果より, フィルタの有効性をフィルタ材の15%通過粒径 D_{15} , 均等係数 U_c , 最大粒径 $D_{\max}$ および最小粒径 $D_{\min}$ との関係として整理した。非侵食試験は図-3.1中の供試体寸法からもわかるとおり1,000以上の動水勾配下で実施される。一方, ダーティー・ウォーター試験 (DW 試験: Dirty Water Test)^{17), 20)~23)} は高々10程度の動水勾配下で実施されることから単純な比較は難しいものの, 筆者らがダーティー・ウォーター試験にて実施したCダムコア材の粒径 0.074mm 以下の部分に対する試験結果も併せて整理し比較した。

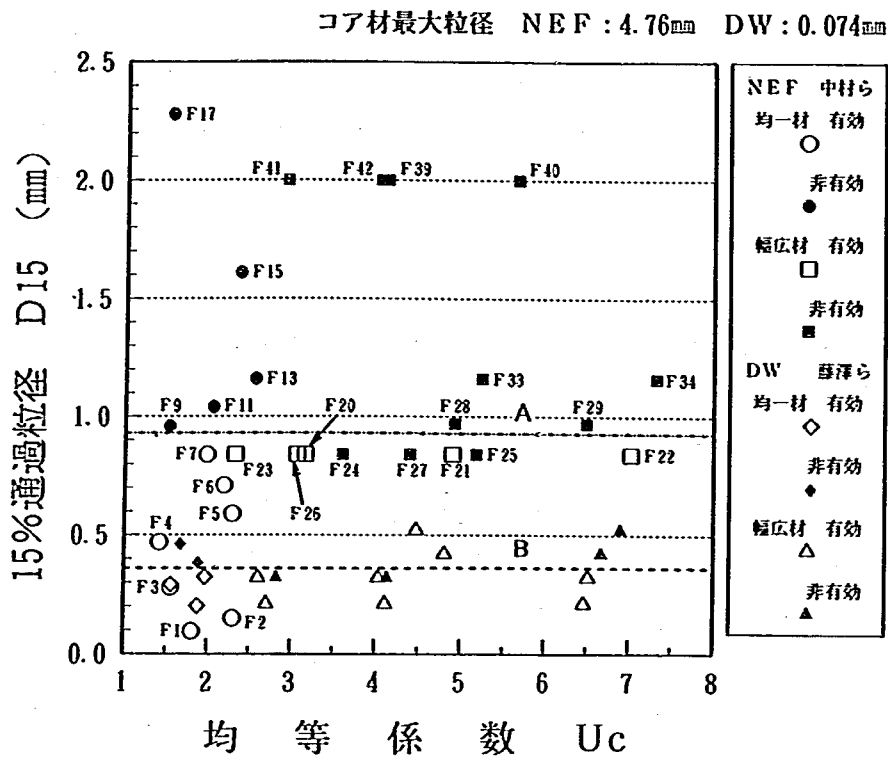
(1) フィルタ材の U_c と D_{15}

フィルタ材の U_c および D_{15} とフィルタ効果の関係を図-5.3に示す。図-5.3に示す直線A, Bは, それぞれ非侵食試験とダーティー・ウォーター試験の有効と非有効の大まかな境界線を示すものである。境界線をx軸と平行に描いているのは, 4.2で述べた通り, 各々の試験は D_{15} が小さいものほど有効となる傾向があるが, U_c と D_{15} との関係には明瞭な傾向が見られないからである。図-5.3(a)に示すAダムコア材の非侵食試験の場合, 直線Aより下の領域にくるフィルタ材F24とF25, ならびにフィルタ材F23は $D_{\min}$ と D_{15} が同じであるが, フィルタ材F24とF25は, D_{15} より粗い部分の粒度がそれぞれフィルタ材F23より寝ているために有効に働かなかった。フィルタ材F26と $D_{\min}$ と D_{15} が同じで, $D_{\max}$ が大きいF27が非有効となっているのも同様な理由からである。これらを勘案すると, 非侵食試験におけるフィルタの有効性は単に U_c や D_{15} のみならず, $D_{\min}\sim D_{15}$ や $D_{15}\sim D_{\max}$ の部分の粒度分布をも含めて考慮することが必要であるといえる。

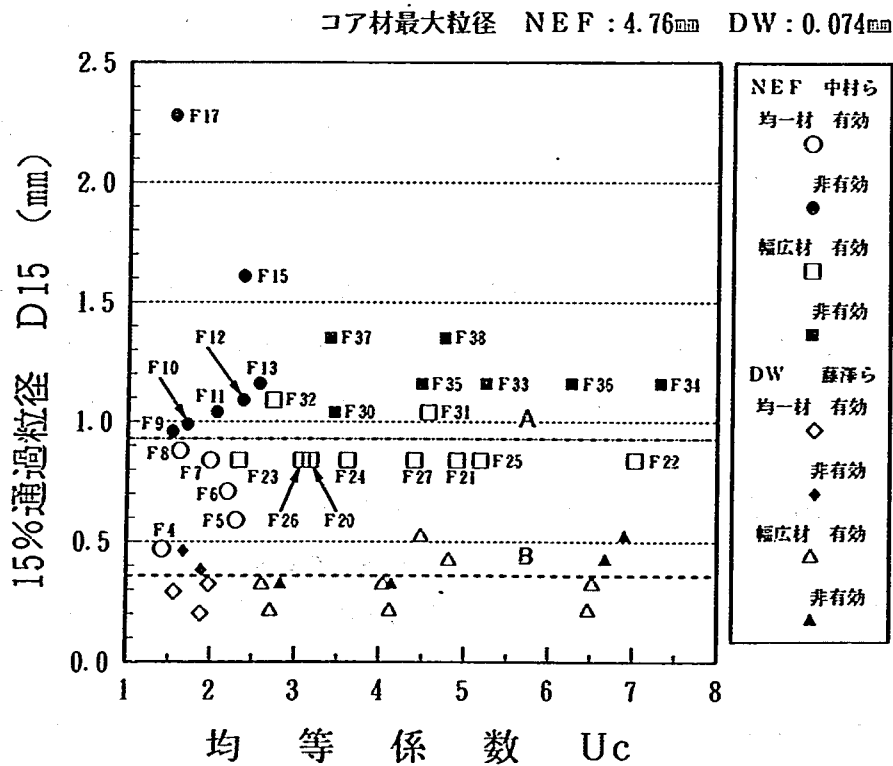
一方, 直線A, Bを比較すると今回の非侵食試験の結果に比べダーティー・ウォーター試験ではより厳しい条件が必要となることがわかる。これはダーティー・ウォーター試験において用いたコア材が粒径 0.074mm 以下と非侵食試験に比べ細粒であることに加え, コア材をスラリー化することにより細粒のフィルタ材が有効となった結果と考える。

(2) フィルタ材の $D_{\max}$ と D_{15}

フィルタ材の $D_{\max}$ および D_{15} とフィルタ効果の関係を図-5.4に示す。図-5.4に示す直線B, Cは, それぞれダーティー・ウォーター試験における粒度範囲の広いフィルタと均一なフィルタの有効と非有効の大まかな境界線を示すものである。境界線を右下がりとして描いているのは, D_{15} が小さいものほど, また



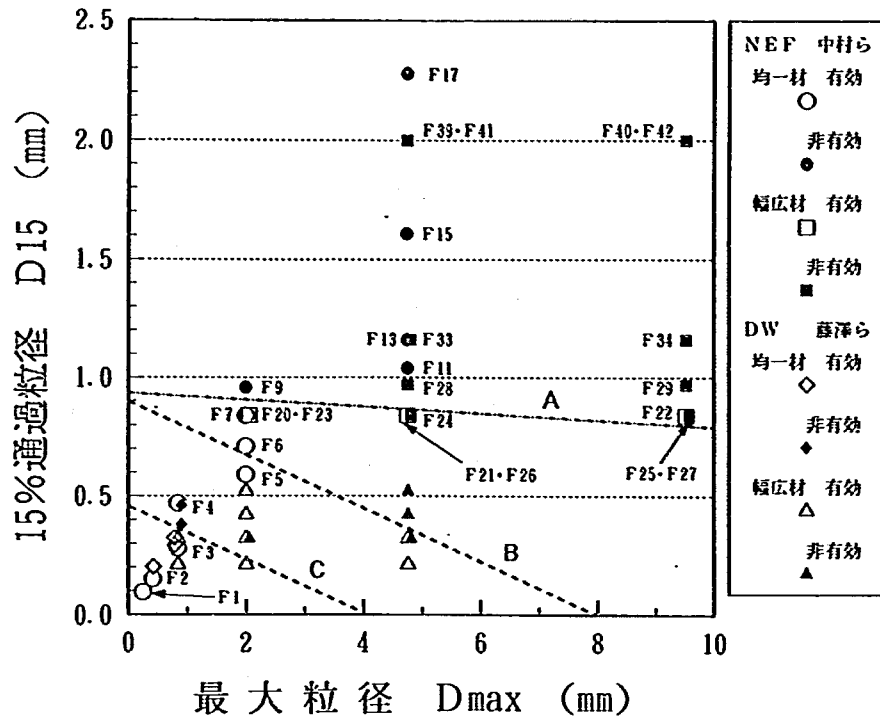
(a) Aダムコア材 (非侵食試験)



(b) Dダムコア材 (非侵食試験)

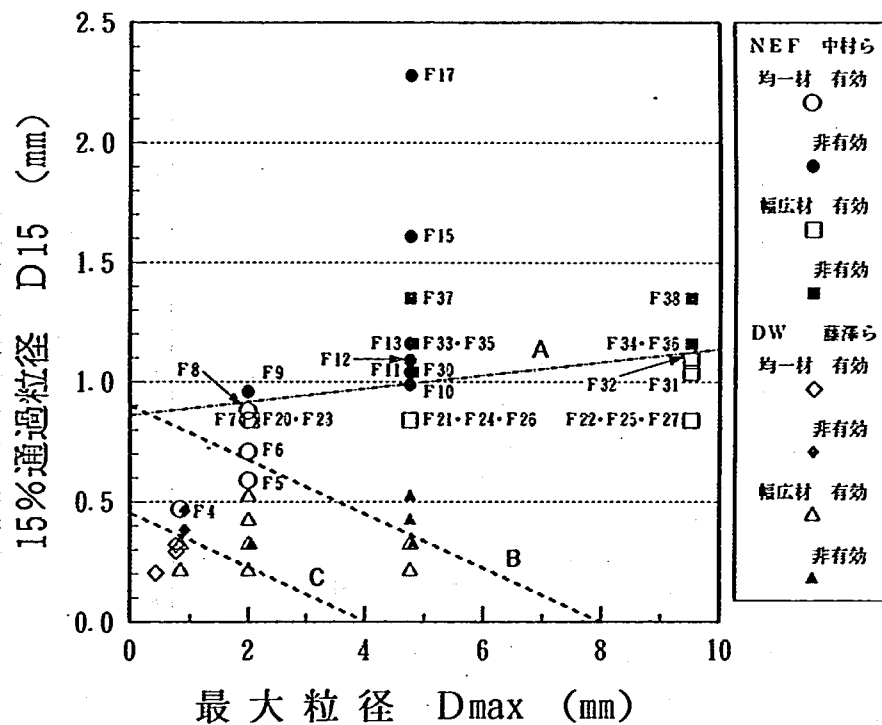
図-5.3 フィルタ材の均等係数 U_c および15%通過粒径 D_{15} とフィルタ効果の関係

コア材最大粒径 NEF : 4.76mm DW : 0.074mm



(a) Aダムコア材 (非侵食試験)

コア材最大粒径 NEF : 4.76mm DW : 0.074mm



(b) Dダムコア材 (非侵食試験)

図-5.4 フィルタ材の最大粒径 D_{max} および15%通過粒径 D_{15} とフィルタ効果の関係

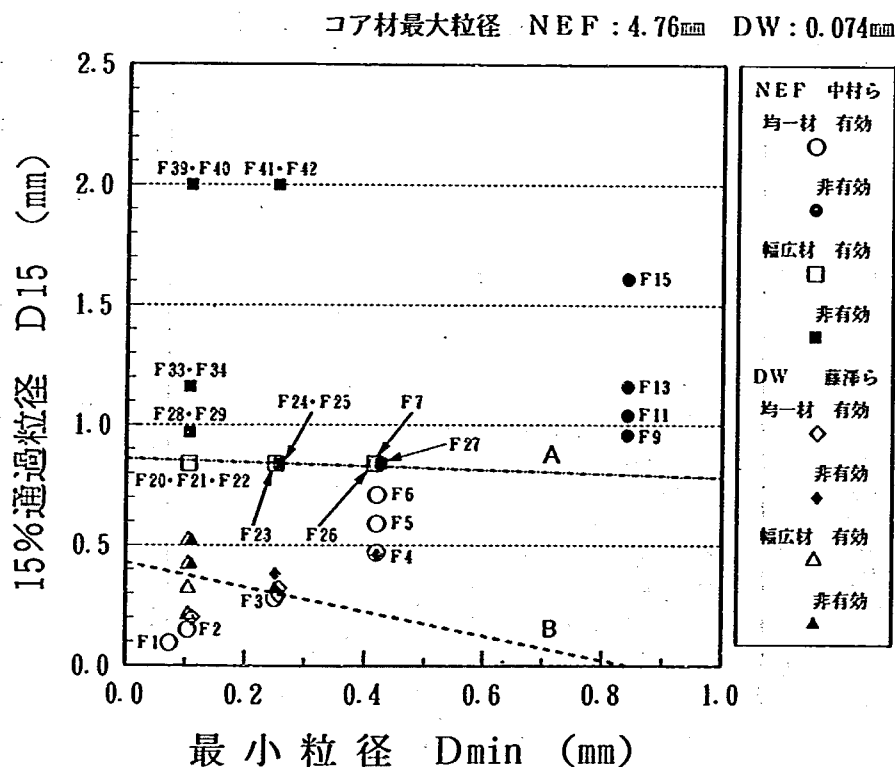
D_{max} が小さいものほど有効となる傾向があるためである。この直線B, Cに挟まれた領域はフィルタ材料の D_{15} , D_{max} 以外の粒度分布曲線形状の違いによってその有効性に差の境界領域と考えられる。図-5.4(a)に示すAダムコア材の場合、非侵食試験における有効と非有効の大まかな境界線を示す直線Aはやや右下がりとなっているが、 D_{max} と D_{15} との関係にはあまり明瞭な傾向が見られなかった。これに対して、図-5.4(b)に示すDダムコア材の非侵食試験の場合、直線Aは逆にやや左下がりとなり D_{15} が大きいものほど有効となる傾向があった。このことは、ダーティー・ウォーター試験の結果と異なり非侵食試験結果は D_{15} によって大きく左右され D_{max} との関係には明瞭な傾向が見られないといえよう。

(3) フィルタ材の D_{max} と D_{15}

フィルタ材の D_{max} および D_{15} とフィルタ効果の関係を図-5.5に示す。図-5.5に示す直線A, Bは、それぞれ非侵食試験とダーティー・ウォーター試験の有効と非有効の大まかな境界線を示すものである。境界線を右下がりとして描いているのは、 D_{15} が小さいものほど、また D_{max} が小さいものほど有効となる傾向があるためである。 D_{max} および D_{15} とフィルタ効果の関係は、非侵食試験およびダーティー・ウォーター試験とも前述の D_{max} と D_{15} との関係に比べ概ね明瞭な傾向が見られた。このことは、今回の非侵食試験のフィルタの有効性は D_{max} に比べわずかではあるが D_{max} の粒度の影響をより強く受けているともいえる。

(4) フィルタ材の D_{max} と U_c

フィルタ材の D_{max} および U_c とフィルタ効果の関係を図-5.6に示す。図-5.6に示す直線A, Bは、それ



(a) Aダムコア材 (非侵食試験)

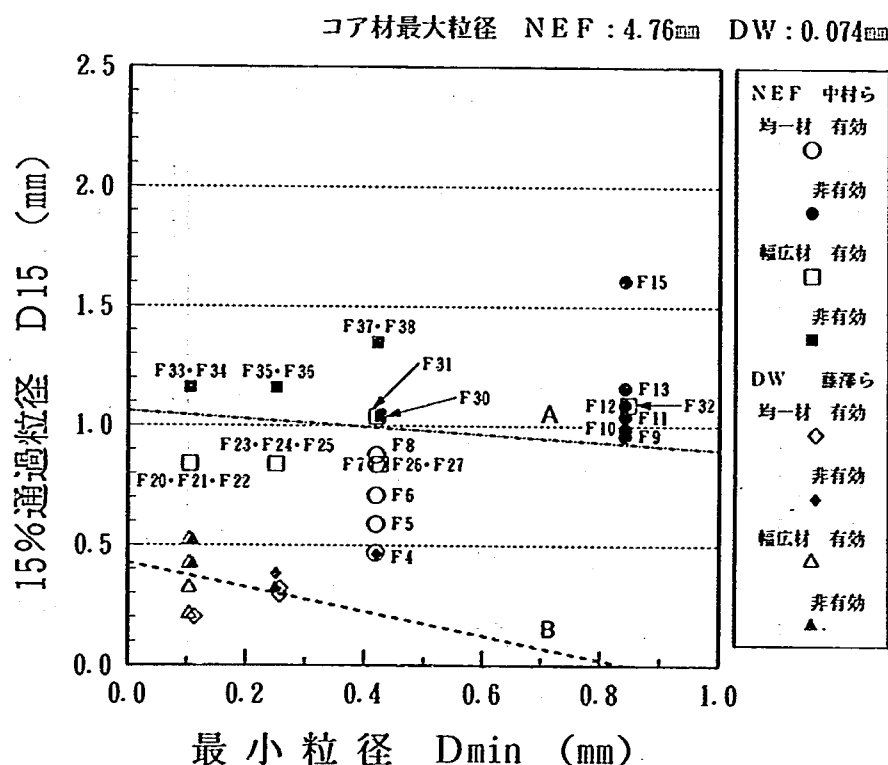
図-5.5 フィルタ材の最小粒径 D_{min} および15%通過粒径 D_{15} とフィルタ効果の関係

ぞれ非侵食試験とダーティー・ウォーター試験における有効と非有効の境界線をこの線より上にくるものは全て有効となるように描いたものである。この図より、非侵食試験およびダーティー・ウォーター試験とも D_{max} が小さく、 U_c が大きく粒度が寝ているものほど有効となる傾向が強いことがわかる。

以上のことから非侵食試験におけるフィルタの有効性は D_{15} のみならず D_{max} 、 D_{60} 、 D_{15} 以下または以上の粒度分布などの粒度分布曲線形状の影響を受けることがわかる。

5.2.2 フィルタ材の透水係数

Vaughan ら^{31, 33)} は、ダーティー・ウォーター試験と同様なフィルタ試験 (F 試験 : Filter Test) を実施し、Lund(1949)⁴⁾ および Naranjo(1970)³²⁾ の実験結果を加えてフィルタの有効性をその透水係数との関係として整理した。そこで今回実施した非侵食試験で使用したフィルタ材の透水係数 k とコア材の 85% 粒径 d_{85} との関係をフィルタの有効性に着目して整理したものを図-5.7 に、筆者らのダーティー・ウォーター試験と Vaughan らのフィルタ試験の結果も併せたものを図-5.8 に示す。なお、使用した結果は、 ω_{opt} で締め固めた A~D ダムコア材を用いた均一および粒度範囲の広いフィルタに対する試験結果のみとした。また、表-5.3 および表-5.4 に示すフィルタ材の透水係数は非侵食試験 (供試体作製) 時と同程度の密度に調整した供試体を用いて別途実施した定水位透水試験により求めた。図-5.8 中の直線は Vaughan らが提案した有効なフィルタの限界線で (5.3) 式で表現できる。



(b) Dダムコア材 (非侵食試験)

図-5.5 フィルタ材の最小粒径 D_{min} および 15% 通過粒径 D_{15} とフィルタ効果の関係

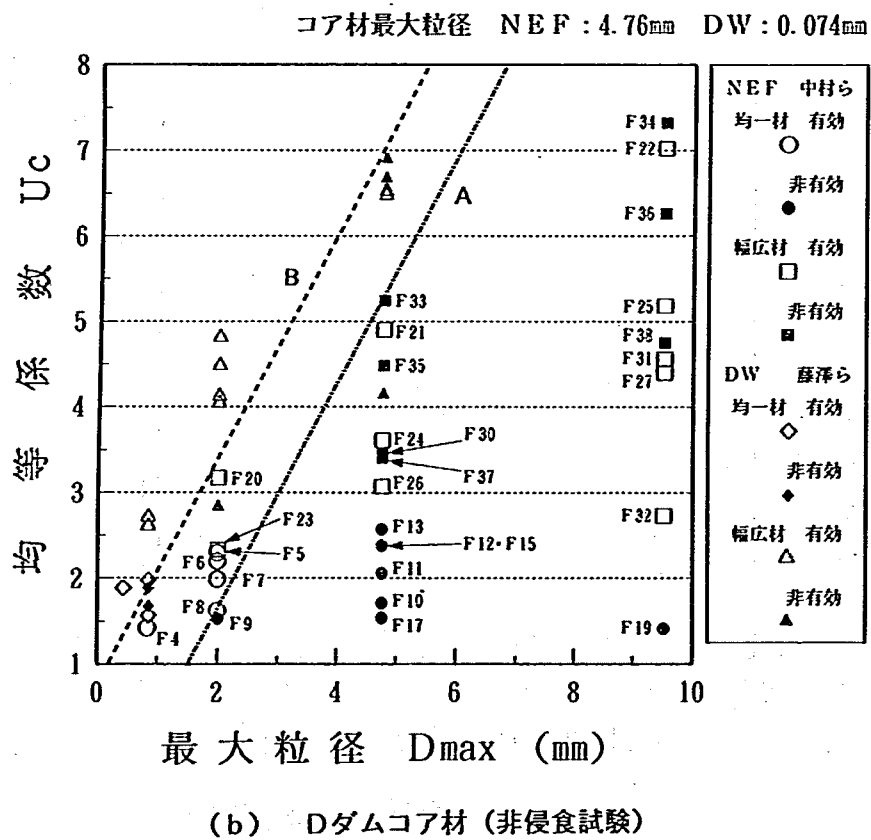
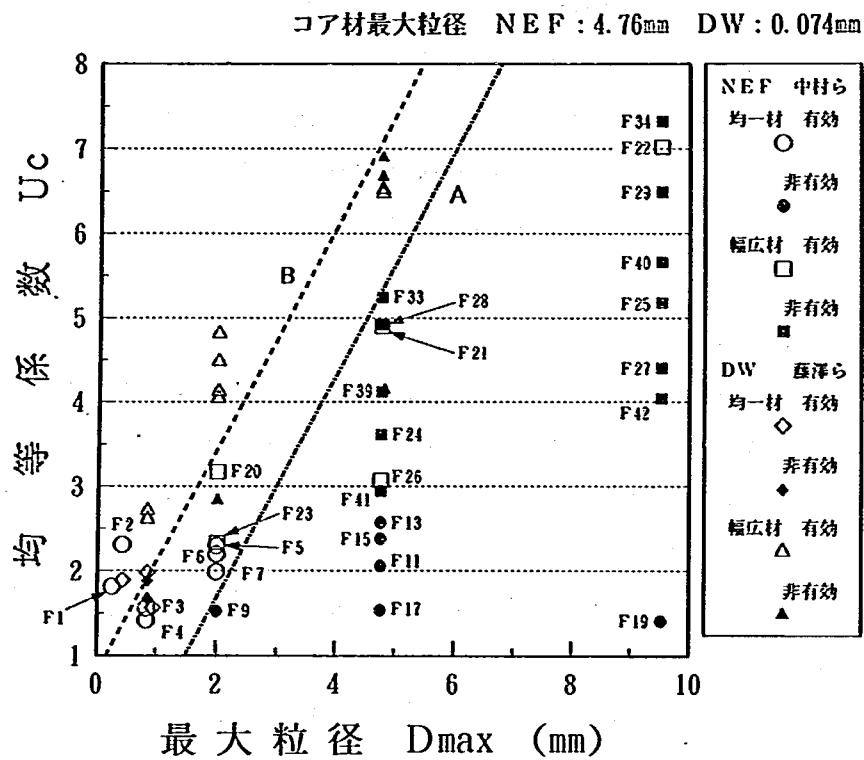


図-5.6 フィルタ材の最大粒径 D_{max} および均等係数 U_c とフィルタ効果の関係

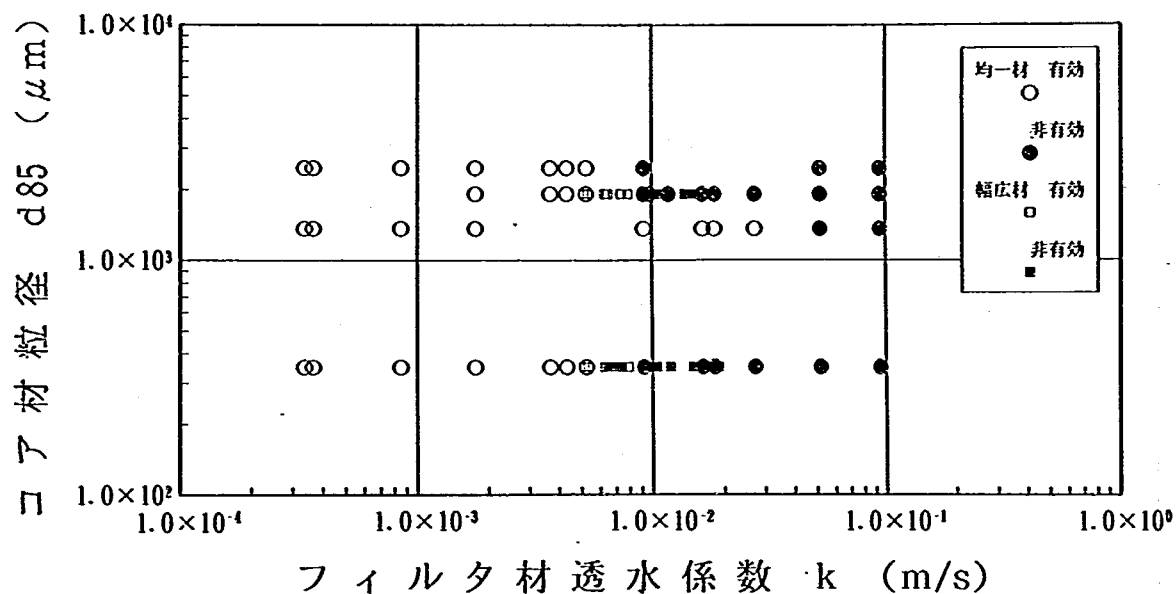


図-5.7 フィルタ材の透水係数 k およびコア材の85%通過粒径 d_{85} とフィルタ効果の関係 (今回分のみ)

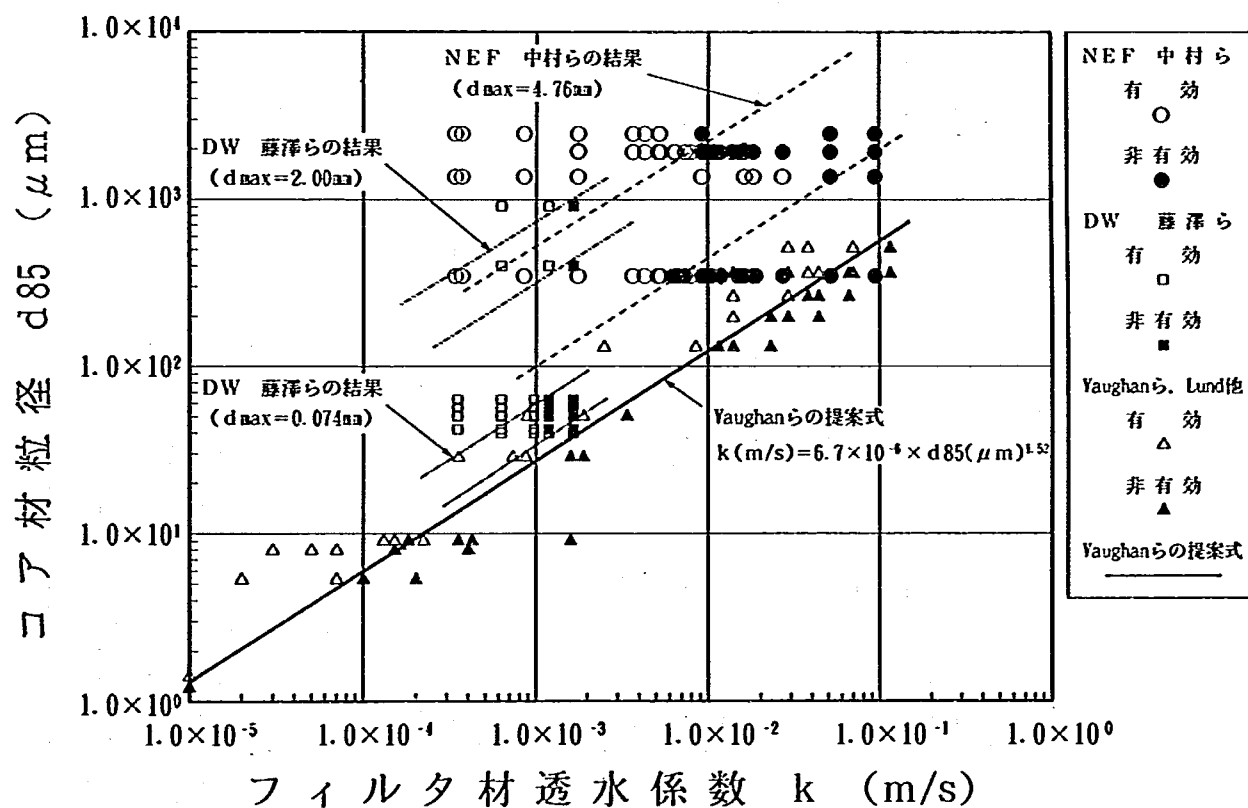


図-5.8 フィルタ材の透水係数 k およびコア材の85%通過粒径 d_{85} とフィルタ効果の関係

表-5.3 均一なフィルタの透水試験結果の一覧

フ ィ ル タ 材			コ ア 材 種 類							
			A ダ ム $d_{95}=350\mu\text{m}$		B ダ ム $d_{95}=1.370\mu\text{m}$		C ダ ム $d_{95}=2.480\mu\text{m}$		D ダ ム $d_{95}=1.920\mu\text{m}$	
種 類	D_{15} (μm)	透 水 係 数 (m/s)	判 定	D_{15}/d_{95}	判 定	D_{15}/d_{95}	判 定	D_{15}/d_{95}	判 定	D_{15}/d_{95}
F 1	96	3.65×10^{-4}	○	0.27	○	0.07	○	0.04	-	-
F 2	150	3.36×10^{-4}	○	0.43	○	0.11	○	0.06	-	-
F 3	280	8.51×10^{-4}	○	0.80	○	0.20	○	0.11	-	-
F 4	470	1.77×10^{-3}	○	1.34	○	0.34	○	0.19	○	0.24
F 5	590	4.34×10^{-3}	○	1.69	-	-	○	0.24	○	0.31
F 6	710	3.69×10^{-3}	○	2.03	-	-	○	0.29	○	0.37
F 7	840	5.26×10^{-3}	○	2.40	-	-	○	0.34	○	0.44
F 8	880	9.75×10^{-3}	-	-	-	-	-	-	○	0.46
F 9	960	9.25×10^{-3}	×	2.74	○	0.70	×	0.39	×	0.50
F 10	990	1.18×10^{-2}	-	-	-	-	-	-	×	0.52
F 11	1,040	1.64×10^{-2}	×	2.97	○	0.76	-	-	×	0.54
F 12	1,090	1.83×10^{-2}	-	-	-	-	-	-	×	0.57
F 13	1,160	1.83×10^{-2}	×	3.31	○	0.85	-	-	×	0.60
F 14	1,300	2.46×10^{-2}	-	-	-	-	-	-	-	-
F 15	1,610	2.72×10^{-2}	×	4.60	○	1.18	-	-	×	0.84
F 16	2,000	3.54×10^{-2}	-	-	-	-	-	-	-	-
F 17	2,280	5.19×10^{-2}	×	6.51	×	1.66	×	0.92	×	1.19
F 18	2,480	5.28×10^{-2}	-	-	-	-	-	-	-	-
F 19	5,280	9.41×10^{-2}	×	15.09	×	3.85	×	2.13	×	2.75

○：有効である ×：有効でない

表-5.4 粒度範囲の広いフィルタの透水試験結果の一覧

フ イ ル タ 材			コ ア 材 種 類			
			A ダ ム $d_{85}=350\mu m$		D ダ ム $d_{85}=1,920\mu m$	
種 類	D_{15} (μm)	透 水 係 数 (m/s)	判 定	D_{15}/d_{85}	判 定	D_{15}/d_{85}
F20	840	5.13×10^{-3}	○	2.40	○	0.44
F21	840	7.95×10^{-3}	○	2.40	○	0.44
F22	840	9.74×10^{-3}	○	2.40	○	0.44
F23	840	6.33×10^{-3}	○	2.40	○	0.44
F24	840	7.37×10^{-3}	×	2.40	○	0.44
F25	840	7.40×10^{-3}	×	2.40	○	0.44
F26	840	5.35×10^{-3}	○	2.40	○	0.44
F27	840	6.52×10^{-3}	×	2.40	○	0.44
F28	970	1.19×10^{-2}	×	2.77	—	—
F29	970	6.77×10^{-3}	×	2.77	—	—
F30	1,040	1.39×10^{-2}	—	—	×	0.54
F31	1,040	1.18×10^{-2}	—	—	○	0.54
F32	1,090	1.62×10^{-2}	—	—	○	0.57
F33	1,160	1.60×10^{-2}	×	3.31	×	0.60
F34	1,160	1.05×10^{-2}	×	3.31	×	0.60
F35	1,160	1.05×10^{-2}	—	—	×	0.60
F36	1,160	1.10×10^{-2}	—	—	×	0.60
F37	1,350	1.52×10^{-2}	—	—	×	0.70
F38	1,350	1.38×10^{-2}	—	—	×	0.70
F39	2,000	1.88×10^{-2}	×	5.71	—	—
F40	2,000	1.50×10^{-2}	×	5.71	—	—
F41	2,000	1.89×10^{-2}	×	5.71	—	—
F42	2,000	1.49×10^{-2}	×	5.71	—	—

○：有効である ×：有効でない

$$k \text{ (m/s)} = 6.7 \times 10^{-6} \times d_{55} \text{ (}\mu\text{m)}^{1.52} \dots\dots\dots (5.3)$$

今回使用したコア材の d_{55} に大きな差がないため、今回の試験結果のみからフィルタ有効性の境界線を引くことは難しい。Vaughanらの境界線(5.3)式との比較で見ると、今回の試験結果はフィルタの有効性についてやや厳しい条件を提示している。ただし、Vaughanらがこの境界線を提案するにあたりコア材の d_{55} が $1.0 \times 10^2 \mu\text{m}$ 以上のデータは、亀裂のないコア材とフィルタ材の2層供試体に対して段階的な動水勾配を与えて浸透破壊させたLundのフィルタ試験の結果に基づいている。Lundと同様にコア材の d_{55} が $1.0 \times 10^2 \mu\text{m}$ 以上の今回の非侵食試験の結果がやや厳しい条件となったのは、このLundの試験がコア部に集中的な浸透の経路が形成される場合を想定しておらず、非侵食試験のようにコア材に亀裂を形成して高圧注水するという厳しい条件ではないことによると考える。

