

粒状体のせん断に伴う構造変化

九州大学工学部○学 望月健治 正 落合英俊
正 林 重徳 正 塚本良道

1.はじめに

砂が堆積した後の粒子の配列は、せん断されるに連れて変化してゆく。これは、初期の砂粒子の卓越配列方向がせん断されるにしたがって、徐々に消滅して初期とは異なる方向に卓越配列が生ずるためである。砂のような粒状土のせん断変形を粒子同志の相対変位としてとらえる とすれば、粒子の相対回転はその主要な因子であるとの考えから、本文では、せん断に伴う粒子回転角 ω 及び粒子接点角 θ ¹⁾の変化を配列の変化とみなした。本文は、円形断面を持つアルミ棒によって円形粒状体をモデル化した二次元供試体为主応力方向の変化する単純せん断を受けた際の結果を報告したものである。

2.試料・試験装置及び試験方法

試験には長さ5.0 cm、直径3、5 mmの2種類のアルミ丸棒を用いた。これらを重量比で3：1の割合で混合し、丸棒が供試体内にほぼ均等に分布するように特に注意して詰め込み、高さ7.5 cm幅7.7 cmの供試体とした。試験装置には単純せん断試験装置を用い、鉛直応力 $\sigma_N = 2.0 \text{ kgf/cm}^2$ のひずみ制御試験とした。また、せん断速度は約0.5%/minとした。試験に際しては、せん断ひずみ1%毎に写真撮影を行ない、せん断中の粒子の挙動の測定をおこなった。せん断中の粒子接点角 θ の定義を図1に示す。 θ は粒子間接線の法線が鉛直応力軸方向となす角度とし、その範囲は $-90^\circ \sim 90^\circ$ である。粒子回転角 ω については、アルミ棒の断面に中心を通る直線を書き、せん断につれてそれがせん断ひずみ0%の状態から何度回転するかを測定した。

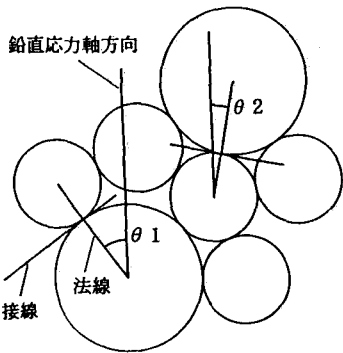


図1：粒子接点角 θ の定義

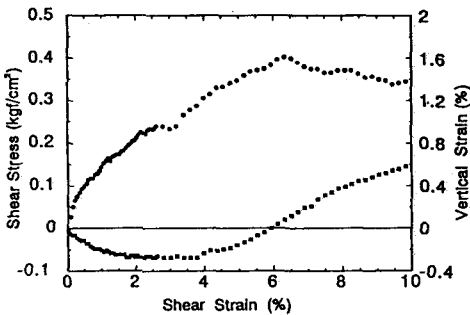


図2：せん断応力曲線及び垂直ひずみ曲線

3.粒状体の単純せん断試験

図2は応力-ひずみ関係である。また、図3は供試体を領域に分割した際の領域2と領域5の平均粒子回転角 $|\omega|$ のせん断に伴う変化を示したものであるが供試体中央部である領域5と供試体端部である領域2において大きく異なる粒子回転角の挙動が観察されたため、領域2を含む供試体端部の四つの領域を除外した供試体中央部の領域5の粒子の挙動に着目することにした。

4.せん断に伴う粒子接点角 θ の変化

供試体内より約40個の粒子を選び出し、各粒子の図1に示す粒子接点角 θ を測定し、せん断中の変

化を調べた。ここでは、せん断応力がピークに達するまでの $\gamma = 0, 1, 3, 5, 6\%$ における粒子接点角 θ の相対度数の変化に着目した。図4-1はせん断ひずみ0%時の相対度数を示しており、図4-2はせん断ひずみ0%からの相対度数の変化分を示している。これらによると、せん断応力がピークに達するまでの $\gamma = 1, 3, 5\%$ において相対度数が卓越して増加する角度範囲は、せん断が進行するにつれて移動していることがわかる。また、応力がピークを示す $\gamma = 6\%$ の状態では、他のせん断状態に比べて相対度数の増加分がほぼ均一になっている。

