

京都大学 防災研究所 正員 柴田 徹
 東京大学 生産技術研究所 正員 プラダン テージ B.S
 佐藤工業株式会社 ○正員 大山 和弘

1. 概要

異方性土盤に対する主応力方向の回転を模擬し、単軸せん断変形をシミュレートするために、中空ねじりせん断試験機を試作した。この試験機を用い、異方性をモデル化した飽和砂供試体に対して、主応力方向の回転が、その変形・強度特性に及ぼす影響を調べた。

2. 試料および実験方法: 使用した試料は豊浦標準砂で、その物性は、 $G_s=2.65$, $e_{max}=0.98$, $e_{min}=0.61$, $D_{50}=0.23$ である。Fig. 1に、試作した中空ねじりせん断試験機の構造を示す。ギャップを固定し、ペダスタルをモーターで回転させることにより、供試体下端よりトルフを加える形式である。軸荷重はペロフラムシリンダーにより、供試体に伝達される。内圧はギャップに取り付けられたゴム袋を外圧系と連結させることにより、供試体に伝達される。内圧は外圧に等しく、これはまた中間主応力(σ_2)に等しい。トルフはトルフ伝達ロッドの中央部にひずみゲージを貼り付けることにより、間接的に計測した。供試体は内径6cm、外径10cm、高さ20cmの中空円筒形である。

供試体の作成にあたり、異方性供試体を作成する目的が多量に落下装置を用いた。三浦らは、各種供試体作成法に対して等方圧密試験を行ない、体積ひずみと軸ひずみの関係を調べた。その結果、多量に落下法により作成した供試体について、 $e_v > e_a$ なる水平堆積面をもつ異方性が顕著に表れることを示している。また、多量に落下装置を用いることにより、供試体の間隙比を比較的一律に調整することができた($e_0=0.8$)。飽和度を高めるため、供試体に二酸化炭素を循環させた後、脱気水を循環させた。この結果、飽和度95%以上の供試体を得ることができた。実験は、せん断中に最大主応力方向が鉛直となる角度 α を一定、次の3シリーズを実施した。すなわち、① $\alpha=-45^\circ$ から 45° まで増加、② $\alpha=0^\circ$ から減少の各試験である。各シリーズの内容をTable 1に示す。すべての実験は、バックプレッシャー 2 kgf/cm^2 のもとで有効拘束圧 2 kgf/cm^2 で圧密後、排水条件でねじりせん断を行なった。また、軸荷重は、せん断中 α が所定の条件を満足するように、トルフの増大とともに軸圧を側圧に等量ずつ増減させるという応力制御方式である。体積ひずみの算定に際しては、供試体の比表面積が大きいことからMolenkamp and Lagerの提案式によりメンブレン貫入量の補正を行なった。なお、ダイレタンシー量を測るには全体積ひずみから等方圧密成分を差し引いた値を用いている。

SERIES	TEST CONDITION	
	α	TEST CONDITION
①	$\alpha = \text{const.}$	$\alpha = 0^\circ$
		$\alpha = 15^\circ$
		$\alpha = 30^\circ$
		$\alpha = 45^\circ$
②		$\alpha = 0^\circ \rightarrow 15^\circ$
		$\alpha = 0^\circ \rightarrow 22^\circ$
		$\alpha = 0^\circ \rightarrow 30^\circ$
		$\alpha = 0^\circ \rightarrow 40^\circ$
③		$\alpha = 45^\circ \rightarrow 15^\circ$
		$\alpha = 45^\circ \rightarrow 30^\circ$

3. 実験結果とその考察: 応力比 Table 1. 実験の内容

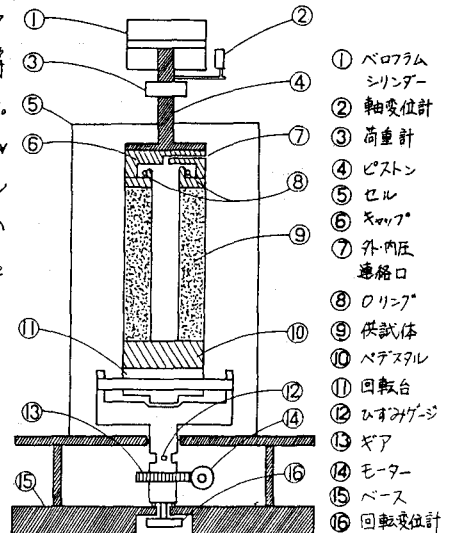


Fig. 1 中空ねじりせん断試験機の構造図

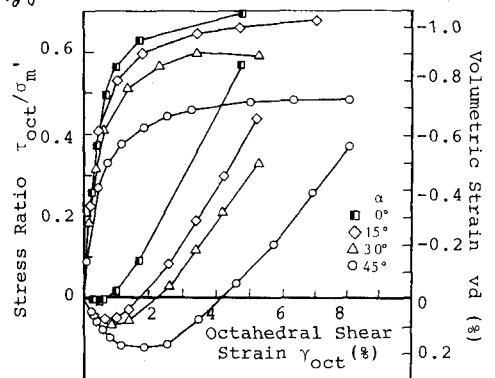


Fig. 2 応力比ひずみ、体積変化ひずみ曲線(シリーズ①)

