

## - 4 建築構造物の健全性評価に関する基礎研究

### - 光ファイバーを利用した杭体の損傷検知技術の検討 -

#### A Study on Health Monitoring of Buildings

(研究期間 平成 11～13 年度)

構造研究グループ

Dept. of Structural Engineering

勅使川原 正臣

Masaomi Teshigawara

In order to grasp damage on a component of the pile in a soil, the fundamental examination supposing to apply an optical fiber sensor to a pile component is performed. In order to acquire the basic characteristic of the optical fiber sensor embedded in the pile, the strain distribution is examined by the optical fiber and normal strain gages installed along the PC bar, at the simple bending test of a high strength prestressed pile. And the workability test on the optical fiber installed along the PC bar is also conducted under the condition of constructing a high strength prestressed concrete pile with centrifugal force fabrication and normal-heat steam curing.

#### [ 研究の目的及び経過 ]

本研究は、供用期間中に経年劣化のほか、様々な外力、外乱などにより損傷を受けその構造性能が低下した場合、その発生場所及びその程度を早期に検知し、構造物全体の安全性や信頼性を大きく向上させることを目的とし、そのために必要となる建築構造物の健全性監視（モニター）技術、構造性能の把握が可能な技術の基礎的な検討を行う。

#### [ 研究内容 ]

現在、構造物の損傷検出のための構造物の歪を計測する手段として、光ファイバーを用いたセンシング技術が注目されている。

本研究では、杭部材への適用を考えた光ファイバーセンサーの基本特性を得るために、多点型歪センサー（FBG：Fiber Bragg Grating）の性能を調べその基本データを得るため、高強度プレストレストコンクリート杭を製造する際、FBGをPC鋼棒に沿って設置し、遠心力成形（35G）常圧蒸気養生（80、4時間）後、曲げ試験を行った。

#### ( 1 ) FBG 形歪み測定システム

センシング部の基本構造を図1に示す。通常の通信用光ファイバーの一部にFBG加工を5mmにわたりほどこし、歪伝達特性が損なわれないようポリイミド樹脂で保護した。また製造時及び養生時の衝撃や熱に対して、グレーティング部分はゴム材、伝送経路部をSUS管で防護した。

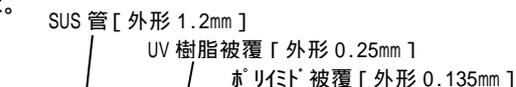


図-1 光ファイバの構造 (FBG)

図-2にFBG形歪み測定システムを示す。入射した様々な波長の光のうち、FBG部分で特定の波長成分のみ反射する。その反射される波長成分を検出し歪みセンサーとして利用している。

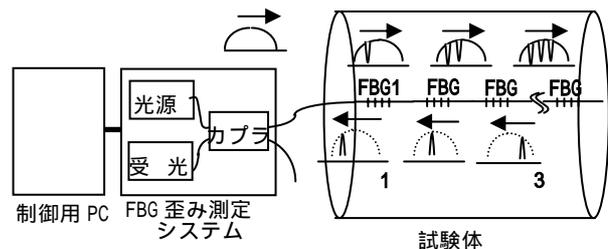


図-2 FBG形歪み計測システム

#### ( 2 ) 実験方法

試験体は直径400mm、肉厚65mm、長さ8mのPHC杭A種（異形PC鋼棒7.1mm×10本、有効プレストレス3.92N/mm<sup>2</sup>）とした。

試験杭の製造後、JIS A 5337に基づき図-3に示すように、支点間距離7m、中央載荷曲げスパン1mで曲げ試験を行った。曲げ試験に際しては、杭体内に埋め込んだFBGで計測した歪と比較するため、図-4に示すように、載荷スパン内700mm間の圧縮側、引っ張り側変位を、また図-5に示すように、杭体の圧縮側、引っ張り側コンクリートに貼付した箔ゲージ、異形PC鋼棒に貼付した箔ゲージにより歪を計測した。

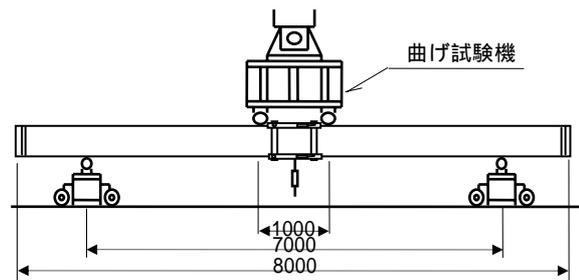


図-3 載荷装置

区間長測定バー

(一端ピン, 一端ローラー)

