

1. はじめに

コンクリートの圧縮破壊は圧縮力を受ける構造全域では生じず、ある特定の領域に局所的に発生することが知られている<sup>1)</sup>。そのため、計測装置の設置位置に依存する変位計やひずみゲージでは、コンクリートの圧縮破壊を精度良く捉えることは困難である。破壊挙動を広範囲で捉え、非接触に計測を行う手段として画像解析<sup>2,3)</sup>がある。本研究で用いる画像解析は、供試体表面に取り付けたターゲットのデジタルカメラ画像を用いて、ターゲット座標と有限要素からひずみ分布を求めるものである。通常、ターゲットには円形シールなどが使われることが多いが、本研究では、高い精度でターゲット位置座標を特定することを目指し、LED をターゲットとして用いた画像解析によりコンクリートの圧縮破壊挙動を評価していく。

2. 実験概要

本実験で用いた供試体は、断面 100mm×100mm のコンクリート角柱である。断面寸法は全供試体で同一とし、実験パラメータとして供試体高さを 200mm, 400mm, 600mm と変化させた。供試体名称は、供試体高さを参考に L200, L400, L600 とした。実験ケースを表-1 に示す。本実験では、載荷時に荷重が最大荷重（ピーク荷重）に達した後 1kN まで除荷し、再びピーク荷重に達するまで載荷して、その後除荷する繰返し圧縮載荷試験を行った。本実験における測定項目は、荷重、軸方向変位、コンクリート表面ひずみである。荷重はロードセルで測定した。載荷板の対角 2 隅に変位計を取り付け、供試体軸方向の変位を測定した。コンクリート表面ひずみは、供試体表面に貼り付けたひずみゲージを用いて、載荷軸方向に L200 で 2 カ所、L400, L600 で 3 カ所それぞれ測定し、各々データロガーに記録した。画像解析による非接触ひずみ計測では、載荷中の供試体表面のターゲットの撮影を行う必要があるため、4.9kN (0.5tf) ピッチで一時載荷を止め、ターゲットの撮影を行った。一回目のピーク荷重 (= 最大荷重) 以降は、各ピーク荷重時に撮影を行った。供試体表面にはターゲットとして円形シール (直径 5mm) と LED (直径 3mm) を 25mm 間隔で格子状に設置した (図-1)。

表-1 実験ケース

供試体名称	L200	L400	L600
供試体断面(mm×mm)	100×100	100×100	100×100
供試体高さ(mm)	200	400	600
ターゲット数(縦×横)	7×5	15×5	23×5

円形シールターゲット面と LED ターゲット面を同一荷重時に撮影するため、市販の 2 台のデジタルカメラ (有効画素数 LED 側 1510 万画素, シール側 800 万画素) を使用し、それぞれ三脚を用いて固定した。載荷風景を図-2 に示す。

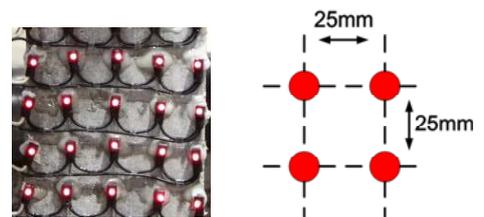


図-1 LED ターゲットと配置図

3. 実験結果と考察

図-3 に L600 供試体のひずみゲージの高さ 100mm でのひずみと画像解析により得たひずみを比較したものを示す。なお、画像解析結果のひずみは最大荷重時までのものである。画像解析によるひずみの算出結果は、ひずみゲージによる結果と大きく異なるものもある一方で、図-3 のようにある程度の精度で計測できている結果を確認している。



図-2 載荷風景

図-4～図-6 に非接触ひずみ計測により得た主引張ひずみ分布と終局時のひび割れ図を示す。いずれの供試体においても最大荷重以降（ポストピーク）のひずみ分布を示している。すべての場合において主引張ひずみの値と供試体のひび割れ位置が一致していた。また、L400 や L600 では圧縮破壊後のひずみの局所化が見られた。

図-4 に示す L200 では、圧縮破壊の局所化は見られず全域で破壊していることがわかる。L400 の場合（図-5）は、ポストピークでピーク荷重の 50% のとき、高さ中央部分に圧縮破壊領域が局所化している。L600 において、図-6 に示すように最大荷重時の大きな引張ひずみの発生位置が、ポストピークにおいてひずみが局所化した位置とほぼ等しいことがわかる。圧縮破壊領域長さは全ての供試体で約 200mm であり、供試体高さによらず供試体幅（100mm）の約 2 倍であることが確認できた。これは既往の研究の結果<sup>1)</sup>と一致している。ただし、本研究では、圧縮破壊領域は主引張ひずみ分布において引張ひずみが卓越する領域として概算しており、定量的な同定は今後の課題である。

