

粒状体・流体連成によるフレッシュコンクリートの流動解析

徳島大学大学院
徳島大学大学院

学生会員
正会員

○原 勝哉
上野 勝利

国際航業株式会社
徳島大学大学院
徳島大学大学院

笹田 宏紀
正会員
正会員

橋本 親典
渡邊 健

1. はじめに

近年、各種混和剤(材)の使用によって、同一スランプであっても流動特性が大きく異なるフレッシュコンクリートが出現してきた。フレッシュコンクリートの流動特性の変化や鉄筋量の増加など設計施工条件に対してスランプだけでは対応できなくなってきた。事前に想定した設計施工条件に対してフレッシュコンクリートの施工性能の照査を行うために、フレッシュコンクリートの3次元流動解析技術が注目されている。粒状体・流体連成解析は粒状体と流体の相互作用を考慮でき、複合材料としてのフレッシュコンクリートを表現できる¹⁾。本研究では、かぶり周辺の型枠内空間をボックス形充填試験装置内と想定し、加振ボックス充填試験の3次元流動解析を行い、フレッシュコンクリートの流動挙動解析結果と実験結果を比較し、流動解析の整合性について検討した。

2. 解析概要

本研究では、図-1に示す加振ボックス充填試験を対象としたフレッシュコンクリートの流動解析を行った。図-1のA室に材料モデルを充填したものが初期状態である。ボックス形充填試験装置に配置する流動障害は図-2に示すような鉄筋D10を5本、鉄筋D13を3本、鉄筋D13を1本、鉄筋0本の4条件とした。材料モデルはニュートン流体とする粘性流体をモルタルモデル、単一粒径の球形要素を粗骨材モデルとし、連成させることでフレッシュコンクリートモデルとした。材料モデルの物性値を表-1に示す。粗骨材モデル数は粗骨材とモルタルの容積比(V_g/V_m)が0.5と0.9になるように決定した。材料モデルは図-1のボックス形充填試験装置A室の高さ640mmまでの領域に発生させる。B室の高さ190mmから280mmまでの流動に要した時間を流動時間とした。粘性係数 μ は、50Pa・s、75Pa・s、100Pa・sの3種類とし、想定しているコンシステンシーとしては、 $V_g/V_m:0.9, \mu:100\text{Pa}\cdot\text{s}$ がスランプ8cm、 $V_g/V_m:0.5, \mu:100\text{Pa}\cdot\text{s}$ がスランプ18cm、 $V_g/V_m:0.5, \mu:50\text{Pa}\cdot\text{s}$ がスランプフロー600mmの高流動コンクリートである。

表-1 材料モデルの物性値

材料モデル	モデル数 (個)	粒径 (mm)	密度 (g/cm ³)	ばね定数(N/m)	
				法線方向	接線方向
粗骨材モデル	1700	15	2.57	1.0×10^{-7}	1.0×10^{-7}
	2000	15			

材料モデル	密度 (g/cm ³)	粘性係数 (Pa・s)
モルタルモデル	2.00	50
		75
		100

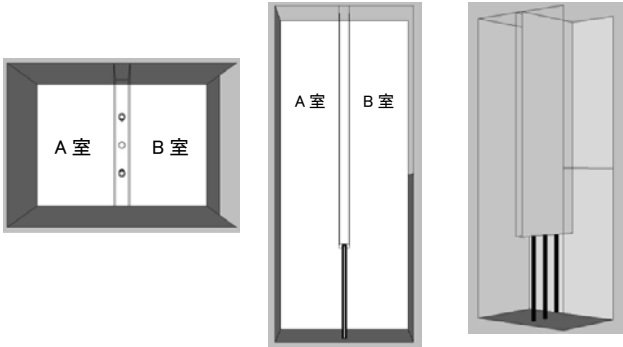


図-1 ボックス形充填試験装置

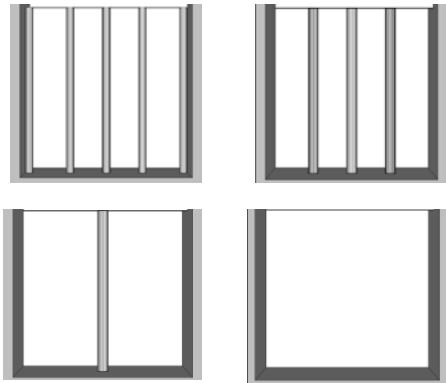


図-2 各流動障害モデル

キーワード 流動解析, 加振ボックス充填試験, 流動障害

連絡先 〒770-8506 徳島県徳島市南常三島町 2-1 徳島大学大学院リソテクノサイエンス研究部 TEL088-656-7321

3. 解析結果および考察

3.1 流動障害の影響

図-3 に粘性係数と流動時間の関係を示す。粘性係数が増加し、流動障害が増えるに従って、流動時間が長くなり、フレッシュコンクリートの流動に流動障害の影響を表現できた。流動障害の条件が最も厳しい5本で流動時間が一番長く、条件が緩和されていくと流動時間が短くなった。流動障害3本、1本および0本には大きな違いが見られなかった。鉄筋間隔が骨材粒径より大きく閉塞やアーチングを引き起こさなかったためと考えられる。

