

山口大学大学院 学生会員 中出雄也 喬 弁  
山口大学大学院 国際会員 中田幸男 兵動正幸

### 1. はじめに

斜面・盛土などの土構造物は局所的な部分から変形が始まり破壊に至るため、盛土などの構造物に対する安定性の検討には締固め土の局所的な変形・強度特性の理解も重要となる。そこで、盛土材料として用いられるまさ土を用いて締固め度、締固め層数の違いが局所変形・強度特性に及ぼす影響を実験的に把握した。ここでは、局所変形の取得に画像解析<sup>1),2)</sup>による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。供試体は締固め度  $D_c=82\%$  となるように調整し、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  $D_c=82\% \cdot 93\% \cdot 107\%$  として締固め層数3層で作製したものをを用いる。実験では1時間の圧密後、軸ひずみ 15% となるまでひずみ速度 0.1mm/min でせん断を行った。せん断中には軸ひずみ 1% ごとに供試体をデジタルカメラで撮影した。今回用いた試験機は、軸と供試体が運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>2)</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、画像を解析することで、供試体表面の標点の3次元変位を取得でき、それらを用いて、供試体の体積変化だけでなく、局所変形や局所ひずみを求めることが可能となる。

### 3. 試験結果

図-1は締固め度  $D_c=82\%$  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標点に対する層番号に対して示したものである。本実験では標点を5mm間隔で設定しているため、層番号の総数は20となる。また、局所軸ひずみは、隣り合う4つの標点を1つの要素として算出したものについて、同一高さ位置する30個の要素の平均値とした。この図から、局所軸ひずみの値がのこぎりの歯のよういくつかのピークをもって分布していること、ピークの数も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

