

光ファイバセンサによるコンクリート部材のひび割れ幅の評価

鹿島建設(株) 正会員 ○新井崇裕 十川貴行 玉野慶吾 曾我部直樹 平 陽兵

1. はじめに

分布型光ファイバセンサは、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光ファイバセンサ全長を接着することで、ひび割れ発生後において、図-1(a)に示すようなひずみ分布が得られ、隣り合うひび割れの midpoint を積分範囲としたひび割れ近傍のひずみの積分値によってひび割れ幅を評価できることを確認している。しかしながら、ひび割れ発生位置を目視で確認できない場合には、積分範囲の設定が難しく、精度良くひび割れ幅を評価できないことから、図-1(b)に示すように、光ファイバセンサを一定間隔で固定する設置方法を考案した。この設置方法では、固定点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。本稿では、同設置方法によるひび割れ幅の計測について、RC 部材の両引き実験で検証した結果について報告する。

2. 実験概要

両引き実験の試験体の概要を図-2 に示す。試験体は断面 $100 \times 100 \text{mm}$ 、長さ 900mm のコンクリートの中心に D22 鉄筋 (SD345) を配置した RC 部材である。試験体の両端に突出した鉄筋に対して、引張力を作用させて载荷を行った。载荷ステップは表-1 に示すとおりであり、鉄筋が降伏する前は鉄筋の引張応力度を、鉄筋の降伏後はひび割れ幅の最大値を指標に载荷と除荷を繰り返した。

部材表面には、パイ型変位計 (標点距離 100mm) および光ファイバセンサを設置した。光ファイバセンサの設置概要を写真-1 に示す。直径 0.9mm の光ファイバセンサを、パイ型変位計の設置個所と同じ位置を固定点として瞬間接着剤とエポキシ接着剤によって点付けで接着した。パイ

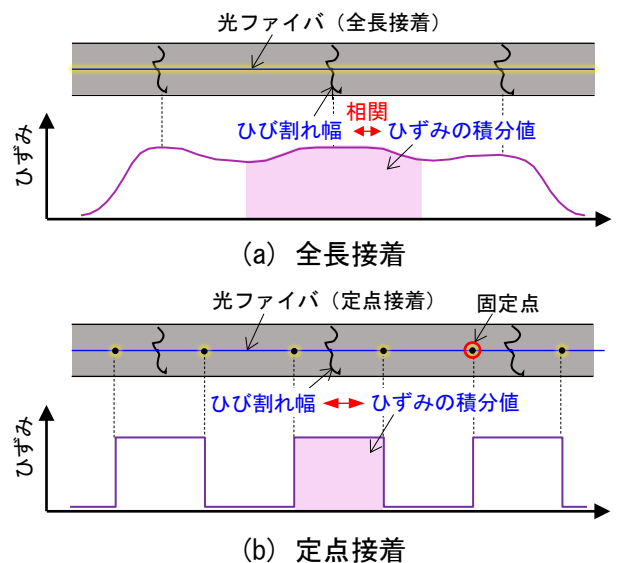


図-1 ひび割れに対する光ファイバのひずみ分布

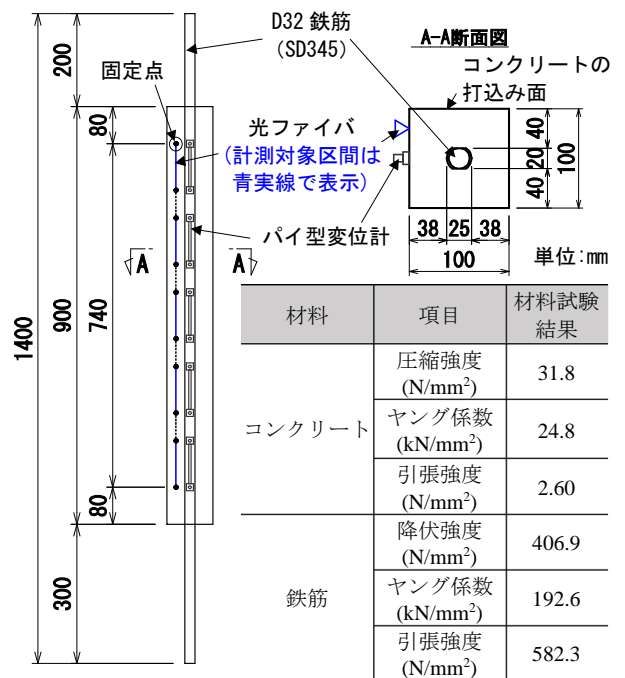


図-2 試験体の概要

表-1 载荷ステップ

	载荷ステップ
降伏まで	鉄筋引張応力度 115, 180, 345N/mm ² で载荷, 除荷を 1 回ずつ実施
降伏後	最大ひび割れ幅 0.80, 0.93mm で载荷, 除荷を 1 回ずつ実施

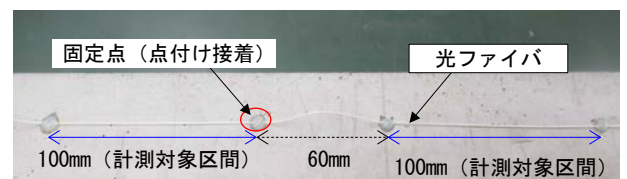


写真-1 光ファイバの設置概要

キーワード 光ファイバセンサ, コンクリート部材, ひび割れ幅, ブリルアン散乱光

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

型変位計の検長部と平行となる範囲を計測対象区間とし、同区間では光ファイバセンサに若干の張力を作用させて配置し、それ以外の箇所では弛みを持たせることで、計測対象区間外にひび割れが発生しても光ファイバセンサにひずみが発生しないようにした。光ファイバによる計測は、ブリルアン散乱光に基づく PPP-BOTDA 法²⁾を用い、空間分解能 20mm、計測間隔 10mm でひずみ分布を計測した。

