

不攪乱黄土の強度特性

東京都立大学 学生会員 ○早川 岩郎
 東京都立大学 齋藤 潤
 東京都立大学 正会員 吉嶺 充俊

1. 目的

中国大陸中央部に広く分布する黄土は、炭酸塩による土粒子の結合や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。そこで、その黄土地盤の力学的特性を明らかにするため、現地で黄土のサンプリングを行い、自然状態での土粒子構造を保持している不攪乱試料を用いた室内せん断試験を行った。

2. 試料の採取

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 5m 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、自然状態が乱されないよう日本に運搬した。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 1)。また、自然含水比は約 $w_n = 12\%$ であった。

3. 実験結果

【様々な含水比による三軸圧縮試験】不攪乱黄土と実験室で再堆積した攪乱黄土を用いて、不攪乱 5 種類・攪乱 3 種類の含水条件で排水・排気三軸圧縮試験を行った(表 1・表 2)。初期等方圧密応力はいずれも $\sigma_0 = 50\text{kPa}$ とした。図 2 と図 3 が示すように同じ密度であっても不攪乱試料のピークせん断強度は、攪乱試料に比べて著しく大きいことがわかった。特に、含水比が小さい場合にこの傾向が顕著であった。しかし、不攪乱試料はピーク後の崩壊性が大きいものに対して、図 2 に示す攪乱試料ではピーク後の強度低下はほとんどなく、両者の残留強度にはあまり違いは見られなかった。また、これらの図より含水比が大きくなるほど、不攪乱試料・攪乱試料ともにピークせん断強度が低下することがわかるが、特に不攪乱試料では含水量の増加による強度低下が非常に大きい。

【様々な主応力方向角と中間主応力による中空単調せん断試験】含水比を一定にした不攪乱黄土に対して、中空ねじりせん断試験機を用いて中間主応力と主応力角を変化させて排水単調せん断試験を行った。主応力方向を変化させて実験を行ったところ、最大主応力方向の鉛直方向に対する傾きが大きいほど剛性が低下することがわかった(図 4)。最後に強度に及ぼす中間主応力の大きさの影響を調べたところ、図 5 からわかるように、破壊時の正八面体応力 τ_{oct} は中間主応力の大きさによって異なっており、不攪乱黄土の破壊条件はフォン・ミーゼス基準とは異なることがわかる。その他の既存の基準でも適切に表記できず、新しいモデルを提案する必要がある。

4. 結論

中国大陸の黄土は特異で非常に発達した土粒子構造を有しているために、強度の異方性や水侵による崩壊性が非常に大きく、それが地盤の安定性などの評価に重大な影響を及ぼしていることがわかる。この特有な土粒子構造を保持していない攪乱試料の挙動は現実のものと注意する必要がある。

キーワード 黄土, 不攪乱,

連絡先 〒192-0937 東京都八王子市南大沢 1-1 東京都立大学大学院工学研究科土木工学専攻 TEL 0426-77-2773



写真1 試料採取地の概要

実験番号	湿潤密度 ρ_t (g/cm ³)	乾燥密度 ρ_d (g/cm ³)	間隙比 e	平均含水比 w (%)
loessTc001	1.546	1.382	0.922	11.73
loessTc002	1.299	1.290	1.059	0.68
loessTc003	1.509	1.314	1.020	28.77
loessTc004	1.414	1.387	0.915	1.98
loessTc005	1.469	1.291	1.057	13.85

表1 不攪乱黄土供試体における三軸圧縮試験条件一覧

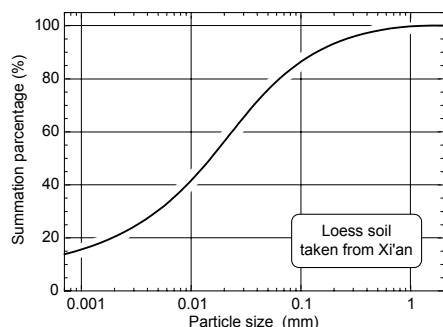


図1 試料の粒径分布曲線

実験番号	湿潤密度 ρ_t (g/cm ³)	乾燥密度 ρ_d (g/cm ³)	間隙比 e	平均含水比 w (%)
loessTc006	1.411	1.268	1.094	11.27
loessTc007	1.619	1.334	0.990	21.34
loessTc008	1.294	1.287	1.063	0.52

