

光ファイバを用いたコンクリートのひび割れ検知に関する実験研究

構造研究室 石嶺真作

1. はじめに

沖縄県内のコンクリート橋では塩害による鉄筋中の PC 鋼線の腐食膨張により生じるひび割れ対策が重要であり、そのひび割れの早期検知および進展モニタリングの技術が求められている。そのモニタリング技術として、耐候性が高い、高感度の光ファイバを用いる方法がある。

本研究では、光ファイバセンサを使用した、塩害橋梁の異常検知モニタリングを目的として、光ファイバの検知能力の検証実験を行った。その結果について報告する。

2. 光ファイバセンサについて

光ファイバセンサは、図 1 に示す FBG センサを用いた。FBG センサの原理は、光ファイバ内に導入された複数の格子に反射する光の波長を利用し、外力によりひずみが生じると格子の間隔が伸び、その格子から反射する光の波長変化より、ひずみを算出する技術である。反射光の波長の変化とひずみの関係式は下の式で求めることができる。

$$\Delta \lambda_B = \lambda_B (1 - \rho_e) \epsilon$$

ここで、 λ_B は反射波長 (nm)、 $\Delta \lambda_B$ はひずみ発生による反射波長の変化による波長のシフト量 (nm)、 ρ_e は光ファイバの光弾性係数、 ϵ はひずみ ($\mu\epsilon$) を表している。

3. 実験方法

実験は、FBG センサによる静的引張実験、曲げ実験、疲労実験で発生するひび割れの検知の検証を目的として行った。図 2 に引張試験で使用したコンクリート補強鋼材試験体、図 3 に曲げ試験で使用したコンクリート梁を示す。FBG センサは、どこに発生するか分からないひび割れの検知と、ある程度の領域内に発生するひび割れを検知することを目的に、図 2、図 3 に示すように 200 mm ~ 300 mm 離れた固定治具間の平均ひずみを測定した。固定治具には IC ロックを用いた。その IC ロック間に張力を導入する側線を使用し、FBG センサは側線上に接着した。光ひずみ計の測定に使用する FBG アナライザ si425 を



写真1. 塩害によるコンクリート橋のひび割れ

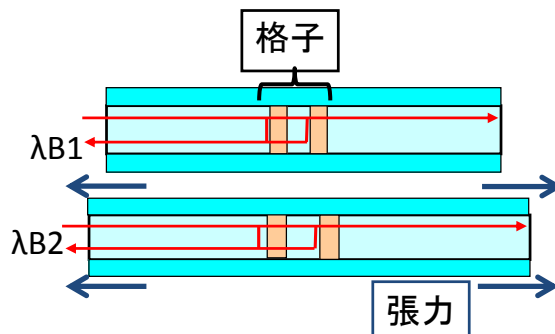


図1. FBG センサの内部構造

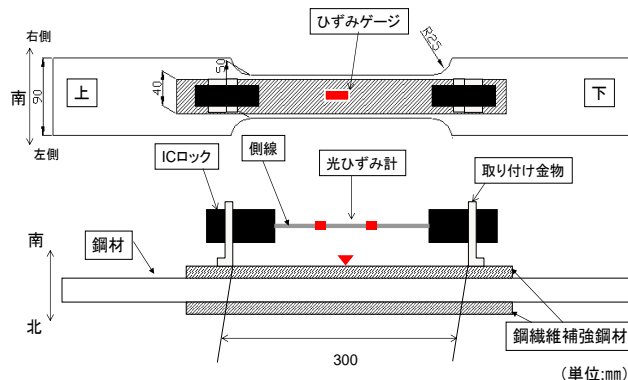


図2. 引張実験試験体

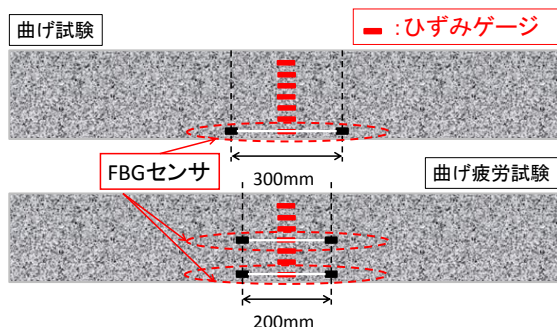


図3. 曲げ実験試験体

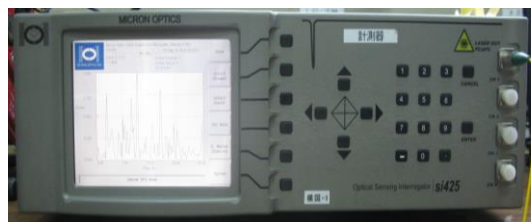


写真3. 使用したFBGアナライザ (si425)

