

粉体系高流動コンクリートの塑性粘度推定式

名城大学大学院 学生会員 ○兵藤勝義
 名城大学大学院 学生会員 服部克久
 名城大学 フェロー 菊川浩治

1. まえがき

近年、開発・実用化されている高強度、超高強度コンクリート、水中不分離性コンクリート、高流動コンクリートなどを含め、あらゆるフレッシュコンクリートの力学性状を統一的に表現することができる力学モデルの構築を主目的とした、レオロジー的な研究が関心を集めている。そこで本研究は様々な化学混和剤を用いたフレッシュコンクリートの塑性粘度推定式を求めることを最終目的とし、高流動コンクリートの塑性粘度推定式を提案した。

2. 使用材料

本実験では、セメントは普通ポルトランドセメントを使用し、化学混和剤は高性能 AE 減水剤、AE 調整剤、混和材は高炉スラグ微粉末を使用した。細骨材は密度 2.58、粗粒率 3.00 である川砂、粗骨材は最大寸法が 20mm、密度 2.59、粗粒率 6.99 のものを使用した。水は大学構内の井戸水を使用した。配合は表-1 のとおりである。

表-1 コンクリートの配合表

水セメント比 0.55,0.60

試料温度 10,20,30

練混ぜ後の経過時間

0,30,60,90 分

粗骨材の最大寸法 20mm

W/C	単位体積重量 (kg/m ³)					
	セメント	水	細骨材	粗骨材	高炉スラグ微粉末	高性能AE減水剤
0.55	441	243	441	699	309	0.34, 0.51, 0.68
0.60	427	256	427	699	299	

注) 高性能 AE 減水剤は固形分換算量で示す

3. 実験方法

強制練り混ぜミキサー（40rpm）を用い 3 分間練混ぜた。試験はスランプ試験を行った後、内円筒型二重円筒回転粘度計を用い、レオロジー定数の測定を行った。総バッチ数は水セメント比が 2 種類、試料温度が 3 種類、練混ぜ後の経過時間が 4 種類、高性能 AE 減水剤が 3 種類、高炉スラグ微粉末 1 種類の合計 72 バッチで試験を行った。空気量が 6～8% になるように AE 調整剤を用いた。

4. 高性能 AE 減水剤を添加したフレッシュコンクリートの塑性粘度推定式

塑性粘度については、現在数多く考案されているが、我々は既往の研究によって求められた粘度式をもとに次の粘度式を用いた。

1) 高性能 AE 減水剤を用いたセメントペーストの粘度式¹⁾

$$\eta_{re} = \left[1 - \frac{V}{C} (1-A) \right]^{-K} \quad A = \xi P^n \quad K = K_1 \phi + K_2 \quad K_2 = K_3 (C/W)^j \quad (1)$$

但し、 η_{re} ：セメントペーストの相対粘度、 A ：高性能 AE 減水剤の使用量に関する係数、 C ：セメントの実績率、 V ：セメントの体積濃度、 ϕ ：セメントのブレン比表面積、 P ：高性能 AE 減水剤の添加率（セメント質量に対する固形分換算量）、 K ：セメントの団粒の形状係数、 K_1, K_2 ：実験定数 $K_1=3.11 \times 10^{-5}$, $K_3=1.29$, ξ , n ：実験定数 $\xi=0.16$, $n=0.72$ j ：実験定数 $j=-1.44$

2) モルタルの粘度式²⁾³⁾

$$\eta_{re} = \frac{\eta_{pl}}{\eta_0} = \left[1 - \frac{V}{C} \right]^{-K} \quad K = K_4 \mu + K_5 \quad (2)$$

但し、 η_{re} ：モルタルの相対粘度、 V ：細骨材の体積濃度、 C ：細骨材の実績率、 μ ：細骨材の粗粒率
 K ：細骨材の団粒の形状係数、 η_0 ：セメントペーストの塑性粘度、 η_{pl} ：モルタルの塑性粘度
 K_4, K_5 ：実験定数 $K_4=-0.57$, $K_5=3.40$

