

超高強度モルタルの管内流動性評価に関する検討

大成建設 生産技術開発部 正会員 ○渡部 孝彦
 大成建設 生産技術開発部 正会員 橋本 理
 大成建設 生産技術開発部 正会員 武田 均

1. はじめに

超高強度繊維補強コンクリート(UFC)は、二次製品としてその適用が進んでいる。UFC はセルフレベリング性を有するものの、低水結合材比、高粉体量のため、いわゆる粘性が高く、バケツによる打込みが標準となっている。また、型枠内を流動させながら充填することから、部材の構造性能は繊維の配向の影響を受けることが指摘されている¹⁾。各種打込み方法の適用性、繊維の配向性や材料分離抵抗性には材料のレオロジー特性が関与していると思われるが、UFC のレオロジー特性についての報告は少ない。そこで本検討では、繊維無し
 の超高強度モルタルのレオロジー特性に着目し、簡便なコンシステンシー試験により、ビンガム流体としての塑性粘度および降伏値の評価を試みた。

2. 実験概要

本検討ではいくつかの配合を設定し、写真-1に示す自作の直管部を有する漏斗(以下、JG 漏斗、材質:ポリエチレン)の流出速度の測定を実施した。表-1に配合を示す。比較は①W/Bを0.15に固定し、骨材容積率を変化させたケース(U1,U3,U5)と、②単位水量を219kg/m³に固定し骨材容積率を変化させたケース(U2,U3,U4)とした。比較のため、1-2モルタル(M)の測定も実施した。漏斗試験は流出した試料の量を測定し、100mlごとの流下にかかった時間を1/100秒までストップウォッチにて測定した。このとき流下量はメスシリンダにより測定した。また、0打のモルタルフロー試験(JIS R 5201に準拠)も実施した。

3. 実験結果

(1) 見掛けのレオロジー定数の算出

図-1にレオロジー定数の算出フローを示す。実験による圧力差 ΔP-単位流量 Q の関係に対して、式(1)に示す Buckingham 式²⁾を適用し、見掛けの塑性粘度・降伏値を最小二乗法により求めた。図-2に圧力差 ΔP-単位流量 Q の実験値(記号)と計算値(線)を示す。

$$Q = \frac{\pi R^4 \Delta P}{8 l \eta_{pl}} \left\{ 1 - \frac{4}{3} \left(\frac{r_f}{R} \right) + \frac{1}{3} \left(\frac{r_f}{R} \right)^4 \right\} \quad (1)$$

ここで、Q:単位流量(m³/s)、ΔP:圧力差(N/m²)=ρgh、ρ:密度(kg/m³)、g:重力加速度(m/s²)、h:試料高さ(m)、r_f:栓流半径(m)=2lτ_f/ΔP、τ_f:降伏値(Pa)、η_{pl}:塑性粘度(Pa・s)、

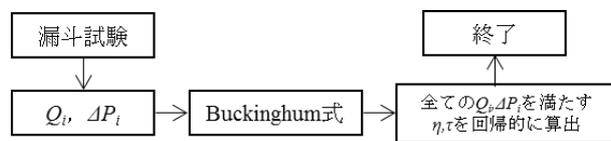


図-1 レオロジー定数の算出フロー

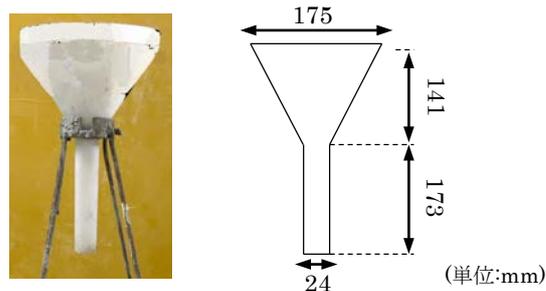


写真-1 漏斗試験器具

表-1 配合と試験結果

配合	水結合材比 W/B	骨材容積率 (vol%)	単位量(kg/m ³)					試験結果		
			水	セメント OPC	プレミクス粉体	細骨材 山砂	混和剤 SP	0打フロー (mm)	降伏値 τ (Pa)	塑性粘度 η (Pa・s)
U1	0.150	18.0	209	1154	495	470	38	333	0.5	13.8
U2	0.140	23.6	183	1095	469	615	36	305	48.4	14.5
U3	0.150	27.0	185	1024	439	705	34	320	10.2	18.9
U4	0.160	30.5	188	958	411	798	31	329	0.1	13.1
U5	0.150	36.0	163	894	383	940	29	288	0.3	27.7
M	0.450	50.0	293	652	-	1304	-	142	106.3	1.2

キーワード 超高強度モルタル, 流動性, レオロジー特性, 塑性粘度, 降伏値

連絡先 〒245-0051 神奈川県横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設(株)技術センター TEL 045-814-721

