

画像処理による靱性土質材料の曲げ試験供試体のひずみ測定

香川高等専門学校 学生会員 ○中西真矢
香川高等専門学校 正会員 小竹 望

1 はじめに

靱性土質材料を用いた土構造物の耐震性能強化方法の検討にあたり、その改良体の曲げ破壊メカニズムの解明、設計モデルの構築を必要としている¹⁾。本研究では、画像処理技術を用いて靱性土質材料の曲げ試験供試体を対象とするひずみ測定を行った。

2 画像解析方法

本研究における画像解析は、局所的な現象を対象とするため、供試体の 1 cm の範囲で発生する 0.5~1% 程度のひずみ検出を目標とし、0.05~0.1mm の変位を解析する精度とした。画像撮影と追尾、ひずみ算定について述べる。

2.1 撮影と追尾

図-1 に曲げ供試体の撮影状況を示す。以下の方法で画像解析に用いる画像データを取得した。

- ・ビデオカメラ (Sonny Handycam) の高画像ズーム撮影で撮影範囲を実寸法 50mm×100mm とし、画質 1920×1080 pixel で撮影することで約 0.05mm/pixel の精度とした。
- ・画像と実物の寸法の対応は、被写体近傍に鋼制定規を配置した画像を撮影してスケージングした。また、定規を水平・鉛直方向にセットして 2 次元座標軸を設定した。
- ・画像内の指定点をフレーム毎に追尾することで、その動きを可視化した。本研究では追尾に DIPP-Motion Pro2D ((株)ディテクト製)を使用し、画像相関から追尾点の座標データを取得するとともに追尾点軌跡画像を作成した。
- ・追尾点は、土質供試体の表面状態では画像相関が確実でないため、識別の明瞭なマークを供試体表面に取り付けた。
- ・本実験では、粒径 0.15mm 程度の砂鉄を供試体表面の撮影範囲にスプレーのりで貼り付けた。供試体表面の色合いが白地であるのに対し、砂鉄は明瞭な黒色で粒子形状が多様であることから、識別に適していると判断された。
- ・被写体とその追尾点をより鮮明に撮影するため、LED ライトによる照明を用いた。
- ・2 次元座標値で得られる各フレームの追尾点の軌跡から、読み取りエラーの有無と解析精度を評価し、不十分な場合は近傍に新たな追尾点を再設定して精度を確保した。

2.2 ひずみ分布図

簡易的な直ひずみ算出法として格子状に配置する追尾

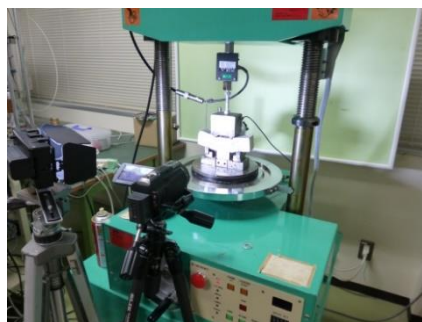


図-1 供試体撮影状況

点の隣り合った 2 点から、 $\varepsilon (\%) = \Delta L / L * 100$ により算出した。ここで、 ε : 直ひずみ、 ΔL : 初期フレームと対象フレーム間の 2 点間距離の変位量、 L : 初期フレームの 2 点間距離である。

3 土質実験と画像撮影

3.1 供試体作製

本実験では、靱性土質材料としてカオリン、ポルトランドセメント、PVA 繊維 (直径 26 μ m, 長さ 20mm) の混合物を使用した。配合条件は、既往研究からカオリンの含水比 $w=128\%$ 、固化材添加量 $C=150 \text{ kg/m}^3$ 、繊維添加量 $V=1.0\%$ (体積比) とした¹⁾。供試体寸法は 40×40×100mm とし、JGS 0821-2000 に準じて作製し、試験実施日まで 20℃ の水中で養生した。また、一軸圧縮試験用の円柱供試体を作製した。

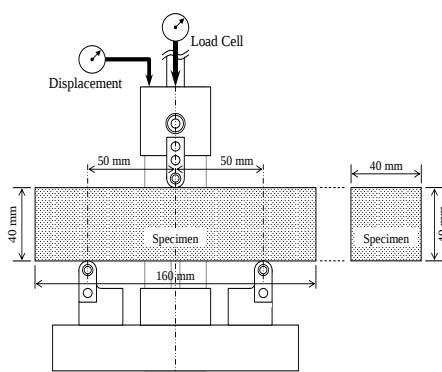


図-2 曲げ試験概略図¹⁾

3.2 曲げ試験と撮影

曲げ試験の概略図を図-2 に示す。スパン (100mm) の中央に載荷速度 0.4mm/min の変位制御で載荷する 3 点支持の曲げ試験を行った。図-3 に曲げ試験で得られた曲げ応力 σ とたわみ量 δ の関係を示す。最大曲げ応力 $\sigma=424 \text{ kN/m}^2$ 、

ピーク時のひずみ量 $\varepsilon_f = 5.3\%$ となった。また、一軸圧縮強さは $q_u = 277 \text{ kN/m}^2$ であった。この結果は、既往研究¹⁾とほぼ同様であった。撮影は、高画質で $110.25\text{mm} \times 61.00\text{mm}$ の範囲をズーム撮影し、約 $0.057(\text{mm/pixel})$ とした。

