

論文

[1015] 可視化手法によるアジテータ内でのフレッシュコンクリートの排出過程の研究

正会員○安本 礼持 (住友セメント)
 正会員 橋本 親典 (群馬大学建設工学科)
 正会員 丸山 久一 (長岡技術科学大学建設系)
 正会員 辻 幸和 (群馬大学建設工学科)

1. まえがき

トラックアジテータでコンクリートを排出する場合には、ドラムを攪拌時と逆に回転させ、ドラム内のらせん形ブレードでコンクリートを排出口方向へ押し出させる。一般に、アジテータの排出性能には、排出されるコンクリートの品質が劣化していないことと、施工性能の点からコンクリートの排出速度の大きいことが要求される。しかし、排出コンクリートにおいて排出部位毎の粗骨材濃度のばらつきが生じ易いこと及び、硬練りコンクリートでは排出効率が低下すること、等が問題点として指摘されている。

これらの問題は、アジテータ内部のコンクリートの流動機構が不明なまま、経験による試行錯誤によって対応が図られてきたのが現状である。

そこで、本研究ではこれまでコンクリートポンプの圧送性に関する研究に開発されてきた可視化実験手法[1]を応用し、排出過程におけるアジテータ内部のコンクリートの流動性状を解明することを試みるものである。これまでの研究[2]により、粗骨材濃度及びモデルモルタルの粘性を高めた場合の排出効率低下と、その主原因と予想される、モデルコンクリートがドラム内壁との付着によって巻き上げられる運動(付着巻き上げ、図-1参照)の発生が確認されていることから、本論文では、コンクリートの付着巻き上げ挙動を定量化する手法を開発し、排出効率の低下との関連性を検討する。また、排出コンクリートにおいて、排出部位毎に生じる粗骨材濃度のばらつきについても検討する。

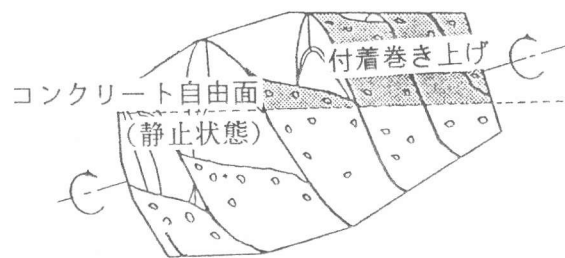
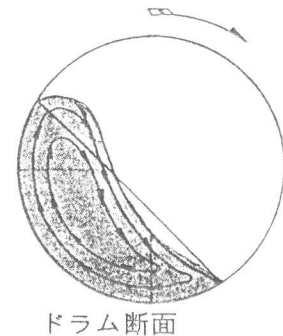


図-1 付着巻き上げ

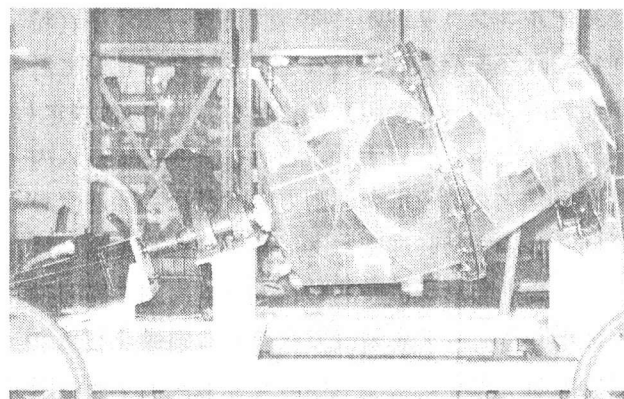


写真-1 モデルアジテータ

2. 実験概要

2.1 モデルアジテータと使用材料

本研究に用いた、モデルアジテータ(写真-1)は大型3軸車(最大積載

量 10t) の1/5スケールモデルである。
 内部のコンクリート流動が見えるように、
 ドラムを透明なアクリル樹脂で作製した。
 モデルアジテータの寸法を図-2に示す。
 モデルコンクリートは、これまでの可視
 化実験[1]に用いられてきたものと同様
 で、高吸水性樹脂溶液と、人工軽量粗骨
 材(粒径5mm以上10mm未満)で構成され
 る固液2相モデルである。

