

鉄筋補強された UFC のひび割れ分散性に関する解析的検討

岐阜大学 学生会員 ○中家 康宏, 森 亮太
 岐阜大学 正会員 國枝 稔
 大林組 正会員 佐々木一成

1. はじめに

超高強度繊維補強コンクリート(Ultra high strength Fiber reinforced Concrete : 以下 UFC という)は特殊紛体材料と高強度繊維を用いることで、圧縮強度 180N/mm^2 以上、引張強度 8.8N/mm^2 以上の力学特性を発揮する。

UFC は一般的な繊維補強コンクリートに比べて、ひび割れ幅が微小であることが特徴であり、そのひび割れ分散性能の優位性を活用することで、UFC の適用を高度化させることが可能である。しかし、鉄筋補強した場合のひび割れ分散性については、設計で利用できる知見まで体系化されていないのが現状である。

森¹⁾は、図-1 に示す断面の寸法において、鉄筋量の異なる UFC の一軸引張試験により、ひび割れ分散性を確保するための鉄筋比について実験的な検討を行った。本研究では、同条件の下で解析的にひび割れ分散性についての検討を行った。

2. 解析概要

(1) 3次元剛体ばねモデル Rigid-Body-Spring Model

解析には 3次元剛体ばねモデル(RBSM)を用いた。RBSM とは、コンクリートにおける離散化構造解析手法として、ひび割れの発生や進展挙動等を直接表現可能とするものである。コンクリートのひび割れ進展挙動に加えて、繊維のモデル化も表現可能であることが既往の研究²⁾より提案されており、本研究でもこの手法を用いて解析を行った。

(2) マトリクスのモデル化

本研究では、要素幅 10mm の矩形のメッシュ分割を用

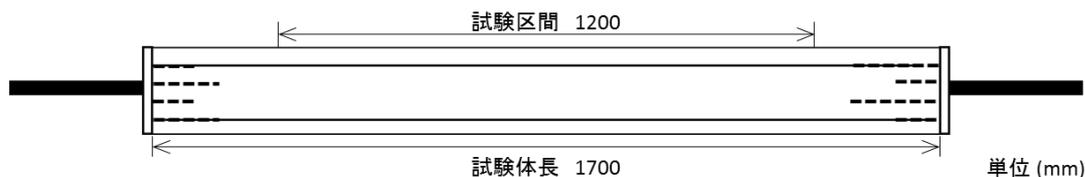
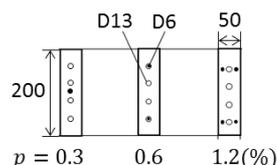


図-1 試験体概要

図-2 解析モデル

いた。解析モデルを図-2 に示す。ひび割れ発生が想定される剛体の境界において、引張強度のばらつきの考慮が必要であることが既往の研究³⁾により指摘されている。よって平均強度 8.23MPa 、標準偏差 0.44MPa の正規分布に沿ったばらつきを与えた。材料試験で得られたマトリクスの各パラメータを表-1 に示す。

(3) 鉄筋のモデル化

鉄筋のモデル化には、離散鉄筋モデルを用いた。鉄筋を一連のはり要素でモデル化し、剛体要素とリンク点を介することで結合させる。鉄筋の応力-ひずみ関係は、島らが提案しているモデル⁴⁾を適用し、破断判定を導入した。鉄筋-UFC 間の付着特性は、UFC が超高強度コンクリートであることから、島らのマシブなコンクリートに対するモデル⁵⁾の付着強度を 0.2 倍とし曲率を変化させ、その後付着軟化域を有するものを適用した。鉄筋の材料特性を表-2 に示す。

(4) 繊維のモデル化

繊維は領域内に所定の混入率となるようにランダムに発生させた。繊維架橋力は、剛体要素に対する繊維の埋込み長さおよびひび割れ幅、及びマトリクス-繊維間の付着特性から算出した。繊維の各パラメータを表-3 に示す。

キーワード：超高強度繊維補強コンクリート、剛体バネモデル、一軸引張試験、ひび割れ分散

連絡先：〒501-1193 岐阜県岐阜市柳戸 1-1 岐阜大学 工学研究科社会基盤工学専攻 先端材料・構造研究室 TEL 058-293-2472

表-1 マトリクスの材料特性

引張強度 (MPa)	圧縮強度 (MPa)	弾性係数 (GPa)	破壊エネルギー (N/m)
7.5	158.4	46	100

表-2 鉄筋の材料特性

呼び名	降伏強度 (MPa)	破断強度 (MPa)	弾性係数 (GPa)
D6	457.8	566.1	200

表-3 繊維の各パラメータ

混入率 (%)	繊維径 (mm)	繊維長 (mm)	弾性係数 (GPa)	破断強度 (MPa)
2.0	0.16	13	210	2700
摩擦付着強度 (MPa)		化学付着強度 (MPa)		付着剛性 (MPa/mm)
6.5		7.0		200

