

## 光ファイバセンサーを用いた RC 床版のひび割れモニタリング技術について

(株)ネクスコ東日本エンジニアリング 正会員 ○植田 大輔 正会員 東田 典雅  
北ノ園 久光  
鹿島建設株式会社 正会員 岩井 稔

## 1. はじめに

近年は、社会基盤構造物の損傷・劣化箇所の診断や予測を行う技術として、モニタリング技術が活用・実用化され、構造物の劣化の進行具合を定量的かつ効率的に評価・記録することが取り組まれている。

モニタリング技術の対象橋梁は、床版上面増厚対策の既設床版との界面はく離により、劣化が進行した床版（写真-1）に樹脂注入で対策を実施した橋梁である。モニタリングは床版取替工事開始までの間、緊急時の迅速な対応を可能にする目的で、床版下面のひび割れ進展状況及び床版の抜落ち（段差）について、光ファイバセンサーを用いて監視を実施した。

本稿では、3年1ヵ月間行った①光ファイバセンサーを用いた常時モニタリング（抜落ち監視）、定期モニタリング（ひび割れ進展監視）の概要と実用性に関する報告、②光ファイバモニタリングを通じての問題点と改善策について報告する。



写真-1 床版下面の劣化状況

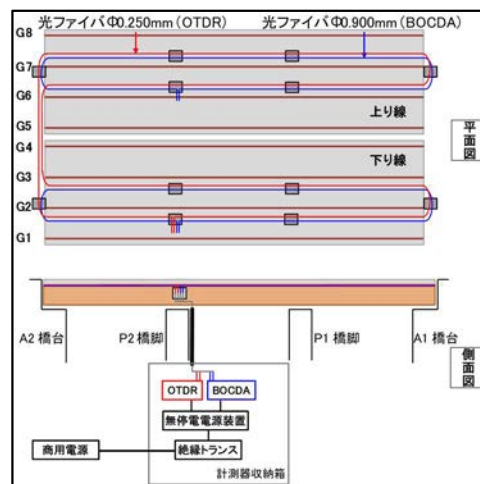


図-1 光ファイバの設置状況

## 2. 光ファイバによる RC 床版モニタリング技術の概要

本橋の床版下面には、図-1に示すとおり2種類の光ファイバを並行に設置し、RC床版の抜落ち監視（OTDR方式）やひび割れ進展監視（BOCDA方式）を行った。

## 2. 1 OTDR方式

光ファイバセンサーを用いた常時モニタリング（抜落ち監視）では、床版下面のひび割れ部分の鉛直方向のずれ（抜落ち）の有無を常時監視する方法としてOTDR方式（φ0.250mm）を採用した。

図-2に示すとおり、OTDR方式によるひび割れ段差の常時監視では、パルス光を光ファイバに入射することで、散乱光の帰還時間からその発生位置を、光ファイバの曲げや破断によって生じる光の透過量の変化（損失）を捉えることで、床版抜落ちの兆候であるひび割れ段差の発生を検知し、現地の計測システムから警報メールを発するものとした。

（図-3）

ひび割れ段差の常時監視は、床版抜落ちの兆候として、押抜きせん断によりひび割れ部に段差が生じることが想定されることから、事前に室内試験で1.0mmの段差発生で光ファイバが切断することを、写真-2の試験装置を作成し確認した。

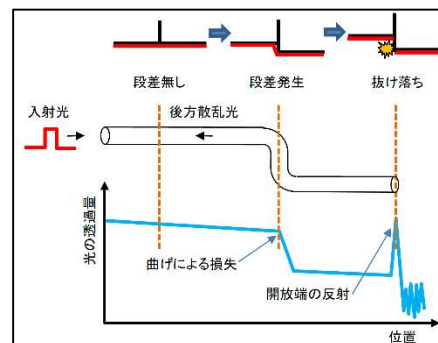


図-2 床版抜落ち兆候のイメージ

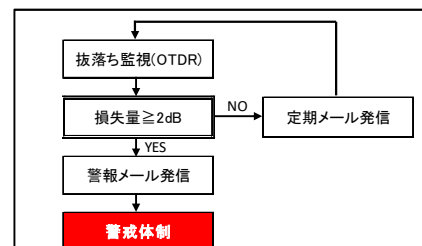


図-3 OTDR計測システム方法

キーワード 光ファイバ, モニタリング技術, RC床版, OTDR, BOCDA

連絡先 〒116-0014 東京都荒川区東日暮里5-7-18 (株)ネクスコ東日本エンジニアリング

## 2. 2 BOCDA 方式

光ファイバの破断までは至らずとも、劣化が進行していることを光ファイバに生じたひずみから定量的に計測する方法として、BOCDA方式（φ0.900mm）を採用した。

本橋のひび割れ進展監視は、初回計測値からのひずみの増分の有無によりひび割れの発生・進展有無の評価を行うため、月1回の定期計測を実施した。ひび割れ進展と判断された箇所数の経時変化を図-4に示す。なお今回のモニタリングでは、引張ひずみが $500 \times 10^{-6}$ （ひび割れ幅0.025mm）以上となる箇所をひび割れ進展箇所と判断した。

