

光ファイバを用いた局所ひび割れの検地に関する基礎的研究

芝浦工業大学大学院 学生会員 ○中島 道浩
芝浦工業大学 正会員 勝木 太

1. はじめに

戦後急速に復興を遂げ、膨大な量の構造物を短期間で造りあげてきた日本はその構造物の安全性において危機に直面している。コールドジョイントから起こった福岡トンネルでの剥落事故などが具体例として挙げられる。そこで、人々の生活に対して長期に渡り安全性を確保するには、既存および新設構造物の性能を常時モニタリングし、構造物の健全性を評価しなくてはならない。このような新しい維持管理システムにより、適切な補修補強を行うことによって構造物を延命化させることが重要であると考えられる。一方、ひずみや変位を連続的にかつ広範囲に計測できる新技術として光ファイバセンサが注目を浴びている。本研究ではここ数年間の研究で、BOTDR による光ファイバセンシング技術を用い、コンクリート構造物に発生する曲げひび割れ幅や変位をモニタリングすることに成功している。しかし、これまでの研究では光ファイバを鉄筋に全面接着させて鉄筋のひずみを検知しているため、BOTDR の性能上、乾燥収縮やコールドジョイントなどのような局所に発生するひび割れに伴う局所ひずみを検知することができなかった。そこで、本研究では光ファイバに特殊な加工を施すことを考案し、局所ひずみを検知できるか実験的に検討した。

2. 実験概要

1) 改良型光ファイバセンサ：改良型光ファイバの概要図を図1に示す。この光ファイバセンサは、光ファイバ素線にプレテンションを与えた状態で被覆してある金属管を一定区間でかしめるタイプである。BOTDR の性能上、ひずみの距離分解能が 1m であることから、距離 1m 区間に一様なひずみが発生しなければ精度のよいひずみを検知することができない。

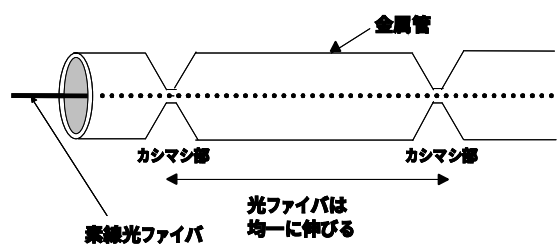


図1 改良型光ファイバ 概要

このため、鉄筋に光ファイバを全面接着させた場合、局所ひび割れに伴う局所ひずみを検知できなかった。改良型タイプは、局所的なひずみ増加が生じるとかしまし区間が均一に伸びるため、そのひずみ量を検知できる可能性がある。本研究では、かしまし間隔を 20cm、40cm、80cm、100cm とした改良型センサを用いて、局所的なひずみ増加量の検知を試みた。

2) 供試体：改良型光ファイバをかしまし点ごとにエポキシ樹脂で鉄筋に一体化させ、図2に示すような直接引張試験用供試体を製作した。なおかしまし区間の中央部にひび割れを誘発させる目的でコンクリートに切りかきを設けている。

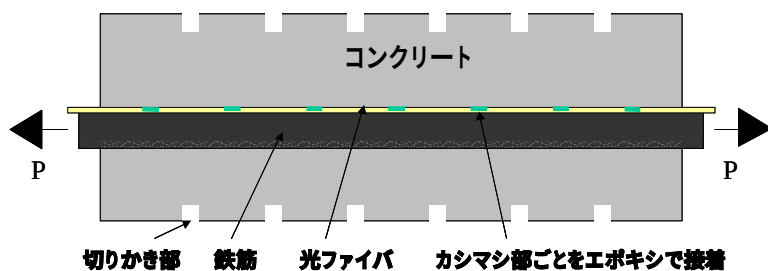


図2 直接引張試験用供試体概要

3) 試験方法：供試体の引張試験は、供試体中央に配置している鉄筋を直接引っ張ることによ

り行う。なお、BOTDR による計測は、ひび割れ発生前およびひび割れ発生後とし、鉄筋の降伏まで行った。

4) 定ひずみ発生装置(ピコストレインスタビライザ)の導入：BOTDR でひずみを計測する際に、温度や光ファイバの設置状態など様々な環境要因によりドリフトなどが起こり再現性を損なうことがある。そこで、定ひずみ発生装置に内装されている光ファイバのひずみを用いてセンシング部のひずみ量を補正することによってドリフト等の誤差要因を排除した。

キーワード：光ファイバ BOTDR ブリルアン散乱光 ひずみ ひび割れ

連絡先：〒108-8548 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

3. 実験および考察

1) 局所ひび割れの検知：局所ひび割れの検知方法は、ひび割れ発生直前に計測したひずみ分布からひび割れ発生後に計測したひずみ分布を差し引くことによって行うこととした。したがって、ひび割れ発生に伴うひずみ増加量のみの成分を図3に示すように検出することができる。ただし、ひび割れ発生前と後では実験上負荷が多少異なるため、ひび割れが入っていない段階のひずみを完全にゼロにすることはできないが、今回の実験ではほぼゼロとなっていることが確認されている。

2) 実験結果：1)を踏まえ、ひび割れ発生時のひずみ増加分を算出した。まず図4にかしまし間隔20cmのセンサを取り付けた結果を示す。供試体には14kN～16kNの間で初期ひび割れが1本生じ、その発生位置におけるひずみ増加分を検知できていることが図よりわかる。

