

東京大学 大学院工学部 福島 伸二
東京大学生産技術研究所 正員 龍岡 文夫

1. まえがき

斜面や盛土内の土の要素が受ける応力状態は、平面ひずみ条件下での単純せん断変形である。したがって斜面や盛土の安定を考えるときに必要な土の応力～ひずみ特性はこのような条件の下で調べる必要がある。砂の非排水試験は実用的な問題として考えると、地震時のようなせん断速度が大きい場合に重要で静的なせん断では重要ではないと思われるが、ここでは砂の非排水条件において平面ひずみを保たれた単純せん断変形をするときの応力～ひずみ特性を知る目的で行った非排水平面ひずみねじり単純せん断試験の結果を報告したい。

2. 実験方法

供試体は外径10cm、内径6cm、高さ20cmの中空洞筒形で、試料は豊浦砂を用いた。供試体の作製は空中落下法により行った。非排水平面ひずみねじり単純せん断試験は次のように行った。まず、 K_0 三軸試験により得られた K_0 - e 曲線 (e = 初期密度) により、試験を行おうとする供試体の初期密度に相当する K_0 値を求め、Fig.1 供試体の K_0 値より軸圧 σ_{ac} 、側圧 $\sigma_{rc} = K_0 \sigma_{ac}$ で異方圧密を行ない、その後非排水条件で供試体の高さが一定になるように軸圧 σ_a 、側圧 σ_r を増減させながらひずみ制御 (ひずみ速度 $\dot{\gamma}_{at} = 0.24\%/min$) でせん断応力を加えた。このとき背圧は全て $\sigma_{bp} = 2.0 \text{ kgf/cm}^2$ とした。ここで高さ一定条件を平面ひずみ条件としたのは次の理由による。供試体の体積ひずみ (ϵ_v) は、 $\epsilon_v = \epsilon_a + \epsilon_r + \epsilon_t$ (ϵ_a = 軸方向ひずみ、 ϵ_r = 半径方向ひずみ、 ϵ_t = 接線方向ひずみ) であり、非排水条件 ($\epsilon_v = 0$) と平面ひずみ条件 ($\epsilon_r = 0$) より、 $\epsilon_a + \epsilon_t = 0$ 、 $\epsilon_a = -\epsilon_t$ となる。この条件を満たすようにせん断すればよいが、実際には ϵ_r 、 ϵ_t は測定できないので $\epsilon_r = \epsilon_t$ と仮定し、 $\epsilon_a = 0$ (高さ一定) とせん断し平面ひずみ条件とした。

3. 実験結果

Fig.2(a), (b) にそれぞれゆるい砂、密な砂のせん断中の主応力の変化を示した。中間主応力 σ_2 の変化をみると非排水平面ひずみ条件下の単純せん断初期に横方向に縮み、やがて広がるように変

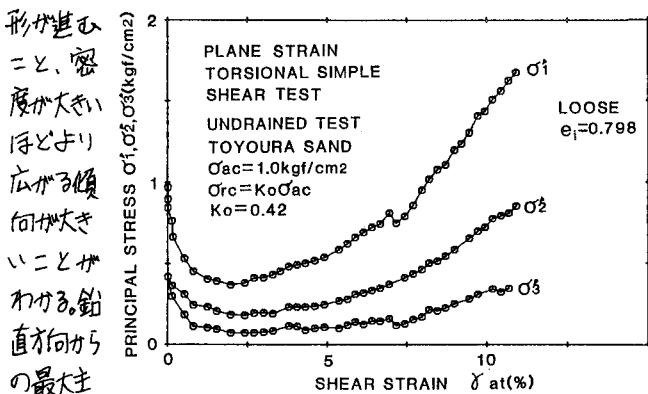


Fig. 2(a) せん断中の主応力の変化 (ゆるい砂)

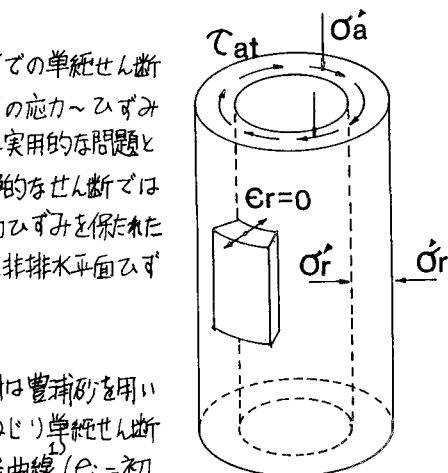


Fig. 1 供試体

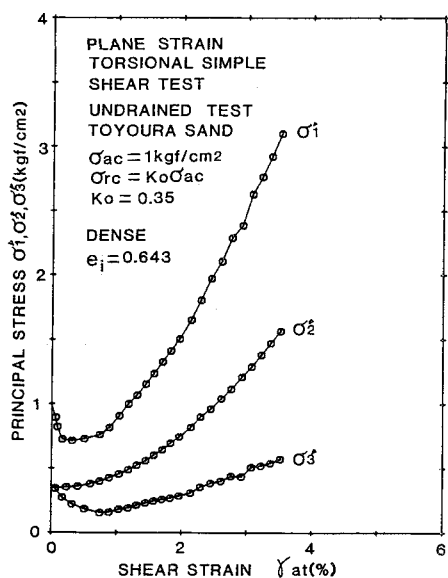


Fig. 2(b) せん断中の主応力の変化 (密な砂)