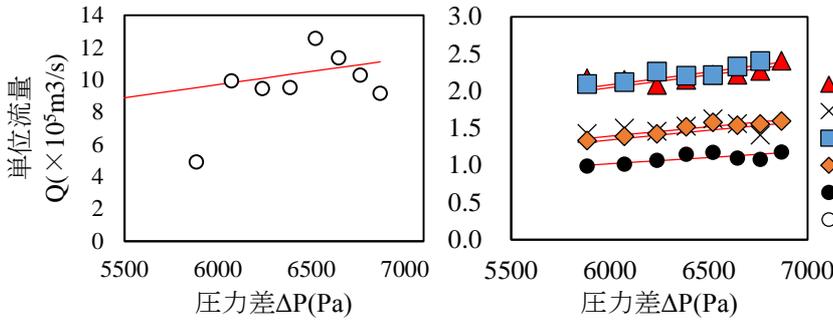


図-2 JG 漏斗試験結果

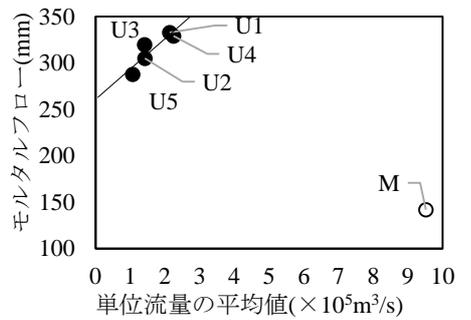
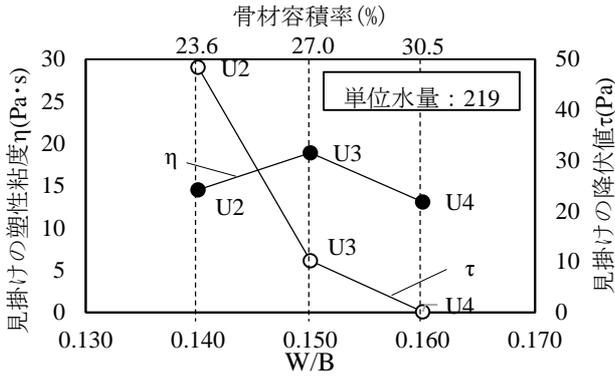
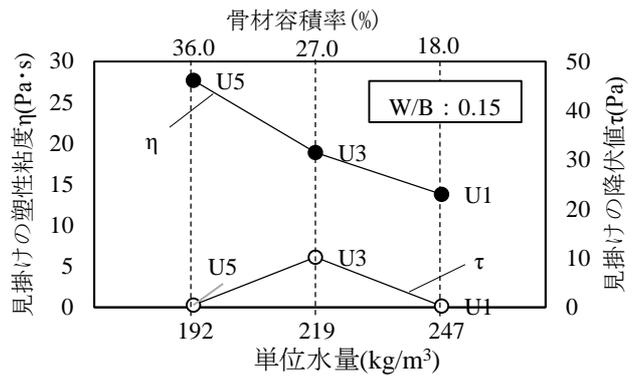


図-3 単位流量の平均値とモルタルフローの関係



(a) 単位水量一定



(b) W/B 一定

図-4 塑性粘度・降伏値と配合の関係

R:直管半径(m), l:直管部長さ(m)である。

式(1)を適用するにあたっては、漏斗を流れる試料はビンガム流体と仮定し、栓流流れであるとした。また、今回は管壁と試料のすべりは考慮していない。表-1に各配合の見掛けの塑性粘度と降伏値を示した。本手法によるモルタル M の見掛けの塑性粘度は 1.2(Pa·s)、見掛けの降伏値は 106.3(Pa)であり、既存の報告のモルタル(S/C=1.6, W/C=0.5)の塑性粘度 0.5(Pa·s)程度、降伏値 140(Pa)程度³⁾ とほぼ同等の値が得られた。

(2) モルタルフローと漏斗流出速度の関係

単位流量の平均値とモルタルフローの関係を図-3に示す。超高強度モルタル U では単位流量の平均値とモルタルフローに正の相関が見られるが、モルタル M は大きく異なる性質となった。M は単位流量の平均値が大きく、モルタルフローが小さいことが特徴的である。M は U と比較して塑性粘度が 1/10~1/20、降伏値が 2 倍~1000 倍程度となっており、これらのレオロジー一定数の違いがモルタルフローと漏斗流出速度の关系到反映されたと考えられる。

(3) レオロジー一定数に及ぼす配合要因の影響

超高強度モルタルの配合要因と見掛けの塑性粘度・降伏値の関係を図-4に示す。単位水量が一定の条件下

で W/B および骨材容積率の増大に伴い、降伏値は低下したが、塑性粘度の変動は小さかった。W/B が一定の条件下で単位水量の増加および骨材容積率の減少に伴い、塑性粘度は低下したが、降伏値の変動は小さかった。以上から、超高強度モルタルのレオロジー一定数は配合の影響を大きく受けることが確認された。

4. まとめ

直管部を有する漏斗試験によりモルタルのレオロジー一定数を推定した。その結果、超高強度モルタルのレオロジー一定数は通常モルタルとは大きく異なることが確認された。今後は、本手法により UFC の施工方法の合理化について検討する予定である。

参考文献

- 1) 内田：繊維補強コンクリート構造物の設計技術の現状と課題，コンクリート工学，Vol.50, No.5, P468-472, 2012
- 2) 村田，鈴木：グラウトの管内流動に関する研究，土木学会論文集，No354, V-2, 1985年2月
- 3) 渡辺，小野ら：フレッシュモルタルのレオロジー性質に及ぼす再攪拌の影響，コンクリート工学年次論文集，Vol.22, No.2, 2000