## 3. モニタリング技術による現場の課題

光ファイバ（φ0.250mm）の破断前0.6mm程度の鉛直方向のずれ（光の損失量 $\geq 2.0$ dB）を計測した際に、床版抜落ちの兆候として警報メールを発信するように設定し、RC床版の異常を常時監視した。

しかしながら、人為的な接触等により抜落ち監視用の光ファイバが破断する事象が発生し、光ファイバの復旧作業に約5日間を要し、RC床版の遠隔モニタリングを中断せざるを得なかった。

そのため、異常時においても継続的に遠隔モニタリングを実現するために、既設床版下面に並行設置しているBOCDA方式（φ0.900mm）の光ファイバを利用して、常時モニタリング（抜落ち監視）のバックアップ計測が可能であるか検討を行った。

## 4. 課題に対する改善方法

### 4. 1 室内試験による検証

事前確認の結果からφ0.250mmの光ファイバは1.0mmの段差発生で破断し、φ0.900mmの光ファイバは破断しないことを確認していたが、異常検出される変位量が不明確であったため、追加の室内試験を行い、現場の問題点を改善するために必要な検証を実施した。室内試験では、写真-2の試験装置と同様に強制的にせん断力を生じさせ、スライド量0.01mmごとの光の変化（損失）量を記録した。光ファイバφ0.900mmの室内試験結果（図-5）より、鉛直方向の変位量が0.5mmを超えた時に光の変化（損失）量が発生することが確認されたことから、φ0.250mmが約1.0mmの変位量で破断した際に、φ0.900mmで継続的に段差発生を検出が可能であることを確認した。

### 4. 2 現地橋梁への改善策の適用

検証結果より現地設置済みのφ0.900mmの光ファイバに対して、OTDR計測システムを1台追加設置し、常時モニタリング（抜落ち監視）のバックアップ計測として改良した。これによりφ0.250mmの光ファイバが破断した際にも、継続的に常時監視を行うことが可能となった。

## 5. まとめ

約3年間のモニタリングにより、①常時モニタリング（抜落ち監視）で異常検知が発生した場合、警報メールにより速やかな現場対応が可能であること、②定期モニタリング（ひび割れ進展監視）により、ひび割れの発生位置及び進展状況を確認できること、③上述した改善結果から、フェールセーフ機能を付加することで、破断事象が発生しても継続して遠隔モニタリングが可能であることが確認できた。以上のことからRC床版のひび割れモニタリング技術として、光ファイバセンサーを活用することの有効性を確認することができた。

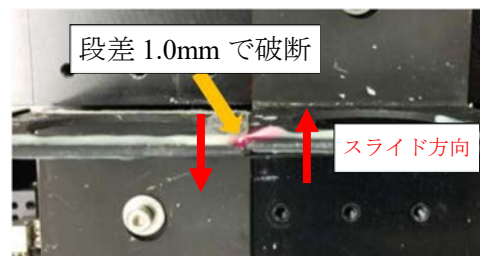


写真-2 室内試験結果

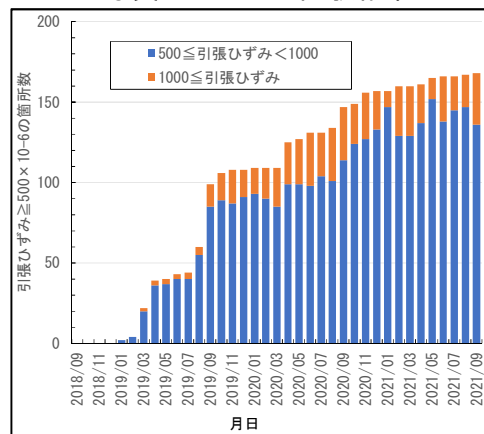


図-4 ひび割れ箇所数の経時変化

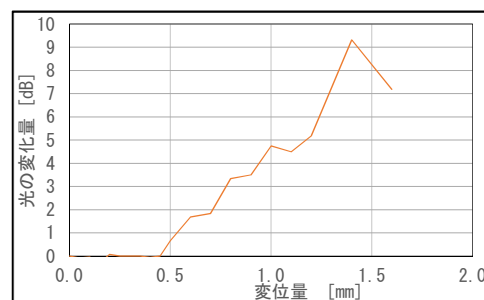


図-5 室内試験結果 (φ0.900mm)