



永久保存

I S S N 0386-5878

土木研究所資料第3525号

土 木 研 究 所 資 料

ダム用高流動コンクリートの配合特性に関する検討

1997年11月

建設省土木研究所
ダム部ダム構造研究室

Copyright ©1997 by P.W.R.I.

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

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

ダム用高流動コンクリートの配合特性に関する検討

ダム構造研究室 室 長 永 山 功
主任研究員 渡 辺 和 夫
町 田 宗 久
(前) 交流研究員 小 西 義 夫*

要 旨

一般の土木工事と同様にコンクリートダムの施工においても、省人化技術の開発が強く望まれている。そこで、当研究室では締固め不要の高流動コンクリートをダム用コンクリートとして使用することを検討している。

本報告は、増粘剤系高流動コンクリートを対象にその配合設計手法を提案するとともに、粗骨材最大寸法が高流動コンクリートの流動性と材料分離抵抗性に与える影響を室内試験によって調査した結果をとりまとめ、考察したものである。

キーワード：高流動コンクリート，ダム用コンクリート，配合設計，増粘剤，フロー試験

* 交流研究員在職期間（1996年4月～1997年3月）



目 次

まえがき	1
1. 実験目的と実験方法	2
1. 1 実験目的	2
1. 2 使用材料および物性値	3
1. 3 コンクリートの練混ぜ方法	4
1. 4 試験項目と試験方法	5
2. 実験結果	13
2. 1 実験の手順	13
2. 2 セメントペーストの配合選定試験	13
2.2.1 増粘剤添加量の選定方法	13
2.2.2 増粘剤添加率選定の実験結果	13
2.2.3 材料分離抵抗性の確認試験	15
2. 3 モルタルの配合選定試験	18
2.3.1 ペースト細骨材絶対容積比の影響を求める配合条件	18
2.3.2 流動性の実験結果	18
2.3.3 材料分離抵抗性の実験結果	23
2. 4 粗骨材絶対容積と粗骨材最大寸法の影響試験	26
2.4.1 配合条件	26
2.4.2 流動性の実験結果	26
2.4.3 材料分離抵抗性の実験結果	32
3. まとめ	39
[付 録] (1) 今回の検討で実施した試験方法と手順	41
(2) データ集	44

まえがき

近年、土木工事において熟練した建設作業員を確保することが次第に困難となり、建設工事における省人化技術の開発が必要になってきている。この事情は比較的機械化の進んだコンクリートダムの建設現場においても同様であり、各作業行程の一層の省人化が望まれている。コンクリートダムの施工において熟練した建設作業員を数多く必要とする部位は、主として堤体内に設置される放流管などの鋼構造物部、通廊や導流壁、天端橋脚などの鉄筋コンクリート部である。これらの部位では鋼材や鉄筋の組立に熟練した作業員を必要とするばかりでなく、鋼材や鉄筋に囲まれた中でのコンクリートの打込みも厳しい作業となっている。

一方、近年、都市土木や建築などの分野で、締固め作業が不要なコンクリートとして「高流動コンクリート」が盛んに利用され始めている。このような高流動コンクリートを上記の鋼構造物部や鉄筋コンクリート部に利用し、作業の簡素化を図ることは既に一部の現場で試行されているところであるが、高流動コンクリートの利用をさらに推進するには、ダムに適した高流動コンクリートの配合設計技術を確立することが必要である。また、さらに一歩進んで、コンクリートダムの堤体自体を高流動コンクリートで施工ができないかという課題についても今後検討していく必要があると考えられる。

現在、高流動コンクリートの配合は試行錯誤的な方法で決定されることが多く、系統だった配合設計手法はいまだ十分に確立されているとはいえないところがある。そこで、本研究では高流動コンクリートをダム用コンクリートとして使用することを念頭におき、増粘剤系高流動コンクリートを対象にその配合設計手法を提案するとともに、粗骨材最大寸法が高流動コンクリートの流動特性と材料分離抵抗性に与える影響を室内試験で調査した結果をとりまとめたものである。

1. 実験目的と実験方法

1.1 実験目的

本実験は締固め不要の高流動コンクリートをダムに適用することを念頭に実施した。高流動コンクリートをダム用コンクリートに適用する場合、コンクリートの温度応力の問題を無視することができないことから、ここでは、粉体系高流動コンクリートに比べて単位結合材量が少ない増粘剤系高流動コンクリートを対象にして実験を行った。また、粗骨材最大寸法を大きくして単位結合材量を減じる可能性についても検討した。

実験は下記の3項目を調査することを目的に行った。

- ①モルタルの品質が高流動コンクリートの流動性と材料分離抵抗性に及ぼす影響を求める。
- ②粗骨材絶対容積および粗骨材最大寸法が高流動コンクリートの流動性と材料分離抵抗性に及ぼす影響を求める。
- ③これによって図-1.1に提案した配合設計手順の妥当性を確認する。

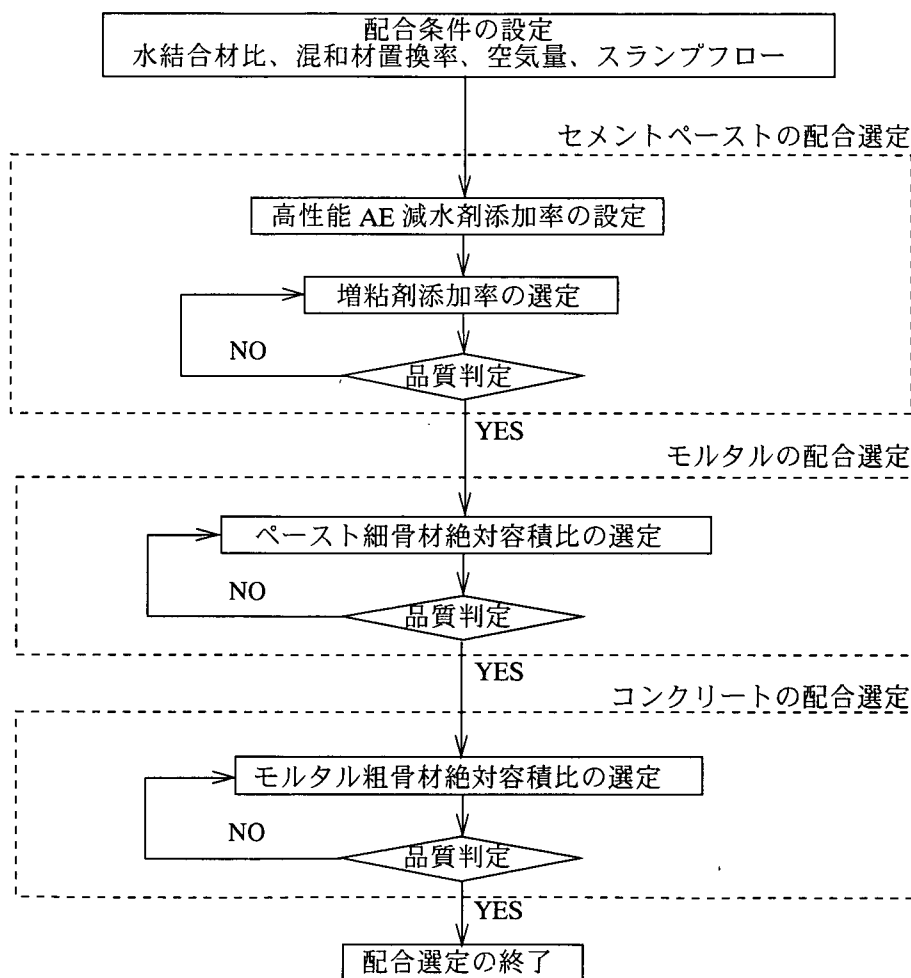


図-1.1 配合設計手順

1.2 使用材料および物性値

使用した材料とその物性値を表－1.1に示す。セメントは中庸熟ポルトランドセメントを用いた。また、セメントの一部を置換する混和材としてフライアッシュを使用した。骨材は笠間産砂岩の碎石と砕砂を使用した。粗骨材の粒度分布を表－1.2に、細骨材の粒径加積曲線を図－1.2に、粗骨材の粒径加積曲線を図－1.3に示す。なお、粗骨材最大寸法 40mm、60mm の粒度は粗骨材最大寸法 80mm の剪頭粒度となるように設定した。また、混和剤は高性能AE減水剤（ポリカルボン酸塩と変性リグニン）、増粘剤（水溶性セルロースエーテル）、空気量の調整にAE助剤（アニオン系界面活性剤）を使用した。

表－1.1 使用材料および物性値

使用材料	種類および特性
セメント	中庸熟ポルトランドセメント（比重=3.21,比表面積=3,010cm ² /g）
フライアッシュ	電発フライアッシュ（比重=2.29,比表面積=3,260cm ² /g 強熱減量=0.3%,二酸化珪素=50.1%, 45 μm 以下残分=19.8%）
細骨材	笠間産砂岩（比重=2.638,吸水率=1.21%,粗粒率=2.81）
粗骨材	笠間産砂岩（比重=2.677,吸水率=0.50%） 5mm～40mm：粗粒率=7.30、実積率=62.0% 5mm～60mm：粗粒率=7.67、実積率=64.9% 5mm～80mm：粗粒率=7.84、実積率=65.8%
高性能AE減水剤	ポリカルボン酸塩と変性リグニン（サンフローHS-700）
増粘剤	水溶性セルロースエーテル（SFCA2000）
AE助剤	アニオン系界面活性剤（サンフローAE）

表－1.2 粗骨材粒度分布

粗骨材最大寸法	40mm	60mm	80mm
粒度	質量百分率(%)		
5-10mm	20	16	14
10-20mm	30	23	20
20-30mm	25	20	17
30-40mm	25	19	17
40-60mm	—	22	19
60-80mm	—	—	13

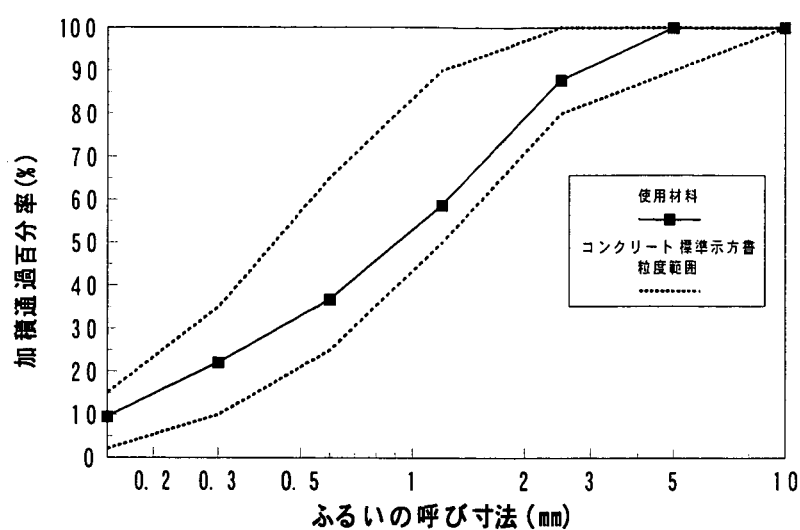


図-1.2 細骨材の粒径加積曲線

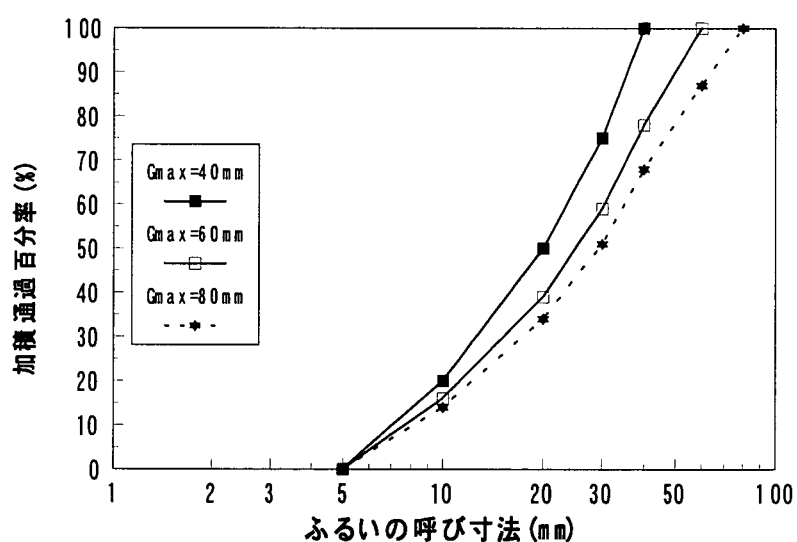
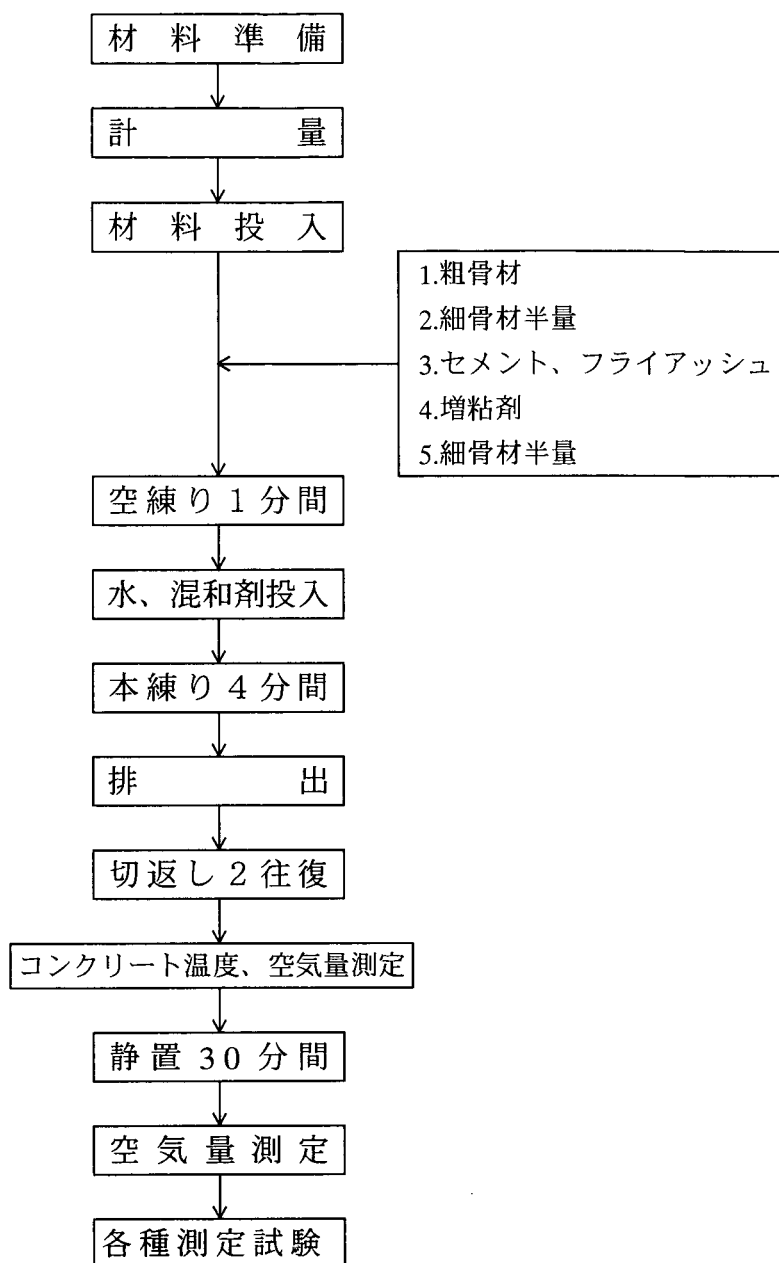


図-1.3 粗骨材の粒径加積曲線

1.3 コンクリートの練混ぜ方法

高流動コンクリートの練混ぜには傾胴式ミキサー（容量 110 ℓ）を使用し、1バッチあたり 100 ℓ 練り混ぜた。練混ぜにあたっては、材料を粗骨材、細骨材の半分、セメント、混和材、増粘剤、残りの細骨材の順序でミキサー内に投入した。そして1分間の空練りを行った後、高性能AE減水剤、AE助剤を添加した水を投入して4分間の練混ぜを行った。その後、練り板上にコンクリートを排出して2往復の人力切返しを行った後、コンクリートの温度と空気量を測定した。

その後、練り混ぜたコンクリートにシートを掛けて 30 分間静置してから再度空気量の測定を行い、各種の測定試験を開始した。練混ぜの手順を図-1.4に示す。



図－1.4 練混ぜ手順

1.4 試験項目と試験方法

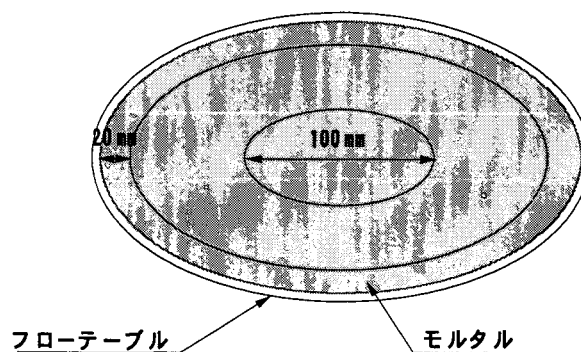
試験項目はモルタルフロー試験、スランプフロー試験、大型スランプフロー試験、大型L型フロー試験の4項目とした。また、新たに提案した目視評価法によって材料分離抵抗性を評価した。なお、試験の概要を表－1.3に示す。

表－1.3 試験項目の概要

試験項目	試験方法	評価項目
1)モルタルフロー	・ JIS R 5201 に準拠 ・ フロー試験後の目視による材料分離抵抗性の評価（表－1.4 参照） ・ フロー試験後の単位容積質量測定	流動性および材料分離抵抗性
2)スランプフロー	・ 土木学会規準「コンクリートのスランプフロー試験方法（案）」に準拠 ・ フロー試験後の目視による材料分離抵抗性の評価（表－1.5 参照）	流動性および材料分離抵抗性
3)大型スランプフロー	・ スランプフロー値測定 ・ フロー試験後の目視による材料分離抵抗性の評価（表－1.5 参照） ・ フロー試験後洗い試験による骨材の粒度分布測定	流動性および材料分離抵抗性
4)大型L型フロー	・ 流動時間、フロー値測定 ・ フロー試験後洗い試験による骨材の粒度分布測定	流動性および材料分離抵抗性

1) モルタルフロー試験

フルサイズのコンクリートを 5mm フルイでウェットスクリーニングしたモルタルのフローを測定した。試験方法は JIS R 5201 に準拠し、フローテーブルに落下運動を与えない場合のフロー値を測定した。さらに、図－1.5に示すように、流動後のモルタルの中心部（直径約 100mm）と周縁部（幅約 20mm）から試料をそれぞれ約 60cc 採取し、その単位容積質量を測定してモルタルの材料分離抵抗性を評価した。



図－1.5 モルタル採取方法

2) スランプフロー試験

JIS A 1101 および土木学会規準「コンクリートのスランプフロー試験方法（案）」に準拠し、スランプフロー（コンクリートの拡がりを長軸とその直角方向で測定した平均値）、50cm 到達時間（スランプコーンの

引き上げ開始から、最初に 50cm の円に到達した時間と、これに対面する位置で 50cm 到達時間を測定した（平均値）を測定した。なお、粗骨材最大寸法 60mm、80mm のコンクリートについては、40mm フルイでウェットスクリーニングして 40mm 以上の骨材を除いた試料を用いてスランプフロー試験を行った。

3) 大型スランプフロー試験

粗骨材最大寸法 60mm、80mm のコンクリートの流動性および材料分離抵抗性を評価するため、図-1.6 に示す内径 30cm × 高さ 70cm の塩ビ管の中に、投入用のシュートを用いてフルサイズのコンクリートを高さ 60cm まで（約 43 ℓ）詰め、上面をコテで平らに均した後、塩ビ管をクレーンで引き上げてコンクリートを流動させ、JSCE-F 503 に準拠した方法でスランプフロー（コンクリートの拡がりを長軸とその直角方向で測定した平均値）と 100cm 到達時間（塩ビ管の引き上げ開始から、直径 100cm の円上の 4 点に到達した時間を測定した平均値）を測定した。なお、塩ビ管の引き上げ速度は約 12cm/sec とした。

また、スランプフロー測定後の試料に対して、骨材の分離状況を調べるために洗い試験を行った。試料は、図-1.7 に示すようにフロー直径の約 70%（中心部と周縁部の面積を等しくした）を境界とし、中心部と周縁部からそれぞれ試料全量を採取した。洗い試験に使用したフルイ目の寸法は、60mm、40mm、30mm、20mm、10mm、5mm とした。

