

(株) 鴻池組 正員 川上正史
正員 大橋 昭
正員 松生隆司

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、併せて最適な加振条件を推定した。本研究では(レオロジー特性に関する研究、第1報、第2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、主としてレオロジー特性に及ぼす加振条件(最大加速度変位 a^* 、加振時間 t)の影響を検討した。

2. 実験装置および方法 実験装置は表1に示す二重円筒型回転粘度計と、既報¹⁾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、Bingham 流動の粘性解析を行った。測定試料には一定の最大加速度変位のもとで加振時間を巾広く変化させたVCP方式によるセメントペーストを用い、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 88μ の新鮮な普通ポルトランドセメントを使用し、標準量 $100g$ をSU S製密封容器(350cm³)に入れて振動台に固着させた。試料には予め所定の攪はん(せん断速度 $D_0=168\text{ s}^{-1}$, 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。試料の1次水量は $W_1/C=0.25$ 、練り上り時の水量は $W/C=0.40$ に統一しており、3ケースの平均を測定値とした。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 既報¹⁾²⁾においては、加振条件を包括して表現することができる振動入力エネルギー値(図1中の式を参照)を用いて解析を試み、モルタルの強度と振動入力エネルギー E との関係におけるマクロな相関性を明らかにしている。これらの関係は図1中の上図に再掲されており、普通方式で作製したモルタルより30%程度の強度増加がみられる最適なエネルギー域(図中の0pt. 範囲)と、大きなエネルギー域で強度が低下する特性が示されている。VCP方式の基本原理解はセメントペーストの物性改善にあり、したがってセメントペーストのレオロジー特性においては種々の振動入力の影響がモルタル強度に比較してより一層明確に抽出することが可能になるものと考えられる。第1報ないし第2報と同じセメントを用い、かつ加振条件 $a^*=\pm 20.1\cdot g$ (g :重力加速度)における実験結果と、納入時期は異なるがほぼ類似したレオロジー特性を示すセメントを用い、かつ加振条件 $a^*=\pm 40.3\cdot g$ における実験結果を図1の③ないし⑤にまとめている。

せん断速度 D を基準として図中の③、⑤は高 D 域における Bingham 粘性を、④、⑥は低 D 域での Bingham 粘性をそれぞれ示す。また回転粘度計の回転数を増減させるだけの簡単な制御プログラムによって得られたヒステリシス面積率 α を⑦に示す。ただし、 α は普通方式のせん断速度 D ～せん断応力 τ 曲線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。加振条件 $a^*=\pm 40.3\cdot g$ の場合、 τ_{B-HIGH} 、 η_{B-LOW} ならびに α が振動入力エネルギー E の増加と共に漸増する傾向をみせており、高 E 域におけるモルタル強度の低下傾向とよく対応している。すなわち、過剰な振動入力を与えればセメントペーストの分散構造が劣化し始め、ひいてはモルタルの強度増加に悪影響を及ぼすものと考えられる。VCP方式の特徴がよく現れる η_{B-HIGH} の減少ないし τ_{B-LOW} の増大現象については、 $E=1500\sim 2300\text{ kgf}\cdot\text{m}$ ($t=4\sim 6\text{ min}$)付近に最小値ないし最大値が

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

得られており、この加振条件における最適なエネルギー範囲として示されている。一方、加振条件 $a^* = \pm 20.1 \cdot g$ の場合には前述の加振条件と同様な傾向を示してはいるが、それ程鋭敏ではない。また最適エネルギー範囲としては明確ではないが $E = 470 \sim 1040 \text{ kgf} \cdot \text{m}$ ($t = 5 \sim 11 \text{ min}$) の範囲が推定されよう。以上のように加振条件を個別に評価すれば、加振時間そのものに対する依存性も改めて考慮する必要があることが分かった。

セメントペーストのレオロジー特性を概括すれば、VCP方式の基本原則をセメント懸濁体の分散構造に求めることができ、セメントの混練過程における高度な品質管理の一手法として位置づけることができる。

セメント粒子の分散性が改善され構造粘性が強められる過程については、コロイド等の界面挙動に関する一般的な説明を援用することができよう。すなわち、水を分割することによりセメント粒子

の界面電気状態と粒子表面の吸着・水和層が変化を受け、凝集しにくい分散構造体が形成される。また加振により1次水の均質な分散を図ることから、微細な空隙の浸透濡れが促進されて水和面積も増大すると共に、粒子群の励起によって界面の電気現象も一層鋭くなり一段とセメント粒子の分散性が向上する。よって粒子の空間構造がよりち密になりブリージングも減少してセメントマトリックスが均質化され、骨材の保持力が強められることと相まって強度が向上するものと考えられる。また構造粘性の強化により、ポンプ圧送時ないし振動締め固め時の流動性と構造破壊に対する耐力とに優れた性能を発揮するものと考えられる。

