

VI-341

コンクリート桁を用いたOTDRによるひずみ測定に関する基礎実験と考察

計測技販(株)	正員	須田 修司
計測技販(株)	正員	後藤 雪夫
北海道開発局開発土木研究所	正員	中井 健司
北海道開発局開発土木研究所	正員	日下部祐基

1. はじめに

コンクリート構造物が地震や経年劣化等による原因で、健全性・耐久性が損なわれた場合、その損傷場所およびその変状の程度を、的確に捉えることが出来れば、補修または維持管理が早期に可能となり、構造物自体の安全性・信頼性を大きく向上させることができる。従来、コンクリート構造物の変状の程度・進展を監視するための手法として、ひずみ計等の電気的なセンサによる変状の計測が一般的である。しかし、これらは構造物全体の変状を連続的に把握するためには多くのセンサを必要とし、構造物全体の診断には至らず、広範囲で連続的な監視はきわめて困難であった。近年、光ファイバ自体をセンサとしたひずみ・損失型OTDR(1)を用いる分布型光ファイバセンサが注目されている。この分布型光ファイバセンサは、長距離で連続的なひずみ計測が可能という利点がある。本論では、この利点を生かし、コンクリート構造物の連続的な監視手段として考え、コンクリート桁の基礎的な曲げ実験を行ったので、結果と今後の課題を述べる。

2. 分布型光ファイバセンサの測定原理

ひずみ・損失統合型OTDR(1)は、光ファイバの長さ方向に発生したひずみを連続的に測定できる。従って、本測定器を利用することにより、構造物と光ファイバを一体化し、構造物に発生したひずみを光ファイバを介して測定できる。図1に、ひずみ・損失統合型OTDRの基本構成を示す。ひずみ測定では、光ファイバ中のブリルアン散乱光の周波数が光ファイバの長さ方向のひずみに比例して変化するという特性を利用している。

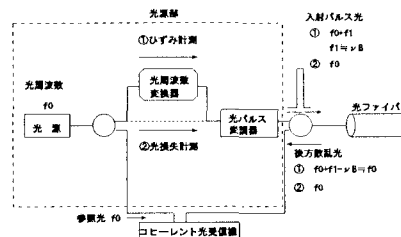


図1 ひずみ・損失統合型OTDRの基本構成

3. 実験概要

コンクリート桁の変状を、光ファイバ及びひずみ・損失統合型OTDRを利用した測定の実用性を検証するため、弾性変形領域における比較的微小なひずみ計測と、弾性変形領域外における比較的大きなひずみ計測とで定量的な評価を目的とした実験を行った。図2にコンクリート桁を用いた曲げ実験要領を、図3にコンクリート桁の断面図を示す。実験は、コンクリート桁(横0.4m×高さ0.5m×長さ10m)表面の長さ方向に光ファイバを貼付し、コンクリート桁中央に重さ4t及び12tのWeightを載荷させ、桁に発生するひずみを光ファイバとひずみ・損失統合型OTDRを用いて測定した。同時にひずみゲージを設置し、光ファイバで測定したひずみ値との比較を行った。実験に使用した光ファイバは、光通信に使用されている4芯テープ心線と、ナイロン心線を鉄線と並行に被覆した光ファイバで行った。その光ファイバを、それぞれコンクリート梁の上面及び下面の長さ方向に貼付した。また、ひずみゲージは、コンクリート桁内の鉄筋に1m間隔で設置した。

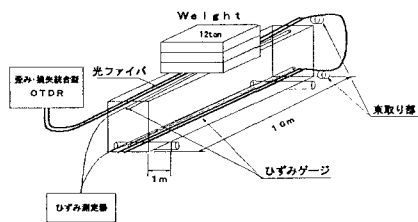


図2 コンクリート梁曲げ試験

コンクリート桁(横0.4m×高さ0.5m×長さ10m)表面の長さ方向に光ファイバを貼付し、コンクリート桁中央に重さ4t及び12tのWeightを載荷させ、桁に発生するひずみを光ファイバとひずみ・損失統合型OTDRを用いて測定した。同時にひずみゲージを設置し、光ファイバで測定したひずみ値との比較を行った。実験に使用した光ファイバは、光通信に使用されている4芯テープ心線と、ナイロン心線を鉄線と並行に被覆した光ファイバで行った。その光ファイバを、それぞれコンクリート梁の上面及び下面の長さ方向に貼付した。また、ひずみゲージは、コンクリート桁内の鉄筋に1m間隔で設置した。