表2 攪乱黄土供試体における三軸圧縮試験条件一覧

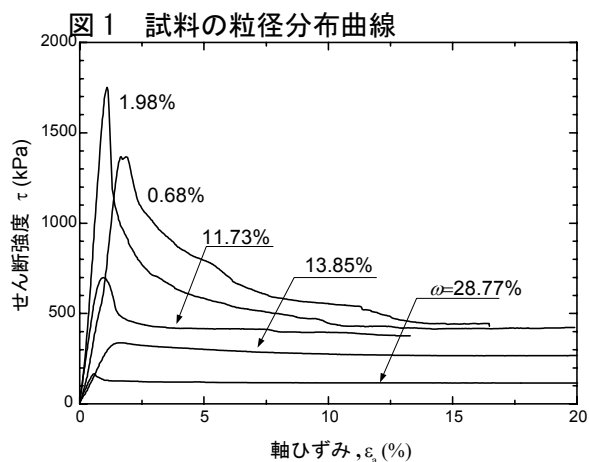


図2 不攪乱黄土のせん断強度-ひずみ曲線

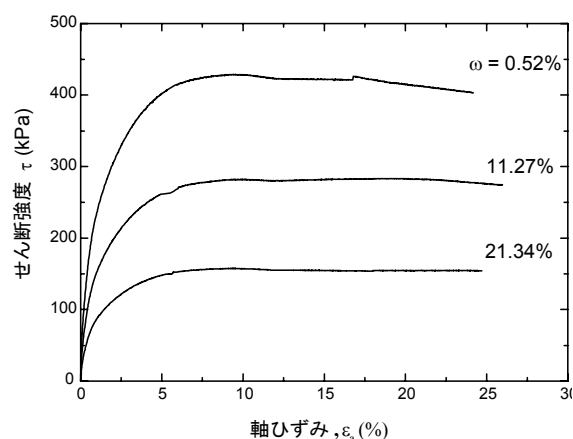


図3 攪乱黄土のせん断強度-ひずみ曲線

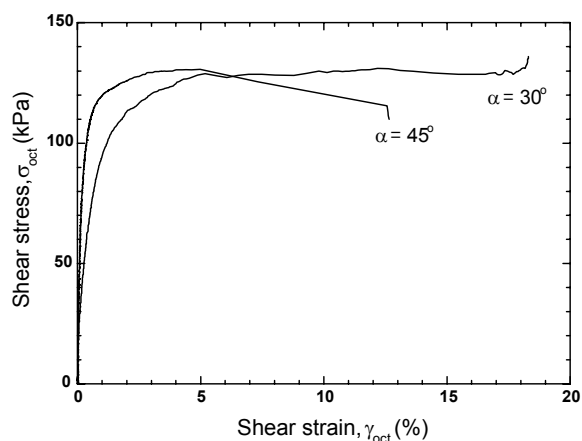


図4 中間主応力係数を0.5とし、主応力方向角を変化させたときのせん断応力-せん断ひずみ曲線（主応力方向角の影響）

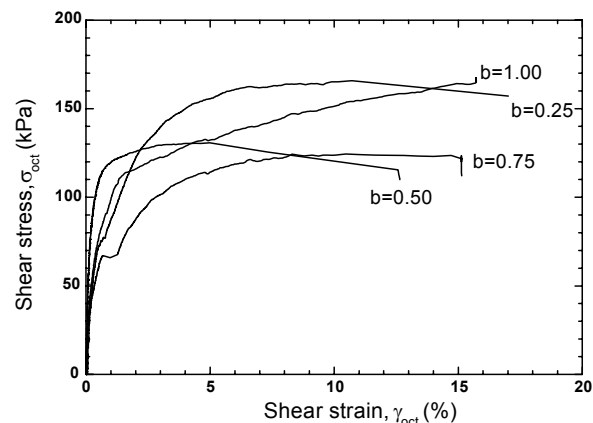


図5 主応力方向角を45°とし、中間主応力係数を変化させたときのせん断応力-せん断ひずみ曲線（中間主応力係数の影響）