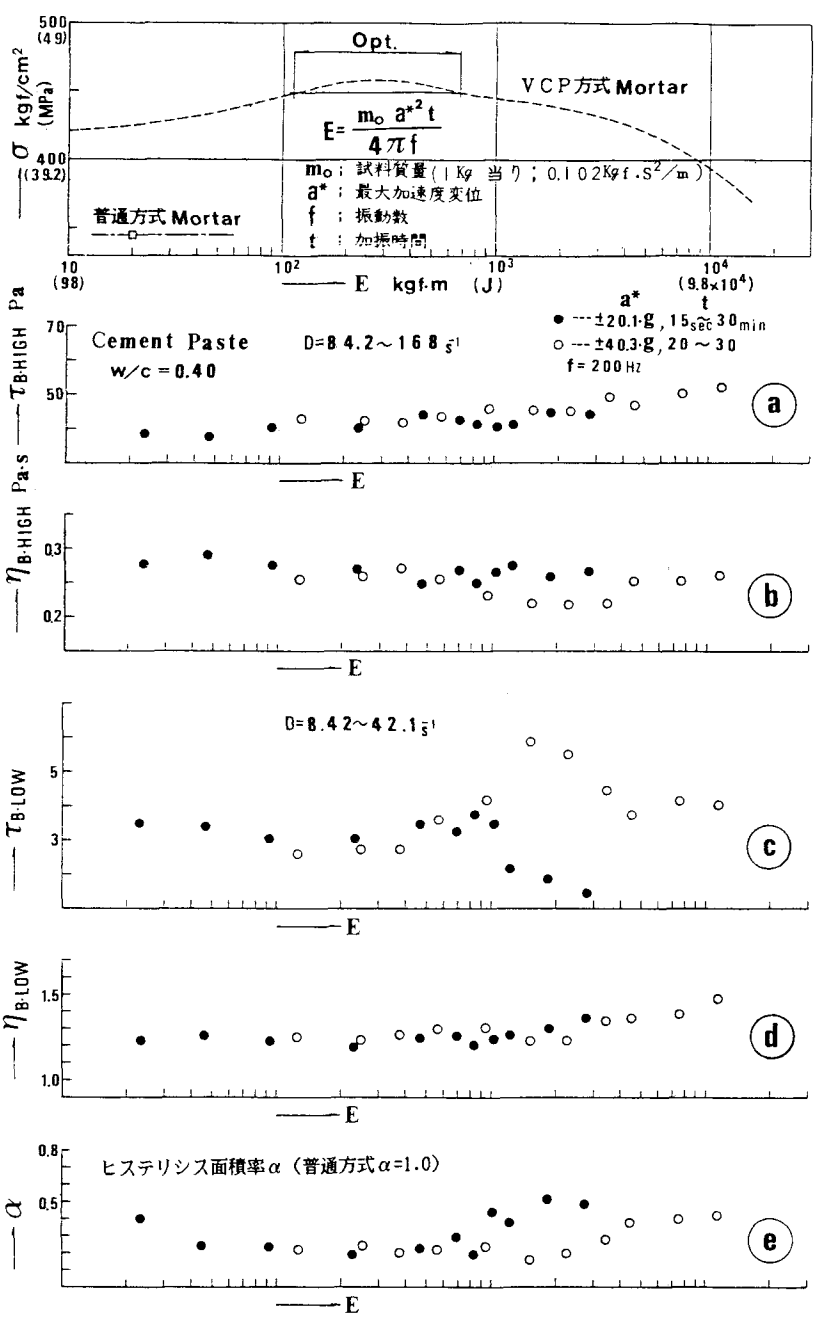


図1 振動入力エネルギーと Bingham粘性ないしヒステリシス面積率の関係

面の吸着・水和層が変化を受け、凝集しにくい分散構造体が形成される。また加振により1次水の均質な分散を図ることから、微細な空隙の浸透濡れが促進されて水和面積も増大すると共に、粒子群の励起によって界面の電気現象も一層鋭くなり一段とセメント粒子の分散性が向上する。よって粒子の空間構造がよりち密になりブリージングも減少してセメントマトリックスが均質化され、骨材の保持力が強められることと相まって強度が向上するものと考えられる。また構造粘性の強化により、ポンプ圧送時ないし振動締め固め時の流動性と構造破壊に対する耐力とに優れた性能を発揮するものと考えられる。

参考文献 (1)大橋, 川上, 土木学会年次講概集, 昭57 (2)川上, 他2名, 土木学会年次講概集, 昭58