一方、筆者らのダーティ・ウォーター試験の結果と比較した場合、粒径 4.76mm 以下のコアに対する非侵食試験の結果は、コア材の d_{55} が $1.0 \times 10^2 \mu\text{m}$ 以上である粒径 2.00mm 以下のコアに対するダーティ・ウォーター試験結果に比べると余裕をもっていた。これは非侵食試験においてはダーティ・ウォーター試験のようにコア材の細粒分をスラリー化するほど厳しい条件ではないことによると考える。

Vaughanらの研究成果と、透水係数は D_{15} のみならず粒度分布に影響を受けたフィルタの間隙径を間接的にはあるが代表していることを考えると、フィルタの透水係数はフィルタ基準の一つの指標となり得ると考える。しかし、透水係数は非常にバラツキが大きく管理しづらいパラメータであることは留意すべきである。

5.3 コア材の締めめ度の影響

コア材の締めめ度の影響を検討するために、含水比を $\omega_{opt} \pm 4\%$ または $\omega_{opt} \pm 3\%$ に変化させて締め固めたAダムおよびDダムのコア材に対する非侵食試験結果より、フィルタの有効性をコア材の乾燥密度 ρ_d とフィルタ材の D_{15} との関係として整理し図-5.9に示す。なお、図中には ω_{opt} で締め固めたA・Dダムコア材を用いた均一なフィルタに対する試験結果、有効と非有効の境界線をこの線より下にくるものは全て有効となるように描いたものも併せて示した。

図-5.9(a)に示すAダムコア材の場合、含水比が $\omega_{opt} - 4\%$ 、 $\omega_{opt} + 4\%$ 、 ω_{opt} となるにつれて、コア材の ρ_d が大きくなるとともに有効と非有効の境界のフィルタ材の D_{15} も大きくなることがわかる。また、図-5.9(b)に示すDダムコア材の場合も同様である。このことは、コア材の ρ_d が大きくなり締めめ度が上がるほど非侵食試験の試験条件では集中浸透に対する抵抗性が高いことを示している。

非侵食試験におけるフィルタの有効性の判定は、コア材の締めめ時の含水比と乾燥密度に影響されることから、この試験の適用にあたり、コア材の締めめ施工条件を考慮する必要があると考える。

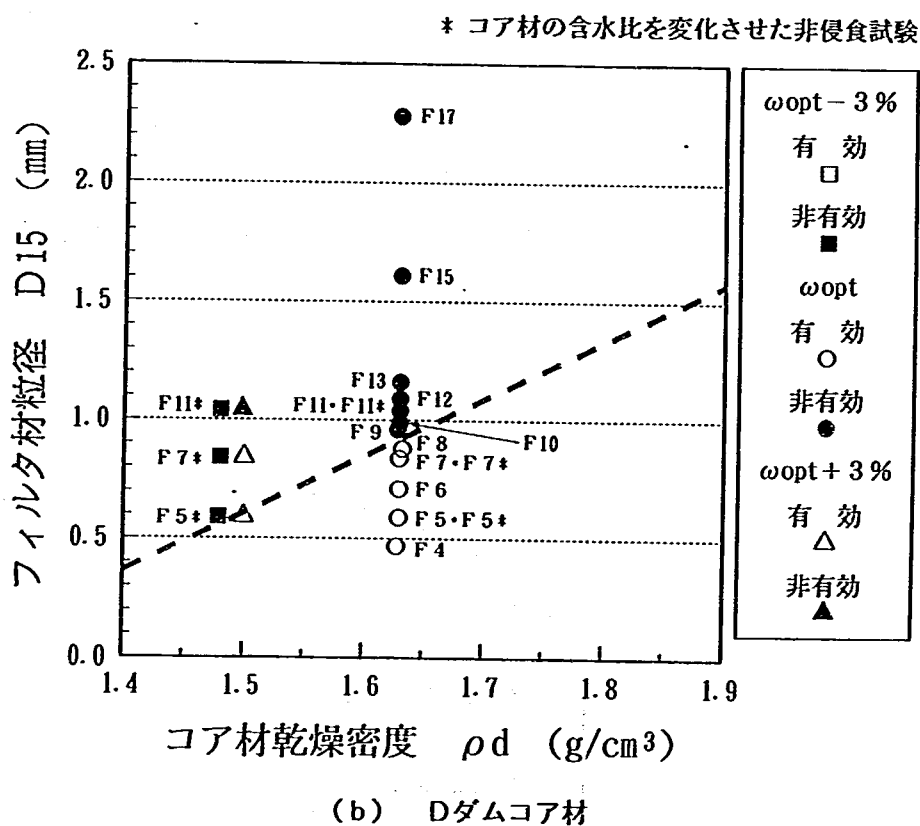
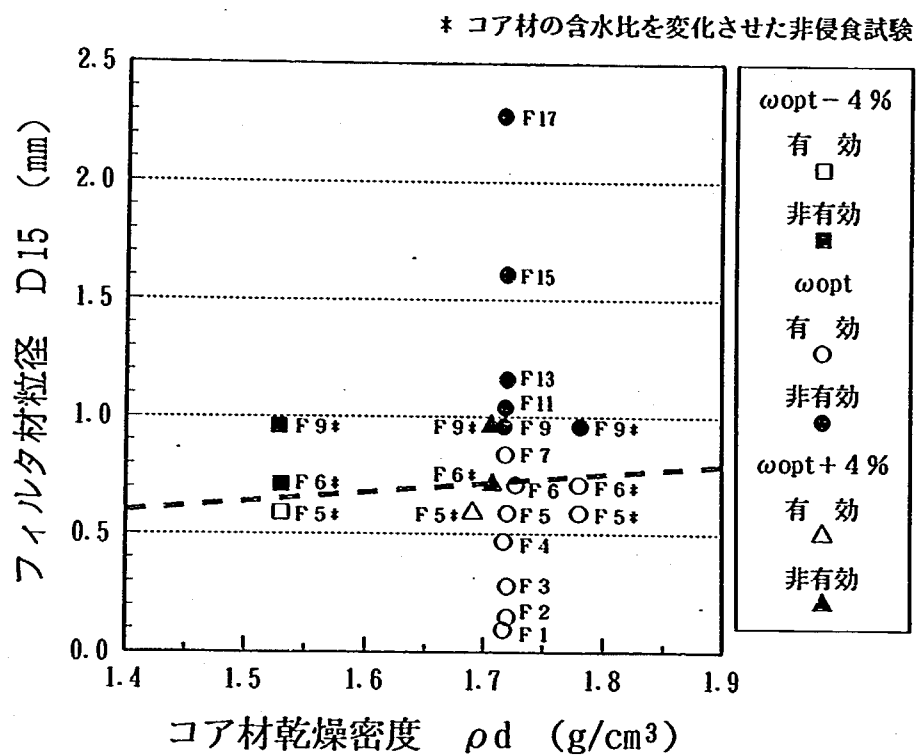


図-5.9 コア材の乾燥密度とフィルタ材の15%通過粒径 D_{15} の関係

5.4 加積侵食指数 ΣE_i

今回の非侵食試験において有効なフィルタは加積侵食指数 ΣE_i が時間の経過とともに一定値に収束したが、非有効なフィルタはこの ΣE_i が試験終了近くでも漸増傾向または急増傾向を示していた。このことから、(5.4)式に示す流出量 Q_i と濁度 D_i の積である侵食指数 E_i はフィルタの有効性を判断する指標となる可能性があると考ええる。

$$E_i = Q_i \times D_i \quad \dots\dots\dots (5.4)$$

ここに、 Q_i : $(i-1) \sim (i)$ 回測定間隔での流出量 (cm³/s)

D_i : $(i-1) \sim (i)$ 回測定間隔での濁度 (ppm)

試験開始後にはほぼ平衡状態となった ΣE_i の経時変化曲線の傾向を把握するため、図-5.10に定義する回帰直線の傾き $\Delta(\Sigma E_i) / \Delta T$ および経過時間10分での ΣE_i の値 $(\Sigma E_i)_{T=10}$ に着目し表-5.5にこれらの値と回帰分析の結果を示す。なお、表-5.5に示す標本数 n は、回帰分析に用いた ΣE_i の経時変化が平衡状態になったと考えられる時点のデータから試験終了時点までのデータの組数を示している。図-5.11に ω_{∞} で締め固めた各ダムコア材を用いた均一および粒度範囲の広いフィルタに対する試験結果、 $\Delta(\Sigma E_i) / \Delta T$ および $(\Sigma E_i)_{T=10}$ の関係を示す。ただし、 $\Delta(\Sigma E_i) / \Delta T = 0$ のデータは記入していない。

図-5.11から基本的に均一なフィルタでは、フィルタの D_{15} が大になるほど非有効となり、図中の左下から右上の領域に移動していくことがわかる。一方、粒度の広いフィルタでも同様に、 $D_{\max}$ が同様なフィルタでは $D_{\min}$ が大になるほど、 $D_{\max}$ が同様な場合は $D_{\max}$ が大になるほど右上の領域に移動していく。今回の試験から各ダムコア材とも、フィルタの有効性については $\Delta(\Sigma E_i) / \Delta T$ と $(\Sigma E_i)_{T=10}$ を指標とした明瞭な境界を見いだすことができる。ただし、Aダムコア材の場合、図-5.11(a)中の非有効な領域にプロットされる有効なフィルタ材F22は、その $D_{\max}$ (粒径9.52mm: 設定粒度の内で最粗粒) から D_{15} の粒度が非有効なフィルタ材F25・F27と同じで D_{15} より細かい部分の粒度のみが寝ていること、 ΣE_i の経時変化も有効・非有効の境界線に付近に位置していることからその有効性に疑問がもたれるとも言える。

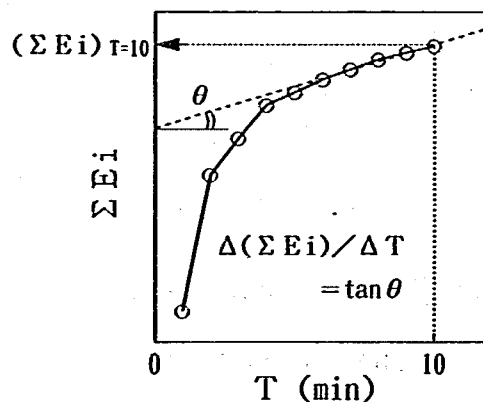


図-5.10 $\Delta(\Sigma E_i) / \Delta T$ と $(\Sigma E_i)_{T=10}$ の定義

表-5.5 回帰分析の結果と $\Delta(\Sigma E_i)/\Delta T$ および $(\Sigma E_i)_{T=10}$ の関係

(a) Aダムコア材、均一なフィルタ

フ イ ル タ 材					回 帰 分 析 の 結 果 (回帰式: $\Sigma E_i = a + b T$)						判 定
種 類	D ₁₅ (mm)	D _{min} (mm)	D _{max} (mm)	均等係数 U _c	切 片 a	傾 き b	相関係数 R	標 本 数 n	$\Delta(\Sigma E_i)/\Delta T$	$(\Sigma E_i)_{T=10}$	
F 1	0.096	0.074	0.25	1.82	2.00×10^3	5.79×10^1	0.999956	5	5.79×10^1	2.58×10^3	○
F 2	0.15	0.105	0.42	2.31	4.54×10^2	0	—	9	0	4.54×10^2	○
F 3	0.28	0.25	0.84	1.56	9.10×10^3	0	—	7	0	9.10×10^3	○
F 4	0.47	0.42	0.84	1.42	1.33×10^3	0	—	8	0	1.33×10^3	○
F 5	0.59	0.42	2.00	2.30	8.67×10^3	0	—	5	0	8.67×10^3	○
F 6	0.71	0.42	2.00	2.20	7.73×10^3	1.00×10^2	0.999850	6	1.00×10^2	8.73×10^3	○
F 7	0.84	0.42	2.00	1.99	7.64×10^3	7.95×10^1	0.996148	6	7.95×10^1	8.44×10^3	○
F 9	0.96	0.84	2.00	1.53	9.50×10^3	2.52×10^2	0.993885	5	2.52×10^2	1.20×10^4	×
F 11	1.04	0.84	4.76	2.06	2.80×10^4	3.02×10^2	0.994808	6	3.02×10^2	3.10×10^4	×
F 13	1.16	0.84	4.76	2.57	2.90×10^4	3.05×10^2	0.992590	7	3.05×10^2	3.20×10^4	×
F 15	1.61	0.84	4.76	2.38	3.81×10^4	0	—	10	0	3.81×10^4	×
F 17	2.28	2.00	4.76	1.54	—	—	—	—	—	—	×
F 19	5.28	4.76	9.52	1.41	—	—	—	—	—	—	×

F 17・F 19: 標本数が少ないため回帰分析せず ○: 有効である ×: 有効でない

表-5.5 回帰分析の結果と $\Delta(\Sigma E_i)/\Delta T$ および $(\Sigma E_i)_{T=10}$ の関係

(b) Aダムコア材, 粒度範囲の広いフィルタ

フ イ ル タ 材					回 帰 分 析 の 結 果 (回帰式: $\Sigma E_i = a + b T$)						判 定
種 類	D_{15} (mm)	D_{min} (mm)	D_{max} (mm)	均等係数 U_c	切 片 a	傾 き b	相関係数 R	標 本 数 n	$\Delta(\Sigma E_i)/\Delta T$	$(\Sigma E_i)_{T=10}$	
F20	0.84	0.105	2.00	3.17	1.50×10^4	1.06×10^2	0.993872	5	1.06×10^2	1.60×10^4	○
F21	0.84	0.105	4.76	4.90	1.22×10^4	6.80×10^0	0.990866	8	6.80×10^0	8.00×10^4	○
F22	0.84	0.105	9.52	7.02	9.67×10^4	9.80×10^0	0.982160	6	9.80×10^0	1.95×10^2	○
F23	0.84	0.25	2.00	2.33	1.99×10^3	3.31×10^1	0.998425	7	3.31×10^1	2.32×10^3	○
F24	0.84	0.25	4.76	3.61	1.25×10^4	1.61×10^2	0.994735	7	1.61×10^2	1.41×10^4	○
F25	0.84	0.25	9.52	5.18	4.85×10^3	1.26×10^2	0.990812	7	1.26×10^2	6.12×10^3	○
F26	0.84	0.42	4.76	3.07	1.65×10^4	4.87×10^1	0.964621	8	4.87×10^1	1.70×10^4	○
F27	0.84	0.42	9.52	4.40	1.36×10^4	4.61×10^1	0.988158	6	4.61×10^1	1.40×10^4	○
F30	1.04	0.420	4.76	3.45	4.83×10^4	8.48×10^2	0.999947	8	8.48×10^2	5.67×10^4	×
F31	1.04	0.420	9.52	4.56	3.74×10^3	8.32×10^1	0.999349	9	8.32×10^1	4.57×10^3	○
F32	1.09	0.840	9.52	2.73	5.72×10^3	1.00×10^2	0.994685	9	1.00×10^2	6.72×10^3	○
F33	1.16	0.105	4.76	5.24	2.85×10^4	1.05×10^4	0.994241	11	1.05×10^4	1.33×10^5	×
F34	1.16	0.105	9.52	7.32	4.55×10^4	4.63×10^3	0.990703	6	4.63×10^3	9.18×10^4	×
F35	1.16	0.25	4.76	4.48	3.60×10^4	2.01×10^3	0.959046	8	2.01×10^3	5.61×10^4	×
F36	1.16	0.25	9.52	6.26	1.71×10^4	7.38×10^3	0.981072	11	7.38×10^3	9.09×10^4	×
F37	1.35	0.42	4.76	3.40	-5.22×10^4	3.30×10^4	0.992942	11	3.30×10^4	2.78×10^5	×
F38	1.35	0.42	9.52	4.75	3.50×10^4	2.05×10^3	0.994136	9	2.05×10^3	5.55×10^4	×

○:有効である ×:有効でない

表-5.5 回帰分析の結果と $\Delta(\Sigma E_i)/\Delta T$ および $(\Sigma E_i)_{T=10}$ の関係

(c) Bダムコア材, 均一なフィルタ

フ イ ル タ 材				回 帰 分 析 の 結 果 (回帰式: $\sum E_i = a + bT$)						判 定	
種 類	D_{15} (mm)	D_{30} (mm)	D_{60} (mm)	均等係数 U_c	切 片 a	傾 き b	相関係数 R	標 本 数 n	$\Delta(\sum E_i)/\Delta T$		$(\sum E_i)_{T=10}$
F 1	0.096	0.074	0.25	1.82	-6.14×10^3	2.71×10^3	0.991815	4	2.71×10^3	2.10×10^4	○
F 2	0.15	0.105	0.42	2.31	6.58×10^3	2.46×10^2	0.996675	7	2.46×10^2	9.04×10^3	○
F 3	0.28	0.25	0.84	1.56	4.64×10^3	1.90×10^2	0.999967	7	1.90×10^2	6.55×10^3	○
F 4	0.47	0.42	0.84	1.42	7.31×10^3	3.10×10^2	0.994377	7	3.10×10^2	1.04×10^4	○
F 9	0.96	0.84	2.00	1.53	1.20×10^4	1.63×10^3	0.993078	11	1.63×10^3	2.83×10^4	○
F 11	1.04	0.84	4.76	2.06	1.66×10^4	0	—	9	0	1.66×10^4	○
F 13	1.16	0.84	4.76	2.57	1.90×10^4	3.67×10^2	0.993926	5	3.67×10^2	2.26×10^4	○
F 15	1.61	0.84	4.76	2.38	2.01×10^4	2.09×10^3	0.993646	8	2.09×10^3	4.09×10^4	○
F 17	2.28	2.00	4.76	1.54	7.32×10^3	6.66×10^3	0.997500	11	6.66×10^3	7.40×10^4	×
F 19	5.28	4.76	9.52	1.41	2.23×10^4	3.61×10^3	0.997809	10	3.61×10^3	5.84×10^4	×

○: 有効である ×: 有効でない

表-5.5 回帰分析の結果と $\Delta(\Sigma E_i)/\Delta T$ および $(\Sigma E_i)_{T=10}$ の関係

(d) Cダムコア材, 均一なフィルタ

フ イ ル タ 材					回 帰 分 析 の 結 果 (回帰式: $\Sigma E_i = a + b T$)						判 定
種 類	D_{10} (mm)	D_{min} (mm)	D_{max} (mm)	均等係数 U_c	切 片 a	傾 き b	相関係数 R	標 本 数 n	$\Delta(\Sigma E_i)/\Delta T$	$(\Sigma E_i)_{T=10}$	
F 1	0.096	0.074	0.25	1.82	5.95×10^2	5.77×10^0	0.957125	5	5.77×10^0	6.53×10^2	○
F 2	0.15	0.105	0.42	2.31	3.02×10^2	9.72×10^0	0.965920	8	9.72×10^0	4.00×10^2	○
F 3	0.28	0.25	0.84	1.56	7.58×10^2	0	—	7	0	7.58×10^2	○
F 4	0.47	0.42	0.84	1.42	1.93×10^3	1.73×10^1	0.995178	5	1.73×10^1	2.10×10^3	○
F 5	0.59	0.42	2.00	2.30	2.81×10^4	1.79×10^3	0.990087	5	1.79×10^3	4.60×10^4	○
F 6	0.71	0.42	2.00	2.20	7.47×10^3	1.54×10^2	0.995641	10	1.54×10^2	9.01×10^3	○
F 7	0.84	0.42	2.00	1.99	1.07×10^4	3.05×10^2	0.989646	5	3.05×10^2	1.38×10^4	○
F 9	0.96	0.84	2.00	1.53	9.93×10^4	8.79×10^2	0.971375	5	8.79×10^2	1.08×10^5	×
F 17	2.28	2.00	4.76	1.54	8.34×10^4	2.09×10^3	0.999488	5	2.09×10^3	1.04×10^5	×
F 19	5.28	4.76	9.52	1.41	5.59×10^4	1.42×10^3	0.977984	5	1.42×10^3	7.01×10^4	×

○:有効である ×:有効でない

表-5.5 回帰分析の結果と $\Delta(\sum E_i)/\Delta T$ および $(\sum E_i)_{T=10}$ の関係

(e) Dダムコア材, 均一なフィルタ

フ イ ル タ 材					回 帰 分 析 の 結 果 (回帰式: $\sum E_i = a + b T$)						判 定
種 類	D_{15} (mm)	D_{min} (mm)	D_{max} (mm)	均等係数 U_c	切 片 a	傾 き b	相関係数 R	標 本 数 n	$\Delta(\sum E_i)/\Delta T$	$(\sum E_i)_{T=10}$	
F 4	0.47	0.42	0.84	1.42	1.69×10^2	3.40×10^1	0.998911	11	3.40×10^1	5.09×10^2	○
F 5	0.59	0.42	2.00	2.30	2.00×10^3	8.86×10^0	0.975521	9	8.86×10^0	2.08×10^3	○
F 6	0.71	0.42	2.00	2.20	4.86×10^2	2.50×10^1	0.999983	5	2.50×10^1	7.35×10^2	○
F 7	0.84	0.42	2.00	1.99	4.75×10^2	2.48×10^1	0.989768	6	2.48×10^1	7.23×10^2	○
F 8	0.88	0.42	2.00	1.62	7.81×10^2	0	—	4	0	7.81×10^2	○
F 9	0.96	0.84	2.00	1.53	1.10×10^4	3.08×10^3	0.973650	8	3.08×10^3	4.19×10^4	×
F 10	0.99	0.84	4.76	1.71	5.36×10^4	1.26×10^3	0.991231	9	1.26×10^3	6.62×10^4	×
F 11	1.04	0.84	4.76	2.06	2.47×10^4	1.35×10^2	0.999004	4	1.35×10^2	2.61×10^4	×
F 12	1.09	0.84	4.76	2.38	6.04×10^4	3.60×10^2	0.960763	9	3.60×10^2	6.40×10^4	×
F 13	1.16	0.84	4.76	2.57	4.06×10^4	8.94×10^2	0.992443	6	8.94×10^2	4.95×10^4	×
F 15	1.61	0.84	4.76	2.38	4.09×10^4	3.19×10^3	0.982146	9	3.19×10^3	7.27×10^4	×
F 17	2.28	2.00	4.76	1.54	-6.33×10^4	2.61×10^4	0.990352	5	2.61×10^4	1.98×10^5	×
F 19	5.28	4.76	9.52	1.41	4.68×10^4	7.14×10^2	0.993079	11	7.14×10^2	5.40×10^4	×

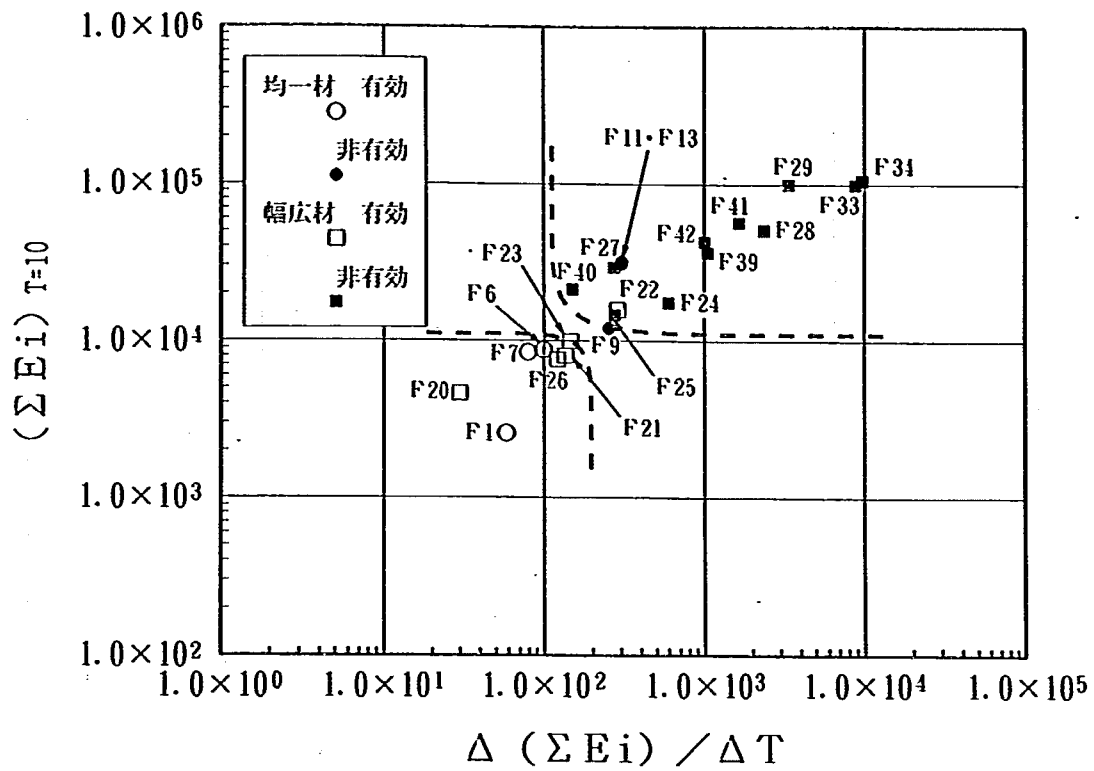
○ : 有効である × : 有効でない

表-5.5 回帰分析の結果と $\Delta(\sum E_i)/\Delta T$ および $(\sum E_i)_{T=10}$ の関係

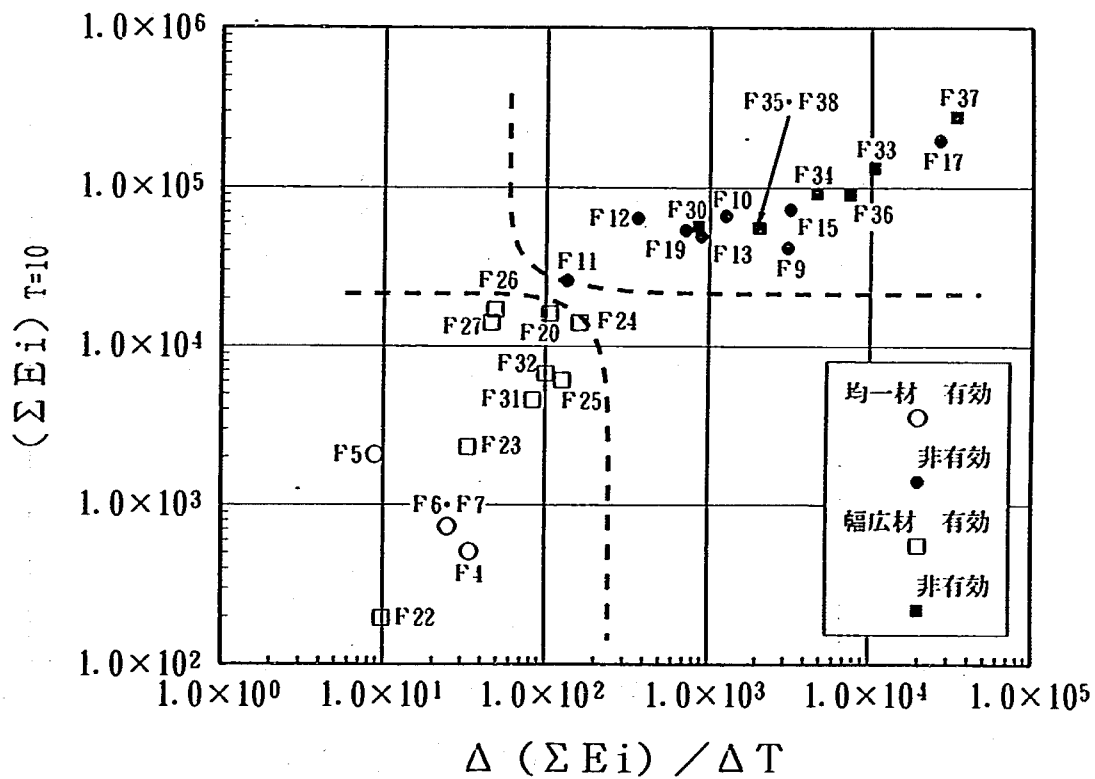
(f) Dダムコア材, 粒度範囲の広いフィルタ

フ イ ル タ 材					回 帰 分 析 の 結 果 (回帰式: $\sum E_i = a + b T$)						判 定
種 類	D_{10} (mm)	D_{min} (mm)	D_{max} (mm)	均等係数 U_c	切 片 a	傾 き b	相関係数 R	標 本 数 n	$\Delta(\sum E_i)/\Delta T$	$(\sum E_i)_{T=10}$	
F20	0.84	0.105	2.00	3.17	4.30×10^3	2.98×10^1	0.974692	4	2.98×10^1	4.60×10^3	○
F21	0.84	0.105	4.76	4.90	6.64×10^3	1.36×10^2	0.987893	6	1.36×10^2	8.00×10^3	○
F22	0.84	0.105	9.52	7.02	1.29×10^4	2.86×10^2	0.997909	6	2.86×10^2	1.58×10^4	○
F23	0.84	0.25	2.00	2.33	8.43×10^3	1.46×10^2	0.983986	5	1.46×10^2	9.89×10^3	○
F24	0.84	0.25	4.76	3.61	1.16×10^4	5.95×10^2	0.995157	7	5.95×10^2	1.75×10^4	×
F25	0.84	0.25	9.52	5.18	1.19×10^4	2.74×10^2	0.994421	6	2.74×10^2	1.46×10^4	×
F26	0.84	0.42	4.76	3.07	6.37×10^3	1.21×10^2	0.992942	7	1.21×10^2	7.57×10^3	○
F27	0.84	0.42	9.52	4.40	2.66×10^4	2.71×10^2	0.998537	5	2.71×10^2	2.93×10^4	×
F28	0.97	0.105	4.76	4.92	2.72×10^4	2.38×10^3	0.992350	10	2.38×10^3	5.10×10^4	×
F29	0.97	0.105	9.52	6.49	6.60×10^4	3.40×10^3	0.992736	10	3.40×10^3	1.00×10^5	×
F33	1.16	0.105	4.76	5.24	1.14×10^4	8.80×10^3	0.972133	11	8.80×10^3	9.95×10^4	×
F34	1.16	0.105	9.52	7.32	9.02×10^3	9.68×10^3	0.993574	11	9.68×10^3	1.06×10^5	×
F39	2.00	0.105	4.76	4.12	2.60×10^4	1.05×10^3	0.993776	11	1.05×10^3	3.66×10^4	×
F40	2.00	0.105	9.52	5.66	1.98×10^4	1.50×10^2	0.988150	9	1.50×10^2	2.13×10^4	×
F41	2.00	0.25	4.76	2.94	4.04×10^4	1.66×10^3	0.996415	7	1.66×10^3	5.70×10^4	×
F42	2.00	0.25	9.52	4.04	3.31×10^4	1.01×10^3	0.996519	8	1.01×10^3	4.31×10^4	×

