

砂の中空ねじりせん断試験—強度に対する主応力回転の効果—

鳥取大学工学部 (正) 清水正喜・岩成敬介
鳥取県〇 (正) 高浜利秀

1. はじめに

土のせん断挙動は、従来主として軸対称応力状態下でのせん断試験によって明らかにされてきた。しかし、実地盤の応力状態は、最大、最小、中間主応力が独立している。中間主応力が強度や変形に及ぼす影響を調べることは重要である。

本研究の目的は、中空ねじり動的せん断試験機を用いて、相異なる3主応力状態下の砂のせん断挙動及び強度に関する基礎的データを得ることである。ここでは特に、主応力方向の回転が、砂のせん断強度に及ぼす影響について報告する。

2. 試験装置及び方法

装置：試験装置の概要を図1に示す。

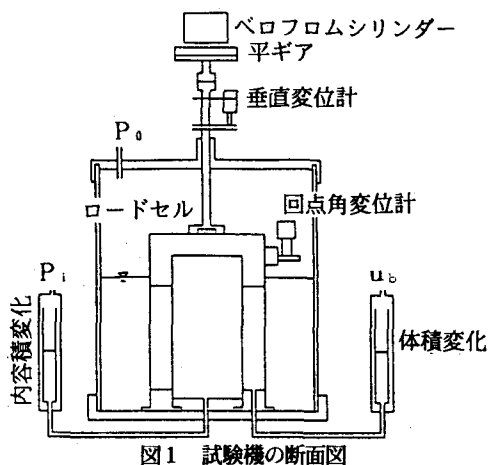


図1 試験機の断面図

試料：用いた試料は鳥取砂丘砂である。emax=0.84, emin=0.541, d50=0.59mm。

供試体：供試体は中空円筒形供試体（外径10cm、内径6cm、高さ15cm）である。気乾燥した砂を漏斗を通して空中落下させて作成した。鉛直荷重W、トルク力T、内圧p1、外圧p0、背圧u0を与えた。回転角、鉛直変位、供試体体積変化、内容積変化を測定した。尚、初期間隙比はe0=0.661±0.015 (Dr=60±5%) に設定した。

試験方法：ねじりせん断試験と三軸圧縮試験を圧密排水条件で行った。両試験共、側圧p1=p=一定でせ

ん断した。圧密後、ねじりせん断試験はせん断ひずみ速度 $\dot{\gamma}=0.07\%/min$ で回転角制御で行い、三軸圧縮試験は、 σ_z を段階的に増加させる応力制御により行った。それぞれ側圧 $p_0=p_1$ を変えて3回ずつ行った。

3. 結果と考察

試験結果の整理は、安福ら¹⁾の示す方法で行った。

ねじりせん断試験の代表的な結果（側圧 $p_0=p_1=0.1MPa$, 鉛直応力 $\sigma_z=0.106MPa$ ）を図2～図6に示す。

図2にトルクと回転角の関係を示す。回転を与えた瞬間にトルクは急激に増加することがわかる。

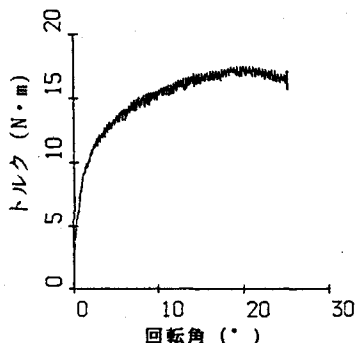


図2 回転角とトルクの関係

図3に主応力比 σ_1/σ_3 とせん断ひずみ γ の関係を示す。図4に $\tan 2\alpha_1$ と γ の関係を示す。ここに、 α_1 は最大主応力 σ_1 が鉛直軸となす角である。図5に $\tan 2\alpha_1$ と σ_1/σ_3 の関係を示すが、これらの図から、確かにせん断変形と共に主応力の方向が回転しているこ

