

III-412

砂の排水せん断変形挙動に及ぼす中間主応力の影響

鹿島技術研究所(正) ○鈴木 輝一
 東北大学工学部(正) 菅野 高弘
 日立製作所 (正) 吉田 剛
 東北大学工学部(正) 柳沢 栄司

1、はじめに 本報告では、大型中空ねじりせん断試験装置を用い、初期構造異方性を有する砂の供試体に対し最大主応力軸方向を固定して、様々な b 値で排水せん断試験を行い中間主応力が砂の排水せん断挙動に与える影響について考察するものである。

2、実験方法 試料は豊浦標準砂($G_s=2.64$, $e_{max}=0.966$, $e_{min}=0.592$)を用い相対密度は $D_r=70\pm 2.5\%$ とした。せん断試験は平均応力(98kPa)を一定とし β (鉛直方向と最大主応力軸のなす角)を 0° から 90° まで 15° 単位で変化させ、それぞれ次の b 値($b=0, 0.125, 0.375, 0.5, 0.625, 0.875, 1.0$)で実験を行った。ここで、 b は中間主応力の相対的な大きさを示すパラメータ $b=(\sigma_2-\sigma_3)/(\sigma_1-\sigma_3)$ である。

供試体の応力・ひずみ状態および β の定義を図-1に示す。

3、実験結果、及び考察 本実験の結果を用いて図-2、図-3に正八面体せん断応力 τ_{oct} ～せん断ひずみ γ_{oct} 関係、 b 値と破壊強度関係を示す。図-3において多少のばらつきはあるが、破壊強度は、 b 値が0から1まで変化するにしたがってほぼ線形的に小さくなっている。これらの図は $b=45^\circ$ における実験結果のみを示しているが、その他の b でも同様の傾向が見られた。図-4は、様々な b 値での単調載荷試験の正八面体せん断応力-体積ひずみ曲線を示しており、変相時の正八面体せん断応力は b 値によらずほぼ一定とみることができる。本実験では平均応力(98kPa)一定としているため変相応力は変相応力比と線形関係となる。変相応力比はせん断応力履歴の影響を受けず、堆積構造(異方性)や、主応力軸回転を含む応力経路についても影響を受けないことが実験的に確認されており、本研究の実験結果も含めると変相応力比は、異方性や応力経路や応力履歴などの影響を受けず供試体の初期状態によって一義的に決まると考えられる。図-5は単調載荷時の正八面体せん断応力 τ_{oct} と中間主ひずみ ϵ_2 の変化を示している。図に示したように、中間主ひずみである半径方向ひずみを比較すると、中間主応力の大きさによってその傾向に違いが明確に現われている。 $b=0, 0.125$ では中間主ひずみは負となり、 $b=0.5, 0.625, 0.875, 1.0$ では正となる。そして $b=0.375$ でほぼ0となることが分かる。このことから、 $b=0.375$ 付近で平面ひずみ状態を再現できると考えられる。三浦らの実験結果によれば、平面ひずみ状態は $b=0.25\sim 0.5$ の応力系にあるとされているので本研究の実験結果はこれを裏づけるものである。

次に、外部仕事とせん断ひずみの関係を各 b 値について整理したものを図-6に示す。ここで、外部仕事は以下の式で表される。

$$W = dW, \quad dW = \sigma_r d\epsilon_r + \sigma_\theta d\epsilon_\theta + \sigma_\phi d\epsilon_\phi + \tau_{r\theta} d\gamma_{r\theta}$$

外部仕事-正八面体せん断ひずみ関係は、正八面体せん断ひずみ増分が大きくなるにつれてばらつきが大きくなる傾向があるが外部仕事と正八面体せん断ひずみの関係は、 b 値によらず一義的な線形関係が得られる。この関係は共軸性を仮定した軸対称条件下では応力比-ひずみ増分比関係と同じ形となり、非共軸や、複雑な応力状態にも適用できるものである。

図-7は最大主応力方向と最大主ひずみ増分方向の差 $\alpha-\beta$ を主ひずみ差 $\epsilon_1-\epsilon_3$ に対してプロットしたものである。 $b=1$ において $\alpha-\beta=10^\circ$ 近くとなっており b が小さくなる程 $\alpha-\beta$ が小さくなっている。

