

短繊維とモルタルのフレッシュ時の相互作用に関する解析的検討

岐阜大学 学生会員 土屋 剛毅

岐阜大学 正会員 国枝 稔

岐阜大学大学院 佐藤 諒一, 川口 潤

1. はじめに

短繊維補強コンクリート(FRC)の力学性能は、混入された短繊維の配向性に大きく影響を受けることが知られている。これは、周らの研究¹⁾でも示されている。FRCは、硬化後の力学的特性について詳細に研究されているが、フレッシュ時の流動性状は未解明な部分が多いのが現状である。特に、モルタルの流動方向に短繊維が配向する傾向にあるため、数値解析においてもモルタルと短繊維の相互作用のモデル化が不可欠である。本研究では、個別要素法(DEM)を用いた流動解析において、モルタルマトリクスと短繊維のフレッシュ時の相互作用を定量的にモデル化するために、モルタル、短繊維の界面部のパラメータを同定する。

2. 解析手法

本研究では、不連続体解析手法の1つであるDEM(3次元個別要素法)を用いる。この手法の特徴は質量(m)、ばね定数(k)、減衰定数(C)の3種類のパラメータで要素の挙動を表現できる点である。図-1に示す2要素間のばねとダッシュポットからなる要素間モデルを用いて、接触要素ごとに並進運動方程式と回転運動方程式をたてる。これらを差分近似することで要素の挙動を追跡し、その集合体としての動的挙動を解析する。

また、材料のモデル化において、短繊維を離散化する点に特徴がある。モルタル要素の形状は球形として取り扱い、短繊維は、球形の粒子を剛結することで線分形状を表現する。このように、運動方程式だけの簡易なアルゴリズムで動的計算ができ、材料のモデル化の自由度も高い解析手法である。

3. 解析概要

神田らによるモルタルマトリクスに1本の短繊維を押込む実験²⁾を参考に、解析を行った。図-2に示

すように、初期条件として短繊維の先端がモルタルマトリクスの表面から1cm埋まった位置を開始点とした。図-3に解析モデルを示す。短繊維の挙動は、実験²⁾同様、変位4cm、所要時間3secとした。

表-1に、解析パラメータを示す。モルタル間および短繊維間のパラメータは加藤らの研究³⁾を参考に設定した。モルタルと短繊維間の界面部のパラメータを2種類設定し、界面1をモルタル間と同様の値を用い、界面2は実験²⁾を参考に同定した。

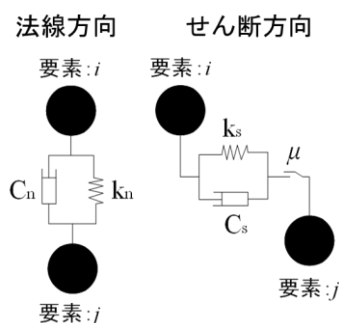


図-1 要素間モデル

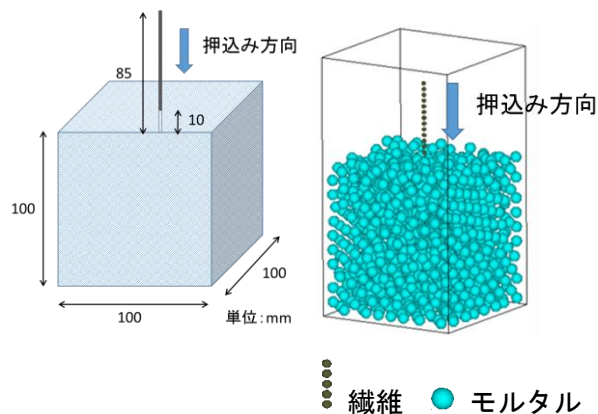


図-2 実験モデル

図-3 解析モデル

表-1 モルタル、短繊維、界面部パラメータ

材料	密度 (g/cm ³)	ばね定数(N/mm)		粘性係数(N・s/mm)	
		法線方向	せん断方向	法線方向	せん断方向
モルタル間	1.6	0.236	0.059	0.001	0.001
短繊維間	0.91	0.236	0.059	0.001	0.001
界面1	-	0.236	0.059	0.001	0.001
界面2	-	0.1	0.05	0.015	0.015

