

光ファイバーセンサーによる構造内部のひずみ計測

北見工業大学 ○フェロー 大島 俊之 北見工業大学 正員 三上 修一
 北見工業大学 正員 山崎 智之 専修大学北海道短期大学 正員 金子 孝吉
 太平洋総合コンサル(株) 正員 工藤 英雄 北見工業大学大学院 学生員 M.S.Rahman

1. まえがき

構造部材の内部、特に鉄筋コンクリート部材の鉄筋周辺のコンクリート中の応力分布またはひずみ分布を計測した事例はこれまでに非常に限られている。一般的には鉄筋表面に貼付けしたひずみゲージにより内部のひずみの代表的な値を計測している例が多い。また一方異形鉄筋の異形部周辺の母材としてのコンクリート中のひずみ分布は応力集中などを伴い平均的なひずみ分布とは異なるものと思われるが、これらに関する実測例はあまりない。しかし鉄筋の引き抜け挙動など鉄筋コンクリート部材の非線形挙動を明確にするには、複合材料部材としての鉄筋とコンクリート間の相互作用をできるだけ正確に評価する事が必要である。本論文で示す実験結果は鉄筋コンクリート部材中の鉄筋の引き抜け前後の内部挙動を解析する上での1データを提示するものである。

従来用いられてきた電気抵抗式ひずみゲージに対して、本論文で用いる光ファイバーセンサーによるひずみ計測の利点は、

- (1) 電氣的絶縁の心配がいない。
- (2) ひずみの計測可能範囲が広い。(±10⁴ μ)
- (3) 超低温(-200°C)から高温(+900°C)まで計測可能。
- (4) 変調光波送受信によって多モード(多チャンネル)計測可能。
- (5) ひずみゲージに比べて経年的変化が少なく、長期間の構造モニタリングに適している。

など、多くの応用可能な特徴がある。²⁾

光ファイバーを用いるひずみ計測の実例としてはOTDR(Optical Time Domain Reflectometer)を用いる伝播経路中の変状を測定するものも存在する。¹⁾

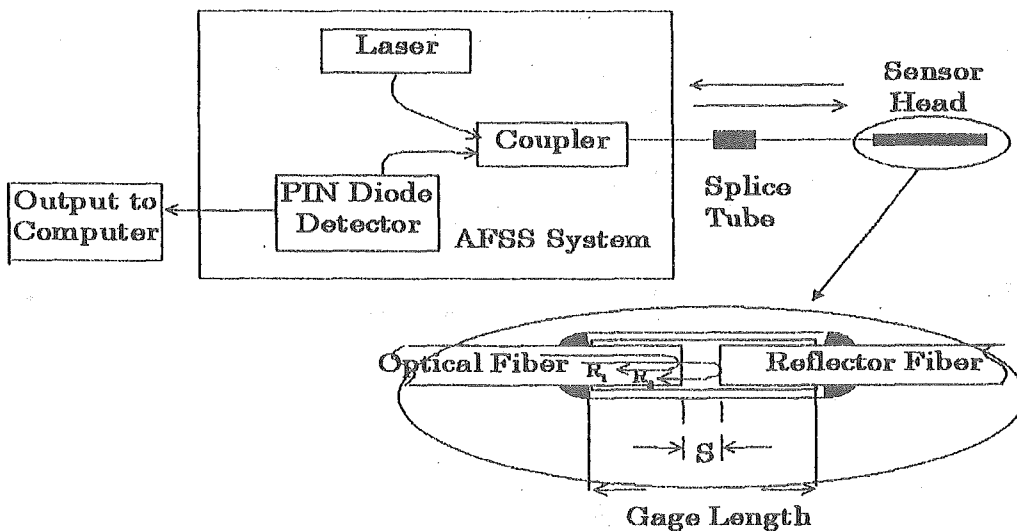


図1 光ファイバーセンサーの仕組み

Internal Strain Measurement of structure by using Fiber Optical Sensors

by Toshiyuki OSIMA, Shuichi MIKAMI, Tomoyuki YAMAZAKI, Takakiti KANEKO, Hideo KUDO and M.S.Rahman

