

## RC 部材のひび割れ幅の計測を目的とした光ファイバの設置方法

鹿島建設(株) 正会員 ○泉 宙希 十川貴行 皆川春奈 曾我部直樹 平 陽兵 小嶋進太郎

### 1. はじめに

分布型光ファイバは、光ファイバに生じたひずみを全長に亘って連続的に計測できるセンサである。既往の検討では、コンクリート表面に接着した光ファイバで計測されたひび割れ発生後のひずみ分布において、隣り合うひび割れの中間点を積分範囲としてひずみを積分することで、ひび割れ幅を定量的に評価できることを確認している<sup>1)</sup>。しかしながら、積分範囲を設定するためには、ひび割れ発生位置を確認する必要があることから、光ファイバを一定間隔で固定することで、固定部の間に生じたひび割れの幅を同区間におけるひずみの積分値で評価できる方法を考案した<sup>2)</sup>。本稿では、同設置方法の固定部に着目した検討を行い、RC 梁部材の曲げ実験でひび割れに対する計測性能を検証した結果について報告する。

### 2. 光ファイバの固定方法の改良

#### 2.1 既往の固定方法

光ファイバを一定間隔で固定して設置すると、図-1 に示すように固定部の間にひび割れが生じた場合、ひび割れによる光ファイバの伸びが同区間内に限定されることから、同区間を積分範囲としてひずみを積分することでひび割れ幅を評価できると考えられる。既往の固定方法<sup>2)</sup>では、写真-1 に示すように直径 0.9mm の光ファイバを瞬間接着剤とエポキシ接着剤による点付け接着で一定間隔に固定し、RC 部材の両引き実験でひび割れに対する計測性能を検証した。その結果、ひび割れ幅が大きくなる領域において、固定部で点付け接着した光ファイバとコンクリートの間にすべりが生じることで、光ファイバによるひび割れ幅の評価値が実際よりも小さくなる傾向が確認されている。

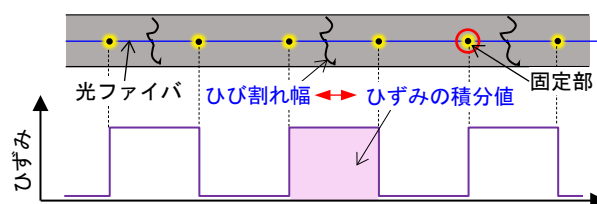


図-1 一定間隔で固定された光ファイバによるひずみ分布のイメージ

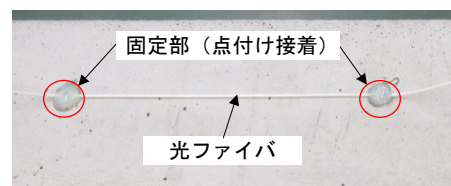


写真-1 既往の固定方法<sup>2)</sup>

#### 2.2 固定部の改良

光ファイバを一定間隔で固定して設置する方法として、図-2 に示すようなコンクリートに取り付けた円形突起へ光ファイバを巻き付けることで固定部を構築する方法を考案した。このように固定することで、固定部の間の光ファイバに引張力が作用した場合でも、円形突起と光ファイバの間に摩擦が効果的に作用し、固定部における光ファイバのすべりが抑制できると考えた。

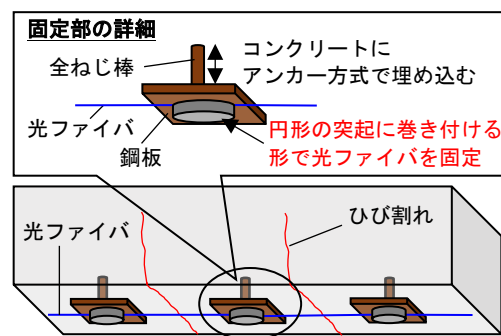


図-2 考案した光ファイバの固定方法

### 3. 実験概要

試験体の概要を図-3 に示す。試験体は幅 380mm、高さ 300mm、長さ 3,500mm で、軸方向鉄筋として D22 鉄筋 (USD590) を圧縮、引張側にそれぞれ 3 本ずつ配置した RC 梁である。載荷は試験体をスパン長 3,000mm で単純支持し、等曲げ区間 500mm の 2 点載荷で実施した。載荷ステップは表-1 に示すとおりである。部材の引張縁には、写真-2 に示すように前述の方法で外径 56mm の円形突起を 200mm 間隔で試験体に設置し、円形突起に直径 0.9mm の光ファイバを巻き付けることで光ファイバを設置した。光ファイバのひずみ計測は、PPP-BOTDA 法<sup>3)</sup>によって計測間隔を 10mm、空間分解能 (ひずみゲージの検長に相当) を 20mm として計測した。また、引張縁では固定部の間を検長区間として、パイ型変位

