

# 画像解析を用いたコンクリートのひび割れ進展評価に関する基礎的研究

東京工業大学大学院 学生員 ○東 広憲  
 東京工業大学大学院 正会員 三木 朋広  
 東京工業大学大学院 フェロー 二羽 淳一郎

## 1. はじめに

荷重実験に際して、大変形を計測でき、かつ広範囲を同時に計測できる、画像解析を用いた格子法によるひずみ計測手法が提案されている<sup>1)</sup>。この格子法によるひずみ計測手法を用いることで、コンクリート構造の詳細な変形性状の把握が可能になると考えられる。計測手法の流れを図1に示す<sup>1)</sup>。定ひずみ三角形要素を利用した格子法によるひずみ計測では、得られるひずみ分布は図2に示すように要素形状に依存し、さらに図3に示すように、ひずみが広域にわたって生じてしまうという問題が生じる。そこで本研究では、変位、ひずみを要素内に局所化させることのできる、4節点アイソパラメトリック要素(以下、4節点要素)と、9節点アイソパラメトリック要素(以下、9節点要素)を導入する。本手法を荷重試験に適用し、その測定精度を確認するとともに、ひび割れ進展挙動を評価することを試みる。さらに、CCDカメラによる、動画画像を用いたポストピーク域の変形挙動の計測可能性についても検討する。

## 2. 荷重試験概要

本研究では、無筋コンクリートの割裂引張試験と曲げ試験を行った。曲げ試験で用いた供試体の概要を図4に示す。撮影には、約1280万画素のデジタルカメラと、約78万画素の画像を1秒間に30枚撮影可能なCCDカメラ(曲げ試験のみ)を用いた。CCDカメラを用いた計測では、荷重やひび割れ幅などの他の計測データと同時刻の画像を同期測定装置を用いて記録している。

## 3. 割裂引張試験のひずみ計測の結果

図5に本試験で得られた荷重-ひび割れ幅関係を示し、図6に各要素を用いた主引張ひずみ計測の結果を示す。このとき、図5中の(a)~(c)の時の結果を図6に示している。図6より、三角形要素よりも4節点要素、9節点要素を用いた時の方が、ひずみが局所化していることが確認できる。また、図7に示す、図6(c)ポストピークでのA-A断面上での主引張ひずみ分布から、4節点要素よりも9節点要素の方が、ひずみが局所化していることが確

