

フレッシュモルタルのレオロジー的性質に関する研究
 ——混和材料の性質の影響について——

鳥取大学 正会員 西林 新蔵
 鳥取大学 正会員 吉野 公
 鳥取大学 正会員 黒田 保
 鳥取大学 学生員 ○新池谷松直

1. まえがき

フレッシュコンクリートのコンシステンシーを評価する方法の1つであるレオロジー試験から得られる物性値(塑性粘度, 降伏値)と、使用材料の諸性質および配合要因との関係を明らかにすることは、コンクリートの配合と施工の合理化を図るうえで重要である。また、降伏値はスランプからの推定が可能であるといわれているが、塑性粘度の簡易測定法はいまだ確立されていない。そこで本研究は、フレッシュモルタルをビンガム流体と仮定し、連続相にセメントペースト、分散相に細骨材を考え、使用材料の性質からモルタルの塑性粘度を推定する方法を検討した。

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、結合材は粉末度の異なる2種類の高炉スラグ微粉末(粉末度 $4320\text{cm}^2/\text{g}$: slg4, $6020\text{cm}^2/\text{g}$: slg6)を用い、その置換率を0, 30, 50, 70%とした。結合材容積割合(V_c)は0.413, 0.447, 0.476の3水準とし普通セメントの $W/C=35, 40, 45\%$ に相当する。結合材および細骨材の物理的性質を表-1、表-2に示し、実験条件を表-3に示す。

3. 結果と考察

図-1に、 $V_c=0.447$ でSP-9Nを使用したときの混和材の置換率と、セメントペーストのレオロジー定数との関係を示す。この図より、降伏値はフロー値を一定としていることからほぼ一定の値を示しているのに対して、塑性粘度は置換率が増加すると、増加する傾向が見られる。図-2に、SP-9Nを使用した時の結合材容積割合とレオロジー定数の関係を示す。この図より、降伏値はほぼ一定の値を示しているが、塑性粘度は結合材容積割合が増加するとほぼ直線的な増加の傾向が見られる。以上のことより、セメントペーストの降伏値はフロー値を一定とすることによりほぼ一定とすることができたが、塑性粘度は結合材の種類、およびその容積割合の影響を受けることがわかった。

以下に塑性粘度の異なるセメントペーストに、細骨材を混入した場合のモルタルのレオロジー定数に関して検討する。 $V_c=0.447$ でSP-9Nを使用した時の、細骨材容積割合と塑性粘度との関係を図-3に示す。こ

表-1 結合材の物理的性質

結合材	比重	粉末度 (cm^2/g)
普通	3.15	3330
slg4-30	3.08	3630
slg4-50	3.03	3830
slg4-70	2.98	4020
slg6-30	3.07	4140
slg6-50	3.02	4680
slg6-70	2.97	5210

表-2 細骨材の物理的性質

細骨材	比表面積 (cm^2/cm^3)	実積率 (%)	F.M.	比重
A砂	341	67.5	2.81	2.65
B砂	291	65.1	2.79	2.58

表-3 実験条件

結合材容積割合	0.413, 0.447, 0.476
細骨材容積割合	0.03間隔で4水準
混和剤	SP-9N, SP-8N, NP-10 同配合のセメントペーストにおいて FL_0 が280mmとなる各添加量