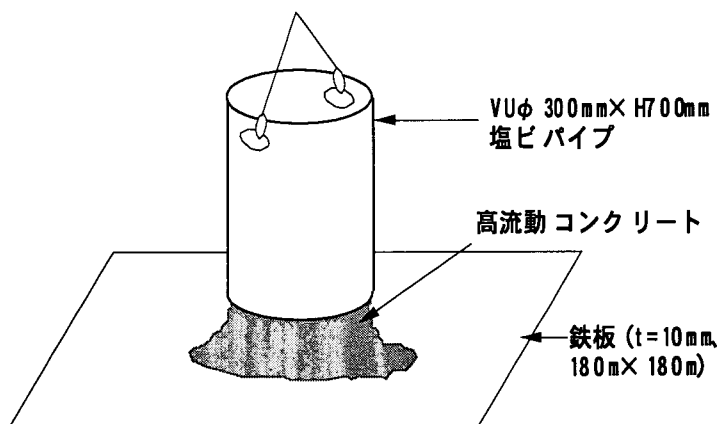


図-1.6 大型スランプフロー試験概念図

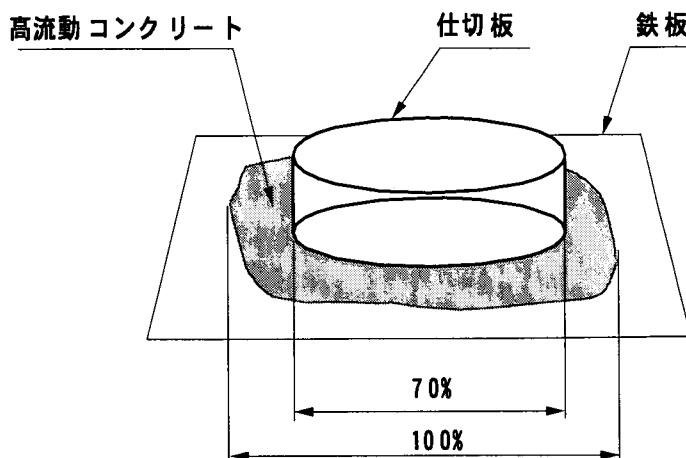


図-1.7 コンクリートの採取方法

4) 大型L型フロー試験

図-1.8に大型L型フロー試験容器の概観を示す。大型L型フロー試験容器の寸法は、粗骨材最大寸法80mmまでのコンクリートに対応できるように設計したもので、貯留槽の出口寸法は30cm×30cmとなっており、貯留槽の容量は54ℓである。なお、出口部に鉄筋は配置していない。また、図-1.8に示した試験容器の寸法はペースト細骨材絶対容積比の影響を求める試験と粗骨材絶対容積および粗骨材最大寸法の影響を調べる試験（括弧書きの寸法）に用いたものを示している。

試料は、貯留槽の天端まで詰め、表面を平らに均した後、クレーンでゲート（堰板）を引き上げて流動させた。なお、ゲートの引き上げ速度は約12cm/secとした。

測定項目は流動中のコンクリートの先端が100cmまで達するのに要した時間（大型L型フロー到達時間）と、貯留槽前面から流動した先端までの距離（大型L型フロー）とした。

また、フロー試験終了後、貯留槽内の試料全量と、流動先端部から30cmの区間の試料全量の2ヶ所から採取してその質量を測定した後、5mmおよび20mm、40mmフルイでコンクリートを水洗いし、各フルイに残った粗骨材の質量を測定した。

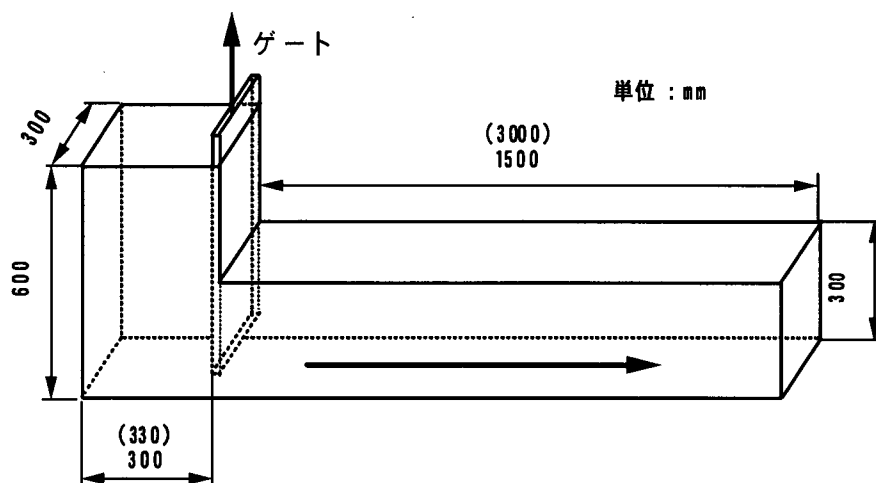


図-1.8 大型L型フロー試験容器

5) 材料分離抵抗性の目視評価

モルタルフロー試験、スランプフロー試験、大型スランプフロー試験において、新たに提案した方法によって材料分離抵抗性を評価した。

モルタルフロー試験における目視評価の判定基準を表-1.4に、スランプフロー試験および大型スランプフロー試験における目視評価の判定基準を表-1.5に示す。また、写真-1.1～1.5に材料分離抵抗性評価点の判定例を示す。なお、高流動コンクリートの品質は材料分離抵抗性評価点が3.5以上の場合を良好と評価した。

6) 大型スランプフロー試験、大型L型フロー試験におけるコンクリートの投入方法

大型スランプフロー試験および大型L型フロー試験において、試験容器へのコンクリート投入条件をできるだけ一定にするため、カラーコーンを加工した投入用のシュートを使用した。具体的には、カラーコーン

の先端部を切り、先端部を下側にして試験容器の中心に据え、上部からコンクリートを静かに流し込んだ。シュートの寸法は、投入口の直径が約 20cm、排出口の直径が約 12cm、高さが約 50cm である。また、コンクリートは一旦ポリバケツの容器に移し替えてから投入した。

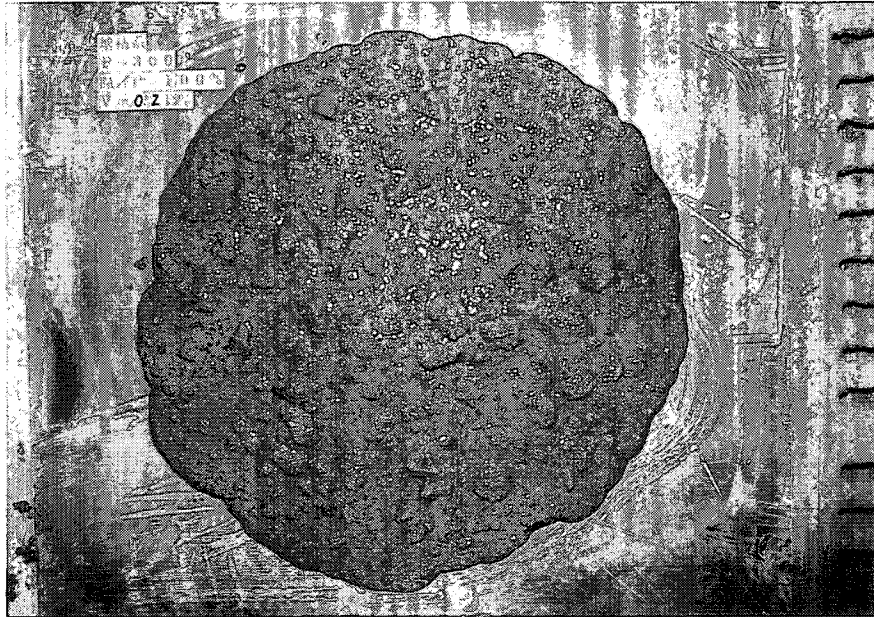
表－1.4 材料分離抵抗性の評価基準（モルタルフロー試験）

評価点	評 価 基 準
5	フロー周縁部まで細骨材が均一に分散しており、フロー周縁部が丸みをおびている。セメントペーストの先走りはみられない。
4	フロー周縁部まで細骨材がほぼ均一に分散しており、フロー周縁部が丸みをおびている。セメントペーストの先走りはみられない。
3	フロー中央部に比べてフロー周縁部の細骨材量がやや少ない。フロー周縁部は丸みをおびているが全体に細骨材の沈みこみがみられる。セメントペーストの先走りはみられない。
2	フロー中央部に細骨材量の大半が集中しており、フロー周縁部の細骨材量はわずかである。フロー周縁部は丸みがなく、セメントペーストの先走りがみられる。
1	フロー中央部に細骨材量のほとんどが残っており、セメントペーストの先走りが顕著である。

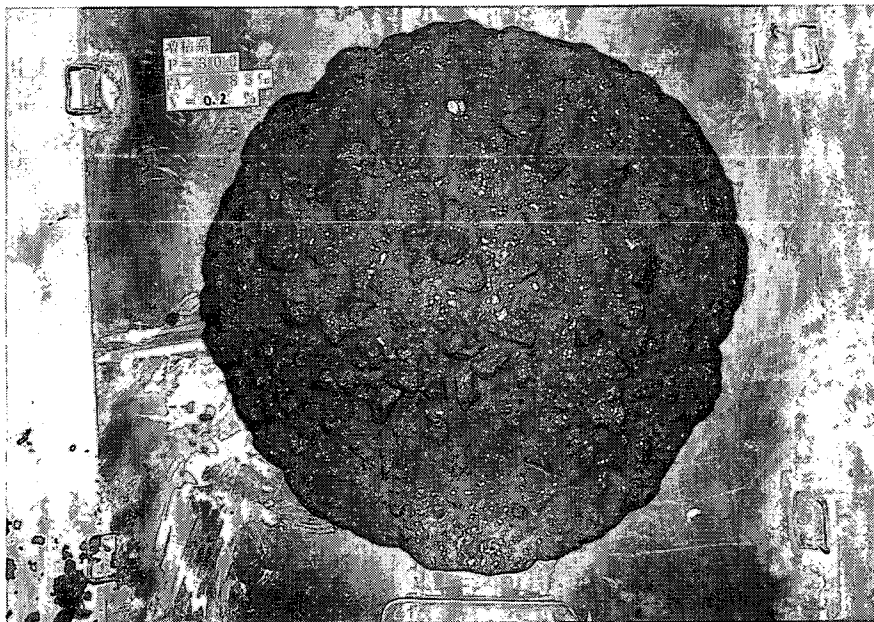
表－1.5 材料分離抵抗性の評価基準（スランプフロー試験）

評価点	評 価 基 準
5	フロー周縁部まで大小の粗骨材が均一に分散している。
4	フロー周縁部で骨材の分離がわずかにみられる。
3	フロー中央部に比べてフロー周縁部は粗骨材量が少ない。 粒径の大きい粗骨材が沈み気味である。
2	フロー中央部に粗骨材量の大半が集中しており、フロー周縁部の粗骨材量はわずかである。
1	フロー中央部に粗骨材量のほとんどが残っている。

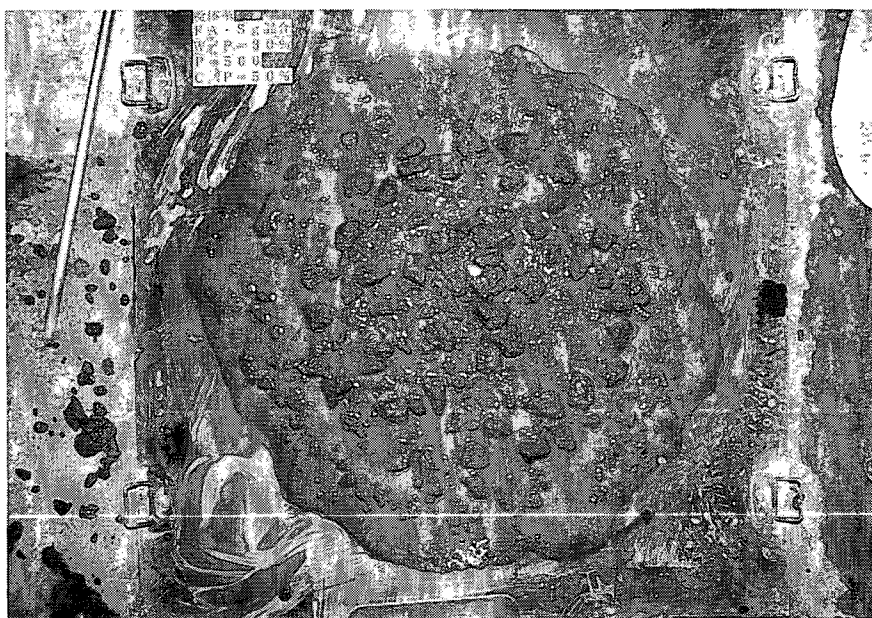
減 点	ペースト先走り長さ
0	セメントペーストの先走りがない。
-0.5	セメントペーストの先走りが 10mm 以内。
-1.0	セメントペーストの先走りが 10mm 以上。



写真－1.1 材料分離状況（評価点 5）



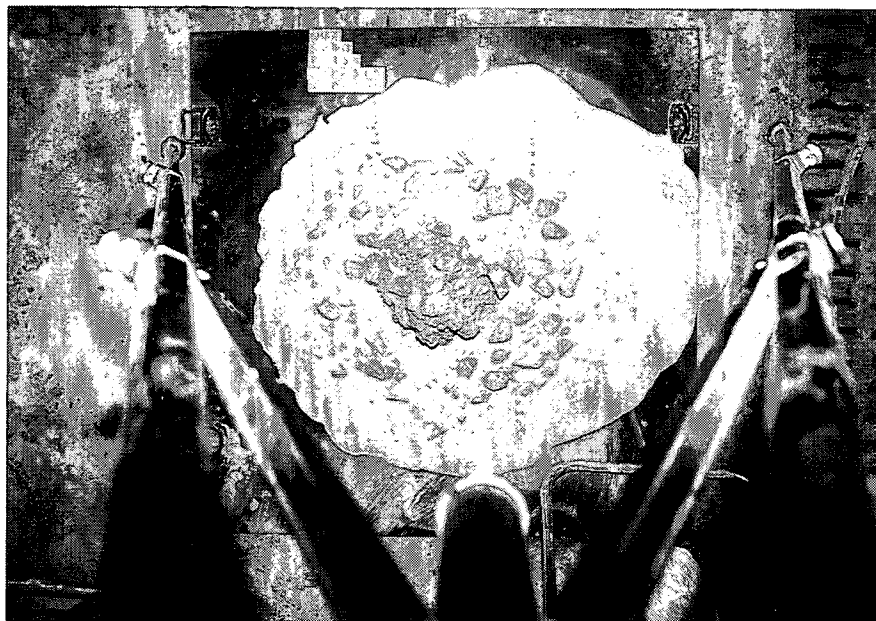
写真－1.2 材料分離状況（評価点 4）



写真－1.3 材料分離状況（評価点3）



写真－1.4 材料分離状況（評価点2）



写真－1.5 材料分離状況（評価点1）

2. 実験結果

2.1 実験の手順

高流動コンクリートの流動特性および材料分離抵抗性に影響を及ぼす配合要因として、セメントペーストの配合とセメントペースト量、モルタルの配合とモルタル量、粗骨材最大寸法などがあげられる。

本実験では、まずはじめにモルタルフロー試験から、材料分離をおこさず流動性が良好なモルタルが得られる増粘剤添加率 V を選定した。次に、高流動コンクリート中のモルタルの品質を変え、良好な流動性および材料分離抵抗性が得られるペースト細骨材絶対容積比 V_p/V_s を選定した。最後に、粗骨材絶対容積を変えた試験を行い、高流動コンクリートとしての性能を有するモルタル粗骨材絶対容積比 V_m/V_g の範囲を検討した。また、粗骨材の最大寸法を変えて同様な実験を行った。

2.2 セメントペーストの配合選定試験

2.2.1 増粘剤添加量の選定方法

セメントペーストの配合選定試験では最適なペーストの性状を得る増粘剤添加率を選定することを目的として、水粉体比、フライアッシュ置換率、ペースト細骨材絶対容積比、高性能 AE 減水剤添加率を一定とした条件で、増粘剤添加量を変化させ、モルタルフローと材料分離抵抗性評価点を測定した。

増粘剤添加率を選定するための実験に用いたモルタル配合を表-2.1に示す。ここで、モルタルの水粉体比 W/P 、フライアッシュ置換率 FA/P の値はダムの構造用コンクリートで一般に用いられている値とした。また、ペースト細骨材絶対容積比 V_p/V_s の値は、増粘剤系高流動コンクリートの配合事例の平均的な値とした。さらに高性能 AE 減水剤の添加率 SP はメーカーの推奨使用量の中間的な値とした。増粘剤の添加率は単位水量に対して $0 \sim 0.5\%$ の間で変化させ、モルタルの材料分離抵抗性に与える影響を調べた。

表-2.1 モルタル配合

水 粉体比 W/P (%)	フライアッシュ置換率 FA/P (%)	ペースト 細骨材絶対 容積比 V_p/V_s	高性能 AE 減水剤 ($P \times \%$)	増粘剤 添加率 ($W \times \%$)	AE助剤 (A)
50	30	0.9	1.4	$0 \sim 0.5$	—

2.2.2 増粘剤添加率選定の実験結果

図-2.1に、増粘剤添加率とフローテーブルに落下運動を与えない状態で測定したモルタルフロー（以下、0打モルタルフローと表現する）および材料分離抵抗性目視評価点の関係を示す。増粘剤添加率と0打モルタルフローの関係は上に凸の曲線を示し、増粘剤添加率が 0.2% 付近で最大値が現れている。また、増粘剤添加率が 0.2% から 0.3% にかけて材料分離抵抗性目視評価点は2から5と大きく変化している。

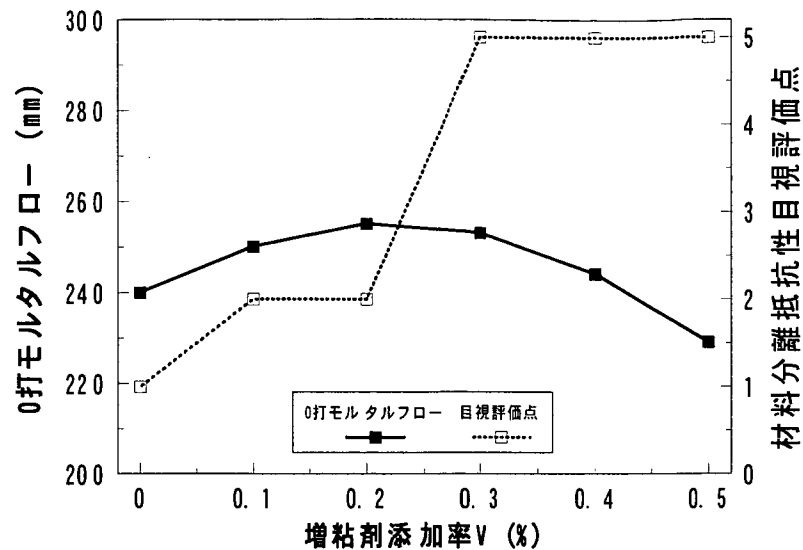


図-2.1 増粘剤添加率と0打モルタルフロー、材料分離抵抗性目視評価点の関係

図-2.2に増粘剤添加率と0打モルタルフロー、フロー中心部に対する周縁部のモルタル単位容積質量比の関係を示す。増粘剤添加率が0.2%より少なくなると、単位容積質量比が100%を下回る（中心部に比べて周縁部の単位容積質量が小さい）ようになり、分離の傾向がみられる。また、増粘剤添加率が0.2%以上では単位容積質量比は100%程度で一定となり、分離の傾向はみられないが、0打フローは徐々に減少し、流動性が低下することがわかる。

以上の結果から、材料分離をおこさずに流動性の高いモルタルが得られる増粘剤添加率は0.3%程度と判断した。

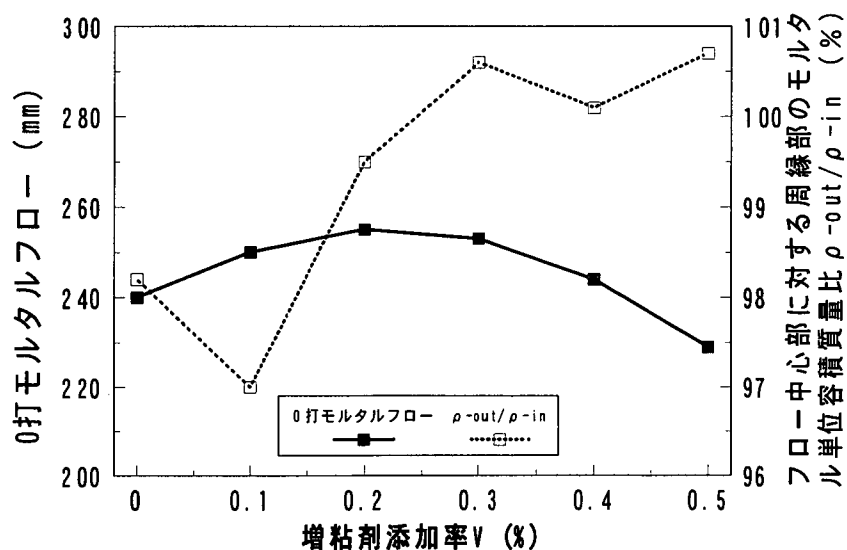


図-2.2 増粘剤添加率と0打モルタルフロー、単位容積質量比の関係

2.2.3 材料分離抵抗性の確認試験

次に、セメントペーストの配合選定試験で選定したモルタル配合を用いて、フルサイズの高流動コンクリートを練り、ペーストの材料分離が生じないことをコンクリートレベルで確認するものとした。