3. 解析結果

森¹⁾が一軸引張試験を行った試験体(図-1)を参考に、50mm×200mmの断面に対して鉄筋比0.3(D6:1本)、0.6(D6:2本)、1.2%(D6:4本)について解析を行った。

実験時のひび割れ図を図-3、解析によって得られたひび割れ図を図-4に示す。解析においても、鉄筋比の増加

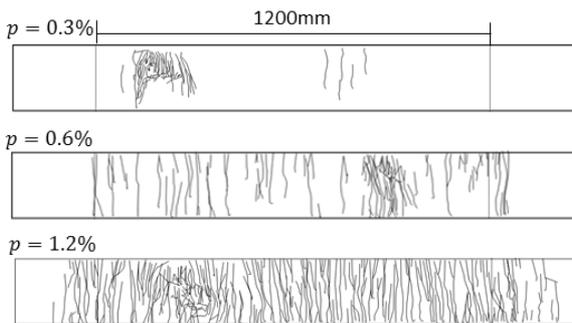


図-3 ひび割れ図(実験結果)

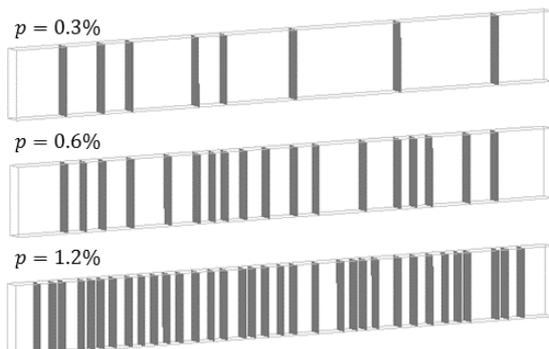


図-4 ひび割れ図(解析結果)

に伴うひび割れ分散性の向上が再現できた。

最大荷重時における鉄筋のひずみ分布(図-5)では、鉄筋比0.3%、0.6%を比較すると分散性の向上は明確であり、最大荷重時における平均ひずみも大きく増加していることが確認できる。この結果から、解析においても鉄筋比0.6%以上を有していれば、鉄筋のひび割れが分散して発生する傾向が示された。

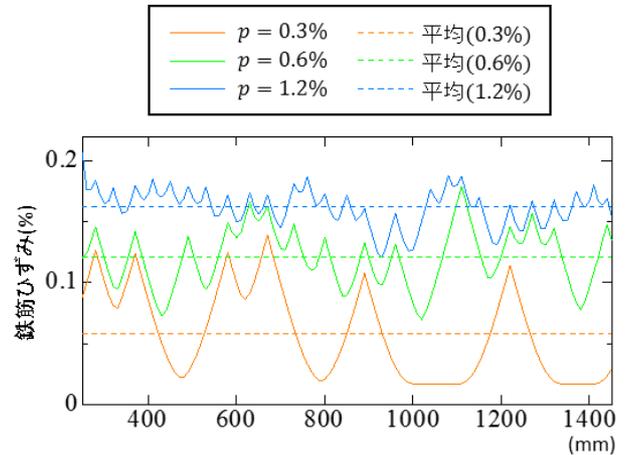


図-5 鉄筋のひずみ分布(最大荷重時)

4. まとめ

鉄筋補強されたUFCのひび割れ性状について解析的な検討を行った。本研究で得られた知見を以下に示す。

- 1) 実験時に見られた鉄筋比の増加によるひび割れの分散性能の向上を再現できた。この結果から様々なスケール、鉄筋比での解析を行うことが可能となる。
- 2) 本研究の範囲内では、解析上鉄筋比0.6%以上において、ひび割れ分散性が向上することが示された。

参考文献

- 1) 森亮太: ひび割れ発生後の繊維補強コンクリートの影響評価, 岐阜大学修士論文, 2017.
- 2) 小倉大季, 国枝稔, 上田尚史, 中村光: メゾスケール解析による短繊維補強セメント系複合材料の力学特性の評価, コンクリート工学年次論文集, Vol.29, No.1, pp.309-314, 2007.
- 3) 小倉大季, 国枝稔, 中村光: 鉄筋補強した繊維補強セメント系複合材料の引張破壊解析と架橋力に着目した破壊挙動評価, 土木学会論文集 E2, Vol.72, No.3, pp.249-267, 2016.
- 4) 島弘, 周礼良, 岡村甫: マッピングなコンクリートに埋め込まれた異形鉄筋の付着応力-すべり-ひずみ関係, 土木学会論文集, No.378/V-6, pp.165-174, 1987
- 5) 島弘, 周礼良, 岡村甫: 異形鉄筋の鉄筋降伏後における付着特性, 土木学会論文集, No.378/V-6, pp.213-220, 1987.