

(株) 鴻池組 正員 松生隆司
正員 大橋 昭
正員 川上正史

1. まえがき 既報¹⁾²⁾において, 配合量の水を分割して練り混ぜ, かつ振動を加えたセメントペーストを用いた方法 (以後, VCP方式と呼ぶ) で作製したモルタルならびにコンクリートが, 配合量の水を一括して練り混ぜる通常の方法 (以後, 普通方式と呼ぶ) で作製したものより常に高強度であることを確認し, 併せて最適な振動条件を推定した。強度はコンクリート品質の総合的な評価基準を与えるものではあるが, 施工性に直接関与する流動性もまた重要な指標である。モルタルならびにコンクリートの流動性はセメントペーストにより潜在的に支配される。したがって本研究では, VCP方式の基本原理がセメントペーストの物性改善にあることから, その微細な構造に由来するレオロジー特性を明らかにし, レオロジカルな観点からVCP方式の特徴を考究した。

2. 実験装置および方法 VCP方式と普通方式におけるセメントペーストのレオロジー特性を比較検証するために, 厳密な時間管理のもとで図1に示す手順に従い実験を行った。使用材料には最大粒径 88μ の新鮮な普通ポルトランドセメントを用い, 1次水の W_1/C は0.25を基本とした。VCP方式における加振作業には既報で詳述したように, 試料の振動入力面に均質な調和振動を生起させ, 最大加速度変位を広く調整することができる特殊な加振装置を使用した。ただし, 本実験においてはセメントの標準量を $100g$ としSUS製密封容器 (350 cm^3) に入れて振動台に固着させた。

セメント等の微細粒子を含む懸濁系が呈する構造粘性は, 一般にせん断速度 D とせん断応力 τ との関係を示す流動曲線の形で記述され, Ostwald流動 (擬塑性流) と Bingham流動 (塑性流) との流動パターン間に存在するものとされている。とくに Bingham流動は降伏応力をもつ懸濁系において高 D 域の定常流動に対しよく合致するものとされ, セメント系のレオロジー解析にも多く適用されている。よって本研究では, せん断速度の制御や数学的取り扱いが比較的容易な二重円筒型回転粘度計を用いて Bingham流動の粘性解析を行った。回転粘度計の諸元を表1に示す。この種の粘度計としては内外筒の間隙がゆるやかであり, 6段階に滑らかに変速させる定常せん断方式を採用している。測定試料には予め所定の攪はん (せん断速度 D_0) と静置を施し同じせん断履歴状態に仕上げており, また各回転数毎に一定の測定インターバルを与えて測定値の再現性を高めている。粘性解析については円筒面と試料間にすべりはなく試料の任意点における $D \sim \tau$ が総て同一と仮定した簡易法によって行い, 5ケースの平均値を用た。なお試料温度は $22 \pm 1^\circ\text{C}$ である。

3. 実験結果および考察 VCP方式と普通方式における流動曲線の一例を図2に, 見かけ粘度 $\eta_a \sim W/C$ の関係を図3に示す。流動曲線は概ね塑

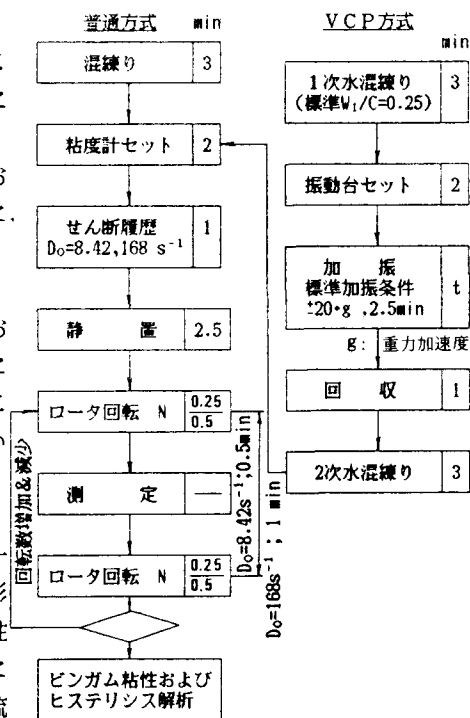


図1 セメントペーストの実験フロー

表1 回転粘度計の諸元

内筒半径 R_i mm	13.0
外筒半径 R_o mm	15.0
内筒高さ h mm	70.0
内筒回転数 N r.p.m	5~400 (6段変速)
せん断速度域 D s^{-1}	4.21~337

性流の特徴を現しており、高D域における τ の減少がVCP方式に認められる。 η_a についてはDの増加に伴いVCP方式と普通方式が反転する現象が示されている。

Krieger-Maron⁴⁾の関係式を用いてコンクリートのポンプ圧送時におけるDを推定すれば、4inch管、20~60m³/hにおいてD=50~170s⁻¹の値が得られる。固液懸濁系では一般にD=5s⁻¹以上でBingham体として取り扱うことができるものとされており、本実験においても妥当なことが分かった。それゆえ高D域(84.2~168s⁻¹)と低D域(8.42~42.1s⁻¹)における二種のBingham粘性を求め検討した。図4ないし図5には各方式における流動曲線から導いた降伏応力 τ_0 と塑性粘度 η_B に関する結果をまとめている。なお、VCP方式の特徴である配合量の水の分割効果と加振効果

