

画像計測を利用した鉄筋コンクリート構造のひずみ測定を試み

(財)電力中央研究所 構造部 酒井理哉 宮川義範 松尾豊史 末広俊夫 遠藤達巳

1. はじめに

鉄筋コンクリート(以下 RC)構造物の合理的な変形性能照査法の確立のため、複雑な三次元形状の試験体を用いた力学試験が行われている<sup>1)</sup>。このような複雑な構造では、変形性状の予測が難しく、従来の変位計による計測では局所化する変形挙動を把握することはできず、またコンクリート表面に貼付したひずみゲージによる計測では大変形域の測定は不可能である。

一方、近年 CCD センサーなどの改良が進み、画素数の多いデジタルカメラが市販されており、精細な画像撮影ができるようになった。また、計算機の性能向上により、画像データの処理や複雑な画像解析も可能になった。

本論は、せん断壁を有する RC ボックス構造物を対象にして、高精度画像を用いた格子法<sup>2)</sup>によるひずみ測定を適用した結果を報告するものである。

2. 画像計測方法

格子法によるひずみ計測は、試験体に取り付けたターゲットの動きをデジカメなどで撮影し、画像処理により位置を測定して変位・ひずみを算出する方法であり、計測手順は図1に示す通りである。

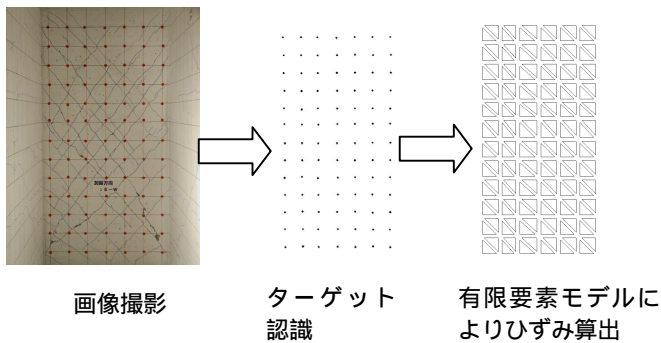


図1 計測手順

試験体にターゲットを格子状に取り付け、高精度なデジカメ(市販品:画素数 2048×1536)を用いて、その移動量を撮影する。ターゲットは特殊な物ではなく、コンクリートと区別できれば材質、色等は問わない。ターゲットは簡単に剥離しないように、コンクリート用ねじで

試験体にしっかり定着させ、その上に直径 16mm のマークを貼付した。

得られた画像から画像処理によりターゲットのみを抽出し、その重心座標を求める。画像上の円形のターゲットには面積があるため、重心座標は画素サイズより高い精度で算出可能である。

ターゲット座標位置を節点とする定ひずみ三角形要素を用いた有限要素モデルによりひずみを算出する(図2)。ひずみの算出には式(1)を使用した。

$$\{\varepsilon\} = \begin{Bmatrix} \varepsilon_x \\ \varepsilon_y \\ \gamma_{xy} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \frac{\partial u}{\partial x} \\ \frac{\partial v}{\partial y} \\ \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \end{Bmatrix} \quad (1)$$

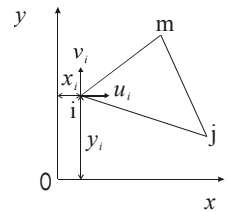


図2 定ひずみ三角形要素

3. 計測対象

図3に示すような形状の RC ボックス構造の試験体を用い、ボックス上端に静的に水平力を繰り返し載荷する試験を行い、主に耐荷力を負担するせん断壁について画像計測を行った。

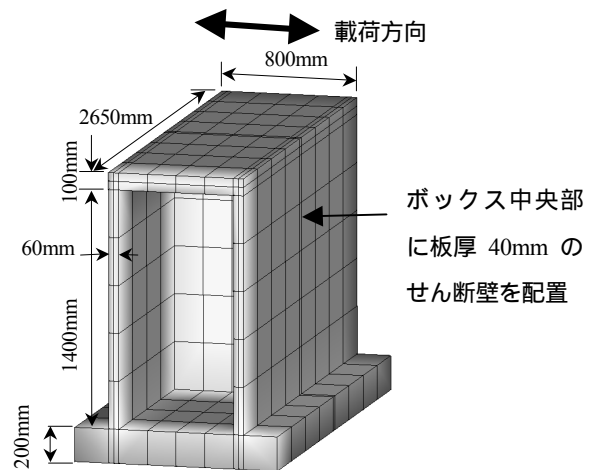


図3 RC ボックス構造試験体

4. 計測結果

(1) 変位計との比較

ひび割れが大きく拡幅した箇所に配置した ゲージで

キーワード: 画像計測, 格子法, RC ボックス構造, せん断壁, ひずみ局所化

連絡先: 〒270-1194 我孫子市我孫子 1646 Tel:0471-82-1181 Fax:0471-82-5934

測定された変位計測結果と、画像計測による主ひずみ量と比較した。

ゲージによる変位（ひび割れ幅）量をゲージ長（50mm）で割ってひずみを求め、画像計測の引張方向主ひずみと層間変形角との関係を図4に示す。ゲージでは、ひずみ換算で10%以上の値は計測できていないが、計測できた範囲で両者のひずみ履歴はほぼ一致しており、本手法の計測精度が確認できた。