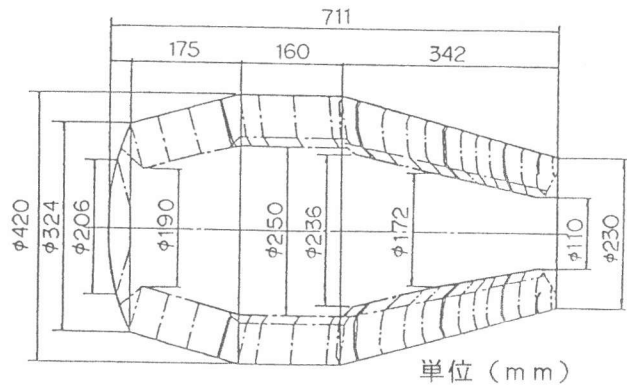


図-2 モデルアジテータ寸法

2.2 実験方法及び測定項目

ドラム回転によるコンクリートの付着巻き上げと排出効率低下の関連を明確にするため、以下に示す項目について測定を行った。

(1) ドラム1回転毎のモデルコンクリートの排出量

ドラム開口部のシュートの下に設置したデジタル式重量計によって、排出開始からドラム1回転(20sec)毎のモデルコンクリートの排出量を測定する。

(2) モデルコンクリートの付着巻き上げ量

ドラム内のコンクリートの流動を測るために、本実験ではビデオトラッカ(自動追跡式画像処理装置)を用いた。図-3に示すように、計測領域(ウインドウ)をドラム開口部にセットし、付着により巻き上げられるモデルコンクリートの動きを追跡すると、光の反射の具合いで、コンクリート部は薄暗く撮影される。そこでこの画像を2値化処理すると、計測領域内でコンクリートが付着している割合を求めることが出来る。本研究では、この割合を指標として付着巻き上げ量を算出することとした。この値を、ビデオトラッカを通して2秒毎にマイクロコンピュータに記録した。

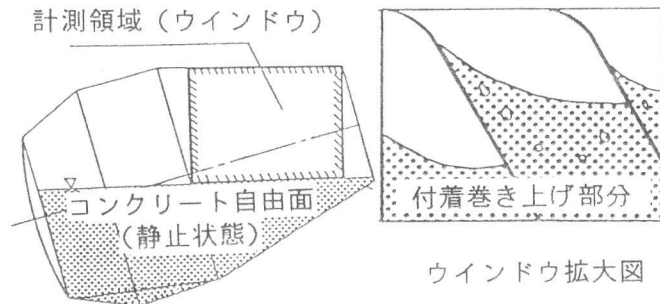


図-3 付着巻き上げ計測領域

(3) 付着巻き上げにおけるコンクリートの挙動

モデルコンクリートに発砲スチロール粒子(粒径1~2mm)を混入し、これをトレーサーとして計測領域内(図-4参照)の位置を0.6秒毎に測定し、速度ベクトルを計算する。これによってドラム内壁面のコンクリートの運動方向並びに移動速度を評価する。また、速度ベクトルを計算する際には、ドラムを平面形状に展開し、ドラム周囲の局面歪を補正した。ビデオ装置で収録した画像をパソコンの画面に重ね、マウスによってトレーサーの座標を記録し、速度ベクトルを計算する。