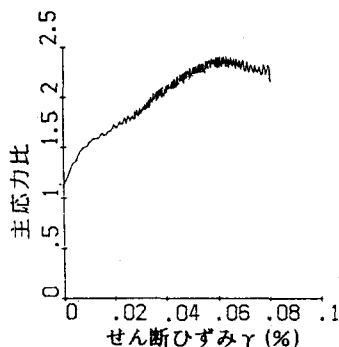


図3 主応力比とせん断ひずみの関係

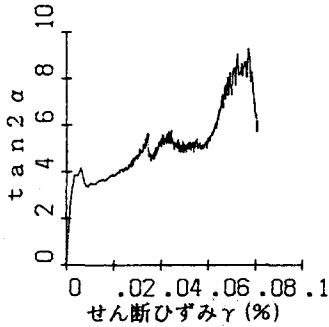


図4 主応力方向の回転

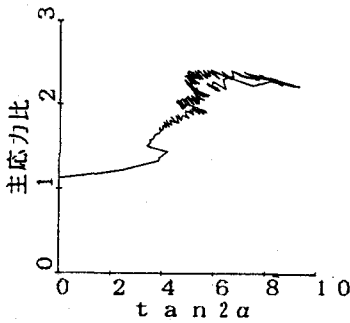


図5 主応力方向の回転と主応力比

とがわかる。また、主応力の回転は、ねじりに伴って刻々変化するわけではなく、 γ や σ_1/σ_3 の小さい間で回転の大部分が生じることがわかる。せん断が進行して、トルクまたは主応力比がピークに近づくとき主応力方向の大きな回転は起こっていない。

図6に体積ひずみとせん断ひずみ γ の関係を示す。せん断初期に圧縮、その後せん断と共に膨張している

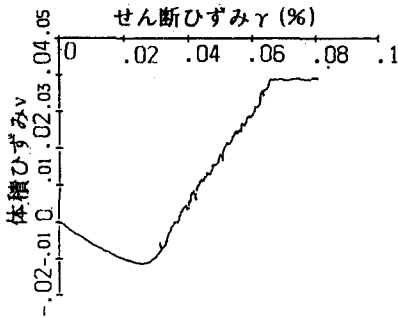


図6 体積ひずみとせん断ひずみの関係

両試験の破壊時の有効応力状態を図7に示す。破壊は、トルクがピークになったときで定義した。両試験のMohr-Coulombの強度定数(ϕ_d 、 c_d)を求めると表1の結果が得られた。表には、中間主応力係数 b の破壊時の値(3つの供試体の平均値)も示した。中空ねじりせん断試験中、鉛直応力 σ_z を側圧に等しく制御できなかったため、 b は0.5になっていない。表に示したように、ねじりせん断試験で得られた強度は三軸圧縮試験で得られた ϕ_d よりかなり小さい。

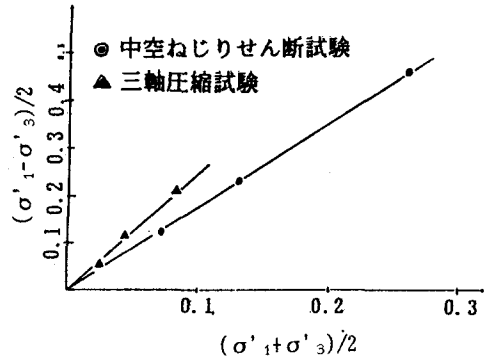


図7 破壊時の有効応力状態

表1: Mohr-Coulombの強度定数

	b	ϕ_d	c_d
ねじりせん断	0.427	21.7°	0.0047(MPa)
三軸圧縮	0	33.8°	0.0035(MPa)

注: $b = (\sigma_2 - \sigma_3) / (\sigma_1 - \sigma_3)$

4. 結論

1) 圧密排水静的載荷ねじりせん断試験においては、ねじりを加えることによって主応力の方向が回転する。主応力の回転は、せん断ひずみの小さい間に大きく生じ、ひずみが大きくなりトルクが一定になるにつれてあまり変化しなくなる。

2) Mohr-Coulombの強度定数 ϕ_d は、主応力の回転によって低下する。

参考文献

1) 安福ら(1992): 中空ねじりせん断試験機の試作とその適用: 地盤と建設, Vol. 10, No. 1, pp. 83-92