4. 解析結果

図-4 に、実験²⁾の短繊維の荷重変位曲線を示す。短繊維の先端が表面から1cmの位置から下に押し込み、荷重が負の方向に増加する過程を示す。

図-5 に、解析において界面部のパラメータ（界面1）、図-6 に、界面部のパラメータ（界面2）の荷重変位曲線を示す。図-5 において、繊維の挙動に伴う荷重の変化がほとんど確認できない。すなわち、押し込みによってモルタルが繊維に抵抗していないことを解析的に示している。一方、図-6 において、荷重が増加する挙動が確認できる。これは、押し込みによるモルタルとの接触面積の増加および、界面部の粘性係数の増加によるものであると考えられる。

また、図-4 と図-6 を比較すると、実験結果と同様な直線的な挙動を確認することができる。これは、界面部のパラメータ（界面2）が大きく影響していると考えられる。一方で、両者の荷重値は近似していない。今後、モルタル間のパラメータを変更する必要性が考えられる。

5. おわりに

モルタル、短繊維の界面部のパラメータを変更することで、繊維の荷重変位曲線において実験²⁾と同様の挙動が示せた。すなわち、本解析手法において、モルタル、短繊維の界面部のパラメータの設定は、実挙動の再現をするために重要な要素であると考えられる。今後、より実験値に近似させたパラメータを用い、部材レベルにおいて、短繊維の配向性の確認、および材料の合流部や打重ね部における短繊維の挙動を再現する解析を実施する予定である。

参考文献

- 1) 周波: 超高強度繊維補強コンクリート曲げ供試体中の繊維の配向, コンクリート工学年次論文報告集, 34 巻, pp. 268-273, 2012
- 2) 神田剛: 流体と短繊維の相互作用に関する基礎的研究, 名古屋大学卒業論文, 2012
- 3) 加藤勝秀: セメント系材料の流動解析手法の開発と応用, 名古屋大学卒業論文, 2011

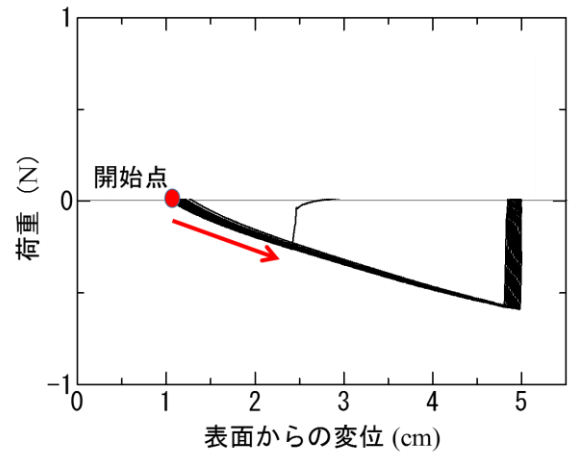


図-4 実験²⁾の荷重変位曲線

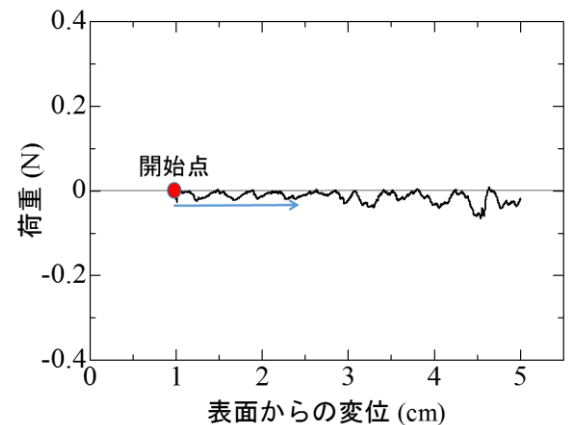


図-5 界面1の荷重変位曲線

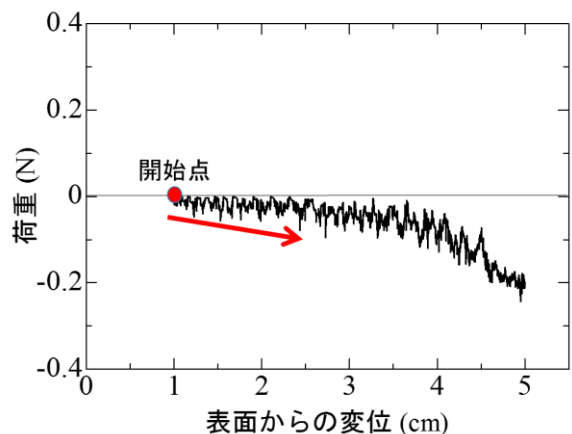


図-6 界面2の荷重変位曲線