

高流動コンクリートの間隙通過性に関する解析的基礎検討

大成建設（株） 正会員 ○府川 徹
大成建設（株） 正会員 吉田 昂平
大成建設（株） 正会員 村田 裕志

1. はじめに

RC 構造物における過密配筋部の施工時には、自己充填性を有する高流動コンクリートが有用である。通常、間隙通過試験等により材料分離抵抗性や間隙通過性の確認を行うが、打設条件によっては打設実験による事前の充填性確認が必要となる。一方で、近年、解析技術の進歩に伴って、高流動コンクリートに関する解析は数多く行われており、解析によって事前の充填性確認を行うことが検討されている。¹⁾²⁾しかし、これらの解析事例の中で、粗骨材までモデル化したものは少なく、間隙通過性については十分に検討されていない。本稿では、高流動コンクリートの U 型間隙通過試験（流動障害 R1）を対象として、粗骨材をモデル化した 3 次元解析を行った。また、粗骨材の粒子径やレオロジー定数を変化させることで、これらが高流動コンクリートの間隙通過性に与える影響を確認した。

2. 解析モデル・解析ケース

解析モデルを図 1 に示す。本解析では、高流動コンクリートを粘性流体、コンクリート中の粗骨材を粒子としてモデル化し、これらの連成解析を行った。解析ソフトには Simcenter STAR-CCM+ 2021.1 を使用した。粘性流体の計算には VOF (Volume of Fluid) 法を用い、その離散化手法は FVM (Finite Volume Method) とした。構成則には Regularized Bingham Model を用い、壁面との境界条件は Non-slip 条件を採用した。一方、粗骨材は DEM (Discrete Element Method) を用いて球形粒子としてモデル化し、粒子-粒子間および粒子-壁面間の相互作用には Hertz-Mindlin モデルを用いた。さらに、粘性流体と粗骨材粒子の連成は片方向連成（粘性流体から粗骨材粒子への作用のみ考慮）とした。粘性流体から粗骨材粒子が受ける抗力の計算には Shiller-Naumann の抵抗係数を用いた。

解析ケースについて表 1 にまとめて示す。粗骨材の粒子径を 20mm のみとした Case1 を基準に、Case2 と Case3 ではそれぞれ降伏値、粘性係数を変化させた。また、Case4 では粗骨材の粒子径を 15mm とし、Case1 よりも小さくした。さらに、Case5 では粗骨材の粒子径を複数設定した。いずれの解析ケースにおいても、粒子の総体積は一定とした。

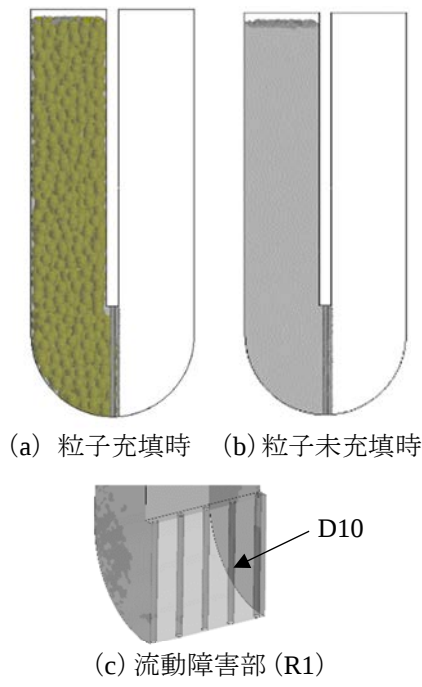


図 1 解析モデル

表 1 解析ケースと各種パラメータ

	粘性流体		粗骨材粒子 (DEM 粒子)			
	粘性係数 (Pa・s)	降伏値 (Pa)	粒子径 (mm)	粒子数 (個)	弾性係数 (GPa)	備考
Case1	35	24	20	1203	67.6	基準
Case2	35	67	20	1203		Case1 の降伏値を変化
Case3	70	24	20	1203		Case1 の粘性係数を変化
Case4	35	24	15	2852		Case1 の粒子径を変化
Case5	35	24	20	602		粒子径を複数設定 体積の割合で以下の通り設定 20mm : 50%, 15mm,10mm : 25%
			15	713		
			10	2406		

キーワード 高流動コンクリート, U 形間隙通過試験, 流動解析, DEM
連絡先 〒245-0051 横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設（株）技術センター TEL045-814-7221