○:有効である ×:有効でない

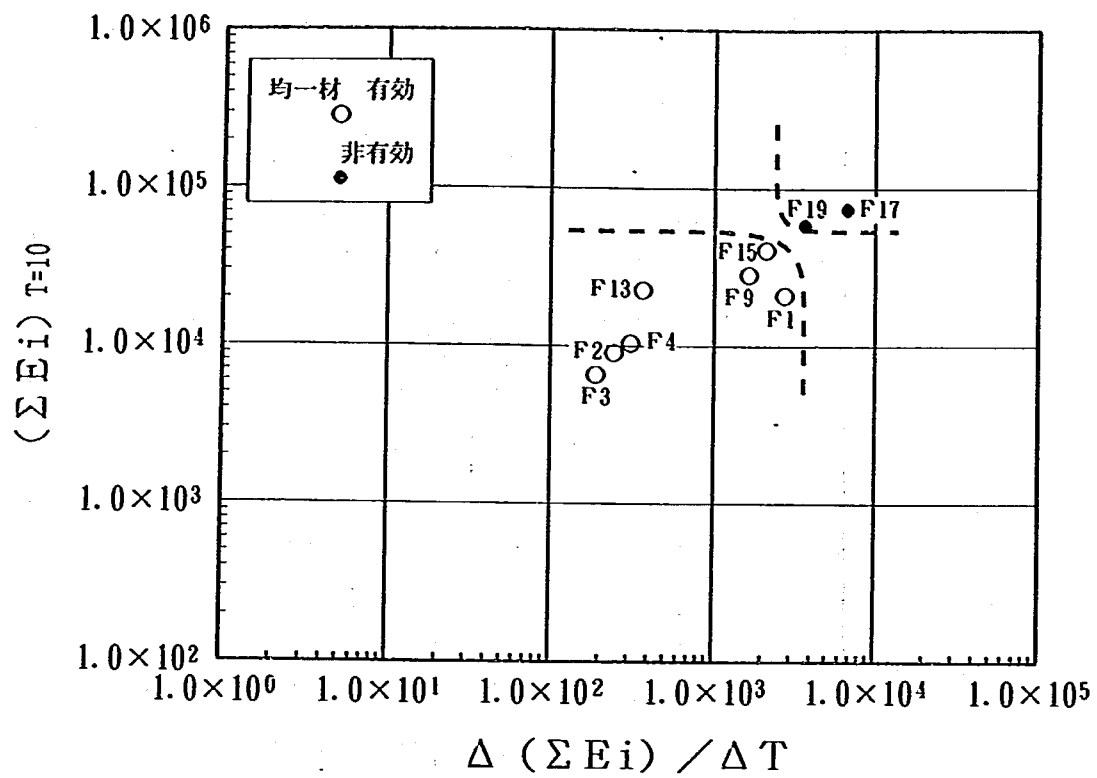


(a) Aダムコア材

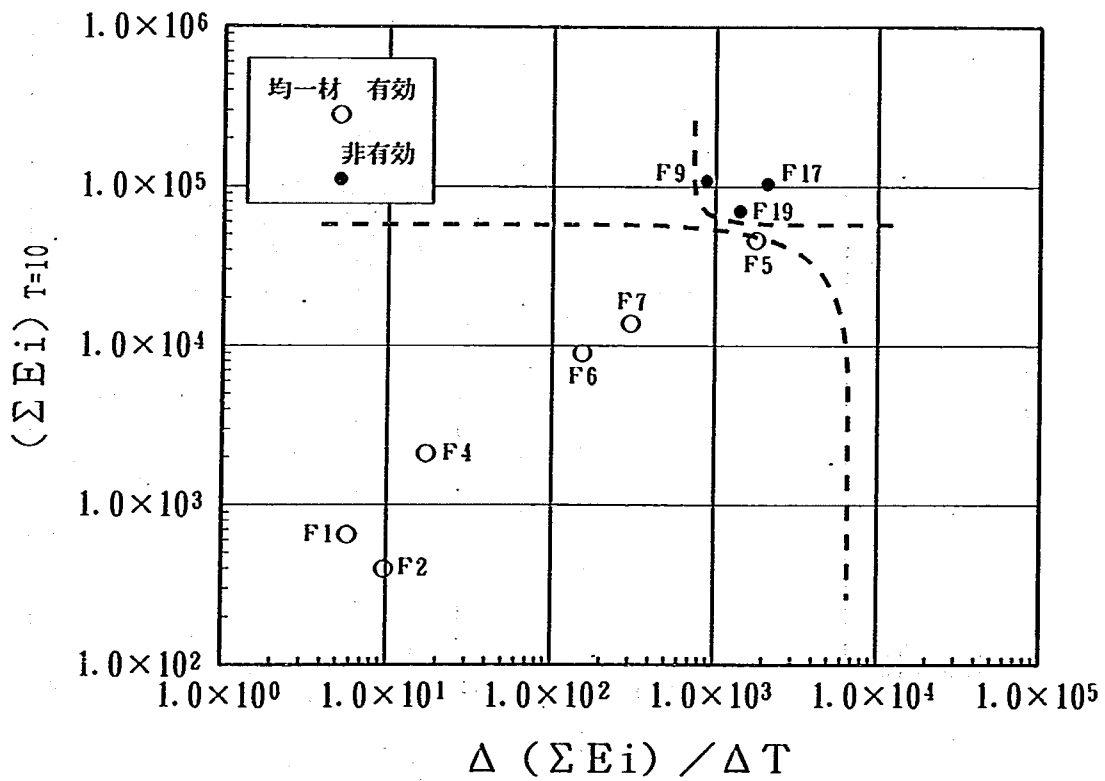


(b) Bダムコア材

図-5.11 $\Delta(\Sigma E_i) / \Delta T$ および $(\Sigma E_i)_{T=10}$ とフィルタ効果の関係



(c) Cダムコア材

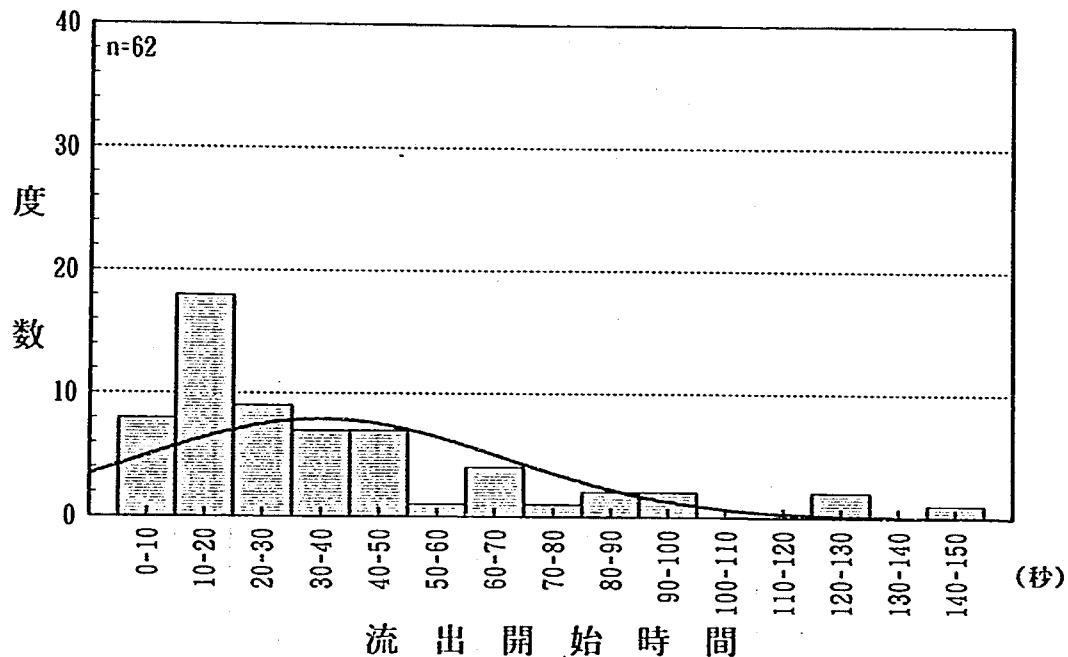


(d) Dダムコア材

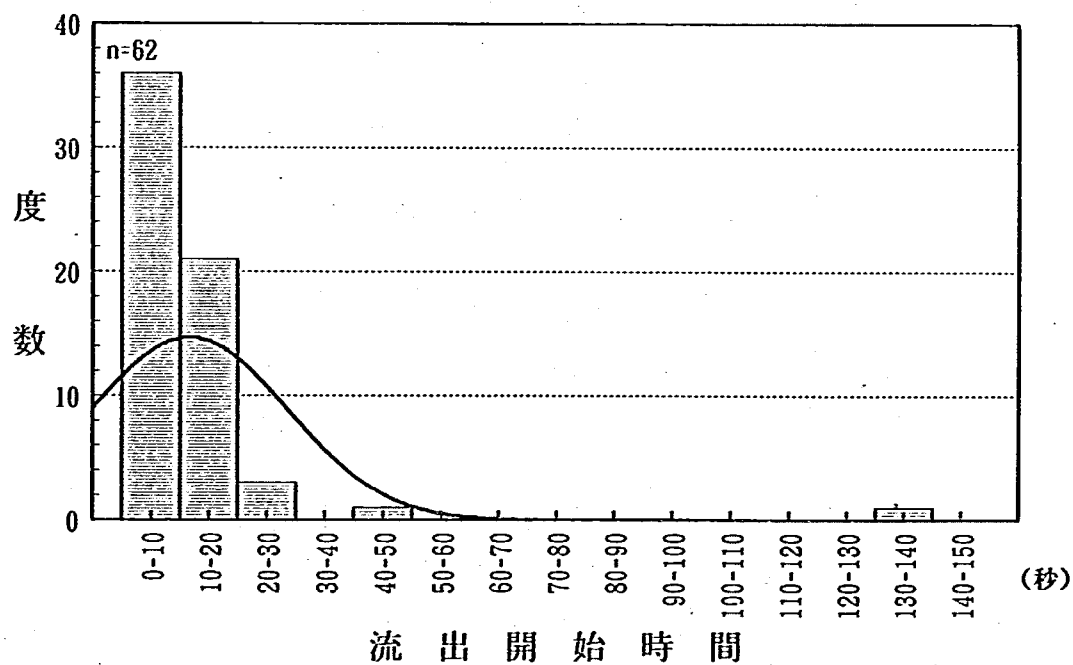
図-5.11 $\Delta(\Sigma E_i) / \Delta T$ および $(\Sigma E_i)_{T=10}$ とフィルタ効果の関係

5.5 流出開始時間

今回の非侵食試験における流出開始時間の頻度分布を図-5.12のヒストグラムに、試験条件による流出開始時間の分布状況の比較を図-5.13に示す。なお、図-5.12にはA～Dダムコア材を用いた各試験の流出開始時間を全てまとめて有効・非有効なフィルタ材ごとに示し正規曲線も併記した。また、表-5.6に



(a) 有効なフィルタ材



(b) 非有効なフィルタ材

図-5.12 流出開始時間の頻度分布 (全試験)

は図-5.13に用いた試験条件ごとの流出開始時間の最大値 x_{max} 、平均値 $\bar{x}$ 、最小値 x_{min} 、平均値+標準偏差($\bar{x} + \sigma$)および平均値-標準偏差($\bar{x} - \sigma$)を示した。

これらの図から、有効なフィルタの流出開始時間は、バラツキがあるものの明らかに非有効なフィルタ材に比べ遅くなっていることがわかる。有効なフィルタの場合には、流出の初期の段階から圧力水によって侵食されたコア材がフィルタ材の上面に流れ込んで急激に目詰まりが進行し、いったん平衡状態になってから流出が始まるものと考えられる。一方、非有効なフィルタの場合には、フィルタがより粗粒であるため緩慢に目詰まりが進行し即座に流出が開始されるものといえる。このことから、非侵食試験において試験装置から最初に流出水が流れ出した時間は、統計的な解析手法を用いればフィルタの有効性を判断する指標の一つとなるものと考ええる。

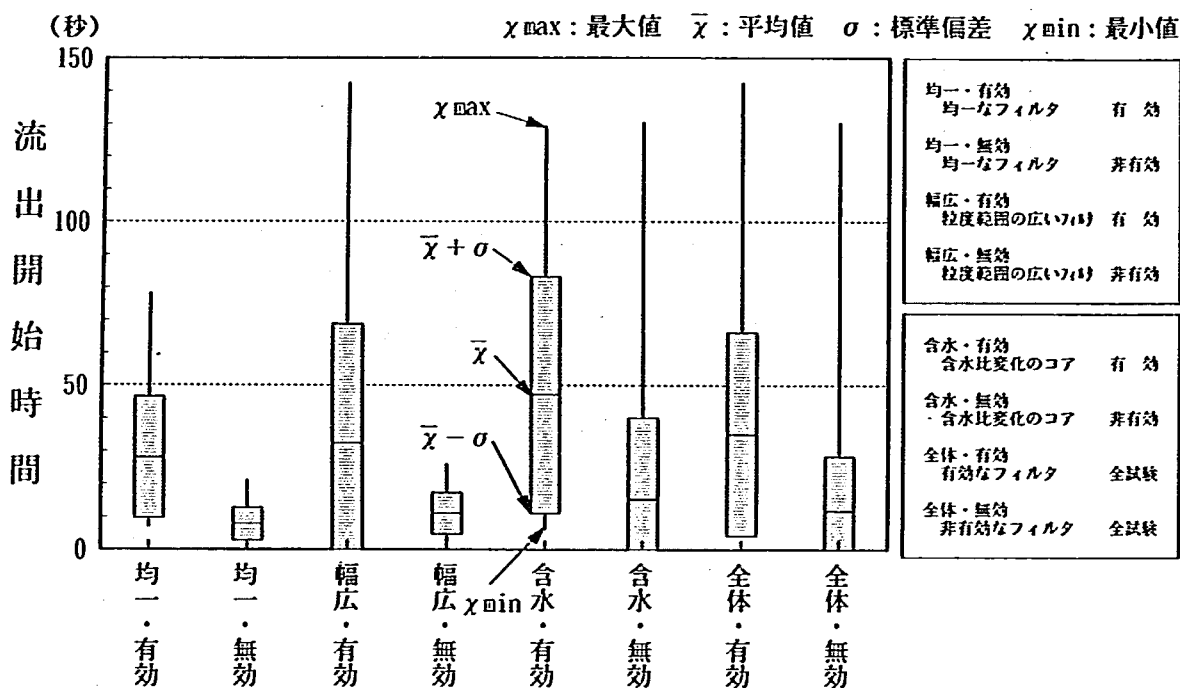


図-5.13 試験条件による流出開始時間の分布状況の比較

表-5.6 各試験条件における流出開始時間の統計量

試験条件 統計量	均一なフィルタ		粒度範囲の広いフィルタ		含水比を変化させたコア		全試験	
	有効	非有効	有効	非有効	有効	非有効	有効	非有効
最大値 x_{max} (秒)	78	21	142	26	129	130	142	130
最小値 x_{min} (秒)	7	0	9	3	6	3	6	0
平均値 $\bar{x}$ (秒)	28.00	7.79	32.33	11.06	47.15	15.16	35.23	11.71
標準偏差 σ (秒)	18.56	4.98	36.35	6.24	36.09	24.91	30.99	16.7
$\bar{x} + \sigma$ (秒)	46.56	12.77	68.68	17.30	83.24	40.07	66.22	28.41
$\bar{x} - \sigma$ (秒)	9.44	2.81	-4.02	4.82	11.06	-9.75	4.23	-4.99
試験数量 n (回)	27	19	15	18	20	25	62	62

5.6 非侵食試験方法についての考察

5.6.1 供試体作製

非侵食試験は、コア材を最適含水比付近に調整するため、自然状態の試料を加水するか、乾燥させることによって所定の含水比となるようにしている。この含水比の調整がやや面倒な作業といえる。

コア材の突固め方法については、コア材は最終仕上がり厚さが25mmであるため、3層仕上げとしても1層当り8mmから10mm程度と非常に薄いため、第1層目の第1打を強くたたくとタンパーがフィルタ表面あるいはフィルタ内に達し、コア材とフィルタ材が混合してしまうことがある。対策として、第1層目の突固めを行う前に第1層目の表面全域にわたりタンパーで軽くなでる程度にたたいて表面を均等に均してから第1層目の突固めを行うことで解決できた。第2, 3層目は、特に問題はなかった。

フィルタ材の締固め方法として、当初はフィルタ材表面の目詰まりを極力避け、フィルタ材を均等に締める方法として、フィルタ材を水浸することを考えていた。しかし、この方法では、フィルタの上部表面が湿ってしまうため、コア材を突固める時、コア材の含水比が変化してしまい、またフィルタ材とコア材の境界面が湿るため、コア材の締固めも困難になった。そこで、水締めは行わず、モールド側面から軽くたたく程度とした。

5.6.2 試験方法の比較

今回実施した非侵食試験と第2章で述べた Sherard ら、Chai ら、Sêco e Pinto ら および Leonards らの実施した試験の試験方法の比較を表-5.7に示す。

Sherard ら (1985) によると最終的にフィルタを通して排出された水が清浄であり、かつピンホールおよび接触面に侵食が見られない場合を有効なフィルタと目視によって判定し、排出水の流出量や濁度（清浄度）について定量的には言及していない。Chai ら、Sêco e Pinto らおよび Leonards らも同様である。そこで、今回の試験では流出量と濁度の経時変化からこの有効性の判定を定量的に評価する方法について重点を置いた。

今回の試験に使用した材料は、コア材およびフィルタ材のいずれも既往の研究で使われたものとはほぼ同程度の最大粒径のものとした。ただし、既往の研究で用いられた材料は、海外での実際のフィルダムに使用される材料の粒度を反映してか、コア材およびフィルタ材とも均一な粒度分布のものが多かった。

今回の試験では、コア材とフィルタ材の厚さ、ピンホール径、通水方向、通水圧力、試験用水およびモールド内径などの試験方法は既往の研究とほぼ同様の仕様を採用したが、この仕様の違いが試験結果に与える影響についての詳細検討は今後の課題としたい。

表-5.7 試験方法の比較

	Sherard	Chai	Seco e Pinto	Leonards	土木研究所
目的	フィルダムのコアに亀裂が発生し、集中浸透が発生した場合のフィルタの有効性を判定し、フィルタ基準を提案する。	粒度範囲の広い砂質または礫質のコアに集中的な浸透が発生した場合でも有効に働くフィルタを設計するための粒度基準を提案する。	厳格に設計されたフィルダムでも堤体に亀裂が生じコアに集中的な浸透が発生すると仮定し試験を行い、結果を既存のフィルタ基準と比較する。	既存ダムのチムニー型ドレーンが最近発表されたフィルタ基準を満足していなかったため試験を行い現状を分析し、対策を検討する。	試験方法の精度を確認し、結果の定量的解析法の確立を目指す。試験結果を比較し既存のフィルタ基準に対する評価を行う。
コア材	・細粒コア材 ($d_{0.05} \leq 3\text{mm}$) ・粗粒コア材 ($d_{0.05} > 3\text{mm}$) ・細粒材 → 粘土、シルト、砂質シルト、シルト質砂。 ・4種類にグループ分け。 ・分散性粘土も一部含む。	・マレーシア産の砂質または礫質粘土とシルトを9種類 ・$d_{max}=4.75 \sim 19.0\text{mm}$ ・$d_{0.05}=0.12 \sim 2.91\text{mm}$ ・実際のダムのコア材として S3, S4, S7, S8を使用	・ポルトガルの3箇所のダムの粘土または砂質粘土のコア材。 ・$d_{max} \leq 4.75\text{mm}$ ・$d_{0.05}=0.1 \sim 3.0\text{mm}$	・実際のダムの上流ブランケット材に使用している3種類の風化頁岩粘土。	・現場のコア材 4種類。 ・$d_{0.05}=0.35 \sim 2.48\text{mm}$ ・4.76mm以下のせん頭粒度。
フィルタ材	・0.149~19.0mmの範囲の砂。均一なものから粒度範囲の広いものまで25種類。 ・$D_{15}=0.30 \sim 9.51\text{mm}$ (細粒コア材の試験)	・$D_{15}=0.5 \sim 1.7\text{mm}$ ・クラッシングした花崗岩を粒度調整したものを22種類 ・実際のダムのフィルタ材にも同様の材料を使用。	・$D_{15}=0.35 \sim 6.0\text{mm}$までの範囲で6種類。 ・$D_{max}=4.75 \sim 19.0\text{mm}$	・$D_{15}=0.85 \sim 3.0\text{mm}$ ・実際のダムのチムニー型ドレーンに使用しているスラグ。 ・$D_{max}=4.75 \sim 9.5\text{mm}$	・0.074~9.52mmの範囲の砂。 ・$D_{15}=0.096 \sim 5.28\text{mm}$ ・F1~F19 均一材料。 ・F20~F42 粒度範囲の広い材料。
コア厚	・25mm (細粒コア材) ・100mm (粗粒コア材)	・25mm	・25mm	・102mm	・25mm
フィルタ厚	・80mm (細粒コア材の試験)	・130mm	・不明	・102mm	・80mm
ピンホール径	・$\phi 1\text{mm}$ (細粒コア材) ・$\phi 5 \sim 10\text{mm}$ (粗粒コア材)	・ $\phi 1.5\text{mm}$	・ $\phi 1\text{mm}$	・ $\phi 1\text{mm}$	・ $\phi 1\text{mm}$
通水方向	・垂直流 (上から下)	・垂直流 (上から下)	・水平流	・垂直流 (上から下)	・垂直流 (上から下)
通水圧力	・413kPa (4.2kgf/cm ²)	・4.0kgf/cm ²	・250kPa (2.6kgf/cm ²)	・550kPa (5.6kgf/cm ²)	・4.0kgf/cm ²
試験用水	・水道水、蒸留水	・水道水	・水道水	・水道水	・水道水
試験装置	・円筒 内径100mm(細粒コア材) 内径280mm(粗粒コア材)	・円筒 内径 170mm 高さ 290mm	・円筒 内径 100mm 長さ 不明	・円筒 内径 102mm 高さ 254mm	・円筒 内径 100mm 高さ 170mm
試験方法	・コア材は最適含水比付近で締め固める。ただし、締め固め密度は毎回計測しない。 ・流出した水の色、濁り、流速等を目視で観察する。 ・コア材の侵食状況を観察する。	・フィルタ材は振動台の上で8kgfの載荷で1分間締め固める。 ・コア材はω_{opt}付近で最大乾燥密度ρ_{max}の約95%まで締め固める。 ・下流側からの流出水の流量を測定し濁りを目視で観察する。 ・コア材の侵食状況を観察する。 ・ピンホールとフィルタ材表面の侵食状況を観察する。	・コア材はω_{opt}に対して乾燥側と湿潤側の2種類の含水比で、1Ecまたは0.9Ecのρ_{max}で締め固めた。 ・下流側からの流出水の流量を測定し濁りを目視で観察する。 ・コア材の侵食状況を観察する。 ・圧力0.51kgf/cm²で20日間通水した長期試験を実施。	・フィルタ材は実際の現場単位体積重量の90%まで締め固める。 ・コア材は含水比を$\omega_{opt}-1\%$とし、ρ_{max}の95%または100%の密度で締め固める。 ・流出した水の色、濁り、流速等を目視で観察する。 ・コア材の侵食状況を観察する。	・コア材はω_{opt}付近でρ_{max}の約90~95%まで6.8kgf級ハート・ミニチュア・タンパーで締め固める。 ・定量的に判定するために圧力、流量、濁度を計測器で経時測定する。 ・コア材の侵食状況を観察し写真に記録する。 ・フィルタ層に対する透水試験を行う。
試験実施年	1981~1985年	1986年	1987~1988年	1987~1988年	1991~1993年

6. ま と め

近年, Sherardらの研究を基に, 諸外国ではフィルタ基準の研究が進められている中で, 我が国としての見解も強く要求されてきている。本研究は, このような状況の中で我が国独自の見解を探るため, 現実のフィルダムコア材を使用して非侵食試験を実施した。また, この試験を実施する過程において, フィルタ基準に関する最近研究動向の文献調査も行った。さらに, 今回の試験結果をもとに現行のフィルタ基準と最近新たに提案されている基準等の評価も行った。その結果, 以下に示す知見を得ることができた。

(1) 既往の研究

フィルタ基準に関する研究は, これまでフィルタ材として砂礫を, 保護すべき材料として砂を用いた実験が精力的に実施されてきた。一方, 最近では, フィルダムのコア材が粘性土であること, さらに何らかの原因でコア部に水みちが発生して集中的な浸透が起ることをも想定した以下のようなフィルタ基準に関する研究が進められており, これらについてその概要を紹介した。

- ① 筆者らは, コアでの集中的な浸透の発生を想定した場合にも有効なフィルタを判定する手法であるダーティー・ウォーク試験を実施し, 試験仕様およびフィルタの有効性を定量的に判定する基準を確立した。また, 均一なフィルタ材とともに粒度範囲の広いフィルタ材の試験結果を併せて解析することにより, フィルタの有効性は D_{15} のみならず, D_{15} より細かい部分の粒度分布や最大粒径 D_{max} にも依存することを示した。
- ② Sherardらは, コア材に亀裂ができ集中的な浸透が発生した場合にも有効なフィルタの基準を見い出すため, スラリー試験, スロット試験, 非侵食試験の3種類の試験を実施した。このうち非侵食試験は粗粒材を含むコア材に対しても非常に良い結果を与え, この試験の結果をもとに新しいフィルタ基準を提案した。
- ③ Chaiらは, 非侵食試験と同様のピンホール・フィルタ試験を実施し, 粒度範囲の広い砂質または礫質のコアに集中的な浸透が発生した場合でも有効に働くフィルタに対する独自の基準を提案した。
- ④ Sêco e Pintoらは, 実際のフィルダムのコア材に対してホール試験を実施し, この試験の結果と既往のフィルタ基準との比較からこれらのダムに用いられているフィルタは十分に有効であると述べている。
- ⑤ Leonardsらは, 既存のダムのチムニー型ドレーンがSherardらのフィルタ基準を満足していなかったため, 非侵食試験と同様のピンホール試験を行って現状を分析し対策を検討した。

(2) 非侵食試験

コアに集中的な浸透が発生した際でも有効に働くフィルタの粒度条件を検討するための手法の一つであるSherardらが1985年に発表した非侵食試験を実施した。

- ① 均一なフィルタ材を用いた非侵食試験から, フィルタの有効性について15%通過粒径 D_{15} を指標とした明瞭な境界を見い出し, Sherardらのフィルタ基準とほぼ同様の結果を得てその精度の高さを確認した。
- ② 均一なフィルタ材とともに粒度範囲の広いフィルタ材の試験結果を併せて解析することにより, フィ

ルタの有効性は D_{15} のみならず、最大粒径 D_{max} 、最小粒径 D_{min} 、 D_{min} から D_{15} や D_{15} から D_{max} の粒度分布にも依存することがわかった。

- ③ フィルタの透水係数もフィルタ基準の一つの指標となり得ると考えるが、透水係数は粒度に比べて管ルタの有効性は D_{15} のみならず、最大粒径 D_{max} 、最小粒径 D_{min} 、 D_{min} から D_{15} や D_{15} から D_{max} の粒度分布にも依存することがわかった。
- ③ フィルタの透水係数もフィルタ基準の一つの指標となり得ると考えるが、透水係数は粒度に比べて管理しづらいパラメータであることに留意すべきである。
- ④ 非侵食試験の結果はコア材の含水比と乾燥密度に影響されることから、試験条件の設定にあたり、コア材の締固め施工条件を考慮する必要がある。
- ⑥ 加積侵食指数 ΣE_i の経時変化曲線がフィルタの有効性判定の定量的指標となり得ることを示した。
- ⑦ 非侵食試験の通水の流出開始時間は、統計的な解析手法を用いた場合フィルタの有効性を判断する指標の一つとなるものとする。
- ⑧ 今回の非侵食試験結果から得たフィルタ基準はダーティ・ウォーター試験から得た基準よりもやや余裕をもった条件となった。これはダーティ・ウォーター試験が非侵食試験に比べ厳しい試験条件を想定したものであると考える。

最後に今後の課題として、通水圧力、ピンホール径、コア材とフィルタ材の厚さを変化させた試験、通水の流出方向を考慮した試験、より大型のモールドを用いた実際のフィルダムの築造で使用する材料の非侵食試験を行い、フィルタ基準に対する見解を示したいと考えている。

謝 辞

4 ダムの工事事務所の方々には試験に用いたコア材を提供して頂いた。以上、末尾ながら記して感謝の意を表します。

参 考 文 献

- 1) Terzaghi, K. : Der Grundbruch an Stauwerken Verhutung, Die Wasserkraft, p.445, 1922.
- 2) Bertram, G. E. : An Experimental Investigation of Protective Filters, Harvard Universtity Soil Mechanics Series, No.7, 1940.
- 3) 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.
- 4) Land, A. : An Experimental Study of Graded Filters, M. Sc. Thesis, Universtiy of London, 1949.
- 5) Us Army Engineer, Waterways Experiment Station : Investigation of Filter Requirements for Underdrains, Tecnical Memorandum, No.183-1, 1941.
- 6) US Army Engineer, Waterways Experiment Station : Filter Experiments and Design Criteria, Technical Memorandum, No.3-360, 1953.
- 7) Karpoff, K. P. : The Use of Laboratory Tests to Develop Design Criteria for Protective Filters, Proc., ASTM, Vol.55, p.1183, 1955.
- 8) Sherard, J. L. et al. : Earth and Earth-Rock Dams, John Wiley & Sons, 1963.
- 9) (社) 日本大ダム会議 : 第2次改訂ダム設計基準, 1978年8月.
- 10) 建設省河川局監修 : 建設省河川砂防技術基準(案), 設計編1, (社) 日本河川協会編, 山海堂, 1985年10月.
- 11) Sherard, J. L., Dunnigan, L. P. and Talbot, J. R. : Filters for Silts and Clays, Journal of Geotechnical Engineereing, ASCE, Vol.110, No.6, pp.701~718, 1984.
- 12) Sherard, J. L., and Dunnigan, L. P. : Filters and Leakage Control in Embankment Dams, Proc. Symp. Seepage and Leakage from Dams and Impoundments, ASCE, pp.1~30, 1985.
- 13) US Department of Agriculture, Soil Conservation Service : Guide for Determining the Gradation of Sand and Gravel Filters, Soil Mechanics Note No.1, 1986.
- 14) US Department of the Interior, Bureau of Reclamation : Design Standards No.13-Embankment Dams, Chapter5-Protective Filters, 1987.
- 15) Townsend, F. C. and Stanfill, D. C. : An Experimental Evaluation of Sand Filters for Dispersive Clays, Department of Civil Engineering, University of Florida, 1987.
- 16) Sherard, J. L., Dunnigan, L. P., Decker, R. S. and Steel, E. F. : Pinhoie Test for Identifying Dispersive Soils, Journal of Geotechnical Engineering, ASCE, Vol.102, No.1, pp.69~85, 1976.
- 17) 藤澤侃彦・山口嘉一・田原則雄・松本徳久 : フィルダムコア材の分散性と適切なフィルタ, 建設省土木研究所資料, 第3100号, 1992年2月.
- 18) 山口嘉一・松本徳久・田原則雄 : ピンホール試験によるフィルダムコア材の分散性の判定, 第26回土

質工学研究発表会論文集, pp.1731 ~1732, 1991年7月.

- 19) 中村 昭・山口嘉一・小川直樹: フィルダム遮水材料の分散性の判定—ピンホール試験とSCS分散性試験による—, ダム技術, No.84, pp.34 ~47, 1993年9月.
- 20) 松本徳久・山口嘉一・田原則雄: ダーティ—ウォーター試験による土質材料のフィルタ基準についての検討, 第26回土質工学研究発表会論文集, pp.1703 ~1706, 1991年7月.
- 21) 山口嘉一・田原則雄・藤澤侃彦: ダーティ—ウォーター試験による土質材料のフィルタ基準についての検討 (第2報), 第27回土質工学研究発表会論文集, pp.1985 ~1986, 1992年7月.
- 22) 中村 昭・山口嘉一・小川直樹: ダーティ—ウォーター試験によるフィルタ効果の検討, ダム技術, No.79, pp.31 ~40, 1993年4月.
- 23) 山口嘉一・小川直樹・田原則雄・藤澤侃彦: フィルダム遮水ゾーンからの濁漏水を想定したフィルタ試験, 土木学会論文集 (投稿中).
- 24) 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.
- 25) 松本徳久・山口嘉一・山野雅彦: フィルタ基準に関する考察, ダム技術, No.38, pp.17~30, 1990年2月.
- 26) 志村孝吉: 粘性土における浸透侵食に関する実験的検討, 電気中央研究所報告, 377027, 1978年5月.
- 27) Sherard, J. L. Dunnigan, L. P. : Critical Filters for Impervious Soils, Journal of Geotechnical Engineering, ASCE, Vol.115, No.7, pp.927~947, 1989.
- 28) Chai, H. K. and Heng, K. W. : Investigation of Crushed Rock Filters for Dam Embankment, Journal of Geotechnical Engineering, ASCE, Vol.115, No.3, pp.399~412, 1991.
- 29) Sêco e Pinto, P. S. and Santana, T. : Filter for Clay Core of Embankment Dams, Proc. 12th Int. Conf. Conf. Soil Mechanics and Foundation Engineering, pp.1689~1692, 1989.
- 30) Wolski, W., Furstenberg, A., Mioduszewski, W. and Reczek, J. : Protection against Piping of Dam Cores of Flysch Origin Cohesive Soils, Trans. 10th Int. Cong. on Large Dams, Vol.I, pp.575 ~ 585, 1970.
- 31) Vaughan, P. R. and Soares, H. F. : Design of Filter for Clay Core of Dams, Journal of Geotechnical Engineering, ASCE, Vol.108, No.1, pp.17~31, 1982.
- 32) Paré, J. J., Cabot, L. and Garzon, M. : Large Scale Permeability and Filter Tests at LG3, Trans. 14th Int. Cong. on Large Dams, Vol.N, pp.103~122, 1982.
- 33) Kjøernsli, B., Kvale, G., Lunde, J. and Baade—Mathiesen : Design, Construction Control and Performance of the Svartevann Earth—rockfill Dam, Trans. 14th Int. Cong. on Large Dams, Vol.N, pp.319~337, 1982.

- 34) Leonards, G. A., Huang, A. B. and Ramos, J. : Piping and Erosion Test at Conner Run Dam, Journal of Geotechnical Engineering, ASCE, Vol.117, No.1, pp.108~117, 1991.
- 35) Perry, E. B. : Laboratory Tests on Granular Filters for Embankment Dams, US Army Engineer, Waterways Experiment Station, Technical Report GL-87-22, 1987.
- 36) 中村 昭・山口嘉一・矢萩賢仁・田原則雄：非侵食試験によるフィルタ性能の検討，第28回土質工学研究発表会論文集，pp.2237 ~2240，1993年6月．
- 37) 中村 昭・山口嘉一・矢萩賢仁・田原則雄：非侵食試験におけるフィルタ粒度の影響，土木学会第48回年次学術講演会概要集，pp.1064 ~1065，1993年9月．
- 38) Soares, H. F. : Experiments on Retention of Soils by Filters, A Thesis Submitted to the University of London for the Degree of Master Philosophy in the Faculty of Engineering, 1980.
- 39) Naranjo, A. : Personal Communication to F. L. Kinstler, 1970.

付 表

非侵食試験データ記録

ノ

計

海防ノ要ニ關スル事

1. 均 一 な フ ィ ル タ .