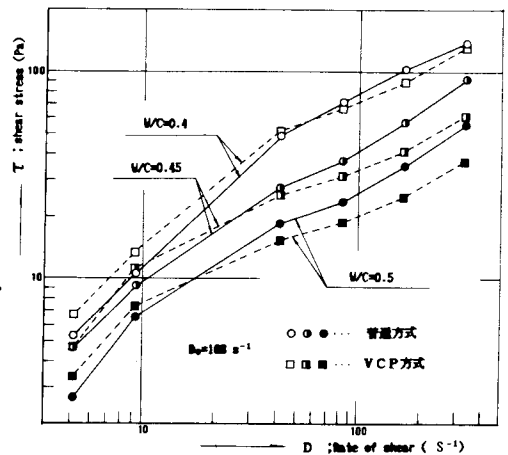


図2 流動曲線(D~ τ 曲線)

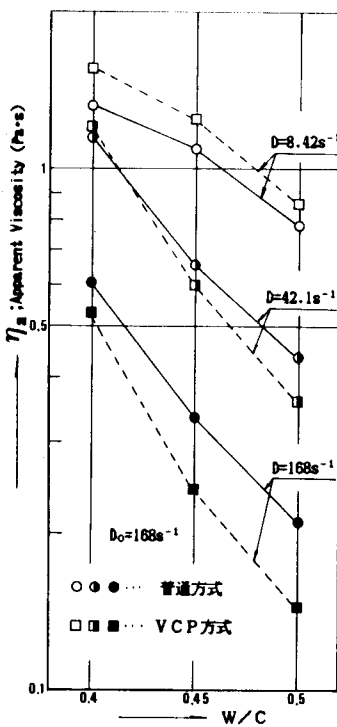


図3 見かけ粘性

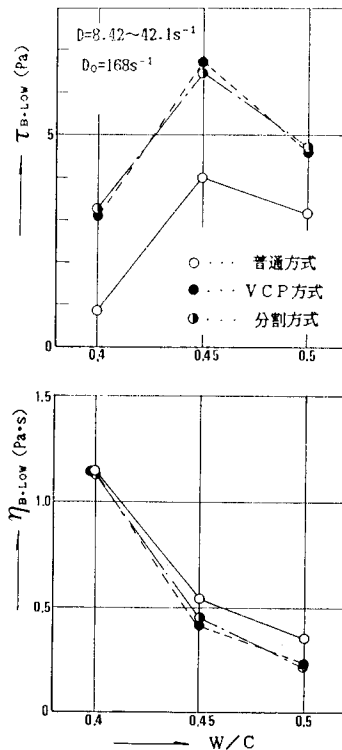


図4 低D域のBingham粘性

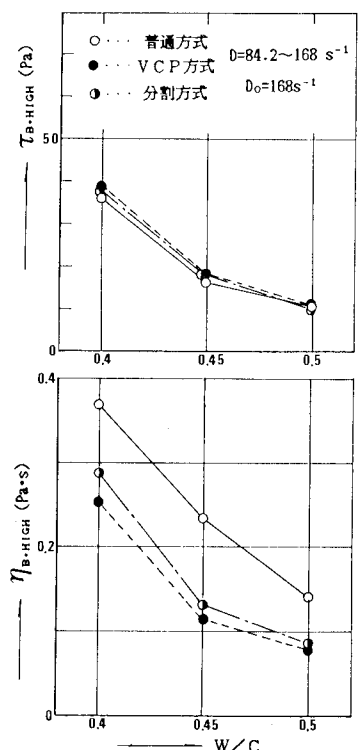


図5 高D域のBingham粘性

を峻別するために、振動を加えず配合量の水を分割した方法(以後、分割方式と呼ぶ)で作製した試料も比較検討している。図4の低D域においてはVCP方式と分割方式がほぼ同じ特性を示し、普通方式に対して τ_0 が大幅に増加し η_B が少し減少する。一方、図5の高D域における τ_0 については三方式に差異はみられず、また η_B はVCP方式が最小となり普通方式に比べて著しく減少する。高D域における η_B はポンプ圧送性等と密接に関連するものであり、VCP方式の管内における優れた流動性が明確に示されている。また低D域における τ_0 の増大現象はセメント粒子ならびに骨材の分散性を良好にさせることにつながり、コンクリート強度の向上をもたらすものと考えられる。

参考文献 (1)大橋, 川上, 土木学会年次講義集, 昭57 (2)川上, 他2名, 土木学会年次講義集, 昭58 (3)梅屋, セメント技術年報, XXX, 昭51 (4)管路・ダクトの流体抵抗, 機械学会