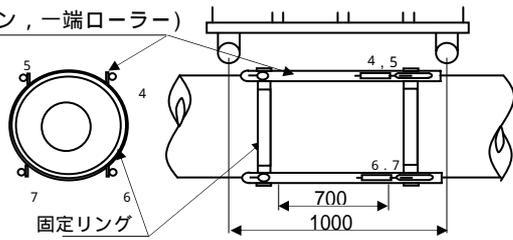


図-4 荷重スパン内 700 mm間の変位測定

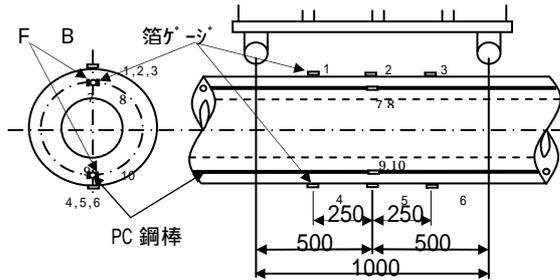


図-5 FBG、箔ゲージの貼付位置

**【研究結果】**

曲げ試験を行った結果、70.7kN・m でひび割れが発生し、102.9kN・m で異形 PC 鋼棒が破断した。図-6 に、曲げモーメント - 中央たわみ曲線を示す。

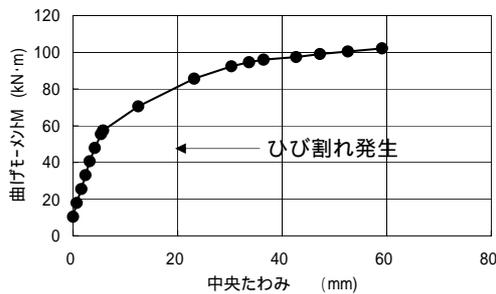


図-6 曲げ中央たわみ曲線

また曲げモーメントと各種歪計測方法による異形 PC 鋼棒位置での圧縮側および引っ張り側歪の関係を図-7 に、FBG で計測した歪とその他の方法で計測した歪の関係を図-8、9 に示す。図中、PC 鋼棒ゲージは異形 PC 鋼棒に貼付した箔ゲージで計測した歪、区間変位は荷重スパン内 700mm 間の変形量から算出した平均歪、コンクリートゲージは杭体コンクリートの圧縮側および引っ張り側に貼付した箔ゲージから算出した異形 PC 鋼棒位置での歪である。

これらの図から、杭体にひび割れが発生するまで FBG とその他の計測法による歪の値は非常に整合性がよいこと、また FBG は、杭体のひび割れ発生後破壊に至るまで損傷を受けないことなど、その他の計測法と比較して特に支障のないことがわかる。

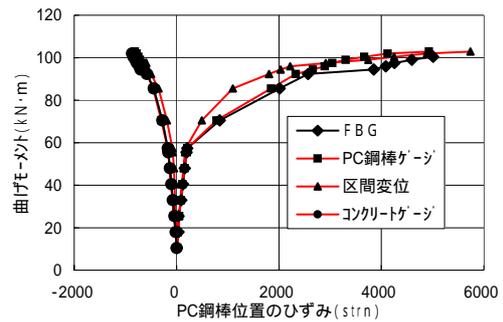


図-7 曲げモーメントと各種歪計測方法による歪

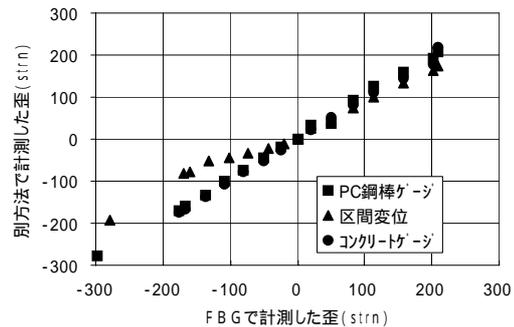


図-8 FBG とその他の方法で計測した歪の関係 (ひび割れが発生以前)

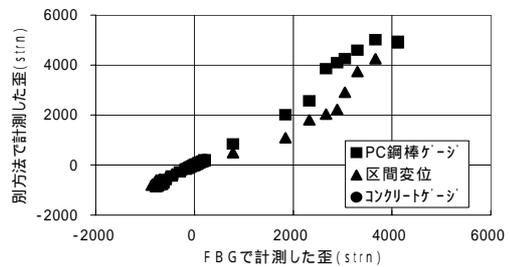


図-9 FBG とその他の方法で計測した歪の関係

**【まとめ】**

今回の実験から、杭体に埋め込んだ FBG は遠心力成形時や常圧蒸気養生下でも損傷することなく、所定の性能が発揮できること、コンクリートのひび割れによる損傷を受けないこと、また、歪ゲージと同等に歪をセンシングできることがわかった。

これより、新しい歪センサーとして、FBG 光ファイバーセンサーを杭に組み込むことにより、検知システムを構築できることがわかった。

**【参考文献】**

山本鎮男・編著：ヘルスマonitoring (共立出版)