

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

岐阜大学大学院 学生会員 ○石河 義希

岐阜大学大学院 非会員 伊藤 穂高

岐阜大学 正会員 内田 裕市

1. はじめに

短繊維補強コンクリート（FRC）の研究は古くからおこなわれているが、コンクリート中の繊維の観察が困難なことや繊維の配向を制御する技術がないことから繊維の配向・分散の評価や力学挙動の関係については未だ十分には解明されていない。そこで本研究では、超高強度繊維補強コンクリート（以下 UFC）を対象とし繊維の配向が一樣となる打ち込み方法を提案し、そこから切り出した試験片を X 線 CT により配向評価をするとともに曲げ試験を行い、繊維の配向と力学挙動の関係について検討した。

2. 実験概要

2.1 打ち込み方法

従来の打ち込み方法のように UFC を自由落下させると配向に乱れが生じると推測される。一方、型枠底面に設置した噴出口から打ち込むことで乱れが少ないような配向が現れると考えた。そこで、高吸水性高分子樹脂を用いた粘性流体に PVA 繊維を混入した可視化モデルコンクリートにより、このことを確認することとした。可視化モデルコンクリートをアクリル製の $50 \times 400 \times 1000\text{mm}$ （幅×高さ×長さ）の壁状型枠の底面から噴き出すように打ち込んだ様子を図-1 に示す。型枠内の位置によって配向は異なるが、乱れの少ない円弧状あるいは放物線状の様な配向が現れていることが

確認できた。この結果から本研究ではこの打ち込み方法を採用することとした。

2.2 UFC 試験体作製

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材、細骨材、専用減水剤、鋼繊維（引張強度 2700N/mm^2 ；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。

試験体寸法および硬化後の切断位置を図-2 に示す。打ち込みは前節で述べた方法を用い、UFC 硬化後に所定の位置でコンクリートカッターを用いて $50 \times 50 \times 200\text{mm}$ の試験体を切り出した。

2.3 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 撮影を実施した。その後、画像解析ソフトを用いて繊維の配向の評価を行った。図-3 に試験片の X 線 CT による撮影範囲および解析範囲を示す。撮影範囲は X 線透過能力から決定したもので、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。

2.4 曲げ試験

X 線 CT 撮影後、切欠きはりの 3 点曲げ試験を行った。載荷スパンは 150mm とし、切欠きはリガメントが 40mm となるように図-2 に示す位置に設けた。開口

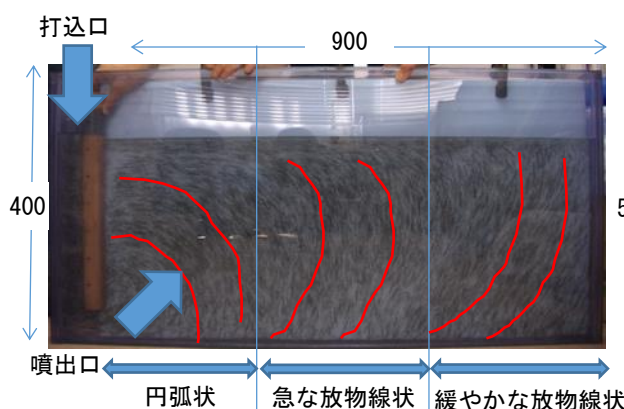


図-1 可視化モデルコンクリートによる観察

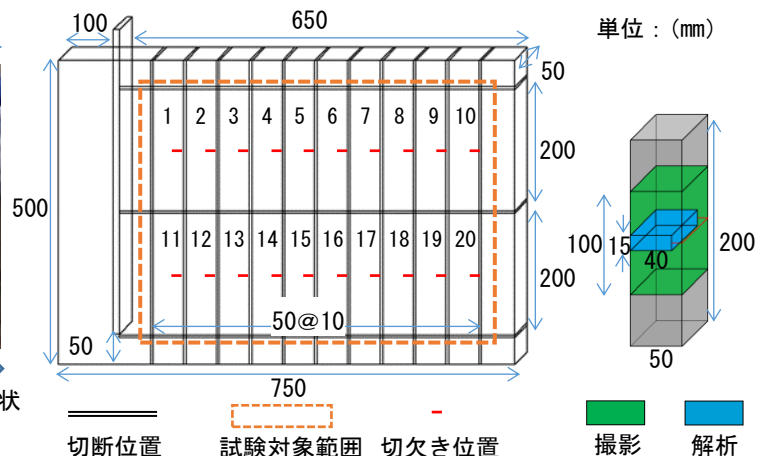


図-2 試験体寸法、切断位置および試験対象範囲

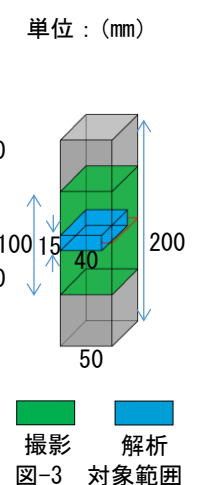


図-3 対象範囲

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 岐阜大学大学院工学研究科 社会基盤工学専攻 TEL 058-293-2424

変位の検出には測定範囲 5mm, 感度 1/1000mm のクリップゲージを用い, 载荷はクリップゲージの脱落もしくは開口変位が 4.8mm に達した時点で終了とした。

