

## 黄土の力学的異方性に関する実験

東京都立大学・西安交通大学 正会員 ○吉嶺充俊  
 西安交通大学 劉奉銀 俞茂宏  
 東京都立大学 車愛蘭 岩楯敏広

### 1. はじめに

中国大陸に分布する黄土は蜂の巣のような特異な土粒子構造を有するために、空隙が大きい割には通常時には強固な性質を持っているが、地震動や水の浸入などによって粒子構造が乱されると急激に強度が低下して崩壊すると言われている。このような顕著な土粒子骨格構造を持つ土では強度の異方性が大きく、それが地盤の安定性に重大な影響を及ぼしている可能性があるため、不攪乱黄土の力学的異方性を実験的に検証した。

### 2. 試料の採取と供試体の作成

黄土試料の採取は、中国西安市内の堀削斜面において行われた(写真1)。原地表面下約 6m に相当する堀削面を水平に掘り込み、一辺約 30cm の直方体ブロックサンプルを採取した(写真2)。ブロックサンプルからの供試体の切り出しに際しては、供試体の中心軸の方向が現位置での鉛直方向に対して様々な角度(図1)で傾斜しているもの( $\alpha = 0^\circ, 15^\circ, 30^\circ, 45^\circ, 90^\circ$ )を作成した(写真3)。土粒子の密度は $\rho_s = 2.655\text{g/cm}^3$ 、平均粒径は $D_{50} = 0.015\text{mm}$ 、細粒分含有率( $<75\mu\text{m}$ )は $FC = 82\%$ 、粘土分含有率( $<5\mu\text{m}$ )は $CC = 30\%$ である(図2)。また、自然含水比は $w_n = 12 \sim 16\%$ であった。以下の室内力学試験は西安理工大学・西安交通大学において実施した。

### 3. 実験結果

【段階载荷による圧密試験】3種類の方向角( $\alpha = 0^\circ, 45^\circ, 90^\circ$ )を持つ供試体について100kPaの载荷段階において水浸する実験と水浸しない実験を行い、合計6種類の実験条件を設定した(図3・4)。水浸によって黄土の土粒子構造が乱されて崩壊を生じ、水浸しない場合に比べて沈下量が3～4倍となっていることがわかるが、試料の異方性の影響については、沈下量特性・水浸による崩壊特性ともに、明確な傾向は観察されなかった。

【一軸圧縮試験】5種類の方向角を持つ自然含水比状態の供試体について一軸圧縮試験を合計14回行った(図5・6)。かなり明瞭な圧縮強度の異方性が現れているが、 $\alpha = 45^\circ$ 以下では観測された強度のばらつきが大きい。これは主に供試体の密度の違いによるものと考えられる。

【一面せん断試験】3種類の方向角を持つ自然含水比状態の供試体について、合計6回の一面せん断試験を行った(図7・8・9)。実験に用いた不攪乱黄土の内部摩擦角は約 $\phi = 28^\circ$ 、粘着力は約 $c = 75\text{kPa}$ であることがわかる。図9からは破壊時のせん断強度におよぼす供試体方向の影響は明確ではない。

【三軸圧縮試験】3種類の方向角を持つ自然含水比状態の供試体について、排水・排気条件での三軸圧縮試験を行った。初期等方圧密応力はいずれも $\sigma_0 = 90\text{kPa}$ とし、同じ試験条件で2回ずつ、合計6回の実験を行った(図10・11・12)。これらの図から、方向角 $\alpha$ が大きいほど強度や剛性が小さくなる傾向が読みとれる。

