

光ファイバセンサによる RC 部材の動ひずみ計測

広島工業大学工学部 正会員 中山 隆弘 広島工業大学大学院 学生会員 ○山野内啓二
NTTインフラネット（株） 後藤 哲雄 NTTインフラネット（株） 前田 泰男

1. はじめに

近年、橋梁振動モニタリングに関する関心が高まっており、比較的新しいひずみ計測センサとして光ファイバセンサ（以下では、FOS と称する）が注目されている¹⁾。ただし、これまで、静的ひずみの測定には多くの利用実績があるが、筆者らが知る限り、動ひずみの測定に利用された例は、わが国ではほとんどないようである。本研究では、振動台を利用した RC 橋脚の縮尺モデルに対する振動実験において FBG センサを使用し、動的ひずみの計測に対する FOS の適用性を検討した。

2. FBG センサによるひずみ計測の原理とその特徴

FBG を応用したひずみ計測システムは、特定の波長 (Bragg 波長) の光のみを選択的に反射するように、光ファイバのコア部の屈折率を一定の周期で変化させるように加工を加えたもので、外力によって回折格子の間隔が変化すれば、反射する光の波長がその分だけシフトする性質を利用したものである。FOS の特徴は、1) FOS センサの設置位置からひずみの発生場所を特定でき、2) 一本の FOS で多点計測が可能で、3) 1×10^{-6} の精度で計測可能、4) 電氣的誘導雑音の影響を受けない (落雷等)、5) 感電、漏電、放電による燃焼爆発の恐れがない、6) 腐食性雰囲気での耐性が高い、7) センサ毎の配線が不要で、取扱いが容易、8) 監視システム構築が容易で、通信回線を利用して監視、制御が可能などの諸点が挙げられる。

3. 實驗概要

本研究で用いた RC 供試体の概略図を図 1 に示す。頂部の錘の質量は 800kg である。スリット部が 1cm の FOS は柱の基部から 20cm の位置の、振動方向の両側面に貼付し、さらに、同側面にゲージ長が 1cm, 3cm, 6cm のコンクリート用箔ゲージも貼付した。フーチング部と供試体頂部の水平加速度は小型加速度計によって測定した。入力波は、周波数が供試体の固有振動数付近である 4Hz の正弦波と 3 種類の地震波（1940 年 EL Centro 地震波、1993 年北海道南西沖地震七峰橋記録（以下、七峰橋地震波と称する）、1995 年兵庫県南部地震神戸海洋気象台記録 NS 成分波（以下、神戸地震波と称する））を用いた。なお、後述のように、神戸地震波については最大加速度の大きさを変えて実験を行った。

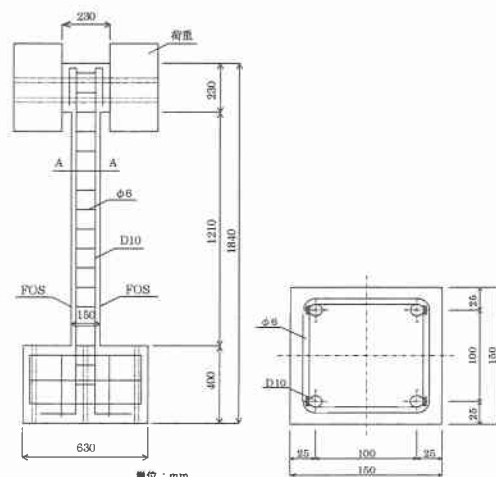
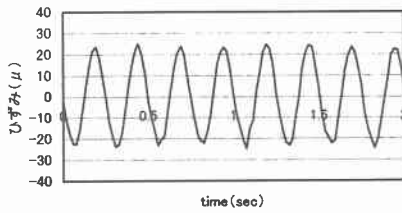


図 1 供試体形状・寸法

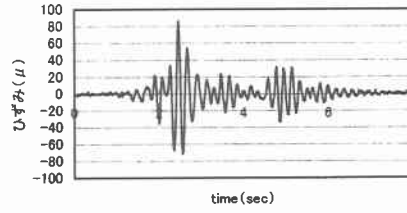
4. 測定結果

図 2 に正弦波に対する動ひずみの測定結果（加振周波数：4Hz）を示す。これらの図より、波形は両センサによる測定結果がほぼ一致していることが分かる。しかし、振幅については、FOS によるひずみと 3cm ゲージによる値がほぼ一致しているものの、1cm ゲージの測定値は FOS よりも小さく、6cm ゲージの場合は FOS よりも大きな値が得られている。この原因としては、ひずみゲージを貼付した位置（柱の軸線を挟んで、左から 1cm ゲージ、FOS、3cm ゲージ、6cm ゲージを貼付した）の違いにより、内部の骨材の影響を受けている可能性もあるのではないかと考えているが、明確な結論を得るまでには至っていない。

