

V-153

高流動コンクリートにおけるモルタル部レオロジー特性の評価方法の検討

日本セメント㈱（正会員） 藤原浩巳

（正会員） 下山善秀

遠藤秀紀

1. まえがき

高流動コンクリートの性状は、コンクリート中の粗骨材の量と、モルタル部分のレオロジー特性によってほぼ決まることがこれまでの研究で明らかとされてきた¹⁾。そのうち、実際の施工において、粗骨材量は配合により定めることが出来るが、モルタルレオロジー特性については定量的に評価することは困難である。本研究は、簡易的なレオロジー評価方法として、降伏値の評価に0打フロー、塑性粘度にJ-14ロート流下時間を適用することを検討したものである。

2. 実験概要

2.1 使用材料

種々のレベルのモルタルレオロジー特性を実現するために以下の材料を使用した。

セメント：普通ポルトランドセメント(NC、フレンゾ比表面積 $3255\text{cm}^2/\text{g}$ 、比重3.15)

早強ポルトランドセメント(VC、フレンゾ比表面積 $4525\text{cm}^2/\text{g}$ 、比重3.13)

混和材：高炉スラグ微粉末(BS、フレンゾ比表面積 $7450\text{cm}^2/\text{g}$)

混和剤：ナフタンスルホン酸塩系高性能減水剤(Mt)、ナリカルボン酸塩系高性能減水剤(PK)

アミンスルホン酸塩系高性能減水剤(FP)、ナリカルボン酸塩系高性能減水剤(HP)

増粘材：ナリカルミッド系増粘剤を主成分とする増粘材(HF)

細骨材：瑞穂産砕砂(比重2.60、F.M値2.71)

2.3 配合条件

基本配合は高流動コンクリートで実績のあるセメント：水：細骨材=20.0:28.7:51.3(容積比)とし¹⁾、HFの添加率は、セメント重量に対して2.2%とした。モルタルのレオロジー特性は高流動コンクリートが成立する範囲とし(降伏値： $0.1\sim 0.4\text{gf}/\text{cm}^2$ 、塑性粘度： $0.06\sim 0.15\text{gf}\cdot\text{s}/\text{cm}^2$)、この範囲内に入るように各材料を添加した。セメントと各混和材料の組合せおよび添加率を表-1に示す。

2.4 測定項目および方法

a)レオロジー特性：外円筒回転型粘度計を用いて、降伏値 $\tau_f(\text{gf}/\text{cm}^2)$ および塑性粘度 $\eta_{pl}(\text{gf}\cdot\text{s}/\text{cm}^2)$ を測定した。

b)0打フロー：JIS R 5201に準じ、落下運動を加えないでフロー値を測定した。

c)J14ロート流下時間：J14ロート(高さ:39.3cm、上端半径:3.5cm、下端半径:0.7cm)を用い全モルタルが流出するまでの時間を測定した。

表-1 セメントと混和材料の組合せと添加率、実験結果および推定値

セメント	混和剤(材)の種類	添加率(%)	τ_f (gf/cm^2)	η_{pl} ($\text{gf}\cdot\text{s}/\text{cm}^2$)	0打フロー-実測値(mm)	J14ロート流下時間-実測値(秒)	0打フロー-推定値(mm)	J14ロート流下時間-推定値(秒)
NC	Mt	1.2	0.371	0.142	203	133	202	129
		1.5	0.324	0.135	207	106	208	105
		1.8	0.236	0.102	223	61	225	62
		2.1	0.161	0.074	240	34	245	38
		1.8	0.268	0.177	216	111	218	117
	HP	2.1	0.194	0.170	233	89	235	93
		1.8	0.135	0.063	253	30	255	30
		2.1	0.137	0.064	249	27	254	31
	BS(+Mt)	20.0	0.340	0.125	207	103	206	102
		40.0	0.184	0.070	229	40	237	38
		60.0	0.144	0.066	253	28	252	33
VC	Mt	1.5	0.394	0.146	180	129	196	138
		2.1	0.244	0.105	226	65	222	65