### 4. まとめ

黄土地盤の力学的異方性を調べるために、不攪乱の試料を採取し、様々な方向に切り出した供試体に対して圧密試験・一軸圧縮試験・一面せん断試験・三軸圧縮試験を実施した。その結果、一軸圧縮試験・三軸圧縮試験において、最大主応力 $\sigma_1$ の方向が原地盤における鉛直方向に近いほど強度が大きく、最大主応力 $\sigma_1$ の傾き(方向角 $\alpha$ )が大きくなり水平方向に近づくほど強度が小さくなる傾向が観察された。特に一軸圧縮試験では観測された強度差が大きく、鉛直方向( $\alpha = 0^\circ$ )に圧縮した場合の強度は水平方向( $\alpha = 90^\circ$ )に圧縮した場合の強度の1.7倍程度になった。ただし、実験結果のばらつきはかなり大きく、定量的な強度異方性について議論するためにはさらに実験数を増やす必要がある。

キーワード 黄土, 不攪乱試料, 異方性, 圧密試験, 一軸圧縮試験, 三軸圧縮試験

連絡先 〒192-0397 東京都八王子市南大沢1-1 東京都立大学工学系研究科土木工学専攻 TEL. 0426-77-2773

図の上部をクリックすると拡大されます

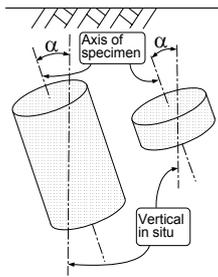


図1 供試体の切り出し角度

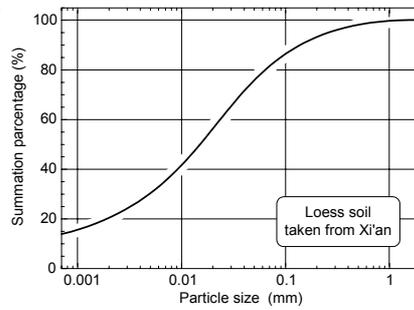


図2 試料の粒径分布曲線

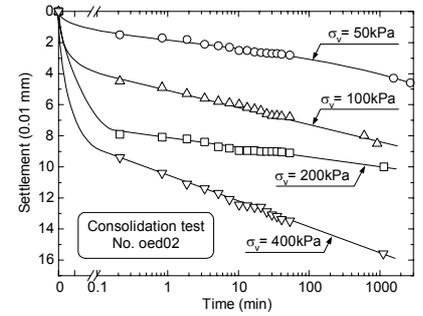


図3 圧密試験の沈下量-時間曲線

