

締固めを必要とする高流動コンクリートの充填性の評価手法に関する実験的検討

大成建設 技術センター 社会基盤技術研究部 正会員 ○直町 聡子 梁 俊 俵積田 新也
 大成建設 技術センター 社会基盤技術研究部 フェロー会員 坂本 淳
 大成建設 技術センター エグゼクティブフェロー フェロー会員 丸屋 剛

1. はじめに

軽微な締固めにより密実に充填する締固めを必要とする高流動コンクリートの活用推進により、フレッシュ性状の評価試験の検討がなされている。JSCE-F 511は、U形またはボックス形容器を用いて、高流動コンクリートの間隙通過性を評価する試験であるが、同試験規準を基に、振動を与えて締固めを必要とする高流動コンクリートの充填性を評価する手法が別途提案されている¹⁾。この試験（以下、間隙通過試験）には、容器形状が2種類あり、形状の違いが間隙通過の結果に影響を及ぼすと考えられる。本研究では、U形およびボックス形容器を用いて、容器の違いが締固めを必要とする高流動コンクリートの充填性に及ぼす影響を検討した。

また、梁ら²⁾は、締固めを必要とする高流動コンクリートの充填性に関する締固め完了エネルギー（以下、 E_u ）、および流動性に関する締固め完了エネルギー（以下、 E_f ）の定量評価方法を提案している。そこで、締固めエネルギーの観点から定量的に流動性および充填性を評価した結果と、間隙通過試験により評価した充填性の結果との比較により、締固めを必要とする高流動コンクリートの充填性評価手法について検討した。

2. 実験概要

2.1 配合条件

表-1に、配合表を示す。使用材料は、セメントCは普通ポルトランドセメント、細骨材Sは千葉県君津産山砂、粗骨材Gは青梅産石灰石碎石を用いた。混和剤は、ポリカルボン酸エーテル系混和剤の高性能AE減水剤SPと、ポリカルボン酸エーテル系化合物と増粘剤高分子化合物の複合体の増粘剤含有形高性能AE減水剤VSPを使用し、一般的に使用されるアルキルエーテル系のAE剤により空気量を調整した。フレッシュ性状の目標値はスランプフローが45±5cm、空気量が4.5±1.0%である。

配合1は、目視によりフレッシュ性状が良好であると判断した配合である。配合2はセメント量を増加させたため粘性が大きくなると予想される配合、配合3および4は分離抵抗性が低下すると予想される配合である。配合5は、配合3に対して混和剤をVSPに変更した配合で良好と予想される配合である。配合6は、単位水量を一定にしてs/aを極端に大きくした配合である。

2.2 U形/ボックス形容器による間隙通過試験

JSCE-F 511のU形およびボックス形容器を用いた。JSCE-F511を基に、容器の一室に試料を打ち込み、試料中央にφ28mm振動機を挿入し始動後、障害R2を通過し高さ190mm、300mmに到達した時間を測定する。この試験を間隙通過試験と定義した。間隙通過速度（以下、 V_{pass} ）を、式(1)により算出した。

$$V_{pass} = \frac{110}{t_{300} - t_{190}} \quad (1)$$

ここに、 V_{pass} ：間隙通過速度(mm/s)、 t_{300} ：300mm到達時間(s)、 t_{190} ：190mm到達時間(s)

また、障害R2を通過した試料を2L採取しJISA 1112に準拠し洗い分析により単位粗骨材量を求め、配合に対する粗骨材残存率を算出した。

2.3 振動台による締固めエネルギー定量評価

1.0×1.0mの振動台を用いて締固めエネルギーを測定する。振動台に流動障害R2のU形充填容器を設置し、充填高さ350mmに達するために要する振動エネルギーを E_u として、式(2)より算出した²⁾。また、振動台上で

表-1 配合表

配合	W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)					
			W	C	S	G	SP	VSP
1	50.0	55	170	340	961	807	5.44	-
2	45.9	55	170	370	948	797	5.37	-
3	54.8	55	170	310	975	820	5.58	-
4	50.0	45	170	340	786	951	4.25	-
5	54.8	55	170	310	975	820	-	6.36
6	50.0	63	170	340	1100	664	8.84	-