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12

N E F 試験データ記録

試験日 平成 3 年 8 月 28 日

ベース材	種類	Aダム	D15/d85	0.27
	d85	0.35mm	フィルタ材密度	1.630g/cm ³
フィルタ材	種類	F1	コア材含水比	18.23%
	D15	0.096mm	コア材乾燥密度	1.717g/cm ³

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧力 (kgf/cm ²)	流出量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁度 (ppm)	備 考	供試体スケッチ (試験後)
	開始	終了	時間						
29	01:00	02:00	01:00	4.0	221.0	3.7	190		
22	02:00	03:00	01:00	4.0	196.0	3.3	190		
25	03:00	04:00	01:00	3.9	193.0	3.2	190		
32	04:00	05:00	01:00	3.9	192.0	3.2	50		
23	05:00	06:00	01:00	3.9	186.0	3.1	50		
24	06:00	07:00	01:00	3.9	187.0	3.1	50		
31	07:00	08:00	01:00	3.9	176.0	2.9	20		
26	08:00	09:00	01:00	3.9	174.0	2.9	20		
21	09:00	10:00	01:00	3.9	176.0	2.9	20		
27	10:00	11:00	01:00	3.9	167.0	2.8	20		

N E F 試験データ記録

試験日 平成 3 年 9 月 2 日

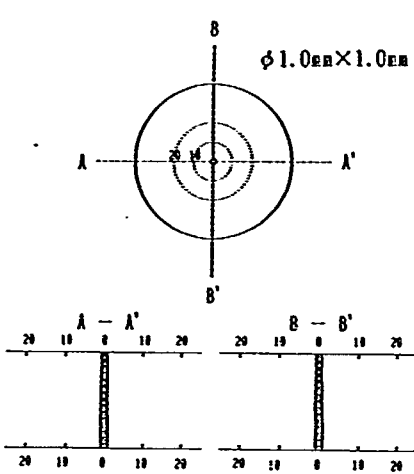
ベース材	種類	Aダム	D15/d85	0.43
	d85	0.35mm	フィルタ材密度	1.563g/cm ³
フィルタ材	種類	F2	コア材含水比	18.03%
	D15	0.15mm	コア材乾燥密度	1.720g/cm ³

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧力 (kgf/cm ²)	流出量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁度 (ppm)	備 考	供試体スケッチ (試験後)
	開始	終了	時間						
21	00:42	01:00	00:18	4.0	115.0	6.4	63		
22	01:00	02:00	01:00	4.0	385.0	6.4	8		
23	02:00	03:00	01:00	4.0	359.0	6.0	0		
24	03:00	04:00	01:00	4.0	352.0	5.9	0		
25	04:00	06:00	02:00	4.0	622.0	5.2	0		
26	06:00	07:04	01:04	4.0	320.0	5.0	0		
27	07:04	08:09	01:05	4.0	337.0	5.2	0		
28	08:09	09:09	01:00	4.0	294.0	4.9	0		
29	09:09	10:09	01:00	3.9	284.0	4.7	0		
30	10:09	11:09	01:00	3.9	286.0	4.8	0		

NEF 試験データ記録

試験日 平成 3 年 9 月 2 日

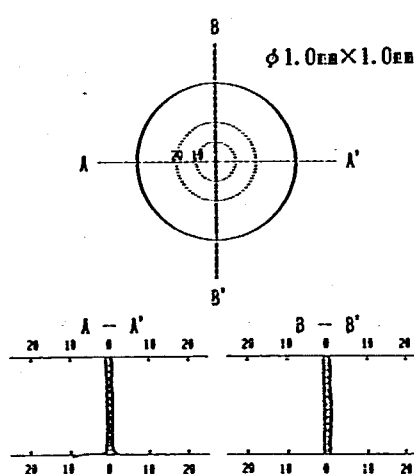
ベース材	種類	Aダム	D15/d85	0.80
	d85	0.35mm	フィルタ材密度	1.559g/cm ³
フィルタ材	種類	F3	コア材含水比	18.03%
	D15	0.28mm	コア材乾燥密度	1.720g/cm ³

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧力 (kgf/cm ²)	流出量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁度 (ppm)	備考	供試体スケッチ (試験後)
	開始	終了	時間						
11	00:48	01:00	00:12	4.0	169.0	14.1	333		
12	01:00	02:00	01:00	3.9	525.0	8.8	400		
13	02:00	03:00	01:00	3.9	500.0	8.3	108		
14	03:00	04:00	01:00	3.8	447.0	7.5	1		
15	04:00	05:00	01:00	3.8	419.0	7.0	0		
16	05:00	06:00	01:00	3.8	401.0	6.7	0		
17	06:00	07:00	01:00	3.8	381.0	6.3	0		
18	07:00	08:00	01:00	3.8	365.0	6.1	0		
19	08:00	09:00	01:00	3.8	357.0	5.9	0		
20	09:00	10:00	01:00	3.8	345.0	5.7	0		

NEF 試験データ記録

試験日 平成 3 年 8 月 29 日

ベース材	種類	Aダム	D15/d85	1.34
	d85	0.35mm	フィルタ材密度	1.656g/cm ³
フィルタ材	種類	F4	コア材含水比	18.23%
	D15	0.47mm	コア材乾燥密度	1.717g/cm ³

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧力 (kgf/cm ²)	流出量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁度 (ppm)	備考	供試体スケッチ (試験後)
	開始	終了	時間						
1	01:00	02:00	01:00	4.0	275.0	4.6	200		
2	02:00	03:00	01:00	4.0	228.0	3.8	60		
3	03:00	04:00	01:00	4.0	216.0	3.6	52		
4	04:00	05:00	01:00	4.0	204.0	3.4	0		
5	05:00	06:00	01:00	4.0	205.0	3.4	0		
6	06:00	07:00	01:00	4.0	198.0	3.3	0		
7	07:00	08:00	01:00	4.0	188.0	3.1	0		
8	08:00	09:00	01:00	3.9	183.0	3.0	0		
9	09:00	10:00	01:00	3.9	176.0	2.9	0		
10	10:00	11:00	01:00	3.9	171.0	2.9	0		

N E F 試験データ記録

試験日 平成 3 年 9 月 3 日

ベース材	種類	Aダム	D15/d85	1.69
	d85	0.35mm	フィルタ材密度	1.693g/cm ³
フィルタ材	種類	F5	コア材含水比	18.03%
	D15	0.59mm	コア材乾燥密度	1.720g/cm ³

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧力 (kgf/cm ²)	流出量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁度 (ppm)	備 考	供試体スケッチ (試験後)
	開始	終了	時間						
1	00:50	01:04	00:14	4.0	94.0	6.7	☆500	☆500ppm以上	
2	01:04	02:00	00:56	4.0	231.0	4.1	☆500	-	
3	02:00	03:00	01:00	4.0	226.0	3.8	300		
4	03:00	04:00	01:00	4.0	213.0	3.6	300		
5	04:00	05:00	01:00	4.0	197.0	3.3	320		
6	05:00	06:00	01:00	4.0	189.0	3.2	3		
7	06:00	07:20	01:20	4.0	249.0	3.1	0		
8	07:20	08:00	00:40	4.0	113.0	2.8	0		
9	08:00	09:00	01:00	4.0	168.0	2.8	0		
10	09:00	10:00	01:00	4.0	174.0	2.9	0		

N E F 試験データ記録

試験日 平成 3 年 9 月 5 日

ベース材	種類	Aダム	D15/d85	2.03
	d85	0.35mm	フィルタ材密度	1.727g/cm ³
フィルタ材	種類	F6	コア材含水比	18.03%
	D15	0.71mm	コア材乾燥密度	1.720g/cm ³

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧力 (kgf/cm ²)	流出量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁度 (ppm)	備 考	供試体スケッチ (試験後)
	開始	終了	時間						
11	00:42	01:00	00:18	4.0	125.0	6.9	☆500	☆500ppm以上	
12	01:00	02:00	01:00	4.0	387.0	6.5	☆500		
13	02:00	03:00	01:00	4.0	333.0	5.6	200		
14	03:00	04:00	01:00	4.0	320.0	5.3	40		
15	04:00	05:00	01:00	4.0	311.0	5.2	40		
16	05:00	06:00	01:00	4.0	308.0	5.1	20		
17	06:00	07:00	01:00	4.0	310.0	5.2	20		
18	07:00	08:00	01:00	4.0	299.0	5.0	20		
19	08:00	09:00	01:00	4.0	290.0	4.8	20		
20	09:00	10:00	01:00	4.0	285.0	4.7	20		

N E F 試験データ記録

試験日 平成 3 年 9 月 10 日

ベース材	種類	Aダム	D15/d85	2.40
	d85	0.35mm	フィルタ材密度	1.691g/cm ³
フィルタ材	種類	F7	コア材含水比	18.15%
	D15	0.84mm	コア材乾燥密度	1.718g/cm ³

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧力 (kgf/cm ²)	流出量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁度 (ppm)	備考	供試体スケッチ (試験後)
	開始	終了	時間						
1	00:26	01:02	00:36	4.1	314.0	8.7	※500	※500ppm以上	
2	01:02	02:00	00:58	4.0	415.0	7.2	427		
3	02:00	03:00	01:00	4.0	413.0	6.9	48		
4	03:00	04:00	01:00	4.0	399.0	6.7	24		
5	04:00	05:00	01:00	4.0	391.0	6.5	18		
6	05:00	06:00	01:00	4.0	388.0	6.5	15		
7	06:00	07:00	01:00	4.0	381.0	6.3	15		
8	07:00	08:00	01:00	4.0	370.0	6.2	11		
9	08:00	09:00	01:00	4.0	362.0	6.0	13		
10	09:00	10:00	01:00	4.0	355.0	5.9	10		

N E F 試験データ記録

試験日 平成 3 年 8 月 28 日

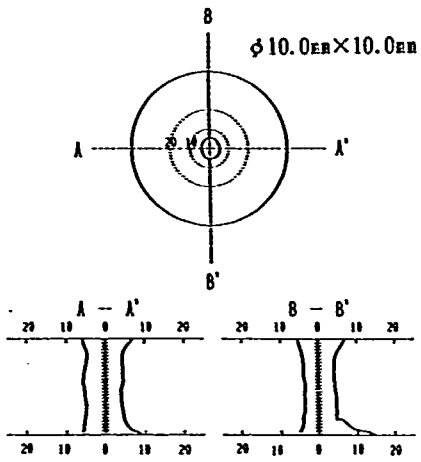
ベース材	種類	Aダム	D15/d85	2.74
	d85	0.35mm	フィルタ材密度	1.620g/cm ³
フィルタ材	種類	F9	コア材含水比	18.23%
	D15	0.96mm	コア材乾燥密度	1.717g/cm ³

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧力 (kgf/cm ²)	流出量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁度 (ppm)	備考	供試体スケッチ (試験後)
	開始	終了	時間						
36	00:21	01:00	00:39	4.0	307.0	7.9	※500	※500ppm以上	
38	01:00	02:00	01:00	4.0	497.0	8.3	※500		
39	02:00	03:00	01:00	4.0	443.0	7.4	150		
34	03:00	04:00	01:00	4.0	406.0	6.8	150		
33	04:00	05:00	01:00	3.9	355.0	5.9	65		
35	05:00	06:00	01:00	3.9	352.0	5.9	65		
28	06:00	07:00	01:00	3.9	339.0	5.6	55		
40	07:00	08:00	01:00	3.9	323.0	5.4	55		
30	08:00	09:00	01:00	3.9	317.0	5.3	40		
37	09:00	10:00	01:00	3.9	285.0	4.7	40		

N E F 試験データ記録

試験日 平成 3 年 9 月 10 日

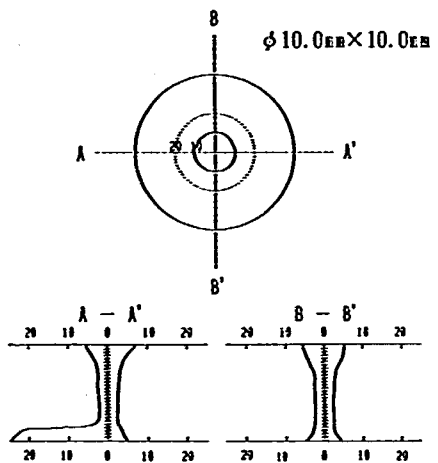
ベース材	種類	Aダム	D15/d85	2.97
	d85	0.35mm	フィルタ材密度	1.656g/cm ³
フィルタ材	種類	F11	コア材含水比	18.15%
	D15	1.04mm	コア材乾燥密度	1.718g/cm ³

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧力 (kgf/cm ²)	流出量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁度 (ppm)	備 考	供試体スケッチ (試験後)
	開始	終了	時間						
1	00:10	01:00	00:50	3.1	1613.0	32.3	☆500	☆500ppm以上	
2	01:00	02:00	01:00	3.4	1452.0	24.2	170		
3	02:00	03:00	01:00	3.8	1904.0	31.7	110		
11	03:00	03:36	00:36	3.9	1021.0	28.4	90		
12	03:36	04:12	00:36	4.0	1019.0	28.3	74		
13	04:12	04:48	00:36	4.0	1016.0	28.2	24		
14	04:48	05:27	00:39	4.0	1030.0	26.4	16		
15	05:27	06:05	00:38	4.0	994.0	26.2	12		
16	06:05	06:44	00:39	4.0	1030.0	26.4	8		
17	06:44	07:20	00:36	4.0	954.0	26.5	9		
18	07:20	08:00	00:40	4.0	1049.0	26.2	8		
19	08:00	08:40	00:40	4.0	1024.0	25.6	6		
20	08:40	09:20	00:40	4.0	1058.0	26.4	6		

N E F 試験データ記録

試験日 平成 3 年 9 月 5 日

ベース材	種類	Aダム	D15/d85	3.31
	d85	0.35mm	フィルタ材密度	1.648g/cm ³
フィルタ材	種類	F13	コア材含水比	18.03%
	D15	1.16mm	コア材乾燥密度	1.720g/cm ³

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧力 (kgf/cm ²)	流出量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁度 (ppm)	備 考	供試体スケッチ (試験後)
	開始	終了	時間						
1	00:11	01:00	00:49	2.6	2107.0	43.0	☆500	☆500ppm以上	
2	01:00	02:00	01:00	3.0	1949.0	32.5	150		
3	02:00	03:00	01:00	3.0	1757.0	29.3	60		
11	03:00	03:36	00:36	3.0	1023.0	28.4	30		
12	03:36	04:13	00:37	3.0	999.0	27.0	30		
13	04:13	04:50	00:37	3.0	1012.0	27.4	18		
14	04:50	05:27	00:37	3.1	1002.0	27.1	10		
15	05:27	06:02	00:35	3.1	988.0	28.2	10		
16	06:02	06:40	00:38	3.1	976.0	25.7	8		
17	06:40	07:17	00:37	3.1	981.0	26.5	8		
18	07:17	07:55	00:38	3.1	975.0	25.7	6		
19	07:55	08:33	00:38	3.1	1000.0	26.3	6		
20	08:33	09:11	00:38	3.1	994.0	26.2	6		

NEF 試験データ記録

試験日 平成 3 年 9 月 3 日

ベース材	種類	A ダム	D15/d85	4.60
	d85	0.35mm	フィルタ材密度	1.599g/cm ³
フィルタ材	種類	F15	コア材含水比	18.03%
	D15	1.61mm	コア材乾燥密度	1.720g/cm ³

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧力 (kgf/cm ²)	流出量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁度 (ppm)	備考	供試体スケッチ (試験後)
	開始	終了	時間						
1	00:00	01:00	01:00	1.0	3101.0	51.7	≈500	≈500ppm以上	
2	01:00	02:00	01:00	1.0	3524.0	58.7	130		
3	02:00	03:00	01:00	1.0	3407.0	56.8	80		
11	03:00	03:22	00:22	1.0	1103.0	50.1	2		
12	03:22	03:42	00:20	1.0	1093.0	54.6	0		
13	03:42	04:02	00:20	1.0	1085.0	54.2	0		
14	04:02	04:21	00:19	1.0	1070.0	56.3	0		
15	04:21	04:41	00:20	1.1	1071.0	53.5	0		
16	04:41	05:00	00:19	1.1	1068.0	56.2	0		
17	05:00	05:19	00:19	1.0	1070.0	56.3	0		
18	05:19	05:39	00:20	1.0	1077.0	53.8	0		
19	05:39	05:59	00:20	1.0	1058.0	52.9	0		
20	05:59	06:18	00:19	1.0	1067.0	56.2	0		

NEF 試験データ記録

試験日 平成 3 年 8 月 29 日

ベース材	種類	A ダム	D15/d85	6.51
	d85	0.35mm	フィルタ材密度	1.550g/cm ³
フィルタ材	種類	F17	コア材含水比	18.23%
	D15	2.28mm	コア材乾燥密度	1.717g/cm ³

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧力 (kgf/cm ²)	流出量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁度 (ppm)	備考	供試体スケッチ (試験後)
	開始	終了	時間						
1	00:07	01:00	00:53	1.0	2539.0	47.9	≈500	≈500ppm以上	
2	01:00	02:00	01:00	1.3	3016.0	50.3	470		
3	02:00	03:00	01:00	1.5	2916.0	48.6	100		

試 験 日 平 成 3 年 8 月 2 8 日

[illegible]

N E F 試験データ記録

試験日 平成 3 年 10 月 23 日

ベース材	種類	B ダム	D15 / d85	0.07
	d85	1.37mm	フィルタ材密度	1.522g/cm ³
フィルタ材	種類	F1	コア材含水比	19.40%
	D15	0.096mm	コア材乾燥密度	1.651g/cm ³

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧 力 (kgf/cm ²)	流 出 量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁 度 (ppm)	備 考	供試体スケッチ (試験後)
	開始	終了	時間						
1	00:13	01:00	00:47	4.0	912.9	19.4	215		
2	01:00	02:00	01:00	4.0	1181.7	19.7	100		
3	02:00	03:00	01:00	4.0	1296.5	21.6	225		
46	03:00	03:40	00:40	4.1	915.2	22.9	95		
42	03:40	04:20	00:40	4.1	775.3	19.4	32		
43	04:20	05:20	01:00	4.0	1100.7	18.3	12		
44	05:20	06:10	00:50	4.0	977.9	19.6	42		
45	06:10	07:00	00:50	4.0	988.1	19.8	25		
41	07:00	07:50	00:50	4.0	1026.9	20.5	39		
47	07:50	08:40	00:50	4.0	1030.7	20.6	52		
48	08:40	09:30	00:50	4.0	1059.8	21.2	115		
49	09:30	10:20	00:50	3.9	1070.4	21.4	130		
50	10:20	11:10	00:50	3.9	1070.8	21.4	65		

N E F 試験データ記録

試験日 平成 3 年 10 月 18 日

ベース材	種類	B ダム	D15 / d85	0.11
	d85	1.37mm	フィルタ材密度	1.585g/cm ³
フィルタ材	種類	F2	コア材含水比	19.48%
	D15	0.15mm	コア材乾燥密度	1.650g/cm ³

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧 力 (kgf/cm ²)	流 出 量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁 度 (ppm)	備 考	供試体スケッチ (試験後)
	開始	終了	時間						
1	00:11	01:00	00:49	4.0	1565.4	31.9	173		
2	01:00	02:00	01:00	4.0	1653.2	27.6	30		
3	02:00	03:00	01:00	4.0	1594.4	26.6	19		
11	03:00	03:40	00:40	4.0	996.0	24.9	14		
12	03:40	04:20	00:40	4.0	979.3	24.5	10		
13	04:20	05:00	00:40	4.0	972.3	24.3	10		
14	05:00	05:40	00:40	4.0	969.1	24.2	10		
15	05:40	06:20	00:40	4.0	963.2	24.1	8		
16	06:20	07:00	00:40	4.0	948.1	23.7	8		
17	07:00	07:40	00:40	4.0	941.0	23.5	8		
18	07:40	08:20	00:40	4.0	930.2	23.3	6		
19	08:20	09:00	00:40	4.0	920.9	23.0	6		
20	09:00	09:40	00:40	4.0	917.2	22.9	6		

N E F 試験データ記録

試験日 平成3年10月18日

ベース材	種類	Bダム	D15/d85	0.20
	d85	1.37mm	フィルタ材密度	1.594g/cm ³
フィルタ材	種類	F3	コア材含水比	19.48%
	D15	0.28mm	コア材乾燥密度	1.650g/cm ³

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧力 (kgf/cm ²)	流出量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁度 (ppm)	備考	供試体スケッチ (試験後)
	開始	終了	時間						
1	00:11	01:00	00:49	4.0	1859.8	38.0	100		
2	01:00	02:00	01:00	4.0	2226.5	37.1	13		
3	02:00	03:00	01:00	4.0	2123.7	35.4	10		
41	03:00	03:30	00:30	4.0	1046.4	34.9	10		
42	03:30	04:00	00:30	4.0	1029.6	34.3	6		
43	04:00	04:30	00:30	4.0	1017.4	33.9	6		
44	04:30	05:00	00:30	4.0	998.6	33.3	6		
45	05:00	05:30	00:30	4.0	986.9	32.9	3		
46	05:30	06:00	00:30	4.0	963.4	32.1	3		
47	06:00	06:30	00:30	4.0	956.8	31.9	3		
48	06:30	07:00	00:30	4.0	944.9	31.5	3		
49	07:00	07:30	00:30	4.0	938.7	31.3	3		
50	07:30	08:00	00:30	4.0	945.6	31.5	3		

N E F 試験データ記録

試験日 平成3年10月18日

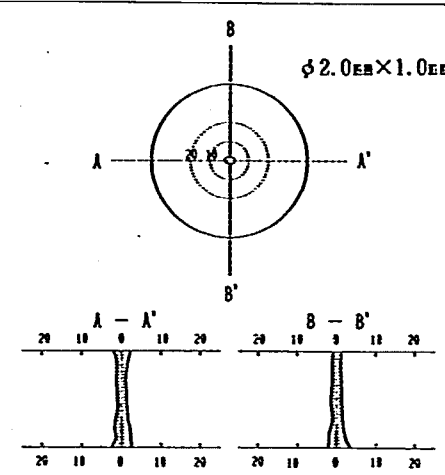
ベース材	種類	Bダム	D15/d85	0.34
	d85	1.37mm	フィルタ材密度	1.525g/cm ³
フィルタ材	種類	F4	コア材含水比	19.48%
	D15	0.47mm	コア材乾燥密度	1.650g/cm ³

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧力 (kgf/cm ²)	流出量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁度 (ppm)	備考	供試体スケッチ (試験後)
	開始	終了	時間						
1	00:09	01:00	00:51	3.8	1761.5	34.5	178		
2	01:00	02:00	01:00	4.0	1959.4	32.7	32		
3	02:00	03:00	01:00	4.0	1972.0	32.9	14		
11	03:00	03:30	00:30	4.0	986.7	32.9	10		
12	03:30	04:00	00:30	4.0	957.6	31.9	10		
13	04:00	04:30	00:30	4.0	959.9	32.0	8		
14	04:30	05:00	00:30	4.0	958.3	31.9	8		
15	05:00	05:30	00:30	4.0	936.2	31.2	6		
16	05:30	06:00	00:30	4.0	932.7	31.1	6		
17	06:00	06:30	00:30	4.0	933.2	31.1	6		
18	06:30	07:00	00:30	4.0	923.8	30.8	4		
19	07:00	07:30	00:30	4.0	914.5	30.5	4		
20	07:30	08:00	00:30	4.0	927.2	30.9	4		

N E F 試験データ記録

試験日 平成 3 年 12 月 5 日

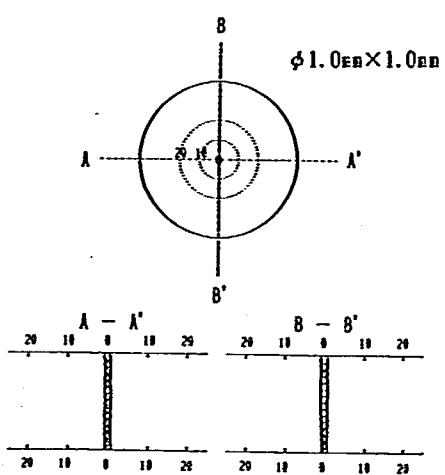
ベース材	種類	B ダム	D15 / d85	0.70
	d85	1.37mm	フィルタ材密度	1.569g/cm ³
フィルタ材	種類	F9	コア材含水比	19.24%
	D15	0.96mm	コア材乾燥密度	1.650g/cm ³

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧力 (kgf/cm ²)	流出量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁度 (ppm)	備考	供試体スケッチ (試験後)
	開始	終了	時間						
1	00:10	01:00	00:50	3.7	1985.9	39.7	340		
2	01:00	02:00	01:00	4.0	2454.4	40.9	58		
3	02:00	03:00	01:00	4.0	2422.2	40.4	18		
41	03:00	03:20	00:20	4.0	792.3	39.6	21		
42	03:20	03:40	00:20	4.0	791.7	39.6	16		
43	03:40	04:00	00:20	4.0	793.8	39.7	14		
44	04:00	04:20	00:20	4.0	794.0	39.7	12		
45	04:20	04:40	00:20	4.0	788.7	39.4	14		
46	04:40	05:00	00:20	4.0	804.1	40.2	23		
47	05:00	05:20	00:20	4.0	795.7	39.8	10		
48	05:20	05:40	00:20	4.0	787.9	39.4	8		
49	05:40	06:00	00:20	4.0	781.1	39.1	9		
50	06:00	06:20	00:20	4.0	806.0	40.3	10		

N E F 試験データ記録

試験日 平成 3 年 12 月 18 日

ベース材	種類	B ダム	D15 / d85	0.76
	d85	1.37mm	フィルタ材密度	1.623g/cm ³
フィルタ材	種類	F11	コア材含水比	19.30%
	D15	1.04mm	コア材乾燥密度	1.650g/cm ³

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧力 (kgf/cm ²)	流出量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁度 (ppm)	備考	供試体スケッチ (試験後)
	開始	終了	時間						
1	00:12	01:00	00:48	3.9	1680.3	35.0	280		
2	01:00	02:00	01:00	4.0	2129.5	35.5	86		
3	02:00	03:00	01:00	4.0	2079.1	34.7	40		
11	03:00	03:30	00:30	4.0	1000.6	33.4	38		
12	03:30	04:00	00:30	4.0	1007.2	33.6	32		
13	04:00	04:30	00:30	4.0	1006.2	33.5	0		
14	04:30	05:00	00:30	4.1	988.1	32.9	0		
15	05:00	05:30	00:30	4.0	994.4	33.1	0		
16	05:30	06:00	00:30	4.0	970.2	32.3	0		
17	06:00	06:30	00:30	4.0	981.6	32.7	0		
18	06:30	07:00	00:30	4.0	980.3	32.7	0		
19	07:00	07:30	00:30	4.0	966.7	32.2	0		
20	07:30	08:00	00:30	4.0	982.0	32.7	0		

N E F 試験データ記録

試験日 平成 3 年 12 月 17 日

ベース材	種類	Bダム	D15/d85	0.85
	d85	1.37mm	フィルタ材密度	1.559g/cm ³
フィルタ材	種類	F13	コア材含水比	19.30%
	D15	1.16mm	コア材乾燥密度	1.650g/cm ³

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧力 (kgf/cm ²)	流出量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁度 (ppm)	備 考	供試体スケッチ (試験後)
	開始	終了	時間						
1	00:13	01:00	00:47	4.0	1066.6	22.7	490		
2	01:00	02:00	01:00	4.0	1381.5	23.0	140		
3	02:00	03:00	01:00	4.0	1406.9	23.4	100		
11	03:00	03:40	00:40	4.0	904.7	22.6	50		
12	03:40	04:20	00:40	4.0	919.0	23.0	42		
13	04:20	05:00	00:40	4.0	921.8	23.0	40		
14	05:00	05:40	00:40	4.0	909.4	22.7	35		
15	05:40	06:20	00:40	4.0	901.4	22.5	24		
16	06:20	07:00	00:40	4.0	890.3	22.3	20		
17	07:00	07:40	00:40	4.0	892.9	22.3	14		
18	07:40	08:20	00:40	4.0	897.5	22.4	12		
19	08:20	09:00	00:40	4.0	882.3	22.1	10		
20	09:00	09:40	00:40	4.0	882.7	22.1	8		

N E F 試験データ記録

試験日 平成 3 年 12 月 17 日

ベース材	種類	Bダム	D15/d85	1.18
	d85	1.37mm	フィルタ材密度	1.576g/cm ³
フィルタ材	種類	F15	コア材含水比	19.30%
	D15	1.61mm	コア材乾燥密度	1.650g/cm ³

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧力 (kgf/cm ²)	流出量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁度 (ppm)	備 考	供試体スケッチ (試験後)
	開始	終了	時間						
1	00:07	01:00	00:53	4.0	1989.2	37.5	500	500ppm以上	
2	01:00	02:00	01:00	4.0	2312.2	38.5	39		
3	02:00	03:00	01:00	4.0	2351.0	39.2	57		
11	03:00	03:20	00:20	4.0	846.1	42.3	52		
12	03:20	03:40	00:20	3.8	828.7	41.4	52		
13	03:40	04:00	00:20	3.9	835.6	41.8	32		
14	04:00	04:20	00:20	3.9	826.8	41.3	22		
15	04:20	04:40	00:20	3.9	819.3	41.0	18		
16	04:40	05:00	00:20	4.0	821.1	41.1	18		
17	05:00	05:20	00:20	4.0	826.9	41.3	20		
18	05:20	05:40	00:20	3.9	819.1	41.0	18		
19	05:40	06:00	00:20	4.0	824.3	41.2	10		
20	06:00	06:20	00:20	3.9	833.7	41.7	10		

N E F 試験データ記録

試験日 平成3年12月5日

ベース材	種類	Bダム	D15/d85	1.66
	d85	1.37mm	フィルタ材密度	1.505g/cm ³
フィルタ材	種類	F17	コア材含水比	19.24%
	D15	2.28mm	コア材乾燥密度	1.650g/cm ³

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧力 (kgf/cm ²)	流出量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁度 (ppm)	備考	供試体スケッチ (試験後)
	開始	終了	時間						
1	00:07	01:00	00:53	3.8	1902.3	35.9	☆500	☆500ppm以上	
2	01:00	02:00	01:00	3.8	2881.1	48.0	100		
3	02:00	03:00	01:00	3.9	3066.0	51.1	92		
31	03:00	03:20	00:20	3.5	1056.9	52.8	43		
32	03:20	03:40	00:20	3.5	1061.8	53.1	40		
33	03:40	04:00	00:20	3.5	1077.8	53.9	41		
34	04:00	04:15	00:15	3.1	840.3	56.0	32		
35	04:15	04:30	00:15	3.5	793.9	52.9	23		
36	04:30	04:45	00:15	3.5	790.5	52.7	17		
37	04:45	05:00	00:15	3.6	811.9	54.1	42		
38	05:00	05:15	00:15	3.5	842.1	56.1	37		
39	05:15	05:30	00:15	3.5	803.7	53.6	38		
40	05:30	05:45	00:15	3.6	806.1	53.7	34		

N E F 試験データ記録

試験日 平成3年12月17日

ベース材	種類	Bダム	D15/d85	3.85
	d85	1.37mm	フィルタ材密度	1.452g/cm ³
フィルタ材	種類	F19	コア材含水比	19.30%
	D15	5.28mm	コア材乾燥密度	1.650g/cm ³

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧力 (kgf/cm ²)	流出量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁度 (ppm)	備考	供試体スケッチ (試験後)
	開始	終了	時間						
1	00:06	01:00	00:54	3.0	3376.6	62.5	410		
2	01:00	02:00	01:00	1.5	4337.6	72.3	75		
3	02:00	03:00	01:00	1.2	4833.9	80.6	19		
41	03:00	03:13	00:13	1.2	1090.3	83.9	18		
42	03:13	03:27	00:14	1.0	1113.1	79.5	9		
43	03:27	03:40	00:13	1.0	1034.0	79.5	9		
44	03:40	03:54	00:14	1.0	1110.9	79.4	9		
45	03:54	04:08	00:14	0.8	1054.9	75.4	9		
46	04:08	04:21	00:13	0.8	1037.6	79.8	11		
47	04:21	04:33	00:12	0.8	1019.6	85.0	11		
48	04:33	04:45	00:12	0.8	994.7	82.9	11		
49	04:45	05:00	00:15	0.8	1118.5	74.6	10		
50	05:00	05:12	00:12	0.8	1061.5	88.5	8		

N E F 試験データ記録

試験日 平成 3 年 9 月 30 日

ベース材	種類	Cダム	D15/d85	0.04
	d85	2.48mm	フィルタ材密度	1.593g/cm ³
フィルタ材	種類	F1	コア材含水比	19.21%
	D15	0.096mm	コア材乾燥密度	1.569g/cm ³

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧力 (kgf/cm ²)	流出量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁度 (ppm)	備 考	供試体スケッチ (試験後)
	開始	終了	時間						
1	01:18	02:00	00:42	4.0	126.0	3.0	140		
2	02:00	03:00	01:00	4.0	176.0	2.9	30		
3	03:00	04:00	01:00	4.0	169.0	2.8	15		
4	04:00	05:00	01:00	4.0	174.0	2.9	15		
5	05:00	06:00	01:00	4.0	171.0	2.9	8		
6	06:00	07:00	01:00	4.0	169.0	2.8	6		
7	07:00	08:00	01:00	3.9	172.0	2.9	3		
8	08:00	09:00	01:00	3.9	161.0	2.7	3		
9	09:00	10:00	01:00	3.9	163.0	2.7	2		
10	10:00	11:00	01:00	3.9	164.0	2.7	0		

N E F 試験データ記録

試験日 平成 3 年 9 月 30 日

ベース材	種類	Cダム	D15/d85	0.06
	d85	2.48mm	フィルタ材密度	1.567g/cm ³
フィルタ材	種類	F2	コア材含水比	19.21%
	D15	0.15mm	コア材乾燥密度	1.569g/cm ³

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧力 (kgf/cm ²)	流出量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁度 (ppm)	備 考	供試体スケッチ (試験後)
	開始	終了	時間						
11	00:28	01:00	00:32	4.0	235.0	7.3	35		
12	01:00	02:00	01:00	4.0	415.0	6.9	6		
13	02:00	03:00	01:00	4.0	409.0	6.8	4		
14	03:00	04:00	01:00	4.0	397.0	6.6	2		
15	04:00	05:00	01:00	4.0	385.0	6.4	2		
16	05:00	06:00	01:00	4.0	376.0	6.3	2		
17	06:00	07:00	01:00	4.0	373.0	6.2	2		
18	07:00	08:00	01:00	4.0	365.0	6.1	2		
19	08:00	09:00	01:00	4.0	365.0	6.1	0		
20	09:00	10:00	01:00	4.0	358.0	6.0	0		

NEF 試験データ記録

試験日 平成 3 年 9 月 30 日

ベース材	種類	Cダム	D15/d85	0.11
	d85	2.48mm	フィルタ材密度	1.563g/cm ³
フィルタ材	種類	F3	コア材含水比	19.21%
	D15	0.28mm	コア材乾燥密度	1.569g/cm ³

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧力 (kgf/cm ²)	流出量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁度 (ppm)	備 考	供試体スケッチ (試験後)
	開始	終了	時間						
21	00:30	01:00	00:30	4.0	263.0	8.8	74		
22	01:00	02:00	01:00	4.0	512.0	8.5	8		
23	02:00	03:00	01:00	4.0	504.0	8.4	3		
24	03:00	04:00	01:00	4.0	489.0	8.1	2		
25	04:00	05:00	01:00	4.0	480.0	8.0	0		
26	05:00	06:00	01:00	4.0	474.0	7.9	0		
27	06:00	07:00	01:00	3.9	467.0	7.8	0		
28	07:00	08:00	01:00	3.9	458.0	7.6	0		
29	08:00	09:00	01:00	3.9	451.0	7.5	0		
30	09:00	10:00	01:00	3.9	457.0	7.6	0		

NEF 試験データ記録

試験日 平成 3 年 9 月 30 日

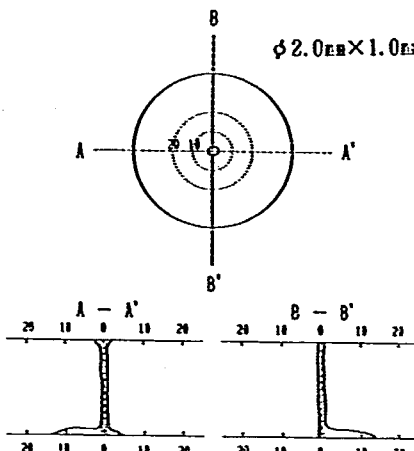
ベース材	種類	Cダム	D15/d85	0.19
	d85	2.48mm	フィルタ材密度	1.609g/cm ³
フィルタ材	種類	F4	コア材含水比	19.21%
	D15	0.47mm	コア材乾燥密度	1.569g/cm ³

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧力 (kgf/cm ²)	流出量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁度 (ppm)	備 考	供試体スケッチ (試験後)
	開始	終了	時間						
31	00:30	01:00	00:30	4.0	267.0	8.9	175		
32	01:00	02:00	01:00	4.0	533.0	8.9	28		
33	02:00	03:00	01:00	4.0	520.0	8.7	14		
34	03:00	04:00	01:00	4.0	507.0	8.4	4		
35	04:00	05:00	01:00	4.0	497.0	8.3	4		
36	05:00	06:00	01:00	4.0	493.0	8.2	4		
37	06:00	07:00	01:00	4.0	481.0	8.0	3		
38	07:00	08:00	01:00	4.0	475.0	7.9	2		
39	08:00	09:00	01:00	4.0	469.0	7.8	2		
40	09:00	10:00	01:00	4.0	462.0	7.7	2		

N E F 試験データ記録

試験日 平成 3 年 10 月 3 日

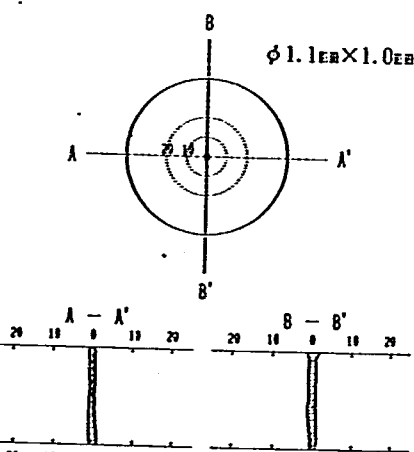
ベース材	種類	Cダム	D15/d85	0.24
	d85	2.48mm	フィルタ材密度	1.697g/cm ³
フィルタ材	種類	F5	コア材含水比	19.21%
	D15	0.59mm	コア材乾燥密度	1.569g/cm ³

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧力 (kgf/cm ²)	流出量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁度 (ppm)	備 考	供試体スケッチ (試験後)
	開始	終了	時間						
31	00:16	01:00	00:44	3.9	846.0	19.2	445		
32	01:00	01:40	00:40	3.8	917.0	22.9	470		
33	01:40	02:20	00:40	3.8	919.0	23.0	265		
34	02:20	03:00	00:40	4.0	911.0	22.8	195		
35	03:00	03:40	00:40	4.0	924.0	23.1	150		
36	03:40	04:20	00:40	4.0	914.0	22.9	98		
37	04:20	05:00	00:40	4.0	899.0	22.5	69		
38	05:00	05:40	00:40	4.0	933.0	23.3	62		
39	05:40	06:20	00:40	4.0	890.0	22.2	44		
40	06:20	07:00	00:40	3.9	932.0	23.3	34		

N E F 試験データ記録

試験日 平成 3 年 10 月 4 日

ベース材	種類	Cダム	D15/d85	0.29
	d85	2.48mm	フィルタ材密度	1.622g/cm ³
フィルタ材	種類	F6	コア材含水比	19.20%
	D15	0.71mm	コア材乾燥密度	1.569g/cm ³

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧力 (kgf/cm ²)	流出量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁度 (ppm)	備 考	供試体スケッチ (試験後)
	開始	終了	時間						
1	00:16	01:00	00:44	4.0	622.0	14.1	450		
2	01:00	02:00	01:00	4.0	791.0	13.2	64		
3	02:00	03:00	01:00	4.0	758.0	12.6	32		
21	03:00	04:00	01:00	4.0	731.0	12.2	32		
22	04:00	05:00	01:00	4.0	710.0	11.8	21		
23	05:00	06:00	01:00	4.0	696.0	11.6	14		
24	06:00	07:00	01:00	4.0	689.0	11.5	14		
25	07:00	08:00	01:00	4.0	682.0	11.4	14		
26	08:00	09:00	01:00	4.0	671.0	11.2	14		
27	09:00	10:00	01:00	4.0	657.0	10.9	14		
28	10:00	11:00	01:00	4.0	655.0	10.9	13		
29	11:00	12:00	01:00	4.0	650.0	10.8	11		
30	12:00	13:00	01:00	4.0	641.0	10.7	9		

