

モルタル充填鋼管柱の静的圧縮測定への光ファイバセンサ（FBG 方式）の適用

広島工業大学 学生会員 ○山口 哲矢
日本基礎技術（株） 長尾 史雄
NTT インフラネット（株） 前田 泰男

広島工業大学 フェロー 米倉 亜州夫
NTT インフラネット（株） 後藤 哲雄

1. まえがき

本研究は、光ファイバセンサを用いて、モルタル充填鋼管柱の中心軸方向圧縮載荷試験時のひずみ測定を行い、同時に従来の電気抵抗線式ひずみゲージによる測定値と比較検討したものである。

2. 光ファイバセンサによるひずみ測定

光ファイバには、パルス光を通すとひずみや損失がある部分から特別な反射光として戻ってくる性質がある。この反射光とそれが戻ってくる時間によって、光ファイバの片端からファイバ全体のひずみや損失の度合いとその位置を検出することができる。

本研究に用いた光ファイバは、FBG 方式と呼ばれるもので、ファイバグレーチング（Fiber Bragg Grating）の波長選択性をひずみ測定に応用したものである。FBG とは、図-1 に示すような光ファイバのコア部の屈折率を一定の周期で変化させたものであり、特定の波長（Bragg 波長）の光のみ選択的に反射する。

この FBG にひずみ等の外乱が加えられると Bragg 波長がシフトするため、そのシフト量（ $1.2\text{pm}/\mu\text{strain}$, 1550nm ）を検出することにより、ひずみを算出することができる。FGB による測定以外にも B-OTDR（ブリルアン散乱光応用センサ）方式などがある。

光ファイバひずみ計測の特徴は以下に示す通りである。

- 1) FBG センサの設置位置からひずみの発生場所を特定
- 2) 一本の光ファイバで多点計測が可能
- 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（シンプル）
- 8) 小型、軽量のため機動性に優れ、取扱いが容易
- 9) 監視システム構築が容易
- 10) 狭い空間の信号伝送が可能（ $5\text{km} \sim 30\text{km}$ ）
- 11) 通信回線を利用した監視、制御が可能

光ファイバひずみ測定システムは地表面や地盤の挙動の測定が可能で遠距離からでもモニタリングできる。

光ファイバ歪み計測システム 原理(FBG)

光ファイバのコア部の屈折率を一定の周期で変化させたもので、特定の波長（Bragg 波長）の光のみ選択的に反射。

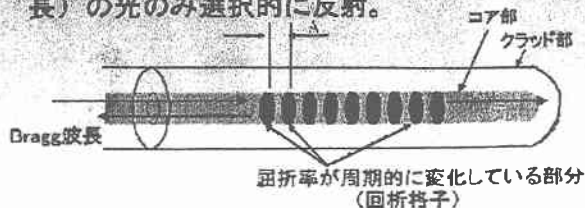


図-1 FBG センサの原理

FBG原理

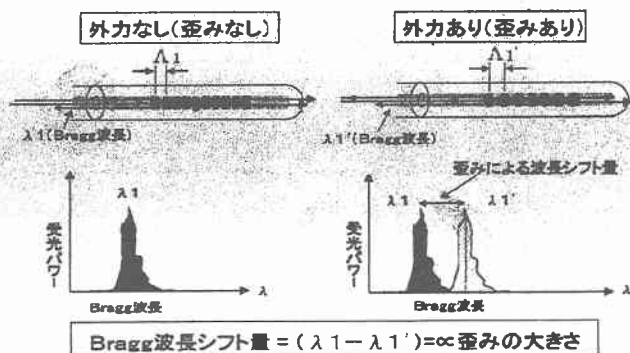


図-2 光ファイバセンサの計測システム原理

3. 実験概要

図-3 に光ファイバセンサと電気抵抗線式ひずみゲージにより、ひずみ測定に用いたモルタル充填鋼管柱の形状と寸法を示す。内径 93.6mm 、厚さ 3.2mm 、高さ 250mm の鋼管内部に高さ 200mm モルタルを打設し、材齢約 30 日で、内部モルタルのみ静的に直接中心軸圧縮力を載荷した。鋼管はモルタルと付着しているため、鋼管もモルタルを介して応力が生じる。載荷方法は、まず、鋼管が降伏点に達する直前まで載荷し、その後除荷する方式を 3 回繰り返す、次に、鋼管が降伏点以上になるまで載荷し、その後除荷する方式を 3

