

高強度鉄筋を用いたRC部材の付着割裂ひび割れの抑制手法に関する解析的検討

鹿島建設(株) 正会員 ○横田祐起 高橋周斗 曾我部直樹

1. はじめに

RC 躯体構築の生産性を向上させるための手段の一つとして、高強度鉄筋の適用による RC 部材の配筋量の低減が挙げられる¹⁾。しかし、高強度鉄筋に高い引張応力が作用した場合、降伏よりも前に鉄筋に沿った付着割裂ひび割れが発生して鉄筋とコンクリート間の付着の低下が生じ、RC 部材としての一体性が確保できなくなる可能性がある。これに対し、筆者らは、高い引張強度を有する超高強度繊維補強コンクリート（以下、UFC）を部材の一部に適用することによる付着割裂ひび割れの進展の抑制効果について、3次元 FEM 解析による検討を行った。本稿では、その概要と結果について述べる。

2. 解析概要

解析ケースを表-1に、解析モデルを図-1に示す。ケース A は、かぶり 100mm、配置間隔 150mm で配筋された RC 部材の鉄筋近傍を対象とするため、幅 150mm、高さ 241mm、長さ 490mm のコンクリート断面中央に降伏強度が 980N/mm^2 である高強度鉄筋（USD980 D41 鉄筋）を 1 本配置した形状とし、幅方向の対称性を考慮した 1/2 モデルとした。ケース B は、ケース A の表面の一部を厚さ 50mm の UFC に置き換えたケースとした。また、ケース C は、UFC の適用に加えて、厚さ 50mm の UFC に幅 1mm の目地を部材軸方向に 150mm 間隔で設けたケースとした。なお、全ケースにおいて、要素は 3～5mm の間隔で分割した。本解析では、これらのケースを対象として、USD980 鉄筋の降伏強度に相当する 980N/mm^2 の引張応力を鉄筋に作用させた時の鉄筋近傍および RC 供試体表面のひび割れ性状を比較した。

普通コンクリートは、圧縮強度を 40N/mm^2 とし、圧縮応力-ひずみ関係は弾性モデル、引張応力-ひずみ関係は直線軟化モデルを仮定した。なお、コンクリートのヤング係数、引張強度、および破壊エネルギーは、土木学会コンクリート標準示方書〔設計編〕²⁾（以下、示方書）に基づいて設定した。

ケース B およびケース C の UFC は、圧縮強度を 180N/mm^2 、引張強度を 8.8N/mm^2 とし、圧縮側および引張側の応力-ひずみ関係は指針³⁾に準拠してモデル化した。なお、UFC とコンクリートの界面は一体化しているものとした。

鉄筋の応力-ひずみ関係は、降伏前のヤング係数を 200kN/mm^2 とする完全弾塑性モデルとした。また、鉄筋とコンクリートが付着する界面は、図-2に示すように、異形鉄筋の節形状をモデル化した上で、既往の研究⁴⁾を参考に、節の傾斜面（同図中、IF①）と鉄筋軸に平行な面（IF②）とで異なるせん断剛性を有するインターフェイス要素を設置した。