一方、解析における流動時間は最大でも14s程度であり、最小では6s以下と流動時間が実験より相当に短くなった。しかし、モルタルの自由表面の結果(図-5の右図参照)では、A室の壁にモルタルが付着しており、流動時間が短いにも関わらずA室に残留するモルタルが存在した。解析の壁境界条件は、境界に直交する成分のみの流速を零に固定し、境界に平行な方向の速度成分は固定なしであり、特に問題がない。解析手法の改善策としては、境界面ですべりまたは流速を与え、なおかつ粘性係数を増加させることで実際の流動を再現することができると思われる。ただし、実際のモルタルモデルの粘性係数との乖離が大きくなり、本流体モデルがニュートン流体しか取り扱えない限界が顕在化したと思われる。

3.2 粗骨材容積比の影響

粘性係数 $50\text{Pa}\cdot\text{s}$ 、 $100\text{Pa}\cdot\text{s}$ の V_g/V_m が0.5と0.9の解析を行った。粗骨材容積比と流動時間の関係を図-4に示す。 V_g/V_m が0.5のときは流動高さが280mmであったが、 V_g/V_m が0.9になるとB室への流動高さが270mmと低くなり、流動時間が長くなった。これは、 V_g/V_m が大きくなったことで流動障害部において閉塞、アーチングを引き起こしたことが考えられる。 V_g/V_m は骨材同士の接触や噛み合いに影響を与え、接触や噛み合いが増えると流動を阻害する要因となる。 V_g/V_m と鉄筋間隔が流動に大きな影響を与えることがわかる。図-5に $V_g/V_m=0.9$ 、 $\mu=100\text{Pa}\cdot\text{s}$ の20秒経過時点の流動解析結果を示す。左図が粒状体の分布を、右図がモルタルの自由表面の形状を示す。赤線は270mmと250mmを示しており、B室の上層ではモルタルと粗骨材が材料分離した層が確認できた。実験においてもB室の上層ではモルタルと粗骨材の材料分離した状態が確認できるため、実現現象を再現できたといえる。

4. 結論

粒状体・流体連成による流動解析手法は、施工条件である流動障害の鉄筋数および間隔とコンクリートの配合条件である粗骨材とモルタルの容積比によって、複合材料特有の閉塞や材料分離の問題を評価できる可能性がある。

参考文献

- 1) 笹田 宏紀, 橋本 親典, 上野 勝利, 渡辺 健: 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, 土木学会四国支部技術研究発表会講演概要集, Vol.17, pp.285~286, 2011年5月。

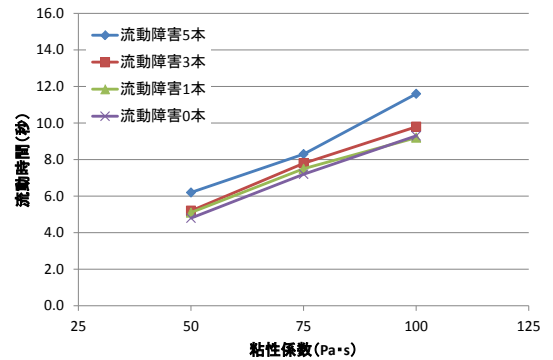


図-3 粘性係数と流動時間の関係

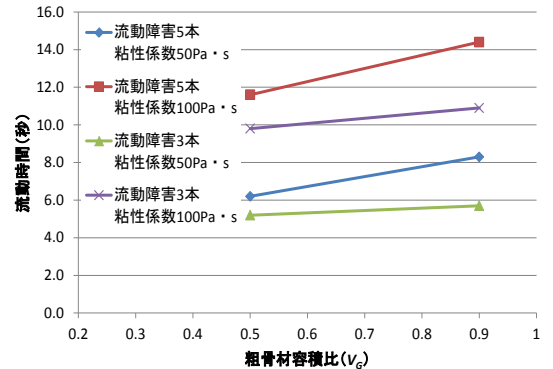


図-4 粗骨材容積比と流動時間の関係

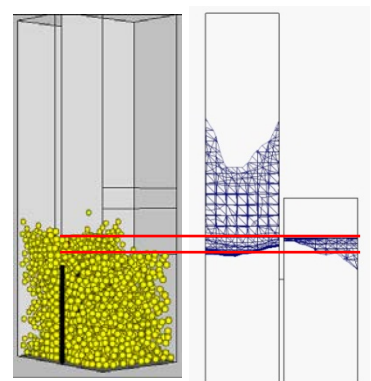


図-5 閉塞による分離が発生した加振ボックス充填試験の流動解析結果の一例