

骨材の性質がフレッシュモルタルのレオロジー特性に及ぼす影響

鳥取大学 正会員 西林 新蔵
鳥取大学 正会員 吉野 公
大阪セメント 正会員 黒田 保
鳥取大学 学生員 ○河野 昌平

1. まえがき

本研究は、フレッシュモルタルをセメントペーストと細骨材からなる2相材料と考え、連続相であるセメントペーストのレオロジー量と分散相である細骨材の特性との関係を明らかにすることを目的としている。本実験においては、細骨材の比表面積と実積率がフレッシュモルタルをビンガム流体と仮定したときのレオロジー量のうち、塑性粘度に及ぼす影響について検討を行うとともに、塑性粘度の推定式を確立することを試みたものである。

2. 実験概要

本実験で使用したセメントは普通ポルトランドセメントで、細骨材は表-1に示す4種類のものを用いた。細骨材Aは砕砂と陸砂の混合砂、細骨材B、C、Dはそれぞれ比表面積の異なる3種類の砕砂である。なお、表中の比表面積は、定水位透水試験より求めた透水係数と、その時の試料の空隙率から、Loudonの実験式を用いて求めた。また化学混和剤は、A E減水剤(AE)、流動化剤(NP)、高性能A E減水剤(SP)を使用した。各混和剤の添加量および実験条件を表-2に示す。

レオロジー量の測定は、球引き上げ式粘度計を用いて行なった。

3. 結果と考察

S P試料について細骨材の種類を変化させた場合の細骨材容積割合(V_s)と塑性粘度(η_{pl})との関係を図-1に示す。この図より、塑性粘度は、細骨材容積割合の増加とともに指数関数的に増加する傾向のあることが認められる。また、同一細骨材容積割合においては、細骨材の比表面積が大きくなるほど、フレッシュモルタルの塑性粘度が大きくなる傾向が認められる。この傾向は、混和剤無添加(PL)、A E、NPにおいても同様であった。以上の結果より、細骨材の比表面積は、モルタルの塑性粘度に何らかの影響を及ぼすものと考えらる。そこで、フレッシュモルタルの塑性粘度を表わすパラメーターとして、細骨材の総表面積を考える。細骨材の総表面積は、次式に示すように、その比表面積に細骨材容積割合を乗じることによって得られる。

$$S_a = S_s \times V_s \quad (1)$$

ここに、 S_a : 細骨材の総表面積、 S_s : 細骨材の比表面積である。

細骨材の総表面積と塑性粘度の関係を、S P試料について図-2に示す。この図より、同一の細骨材総表面積における塑性粘度は、細骨材Dを用いたものが最も大きく、次に細骨材C、B、Aの順になって

表-1 細骨材の物理的性質

細骨材	F.M.	比重	比表面積 (cm^2/cm^3)	実積率 (%)
A	2.81	2.65	341	67.5
B	3.01	2.68	288	66.8
C	3.01	2.66	255	66.5
D	3.45	2.68	232	63.8

表-2 実験条件

W/C	40
細骨材容積割合	0.03間隔で4水準
混和剤 ($C \times \%$)	PL AE 0.25 NP 0.75 SP 1.25
細骨材	A, B, C, D

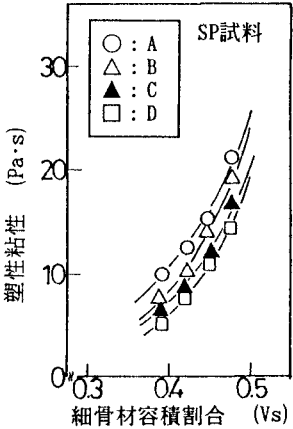


図-1 細骨材容積割合と塑性粘性の関係

いる。これは、実積率の小さな細骨材を使用したモルタルの順である。したがって、細骨材の比表面積、容積割合以外に実積率もフレッシュモルタルのレオロジー量に影響を及ぼす要因であると考えることができる。一般に、骨材を詰め込んだときにできる空隙部分を満たすペーストは、流動に寄与しないとされている。したがって、モルタル中の全ペースト量から細骨材の空隙部分を満たすペーストを差し引いて余ったペースト、すなわち余剰ペースト量が流動に関係していると考えられる。余剰ペースト量を求める式は次式となる。