表-2.2に試験の配合を示す。なお、モルタル粗骨材絶対容積比は増粘剤系高流動コンクリートの配合事例を参考に平均的な値 1.85 を設定し、目標の空気量を得るために AE 助剤 5A を添加した。また、フライアッシュ置換率の影響を求める目的でフライアッシュ置換率 FA/P を 30%、40%、50%に設定した。練混ぜは 1 バッチ 100 ℓとした。測定は下記の項目について行った。

- ① 練り上がり温度 (℃)
- ② 空気量 (%)
- ③ スランプ (cm)、スランプフロー (cm) および 50cm 到達時間 (sec)
- ④ 5mm フルイでウェットスクリーニングしたモルタルフロー (mm)、およびモルタルフロー中心部と周縁部の単位容積質量比 (%)
- ⑤ 材料分離抵抗性目視評価

試験結果を表-2.3に示す。また、練り板上にコンクリートを排出したときの状況を写真-2.1に、スランプフロー試験後の状況およびモルタルフロー試験後の状況をそれぞれ写真-2.2、写真-2.3に示す。なお、写真はすべてフライアッシュ置換率 30%のものである。

試験の結果から、各フライアッシュ置換率の配合とも、スランプフロー、空気量ともに目標値を満たし、高流動コンクリートの性状として満足できるものであった。また、ペーストの材料分離は認められず品質は良好であった。

表-2.2 試験練り配合

粗骨材 最大寸法 Gmax (mm)	水 粉体比 W/P (%)	ペースト 細骨材絶対容積比 Vp/Vs	細骨材 率 s/a (%)	フライッシュ 置換率 FA/P (%)	単 位 量 (kg/m ³)										高性能 A E 減水剤 (kg/m ³) (P × %)	増粘剤 (kg/m ³) (W × %)	A E 助剤 (A)
					水 W	粉 体 P		細骨材 S	粗 骨 材 G								
						セメント C	フライッシュ FA		80mm -60mm	60mm -40mm	40mm -30mm	30mm -20mm	20mm -10mm	10mm - 5mm			
40	50	0.9	49.7	30	173	242	104	861	—	—	221	221	265	177	4.84	0.52	5
															1.4	0.3	
				40	170	205	136	861	—	—	221	221	265	177	4.77	0.51	5
															1.4	0.3	
				50	168	168	168	861	—	—	221	221	265	177	4.70	0.50	5
															1.4	0.3	

空気量の範囲：6 ± 2 % スランプフロー：60 ± 5 cm

表-2.3 試験練りによるフレッシュコンクリート試験結果

フライッシュ 置換率 (%)	スランプ (cm)	スランプ フロー (cm)	50cm 到達時間 (sec)	空気量 (%)	目視 評価点	練り上がり 温度 (℃)	0 打モルタル フロー (mm)	単位容積 質量比 (%)
30	23.0	61.5 × 58.0	17.3	6.6	4 3.5	20	268 × 259	99.3
40	23.5	61.0 × 56.0	19.0	4.9	3.5 3	17	244 × 242	100.6
50	24.5	64.0 × 63.0	11.7	7.9	3.5 4	15	228 × 228	100.6

目視評価点の上段はコンクリート、下段はモルタルの結果である。

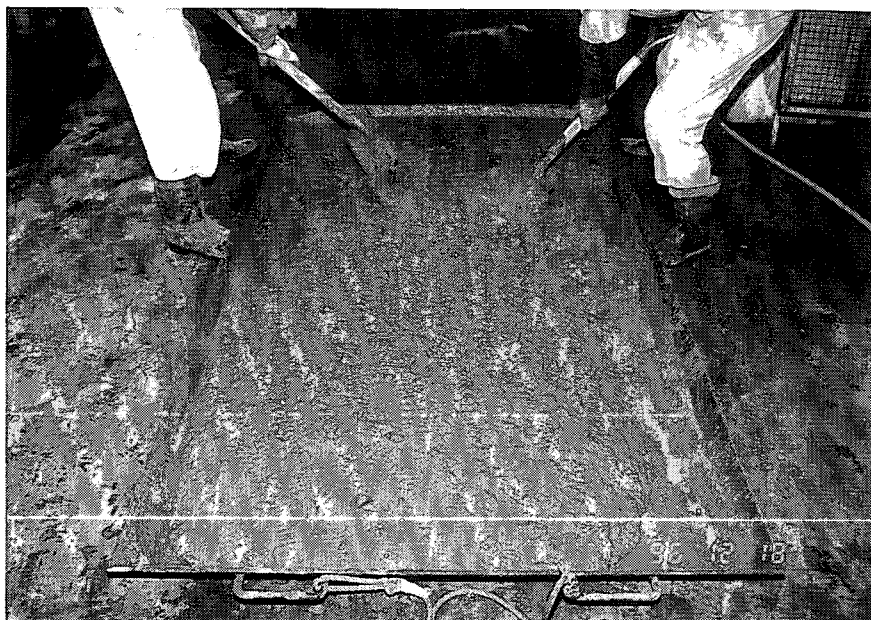


写真-2.1 練混ぜ板排出後の状況

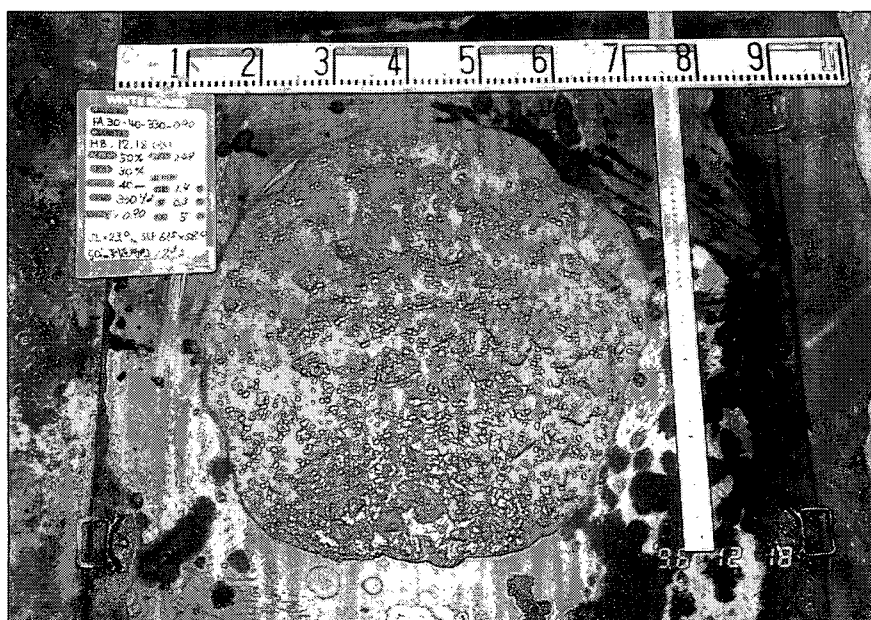


写真-2.2 スランプフロー試験後の状況

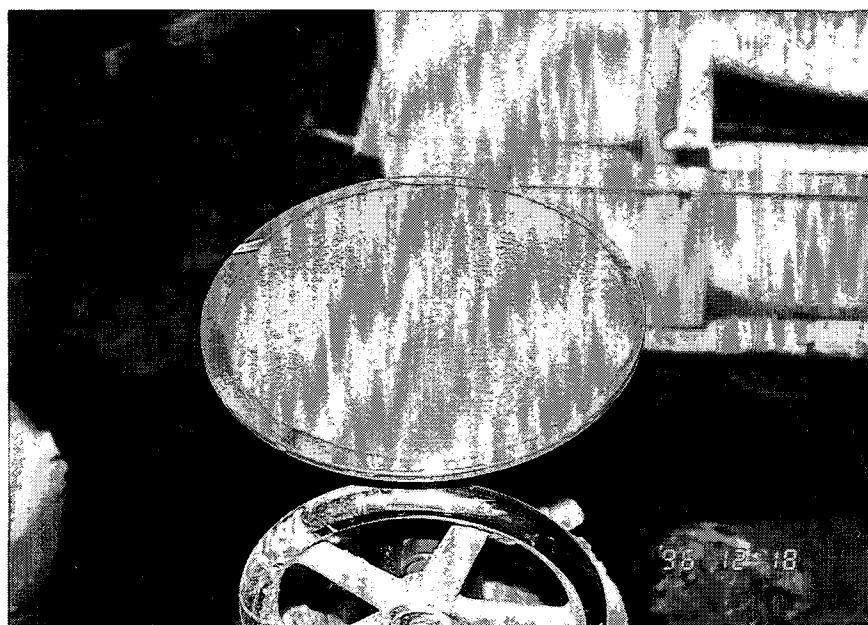


写真-2.3 モルタルフロー試験後の状況

2.3 モルタルの配合選定試験

2.3.1 ペースト細骨材絶対容積比の影響を求める配合条件

モルタルの配合選定試験では、粗骨材最大寸法 40mm、水粉体比 $W/P=50\%$ 、モルタル粗骨材絶対容積比 $V_m/V_g=1.85$ の配合条件に対して、ペースト細骨材絶対容積比 V_p/V_s を表-2.4に示すように変化させ、ペースト細骨材絶対容積比 V_p/V_s が流動性と材料分離抵抗性に与える影響を求めた。なお、フライアッシュ置換率は 30、40、50%の3種類とした。

表-2.4 配合条件

粗骨材 最大寸法 G_{max} (mm)	水 粉体比 W/P (%)	モルタル 粗骨材絶対 容積比 V_m/V_g	高性能 A E 減水剤 SP ($P \times \%$)	増粘剤 V ($W \times \%$)	フライアッシュ 置換率 FA/P (%)	ペースト 細骨材絶対 容積比 V_p/V_s	空気量 (%)
40	50	1.85	1.4	0.3	30,40,50	0.8 ~ 1.1	6 ± 2

2.3.2 流動性の実験結果

(1) スランプフロー試験結果

ペースト細骨材絶対容積比とスランプフローの関係を図-2.3に示す。ペースト細骨材絶対容積比が増加するとスランプフローは増加し、ペースト細骨材絶対容積比が 0.95 以上になるとスランプフロー

は一定値に収束する傾向がみられる。なお、フライアッシュ置換率 30 ～ 50%の範囲では、フライアッシュ置換率はペースト細骨材絶対容積比とスランプフローの関係にほとんど影響を及ぼしていない。

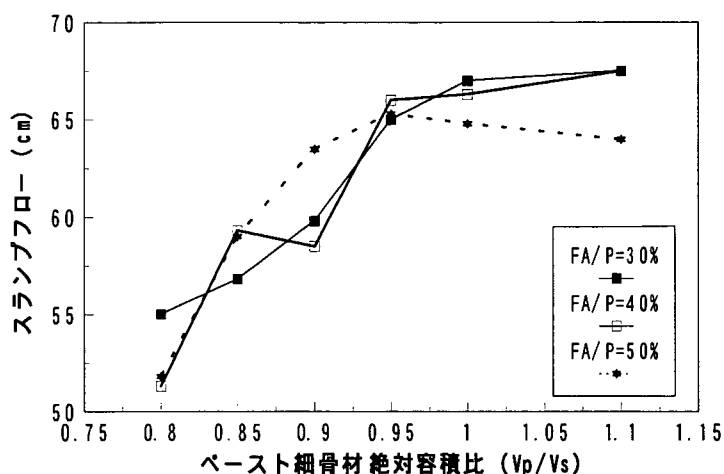


図-2.3 ペースト細骨材絶対容積比とスランプフローの関係

次に、ペースト細骨材絶対容積比とスランプフロー 50cm 到達時間の関係を図-2.4に示す。ペースト細骨材絶対容積比が増加するとスランプフロー 50cm 到達時間は短くなり、ペースト細骨材絶対容積比が 0.95 以上になると一定値に収束する傾向がみられる。一方、フライアッシュ置換率の影響についてみると、ペースト細骨材絶対容積比が 0.8 の場合にはフライアッシュ置換率が大きくなるほどスランプフロー 50cm 到達時間が長くなるように見えるが、全体的にはフライアッシュ置換率の影響は明確に認められない。

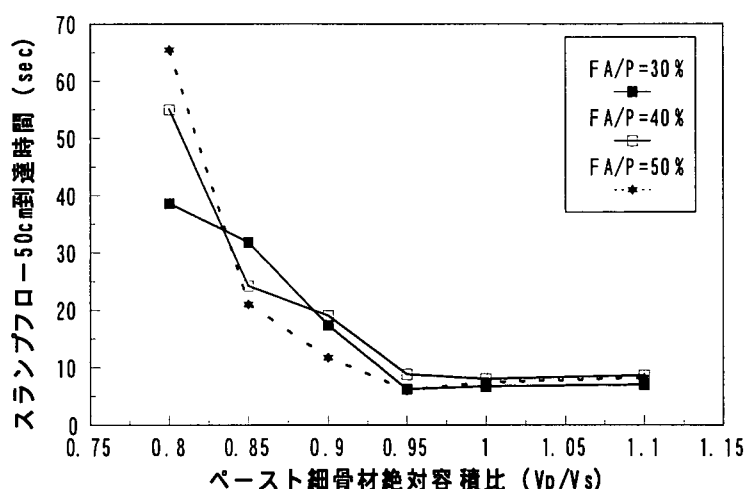


図-2.4 ペースト細骨材絶対容積比とスランプフロー50cm到達時間の関係

次に、図-2.5に、スランプフローとスランプフロー 50cm 到達時間の関係を示す。フライアッシュ置換率にかかわらず、スランプフローとスランプフロー 50cm 到達時間の間には高い相関がみられる。また、スランプフローが 60cm 程度以下になるとフロー速度が極めて緩慢になり、十分な流動性が得ら

れないことがわかる。

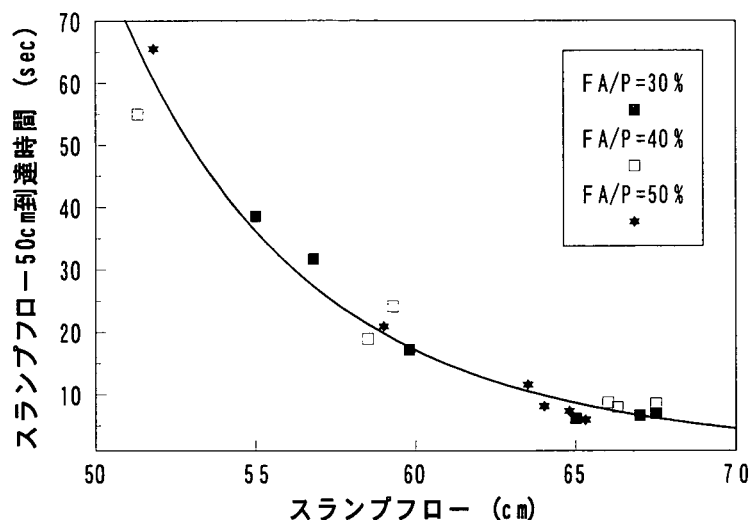


図-2.5 スランブフローとスランブフロー50cm到達時間の関係

(2) 大型L型フロー試験結果

写真-2.4に、大型L型フロー試験の状況を示す。また、図-2.6に、ペースト細骨材絶対容積比と大型L型フロー 100cm 到達時間の関係を示す。図から、ペースト細骨材絶対容積比が増加すると大型L型フロー 100cm 到達時間は短くなり、ペースト細骨材絶対容積比が 0.95 以上になると、大型L型フロー 100cm 到達時間は一定の値に収束する傾向が見られる。これは、ペースト細骨材絶対容積比とスランブフロー 50cm 到達時間の関係とよく似た結果となっている。一方、フライアッシュ置換率の影響について見ると、ペースト細骨材絶対容積比が 0.8 の場合、フライアッシュ置換率が大きくなるほど大型L型フロー 100cm 到達時間が長くなるように見えるが、全体的には明確な差は認められない。

次に図-2.7にはスランブフロー 50cm 到達時間と大型L型フロー 100cm 到達時間の関係を示す。図から、スランブフロー 50cm 到達時間と大型L型フロー 100cm 到達時間の間には比例関係があることが分かり、流動性を評価するという視点においてそれぞれの試験は互換性があるといえる。

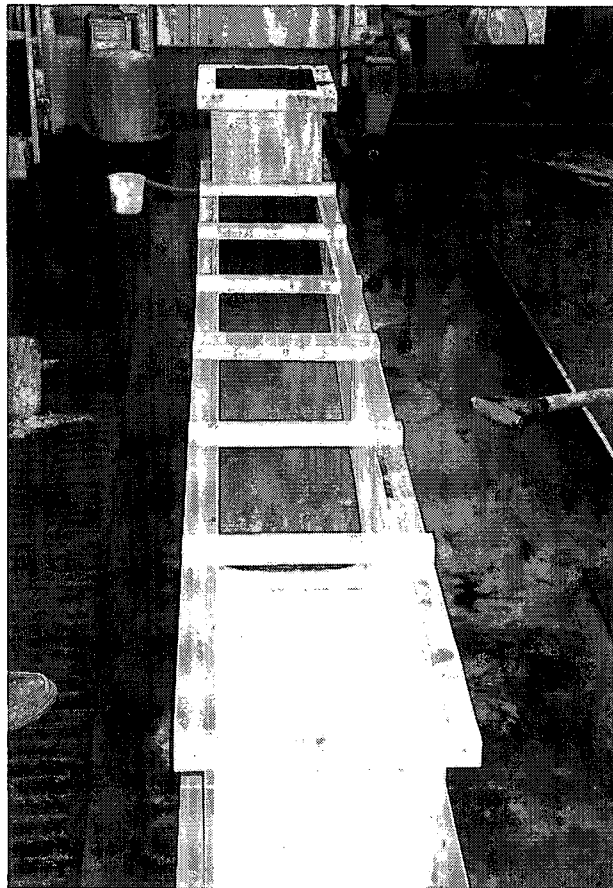


写真-2.4 大型L型フロ-試験状況

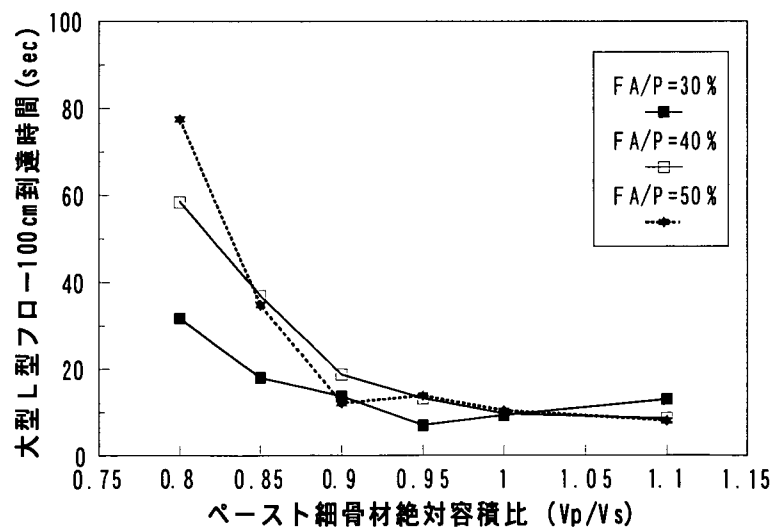


図-2.6 ペースト細骨材絶対容積比と大型L型フロ-100cm到達時間の関係

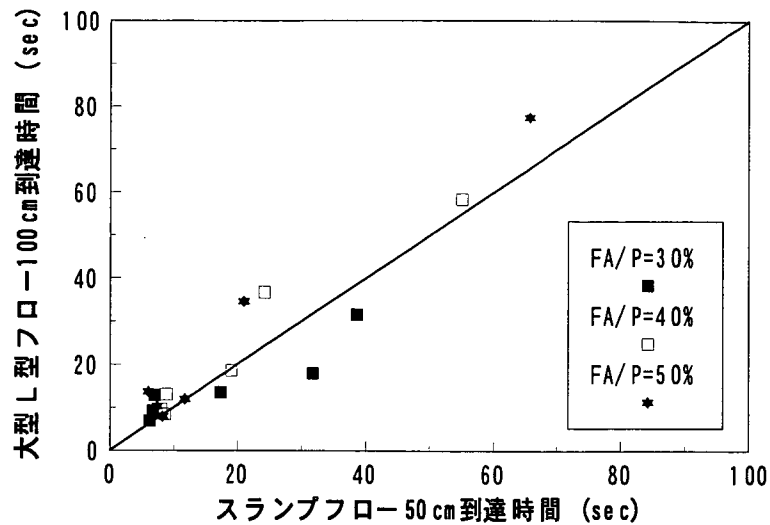


図-2.7 スランプフロー50cm到達時間と大型L型フロー100cm到達時間

(3) モルタルフロー試験結果

フルサイズの高流動コンクリートを 5mm フルイでウェットスクリーニングしたモルタルについて、モルタルフロー試験を行った。

図-2.8に、ペースト細骨材絶対容積比と 0 打モルタルフローの関係を示す。図からペースト細骨材絶対容積比が増加すると 0 打モルタルフローは増加し、一定値に収束する傾向が見られる。なお、フライアッシュ置換率がフロー値に与える影響は明確ではない。

