

全視野ひずみ計測装置を用いた鉄筋腐食モニタリングに関する基礎的研究

西松建設(株) 正会員 ○原田 耕司 佐賀大学 正会員 伊藤 幸広
佐賀大学 学生員 本山 慎一郎 長崎大学 正会員 松田 浩
長崎大学 正会員 出水 亨 福岡県 内野 正和

1. はじめに

構造物の表面ひずみの計測ではひずみゲージを用いるのが一般的であるが、ひずみゲージは貼付した箇所の一方のみのデータしか取得できず、面的なひずみ分布を得るには多数のひずみゲージを貼付する必要がある。著者らは¹⁾、ひずみ発生前後の1組の表面画像を用いて、画像解析により面内の任意の点・方向のひずみ(全視野ひずみ)を求める方法について研究を行ってきた。開発したラインセンサスキャナタイプ全視野ひずみ計測装置は表面画像を高精細に取得できる装置であり、デジタル画像相関法による画像解析によりひずみゲージとほぼ同等の計測精度を得ることができる。

本研究では、ラインセンサスキャナタイプ全視野ひずみ計測装置を用いた構造物の維持管理手法の開発研究の一環として、鉄筋の腐食によりコンクリート表面に発生するひずみ分布を計測し、鉄筋腐食モニタリング手法としての可能性について検討を行った。

2. ラインセンサスキャナタイプ全視野ひずみ計測装置の概要

装置の読取り側の外観を写真-1に示す。装置は、画像を読取るためのCISタイプのラインセンサーとラインセンサーを走査するための駆動装置、装置を構造物に固定するための位置決めボルト、外部の光を遮断する遮光板から構成されている。なお、本装置によるひずみ計測精度は、主走査方向は高いが副走査方向が低いため、ラインセンサーおよび駆動装置を回転盤の上に配置し主走査方向を360°変更できる機構としている。装置の操作は、USBケーブルで接続したノートパソコンより行うことができ、装置の電源はノートパソコンからのバスパワーにより供給される。図-1は、コンクリート角柱供試体(150×150×530mm)表面にひずみゲージ(ゲージ長60mm)を貼付し、一軸載荷した際の圧縮ひずみを本装置の主走査方向で計測した結果である。ひずみゲージとの誤差の絶対値の平均は1.7%であり、回帰直線の傾き0.9815および相関係数0.9998であった。なお、本装置の仕様を表-1に示す。外形寸法は400×400×130mmのものであり、質量5.9kgと一人で操作が可能となっている。画像の読取り範囲は200×200mmであり、画像解像度は最大2400dpiである。読取った画像はノートパソコンに転送され、デジタル画像相関法解析により画像内の任意の位置のひずみを算出することができる。

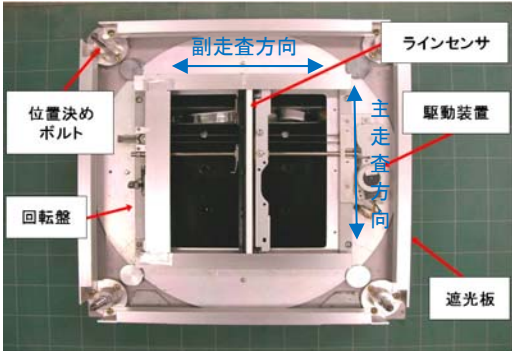


写真-1 装置の読取り側の外観

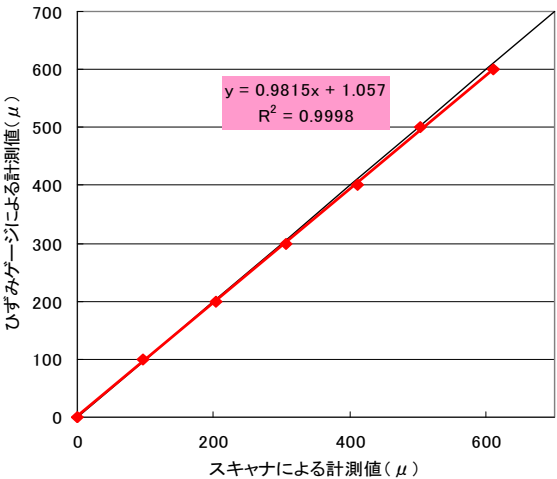


図-1 ひずみゲージ値と本装置計測値の関係

表-1 装置の仕様

センサータイプ	CIS(Contact Image Sensor)
読取り範囲	200×200mm
読取り解像度	25～2400dpi
光源	RGB3色LED
外形寸法	400×400×130mm
質量	5.9kg

キーワード ひずみ, ラインセンサー, 非破壊試験, 腐食, モニタリング, ひび割れ

連絡先 〒105-8401 東京都港区虎ノ門1-20-1 西松建設(株) TEL.03-3502-0274

3. 実験概要

供試体の形状寸法は、図-2に示すように370(幅)×470(長さ)×240mm(高さ)である。供試体の内部には、黒錆を除去したD32の異形鉄筋をかぶり20mmに配置した。かぶりを実際の構造物より小さくした理由は、腐食により表面に生ずるひずみを明確にするためである。供試体は鉄筋側を除いてシリコンシーラントにより被覆した。コンクリートの呼び強度は $24\text{N}/\text{mm}^2$ である。腐食促進方法として電食法を採用し、3%塩化ナトリウム水溶液に供試体を浸漬し、0.2~0.5Aの直流電流を鉄筋に通電した。

