

異なる容器形状内でのモデルコンクリートの充填挙動に関する検討

高知高専 正会員 ○山田悠二 西松建設 非会員 岡友貴
徳島大学大学院 フェロー 橋本親典 高知高専 正会員 近藤拓也

1. はじめに

CIM に代表されるように最近では、建設施工を 3 次元的にシミュレーションし、設計・施工者間で情報を共有し易くすることで生産システムの効率化が図られている。これに伴い、フレッシュコンクリートの充填挙動に対する 3 次元解析の必要性は高まっている。著者らは、粒状体流体連成解析に注目し、基礎的検討としてモデルコンクリートを用いた可視化実験との整合性や、解析値により定量的に充填挙動を把握する方法を検討している¹⁾。本稿では、異なる容器形状の試験容器 (Box 形、U 形) を対象に可視化実験と解析を行い、両者の可視的な整合性を検討した結果や、解析値により充填挙動を定量的に評価した結果について報告する。

2. 実験概要

2.1 可視化実験による充填挙動の確認

アクリル製の Box 形容器と U 形容器 (図-1) の A 室と B 室の間に流動障害 R2 を設置した。仕切りをした状態でモデルコンクリートを縦に 3 層 (左、中、右層) に分けて A 室に詰めた。仕切りを上げ B 室にモデルコンクリートを流動障害を通過させて流入させ、その様子を動画で記録した。B 室側に流入したモデルコンクリートの自由面の充填高さが 190mm (流動障害の高さ) に到達した時間を測った。

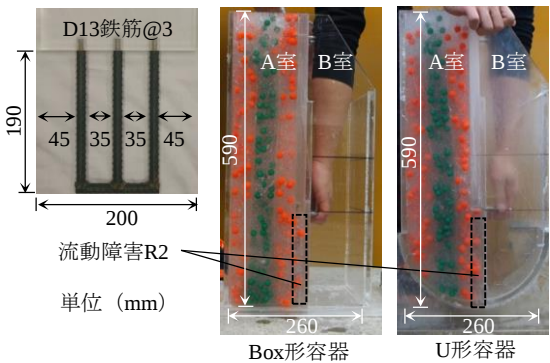


図-1 可視化実験の概要

表-1 モデルコンクリートの諸元

容器形状	Vg/Vm	計量値 (g)					
		モデル粗骨材			モデルモルタル		
		左層	中層	右層	左層	中層	右層
Box形	0.1	604	604	604	4649	4649	4649
U形		469	538	606	3611	4136	4662

2.2 モデルコンクリートの使用材料および配合

モデルコンクリートの諸元を表-1 に示す。モルタルは水に高分子樹脂を 6g/l で溶かして作製した高分子樹脂溶液 (密度: 1.0g/cm³)、粗骨材をプラスチック球 (密度: 1.5g/cm³、φ12mm) で仮定し、それらを混ぜ合わせてモデルコンクリートを作製した。

3. 解析概要

3.1 解析対象

本解析手法は、コンクリートを固液 2 相系材料モデルとして表現した。モルタルモデル (密度: 1.0g/cm³) は VOF 法、粗骨材モデル (密度: 1.5g/cm³) は個別要素法で解き、相互にデータのやり取り (連成) をした²⁾。図-1 の試験容器のモデルを図-2 に示す。U 形容器モデルでは、曲線でメッシュを切ることが困難であったため、底部を階段状として擬似的に底部を U 形とした。また、流動障害モデルの上・中・下部と容器隅角部を遷移するモルタルモデルの水平方向への流速を B 室側への流動を正として算出した。

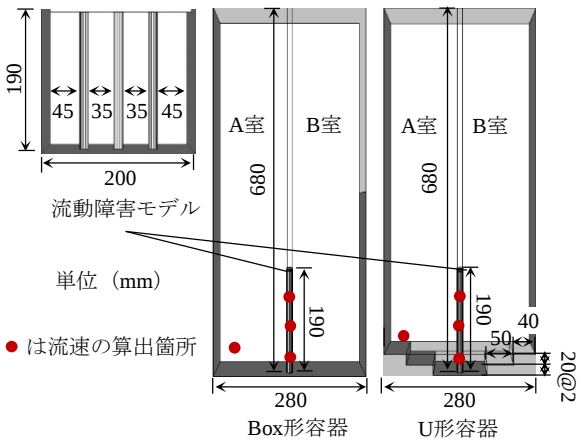


図-2 容器モデル

表-2 コンクリートモデルのパラメータ

容器形状	Vg/Vm	粗骨材モデルの粒子数 (個)			モルタルモデルの粘性係数 (Pa・s)
		左層	中層	右層	
Box形	0.1	512	512	640	10
U形		481	497	640	

3.2 コンクリートモデルのパラメータ

コンクリートモデルのパラメータを表-2 に示す。粗骨材の粒子径は 12mm とした。粗骨材モルタル容積比 Vg/Vm は、通常、普通コンクリートで 0.5~0.6、高流動コンクリートで

0.4～0.5 であるが、本解析では 0.1 とし、可視化実験のモデルコンクリートもこれに合わせた。U 形容器モデルでは、粒子数が多いと、膨大な計算量から発散したためである。

4. 実験結果および考察

図-3 に、Box・U 形容器内でのモデルコンクリートの充填状況として、実験・解析における充填開始 5 秒後の状況を示す。なお、解析結果は特徴が表れ易い粗骨材モデルの結果を示した。Box 形容器内の充填状況を観察すると、実験では中層（緑色）が流動障害の中部から上部にかけて B 室側に弧を描くのに対し、解析では下部で粒子が停滞した。一方、U 形容器では中層が弧を描く様子が確認できた。既報では、 $V_g/V_m=0.5$ 程度のモデルコンクリートの Box 容器内での充填挙動と解析結果が可視的に整合することを示した¹⁾。一方、本実験では $V_g/V_m=0.1$ としており、このような違いが影響した可能性がある。また、U 型容器で整合したのは、容器底部での摩擦条件の影響度の違いによるものと考えられる。