キーワード 光ファイバ, 定点接着, ひずみ分布, ひび割れ幅, ブリルアン計測

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

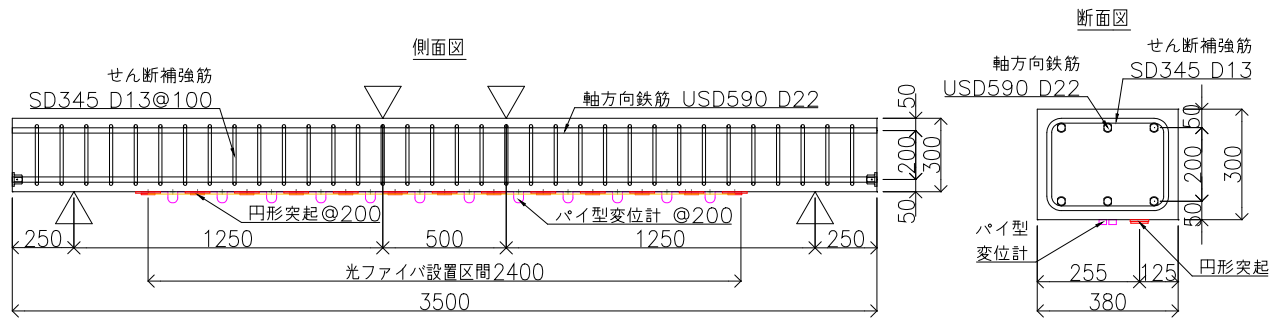


図-3 試験体の概要（単位：mm）

表-1 荷重ステップ

|               | 荷重ステップ                                                         |
|---------------|----------------------------------------------------------------|
| 降伏まで<br>（計算値） | 引張鉄筋応力度 90, 180, 270, 345, 590N/mm <sup>2</sup> で荷重, 除荷を1回ずつ実施 |
| 降伏後<br>（実験時）  | 支間中央変位 21, 24, 27mmで荷重, 除荷を1回ずつ実施                              |

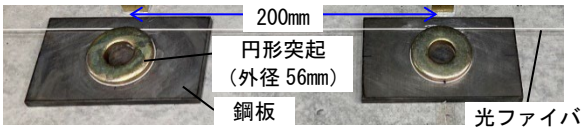


写真-2 光ファイバの設置状況

計（標点距離 200mm）を配置してひび割れ幅を計測した．実験時のコンクリートの圧縮強度は 35.1N/mm<sup>2</sup>，ヤング係数は 25.9kN/mm<sup>2</sup>であった．

4. 実験結果

図-4に引張鉄筋応力度 180N/mm<sup>2</sup>, 590N/mm<sup>2</sup>時点および支間中央変位 27mm 時点における光ファイバで計測したひずみ分布を示す．同図には，支間中央変位 27mm 時点における試験体側面のひび割れ図も併記する．固定部の間にひび割れが発生することで，光ファイバで計測されたひずみが同区間ではほぼ一様に分布して増加することを確認した．同区間の光ファイバのひずみは最大 9,000  $\mu$  程度まで増加したが，固定部の円形突起に巻き付けた部分におけるひずみの増加は小さいことを確認した．

図-5 には，パイ型変位計で計測したひび割れ幅と，固定部における中央の計測点から隣の固定部における中央の計測点を積分区間として算出した光ファイバで得られたひずみの積分値との比較を示す．両者は最大ひび割れ幅が 2.4mm となる領域までほぼ同じ値を示しており，両者の差の標準偏差が 0.05mm とばらつきも小さいことを確認した．

5. まとめ

コンクリートの表面に光ファイバを一定間隔で固定する方法において，円形突起に巻き付けることで固定部を構築する方法を考案し，その計測性能を検証した．その結果，固定部の間に発生したひび割れに対し，同区間の光ファイバによるひずみを積分することで，その幅を精度良く評価できることを確認した．

参考文献

1) 泉ら：光ファイバ組込みテープ材によるコンクリート部材のひび割れ幅計測，土木学会第 77 回年次学術講演会，CS9-42，2022  
2) 新井ら：光ファイバによるコンクリート部材のひび割れ幅評価，土木学会第 77 回年次学術講演会，CS9-44，2022  
3) 李ら：PPP-BOTDA 測定技術を用いた 2cm 分解能ブリルアン分布計測の実現，電子情報通信学会技術研究報告，OFT2008-13，2008

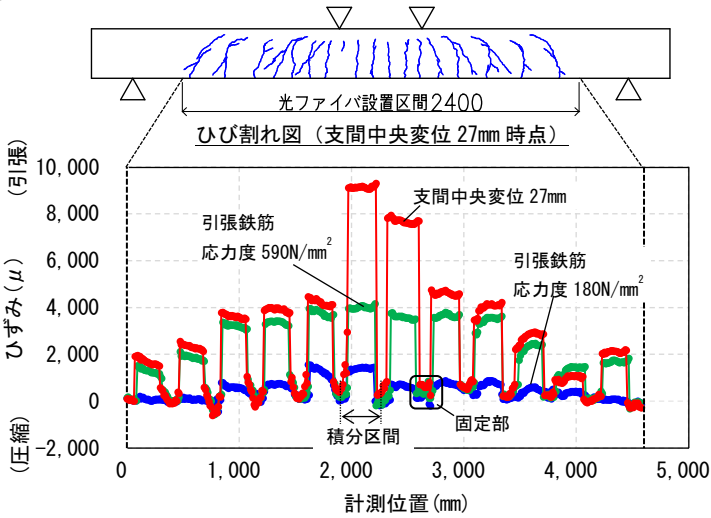


図-4 ひずみ分布

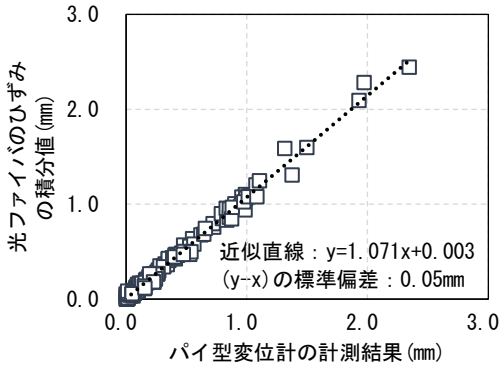


図-5 ひび割れ幅の比較