

遠心場の支持力実験における画像処理技術を用いた局所変位計測

山口大学大学院 学生会員 ○吉川直孝

山口大学工学部 正会員 中田幸男, 兵動正幸, 吉本憲正, 村田秀一

清水建設 技術研究所 正会員 西尾伸也 荻迫栄治

1. はじめに 基礎の支持力問題について、浅い基礎においては全般せん断破壊型となるが、深い基礎など拘束圧レベルが大きい場合、局所せん断破壊型となる¹⁾。これは、同じ拘束圧レベルにおいて、豊浦砂などの粒子が比較的硬い材料とまさ土などの粒子の脆弱な材料とで、地盤挙動が異なることと同義である。本研究では、材料の圧縮性と支持力発現メカニズムとの関連性を地盤材料に依らず統一的に評価することを最終的な目標とし、豊浦砂、宇部まさ土の模型地盤において、遠心場の支持力実験を行った。ここでは、実験時の局所的な変位量を画像解析により取得し、全般せん断破壊型と局所せん断破壊型で異なる変位過程の違いを明らかにした。

2. 実験概要 実験に使用した砂試料は、豊浦砂 ($e_{\max} = 0.939$, $e_{\min} = 0.600$, 粒径 $0.075 \sim 0.425\text{mm}$)、宇部まさ土 ($e_{\max} = 1.332$, $e_{\min} = 0.786$, 粒径 $0.075 \sim 2.0\text{mm}$) である。遠心模型土槽の寸法は、長さ $L = 796\text{mm}$ 、深さ $D = 440\text{mm}$ 、奥行き $W = 280\text{mm}$ である。試料と土槽の壁面との摩擦をできる限り除去するため、壁面にグリースを貼付し、ラバーメンブレン（厚さ $150\mu\text{m}$ ）を内張りにした。メンブレンには、画像解析により局所変位量を算出するため、直径 2mm の標点を 5mm 間隔で設けた。試料は、相対密度 $D_r = 86\%$ となるよう、空中落下法により堆積させた。落下高さは 1m である。作成された豊浦砂地盤については $D_r = 84.0\%$ 、宇部まさ土地盤については $D_r = 98.2\%$ であった。これら地盤に、炭酸ガスを通気し、その後脱気水を通水させ、飽和させた。重量による計算から飽和度を算出したところ、豊浦砂で飽和度 $S_r = 100\%$ 、宇部まさ土で $S_r = 93.8\%$ であった。図-1 に、支持力実験時のフーチングとレーザー変位計の設置状況を示す。使用したフーチング（載荷板）は、幅 $B_0 = 40\text{mm}$ である。底面には、豊浦砂を貼り付け、粗としている。レーザー変位計は、フーチング上部に 1 台、地表面上に 2 台設置した。地表面上のレーザー変位計は、図-1 のように土槽中央から $2B_0 = 80\text{mm}$ の箇所に設置した。実験は、フーチングを鉛直下方に 1.0mm/min の速度で変位させることにより行った。豊浦砂の場合、遠心加速度を $25g$ に設定し、宇部まさ土の場合は、 $15g$ に設定した。

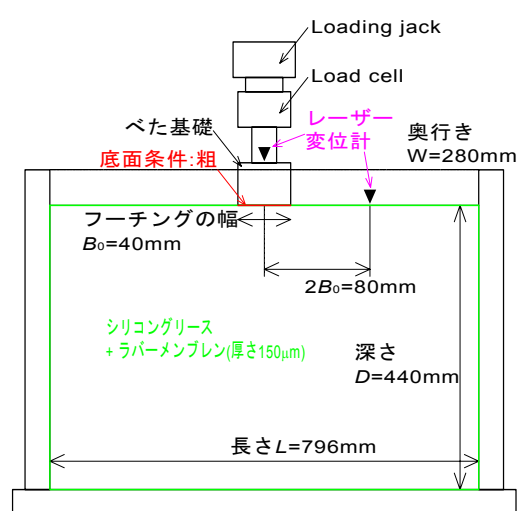


図-1 土槽の概略図

3. 遠心場での画像の取得 図-2 に示すようなデジタルスチルカメラ（ 1536×2048 pixel）を土槽に固定する器具を設けた。カメラのレンズと土槽の亚克力面との距離は、 280mm である。このとき、画像上で 1pixel は、 $0.154 \sim 0.164\text{mm}$ に相当する。また、レンズの下には、遠心力によるレンズの歪みをできる限り防ぐため、支えを設けている。これに加え、画像の歪みを補正するため、側壁である亚克力上に基準点を設け、画像の幾何補正を行った^{1), 2)}。得られた画像に対し、幾何補正を行うと、