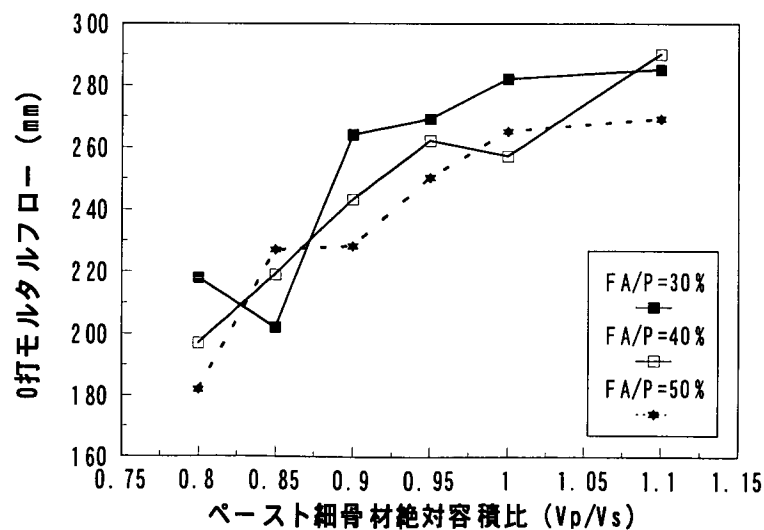


図-2.8 ペースト細骨材絶対容積比と 0 打モルタルフローの関係

次に図-2.9に 0 打モルタルフローとスランプフローの関係を示す。モルタルフローとスランプフローとの間には比較的よい相関が見られる。したがって、モルタルの流動性を把握することによって、高

流動コンクリートの流動性のある程度まで把握することができるものと考えられる。

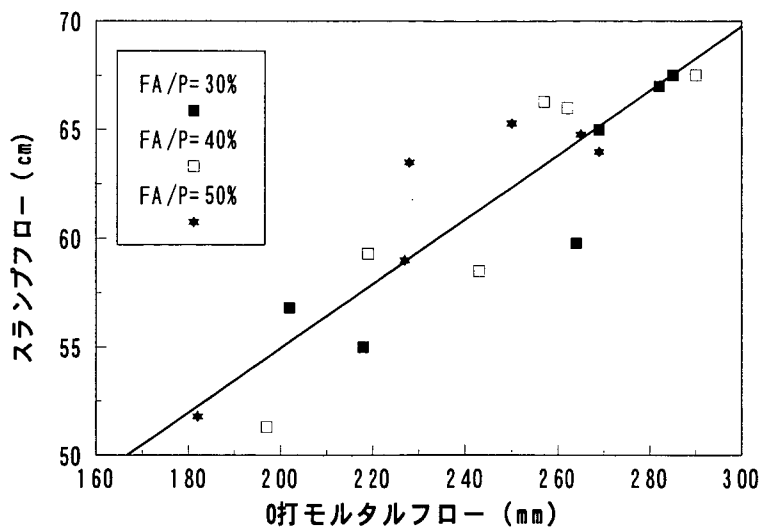


図-2.9 0打モルタルフローとスランプフローの関係

2.3.3 材料分離抵抗性の実験結果

(1) スランプフロー試験結果

ペースト細骨材絶対容積比とスランプフロー試験後に評価した材料分離抵抗性目視評価点の関係を図-2.10に示す。ペースト細骨材絶対容積比が 0.8 ~ 0.9 の範囲では、材料分離抵抗性目視評価点が 3.5 ~ 4.5 と良好であるが、ペースト細骨材絶対容積比が 1.0 を超えると中央部に粗骨材が目立つようになり、ペースト細骨材絶対容積比が 1.1 では、材料分離抵抗性目視評価点が 2.5 ~ 3 となっている。

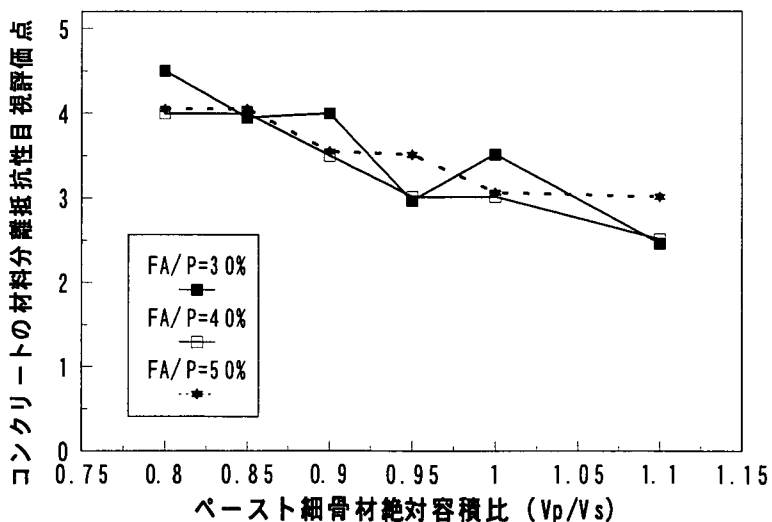


図-2.10 ペースト細骨材絶対容積比と材料分離抵抗性目視評価点の関係

(2) 大型L型フロー試験結果

骨材分離の有無を調べるため、大型L型フロー試験の後に貯留槽とフロー先端部からコンクリートを

採取して洗い試験を行った。その結果をフライアッシュ置換率別に図-2.11(a)、(b)、(c)に示す。ここで、図の縦軸は次式に示すように採取したコンクリート中のモルタル量に対する粗骨材量の割合を貯留槽とフロー先端部との比で表したもので、その比が小さいほどフロー先端部の粗骨材量が少ないことを表している。

$$\text{分離度} = \frac{G_o/M_o}{G_i/M_i}$$

ここに、

G_o : フロー先端部のコンクリート中の粗骨材量

M_o : フロー先端部のコンクリート中のモルタル量

G_i : 貯留槽内のコンクリート中の粗骨材量

M_i : 貯留槽内のコンクリート中のモルタル量

図から、粒径 5mm ~ 40mm の粗骨材ではばらつきが見られるが、全体としてペースト細骨材絶対容積比が大きくなると分離の傾向が見られる。

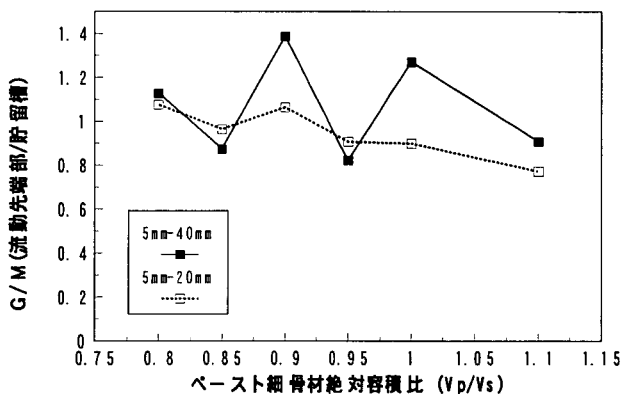


図-2.11 (a) ペースト細骨材絶対容積比と粗骨材の分離度の関係 (FA/P=30%)

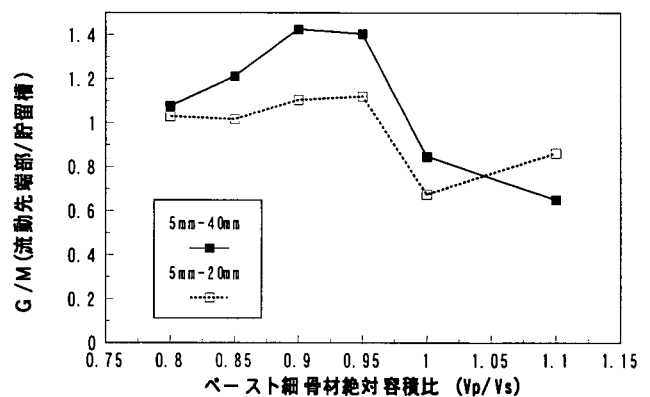


図-2.11 (b) ペースト細骨材絶対容積比と粗骨材の分離度の関係 (FA/P=40%)

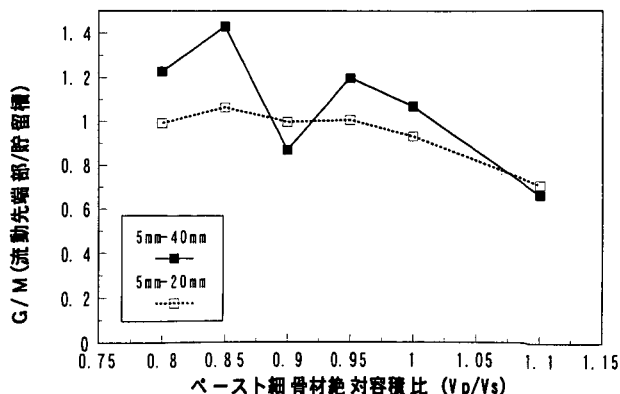


図-2.11 (c) ペースト細骨材絶対容積比と粗骨材の分離度の関係 (FA/P=50%)

(3) モルタルフロー試験結果

フルサイズの高流動コンクリートを 5mm フルイでウェットスクリーニングしたモルタルについてモルタルフロー試験を行った。

図-2.12に、ペースト細骨材絶対容積比と材料分離抵抗性目視評価点の関係を示す。ペースト細骨材絶対容積比が 0.9 以下の場合には、顕著な材料分離は見られず材料分離抵抗性目視評価点は概ね 3.5 ～ 5 と良好である。しかし、ペースト細骨材絶対容積比が 0.95 以上になると顕著な材料分離は見られないが、全体に細骨材の沈み込みが見られ、材料分離抵抗性評価点は 3 となっている。

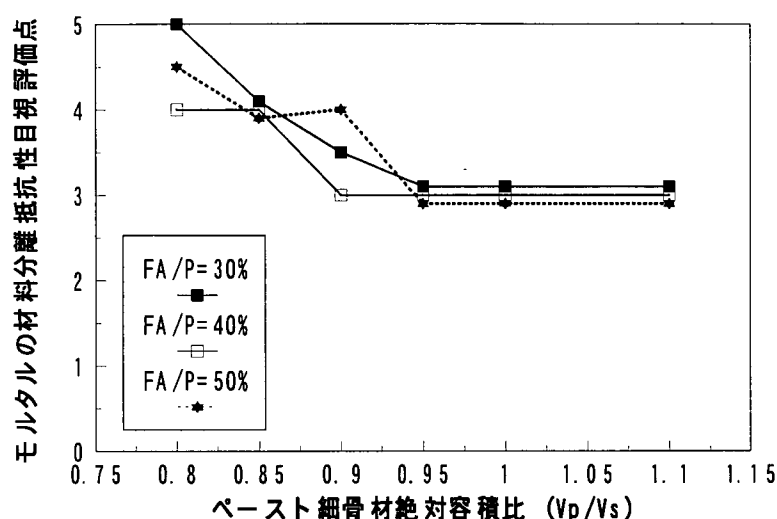


図-2.12 ペースト細骨材絶対容積比と材料分離抵抗性目視評価点の関係

また、図-2.13は、モルタルフロー試験の後にフローの中心部と周縁部のそれぞれから採取したモルタルの単位容積質量から、中心部に対する周縁部の単位容積質量比を求め、これとペースト細骨材絶対容積比の関係を示したものである。値にばらつきはあるものの、ペースト細骨材絶対容積比が大きくな

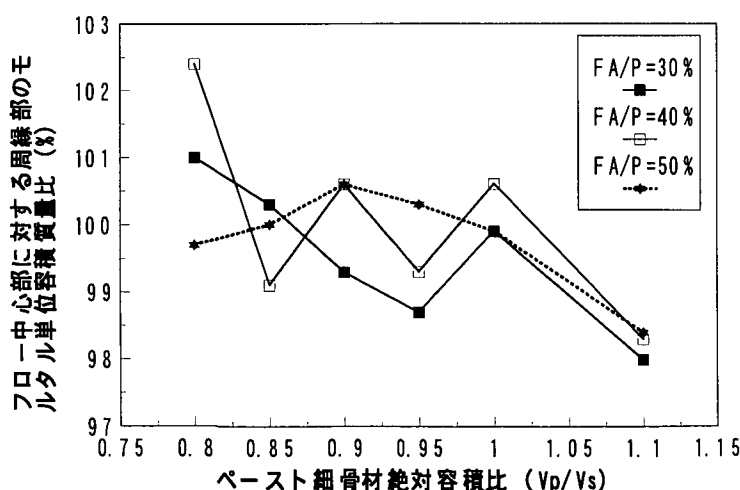


図-2.13 ペースト細骨材絶対容積比とモルタルの単位容積質量比の関係

るとモルタル先端部の単位容積質量は中央部に比べて小さくなり、材料分離の傾向が現れている。

以上、流動性および材料分離抵抗性を求めた各試験結果から、良好な流動性と材料分離抵抗性を有するペースト細骨材絶対容積比は 0.9 程度であると判断した。

2.4 粗骨材絶対容積と粗骨材最大寸法の影響試験

2.4.1 配合条件

粗骨材絶対容積と粗骨材最大寸法の影響試験では、水粉体比 W/P を 50%、フライアッシュ置換率 FA/P を 30%、ペースト細骨材絶対容積比 V_p/V_s を 0.9 とし、粗骨材最大寸法を 40mm、60mm、80mm の 3 水準、またモルタル粗骨材絶対容積比 V_m/V_g を 1.18 ～ 2.24 の範囲で 7 水準変化させて試験を行った。配合条件を表 2.5 に示す。

2.4.2 流動性の実験結果

表 2.5 配合条件

粗骨材 最大寸法 Gmax (mm)	水 粉体比 W/P (%)	モルタル 粗骨材絶対 容積比 V_m/V_g	高性能 A E 減水剤 SP (P × %)	増粘剤 V (W × %)	フライアッシュ 置換率 FA/P (%)	ペースト 細骨材絶対 容積比 V_p/V_s
40,60,80	50	1.18 ～ 2.24	1.4	0.3	30	0.9

(1) 大型スランプフロー試験結果

図 2.14 に、モルタル粗骨材絶対容積比と大型スランプフローの関係を示す。モルタル粗骨材絶対容積比が 1.54 ～ 2.24 の範囲では、粗骨材最大寸法に関わらず同程度のスランプフロー値を示した。一方、モルタル粗骨材絶対容積比が 1.41 よりも小さくなると粗骨材最大寸法 40mm の配合では、粗骨材最大寸法 60mm、80mm の配合に比べてフロー値は低下した。また、粗骨材最大寸法 60mm、80mm の配合では、フロー値の大きな差はなかった。

なお、全体の傾向として、モルタル粗骨材絶対容積比が 1.41 より小さくなるとコンクリートが硬めになり、切返しが難しくなり始めた。

写真 2.5 に大型スランプフロー試験の状況を、写真 2.6 ～ 2.9 に大型スランプフロー試験後の状況を示す。

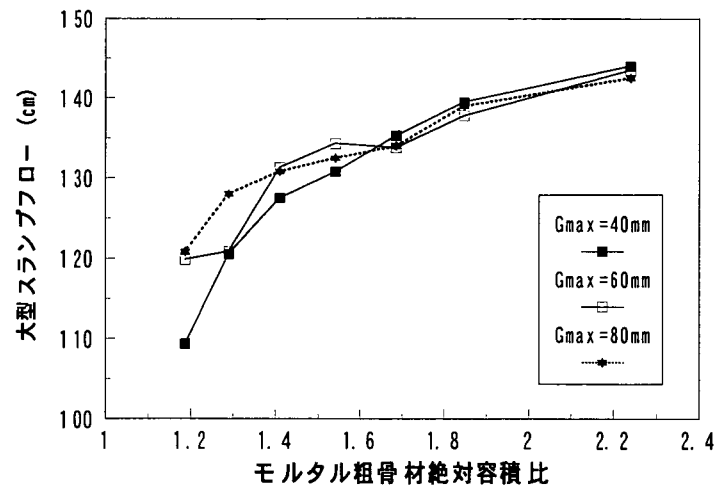


図-2.14 モルタル粗骨材絶対容積比と大型スランプフローの関係

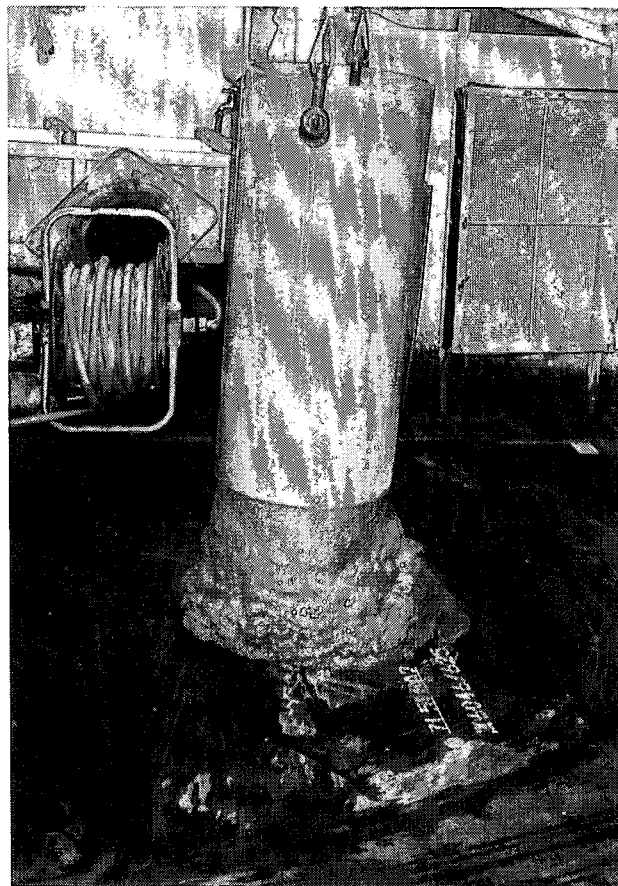


写真-2.5 大型スランプフロー試験状況

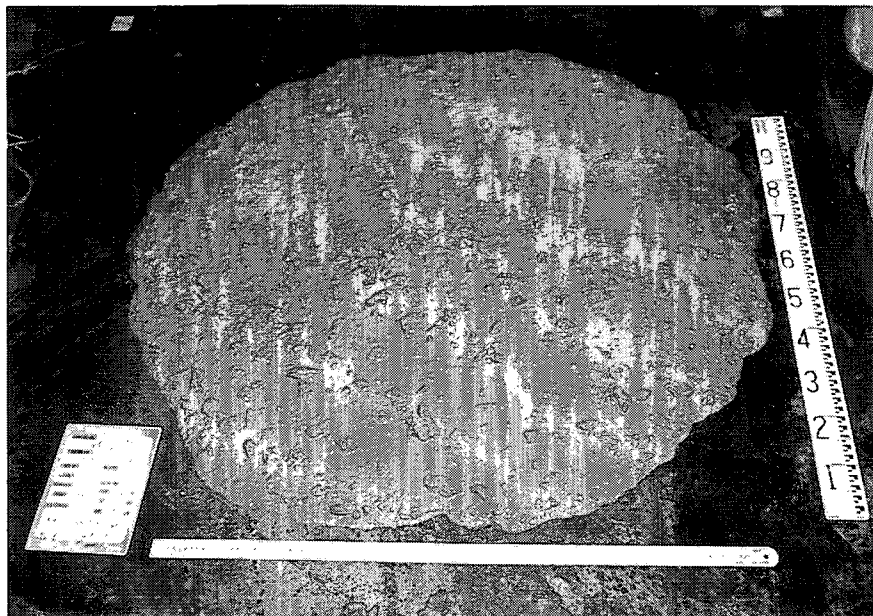


写真-2.6 大型スランプフロー試験後の状況 ($G_{max}=40\text{mm}$, モルタル粗骨材絶対容積比=1.69)

