

分布型光ファイバセンサによるアラミド繊維シートのひずみ計測

鹿島建設(株) 正会員 ○小嶋進太郎 平 陽兵 十川貴行 皆川春奈

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わたって連続的に計測できるセンサである。著者らはこれまでに分布型光ファイバセンサを用いてコンクリート部材のひずみ計測を実施し、ひずみ分布の変化やひび割れの有無、位置の特定に有効であることを確認している¹⁾。本稿では、アラミド繊維シート接着工法で補強されたコンクリート試験体に光ファイバを設置し、外力が作用したアラミド繊維シートのひずみ分布の計測について検証を行った。

2. 実験概要

図-1 に対象とした試験体の概要図を示す。試験体は、幅 100mm×高さ 100mm×長さ 400mm の無筋コンクリートブロックの下面にアラミド繊維シートを全面接着したものである。実験では試験体をスパン長 300mm で単純支持し、中央 1 点へ荷重を単調載荷した。光ファイバは、アラミド繊維シートをコンクリートに接着した後に、その表面にエポキシ系接着剤によって設置した(写真-1)。光ファイバ計測は、レイリー散乱光とブリルアン散乱光を用いた 2 種類の分布型計測方法²⁾を採用し、計測点の間隔を 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。表-1 に各計測方式の概要と性能を示す。また、載荷制御の指標とする目的で検長 20mm のひずみゲージをスパン中央に貼付けてひずみを計測した。なお、アラミド繊維シートを貼り付けていない同形状の無筋コンクリートブロック(以下、無補強試験体)について同じ載荷条件で載荷した結果、無補強試験体は荷重 14.6kN でスパン中央に曲げひび割れが生じて破壊した。この結果から、試験体を弾性体とみなし、実験時のコンクリートのヤング係数 27.4kN/mm² を用いて求めた曲げひび割れ発生時の下縁ひずみは 239μであった。

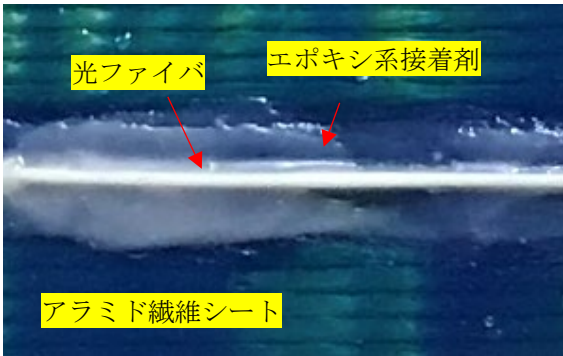


写真-1 光ファイバ設置状況

表-1 各計測方式の概要および性能

計測方式	TW-COTDR	PPP-BOTDA
後方散乱光の種類	レイリー	ブリルアン
計測精度	±1 μ	±25 μ
計測ステップ間での許容ひずみ変化量	数百 μ	数千～数万 μ

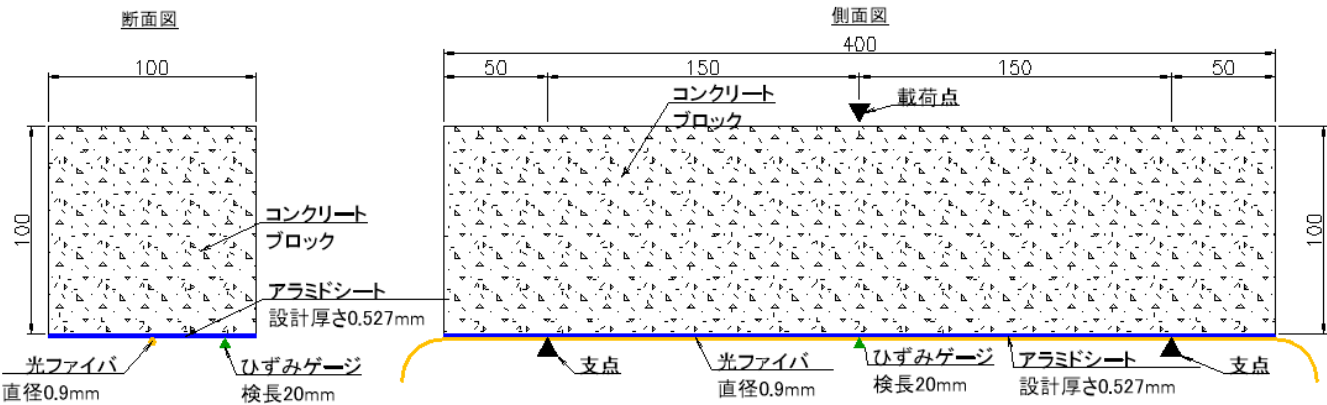


図-1 試験体概要図(単位:mm)

キーワード 分布型光ファイバセンサ、アラミド繊維シート、ひずみ
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. 実験結果

