

増粘剤系高流動コンクリートの塑性粘度推定法

名城大学 学生会員 ○服部克久
名城大学 フェロー 菊川浩治

1、はじめに 現在、信頼性の高い構造物の建設を目的に高流動コンクリートに関する研究開発が活発に行われ、実際の構造物にも適用されるようになってきている。しかし、高流動コンクリートの流動挙動をレオロジー的に解析する研究に関してはほとんど行われていない。レオロジー定数である塑性粘度は現場での簡易な測定方法は見出されておらず、推定可能となれば工事現場の合理化が図れると考えられる。そこで本研究では簡易に塑性粘度を推定することを最終目的とし、塑性粘度推定式を用い塑性粘度の推定を試みた。

2、使用材料及び配合 使用材料及び配合は表-1、2 に示す。高流動コンクリートは増粘剤を使用した増粘剤系高流動コンクリートとした。増粘剤と高性能 AE 減水剤の種類の決定には両者の種類により適合性（相性あるいは相互作用）の良否があり、適合性の劣る

表-1 使用材料			
使用材料	記号	摘要	
セメント	C	普通ポルトランドセメント	密度3.16g/cm ³ 、比表面積3,260cm ² /g
細骨材	S	川砂	密度2.58g/cm ³ 、吸水率1.32%、F.M.2.83
粗骨材	G	川砂利	密度2.57g/cm ³ 、吸水率1.51%、F.M.6.88、Gmax20mm
混和剤	SP	高性能AE減水剤	ポリカルボン酸塩系
	VIS	増粘剤	セルロース系
	AE	空気量調整剤	変性ロジン酸化合物系

表-2 コンクリートの配合										
W/C (%)	s/a (%)	Air (%)	単位量 (kg/m ³)							
			W	C	S	G	VIS	SP1	SP2	SP3
51.1	50.5	5.5±1.0	227	443	711	696	0.57	0.68	1.02	1.36
60.7	49.7		261	429	687	696	0.65			

組み合わせの混和剤を併用した場合には、流動性の低下、空気量の異常増加、凝結時間の遅延などの現象が認められるといわれている¹⁾。本研究では、標準的な組み合わせであるセルロース系増粘剤とポリカルボン酸塩系高性能 AE 減水剤を使用した。なお増粘剤の使用量は W×0.25%と標準的な使用量を用い一定量とした。また、目標空気量に達していない場合は、空気量調整剤を用い空気量を調整した。

3、実験概要 実験はスランプフロー試験、空気量試験、レオロジー定数測定試験を実施した。レオロジー定数測定試験には、二重円筒型回転粘度計を用いる方法、球引上げ球型粘度計を用いる方法など各種の方法があるが、このうちペーストからコンクリートまで同一の試験方法で測定することを主眼と考える場合、試料がビンガム流体とみなせる範囲では、二重円筒型回転粘度計が最も適していると考えられるため本研究ではそれを用いた。使用した粘度計は内円筒回転式二重円筒型回転粘度計である。試料温度は 10℃、20℃、30℃とし、経過時間は 0～90 分の範囲で 30 分毎のトルク値を測定した。塑性粘度の算出は、実験により求めたトルク値からせん断応力 τ_a を出し、横軸にせん断応力、縦軸に速度勾配を取ったコンシステンシー曲線を描き、曲線の直線部分に線を引き傾きの逆数が塑性粘度である。本研究では実験により得られた塑性粘度の実測値と推定式より得られた推定値との比較を行った。

4、実験結果

1) 塑性粘度式概要 コンクリートの塑性粘度の算出にはセメントペースト、モルタルの粘度式が必要となる。増粘剤系高流動ペースト、モルタルに関しては過去に推定値と実測値との比較を行い十分な適合性を得ている²⁾³⁾。

セメントペーストは水の中にセメント粒子が懸濁している高濃度サスペンションと考え、Einstein の粘度式を高濃度サスペンションに適用した Roscoe の粘度式を基本とし次式を用いた²⁾。式-2 はモルタルの粘度式である³⁾。

$$\eta_{rel} = \left\{ 1 - \frac{V_1}{C_1} (1 - \zeta P^n) \right\}^{-\left(K_1 \phi + K_2 \left(\frac{C}{W} \right)^Y \right)} \cdots (1)$$

$$\eta_{re2} = \left(1 - \frac{V_2}{C_2} \right)^{-(-0.57 \mu_1 + 3.40)} \cdots (2)$$

ここに、 η_{rel} ：セメントペーストの相対粘度、 V_1 ：セメントの体積濃度、 C_1 ：セメントの実績率、 ϕ ：セメントのブレーン比表面積(cm²/g)、 P ：高性能 AE 減水剤の添加率、実験定数は表-3 に示す。 η_{re2} ：モル

タルの相対粘度、 V_2 ：細骨材の体積濃度、 C_2 ：細骨材の実績率、 μ_1 ：細骨材の粗粒率 式-1 は試料温度 20℃、練り混ぜ後の経過時間 0 分を示しているので温度、時間補正が必要となる。

