

PC 橋の内部ひずみ測定に用いる埋込みセンサの小型化に関する基礎的検討

富山県立大学大学院

北電技術コンサルタント (株)

(株) アイベック

○小林 勇佑 (学生会員)

西野 哲史

細野 恭成 (正会員)

伊藤 始 (正会員)

白上 新

1. はじめに

我が国では、高度経済成長を背景に多数のコンクリート構造物が建設され、その代表的なものに橋梁がある。橋梁には様々な外力が作用することで応力が生じ、加えて乾燥収縮やクリープに起因して応力が複雑に変化する。このような橋梁を適切に維持管理していくためには、コンクリート部材の内部応力を把握することが重要である。この内部応力を測定する手法のうち、応力解放法が実構造物に用いられており、計測された解放ひずみから算定式¹⁾を用いて残存プレストレスを算定している。著者らは埋込みセンサを用いた内部ひずみ測定手法を提案し、実橋梁から切り出したプレストレストコンクリート(PC) 桁を対象に研究を行ってきた²⁾。

本研究では、削孔径を縮小し、構造物の損傷を低減することを目的に、埋込みセンサの小型化を検討するとともに、そのセンサの感度試験ならびにセンサを埋め込んだ供試体の载荷試験、試験を模擬した応力解析を実施した(図-1)。

2. 小型センサの製作と感度試験

(1) 小型センサの概要

小型センサは、図-2(a)にその概要を示すように、中心の $5\text{mm} \times 5\text{mm} \times 12\text{mm}$ の角柱の部材とその両端に $12\text{mm} \times 12\text{mm} \times 2\text{mm}$ の台座を取り付けた構造である。前者には、ひずみゲージが2枚貼り付けてあり、後者の台座により引張ひずみを捉える構造である。センサには、アクリル部材を使用し、計測するひずみは2枚のひずみゲージの値の平均値とする。

(2) 感度試験

感度試験はセンサを3つ製作し、図-2(a)のように台座の向きが地面に水平となる状態で、台座部分に重さの異なる分銅を载荷することで実施した。感度試験の結果を図-3に示す。図中のひずみは、圧縮を正としている。横軸の計算値は、センサの受圧面での応力をアクリルの弾性係数 (3200N/mm^2) で除した

値である。それぞれのセンサのひずみは、おおむね計算値の $\pm 10\%$ 以内であり、分銅による荷重に対して適切なひずみが得られることを確認した。

3. モルタル供試体を用いたセンサの载荷試験

(1) 試験方法

モルタル供試体は、円柱供試体とし、 $\phi 50\text{mm} \times 100\text{mm}$ 型枠内にあらかじめセンサを設置し、その後モルタルを型枠内に打ち込むことで製作した。モルタルの硬化後脱型し、その側面にひずみゲージを貼

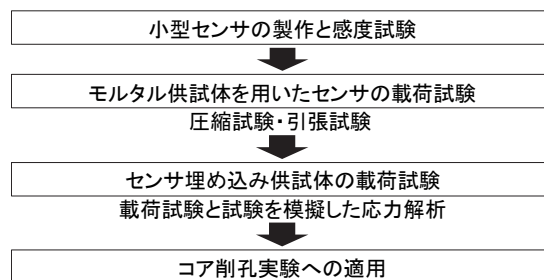
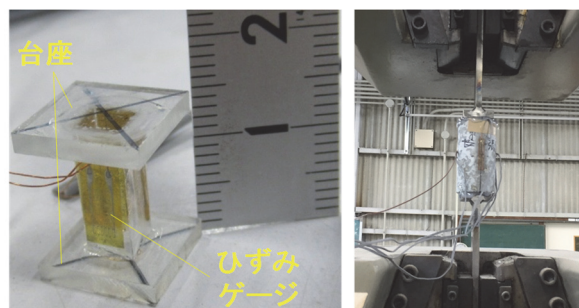


図-1 研究の流れ



(a) 小型センサ

(b) 引張試験状況

図-2 小型センサとモルタル供試体の引張試験

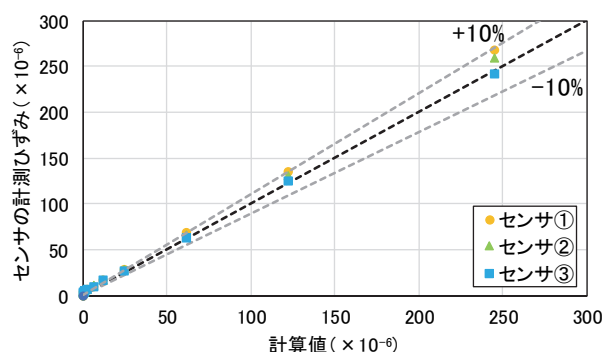


図-3 感度試験結果

り付けた。試験は圧縮試験と引張試験を行い、後者については、図-2(b)のように供試体に治具を接着して実施した。

(2) 試験結果

図-4に試験結果を示す。図中のひずみは、圧縮を正としている。圧縮試験と引張試験のいずれの試験においても表面ひずみゲージとの差異が約 15%以内であり、荷重に対しておおむね適切なひずみが得られた。センサの値がひずみゲージの値よりも若干大きくなっているのは、モルタルとアクリル部材の弾性係数の違いに起因するものと考えられた。

