

RC 部材における残留ひび割れ幅に基づく鉄筋ひずみの推定に関する基礎的検討

鹿島建設(株) 正会員 ○十川貴行 曾我部直樹 玉野慶吾 平 陽兵 今井道男

1. はじめに

RC 部材に地震などの大きな外力が作用し、曲げ破壊に至る場合、曲げひび割れが生じ、引張側となる鉄筋が降伏した後、圧縮側の損傷が進行することで終局に至る。終局に近い状態では、外観に大きな変状が生じるため、外力作用後の目視点検によってその損傷の程度を把握することができるが、曲げひび割れの発生から最大耐力付近までは、除荷後に残留するひび割れ幅が変化する程度の変状しか生じず、損傷の程度を定量的に評価することが困難である。一方、損傷過程において、コンクリート表面に生じる曲げひび割れ幅は、ひび割れ間の鉄筋ひずみの積分値と相関がある¹⁾ことから、残留ひび割れ幅も鉄筋の残留ひずみや過去に生じた最大ひずみと相関がある可能性がある(図-1)。両者の相関関係を明確にすることができれば、残留ひび割れ幅の計測から鉄筋に生じたひずみを推定することで、RC 棒部材の損傷を定量的に評価できると考えられる。そこで、本研究では、RC 棒部材の両引き実験を実施し、光ファイバセンサで鉄筋ひずみ分布を精緻に計測することで、残留ひび割れ幅と過去に生じた鉄筋ひずみとの相関関係について検証した。

2. 両引き実験の概要

両引き実験における試験体の概要を図-2 に示す。試験体は断面 140×140mm、長さ 2,500mm のコンクリートの中心に、D32 ネジ節鉄筋(SD345)を配置した RC 棒部材である。鉄筋はコンクリート両端から突出させており、試験体を鉛直にした上で、同鉄筋に引張力を与えることで、試験体に一軸の引張力を作用させた。荷重ステップを表-1 に示す。鉄筋が降伏する前は、荷重値に基づき、鉄筋が降伏した後は、試験体表面のひび割れ幅の最大値に基づき荷重と除荷を繰り返した。

ひび割れ幅は、試験体の全長にわたって連続的に設置したパイ型変位計(標点距離 100mm)によって計測した。鉄筋ひずみは、鉄筋の表面に試験体中心から軸方向の±1,300mm の範囲に亘り FBG 光ファイバセンサを設置し、OFDR 法²⁾によって計測した。同手法によれば、鉄筋ひずみを空間分解能 0.6mm、計測間隔 0.6mm で±1μ の精度で計測することができる。

キーワード: RC 部材, 両引き試験, ひび割れ幅, 光ファイバ, ひずみ分布

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 042-489-6694

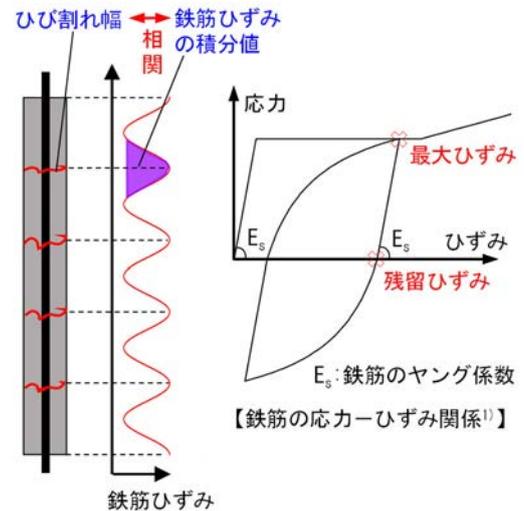


図-1 ひび割れ幅と鉄筋ひずみ

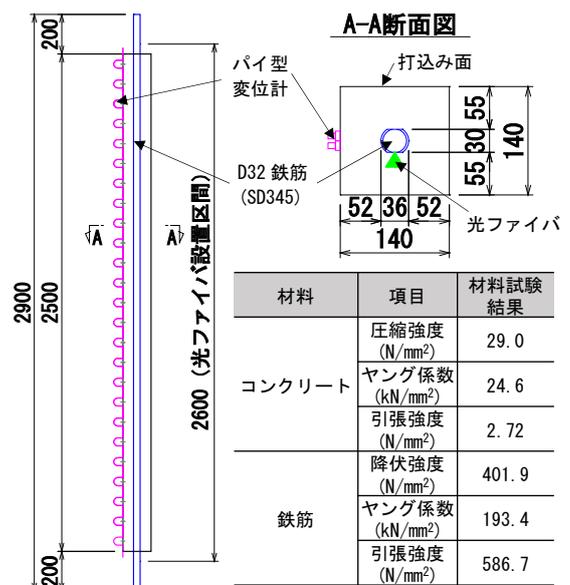


図-2 試験体の概要

表-1 荷重ステップ

荷重ステップ	
降伏まで	荷重 75, 143, 214, 274kN で荷重, 除荷を 1 回ずつ実施
降伏後	最大ひび割れ幅 0.6, 0.65, 1.1, 1.3, 1.5, 1.75, 2.0, 2.25, 2.5, 3.0, 3.4, 4.0, 4.9mm で荷重, 除荷を 1 回ずつ実施 (ただし, 1.1, 1.5mm では 3 回繰返しを実施)

3. 実験結果と考察

図-3 に各载荷ステップにおける加力時および除荷時のひび割れ幅分布と鉄筋ひずみ分布を示す。鉄筋が降伏する前は、加力時にはひび割れ位置で極大値となる分布であったのに対し、直後の除荷時には、ひび割れ箇所のひずみが低下して、全

