

粒状体-流体連成3次元解析モデルを用いた加振 BOX 試験装置内を流動するフレッシュコンクリートの数値解析に関する一考察

徳島大学大学院 学生会員 ○笹田 宏紀 徳島大学大学院 正会員 橋本 親典
徳島大学大学院 正会員 上野 勝利 徳島大学大学院 正会員 渡辺 健

1. はじめに

高流動コンクリートの間げき通過性を定量的に評価する試験方法として、土木学会規準「高流動コンクリートの充てん装置を用いた間げき通過性試験方法(案)(JSCE-F 511-2010)」がある¹⁾。本試験方法には、U 形充てん容器と BOX 形充てん容器があり、流動障害として D13 を 5 本、35mm@4 の等間隔で配置した流動障害 R1 と、D13 を 3 本、45.5mm、35mm、35mm、45.5mm あきで配置した流動障害 R2 がある。コンクリートの間げき通過性を評価するには、流動障害 R1 の条件の方が厳しい。

本研究では、加振 BOX 形充てん試験のフレッシュコンクリートの流動実験および粒状体-流体連成 3 次元モデルを用いた数値解析により比較検討した。主たる実験パラメータは流動障害とスランプである。

2. 実験概要

2.1 加振 BOX 形充てん試験²⁾

加振 BOX 形充てん試験の概要を図-1に示す。容器は、土木学会規準「高流動コンクリートの充てん装置を用いた間げき通過性試験方法(案)(JSCE-F 511-2010)」の BOX 形充てん容器である。右側の A 室にコンクリートを詰めておき、設定した振幅と周波数で加振を行う。加振と同時に A 室と B 室の間のシャッターを引き上げる。右側の A 室のコンクリートが、流動障害を通過しながら、左側の B 室に流動し、B 室の高さ 300mm 以上になるまで充てんを行う。

加振と同時に、動ひずみ計とワイヤーゲージを用いて振動開始直後からのコンクリート自由表面に設置したフロートの沈下量を計測し、A 室において 10cm から 30cm まで沈下する時間(s)を求め、これを振動充てん時間とする。

2.2 配合および実験手順

本実験で供したコンクリートの配合表を表-1に示す。細骨材率を 43.2%、46.2%および 51.2%の 3 種類に変化させた。目標スランプ、目標空気量、水セメント比はすべて一定とした。使用した骨材の最大寸法は 20mm であり、骨材の種類は、徳島市内で通常に流通している砕石、砕砂である。実験手順としては、最初、目標スランプ、目標空気量の範囲内にあるコンクリートを製造したことを確認し、加振 BOX 形充てん試験を実施した。次に、コンクリートを練り舟に戻し、目標スランプ $8 \pm 2.5\text{cm}$ までスランプロスさせて、再度、加振 BOX 形充てん試験を実施した。振動台の加速度は、 44.4m/s^2 で一定とし、2 次製品工場のコンクリートの打込みを想定した。

2.3 数値解析方法

用いた解析モデルは、粒状体-流体連成 3 次元モデルである。流体モデルは、モルタルではなく、空気として取り扱った。土木学会規準「高流動コンクリートの充てん装置を用いた間げき通過性試験方法(案)(JSCE-F

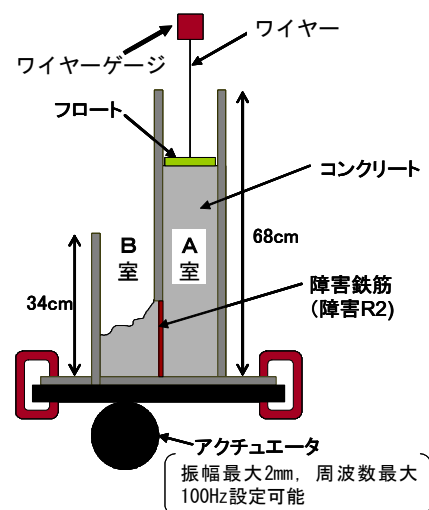


図-1 BOX 形充てん試験装置内を流動するコンクリート

表-1 配合表

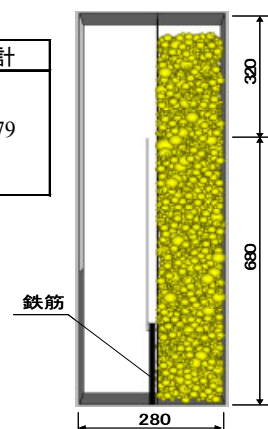
配合名	スランプ (cm)	空気量 (%)	W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)					高性能 AE 減水剤	AE 剤 ***
					W	C	S	G1*	G2**		
N43	20±2.5	4.5±1.5	50	43.2	175	350	757	480	510	C×1.3%	2A
N46				46.2			808	454	483		1A
N51				51.2			894	411	437		1A

