

# PIV を用いた三軸圧縮試験における締固め土の局所変形特性

山口大学大学院	学生会員	中出雄也
山口大学大学院	正会員	兵動正幸
山口大学大学院	正会員	中田幸男
山口大学大学院	正会員	吉本憲正

## 1. はじめに

近年、盛土・斜面の崩壊が増加している。そのため盛土に多く用いられる締固め土の変形・強度特性を解明することが重要である。締固め土は主に層構造で形成されるため、微視的には不均一な変形をすることが推察されることから、局所変形・強度特性の把握が必要である。そこで締固め度、締固め層数を変化させ、画像解析を用いて三軸圧縮試験を行った。

## 2. 試験概要

本研究に用いた試料は宇部まさ土である。供試体は締固め法で、締固め度  $D_c=80\%$  となるように最適含水比 11.5% で調整し、締固め層数を 3 層・5 層・10 層として作製したものと、締固め度  $D_c=80\%$ 、90%、95% に調整し、締固め層数 3 層で作製したものを用いる。試験では、圧密圧力を 50kPa とし、1 時間の圧密後、軸ひずみ 15% に達するまで、ひずみ速度 0.1mm/min でせん断を行った。せん断中には軸ひずみ 1% ごとにせん断を中断し、供試体を 8 方向からデジタルカメラで撮影した。本研究で用いた試験機は、軸と供試体が連動して回転するような構造であり、供試体全周面を 1 台のデジタルカメラで撮影できる三軸試験機<sup>1)</sup>である。この試験機により三軸試験時の供試体のデジタル画像を取得し、PIV 解析を行うことにより、供試体表面に設置した標点の 3 次元座標の取得が可能である。それらを用いて、不飽和土の体積変化だけでなく、局所的な変形や軸ひずみ、軸差応力などを求めることが可能となる。ここでは標点を 5mm 間隔で設定しているため、高さ方向については 20 箇所の局所的な応力・ひずみパラメータを算出することが可能である。局所応力・ひずみパラメータは、隣り合う 4 つの標点で囲まれる 5mm 四方を 1 つの要素として算出しているが、本論文では、同一円周上に位置する 30 個の要素の平均値を局所応力・ひずみパラメータとした。

## 3. 試験結果

図-1 は締固め度  $D_c=80\%$  で統一し締固め層数を 3 層・5 層・10 層とした場合の、供試体全体の平均的な軸差応力と軸ひずみ、体積ひずみの関係を示したものである。いずれのひずみレベルについても、ほぼ同じ軸差応力の値をとることから、平均的な応力ひずみ関係には、層数の影響が認められないことがわかる。また図-2 はせん断軸ひずみ 14% 時の局所軸ひずみを供試体高さ対して示したものである。この図から、局所軸ひずみの値がのこぎりの歯のようにいくつかのピークをもって分布していること、ピークの数が締固め層数に応じていること、その中から見出される平均的な傾向は、中央付近で大きく、下

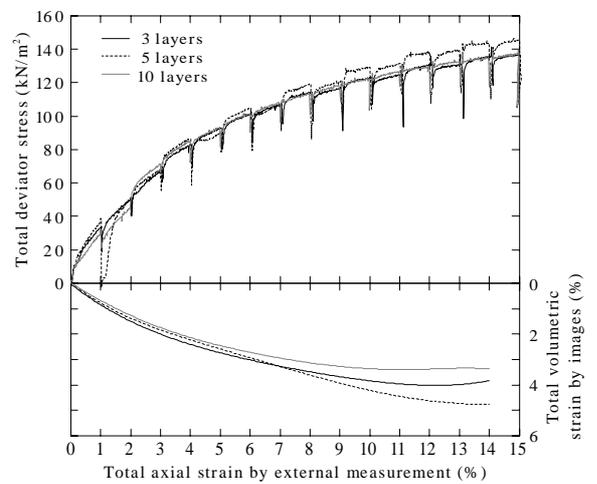


図-1 締固め度 80%の供試体の締固め層数の影響

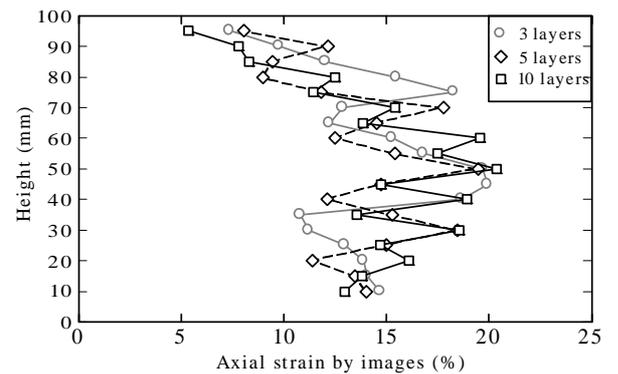


図-2 締固め度 80%の供試体の局所軸ひずみ分布

部では中央部に比べてやや小さく、上部はさらに小さい値となること、この傾向は層数によらないことがわかる。

締固め度の違いに着目し、締固め層数 3 層で作製した  $D_c=80\%$ 、 $90\%$ 、 $95\%$ の供試体に対する試験を行った。図-3 は締固め層数 3 層で統一し、締固め度を  $D_c=80\%$ 、 $90\%$ 、 $95\%$ とした場合の平均的な応力ひずみ関係である。図-4 はその結果を図-2 と同様に整理したもので、 $D_c=80\%$ 、 $90\%$ 、 $95\%$ における供試体の局所軸ひずみ分布である。軸ひずみが大きい層は、丁度締固めた面のすぐ上に位置する。締固め面は締固め層の層境界であり、層境界の直上は締固めエネルギーが伝わりにくく、その近傍では密度が低くなると考えられる。その結果、締固め面付近で軸ひずみが大きくなると考えられる。また軸ひずみが小さい層は、締固め面の直下となる。層境界の直下では、逆に締固めエネルギーの影響を受け、密度が高くなると考えられる。これにより、締固め層境界で明確に局所軸ひずみの変化が現れたといえる。

