

配合要因や粒子の凝集構造がモルタルの流動性に与える影響

(株)エヌエムビー

正会員

○永峯 秀則

東京大学生産技術研究所

正会員

岸 利治

1．目的

モルタルの流動性に影響を与える因子は、水セメント比や高性能AE減水剤（以下SPと称す）の添加量などの配合要因に起因するもの、温度や練混ぜや経過時間などの外的な要因に起因するものが考えられる。これらは、粒子の凝集状態に影響を与え、流動性状の変化をもたらすと考えられる。図-1は、配合・環境要因が流動性状に影響を及ぼす事を模式的に示したものである。本報告は、配合要因が流動性状に及ぼす影響と粒子の凝集状態が流動性状に及ぼす影響を比較し、考察したものである。この際、粒子の凝集状態（自由水）を示す指標として、遠心脱水による浮き水量を粉体容積で除した遠心分離水粉体容積比( $W_{csP}$ ，%)を導入した。

2．本研究の基本概念

岡村ら<sup>1)</sup>は、分散剤を用いないセメントペーストの流動性と水粉体容積比の間に線形性を見だし、フローがゼロのときの  $V_w/V_p$  を、流動性に寄与しない水粉体容積比として拘束比と定義し、粒子が拘束する水とそれ以外の水（自由水）を区別している。

筆者ら<sup>2)</sup>は、図-1のように配合や環境によって変化する粒子の分散・凝集状態を考慮し、流動性状を粒子間の接触確率および接触時の摩擦の観点から捉えている。接触確率は端的に言えば粒子間距離であり、水セメント比の影響を強く受ける。また、セメントマトリックスのような凝集系では、粒子の凝集状態によって、粒子間距離は変化するため、粒子の接触確率を議論する際には、粒子の凝集状態を考慮する必要がある。つまり、粒子（凝集塊を含む）に拘束されていない自由水の定量化が重要となる。そこで、モルタルに凝集構造を破壊しない程度の加速度を与え、得られた浮き水から、粒子の凝集状態（自由水）を示す指標として、遠心分離水粉体容積比( $W_{csP}$ ，%)を定義した<sup>2)</sup>。

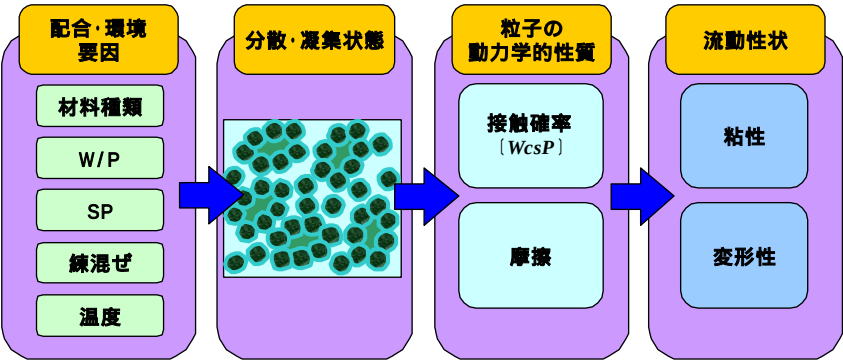


図 - 1 基本概念

3．実験概要

本研究では、普通ポルトランドセメントを用いて、水粉体容積比( $V_w/V_p$ )およびSPの添加量( $SP/C$ )を種々変化させたモルタルについて検討した。水粉体容積比およびSPの粉体重量に対する添加量(以下、 $Px\%$ で表示する)の範囲は、それぞれ  $V_w/V_p=0.78\sim1.5$ 、 $SP/C=Px0.0\sim3.9\%$ とし、細骨材は、常にモルタルとの容積比が0.4となるように添加した。環境温度および材料温度は20とし、使用材料および練混ぜ方法は、表-1および図-2に示すように同一条件のもとで試験した。また、流動性を示す指標として、相対フロー面積比( $f_m$ )<sup>3)</sup>を用い、 $V_w/V_p$ や $W_{csP}$ との関係を調べた。遠心脱水は、HITACHI社製高速遠心機(himac CR20、アングルク R19A)により、3000rpm・10分の条件で行った。この3000rpmは加速度で表すと928Gに相当する。

表 - 1 使用材料

|              |                                                                             |
|--------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| 練混ぜ水(W)      | 上水道水                                                                        |
| セメント(C)      | 普通ポルトランドセメント<br>(密度=3.15g/cm <sup>3</sup> 、ブレン比表面積=3.330cm <sup>2</sup> /g) |
| 細骨材(S)       | 大井川水系産陸砂<br>(表乾密度=2.60g/cm <sup>3</sup> 、吸水率=1.83%)                         |
| 高性能AE減水剤(SP) | ポリカルボン酸エーテル系                                                                |

キーワード モルタル，流動性，水粉体容積比，遠心脱水，自由水

連絡先 〒253-0071 神奈川県茅ヶ崎市萩園 2722 (株)エヌエムビー 中央研究所 開発第2グループ TEL 0467-87-8084

#### 4. 実験結果

図 - 3 に水粉体容積比( $V_w/V_p$ )と相対フロー面積比( $\Gamma_m$ )の関係を示し、図 - 4 に遠心分離水粉体容積比( $W_{cs}P$ , %)と相対フロー面積比( $\Gamma_m$ )の関係を示す。