ここで用いる光ファイバーセンサーの計測システムは AFSS (Absolute Fiber Optical Strain Gage system) と呼ばれるもので、図1に示すようにレーザーの発光ダイオードから出力された単色光(波長約800nm)が空隙Sを介して固定されている対面の multimode 反射ファイバーから反射する光の反射率の変化を検出することによってひずみを測定するものである。

2. 実験概要

実験においては鉄筋コンクリートの異形部を含めた応力伝達機構の解明を目的として、二次元の応力伝達状況を計測するための図2のような鋼板と2層のモルタルからなる3層供試体を作成した。荷重は中央の鋼板を押し下げて載荷することにし、両側のモルタル底面を下から剛な鋼板で支持した。また、鋼板表面には異形部をモデル化するため、高さ2mm、幅6mmの突起を奥行方向に連続して加工した。センサーの配置についてはモルタルを3回(3層)に分けて打設し、その度毎にセンサーを埋設した。次の打設の前にはセンサー部以外のモルタル表面はブラシで凹凸を大きくし、層間の接着を確保するよう配慮した。センサーの設置状況を図3に示している。光ファイバーセンサーは3カ所(FOS)、ひずみゲージについては15カ所(SGS)設置した。鋼板表面ではセンサーは異形突起の近傍の鋼板上、他の位置では異形突起と同じ高さに設置した。光ファイバーセンサーの設置方法はFOSを最初薄いビニールシートに張付け、防水も考慮して、アラルダイトで固定した。モルタルの配合は硬化促進剤入り速乾セメントを用い、水セメント比50%、単位水量 255kgf/cm^3 、単位細骨材料 1018kgf/m^3 であり、1週間養生で試験した。載荷荷重は鋼板上面に対して、 50kgf きざみで1tfまで載荷した。

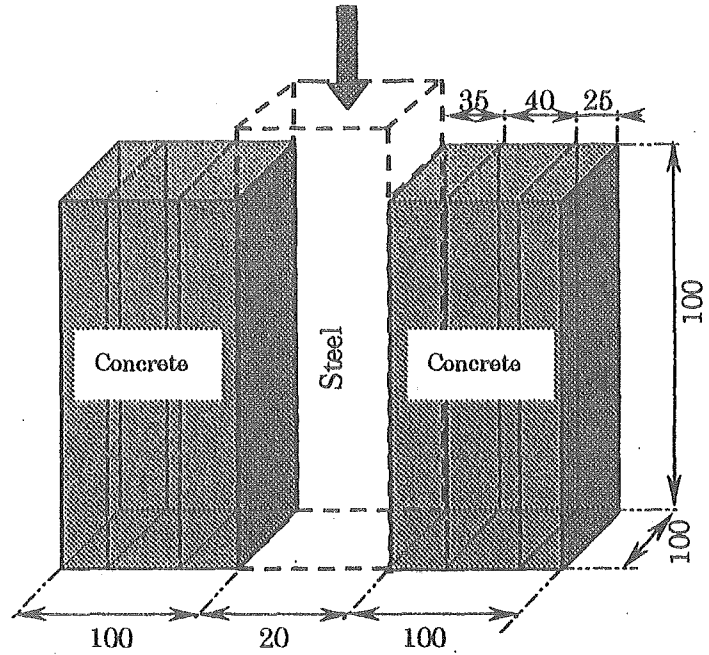
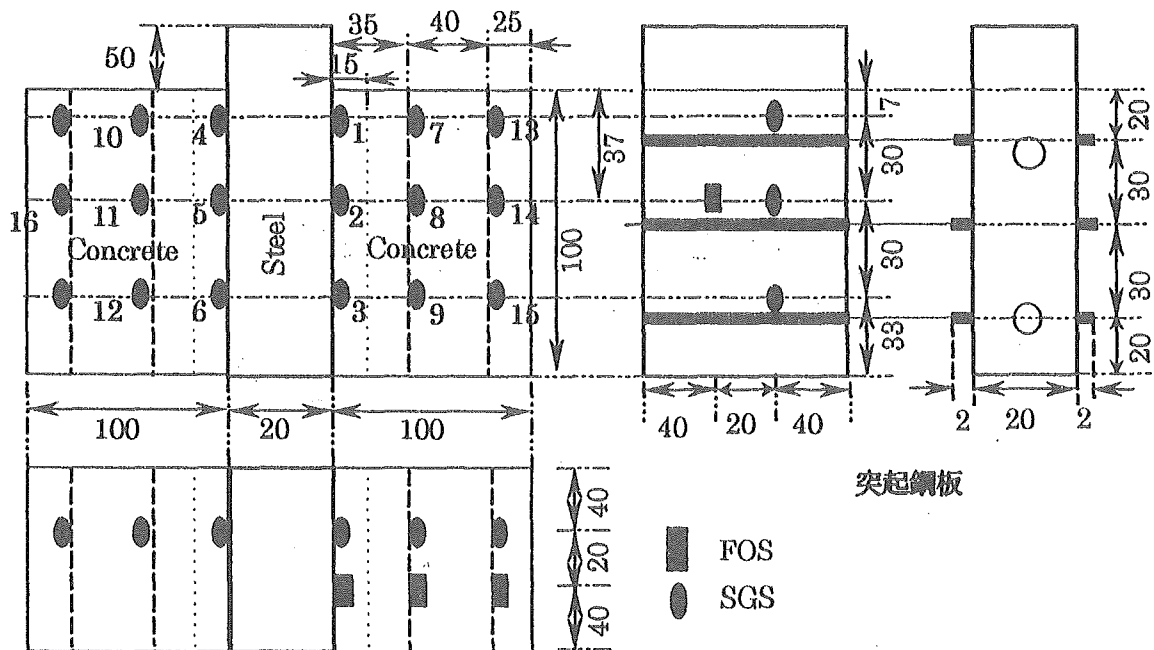
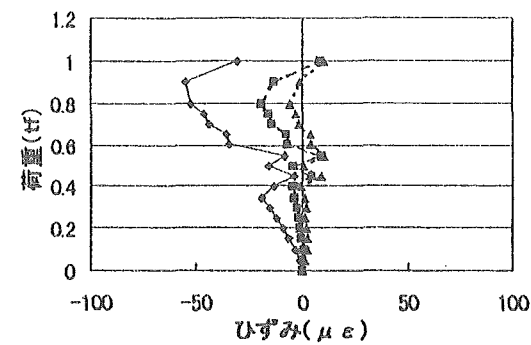