5. せん断に伴う粒子回転角 ω の変化

図3において領域5の粒子回転角の絶対値の平均 $|\omega|$ の変化をみると、粒子の回転角は応力がピークに達するまでの過程では粒子の回転角は徐々に増加しており、応力のピークを過ぎる付近から粒子回転角 ω はほぼ一定になっているとみなせる。すなわち、せん断の進行過程においてせん断応力が増加している間は粒子回転を伴うせん断変形を生じ、せん断応力のピークを過ぎると粒子回転を伴わないせん断変形へと移行することが示唆される。

6. まとめ

本文では、主応力軸回転を生ずる単純せん断試験において、せん断により粒子接点角 θ の卓越方向が変化すること、及び粒子回転を伴うせん断変形と伴わないせん断変形がせん断応力のピークを境にして生ずることが確認された。今後は粒子回転角とせん断応力の関係及びせん断による粒子接点角の卓越方向についてより詳細に研究していく予定である。

【参考文献】

- 1) たとえば、小西純一(1978): 砂のような粒状体の変形・強度挙動に関する微視的考察, 工学博士論文, 京都大学

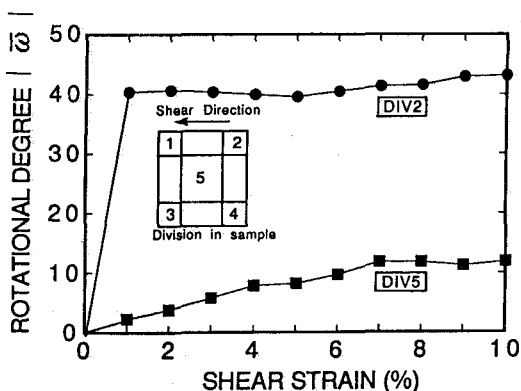


図3: 領域2及び5の平均粒子回転角 $|\omega|$

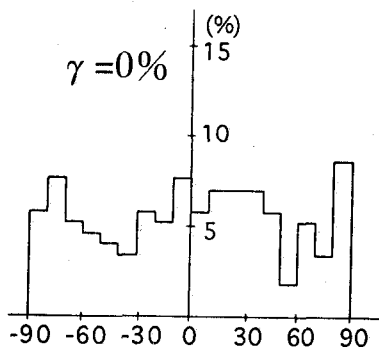


図4-1: 粒子接点角 θ の相対度数分布

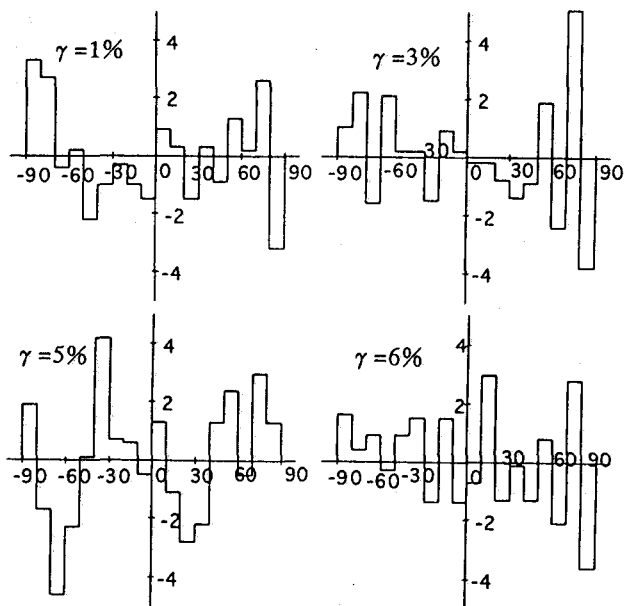


図4-2: せん断に伴う相対度数の変化