

超高強度繊維補強コンクリートの繊維の配向と力学挙動

岐阜大学大学院 学生会員○伊藤 穂高
岐阜大学大学院 学生会員 石河 義希
岐阜大学 正会員 内田 裕市

1. はじめに

超高強度繊維補強コンクリート (UFC) 中の繊維の配向は, 型枠の形状と UFC の打込み方法に依存することが明らかとなっている。打込み位置を供試体軸方向に移動させて打込むことで, 繊維がランダムに配向することが可視化実験で確認されている。本研究では実際の UFC を移動打込みした場合の繊維の配向と力学挙動の関係を検討した。

2. 実験概要

2.1 UFC 試験体の製作方法

本研究で用いた UFC は市販のプレミックスタイプのものであり, 主に結合材からなるプレミックスマ材, 細骨材, 専用減水剤, 鋼繊維 (引張強度 2700 N/mm²; 直径 0.2mm; 長さ 15mm) で構成されている。繊維混入率は体積比で 2.0% であり, 0 打フロー値は 280mm とした。

図-1 に示すように試験体は幅 300mm, 長さ 400mm, 厚さ 50mm の平板とした。試験体内の繊維の配向をランダムにすることを意図して, UFC を一旦幅の広い容器に移し, 幅方向に均等な量になるようにして移動打込みを行った。硬化後にコンクリートカッターを用いて 50×50×200mm の供試体を切り出し, 各供試体について繊維の配向の評価と 3 点曲げ試験を行った。

2.2 X線 CT による配向の評価

コンクリートの透過画像を得るため X線 CT 撮影を実施し, 繊維の配向の評価を行った。図-2 に供試体の X線 CT による撮影範囲および解析範囲を示す。ただし, 配向の解析範囲は曲げ試験時の破断面近傍 (リガメント部) のみとした。

3. 実験結果

3.1 繊維の配向の観察の結果

X線 CT システムによって得られた供試体側面方向から見た中央 15mm 幅の区間内の繊維の配向の図-3 に示す。ここでは, 代表的な供試体として No.3, 4, 8, 9 の結果を示した。繊維の色は配向角度を表しており, リガメント面に対して垂直に配向している

場合を青, 斜め方向に配向している場合を緑, 平行に配向している場合を赤で示している。図-3 より全体的に青, 緑色の繊維が多く, リガメント面に対して垂直もしくは斜め方向に配向している様子が確認できた。ただし, 供試体 No.3,4 の切欠き付近, および供試体 No.8,9 の端部に部分的に赤色の繊維が確認できるが, これは打込み時に UFC を継ぎ足したことが原因で UFC がもぐり込み繊維が鉛直方向に配向したものと考えられる。

図-4 に No.3,4 の解析範囲の繊維の配向の様子を示す。供試体の上部では青色や緑が多くリガメント面に対して垂直もしくは斜め方向に配向しているのに対して, 供試体の下部では赤色の繊維が多くリガメント面に対して平行に配向していることが確認できた。

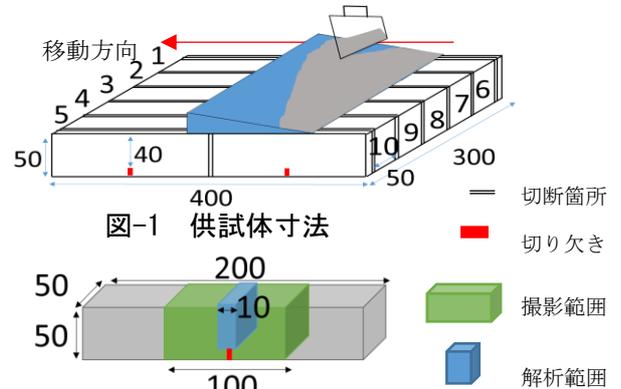


図-2 X線 CT の撮影範囲

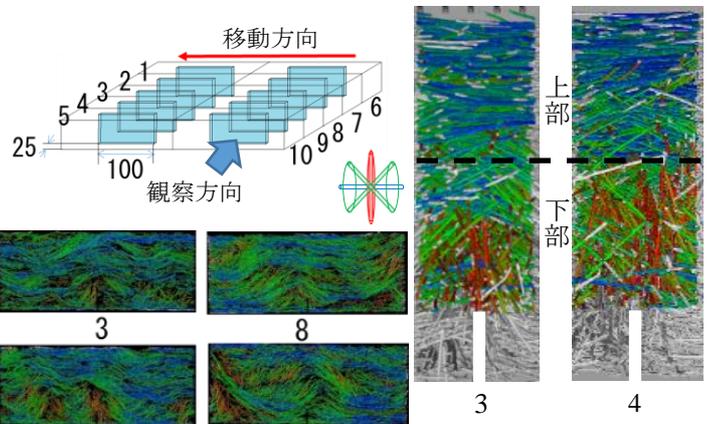


図-3 鉛直断面の繊維の配向

図-4 解析範囲の繊維の配向

キーワード 超高強度繊維補強コンクリート 繊維の配向 X線 CT 曲げ特性

連絡先 〒501-1193 岐阜市柳戸1番1 岐阜大学大学院 自然科学技術研究科 環境社会基盤工学専攻 TEL 058-293-2424

表-1 各試験体の繊維の定量化

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均	標準偏差	変動値
断面全体繊維本数 (本)	729	541	552	486	667	653	607	611	548	625	602	68	11
平均配向角度 (°)	58.1	52.79	54.33	51.42	61.63	54.59	47.06	52.16	52.58	56.29	54.10	4	7
有効繊維本数 (本)	624	431	448	380	587	532	444	483	435	520	488	72	15