図2 3層鉄筋コンクリートモデル供試体

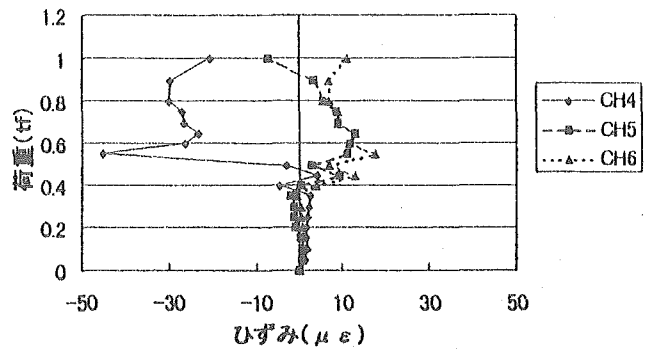


全体図

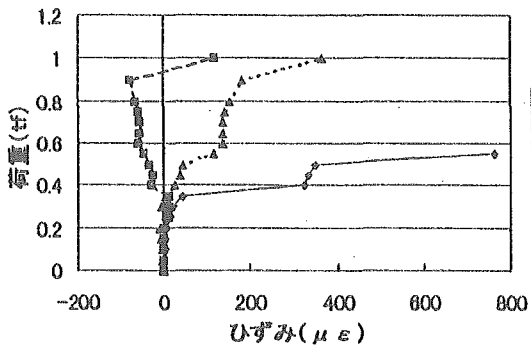
図3 センサー配置



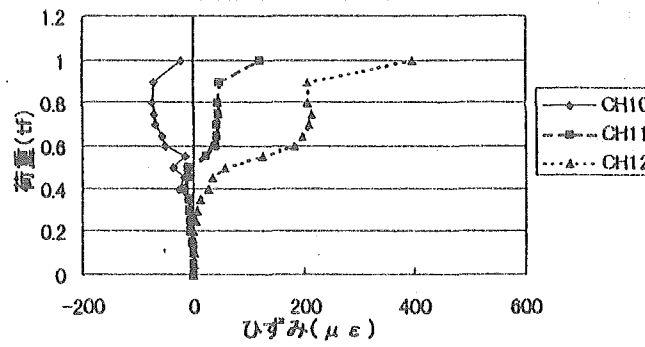
(a)第1層(鋼板表面)