ターゲット抽出精度については、図-7 のように算出される真円度をみると、LED の場合は 1.00～0.87、円形シールの場合は 1.00～0.64 であった。この結果より、画像中の LED はより真円に近くなるように撮影されているため、画像解析における円近似の際に生じる誤差が小さくなり、高い精度で LED の位置座標を抽出できることがわかった。

#### 4. まとめ

本研究では、コンクリートの一軸圧縮試験を行った。実験結果より、LED ターゲットを用いた非接触ひずみ計測では、円形シールを用いた場合より高精度で測定できること、さらに本手法によりコンクリートの圧縮破壊領域が局所化する変形挙動を測定可能であることがわかった。

#### 参考文献

- 1) Lertsrisakulrat, T., Watanabe, K., Matsuo, M. and Niwa, J.: Experimental Study on Parameters in Localization of Concrete Subjected to Compression, 土木学会論文集, No.669/V-50, pp.309-321, 2001.2
- 2) 矢川元基, 松浦真一, 安藤良夫: 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, 1983.11
- 3) 東 広憲, 渡辺健, 三木朋広, 二羽淳一郎: 画像解析を用いた鉄筋コンクリートはりの破壊性状の予測, コンクリート工学年次論文集, Vol.30, No.3, pp.793-798, 2008.7

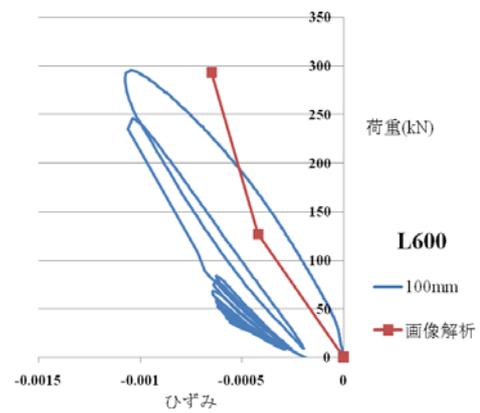


図-3 ひずみゲージと画像解析の結果比較

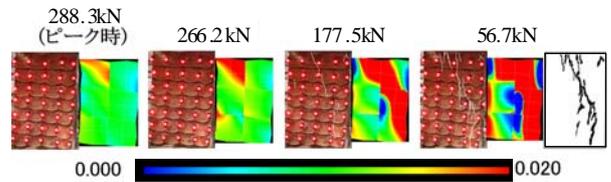


図-4 主引張ひずみ分布とひび割れ比較 (L200)

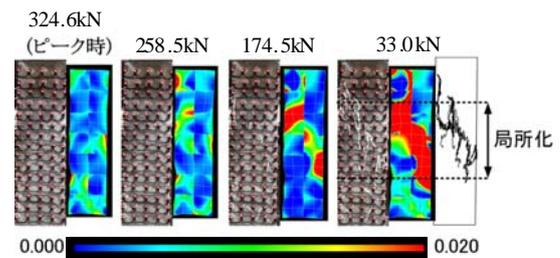


図-5 主引張ひずみ分布とひび割れ比較 (L400)

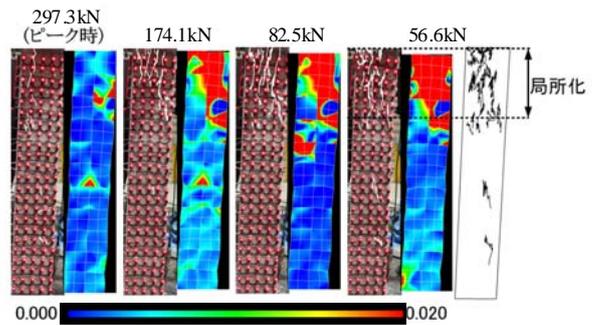


図-6 主引張ひずみ分布とひび割れ比較 (L600)

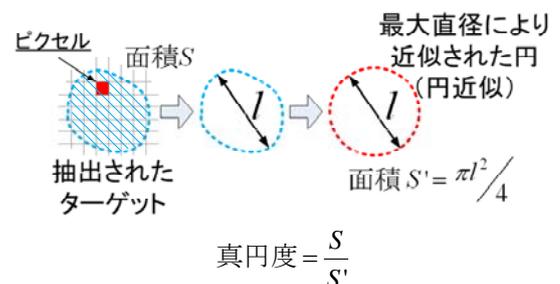


図-7 真円度の算出方法