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、ボックス形、充填性、締固めエネルギー

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 TEL045-814-7228

スランプ試験を実施し、振動台で加振させフロー600mm到達までに要するエネルギーを E_f として、式(2)より算出した。加速度は、振動台に加速度センサーを設置し測定した。

$$E_u \text{ または } E_f = \frac{\rho \alpha_{max}^2 t}{4\pi^2 f} \quad (2)$$

ここに、 E_u または E_f : t 秒間にコンクリートが受ける締固めエネルギー(J/L), ρ : 試料の単位容積質量(kg/L), α_{max} : 最大加速度(m/s²), t : 振動時間(s), f : 振動数(=50/s)

3. 実験結果

図-1 に、U形およびボックス形容器を用いた間隙通過試験より算出した V_{pass} の結果を示す。図-1より、単位粗骨材量が相対的に多い配合4、および単位細骨材量が他の配合と比較して多い配合6は、U形がボックス形より V_{pass} が若干早く、配合1, 2, 3, 5はボックス形がU形よりも V_{pass} が若干早いものの、容器形状によらず V_{pass} は同程度であると考えられる。また、表-2に、 V_{pass} と粗骨材残存率測定結果を示す。全ての配合で容器形状によらず、 V_{pass} および粗骨材残存率は同程度であった。

図-2 に、 E_u と E_f の結果を示す。コンクリートが鉄筋間隙に閉塞または未充填部を生じることなく確実に流動するために、所定の流動性を確保すれば必要な充填性も確保できると考えられる²⁾ため、 E_f が E_u よりも大きければ($E_f > E_u$)良好な配合であると判断できる。図-2より、配合1, 5は、 $E_f > E_u$ であり十分な流動性および充填性を確保していると考えられる。一方で、配合2, 3, 4, 6は E_f と E_u が同程度もしくは $E_f < E_u$ であり、十分な流動性と充填性を確保している配合であるとは言い切れない。つまり、表-1に示す配合で施工性(流動性および充填性)が良好であると判断できる配合は、配合1, 5である。なお、間隙通過試験においては表-2に示すように、良好と判断した配合1, 5に着目すると、配合5は最も速い V_{pass} であり、充填性が他の配合と比較して良好であると推察される。一方で、配合1は配合5よりも V_{pass} が遅く、他の配合との差異も明確でない。従って、比較的簡易に測定可能な間隙通過充填試験で締固めを必要とする高流動コンクリートの充填性を的確に評価するためには更なる検討が必要と考えられ、例えば本稿で検討したように締固めエネルギーも充填性評価指標として組み込むことも一案として考えられる。

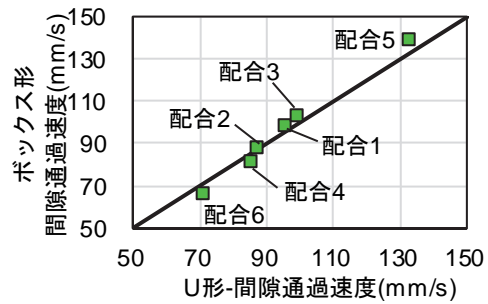


図-1 U形/ボックス形間隙通過速度 V_{pass}

表-2 間隙通過試験結果

配合	V_{pass} (mm/s)		粗骨材残存率(%)	
	U形	ボックス形	U形	ボックス形
1	95.7	99.1	110	110
2	87.3	88.7	106	114
3	99.1	103.8	103	108
4	85.3	81.5	100	102
5	132.5	139.2	106	109
6	71.0	67.1	111	109

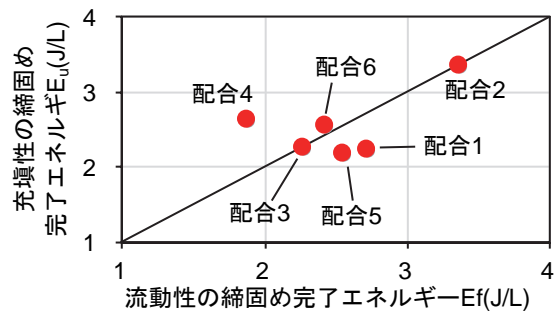


図-2 振動台により測定した

充填性および流動性に関する締固め完了エネルギー

4. まとめ

間隙通過試験において容器形状の違いが結果に及ぼす影響はないことが確認できた。間隙通過試験により充填性を的確に評価するためには、締固めエネルギーと組み合わせる必要があると考えられる。

参考文献

- 1) 土木学会：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(358委員会)委員会報告書、コンクリート技術シリーズ No.123, 2020
- 2) 梁俊ら：締固めを必要とする高流動コンクリートの締固め性に関する基礎研究、大成建設技術センター報、第53号, pp.06-1~06-9, 2020