

Ⅲ-A19

砂供試体のせん断変形に於ける微少要素剛体回転の役割

日本大学理工学部
日本大学理工学部
日本大学理工学部

正会員 重村 智
正会員 徳江 俊秀
学生会員 佐川順一郎

1.はじめに 一般的に物体の2次元の変形は直交する2方向の垂直歪み ε とせん断歪み γ の”歪みの3成分”と”剛体回転 ω ”で表現される。しかし、これまで、土の変形や破壊を表現する際に、ひずみは良く用いられているが、微少要素の剛体回転についてはほとんど考慮されなかった。そこで今回筆者らは土の変形における要素の剛体回転に着目し、砂供試体の2次元的な変形状況からその剛体回転の成分を抽出し検討を行ったので報告する。

2.微少要素と剛体回転 剛体回転を扱う要素は土粒子レベルよりは大きく供試体レベルよりは小さいサイズとし、今回は平均粒径(0.32mm)の10倍を少し上回る4mm間隔の格子とした(図-1参照)。

3.マッピング法 供試体の2次元変形は標点の移動量より歪みを算出するマッピング法より求めた。今回のマッピング法では、供試体の撮影は35mmの一眼レフカメラで、標点の読み込みは精度1/1000mmの工具顕微鏡でネガから直接読み込んだ。歪みの算出は一要素あたり6つの線分歪み(格子の4辺と対角線)から重回帰分析により要素内の平均的な歪みを求めた。

4.試料及び供試体 試料は平均粒径 $D_{50}=0.32\text{mm}$, $e_{\max}=1.13$, $e_{\min}=0.73$, $G_s=2.63$ の岐阜産珪砂を使用した。供試体は $e_0=0.73$ ($D_r=100\%$)の密詰め供試体、 $e_0=1.15$ ($D_r=0\%$)の緩詰め供試体、密・緩供試体を交互上下対称に重ねた平均初期間隙比 $e_0=0.87$ ($D_r=65\%$)の互層供試体をそれぞれ空中落下法により作製した。大きさはいずれも厚さ50mm、高さ100mm、幅80mmである。

5.実験条件 実験は平面歪み状態(スプリングで自立させ拘束板をタイロッドで固定)、負圧60cmHg($\sigma_3'=77.5\text{kPa}$)で圧縮した。供試体拘束面および端面は真空用グリース等で摩擦軽減処理を行った。

6.実験結果 図-2に密詰め供試体、緩詰め供試体、互層供試体の主応力比 σ_1/σ_3 と軸歪み ε_a の関係を示す。なお、グラフ中の番号はそれぞれの写真解析点である。

7.せん断歪みと剛体回転

(コンター図) 密詰め供試体(図-3)、緩詰め供試体(図-4)、互層供試体(図-5)のそれぞれ上段(A)に剛体回転分布図、下段(B)に最大せん断歪み分布図を示した。剛体回転分布図上の傾斜線は解析点それぞれの時点の応力比最大のモービライズド面(θ_m)である。また、剛体回転は左回りを正にとり回転の方向別に示した。一方、せん断歪み分布図はピーク時の全要素の平均的なせん断歪み(密で0.07、緩で0.20)より大きな歪みを暖色で表示した。

