ロングゲージ FBG センサの分布化による微小ひずみ測定技術に関する研究

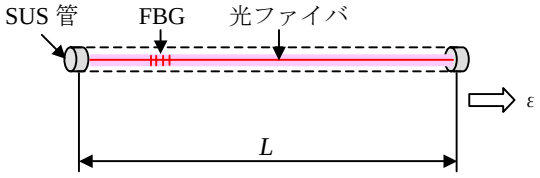
茨城大学　学生会員　○渡辺　匠
茨城大学　正会員　呉　智深
茨城大学　非会員　李　素貞

1. はじめに

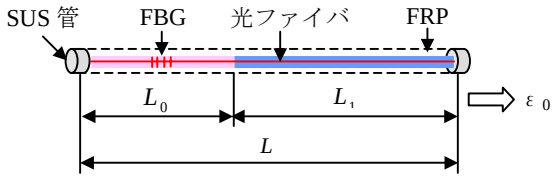
著者らは，光ファイバセンサの一種である点センサの FBG を分布型のセンサにすることを目的として，FBG ロングゲージセンサの開発を進めてきた．本研究では，コンクリートのひび割れの発生および進展を検知するための微小ひずみセンシング手法を提案し，実験的にその有意性を検討する．

2. FBG センサのロングゲージ化方法

FBG はセンサ部分が 10mm 程度の点センサなので，FBG を SUS 管に通し両端支持で接着（パッケージ）することで，管内の光ファイバに一様なひずみが生じるゲージ長：L のロングゲージセンサを開発した（**図－1**）．しかし，この構造であると L を長くするに従い，センシング部分に生じる変位が小さくなり，感度が落ちてしまうという課題があった．そこで今回，管内の光ファイバの一部を FRP で置き換えることで固定（E1≫E0）する構造の，新型ロングゲージセンサを開発した（**図－2**）．つまり ε_0 は ε の L/L_0 倍のひずみを出力するため，L を長くしても L_1 を任意に設定することで高い感度での計測を可能とする．ここで L/L_0 の値を感度係数と呼ぶ．



図－1　従来型ロングゲージセンサ

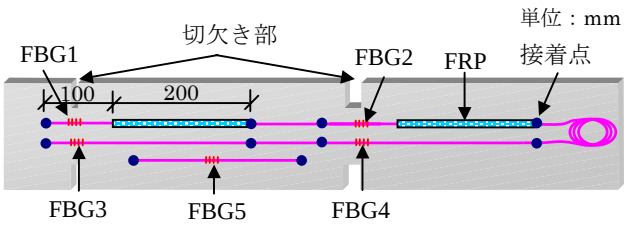


図－2　改良型ロングゲージセンサ

3. 鋼材の引張試験による測定精度や感度の評価

（1）実験方法

改良型ロングゲージセンサの測定感度向上の検証および鋼材の損傷同定を行うため，定点接着によるセンサ 300mm×3 本（感度係数 1），新型ロングゲージセンサ 300×2 本（感度係数 2）を敷設し，鋼材には予め損傷を想定した切欠きを FBG1，3，FBG2，4 に対応した部分に入れて引張試験を行った（**図－3**）．

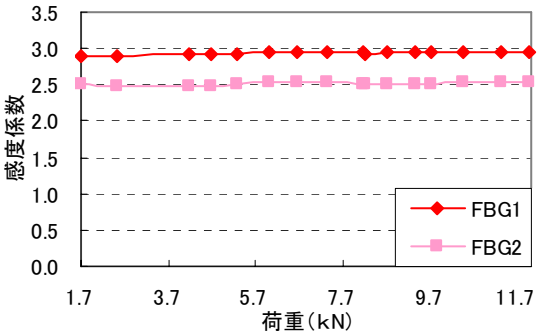


図－3　センサ配置図

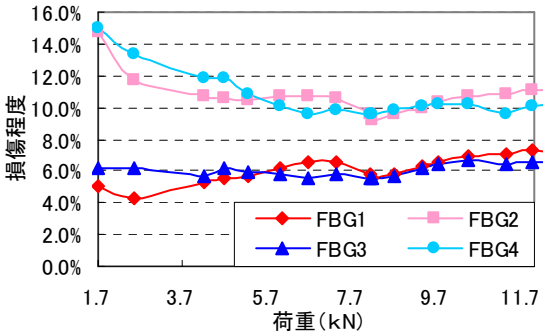
（2）実験結果

図－4 に実験で得られた FBG1，2 の感度係数を示す，理論値 3 に対して，FBG1，2 それぞれの平均値は 2.94，2.51 という値が得られた．FBG2 に誤差が生じているが、明らかな感度向上が確認できた．ここで生じた誤差は，人的作業によるものと考えられ，さらなる改良による感度係数の安定化が必要である．**図－5** にそれぞれのセンサから得られた損傷の程度を示す．FBG1，3 では約 6%，FBG1，2 では約 10%の断面欠損を捉えており，損傷に対応した二つのセンサで近似した値を得ることができた．つまり感度の高まった FBG1，2 でも FBG3，4 同様，損傷同定を行うことが可能であり，実際のモニタリングを行う際，より微小な損傷に対して正確かつ迅速な発見が期待できる．