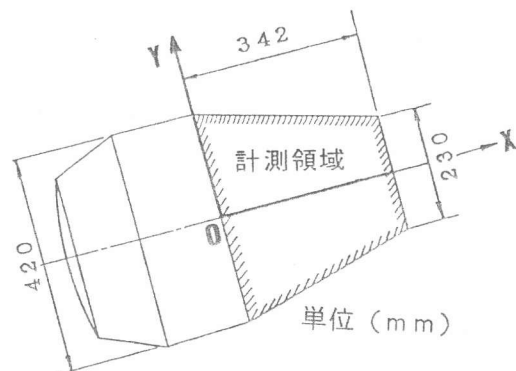


図-4 速度ベクトル計測領域

(4) 排出部位毎の粗骨材濃度

モデルアジテータにモデルコンクリートを40リットル積載し、排出開始直後、15リットル排出時、30リットル排出時、排出終了時の4時点で、モデルコンクリートを3リットルずつ採集し、洗い分析試験によって粗骨材濃度を測定した。また、排出部位毎の粗骨材濃度のばらつきが、攪拌による材料分離 [2] によるものか、排出時の付着巻き上げ後の落下により生じるものかを明らかにするため、①攪拌により材料分離発生後に排出する場合と、②攪拌せずに排出をする場合についても比較・検討を行った。

2. 3 実験パラメータ

モデルコンクリートの流動・変形性は、モデルモルタルの粘性と、人工軽量粗骨材とモデルモルタルの体積濃度比 (Vg/Vm) によって調整可能である。モデルモルタルの粘性は、土木学会基準「プレパックドコンクリートの注入モルタルの流動性試験方法」(JSCE-1986) に準じてPロートからの流下時間をフロー値(sec)とした。実験パラメータを表-1に示す。フロー値が100secであるモデルモルタルを使ったモデルコンクリート (F1V6, F1V8, F1V1) が想定している実際のフレッシュコンクリートのスランプは、それぞれ18cm程度, 16cm程度, 14cm程度であり、一般に軟練りコンクリート呼ばれているコンクリートに対応するものである。また、200secのフロー値のモデルモルタルを使ったモデルコンクリート (F2V8とF2V1) は、スランプ12cm程度と8cm程度の硬練りコンクリートを想定している。なお、排出時のドラム回転速度は3rpm、モデルコンクリートの積載量は40リットルとした。

3. 結果及び考察

3. 1 排出量と付着巻き上げ量の関係

図-5に各実験パラメータ毎のモデルコンクリートの排出量を示す。フロー値および Vg/Vmの増加によって排出時間が長くなり、排出効率が低下している。図-6に付着巻き上げ率 (ドラム開口部に設定した計測ウインドウ全面積に対する、付着巻き上げ部分の面積の割合) を示す。モデルコンクリートのフロー値及び Vg/Vm の増加によって、

表-1 実験パラメータ

試験名	フロー値(sec)	Vg/Vm
F1V0	100	0 (モルタル)
F1V6	100	0.6
F1V8	100	0.8
F1V1	100	1.0
F2V8	200	0.8
F2V1	200	1.0