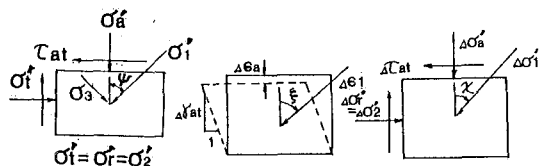


Fig. 3. $\sigma_1, d\epsilon_1, d\sigma_1$ の回転角 ψ, ξ, χ

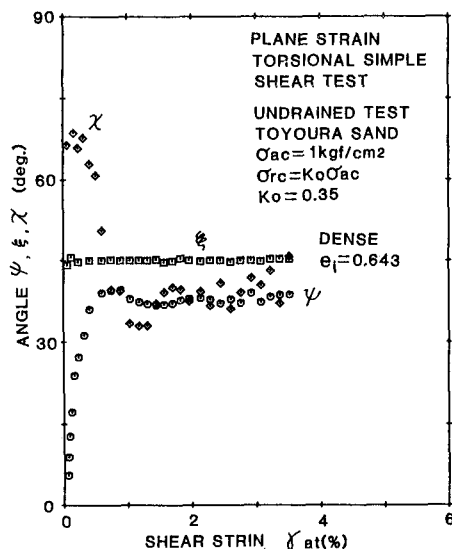
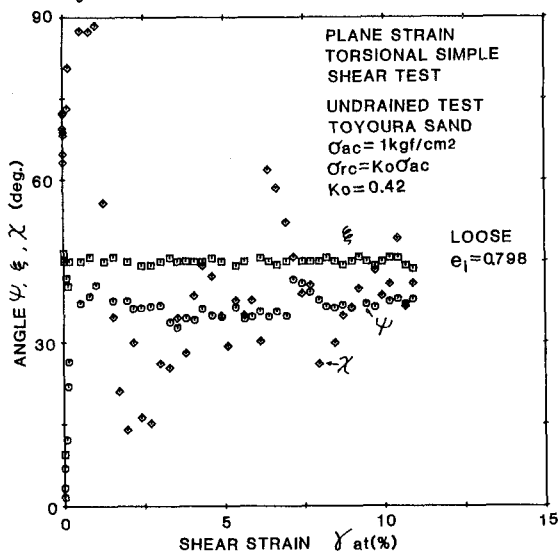
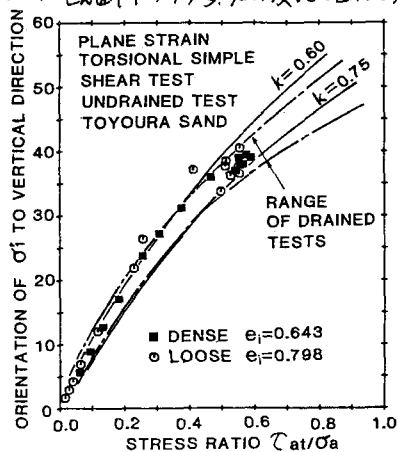


Fig. 4(b). せん断中の ψ, ξ, χ の変化 (密存砂)

Fig. 4(a) せん断中の ψ, ξ, χ の変化 (ゆるい砂)
 主ひずみ増分, 最大応力増分方向の回転角 ψ, ξ, χ (図3参照) のせん断中の変化を Fig. 4(a), (b) にそれぞれ示した。この図からゆるい砂の χ は垂直応力増分, せん断応力増分が非常に小さいためバラツキが大きい。密存砂では ψ と χ はせん断変形が進むと一致してくる。またゆるい砂, 密存砂共に ψ と ξ (≒45°) はせん断初期を除きその差は小さいことがわかる。このことは砂は排水平面ひずみ単純せん断においてある程度以上のせん断では $\sigma_1, d\epsilon_1, d\sigma_1$ がほとんど同じ方向を向いたまま変形が進むことを示している。次に Fig. 5 に最大主応力の回転角 ψ と供試体 K 平面上的応力比 (τ_{at}/σ_a) の関係を示している。図中の一点鎖線はいろいろの密度における排水試験の結果の範囲を、実線は Oda の式 $\tau_{at}/\sigma_a = k \tan \psi$ ($k=0.60, 0.75$) を示している。ゆるい砂でかなりのバラツキがあるがほぼ排水試験の結果の範囲内にある。これは ψ と τ_{at}/σ_a の間には砂の密度, 排水条件によらず一義的な関係があることを示している。



5. 結論

- (1) 非排水条件では σ_a の方向と $d\sigma_1$ の方向はある程度以上の変形においてほとんど一致する (但し, ゆるい砂ではバラツキが大きかった)。また σ_1 と $d\sigma_1$ の方向と $d\epsilon_1$ の方向との差はある程度以上の変形では小さい。
- (2) σ_1 の回転角 (ψ) と応力比 (τ_{at}/σ_a) との関係は密度, 排水条件によらず一義的な関係がみられる。

6. 謝辞

本実験に用いた試験機の部品は東大生研試作工場で作した。試作工場スタッフ諸氏に感謝いたします。

7. 参考文献

- 1) 大河内保彦 (1981): 供試体作製法が砂の K_0 圧密特性に与える影響, 土木工学研究
- 2) 石島伸二 (1981): 砂の平面ひずみ条件下の単純せん断試験, 土木工学研究