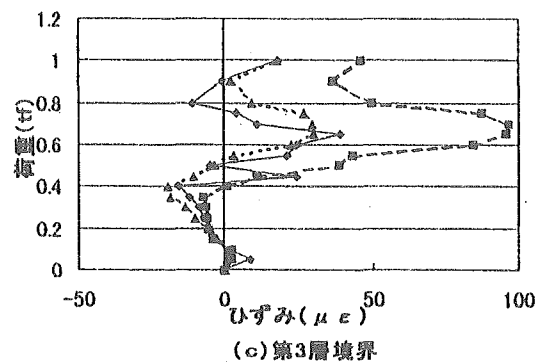
(a)第1層(鋼板表面)



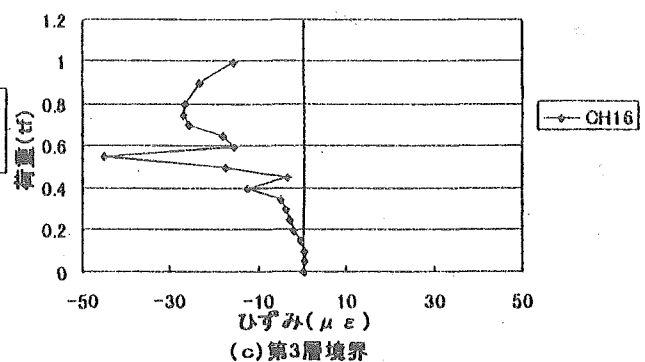
(b)第2層



(b)第2層



(c)第3層境界



(c)第3層境界

図4 荷重-ひずみ(SGS)の結果(その1)

図5 荷重-ひずみ(SGS)の結果(その2)

3. 実験結果

実験結果としては、ひずみゲージ (SGS) から得られた構造内部のひずみを図4及び図5、また光ファイバーセンサー (FOS) によって得られたひずみを図6に SGS の結果と比較して示している。モルタルの養生期間の関係からモルタルの硬化が十分でなかったため、モルタルの圧縮強度は 22kgf/cm^2 、割線弾性係数 40000kgf/cm^2 、ポアソン比 0.125 と鋼板に比べてかなり弱い材料となった。このため鋼板にかかる荷重は最大で 1tf であり、鋼板に発生するひずみは最大でも約 10μ 程度と小さいものである。

図4は SGS の結果のうち図3の右側のゲージによる結果であり、図5は同じく左側のゲージの結果である。鋼材表面の SGS の値 (図4 (a)、図5 (a)) は全体的に小さく上部 (ch,1、ch,4) において 0.4tf 以降少し増加が見られる。図4 (b) と図5 (b) は第2層目の上、中、下部のひずみを比較しているが、左右で一致しているのは下部の ch,9 と ch,12 であり、他の挙動にはばらつきが見られる。特に図4 (b) の ch,7 (右側上部) は 0.6tf あたりで急激に増加している。

一方、図6の FOS の値は SGS の値とかなり異なっており、値も大きい。図6 (a) の第1層の FOS の値は 0.4tf 以降鋼板近傍のモルタルに追随してひずみ (圧縮) が増加している状況が見られる。また図6 (b) の第2層の FOS の結果はやはり 0.4tf 以降急激に増加しこれ以降計測状態が悪くなり、安定した状態で FOS の結果が得られにくくなった。