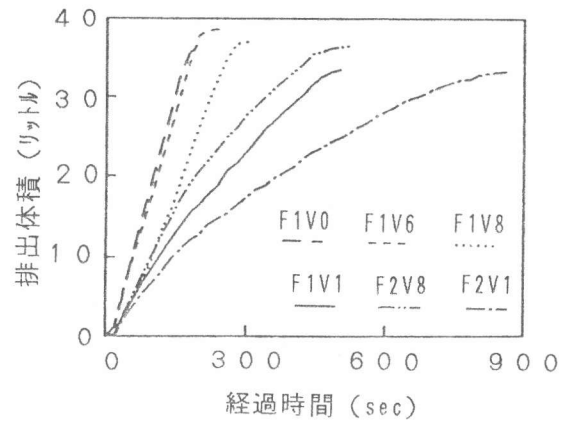
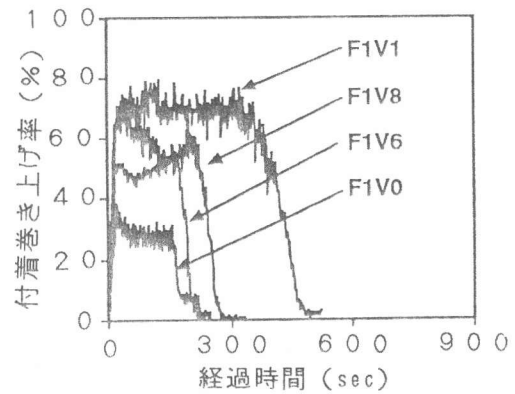
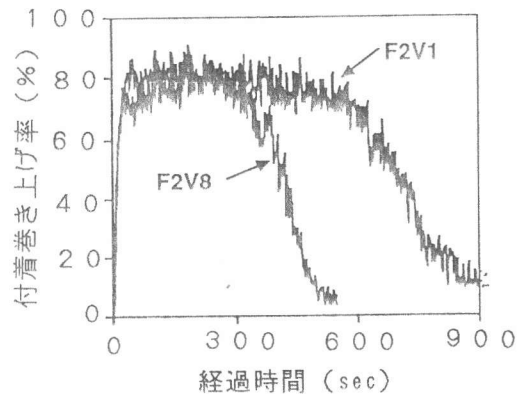


図-5 排出量測定結果



(a) フロー値 100sec



(b) フロー値 200sec

図-6 付着巻き上げ測定結果

付着巻き上げ量が多くなりまた、付着巻き上げの継続時間が長くなっている。

図-5と図-6を照合することにより、硬練りコンクリートに対応する想定スランプが小さいモデルコンクリートの排出効率の低下原因が、付着巻き上げの発生によるものであることが確認された。

3.2 排出コンクリートの速度ベクトル

図-7は15リットル排出時点での、ドラム側面におけるトレーサーの速度ベクトルの分布を示している。Y軸正方向の矢印が長いほどドラム回転によるコンクリートの付着巻き上げが活発に行われていることを示し、X軸正方向の矢印が長いほどブレードによりコンクリートが開口部方向に送られ、順調に排出が行われていることを示している。

Y軸方向の速度ベクトルに着目したとき、フロー値及び V_g/V_m 値を大きくすると、付着巻き上げが計測領域全体で発生し、しかも移動速度が速くなっていくのが認められる。一方、X軸方向の速度ベクトルに着目したとき、フロー値及び V_g/V_m 値を大きくするとブレードによる開口部へのコンクリート押しだし作用が低下していることがわかる。逆に、フロー値および V_g/V_m 値が小さいモデルコンクリートは、速度ベクトルのY軸方向成分が小さく、X軸方向成分が大きい。モデルコンクリートの変形・流動性が高くなると、付着によって巻上がらずに、常にドラム壁底面に流下するため、ブレードの押しだしが効率的に行われている。図-8は、X軸上の各位置で、速度ベクトルのY成分の大きさを示したものである。図中の直線は、ドラムの回転移動速度を示す。フロー値、 V_g/V_m 値が大きいモデルコンクリートほど、ドラム内壁とのすべりが少ないことがわかる。

