

I - A256

光ファイバセンサによる鉄筋コンクリート構造のモニタリングに関する研究

北見工業大学 F 会員 大島俊之 北見工業大学 会 員 山崎智之
 北見工業大学 会 員 三上修一 防 衛 庁 今野政則
 島田建設(株) 会 員 村田陽一

1. はじめに

構造物の安全性、信頼性を高める目的で、新しいセンサやアクチュエータ等を組み合わせたインテリジェント構造システムに関する研究が行われている。重要な構造物に対しては構造物を随時監視していち早く損傷の発生・程度を知ることが重要である。新しいセンサとしては光ファイバ、圧電材料および誘電粒子などの新材料を用いて従来測定できなかった構造部材内部の情報を取り出しすことが試みられている。この中で光ファイバセンサは電源部が不要であるため機械的故障が少なく、経年変化が極めて少ないことから構造物のインテリジェント化のセンサとして注目されている。この光ファイバのうちインテリジェント化に有効な測定方法として（１）透過光量を測定して損傷程度を評価する（２）干渉光強度を測定してひずみ測定を行うなどが検討されている。^{1),2)} 本研究では、鉄筋コンクリート中に干渉光強度測定型のセンサを埋め込みその測定性能について検討を行う。実験では鉄筋コンクリートの曲げひび割れ発生後の鉄筋周辺の付着コンクリートのひずみ変化を検討する。

2. 測定システム概要

本研究で用いる光ファイバセンサを用いた測定システムは、図 1 に示すような構成である。本システムでは測定結果の処理、表示はパーソナルコンピュータ側で処理し記録する構成になっているため測定器本体

(AFSS-PC、F&S 社製) は小型軽量化されている。この測定装置では、ひずみ、絶対変位、相対変位が測定できる。EFPI (Extrinsic Fabry-Perot Interfero-metric) センサ部は図 1 の Sensor Head の拡大図に示す構造をしている。センサの内部はレーザ光線伝播用と反射用の光ファイバが隙間 S で作製され

ており、隙間 S とゲージ長 L (Gage Length) はセンサ固有の値として事前に測定されている。測定器ではこの隙間 S の変化を測定することになる。レーザ光線は図中の R1 と R2 の反射光線を測定器側に返すことになる。測定器はセンサにレーザ光線を入力しその強度と測定範囲を調節する機能を有しており、センサからの反射レーザ光線はカプラを通して検出器 (DETECTOR) で信号を分離する。センサからの反射波は図 1 のセンサ頭部の拡大図に示すように R1 と R2 の信号が含まれる。この信号は AD 変換されコンピュータで処理され、反射波 R1 と R2 強度の変化や到達時間の変化を周波数領域で測定する。測定機 AFSS の仕様は変位測定範囲 30 から 300 μm 、ひずみ測定範囲 10%、変位測定解像度 5nm、ひずみ解像度 1 μStrain で、最大 5 Hz のサンプリング周期を持つ。この測定機の特徴として 1 μStrain の精度で 10% の大ひずみまで追従できるところにある。EFPI センサの直径は 350 μm と小さく、光ファイバの直径はさらに小さく約 100 μm 程