N E F 試験データ記録

試験日 平成 3 年 10 月 4 日

ベース材	種類	C ダム	D15/d85	0.34
	d85	2.48mm	フィルタ材密度	1.593g/cm ³
フィルタ材	種類	F7	コア材含水比	19.20%
	D15	0.84mm	コア材乾燥密度	1.569g/cm ³

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧力 (kgf/cm ²)	流出量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁度 (ppm)	備 考	供試体スケッチ (試験後)
	開始	終了	時間						
1	00:16	01:00	00:44	4.0	678.0	15.4	☆500	☆500ppm以上	
2	01:00	02:00	01:00	4.0	831.0	13.9	150		
3	02:00	03:00	01:00	4.0	765.0	12.8	61		
4	03:00	04:00	01:00	4.0	751.0	12.5	54		
5	04:00	05:00	01:00	4.0	755.0	12.6	52		
6	05:00	06:00	01:00	4.0	735.0	12.3	49		
7	06:00	07:00	01:00	4.0	709.0	11.8	36		
8	07:00	08:00	01:00	4.0	692.0	11.5	30		
9	08:00	09:00	01:00	4.0	677.0	11.3	21		
10	09:00	10:00	01:00	4.0	669.0	11.1	20		

N E F 試験データ記録

試験日 平成 3 年 9 月 30 日

ベース材	種類	C ダム	D15/d85	0.39
	d85	2.48mm	フィルタ材密度	1.614g/cm ³
フィルタ材	種類	F9	コア材含水比	19.21%
	D15	0.96mm	コア材乾燥密度	1.569g/cm ³

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧力 (kgf/cm ²)	流出量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁度 (ppm)	備 考	供試体スケッチ (試験後)
	開始	終了	時間						
41	00:17	00:45	00:28	3.0	986.0	35.2	☆500	☆500ppm以上	
42	00:45	01:15	00:30	3.0	982.0	32.7	450		
43	01:15	01:45	00:30	3.0	938.0	31.3	420		
44	01:45	02:15	00:30	3.0	1053.0	35.1	400		
45	02:15	02:45	00:30	3.1	1070.0	35.7	330		
46	02:45	03:10	00:25	3.1	864.0	34.6	275		
47	03:10	03:35	00:25	3.1	860.0	34.4	205		
48	03:35	04:00	00:25	3.1	871.0	34.8	45		
49	04:00	04:25	00:25	3.5	874.0	35.0	36		
50	04:25	04:50	00:25	3.6	735.0	29.4	165		
59	05:20	05:45	00:25	3.5	690.0	27.6	265		
52	05:45	06:10	00:25	3.5	678.0	27.1	49		
54	06:10	06:35	00:25	3.5	653.0	26.1	30		
53	06:35	07:00	00:25	3.5	634.0	25.4	27		
55	07:00	07:25	00:25	3.5	631.0	25.2	14		
56	07:25	07:50	00:25	3.6	614.0	24.6	10		
57	07:50	08:15	00:25	3.5	619.0	24.8	10		

N E F 試験データ記録

試験日 平成 3 年 10 月 1 日

ベース材	種類	Cダム	D15/d85	0.92
	d85	2.48mm	フィルタ材密度	1.378g/cm ³
フィルタ材	種類	F17	コア材含水比	19.21%
	D15	2.28mm	コア材乾燥密度	1.569g/cm ³

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧力 (kgf/cm ²)	流出量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁度 (ppm)	備考	供試体スケッチ (試験後)
	開始	終了	時間						
31	00:06	00:25	00:19	1.0	1067.0	56.2	÷500	÷500ppm以上	
32	00:25	00:45	00:20	1.0	1103.0	55.2	105		
33	00:45	01:00	00:15	1.0	838.0	55.9	64		
34	01:00	01:15	00:15	1.0	829.0	55.3	74		
35	01:15	01:30	00:15	1.0	817.0	54.5	290		
36	01:30	01:45	00:15	1.0	826.0	55.1	460		
37	01:45	02:00	00:15	1.0	844.0	56.3	68		
38	02:00	02:15	00:15	1.0	857.0	57.1	28		
39	02:15	02:30	00:15	1.0	860.0	57.3	10		
40	02:30	02:45	00:15	1.0	848.0	56.5	8		
58	02:45	03:00	00:15	1.0	852.0	56.8	10		
60	03:00	03:15	00:15	1.0	858.0	57.2	9		

N E F 試験データ記録

試験日 平成 3 年 10 月 1 日

ベース材	種類	Cダム	D15/d85	2.13
	d85	2.48mm	フィルタ材密度	1.437g/cm ³
フィルタ材	種類	F19	コア材含水比	19.21%
	D15	5.28mm	コア材乾燥密度	1.569g/cm ³

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧力 (kgf/cm ²)	流出量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁度 (ppm)	備考	供試体スケッチ (試験後)
	開始	終了	時間						
41	00:06	00:25	00:19	0.5	954.0	50.2	÷500	÷500ppm以上	
42	00:25	00:45	00:20	0.5	999.0	50.0	390		
43	00:45	01:05	00:20	0.4	1102.0	55.1	180		
44	01:05	01:20	00:15	0.4	883.0	58.9	24		
46	01:20	01:35	00:15	0.4	872.0	58.1	18		
45	01:35	01:50	00:15	0.5	922.0	61.5	22		
47	01:50	02:05	00:15	0.5	909.0	60.6	10		
48	02:05	02:20	00:15	0.5	932.0	62.1	6		
49	02:20	02:35	00:15	0.5	916.0	61.1	4		
50	02:35	02:50	00:15	0.5	914.0	60.9	4		

N E F 試験データ記録

試験日 平成4年10月16日

ベース材	種類	Dダム	D15/d85	0.24
	d85	1.92mm	フィルタ材密度	1.475g/cm ³
フィルタ材	種類	F4	コア材含水比	22.10%
	D15	0.47mm	コア材乾燥密度	1.628/cm ³

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧力 (kgf/cm ²)	流出量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁度 (ppm)	備考	供試体スケッチ (試験後)
	開始	終了	時間						
1	00:41	01:00	00:19	4.0	106.0	5.6	35		
2	01:00	02:00	01:00	4.0	256.7	4.3	9		
3	02:00	03:00	01:00	4.0	251.3	4.2	9		
4	03:00	04:00	01:00	4.0	239.4	4.0	10		
5	04:00	05:00	01:00	4.0	228.7	3.8	9		
6	05:00	06:00	01:00	4.0	221.1	3.7	10		
7	06:00	07:00	01:00	4.0	217.2	3.6	6		
8	07:00	08:00	01:00	4.0	216.5	3.6	9		
9	08:00	09:00	01:00	4.0	215.8	3.6	10		
10	09:00	10:00	01:00	4.0	210.8	3.5	10		
33	10:00	11:00	01:00	4.0	209.7	3.5	10		

N E F 試験データ記録

試験日 平成4年10月19日

ベース材	種類	Dダム	D15/d85	0.31
	d85	1.92mm	フィルタ材密度	1.749g/cm ³
フィルタ材	種類	F5	コア材含水比	22.01%
	D15	0.96mm	コア材乾燥密度	1.630g/cm ³

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧力 (kgf/cm ²)	流出量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁度 (ppm)	備考	供試体スケッチ (試験後)
	開始	終了	時間						
	00:21	02:00	01:39	4.0	734.2	7.4	250		
	02:00	03:00	01:00	4.0	404.2	6.7	20		
5	03:00	04:00	01:00	4.0	409.8	6.8	3		
6	04:00	05:00	01:00	4.0	400.0	6.7	4		
7	05:00	06:00	01:00	4.0	390.7	6.5	1		
8	06:00	07:00	01:00	4.0	379.8	6.3	2		
9	07:00	08:00	01:00	4.0	375.7	6.3	1		
10	08:00	09:00	01:00	4.0	372.4	6.2	1		
1	09:00	10:00	01:00	4.0	368.2	6.1	1		
2	10:00	11:00	01:00	4.0	364.2	6.1	1		
3	11:00	12:00	01:00	4.0	369.1	6.2	2		
4	12:00	13:00	01:00	4.0	362.4	6.0	4		

N E F 試験データ記録

試験日 平成4年10月20日

ベース材	種類	Dダム	D15/d85	0.37
	d85	1.92mm	フィルタ材密度	1.775g/cm ³
フィルタ材	種類	F6	コア材含水比	22.01%
	D15	0.71mm	コア材乾燥密度	1.630g/cm ³

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧力 (kgf/cm ²)	流出量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁度 (ppm)	備考	供試体スケッチ (試験後)
	開始	終了	時間						
	00:03	01:00	00:52	4.0	211.5	4.1	120		
	01:00	02:00	01:00	4.0	200.1	3.3	16		
	02:00	03:00	01:00	4.0	209.6	3.5	16		
51	03:00	04:00	01:00	4.0	196.7	3.3	16		
52	04:00	05:00	01:00	4.0	190.6	3.2	8		
53	05:00	06:00	01:00	4.0	189.8	3.2	8		
54	06:00	07:00	01:00	4.0	187.9	3.1	8		
55	07:00	08:00	01:00	4.0	189.5	3.2	8		
56	08:00	09:00	01:00	4.0	187.2	3.1	8		
57	09:00	10:00	01:00	4.0	183.4	3.1	8		

N E F 試験データ記録

試験日 平成4年10月20日

ベース材	種類	Dダム	D15/d85	0.44
	d85	1.92mm	フィルタ材密度	1.684g/cm ³
フィルタ材	種類	F7	コア材含水比	22.01%
	D15	0.84mm	コア材乾燥密度	1.630g/cm ³

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧力 (kgf/cm ²)	流出量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁度 (ppm)	備考	供試体スケッチ (試験後)
	開始	終了	時間						
1	00:30	01:00	00:30	4.0	98.2	3.3	119		
2	01:00	02:00	01:00	4.0	216.5	3.6	28		
3	02:00	03:00	01:00	4.0	206.5	3.4	8		
4	03:00	04:00	01:00	4.0	198.8	3.3	4		
5	04:00	05:00	01:00	4.0	190.9	3.2	20		
6	05:00	06:00	01:00	4.0	184.8	3.1	8		
7	06:00	07:00	01:00	4.0	181.8	3.0	12		
8	07:00	08:00	01:00	4.0	176.7	2.9	8		
9	08:00	09:00	01:00	4.0	174.6	2.9	8		
10	09:00	10:00	01:00	4.0	170.7	2.8	4		

NEF 試験データ記録

試験日 平成4年11月11日

ベース材	種類	Dダム	D15/d85	0.46
	d85	1.92mm	フィルタ材密度	1.776g/cm ³
フィルタ材	種類	F8	コア材含水比	21.88%
	D15	0.88mm	コア材乾燥密度	1.632g/cm ³

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧力 (kgf/cm ²)	流出量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁度 (ppm)	備考	供試体スケッチ (試験後)
	開始	終了	時間						
1	00:28	01:00	00:32	4.0	131.3	4.1	144		
2	01:00	02:00	01:00	4.0	267.9	4.5	8		
3	02:00	03:00	01:00	4.0	261.6	4.4	16		
4	03:00	04:00	01:00	4.0	261.5	4.4	8		
5	04:00	05:00	01:00	4.0	258.9	4.3	0		
6	05:00	06:00	01:00	4.0	251.0	4.2	4		
7	06:00	07:00	01:00	4.0	249.0	4.1	8		
8	07:00	08:00	01:00	4.0	248.8	4.1	0		
9	08:00	09:00	01:00	4.0	234.7	3.9	0		
10	09:00	10:00	01:00	4.0	231.8	3.9	0		

NEF 試験データ記録

試験日 平成4年10月16日

ベース材	種類	Dダム	D15/d85	0.50
	d85	1.92mm	フィルタ材密度	1.574g/cm ³
フィルタ材	種類	F9	コア材含水比	22.10%
	D15	0.96mm	コア材乾燥密度	1.628g/cm ³

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧力 (kgf/cm ²)	流出量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁度 (ppm)	備考	供試体スケッチ (試験後)
	開始	終了	時間						
11	00:11	00:55	00:44	3.8	995.0	22.6	290		
12	00:55	01:30	00:35	3.5	1025.9	29.3	230		
13	01:30	02:05	00:35	3.5	1068.5	30.5	100		
14	02:05	02:35	00:30	3.3	1029.1	34.3	100		
15	02:35	03:05	00:30	3.3	1005.7	33.5	15		
16	03:05	03:35	00:30	4.0	1053.8	35.1	19		
17	03:35	04:00	00:25	4.0	967.8	38.7	45		
18	04:00	04:25	00:25	4.0	985.4	39.4	70		
19	04:25	04:50	00:25	4.0	939.1	37.6	34		
20	04:50	05:15	00:25	4.0	888.9	35.6	23		
22	05:15	05:40	00:25	4.0	878.9	35.2	10		

N E F 試験データ記録

試験日 平成 5 年 5 月 19 日

ベース材	種類	Dダム	D15/d85	0.52
	d85	1.92mm	フィルタ材密度	1.774g/cm ³
フィルタ材	種類	F10	コア材含水比	22.02%
	D15	0.99mm	コア材乾燥密度	1.630g/cm ³

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧力 (kgf/cm ²)	流出量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁度 (ppm)	備考	供試体スケッチ (試験後)
	開始	終了	時間						
	00:04	01:00	00:56	3.5	5545.1	99.0	※500	※500ppm以上	
	01:00	02:00	01:00	4.0	5761.6	96.0	70		
	02:00	03:00	01:00	4.0	4766.5	79.4	12		
4	03:00	03:10	00:10	4.0	775.0	77.5	4		
5	03:10	03:20	00:10	4.0	754.2	75.4	4		
6	03:20	03:30	00:10	4.0	693.5	69.3	4		
7	03:30	03:40	00:10	4.0	752.4	75.2	4		
8	03:40	03:50	00:10	4.0	714.9	71.5	2		
9	03:50	04:00	00:10	4.0	722.8	72.3	2		
10	04:00	04:10	00:10	4.0	732.6	73.3	2		

N E F 試験データ記録

試験日 平成 4 年 10 月 20 日

ベース材	種類	Dダム	D15/d85	0.54
	d85	1.92mm	フィルタ材密度	1.818g/cm ³
フィルタ材	種類	F11	コア材含水比	22.01%
	D15	1.04mm	コア材乾燥密度	1.630g/cm ³

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧力 (kgf/cm ²)	流出量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁度 (ppm)	備考	供試体スケッチ (試験後)
	開始	終了	時間						
	00:10	01:00	00:50	4.0	828.6	16.6	※500		
	01:00	02:00	01:00	4.0	1064.6	17.7	310	※500ppm以上	
	02:00	03:00	01:00	4.0	1064.1	17.7	300		
21	03:00	03:50	00:50	4.0	948.5	19.0	150		
22	03:50	04:40	00:50	3.9	963.6	19.3	90		
23	04:40	05:30	00:50	3.9	955.2	19.1	55		
24	05:30	06:20	00:50	4.0	924.0	18.5	24		
25	06:20	07:10	00:50	4.0	900.1	18.0	13		
26	07:10	08:00	00:50	4.0	925.0	18.5	13		
28	08:00	08:50	00:50	4.0	933.1	18.7	13		
29	08:50	09:40	00:50	4.0	902.6	18.1	7		
30	09:40	10:30	00:50	4.0	891.8	17.8	6		
40	10:30	11:20	00:50	4.0	878.1	17.6	6		

NEF 試験データ記録

試験日 平成 5 年 5 月 19 日

ベース材	種類	Dダム	D15 / d85	0.57
	d85	1.92mm	フィルタ材密度	1.685g/cm ³
フィルタ材	種類	F12	コア材含水比	22.02%
	D15	1.09mm	コア材乾燥密度	1.630g/cm ³

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧力 (kgf/cm ²)	流出量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁度 (ppm)	備 考	供試体スケッチ (試験後)
	開始	終了	時間						
	00:04	01:00	00:56	2.0	6270.6	112.0	☆500	☆500ppm以上	
	01:00	02:00	01:00	4.5	5723.4	95.4	54		
	02:00	03:00	01:00	4.0	4307.3	71.8	4		
14	03:00	03:10	00:10	4.0	719.3	71.9	2		
15	03:10	03:20	00:10	4.0	665.9	66.6	2		
16	03:20	03:30	00:10	4.0	675.4	67.5	1		
17	03:30	03:40	00:10	4.0	685.0	68.5	1		
18	03:40	03:50	00:10	4.0	667.5	66.8	0		
19	03:50	04:00	00:10	4.0	672.1	67.2	0		
20	04:00	04:10	00:10	4.0	689.0	68.9	0		

NEF 試験データ記録

試験日 平成 4 年 10 月 20 日

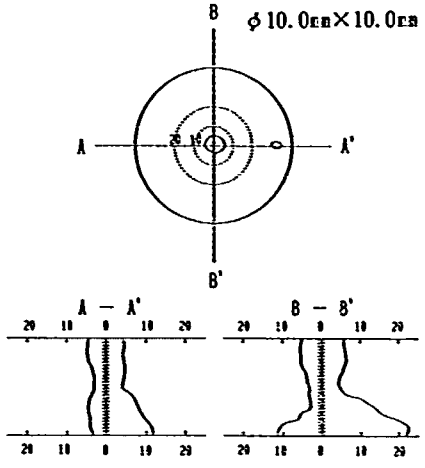
ベース材	種類	Dダム	D15 / d85	0.60
	d85	1.92mm	フィルタ材密度	1.679g/cm ³
フィルタ材	種類	F13	コア材含水比	22.01%
	D15	1.16mm	コア材乾燥密度	1.630g/cm ³

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧力 (kgf/cm ²)	流出量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁度 (ppm)	備 考	供試体スケッチ (試験後)
	開始	終了	時間						
	00:08	01:00	00:52	2.5	1970.0	37.9	470		
	01:00	02:00	01:00	2.6	2527.5	42.1	160		
	02:00	03:00	01:00	3.5	3089.6	51.5	58		
41	03:00	03:10	00:10	3.5	552.4	55.2	75		
42	03:10	03:25	00:15	3.5	789.2	52.6	70		
43	03:25	03:50	00:25	3.9	828.0	33.1	70		
44	03:50	04:05	00:15	3.9	838.0	55.9	100		
45	04:05	04:20	00:15	3.9	846.5	56.4	21		
46	04:20	04:45	00:25	3.9	913.0	36.5	12		
47	04:45	05:10	00:25	3.9	989.9	39.6	5		
48	05:10	05:25	00:15	3.9	846.3	56.4	5		
49	05:25	05:40	00:15	3.9	811.5	54.1	5		
50	05:40	05:55	00:15	3.9	838.8	55.9	5		

N E F 試験データ記録

試験日 平成4年10月19日

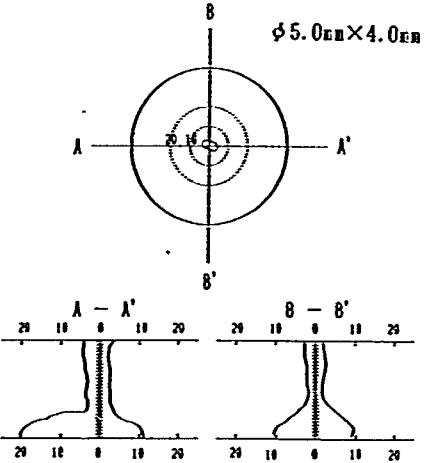
ベース材	種類	Dダム	D15/d85	0.84
	d85	1.92mm	フィルタ材密度	1.629g/cm ³
フィルタ材	種類	F15	コア材含水比	22.01%
	D15	1.61mm	コア材乾燥密度	1.630g/cm ³

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧力 (kgf/cm ²)	流出量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁度 (ppm)	備考	供試体スケッチ (試験後)
	開始	終了	時間						
	00:05	01:00	00:55	2.0	4333.7	78.8	☆500	☆500ppm以上	
	01:00	02:00	01:00	2.0	4730.6	78.8	88		
	02:00	03:00	01:00	2.0	4813.0	80.2	28		
11	03:00	03:10	00:10	2.0	765.2	76.5	14		
12	03:10	03:20	00:10	2.0	786.7	78.7	21		
13	03:20	03:30	00:10	2.0	797.8	79.8	12		
14	03:30	03:40	00:10	2.0	793.2	79.3	6		
15	03:40	03:50	00:10	2.0	788.1	78.8	5		
16	03:50	04:00	00:10	2.0	769.3	76.9	4		
17	04:00	04:10	00:10	2.0	800.1	80.0	10		
18	04:10	04:20	00:10	2.0	783.6	78.4	3		
19	04:20	04:30	00:10	2.0	789.3	78.9	4		
20	04:30	04:40	00:10	2.0	797.7	79.8	18		

N E F 試験データ記録

試験日 平成4年10月16日

ベース材	種類	Dダム	D15/d85	1.19
	d85	1.92mm	フィルタ材密度	1.535g/cm ³
フィルタ材	種類	F17	コア材含水比	22.10%
	D15	2.28mm	コア材乾燥密度	1.628g/cm ³

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧力 (kgf/cm ²)	流出量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁度 (ppm)	備考	供試体スケッチ (試験後)
	開始	終了	時間						
	00:05	01:00	00:55	1.4	3591.0	65.3	490		
	01:00	02:00	01:00	1.5	4056.4	67.6	23		
	02:00	03:00	01:00	1.6	4040.7	67.3	9		
41	03:00	03:10	00:10	1.6	697.6	69.8	8		
42	03:10	03:20	00:10	1.6	647.1	64.7	10		
43	03:20	03:30	00:10	1.6	791.6	79.2	30		
44	03:30	03:40	00:10	1.6	626.5	62.6	21		
45	03:40	03:50	00:10	1.6	712.4	71.2	11		
46	03:50	04:00	00:10	1.6	753.5	75.3	6		
47	04:00	04:10	00:10	1.6	827.9	82.8	80		
48	04:10	04:20	00:10	1.6	777.5	77.7	44		
49	04:20	04:30	00:10	1.6	796.3	79.6	38		
50	04:30	04:40	00:10	1.6	806.0	80.6	68		

N E F 試験データ記録

試験日 平成4年10月19日

ベース材	種類	Dダム	D15/d85	2.75
	d85	1.92mm	フィルタ材密度	1.649g/cm ³
フィルタ材	種類	F19	コア材含水比	22.01%
	D15	5.28mm	コア材乾燥密度	1.630g/cm ³

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧力 (kgf/cm ²)	流出量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁度 (ppm)	備 考	供試体スケッチ (試験後)
	開始	終了	時間						
	00:10	01:00	00:50	0.6	4805.2	96.1	480		
	01:00	02:00	01:00	0.6	5220.8	87.0	28		
	02:00	03:00	01:00	0.5	5014.2	83.6	4		
51	03:00	03:10	00:10	1.0	831.5	83.1	2		
52	03:10	03:20	00:10	1.0	831.1	83.1	2		
53	03:20	03:30	00:10	1.0	824.9	82.5	1		
54	03:30	03:40	00:10	1.0	837.7	83.8	2		
55	03:40	03:50	00:10	1.0	850.5	85.1	2		
56	03:50	04:00	00:10	1.0	849.2	84.9	0		
57	04:00	04:10	00:10	1.0	849.6	85.0	1		
58	04:10	04:20	00:10	1.0	857.1	85.7	2		
59	04:20	04:30	00:10	1.0	853.9	85.4	1		
60	04:30	04:40	00:10	1.0	856.2	85.6	2		

2. 粒度範囲の広いフィルタ .

1997, 1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023, 2024, 2025, 2026, 2027, 2028, 2029, 2030, 2031, 2032, 2033, 2034, 2035, 2036, 2037, 2038, 2039, 2040, 2041, 2042, 2043, 2044, 2045, 2046, 2047, 2048, 2049, 2050, 2051, 2052, 2053, 2054, 2055, 2056, 2057, 2058, 2059, 2060, 2061, 2062, 2063, 2064, 2065, 2066, 2067, 2068, 2069, 2070, 2071, 2072, 2073, 2074, 2075, 2076, 2077, 2078, 2079, 2080, 2081, 2082, 2083, 2084, 2085, 2086, 2087, 2088, 2089, 2090, 2091, 2092, 2093, 2094, 2095, 2096, 2097, 2098, 2099, 2100, 2101, 2102, 2103, 2104, 2105, 2106, 2107, 2108, 2109, 2110, 2111, 2112, 2113, 2114, 2115, 2116, 2117, 2118, 2119, 2120, 2121, 2122, 2123, 2124, 2125, 2126, 2127, 2128, 2129, 2130, 2131, 2132, 2133, 2134, 2135, 2136, 2137, 2138, 2139, 2140, 2141, 2142, 2143, 2144, 2145, 2146, 2147, 2148, 2149, 2150, 2151, 2152, 2153, 2154, 2155, 2156, 2157, 2158, 2159, 2160, 2161, 2162, 2163, 2164, 2165, 2166, 2167, 2168, 2169, 2170, 2171, 2172, 2173, 2174, 2175, 2176, 2177, 2178, 2179, 2180, 2181, 2182, 2183, 2184, 2185, 2186, 2187, 2188, 2189, 2190, 2191, 2192, 2193, 2194, 2195, 2196, 2197, 2198, 2199, 2200, 2201, 2202, 2203, 2204, 2205, 2206, 2207, 2208, 2209, 2210, 2211, 2212, 2213, 2214, 2215, 2216, 2217, 2218, 2219, 2220, 2221, 2222, 2223, 2224, 2225, 2226, 2227, 2228, 2229, 2230, 2231, 2232, 2233, 2234, 2235, 2236, 2237, 2238, 2239, 2240, 2241, 2242, 2243, 2244, 2245, 2246, 2247, 2248, 2249, 2250, 2251, 2252, 2253, 2254, 2255, 2256, 2257, 2258, 2259, 2260, 2261, 2262, 2263, 2264, 2265, 2266, 2267, 2268, 2269, 2270, 2271, 2272, 2273, 2274, 2275, 2276, 2277, 2278, 2279, 2280, 2281, 2282, 2283, 2284, 2285, 2286, 2287, 2288, 2289, 2290, 2291, 2292, 2293, 2294, 2295, 2296, 2297, 2298, 2299, 2300, 2301, 2302, 2303, 2304, 2305, 2306, 2307, 2308, 2309, 2310, 2311, 2312, 2313, 2314, 2315, 2316, 2317, 2318, 2319, 2320, 2321, 2322, 2323, 2324, 2325, 2326, 2327, 2328, 2329, 2330, 2331, 2332, 2333, 2334, 2335, 2336, 2337, 2338, 2339, 2340, 2341, 2342, 2343, 2344, 2345, 2346, 2347, 2348, 2349, 2350, 2351, 2352, 2353, 2354, 2355, 2356, 2357, 2358, 2359, 2360, 2361, 2362, 2363, 2364, 2365, 2366, 2367, 2368, 2369, 2370, 2371, 2372, 2373, 2374, 2375, 2376, 2377, 2378, 2379, 2380, 2381, 2382, 2383, 2384, 2385, 2386, 2387, 2388, 2389, 2390, 2391, 2392, 2393, 2394, 2395, 2396, 2397, 2398, 2399, 2400, 2401, 2402, 2403, 2404, 2405, 2406, 2407, 2408, 2409, 2410, 2411, 2412, 2413, 2414, 2415, 2416, 2417, 2418, 2419, 2420, 2421, 2422, 2423, 2424, 2425, 2426, 2427, 2428, 2429, 2430, 2431, 2432, 2433, 2434, 2435, 2436, 2437, 2438, 2439, 2440, 2441, 2442, 2443, 2444, 2445, 2446, 2447, 2448, 2449, 2450, 2451, 2452, 2453, 2454, 2455, 2456, 2457, 2458, 2459, 2460, 2461, 2462, 2463, 2464, 2465, 2466, 2467, 2468, 2469, 2470, 2471, 2472, 2473, 2474, 2475, 2476, 2477, 2478, 2479, 2480, 2481, 2482, 2483, 2484, 2485, 2486, 2487, 2488, 2489, 2490, 2491, 2492, 2493, 2494, 2495, 2496, 2497, 2498, 2499, 2500, 2501, 2502, 2503, 2504, 2505, 2506, 2507, 2508, 2509, 2510, 2511, 2512, 2513, 2514, 2515, 2516, 2517, 2518, 2519, 2520, 2521, 2522, 2523, 2524, 2525, 2526, 2527, 2528, 2529, 2530, 2531, 2532, 2533, 2534, 2535, 2536, 2537, 2538, 2539, 2540, 2541, 2542, 2543, 2544, 2545, 2546, 2547, 2548, 2549, 2550, 2551, 2552, 2553, 2554, 2555, 2556, 2557, 2558, 2559, 2560, 2561, 2562, 2563, 2564, 2565, 2566, 2567, 2568, 2569, 2570, 2571, 2572, 2573, 2574, 2575, 2576, 2577, 2578, 2579, 2580, 2581, 2582, 2583, 2584, 2585, 2586, 2587, 2588, 2589, 2590, 2591, 2592, 2593, 2594, 2595, 2596, 2597, 2598, 2599, 2600, 2601, 2602, 2603, 2604, 2605, 2606, 2607, 2608, 2609, 2610, 2611, 2612, 2613, 2614, 2615, 2616, 2617, 2618, 2619, 2620, 2621, 2622, 2623, 2624, 2625, 2626, 2627, 2628, 2629, 2630, 2631, 2632, 2633, 2634, 2635, 2636, 2637, 2638, 2639, 2640, 2641, 2642, 2643, 2644, 2645, 2646, 2647, 2648, 2649, 2650, 2651, 2652, 2653, 2654, 2655, 2656, 2657, 2658, 2659, 2660, 2661, 2662, 2663, 2664, 2665, 2666, 2667, 2668, 2669, 2670, 2671, 2672, 2673, 2674, 2675, 2676, 2677, 2678, 26

N E F 試験データ記録

試験日 平成 3 年 9 月 12 日

ベース材	種類	Aダム	D15/d85	2.40
	d85	0.35mm	フィルタ材密度	1.756g/cm ³
フィルタ材	種類	F20	コア材含水比	18.15%
	D15	0.84mm	コア材乾燥密度	1.718g/cm ³

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧力 (kgf/cm ²)	流出量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁度 (ppm)	備考	供試体スケッチ (試験後)
	開始	終了	時間						
1	00:10	01:00	00:50	4.0	196.0	3.9	☆500	☆500ppm以上	
2	01:00	02:00	01:00	3.9	236.0	3.9	240		
3	02:00	03:00	01:00	4.0	250.0	4.2	228		
4	03:00	04:00	01:00	4.0	251.0	4.2	68		
5	04:00	05:00	01:00	4.0	239.0	4.0	48		
6	05:00	06:00	01:00	4.0	236.0	3.9	24		
7	06:00	07:00	01:00	4.0	227.0	3.8	20		
8	07:00	08:00	01:00	4.0	226.0	3.8	12		
9	08:00	09:00	01:00	4.0	223.0	3.7	8		
10	09:00	10:00	01:00	4.0	219.0	3.6	4		

N E F 試験データ記録

試験日 平成 3 年 9 月 20 日

ベース材	種類	Aダム	D15/d85	2.40
	d85	0.35mm	フィルタ材密度	1.729g/cm ³
フィルタ材	種類	F21	コア材含水比	18.35%
	D15	0.84mm	コア材乾燥密度	1.715g/cm ³

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧力 (kgf/cm ²)	流出量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁度 (ppm)	備考	供試体スケッチ (試験後)
	開始	終了	時間						
1	00:48	01:00	00:12	4.0	60.0	5.0	☆500	☆500ppm以上	
2	01:00	02:03	01:03	4.0	392.0	6.2	☆500		
3	02:03	03:03	01:00	4.0	369.0	6.2	168		
4	03:03	04:03	01:00	4.0	343.0	5.7	70		
5	04:03	05:03	01:00	4.0	327.0	5.5	42		
6	05:03	06:03	01:00	4.0	315.0	5.3	39		
7	06:03	07:03	01:00	4.0	304.0	5.1	33		
8	07:03	08:03	01:00	4.0	296.0	4.9	25		
9	08:03	09:03	01:00	4.0	283.0	4.7	21		
10	09:03	10:03	01:00	4.0	284.0	4.7	21		

N E F 試験データ記録

試験日 平成3年9月20日

ベース材	種類	Aダム	D15/d85	2.40
	d85	0.35mm	フィルタ材密度	1.910g/cm ³
フィルタ材	種類	F22	コア材含水比	18.35%
	D15	0.84mm	コア材乾燥密度	1.715g/cm ³

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧力 (kgf/cm ²)	流出量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁度 (ppm)	備考	供試体スケッチ (試験後)
	開始	終了	時間						
11	00:26	01:00	00:34	4.0	394.0	11.6	※500	※500ppm以上	
12	01:00	02:00	01:00	4.0	703.0	11.7	※500		
13	02:00	03:00	01:00	4.0	679.0	11.3	144		
14	03:00	04:00	01:00	4.0	653.0	10.9	54		
15	04:00	05:00	01:00	4.0	612.0	10.2	40		
16	05:00	06:00	01:00	4.0	605.0	10.1	34		
17	06:00	07:00	01:00	4.0	637.0	10.6	30		
18	07:00	08:00	01:00	4.0	621.0	10.4	26		
19	08:00	09:00	01:00	4.0	600.0	10.0	26		
20	09:00	10:00	01:00	4.0	602.0	10.0	25		

N E F 試験データ記録

試験日 平成3年9月12日

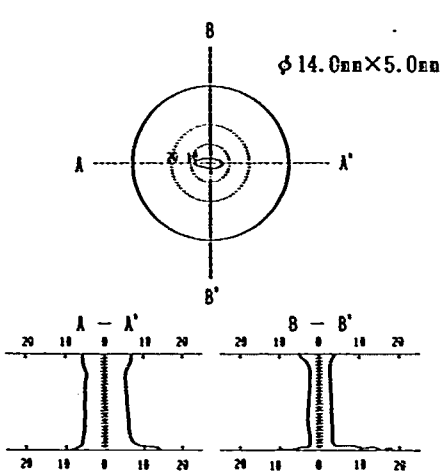
ベース材	種類	Aダム	D15/d85	2.40
	d85	0.35mm	フィルタ材密度	1.741g/cm ³
フィルタ材	種類	F23	コア材含水比	18.15%
	D15	0.84mm	コア材乾燥密度	1.718g/cm ³

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧力 (kgf/cm ²)	流出量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁度 (ppm)	備考	供試体スケッチ (試験後)
	開始	終了	時間						
11	00:15	01:00	00:45	4.0	398.0	8.8	※500	※500ppm以上	
12	01:00	02:00	01:00	4.0	523.0	8.7	250		
13	02:00	03:00	01:00	4.0	506.0	8.4	120		
14	03:00	04:00	01:00	4.0	499.0	8.3	86		
15	04:00	05:00	01:00	3.9	487.0	8.1	82		
16	05:00	06:00	01:00	3.9	478.0	8.0	34		
17	06:00	07:00	01:00	3.9	472.0	7.9	26		
18	07:00	08:00	01:00	3.9	458.0	7.6	24		
19	08:00	09:00	01:00	3.9	439.0	7.3	15		
20	09:00	10:00	01:00	3.9	432.0	7.2	12		