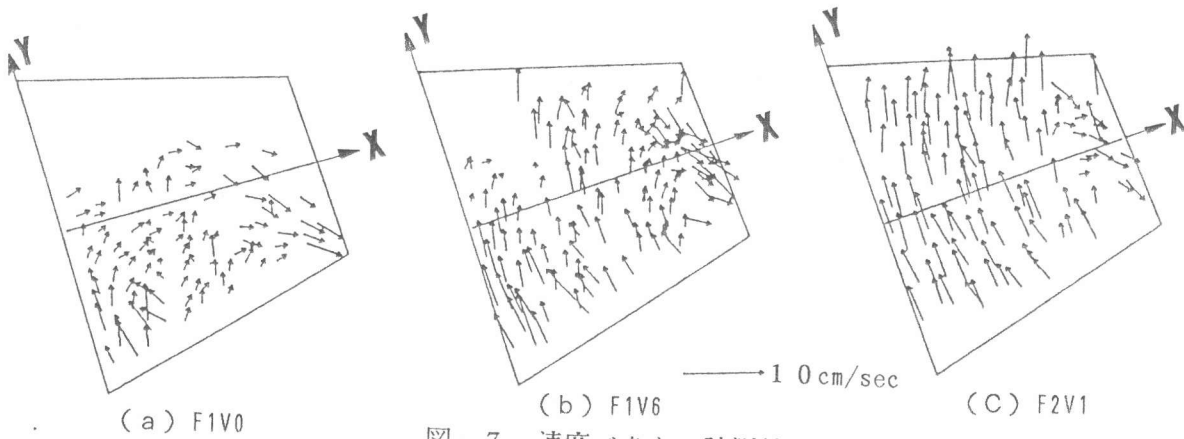


図-7 速度ベクトル計測結果

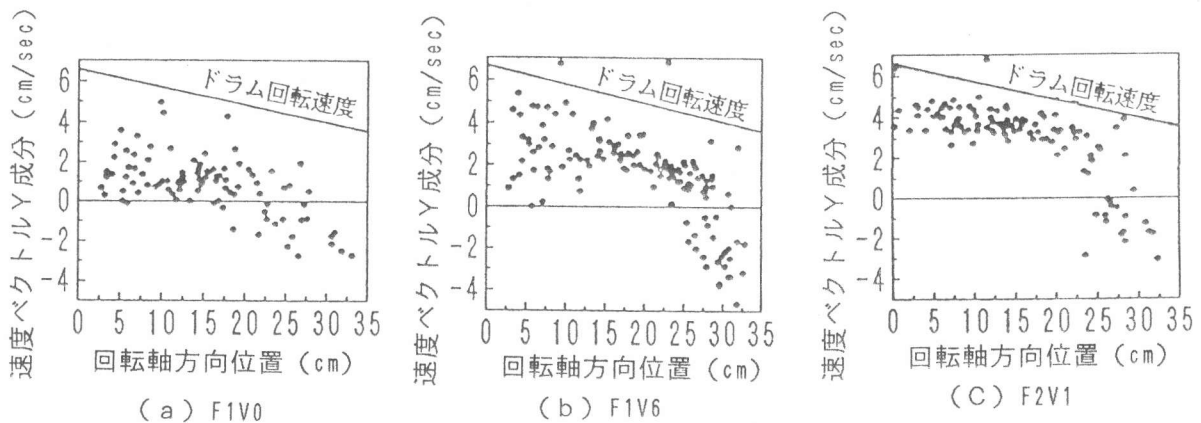


図-8 速度ベクトルY成分

3.3 付着巻き上げ発生の影響要因の検討

ドラム断面方向のコンクリートの挙動を図-9に示す。図中のAの領域は、コンクリートが壁面摩擦力和内部摩擦力によって、ドラムと共に上方に持ち上がる挙動を示し、Bの領域は、付着巻き上げによってもち上げられたコンクリートが流下する挙動を示している。

これまでの研究から、モデルコンクリートの V_g/V_m 値が高い場合、壁面摩擦力が増加することが認められており、また、フレッシュコンクリートの壁面摩擦力についても同様な結果が報告されている[3]。よって、本研究で得られたアジテータ内での排出過程における付着巻き上げ量の増加現象は、モデルコンクリートとドラム壁面間の発生する摩擦力の増加が原因と考えられる。

