鉄道高架橋の動的挙動に着目したモニタリング手法の研究

株式会社 KSK　正会員　○高岡　満
JR 東日本　正会員　鈴木　修
株式会社 KSK　正会員　石沢　孝
東京大学　正会員　村山　英晶
茨城大学　フェロー　呉　智深

１．はじめに

鉄道高架橋の動的挙動からその健全性を評価するモニタリング手法の確立を目指し，2 点間の変化を動的計測できる FBG ロングゲージセンサ（以下 FBG センサと記す）[1)]を分布的に設置し，列車通過時や地震時における構造物の変形を計測した．

２．FBG センサ設置概要

（１）FBG センサの仕様

表-1 に FBG センサの仕様を，**図-1** に FBG センサの外観と構造をそれぞれ示す．このセンサは定着部区間の平均ひずみを計測するものである（図でのゲージ長は 500mm）．またこのセンサは 1 本の光ファイバ経路に複数個配置することができる．したがって，構造物に分布的に配置することが容易で，計測結果から構造物の全体的な挙動を把握することが可能である．

表-1　FBG センサの仕様

項　目	仕　様
定格レンジ	-500～5,000 μ
最大許容レンジ	10,000 μ
感度	0.5 μ /pm
精度	±数 μ
分解能	0.01 μ
動作温度範囲	-20～70℃
応答周波数	最大10kHz
最大損矢	0.1dB以下

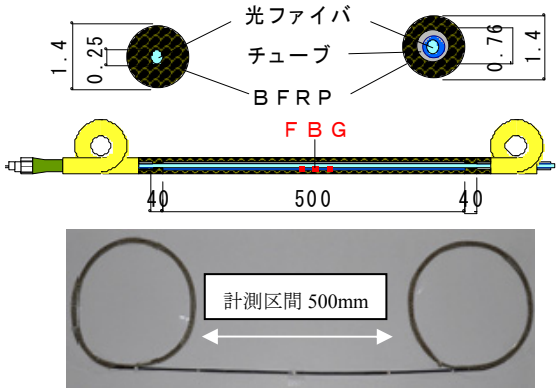

図-1　FBG センサの外観と構造

（２）センサの設置および構造

図-2 に FBG センサ設置図を，**写真-1** に設置状況をそれぞれ示す．柱は橋軸方向および橋軸直角方向の側面に，梁は橋軸方向および直角方向の下面に分布的に設置した．センサの設置数は柱，梁とも各面 7 本とした．

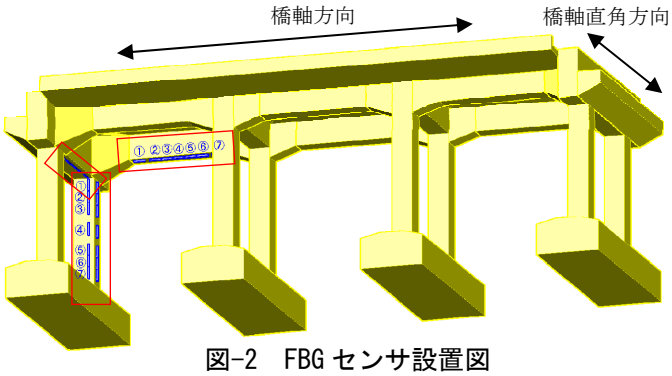

図-2　FBG センサ設置図

写真-1　設置状況

（３）遠隔計測

現地の計測小屋で測定したデータは，専用通信回線を介して株式会社 KSK に設置されたサーバーにリアルタイムで伝送された．

キーワード　FBG ロングゲージセンサ，動的計測，遠隔計測，鉄道高架橋，モニタリング
連絡先　〒302-0024　茨城県取手市新町 1-2-35　（株）KSK　TEL:0297-70-5961

３．計測結果

（１）列車通過時

図-3 に列車通過時における梁中央の計測結果（橋軸方向下面）を，図-4 に橋軸方向下面のある瞬間のひずみ分布図をそれぞれ示す．なお，サンプリング周波数は 710Hz である．その結果，通過車両分の振幅を明確に得ることができ，梁中央部で引張りひずみは最大で 77με であった．

（２）地震時

計測期間中に震度 3～震度 5 弱の地震が発生した．図-5 に震度 5 弱における柱の計測結果（橋軸方向面最上部）を，図-6 に震度 3 と震度 5 弱の橋軸直角方向面のひずみ分布図をそれぞれ示す．その結果，柱上部のひずみの最大値は 312με であり，また，地震の大きさによらず, 柱のほぼ真中の FBG センサのひずみが小さく，上下部が反対方向に変形していることが分かる．

