

(株) 鴻池組 正員 大橋 昭
正員 川上正史
正員 松生隆司

1. まえがき ¹⁾²⁾ 既報において、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)と、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)で作製したモルタルならびにコンクリートの強度を比較検討した。本研究では(レオロジー特性に関する研究、第1報)と共に、セメントペーストを対象としてレオロジカルな観点からVCP方式の特徴を考究し、主としてヒステリシス特性に基づいたチキソトロピックな挙動とレオロジー特性に対する水の分割割合(1次水量 W_1)による影響を明らかにした。

2. 実験装置および方法 実験装置は二重円筒型回転粘度計(内筒半径13mm, 外筒半径15mm, 内筒回転数5~400r.p.m., 6段変速)と、¹⁾既報で詳述した特殊な加振装置(標準加振条件; 加速度 $\pm 20 \cdot g$, 時間 2.5min) ²⁾を使用し、Bingham 流動の粘性解析を行った。測定試料にはVCP方式と普通方式により作製したセメントペーストに加えて、振動を与えず配合量の水を分割した方法(以後、分割方式と呼ぶ)で作製したものを¹⁾用い、第1報と同様に厳密な時間管理のもとで実験フローを設定した。セメントは最大粒径88 μ の新鮮な普通ポルトランドセメントを使用し、標準量を100gとした。試料には予め所定の攪はん(せん断速度 $D_0 = 8.42 \sim 168 s^{-1}$, 1min)と静置(2.5min)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。

実験の一つは、粘度計の回転数を最大値まで順次増加させ、引き続き最小値まで減少させる簡単な回転制御プログラムに沿ってヒステリシスを描き、微細な懸濁体構造の破壊と再生に基づくチキソトロピックな性質を吟味する目的で行った。この実験における1次水量はこれまでの研究と同様に¹⁾²⁾ $W_1/C = 0.25$ に統一し、5ケースの平均を測定値とした。一方、練り上り水量 $W/C = 0.40$ のセメントペーストにおいて1次水量 W_1 を変化させた実験も併せて行い、レオロジカルな流動性の視点から改めて1次水量の影響を精査した。この場合は3ケースの平均値を用いた。なお、試料温度は $22 \pm 1^\circ C$ である。

3. 実験結果および考察 せん断速度 D ~せん断応力 τ 曲線で表したヒステリシス特性に関する実験結果の一例を図1に示す。これらの D ~ τ 曲線において測点間を直線的に補間し閉面積を求め、チキソトロピー性を定量的に評価した結果を表1に示す。表中のヒステリシス面積率 α は、普通方式におけるヒステリシス面積を基準とした相対的な面積比率である。VCP方式ないし分割方式はせん断履歴にかかわらずいずれも小さな値を示し、とくにVCP方式では構造破壊に対する耐力ないし再生力が極めて強化されていることが分かる。

1次水量を変化させた実験の結果として、低 D 域($8.42 \sim 42.1 s^{-1}$)の粘性を図2に、高 D 域($84.2 \sim 168 s^{-1}$)の粘性を図3に示す。低 D 域における降伏応力 τ_0 は1次水量によって大きな変化を受けており、 $W_1/C = 0.30$ 付近で極大値を示す。極大値を除けばVCP方式と分割方式に顕著な差異はなく、普通方式より大きな τ_0 値が広い範囲で得られている。

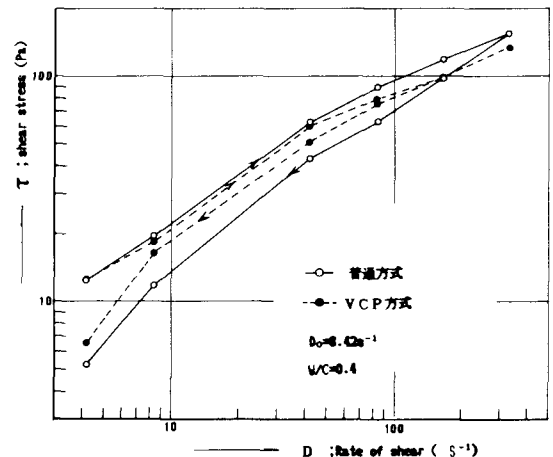


図1 ヒステリシス特性

この結果はコンクリートに関する魚本の研究³⁾、およびセメントペーストを対象とした田沢らの研究⁴⁾において示されているブリージング特性ともよく対応しており、低D域における τ_B とブリージングが密接に関連した性質のものであることがうかがえる。一方、低D域における塑性粘度 η_B については各方式間に違いは認め難く変化も小さい。図3の高D域における η_B については低D域の結果とは対照的に大きな変化を示し、普通方式を基準にすれば $W_1/C=0.17\sim0.18$ 以下の増大領域と、それ以上の W_1/C における減少領域に区分される。