$$P_e = (1 - V_s / S_{vs}) \quad (2)$$

ここに、 P_e : 余剰ペースト量、 S_{vs} : 細骨材の実積率である。

さらに、この余剰ペースト量を細骨材の総表面積で除した値、つまり余剰ペースト膜厚は、細骨材の実積率、比表面積および容積割合を同時に含むパラメーターとなる。

$$F_p = P_e / S_a \quad (3)$$

ここに、 F_p : 余剰ペースト膜厚である。

余剰ペースト膜厚と塑性粘度の関係を、SP試料について図-3に示す。この図より、塑性粘度は、細骨材の種類に関係なく余剰ペースト膜厚の増加にともなって減少する傾向がみられる。また、PL、AE、NPについても同様の結果が得られる。以上の結果より、混和剤ごとに塑性粘度を余剰ペースト膜厚の関数として表わすことができると考えられる。

図-4は、余剰ペースト膜厚と各モルタルの塑性粘度をペーストのそれで除した相対粘度との関係を、全ての試料に対して示したものである。この図より、相対粘度と余剰ペースト膜厚は、混和剤および細骨材の種類に関係なく1本の近似式で表わすことが可能となる。すなわち、

$$\log(\eta_r) = -2.48 \times 10^{-2} F_p + 1.10 \quad r = 0.909 \quad (4)$$

ここに、 η_r : 相対粘度、 r : 相関係数

また(4)式は、 $\eta_r = \eta_{pim} / \eta_{pic}$ (η_{pic} : セメントペーストの塑性粘度)を用いて次式のようになる。

$$\eta_{pim} = \eta_{pic} \times 10^{(-2.48 \times 10^{-2} F_p + 1.10)} \quad (5)$$

(5)式で求められた塑性粘度の推定値 η_{pim} と実測値 η_{pi} との比 η_{pim} / η_{pi} の変動係数を求めると19.5%であった。

4. まとめ

本研究の範囲内において、塑性粘度の推定式がセメントペーストの塑性粘度と余剰ペースト膜厚の関数として(5)式のように得られた。(5)式を用いることによって、混和剤の種類や細骨材の性質に関係なく、セメントペーストの塑性粘度からモルタルの塑性粘度を推定することが可能である。また、セメントペーストのレオロジー量に影響を及ぼす要因を明らかにし、そのパラメーターと関連づけることが可能になれば、より一般的なモルタルの塑性粘度の推定式となり得る。

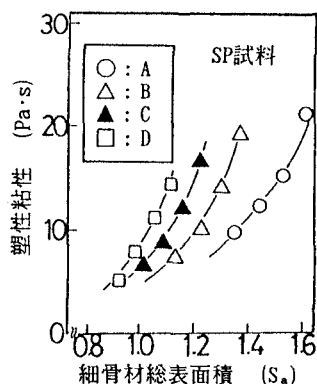


図-2 細骨材総表面積と塑性粘度の関係

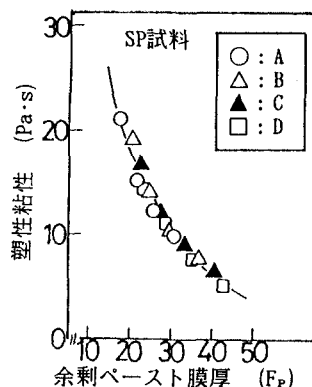


図-3 余剰ペースト膜厚と塑性粘度の関係

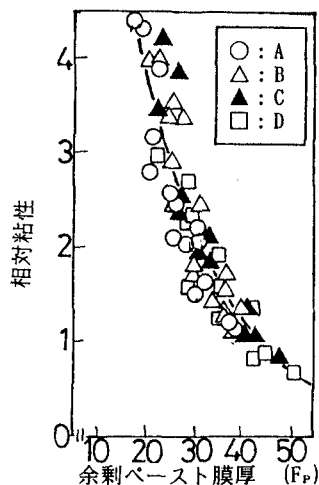


図-4 余剰ペースト膜厚と相対粘度の関係