図-7 に柱橋軸直角方向面の上部と下部の FBG センサの関係を示す．この図で明らかなように負の良い相関が認められ，位相がほぼ 180 度ずれていることが分かる．

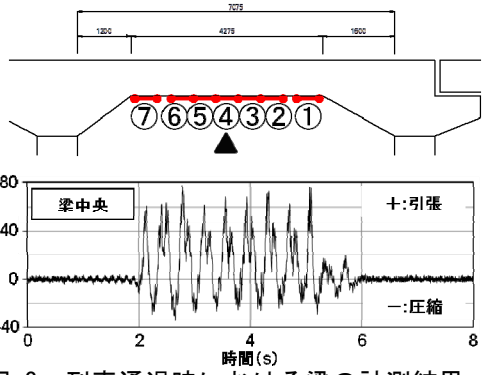

図-3　列車通過時における梁の計測結果

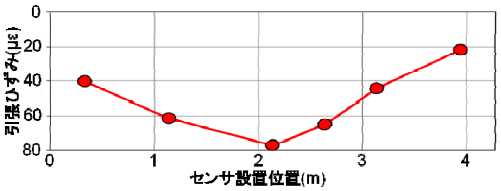

図-4　梁橋軸方向下面のひずみ分布図

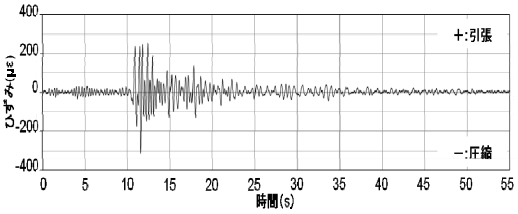

図-5　震度 5 弱における柱の計測結果

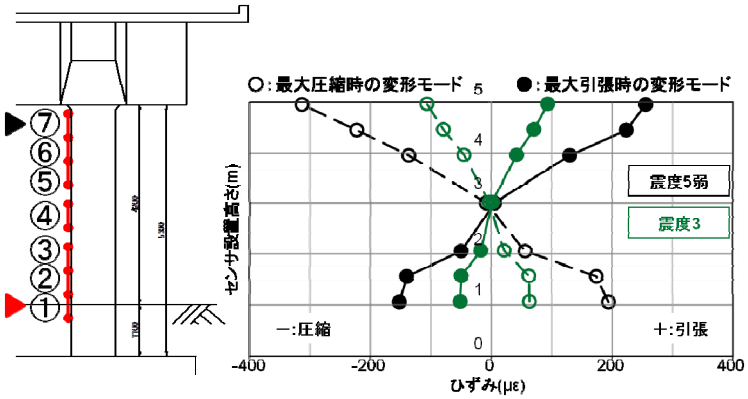

図-6　柱橋軸直角方向面のひずみ分布図

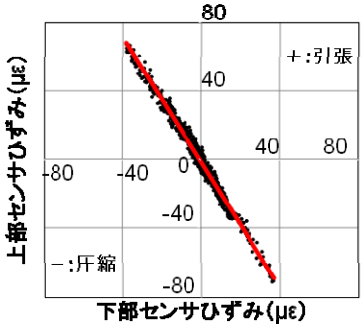

図-7　柱橋軸直角方向面の上部と下部のセンサの関係

４．まとめ

①鉄道高架橋の柱と梁のひずみ分布計測用の FBG センサと計測器，専用通信回線を用いたデータ送信器・サーバーからなる試験設備を設置し，列車通過時および地震発生時のデータをリアルタイムに取得し，モニタリングするシステムを試作した．

②FBG センサを分布的に設置したことで，柱の変形モードを詳細に計測することができ，上部と下部のひずみに有効な相関があることがわかった．

③今後は，計測結果をさらに分析するとともに数値解析も利用し，動的挙動から健全性の評価するモニタリング手法の確立を目指していく．

謝辞

本研究の実行計画を策定するに当たり，特定非営利活動法人光防災センシング振興協会の協力を頂きました．また，仙建工業株式会社には現地施工において協力を得ました．

参考文献

1)Z. Wu and S. Li, Development of distributed long-gage fiber optic sensing system for structural health monitoring, Structural Health Monitoring, Vol. 6, No. 2, pp. 133-143, 2007.