

繊維の配向性が自己充填型鋼繊維補強モルタルの引張軟化特性に及ぼす影響

北海道大学 学生員 ○山崎 大輔

北海道大学 正会員 Withit Pansuk

北海道大学 正会員 佐藤 靖彦

(株) I H I 正会員 塩永 亮介

1. はじめに

近年、さまざまなタイプの高性能繊維補強セメント複合材料が開発されている。しかし、これらの材料の実構造物への適用を視野に入れた場合、設計段階において考慮されるべき力学的特性について未検討な部分がある。そのひとつとして、鋼繊維の配向性と引張挙動の関係が挙げられる。本研究では、自己充填型鋼繊維補強モルタル (Self-Compacting Steel Fiber Reinforced Mortar、以下本 SCSFRM) を用いて、一軸引張応力下において繊維配向性が引張軟化特性に及ぼす影響の検討を行う。

2. 実験概要

2.1 配合

本 SCSFRM の目標強度は材齢 28 日で 100MPa とし、普通ポルトランドセメントにシリカフューム及び膨張材を添加した。細骨材は最大骨材径 5.0mm で表乾密度 2.58 g/cm³、吸水率 2.21%のものを使用した。また鋼繊維は長さ 13mm と 6mm のものを用意し、混入率、繊維長及び組合せの違いから表-1 に示す 5 つの配合を検討した。なお、鋼繊維の繊維径は 0.16 mm で引張強度は 2000MPa 以上のものである。

2.2 打設方法

打設段階で繊維の方向性について留意しなくてはならない。なぜならば、自己充填性を有する場合、繊維は打設時の流入方向の影響を大きく受けるからである¹⁾。そこで本研究では、ミキサーから排出する際に直接型枠に流し込むことによって打設方向を制御した。

また、配向性は打設方向だけでなく、型枠の壁や低部の影響も受ける。さらに、ミキサーからの流入部付近では流れが安定せず、配向性も乱れる。そのため、型枠は供試体よりも大きし、供試体はそこから切り出して作製した。すなわち、供試体作製用の小型の型枠 (200mm×180mm×100mm) を 3 つ用意し、モルタルを大きな型

枠 (400mm×1800mm×100mm) に流し込んだ後、図-1 に示す方法で配置した。

2.3 試験体作製方法

脱型・水中養生後、本研究では供試体からそれぞれ 3 本の試験体 (35 mm×35 mm×150 mm) を切出した。しかし、そのまま引張試験を行うと掴み部分で応力集中による破壊が生じ、その時点で荷重が低下してしまう。本研究では掴み部分での破壊を防ぐ為、試験体の正面と背面の掴み部分に鋼板を接着させた (図-2)。

2.4 実験変数

2.1、2.2 で述べたように、本研究では鋼繊維の配向性と鋼繊維の配合を実験変数としている。具体的には、配向性による軟化特性の違いを、5 つの配合について検討する。なお、引張力の作用方向が打設時のフローと平行方向なものを (配向性=0°) 記号 A により、45° になるもの (配向性=45°) を記号 B により、直行するもの (配向性=90°) を記号 C により表す。

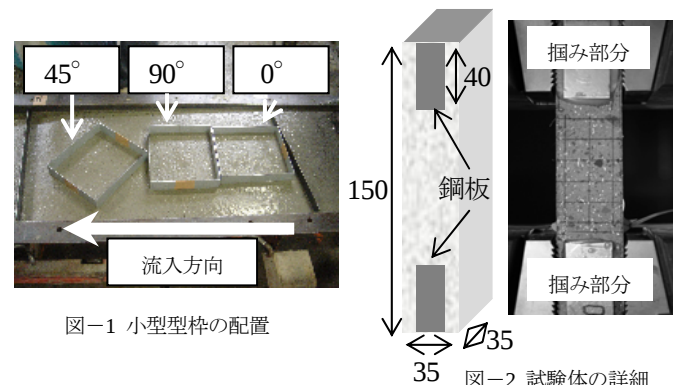


図-1 小型型枠の配置

図-2 試験体の詳細

表-1 鋼繊維の配合

配合 No.	繊維混入率 (vol. %)	
	13mm	6mm
L-05	0.5	-
L-10	1.0	-
L-15	1.5	-
S-10	-	1.0
H-10	0.5	0.5

キーワード 鋼繊維補強、配向性、自己充填型、軟化特性、破壊エネルギー

連絡先 〒060-8628 北海道札幌市北区北 13 条西 8 丁目 TEL 011-706-6181

2.5 直接引張試験の概要

本研究では、ひずみゲージとデジタルカメラを用いて変位測定及びひび割れ幅測定を行った。これによりひび割れ前後の引張挙動を連続的に捉えることができる。撮影は、荷重及びひずみの測定と同時に行った。載荷速度は引張強度に達するまでは 0.1mm/min とした。その後は適宜速度を上げていった。ひび割れ幅の算出は、載荷前の画像とひび割れ発生後の画像を比較して、引張方向に対して垂直に引いた線の変位を測定することで行った。