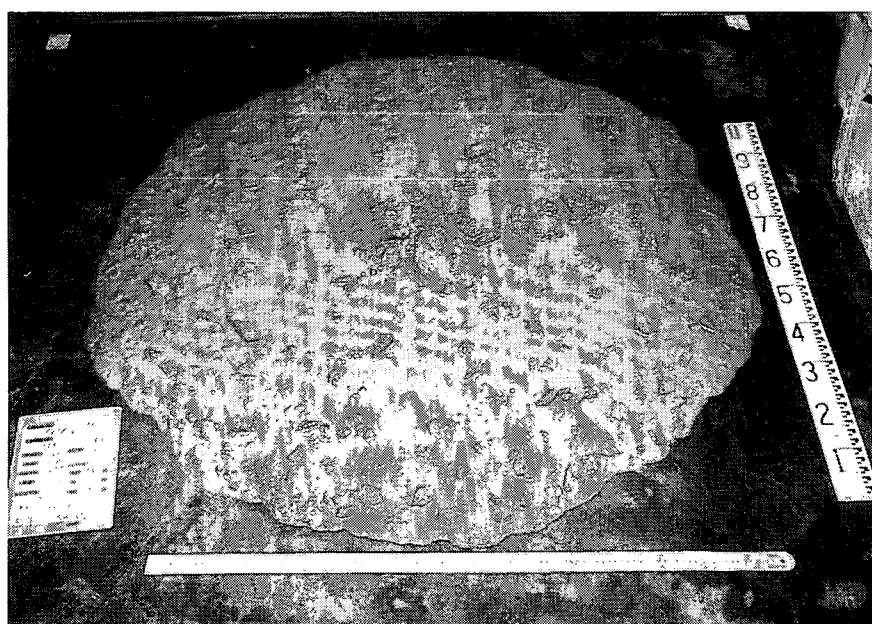


写真-2.7 大型スランプフロー試験後の状況 ($G_{max}=60\text{mm}$, モルタル粗骨材絶対容積比=1.69)

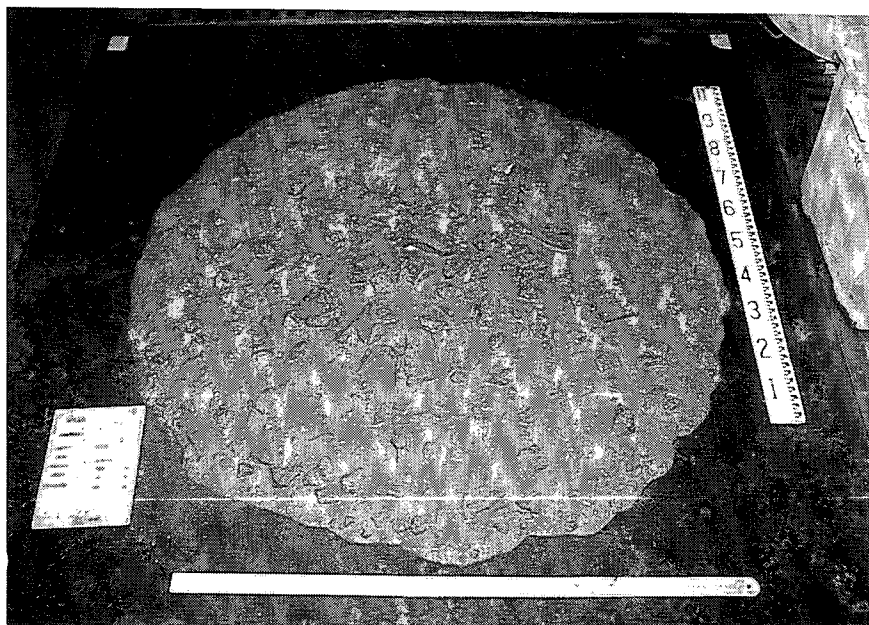


写真-2.8 大型スランプフロー試験後の状況 ($G_{max}=80\text{mm}$, モルタル粗骨材絶対容積比=1.69)

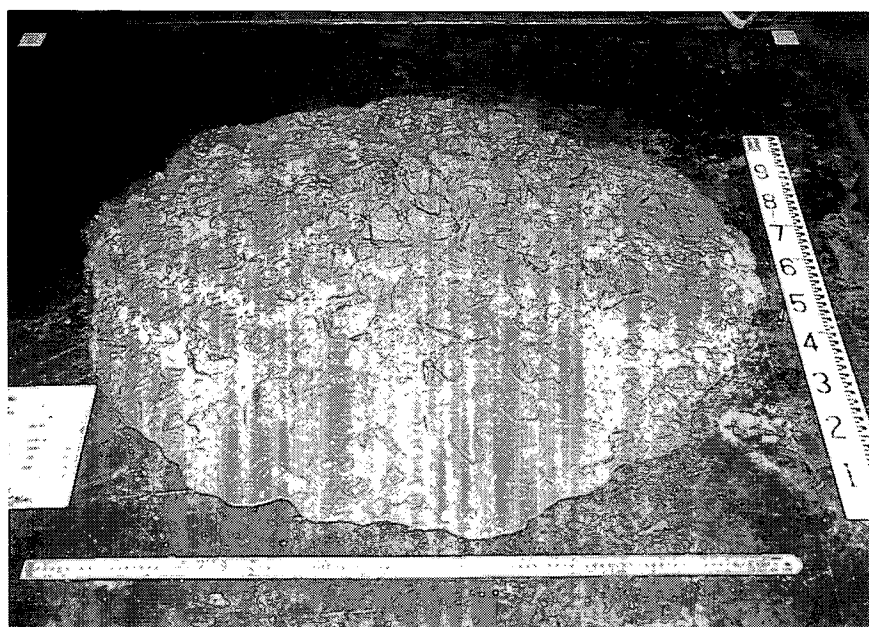


写真-2.9 大型スランプフロー試験後の状況 ($G_{max}=80\text{mm}$, モルタル粗骨材絶対容積比=1.19)

次に、モルタル粗骨材絶対容積比と大型スランプフロー 100cm 到達時間の関係を図-2.15に示す。大型スランプフロー 100cm 到達時間はモルタル粗骨材絶対容積比が 1.41 ～ 2.24 までは大きな変化は見られないが、モルタル粗骨材絶対容積比が 1.41 より小さくなると急激な増加が見られる。なお、粗骨材最大寸法が大型スランプフロー 100cm 到達時間に与える影響は明確には現れていない。

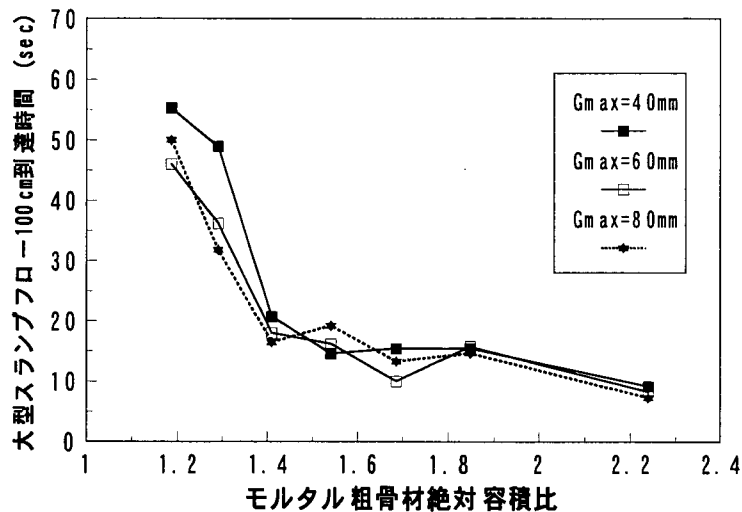


図-2.15 モルタル粗骨材絶対容積比と大型スランプフロー100cm到達時間の関係

次に図-2.16に大型スランプフローと大型スランプフロー 100cm 到達時間の関係を示す。図から、粗骨材最大寸法に関わらず、大型スランプフロー 100cm 到達時間と大型スランプフローとの間には高い相関があることがわかる。また、大型スランプフローが 130cm よりも小さくなると大型スランプフロー 100cm 到達時間が急速に長くなることがわかる。

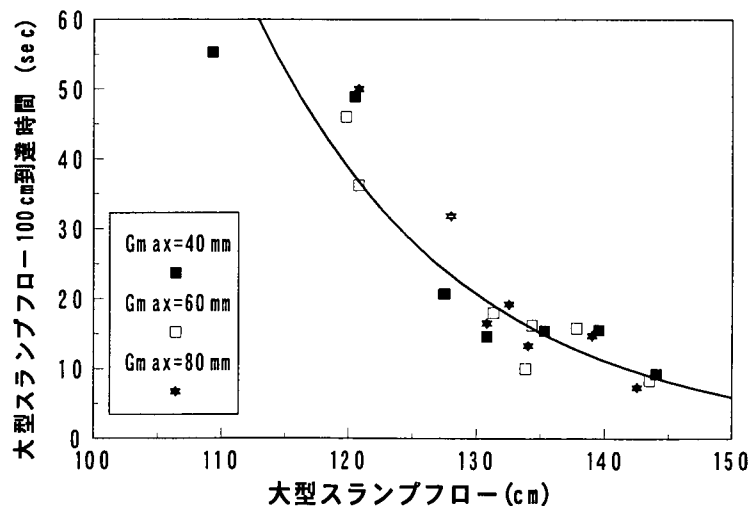


図-2.16 大型スランプフローと大型スランプフロー100cm到達時間の関係

一方、大型スランプフローと標準スランプフロー（40mm フルイでウェットスクリーニングした試料で測定した値）の関係を図-2.17に示す。大型スランプフローと標準スランプフローには高い相関がみられ、目

標とする標準スランプフロー 60cm のときの大型スランプフローは約 130cm であった。

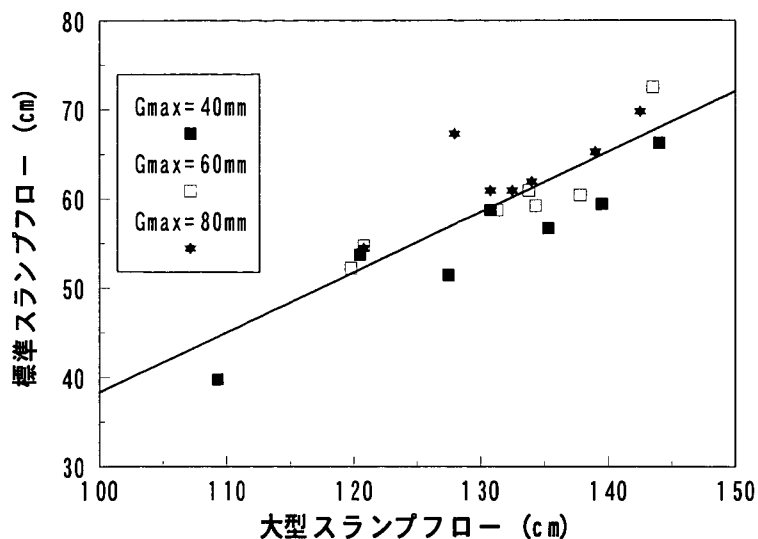


図-2.17 大型スランプフローとスランプフローの関係

(2) 大型L型フロー試験結果

大型L型フロー試験におけるモルタル粗骨材絶対容積比と大型L型フローの関係を図-2.18に示す。モルタル粗骨材絶対容積比が減少するに伴い大型L型フローは低下している。

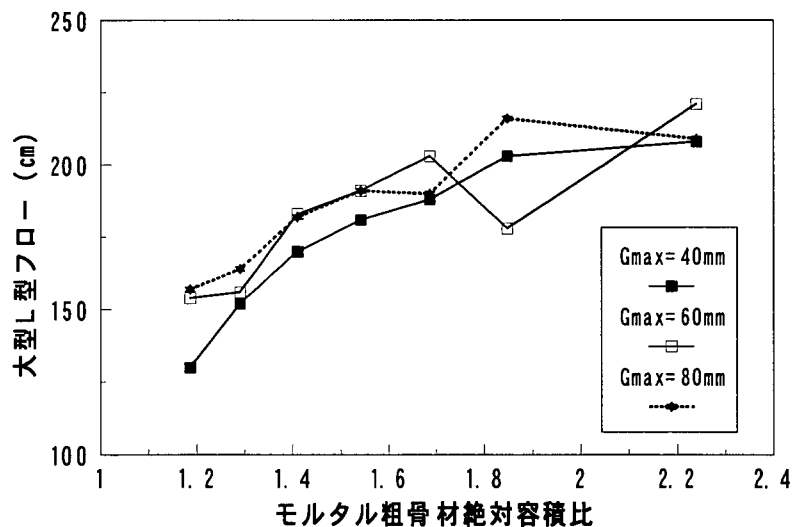


図-2.18 モルタル粗骨材絶対容積比と大型L型フローの関係

次に、モルタル粗骨材絶対容積比と大型L型フロー 100cm 到達時間の関係を図-2.19に示す。モルタル粗骨材絶対容積比が 1.54 ~ 2.24 の範囲では、粗骨材最大寸法によらず同等な流動性を示したが、モルタル粗骨材絶対容積比が 1.41 よりも小さくなると急激に大型L型フロー 100cm 到達時間が長くなった。

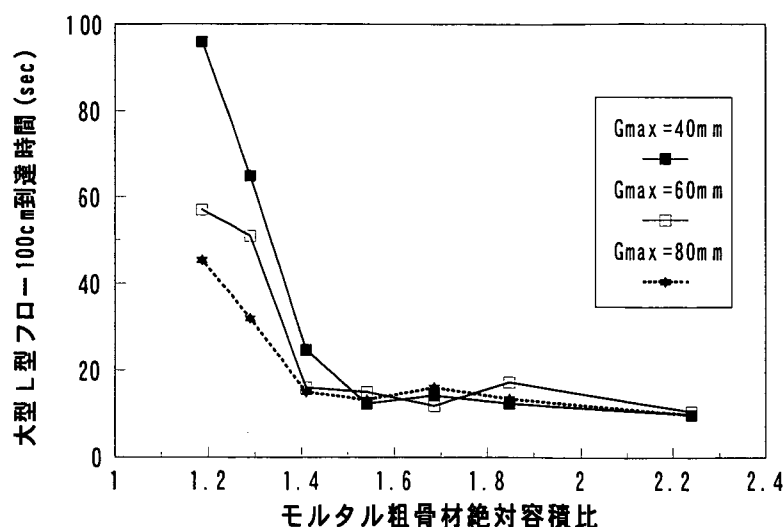


図-2.19 モルタル粗骨材絶対容積比と大型L型フロー100cm到達時間の関係

一方、図-2.20に、大型スランプフローと大型L型フローの関係を示す。図から粗骨材最大寸法に関わらず大型スランプフローと大型L型フローの間には高い相関があることがわかる。

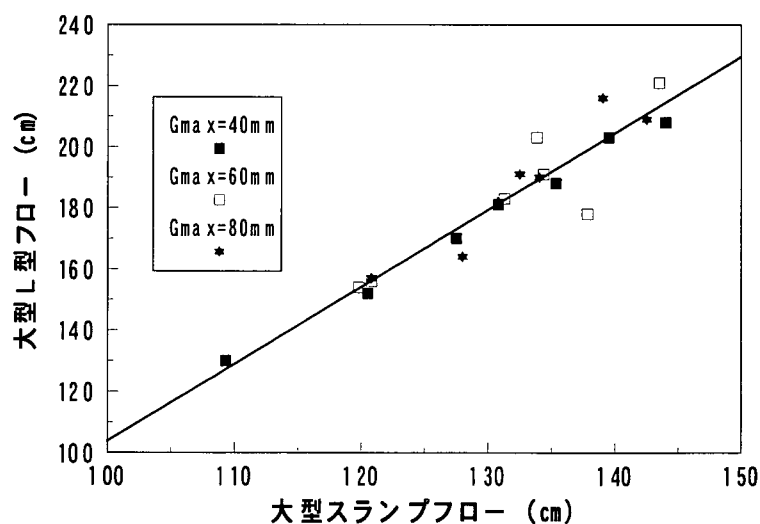


図-2.20 大型スランプフローと大型L型フローの関係

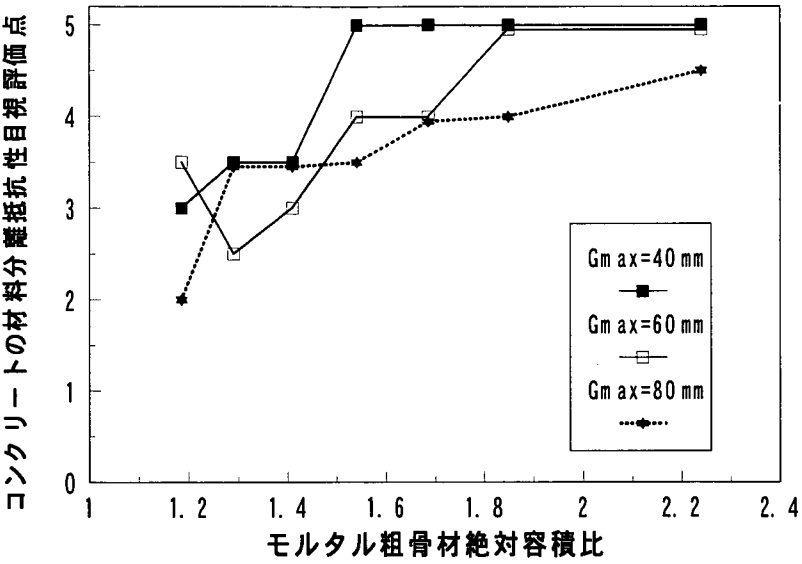
2.4.3 材料分離抵抗性の実験結果

1) フレッシュコンクリート

大型スランプフロー試験の後にコンクリートの材料分離抵抗性を調査した。

図-2.21に、モルタル粗骨材絶対容積比と材料分離抵抗性目視評価点の関係を示す。粗骨材最大寸法 40mm の場合には、モルタル粗骨材絶対容積比が 1.54 ~ 2.24 までは安定して高い材料分離抵抗性を示すが、粗骨材最大寸法が 60mm、80mm と大きくなるに従い、モルタル粗骨材絶対容積比が 1.54 ~ 2.24 の範囲内では材料分離抵抗性目視評価点が下がる傾向にある。この結果から材料分離の傾向は骨材の最大寸法が大きくな

るほど大きい傾向にあることがわかる。なお、モルタル粗骨材絶対容積比が 1.41 以下の配合ではフロー試験容器を引き上げたときにコンクリートが崩れる傾向があった。



図－2.21 モルタル粗骨材絶対容積比と材料分離抵抗性目視評価点の関係

次に、大型スランプフロー試験後に、フロー中心部と周縁部の骨材の分布状態を調べるためにコンクリートの洗い試験を行った。洗い試験の試料は写真－2.10に示す円形の仕切板で分割して採取した。

試験結果を粗骨材最大寸法ごとに図－2.22(a)、(b)、(c)に示す。ここで図の縦軸は、モルタルに対する粗骨材の質量割合を中心部と周縁部の比で表したもので、その比率が1の場合に骨材が均等に分布していることを表す。図から、全体の傾向として 5mm ～ 40mm の粗骨材は分離が少なく、40mm 以上の粗骨材に分離が生じていることがわかる。また、粗骨材最大寸法が大きくなるほど分離の傾向が現れている。

