

名古屋工業大学 正員 〇中井照夫, 松岡 元
 学生員 鈴木好実, 野村幸宣

従来より、三軸圧縮・伸張条件下の砂および粘土の変形・強度特性については多くの報告がなされているが、試験方法、試料作成方法等によってその結果は様々である。ここでは、圧縮および伸張条件下の強度（破壊時の主応力比）は材料が等方的であれば砂・粘土にかかわらず同じであることを実験的に検証し、さらに異方性試料の両者の強度差についても考察する。また空間滑動面（SMP）に基づいた応力比 $\sim$ ヒズミ増分比関係では応力状態や試料の初期構造にかかわらずユニークな整理で表すことを検証する。

1. 実験方法

実験は砂として重箱標準砂、粘として粉末練り返し両圧縮粘性土（藤の森粘土、 $LL=94.7\%$, $PL=24.7\%$ ）を用い、平均主応力一定（砂： $\sigma_m = 4.0 \text{ kgf/cm}^2$ 、粘土： $\sigma_m = 2.0 \text{ kgf/cm}^2$ ）のもとで排水条件でこなした。

【砂】試料はその初期向けさ比がすべて $e_0 \approx 0.68$ になるように、ゴム膜を密着させたモールド内で砂を締め固め作成した。（試料高さ 12.2 cm 、直径 5 cm ）。そして締め固め方法を変えることにより、等方性試料および異方性試料を作っている。

(a) P試料：棒で突く（plunging）ことにより構造を乱しながら作成した等方性試料。

(b) T試料：モールドの側壁を連打（Tapping）しながら作成した試料で、土粒子の長軸方向が水平方向に配向した異方性試料。

なお、このP試料の等方性およびT試料の異方性については、等方圧縮試験により検証している。また実験に際しては、供試体の端面摩擦はシリコングリースとラバーで除去し、メンブレンの貫入による排水量の補正も行っている。

【粘土】試料は練り返した粘土を垂直応力 0.5 kgf/cm^2 のもとでK₀圧縮したものを直径 3.5 cm 、高さ 8 cm の円筒形に成形することにより作成した。実験に際してはゴム膜、口紙の張力の影響を除去するため、厚さ 0.03 mm のゴム膜を用い、側方の排水用口は巻かず試料の上下端面からのみ排水を許した。また軸ヒズミ速度 $\dot{\epsilon}_a$ は向けさ永圧の発生および試料の時間効果の影響をなくするため、 $\dot{\epsilon}_a = 0.8\%/day$ (0.63 mm/day)とし、体積ヒズミの測定ではビュレット内の水の減量量をダミービュレットにより補正している。

2. 実験結果と考察

【砂】図-1は重箱砂の平均主応力一定試験結果を空間滑動面（SMP）上の応力比 $(\tau_{smp}/\sigma_{smp})$ とSMPに基づくヒズミ増分比

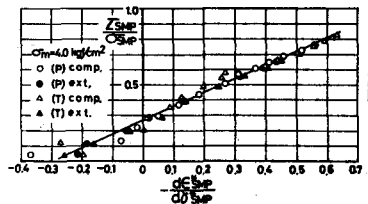


図-1 砂の等方性試料および異方性試料の $\tau_{smp}/\sigma_{smp} \sim d\epsilon_{smp}/\epsilon_{smp}$ 関係

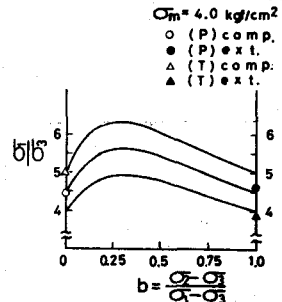


図-2 砂の等方性試料および異方性試料の破壊強度

($d\epsilon_{SMP}^*/d\sigma_{SMP}^*$)関係で整理したものである。同図より、すべての試験結果がユニークに整理されるのが見られ、SMPに基づいた基本関係式($\epsilon_{SMP}/\sigma_{SMP} = \lambda^* (-d\epsilon_{SMP}^*/d\sigma_{SMP}^*) + \mu^* \dots (1)$)が応力条件や試料の初期構造にかかわらず成立することを示している。図-2は等方性試料および異方性試料の破壊強度を主応力比(σ_1/σ_3)とb値($b=(\sigma_2-\sigma_3)/(\sigma_1-\sigma_3) \dots (2)$)の関係で示したものである。ここにb=0は三軸圧縮条件をb=1.0は三軸伸張条件を表わしている。同図より、等方性試料では三軸圧縮・伸張にかかわらず破壊時の主応力比は約4.5であるが、水平方向に配向した異方性試料では初期向き比がほぼ同じであるにもかかわらず、圧縮強度が伸張強度に比べかなり大きくなる。なお、図中の実線はSMPに基づいた等方性試料の破壊規準($J_1, J_2, J_3 = \text{const.}$, J_1, J_2, J_3 : 応力の不変量 $\dots (3)$)を表わしている。