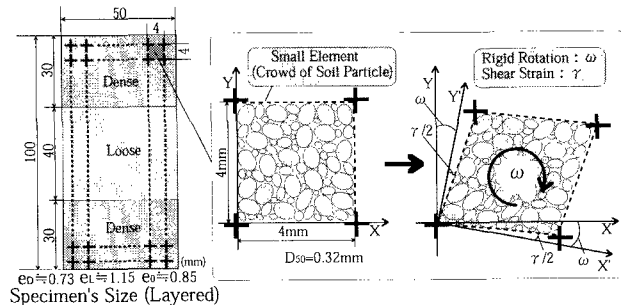


図-1 砂供試体と微少要素の設定概要

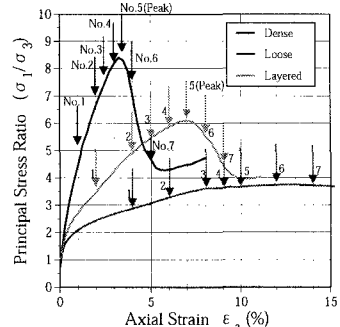


図-2 主応力比～軸歪み関係

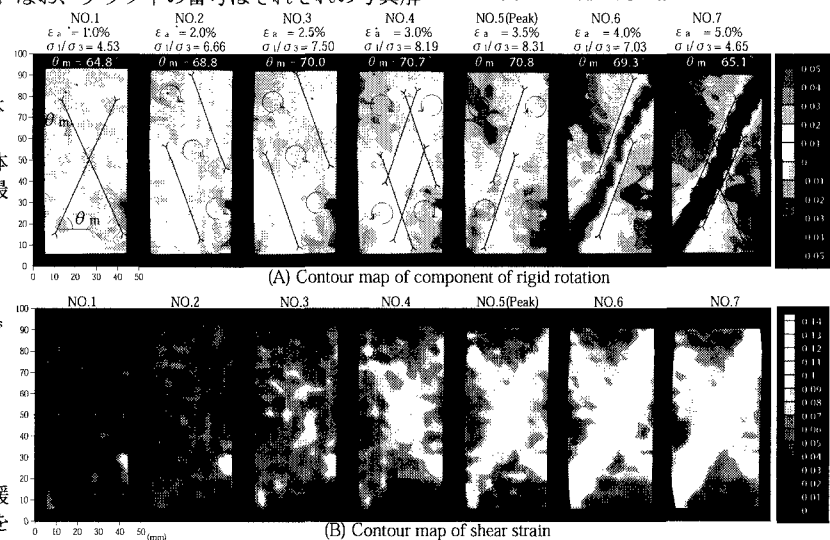


図-3 密詰め供試体のコンター図

キーワード：微少要素・剛体回転・砂供試体・変形・せん断層

連絡先：〒101-0062 東京都千代田区神田駿河台1-8 TEL/FAX 03-3259-0675

（密詰め供試体）回転分布を全体的に見ると同一方向回転の層の傾きが最大モービライズド面とピーク以前からはほぼ一致していることがわかる。また供試体中央部よりも上下の端に大きい回転が目立つ。一方せん断歪み分布を見ると、ピーク直前に供試体中央部で歪みの集中が目立ち、ピーク～残留にかけてせん断層が中央部から外に発達していく様子がわかる。

（緩詰め供試体）密詰め供試体の傾向とほぼ同じであるが、せん断歪み分布ではせん断層を把握しにくいのに対し回転分布ではせん断層を良く捉えていることがわかる。

（互層供試体）互層供試体のピーク時の状況はせん断歪み分布を見ると中間層の緩詰め層に歪みが集中しており、一見緩詰め層だけが破壊しているように見えるが、回転分布で見ると同一方向回転の層の傾きがモービライズド面とほぼ一致していることから密詰め・緩詰め層全体で破壊していることがわかる。

8.まとめ 剛体回転の特徴および剛体回転とせん断歪みの関係として、第1にピーク以前からモービライズド面のある幅の同一方向回転の層として捉えることが出来る（図-6参照）、第2にこのコンジュゲートな2つのモービライズド層が供試体中央で逆向きの回転のため、供試体中央の領域（図-6内A）では回転自身を打ち消し合うので回転量としては小さくなり、第3にその結果、供試体中央の領域では回転ではなくせん断歪みが集中することが確認された。更に互層供試体の結果からはせん断歪みでは捉え切れなかった供試体の変形状態が明らかになった。また回転では変形性の大小（密、緩）に関わらず比較的小さい同レベルの変形量で検討出来る、例えば緩詰め層では破壊時にはせん断歪み γ が20%以上もあるのに対し、剛体回転 ω は5%程度でその供試体状況を扱える利点があり、剛体回転を変形を扱う一指標として利用できる可能性があることが示唆された。