さらに、モデルコンクリートの降伏値は、フロー値及び V_g/V_m 値が大きくなるに従い増加することが報告されている[4]。従って、本研究で観察された付着巻き上げされたモデルコンクリートの流動（Bの領域）量が減少する原因は、ある一定量のモデルコンクリートが巻き上げられない限り、モデルコンクリートの自重による鉛直下向きの流動（内部流動）が発生しないと思われる。たとえ内部流動が生じて、ある量が流下するとコンクリートの自重が降伏値以下となり内部流動が停止すると予想される。また、ドラムの回転速度が増加すると、コンクリートを上方に巻き上げる速度がコンクリートの内部流動より速くなるために付着巻き上げ量が増加する。

その結果、フロー値及び V_g/V_m が増加すると、コンクリートは鉛直付近まで巻き上がり、重力によってドラム底面に落下する。付着巻き上げが発生すると図-10に示すように、ブレードによる開口部へのコンクリートの押し出し距離が減少するだけでなく、付着巻き上げ後の落下で、コンクリートがドラム奥方向に逆戻りすることになり、排出効率が低下する。

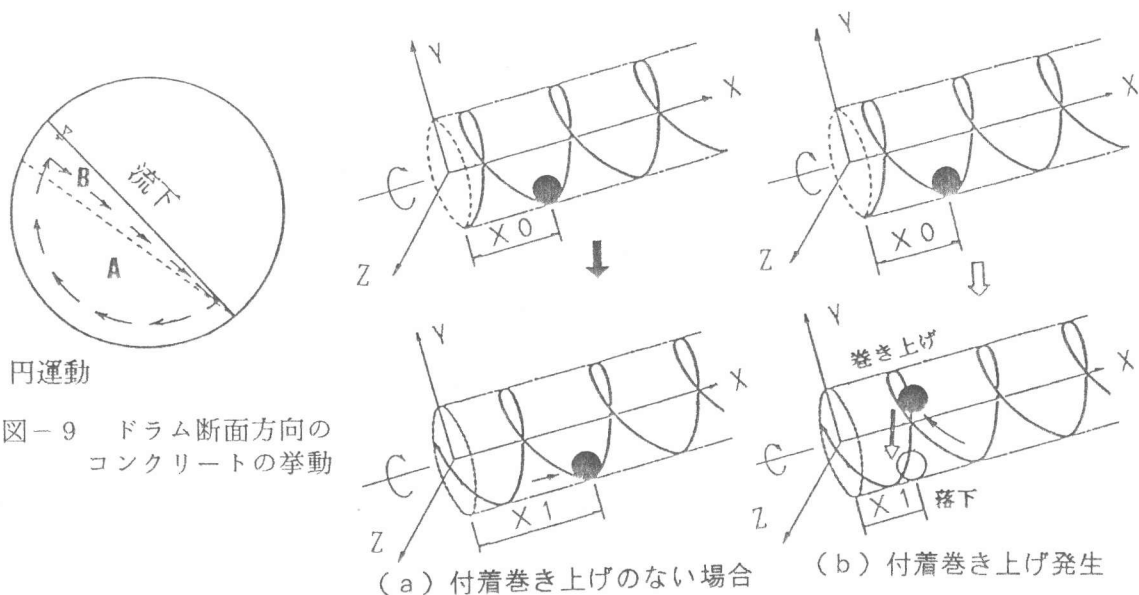


図-10 付着巻き上げによる排出効率低下

3.4 粗骨材濃度

図-11は、モデルコンクリートの排出部位毎の粗骨材濃度を、配合時の粗骨材濃度との変化率で示している。また、図-12は、実機の排出部位毎の粗骨材濃度を測定したものである。モデルにおいて、攪拌による材料分離を発生させた場合は、実機と同じように排出中期の粗骨材濃度が低下している。このことから逆に判断すると、実機アジテータにおける排出部位毎の粗骨材

濃度のばらつきは、攪拌による材料分離によって生じていると考えられる。また、モデルコンクリートで攪拌を行わずに排出した場合には、粗骨材濃度は排出の経過にともない増加している。これは、静的材料分離によって表層に溜ったモデルモルタル層が、その高い流動・変形性のために、先に排出されるためである。