3) コンクリートの粘度式

$$\eta_{re} = \frac{\eta_{pl}}{\eta_0} = \left[1 - \frac{V}{C} \right]^{-K} \quad K = K_6 \mu + K_7 \quad (3)$$

但し、 η_{re} ：コンクリートの相対粘度、 V ：粗骨材の体積濃度、 C ：粗骨材の実績率、 μ ：粗骨材の粗粒率
 K ：粗骨材の団粒の形状係数、 η_0 ：モルタルの塑性粘度、 η_{pl} ：コンクリートの塑性粘度
 K_6, K_7 ：実験定数 $K_6 = -0.91, K_7 = 9.35$

5. 温度、経時変化の補正方法

式(1)に示した粘度式は、練り混ぜ直後(0分)の約20のセメントペーストに適用される。したがって、温度や経過時間が変化した場合の粘度補正について検討する必要がある。

1) 温度補正方法

高性能 AE 減水剤を用いたセメントペーストの温度変化に対する塑性粘度の補正方法は次式によって表される。

$$\Delta \eta_t = a_1 (W/C)^{b_1} \quad (4)$$

但し、 $\Delta \eta_t$ ：温度1あたりの増大量、 W/C ：水セメント比 a_1, b_1 ：実験定数 $a_1 = 0.0016, b_1 = -3.87$

2) 時間に対する補正方法

高性能 AE 減水剤を用いたセメントペーストの経時変化に対する塑性粘度の補正方法は次式によって表される。

$$\Delta \eta_{ct} = a_2 \cdot t + b_2 \quad (5)$$

但し、 $\Delta \eta_{ct}$ ：単位時間当たりの塑性粘度の増大量、 t ：試料温度()、

a_2, b_2 ：実験定数(表-2)

表-2 実験定数

W/C	a_2	b_2
0.55	0.003	0.079
0.6	0.002	0.015

以上の解析より塑性粘度 η_{pl} の実測値と推定値を比較して、粘度式の適否を調べる。

6. 実験結果およびまとめ

提案された、塑性粘度推定式(3)よりコンクリー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-3に示した。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。図-1に塑性粘度の推定値と実測値の関係を示した。(試料数72で0.83~1.32, 平均1.01, 変動係数9.51%)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。

表-3 塑性粘度の推定値と実測値の比較

W/C	温度 ()	時間 (min)	高性能AE減水剤 (%)	推定値A (Pa·s)	実測値B (Pa·s)	B/A
0.55	10	0	0.34 ^{*1}	28.85	30.38	0.95
		30		141.47	136.98	1.03
		60		254.09	203.53	1.25
		90		366.71	345.41	1.06

* 1 セメントに対する w t . %

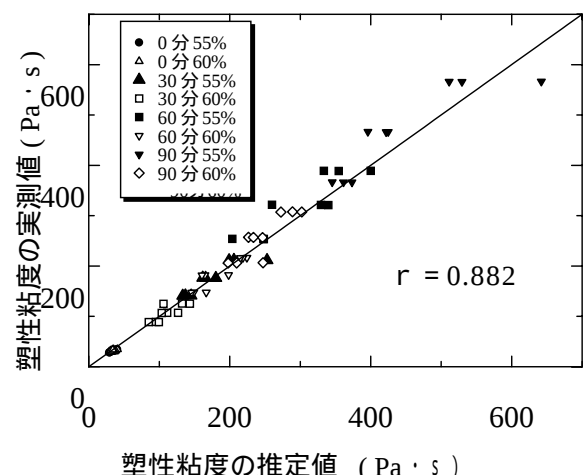


図-1 高炉スラグ微粉末を用いた高流動コンクリートの実測値と推定値の関係

参考文献

- 1) 西山 玄器:化学混和剤を用いたモルタルの塑性粘度推定式について 名城大学修士論文 平成9年3月
- 2) 菊川 浩治:フレッシュコンクリートの粘度式とその適用に関する研究 東京都立大学学位論文 昭和62年11月
- 3) Roscoe, R: The viscosity of Suspension of Rigid Sphers, British of Applied physics, Vol.3 pp, 267~268, 1952