3. 実験結果および解析

実験結果を表-1に併記した。それぞれの降伏値と0打ワ-および塑性粘度とJ14ロ-ト流下時間の関係について次の検討を行なった。

3.1 モルタルの0打ワ-と降伏値の関係

下山はモルタルの0打ワ- (R_0 :cm)と降伏値(τ_f :gf/cm²)の間には、次の関係があると報告している²⁾。

$$\{(a+1)\tau_f/\pi\}(R_0/2)^3 + 2\tau_f(R_0/2)^2 - \rho V/\pi = 0 \quad (1)$$

a :モルタルの硬さによる変数 V :ワ-コ-ノ容積(cm³)

ρ :単位容積重量(g/cm³)

高流動コンクリートにおけるモルタル部の R_0 は200mm以上であることから a は0となる²⁾。各モルタルにおける τ_f を用いて(1)式より求めたモルタルのワ-の推定値を表-1に併記し、推定値と実測値の関係を図-1に示す。図よりモルタルの0打ワ-の推定値と実測値は比較的良く一致しており、モルタルの0打ワ-は降伏値の代用特性として用いることができると考えられる。

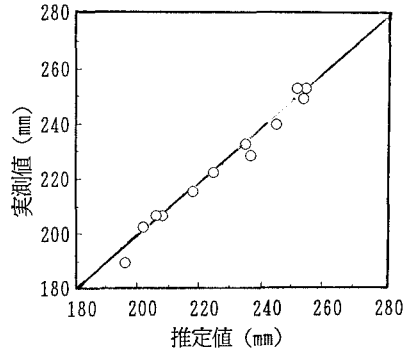


図-1 モルタル0打ワ-の推定値および実測値の関係

3.2 J14ロ-ト流下時間と塑性粘度の関係

谷川らによるとJ14ロ-トのようなテ-ハ-部だけのロ-トを、ビ-ンガム流体が流下する時間は、(2)式で表される³⁾。

$$T = \{4 \times 10^3 \eta_p H_t (R_T + 3R_B)\} / \{[3 - 4(r_f/R) + (r_f/R)^4] \rho G R_B^3\} \quad (2)$$

T :流下時間(秒)、 H_t :ロ-ト高さ(cm)、 R_T :ロ-ト上端半径(cm)、 R_B :ロ-ト下端半径(cm)、 ρ :単位容積重量(g/cm³)

G :重力加速度(cm/s²)、 r_f :栓流半径(cm)、 R :管径(cm)

ここで栓流半径は τ_f に比例すること、および R の変化が比較的小さいので R を一定と仮定することにより、 $r_f/R = \beta \tau_f$ とした。この β を、実験結果と最も一致する1.2とすることにより求めた流下時間の推定値を表-1に、また推定値と実測値の関係を図-2に示す。この図より(2)式から求めたモルタルのJ14ロ-ト流下時間の推定値と実測値は、良く一致しておりJ14ロ-ト流下時間は塑性粘度の代用特性として用いることができると考えられる。

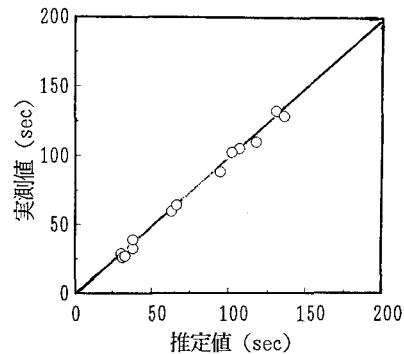


図-2 J14ロ-ト流下時間の推定値および実測値の関係

4. まとめ

モルタルの0打ワ-は降伏値、J14ロ-ト流下時間は塑性粘度の代用特性としてそれぞれ用いることができる。

(参考文献)

- 1) 藤原、他:高流動コンクリートの充填性に関する基礎的研究、コンクリート工学年次論文報告集、pp27~32、1992
- 2) 下山善秀:フレキシブルコンクリートの変形に関する基礎的研究、博士論文、1988
- 3) 谷川、他:セメント系増粘材料のロ-ト試験に関する理論的考察、新材料・新工法研究会資料集Ⅱ、pp139~144、1993