図-2 にひずみゲージおよび光ファイバで計測されたひずみと荷重の関係を示す。また、同図には全断面有効として算出した計算値についても示す。光ファイバ計測と試験体観察は、ひずみゲージの値を指標として250 μ までは約50 μ ごと、ひずみが急増し始めた250 μ 以降では約500 μ ごとに実施し、アラミド繊維シートのひずみが約3000 μ となるまで載荷を行った。同図から荷重とひずみの関係において、載荷の初期から終了まで、ひずみゲージと光ファイバによる計測結果が、良い一致を示していることが分かる。また、250 μ 付近で荷重に対するひずみの増加の傾向が変化しているが、無補強試験体の曲げひび割れ発生ひずみが239 μ 相当であったことから、この時点で曲げひび割れが発生したことが原因であると考えられる。なお、同図中に示した番号は、以降の結果における凡例の番号と対応している。

図-3 に光ファイバで計測したアラミド繊維シートのひずみ分布を示す。ひび割れ発生前である①の時点については、全断面有効として計算した場合の計算値を併せて示す。①のひずみ分布は、計算値で示した曲げモーメントに対応した三角形状の分布にほぼ一致していることが確認された。

図-4 にひび割れ図を示す。②の時点では試験体の中央に1本の曲げひび割れが確認され、載荷の進行とともに中央から支点に向かって新しいひび割れが増加した。図-3 における②の時点のひずみ分布に着目すると、①の時点と異なり中央から約 $\pm 50\text{mm}$ の範囲のひずみが周囲に比べて一様に大きくなっていることが分かる。また、その範囲が載荷の進行とともに、拡大している傾向も確認できる。連続繊維シートで補強されたコンクリートにひび割れが生じた場合、ひび割れ箇所を起点として連続繊維シートの付着剥離が進展し、同部分のひずみ分布が一様になることが想定される。このことから、図-3 においてひずみが一様に大きくなっている領域は、アラミド繊維シートの付着剥離が生じた範囲と対応しているものと考えられる。

4. おわりに

コンクリートに接着されたアラミド繊維シートを対象として、そのひずみ分布を光ファイバで計測した。その結果、外力の作用によるアラミド繊維シートのひずみの変化を、良好に計測できることが確認できた。また、ひずみ分布形状の変化から同シートの付着剥離を評価できる可能性が示唆された。

参考文献

- 1) 小嶋ら：PC 部材への分布型光ファイバー計測手法の適用性に関する研究，第31回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集，pp. 333-338, 2022
- 2) 岸田ら：SMF におけるひずみと温度が識別できるハイブリッド分布測定システムの開発，電子情報通信学会技術研究報告信学技報，112 (403)，37-42，2013

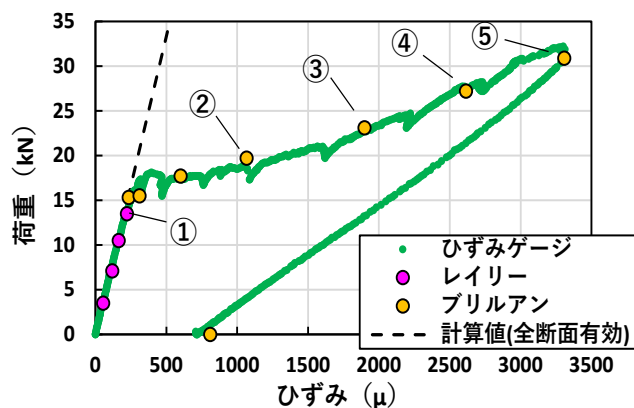


図-2 荷重－ひずみ関係

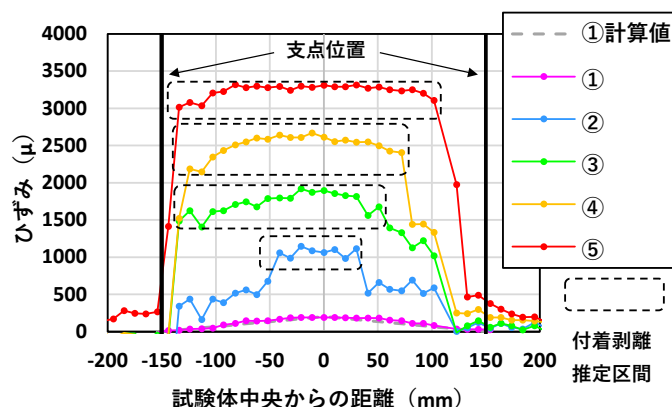


図-3 ひずみ分布

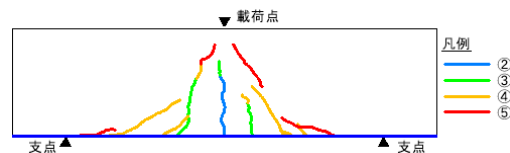


図-4 ひび割れ図