

繊維の配向性が自己充填型鋼繊維補強モルタルの引張挙動に及ぼす影響

Influence of fiber direction to tensile behavior of self-compacting steel fiber reinforced mortar

北海道大学工学部土木工学科 ○学生員 山崎大輔 (Daisuke Yamazaki)
 北海道大学大学院工学研究科 正員 Withit Pansuk
 北海道大学大学院工学研究科 正員 佐藤靖彦 (Yasuhiko Sato)
 IHI 基盤技術研究所構造研究部 正員 塩永亮介 (Ryosuke Shionaga)

1. はじめに

近年、国内外において様々なタイプの高性能繊維補強セメント系複合材の技術開発が進められ、次世代の建設材料として期待されている。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、設計段階における力学的特性値、特に引張応力下での応力-ひずみ関係の把握は現在のところ未検討である。この特性値を検討する上で繊維の配向性がパラメータとして考えられる。本研究では、高性能繊維補強モルタル (High Performance Fiber Reinforced Mortar, 以下本 HPFRM) を用いて鋼繊維の配向性が引張挙動に及ぼす影響について検討する。

2. 実験内容

2.1 使用材料および配合

本 HPFRM において使用した材料は水道水 (W)、普通ポルトランドセメント (C)、細骨材 (S)、シリカヒューム (Si)、膨張材 (Ex)、高性能減水剤 (Ad1)、空気量調整剤 (Ad2)、鋼繊維 (SF) である。配合を表-1、配合特性を表-2 に示す。細骨材は表乾密度 2.58 g/cm^3 、吸水率 2.21% のものを使用した。本研究では目標強度 100 MPa の HPFRM を用意し、繊維混入量は 0.5 (%-vol) とした。鋼繊維は 13 mm のものを使用した。鋼繊維の繊維径は 0.16 mm で引張強度は 2000 MPa を有する。

2.2 打設方法

本研究は繊維の配向性と引張特性との関連性を示すものであるため、製作した供試体内で繊維の方向が統一されている必要がある。したがって打設段階で繊維の方向性について考慮しなくてはならない。本 HPFRM では繊維の方向は打設時のモルタルの流れる方向に支配的な影響を受ける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モルタルの流れる方向を統一した (図-1)。

また、繊維配向性はモルタルの流れだけでなく、型枠の壁や底部の影響も受ける。さらに、ミキサーからの流入部付近では流れが安定せず、繊維配向性もランダムである。そのため、型枠は供試体よりも大きく作り供試体はそこから切り出して作製することとした。繊維の配向性による引張特性を確認する為、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、それぞれ 0° 、 45° 、 90° になるように配置する (図-2)。

2.3 試験体作製方法

脱型・水中養生の後、本実験では供試体からそれぞれ 3 本の試験体 (35 mm × 35 mm × 150 mm) を切り出すのだが、このサイズに関しては本研究室が所有する試験機との兼ね合いによるものである。しかし、この試験体をそのまま試験機に設置して引張試験を行うと掴み部分で応力集中が発生する。その結果、掴み部分の破壊が起こり、その時点で荷重が低下してしまう。本実験では掴み部分での破壊を防ぐため、試験体の正面と背面の掴み部分のみに鋼板を接着させる方法を採用した (図-3)。

2.4 実験パラメータ

2.2 でも述べたように実験パラメータには、繊維の方向を設定した。型枠の中央部分から 0° 、 45° 、 90° で供試体を取り出し、 0° をパラメータとした A シリーズ、 45° 、 90° をそれぞれ B シリーズ、C シリーズとした (表-3)。

表-1 示方配合

単位量 (kg/m ³)							
W	C	S	Si	Ex	Ad1	Ad2	SF
202	923	1097	74	30	12.83	0.82	39

表-2 配合特性

水粉体比	繊維混入率	ペースト容積比	シリカ添加率	減水剤添加率	助剤添加率
[%]	[vol.%]	[vol.%]	[vol.%]	[%]	[%]
W/B	Vf	Vp	Si/B	Ad1/B	Ad2/B
21.0	0.5	55.0	10.0	1.25	0.08

※水粉体比(W/B)の水量には、Ad1 含む。(B は粉体を示す)

表-3 実験パラメータ

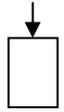
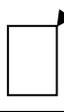
試験体 No	繊維長	繊維流入方向		引張方向
A-1	13 mm	0°		
A-2				
A-3				
B-1		45°		
B-2				
B-3				
C-1		90°		
C-2				
C-2				