N E F 試験データ記録

試験日 平成 3 年 9 月 2 0 日

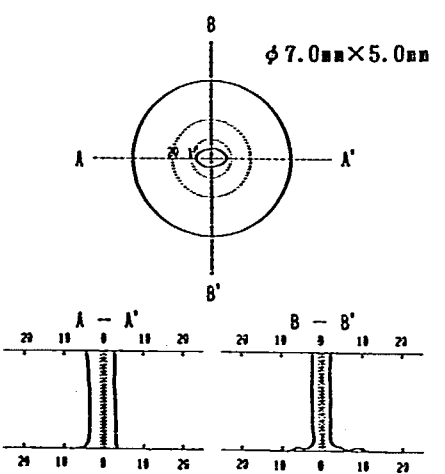
ベース材	種類	Aダム	D15/d85	2.40
	d85	0.35mm	フィルタ材密度	1.739g/cm ³
フィルタ材	種類	F24	コア材含水比	18.35%
	D15	0.84mm	コア材乾燥密度	1.715g/cm ³

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧力 (kgf/cm ²)	流出量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁度 (ppm)	備 考	供試体スケッチ (試験後)
	開始	終了	時間						
21	00:26	01:00	00:34	4.0	333.0	9.8	※500	※500ppm以上	
22	01:00	02:00	01:00	4.0	652.0	10.9	※500		
23	02:00	03:00	01:00	4.0	550.0	9.2	275		
24	03:00	04:00	01:00	4.0	519.0	8.7	110		
25	04:00	05:00	01:00	4.0	483.0	8.0	95		
26	05:00	06:00	01:00	4.0	454.0	7.6	90		
27	06:00	07:00	01:00	4.0	444.0	7.4	85		
28	07:00	08:00	01:00	4.0	420.0	7.0	80		
29	08:00	09:00	01:00	4.0	411.0	6.8	80		
30	09:00	10:00	01:00	4.0	396.0	6.6	55		

N E F 試験データ記録

試験日 平成 3 年 9 月 2 0 日

ベース材	種類	Aダム	D15/d85	2.40
	d85	0.35mm	フィルタ材密度	1.969g/cm ³
フィルタ材	種類	F25	コア材含水比	18.35%
	D15	0.84mm	コア材乾燥密度	1.715g/cm ³

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧力 (kgf/cm ²)	流出量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁度 (ppm)	備 考	供試体スケッチ (試験後)
	開始	終了	時間						
31	00:17	01:00	00:43	4.0	600.0	14.0	※500	※500ppm以上	
32	01:00	02:00	01:00	4.0	719.0	12.0	335		
33	02:00	03:00	01:00	4.0	643.0	10.7	100		
34	03:00	04:00	01:00	4.0	590.0	9.8	64		
35	04:00	05:00	01:00	4.0	558.0	9.3	52		
36	05:00	06:00	01:00	4.0	519.0	8.7	42		
37	06:00	07:00	01:00	4.0	486.0	8.1	38		
38	07:00	08:00	01:00	4.0	484.0	8.1	34		
39	08:00	09:00	01:00	4.0	463.0	7.7	30		
40	09:00	10:00	01:00	4.0	432.0	7.2	28		

N E F 試験データ記録

試験日 平成 3 年 9 月 12 日

ベース材	種類	A ダム	D15/d85	2.40
	d85	0.35mm	フィルタ材密度	1.510g/cm ³
フィルタ材	種類	F26	コア材含水比	18.15%
	D15	0.84mm	コア材乾燥密度	1.718g/cm ³

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧力 (kgf/cm ²)	流出量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁度 (ppm)	備 考	供試体スケッチ (試験後)
	開始	終了	時間						
21	00:22	01:00	00:38	4.0	345.0	9.1	※500	※500ppm以上	
22	01:00	02:00	01:00	4.0	455.0	7.6	190		
23	02:00	03:00	01:00	4.0	430.0	7.2	72		
24	03:00	04:00	01:00	4.0	410.0	6.8	46		
25	04:00	05:00	01:00	4.0	399.0	6.6	24		
26	05:00	06:00	01:00	3.9	391.0	6.5	22		
27	06:00	07:00	01:00	3.9	381.0	6.3	20		
28	07:00	08:00	01:00	3.9	367.0	6.1	20		
29	08:00	09:00	01:00	3.9	359.0	6.0	16		
30	09:00	10:00	01:00	3.9	352.0	5.9	12		

N E F 試験データ記録

試験日 平成 3 年 9 月 12 日

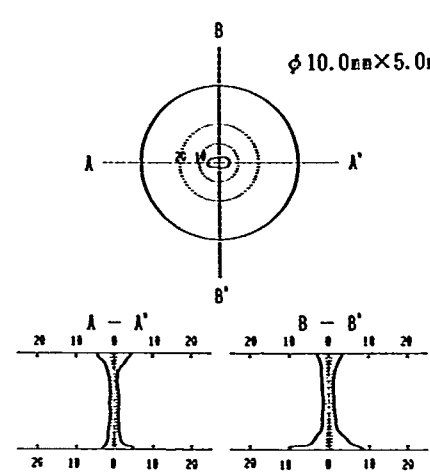
ベース材	種類	A ダム	D15/d85	2.40
	d85	0.35mm	フィルタ材密度	1.931g/cm ³
フィルタ材	種類	F27	コア材含水比	18.15%
	D15	0.84mm	コア材乾燥密度	1.718g/cm ³

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧力 (kgf/cm ²)	流出量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁度 (ppm)	備 考	供試体スケッチ (試験後)
	開始	終了	時間						
1	00:17	01:04	00:47	3.8	1134.0	24.1	※500	※500ppm以上	
2	01:04	02:00	00:56	3.8	1222.0	21.8	250		
3	02:00	03:00	01:00	3.5	1187.0	19.8	120		
31	03:00	03:33	00:33	3.5	718.0	21.8	90		
32	03:33	04:26	00:53	3.7	1002.0	18.9	100		
33	04:26	05:12	00:46	3.7	974.0	21.2	90		
34	05:12	05:57	00:45	3.8	957.0	21.3	77		
35	05:57	06:42	00:45	3.9	959.0	21.3	42		
36	06:42	07:29	00:47	3.9	985.0	21.0	22		
37	07:29	08:18	00:49	3.9	999.0	20.4	13		
38	08:18	09:11	00:53	3.9	1045.0	19.7	12		
39	09:11	10:00	00:49	3.9	974.0	19.9	10		
40	10:00	10:45	00:45	3.9	879.0	19.5	10		

N E F 試験データ記録

試験日 平成3年12月20日

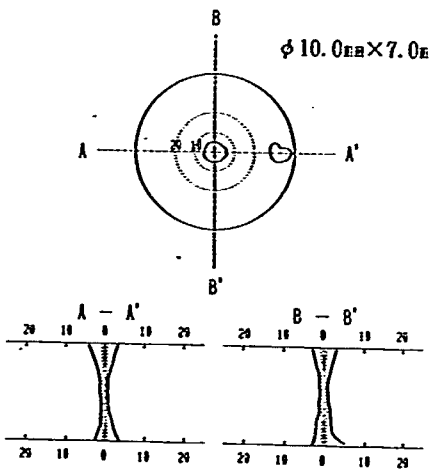
ベース材	種類	Aダム	D15/d85	2.77
	d85	0.35mm	フィルタ材密度	1.635g/cm ³
フィルタ材	種類	F28	コア材含水比	18.35%
	D15	0.97mm	コア材乾燥密度	1.780g/cm ³

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧力 (kgf/cm ²)	流出量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁度 (ppm)	備考	供試体スケッチ (試験後)
	開始	終了	時間						
1	00:18	01:00	00:42	2.0	2040.0	48.6	☆500		
2	01:00	02:00	01:00	1.0	3458.0	57.6	150		
3	02:00	03:00	01:00	0.8	3460.0	57.7	26		
11	03:00	03:15	00:15	0.8	843.9	56.3	14		
12	03:15	03:30	00:15	0.8	832.4	55.5	4		
13	03:30	03:45	00:15	0.8	831.5	55.4	6		
14	03:45	04:00	00:15	1.0	868.1	57.9	12		
15	04:00	04:15	00:15	1.0	892.6	59.5	16		
16	04:15	04:30	00:15	1.0	839.4	56.0	12		
17	04:30	04:45	00:15	1.0	872.7	58.2	12		
18	04:45	05:00	00:15	1.0	848.4	56.6	6		
19	05:00	05:15	00:15	1.0	876.6	58.4	10		
20	05:15	05:30	00:15	1.0	890.7	59.4	6		

N E F 試験データ記録

試験日 平成3年12月20日

ベース材	種類	Aダム	D15/d85	2.77
	d85	0.35mm	フィルタ材密度	1.647g/cm ³
フィルタ材	種類	F29	コア材含水比	18.35%
	D15	0.97mm	コア材乾燥密度	1.780g/cm ³

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧力 (kgf/cm ²)	流出量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁度 (ppm)	備考	供試体スケッチ (試験後)
	開始	終了	時間						
1	00:17	01:00	00:43	0.8	2343.6	54.5	☆500	☆500ppm以上	
2	01:00	02:00	01:00	1.0	3542.0	59.0	92		
3	02:00	03:00	01:00	1.0	3519.9	58.7	36		
41	03:00	03:15	00:15	1.2	887.5	59.2	30		
42	03:15	03:30	00:15	1.2	865.5	57.7	22		
43	03:30	03:45	00:15	1.0	891.0	59.4	20		
44	03:45	04:00	00:15	1.0	867.1	57.8	14		
45	04:00	04:15	00:15	1.2	883.2	58.9	12		
46	04:15	04:30	00:15	1.2	895.4	59.7	10		
47	04:30	04:45	00:15	1.2	858.6	57.2	11		
48	04:45	05:00	00:15	1.2	856.2	57.1	11		
49	05:00	05:15	00:15	1.2	860.1	57.3	25		
50	05:15	05:30	00:15	1.2	900.2	60.0	18		

N E F 試験データ記録

試験日 平成 3 年 12 月 18 日

ベース材	種類	Aダム	D15/d85	3.31
	d85	0.35mm	フィルタ材密度	1.553g/cm ³
フィルタ材	種類	F33	コア材含水比	18.35%
	D15	1.16mm	コア材乾燥密度	1.780g/cm ³

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧力 (kgf/cm ²)	流出量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁度 (ppm)	備 考	供試体スケッチ (試験後)
	開始	終了	時間						
1	00:17	01:00	00:43	2.0	2378.2	55.3	※500	※500ppm以上	
2	01:00	02:00	01:00	2.0	3855.6	64.3	120		
3	02:00	03:00	01:00	2.2	3843.9	64.1	40		
41	03:00	03:17	00:17	2.2	1113.8	65.5	20		
42	03:17	03:32	00:15	2.2	824.3	55.0	30		
43	03:32	03:45	00:13	2.2	853.2	65.6	32		
44	03:45	04:00	00:15	2.2	932.9	62.2	72		
45	04:00	04:15	00:15	2.2	992.6	66.2	56		
46	04:15	04:30	00:15	2.3	1004.0	66.9	36		
47	04:30	04:45	00:15	2.3	974.2	64.9	20		
48	04:45	05:00	00:15	2.4	930.0	62.0	18		
49	05:00	05:15	00:15	2.4	973.9	64.9	10		
50	05:15	05:30	00:15	2.3	971.2	64.7	6		

N E F 試験データ記録

試験日 平成 3 年 12 月 18 日

ベース材	種類	Aダム	D15/d85	3.31
	d85	0.35mm	フィルタ材密度	1.693g/cm ³
フィルタ材	種類	F34	コア材含水比	18.35%
	D15	1.16mm	コア材乾燥密度	1.780g/cm ³

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧力 (kgf/cm ²)	流出量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁度 (ppm)	備 考	供試体スケッチ (試験後)
	開始	終了	時間						
1	00:15	01:00	00:45	1.0	2519.0	56.0	※500	※500ppm以上	
2	01:00	02:00	01:00	0.8	4049.1	67.5	110		
3	02:00	03:00	01:00	0.5	4146.3	69.1	30		
11	03:00	03:10	00:10	0.5	709.9	71.0	26		
12	03:10	03:20	00:10	0.5	678.6	67.9	22		
13	03:20	03:30	00:10	0.5	687.2	68.7	32		
14	03:30	03:40	00:10	0.5	675.3	67.5	32		
15	03:40	03:50	00:10	0.5	685.6	68.6	26		
16	03:50	04:00	00:10	0.5	694.2	69.4	22		
17	04:00	04:10	00:10	0.5	706.0	70.6	20		
18	04:10	04:20	00:10	0.5	701.0	70.1	14		
19	04:20	04:30	00:10	0.5	702.2	70.2	18		
20	04:30	04:40	00:10	0.5	708.7	70.9	16		

N E F 試験データ記録

試験日 平成 3 年 9 月 2 0 日

ベース材	種類	Aダム	D15/d85	5.71
	d85	0.35mm	フィルタ材密度	1.465g/cm3
フィルタ材	種類	F39	コア材含水比	18.35%
	D15	2.00mm	コア材乾燥密度	1.715g/cm3

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧力 (kgf/cm2)	流出量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁度 (ppm)	備 考	供試体スケッチ (試験後)
	開始	終了	時間						
1	00:08	01:00	00:52	2.5	2617.0	50.3	※500	※500ppm以上	
2	01:00	02:00	01:00	3.0	2467.0	41.1	73		
3	02:00	03:00	01:00	3.2	2298.0	38.3	20		
41	03:00	03:25	00:25	3.3	952.0	38.1	15		
42	03:25	03:50	00:25	3.3	937.0	37.5	16		
43	03:50	04:15	00:25	3.3	958.0	38.3	15		
44	04:15	04:40	00:25	3.3	950.0	38.0	12		
45	04:40	05:05	00:25	3.3	943.0	37.7	10		
46	05:05	05:30	00:25	3.3	926.0	37.0	12		
47	05:30	05:55	00:25	3.3	919.0	36.8	11		
48	05:55	06:20	00:25	3.3	924.0	37.0	10		
49	06:20	06:45	00:25	3.4	904.0	36.2	10		
50	06:45	07:10	00:25	3.4	910.0	36.4	6		

N E F 試験データ記録

試験日 平成 3 年 9 月 2 4 日

ベース材	種類	Aダム	D15/d85	5.71
	d85	0.35mm	フィルタ材密度	1.723g/cm3
フィルタ材	種類	F40	コア材含水比	18.09%
	D15	2.00mm	コア材乾燥密度	1.719g/cm3

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧力 (kgf/cm2)	流出量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁度 (ppm)	備 考	供試体スケッチ (試験後)
	開始	終了	時間						
1	00:04	01:00	00:56	4.2	2032.0	36.3	※500	※500ppm以上	
2	01:00	02:00	01:00	4.2	1451.0	24.2	52		
3	02:00	03:00	01:00	4.0	1182.0	19.7	24		
11	03:00	04:00	01:00	4.0	1091.0	18.2	16		
12	04:00	05:00	01:00	4.0	1064.0	17.7	15		
13	05:00	06:00	01:00	4.0	1010.0	16.8	12		
14	06:00	07:00	01:00	4.0	980.0	16.3	12		
15	07:00	08:00	01:00	4.0	953.0	15.9	12		
16	08:00	09:00	01:00	4.0	918.0	15.3	11		
17	09:00	10:00	01:00	4.0	890.0	14.8	10		
18	10:00	11:00	01:00	4.0	869.0	14.5	7		
19	11:00	12:00	01:00	4.0	839.0	14.0	7		
20	12:00	13:00	01:00	4.0	822.0	13.7	6		

N E F 試験データ記録

試験日 平成 3 年 9 月 2 4 日

ベース材	種類	A ダム	D15/d85	5.71
	d85	0.35mm	フィルタ材密度	1.561g/cm ³
フィルタ材	種類	F41	コア材含水比	18.09%
	D15	2.00mm	コア材乾燥密度	1.719g/cm ³

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧力 (kgf/cm ²)	流出量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁度 (ppm)	備考	供試体スケッチ (試験後)
	開始	終了	時間						
1	00:10	01:00	00:50	1.8	3162.0	63.2	※500	※500ppm以上	
2	01:00	02:00	01:00	2.0	3261.0	54.4	130		
3	02:00	03:00	01:00	2.2	3299.0	55.0	40		
11	03:00	03:15	00:15	2.4	923.0	61.5	41		
12	03:15	03:30	00:15	2.4	858.0	57.2	30		
13	03:30	03:45	00:15	2.4	870.0	58.0	16		
14	03:45	04:00	00:15	2.4	897.0	59.8	15		
15	04:00	04:15	00:15	2.4	893.0	59.5	8		
16	04:15	04:30	00:15	2.4	829.0	55.3	8		
17	04:30	04:45	00:15	2.4	888.0	59.2	9		
18	04:45	05:00	00:15	2.4	842.0	56.1	6		
19	05:00	05:15	00:15	2.5	857.0	57.1	6		
20	05:15	05:30	00:15	2.5	858.0	57.2	6		

N E F 試験データ記録

試験日 平成 3 年 9 月 2 4 日

ベース材	種類	A ダム	D15/d85	5.71
	d85	0.35mm	フィルタ材密度	1.709g/cm ³
フィルタ材	種類	F42	コア材含水比	18.09%
	D15	2.00mm	コア材乾燥密度	1.719g/cm ³

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧力 (kgf/cm ²)	流出量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁度 (ppm)	備考	供試体スケッチ (試験後)
	開始	終了	時間						
1	00:06	01:00	00:54	2.0	2964.0	54.9	※500	※500ppm以上	
2	01:00	02:00	01:00	2.3	2879.0	48.0	100		
3	02:00	03:00	01:00	2.4	2839.0	47.3	31		
21	03:00	03:20	00:20	2.6	982.0	49.1	31		
22	03:20	03:40	00:20	2.6	972.0	48.6	23		
23	03:40	04:00	00:20	2.6	957.0	47.9	14		
24	04:00	04:20	00:20	2.6	977.0	48.8	8		
25	04:20	04:41	00:21	2.6	1017.0	48.4	8		
26	04:41	05:00	00:19	2.6	926.0	48.7	8		
27	05:00	05:20	00:20	2.6	964.0	48.2	7		
28	05:20	05:40	00:20	2.6	955.0	47.7	6		
29	05:40	06:00	00:20	2.6	972.0	48.6	6		
30	06:00	06:20	00:20	2.6	962.0	48.1	5		

N E F 試験データ記録

試験日 平成 5 年 6 月 2 4 日

ベース材	種類	Dダム	D15/d85	0.44
	d85	1.92mm	フィルタ材密度	1.713g/cm ³
フィルタ材	種類	F20	コア材含水比	22.00%
	D15	0.84mm	コア材乾燥密度	1.630g/cm ³

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧力 (kgf/cm ²)	流出量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁度 (ppm)	備 考	供試体スケッチ (試験後)
	開始	終了	時間						
	00:09	01:00	00:51	4.0	1374.1	26.9	☆500	☆500ppm以上	
	01:00	02:00	01:00	4.0	1416.4	23.6	51		
	02:00	03:00	01:00	4.0	1314.8	21.9	18		
4	03:00	03:40	00:40	4.0	857.7	21.4	8		
5	03:40	04:20	00:40	4.0	829.0	20.7	6		
6	04:20	05:00	00:40	4.0	802.5	20.1	4		
7	05:00	05:40	00:40	4.0	791.2	19.8	2		
8	05:40	06:20	00:40	4.0	772.4	19.3	4		
9	06:20	07:00	00:40	4.0	786.3	19.7	4		
10	07:00	07:40	00:40	4.0	787.8	19.7	4		

N E F 試験データ記録

試験日 平成 4 年 1 0 月 2 3 日

ベース材	種類	Dダム	D15/d85	0.44
	d85	1.92mm	フィルタ材密度	1.820g/cm ³
フィルタ材	種類	F21	コア材含水比	21.75%
	D15	0.84mm	コア材乾燥密度	1.633g/cm ³

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧力 (kgf/cm ²)	流出量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁度 (ppm)	備 考	供試体スケッチ (試験後)
	開始	終了	時間						
	02:22	03:00	00:38	4.0	31.4	0.8	20		
42	03:00	04:00	01:00	4.0	54.2	0.9	15		
43	04:00	05:00	01:00	4.0	54.2	0.9	15		
44	05:00	06:00	01:00	4.0	53.2	0.9	10		
45	06:00	07:00	01:00	4.0	52.6	0.9	8		
46	07:00	08:00	01:00	4.0	53.7	0.9	10		
47	08:00	09:00	01:00	4.0	53.2	0.9	10		
48	09:00	10:00	01:00	4.0	52.0	0.9	4		
49	10:00	11:00	01:00	4.0	50.6	0.8	6		
50	11:00	12:00	01:00	4.0	50.3	0.8	6		

N E F 試験データ記録

試験日 平成4年10月23日

ベース材	種類	Dダム	D15/d85	0.44
	d85	1.92mm	フィルタ材密度	1.968g/cm ³
フィルタ材	種類	F22	コア材含水比	21.75%
	D15	0.84mm	コア材乾燥密度	1.633g/cm ³

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧力 (kgf/cm ²)	流出量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁度 (ppm)	備考	供試体スケッチ (試験後)
	開始	終了	時間						
	01:35	02:00	00:25	4.0	30.2	1.2	50		
	02:00	03:00	01:00	4.0	75.5	1.3	45		
13	03:00	04:00	01:00	4.0	72.8	1.2	30		
14	04:00	05:00	01:00	4.0	71.9	1.2	0		
15	05:00	06:00	01:00	4.0	68.7	1.1	0		
16	06:00	07:00	01:00	3.9	67.0	1.1	10		
17	07:00	08:00	01:00	4.0	69.2	1.2	10		
18	08:00	09:00	01:00	4.0	68.7	1.1	10		
19	09:00	10:00	01:00	4.0	68.9	1.1	10		
20	10:00	11:00	01:00	4.0	67.8	1.1	0		

N E F 試験データ記録

試験日 平成4年10月23日

ベース材	種類	Dダム	D15/d85	0.44
	d85	1.92mm	フィルタ材密度	1.737g/cm ³
フィルタ材	種類	F23	コア材含水比	21.75%
	D15	0.84mm	コア材乾燥密度	1.633g/cm ³

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧力 (kgf/cm ²)	流出量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁度 (ppm)	備考	供試体スケッチ (試験後)
	開始	終了	時間						
	00:35	01:00	00:25	4.0	107.0	4.3	360		
	01:00	02:00	01:00	4.0	284.6	4.7	90		
3	02:00	03:00	01:00	4.0	263.3	4.4	18		
4	03:00	04:00	01:00	4.0	260.5	4.3	15		
5	04:00	05:00	01:00	4.0	254.4	4.2	9		
6	05:00	06:00	01:00	4.0	251.0	4.2	9		
7	06:00	07:00	01:00	4.0	248.6	4.1	6		
8	07:00	08:00	01:00	4.0	247.3	4.1	9		
9	08:00	09:00	01:00	4.0	243.3	4.1	9		
10	09:00	10:00	01:00	4.0	238.3	4.0	6		

N E F 試験データ記録

試験日 平成4年10月23日

ベース材	種類	Dダム	D15/d85	0.44
	d85	1.92mm	フィルタ材密度	1.729g/cm ³
フィルタ材	種類	F24	コア材含水比	21.75%
	D15	0.84mm	コア材乾燥密度	1.633g/cm ³

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧力 (kgf/cm ²)	流出量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁度 (ppm)	備考	供試体スケッチ (試験後)
	開始	終了	時間						
	00:15	01:00	00:45	3.9	626.3	13.9	※500	※500ppm以上	
	01:00	02:00	01:00	4.0	909.9	15.2	270		
	02:00	03:00	01:00	4.0	849.3	14.2	85		
53	03:00	04:00	01:00	4.0	828.4	13.8	44		
54	04:00	05:00	01:00	4.0	819.4	13.7	27		
55	05:00	06:00	01:00	4.0	785.3	13.1	17		
56	06:00	07:00	01:00	4.0	773.3	12.9	14		
57	07:00	08:00	01:00	4.0	750.2	12.5	13		
58	08:00	09:00	01:00	4.0	755.3	12.6	13		
59	09:00	10:00	01:00	4.0	734.3	12.2	10		
60	10:00	11:00	01:00	4.0	730.5	12.2	10		

N E F 試験データ記録

試験日 平成4年10月23日

ベース材	種類	Dダム	D15/d85	0.44
	d85	1.92mm	フィルタ材密度	1.798g/cm ³
フィルタ材	種類	F25	コア材含水比	21.75%
	D15	0.84mm	コア材乾燥密度	1.633g/cm ³

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧力 (kgf/cm ²)	流出量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁度 (ppm)	備考	供試体スケッチ (試験後)
	開始	終了	時間						
	00:19	01:00	00:41	4.0	363.7	8.9	280		
	01:00	02:00	01:00	4.0	808.7	13.5	145		
	02:00	03:00	01:00	4.0	763.6	12.7	31		
11	03:00	04:00	01:00	4.0	737.1	12.3	27		
12	04:00	05:00	01:00	4.0	717.8	12.0	22		
13	05:00	06:00	01:00	4.0	705.2	11.8	16		
14	06:00	07:00	01:00	4.0	698.9	11.6	14		
15	07:00	08:00	01:00	4.0	684.5	11.4	11		
16	08:00	09:00	01:00	4.0	676.1	11.3	9		
17	09:00	10:00	01:00	4.0	668.1	11.1	9		
18	10:00	11:00	01:00	4.0	666.4	11.1	9		

N E F 試験データ記録

試験日 平成4年10月22日

ベース材	種類	Dダム	D15/d85	0.44
	d85	1.92mm	フィルタ材密度	1.953g/cm ³
フィルタ材	種類	F26	コア材含水比	22.05%
	D15	0.84mm	コア材乾燥密度	1.629g/cm ³

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧力 (kgf/cm ²)	流出量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁度 (ppm)	備考	供試体スケッチ (試験後)
	開始	終了	時間						
	00:10	01:00	00:50	4.0	1339.9	26.8	※500	※500ppm以上	
	01:00	02:00	01:00	4.0	1475.4	24.6	70		
	02:00	03:00	01:00	4.0	1438.9	24.0	28		
11	03:00	03:30	00:30	4.0	701.5	23.4	24		
12	03:30	04:00	00:30	4.0	703.3	23.4	10		
13	04:00	04:30	00:30	4.0	707.3	23.6	6		
14	04:30	05:00	00:30	4.0	703.1	23.4	1		
15	05:00	05:30	00:30	4.0	700.8	23.4	1		
16	05:30	06:00	00:30	4.0	699.7	23.3	0		
17	06:00	06:30	00:30	4.0	691.6	23.1	1		
18	06:30	07:00	00:30	4.0	687.2	22.9	1		
19	07:00	07:30	00:30	4.0	705.9	23.5	2		
20	07:30	08:00	00:30	4.0	698.0	23.3	2		

N E F 試験データ記録

試験日 平成4年10月22日

ベース材	種類	Dダム	D15/d85	0.44
	d85	1.92mm	フィルタ材密度	1.947g/cm ³
フィルタ材	種類	F27	コア材含水比	22.05%
	D15	0.84mm	コア材乾燥密度	1.629g/cm ³

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧力 (kgf/cm ²)	流出量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁度 (ppm)	備考	供試体スケッチ (試験後)
	開始	終了	時間						
	00:09	01:00	00:51	4.0	1137.8	22.3	※500	※500ppm以上	
	01:00	02:00	01:00	4.0	1236.8	20.6	46		
	02:00	03:00	01:00	4.0	1230.8	20.5	29		
21	03:00	03:40	00:40	4.0	821.3	20.5	21		
22	03:40	04:20	00:40	4.0	813.8	20.3	8		
23	04:20	05:00	00:40	4.0	801.1	20.0	4		
24	05:00	05:40	00:40	4.0	785.0	19.6	3		
25	05:40	06:20	00:40	4.0	779.2	19.5	22		
26	06:20	07:00	00:40	4.0	768.5	19.2	2		
27	07:00	07:40	00:40	4.0	749.0	18.7	2		
28	07:40	08:20	00:40	4.0	753.4	18.8	2		
29	08:20	09:00	00:40	4.0	753.7	18.8	1		
30	09:00	09:40	00:40	4.0	745.4	18.6	1		

N E F 試験データ記録

試験日 平成 5 年 5 月 19 日

ベース材	種類	Dダム	D15/d85	0.54
	d85	1.92mm	フィルタ材密度	1.691g/cm ³
フィルタ材	種類	F30	コア材含水比	22.02%
	D15	1.04mm	コア材乾燥密度	1.630g/cm ³

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧力 (kgf/cm ²)	流出量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁度 (ppm)	備考	供試体スケッチ (試験後)
	開始	終了	時間						
	00:04	01:00	00:56	2.0	5638.9	100.7	◇500	◇500ppm以上	
	01:00	02:00	01:00	4.0	4530.0	75.5	4		
	02:00	03:00	01:00	4.0	4429.2	73.8	2		
1	03:00	03:10	00:10	4.0	733.1	73.3	2		
2	03:10	03:20	00:10	4.0	676.2	67.6	2		
3	03:20	03:30	00:10	4.0	698.0	69.8	2		
4	03:30	03:40	00:10	4.0	702.5	70.2	2		
5	03:40	03:50	00:10	4.0	746.2	74.6	2		
6	03:50	04:00	00:10	4.0	706.1	70.6	2		
7	04:00	04:10	00:10	4.0	672.4	67.2	2		

N E F 試験データ記録

試験日 平成 4 年 11 月 12 日

ベース材	種類	Dダム	D15/d85	0.54
	d85	1.92mm	フィルタ材密度	1.835g/cm ³
フィルタ材	種類	F31	コア材含水比	21.88%
	D15	1.04mm	コア材乾燥密度	1.632g/cm ³

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧力 (kgf/cm ²)	流出量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁度 (ppm)	備考	供試体スケッチ (試験後)
	開始	終了	時間						
41	00:15	01:00	00:45	4.0	313.6	7.0	◇500	◇500ppm以上	
42	01:00	02:00	01:00	4.0	412.3	6.9			
43	02:00	03:00	01:00	4.0	385.6	6.4			
44	03:00	04:00	01:00	4.0	377.3	6.3			
45	04:00	05:00	01:00	4.0	373.5	6.2			
46	05:00	06:00	01:00	4.0	363.9	6.1			
47	06:00	07:00	01:00	4.0	362.8	6.0			
48	07:00	08:00	01:00	4.0	369.9	6.2			
49	08:00	09:00	01:00	4.0	365.7	6.1			
50	09:00	10:00	01:00	4.0	358.6	6.0			

N E F 試験データ記録

試験日 平成4年11月11日

ベース材	種類	Dダム	D15/d85	0.57
	d85	1.92mm	フィルタ材密度	1.907g/cm ³
フィルタ材	種類	F32	コア材含水比	21.88%
	D15	1.09mm	コア材乾燥密度	1.632g/cm ³

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧力 (kgf/cm ²)	流出量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁度 (ppm)	備 考	供試体スケッチ (試験後)
	開始	終了	時間						
21	00:15	01:00	00:45	4.0	325.7	7.2	640		
22	01:00	02:00	01:00	4.0	465.0	7.8	160		
23	02:00	03:00	01:00	4.0	429.0	7.2	26		
24	03:00	04:00	01:00	4.0	423.0	7.1	12		
25	04:00	05:00	01:00	4.0	416.0	6.9	14		
26	05:00	06:00	01:00	4.0	407.3	6.8	14		
27	06:00	07:00	01:00	4.0	401.0	6.7	8		
28	07:00	08:00	01:00	4.0	393.3	6.6	22		
29	08:00	09:00	01:00	4.0	398.0	6.6	16		
30	09:00	10:00	01:00	4.0	405.2	6.8	10		

N E F 試験データ記録

試験日 平成4年10月29日

ベース材	種類	Dダム	D15/d85	0.60
	d85	1.92mm	フィルタ材密度	1.467g/cm ³
フィルタ材	種類	F33	コア材含水比	21.75%
	D15	1.16mm	コア材乾燥密度	1.633g/cm ³

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧力 (kgf/cm ²)	流出量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁度 (ppm)	備 考	供試体スケッチ (試験後)
	開始	終了	時間						
	00:09	01:00	00:51	0.0	4629.5	90.8	※500	※500ppm以上	
	01:00	02:00	01:00	0.1	5181.4	86.4	85		
	02:00	03:00	01:00	0.1	5337.9	89.0	70		
51	03:00	03:10	00:10	0.1	861.5	86.1	26		
52	03:10	03:20	00:10	0.1	848.7	84.9	35		
53	03:20	03:30	00:10	0.1	882.2	88.2	18		
54	03:30	03:40	00:10	0.1	889.3	88.9	12		
55	03:40	03:50	00:10	0.1	884.0	88.4	23		
56	03:50	04:00	00:10	0.1	854.5	85.4	20		
57	04:00	04:10	00:10	0.1	910.5	91.0	12		
58	04:10	04:20	00:10	0.1	907.7	90.8	18		
59	04:20	04:30	00:10	0.1	851.1	85.1	16		
60	04:30	04:40	00:10	0.1	942.2	94.2	35		

N E F 試験データ記録

試験日 平成4年10月29日

ベース材	種類	Dダム	D15/d85	0.60
	d85	1.92mm	フィルタ材密度	1.822g/cm ³
フィルタ材	種類	F34	コア材含水比	21.75%
	D15	1.16mm	コア材乾燥密度	1.633g/cm ³

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧力 (kgf/cm ²)	流出量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁度 (ppm)	備 考	供試体スケッチ (試験後)
	開始	終了	時間						
	00:07	01:00	00:53	0.0	4060.3	76.6	※500	※500ppm以上	
	01:00	02:00	01:00	0.0	4857.4	81.0	125		
	02:00	03:00	01:00	0.1	5290.0	88.2	62		
21	03:00	03:10	00:10	0.1	906.0	90.6	15		
22	03:10	03:20	00:10	0.1	818.4	81.8	13		
23	03:20	03:30	00:10	0.1	878.9	87.9	30		
24	03:30	03:40	00:10	0.1	864.6	86.5	20		
25	03:40	03:50	00:10	0.1	897.8	89.8	28		
26	03:50	04:00	00:10	0.1	832.1	83.2	13		
27	04:00	04:10	00:10	0.1	912.3	91.2	6		
28	04:10	04:20	00:10	0.1	915.9	91.6	6		
29	04:20	04:30	00:10	0.1	871.2	87.1	9		
30	04:30	04:40	00:10	0.1	854.6	85.5	14		

N E F 試験データ記録

試験日 平成4年10月27日

ベース材	種類	Dダム	D15/d85	0.60
	d85	1.92mm	フィルタ材密度	1.609g/cm ³
フィルタ材	種類	F35	コア材含水比	21.75%
	D15	1.16mm	コア材乾燥密度	1.633g/cm ³

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧力 (kgf/cm ²)	流出量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁度 (ppm)	備 考	供試体スケッチ (試験後)
	開始	終了	時間						
	00:03	01:00	00:57	0.0	3947.2	69.2	※500	※500ppm以上	
	01:00	02:00	01:00	0.0	4293.4	71.6	28		
	02:00	03:00	01:00	0.0	4528.5	75.5	28		
41	03:00	03:10	00:10	0.0	733.1	73.3	22		
42	03:10	03:20	00:10	0.0	746.1	74.6	18		
43	03:20	03:30	00:10	0.0	738.2	73.8	14		
44	03:30	03:40	00:10	0.0	755.2	75.5	9		
45	03:40	03:50	00:10	0.0	749.8	75.0	6		
46	03:50	04:00	00:10	0.0	755.8	75.6	2		
47	04:00	04:10	00:10	0.0	751.2	75.1	10		
48	04:10	04:20	00:10	0.0	749.9	75.0	2		
49	04:20	04:30	00:10	0.0	741.4	74.1	1		
50	04:30	04:40	00:10	0.0	799.1	79.9	1		

N E F 試験データ記録

試験日 平成4年10月27日

ベース材	種類	Dダム	D15/d85	0.60
	d85	1.92mm	フィルタ材密度	1.857g/cm ³
フィルタ材	種類	F36	コア材含水比	21.75%
	D15	1.16mm	コア材乾燥密度	1.633g/cm ³

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧力 (kgf/cm ²)	流出量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁度 (ppm)	備考	供試体スケッチ (試験後)
	開始	終了	時間						
	00:06	01:00	00:54	0.0	3841.7	71.1	≒500	≒500ppm以上	
	01:00	02:00	01:00	0.0	4232.2	70.5	20		
	02:00	03:00	01:00	0.0	4175.9	69.6	10		
1	03:00	03:10	00:10	0.0	837.0	83.7	38		
2	03:10	03:20	00:10	0.0	636.7	63.7	16		
3	03:20	03:30	00:10	0.0	539.3	53.9	33		
4	03:30	03:40	00:10	0.0	732.9	73.3	18		
5	03:40	03:50	00:10	0.0	764.5	76.5	10		
6	03:50	04:00	00:10	0.0	633.1	63.3	10		
7	04:00	04:10	00:10	0.0	704.8	70.5	8		
8	04:10	04:20	00:10	0.0	723.3	72.3	42		
9	04:20	04:30	00:10	0.0	697.6	69.8	8		
10	04:30	04:42	00:12	0.0	883.2	73.6	4		

N E F 試験データ記録

試験日 平成4年10月27日

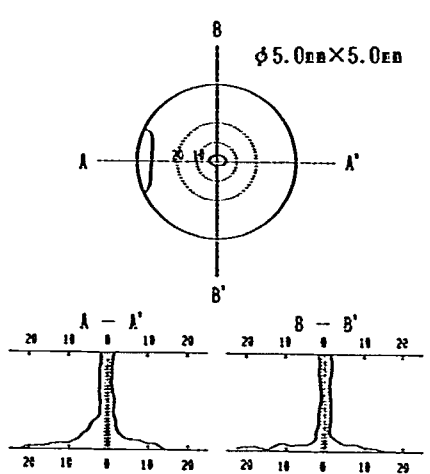
ベース材	種類	Dダム	D15/d85	0.70
	d85	1.92mm	フィルタ材密度	1.627g/cm ³
フィルタ材	種類	F37	コア材含水比	21.75%
	D15	1.35mm	コア材乾燥密度	1.633g/cm ³

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧力 (kgf/cm ²)	流出量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁度 (ppm)	備考	供試体スケッチ (試験後)
	開始	終了	時間						
	00:07	01:00	00:53	0.2	3842.8	72.5	≒500	≒500ppm以上	
	01:00	02:00	01:00	0.3	4435.4	73.9	86		
	02:00	03:00	01:00	0.3	4445.4	74.1	36		
51	03:00	03:10	00:10	0.2	701.8	70.2	86		
52	03:10	03:20	00:10	0.2	741.2	74.1	110		
53	03:20	03:30	00:10	0.2	752.9	75.3	74		
54	03:30	03:40	00:10	0.2	748.8	74.9	25		
55	03:40	03:50	00:10	0.2	859.2	85.9	68		
56	03:50	04:00	00:10	0.2	606.3	60.6	130		
57	04:00	04:10	00:10	0.2	746.3	74.6	120		
58	04:10	04:20	00:10	0.2	787.9	78.8	36		
59	04:20	04:30	00:10	0.3	716.1	71.6	43		
60	04:30	04:40	00:10	0.2	779.8	78.0	40		

N E F 試験データ記録

試験日 平成4年10月27日

ベース材	種類	Dダム	D15/d85	0.70
	d85	1.92mm	フィルタ材密度	1.850g/cm ³
フィルタ材	種類	F38	コア材含水比	21.75%
	D15	1.35mm	コア材乾燥密度	1.633g/cm ³

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧力 (kgf/cm ²)	流出量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁度 (ppm)	備 考	供試体スケッチ (試験後)
	開始	終了	時間						
	00:08	01:00	00:52	0.4	3964.4	76.2	490		
	01:00	02:00	01:00	0.7	4379.6	73.0	22		
	02:00	03:00	01:00	1.0	4416.5	73.6	8		
21	03:00	03:10	00:10	2.0	798.9	79.9	10		
22	03:10	03:20	00:10	2.0	843.7	84.4	16		
23	03:20	03:30	00:10	2.0	874.0	87.4	6		
24	03:30	03:40	00:10	2.0	852.2	85.2	4		
25	03:40	03:50	00:10	2.0	877.7	87.8	2		
26	03:50	04:00	00:10	2.0	816.8	81.7	5		
27	04:00	04:10	00:10	2.0	839.6	84.0	6		
28	04:10	04:20	00:10	2.0	862.0	86.2	4		
29	04:20	04:30	00:10	2.0	848.7	84.9	2		
30	04:30	04:40	00:10	2.0	875.6	87.6	3		

3. 含水比を変化させたコア.

