

固結させたアルミ棒積層体のせん断挙動

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
山口大学大学院 学生会員 ○松田拓也 香月大輔 吉川直孝

1. まえがき

自然堆積地盤において土粒子が続成作用を受け土粒子が結合することが知られており、中でもカルカリアス堆積物や地山シラスやスコリアなどがその代表的な地盤材料である。これらは堆積環境によって異なった特性を示している。また産業副産物の有効利用を目的として、セメント等の固化材を用いてこれらを安定化した材料手法が飛躍的に増加している。これら固結粒状材では変形の局所化が顕著であり¹⁾、せん断帯のような局所化の発生過程、また局所化による強度への影響を把握する必要がある。本研究では固結させたアルミ棒積層体について、固結によるせん断挙動の変化と変形の局所化を観察し考察を行った。

2. 試料および実験概要

実験に用いた固結供試体は、アルミ棒とデンプン糊を用いて作製した。試料となるアルミ棒は、半径比 2:1 の混合棒径($\phi 6\text{mm}$, $\phi 3\text{mm}$)²⁾から構成されるものを使用した。ここで、混合棒径試料の混合質量比は、松岡らの研究³⁾を参考に $\phi 6\text{mm}:\phi 3\text{mm}=2:3$ とした。この混合棒径試料をランダムになるように積み、枠で固定し棒と棒の間に糊が行き渡るようにデンプン糊を塗布した。その後炉乾燥機に 2 時間放置し、乾燥させた。デンプン糊濃度 Q は水との質量百分率で定義している。乾燥後質量とは、固結供試体を炉乾燥機に入れ、糊が乾燥した後の試料の質量である。固結供試体の糊の付着量のばらつきは $\pm 0.03\text{g}$ ほどであった。供試体寸法は高さ約 150mm、幅 150mm とした。試料の配合条件を表-1 に示す。

実験には二次元単純せん断試験機を用い、垂直応力 $\sigma=10\text{kPa}$ でせん断試験を行った。ひずみ速度はそれぞれ 1.0%/min である。また実験中に正面から供試体を撮

影し、供試体内のターゲットの位置を画像解析から求め、局所的な面積ひずみを求めた。各ターゲットの間隔は、縦横それぞれ約 30mm であり、

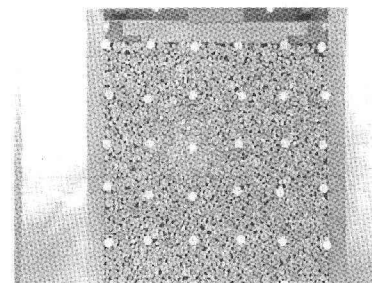


図-1 供試体全景

合計で 36 点とした。今回用いた供試体を図-1 に示す。

3. 実験結果および考察

(1) 二次元単純せん断試験

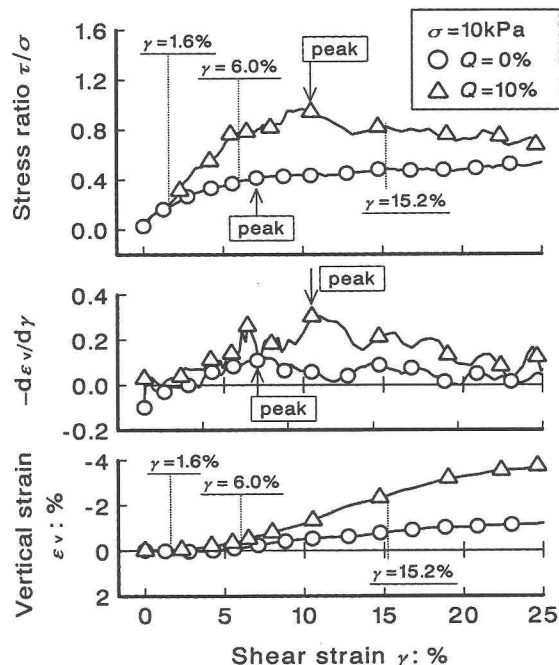


図-2 応力ひずみ関係、ストレス・ダイレタンシー関係

図-2 は、未固結供試体、固結供試体について垂直応力 $\sigma=10\text{kPa}$ のときの上から、応力比・ダイレタンシー比・垂直ひずみの順でせん断ひずみとの関係を示している。上段図の応力ひずみ関係より固結供試体ピーク応力は明確に現れたが、未固結供試体では明確に現れなかった。ここで、ダイレタンシー比 $-d\epsilon_v/d\gamma$ の値は $\gamma=7\%$ 付近で最初のピークを示していること、及びこれ以後では応力比 τ/σ の値はそれほど増加していないことから、この $\gamma=7\%$ のときをピークとした。固結供試体では応力比のピークとダイレタンシー比のピーク

表-1 配合条件

	総質量 (g)	間隙比	デンプン糊 濃度 Q (%)	デンプン糊 (g)	水 (g)	乾燥後 質量(g)
混合棒径	2529.39	0.200	0.0	0.0	0.0	-
混合棒径	2533.06	0.195	10.0	15.0	35.0	2533.36

