

## U形充填試験を用いた締固めを必要とする高流動コンクリートの材料分離抵抗性評価の検討

東洋建設 正会員○竹中 寛 オリエンタル白石 正会員 中村 敏之 東亜建設工業 正会員 濱田 洋志  
 鹿島建設 正会員 松本 修治 前田建設工業 正会員 南 浩輔 千葉工業大学 正会員 橋本紳一郎  
 清水建設 正会員 根本 浩史 大成建設 正会員 梁 俊 東京理科大学 正会員 加藤 佳孝  
 内山アドバンス 正会員 三本 巖

### 1. はじめに

近年、生産性向上の観点から普及が期待されている「締固めを必要とする高流動コンクリート」は、スランブコンクリートと比較して流動性が高く、かつ振動締固めを行って打ち込まれるため施工性に優れるといった特長があるが、十分な材料分離抵抗性を確保し、適切な振動締固めを行うことが肝要となる。ここでは、既存のU形充填試験を応用した、当該コンクリートの材料分離抵抗性評価について考察する。

### 2. 実験概要

実験結果を含む当該試験の対象配合を表-1に示す。スランブフロー、細骨材率、単位セメント量および単位粗骨材絶対容積を要因として、計15ケースについて比較検討を行った。試験は、土木学会規準JSCE-F 511-2018「高流動コンクリートの充填試験方法(案)」を参考に、次のとおりとした。①R2障害を設置したU形容器の仕切りゲートを閉じ、A室にコンクリート試料を3層に分けて投入し、各層5回突き棒で突固めを行う。②A室のコンクリートの天端を容器の上端に合わせて均し、1分間静置した後、棒状バイブレータをA室中央に静かに挿入する。その際、バイブレータの先端と容器の底面との間隔が100mmとなるようにする。③バイブレータを停止した状態で仕切りゲートを開き、B室において、充填が停止するまでの時間( $t_{stop}$ )と容器の下端からコンクリートの天端までの距離(充填高さ( $h$ ))を測定する(図-1参照)。④A室に挿入したバイブレータを始動し、コンクリートの天端が容器下端から190mmおよび300mmの高さに到達するまでの時間 $t_{190}$ (s)、 $t_{300}$ (s)を測定する(図-1参照)。なお、③の時点で充填高さが190mmを越えている場合は $t_{190}$ の測定は省略した。本検討では、上記の試験で得られた充填高さ、加振時の間隙通過速度および $t_{300}$ を基に、コンクリートの性状を評価した。なお、間隙通過速度は、 $t_{300}$ と $t_{190}$ の差をこの間の距離(110mm)で除して求めたが、充填高さが190mmを超えた配合については、 $t_{300}$ を300mmから $h$ を引いた距離で除して求めた。

表-1 コンクリートの配合要因および実験結果

配合名	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )		Gvol (m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> )	フロー (mm)		充填高さ (mm)	間隙通過速度 (mm/s)	加振時間 (s)		
			C	W		目標値	実測値			300mm到達	粗骨材残存率70%	
27-55-20N	54.6	50.4	321	175	0.336	550	498	301	-	-	-	
33-55-20N	47.7	49.4	367	175			496	323	-	-	-	
39-55-20N	42.3	48.2	414	175			601	340	-	-	-	
51-55-20N	34.6	46.6	492	170			470	296	-	-	-	
27-45-20N 基準①	54.5	45.0	312	170	0.377	450	470	189	91.5	1.2	2.4	
27-45-20N 基準②							477	155	42.1	3.2	4.3	
27-45-20N 増粘一液							487	259	71.3	-	-	
27-55-20N							550	600	217	47.5	1.7	0.0
27-35-20N							350	375	103	67.8	2.9	6.4
33-45-20N	48.6	45.0	350	0.371	450	453	218	53.7	1.5	4.6		
21-45-20N	63.9	45.0	266			0.386	479	183	62.4	1.9	4.5	
27-45-20N s/a=50%	54.5	50.0	312	170	0.343	450	478	263	73.3	0.5	3.6	
27-45-20N s/a=40%		40.0					0.411	483	115	20.3	7.9	4.3
W/C=57.7%-45-20N		57.7					180	0.372	468	117	23.1	5.8
W/C=51.3%-45-20N	51.3	45.0	160	0.383	450	497	127	30.9	4.9	5.8		

C: 普通ポルトランドセメント, W: 上水道水

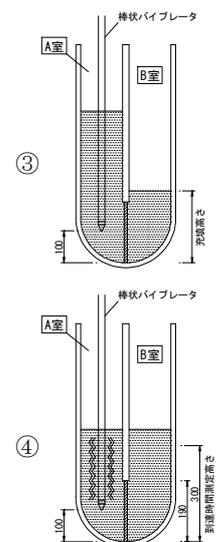


図-1 試験方法

キーワード 締固めを必要とする高流動コンクリート, U形充填試験, 材料分離抵抗性, 充填性, フレッシュコンクリート  
 連絡先 〒300-0424 茨城県稲敷郡美浦村受領 1033-1 東洋建設(株) 美浦研究所 TEL:029-885-7511