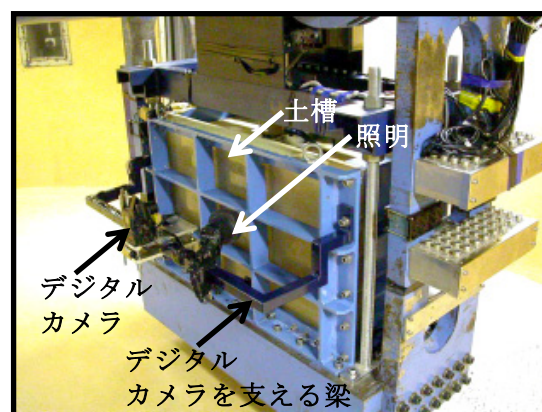


図-2 デジタルカメラ設置状況の写真

キーワード 支持力, 局所変位計測, 画像処理技術, 遠心場, 破壊形態

連絡先 〒755-8611 山口県宇部市常盤台 2-16-1 山口大学工学部社会建設工学科 TEL 0836-85-9344

図-3 のようになる。

4. 実験結果 豊浦砂地盤と宇部まさ土地盤の正規化された基礎の平均圧力 $N_\gamma = 2q/n\gamma B_0$ ～基礎幅に対する基礎の沈下量 S_f/B_0 ～基礎幅に対する地盤表面の変位量 S_g/B_0 の関係を図-4 に示す。豊浦砂地盤は、 $N_\gamma = 214$ のピーク値を示す全般せん断破壊型であることがわかる。これに対し、宇部まさ土地盤の場合、 $S_f/B_0 = 86.3\%$ 、 $N_\gamma = 93.9$ で降伏しており、局所せん断破壊型を示している。次に、画像解析により局所変位量を取得した結果について示す。図-4 のプロットで示した点が主に画像を取得した箇所である。図-3 の解析対象領域 (640×640 pixel) において、 20 pixel 間隔で設けた格子の交点上に検査領域 (63×63 pixel)、探查領域 (73×73 または 77×77 pixel) を設け、PIV の画像解析³⁾を行った。図-5 に豊浦砂地盤において計測された変位場を示す。降伏前において、フーチングから同心円上に変位が下方に向かっているのに対し、降伏後には、フーチング直下で鉛直下方に向かう部分とそれによって側方に押し上げられる部分とに分岐していることがわかる。図-6 に宇部まさ土地盤の変位場を示す。降伏前と降伏後では明確な違いが見られず、フーチング直下の部分が主に鉛直下方に向かって変位していることが見てとれる。

5. まとめ 豊浦砂、宇部まさ土地盤において、遠心場での支持力実験を行い、画像処理技術により局所的な変位量を取得した結果、全般せん断破壊型と局所せん断破壊型で明確な変位過程の相違を定量的に評価することが可能となった。

参考文献

- 1) 日下部治：土質力学，コロナ社，2004。
- 2) 高木幹雄，下田陽久 監修：画像解析ハンドブック，東京大学出版会，pp.427 - 597, 1991。
- 3) 吉川直孝ら：円柱供試体における3次元局所変位計測，第40回地盤工学研究発表会概要集，2005(投稿中)。
- 4) 竿本英貴ら：ボーリング時における粒子-流体系内部の可視化と速度場計測，第39回地盤工学研究発表会概要集，pp. 1239 - pp. 1240, 2004。

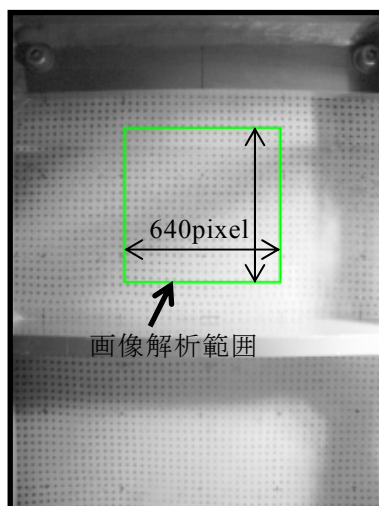


図-3 遠心場で得られた画像 (幾何補正後)