4. まとめ

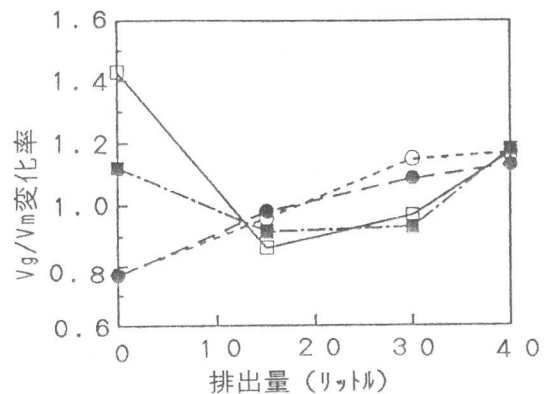
以上の可視化実験によって、アジテータの排出過程における現象として以下のことが明らかになった。

- (1) フロー値及び V_g/V_m が大きいモデルコンクリートの排出効率の低下は、ドラムによるモデルコンクリートの付着巻き上げ運動によって、開口部へのブレードの押しだし効果の低減、及び、巻き上げ後の落下によるドラム奥方向への逆戻りによって生じる。
- (2) 付着巻き上げ発生の影響要因は、コンクリートとドラム内壁との壁面摩擦力、コンクリートの内部摩擦力及びドラム回転速度である。
- (3) 排出部位毎のコンクリートの粗骨材濃度のばらつきは、攪拌によって生じた材料分離が原因である。

(謝辞) 本研究を進めるにあたり、御協力頂いた新明和工業株式会社開発技術本部並びに佐野工場建設物流車両部の皆様に対し深く感謝致します。

参考文献

- 1) 橋本親典・丸山久一・清水敬二：フレッシュコンクリートの管内流動における閉塞過程の可視化に関する実験手法、コンクリート工学、Vol. 26、No. 2、pp. 119-127、1988. 2
- 2) 安本礼持・丸山久一・橋本親典・林善弘：可視化実験手法によるアジテーター内部のコンクリートの流動解析、土木学会第45回年次学術講演会講演概要集、第5部、pp. 710-711、1990. 9
- 3) 平井秀幸・吉田正宏・橋本親典・林善弘：滑り特性からみたフレッシュコンクリートと可視化モデルコンクリートの比較検討、土木学会第18回関東支部技術研究発表会講演概要集、pp. 280-281、1991. 3
- 4) 吉田正宏・安本礼持・橋本親典：フレッシュコンクリートの可視化モデル化におけるレオロジー特性の適用限界に関する一考察、土木学会第18回関東支部技術研究発表会講演概要集、pp. 282-283、1991. 3



F1V6 攪拌分離 □ F1V6 未攪拌 ○
F2V1 攪拌分離 ■ F2V1 未攪拌 ●

図-11 粗骨材濃度測定結果

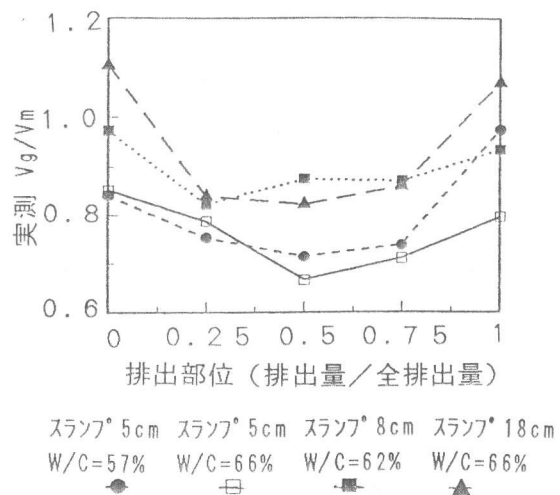


図-12 実機の排出部位毎の粗骨材濃度