

Ⅲ - 7

PIV 画像解析による砂の変形の可視化

八戸工業大学 学生員 ○関向 栄治

八戸工業大学 学生員 豊島 一也

八戸工業大学 正会員 金子 賢治

1. はじめに

地盤の工学的諸問題に対する数値解析技術の開発や精度向上には、地盤の変形に対する高精度の計測・可視化技術の開発が不可欠であり、従来より様々な計測手法が開発されている。例えば、ゴム膜を土層側面に配置して、格子の変位を計測する方法やトレーサーなどを配置してそれらの変位を計測する方法などである。しかし、ゴム膜に関しては地盤中に異種の材料が入るといった欠点があるし、トレーサーはその設置の労力や地盤との追従性などに問題がある。本研究では流れの可視化手法として広く用いられている PIV (Particle Image Velocimetry) 計測^{1), 2)}の一種である相互相関法を砂の支持力実験に適用し変形の計測・可視化を試みるものである。

2. PIV 画像計測の概略

本研究では、PIV の一種である相互相関法³⁾を用いる。相互相関法は、2時刻の画像間での局所的輝度値パターンの類似性を相互相関により定め、そのピーク位置から平均的な変位ベクトルを算出する。また、2時刻間の画像から求めているため速度ベクトルが算出される。相互相関法の詳細は文献1)を参照されたい。さらに、本研究では、得られた速度ベクトルを用いて、有限要素法における節点変位から積分点のひずみを算出すると同様の方法により、2時刻間のひずみ速度を算出する。

3. 小型土層を用いた支持力試験の概要

(1) 試験に用いた試料

支持力試験には、青森県八戸市の馬淵川河口付近で採取した砂を含水比 5.0%に調整して使用した。この試料の土粒子密度は 2.88g/cm^3 であり、粒度分布は図1に示す通りである。また、圧密排水三軸圧縮試験を行って得られたこの砂の摩擦角は、約 33° である。

(2) 実験装置の概略と実験方法

写真1に本研究で用いた支持力試験用小型土槽を示す。土槽の大きさは横 100cm、奥行き 20cm、高さ 60cm である。砂を土槽の下から 40 cm まで入れ、写真中のハンドルを手動で回転させることにより中心上部に強制的に変位を与えることで載荷を行った。変位を与える部分にはロードセルが取り付けられており反力を測定した。また、ロードセルと砂試料との境界には横 15cm、奥行き 2.0cm、厚さ 1cm の載荷板を置いている。本研究では、強制変位を1分間に約 2.0mm 与え、1分毎に解像度 600 万画素のデジタルカメラで砂の状態を撮影した。撮影したデジタル写真をパーソナル・コンピュータに取り込み画像計測および可視化を行った。

3. 実験結果

図2に支持力試験の結果得られた、荷重-沈下量関係を示す。同図より、載荷初期の不安定な部分を除いてほぼ線形的であり、明確な極限支持力は得られていない。次に、図3にデジタル写真を用いて PIV 計測を行った結果得られた速度ベクトルの分布図を示す。(a)は載荷開始後1分、4分、つまり、沈下量が 2mm ~ 8mm の時点で撮影した画像間の変位(速度)ベクトルを示している。また、(b)は41分、44分(沈下

