

流体と短繊維の相互作用の定量化に関する基礎的研究

名古屋大学 学生会員 神田 剛
名古屋大学大学院 正会員 国枝 稔, 上田 尚史, 中村 光

1. はじめに

短繊維補強コンクリート (FRC) の硬化後の性質は、繊維の配向性や分布の影響を大きく受けることが知られており、個別要素法 (DEM) を用いた FRC の流動解析手法の構築が試みられている¹⁾。本研究では、FRC における短繊維とマトリクスとの相互作用を定量化し、流動解析に用いる構成則を開発することを目的として鋼線を流体中で動かした際に生じる相互作用について検討を行った。

2. 実験概要

本研究では、模擬繊維として長さ 100mm、直径 0.85mm の鋼線を 25 本用いて、面積 100mm×100mm、厚さ 7mm のスチレンボードに間隔 15mm で 5 本×5 本で正方形型となるように鋼線を垂直に配置して供試体を作製した。なお、スチレンボードに鋼線を配置する際は、流体との相互作用力で鋼線が抜けないようにスチレンボードの差し込み部には接着剤を塗布した。作製した供試体の概要を図-1 に示す。流体として、水ガラス (密度: 2.3g/cm³) とモルタル (W/C=26%, C:S=1:1) を選定した。なお、水ガラスは可視化実験で用いられるものであり、比較対象として利用するためである。両流体に対してモルタルフロー試験を行った結果、フロー値は水ガラス 199mm、モルタル 189mm であった。図-1 に示される供試体を流体中に押し込む場合および引き抜く場合の荷重をロードセル (精度 0.002N) にて計測した。変位速度に関してはそれぞれの流体で毎分 10mm と 20mm で変位させ、モルタルのみ毎分 100mm の変位での実験も行った。なお、変位は試験機のストロークとした。押し込み時に関しては、鋼線の先端が流体に触れたところから荷重を開始し 50mm 変位させた。引抜き時に関しては押し込み長が 50mm の時点から逆に 50mm 引き抜いた。荷重時の概要を図-2 に示す。

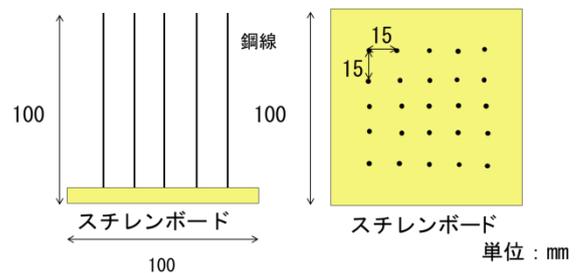


図-1 供試体概要

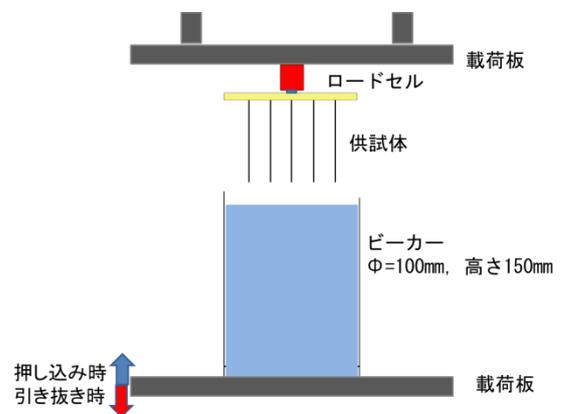


図-2 荷重時の概要

3. 実験結果および考察

3.1 押し込み時

図-3 に押し込み時の荷重-押し込み長関係、図-4 にモルタルの荷重-押し込み長関係の拡大図を示す。流体の種類によらず鋼線が押し込まれた距離に比例して荷重が増加していることが確認できる。水ガラスでは押し込み長が 40mm を超えたあたりからグラフが線形ではなくなっていることが確認できるが、これは粘性の高い水ガラスが鋼線に付着しながら塊となり抵抗値が増したためであると推察される。一方モルタルについては水ガ

ラスに比べて押し込みに伴って生じる抵抗値が小さいことが確認できる。また、材料の違いによらず、変位速度の速い方が荷重が大きくなっており、その影響は水ガラスの方が大きい。このことは粘性係数が水ガラスの方がモルタルに比べて大きいことに起因している。なお、流体中の固体が移動する際の速度依存性については骨材を模擬した島らの研究²⁾でも明らかとなっており、本研究と同様の傾向にある。