回繰り返して鋼管表面中央部に円周方向と鉛直方向に貼り付けた光ファイバセンサと従来のストレインゲージによるひずみ変化を測定した。

4. 測定結果

1) 鋼管の鉛直方向の応力が降伏点に達する直前まで載荷した場合

図-4(a)(b)は、光ファイバセンサおよびストレインゲージで測定した鉛直方向および円周方向の荷重-ひずみ曲線を示す。このひずみ量は、対角線上に貼り付けた2つのゲージの平均値で示している。両者のゲージによる測定値は、水平方向および鉛直方向とも同等の値を示しているので、光ファイバセンサでも、ほぼ正確なひずみが出力されていると思われる。

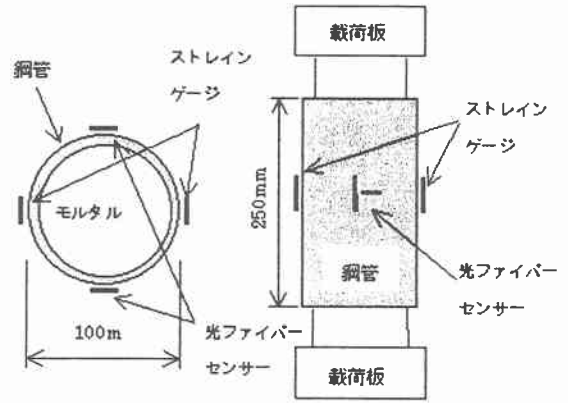


図-3 供試体および載荷方法

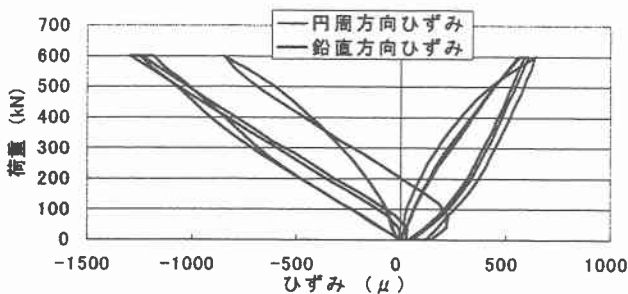


図-4(a) 弾性領域での荷重とひずみの関係
光ファイバセンサ



図-4(b) 弾性領域での荷重とひずみの関係
ストレインゲージ

2) 鋼管の鉛直方向応力が降伏点を超えてからまで載荷した場合

図-5(a)(b)は、円周方向および鉛直方向に3回繰り返し載荷した場合の荷重-ひずみ曲線を示している。光ファイバセンサのひずみ測定値は、通常のストレインゲージの場合より同一荷重において30~40%大きく、荷重-ひずみ曲線の傾きは小さくなっており、永久ひずみに相当する値は約55%も大きくなっている。

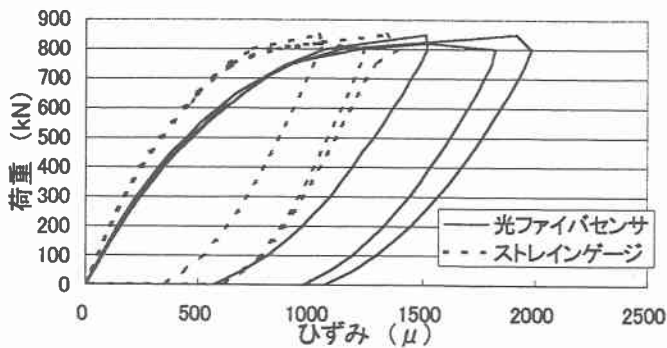


図-5(a) 塑性領域での荷重とひずみの関係
円周方向

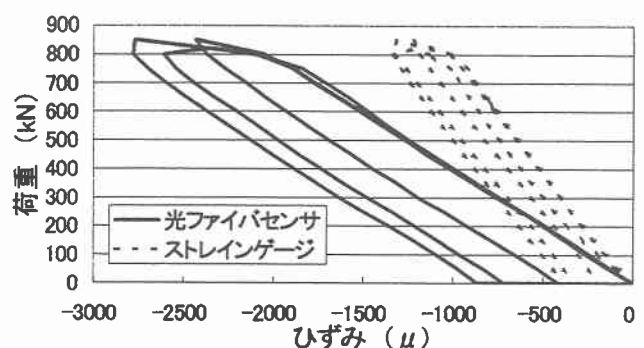


図-5(b) 塑性領域での荷重とひずみの関係
鉛直方向

5. まとめ

以上の結果より光ファイバセンサは 1000×10^{-6} 以上程度のひずみ測定に対しては、まだ究明すべき事項があるように思われる。

6. あとがき

本研究は平成11年後～平成13年度文部省科学研究費補助金(基礎研究(B)(2))「橋梁のインテリジェント化に関する解析的・実験的研究」(研究代表者:中山隆弘)の分担研究として行ったものであり、関係各位に謝辞を表す。