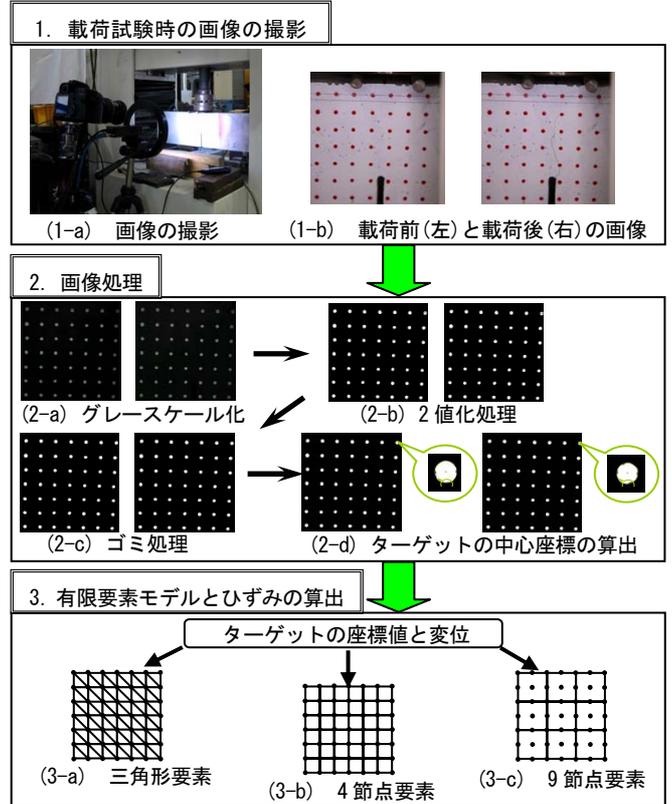


図1 格子法によるひずみ計測の計測方法



図2 要素形状に依存したひずみ分布 図3 ひび割れと比べて広域なひずみの局所化領域

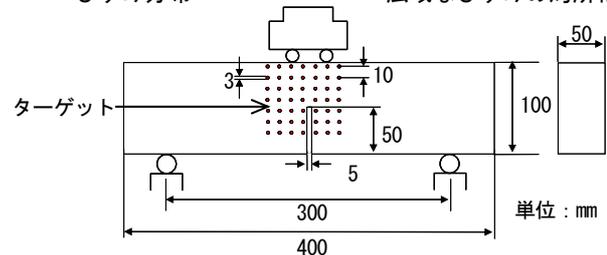


図4 曲げ試験で用いた供試体の概要図

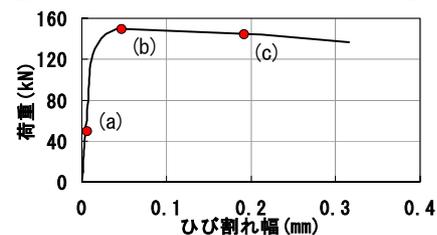


図5 荷重-ひび割れ幅(割裂引張試験)

キーワード: 画像解析, 画像計測, ひび割れ進展, ひずみ, 高次有限要素  
 連絡先: 〒152-8552 東京都目黒区大岡山 2-12-1 M1-17 TEL 03-5734-2584

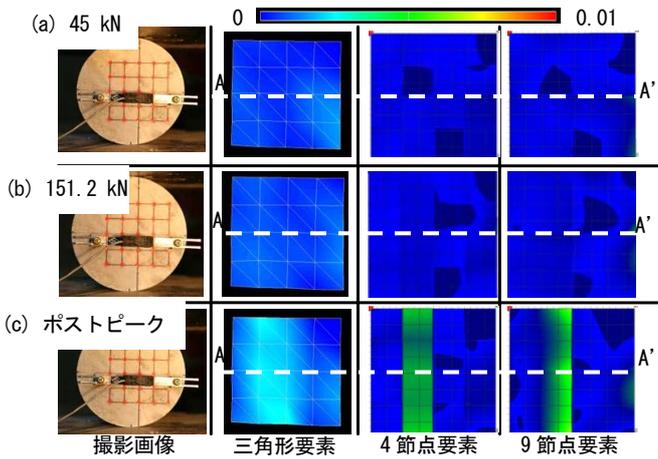


図6 各要素を用いた主引張ひずみの計測結果 (割裂引張試験)

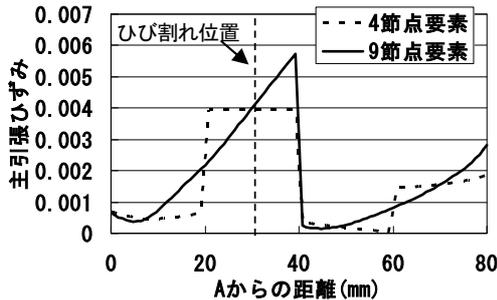


図7 ポストピークでのA-A'断面上での主引張ひずみ分布  
認できる。

4. 切欠きを有するはりを用いた曲げ試験

図8に本試験で得られた荷重-ひび割れ幅関係を、図9に各要素を用いて計測した主引張ひずみ計測の結果を示す。図9から割裂引張試験同様、4節点、9節点要素を用いた時の方が、三角形要素を用いた時よりもひずみが局所化していることがわかる。また0.6kN時においては、9節点要素を用いた結果に着目すると、ひずみ分布が滑らかであり、湾曲したひび割れに沿ってひずみが集中していることが確認できる。このことから、ひび割れを適切に計測できていることがわかる。また、0.1kN時において、三角形要素を用いたときのひずみ分布は要素の境界に沿っているが、4節点、9節点要素を用いた時のひずみ分布ではそのような現象は見受けられず、要素依存に関する問題点を改善することができた。

