光ファイバセンサを応用した傾斜振動計の開発

横浜国立大学　学生会員　○棚橋　涼　横浜国立大学大学院　正会員　佐々木　栄一
横浜国立大学大学院　フェロー会員　山田　均　横浜国立大学大学院　正会員　勝地　弘
NTT データ　正会員　石川　裕治　NTT データ　正会員　宮崎　早苗

１．はじめに

現在，世界的に橋梁の維持管理が重要視されている．しかし，現状としては膨大な手間と費用を必要とし，また，センサトラブルなどによる耐久性の問題がある．そこで，本研究では，より効率の良いモニタリングシステムを開発するために，傾斜振動計の提案を行うとともに，その特性検証を行った．この傾斜振動計の大きな特徴として，FBG（Fiber Bragg Grating）と呼ばれる光ファイバを使用することによって，耐久性の向上をはかり長期間のモニタリングを可能とした．さらに新しいコンセプトとして橋梁の傾斜振動に着目することで，少数点での三次元挙動の把握が可能となり，センサの数を減らし，安価なシステムを開発することができると考えられる．

２．FBG 傾斜振動計の提案

本研究では，図１のような傾斜振動計を提案した．この傾斜振動計では，傾斜によっておもりが左右にふれ，FBG ひずみセンサ部分にひずみが生じる構造となっており，発生したひずみによって，光の波長（Bragg 波長）が変化し，その変化分を計測することで，傾斜を把握する．ただ，FBG センサの特性として温度依存性があり，温度補償を行うために，このセンサ自体の温度特性の検証が必要となる．本研究では，温度特性の検証を行った上で，さらに，振動に対して傾斜振動計がどのように反応するかを検証するため，動特性に関する実験を実施した．

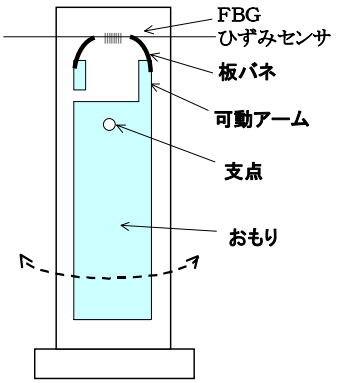

図１　傾斜振動計の構造

３．温度特性の検証

提案した傾斜振動計の温度特性検証のため，温度変化を伴う傾斜振動計を恒温槽に入れ，光の波長の変化を測定した（図２）．測定は－14℃から 64℃まで 10℃ごとに行った．温度に対して波長が変化することで，計測中に仮想の傾斜の発生が考えられるが，図３のように，温度と波長変化の関係がほぼ線形で得られたので，温度補償が可能であるといえる．

図２　温度特性実験状況

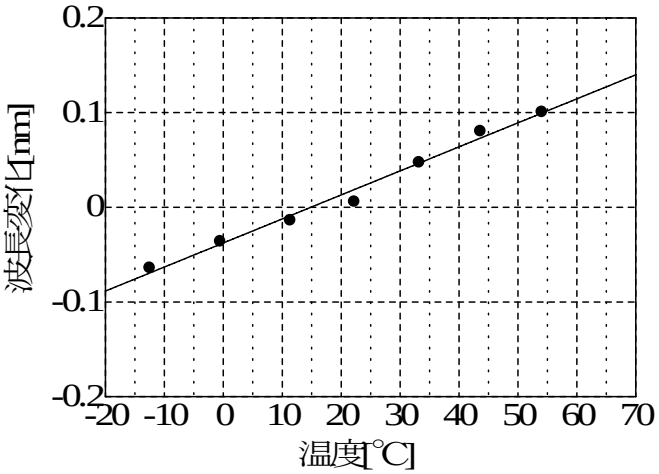

図３　温度特性実験結果

キーワード　橋梁，モニタリング，光ファイバ，振動計
連絡先　〒240-8501　横浜市保土ヶ谷区常盤台 79-5 橋と自然研究室　ＴＥＬ045-339-4041

４．動特性の検証

提案した傾斜振動計の動特性の検証のため，まず，振動をシミュレートするための振動台を独自に構築した．この振動台は２つのアクチュエーターを使用し，同時に同位相で作動させることで上下振動を，逆位相で作動させることで傾斜振動を再現することができる．

実験では，構築した振動台を用いて，2Hz，3Hz，4Hz，5Hz の上下振動，傾斜振動それぞれにおける傾斜振動計の反応を計測し，FFT 解析等の検討を行った．その結果，傾斜振動に対して振動周波数に呼応し適確に反応していることが明らかとなった(図５，８)．一方，上下振動に対しては非常に小さな反応を示すことがわかった(図４，７)．すなわち，上下振動を伴った場合でも傾斜振動を捉えることが可能である．また，FFT 解析の結果，図６，９からわかるように傾斜振動の卓越周波数を他の微小振動から分離することが可能である．