キーワード：OTDR、ひずみ測定、コンクリート桁曲げ試験

〒065-0020 札幌市東区北20条東15丁目3-1 TEL(011)731-2489 FAX(011)731-2469

4 実験結果と考察

コンクリート桁を用いた曲げ試験結果の一例を挙げる。4心テープ心線の光ファイバによる弾性変形領域内でのひずみ測定結果を図4に、弾性変形領域外でのひずみ測定結果を図5に示す。また、ナイロン心線鉄線入り被覆の光ファイバによる弾性変形領域内でのひずみ測定結果を図6に、弾性変形領域外でのひずみ測定結果を図7に示す。

図中の■および●がコンクリート桁における下側（■）、および上側（●）の鉄筋に1m間隔で貼付したひずみゲージによる各ポイント毎のひずみの測定結果であり、点線および実線がコンクリート桁の上面および下面に貼付した光ファイバによるひずみ分布測定結果である。図4～7の結果より、光ファイバの連続的なひずみ分布の測定結果とひずみゲージの各位置での測定結果を比較すると、弾性変形領域内（図4、図6）、弾性変形領域外（図5、図7）、ともに、多少のバラツキはみられるが、ほぼ同様の分布傾向が確認できた。また、4心テープ心線の光ファイバとナイロン心線鉄線入り被覆の光ファイバの種類の違いによる、ひずみ追従性の違いは見られなかった。

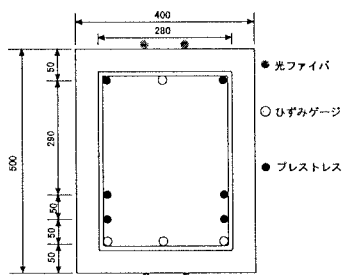


図3 コンクリート梁断面

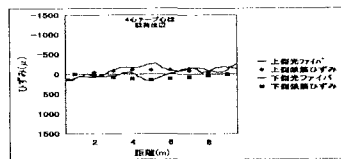


図4 弾性変形領域内(荷重4t)ひずみ分布図

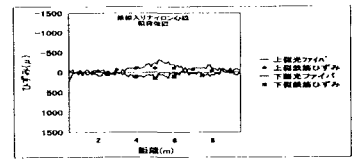


図5 弾性変形領域内(荷重4t)ひずみ分布図

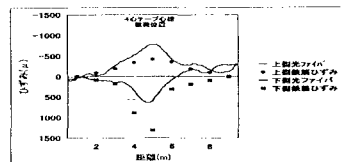


図6 弾性変形領域外(荷重12t)ひずみ分布図

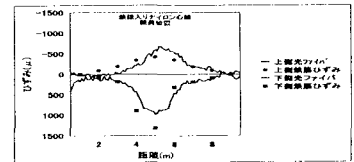


図7 弾性変形領域外(荷重12t)ひずみ分布図

5. まとめ

ひずみ・損失統合型OTDRを用いた、コンクリート構造物変状監視のためのモデル実験として、コンクリート桁曲げ試験を行った。実験では、コンクリート桁内部の鉄筋に点検するひずみゲージの値と、コンクリート桁の長さ方向の表面に貼付した光ファイバのひずみ測定値の比較を行った。また、実験には細径の光ファイバ（4心テープ心線）と、被覆が厚くさらに鉄線が被覆内に入っている光ファイバ（ナイロン心線）の違いを比較した。その結果、光ファイバの長さ方向のひずみ分布と、各点におけるひずみゲージのひずみ測定値には、同様なひずみ分布傾向があることがわかった。また、光ファイバの種類の違いによるひずみ測定値の違いはあまりみられなかった。

以上のことから、コンクリート構造物におけるひずみ分布測定の手法として、ひずみ・損失統合型OTDRを用いた光ファイバのひずみ分布測定が有効であることがわかる。

今後は、様々なコンクリート構造物に適応できる光ファイバの開発と施工方法の確立を目指し、研究開発を進めていき、ひずみ・損失統合型OTDRを用いた光ファイバによるひずみ測定を一つの手段として、ひずみゲージやその他の点検型センサとともに、互いの長所を生かしたコンクリート構造物変状監視システムの構築を目指していきたい。

参考文献

- 1) 倉嶋利雄：片端から非破壊で光ファイバの歪み・損失を測定 N T T技術ジャーナル、1997. 6
- 2) 倉嶋利雄、田中邦昭、薄 知規：光ファイバ歪みセンサを用いた構造物歪み測定法の提案、地盤工学会北海道支部技術報告集、第37号、P41～46、1997. 2
- 3) 倉嶋利雄、佐藤昌志：光ファイバを用いた構造物のひずみ分布計測、土木学会誌、P18～20、1997. 12
- 4) 倉嶋利雄、薄 知規、田中邦昭、佐藤昌志、加賀谷芳之：光ファイバセンサを用いたコンクリート構造物の歪み分布測定、応用物理学会、光波センシング技術学会、LTS19-4、P23～29、1997. 5