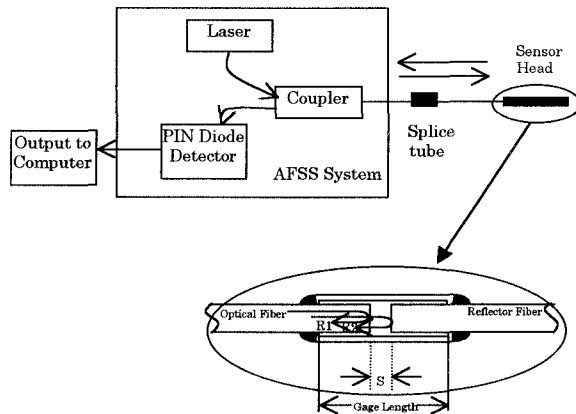


図 1 測定システムと EFPI センサ

Keywords: Intelligent Structure, Monitoring System, Optical Fiber Sensor

連絡先: 〒090-8507 北海道北見市公園町 165 TEL.0157-26-9476 FAX.0157-23-9408

度であり、使用温度範囲は-270℃～750℃まで広範囲にわたって使用することができる。

3. 実験概要

供試体は図2に示すような寸法 150×150×530mm の直方体で、図のように D13 の鉄筋を 2 本かぶり 30mm で配置し、コンクリートの代わりにモルタルを用いて二つの供試体（供試体 A と供試体 B）を作製した。この供試体を用いて曲げ試験を行い、引張り側に発生する曲げひび割れ発生位置での鉄筋のひずみと付着コンクリートのひずみ分布を測定する。鉄筋を配置した引張り側のモルタルには高さ 10mm の切り欠きを設けてこの位置からひび割れが発生しやすいように誘導している。実験は、JISA1106 の曲げ強度試験の要領で行った。光ファイバセンサは図2の右の丸の中に示すように鉄筋中央部下側に EFPI センサ 1 および 2 のをエポキシ系の接着剤で貼り付けた。ここでセンサ 2 は鉄筋に直接張り付け、その上にセメントペーストを約 4mm 重ねさらにセンサ 1 を貼り付けた。さらに鉄筋には 1～5 の数字で示す位置にひずみゲージを貼り付けた。またひずみゲージは表面を防水材で防水した。圧縮側のコンクリート表面中央には鉄筋の真上位置（図中の 6、7 番に対応する位置）にひずみゲージを貼り付けた。静的載荷実験は 5kN 刻みで 100 kN まで測定を行い、曲げひび割れの発生状況を観察した。

4. 測定結果

図3は供試体 B の切欠き周辺の曲げひび割れの発生状況図である。実験の結果 20kN で最初の曲げひび割れが切欠き先端から発生し、光ファイバセンサ位置を通過して 30kN で曲げひび割れは完全に鉄筋を通過している。図4はこのとき測定されたゲージ 7 と 2 のひずみとセンサ 1 のひずみを比較した図である。圧縮側のひずみゲージ 7 も鉄筋に貼り付けたゲージ 2 もひずみはほぼ直線的に増加している。モルタルの引張り強度は約 41kgf/cm² であるから、引張り強度は 20kN から 30kN の間にあり初期ひび割れ発生荷重とほぼ一致している。センサ 1 のひずみは約 45kN まではほぼ直線的に増加しているがその後はひずみの増加は止まっていることがわかる。

図3は供試体 B の切欠き周辺の曲げひび割れの発生状況図である。実験の結果 20kN で最初の曲げひび割れが切欠き先端から発生し、光ファイバセンサ位置を通過して 30kN で曲げひび割れは完全に鉄筋を通過している。図4はこのとき測定されたゲージ 7 と 2 のひずみとセンサ 1 のひずみを比較した図である。圧縮側のひずみゲージ 7 も鉄筋に貼り付けたゲージ 2 もひずみはほぼ直線的に増加している。モルタルの引張り強度は約 41kgf/cm² であるから、引張り強度は 20kN から 30kN の間にあり初期ひび割れ発生荷重とほぼ一致している。センサ 1 のひずみは約 45kN まではほぼ直線的に増加しているがその後はひずみの増加は止まっていることがわかる。

5. まとめ

本研究では、構造物の信頼性を高めるためのモニタリング用センサの特性を検証するため、鉄筋コンクリート中に光ファイバセンサを埋め込みその測定性能について検討を行った。なお、本研究は平成 9 年度文部省科学研究費基盤研究(C)の補助を受けて実施した研究の一部をまとめたものである。

参考文献

- 1) 座古、裏垣ら：光ファイバを用いた構造物の信頼性支援に関する研究、日本機械学会シンポジウム講演論文集、pp.125-129、1994.7.
- 2) 大島ら：橋梁振動のモニタリングによる Intelligent Bridge の提案、橋梁交通振動に関するコロキウム、PARTB、pp.221-226、1995.

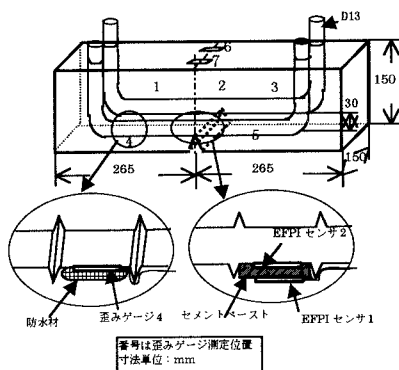


図2 供試体とセンサの配置

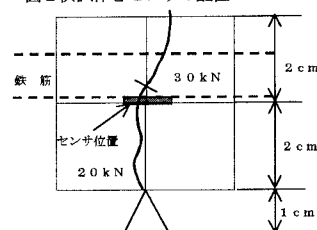


図3 切欠き部に発生したクラックとセンサ

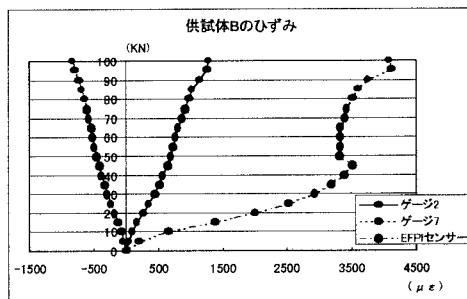


図4 供試体 B のひずみの比較（支間中央）