図-1 打設風景

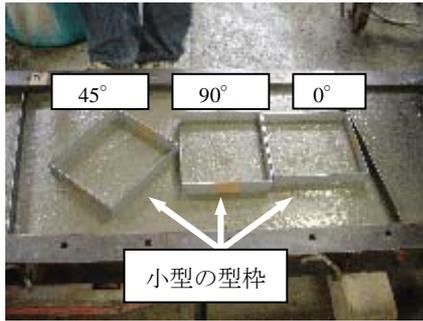


図-2 型枠の配置

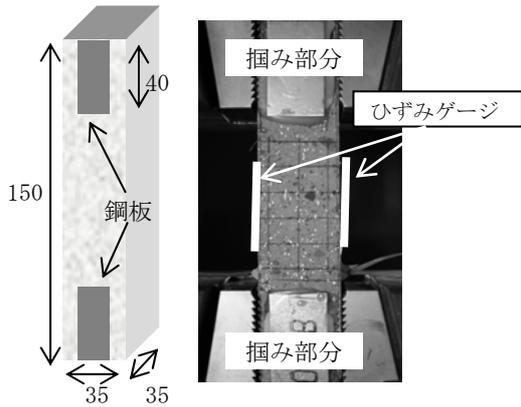


図-3 引張試験用試験体

3. 実験結果

図-4に各シリーズの結果を示す。本実験において引張強度はAシリーズ>Bシリーズ>Cシリーズの順になった。これにより繊維の方向が引張強度に影響を及ぼすことが確認できる。図-5には各シリーズと Plain の引張強度とを比較したものを示す。また、図中で A-3、C-1 の引張応力が急激に上がっているのは挿み部分でのすべりが原因であると考えられる。

4. まとめ

本実験では、本 HPFRM について、繊維の配向性が引張強度に影響を及ぼすことが確認された。引張強度に関しては、打設段階での繊維の流入方向が引張方向に対して平行であるほどは増大する傾向があった。本実験では鋼繊維混入率を 0.5%で実施したが、今後は繊維の長さ、混入率を変化させ、さらに軟化特性についても検討していく必要がある。

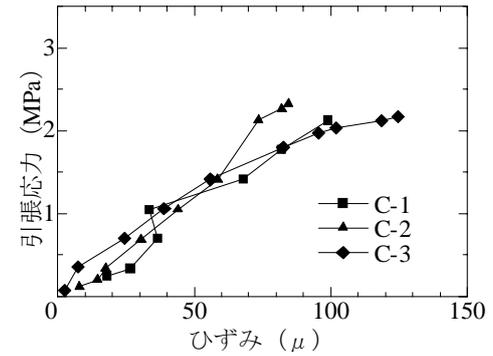
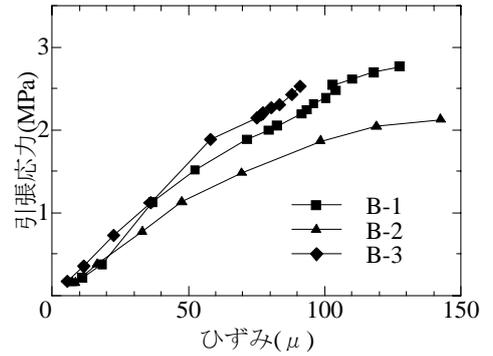
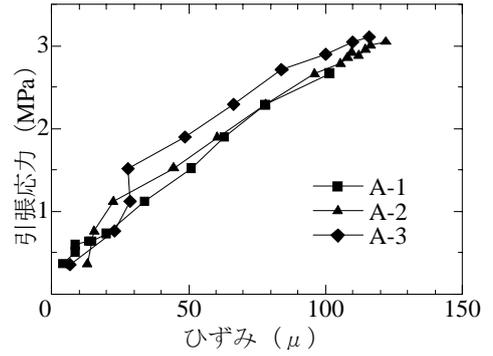


図-4 引張強度に達するまでの応力-ひずみ曲線

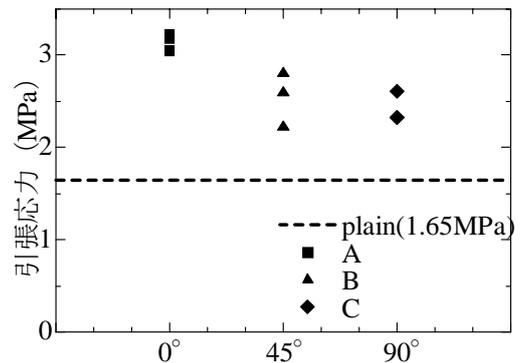


図-5 Plain と各シリーズの比較

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.