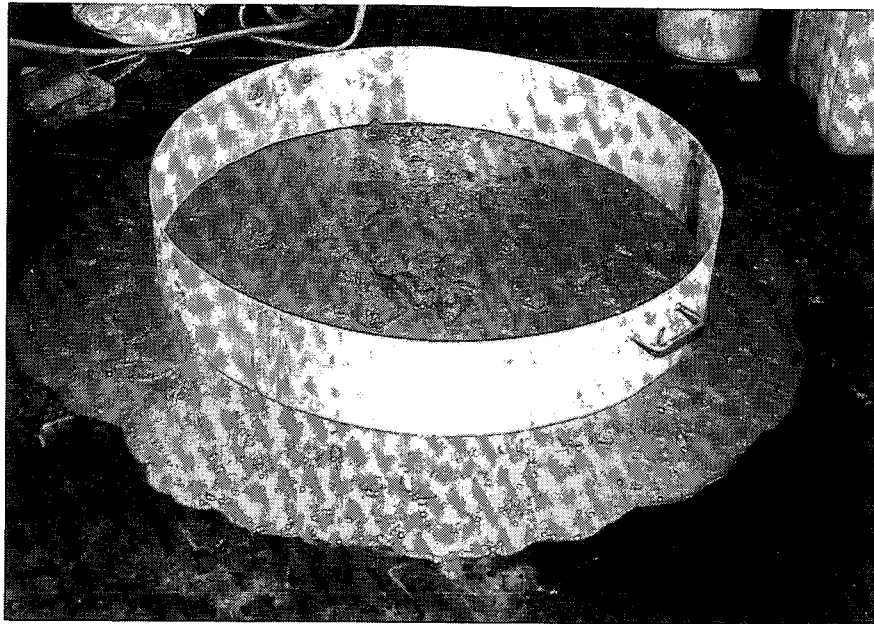


写真-2.10 コンクリートの洗い試験試料採取状況

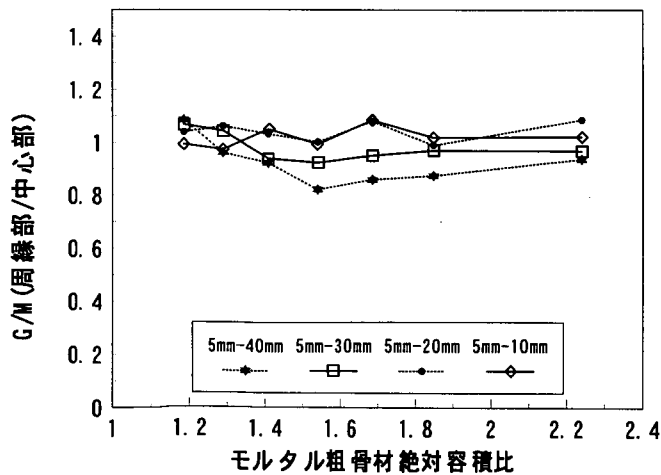


図-2.22(a) モルタル粗骨材絶対容積比と粗骨材の分離度の関係 ($G_{max}=40mm$)

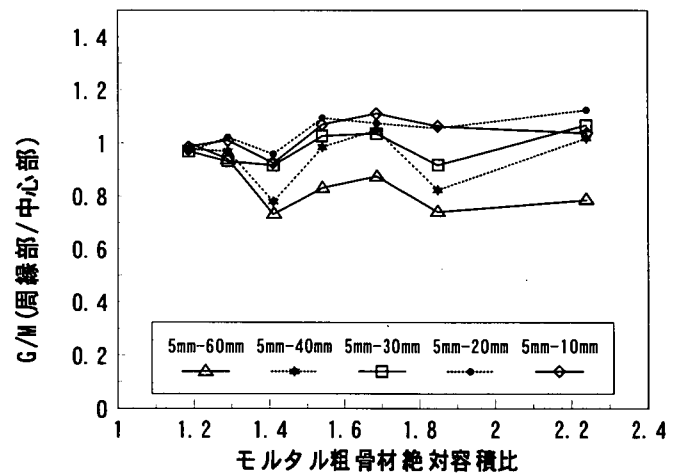


図-2.22(b) モルタル粗骨材絶対容積比と粗骨材の分離度の関係 ($G_{max}=60mm$)

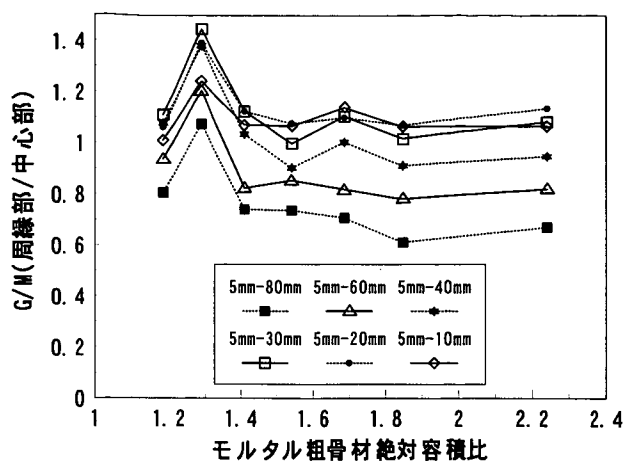


図-2.22(c) モルタル粗骨材絶対容積比と粗骨材の分離度（ $G_{max}=80mm$ ）

2) 標準供試体の外観観察結果

ここでは、粗骨材最大寸法 40mm の高流動コンクリートの自己充填性を調べるため、直径 15cm × 高さ 30cm の標準供試体作製用モールドにコンクリートを打設し、硬化後に型枠を脱型して供試体表面の状態を観察した結果を示す。

観察は、突き棒での突固めを行った供試体を 1 本と、突固めを行わない供試体 3 本の合計 4 本に対して実施した。突き棒で突固めを行った供試体は、試料を 3 層に分けて投入し、1 層あたり 15 回の突固めを行った。また、突固めを行わない供試体は、試料を連続的に一括投入した。モルタル粗骨材絶対容積比毎に標準供試体の外観を写真-2.11~2.14に示す。なお、一番右側の供試体は突固めを行った供試体である。

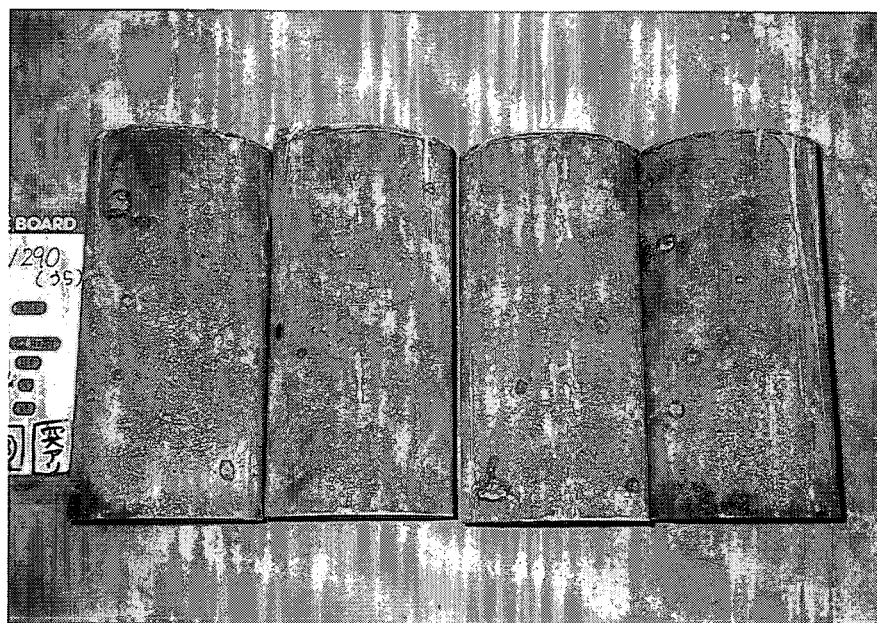


写真-2.11 供試体肌面状況 ($G_{max}=40\text{mm}$ 、モルタル粗骨材絶対容積比=2.24)

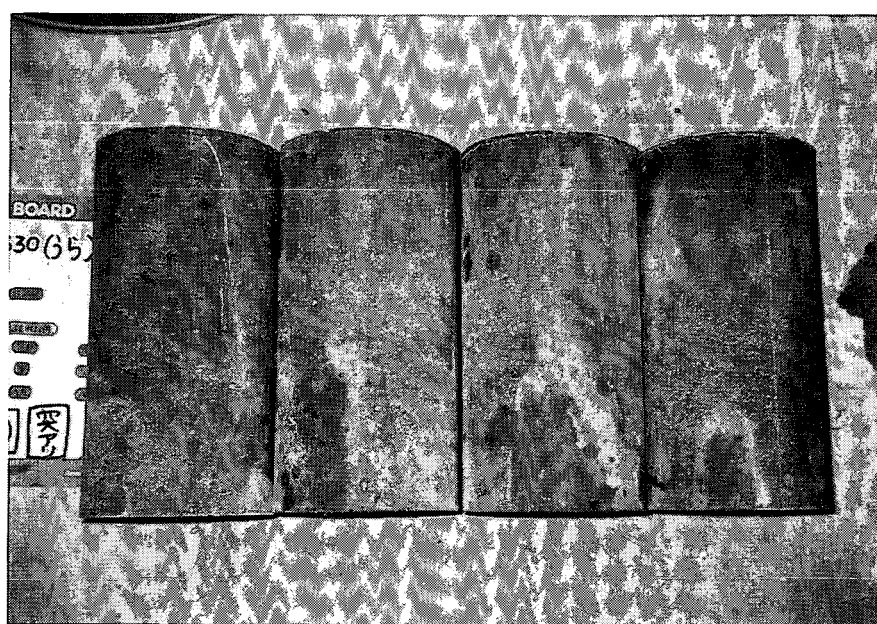


写真-2.12 供試体肌面状況 ($G_{max}=40\text{mm}$ 、モルタル粗骨材絶対容積比=1.85)



写真－2.13 供試体肌面状況 ($G_{max}=40\text{mm}$ 、モルタル粗骨材絶対容積比=1.54)



写真－2.14 供試体肌面状況 ($G_{max}=40\text{mm}$ 、モルタル粗骨材絶対容積比=1.29)

モルタル粗骨材絶対容積比が 1.54 ～ 2.24 の供試体には微少な気泡が若干みられるが、突固めを行わない場合でも突固めを行った供試体外観状態に比べて遜色は認められない。しかし、モルタル粗骨材絶対容積比が 1.29 の供試体にはジャンカの発生が見られる。これより、モルタル粗骨材絶対容積比が 1.29 ～ 1.54 の間にコンクリートの自己充填性が失われる限界が存在するものと考えられる。このことは、図-2.15のモルタル粗骨材絶対容積比と大型スランプフロー 100cm 到達時間の関係と、図-2.19のモルタル粗骨材絶対容積比と大型L型フロー 150cm 到達時間の関係から、モルタル粗骨材絶対容積比が 1.41 よりも小さくなると、流動性の低下がみられることから推察することができる。

図-2.23に、水中養生を行った標準供試体の材齢 28 日における一軸圧縮強度を示す。モルタル粗骨材絶対容積比が 1.54 の配合で一軸圧縮強度が低下しているが、モルタル粗骨材絶対容積比が 1.54 ～ 2.24 の範囲では、一軸圧縮強度は突固めの有無に関わらずほぼ一定している。しかし、モルタル粗骨材絶対容積比が 1.29 では、突固めを行わない供試体は突固めを行った供試体に比べ、約 24%程度強度が低下している。

上述の結果から、自己充填性を確保するためには、モルタル粗骨材絶対容積比を概ね 1.5 以上とすることが必要と考えられる。

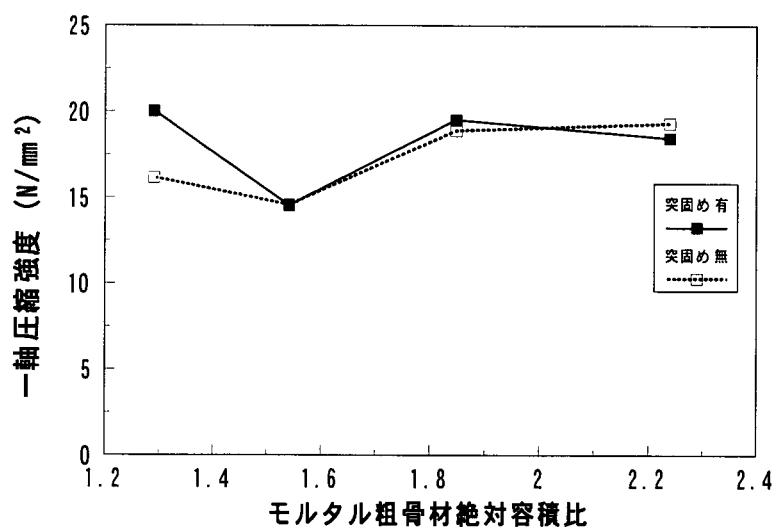


図-2.23 モルタル粗骨材絶対容積比と一軸圧縮強度の関係

3. まとめ

材料分離抵抗性と流動性が良好な高流動コンクリートを得るための配合設計方法、および骨材寸法を大きくした場合の高流動コンクリートの流動性、材料分離抵抗性を室内実験によって調査した。実験結果から得られた成果をまとめると下記のとおりである。

- 1) フレッシュコンクリートの材料分離抵抗性と流動性を評価する方法として、モルタルフロー試験、スランプフロー試験（標準および大型スランプフロー試験）、大型L型フロー試験、洗い試験、材料分離抵抗性目視評価点法が有効であることがわかった。ただし、材料分離抵抗性の評価方法（洗い試験、材料分離抵抗性目視評価点法）は骨材寸法と試験規模（試料の量）の関係によってその評価が異なってくることも考えられるため、試験仕様については今後もさらに検討が必要である。
- 2) 単位モルタル容積（または、単位粗骨材絶対容積）が一定の下でペースト細骨材絶対容積比を大きくすると、スランプフロー、大型L型フローおよび流動速度が大きくなるが、あるペースト細骨材絶対容積比以上になるとフローおよび流動速度が収束する。なお、今回の配合および材料条件では、フライアッシュ置換率が流動性および材料分離抵抗性に及ぼす影響は認められなかった。
- 3) 粗骨材最大寸法とペースト細骨材絶対容積比が一定の条件で、モルタル粗骨材絶対容積比を小さくすると、流動性と材料分離抵抗性が低下する。なお、今回の配合条件で良好な流動性と材料分離抵抗性を満たすモルタル粗骨材絶対容積比は概ね 1.5 以上であった。
- 4) 骨材最大寸法 40mm、60mm、80mm の高流動コンクリートを比較した場合、モルタル粗骨材絶対容積比が概ね 1.4 より大きい範囲では骨材最大寸法の影響は認められないが、モルタル粗骨材絶対容積比が概ね 1.4 より小さくなると骨材最大寸法が大きい方が大型スランプフローが大きくなる傾向にある。

(1) 今回の検討で実施した試験方法と手順

今回の検討で実施した各種試験の手順を以下に示す。

1. モルタルフロー試験 (JIS R 5201に準拠)

- (1) 練り鉢にセメント、フライアッシュ、増粘剤、砂の順に投入し、1分間の空練りを行った。
- (2) 混和剤を添加した水を投入し、4分間の練混ぜを行った。
- (3) 練混ぜ直後および練混ぜ30分後のモルタル温度を測定した後、フロー試験を行った。
- (4) 乾燥した布でよくぬぐったフローテーブルの中央にフローコーンをのせた。
- (5) さじを使用し、コーンにモルタルを2層に分けてつめた。各層は突き棒の先端がその層の約1/2の深さまで入るように、全面にわたっておのおの15回突いた。
- (6) 不足分を補って表面をへらでならした。
- (7) フローコーンを上方へ取り去った。
- (8) 0打モルタルフロー

フロー停止後(約1分間)、ノギスでモルタルの広がり直径を、最大方向とこれに直角な方向の2ヶ所でmm単位まで測定し、その平均値を整数で表しこれをフロー値とした。

15打モルタルフロー

0打モルタルフロー測定後、ハンドルを回し15秒間に15回の落下運動を与え、フロー停止後0打モルタルフローと同じ要領でフロー値を測定した。

- (9) 15打モルタルフロー後、単位容積質量測定のため試料を採取した。
- (10) 試料は、へらを用いて周縁部と中心部から採取し、真鍮製の容器(約60cc)につめた。
- (11) 試料の上面を容器の上面に合わせ、へらで平らに仕上げた後、質量を測定した。
- (12) フロー試験は2回行い、その平均値をとった。

2. コンクリートのスランプフロー試験 (JSCE-F 503に準拠)

- (1) 試料は、練板上のコンクリートの3ヶ所以上から採取し、スランプコーンに投入した。
- (2) Gmax60mm、80mmのコンクリートについては40mmフルイでウェットスクリーニングを行ってからスランプコーンに試料を投入した。
- (3) スランプコーンは内面を湿布でふいて、水平に設置した鉄板上におき、動かないようにした。
- (4) 小スコップを使用し、試料をスランプコーンにつめた。この際、突固めは行わなかった。
- (5) 試料の上面をスランプコーンの上面に合わせて平らに仕上げた。
- (6) スランプコーンを静かに鉛直に引き上げた。スランプコーンを引き上げる時間は2～3秒とした。
- (7) スランプコーンを引き上げ始めてから、コンクリートの先端部が直径50cmの円に到達するまでの時

間（スランプフロー 50cm 到達時間）を測定した。測定は、最初に 50cm の円に到達した時間と、これに
対面する位置で 50cm の円に到達した時間を測定し、その平均値をスランプフロー 50cm 到達時間と
した。ここで、実験中に測定が困難な場合には、実験後ビデオで確認した。

- (8) フロー停止後（約 5 分後）にスランプとスランプフローを測定した。

スランプフロー測定には、測定用補助器具（L 型鋼）を使用し、コンクリートの広がり直径を、最大
方向とこれに直角な方向の 2 ヶ所で、0.5cm 単位で測定した。

- (9) スランプフロー値は 2 ヶ所で測定した平均値を小数第 2 位を四捨五入した。

- (10) コンクリートの広がり形状が著しく不均等になった場合は、別の試料によって再試験を行った。

3. 大型スランプフロー試験

- (1) 試料の採取は、練板上のコンクリートの 3 ヶ所以上から採取し、一旦バケツに入れてからスランプコーンに試料を投入した。

- (2) スランプコーンを水平に設置した鉄板上におき、動かないようにした。

- (3) 先端部を切断したカラーコーンを用い、コンクリートを静かに投入した。打設用シュート筒先の高さは、常にコンクリート面から 20cm 程度とした。

- (4) 試料をスランプコーンの両側にある、穴の下部（コーン底部から 60cm）まで投入した。

- (5) 試料の上面を平らに仕上げた。

- (6) スランプコーンの両側にある穴に、シャックルとワイヤーロープを取り付け、クレーンのフックにワイヤーを掛けた。

- (7) コーンのセンターとフックの位置が一致したことを確認した後、スランプコーンをクレーンで鉛直に引き上げた。スランプコーンを引き上げる速度は、約 12cm/sec とした。

- (8) スランプコーンを引き上げ始めてから、コンクリートの先端部が直径 100cm の円に到達するまでの時間（スランプフロー 100cm 到達時間）を測定した。測定は、直径 100cm の円上の 4 点に到達した時間を測定し、その平均値をスランプフロー 100cm 到達時間とした。ここで、実験中に測定が困難な場合には、実験後ビデオで確認した。

- (9) フロー停止後（約 5 分後）にスランプとスランプフローを測定した。

スランプフローの測定には、測定用補助器具（L 型鋼）を使用し、コンクリートの広がり直径を、最大方向とこれに直角な方向の 2 ヶ所で、0.5cm 単位で測定した。

- (10) スランプフロー値は 2 ヶ所で測定した平均値を、小数第 2 位を四捨五入した。

4. 大型スランプフロー試験における洗い試験

- (1) 仕切板は、フロー平均値を 0.7 倍した値を四捨五入して 10cm 単位で丸めた値と同じ直径のものを使用した。

- (2) メジャーで位置を決め、コンクリートに仕切板を回しながら差し込んだ。この時、仕切板が骨材を挟まないように注意した。

- (3) 仕切板外側の試料をバケツに入れ、質量を 1g まで測定した。
- (4) 試料を、5,10,20,30,(40),(60)mm の各フルイで水洗いした。
- (5) フルイに残留した粗骨材の水分を乾布で拭き取り、表乾状態にしてから粗骨材質量を測定した。
- (6) 仕切板内側の試料についても、同様な手順で測定を行った。

5. 大型 L 型フロー試験

- (1) 試料の採取は、練板上のコンクリートの 3ヶ所以上から採取し、一旦バケツにいれてから試料を試験容器に投入した。
- (2) L 型フロー試験容器を水平に設置し、貯留槽に仕切板を入れた。
- (3) 先端部を切断したカラーコーンを用い、コンクリートを静かに投入した。打設用シュート筒先の高さは、常にコンクリート面から 20cm 程度とした。
- (4) 試料を貯留槽上面まで投入し、コンクリート表面を平らに仕上げた。
- (5) 貯留槽の仕切板にロープを掛けた後、クレーンで鉛直に引き上げた。
仕切板を引き上げる速度は、約 12cm/sec とした。
- (6) 仕切板を引き上げ始めてから、流動中のコンクリートの先端部が 100cm、または 150cm に到達するまでの時間（L 型フロー到達時間）を測定した。
- (7) フロー停止後（約 10 分後）にフロー停止距離を測定した。

6. L 型フロー試験におけるコンクリートの洗い試験（Gmax=40mm）

- (1) 貯留槽内の試料全量と、流動先端部から 30cm の区間の試料全量の 2ヶ所から採取した。
- (2) 各採取ヶ所のコンクリートをバケツに入れ、質量を 1g まで測定した。
- (3) 試料を、5mm、20mm の各フルイで水洗いした。
- (4) フルイに残留した粗骨材の水分を乾布で拭き取り、表乾状態にしてから粗骨材質量を測定した。

[付 録]