3. 実験結果

図-3 に引張強度と配向性との関係を示す。配向性が 0° (A) の場合に最も強度が高い。配向性が 90° (C) の場合は、配合による差が 0° と 45° に比べ非常に小さい。なお、6mm の繊維だけを用いた S-10 においては配向性による差が確認されなかった。

図-4 に軟化曲線の一例を示す。比較のため、超高強度繊維補強コンクリート(UFC)²⁾及び鋼繊維補強コンクリート(SFRC)³⁾に対する設計用のモデルを併載する。いずれの繊維量に対しても、繊維の配向性により軟化特性が大きく異なることが明らかである。配向性が 45° と 90° の軟化特性は 0° の場合に比べ著しく劣る。

図-5 に破壊エネルギーを示す。6mm や 6mm と 13mm を混合した場合の破壊エネルギーは 13mm のみを用いた場合よりも小さい傾向にあるが、いずれの場合にも、配向性が 0° の場合の破壊エネルギーが大きい。

4. まとめ

著者らが開発した自己充填型鋼繊維補強モルタルにおける鋼繊維の配向性が引張挙動(強度、軟化特性、破壊エネルギー)に及ぼす影響を検討した。以下の結論が得られた。

- (1) 配向性が 0° の場合、引張強度が最も大きく、かつ軟化曲線が緩やかで破壊エネルギーが最も高い傾向にあった。
- (2) 同じ繊維量で比較した場合、6mm の繊維もしくは 6mm と 13mm の繊維を混合させた場合の引張強度と破壊エネルギーは 13mm の繊維のみを用いた場合よりも小さかった。

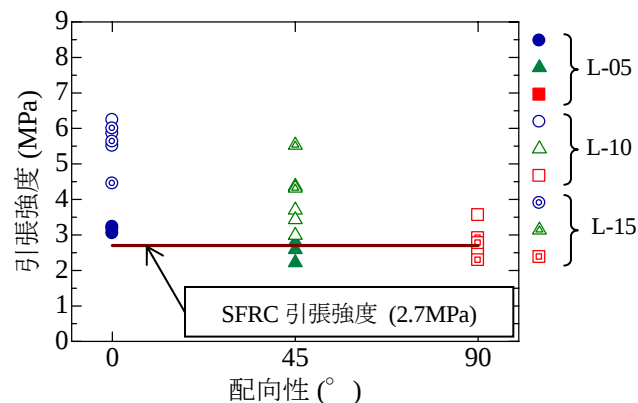


図-3 配向性と引張強度の関係

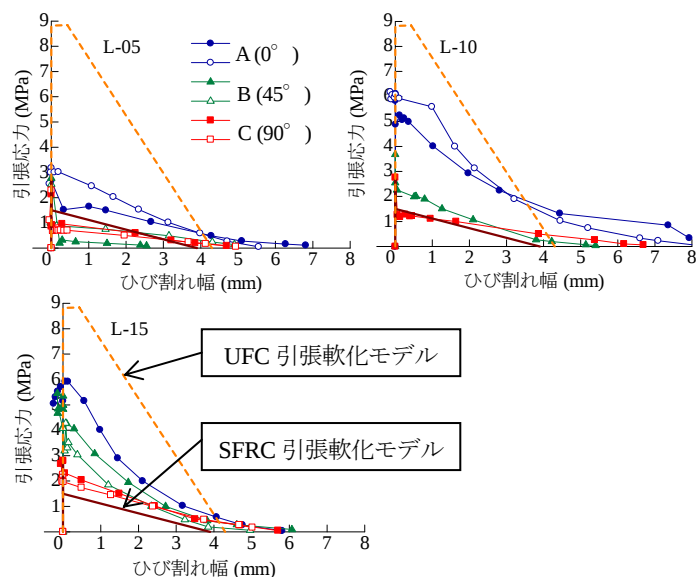


図-4 引張軟化曲線

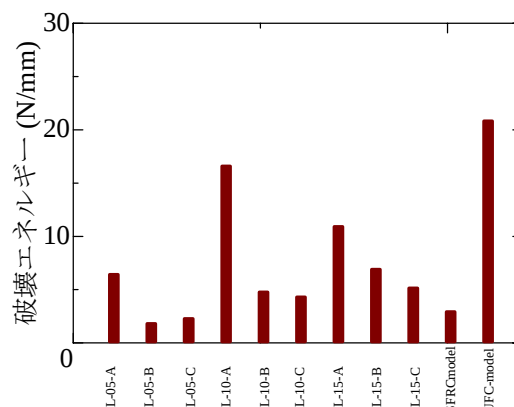


図-5 破壊エネルギー

5. 参考文献

- 1) Markovic, I.: High-performance hybrid-fiber concrete: Development and utilization. PhD-thesis, Department of Structural and Building Engineering, Delft University of Technology, 2006.
- 2) 鋼繊維補強鉄筋コンクリート柱部材の設計指針案
- 3) 超高強度繊維補強コンクリートの設計・施工指針(案)