G1*: 13-5mm, G2*: 20-13mm, AE 剤***: 1A=C×0.002%

511-2010)」の BOX 形充てん容器を基にモデル化した。A 室の初期充てん高さは実験の 68cm より 32cm 大きくした。加振 BOX 形充てん試験とは異なり、A 室において 0cm から 21cm まで沈下する時間(s) を求め、振動充てん時間とする。骨材は粒径 20mm から 5mm をモデル化した。モデル骨材の数を表-2 に示す。初期充てん状況を図-2 に示す。

表-2 骨材のモデル数

配合名	寸法(mm)	モデル数	合計
N46	20以上	7	4879
	20-15	244	
	15-10	2357	
	10-5	2270	



3. 実験結果および考察

3.1 流動障害が振動充てん性に与える影響

図-3 に細骨材率と振動充てん時間の関係を示す。細骨材率が小さくなると、振動充てん時間が長くなる。流動障害 R1 の方が流動障害 R2 よりも振動充てん時間が長い。この傾向は、スランプ 20cm より 8cm の方が顕著である。図-4 に細骨材率が流動障害振動充てん時間比に及ぼす影響を示す。流動障害振動充てん時間比 $\gamma_{obstacle}$ は(1)式で定義した。

$$\gamma_{obstacle} = \frac{\text{流動障害R1における振動充てん時間(s)}}{\text{流動障害R2における振動充てん時間(s)}} \quad \cdots (1)\text{式}$$

細骨材率が大きくなり、粗骨材濃度の影響が小さくなっているにも関わらず、流動障害振動充てん時間比 $\gamma_{obstacle}$ は大きく変化せず、振動充てん性は、鉄筋あきの影響が大きいと考えられる。

3.2 数値解析結果による流動障害が振動充てん性に与える影響

図-5 に細骨材率が 46%、加速度 44.4m/s² での数値解析の結果として、沈下量と充てん時間の関係を示す。実験同様に条件の厳しい R1 で充てん性が低下した。ただし、流動障害 R1 が 82s、流動障害 R2 が 55s であり、実験値の 25~8s の範囲と比較すると相当に大きい。モルタルの影響が考慮されていないことが原因であると考えられる。

しかしながら、流動障害振動充てん時間比 $\gamma_{obstacle}$ は 1.49 となり、実験値の 2.2 より小さいが、その差は大きくない。

4. まとめ

本研究では、BOX 形充てん容器内で取り付けられる流動障害 R1 と R2 の振動充てん性について実験結果と数値解析の比較検討をした。解析における流動障害 R1 の振動充てん時間は、実験と同様に長くなり、流動障害の影響を受ける。モルタルの影響を考慮していないが、流動障害 R1 の振動時間と流動障害 R2 の振動充てん時間の比は、実験と解析で大差ない。

【参考文献】

- 1) 土木学会コンクリート委員会編：9.高流動コンクリートの充てん装置を用いた間げき通過性試験方法（案）（JSCE-F 511-2010）、2010 年制定コンクリート標準示方書（規準編、土木学会規準および関連規準）、pp.225-227、2010.11
- 2) 千賀 年浩、橋本 親典、渡邊 健、石丸 啓輔：混和材置換によるフレッシュコンクリートの振動充てん性に関する定量的評価、コンクリート工学年次論文集、Vol.32、No.1、pp.1187-1192、2010.7

図-2 初期充てん状況

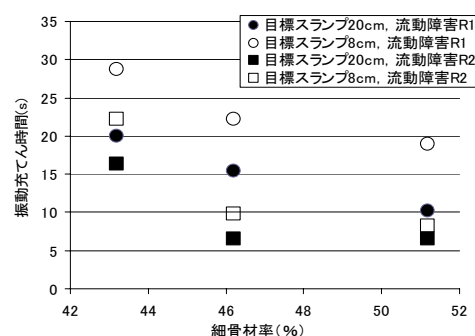


図-3 細骨材率と振動充てん時間の関係

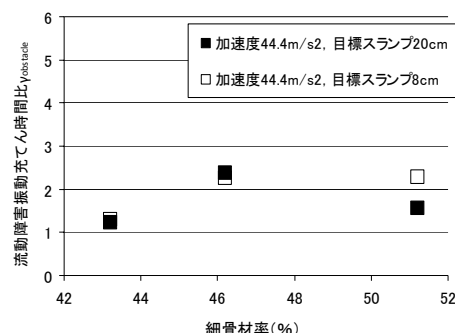


図-4 細骨材率が流動障害振動充てん時間比に及ぼす影響

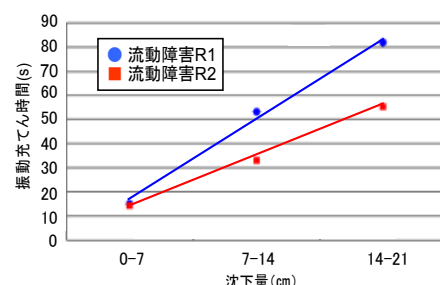


図-5 沈下量と充てん時間の関係