(2) データ集

増粘剤添加率選定の試験結果

W/P (%)	Vp/Vs	SP (%)	AE (A)	V (%)	30 分後		中心部質量 (g)	周縁部質量 (g)	単位容積質量(g/cm ³)		単位容積 質量比(%)	目視 評価	備 考
					0 打フロー	15 打フロー			中心部	周縁部			
50	0.9	1.4	0	0	248 × 243	272 × 269	130.0	127.5	2.144	2.103	98.1	1	中心部に砂偏在。ペースト 分離大。周縁盛り上がり無
					250 × 247	275 × 269	133.5	131.1	2.201	2.162	98.2		
				0.1	250 × 247	269 × 266	140.7	136.5	2.320	2.251	97.0	2	V=0%に比べ分離激減。打 撃により分離が大
					254 × 248	266 × 264	138.2	134.1	2.279	2.211	97.0		
				0.2	249 × 248	269 × 269	137.0	137.4	2.259	2.266	100.2	2	若干中心に砂が偏在。打撃 により周縁部分離。
					261 × 260	278 × 275	138.6	137.0	2.286	2.259	98.8		
				0.3	252 × 248	267 × 264	135.0	135.4	2.226	2.233	100.3	5	性状良好
					258 × 255	273 × 271	136.9	138.0	2.258	2.276	100.8		
				0.4	244 × 243	259 × 258	134.4	134.5	2.216	2.217	100.0	5	分離はないが流動が遅い。
					248 × 240	264 × 255	135.6	135.7	2.236	2.238	100.1		
				0.5	233 × 228	242 × 240	133.4	134.6	2.200	2.220	100.9	5	流動性に欠ける。練り混ぜ 時にかなり硬い。
					230 × 226	248 × 245	134.7	135.2	2.221	2.229	100.4		

試験結果一覧 (Vp/Vsを変化)

シリーズ	ベ-スト 細骨材 容積比 Vp/Vs	品質試験結果																			目視評価点		
		L型70-試験結果												スランプ70-試験		モルタル70-試験							
		粗骨材率				流動 勾配 (%)	高低差 (cm)	50cm 到達時間 (sec)	100cm 到達時間 (sec)	150cm 到達時間 s (距離)	50-100cm 移動速度 (cm/s)	平衡荷重読値		70-値 (cm)	50cm 到達時間 (sec)	70-値 0打 (mm)	単位重量						
		供給槽 (%)	中間部 (%)	先端部 (%)	設計 (%)							元荷重 (kgf)	先荷重 (kgf)				中心 (g/cm³)	周縁 (g/cm³)	単重比 (%)				
FA=30% C/P=70%	0.8	40.1	39.7	42.9	38.8	8.1	14.5	3.4	31.7	149.0 cm	1.77	77.0	41.6	55.0	38.6	218	2.089	2.110	101.0	7.9	4.5	5	
	0.85	42.9	39.0	39.6	38.9	4.7	8.5	2.8	18.0	130.5	3.29	70.4	50.2	56.8	31.8	202	2.089	2.095	100.3	7.5	4	4	
	0.9	38.0	41.4	46.0	39.0	3.6	6.6	2.4	13.6	77.7	4.46	69.9	52.6	59.8	17.3	264	2.136	2.122	99.3	6.6	4	3.5	
	0.95	43.8	40.1	39.0	39.2	2.1	3.7	1.7	6.9	27.5	9.62	64.4	53.8	65.0	6.2	269	2.039	2.013	98.7	8.0	3	3	
	1.0	41.9	42.3	47.9	39.3	3.1	5.6	2.1	9.2	45.1	7.04	68.2	54.3	67.0	6.7	282	2.125	2.122	99.9	5.0	3.5	3	
	1.1	46.3	45.0	43.9	39.5	2.4	4.4	2.1	12.9	59.8	4.63	68.4	54.2	67.5	7.0	285	2.183	2.139	98.0	3.4	2.5	3	
FA=40% C/P=60%	0.8	39.5	38.9	41.3	38.9	10.3	16.5	7.2	58.5	130.0 cm	0.97	82.5	41.1	51.3	55.0	197	2.101	2.151	102.4	5.0	4	4	
	0.85	38.8	41.5	43.4	39.0	8.1	14.5	5.0	36.8	148.0 cm	1.57	76.3	47.2	59.3	24.2	219	2.145	2.125	99.1	4.1	4	4	
	0.9	38.0	41.4	46.6	39.2	4.6	8.3	3.0	18.6	129.2	3.21	71.8	50.9	58.5	19.0	243	2.122	2.134	100.6	4.9	3.5	3	
	0.95	40.1	41.4	48.4	39.3	3.6	6.5	2.4	13.1	72.4	4.67	70.3	54.4	66.0	8.8	262	2.169	2.154	99.3	4.0	3	3	
	1.0	42.7	44.1	38.7	39.4	1.7	3.1	1.8	9.6	46.6	6.41	67.9	55.2	66.3	8.0	257	2.157	2.169	100.6	4.3	3	3	
	1.1	47.3	44.4	36.8	39.7	1.8	3.2	2.5	8.5	24.8	8.33	67.9	55.7	67.5	8.6	290	2.195	2.157	98.3	2.3	2.5	3	
FA=50% C/P=50%	0.8	39.6	41.5	44.6	39.0	11.6	17.2	6.1	77.5	118.0 cm	0.70	85.0	36.4	51.8	65.5	182	2.081	2.075	99.7	5.8	4	4.5	
	0.85	40.4	43.4	49.2	39.2	7.8	13.5	3.7	34.7	143.5 cm	1.61	75.3	45.5	59.0	21.0	227	2.037	2.037	100.0	7.9	4	4	
	0.9	45.2	43.6	41.9	39.3	3.6	6.5	2.0	12.0	69.0	5.00	68.8	50.7	63.5	11.7	228	2.060	2.072	100.6	7.9	3.5	4	
	0.95	42.3	43.7	46.8	39.4	3.1	5.5	2.4	13.7	76.2	4.42	68.5	51.7	65.3	6.0	250	2.081	2.087	100.3	7.0	3.5	3	
	1.0	43.4	41.7	45.1	39.6	2.5	4.5	2.0	10.3	50.2	6.02	68.0	55.0	64.8	7.4	265	2.160	2.157	99.9	3.6	3	3	
	1.1	46.8	43.1	36.9	39.8	1.7	3.0	2.1	8.0	22.6	8.47	66.6	55.8	64.0	8.2	269	2.195	2.160	98.4	2.4	3	3	
FA=70% C/P=30%	0.8	-	-	-	-	-	-	4.6	22.6	90.5	2.78	-	-	55.8	40?	222	2.139	2.144	100.2	4.3	5	5	
	0.9	-	-	-	-	-	-	2.9	10.5	41.0	6.58	-	-	63.3	13.4	259	2.149	2.154	100.2	3.0	4	4	
	1.0	-	-	-	-	-	-	2.5	7.2	19.0	10.64	-	-	64.5	12.6	291	2.200	2.154	97.9	1.9	3	2	
	1.1	-	-	-	-	-	-	2.5	5.2	12.5	18.52	-	-	66.3	5.7	300	2.190	2.137	97.6	1.6	1.5	2	

コンシステンシー試験結果 (Vp/Vsを変化)

配合名	Vp/Vs	モルタルフロー試験				標準スランプフロー試験		
		0打フロー(mm)	平均(mm)	15打フロー(mm)	平均(mm)	スランプ(cm)	フロー(cm)	平均(cm)
FA30-Gmax40-VmVp1.85	0.80	218 × 217	218	246 × 235	241	23.5	57.5 × 52.5	55.0
	0.85	203 × 201	202	241 × 237	239	23.5	58.0 × 55.5	56.8
	0.90	268 × 259	264	277 × 275	276	23	61.5 × 58.0	59.8
	0.95	269 × 269	269	287 × 283	285	24.5	66.5 × 63.5	65.0
	1.00	282 × 282	282	300 × 300	300	25	68.5 × 65.5	67.0
	1.10	286 × 283	285	292 × 292	292	25	70.0 × 65.0	67.5
FA40-Gmax40-VmVp1.85	0.80	201 × 192	197	230 × 219	225	23	51.5 × 51.0	51.3
	0.85	221 × 216	219	242 × 238	240	24.5	61.5 × 57.0	59.3
	0.90	244 × 242	243	265 × 264	265	23.5	61.0 × 56.0	58.5
	0.95	264 × 260	262	274 × 273	274	24	68.0 × 64.0	66.0
	1.00	257 × 256	257	280 × 280	280	24	66.5 × 66.0	66.3
	1.10	292 × 287	290	300 × 295	298	25	68.0 × 67.0	67.5
FA50-Gmax40-VmVp1.85	0.80	182 × 181	182	216 × 215	216	23	53.0 × 50.5	51.8
	0.85	229 × 224	227	252 × 246	249	24.5	60.5 × 57.5	59.0
	0.90	228 × 228	228	259 × 255	257	24.5	64.0 × 63.0	63.5
	0.95	252 × 248	250	284 × 271	278	24.5	65.5 × 65.0	65.3
	1.00	266 × 264	265	285 × 284	285	25	67.0 × 62.5	64.8
	1.10	269 × 269	269	286 × 286	286	24	65.0 × 63.0	64.0

試験結果一覧 (Vm/Vgを変化①)

粗骨材 最大 寸法 Gmax (mm)	モルタル 粗骨材 絶対 容積比 Vm/Vg	品質試験結果																									
		L型ﾌﾛｰ試験結果							標準ｽﾗﾌﾞﾌﾛｰ試験			モﾙﾀﾙﾌﾛｰ試験						空気量(%)				目視評価点					
		流動 勾配 (%)	高低 差 (cm)	50cm 到達時間 (sec)	100cm 到達時間 (sec)	150cm 到達時間 (sec)	50-100cm 移動速度 (cm/s)	ﾌﾛｰ停止 距離 (cm)	ｽﾗﾌﾞ (cm)	ﾌﾛｰ値 (cm)	50cm 到達時間 (sec)	ﾌﾛｰ値(mm)		単位容積質量				換算前		換算後		ｺﾝｸﾘｰﾄ			モﾙ ﾀﾙ		
												0打	15打	周縁部 (g/cm³)	中央部 (g/cm³)	単質比 (%)	設計 (g/cm³)	①	②	①	②	大型	標準	L型			
40	2.24	5.0	12.0	3.0	9.8	41.6	7.35	208	25.5	66.3	11.9	241.5	266.0	2.155	2.152	100.1	2.225	6.1	5.1					5	4.5	5	5
	1.85	5.3	12.5	3.2	12.3	49.1	5.49	203	23.0	59.5	18.0	248.0	269.0	2.176	2.196	99.1	2.225	4.4	4.3					5	4	5	5
	1.69	5.7	12.6	3.3	14.2	63.8	4.59	188	22.5	56.8	20.0	222.0	258.5	2.098	2.091	100.3	2.225	5.6	5.0					5	3.5	5	5
	1.54	6.5	14.0	3.3	12.3	55.0	5.56	181	23.5	58.8	28.0	248.5	269.5	2.070	2.078	99.6	2.225	6.0	5.1					5	3	5	5
	1.41	7.6	15.5	6.0	24.7	102.1	2.67	170	22.0	51.5	50.0	242.5	262.0	2.126	2.124	100.1	2.225	5.0	4.8					3.5	2	5	4.5
	1.29	9.6	17.8	18.7	64.9	332.0	1.08	152	22.5	53.8	42.2	237.0	268.0	2.205	2.193	100.5	2.225	3.6	3.5					3.5	3	5	5
	1.18	10.1	16.4	25.8	96.0		0.71	130	19.5	39.8	-	234.5	267.0	2.101	2.116	99.3	2.225	5.2	3.9					3	1	2	5
60	2.24	4.5	11.5	3.3	10.5	35.6	6.94	221	24.0	72.5	6.4	251.0	277.5	2.180	2.188	99.6	2.225	4.0	3.3	3.7	3.1			5	4	5	5
	1.85	5.9	12.5	3.5	17.2	86.7	3.65	178	25.0	60.5	19.0	224.0	257.5	2.190	2.203	99.4	2.225	4.9	4.4	4.5	4.1			5	4	5	5
	1.69	5.6	13.3	3.1	11.8	50.2	5.75	203	25.0	61.0	19.0	236.0	256.0	2.132	2.119	100.6	2.225	6.7	6.1	6.2	5.6			4	5	5	5
	1.54	6.3	14.0	4.0	15.0	67.0	4.55	190.5	24.5	59.3	20.3	248.5	269.5	2.093	2.081	100.6	2.225	6.0	5.2	5.5	4.8			4	4.5	5	5
	1.41	6.5	14.0	5.0	16.0	67.0	4.55	183	23.0	58.8	20.0	243.0	261.0	2.172	2.173	100.0	2.225	5.7	4.8	5.2	4.4			3	3	4	4.5
	1.29	9.0	17.0	14.1	51.0	209.1	1.36	156	21.5	54.8	34.5	247.5	273.0	2.203	2.206	99.9	2.225	2.9	2.3	2.6	2.1	2.5		3	5	5	5
	1.18	8.9	16.7	16.5	57.0	230.8	1.23	154	22.5	52.3	60.0	222.5	249.0	2.137	2.127	100.5	2.225	4.6	3.3	4.2	3.0	3.5	2.5	3		4	
80	2.24	4.9	11.8	2.9	9.8	40.6	7.25	209	25.5	69.8	10.0	261.0	275.0	2.175	2.180	99.8	2.225	4.7	4.0	4.3	3.6	4.5		5	5	5	4.5
	1.85	5.3	13.1	3.8	13.4	44.4	5.21	216	23.5	65.3	12.5	282.5	300.0	2.188	2.221	98.5	2.225	5.0	3.6	4.5	3.2	4		4	4	5	4
	1.69	6.3	14.0	4.5	16.0	62.0	4.35	190	25.0	62.0	14.7	238.0	260.0	2.187	2.183	100.2	2.225	5.9	5.6	5.2	5.0	4		4	4	5	4.5
	1.54	6.1	13.6	4.1	13.2	53.2	5.49	191	24.0	61.0	12.9	242.5	268.0	2.103	2.106	99.9	2.225	6.6	5.6	5.8	4.9	3.5		4	4	5	4
	1.41	6.8	14.7	5.0	15.0	63.0	5.00	182	23.5	61.0	12.8	245.5	266.5	2.131	2.111	100.9	2.225	5.8	5.1	5.1	4.5	3.5	3.5	4		1.65	
	1.29	7.6	14.9	9.4	32.0	122.5	2.21	164	25.0	67.3	12.0	257.0	271.0	2.190	2.198	99.6	2.225	2.8	2.7	2.4	2.4	3.5	4.5	4		5	
	1.18	8.5	16.2	14.8	45.4	201.5	1.63	157	22.5	54.5	50.0	233.0	264.5	2.144	2.132	100.6	2.225	4.2	2.6	3.6	2.2	2	2	3		4.5	4

空気量試験結果において①は練混ぜ30分後、②は大型L型フロー試験終了後の値である。

試験結果一覧 (Vm/Vgを変化②)

粗骨材 最大 寸法 Gmax (mm)	モルタル 粗骨材絶対 容積比 Vm/Vg	粗骨材 絶対 容積 Vg (L/m³)	大型スランブフロー試験結果																
			コンステンシ-試験			洗 い 試 験													
			スランブ (cm)	7D-値 (cm)	100cm 到達時間 (sec)	(中心部) コンクリート質量に対する各サイズの残留比							(周縁部) コンクリート質量に対する各サイズの残留比						
						モルタル (%)	5-10mm (%)	10-20mm (%)	20-30mm (%)	30-40mm (%)	40-60mm (%)	60-80mm (%)	モルタル (%)	5-10mm (%)	10-20mm (%)	20-30mm (%)	30-40mm (%)	40-60mm (%)	60-80mm (%)
40	2.24	290	24.5	144.0	9.2	62.1	7.0	11.5	13.0	6.5			63.6	7.4	13.2	10.6	5.3		
	1.85	330	23.5	139.5	15.5	57.2	7.6	12.6	12.4	10.2			60.5	8.2	13.0	12.2	6.1		
	1.69	350	23.0	135.3	15.4	53.9	7.6	13.0	15.2	10.2			57.7	8.8	15.0	12.6	5.9		
	1.54	370	23.0	130.8	14.6	50.4	8.7	14.5	14.6	11.8			55.3	9.5	16.0	12.8	6.4		
	1.41	390	21.0	127.5	20.7	52.0	9.1	14.5	14.8	9.6			54.1	9.9	15.3	12.2	8.6		
	1.29	410	19.5	120.5	48.9	50.3	9.8	14.8	14.1	11.1			51.2	9.7	16.9	14.6	7.7		
	1.18	430	18.0	109.3	55.3	49.0	10.1	16.4	15.5	8.9			47.0	9.6	16.8	16.6	10.0		
60	2.24	290	22.0	143.5	8.3	59.0	5.4	8.1	9.3	7.6	10.7		64.7	6.2	10.5	10.0	7.2	1.4	
	1.85	330	23.5	137.8	15.8	56.0	6.4	9.5	12.0	8.0	8.2		63.3	7.6	11.2	9.9	4.5	3.5	
	1.69	350	23.0	133.8	10.0	53.0	6.2	10.2	10.7	10.7	9.4		56.3	7.3	11.4	11.1	12.4	1.7	
	1.54	370	22.0	134.3	16.2	50.7	6.7	10.3	11.9	9.5	10.9		55.3	7.8	12.5	12.1	8.8	3.4	
	1.41	390	19.5	131.3	18.0	49.2	7.0	10.7	11.6	11.3	10.2		57.0	7.5	12.2	11.4	5.5	6.4	
	1.29	410	17.5	120.8	36.2	47.7	7.7	11.9	14.6	9.1	9.0		49.2	8.1	12.6	12.2	10.5	7.4	
	1.18	430	19.5	119.8	46.0	46.6	7.9	12.2	14.4	11.3	7.6		46.6	7.8	11.7	14.0	11.3	8.6	
80	2.24	290	19.5	142.5	7.3	57.3	4.5	7.2	7.2	8.7	7.4	7.8	66.7	5.6	9.9	8.4	6.7	2.9	0
	1.85	330	20.0	139.0	14.7	52.9	5.0	8.3	8.6	7.4	7.6	10.3	64.8	6.5	10.9	9.8	5.4	2.6	0
	1.69	350	21.0	134.0	13.3	51.5	5.1	7.9	8.9	7.8	12.2	6.6	60.1	6.8	9.9	11.6	6.5	5.2	0
	1.54	370	19.5	132.5	19.2	47.7	5.4	9.1	9.7	8.9	12.0	7.2	55.4	6.7	11.4	9.9	6.6	10.0	0
	1.41	390	20.5	130.8	16.5	48.1	6.0	9.6	9.6	9.6	12.1	5.2	55.6	7.4	12.8	12.5	8.8	3.0	0
	1.29	410	20.5	128.0	31.8	47.0	6.7	9.0	9.0	9.4	9.9	9.0	45.3	8.0	13.0	13.3	11.0	5.7	3.7
	1.18	430	17.5	120.8	50.0	43.6	6.4	9.9	10.6	8.8	11.6	9.0	49.0	7.3	12.1	14.1	9.7	6.7	1.2

試験結果一覧 (Vm/Vgを変化③)