5. CCDカメラを用いたひずみ計測結果

図10に、ポストピーク域における、1.41kNから0.5秒間隔で撮影した画像から得たひずみ分布を示す。CCDカメラの画素数が少ないこと、ならびに画像のキャリブレーションを終えていないことから、画像処理において誤差が生じている。以上に対する改善の必要はあるものの、図10に示す連続的に抽出した画像から、ポストピーク域における、切欠き近辺での主引張ひずみの集中領域をわずかではあるが確認できる。

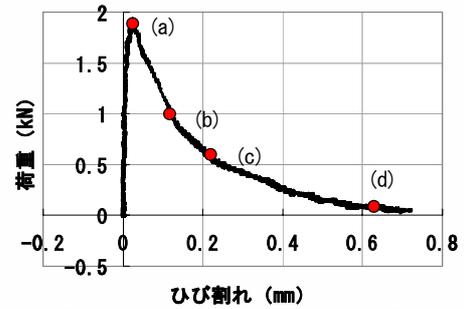


図8 荷重-ひび割れ幅(曲げ試験)

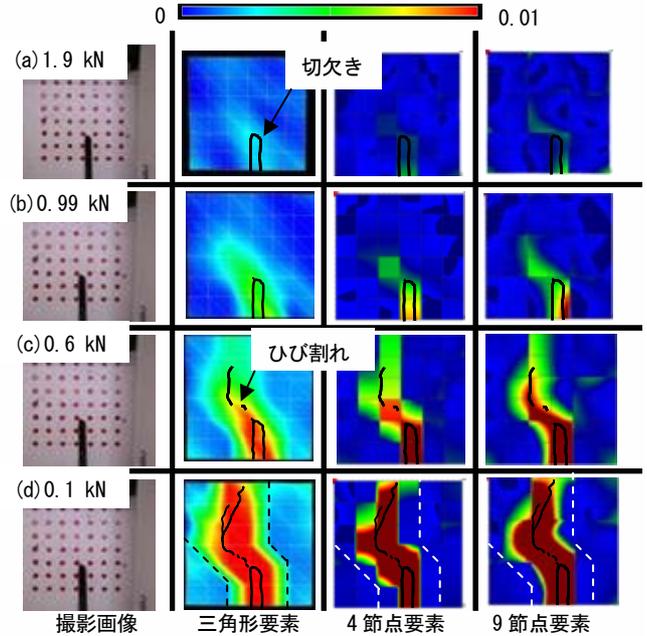


図9 各要素を用いた主引張ひずみの計測結果 (曲げ試験)

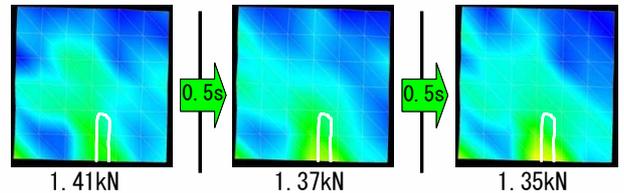


図10 CCDカメラの画像を用いたひずみの計測結果 (三角形要素)

6. 結論

- (1) 4節点、9節点アイソパラメトリック要素を用いることで、ひずみを局所化させることができ、さらに、要素の形状に依存しないひずみ分布を得られることを確認した。
- (2) 9節点要素を用いると、ひび割れに沿った狭い領域にひずみが集中し、湾曲したひび割れを適切に計測できることを確認した。
- (3) 画素数の少なさによる誤差があるものの、CCDカメラを用いて、ポストピーク域の急激に生じる変形挙動を連続的に捉えられる可能性を確認した。

参考文献：1) 酒井理哉，宮川義範，松尾豊史，末広俊夫，遠藤達巳: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，土木学会第56回年次学術講演会，CS3-002，pp.164-165，2001.10