写真 3 に示す。今回の実験で FBG センサは、静的載荷実験:125Hz 疲労試験:25Hz でデータを保存した。

4. 実験結果

【引張実験】

実験結果を図 4 に示す。電気式ひずみゲージ、FBG センサ共にひずみ 200 μ 付近で発生したひずみを感知しており、電気式ひずみゲージは発生したひび割れの影響により、計測ひずみ値の信頼性が著しく低下しており、計測不能となった。FBG センサは、ひび割れの影響によりひずみの値に乱れが生じ、ピーク時には約 750 μ まで上昇。除荷に伴いひずみの値も低下、最終的に約 50 μ の残留ひずみが発生。

【引張疲労実験】

試験結果を図 5 に示す。約 23 万回振幅付近にて、ひび割れの発生、進展の影響と思われるひずみの値の乱れが生じ、発生後のひずみの値は発生前と比べて減少、不規則な動きとなっている。

【静的曲げ実験】

試験結果を図 6 に示す。10kN 載荷時にコンクリート梁にひび割れが発生しており、FBG センサ、電気式ひずみゲージ共にひび割れを検知している。FBG センサは固定治具区間の平均ひずみを計測しているため計測区間内のひび割れが開くことにより、ひずみの値が増加している。以上の原因により、FBG センサと電気式ひずみゲージのひずみの値に差異が生じたと考えられる。

【曲げ疲労実験】

試験結果を図 7 に示す。約 11 万回振幅にてひび割れの進展と思われるひずみの動きが満たれた。発生前ではひずみのグラフは規則的に動いているが、発生後はひずみの値は低下している。

5. 結論

引張実験、疲労実験の結果より FBG センサでの引張によるひび割れの発生、進展の検知が可能であると分かった。静的曲げ実験、曲げ疲労実験の結果より FBG センサでの曲げによるひび割れの発生、進展の検知が可能であることが分かった。以上の結果より、FBG センサを用いたコンクリートのひび割れの検知、進展モニタリングは可能であると言える。

現在、実際の橋梁に FBG センサを設置して計測を

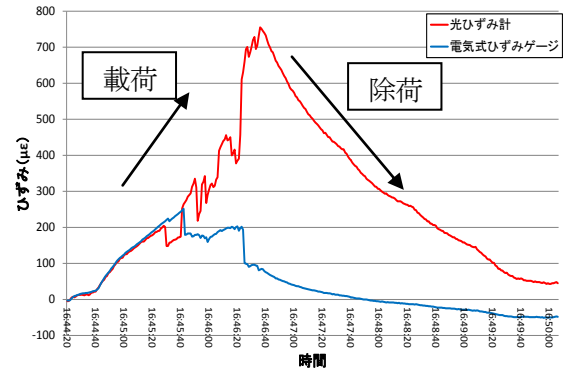


図 4. 引張実験結果

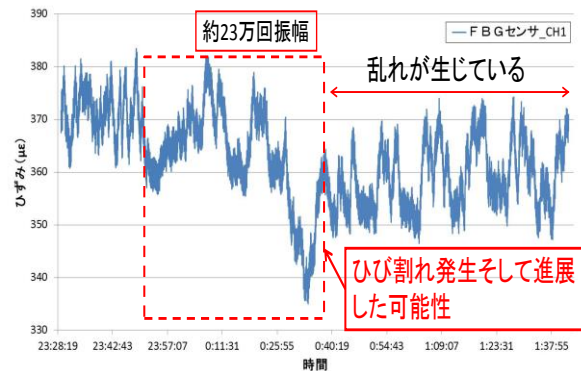


図 5. 引張疲労実験結果

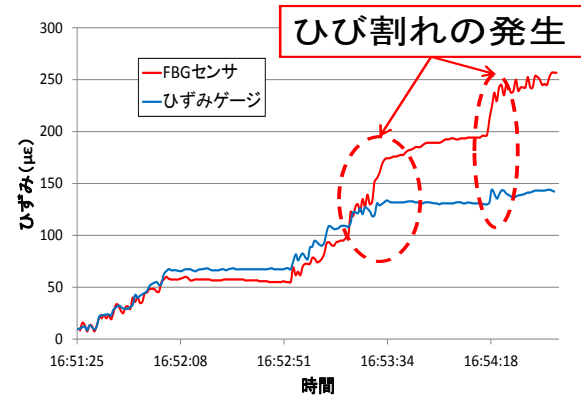


図 6. 曲げ実験

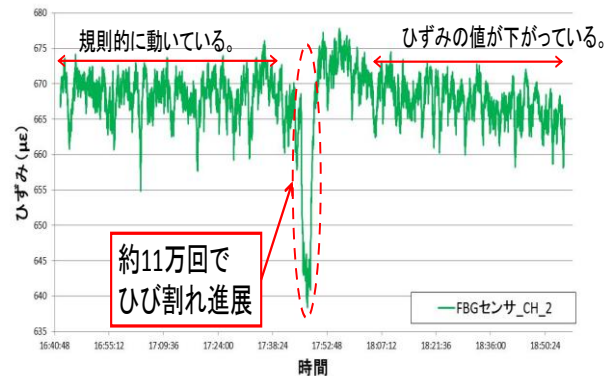


図 7. 曲げ疲労実験

行いデータ解析中である。