

増粘剤系高流動セメントペーストの粘度式

名城大学 フェロー 菊川 浩治
名城大学 学生会員 ○山下 武

1. まえがき

近年、建設現場における省力化や省人化、合理化を図ること、製品工場における騒音防止の必要性から、自己充填性を有する高流動コンクリートが多く使用されている。高流動コンクリートは、水結合材比が小さいため、フレッシュ時の粘度が高く、スランプ試験だけで流動性を評価するのは困難である。フレッシュ状態での変形抵抗性の評価にはレオロジーの導入が考えられるが一般にレオロジー定数の測定は複雑である。そこで本研究では、増粘剤系高流動セメントペーストの塑性粘度を推定するための粘度式を提示したものである。

2. 使用材料

本実験では、セメントは普通、中庸熟、早強、超早強ポルトランドセメントを使用した。化学混和剤として、AE剤、高性能AE減水剤はN社製のもので、主成分をそれぞれ変性ロジン酸化合物、ポリカルボン酸エーテル系と架橋ポリマーの複合体とするものを使用した。増粘剤はS社製のものを使用し、主成分は水溶性セルロースエーテルのものとした。水は大学校内の井戸水を使用した。配合は表-1の通りである。(代表例として普通セメント(比重 3.15)の配合表を示した。)

W/C	表-1 セメントペーストの配合表			
	単位量(kg/m ³)			
	高性能AE 減水剤	セメント C	水 W	増粘剤
0.35	0.068	1498	520	1.30
	0.102	1498	518	1.30
	0.136	1498	516	1.29
0.4	0.068	1393	554	1.39
	0.102	1393	552	1.38
	0.136	1393	550	1.38
0.45	0.068	1303	582	1.46
	0.102	1303	580	1.45
	0.136	1303	578	1.45
0.5	0.068	1223	608	1.52
	0.102	1223	606	1.52
	0.136	1223	604	1.51

(高性能AE減水剤の使用量は固形分換算量)

3. 実験方法

練混ぜはホバート型モルタルミキサを用い低速(157rpm)で1分間、高速(396rpm)で2分間、合計3分間練混ぜた。試験はフロー値を求め、同時に内円筒型二重円筒回転粘度計でレオロジー定数を測定した。配合条件は、試料温度を10、20、30℃とし、練混ぜ後の経過時間を0、30、60、90分とした。混和剤の使用量は、高性能AE減水剤を4000ml/m³、6000ml/m³、8000ml/m³とし、増粘剤の使用量をW×0.0025とした。AE剤の使用量は空気量が6~8%となるようにした。総バッチ数は、試料温度20℃については、セメントを4種類使用し、20、30℃については、普通ポルトランドセメントのみを使用し、合計288バッチで試験を行った。

4. 塑性粘度推定式

高性能AE減水剤は、強い分散作用によりセメント粒子が高度に分散され、セメントペーストに流動性を与え、粘性を減少させる傾向があると思われる。そこで、増粘剤系高流動セメントペーストの塑性粘度推定式として、Roscoeの粘度式を基にした、次式を想定した。

$$\eta_{re} = \left[1 - \frac{V}{C} (1 - A) \right]^{-K} \tag{1}$$

ここに、 η_{re} : セメントペーストの相対粘度、 V : セメントの体積濃度、 C : セメントの実積率、 K : セメントの団粒の形状係数、 A : 高性能AE減水剤の使用量に関する係数

図-1 は、セメントの団粒の形状係数 K とセメントのプレーン比表面積 ϕ との関係を示したものであり、 K は ϕ の一次関数で表わされることがわかる。また、この一次関数の切片 K_2 はセメントの体積濃度により変化し、その関係は、図-2 より体積濃度 V の指数関数で表わされることがわかる。次に、高性能AE減水剤の使用量に関する係数 A は図-3 に示すように高性能AE減水剤の添加率の指数関数で表わされることが確認できた。以上の結果より、高流動セメントペーストの塑性粘度推定式として次式を提案した。

$$\eta_{re} = \left[1 - \frac{V}{C} (1 - \zeta \cdot P^n) \right]^{-(K_1 \phi + K_3 \cdot V^j)} \quad (2)$$