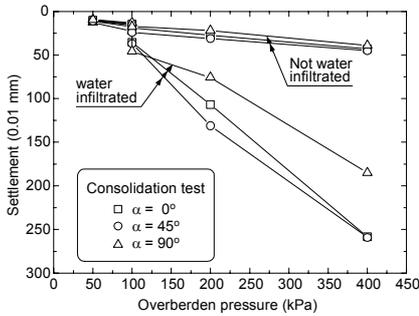


図4 圧密試験の代表的な荷重-沈下量曲線

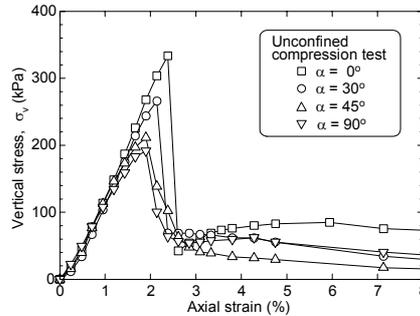


図5 一軸圧縮試験の代表的な圧縮応力-軸ひずみ曲線

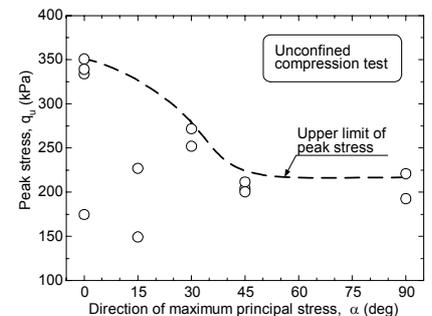


図6 一軸圧縮強度と最大主応力方向の相関

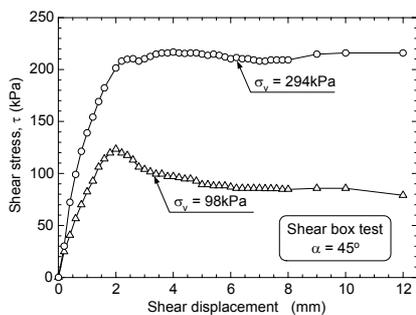


図7 一面せん断試験の代表的なせん断応力-変位曲線

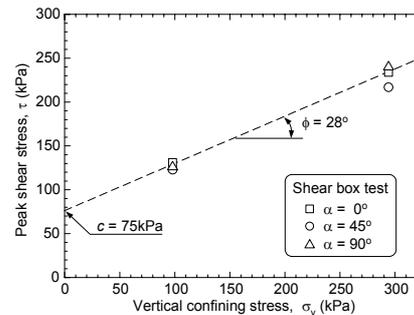


図8 一面せん断試験におけるせん断強度-鉛直拘束圧関係

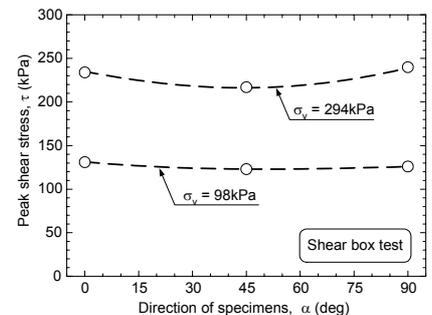


図9 一面せん断試験での強度-供試体切り出し角度関係

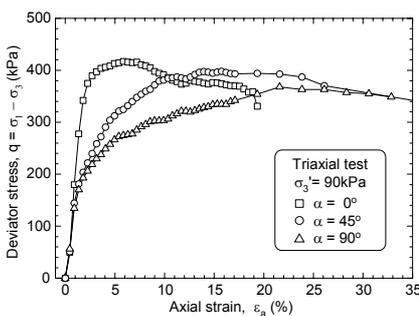


図10 三軸圧縮試験の代表的な偏差応力-軸ひずみ曲線

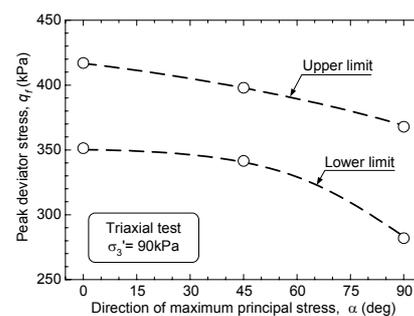


図11 三軸圧縮強度と最大主応力方向の相関

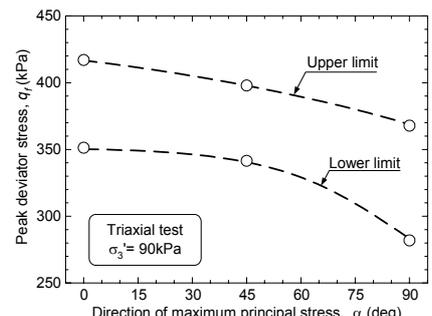


図12 三軸試験における摩擦角と最大主応力方向の相関



写真1 試料採取地の概要



写真2 ブロックサンプリング

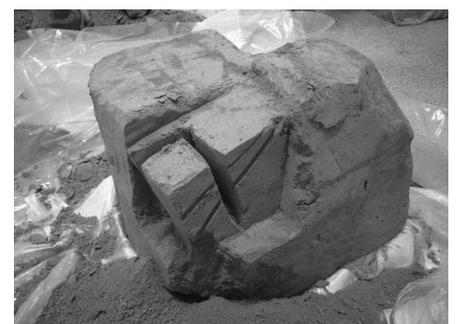


写真3 供試体の切り出し(傾斜供試体)