図-3は異方性試料の三軸圧縮・伸張時の空間滑動面(SMP)と土粒子の配向性を模式的に示したものである。図に見られるように、3次元空間内で平均的な土粒子の滑動面と考えられるSMPと堆積面のなす角が、三軸圧縮条件では伸張条件に比べ大きくなるため土粒子間のかみ合いが大きくなり強度が増加するといえよう。

《粘土》 図-4は粘土の平均主応力一定試験結果を $\epsilon_{SMP}/\sigma_{SMP} \sim d\epsilon_{SMP}^*/d\sigma_{SMP}^*$ 関係で整理したものであるが、粘土の場合も砂と同様、圧縮・伸張にかかわらずユニークに整理され、(1)式の妥当性を示している。図-5, 6は三軸圧縮・伸張時の主応力比(σ_1/σ_3)~最大主ヒズミ(ϵ_1)~体積ヒズミ(ϵ_v)関係の実測値(プロット)と計算曲線(参考文献2参照)を示している。図-5, 6より粘土の場合も圧縮および伸張強度が共に主応力比で約3.5であり強度差はほとんどない。なお、この試料の鉛直方向に切り出した試料と水平方向に切り出した試料の変形および強度の差はほとんどなかったのでは等方的な試料と考えられる。ところで、従来のように口紙を巻いた側方排水による試験では、圧縮強度は口紙のない場合と差がないが、伸張強度はたとえ口紙をらせん状に巻いても口紙の張力の影響を受け、大きく出るようである。したがって、通常粘土の伸張強度が圧縮強度に比べ大きいといわれているのは、試験方法等に問題があるのではないかと考えられる。

謝辞 砂の三軸試験に協力していただいた元名工大土質研究室 中島卓・山内健君に感謝致します。
参考文献

- 1) Matsuoka・Nakai: Stress-Strain Relationship of Soil Based on the SMP, Paper of Specialty Session 9 9th ICSMFE PP.153-162 (1977)
- 2) 中井・松岡・中島・山内: 空間滑動面に基づいた土の応力ヒズミ関係, 第13回土工学研究発表会(1978)

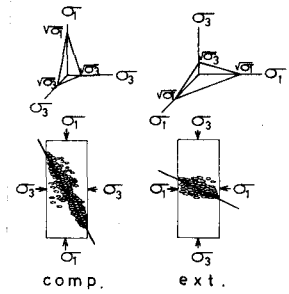


図-3 異方性試料の三軸圧縮・伸張時のSMPと粒子構造

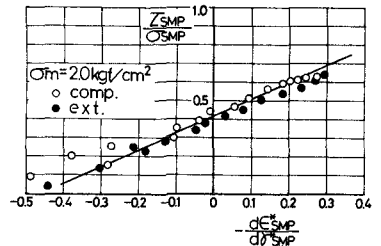


図-4 粘土の $\epsilon_{SMP}/\sigma_{SMP} \sim d\epsilon_{SMP}^*/d\sigma_{SMP}^*$ 関係

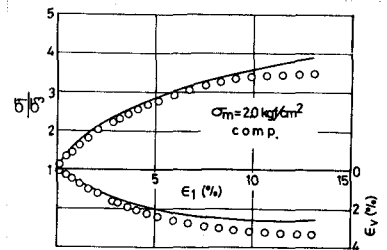


図-5 三軸圧縮条件下の粘土の主応力比~主ヒズミ関係

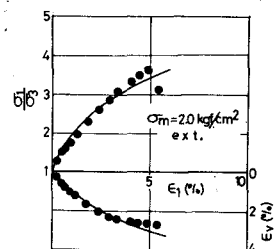


図-6 三軸伸張条件下の粘土の主応力比~主ヒズミ関係