N E F 試験データ記録

試験日 平成3年12月21日

ベース材	種類	Aダム	D15/d85	1.69
	d85	0.35mm	フィルタ材密度	1.706g/cm ³
フィルタ材	種類	F5	コア材含水比	14.02%
	D15	0.59mm	コア材乾燥密度	1.530g/cm ³

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧力 (kgf/cm ²)	流出量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁度 (ppm)	備考	供試体スケッチ (試験後)
	開始	終了	時間						
1	02:09	03:00	00:51	4.0	352.2	6.9	400		
21	03:00	04:00	01:00	4.0	195.1	3.3	≒500	≒500ppm以上	
22	04:00	05:00	01:00	4.0	188.3	3.1	60		
23	05:00	06:00	01:00	4.0	185.2	3.1	24		
24	06:00	07:00	01:00	4.0	188.4	3.1	26		
25	07:00	08:00	01:00	4.0	182.1	3.0	15		
26	08:00	09:00	01:00	4.0	174.5	2.9	15		
27	09:00	10:00	01:00	4.0	171.2	2.9	12		
28	10:00	11:00	01:00	4.0	168.2	2.8	12		
29	11:00	12:00	01:00	4.0	165.7	2.8	12		

N E F 試験データ記録

試験日 平成3年12月24日

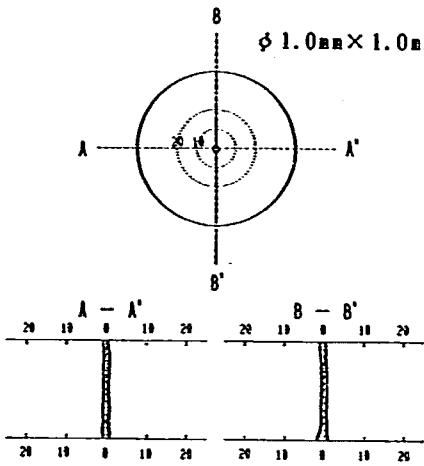
ベース材	種類	Aダム	D15/d85	1.69
	d85	0.35mm	フィルタ材密度	1.699g/cm ³
フィルタ材	種類	F5	コア材含水比	14.02%
	D15	0.59mm	コア材乾燥密度	1.530g/cm ³

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧力 (kgf/cm ²)	流出量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁度 (ppm)	備考	供試体スケッチ (試験後)
	開始	終了	時間						
41	01:00	02:00	01:00	4.0	232.3	3.9	≒500	≒500ppm以上	
42	02:00	03:00	01:00	4.0	223.4	3.7	33		
43	03:00	04:00	01:00	4.0	210.5	3.5	12		
44	04:00	05:00	01:00	4.0	197.1	3.3	12		
45	05:00	06:00	01:00	4.0	187.8	3.1	6		
46	06:00	07:00	01:00	4.0	180.5	3.0	6		
47	07:00	08:00	01:00	4.0	173.4	2.9	6		
48	08:00	09:00	01:00	4.0	169.5	2.8	6		
49	09:00	10:00	01:00	4.0	168.4	2.8	3		
50	10:00	11:00	01:00	4.0	168.1	2.8	3		

N E F 試験データ記録

試験日 平成3年12月21日

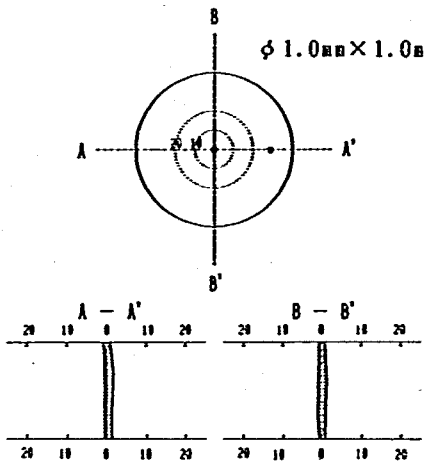
ベース材	種類	Aダム	D15/d85	1.69
	d85	0.35mm	フィルタ材密度	1.744g/cm ³
フィルタ材	種類	F5	コア材含水比	18.35%
	D15	0.59mm	コア材乾燥密度	1.780g/cm ³

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧力 (kgf/cm ²)	流出量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁度 (ppm)	備考	供試体スケッチ (試験後)
	開始	終了	時間						
41	00:41	01:00	00:19	4.0	154.7	8.1	☆500		
42	01:00	02:00	01:00	3.8	588.7	9.8	☆500		
43	02:00	03:00	01:00	4.0	609.4	10.2	280		
44	03:00	04:00	01:00	4.0	595.6	9.9	120		
45	04:00	05:00	01:00	4.0	566.2	9.4	110		
46	05:00	06:00	01:00	4.0	557.4	9.3	104		
47	06:00	07:00	01:00	4.0	548.2	9.1	60		
48	07:00	08:00	01:00	4.0	541.4	9.0	26		
49	08:00	09:00	01:00	4.0	508.0	8.5	26		
50	09:00	10:00	01:00	4.0	511.5	8.5	26		
60	10:00	11:00	01:00	4.0	493.8	8.2	26		

N E F 試験データ記録

試験日 平成3年12月24日

ベース材	種類	Aダム	D15/d85	1.69
	d85	0.35mm	フィルタ材密度	1.728g/cm ³
フィルタ材	種類	F5	コア材含水比	18.35%
	D15	0.59mm	コア材乾燥密度	1.780g/cm ³

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧力 (kgf/cm ²)	流出量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁度 (ppm)	備考	供試体スケッチ (試験後)
	開始	終了	時間						
21	00:24	01:00	00:36	3.8	520.1	14.4	☆500	☆500ppm以上	
22	01:00	02:00	01:00	3.9	930.3	15.5	420		
23	02:00	03:00	01:00	4.0	966.7	16.1	200		
24	03:00	04:00	01:00	4.0	957.5	16.0	105		
25	04:00	05:00	01:00	4.0	919.3	15.3	72		
26	05:00	06:00	01:00	4.0	890.8	14.8	64		
27	06:00	07:00	01:00	4.0	859.3	14.3	44		
28	07:00	08:00	01:00	4.0	850.4	14.2	30		
29	08:00	09:00	01:00	4.0	836.3	13.9	26		
30	09:00	10:00	01:00	4.0	831.0	13.8	22		

N E F 試験データ記録

試験日 平成 3 年 12 月 24 日

ベース材	種類	Aダム	D15/d85	1.69
	d85	0.35mm	フィルタ材密度	1.719g/cm ³
フィルタ材	種類	F5	コア材含水比	22.03%
	D15	0.59mm	コア材乾燥密度	1.690g/cm ³

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧力 (kgf/cm ²)	流出量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁度 (ppm)	備 考	供試体スケッチ (試験後)
	開始	終了	時間						
1	01:20	02:10	00:50	4.0	157.3	3.1	30		
21	02:10	03:00	00:50	4.0	239.8	4.8	33		
22	03:00	04:00	01:00	4.0	434.5	7.2	40		
23	04:00	05:00	01:00	4.0	614.0	10.2	70		
24	05:00	06:00	01:00	4.0	697.0	11.6	75		
25	06:00	07:00	01:00	4.0	687.1	11.5	58		
26	07:00	08:00	01:00	4.0	687.2	11.5	55		
27	08:00	09:10	01:10	4.0	807.0	11.5	42		
28	09:10	10:00	00:50	4.0	573.6	11.5	32		
29	10:00	11:00	01:00	4.0	694.5	11.6	28		
30	11:00	12:00	01:00	4.0	710.6	11.8	25		

N E F 試験データ記録

試験日 平成 3 年 12 月 24 日

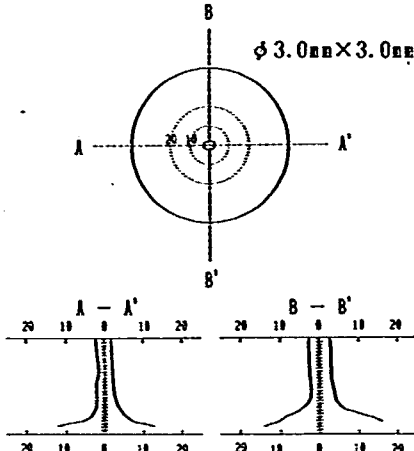
ベース材	種類	Aダム	D15/d85	1.69
	d85	0.35mm	フィルタ材密度	1.769g/cm ³
フィルタ材	種類	F5	コア材含水比	22.03%
	D15	0.59mm	コア材乾燥密度	1.690g/cm ³

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧力 (kgf/cm ²)	流出量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁度 (ppm)	備 考	供試体スケッチ (試験後)
	開始	終了	時間						
41	01:20	02:00	00:40	4.0	138.3	3.5	48		
42	02:00	03:00	01:00	3.7	424.9	7.1	100		
43	03:00	04:00	01:00	4.0	806.0	13.4	140		
44	04:00	05:00	01:00	4.0	807.1	13.5	88		
45	05:00	06:00	01:00	4.0	805.9	13.4	60		
46	06:00	07:00	01:00	4.0	788.9	13.1	52		
47	07:00	08:00	01:00	4.0	802.0	13.4	55		
48	08:00	09:00	01:00	4.0	778.9	13.0	35		
49	09:00	10:00	01:00	4.0	755.3	12.6	24		
50	10:00	11:00	01:00	4.0	733.3	12.2	16		

N E F 試験データ記録

試験日 平成 3 年 12 月 5 日

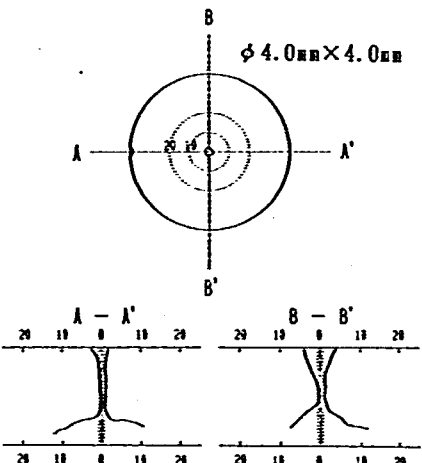
ベース材	種類	A ダム	D15/d85	2.03
	d85	0.35mm	フィルタ材密度	1.675g/cm ³
フィルタ材	種類	F6	コア材含水比	14.11%
	D15	0.71mm	コア材乾燥密度	1.529g/cm ³

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧 力 (kgf/cm ²)	流 出 量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁 度 (ppm)	備 考	供 試 体 ス ケ ッ チ (試 験 後)
	開 始	終 了	時 間						
1	00:10	01:00	00:50	4.0	640.4	12.8	※500	※500ppm以上	
2	01:00	02:00	01:00	4.0	568.2	9.5	134		
3	02:00	03:00	01:00	4.0	519.1	8.7	80		
4	03:00	04:00	01:00	4.0	465.4	7.8	44		
5	04:00	05:00	01:00	4.0	424.7	7.1	30		
6	05:00	06:00	01:00	4.0	406.2	6.8	36		
7	06:00	07:00	01:00	4.0	378.5	6.3	28		
8	07:00	08:00	01:00	4.0	365.4	6.1	28		
9	08:00	09:00	01:00	4.0	350.7	5.8	10		
10	09:00	10:00	01:00	4.0	329.8	5.5	14		

N E F 試験データ記録

試験日 平成 3 年 12 月 17 日

ベース材	種類	A ダム	D15/d85	2.03
	d85	0.35mm	フィルタ材密度	1.668g/cm ³
フィルタ材	種類	F6	コア材含水比	13.98%
	D15	0.71mm	コア材乾燥密度	1.530g/cm ³

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧 力 (kgf/cm ²)	流 出 量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁 度 (ppm)	備 考	供 試 体 ス ケ ッ チ (試 験 後)
	開 始	終 了	時 間						
1	00:17	01:00	00:43	4.0	324.8	7.6	※500	※500ppm以上	
2	01:00	02:00	01:00	4.0	490.5	8.2	180		
3	02:00	03:00	01:00	4.0	446.9	7.4	80		
41	03:00	04:00	01:00	4.0	426.4	7.1	80		
42	04:00	05:00	01:00	4.0	395.4	6.6	50		
43	05:00	06:00	01:00	4.0	383.2	6.4	40		
44	06:00	07:00	01:00	4.0	369.5	6.2	40		
45	07:00	08:00	01:00	4.0	348.5	5.8	36		
46	08:00	09:00	01:00	4.0	336.7	5.6	24		
47	09:00	10:00	01:00	4.0	329.2	5.5	20		

N E F 試験データ記録

試験日 平成 3 年 12 月 19 日

ベース材	種類	Aダム	D15/d85	2.03
	d85	0.35mm	フィルタ材密度	1.651g/cm ³
フィルタ材	種類	F6	コア材含水比	18.33%
	D15	0.71mm	コア材乾燥密度	1.780g/cm ³

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧力 (kgf/cm ²)	流出量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁度 (ppm)	備 考	供試体スケッチ (試験後)
	開始	終了	時間						
1	01:33	03:00	01:27	4.0	188.9	2.2	27		
2	03:00	04:00	01:00	4.0	174.1	2.9	36		
3	04:00	05:00	01:00	4.0	175.8	2.9	150		
11	05:00	06:00	01:00	4.0	187.7	3.1	96		
12	06:00	07:00	01:00	4.0	201.9	3.4	186		
13	07:00	08:00	01:00	4.0	200.0	3.3	36		
14	08:00	09:00	01:00	4.0	201.1	3.4	27		
15	09:00	10:00	01:00	4.0	196.3	3.3	15		
16	10:00	11:00	01:00	4.0	192.0	3.2	15		
17	11:00	12:00	01:00	4.0	186.0	3.1	15		

N E F 試験データ記録

試験日 平成 3 年 12 月 20 日

ベース材	種類	Aダム	D15/d85	2.03
	d85	0.35mm	フィルタ材密度	1.714g/cm ³
フィルタ材	種類	F6	コア材含水比	18.33%
	D15	0.71mm	コア材乾燥密度	1.780g/cm ³

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧力 (kgf/cm ²)	流出量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁度 (ppm)	備 考	供試体スケッチ (試験後)
	開始	終了	時間						
41	00:37	01:00	00:23	3.9	207.5	9.0	450		
42	01:00	02:00	01:00	4.0	628.6	10.5	160		
43	02:00	03:00	01:00	4.0	631.5	10.5	210		
44	03:00	04:00	01:00	4.0	631.7	10.5	150		
45	04:00	05:01	01:01	4.0	648.3	10.6	120		
46	05:01	06:10	01:09	4.0	715.2	10.4	140		
47	06:10	07:00	00:50	4.0	515.6	10.3	200		
48	07:00	08:00	01:00	4.0	606.8	10.1	54		
49	08:00	09:00	01:00	4.0	615.9	10.3	48		
50	09:00	10:00	01:00	4.0	619.9	10.3	54		

N E F 試験データ記録

試験日 平成3年12月5日

ベース材	種類	Aダム	D15/d85	2.03
	d85	0.35mm	フィルタ材密度	1.657g/cm ³
フィルタ材	種類	F6	コア材含水比	22.06%
	D15	0.71mm	コア材乾燥密度	1.689g/cm ³

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧力 (kgf/cm ²)	流出量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁度 (ppm)	備考	供試体スケッチ (試験後)
	開始	終了	時間						
11	00:20	01:00	00:40	3.8	841.7	21.0	≒500	≒500ppm以上	
1	01:00	02:00	01:00	4.1	2243.8	37.4	≒500		
2	02:00	03:00	01:00	4.0	1735.7	28.9	14		
3	03:00	04:00	01:00	4.0	1493.4	24.9	6		
12	04:00	04:30	00:30	4.0	736.1	24.5	10		
13	04:30	05:00	00:30	4.0	722.5	24.1	16		
14	05:00	05:30	00:30	4.0	717.3	23.9	8		
15	05:30	06:00	00:30	4.0	698.3	23.3	5		
16	06:00	06:30	00:30	4.0	702.8	23.4	4		
17	06:30	07:00	00:30	4.0	684.0	22.8	9		
18	07:00	07:30	00:30	4.0	690.1	23.0	4		
19	07:30	08:00	00:30	4.0	679.1	22.6	17		
20	08:00	08:30	00:30	4.0	679.1	22.6	4		

N E F 試験データ記録

試験日 平成3年12月19日

ベース材	種類	Aダム	D15/d85	2.03
	d85	0.35mm	フィルタ材密度	1.688g/cm ³
フィルタ材	種類	F6	コア材含水比	22.11%
	D15	0.71mm	コア材乾燥密度	1.725g/cm ³

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧力 (kgf/cm ²)	流出量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁度 (ppm)	備考	供試体スケッチ (試験後)
	開始	終了	時間						
1	00:17	01:00	00:43	4.0	1322.9	30.8	≒500	≒500ppm以上	
2	01:09	02:00	01:00	4.0	1545.3	25.8	180		
3	02:00	03:00	01:00	4.0	1487.0	24.8	68		
41	03:00	03:30	00:30	4.0	742.7	24.8	12		
42	03:30	04:00	00:30	4.0	683.3	22.8	12		
43	04:00	04:30	00:30	4.0	709.0	23.6	15		
44	04:30	05:00	00:30	4.0	697.3	23.2	40		
45	05:00	05:30	00:30	4.0	685.7	22.9	18		
46	05:30	06:00	00:30	4.0	676.1	22.5	12		
47	06:00	06:30	00:30	4.0	677.7	22.6	16		
48	06:30	07:00	00:30	4.0	685.8	22.9	30		
49	07:00	07:30	00:30	4.0	696.4	23.2	30		
50	07:30	08:00	00:30	4.0	697.3	23.2	12		

N E F 試験データ記録

試験日 平成 3 年 9 月 26 日

ベース材	種類	Aダム	D15/d85	2.74
	d85	0.35mm	フィルタ材密度	1.569g/cm ³
フィルタ材	種類	F9	コア材含水比	14.05%
	D15	0.96mm	コア材乾燥密度	1.528g/cm ³

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧力 (kgf/cm ²)	流出量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁度 (ppm)	備考	供試体スケッチ (試験後)
	開始	終了	時間						
11	00:45	01:00	00:15	4.0	72.0	4.8	≒500	≒500ppm以上	
12	01:00	02:00	01:00	4.0	315.0	5.3	≒500		
13	02:00	03:00	01:00	4.0	260.0	4.3	≒500		
14	03:00	04:00	01:00	4.0	232.0	3.9	141		
15	04:00	05:00	01:00	4.0	225.0	3.7	72		
16	05:00	06:00	01:00	4.0	216.0	3.6	45		
17	06:00	07:00	01:00	4.0	209.0	3.5	28		
18	07:00	08:00	01:00	4.0	208.0	3.5	24		
19	08:00	09:00	01:00	4.0	206.0	3.4	20		
20	09:00	10:00	01:00	4.0	198.0	3.3	12		

N E F 試験データ記録

試験日 平成 3 年 9 月 27 日

ベース材	種類	Aダム	D15/d85	2.74
	d85	0.35mm	フィルタ材密度	1.650g/cm ³
フィルタ材	種類	F9	コア材含水比	14.05%
	D15	0.96mm	コア材乾燥密度	1.528g/cm ³

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧力 (kgf/cm ²)	流出量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁度 (ppm)	備考	供試体スケッチ (試験後)
	開始	終了	時間						
11	02:10	03:00	00:50	4.0	241.0	4.8	≒500	≒500ppm以上	
12	03:00	04:00	01:00	3.9	277.0	4.6	≒500		
13	04:00	05:00	01:00	3.9	264.0	4.4	112		
14	05:00	06:00	01:00	4.0	255.0	4.3	28		
15	06:00	07:00	01:00	4.0	247.0	4.1	25		
16	07:00	08:00	01:00	4.0	244.0	4.1	22		
17	08:00	09:00	01:00	4.0	241.0	4.0	20		
18	09:00	10:00	01:00	4.0	234.0	3.9	13		
19	10:00	11:00	01:00	4.0	227.0	3.8	7		
20	11:00	12:00	01:00	4.0	222.0	3.7	3		

N E F 試験データ記録

試験日 平成3年9月26日

ベース材	種類	Aダム	D15/d85	2.74
	d85	0.35mm	フィルタ材密度	1.597g/cm ³
フィルタ材	種類	F9	コア材含水比	18.20%
	D15	0.96mm	コア材乾燥密度	1.781g/cm ³

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧力 (kgf/cm ²)	流出量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁度 (ppm)	備考	供試体スケッチ (試験後)
	開始	終了	時間						
21	00:10	00:30	00:20	3.5	873.0	43.7	※500	※500ppm以上	
22	00:30	01:00	00:30	4.0	1017.0	33.9	※500		
23	01:00	01:30	00:30	4.0	860.0	28.7	230		
24	01:30	02:00	00:30	4.0	724.0	24.1	92		
25	02:00	02:30	00:30	4.0	720.0	24.0	60		
26	02:30	03:00	00:30	4.0	693.0	23.1	57		
27	03:00	03:30	00:30	4.0	677.0	22.6	51		
28	03:30	04:10	00:40	4.0	855.0	21.4	39		
29	04:10	04:50	00:40	4.0	828.0	20.7	28		
30	04:50	05:30	00:40	4.0	814.0	20.4	10		

N E F 試験データ記録

試験日 平成3年9月27日

ベース材	種類	Aダム	D15/d85	2.74
	d85	0.35mm	フィルタ材密度	1.563g/cm ³
フィルタ材	種類	F9	コア材含水比	18.20%
	D15	0.96mm	コア材乾燥密度	1.781g/cm ³

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧力 (kgf/cm ²)	流出量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁度 (ppm)	備考	供試体スケッチ (試験後)
	開始	終了	時間						
21	00:15	01:00	00:45	4.0	892.0	19.8	※500	※500ppm以上	
22	01:00	02:00	01:00	4.0	1029.0	17.2	300		
23	02:00	03:00	01:00	4.0	945.0	15.8	120		
24	03:00	04:00	01:00	4.0	900.0	15.0	98		
25	04:00	05:00	01:00	4.0	886.0	14.8	63		
26	05:00	06:00	01:00	4.0	868.0	14.5	60		
27	06:00	07:00	01:00	4.0	858.0	14.3	52		
28	07:00	08:00	01:00	4.0	823.0	13.7	40		
29	08:00	09:00	01:00	4.0	795.0	13.2	34		
30	09:00	10:00	01:00	4.0	776.0	12.9	30		

N E F 試験データ記録

試験日 平成3年9月25日

ベース材	種類	Aダム	D15/d85	2.74
	d85	0.35mm	フィルタ材密度	1.646g/cm3
フィルタ材	種類	F9	コア材含水比	22.16%
	D15	0.96mm	コア材乾燥密度	1.706g/cm3

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧力 (kgf/cm ²)	流出量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁度 (ppm)	備考	供試体スケッチ (試験後)
	開始	終了	時間						
11	00:14	00:40	00:26	2.3	1034.0	39.8	☆500	☆500ppm以上	
12	00:40	01:05	00:25	2.3	999.0	40.0	320	.	
13	01:05	01:30	00:25	2.5	1088.0	43.5	180		
14	01:30	01:53	00:23	2.9	1117.0	48.6	165		
15	01:53	02:15	00:22	3.0	1005.0	45.7	100		
16	02:15	02:39	00:24	3.0	1102.0	45.9	79		
17	02:39	03:00	00:21	3.1	934.0	44.5	58		
18	03:00	03:20	00:20	3.3	875.0	43.7	110		
19	03:20	03:45	00:25	3.4	1044.0	41.8	41		
20	03:45	04:10	00:25	3.5	1005.0	40.2	29		

N E F 試験データ記録

試験日 平成3年9月27日

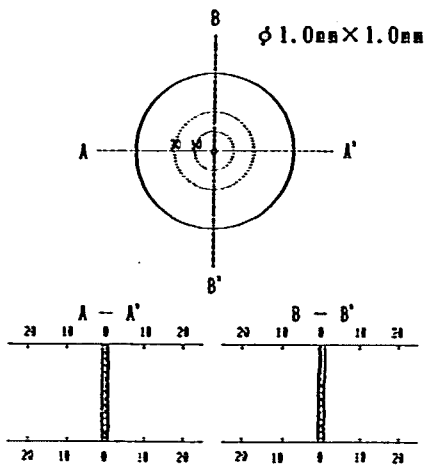
ベース材	種類	Aダム	D15/d85	2.74
	d85	0.35mm	フィルタ材密度	1.630g/cm3
フィルタ材	種類	F9	コア材含水比	22.16%
	D15	0.96mm	コア材乾燥密度	1.706g/cm3

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧力 (kgf/cm ²)	流出量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁度 (ppm)	備考	供試体スケッチ (試験後)
	開始	終了	時間						
31	00:10	00:35	00:25	3.8	1050.0	42.0	☆500	☆500ppm以上	
32	00:35	01:00	00:25	3.5	1081.0	43.2	350		
33	01:00	01:20	00:20	2.0	927.0	46.4	265		
34	01:20	01:40	00:20	2.2	893.0	44.6	195		
35	01:40	02:00	00:20	2.1	866.0	43.3	195		
36	02:00	02:20	00:20	2.4	886.0	44.3	100		
37	02:20	02:40	00:20	2.1	891.0	44.6	160		
38	02:40	03:00	00:20	2.1	912.0	45.6	245		
39	03:00	03:20	00:20	2.1	928.0	46.4	100		
40	03:20	03:40	00:20	2.1	930.0	46.5	125		

N E F 試験データ記録

試験日 平成5年 2月16日

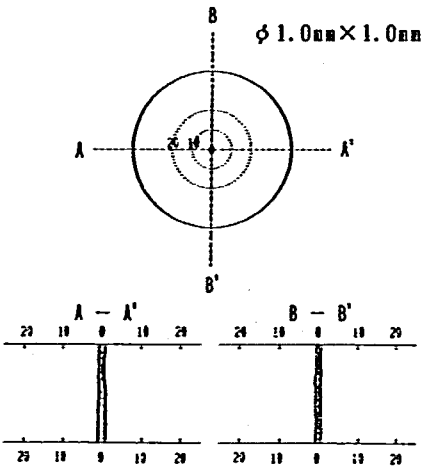
ベース材	種類	Dダム	D15/d85	0.31
	d85	1.92mm	フィルタ材密度	1.689g/cm ³
フィルタ材	種類	F5	コア材含水比	19.09%
	D15	0.59mm	コア材乾燥密度	1.479g/cm ³

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧力 (kgf/cm ²)	流出量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁度 (ppm)	備 考	供試体スケッチ (試験後)
	開始	終了	時間						
	00:07	01:00	00:53	1.3	4187.6	79.0	115		
	01:00	02:00	01:00	1.4	4656.1	77.6	16		
	02:00	03:00	01:00	1.3	4643.7	77.4	6		
14	03:00	03:10	00:10	1.3	829.3	82.9	6		
15	03:10	03:20	00:10	1.3	727.1	72.7	5		
16	03:20	03:30	00:10	1.3	777.7	77.8	3		
17	03:30	03:40	00:10	1.3	759.2	75.9	4		
18	03:40	03:50	00:10	1.3	757.2	75.7	3		
19	03:50	04:00	00:10	1.4	774.9	77.5	4		
20	04:00	04:10	00:10	1.4	792.7	79.3	5		

N E F 試験データ記録

試験日 平成5年 2月16日

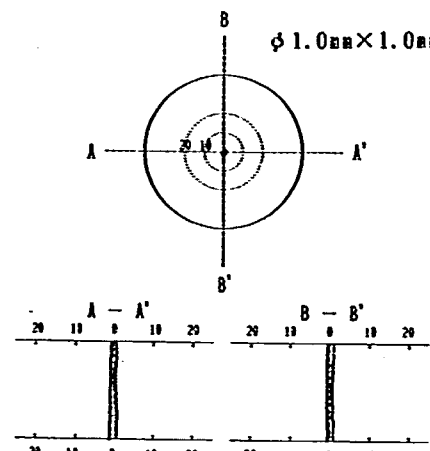
ベース材	種類	Dダム	D15/d85	0.31
	d85	1.92mm	フィルタ材密度	1.722g/cm ³
フィルタ材	種類	F5	コア材含水比	19.09%
	D15	0.59mm	コア材乾燥密度	1.479g/cm ³

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧力 (kgf/cm ²)	流出量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁度 (ppm)	備 考	供試体スケッチ (試験後)
	開始	終了	時間						
	00:05	01:00	00:55	1.0	4486.9	81.6	95		
	01:00	02:00	01:00	1.1	4716.2	78.6	16		
	02:00	03:00	01:00	1.1	4732.8	78.9	6		
24	03:00	03:10	00:10	1.1	812.6	81.3	2		
25	03:10	03:20	00:10	1.1	798.2	79.8	2		
26	03:20	03:30	00:10	1.1	771.8	77.2	2		
27	03:30	03:40	00:10	1.1	810.5	81.0	2		
28	03:40	03:50	00:10	1.1	793.9	79.4	3		
29	03:50	04:00	00:10	1.1	797.5	79.7	2		
30	04:00	04:10	00:10	1.1	779.6	78.0	4		

N E F 試験データ記録

試験日 平成 5 年 2 月 16 日

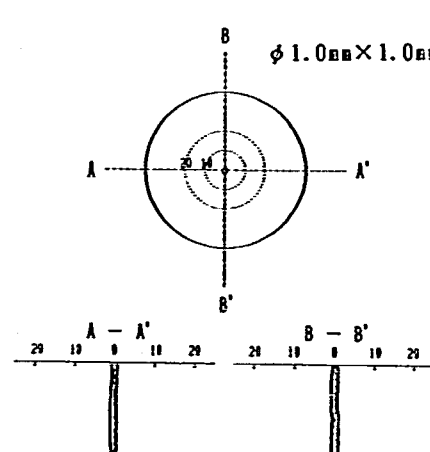
ベース材	種類	Dダム	D15/d85	0.31
	d85	1.92mm	フィルタ材密度	1.670g/cm ³
フィルタ材	種類	F5	コア材含水比	19.09%
	D15	0.59mm	コア材乾燥密度	1.479g/cm ³

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧力 (kgf/cm ²)	流出量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁度 (ppm)	備考	供試体スケッチ (試験後)
	開始	終了	時間						
	00:04	01:00	00:56	1.1	4419.5	78.9	110		
	01:00	02:00	01:00	1.1	4698.1	78.3	12		
	02:00	03:00	01:00	1.1	4694.4	78.2	4		
34	03:00	03:10	00:10	1.1	822.2	82.2	2		
35	03:10	03:20	00:10	1.1	771.7	77.2	6		
36	03:20	03:30	00:10	1.1	777.6	77.8	4		
37	03:30	03:40	00:10	1.1	783.2	78.3	2		
38	03:40	03:50	00:10	1.1	789.1	78.9	6		
39	03:50	04:00	00:10	1.1	780.9	78.1	2		
40	04:00	04:10	00:10	1.1	807.6	80.8	2		