3. 実験結果

図-3 に各载荷ステップ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、光ファイバを設置した面のひび割れ図も併記する。鉄筋引張応力度 115N/mm^2 時点 (図-3(a)) では、試験体下端から約 250mm の位置に発生したひび割れ (以下、ひび割れ A と称する) によって、該当する計測対象区間に一様なひずみが生じたことを確認した。鉄筋引張応力度 345N/mm^2 時点 (図-3(b)) と最大ひび割れ幅 0.93mm 時点 (図-3(c)) では、試験体上端から約 125mm の位置に発生したひび割れ (以下、ひび割れ B と称する) によっても該当する計測対象区間に一様なひずみが発生した。また、光ファイバセンサに弛みを持たせた計測対象区間外にもひび割れは発生したが、これらの位置ではひずみの変化が見られなかった。このことから、想定したとおりに、固定点の間の計測対象区間に発生したひび割れに対して、光ファイバセンサのひずみが同区間に限定されて増加することが確認できた。

図-4 では、ひび割れ A, B を対象とし、固定点の間である 100mm の区間を積分区間としたひずみの積分値を算出し、パイ型変位計で計測されたひび割れ幅との比較を行った。ひび割れ幅が 0.4mm 以下の範囲では、両者の相関係数が 0.93 であり、高い相関を示した。一方、ひび割れ幅が 0.4mm 以上の範囲では、光ファイバによるひび割れ幅の評価値がパイ型変位計による計測値に比べ小さくなる傾向を確認した。この要因として、ひび割れ幅が大きくなる段階では、固定点で点付け接着した光ファイバセンサと試験体との間にすべりが生じたことによって、計測されたひずみが小さくなった可能性が考えられる。

4. まとめ

コンクリートの表面に光ファイバセンサを一定間隔で固定することで、同センサによる計測結果のみからひび割れの発生とその幅を評価できることが確認された。ただし、光ファイバセンサを点付けで接着した場合、ひび割れ幅が増加すると接着性が喪失する可能性も示唆された。今後、光ファイバセンサによるひび割れ幅の評価法の確立に向けて、固定点における同センサの確実な固定方法等について検討を行う予定である。

参考文献

- 1) 十川ほか：光ファイバ組込み式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（投稿中），2022。
- 2) 李哲賢ほか：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。

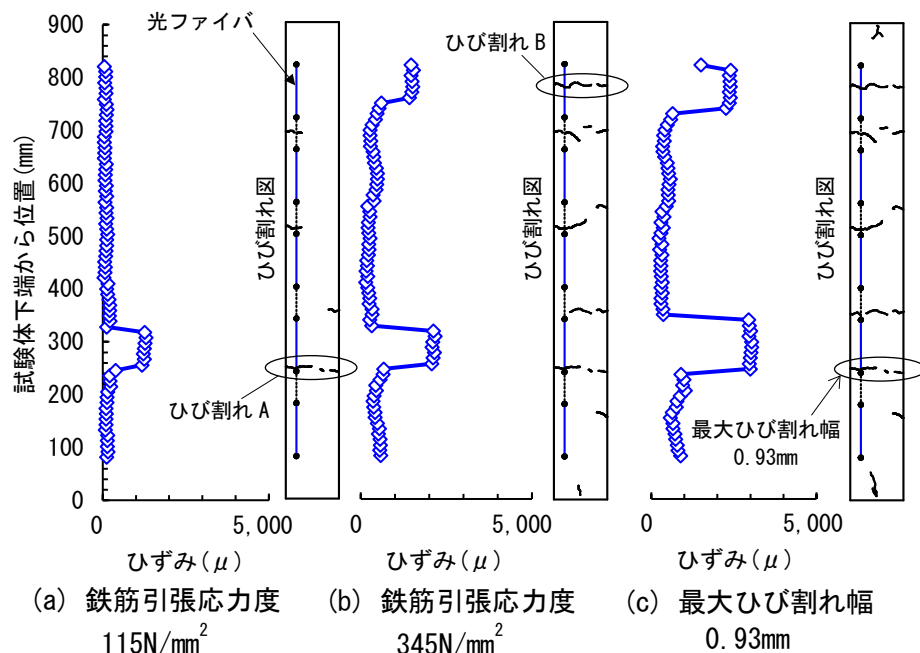


図-3 ひずみ分布

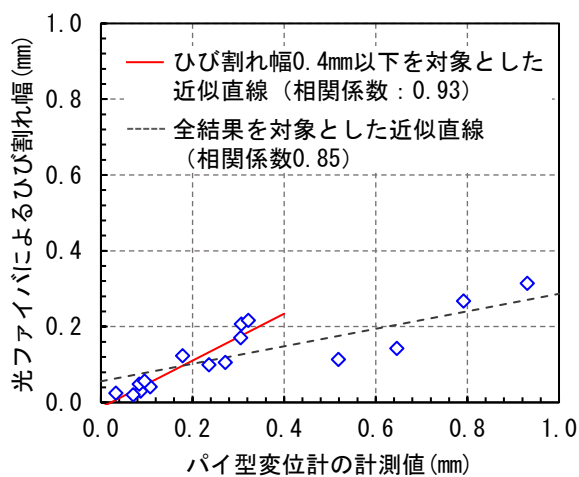


図-4 ひび割れ幅の比較