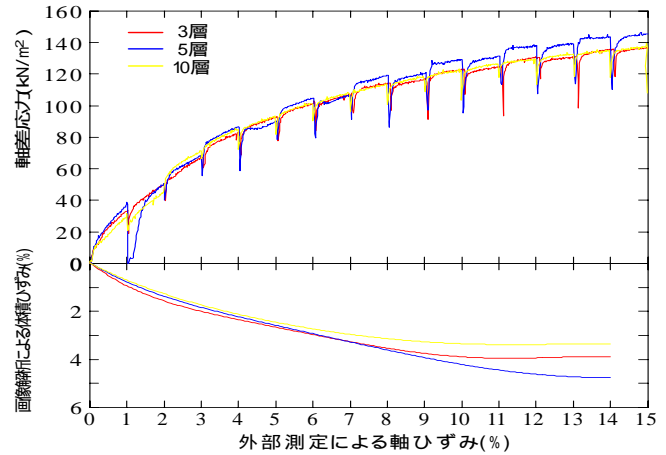


図-1 宇部まさ土  $D_c=82\%$  3層・5層・10層の軸ひずみ、体積ひずみ、軸差応力の関係

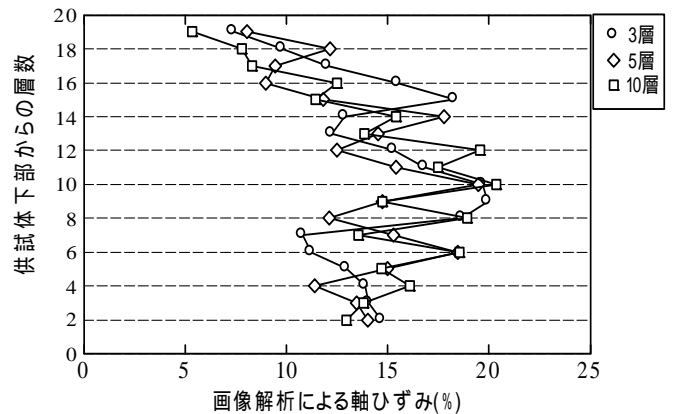


図-2 せん断軸ひずみ 14% 時の軸ひずみ分布

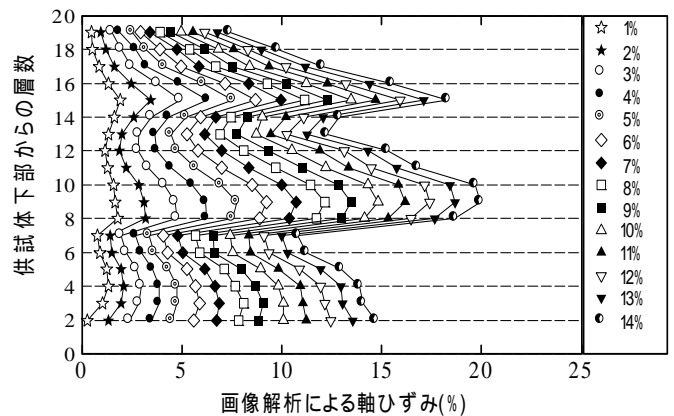


図-3  $D_c=82\%$  3層 軸ひずみ分布

な傾向は、中央付近で大きく、下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 層で作成した  $D_c=82\%$ 、 $93\%$ 、 $107\%$  の供試体に対する試験を行った。図-3 はその結果を図-2 と同様に整理したもので、 $D_c=82\%$  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 9 層目や 15 層目となり、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。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 7 層目や 13 層目であり、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。これにより、締固め層境界で明確の局所軸ひずみの変化が現れたといえる。この局所軸ひずみは最大値と最小値の差はせん断終了時に 12.6% となった。図-4 は画像解析から求めた各層の断面積を用いて算出した軸差応力と軸ひずみ、体積ひずみの関係である。各標点高さにおける断面積も標点の三次元変位から算定されたものである。軸ひずみが大きい層(15、8 層)の軸差応力は平均的な軸差応力よりも低い値となっており、軸ひずみの小さい層(13、7 層)の軸差応力は逆に高い値となっている。これは局所的な軸ひずみが大きい箇所は、半径方向変位が大きくなることで断面積が増加し、軸差応力が小さくなったためである。図-5 は平均的な軸差応力がピークに達したときの結果をまとめたものである。この図は、局所的な軸差応力を平均的な軸差応力で除したものを局所軸差応力比として、締固め度について示したものである。締固め度 83% の結果については、15 層の局所軸差応力比が 101%、9 層が 98%、13 層が 105%、7 層が 109% となっている。同様に締固め度 93% では、16 層の局所軸差応力比が 94%、8 層が 94%、12 層が 98%、5 層が 100% の結果が得られた。締固め度 107% については、18 層が 92%、8 層が 93%、14 層が 89%、4 層が 100% という結果が得られた。各締固め度で軸ひずみが大きい層が局所軸差応力比が低いという結果となった。また密に締固める程軸ひずみの最大値と最小値の差は大きくなる結果が得られた。さらに、締固め度が大きいほど、局所軸差応力比が小さい層が存在することがわかる。締固め度を高めることで、平均的な強度は増加するが、一方で均一性は低下することを示している。

#### 4. まとめ

まさ土を用いて締固め度、締固め層数の違いが局所変形・強度特性に及ぼす影響を実験的に把握した。その結果、局所変形特性は締固め層数の影響を受けることがわかった。また、密に締固める程、均一性が低下し、局所軸ひずみの最大値と最小値の差は大きくなることが明らかとなった。

#### 参考文献

- 1) Kikkawa, N., Nakata, Y., Hyodo, M. and Murata, H.: Three-dimensional measurement of local strain using digital stereo photogrammetry in triaxial test, Proceeding of Geomechanics of Particulate Media, pp.61-67, 2006.
- 2) 吉川直孝, 中田幸男, 兵動正幸, 村田秀一, 西尾伸也: 画像処理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, 土木学会論文集 C, Vol.63, No.1, pp.59-71, 2007.

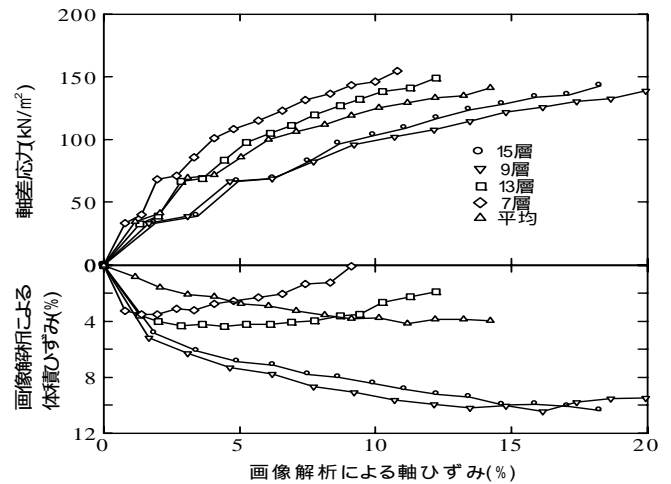


図-4 宇部まさ土  $D_c=82\%$  画像解析による軸ひずみ、体積ひずみ、軸差応力の関係

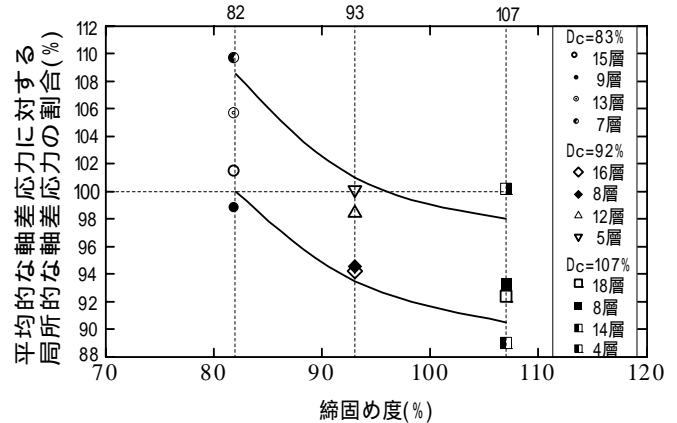


図-5 締固め度に対する局所的な軸差応力の割合