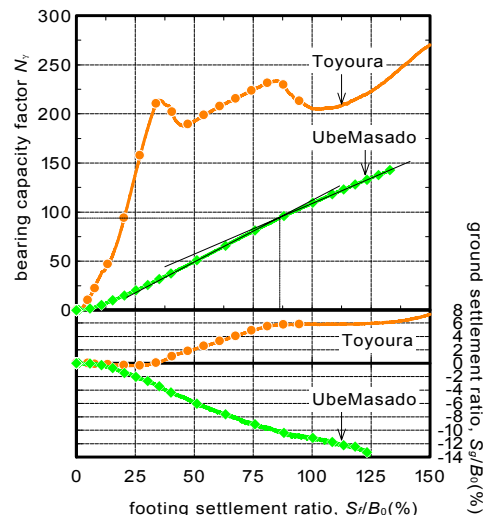
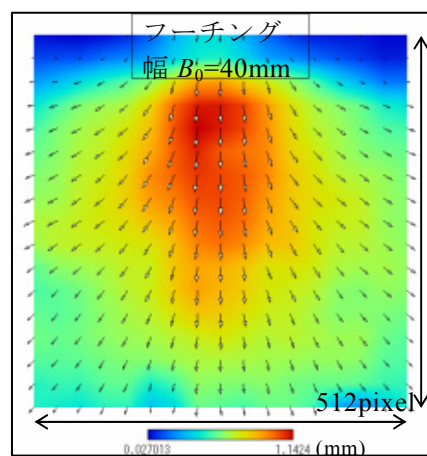
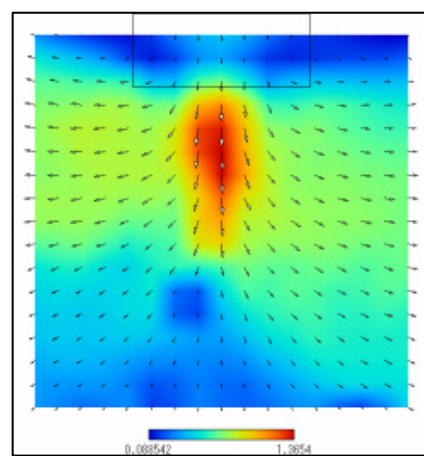


図-4 $N_\gamma \sim S_f/B_0$ ～基礎幅に対する地盤表面の沈下量 S_g/B_0 の関係

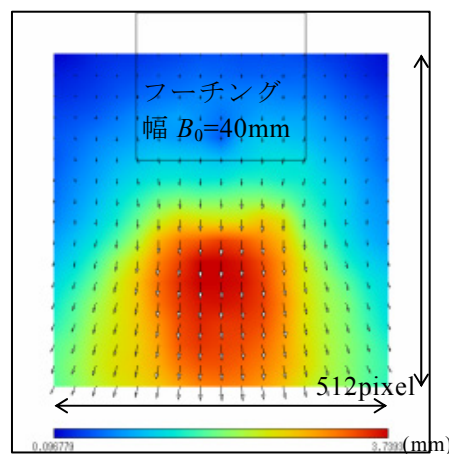


(a) $S_f/B_0 = 27.0 \sim 33.8\%$ 間

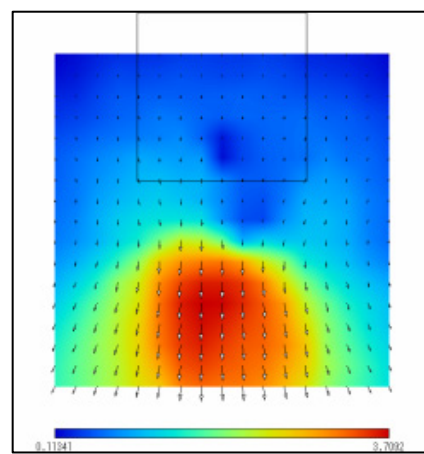


(b) $S_f/B_0 = 33.8 \sim 40.5\%$ 間

図-5 豊浦砂地盤の変位場



(a) $S_f/B_0 = 63.3 \sim 75.8\%$ 間



(b) $S_f/B_0 = 75.8 \sim 88.0\%$ 間

図-6 宇部まさ土地盤の変位場