

光ファイバを用いた RC 梁の曲げひび割れ幅および変位モニタリングに関する研究

芝浦工業大学大学院 学生会員 ○小沢 政道
芝浦工業大学 正会員 勝木 太

1. はじめに

人間生活の基盤となるコンクリート構造物が損傷した場合、その程度や発生場所を早期に把握することは安全性、信頼性を向上させるために重要なことである。近年、構造物の健全性をモニタリングする技術において光ファイバセンサが注目されている。従来はひずみゲージ、変位計などにより構造物の変形挙動を点でしか測ることができなかったが、光ファイバを用いることにより線もしくは面の情報として広範囲の測定が可能になり、損傷の早期発見に繋がる。そこで本研究では、この特長に注目し補強材に光ファイバを全面接着させた RC 梁の曲げ試験を行い、鉄筋のひずみ、変形、曲げひび割れ幅を光ファイバに生じるひずみから評価できるか実験的に検討した。

2. ブリルアン散乱光応用センサ (BOTDR) の測定原理

光ファイバ内を光パルスが進行する時、後方散乱光の 1 つであるブリルアン散乱光が発生する。発光・受光時刻から位置を特定し、発光パルスからの周波数が光ファイバ内に発生するひずみに比例してシフトするという性質を利用してひずみの大きさを測定する。

3. 実験概要

(1) 使用材料

図-1 に曲げ試験体に使用された通信用 UV 硬化樹脂被覆の光ファイバ付き補強材の断面を示す。ネジ節鉄筋 (D19) に深さ・幅ともに 2mm の溝を設け、そこに光ファイバを埋め込み樹脂で全面接着固定した。

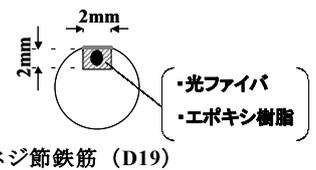


図-1 補強材の断面

(2) 実験方法

図-2 に曲げ試験の概要を、図-3 に試験体の断面を示す。曲げ試験は支点間隔を 2300mm とし、単純支持の 2 点荷重で行った。なお、BOTDR の距離分解能が 1.0m であることから等モーメント区間は 1.0m とした。測定項目は各荷重段階における光ファイバのひずみ、ひずみゲージの値、変位、等モーメント区間の曲げひび割れ幅である。なお、曲げひび割れ幅はクラックスケールで計測した。

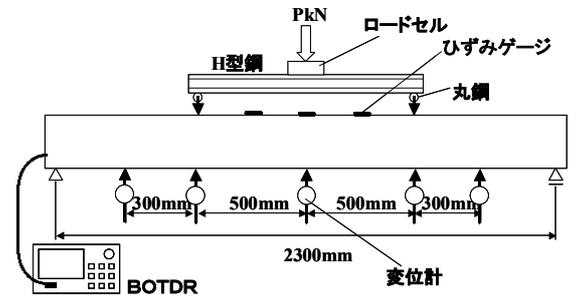


図-2 2点荷重曲げ試験

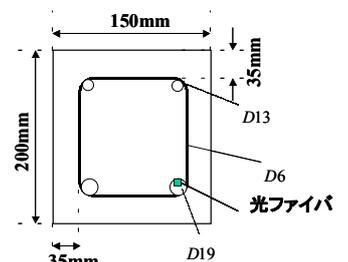


図-3 RC 梁の断面

4. 実験結果および考察

(1) ひずみ分布について

RC 梁の曲げ試験において、鉄筋に一体化させた光ファイバによるひずみ分布を図-4 に示す。なお、図中にはひずみゲージで測定したひずみ分布を併せて示した。

図-4 から RC 梁の光ファイバの値とひずみゲージの値 (BOTDR の測定誤差 ± 0.01% を考慮する) はほぼ一致するが、荷重が大きくなるに連れて光ファイバの

値の方が小さくなる。BOTDR の測定では 1 つの測定に 20 分程度かかるが、荷重制御型の荷重装置では曲げひび割れが大きくなり鉄筋が降伏に近くなると 20 分間の間で変位を一定に保つことができず、実験では 20 分間に約 200~300 μ程度ひずみが低下してしまった。したがって瞬時に測定が可能なひずみゲージよりも光ファイバで測定したひずみの方が小さく検出されている。変位制御型の荷重装置であれば等モーメント区間

キーワード：光ファイバ、BOTDR、曲げひび割れ幅、変位計測、モニタリング

連絡先：〒180-8548 港区芝浦 3-9-14 芝浦工業大学工学部土木工学科 Tel 03-5476-3050 FAX 03-5476-3166

のひずみゲージの値が全体的に増加していることから、光ファイバでひずみゲージと同じようにひずみを検出できる可能性が十分あると考えられる。なお BOTDR 起動時における、温度・粉塵・蓄電量などの環境的要因から影響を受けることも考えられ測定環境を整える必要もあると思われる。