9.おわりに 今回は圧縮試験での変形において検討を行った。しかしながら同一方向回転だけが生じる状況下、例えば単純せん断試験のような場合でも剛体回転の利用が可能であるかは定かではない。今後の検討課題としたい。

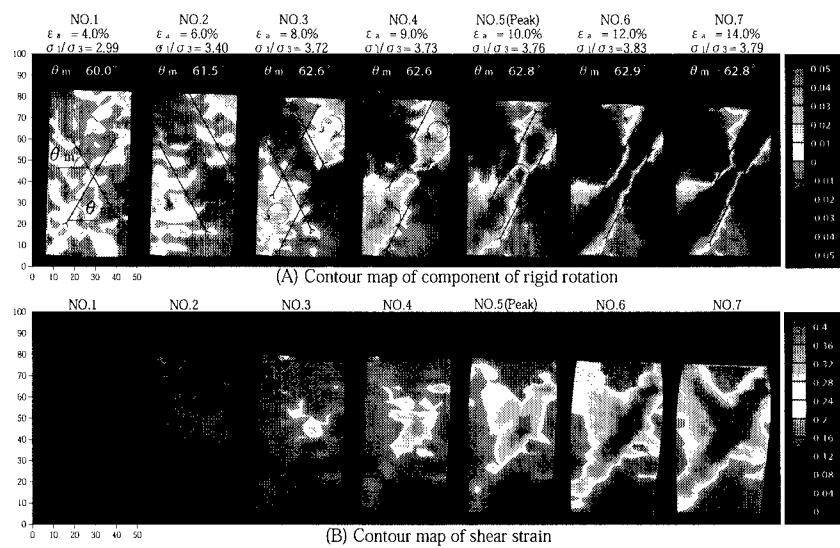


図-4 緩詰め供試体のコンター図

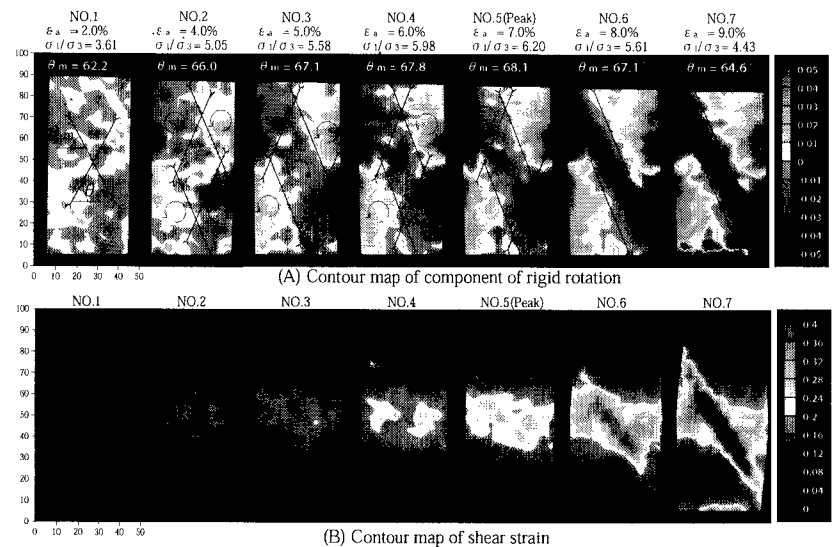


図-5 互層供試体のコンター図

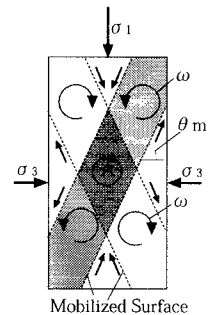


図-6 剛体回転分布概要図