図-4 に B 室における充填高さ 190mm 到達時間を示す。実験、解析のいずれも、Box 形容器より U 形容器の方が充填高さ 190mm 到達に要した時間は短くなった。これは、Box 形容器の方が隅角部を有する分、充填条件が厳しくなったためと考えられ、この傾向を解析的に表現できた。また、Box 形容器、U 形容器の双方で実験値と解析値がほぼ同様の値を示したが、U 形容器の方がより高い整合性を示した。

解析における流動障害の上・中・下部と容器の隅角部でのモデルタルモデルの流速を図-5 に示す。いずれの容器モデルも流速は、下部、中部、上部の順にピークが表れ、その後 0mm/sec. に収束、すなわち流動が停止した。隅角部の流速は容器形状によらず、0mm/sec. 付近の値を示し、ほぼ停滞しているが、U 形容器では 1～3 秒にかけて幾分か盛り上がり、僅かに流動した。これまでは可視的に流動停止を評価してきたが¹⁾、流速の出力により流動停止を定量的に確認でき、また隅角部での挙動の僅かな変化を捉えられた。

5. まとめ

可視的にモデルコンクリートの挙動を捉えた場合、U 形容器では可視化実験と本解析手法はよく整合した。また解析において、水平流速を出力することで流動停止および容器形状の違いによる充填挙動の違いを定量的に評価できた。

参考文献

- 1) 原勝哉、橋本親典、渡辺健、石丸啓輔：可視化手法によるボックス形充填装置を充填するフレッシュコンクリートの流動挙動に対する一考察、コンクリート工学年次大会論文集、Vol.37、No.1、pp1027-1032、2015.7
- 2) 土木学会編：コンクリート技術シリーズ 102、コンクリートの施工性能の照査・検査システム研究委員会 第2期委員会報告書、ppII 103、2013.11

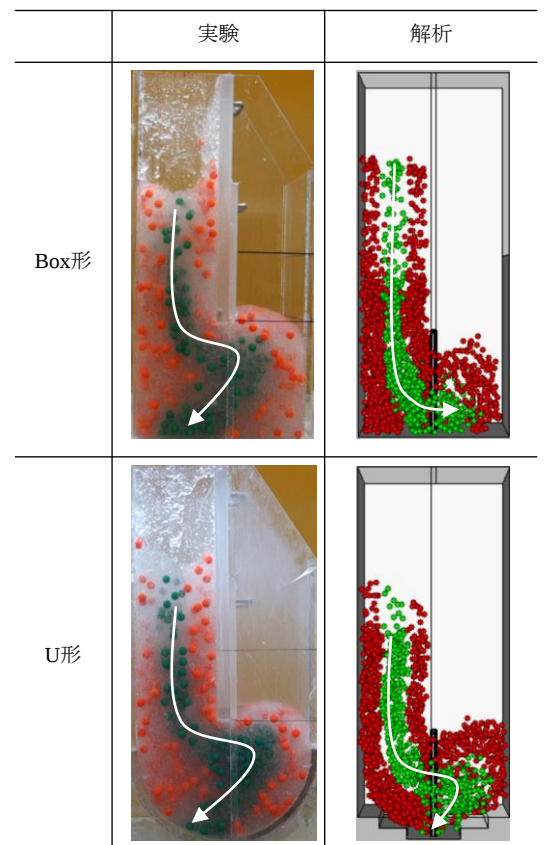


図-3 充填状況の比較

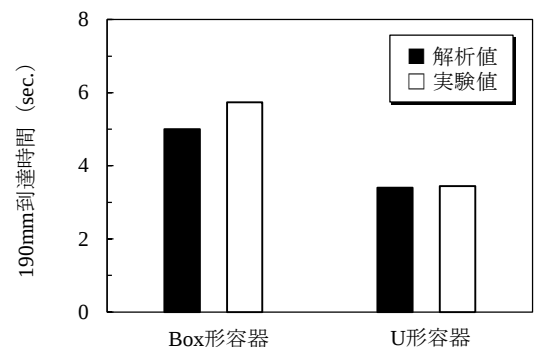


図-4 充填高さ 190mm 到達に要した時間

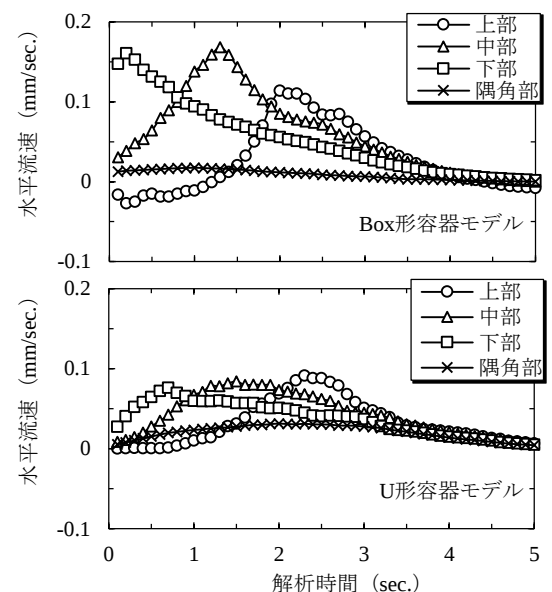


図-5 水平方向への流速