(2) せん断壁のひずみ分布

図5にせん断壁のひび割れ状況を示す。変形角0.7%付近で最大荷重に達し、このときのひび割れ状況は全体的に斜め方向に分布している。さらに载荷した状態の変形角1.5%では、せん断による斜めのひび割れと左側壁に沿った圧壊により、変形が偏在化してきた。せん断による斜めのひび割れは1本に集中して成長し、開き幅も大きい。左側壁に沿って生じた圧壊は剥離を伴い、側壁中央部まで達した。

上記のひび割れ状況に対応した画像計測結果の主引張ひずみと主圧縮ひずみ分布を図6～7に示す。主引張ひずみでは、せん断ひび割れが開く状況を捉えており、変形角0.7%では全体的に分布しているが、変形角1.5%になると大きく開いたひび割れに沿ってひずみが集中した。一方、主圧縮ひずみは、圧壊の変形角0.7%では集中域はあまり見られないが、変形角1.5%では左側壁に沿って圧壊している箇所にひずみが集中していることが分かる。

本画像計測手法は、ひび割れスケッチなどの定性的な破壊状況に加え、詳細なひずみ分布が把握できるため、破壊モードを理解する上で有効な手段であると言える。

5. まとめ

格子法による画像計測法によりRCボックス構造のひずみ計測を実施した。変位計測との比較により精度を確認し、せん断壁のひずみ分布を可視化から、詳細な破壊現象を捉えることができた。

参考文献

- 1) 末広, 大友, 河井, 宮川, 金谷, 福本: せん断壁を有する地中RCボックス構造の振動台実験, 第2回構造物の破壊過程解明に基づく地震防災性向上に関するシンポジウム論文集, pp.231-236. (2001.3)
- 2) 矢川, 松浦, 安藤: 点認識画像処理を用いた非接触ひずみ解析法, 日本機械学会論文集(A編), 第49巻447号, pp.1435-1443. (1983)

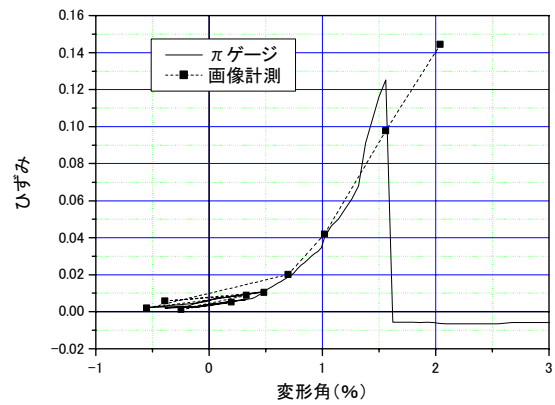
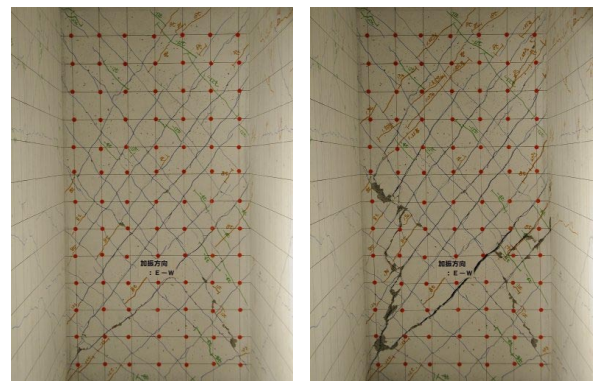


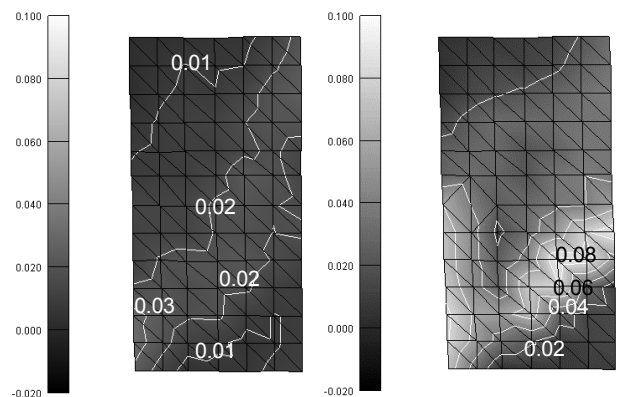
図4 変位計との比較



変形角 0.7%

変形角 1.5%

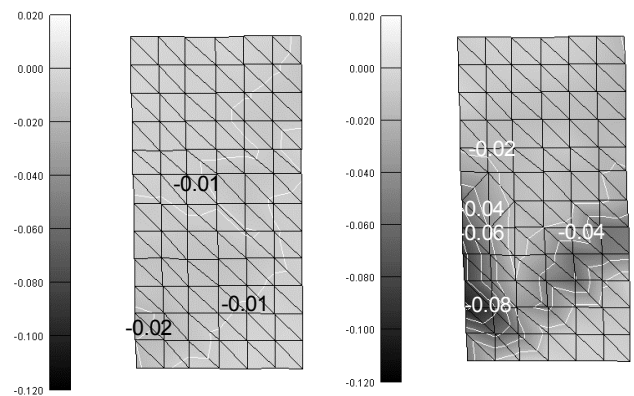
図5 ひび割れ状況



変形角 0.7%

変形角 1.5%

図6 ひずみ分布図（主引張ひずみ）



変形角 0.7%

変形角 1.5%

図7 ひずみ分布図（主圧縮ひずみ）