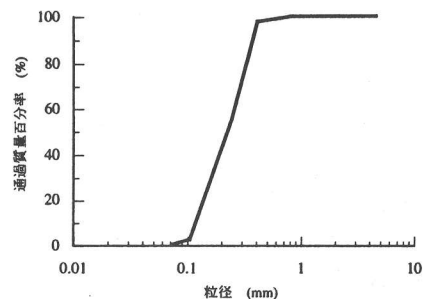


図1 使用した砂の粒度分布

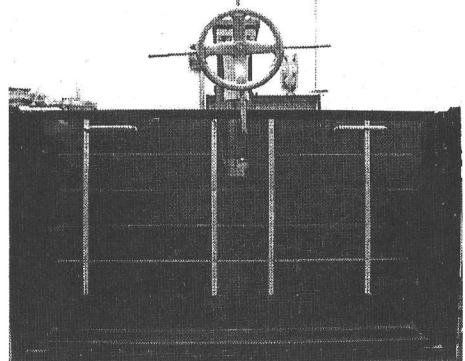


写真1 支持力試験に用いた小型土層

量 82mm, 88mm) の速度ベクトルを示している。なお、図中の矢印の色が黒に近いほど大きな速度を表す。図3より载荷初期には载荷板直下の砂が下方に変位しているのみであるが、载荷最終段階に近い部分では、周辺の砂が左右に流れているといったような妥当な計測結果を示している。図4は速度ベクトルのノルムが等しい部分を結んだ線を示しているが、この図からも速度の大きい部分が载荷板直下から左右方向に拡大していく様子が観察される。図5は PIV 解析の結果得られた各点の速度ベクトルを用いて算出したひずみ速度の例として体積ひずみ速度の分布を示したものである。このように、PIV 解析の結果は格子状に分布した各計測点の速度ベクトルを有限要素法の節点の速度ベクトルと見なして物体内部のひずみ速度を推定可能であり、数値解析結果の検証などに非常に便利な手法であると考えられる。

4. あとがき

本研究では小型土槽を用いた支持力試験の結果を用いて PIV 画像解析により砂の変形の計測・可視化を試みた。実験の結果から、本手法は変形の計測・可視化に有効な手法と成り得るといえる。ただし、実験の精度の向上、画像の精度の向上、計測結果の検証、ひずみの算出などの課題が残されている。

参考文献

1) 可視化情報学会：PIV ハンドブック，森北出版，2002. 2) 岡安崇文，橋口公一，尾崎伸吾，武田敏，上野正実：走行車輪下近傍の土の変位計測への PIV の適用，第 37 回地盤工学会研究発表会講演概要集，2002.

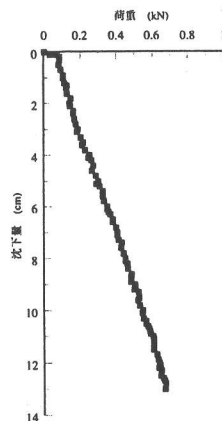
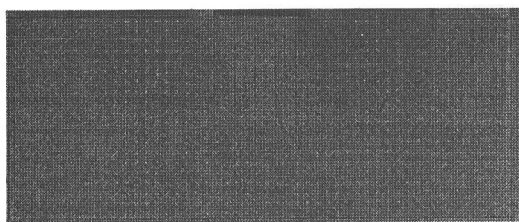
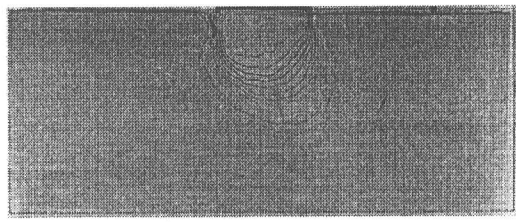


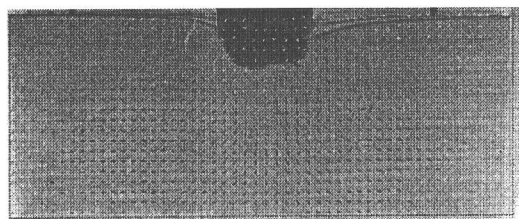
図2 荷重-沈下量関係



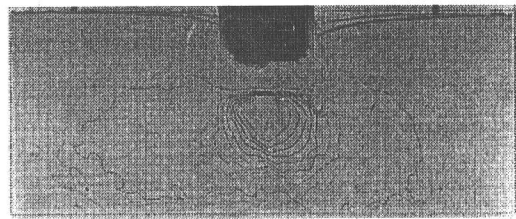
(a) 1~4分



(a) 1~4分



(b) 41~44分



(b) 41~44分

図3 速度ベクトル分布

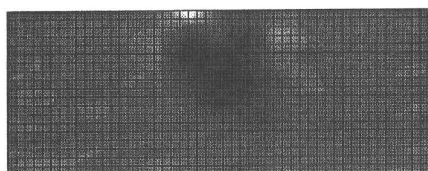
-0.003

引張り

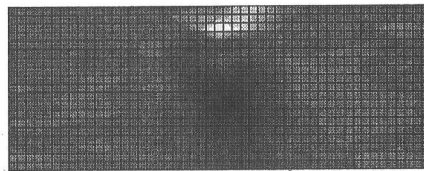
図4 等速度線図

0.003 (%/min)

圧縮



(a) 1~4分



(b) 41~44分

図5 体積ひずみ速度分布