ここに、 η_{re} : セメントペーストの相対粘度、
 V : セメントの体積濃度、 C : セメントの実積率、
 P : 高性能AE減水剤の添加率 (固形分換算率)
 K_1, K_3, j, ζ, n : 実験定数

($K_1 = 2.92 \times 10^{-5}$, $K_3 = 0.397$, $j = -1.78$, $\zeta = 59.77$, $n = 1.489$)

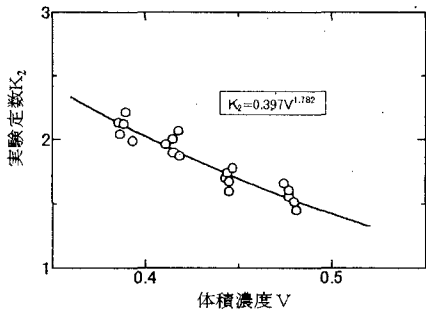


図-2 実験定数 K_2 と体積濃度 V との関係

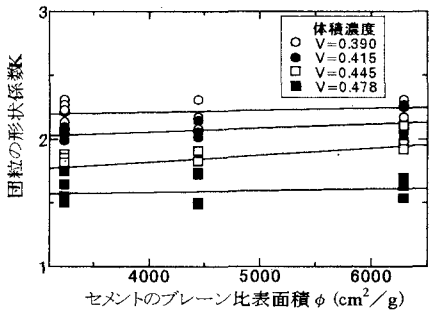


図-1 団粒の形状係数 K とセメントのプレーン比表面積 ϕ との関係

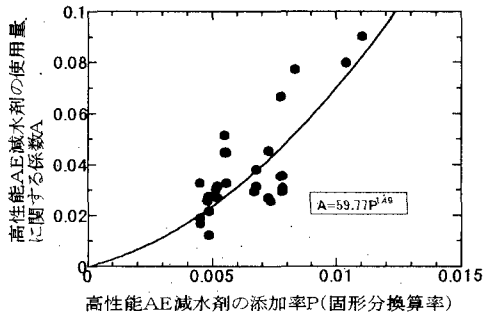


図-3 高性能AE減水剤の使用量に関する係数 A と高性能AE減水剤の添加率 P との関係

5. まとめ

提案した、塑性粘度推定式 (2) よりセメントペーストの塑性粘度の推定値を求め、実験により得られる実測値との比較を行った。その結果を表-2 に示す。この表に示すように推定値と実測値との比は1に近づいていることが確認できた。(試料数 48 で 0.775~1.265、平均 0.879、変動係数 21%) したがって、提案した塑性粘度推定式を用いて塑性粘度をほぼ満足に推定できると思われる。

参考文献

1. 高流動コンクリート施工指針 土木学会 コンクリート委員会 平成 10 年 7 月
2. 菊川 浩治、横山 和幸：化学混和剤を添加したセメントペーストの粘度式について、土木学会第 50 回年次学術講演会概要集、pp.82-83、平成 7 年 9 月

表-2 塑性粘度の推定値と実測値(高性能AE減水剤 6000ml/m³)

セメント W/C	普通			中庸熱		
	推定値 A (Pa・s)	実測値 B (Pa・s)	A/B	推定値 A (Pa・s)	実測値 B (Pa・s)	A/B
0.35	19.36	24.31	0.796	20.76	26.78	0.775
0.40	15.38	18.68	0.824	16.37	20.54	0.797
0.45	13.45	15.02	0.896	14.28	12.29	1.162
0.50	12.81	15.70	0.816	13.50	14.84	0.910
セメント W/C	早強			超早強		
	推定値 A (Pa・s)	実測値 B (Pa・s)	A/B	推定値 A (Pa・s)	実測値 B (Pa・s)	A/B
0.35	25.78	30.75	0.838	52.49	52.51	1.000
0.40	19.08	22.36	0.853	30.63	37.09	0.826
0.45	16.39	19.83	0.826	25.05	28.12	0.891
0.50	14.94	15.78	0.947	20.44	25.48	0.802