表-1 解析ケース

ケース	UFC	目地
A	×	×
B	○	×
C	○	○

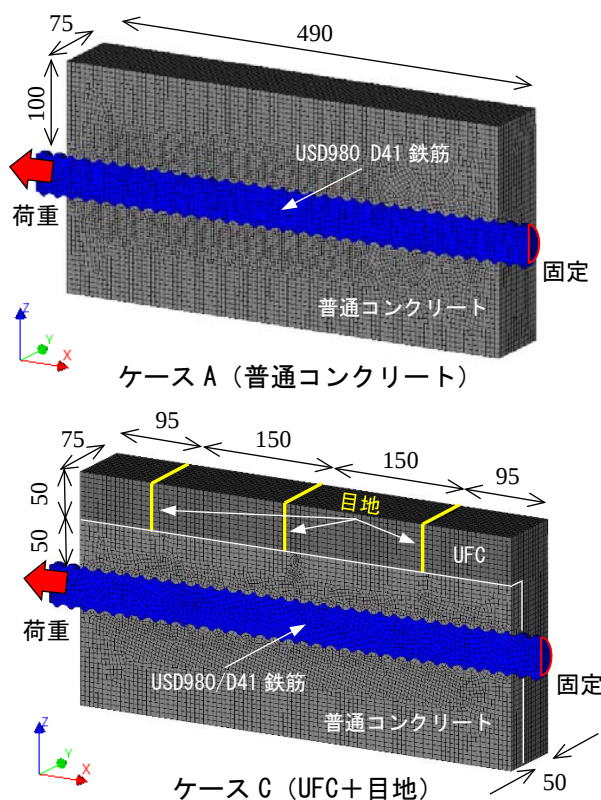


図-1 解析モデル（単位：mm）

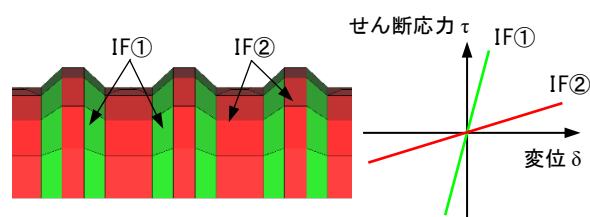
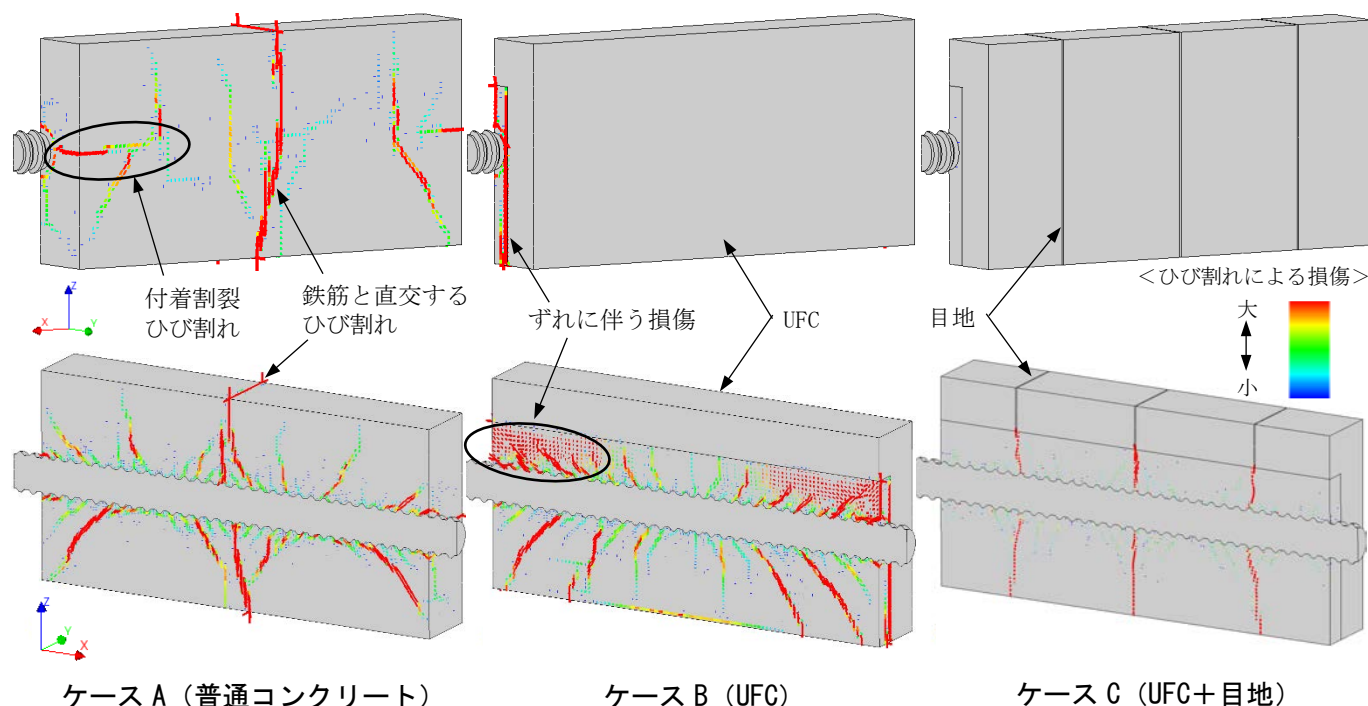


図-2 インターフェイス要素

キーワード：高強度鉄筋、付着割裂ひび割れ、FEM 解析、超高強度繊維補強コンクリート

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株) 技術研究所 TEL 042-485-1111



3. 解析結果

980N/mm^2 の引張応力を鉄筋に作用させた時点における供試体の表面および内部のひび割れ性状を図-3 に、その端部における断面図を図-4 に示す。ケース A では、供試体表面に引張応力による鉄筋と直交するひび割れ、および鉄筋に沿った付着割裂ひび割れが発生した。これに対し、ケース B では、供試体表面にはいずれのひび割れも生じなかった。これは、引張強度が大きい UFC で表面を被覆したことにより、鉄筋の表面を起点とするひび割れの供試体表面への進展が抑制されたためと考えられる。しかし、コンクリートからの鉄筋の伸び出しがひび割れによって分散せず端部に集中することで、同部分の UFC とコンクリートとの境界においてずれに伴う損傷が大きくなる結果となった。一方、ケース C では、供試体表面にひび割れは発生せず、ケース B で生じた UFC とコンクリートとの境界における損傷も小さい。これは、付着割裂ひび割れの進展を UFC の引張強度で抑制しつつ、鉄筋の伸び出しが目地部で分散されることで、UFC とコンクリートの境界におけるずれが緩和されたためであると考えられる。

4. まとめ

本研究では、高強度鉄筋に高い引張応力が作用した際に懸念される付着割裂ひび割れの進展の抑制効果について FEM 解析による検証を行った。その結果、RC 部材の一部を目地を有する UFC に置き換えることで、ひび割れを分散させつつ、高い引張応力に対しても付着割裂ひび割れの進展を抑制できる可能性を確認した。本稿では、基礎的な検討として単一の鉄筋に対する抑制効果を検証したが、今後は、複数の高強度鉄筋の付着割裂ひび割れを効果的に抑制できる UFC の配置等について検討を行う予定である。

参考文献

- 1) 土木学会：コンクリートライブラリー148 コンクリート構造物における品質を確保した生産性向上に関する提案，2016 年。
- 2) 土木学会：2017 年制定 コンクリート標準示方書〔設計編〕。
- 3) 土木学会：超高強度繊維補強コンクリートの設計・施工指針（案），2004 年。
- 4) 内田ら：異形鉄筋の付着とひび割れ幅に関する解析的検討，土木学会第 60 回年次学術講演会，V-563，2006 年 9 月。