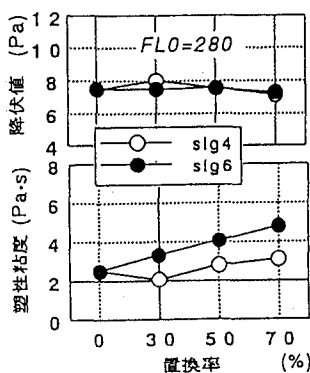


図-1 結合材置換率とレオロジー定数の関係

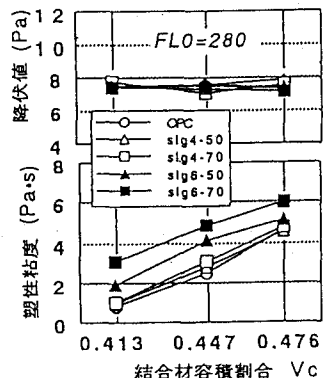


図-2 結合材容積割合とレオロジー定数の関係

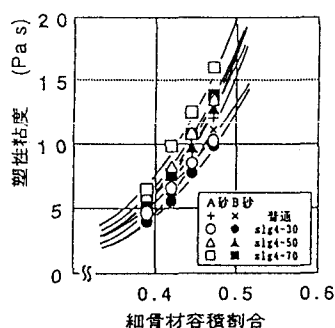


図-3 細骨材容積割合と塑性粘度の関係

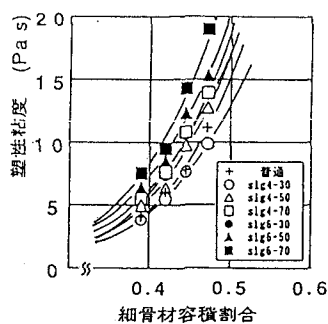


図-4 細骨材容積割合と塑性粘度の関係

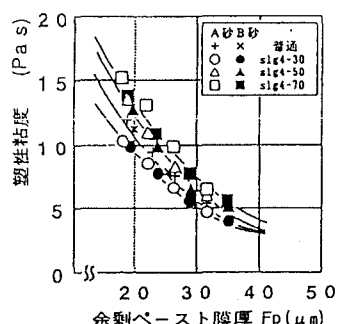


図-5 余剰ペースト膜厚と塑性粘度の関係

の図より、どの結合材および細骨材を用いた場合においても細骨材容積割合が増加するにともない、塑性粘度は指数関数的に増加する傾向がある。また、結合材の種類が同じであればどの試料においても、同一細骨材容積割合においてA砂を用いた方が塑性粘度は大きくなっている。図-4に細骨材容積割合と塑性粘度の関係を、図-3に用いた試料のB砂のみを、全ての結合材について示す。この図より、骨材の種類が同じであればペーストの塑性粘度が大きいものほど、モルタルの塑性粘度は大きくなる。このように、結合材および細骨材の物理的性質によって塑性粘度が異なった値を示すことから、細骨材容積割合のみではモルタルのレオロジー定数を評価するパラメーターとして不十分であると考えられる。

そこで、細骨材の実積率、比表面積および容積割合を同時に考慮できる余剰ペースト膜厚 (F_p) を用いる。これは余剰ペースト量 (モルタルの全ペースト量から、細骨材を詰め込んだ時にできる空隙部分を満たすペーストを差し引いたもの) を細骨材の総表面積で除して得られる。 $V_c=0.447$ で SP-9Nを使用した時の余剰ペースト膜厚と塑性粘度の関係を図-5に示す。この図より、どの結合材を用いた場合でも結合材の性質が同じであれば細骨材の性質の影響がなくなり、余剰ペースト膜厚が増加するとともに指数関数的に減少する傾向がみられる。以上の結果より、結合材の種類ごとに塑性粘度を余剰ペースト膜厚の関数として表すことができると考えられる。次に、結合材の性質の違いを考慮して、モルタルの塑性粘度をセメントペーストの塑性粘度で除した値である、相対粘度 (η_r) を用いることを試みる。図-6は、余剰ペースト膜厚と相対粘度の関係を、全ての試料について示したものである。この図より、混和剤、結合材および細骨材の種類に関係なく、相対粘度は余剰ペースト膜厚の関数として1本の近似式で表すことが可能であり、次式が得られる。

$$\log(\eta_r) = -2.11 \times 10^{-2} F_p + 0.99 \quad r = 0.947 \quad (1)$$

ここに、 r : 相関係数である。したがって、モルタルの塑性粘度 (η_{plm}) は $\eta_r = \eta_{plm} / \eta_{pic}$ (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表せる。

$$\eta_{plm} = \eta_{pic} \times 10^{(-2.11 \times 10^{-2} F_p + 0.99)} \quad (2)$$

この式を用いて計算した推定値と実測値との比の変動係数は、12.9%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(2)式のように得られた。(2)式で、骨材の物理的性質による影響や、結合材および混和材の種類による影響が考慮され、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。

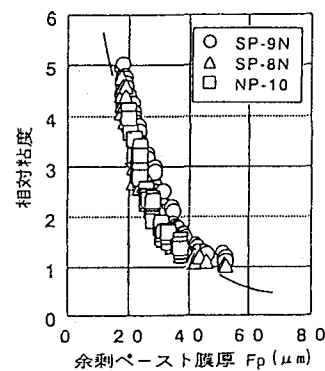


図-6 余剰ペースト膜厚と相対粘度の関係