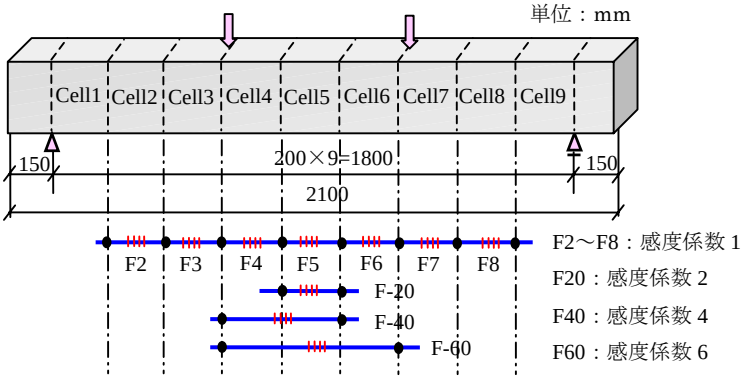
キーワード：光ファイバ，FBG，ロングゲージ化，ヘルスモニタリング，ひずみ測定
連絡先：〒316-8511　茨城県日立市中成沢町 4-12-1　茨城大学工学部都市システム工学科　TEL．0294-38-5247



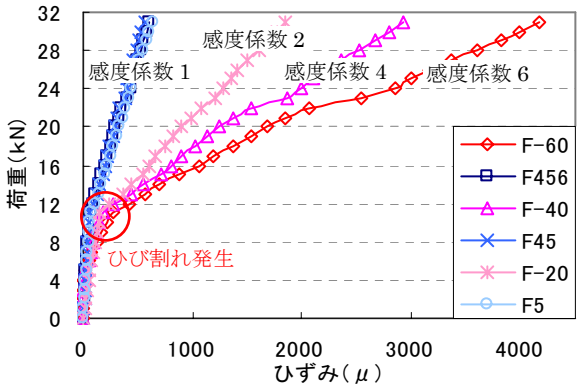
図－4　感度係数



図－5　損傷同定



図－6　供試体概要とセンサ配置状況



図－7　荷重－ひずみ曲線

4.　RC 梁の 4 点曲げ試験におけるひび割れ検知実験

（1）実験方法

改良型ロングゲージセンサが RC 梁に対しても高い感度での計測が可能であることを確認するため，RC 梁供試体の 4 点曲げ試験を行った．

図－6 に供試体の概要とセンサの配置状況を示す．供試体の寸法は長さ 2100mm，幅 150mm，高さ 200mm，支点間長 1800mm であり，ゲージ長 200mm×8 本（感度係数 1），200mm（感度係数 2），400mm（感度係数 4），600mm（感度係数 6）の改良型ロングゲージセンサを 1 本ずつ梁底面に敷設した．

（2）実験結果

図－7 に改良型ロングゲージセンサ（F20～F60）とそのゲージ長に対応した区間の感度係数 1 のセンサ（F4～F6）の平均値を比較した荷重－ひずみ曲線を示す．まず荷重 12 k N 付近で大きなひずみの変化があることから，全てのセンサでひび割れの発生が確認できる．また，感度係数 1 のセンサは非常に類似した波形を示している．一方，改良型ロングゲージセンサは感度係数が高くなるに従い，そのひずみの値も大きくなっている．つまり RC 梁においても改良型ロングゲージセンサの感度向上が確認できたといえる．またひび割れに対して，従来の感度係数 1 のセンサよりも過敏に反応しているため，コンクリートに発生する微小なひび割れの発見が容易となっている．

5.　まとめ

従来型ロングゲージセンサを新たに改良することで，より高い測定感度で従来の鋼材の損傷同定および RC 梁に発生したひび割れの検知性能を落とすことなく，広範囲のモニタリングが可能となったことが実験的に明確となった．今後は感度係数の安定化を課題として研究を進めたいと思う．

参考文献

1）呉智深，高橋貴蔵，須藤佳一：光ファイバセンサによるひずみ・ひび割れのモニタリングに関する実験的研究，コンクリート工学論文集，2005.5