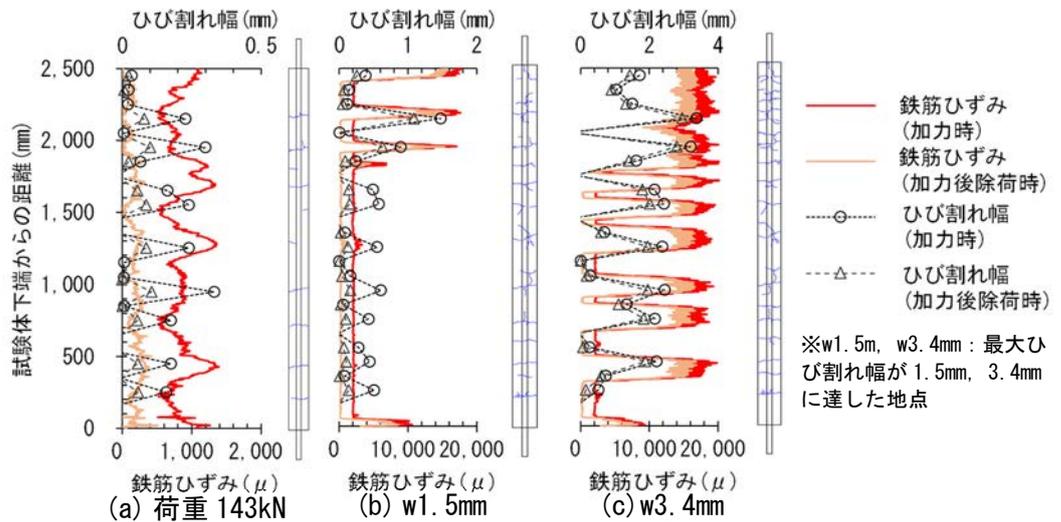


図-3 ひび割れ幅・鉄筋ひずみ分布

体的に平滑化された分布となり (図-3(a)), 残留ひび割れ幅も小さかった。鉄筋が降伏後、鉄筋ひずみが 15,000 μ 程度に達するまでは、試験体上部のひび割れ箇所にて加力時および除荷時ひずみが局所的に増加しており、同位置のひび割れ幅も増加した (図-3(b))。鉄筋ひずみが 15,000 μ 程度に到達した後は、ひずみの最大値の上昇が鈍化し、ひずみが増加する範囲がひび割れ位置を中心として周囲に拡がりつつ、ひび割れ幅が拡大する傾向が確認された (図-3(c))。これは、ひび割れ位置の鉄筋のひずみが 15,000 μ 付近で降伏棚を超え、ひずみ硬化域に入ったことで、その近傍の引張応力が増加したためであると考えられる。なお、鉄筋が降伏した後は、除荷時の鉄筋ひずみが直前の加力時に比べ、試験体全域に亘り 2,000 μ 程度減少した。

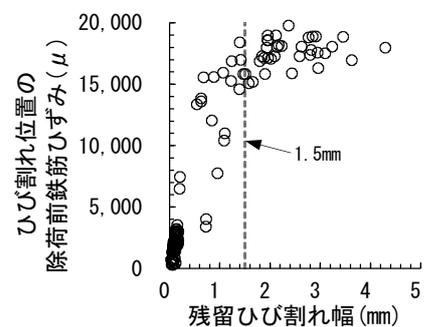


図-4 残留ひび割れ幅と除荷前鉄筋ひずみの関係

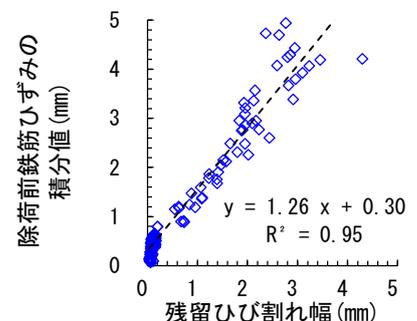


図-5 残留ひび割れ幅と除荷前鉄筋ひずみの積分値の関係

各载荷ステップの除荷時における残留ひび割れ幅と、除荷前に生じていたひび割れ近傍の鉄筋ひずみ (以下、除荷前鉄筋ひずみと称する) の関係を図-4 に示す。なお、着目したひび割れは、荷重 143kN 地点で発生したものである。残留ひび割れ幅が約 1.5mm に達するまでは両者に正の相関があるが、1.5mm 以上の範囲では、残留ひび割れ幅の大きさによらず除荷前鉄筋ひずみが 15,000~20,000 μ の範囲で一定になる傾向が見られた。これは、残留ひび割れ幅が 1.5mm 以上の範囲では、ひび割れ近傍の鉄筋がひずみ硬化域に入り、ひずみの最大値が増加することなくひび割れ位置を中心として降伏領域が広がることでひび割れ幅や残留ひび割れ幅が拡大しているためであると考えられる。そこで、鉄筋ひずみの大きさと降伏領域の両方を考慮できる除荷前鉄筋ひずみのひび割れ間における積分値を算出し、これと残留ひび割れ幅の相関を整理した (図-5)。その結果、本実験で計測した範囲において残留ひび割れ幅と除荷前鉄筋ひずみの積分値に、強い正の相関関係があることが確認できた。

4. まとめ

本研究では、RC 棒部材の表面における残留ひび割れ幅と鉄筋ひずみの相関関係を検証することを目的として、RC 棒部材の両引き実験を行った。その結果、残留ひび割れ幅と除荷前鉄筋ひずみのひび割れ間における積分値には、残留ひび割れ幅や鉄筋ひずみの大きさに拘わらず、強い正の相関があることを確認した。

参考文献

- 1) 土木学会：コンクリート標準示方書【設計編】，2017
- 2) 井川ほか：OFDR を用いた長ゲージ FBG による分布計測の研究，日本機械学会論文集(A 編)，72 巻 724 号，2006.12