クは図中に矢印で示した位置で一致していることがわかる。また固結供試体の方が未固結供試体よりダイレタンシー比が大きくなるのは固結効果による影響だと考えられる。

(2) 変形の局所化に与える固結の影響

図-3 にせん断ひずみ 6.1%における固結供試体、図-4 にせん断ひずみ 15.2%における固結供試体の様子を示す。せん断の進行に伴い図中に実線で示した位置に明確にアルミ棒の隙間が現れた。また、その本数はせん断が進行するにつれ増加している。図-5、図-6 は、画像解析により求めた未固結、固結供試体の実験開始からの面積ひずみを各せん断ひずみレベルで示している。正が圧縮、負が膨張を示す。ここで、面積ひずみ ε_v は 4 個のターゲットで囲まれる面積が実験開始前に A_0 、任意のひずみレベルで A とすると、下記の式で表せる。

$$\varepsilon_v = \frac{A - A_0}{A_0} \quad (1)$$

図-2 の下段の垂直ひずみ・せん断ひずみ関係より、せん断ひずみ 1.6%は载荷初期、せん断ひずみ 6.4%はピーク付近となる。図-4 と図-5 を比較すると、 $\gamma=6\%$ 付近に至るまでは固結の効果により面積ひずみが抑制されていることがわかる。それに対しピーク後の $\gamma=15.2\%$ の図ではせん断帯の発生は膨張傾向を示している。また、未固結供試体では一つのグリッド変化を見ると、ひずみレベルの増加に対し膨張から収縮、圧縮から膨張とる野に対し固結試体では、膨張一方あるいは圧縮一方の変化を示している。せん断ひずみ 6.1%において固結供試体の b-3,b-4,c-4,d-4,e-4 のグリッドはダイレイトし始め、せん断ひずみ 15%ではこれらのグリッドの膨張量はより増加している。この傾向は図-4 に示した観察の結果と対応しており、これらのグリッドを横切ってせん断帯が発生していることがわかる。実際の観察でもこの場所においてせん断帯の発生をみることが出来た。

まとめ

①固結材料のせん断初期の剛性およびピークせん断強

【参考文献】

- 1) 香月大輔, 多久和学, 中田幸男, 兵動正幸, 吉本憲正, 村田秀一: 固結粒状材料のダイレタンシーと破壊形態, 第 57 回年次学術講演会, pp. 601-602, 2002
- 2) 松岡元, 加藤正治, 川田善久, 上田直稔, 滝脇泰将: 水で塗らしたアルミ積層体の低拘束圧下のせん断特性と斜面の安定解析への適用, 土木工学研究発表会, pp. 621-622, June, 1993
- 3) 吉田輝: 砂の破壊に伴うひずみの局所化とせん断の発生, 東京大学生産技術研究所土質工学研究室, 博士論文, 1994

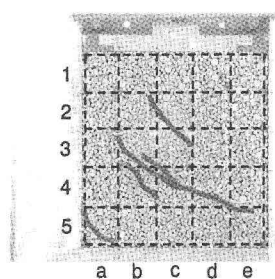


図-3 固結供試体
せん断ひずみ (6.1%)

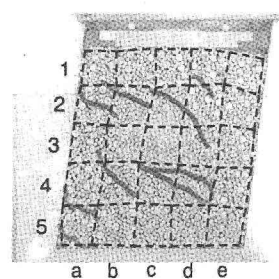


図-4 固結供試体
せん断ひずみ (15.2%)

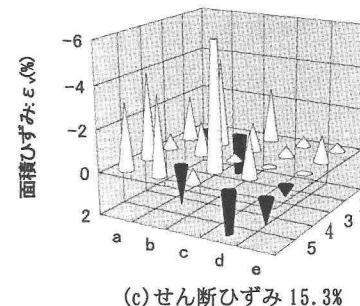
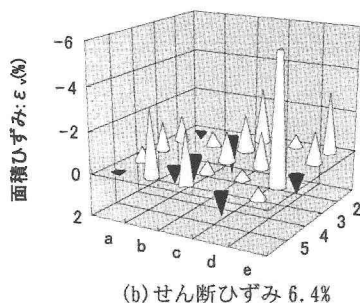
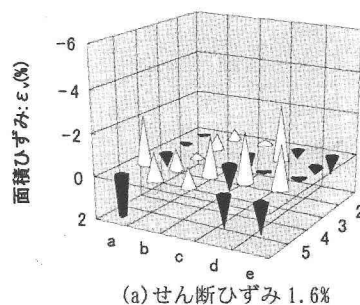


図-5 未固結供試体 (Q=0%) の
面積ひずみ増加割合

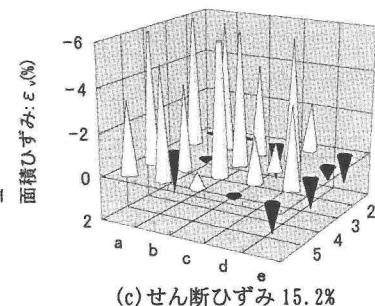
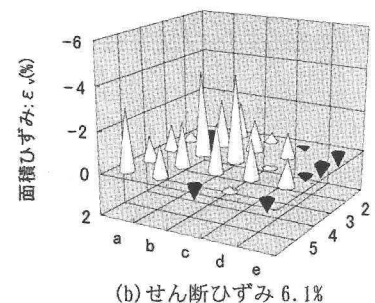
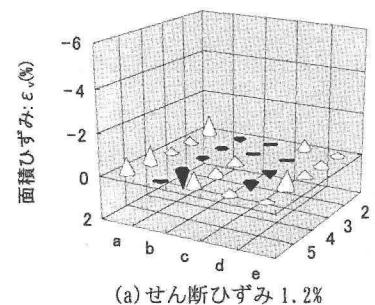


図-6 固結供試体 (Q=10%) の
面積ひずみ増加割合

度は増加すること、加えてダイレタンシー量も増加することが認められた。

②画像解析から、せん断帯の発生に伴いせん断帯を含む部分の局所的な面積ひずみは膨張を示すことがわかった。また、固結の効果によりその膨張挙動は連続性を有する。