

粗骨材を考慮した高流動コンクリートの流動解析に関する一考察

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

1. はじめに

近年、実施工に先立って流動解析による打込み計画の妥当性検証を行った事例¹⁾が報告されている。一方で、粗骨材の挙動を考慮した流動解析事例は少ない。その要因のひとつとして、膨大な計算時間と計算資源を要することが挙げられる。本研究では、高流動コンクリートのL型フロー試験を対象として、粗骨材を考慮しつつ、計算時間等を抑制するために2次元流動解析を行った。解析結果と試験結果との比較により、フロー先端近傍の粗骨材分布の差異について考察を試みた。

2. 解析手法

粗骨材を円形のDEM (Discrete Element Method) 粒子、モルタルを粘性流体で各々モデル化し、VOF (Volume Of Fluid) 法を用いた。本解析においては、計算コストを低減するため、粘性流体とDEM粒子との連成は片方向(粘性流体からDEM粒子への作用)のみを考慮した。

3. 解析ケースおよび解析モデル

解析対象は、同一材料を用いて混和剤量のみを変化させたスランブフロー3水準(目標スランブフロー値750mm, 650mm, 550mm, 以下各々SF750, SF650, SF550と略記)のフレッシュコンクリートとし、各々の配合および計測値を表-1に示す。また、材料定数を表-2に、粒子径ごとの質量百分率から求めたDEM粒子の数を表-3に、解析モデルを図-1に各々示す。表-2に示す降伏値 τ_y および粘性係数 η は、高流動モルタルのスランブフロー値と500mm到達時間をパラメータとした回帰式²⁾³⁾に、表-1に示す各配合の計測値を代入して算出した。また、構成則として用いたRegularized Bingham Modelの応力成長指数⁴⁾ m はSF650を対象として設定した。

解析ソフトにはSimcenter STAR-CCM+ 2021.1を使用した。流体に対する境界条件として、すべての壁面上でnon-slip条件とした。また、DEM粒子-DEM粒子間およびDEM粒子-壁面間の相互作用にはHertz-Mindlinモデルを、DEM粒子が粘性流体から受ける抗力の計算にはShiller-Naumannの抵抗係数を各々用いた。

表-1 配合および計測値

W/P (%)	W/C (%)	s/a (%)	単体量 (kg/m ³)					スランブフロー目標値	高性能AE減水剤等 (C×%)	単位容積質量 (kg/m ³)	スランブフロー(mm)	フロータイム(秒) 500mm/停止
			W	C	LS	S	G					
27.7	39.6	46.0	180	455	195	666	801	550mm	1.075	2286	561×553 (555)	5.5/28.0
								650mm	1.2	2318	672×660 (665)	4.3/38.6
								750mm	1.325	2344	750×742 (745)	4.1/54.2

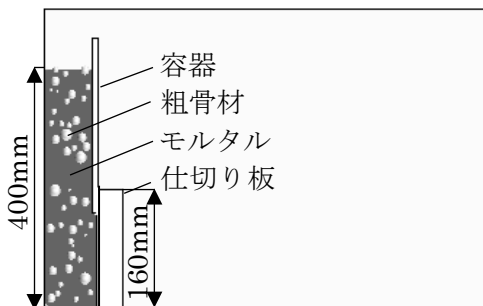


図-1 解析モデル

表-2 各解析ケースの材料定数

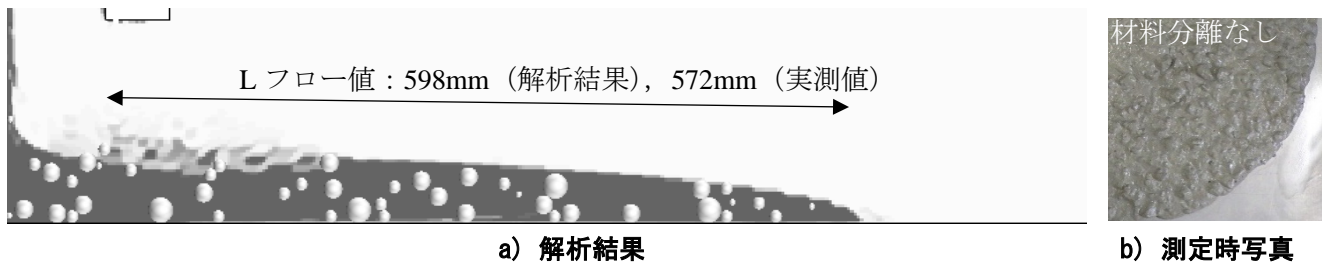
材料定数	記号	単位	SF 550	SF 650	SF 750
降伏値	τ_y	Pa	67	24	11
粘性係数	η	Pa·s	33	35	34
応力成長指数	m	—	165		