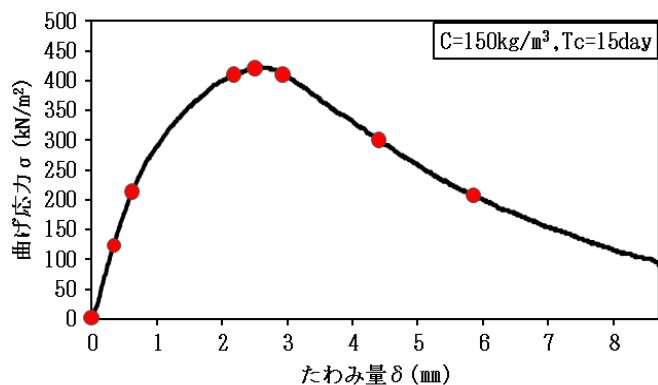


図-3 曲げ試験結果

4 画像解析の結果と考察

撮影範囲のうち供試体の縦 $40\text{mm} \times$ 横 100mm の範囲に、水平と鉛直に 5mm 間隔で追尾点を設定した。図-4 に曲げ試験のほぼ最終段階 ($\delta = 8.69\text{mm}$) における追尾点軌跡図を示す。載荷装置は下側載荷台が上昇する構造であるため、軌跡のうち鉛直上向きの変位は主に載荷台の変位である。図-4 に示すように部材上縁側では両側から中央方向に、部材下縁側では中央から両側に移動している。また、クラックの発生と発達があってもその近傍の点が追尾されていることが分かる。

ひずみに関する画像解析は、主要な荷重段階について行った。図-5 に a) ピーク応力の 1/2 に到達 ($\delta = 0.62\text{mm}$)、b) ピーク応力 ($\delta = 2.50\text{mm}$)、c) クラック発生後、ピーク応力の 1/2 に低下 ($\delta = 5.85\text{mm}$) の各荷重段階におけるひずみ分布図をそれぞれ示す。a) 曲げ載荷の初期段階では、ピークの 1/2 に到達する段階でひずみの発生は 0.2% 以下で小さいが、解析誤差が現れていると考えられる。b) ピーク時は、上側の載荷点周辺に 0.8% 程度の圧縮ひずみが発生し、下側の引張縁で特にクラック起点となる箇所では 1.5% 程度の引張ひずみが発生している。一方、目視あるいは画像では、引張側に微小クラックの発生が認められた。c) 曲げ応力がピーク後低下して引張クラックが拡大していく段階で、引張ひずみが引張縁から供試体中央部に拡大していく状況が分かる。繊維補強した靱性土質材料では、クラックの発生に伴う周辺の応力開放とひずみ量の減少が生じず、 3% 程度の大きい引張ひずみ領域が拡大している。圧縮側も圧縮縁に沿って 3% 程度の圧縮ひずみ領域が発達している。ま

た、引張・圧縮領域の状況から、曲げ供試体の中立軸が初期の中心軸から圧縮側に移動していることが分かる。

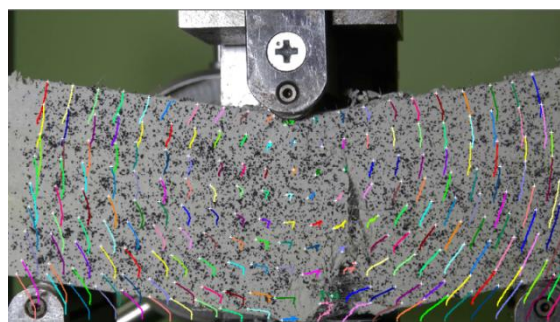
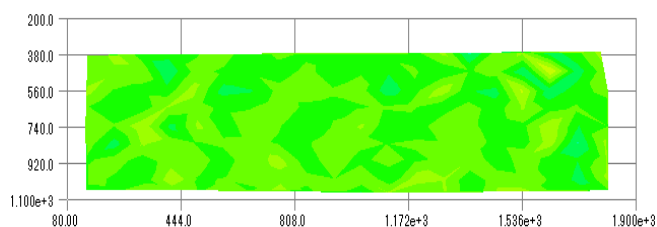
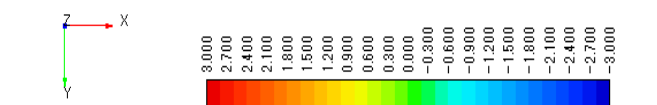
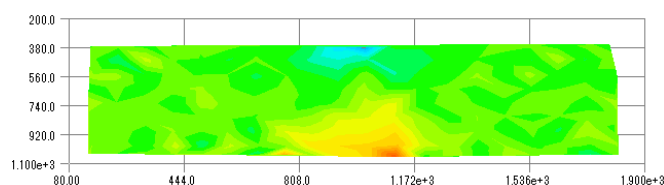


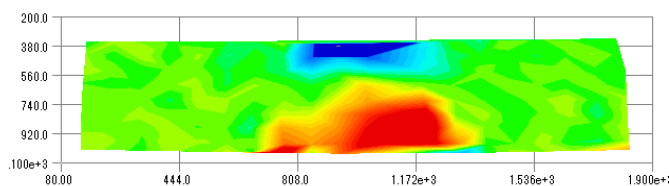
図-4 追尾点軌跡図 ($\delta = 8.69\text{mm}$)



(a) ピーク曲げ応力の 1/2 到達時 ($\delta = 0.62\text{mm}$)



(b) 曲げ応力ピーク時 ($\delta = 2.50\text{mm}$)



(c) クラック発生後 ($\delta = 5.85\text{mm}$)

図-5 ひずみ分布図

5 まとめ

本研究では、画像解析により曲げ供試体のひずみ分布を目標精度に応じて評価することができ、引張域と圧縮域のひずみ発達状況を把握できた。

参考文献

- 1) 裏山昌平・小竹望：繊維補強固化処理土の曲げ応力分布、土木学会平成 23 年度全国大会講演概要集、Ⅲ-7、pp. 13-14、2011.