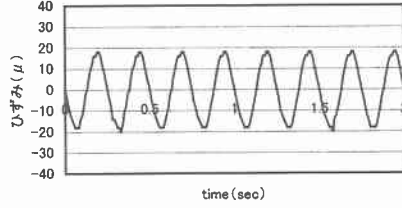
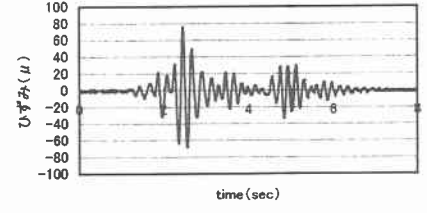
次に、図 3 に地震波入力に対する測定結果を示す。ただし、コンクリート用箔ゲージは 3cm のものである。同図より、正弦波と同様に、応答波形は比較的よく両者の結果が一致している。ただ、コンクリート用箔ゲージよりも FOS の方が振動初期の微小ひずみを記録している。振幅については、EL Centro 地震波、七峰橋地震波についてはほぼ一致しているが、表 1 に示す神戸地震波に対する最大ひずみの測定結果から分かる



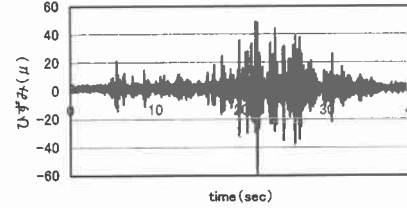
(a) 光ファイバセンサ



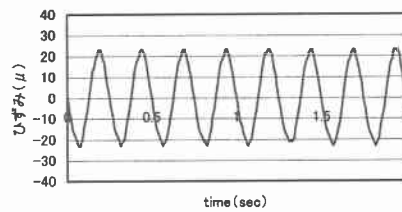
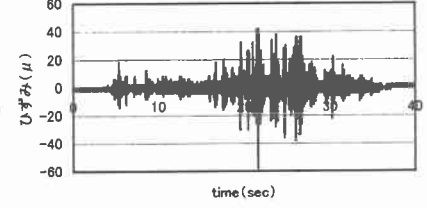
(a) EL Centro 地震波



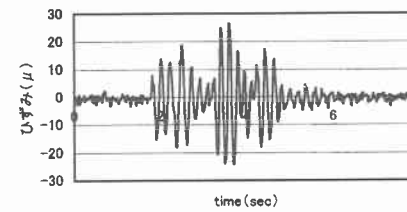
(b) 1cm ゲージ



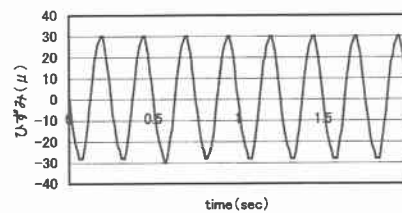
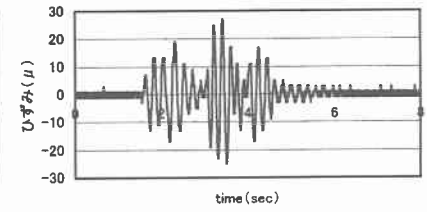
(b) 七峰橋地震波



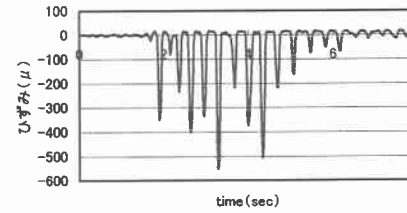
(c) 3cm ゲージ



(c) 神戸地震波 (小)



(d) 6cm ゲージ



(d) 神戸地震波 (大)

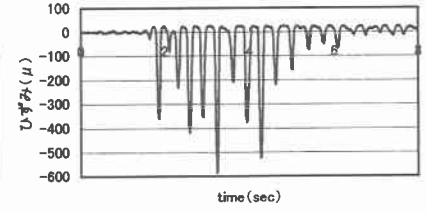


図 2 正弦波に対する測定結果
(加振周波数: 4Hz)

光ファイバセンサ コンクリート用箔ゲージ (3cm)

図 3 地震波に対する測定結果

ように、ひずみが小さいときにはふたつの測定値がほぼ一致しているが、ひずみが大きくなると、3%~7%ほど FOS に比べて、コンクリート用箔ゲージによるひずみが大きく出ていることが分かる。この原因についても、現時点では良く分かっていない。

5. まとめ

今回の研究では、FOS による動的ひずみの計測は、規則波および地震波に関係なく、応答波形についてはかなり良好な結果を得ることができた。しかし、応答振幅については今後引き続き検討を行わなければならないという課題が残った。

【参考文献】

- 1) 中山隆弘：全体的動向の解説，橋梁振動モニタリングのガイドライン(構造工学シリーズ 10)，土木学会，2000.10
- 2) 中山隆弘，長尾史雄，後藤哲雄，前田泰男：土木学会中国支部第 53 回研究発表会概要集，pp.55~56，2001.

表 1 神戸地震波の最大加速度の大きさを
変化させたときの最大ひずみ

No	FOS (μ)	3cmゲージ (μ)	FOS/3cmゲージ
1	27	27	0.99
2	122	108	1.13
3	-167	-162	1.03
4	-218	-224	0.97
5	-218	-234	0.93
6	-269	-290	0.93
7	-250	-264	0.95
8	-292	-310	0.94
9	-344	-364	0.95
10	-394	-416	0.95
11	-551	-586	0.94
12	-562	-598	0.94