図-5 は局所軸差応力と供試体高さの関係を示した図である。ここで局所軸差応力は、軸圧縮力を全軸差ひずみ 1%時の 1 標点間（初期高さ 5mm）の各断面積で除して計算したものである。また、図中の実線は、供試体全体の平均断面積を用いて算出した軸差応力を示している。この図(a),(b)については供試体上部、下部で軸差応力が高く、中央部に近づくにつれ、軸差応力が低下するということが明らかとなった。(c)では供試体下部から上部へ徐々に軸差応力が低下する傾向が見出せた。また、(a)ではほぼ全ての箇所において、局所軸差応力が平均軸差応力より高い値を示した。(b)では供試体中央部のみ平均軸差応力より低い値を示し、(c)ではほぼ全ての箇所平均軸差応力より低い値を示した。図-4、図-5 の局所軸ひずみ分布と局所軸差応力分布を(a),(b)について比較すると相関性は得られないが、(c)について比較すると局所軸ひずみが大きい箇所は軸差応力が低く、局所軸ひずみが小さい箇所は局所軸差応力が高いという相関性が得られた。

#### 4.まとめ

締固め土の局所変形特性は、締固め層数の影響を顕著に受けることがわかった。締固め度  $D_c=90\%$ までは供試体中央部の軸差応力が低くなる傾向があり、締固め度  $D_c=95\%$ では供試体下部の軸差応力が高く、供試体上部に近づくにつれ軸差応力が低下する傾向が見出せた。また締固め度を高くするにつれ、平均軸差応力より強度が低い箇所が増加することが明らかとなった。

#### [参考文献]

- 1) 吉川直孝, 中田幸男, 兵動正幸, 村田秀一, 西尾伸也: 画像解析技術を用いた三軸試験における砂質土のせん断層の評価, 土木学会集 C, Vol.63, No.1, pp59-71, 2007.

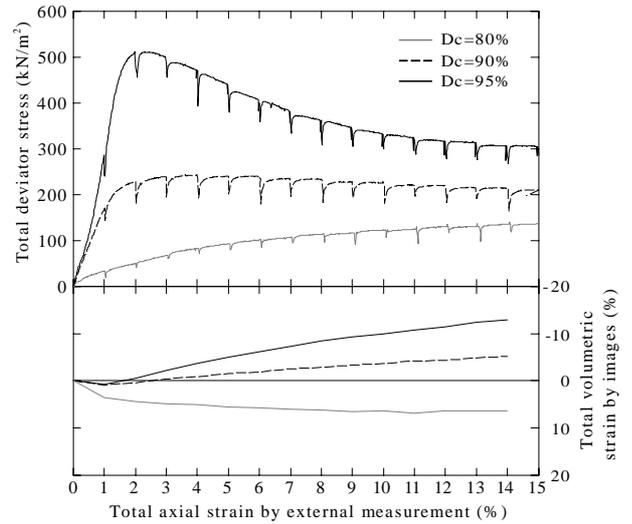
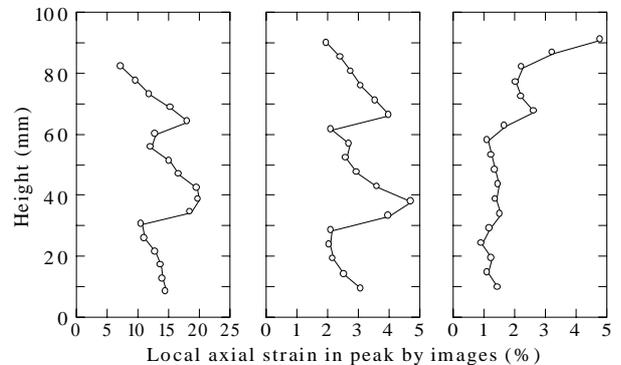
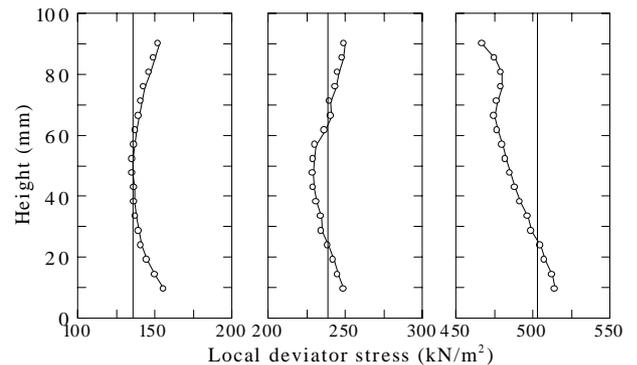


図-3 締固め層数 3 層の供試体の締固め度の影響



(a)  $D_c=80\%$  (b)  $D_c=90\%$  (c)  $D_c=95\%$   
図-4 締固め層 3 層の供試体の局所軸ひずみ分布  
(全軸差応力が最大値のとき)



(a)  $D_c=80\%$  (b)  $D_c=90\%$  (c)  $D_c=95\%$   
図-5 締固め層 3 層の供試体の局所軸差応力分布  
(全軸差応力が最大値のとき)