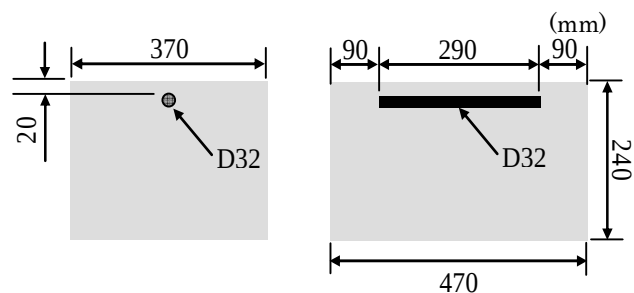


図-2 供試体の概要

4. 実験結果および考察

図-3は、本装置により計測した電食開始9時間後、27時間後、54時間後のコンクリート表面のX軸方向のひずみ分布を示したものである。凡例においてプラスは引張ひずみであり、マイナスは圧縮ひずみを示す。X、Y軸の目盛は画像のピクセル数であり、鉄筋はX軸の5000ピクセルの位置に図の上下方向に配置されている。

電食開始9時間後では、コンクリートにひび割れは発生していないが、画像の中央部上側に引張ひずみが線状に集中している部分が生じている。次に電食開始27時間後では、9時間後に確認された引張ひずみが集中した領域がさらに下方に成長し、またひずみ値も大きくなっている。また、引張ひずみが集中した領域の両側には、圧縮領域が見られる。電食開始54時間後では、引張ひずみが集中した線状の領域が下方まで繋がり、またその幅も大きくなっている。電食開始54時間後では、コンクリート表面に写真-2に示すような鉄筋長の全長にほぼ等しいひび割れが発生した。図-3(c)中の黒色の実線は、そのひび割れ位置を図示したものである。これより引張ひずみが集中した領域の中央付近にひび割れが発生していることが分かる。

以上より、本装置を用いることによりひび割れが発生する以前から、コンクリート表面において鉄筋腐食による引張ひずみが集中する領域を確認できることが明らかとなった。

5. まとめ

鉄筋を配置したコンクリート供試体の電食試験の結果から、ラインセンサーキャナタイプ全視野ひずみ計測装置を用いて鉄筋腐食によるコンクリート表面のひずみ集中領域を確認でき、本装置により鉄筋の腐食状況をモニタリングできる可能性を示した。

(参考文献) 1) Sunaryo Sumitro, Yukihito Ito, Masakazu Uchino, Kenichi Hida, Akira Demizu and Hiroshi Matsuda: Line sensor scanner for structural health monitoring, 4th International Conference on Structural Health Monitoring of Intelligent Infrastructure (SHMII-4) 2009, July 2009, Zurich, Switzerland

謝辞: 本研究は国土交通省建設技術開発費補助金助成を受け実施したものであり、ここに謝意を表する。

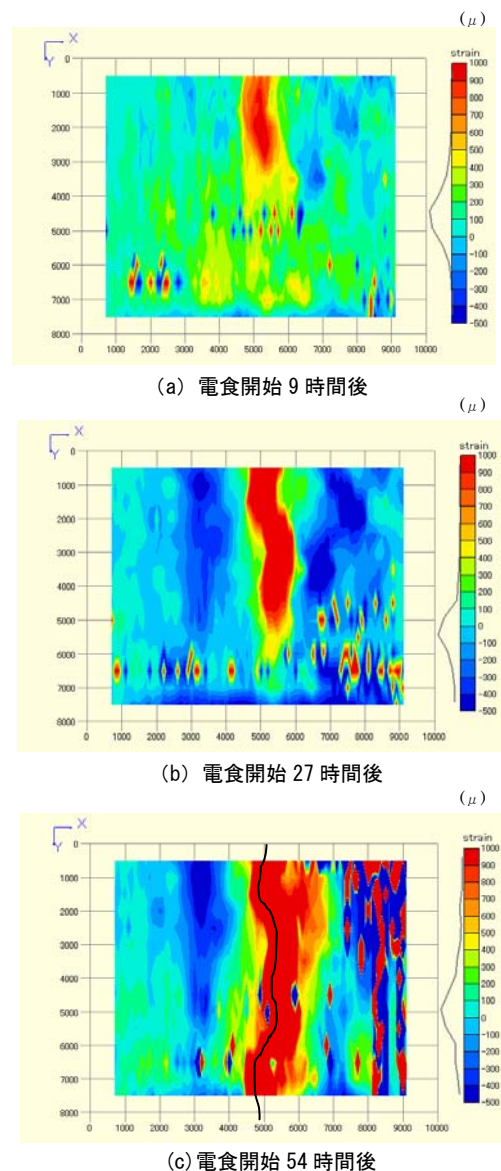


図-3 コンクリート表面のひずみ分布

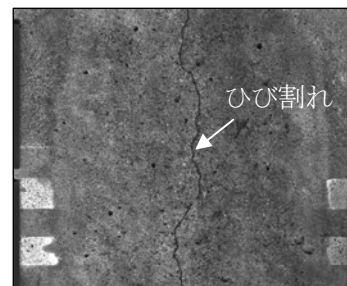


写真-2 ひび割れの発生状況