3. 実験結果

図-4 に X 線 CT によって得られた鋼繊維の画像を示す。図-1 に示す可視化モデルコンクリートによる観察と比較するとほぼ同様な配向を示すことが確認できた。

各試験片のリガメント部の繊維平均配向角度, 偏差角度を表-1 に示す。ここで, 配向角度は図-4 中で鉛直方向を 0° , 水平方向を 90° としており, 偏差角度は繊維の配向角度のばらつきを示している。噴出口付近では偏差角度は 20° 近くになっているが, 他の位置では概ね 16° 以下と小さくなっており, 試験片内では繊維がほぼ同様な配向になっているものと推測できる。試験片 No. は図-2 に示す番号と対応しており, No.8, 9, 10 については配向角度が小さく曲げ試験時に耐力が高くなることが推測できる。

曲げ载荷試験で得られた荷重-開口変位曲線を図-5 に示す。配向角度が 90° に近い試験片 (No.2, 3, 4,

11) では最大荷重が 6000N かそれ以下で, 0° に近い試験片 (No.9, 10, 16, 17) は 20000N 近くとなっており配向角度と対応した結果となった。また, 最大荷重と配向角度の関係は図-6 に示すように比例関係にあり, 配向角度が大きくなるにつれて強度が低下することが分かる。

4. まとめ

本研究で得られた結果は以下のとおりである。

- 1) 型枠底部から噴き出すように UFC を打ち込むことにより, 繊維の配向が概ね同様な試験体を作製することができた。
- 2) 配向角度と最大荷重は比例関係にあり, リガメント面に対して平行に近づくにつれて強度が小さくなることを確認された。

参考文献

- 1) 周 波, Ha Duy Nhi, 内田裕市: 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集, Vol.34, No.1, 2012

表-1 各試験片の配向角度

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
平均角度	53.98	64.57	61.03	53.36	42.80	33.27	25.68	16.78	18.10	24.23
偏差角度	20.19	17.53	14.28	14.59	16.29	15.56	16.96	15.21	16.14	15.46
No.	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
平均角度	60.31	52.84	40.34	33.88	28.82	18.68	24.74	23.39	28.04	25.84
偏差角度	16.91	13.95	13.08	12.86	16.91	14.09	13.65	12.75	15.22	14.01

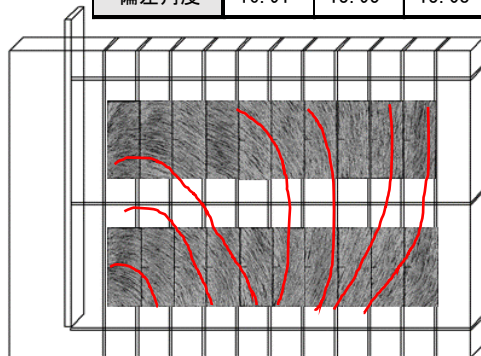


図-4 試験体中央の繊維の配向

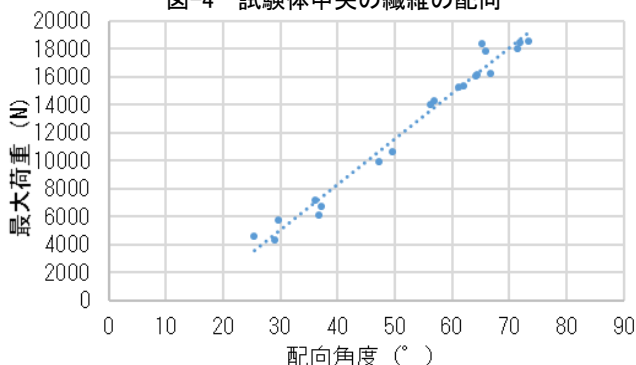


図-6 各試験片の最大荷重-配向角度関係

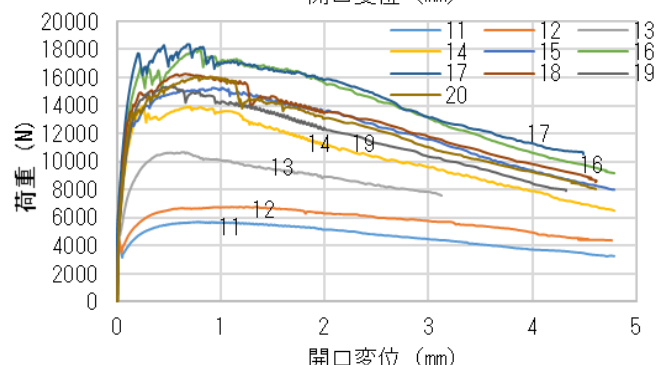
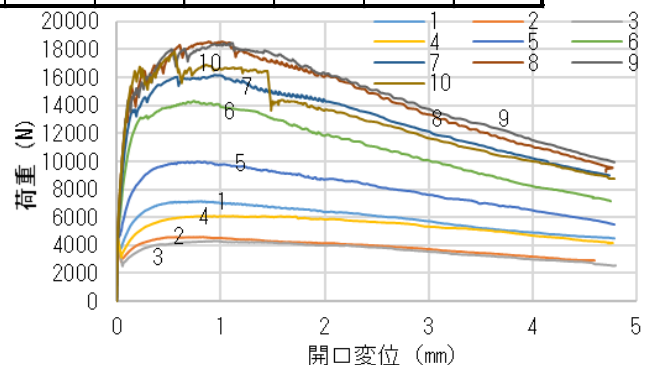


図-5 荷重-開口変位曲線 (上: No.1~10, 下 No.11~20)