4. まとめ

鉄筋コンクリート構造の内部ひずみ分布を光ファイバーセンサーによって計測する実験を実施した。本論文の1回の実験だけではまだ一般的な結果を導くのは困難であるが、光ファイバーセンサー (FOS) の結果はひずみゲージ (SGS) の結果とは異なる結果が得られた。したがってこのような実験を繰返せばこれまでとは異なる内部のひずみ分布を得ることができ非線形挙動解明の際に応用できることを期待している。なおSGSとFOSを通常の用い方で、はりなどの表面ひずみを測定する場合には圧縮・引張とも良好な一致が得られる。

本研究は平成10年度文部省科学研究費(代表大島俊之)の補助を受けて行われました。

参考文献

- 1) 倉嶋、佐藤：光ファイバーを用いた構造物のひずみ分布計測、土木学会誌、Vol.82、No.12、1997
- 2) R.O.Claus、et al: Extrinsic Fabry-Perot Sensor for Strain and Crack Opening Displacement Measurements from -200 to 900°C 、Journal of Smart Materials and Structures、1992
- 3) 大島、三上、山崎：橋梁振動のモニタリングによる Intelligent Bridge の提案、橋梁交通振動に関するコロキウム論文集、Part B、1995
- 4) 大島、三上、山崎：光ファイバセンサによる鉄筋コンクリート構造のモニタリングに関する研究、第53回年次学術講演会、1998

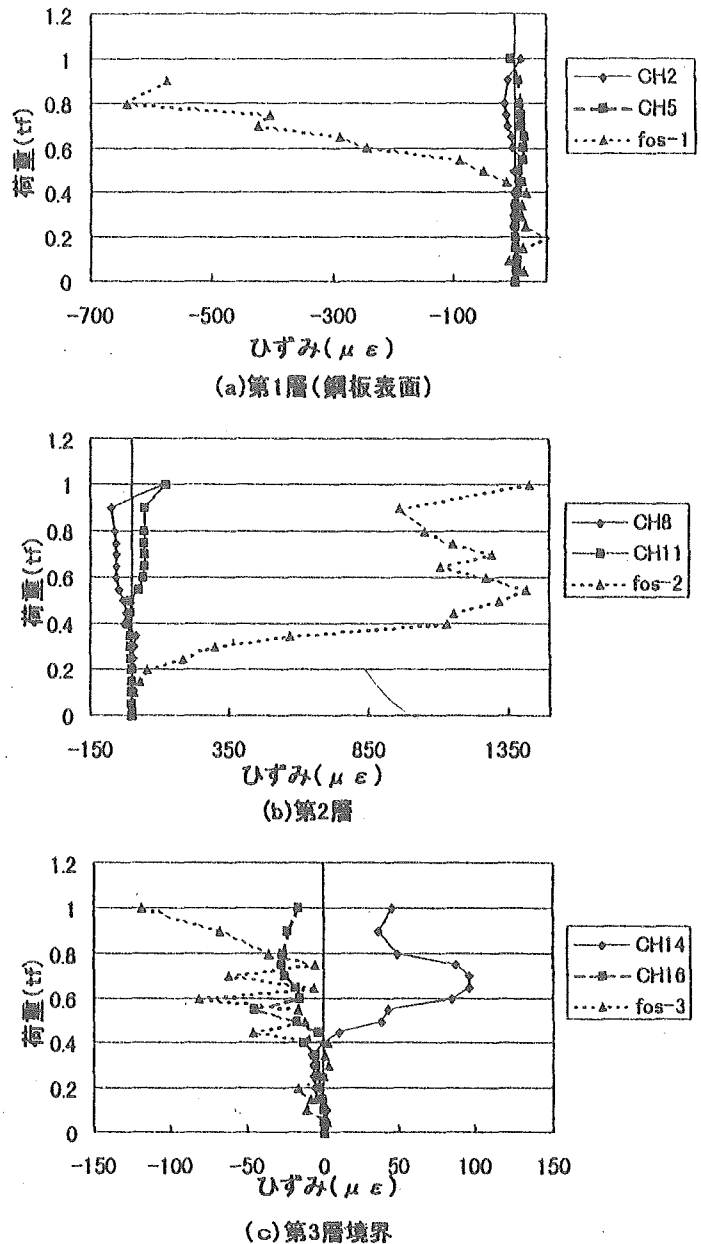


図6 FOSとSGSの比較