3. 解析結果・考察

Case1 では、流動障害部で粗骨材粒子が閉塞し、A 室と B 室で粒子量に差異が生じた (図 2 参照)。また、図 3 に B 室の粒子量の割合の時間変化について、Case1 と他の各解析ケースでそれぞれ比較した結果を示す。ここで、B 室の粒子量の割合とは、B 室に存在する粒子の総体積を全粒子の総体積で除して百分率で表したものである。Case2 と Case3 では、両ケースとも流動障害部で閉塞が生じたが、Case1 と比較して B 室の粒子量が僅かに増加した。Case2 と Case3 では、粘性流体の降伏値あるいは粘性係数が Case1 と比較して増加したことで、材料分離抵抗性が高まったと考えられるが、本解析ケースではこれが間隙通過性に与える影響は小さかった。また、Case4 と Case5 では、流動障害部で閉塞が生じず、B 室の粒子量は全粒子量の 50%に近い値となった。以上より、本解析では粒子径や粒度分布が間隙通過性に与える影響が大きいことが確認された。

4. まとめ

本解析では、粗骨材をモデル化した高流動コンクリートの U 形間隙通過試験の解析を複数のパラメータで行い、各パラメータの間隙通過性への影響について確認した。その結果、特に粒子径や粒度分布が流動障害部における閉塞に大きく影響を及ぼすことが確認された。一方、本解析ではコンクリートのレオロジー定数について、間隙通過性に及ぼす影響が僅かにしか確認されなかったが、粒子径が小さい場合や粒度分布がある場合についてさらに検討すべきと考えられる。また、粒子の形状についても検討を進める必要がある。

参考文献

- 1) 浦野ら、締固めを行うコンクリートの充填性評価への流動解析手法の適用に関する研究、土木学会論文集 E2 (材料・コンクリート構造)、Vol.73, No.2, pp.179-190, 2017
- 2) 平野ら、締固めを要する高流動コンクリートのレオロジー定数測定と MPS 解析によるその有用性の検証、日本建築学会構造系論文集、Vol.87, No.795, pp.393-404, 2022

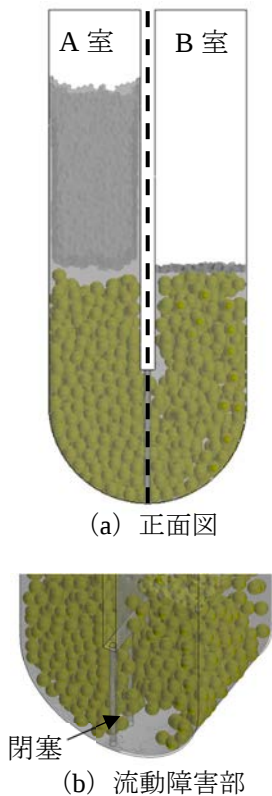
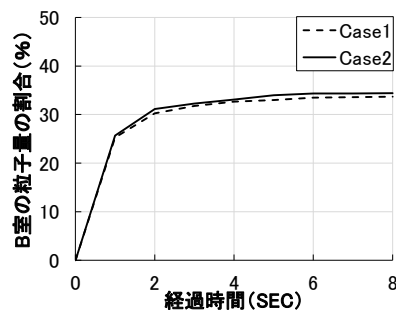
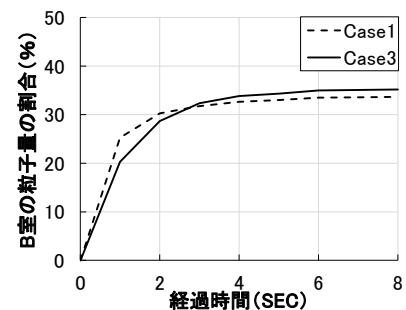


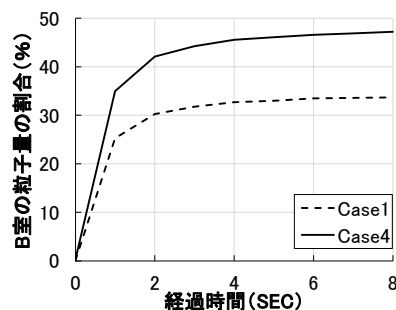
図 2 Case1 の閉塞



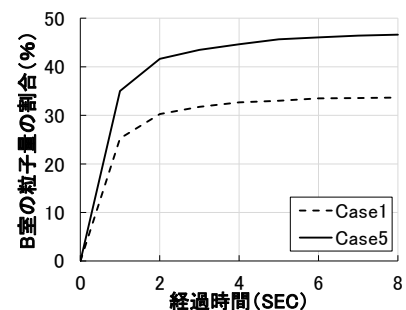
(a) Case1 と Case2 の比較 (降伏値)



(b) Case1 と Case3 の比較 (粘性係数)



(c) Case1 と Case4 の比較 (粒径)



(d) Case1 と Case5 の比較 (粒度分布)

図 3 各解析ケースにおける B 室の粒子量の時間変化