表-3 DEM粒子径別個数

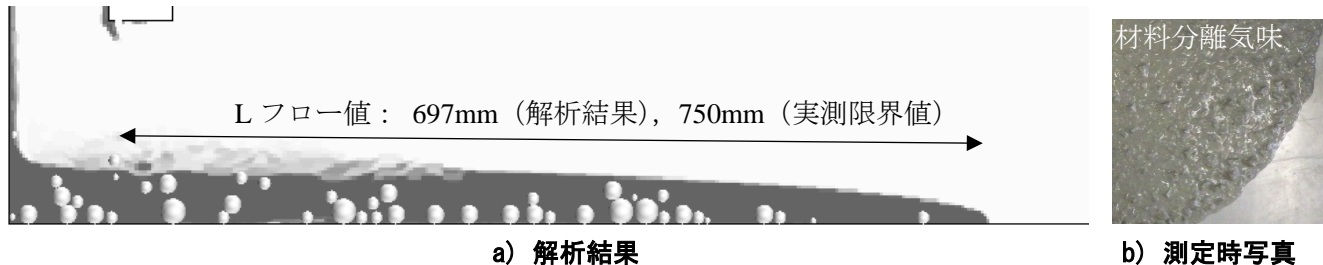
粒子径	投入個数
5mm	6個
10mm	20個
15mm	16個
20mm	4個

キーワード 流動解析, スランブフロー, L型フロー, 粗骨材, DEM, Regularized Bingham Model

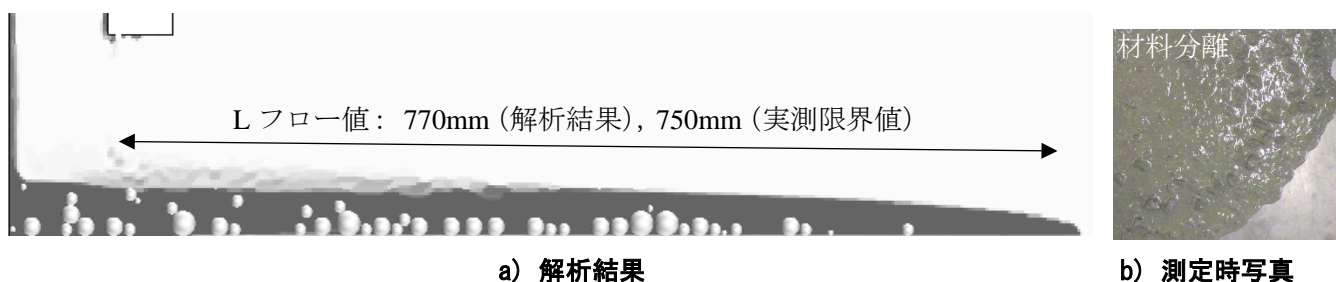
連絡先 〒245-0051 神奈川県横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設(株) 技術センター TEL 045-814-7210



a) 解析結果
図-2 解析結果と測定写真の比較 (SF550)



a) 解析結果
図-3 解析結果と測定写真の比較 (SF650)



a) 解析結果
図-4 解析結果と測定写真の比較 (SF750)

4. 解析結果および考察

図-2～4に、各ケースにおけるL型フロー試験の解析結果とスランプフロー測定時の写真を示す。SF550では、モルタル内に粒子が分散して分布している様子が確認された。一方、SF650とSF750では粒子が沈降し、フロー先端部には粒子がほとんど存在しておらず、モルタルと骨材が分離している様子が確認された。これらの傾向は、当該コンクリートのスランプフロー試験の外周部分の傾向と一致しており、実際の現象を概ね再現できたと考えられる。また、この結果からモルタルの材料定数によって骨材の挙動が変化し、材料分離に寄与することが示唆された。

5. まとめ

本研究では、粗骨材を考慮した高流動コンクリートの流動解析を行い、流動中における骨材の挙動が実現象を概ね再現できることを確認した。このことから本解析により、スランプフロー値からモルタルの材料定数を推定することで、材料分離抵抗性について一定の評価が可能であることが示唆された。ただし、本解析では、粘性流体とDEM粒子との連成は片方向としたが、双方向連成とした場合の解析結果との差異についても確認が必要と考えている。

また、同じスランプフロー値でも材料（セメント、骨材、混和材、混和剤）、配合、練り混ぜ方法等によって、フレッシュコンクリートの性状・性能は異なると考えられるため、それらの要因についても今後検討する必要がある。

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) 小門ら、スランプフロー試験における高流動コンクリートのレオロジー定数評価法に関する研究，土木学会論文集，No.634, V-45, pp.113-129, 1999.11
- 3) 山田ら，〔1315〕MPS法による高流動コンクリートのフローシミュレーション，第73回セメント技術大会講演要旨2019，pp.92-93, 2019.5
- 4) 阿部ら，VOF schemeを用いたNavier-Stokes方程式に基づくBingham流体解析に関する研究，土木学会第66回年次学術講演会，II-022, pp.43-44, 2011