(2) 変位・ひび割れ幅について

スパン中央部での変形挙動を図-5に示し、変位計による計測値と光ファイバおよびひずみゲージ測定値から求めた変位量を比較した。図-5より、鉄筋が降伏したと思われる荷重時まではほぼ一致した。なお、変位算出方法は、光ファイバで測定した鉄筋ひずみと試験体に設置した圧縮ゲージにおいて断面から曲率を求め、支点で変位が0になる境界条件で、得られた値を長さ方向に2回積分したものを変位とした⁽³⁾。

次に、RC梁の等モーメント区間に発生した曲げひび割れ幅の平均と、同区間における鉄筋ひずみの平均値から算出した鉄筋の増加応力との関係を図-6に示す。また、併せて土木学会示方書の曲げひび割れ幅算定式から算出した曲げひび割れ幅も示す⁽²⁾。図-6より、実験値と示方書から算出した値は、鉄筋が降伏したと思われる荷重時まではほぼ一致している。このことから、今回の実験では、弾性範囲内において光ファイバにより計測された鉄筋のひずみから、曲げひび割れ幅をある程度推測することが可能であることが分かった。

変位・曲げひび割れ幅測定において鉄筋降伏付近の値にずれが生じたのは、前述したように BOTDR の測定時間内にひずみが減少したことによるものである。

5. まとめ

- ・ RC梁におけるひずみ分布については、降伏域に入っても変位を一定に保つことができれば、変位や曲げひび割れ幅を光ファイバによるひずみから評価できると考えられる。今後の課題として、載荷試験時には変位を一定にできるように注意すること、また何回か測定した値を平均したものを代表値とすることで、より精度の高い測定値が得られると考えられる。
- ・ 今回の実験では、変位、曲げひび割れ幅においても鉄筋降伏付近まで精度良く測定できた。

以上より鉄筋に全面接着した光ファイバによるひずみから、コンクリート構造物の変形挙動と平均曲げひび割れ幅をマクロ的ではあるが評価できることが分かった。

【参考文献】

- (1) 松崎謙太郎ほか：光ファイバを用いたコンクリート構造物のひずみ管理に関する基礎的研究、コンクリート工学年次論文集、Vol.23、No.1、2001
- (2) 町田篤彦・関博・丸山武彦・檜貝勇 共著：鉄筋コンクリート工学、第11章-3 耐久性とひび割れ制御
- (3) 大野・成瀬・倉嶋ほか：コンクリート構造物埋め込み型ひずみセンシング用光ファイバの開発、電子情報通信学会信学技報、pp.23~28、1999.10

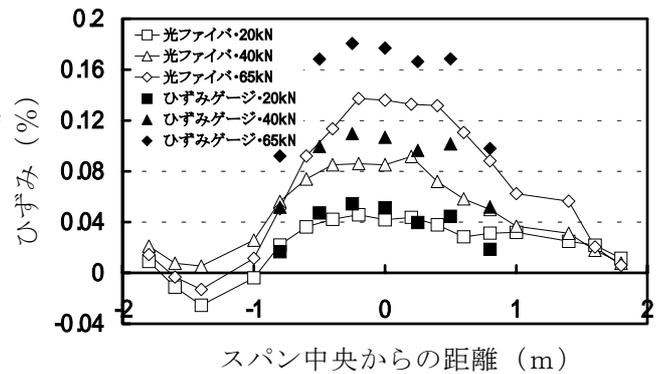


図-4 RC梁ひずみ分布

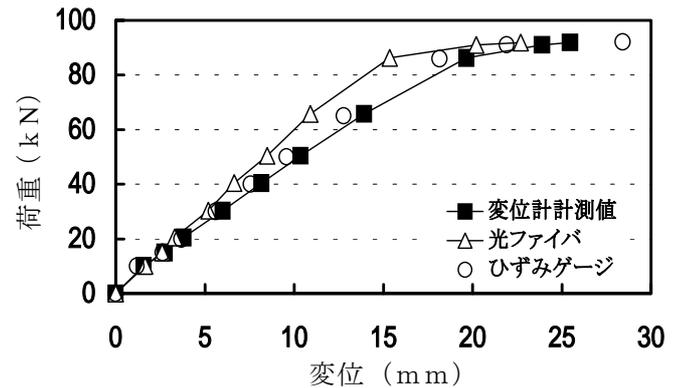


図-5 RC梁スパン中央の変位

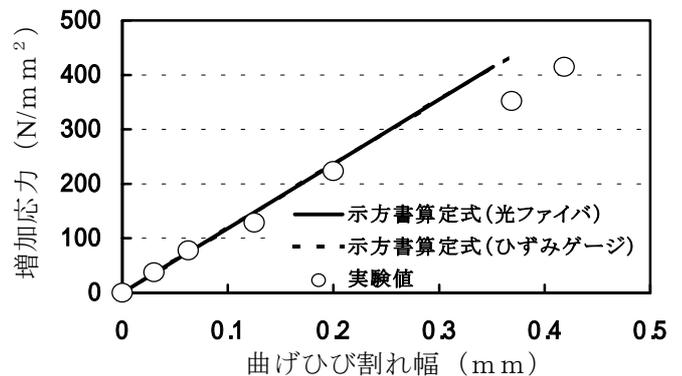


図-6 RC梁ひび割れグラフ