図 - 3 は、各  $SP/C$  毎に  $V_w/V_p$  を変化させたときのプロットを同じマーカーで示している。 $V_w/V_p$  と  $\Gamma_m$  の関係では、各  $SP/C$  毎に高い線形性を示し、各々の直線は、 $\Gamma_m = -2$ ,  $V_w/V_p = 0.7$  付近で焦点を結ぶ様に位置していた。

また、図の横軸を遠心分離水粉体容積比とした図 - 4 でも、 $SP/C$  毎の直線が高い線形性を示し、各々の直線が、 $\Gamma_m = -2$ ,  $W_{cs}P = 0.9$ (%) 付近で焦点を結ぶ様に位置していた。ただし、特筆すべきは、 $W_{cs}P$  と  $\Gamma_m$  の関係から得られる各直線の焦点は、 $\Gamma_m$  と  $V_w/V_p$  の関係から得られる各直線の焦点よりも、より明確に焦点を結んでいた。

これらの焦点の意味について考えると、図 - 3 の焦点では、 $SP/C$  に依存せずに、 $\Gamma_m$  と  $V_w/V_p$  が一定値となることから、流動性が配合に依存しない状態であることを意味している。同様に図 - 4 の焦点では、 $SP/C$  に依存せずに、 $\Gamma_m$  と  $W_{cs}P$  が一定値となることから、流動性が自由水や  $SP$  の影響を受けない状態であることを意味している。なお、この焦点における  $\Gamma_m$  が仮想の値(約 -2)で焦点を結んでいる理由は、 $\Gamma_m$  がゼロ以下、つまり、フローが発現していない状態においても、粒子の凝集状態や自由水が変化しているためと考えられる。

ここで、この焦点における粒子の凝集状態は、自由水がゼロの状態であると仮定すると、この焦点以下の  $V_w/V_p$  (およそ  $V_w/V_p = 0.7$ ) では、水セメント比や  $SP/C$  が、粒子の凝集状態や流動性に影響を及ぼさないと考えられる。また、図 - 3 より図 - 4 の方が、より明確に焦点を結んでいる理由は、 $V_w/V_p$  より  $W_{cs}P$  の方が粒子の凝集状態が反映された指標であるためと考えられ、自由水がゼロを示す原点として、焦点がより明確に現れたものと考えられる。

#### 5. まとめ

配合要因が流動性状に及ぼす影響と粒子の凝集状態が流動性状に及ぼす影響を比較した結果、各  $SP/C$  毎の粒子の凝集状態(自由水)を示す指標( $W_{cs}P$ , %)と相対フロー面積比( $\Gamma_m$ )が線形性を示し、これらの直線が焦点を結ぶように位置したことから、およそ  $V_w/V_p = 0.7$  では、自由水がゼロの状態であることが示唆された。

#### 参考文献

- 1)岡村甫，前川宏一，小澤一雅：ハイパフォーマンコンクリート，技報堂出版，1993.9
- 2)大内雅博ほか：自己充填コンクリート用高性能 AE 減水剤の効果の定量評価法，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.20，No.2，pp.355-360，1998
- 3)永峯秀則，岸利治：遠心力を作用させたモルタルの浮き水量と粒子の分散・凝集状態に関する一考察，土木学会コンシステンシー評価指標小委員会委員会報告シンポジウム論文集，pp. -9-16，2003

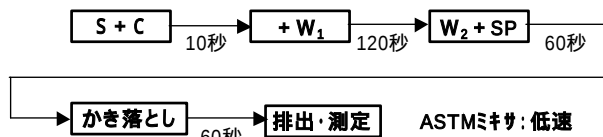


図 - 2 練混ぜ方法

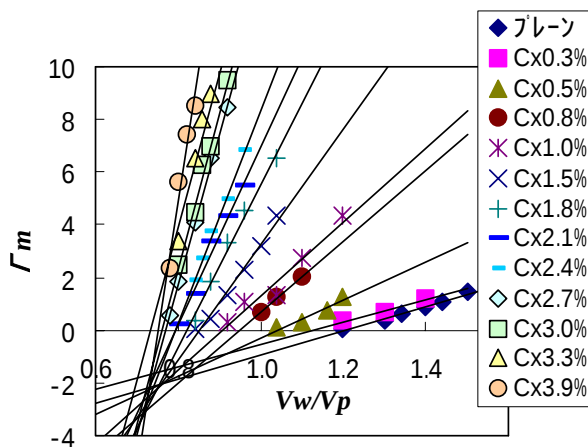


図 - 3  $V_w/V_p$  と  $\Gamma_m$  の関係

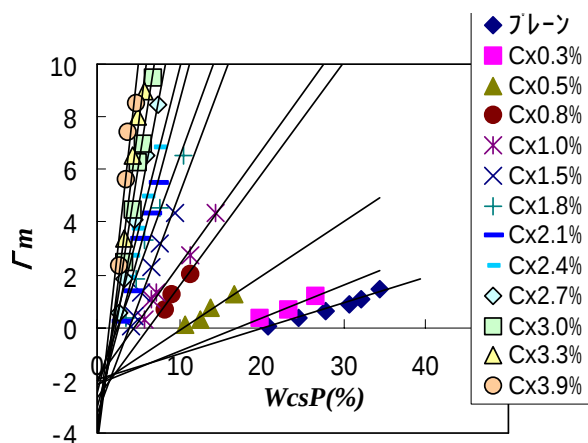


図 - 4  $W_{cs}P$  と  $\Gamma_m$  の関係