粗骨材 最大 寸法 Gmax (mm)	モルタル 粗骨材 絶対容積 Vm/Vg	粗骨材 絶対 容積 Vg (L/m ³)	大型スランブフロー試験結果																
			コンシステンシー試験			洗い試験													
			スランブ (cm)	フロー値 (cm)	100cm 到達時間 (sec)	(中心部) コンクリート質量に対する各フルイの残留比							(周縁部) コンクリート質量に対する各フルイの残留比						
						モルタル (%)	5-10mm (%)	10-20mm (%)	20-30mm (%)	30-40mm (%)	40-60mm (%)	60-80mm (%)	モルタル (%)	5-10mm (%)	10-20mm (%)	20-30mm (%)	30-40mm (%)	40-60mm (%)	60-80mm (%)
40	2.24	290	24.5	144.0	9.2	62.1	7.0	11.5	13.0	6.5			63.6	7.4	13.2	10.6	5.3		
	1.85	330	23.5	139.5	15.5	57.2	7.6	12.6	12.4	10.2			60.5	8.2	13.0	12.2	6.1		
	1.69	350	23.0	135.3	15.4	53.9	7.6	13.0	15.2	10.2			57.7	8.8	15.0	12.6	5.9		
	1.54	370	23.0	130.8	14.6	50.4	8.7	14.5	14.6	11.8			55.3	9.5	16.0	12.8	6.4		
	1.41	390	21.0	127.5	20.7	52.0	9.1	14.5	14.8	9.6			54.1	9.9	15.3	12.2	8.6		
	1.29	410	19.5	120.5	48.9	50.3	9.8	14.8	14.1	11.1			51.2	9.7	16.9	14.6	7.7		
	1.18	430	18.0	109.3	55.3	49.0	10.1	16.4	15.5	8.9			47.0	9.6	16.8	16.6	10.0		
60	2.24	290	22.0	143.5	8.3	59.0	5.4	8.1	9.3	7.6	10.7		64.7	6.2	10.5	10.0	7.2	1.4	
	1.85	330	23.5	137.8	15.8	56.0	6.4	9.5	12.0	8.0	8.2		63.3	7.6	11.2	9.9	4.5	3.5	
	1.69	350	23.0	133.8	10.0	53.0	6.2	10.2	10.7	10.7	9.4		56.3	7.3	11.4	11.1	12.4	1.7	
	1.54	370	22.0	134.3	16.2	50.7	6.7	10.3	11.9	9.5	10.9		55.3	7.8	12.5	12.1	8.8	3.4	
	1.41	390	19.5	131.3	18.0	49.2	7.0	10.7	11.6	11.3	10.2		57.0	7.5	12.2	11.4	5.5	6.4	
	1.29	410	17.5	120.8	36.2	47.7	7.7	11.9	14.6	9.1	9.0		49.2	8.1	12.6	12.2	10.5	7.4	
	1.18	430	19.5	119.8	46.0	46.6	7.9	12.2	14.4	11.3	7.6		46.6	7.8	11.7	14.0	11.3	8.6	
80	2.24	290	19.5	142.5	7.3	57.3	4.5	7.2	7.2	8.7	7.4	7.8	66.7	5.6	9.9	8.4	6.7	2.9	0
	1.85	330	20.0	139.0	14.7	52.9	5.0	8.3	8.6	7.4	7.6	10.3	64.8	6.5	10.9	9.8	5.4	2.6	0
	1.69	350	21.0	134.0	13.3	51.5	5.1	7.9	8.9	7.8	12.2	6.6	60.1	6.8	9.9	11.6	6.5	5.2	0
	1.54	370	19.5	132.5	19.2	47.7	5.4	9.1	9.7	8.9	12.0	7.2	55.4	6.7	11.4	9.9	6.6	10.0	0
	1.41	390	20.5	130.8	16.5	48.1	6.0	9.6	9.6	9.6	12.1	5.2	55.6	7.4	12.8	12.5	8.8	3.0	0
	1.29	410	20.5	128.0	31.8	47.0	6.7	9.0	9.0	9.4	9.9	9.0	45.3	8.0	13.0	13.3	11.0	5.7	3.7
	1.18	430	17.5	120.8	50.0	43.6	6.4	9.9	10.6	8.8	11.6	9.0	49.0	7.3	12.1	14.1	9.7	6.7	1.2

試験結果一覧 (Vm/Vgを変化④)

粗骨材 最大 寸法 Gmax (mm)	モルタル 粗骨材 絶対容積 Vm/Vg	粗骨材 絶対 容積 Vg (L/m ³)	大型スランブフロー試験結果											
			洗 い 試 験											
			(中心部) 全骨材質量に対する各サイズの残留比						(周縁部) 全骨材質量に対する各サイズの残留比					
			5-10mm (%)	10-20mm (%)	20-30mm (%)	30-40mm (%)	40-60mm (%)	60-80mm (%)	5-10mm (%)	10-20mm (%)	20-30mm (%)	30-40mm (%)	40-60mm (%)	60-80mm (%)
40		(基本)	(20)	(30)	(25)	(25)			(20)	(30)	(25)	(25)		
	2.24	290	18.6	30.2	34.1	17.1			20.3	36.2	29.1	14.4		
	1.85	330	17.8	29.5	28.9	23.8			20.7	32.8	31.0	15.5		
	1.69	350	16.5	28.3	33.1	22.1			20.8	35.5	29.9	13.9		
	1.54	370	17.5	29.3	29.4	23.8			21.2	35.8	28.7	14.4		
	1.41	390	18.9	30.1	30.9	20.1			21.5	33.3	26.5	18.7		
	1.29	410	19.7	29.7	28.3	22.3			19.9	34.5	29.8	15.7		
	1.18	430	19.8	32.2	30.4	17.5			18.2	31.7	31.3	18.8		
60		(基本)	(16)	(23)	(20)	(19)	(22)		(16)	(23)	(20)	(19)	(22)	
	2.24	290	13.2	19.8	22.5	18.5	26.0		17.5	29.8	28.2	20.5	4.0	
	1.85	330	14.5	21.5	27.3	18.1	18.6		20.8	30.5	27.1	12.1	9.5	
	1.69	350	13.1	21.6	22.7	22.8	19.9		16.6	26.0	25.3	28.3	3.8	
	1.54	370	13.6	21.0	24.2	19.2	22.1		17.5	28.0	27.1	19.8	7.6	
	1.41	390	13.8	21.2	22.8	22.3	20.0		17.4	28.4	26.5	12.9	14.9	
	1.29	410	14.8	22.7	28.0	17.5	17.1		15.9	24.9	24.1	20.6	14.5	
	1.18	430	14.8	22.9	27.0	21.2	14.1		14.6	21.9	26.2	21.2	16.2	
80		(基本)	(14)	(20)	(17)	(17)	(19)	(13)	(14)	(20)	(17)	(17)	(19)	(13)
	2.24	290	10.5	16.8	16.9	20.4	17.2	18.2	16.7	29.5	25.1	19.9	8.7	0
	1.85	330	10.6	17.6	18.2	15.8	16.1	21.8	18.5	30.9	27.9	15.3	7.3	0
	1.69	350	10.6	16.3	18.4	16.0	25.1	13.6	17.1	24.8	29.0	16.2	12.9	0
	1.54	370	10.4	17.4	18.6	17.0	23.0	13.7	15.0	25.6	22.2	14.9	22.4	0
	1.41	390	11.5	18.4	18.4	18.4	23.2	10.1	16.6	28.7	28.1	19.8	6.8	0
	1.29	410	12.7	17.0	17.0	17.8	18.7	17.0	14.7	23.8	24.3	20.1	10.4	6.8
	1.18	430	11.4	17.5	18.8	15.6	20.7	16.0	14.3	23.8	27.7	18.9	13.0	2.3

コンシステンシー試験結果 (Vm/Vgを変化)

Gmax (mm)	Vm/Vg	Vg (L)	コンクリート 温度(°C)	室温 (°C)	モルタルフロー試験				標準スランブフロー試験			大型スランブフロー		
					0打フロー(mm)	平均(mm)	15打フロー(mm)	平均(mm)	スランブ(cm)	フロー(cm)	平均(cm)	スランブ(cm)	フロー(cm)	平均(cm)
40	2.24	290	19	22	242 × 241	241.5	268 × 264	266.0	25.5	67.5 × 65.0	66.3	24.5	145.0 × 143.0	144.0
	1.85	330	18	22	250 × 246	248.0	274 × 264	269.0	23.0	62.0 × 57.0	59.5	23.5	144.0 × 135.0	139.5
	1.69	350	18	18	223 × 221	222.0	261 × 256	258.5	22.5	57.5 × 56.0	56.8	23.0	136.5 × 134.0	135.3
	1.54	370	18.5	21	249 × 248	248.5	270 × 269	269.5	23.5	60.5 × 57.0	58.8	23.0	132.5 × 129.0	130.8
	1.41	390	19.5	20	244 × 241	242.5	264 × 260	262.0	22.0	52.0 × 51.0	51.5	21.0	129.0 × 126.0	127.5
	1.29	410	18.5	21	239 × 235	237.0	268 × 268	268.0	22.5	56.5 × 51.0	53.8	19.5	123.0 × 118.0	120.5
60	1.18	430	19	22	235 × 234	234.5	268 × 266	267.0	19.5	42.5 × 37.0	39.8	18.0	110.5 × 108	109.3
	2.24	290	19	21	252 × 250	251.0	279 × 276	277.5	24.0	73.0 × 72.0	72.5	22.0	146.0 × 141.0	143.5
	1.85	330	19	20.5	224 × 224	224.0	260 × 255	257.5	25.0	63.0 × 58.0	60.5	23.5	139.5 × 136.0	137.8
	1.69	350	19	22	236 × 236	236.0	256 × 256	256.0	25.0	61.5 × 60.5	61.0	23.0	136.5 × 131.0	133.8
	1.54	370	20	21	249 × 248	248.5	271 × 268	269.5	24.5	60.5 × 58.0	59.3	22.0	135.0 × 133.5	134.3
	1.41	390	20	22	243 × 243	243.0	262 × 260	261.0	23.0	59.5 × 58.0	58.8	19.5	137.0 × 125.5	131.3
	1.29	410	19	20	249 × 246	247.5	276 × 270	273.0	21.5	55.0 × 54.5	54.8	17.5	123.5 × 118.0	120.8
	1.18	430	18	20	223 × 222	222.5	255 × 243	249.0	22.5	53.5 × 51.0	52.3	19.5	126.5 × 113.0	119.8
80	2.24	290	18	19	261 × 261	261.0	276 × 274	275.0	25.5	70.0 × 69.5	69.8	19.5	143.0 × 142.0	142.5
	1.85	330	18	18.5	283 × 282	282.5	300 × 300	300.0	23.5	66.0 × 64.5	65.3	20.0	141.5 × 136.5	139.0
	1.69	350	18.5	19.5	238 × 238	238.0	261 × 259	260.0	25.0	64.0 × 62.0	63.0	21.0	135.0 × 133.0	134.0
	1.54	370	19.5	21	243 × 242	242.5	271 × 265	268.0	24.0	62.5 × 59.5	61.0	19.5	134.5 × 130.5	132.5
	1.41	390	20	22	248 × 243	245.5	267 × 266	266.5	23.5	62.0 × 60.0	61.0	20.5	132.5 × 129.0	130.8
	1.29	410	20	23	258 × 256	257.0	273 × 269	271.0	25.0	68.0 × 66.5	67.3	20.5	131.0 × 125.0	128.0
	1.18	430	19.5	21	236 × 230	233.0	265 × 264	264.5	22.5	58.0 × 51.0	54.5	17.5	122.5 × 119.0	120.8

大型スランブフロー試験後の洗い試験結果①

(中心部)												(周縁部)									
Gmax (mm)	モルタル粗 骨材絶対 対容積 (Vm/Vg)	粗骨材 絶対容積 (Vg)	モルタル (kg)	80- 60mm (kg)	60-40mm (kg)	40-30mm (kg)	30-20mm (kg)	20-10mm (kg)	10-5mm (kg)	粗骨材 質量 (kg)	コンクリー ト質量 (kg)	モルタル (kg)	80-60mm (kg)	60-40mm (kg)	40-30mm (kg)	30-20mm (kg)	20-10mm (kg)	10-5mm (kg)	粗骨材 質量 (kg)	コンクリー ト質量 (kg)	
40	2.24	290	39.288			4.115	8.200	7.248	4.460	24.023	63.311	20.215			1.668	3.363	4.189	2.341	11.561	31.776	
40	1.85	330	38.140			6.803	8.245	8.433	5.073	28.554	66.694	17.949			1.823	3.632	3.849	2.428	11.732	29.681	
40	1.69	350	32.301			6.107	9.126	7.812	4.552	27.597	59.898	19.857			2.022	4.347	5.167	3.028	14.564	34.421	
40	1.54	370	31.065			7.272	8.991	8.950	5.352	30.565	61.630	16.559			1.921	3.835	4.796	2.834	13.386	29.945	
40	1.41	390	34.958			6.467	9.953	9.704	6.088	32.212	67.170	15.734			2.498	3.543	4.454	2.875	13.370	29.104	
40	1.29	410	31.655			6.995	8.856	9.298	6.167	31.316	62.971	17.985			2.686	5.107	5.915	3.415	17.123	35.108	
40	1.18	430	33.525			6.104	10.601	11.221	6.913	34.839	68.364	12.395			2.629	4.382	4.432	2.542	13.985	26.380	
60	2.24	290	37.647		6.806	4.834	5.906	5.184	3.470	26.200	63.847	19.885		0.436	2.220	3.064	3.235	1.899	10.854	30.739	
60	1.85	330	39.926		5.821	5.678	8.552	6.738	4.536	31.325	71.251	16.829		0.932	1.184	2.645	2.982	2.030	9.773	26.602	
60	1.69	350	32.252		5.697	6.534	6.491	6.196	3.744	28.662	60.914	18.197		0.532	3.998	3.572	3.679	2.347	14.128	32.325	
60	1.54	370	31.615		6.808	5.906	7.435	6.444	4.171	30.764	62.379	17.619		1.087	2.816	3.849	3.988	2.485	14.225	31.844	
60	1.41	390	32.908		6.797	7.553	7.738	7.183	4.679	33.950	66.858	16.773		1.883	1.627	3.353	3.591	2.204	12.658	29.431	
60	1.29	410	29.904		5.614	5.733	9.181	7.465	4.853	32.846	62.750	17.319		2.594	3.686	4.309	4.442	2.840	17.871	35.190	
60	1.18	430	30.253		4.901	7.341	9.350	7.944	5.121	34.657	64.910	14.825		2.748	3.593	4.449	3.712	2.478	16.980	31.805	
80	2.24	290	39.218	5.333	5.041	5.966	4.944	4.916	3.082	29.282	68.500	18.373	0	0.802	1.832	2.306	2.715	1.538	9.193	27.566	
80	1.85	330	38.691	7.505	5.536	5.425	6.258	6.052	3.665	34.441	73.132	15.255	0	0.607	1.269	2.316	2.562	1.537	8.291	23.546	
80	1.69	350	33.801	4.315	7.971	5.086	5.866	5.197	3.374	31.809	65.610	19.071	0	1.639	2.053	3.682	3.145	2.168	12.687	31.758	
80	1.54	370	32.522	4.873	8.190	6.043	6.605	6.204	3.693	35.608	68.130	15.088	0	2.727	1.808	2.696	3.111	1.824	12.166	27.254	
80	1.41	390	33.879	3.677	8.492	6.734	6.737	6.725	4.203	36.568	70.447	14.434	0	0.788	2.281	3.235	3.313	1.918	11.535	25.969	
80	1.29	410	34.497	6.590	7.252	6.907	6.597	6.593	4.927	38.866	73.363	10.236	0.839	1.285	2.484	3.014	2.943	1.816	12.381	22.617	
80	1.18	430	29.411	6.096	7.845	5.937	7.144	6.658	4.316	37.996	67.407	14.623	0.345	1.983	2.880	4.204	3.622	2.170	15.204	29.827	

大型スランプフロー試験後の洗い試験結果②

(中心部)				G/M						(周縁部)						G/M						(周縁部)/(中心部)					
Gmax (mm)	モルタル粗 骨材絶対 容積 (Vm/Vg)	粗骨材 絶対容積 (Vg)	モルタル (kg)	5-80mm	5-60mm	5-40mm	5-30mm	5-20mm	5-10mm	モルタル (kg)	5-80mm	5-60mm	5-40mm	5-30mm	5-20mm	5-10mm	5-80mm	5-60mm	5-40mm	5-30mm	5-20mm	5-10mm					
40	2.24	290	39.288			0.611459	0.507	0.298004	0.114	20.215			0.571902	0.489389	0.323027	0.115805			0.935307	0.965799	1.083968	1.020123					
40	1.85	330	38.140			0.748663	0.570	0.354116	0.133	17.949			0.65363	0.552064	0.349713	0.135272			0.873063	0.968035	0.987565	1.017008					
40	1.69	350	32.301			0.85437	0.665	0.382775	0.141	19.857			0.733444	0.631616	0.412701	0.15249			0.858462	0.949364	1.078183	1.082071					
40	1.54	370	31.065			0.983905	0.750	0.46039	0.172	16.559			0.808382	0.692373	0.460777	0.171146			0.821606	0.923392	1.000841	0.993393					
40	1.41	390	34.958			0.921449	0.736	0.451742	0.174	15.734			0.849752	0.690988	0.465807	0.182725			0.922192	0.938262	1.031134	1.04923					
40	1.29	410	31.655			0.989291	0.768	0.488548	0.195	17.985			0.952071	0.802724	0.518766	0.18988			0.962377	1.044786	1.061851	0.97465					
40	1.18	430	33.525			1.039195	0.857	0.54091	0.206	12.395			1.128278	0.916176	0.562646	0.205083			1.085723	1.068898	1.040185	0.994561					
60	2.24	290	37.647		0.695939	0.515154	0.387	0.229872	0.092	19.885		0.545839	0.523912	0.412271	0.258185	0.095499			1.017002	1.065986	1.123165	1.036097					
60	1.85	330	39.926		0.784576	0.638782	0.497	0.282372	0.114	16.829		0.580724	0.525343	0.454988	0.297819	0.120625			0.822414	0.916265	1.054704	1.061746					
60	1.69	350	32.252		0.888689	0.712049	0.509	0.308198	0.116	18.197		0.776392	0.747156	0.52745	0.331153	0.128977			1.049305	1.035318	1.074483	1.111051					
60	1.54	370	31.615		0.973082	0.757742	0.571	0.335758	0.132	17.619		0.807367	0.745672	0.585845	0.367387	0.141041			0.984072	1.026121	1.094202	1.06905					
60	1.41	390	32.908		1.031664	0.825119	0.596	0.360459	0.142	16.773		0.754665	0.642401	0.5454	0.345496	0.131402			0.778557	0.915716	0.958487	0.924165					
60	1.29	410	29.904		1.098381	0.910647	0.719	0.411918	0.162	17.319		1.031873	0.882095	0.669265	0.420463	0.163982			0.968646	0.930913	1.020744	1.010449					
60	1.18	430	30.253		1.145572	0.983572	0.741	0.431858	0.169	14.825		1.145363	0.96	0.717639	0.417538	0.16715			0.976034	0.968581	0.966841	0.987462					
80	2.24	290	39.218	0.746647	0.610663	0.482126	0.330	0.203937	0.079	18.373	0.500354	0.500354	0.456703	0.356991	0.231481	0.08371		0.670134	0.947269	1.081787	1.135061	1.065195					
80	1.85	330	38.691	0.890155	0.696183	0.5531	0.413	0.251144	0.095	15.255	0.543494	0.543494	0.503704	0.420518	0.268699	0.100754		0.610561	0.910692	1.018482	1.069901	1.063647					
80	1.69	350	33.801	0.941067	0.813408	0.577586	0.427	0.253572	0.100	19.071	0.665251	0.665251	0.579309	0.471659	0.278591	0.11368		0.706911	1.002982	1.104283	1.098663	1.13886					
80	1.54	370	32.522	1.09489	0.945053	0.693223	0.507	0.304317	0.114	15.088	0.806336	0.806336	0.625597	0.505766	0.327081	0.120891		0.736454	0.902446	0.99676	1.074804	1.064611					
80	1.41	390	33.879	1.079371	0.970837	0.720181	0.521	0.32256	0.124	14.434	0.799155	0.799155	0.744561	0.586532	0.362408	0.132881		0.74039	1.033854	1.124886	1.123538	1.071108					
80	1.29	410	34.497	1.126649	0.935618	0.725396	0.525	0.333942	0.143	10.236	1.209555	1.127589	1.002052	0.759379	0.464928	0.177413		1.073586	1.381385	1.445951	1.392241	1.242179					
80	1.18	430	29.411	1.291898	1.084628	0.817891	0.616	0.373126	0.147	14.623	1.039732	1.016139	0.880531	0.683581	0.396088	0.148396		0.80481	1.076586	1.109658	1.061541	1.011234					

標準供試体における肌面評価他試験結果

配 合	一軸圧縮強度(N/mm ²)	動弾性係数(N/mm ²)		肌面評価点		単位容積質量 (t/m ³)
		縦振動	たわみ振動	突固め無し	突固め有り	
Gmax=40 1	18.93	32,548	32,905	3.4		2.307
Vm/Vg=2.24 2	20.04 1,2,3 平均	33,853	33,311	4.1		2.333
3	18.95 19.31	33,478	32,527	4.1		2.303
突固め有り	18.45	33,531	33,027	平均 3.9	4.2	2.296
Gmax=40 1	17.46	33,564	32,641	4.6		2.314
Vm/Vg=1.85 2	19.36 1,2,3 平均	33,182	32,672	4.1		2.310
3	19.83 18.88	33,678	33,321	4.4		2.299
突固め有り	19.50	35,245	34,457	平均 4.4	4.9	2.317
Gmax=40 1	13.93	30,067	30,366	3.6		2.256
Vm/Vg=1.54 2	15.05 1,2,3 平均	30,175	30,159	3.6		2.256
3	14.73 14.57	31,428	31,010	3.7		2.268
突固め有り	14.52	32,467	32,172	平均 3.6	4.8	2.276
Gmax=40 1	14.80	32,894	32,277	2.1		2.286
Vm/Vg=1.29 2	17.17 1,2,3 平均	34,450	32,128	2.2		2.295
3	16.50 16.16	33,481	35,559	1.9		2.294
突固め有り	20.02	38,434	37,117	平均 2.1	3.0	2.349