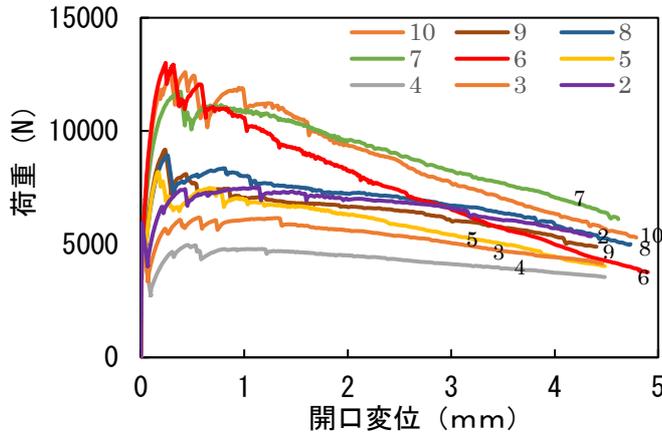


図-5 荷重-開口変位曲線

3.2 配向の定量化

表-1 に各供試体のリガメント面における繊維本数, 平均配向角度, 有効繊維本数を示す。ここで配向角度はリガメント面に対する角度であり, 有効繊維本数は繊維本数に配向角度の正弦値を乗じた値である。供試体の繊維本数, 配向角度および有効繊維本数にはばらつきはあるものの, 変動係数は 10%程度であり, 繊維の分散性, 配向ともほぼ均一になっていると考えられる。

3.3 曲げ試験結果

図-5 に各供試体の 3 点曲げ試験で得られた荷重-開口変位曲線を示す。前項で示した通り, 供試体間の有効繊維本数には大きなばらつきは見られなかったが, 荷重-開口変位曲線は大きくばらつく結果となった。図-6 に曲げ試験時のリガメント部分の有効繊維本数と最大荷重の関係を示す。同図より有効繊維本数と最大荷重には相関性は見られず, ¹⁾ 既往の研究で得られている知見と整合しない結果となった。そこで, この原因について検討することとした。

前項の図-4 で示した通り, 供試体内の繊維の配向は上部と下部で異なったものが含まれており, 特に下部では供試体によって繊維の配向は大きく異なっている。その結果, 最大荷重に差が生じたものと考えられる。そこで, 各供試体のリガメント断面の下半分だけの有効繊維本数を求め, 曲げ試験時の最大荷重の関係性を求めた。その結果, 図-7 に示すようにリガメント面下半分の有効繊維本数と最大荷重はほぼ線形関係にあり, 既往の研究で得られている知見と一致する結果となった。

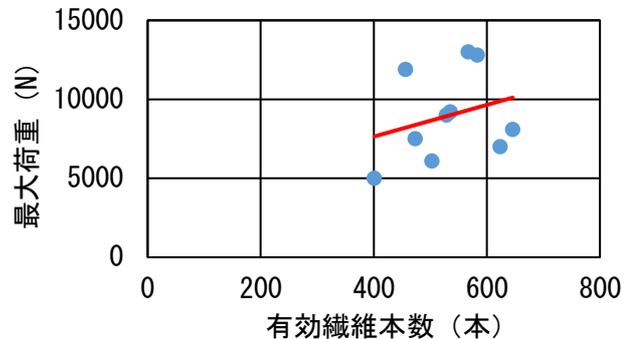


図-6 リガメント断面全体の有効繊維本数と最大荷重

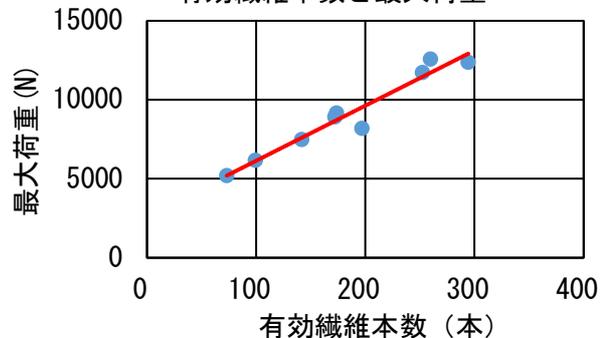


図-7 リガメント断面下半分の有効繊維本数と最大荷重

4. まとめ

本研究で得られた結果は以下の通りである。

- 1) 平板状の試験体に UFC を打込む場合, 連続的に移動打込みを行えば, 平面的にはランダムな配向となるが, 途中で UFC を注ぎ足すような不連続な操作を行うと, 繊維の配向は乱れ, その結果, 曲げ特性にも差が生じる可能性がある。
- 2) 断面上下方向で配向が異なる場合, 断面全体の有効繊維本数と曲げ試験時の最大荷重との間には相関性は確認されなかったが, 断面の下部の有効繊維本数と最大荷重との間には線形関係が確認された。

参考文献

- 1) 石河義希, 伊藤穂高, 内田裕市: 超高強度繊維補強コンクリート中の繊維の配向角度が力学挙動に及ぼす影響, 土木学会第 72 回年次学術講演会公演概要集