4. センサ埋め込み供試体の載荷試験

(1) 載荷試験方法

載荷試験に用いた供試体は、 $\phi 100\text{mm} \times 200\text{mm}$ のコンクリート製の円柱供試体である。センサ埋め込みを想定して、供試体の型枠面側と均し面側の載荷軸直角方向にあけた直径約 20mm の穴にセンサを埋め込み、グラウトを充填した。グラウトの材齢が 7 日と 28 日に載荷試験をそれぞれ 3 ケース行った。

(2) 試験を模擬した応力解析

載荷によるセンサの挙動把握を目的に応力解析を行った。応力解析は、3 次元応力解析プログラムを使用した。解析モデルは、供試体の対称性を考慮し、図-6に示すように 4 分の 1 モデルとした。載荷は、図の供試体上面に面分布荷重を作用させることで表現した。グラウト部分は、コンクリートと弾性係数を変えることで表現し、コンクリートとグラウトの付着は完全付着とした。

(3) 試験結果と解析結果の比較

図-7に載荷試験でのセンサのひずみと解析でのセンサの埋設部に相当するグラウト要素のひずみの関係を示す。今回の試験に用いた供試体は、ブリージングが多く発生し、均し面でコンクリートの弾性係数に大きなばらつきが生じたため、型枠面に埋設したセンサの結果を検討した。

全体的な傾向として、一部のケースを除きセンサのひずみは解析のひずみと約 20%以内の精度であった。また、センサのひずみは、コア削孔への適用を考慮したひずみの計測範囲 ($0 \sim 500 \times 10^{-6}$) では、おおむね線形関係が得られた。一部ケースにおいてばらつきが生じた要因として、供試体の形状により載荷

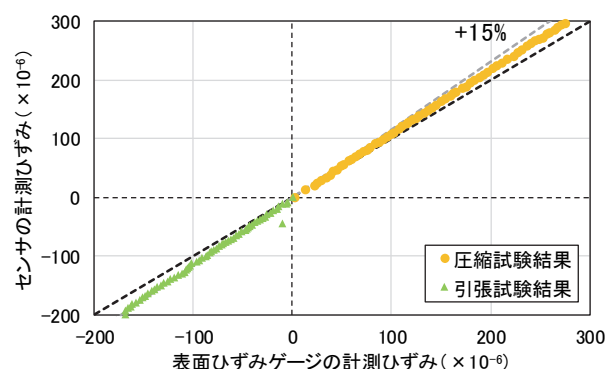


図-4 モルタル供試体の載荷試験結果

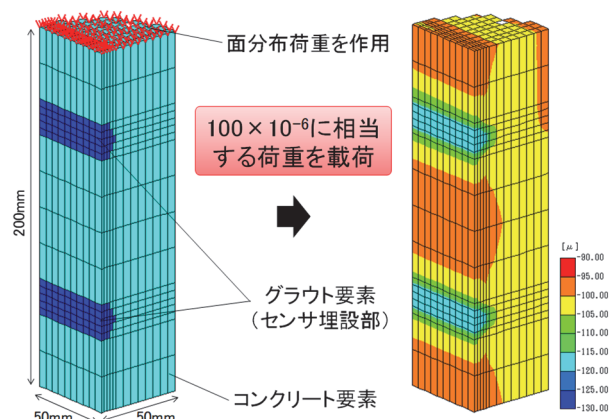


図-6 解析によるセンサ埋め込み供試体の載荷

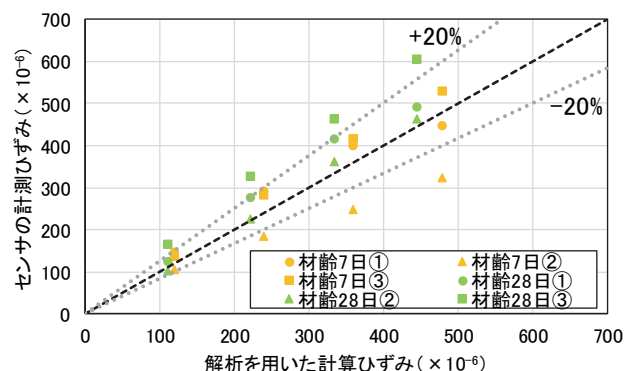


図-7 センサ埋め込み供試体の載荷試験結果

試験で偏心荷重が生じたことが考えられた。

5. まとめ

- (1) 小型センサの感度試験とモルタル供試体の載荷試験で、荷重に対して適切なひずみを得られた。
- (2) センサ埋め込み供試体の試験では、一部ケースを除き、解析値とおおむね一致した傾向を示した。

謝辞

本研究の一部は科学研究助成金(基盤研究(C)25420461)により行った。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 二井谷, 渡瀬ら:コンクリート部材の有効応力の推定手法に関する研究, コンクリート工学論文集, 第 20 巻, pp.27-37, 2009
- 2) 小林, 伊藤ら:切出し PC 桁におけるコア削孔法の鋼材応力と鋼材切断法の鋼材応力の比較, 土木学会第 72 回年次学術講演会講演概要集, pp.301-302, 2017