2) 温度・経時変化を伴う場合の塑性粘度の補正方法

A)温度補正方法 セメントペーストの塑性粘度式(式-1)を温度変化、経時変化した場合にも利用できるように補正方法の提案を試みた。図-1 は温度が 1℃上昇した場合のそれぞれの水セメント比における塑性粘度の増大量と水セメント比との関係を示したものである。この図から塑性粘度の増大量は水セメント比の指数関数で表すことができる。したがって、水セメント比と塑性粘度の増大量との関係は次式で表される。

$$\Delta \eta_t = a \left(\frac{W}{C} \right)^b \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \quad (3)$$

ここに、 $\Delta \eta_t$ ：温度 1℃当たりの塑性粘度の増大量 (Pa・s/℃)、 W/C ：水セメント比、(実験定数： $a=0.0023$ 、 $b=-2.67$)

B)経時変化補正 図-2 は練り混ぜ後の経過時間に伴う単位時間当たりの塑性粘度の増大量と試料温度との関係を示したものである。経過時間に伴う塑性粘度の増大量は、水セメント比の小さいものほど、試料温度が高いものほど大であることが認められる。また、経時変化によって塑性粘度が練混ぜ直後から直線的に増加する傾向が認められる。よって、単位時間当たりの塑性粘度の増大量は、試料温度の一次関数で表される。

$$\Delta \eta_{ct} = a_2 t + b_2 \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \quad (4)$$

ここに、 $\Delta \eta_{ct}$ ：単位時間当たりの塑性粘度の増大量(Pa・s/h)、 t ：試料温度(℃)、 a_2 、 b_2 ：実験定数(表-4)

3) 高流動コンクリートの塑性粘度推定法 コンクリートの塑性粘度を推定する場合、セメントペーストの塑性粘度式及びモルタルの塑性粘度式から溶媒粘度を求め塑性粘度を推定する。

$$\eta_{re3} = \left(1 - \frac{V_3}{C_3} \right)^{-(-0.89\mu_2 + 9.31)} \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \quad (5)$$

ここに、 V_3 ：粗骨材の体積濃度、 C_3 ：粗骨材の実績率、 μ_2 ：粗骨材の粗粒率、 η_{re3} ：コンクリートの相対粘度

以上より算出されたコンクリートの塑性粘度の推定値と実測値との比較を行った(図-3)。平均 1.05、変動係数 16.0%となった。

5.まとめ 本研究では増粘剤系高流動コンクリートの塑性粘度を推定することを目的としセメントペースト、モルタルの塑性粘度推定も同時に行いその結果を踏まえ今回の推定結果を得た。今回の実験結果から増粘剤系高流動コンクリートの塑性粘度を塑性粘度推定式を用いてほぼ満足に推定できることがわかった。

【参考文献】

- 1) 土木学会：高流動コンクリート施工指針、土木学会コンクリートライブラリー第 93 号
- 2) 犬塚好己、鬼頭牧子：高流動セメントペーストの塑性粘度推定法 名城大学学士論文 2002 年
- 3) 服部克久他：増粘剤系高流動モルタルの粘度推定法 土木学会中部支部研究発表会講演概要集 2001 年

表-3 実験定数

ζ	n	$K1$	$K2$	j
1.27	0.09	3.11×10^{-5}	11.97	-0.99

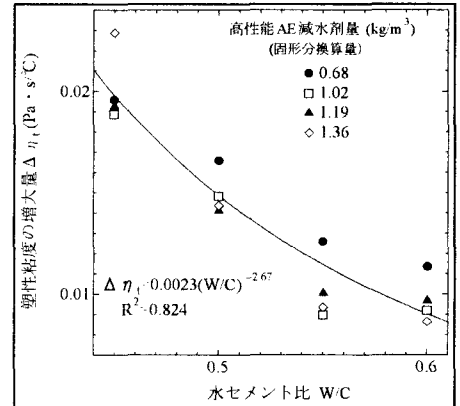


図 1 試料温度が 1℃上昇した場合の塑性粘度の増大量と水セメント比との関係

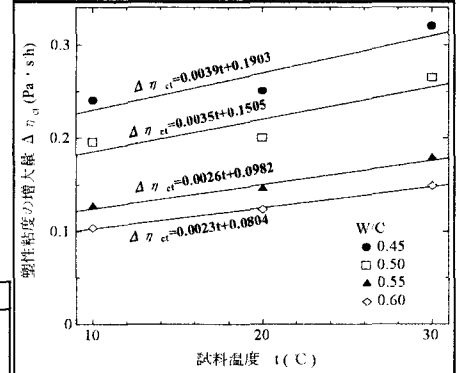


図 2 単位時間当たりの塑性粘度の増大量と試料温度との関係

図-3 塑性粘度の推定値と実測値の比較

