

数値解析によるボックス形とU形容器および小型模擬型枠内を流動する
コンクリートの間隙通過性の評価

徳島大学大学院 学生会員 中島 翼 西松建設（株） 岡 友貴
徳島大学大学院 フェロー 橋本親典 徳島大学大学院 正会員 渡辺 健

1. はじめに

施工現場では、フレッシュコンクリートの施工性能を評価する試験としてスランプ試験が行われる。しかしながら、施工条件が複雑化する中でスランプ試験のみで施工性能を評価することは難しい。一方、我が国では建設生産システムの効率化を図るために CIM の導入が活発に行われている。CIM の導入に伴い 3 次元解析におけるコンクリートの施工性能評価に関する研究が注目されつつある。本研究では、3 次元解析手法である粒状体・流体連成解析手法を用いたフレッシュコンクリートの施工性能評価をボックス容器形状の異なる試験容器ならびに模擬型枠を対象に行った。

2. 解析概要

2.1 粒状体・流体連成解析

本研究には、解析手法として粒状体・流体連成解析手法を用いた。本解析プログラムは、流体解析と粒状体解析との間で相互にデータを交換し、粒状体が運動することによって流体が運動するような現象を 3 次元で再現することができる。

対象とした試験容器は 2 種類である。1 つは、土木学会規
準である“高流動コンクリートの充填試験方法(案)¹⁾”に用いられるボックス形容器と U 形容器である。図-1 に試験容器の概要を示す。流動障害は D13@3 本の R2 である。U 形容器は、本析手法において曲線を描くことが困難であったため、底部を階段状とし、近似的に底部を U 形容器とした。もう 1 つは、柱部材のかぶりコンクリートの流動を模擬した模擬型枠²⁾である。図-2 にモデル化した試験容器を示す。

2.2 解析に用いたコンクリートモデルの配合

フレッシュコンクリートをモルタルと粗骨材からなる 2 相系の粘性流体と仮定し、モルタルモデル（密度：1.23 g/cm³または 2.00g/cm³）・粗骨材モデル（密度：1.20 g/cm³または 2.65g/cm³）を用いた。ボックス形・U 型のコンクリートモデルのパラメータを表-1 に示す。また、小型模擬型枠のコンクリートモデルのパラメータを表-2 に示す。模擬型枠の本研究では粒子の直径を 10mm および 15mm とした。粗骨材モルタル容積比

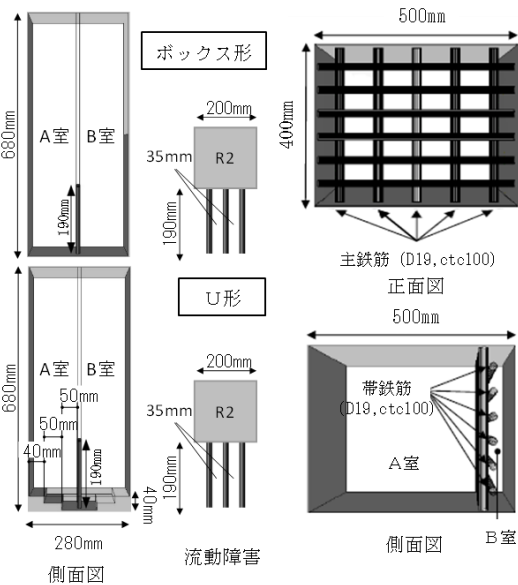


図-1 充填試験の
ボックス形とU形
容器の形状寸法

図-2 柱部材
を想定した小
型模擬型枠の
形状寸法

表-1 充填試験装置内の流動に関するコンクリートモデルのパラメータ

容器形状	流動障害	V _G /V _M	直径別粒子数(個)						粘性 (Pa・s)
			左層(緑)		中層(青)		右層(赤)		
			15mm	10mm	15mm	10mm	15mm	10mm	
ボックス形	R2	0.1	100	600	130	750	130	750	100
U形			94	565	126	728	130	750	

	密度
モルタルモデル	2.00g/cm ³
粗骨材モデル	2.65g/cm ³

キーワード 粒状体・流体連成解析，フレッシュコンクリート，充填速度，間隙通過性試験，施工性能
連絡先（住所 徳島県徳島市中吉野 4 丁目 9-7 レオパレス中吉野Ⅱ205 号 電話 090-6378-9422）

表-2 小型模擬型枠内の流動に関するコンクリートモデルのパラメータ

容器形状	流動障害	V _G /V _M	直径別粒子数(個)						粘性 (Pa・s)
			左層(緑)		中層(青)		右層(赤)		
			15mm	10mm	15mm	10mm	15mm	10mm	
模擬型枠	格子状	0.23	744	3968	744	3968	744	3968	100