次に図5にかしまし間隔40cmのセンサを取り付けた結果を示す。供試体には10kN～16kNの間で初期ひび割れが2本生じたが、かしまし間隔20cmの場合と同様にひび割れ発生に伴うひずみ増加を検知できることがわかる。

この検知したBOTDRのひずみ増加量とクラックスケールにより計測したひび割れ幅の検討を行った。ひび割れ幅をひずみに換算し、かしまし間隔内のBOTDRの平均値と比較した。ひび割れ幅の換算方法は以下のようにして行った。

$$\text{かしまし間隔のひずみ} = \Delta L / L$$

$$\Delta L = \text{ひび割れ幅} \quad L = \text{かしまし間隔}$$

図6に示してあるとおり、0.08mm、0.05mmのひび割れ幅の両方ともBOTDRの平均値とほぼ一致していることがわかる。このことから、かしめ部を設けた光ファイバを用いることによって、これまでBOTDRでは検知が不可能であった局所的なひずみやひび割れの検知が可能であることがわかった。また、かしまし間隔80cm、100cmは今回のひずみ量では検知が不可能であったが、ひずみ量が大きくなると検知できると考えられる。

4. まとめ

今回の実験で、改良型センサを用いることでBOTDRにより、局所ひび割れの位置とそのひび割れ幅を評価できることがわかった。今後はそのひび割れの進展に伴うひずみ量の評価について検討する必要がある。

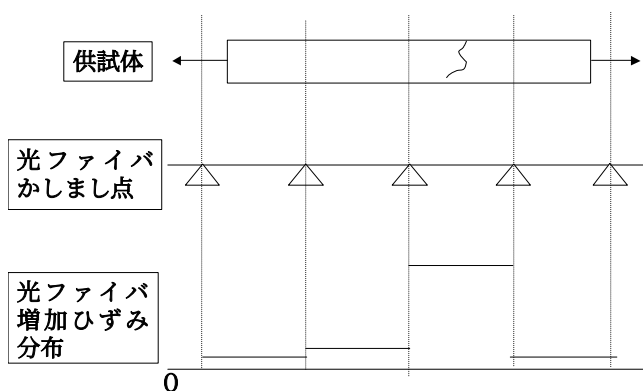


図3 ひずみ増加量の分布例

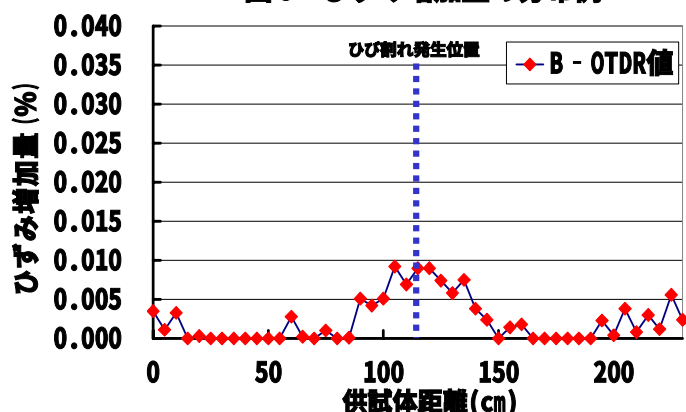


図4 かしまし間隔20cmにおけるひずみ増加量

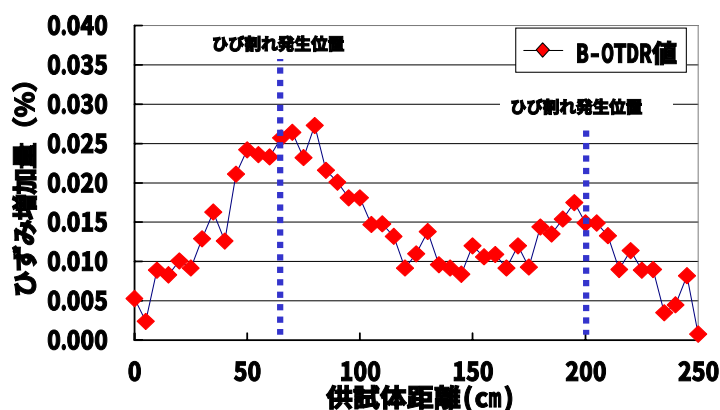


図5 かしまし間隔40cmにおけるひずみ増加量

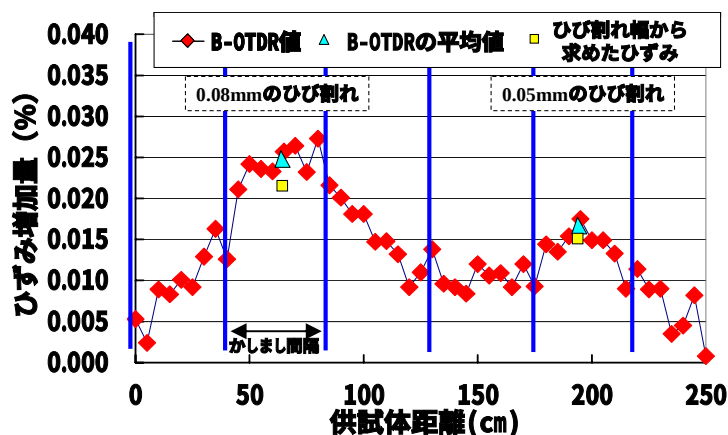


図6 ひび割れ幅との検討（かしまし間隔40cm）