3.2 引抜き時

図-5に引抜き時の荷重-引抜き長関係、図-6にモルタルの荷重-引抜き長関係の拡大図を示す。水ガラスについては引抜き長が10mm付近で荷重がピークに達しており、その後徐々に荷重が低下してきていることが確認される。鋼線が水ガラスから完全に引き抜かれた後も水ガラスが鋼線に幾分か付着しており荷重が0Nとなっていない。水ガラスの結果から引き抜きに伴って荷重は大きくなるが、引抜き長が増大するにつれて水ガラスと鋼線との接触面積が減少し、荷重が低下している。一方、粘性の小さいモルタルの場合には、引抜き長30mm付近までは漸増し、その後低下していく傾向にあった。荷重-引抜き長関係においてピークの位置が水ガラスとモルタルで異なっているのは、流体としての粘性の違いと推察されるが、今後詳細な検討が必要である。

4. 結論

以下に今回の実験で得られた知見を示す。

- (1) 水ガラス、モルタル、いずれの流体も鋼線を押し込む際の荷重は押し込み長に比例して大きくなる。引抜きの際の荷重-引き抜き長関係はピークを示す軟化型の曲線を示すことが確認された。
- (2) 変位速度に応じて押し込み時及び引抜き時、いずれも荷重が大きくなり、特に粘性の高い水ガラスの場合に顕著であった。

参考文献

- 1) 加藤 勝秀, 国枝 稔, 上田 尚史, 中村 光 : 3次元個別要素法による短繊維補強材料の流動解析モデルの構築, コンクリート工学年次論文集, 34巻, pp.1228-1233, 2012.
- 2) 島 弘, 福岡 紀枝 : 自己充填コンクリートにおけるモルタルと粗骨材間の正負交番作用レオロジーモデル, コンクリート工学論文集, 22巻, pp.23-34, 2011.

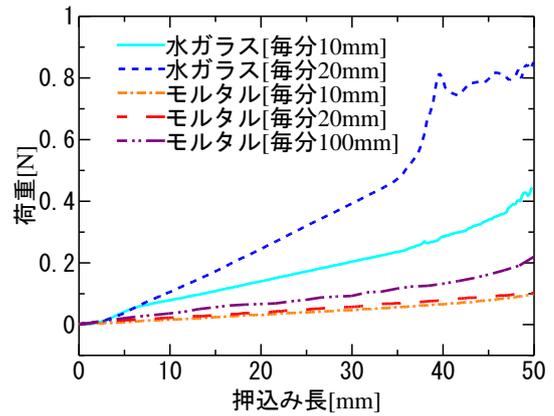


図-3 荷重-押し込み長関係

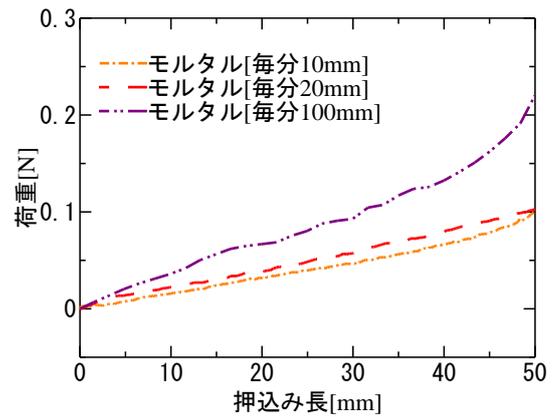


図-4 引抜き荷重-変位関係 拡大図

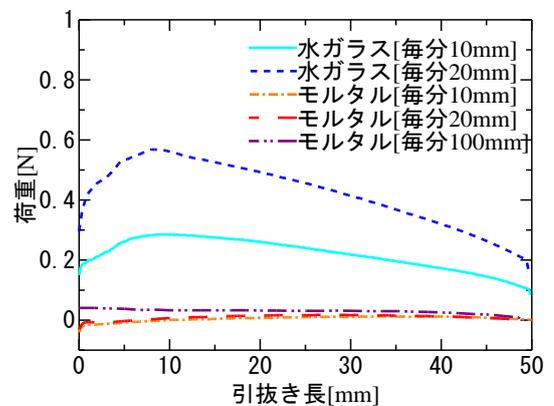


図-5 荷重-引抜き長関係

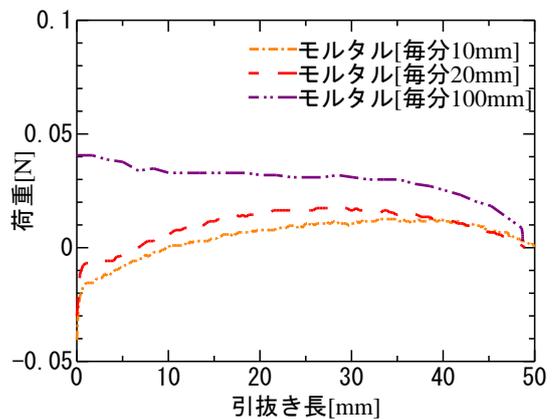


図-6 引抜き荷重-変位関係 拡大図