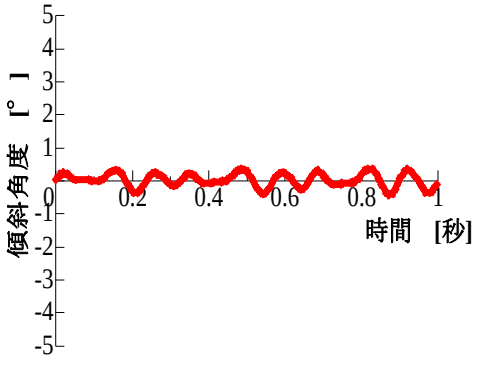

図４　上下振動に対する反応（３Hz）

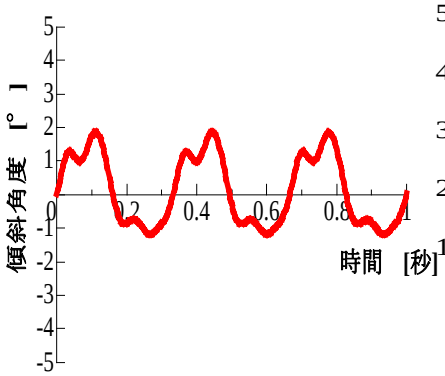

図５　傾斜振動に対する反応（３Hz）

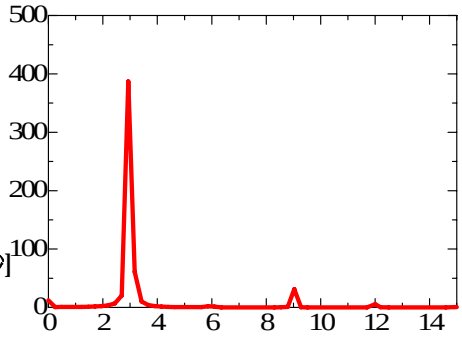

図６　傾斜振動に対する反応の FFT 解析（３Hz）

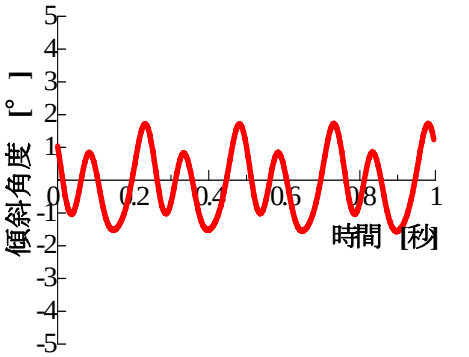

図７ 上下振動に対する反応（4Hz）

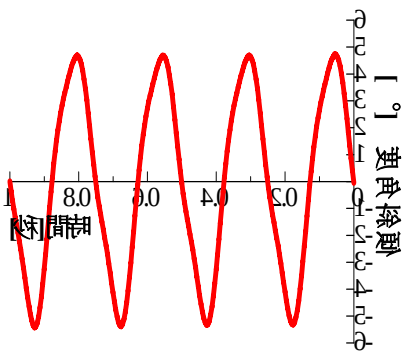

図８ 傾斜振動に対する反応（4Hz）

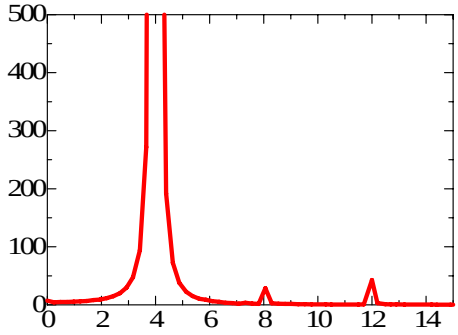

図９ 傾斜振動に対する反応の FFT 解析（4Hz）

５．結論

本研究では，FBG 傾斜振動計の提案を行うとともに，その特性検証を行った．その温度特性として，温度と波長変化の関係がほぼ線形であることから，温度補償が可能である．また動特性に関しては，傾斜振動の周波数に呼応して反応することができ，動的に傾斜を計測することが可能である．本研究では，傾斜振動計を実際の橋梁で使用することを考え，小型化を試みている．

今後，小型化した傾斜振動計の開発を進めるとともに，実際の橋梁で提案した傾斜振動計を使用したモニタリングを行い適用性の検証を行う予定である．

参考文献

1) 三木千壽，水ノ上俊雄，小林裕介：光通信網を使用した鋼橋梁の健全度評価モニタリングシステム，土木学会論文集，No. 686/VI-52，2001 年 9 月号，pp. 31-40.

2) 三木千壽，鈴木啓悟，加納隆史，佐々木栄一，石田稔，高森博之：鋼床版の疲労への SFRC 舗装による予防補強とその健全性モニタリング，土木学会論文集（投稿中）