### 3. 実験結果および考察

スランプフローと充填高さの関係について、単位粗骨材絶対容積でだまかに区分した結果を図-2に示す。配合間でばらつきは見られるものの、スランプフローが大きいほど、単位粗骨材絶対容積が小さいほど充填高さが大きくなる傾向を示した。鋼コンクリートサンドイッチ構造の沈埋函を対象とした加振併用型充填コンクリートのマニュアル<sup>1)</sup>では、所要の充填性を得る条件として単位粗骨材絶対容積  $0.315 \sim 0.320 \text{ m}^3/\text{m}^3$ 、充填高さ (R2 障害) 200mm 以上を標準としている。本検討においても、単位粗骨材絶対容積が比較的これに近い配合 (▲) では、200mm 以上の充填高さを有していた。また、単位粗骨材絶対容積  $0.351 \text{ m}^3/\text{m}^3$  以上 (■◆)，スランプフロー450~500mm 程度の配合に着目すると、充填高さは、同等のスランプフローであっても、27-45-20N 増粘一液や 33-45-20N (単位セメント量比較的多い) では大きくなり、W/C=57.7%-45-20N (単位水量  $180 \text{ kg}/\text{m}^3$ )、W/C=51.3%-45-20N (単位水量  $160 \text{ kg}/\text{m}^3$ ) および 27-45-20N s/a=40%では小さくなった。単位粗骨材絶対容積に加えて、コンクリートの粘性、すなわち材料分離抵抗性の違いが起因したものと推察される。なお、充填高さの小さかった上記の配合は、表-1に示すとおり間隙通過速度も他の配合に比べて小さくなっており、加振に伴って粗骨材の沈降が進行し、障害を通過しにくくなっていったものと考えられる。

高流動コンクリートの充填性を U 形容器で評価する場合、自己充填性ランクに応じて障害条件は異なるが、いずれも充填高さ 300mm 以上を目標値としている<sup>2)</sup>。締固めを必要とする高流動コンクリートを「加振を併用して高流動コンクリートと同等の性能を満足するもの」と仮定すると、充填性の観点では、材料分離を助長しない程度の加振を加えることで、充填高さ 300mm 以上を満足すればよいと考えられる。言い換えれば、材料分離を生じない加振時間を事前に設定し、その加振時間よりも  $t_{300}$  が短ければよいといえる。別途実施した粗骨材の沈下量評価試験にて得られた 0, 10 秒加振後の粗骨材残存率 (計画配合を基準) から、材料分離の閾値と仮定した粗骨材残存率 70% になるときの加振時間を線形補完で求め、 $t_{300}$  と比較した結果を図-3に示す。U 形容器内のコンクリートに付与した振動エネルギーが沈下量評価試験のものと同様であったと仮定すれば、図の 1:1 勾配を示した破線よりも下側の 27-45-20N s/a=40%、W/C=57.7%-45-20N (単位水量  $180 \text{ kg}/\text{m}^3$ ) および 27-55-20N は、加振停止までの間に材料分離が進行していた可能性があるかと判断できる。このように、現時点ではまだ検討段階であるが、今後データを蓄積して適切な閾値を設定できれば、当該試験の材料分離抵抗性評価への活用が期待できる。

### 4. まとめ

締固めを必要とする高流動コンクリートの材料分離抵抗性評価を目的に、U 形充填試験の適用性について基礎的検討を行った結果、充填高さや間隙通過速度等により充填性とおおよその材料分離の傾向を確認できること、さらに、粗骨材の沈下量評価試験と組み合わせることで、その評価精度を高められる可能性のあることが示唆された。

**謝辞** 本稿は、土木学会コンクリート委員会 締固めを必要とする高流動コンクリートの配合設計・施工技術研究小委員会品質評価 WG で実施した共同実験の成果の一部をまとめたものである。多大なご協力頂いた関係各位に謝意を表す。

**参考文献** 1) 鋼コンクリートサンドイッチ構造沈埋函を対象とした加振併用型充填コンクリートマニュアル：沿岸開発技術研究センター，2004.2，2) 高流動コンクリートの配合設計・施工指針：土木学会，2012.6

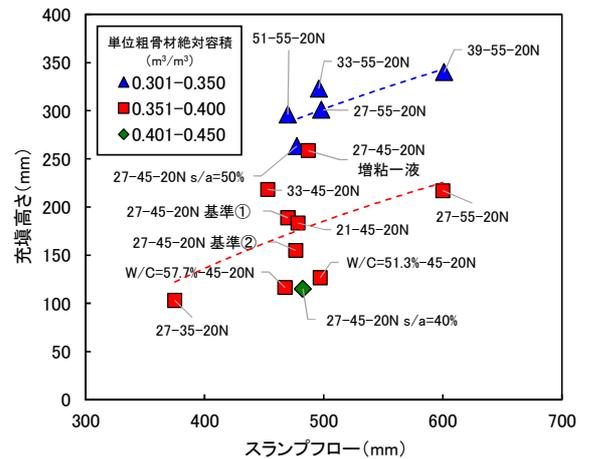


図-2 スランプフローと充填高さの関係

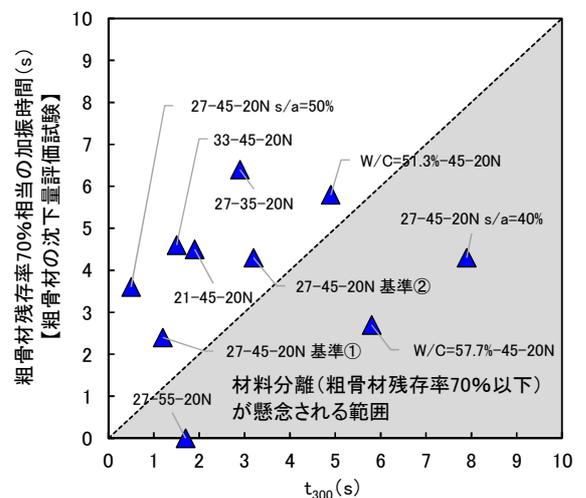


図-3 充填高さ 300mm 到達までの加振時間と粗骨材残存率 70% 相当の加振時間の関係