表1 ヒステリシス面積率

セメントペースト 作製方法 ($W/C=0.40$)	普通方式を基準とした ヒステリシス面積率 α	
	せん断履歴 $D_0=8.42\text{ S}^{-1}$	せん断履歴 $D_0=168\text{ S}^{-1}$
普通方式	1.00	1.00
VCP方式	0.20	0.28
分割方式	0.41	0.36

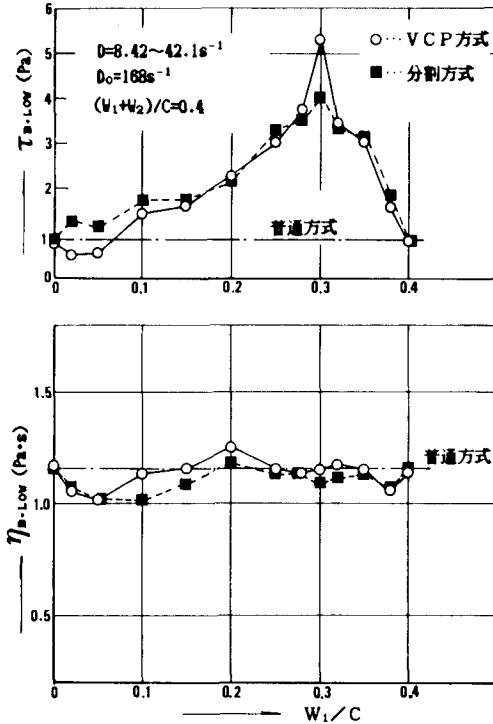


図2 1次水変化による低D域の Bingham粘性

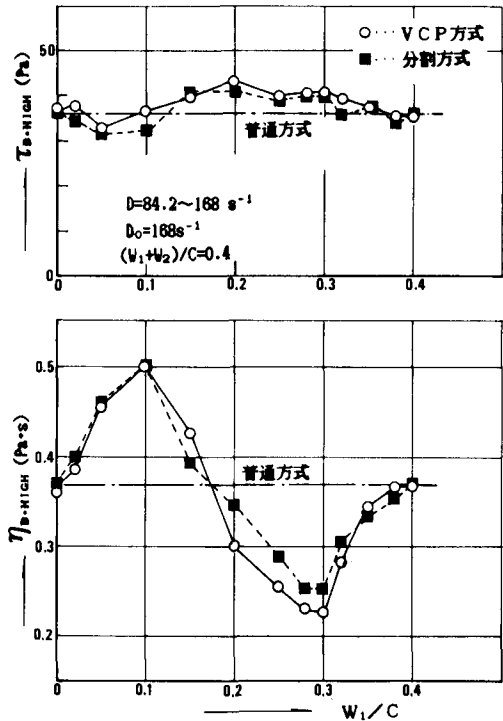


図3 1次水変化による高D域の Bingham粘性

後者の減少領域はポンプ圧送時に優れた流動性を発揮する領域に相当するものと考えられ、 $W_1/C=0.28\sim0.30$ 近傍に極小値が得られている。この1次水量はセメント全体をクリーム状に過不足なく潤すに足る量であり、 $W_1/C=0.25$ の混練状態に比較して2次水添加後の溶解速度が格段に速くなる。またVCP方式の特徴が明瞭に発現される1次水量として $W_1/C=0.20\sim0.32$ の範囲を設定することができ、分割方式より大きな効果を得る。一方、 η_B の増大領域では普通方式に比べて明らかに流動性が劣化することが考えられる。この領域では1次水を混練した際に1mm程度の団粒化した固結粒子が多数発生し、これらを溶解することが極めて困難な状態になる。この現象は $W_1/C=0.10$ 前後において特に顕著であり、セメントペーストを非均質なものにする。すなわち、団粒化した粗粒群の慣性力に起因する流体抵抗が本来の構造粘性に重畳された形で η_B に反映されている。高D域の τ_B についてはVCP方式ないし分割方式において大きな変化を示さないが、変動特性を詳細に観察すれば η_B との対応性が認められる。

以上の結果よりVCP方式においては、セメント粒子と骨材の分散性を向上させ、かつポンプ圧送時の流動性を大きく改善させる最適な1次水量として $W_1/C=0.28\sim0.30$ を改めて決定することができた。

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)魚本, コンクリート工学, Vol.20, No.9, 昭57 (4)田沢, 他3名, コンクリート工学年次講義集, 昭57