	密度
モルタルモデル	1.23g/cm ³
粗骨材モデル	1.20g/cm ³

(以降 V_G/V_M と称す。)は、0.1 または 0.23 とした。 V_G/V_M は本来、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。しかしながら本研究における V_G/V_M は、0.1 または 0.23 と小さい数値で設定した。これは U 形容器および模擬型枠を対象とした連成解析を行う際、膨大な計算量が必要であり、計算過程でエラーを起こし粒子が発散する傾向にあったためである。

3. 解析結果および考察

3.1 充填試験内の粒状体・流体連成解析結果

本解析では、コンクリートの初期充填に着目した解析を行った。解析時間は 5 秒とした。粒状体流体連成解析結果のうち、図-3 に粒状体の解析結果を示す。ボックス形容器モデルを対象とした場合、ボックス背面に分布させた緑色のコンクリートは、A 室隅角部で停滞したことが確認できた。この結果から実現象においてもボックス形容器を用いる場合は、A 室隅角部でフレッシュコンクリートは停滞することが考えられる。一方、U 形ボックス形容器モデルを対象とした場合、緑色のコンクリートはボックス形容器と比べて隅角部で停滞することなく、ボックス境界付近まで充填されることが確認できた。このことから、粒状体流体連成解析結果からも U 形容器よりもボックス形容器を用いた解析の流動条件の方が厳しいことが考えられる。

3.2 小型模擬型枠内の粒状体・流体連成解析結果

図-4 に、模擬型枠における粒状体流体解析結果を示す。赤色と青色のコンクリートは B 室方向に充填される様子が確認でき、ボックス背面に分布させた緑色のコンクリートは、ボックス形と同じ傾向である A 室隅角部に停滞したことが確認できた。

4. まとめ

本研究で得られた知見を以下にまとめる。

- 1) 容器形状によるコンクリートモデルの充填挙動の違いが明らかとなった。
- 2) ボックス形容器と小型模擬型枠においてコンクリートモデルが停滞する領域の存在を確認できた。

参考文献

- 1) 土木学会編：コンクリートライブラリー136 号 高流動コンクリートの配合設計・施工指針，pp147-149，2012.6
- 2) 土木学会編：コンクリートライブラリー145 号 施工性能にもとづくコンクリートの配合設計・施工指針[2016 年版]，資料編 pp.57-58，2016.6

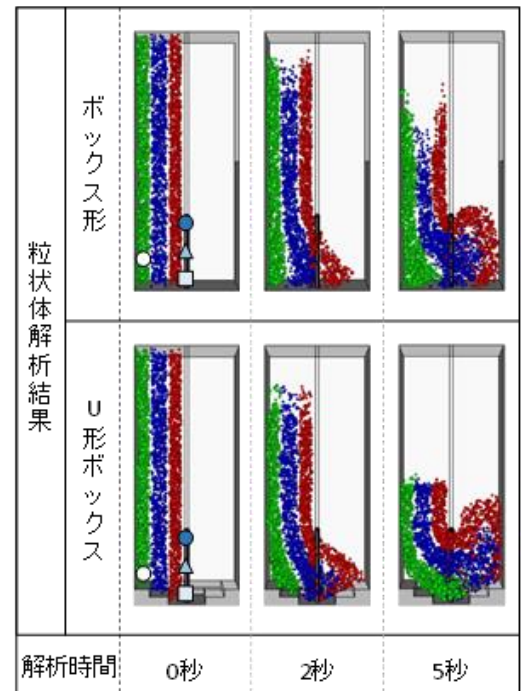


図-3 充填試験装置内の流動に関する粒状体解析結果

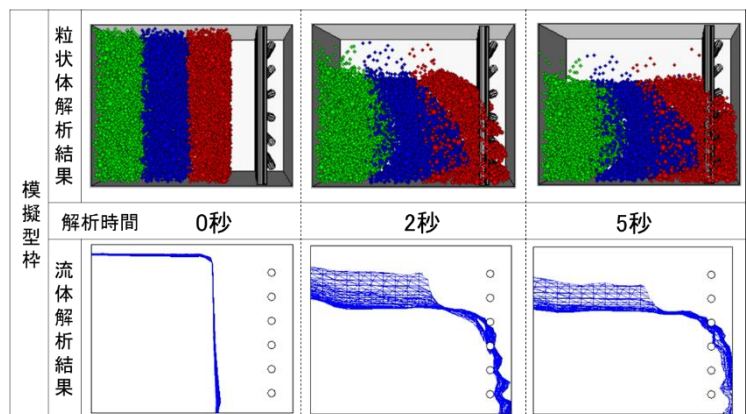


図-4 小型模擬型枠内の流動の粒状体流体解析結果