へびみ, 並びにダイレタンシー関係をFig.2-Fig.4に示す。Fig.2はシリーズ①, Fig.3はシリーズ②, Fig.4はシリーズ③に属するものである。シリーズ①のFig.2によれば最大主応力方向が鉛直に近いものほど破壊時の応力比($M_f = (\tau_{oct}/\sigma_m)_f$)が大きいことが分かる。この原因として次の二つが考えられる。1)初期構造の異方性の影響, 2)破壊時の中間主応力のパラメータ b 値(b_f)の違い。2)で b_f の違いを考えたのは、本試験条件下において α と b 値との間には、

$$b = \frac{\tan^2 \alpha}{1 + \tan^2 \alpha} \quad (1)$$

なる関係が成立していることに気づく。(1)式によれば α が小さいほど b 値も小さくなる。多くの破壊規準が b_f が小さいほど M_f は大きいことを指し示していることを考え合わせれば、シリーズ①の M_f の違いは、単に b_f の違いによるものと考えられる。 b_f が小さい試験ほど M_f が大きいという傾向はFig.3(シリーズ②), Fig.4(シリーズ③)についても見られる。全試験について、正八面体面上に投影された応力経路をFig.5に示す。同図には、破壊時並びに最大体積圧縮時の応力点をプロットしており、これらは図中に示されたMohr-Coulomb規準にほぼ従っていることが分かる。特に $\alpha = 15^\circ$, $\alpha = 0^\circ \rightarrow 15^\circ$, $\alpha = 45^\circ \rightarrow 15^\circ$ の三者に注目してみると、 M_f がほぼ一致してFig.4

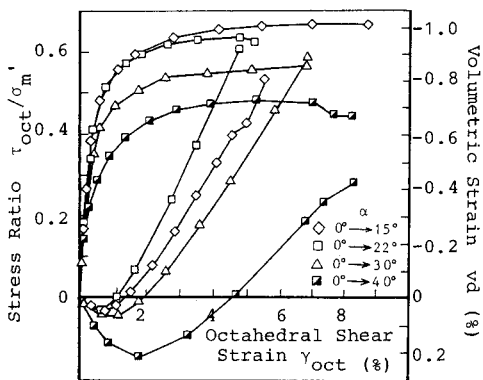


Fig.3 応力比へびみ, 体積変化へびみ曲線(シリーズ②)

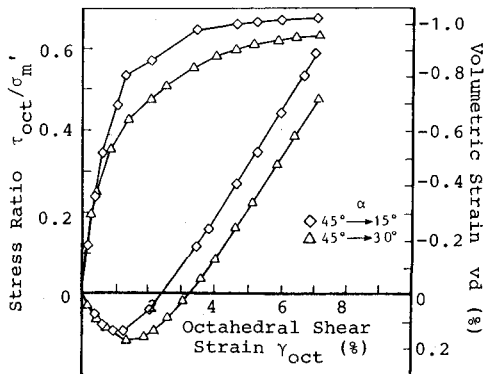


Fig.4 応力比へびみ, 体積変化へびみ曲線(シリーズ③)

いることが分かる。これは応力経路並びに主応力方向の回転が破壊には影響を及ぼさないことを意味する。次にダイレタンシー特性について述べる。Fig.5より最大体積圧縮時の応力比($M_m = (\tau_{oct}/\sigma_m)_m$)および応力経路並びに主応力方向の回転に依らず一義的にMohr-Coulomb規準に従うことが分かる。Fig.2-Fig.4より最大体積圧縮量(V_{dmax})を比較すると、いづれのシリーズについても最大体積圧縮時の最大主応力方向が水平に近い試験ほど V_{dmax} が大きい。この原因についてもやはり次の二つが考えられる。1)初期構造の異方性の影響, 2)最大体積圧縮時の b 値(b_m)の違い。 $b = 3/2$ 、よ田らは立方三軸試験機を用いて飽和砂に対して放射状せん断試験を行ない、 b_m の違いが V_{dmax} に及ぼす影響が小さいことを示している。従って最大主応力方向が水平に近いほど V_{dmax} が大きい傾向は、初期構造の異方性の効果によるものと考えられる。また、 $\alpha = 15^\circ$, $\alpha = 0^\circ \rightarrow 15^\circ$, $\alpha = 45^\circ \rightarrow 15^\circ$ の三者に注目してみると、 $\alpha = 45^\circ \rightarrow 15^\circ$ の V_{dmax} が非常に大きいことが分かる。これは、せん断初期に最大主応力方向が水平値積面に近か、

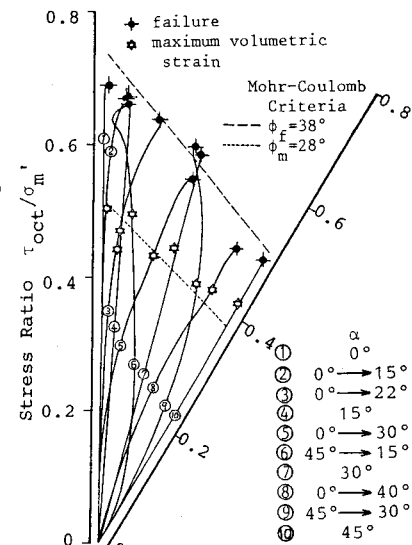


Fig.5 正八面体面上に投影された応力経路

に1にめと考えられる。すなわち、異方性供試体の場合、主応力方向並びに σ の回転は、最大体積圧縮量(V_{dmax})に影響を及ぼす。