N E F 試験データ記録

試験日 平成 5 年 2 月 8 日

ベース材	種類	Dダム	D15/d85	0.31
	d85	1.92mm	フィルタ材密度	1.705g/cm ³
フィルタ材	種類	F5	コア材含水比	22.05%
	D15	0.59mm	コア材乾燥密度	1.630g/cm ³

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧力 (kgf/cm ²)	流出量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁度 (ppm)	備考	供試体スケッチ (試験後)
	開始	終了	時間						
	00:06	01:00	00:54	4.0	2098.4	38.9	※500	※500ppm以上	
	01:00	02:00	01:00	4.0	1879.0	31.3	25		
	02:00	03:00	01:00	4.0	1768.5	29.5	21		
34	03:00	03:30	00:30	4.0	861.5	28.7	10		
35	03:30	04:00	00:30	4.0	850.1	28.3	6		
36	04:00	04:30	00:30	4.0	841.4	28.0	7		
37	04:30	05:00	00:30	4.0	848.6	28.3	5		
38	05:00	05:30	00:30	4.0	838.5	28.0	4		
39	05:30	06:00	00:30	4.0	817.9	27.3	5		
40	06:00	06:30	00:30	4.0	824.5	27.5	6		

N E F 試験データ記録

試験日 平成 5 年 2 月 8 日

ベース材	種類	Dダム	D15/d85	0.31
	d85	1.92mm	フィルタ材密度	1.776g/cm ³
フィルタ材	種類	F5	コア材含水比	22.05%
	D15	0.59mm	コア材乾燥密度	1.630g/cm ³

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧力 (kgf/cm ²)	流出量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁度 (ppm)	備考	供試体スケッチ (試験後)
	開始	終了	時間						
	00:07	01:00	00:53	3.3	3277.3	61.8	※500	※500ppm以上	
	01:00	02:00	01:00	3.6	3536.2	58.9	41		
	02:00	03:00	01:00	3.8	3452.8	57.5	10		
44	03:00	03:15	00:15	4.0	878.2	58.5	11		
45	03:15	03:30	00:15	4.0	833.3	55.6	9		
46	03:30	03:45	00:15	4.0	872.1	58.1	10		
47	03:45	04:00	00:15	4.0	836.2	55.7	8		
48	04:00	04:15	00:15	4.0	852.6	56.8	8		
49	04:15	04:30	00:15	4.0	829.8	55.3	6		
50	04:30	04:45	00:15	4.0	867.4	57.8	5		

N E F 試験データ記録

試験日 平成 5 年 7 月 9 日

ベース材	種類	Dダム	D15/d85	0.31
	d85	1.92mm	フィルタ材密度	1.761g/cm ³
フィルタ材	種類	F5	コア材含水比	21.97%
	D15	0.59mm	コア材乾燥密度	1.629g/cm ³

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧力 (kgf/cm ²)	流出量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁度 (ppm)	備考	供試体スケッチ (試験後)
	開始	終了	時間						
	00:08	01:00	00:52	4.0	1885.3	36.3	※500	※500ppm以上	
	01:00	02:00	01:00	4.0	1740.7	29.0	34		
	02:00	03:00	01:00	4.0	1618.1	27.0	6		
54	03:00	03:40	00:40	4.0	1033.0	25.8	4		
55	03:40	04:20	00:40	4.0	1012.8	25.3	4		
56	04:20	05:00	00:40	4.0	972.7	24.3	2		
57	05:00	05:40	00:40	4.0	938.8	23.5	2		
58	05:40	06:20	00:40	4.0	928.4	23.2	2		
59	06:20	07:00	00:40	4.0	890.1	22.3	2		
60	07:00	07:40	00:40	4.0	876.0	21.9	2		

N E F 試験データ記録

試験日 平成5年 7月19日

ベース材	種類	Dダム	D15/d85	0.31
	d85	1.92mm	フィルタ材密度	1.772g/cm ³
フィルタ材	種類	F5	コア材含水比	25.02%
	D15	0.59mm	コア材乾燥密度	1.500g/cm ³

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧力 (kgf/cm ²)	流出量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁度 (ppm)	備 考	供試体スケッチ (試験後)
	開始	終了	時間						
	00:47	02:00	01:13	4.0	203.9	2.8	40		
	02:00	03:00	01:00	4.0	143.0	2.4	10		
	03:00	04:00	01:00	4.0	147.0	2.5	6		
4	04:00	05:00	01:00	4.0	141.2	2.4	6		
5	05:00	06:00	01:00	4.0	133.8	2.2	0		
6	06:00	07:00	01:00	4.0	131.0	2.2	0		
7	07:00	08:00	01:00	4.0	122.7	2.0	0		
8	08:00	09:00	01:00	4.0	128.5	2.1	0		
9	09:00	10:00	01:00	4.0	126.8	2.1	0		
10	10:00	11:00	01:00	4.0	129.0	2.2	0		

N E F 試験データ記録

試験日 平成5年 7月19日

ベース材	種類	Dダム	D15/d85	0.31
	d85	1.92mm	フィルタ材密度	1.729g/cm ³
フィルタ材	種類	F5	コア材含水比	25.02%
	D15	0.59mm	コア材乾燥密度	1.500g/cm ³

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧力 (kgf/cm ²)	流出量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁度 (ppm)	備 考	供試体スケッチ (試験後)
	開始	終了	時間						
	02:00	03:00	01:00	4.0	117.9	2.0	16		
	03:00	04:00	01:00	4.0	67.8	1.1	0		
	04:00	05:00	01:00	4.0	66.8	1.1	0		
14	05:00	06:00	01:00	4.0	67.2	1.1	0		
15	06:00	07:00	01:00	4.0	61.9	1.0	0		
16	07:00	08:00	01:00	4.0	62.1	1.0	0		
17	08:00	09:00	01:00	4.0	60.7	1.0	0		
18	09:00	10:00	01:00	4.0	60.5	1.0	0		
19	10:00	11:00	01:00	4.0	61.1	1.0	0		
20	11:00	12:00	01:00	4.0	60.9	1.0	0		

N E F 試験データ記録

試験日 平成 5 年 7 月 19 日

ベース材	種類	Dダム	D15/d85	0.31
	d85	1.92mm	フィルタ材密度	1.783g/cm ³
フィルタ材	種類	F5	コア材含水比	25.02%
	D15	0.59mm	コア材乾燥密度	1.500g/cm ³

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧力 (kgf/cm ²)	流出量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁度 (ppm)	備 考	供試体スケッチ (試験後)
	開始	終了	時間						
	01:09	02:00	00:51	4.0	91.2	1.8	40		
	02:00	03:00	01:00	4.0	98.4	1.6	10		
	03:00	04:00	01:00	4.0	92.5	1.5	10		
24	04:00	05:00	01:00	4.0	94.6	1.6	10		
25	05:00	06:00	01:00	4.0	91.8	1.5	0		
26	06:00	07:00	01:00	4.0	90.8	1.5	0		
27	07:00	08:00	01:00	4.0	97.2	1.6	0		
28	08:00	09:00	01:00	4.0	96.2	1.6	0		
29	09:00	10:00	01:00	4.0	96.0	1.6	0		
30	10:00	11:00	01:00	4.0	96.8	1.6	0		

N E F 試験データ記録

試験日 平成 5 年 5 月 26 日

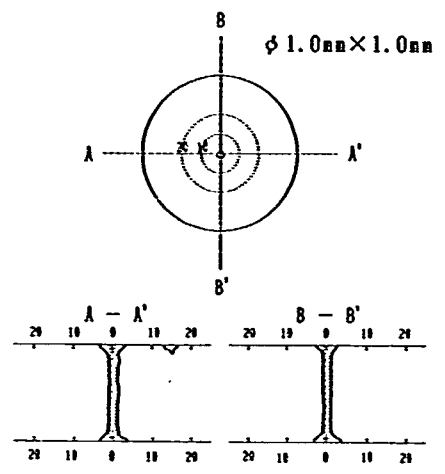
ベース材	種類	Dダム	D15/d85	0.44
	d85	1.92mm	フィルタ材密度	1.633g/cm ³
フィルタ材	種類	F7	コア材含水比	19.01%
	D15	0.84mm	コア材乾燥密度	1.480g/cm ³

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧力 (kgf/cm ²)	流出量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁度 (ppm)	備 考	供試体スケッチ (試験後)
	開始	終了	時間						
	00:09	01:00	00:51	1.6	5646.9	110.7	340		
	01:00	02:00	01:00	1.8	6445.5	107.4	80		
	02:00	03:00	01:00	1.8	6392.9	106.5	15		
4	03:00	03:10	00:10	1.9	1082.5	108.2	6		
5	03:10	03:20	00:10	1.9	1084.4	108.4	3		
6	03:20	03:30	00:10	1.9	954.8	95.5	4		
7	03:30	03:40	00:10	1.9	989.4	98.9	3		
8	03:40	03:50	00:10	1.9	1067.2	106.7	3		
9	03:50	04:00	00:10	1.9	1030.8	103.1	2		
10	04:00	04:10	00:10	1.9	986.3	98.6	2		

N E F 試験データ記録

試験日 平成 5 年 5 月 2 7 日

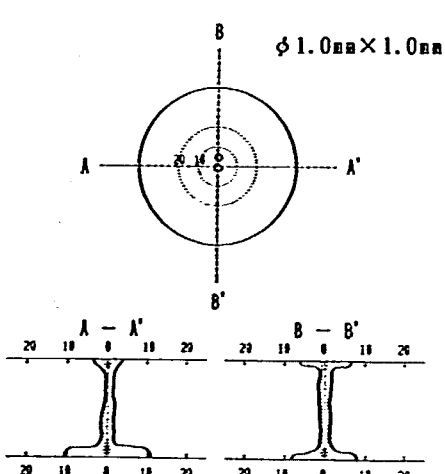
ベース材	種類	Dダム	D15/d85	0.44
	d85	1.92mm	フィルタ材密度	1.740g/cm ³
フィルタ材	種類	F7	コア材含水比	19.03%
	D15	0.84mm	コア材乾燥密度	1.480g/cm ³

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧力 (kgf/cm ²)	流出量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁度 (ppm)	備 考	供試体スケッチ (試験後)
	開始	終了	時間						
	00:03	01:00	00:57	2.0	7013.6	123.0	450		
	01:00	02:00	01:00	3.0	6550.7	109.2	70		
	02:00	03:00	01:00	4.0	6044.4	100.7	20		
4	03:00	03:10	00:10	4.0	1024.4	102.4	20		
5	03:10	03:20	00:10	4.0	944.0	94.4	14		
6	03:20	03:30	00:10	4.0	819.6	82.0	7		
7	03:30	03:40	00:10	4.0	854.2	85.4	4		
8	03:40	03:50	00:10	4.0	814.9	81.5	0		
9	03:50	04:00	00:10	4.0	855.8	85.6	0		
10	04:00	04:10	00:10	4.0	862.6	86.3	0		

N E F 試験データ記録

試験日 平成 5 年 5 月 2 7 日

ベース材	種類	Dダム	D15/d85	0.44
	d85	1.92mm	フィルタ材密度	1.742g/cm ³
フィルタ材	種類	F7	コア材含水比	19.03%
	D15	0.84mm	コア材乾燥密度	1.480g/cm ³

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧力 (kgf/cm ²)	流出量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁度 (ppm)	備 考	供試体スケッチ (試験後)
	開始	終了	時間						
	00:03	01:00	00:57	3.0	5355.6	94.0	500	500ppm以上	
	01:00	02:00	01:00	4.0	3798.9	63.3	5		
	02:00	03:00	01:00	4.0	3814.3	63.6	0		
14	03:00	03:15	00:15	4.0	961.2	64.1	4		
15	03:15	03:30	00:15	4.0	902.0	60.1	3		
16	03:30	03:45	00:15	4.0	947.1	63.1	4		
17	03:45	04:00	00:15	4.0	878.4	58.6	4		
18	04:00	04:15	00:15	4.0	923.2	61.5	2		
19	04:15	04:30	00:15	4.0	916.5	61.1	2		
20	04:30	04:45	00:15	4.0	959.7	64.0	2		

N E F 試験データ記録

試験日 平成 5 年 8 月 3 日

ベース材	種類	Dダム	D15/d85	0.44
	d85	1.92mm	フィルタ材密度	1.778g/cm ³
フィルタ材	種類	F7	コア材含水比	22.00%
	D15	0.84mm	コア材乾燥密度	1.630g/cm ³

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧力 (kgf/cm ²)	流出量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁度 (ppm)	備 考	供試体スケッチ (試験後)
	開始	終了	時間						
11	00:23	01:00	00:37	4.0	363.2	9.8	300		
12	01:00	02:00	01:00	4.0	723.8	12.1	200		
13	02:00	03:00	01:00	4.0	746.8	12.4	50		
14	03:00	04:00	01:00	4.0	718.9	12.0	2		
15	04:00	05:00	01:00	4.0	732.3	12.2	0		
16	05:00	06:00	01:00	4.0	708.5	11.8	0		
17	06:00	07:00	01:00	4.0	692.7	11.5	0		
18	07:00	08:00	01:00	4.0	691.2	11.5	0		
19	08:00	09:00	01:00	4.0	675.0	11.2	0		
20	09:00	10:00	01:00	4.0	682.3	11.4	0		

N E F 試験データ記録

試験日 平成 5 年 8 月 4 日

ベース材	種類	Dダム	D15/d85	0.44
	d85	1.92mm	フィルタ材密度	1.766g/cm ³
フィルタ材	種類	F7	コア材含水比	22.00%
	D15	0.84mm	コア材乾燥密度	1.630g/cm ³

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧力 (kgf/cm ²)	流出量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁度 (ppm)	備 考	供試体スケッチ (試験後)
	開始	終了	時間						
21	00:21	01:00	00:39	4.0	1106.9	28.4	☆500	☆500ppm以上	
22	01:00	02:00	01:00	4.0	1214.4	20.2	260		
23	02:00	03:00	01:00	4.0	1204.2	20.1	24		
24	03:00	03:40	00:40	4.0	803.6	20.1	2		
25	03:40	04:20	00:40	4.0	815.3	20.4	0		
26	04:20	05:00	00:40	4.0	806.1	20.2	0		
27	05:00	05:40	00:40	4.0	808.7	20.2	0		
28	05:40	06:20	00:40	4.0	810.9	20.3	0		
29	06:20	07:00	00:40	4.0	785.6	19.6	0		
30	07:00	07:40	00:40	4.0	801.4	20.0	0		

試験日 平成 5 年 8 月 4 日

ベース材	種類	Dダム	D15/d85	0.44
	d85	1.92mm	フィルタ材密度	1.760g/cm3
フィルタ材	種類	F7	コア材含水比	22.00%
	D15	0.84mm	コア材乾燥密度	1.630g/cm3

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧力 (kgf/cm2)	流出量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁度 (ppn)	備 考	供試体スケッチ (試験後)
	開始	終了	時間						
31	00:17	01:00	00:43	4.0	1059.5	24.6	☆500	☆500ppn以上	
32	01:00	02:00	01:00	4.0	1666.0	27.8	220		
33	02:00	03:00	01:00	4.0	1666.1	27.8	52		
34	03:00	03:30	00:30	4.0	830.3	27.7	8		
35	03:30	04:00	00:30	4.0	814.7	27.2	2		
36	04:00	04:30	00:30	4.0	810.7	27.0	0		
37	04:30	04:50	00:20	4.0	549.2	27.5	0		
38	04:50	05:20	00:30	4.0	811.4	27.0	0		
39	05:20	05:50	00:30	4.0	757.6	25.3	0		
40	05:50	06:20	00:30	4.0	779.8	26.0	0		

N E F 試験データ記録

試験日 平成 5 年 7 月 2 9 日

ベース材	種類	Dダム	D15/d85	0.44
	d85	1.92mm	フィルタ材密度	1.704g/cm3
フィルタ材	種類	F7	コア材含水比	25.01%
	D15	0.84mm	コア材乾燥密度	1.500g/cm3

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧力 (kgf/cm2)	流出量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁度 (ppn)	備 考	供試体スケッチ (試験後)
	開始	終了	時間						
31	00:30	01:00	00:30	4.0	180.8	6.0	8		
32	01:00	02:00	01:00	4.0	321.0	5.4	0		
33	02:00	03:00	01:00	4.0	286.7	4.8	0		
34	03:00	04:00	01:00	4.0	261.7	4.4	0		
35	04:00	05:00	01:00	4.0	243.8	4.1	0		
36	05:00	06:00	01:00	4.0	236.3	3.9	0		
37	06:00	07:00	01:00	4.0	232.3	3.9	0		
38	07:00	08:00	01:00	4.0	236.5	3.9	0		
39	08:00	09:00	01:00	4.0	242.7	4.0	0		
40	09:00	10:00	01:00	4.0	237.0	3.9	0		

N E F 試験データ記録

試験日 平成5年7月29日

ベース材	種類	Dダム	D15/d85	0.44
	d85	1.92mm	フィルタ材密度	1.759g/cm ³
フィルタ材	種類	F7	コア材含水比	25.01%
	D15	0.84mm	コア材乾燥密度	1.500g/cm ³

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧力 (kgf/cm ²)	流出量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁度 (ppm)	備考	供試体スケッチ (試験後)
	開始	終了	時間						
41	00:36	01:00	00:24	4.0	83.8	3.5	0		
42	01:00	02:00	01:00	4.0	142.2	2.4	0		
43	02:00	03:00	01:00	4.0	155.3	2.6	0		
44	03:00	04:00	01:00	4.0	144.2	2.4	0		
45	04:00	05:00	01:00	4.0	137.2	2.3	0		
46	05:00	06:00	01:00	4.0	140.0	2.3	0		
47	06:00	07:00	01:00	4.0	138.1	2.3	0		
48	07:00	08:00	01:00	4.0	146.0	2.4	0		
49	08:00	09:00	01:00	4.0	173.7	2.9	0		
50	09:00	10:00	01:00	4.0	170.5	2.8	0		

N E F 試験データ記録

試験日 平成5年7月30日

ベース材	種類	Dダム	D15/d85	0.44
	d85	1.92mm	フィルタ材密度	1.745g/cm ³
フィルタ材	種類	F7	コア材含水比	24.98%
	D15	0.84mm	コア材乾燥密度	1.501g/cm ³

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧力 (kgf/cm ²)	流出量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁度 (ppm)	備考	供試体スケッチ (試験後)
	開始	終了	時間						
1	00:15	01:00	00:45	4.0	191.1	4.2	160		
2	01:00	02:00	01:00	4.0	233.3	3.9	10		
3	02:00	03:00	01:00	4.0	224.4	3.7	5		
4	03:00	04:00	01:00	4.0	216.6	3.6	0		
5	04:00	05:00	01:00	4.0	210.4	3.5	0		
6	05:00	06:00	01:00	4.0	203.8	3.4	0		
7	06:00	07:00	01:00	4.0	206.4	3.4	0		
8	07:00	08:00	01:00	4.0	207.7	3.5	0		
9	08:00	09:00	01:00	4.0	199.5	3.3	0		
10	09:00	10:00	01:00	4.0	199.5	3.3	0		

N E F 試験データ記録

試験日 平成 5 年 2 月 12 日

ベース材	種類	Dダム	D15/d85	0.54
	d85	1.92mm	フィルタ材密度	1.745g/cm ³
フィルタ材	種類	F11	コア材含水比	19.03%
	D15	1.04mm	コア材乾燥密度	1.480g/cm ³

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧力 (kgf/cm ²)	流出量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁度 (ppm)	備考	供試体スケッチ (試験後)
	開始	終了	時間						
	00:08	01:00	00:52	1.0	4292.7	82.6	270		
	01:00	02:00	01:00	1.0	4791.9	79.9	64		
	02:00	03:00	01:00	1.0	4775.9	79.6	26		
34	03:00	03:10	00:10	1.0	809.3	80.9	35		
35	03:10	03:20	00:10	1.0	782.0	78.2	18		
36	03:20	03:30	00:10	1.0	778.3	77.8	16		
37	03:30	03:40	00:10	1.0	813.5	81.3	11		
38	03:40	03:50	00:10	1.0	806.8	80.7	9		
39	03:50	04:00	00:10	1.0	783.5	78.3	12		
40	04:00	04:10	00:10	1.0	792.1	79.2	7		

N E F 試験データ記録

試験日 平成 5 年 2 月 12 日

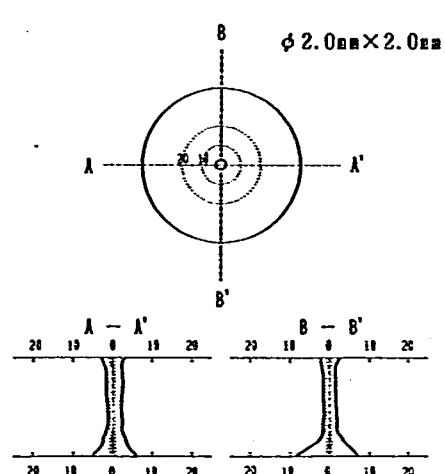
ベース材	種類	Dダム	D15/d85	0.54
	d85	1.92mm	フィルタ材密度	1.736g/cm ³
フィルタ材	種類	F11	コア材含水比	19.03%
	D15	1.04mm	コア材乾燥密度	1.480g/cm ³

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧力 (kgf/cm ²)	流出量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁度 (ppm)	備考	供試体スケッチ (試験後)
	開始	終了	時間						
	00:05	01:00	00:55	0.8	4393.5	79.9	230		
	01:00	02:00	01:00	0.8	4872.5	81.2	140		
	02:00	03:00	01:00	0.8	4891.0	81.5	37		
44	03:00	03:10	00:10	0.9	820.9	82.1	21		
45	03:10	03:20	00:10	0.9	799.7	80.0	17		
46	03:20	03:30	00:10	0.9	823.3	82.3	24		
47	03:30	03:40	00:10	0.9	792.7	79.3	24		
48	03:40	03:50	00:10	0.9	807.6	80.8	17		
49	03:50	04:00	00:10	0.9	807.8	80.8	22		
50	04:00	04:10	00:10	0.9	815.5	81.5	20		

N E F 試験データ記録

試験日 平成5年 2月16日

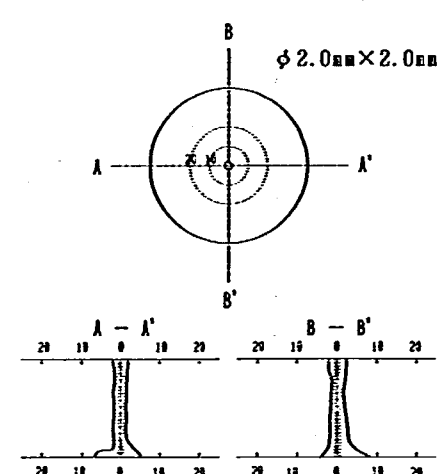
ベース材	種類	Dダム	D15/d85	0.54
	d85	1.92mm	フィルタ材密度	1.736g/cm ³
フィルタ材	種類	F11	コア材含水比	19.09%
	D15	1.04mm	コア材乾燥密度	1.479g/cm ³

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧力 (kgf/cm ²)	流出量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁度 (ppm)	備 考	供試体スケッチ (試験後)
	開始	終了	時間						
	00:05	01:00	00:55	1.0	4419.8	80.4	150		
	01:00	02:00	01:00	1.0	4897.5	81.6	10		
	02:00	03:00	01:00	1.0	4907.1	81.8	5		
4	03:00	03:10	00:10	1.0	855.7	85.6	4		
5	03:10	03:20	00:10	1.0	809.4	80.9	4		
6	03:20	03:30	00:10	1.0	806.0	80.6	3		
7	03:30	03:40	00:10	1.0	809.9	81.0	2		
8	03:40	03:50	00:10	1.0	843.6	84.4	1		
9	03:50	04:00	00:10	1.0	815.2	81.5	1		
10	04:00	04:10	00:10	1.0	826.9	82.7	2		

N E F 試験データ記録

試験日 平成5年 2月 8日

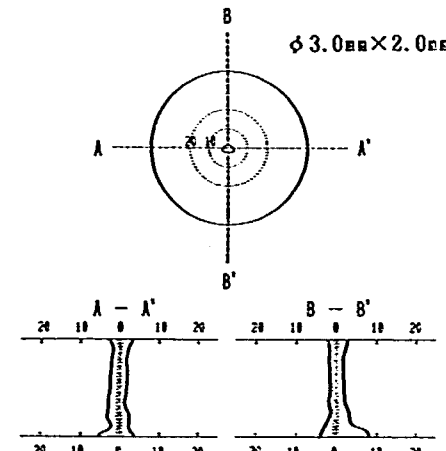
ベース材	種類	Dダム	D15/d85	0.54
	d85	1.92mm	フィルタ材密度	1.655g/cm ³
フィルタ材	種類	F11	コア材含水比	22.05%
	D15	1.04mm	コア材乾燥密度	1.630g/cm ³

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧力 (kgf/cm ²)	流出量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁度 (ppm)	備 考	供試体スケッチ (試験後)
	開始	終了	時間						
	00:06	01:00	00:54	1.5	4223.7	78.2	※500	※500ppm以上	
	01:00	02:00	01:00	1.2	4694.2	78.2	32		
	02:00	03:00	01:00	1.2	4638.1	77.3	16		
4	03:00	03:10	00:10	1.2	807.5	80.7	10		
5	03:10	03:20	00:10	1.2	731.2	73.1	9		
6	03:20	03:30	00:10	1.2	767.5	76.7	12		
7	03:30	03:40	00:10	1.2	771.6	77.2	19		
8	03:40	03:50	00:10	1.2	778.6	77.9	12		
9	03:50	04:00	00:10	1.2	772.2	77.2	11		
10	04:00	04:10	00:10	1.2	792.1	79.2	20		

N E F 試験データ記録

試験日 平成 5 年 2 月 8 日

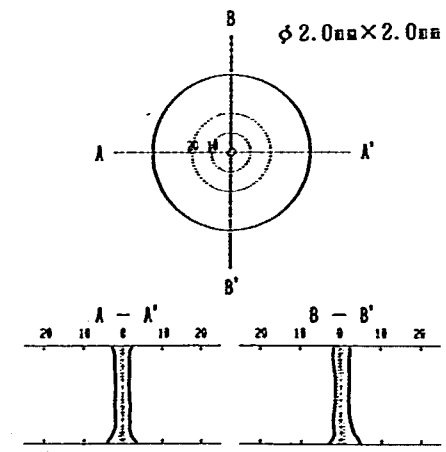
ベース材	種類	Dダム	D15/d85	0.54
	d85	1.92mm	フィルタ材密度	1.718g/cm ³
フィルタ材	種類	F11	コア材含水比	22.05%
	D15	1.04mm	コア材乾燥密度	1.630g/cm ³

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧力 (kgf/cm ²)	流出量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁度 (ppm)	備 考	供試体スケッチ (試験後)
	開始	終了	時間						
	00:03	01:00	00:57	1.8	4205.6	73.8	500	500ppm以上	
	01:00	02:00	01:00	1.8	4400.6	73.3	78		
	02:00	03:00	01:00	1.8	4367.3	72.8	26		
14	03:00	03:10	00:10	1.8	723.0	72.3	17		
15	03:10	03:20	00:10	1.9	672.6	67.3	16		
16	03:20	03:30	00:10	1.9	731.2	73.1	20		
17	03:30	03:40	00:10	1.9	713.1	71.3	16		
18	03:40	03:50	00:10	1.9	728.2	72.8	18		
19	03:50	04:00	00:10	1.9	711.9	71.2	13		
20	04:00	04:10	00:10	1.9	731.4	73.1	16		

N E F 試験データ記録

試験日 平成 5 年 2 月 8 日

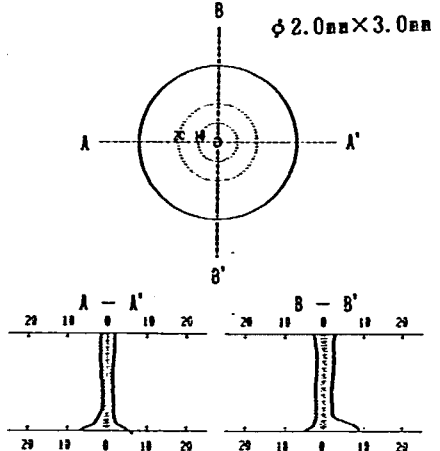
ベース材	種類	Dダム	D15/d85	0.54
	d85	1.92mm	フィルタ材密度	1.748g/cm ³
フィルタ材	種類	F11	コア材含水比	22.05%
	D15	1.04mm	コア材乾燥密度	1.630g/cm ³

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧力 (kgf/cm ²)	流出量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁度 (ppm)	備 考	供試体スケッチ (試験後)
	開始	終了	時間						
	00:05	01:00	00:55	1.9	4090.8	74.4	390		
	01:00	02:00	01:00	1.6	4509.8	75.2	45		
	02:00	03:00	01:00	1.6	4524.7	75.4	24		
24	03:00	03:10	00:10	1.6	794.5	79.4	13		
25	03:10	03:20	00:10	1.6	732.8	73.3	26		
26	03:20	03:30	00:10	1.6	760.5	76.0	16		
27	03:30	03:40	00:10	1.6	765.3	76.5	20		
28	03:40	03:50	00:10	1.6	736.7	73.7	40		
29	03:50	04:00	00:10	1.6	759.4	75.9	29		
30	04:00	04:10	00:10	1.6	776.1	77.6	19		

N E F 試験データ記録

試験日 平成 5 年 2 月 1 2 日

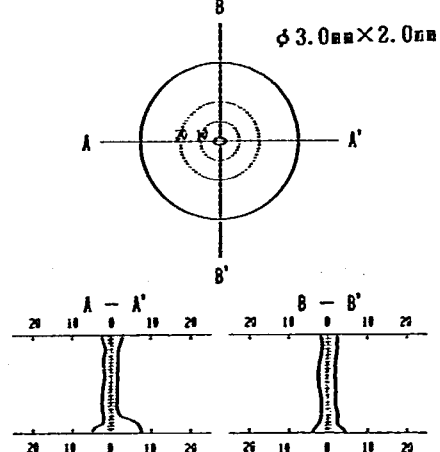
ベース材	種類	Dダム	D15/d85	0.54
	d85	1.92mm	フィルタ材密度	1.684g/cm ³
フィルタ材	種類	F11	コア材含水比	25.15%
	D15	1.04mm	コア材乾燥密度	1.498g/cm ³

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧力 (kgf/cm ²)	流出量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁度 (ppm)	備 考	供試体スケッチ (試験後)
	開始	終了	時間						
	00:11	01:00	00:49	2.2	3430.0	70.0	300		
	01:00	02:00	01:00	2.4	4263.4	71.1	58		
	02:00	03:00	01:00	2.4	4242.6	70.7	12		
4	03:00	03:15	00:15	2.4	1074.8	71.7	10		
5	03:15	03:30	00:15	2.4	1039.8	69.3	8		
6	03:30	03:45	00:15	2.4	1067.2	71.1	6		
7	03:45	04:00	00:15	2.4	1007.7	67.2	5		
8	04:00	04:15	00:15	2.4	1043.7	69.6	4		
9	04:15	04:30	00:15	2.4	1025.6	68.4	5		
10	04:30	04:45	00:15	2.4	1052.9	70.2	4		

N E F 試験データ記録

試験日 平成 5 年 2 月 1 2 日

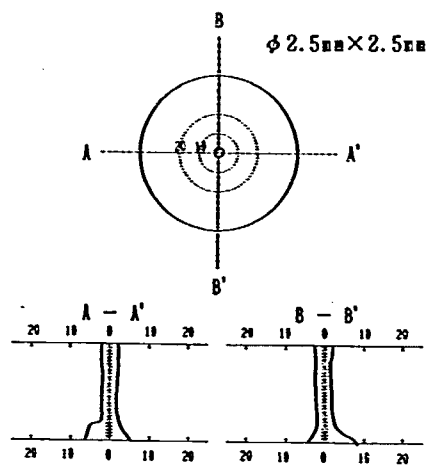
ベース材	種類	Dダム	D15/d85	0.54
	d85	1.92mm	フィルタ材密度	1.640g/cm ³
フィルタ材	種類	F11	コア材含水比	25.15%
	D15	1.04mm	コア材乾燥密度	1.498g/cm ³

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧力 (kgf/cm ²)	流出量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁度 (ppm)	備 考	供試体スケッチ (試験後)
	開始	終了	時間						
	00:08	01:00	00:52	2.2	2857.8	55.0	330		
	01:00	02:00	01:00	1.5	3603.3	60.1	85		
	02:00	03:00	01:00	1.5	3625.8	60.4	28		
14	03:00	03:15	00:15	1.6	899.6	60.0	13		
15	03:15	03:30	00:15	1.6	871.2	58.1	7		
16	03:30	03:45	00:15	1.6	896.4	59.8	4		
17	03:45	04:00	00:15	1.6	887.4	59.2	3		
18	04:00	04:15	00:15	1.6	878.6	58.6	3		
19	04:15	04:30	00:15	1.6	887.5	59.2	3		
20	04:30	04:45	00:15	1.6	883.6	58.9	4		

NEF 試験データ記録

試験日 平成 5 年 2 月 12 日

ベース材	種類	D ダム	D15 / d85	0.54
	d85	1.92mm	フィルタ材密度	1.663g/cm ³
フィルタ材	種類	F11	コア材含水比	25.15%
	D15	1.04mm	コア材乾燥密度	1.498g/cm ³

容器 No.	流出時間 (MM:SS)			圧 力 (kgf/cm ²)	流 出 量 (ml)	流出速度 (ml/s)	濁 度 (ppm)	備 考	供試体スケッチ (試験後)
	開 始	終 了	時 間						
	00:09	01:00	00:51	2.0	3303.4	64.8	380		
	01:00	02:00	01:00	2.0	4081.3	68.0	58		
	02:00	03:00	01:00	2.0	4063.3	67.7	13		
24	03:00	03:15	00:15	2.0	1037.3	69.2	13		
25	03:15	03:30	00:15	2.0	998.9	66.6	6		
26	03:30	03:45	00:15	2.0	1017.0	67.8	4		
27	03:45	04:00	00:15	2.0	1004.6	67.0	4		
28	04:00	04:15	00:15	2.0	1016.1	67.7	5		
29	04:15	04:30	00:15	2.0	997.5	66.5	3		
30	04:30	04:45	00:15	2.0	1024.5	68.3	3		

非侵食試験によるフィルタ
機能の評価

ISSN0386-5878
土木研究所資料第3236号
平成6年1月(1994)

中村 昭 山口 嘉一 小嶋 光博
藤澤 侃彦 矢萩 賢仁 田原 則雄

要 旨

近年、フィルダムの透水機能を受け持つコアの流亡を防ぐために配されるフィルタの粒度条件、いわゆるフィルタ基準について新たな観点に立った研究が進められている。これは、フィルダムのコア部に地震、水圧破砕、万一の施工上の不備、分散粘土の存在等により集中的な浸透が発生するという極限状態を想定したフィルタ基準の研究である。本資料では、集中的な浸透が発生した際でも有効に働くフィルタの粒度条件を検討するための手法の一つである Sherard らが1985年に発表した非侵食試験を実施し、その結果によりこの試験法の精度を検証するとともにフィルタ基準について考察する。

キーワード：フィルダム、浸透、非侵食試験、フィルタ基準

○
郵便はがき

50円切手
をはって
下さい。

3 0 5 - □ □

建設省土木研究所

ダム部フィルダム研究室 行

茨城県つくば市大字旭一番地

No. 2

No. 2

配布先氏名

配布先住所



土木研究所資料 第3236号 部

上記のとおり受領しました。

所 属 (住所)

氏名

印

土木研究所資料第3236号