4、結論

- 1) 変相応力比は中間主応力の影響を受けない。
- 2) 破壊強度は b 値と線形関係にある。
- 3) 外部仕事 W ～せん断ひずみ関係は中間主応力の影響を受けず一義的に線形関係が得られる。
- 4) 最大主応力方向と最大主ひずみ増分方向のずれは、 b 値が0から1まで変化するにつれて大きくなる。

5. 参考文献 1) 宮森建樹；土木学会論文報告集 No255, pp81～91, 1976 2) Woon-Kwan Lam and Tatsuo; Effects of Initial Anisotropic Fabric and σ_2 on Strength and Deformation Characteristics of Sand 3) 三浦・三浦・土岐；第21回土質工学研究発表会講演集 pp289～292, 1986 4) 藤堂・矢野・柳沢；第25回土質工学研究発表会講演集 pp477～478, 1990 5) 樋口・柳沢・菅野・西牧・仙頭；第26回土質工学研究発表会講演集 pp491～494, 1991

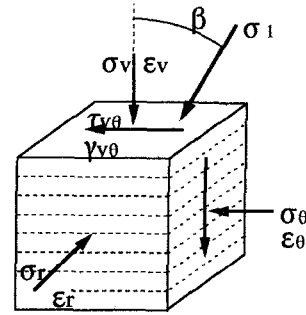


図-1 応力・ひずみ及び β の定義

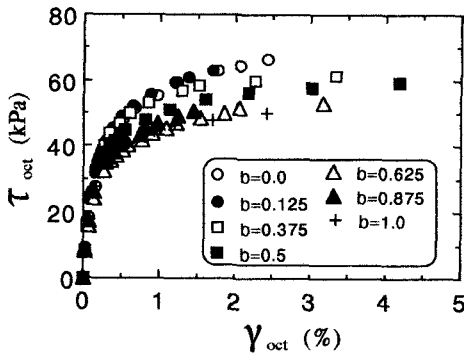


図-2 応力-ひずみ関係

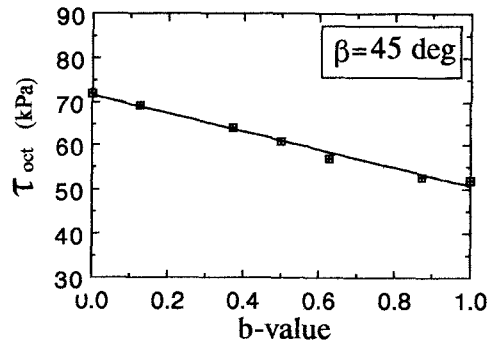


図-3 破壊強度

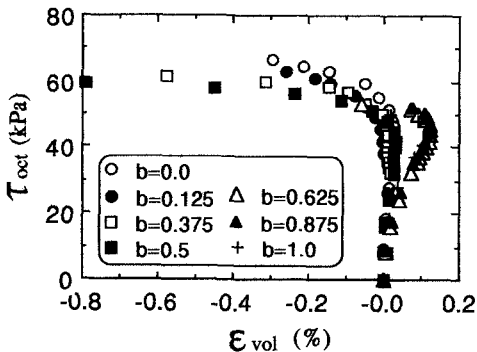


図-4 せん断応力-体積ひずみ関係

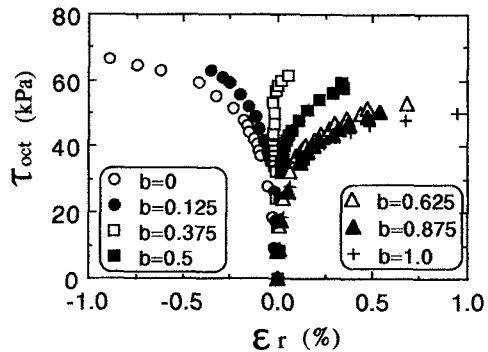


図-5 せん断応力-中間主ひずみ関係

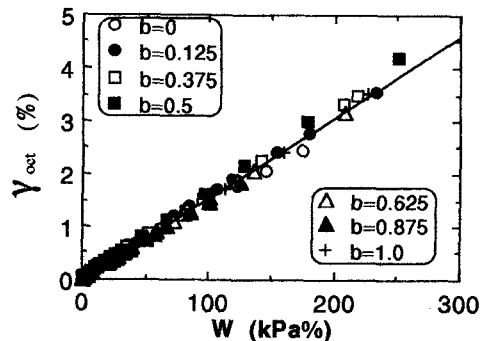


図-6 外部仕事-せん断ひずみ関係

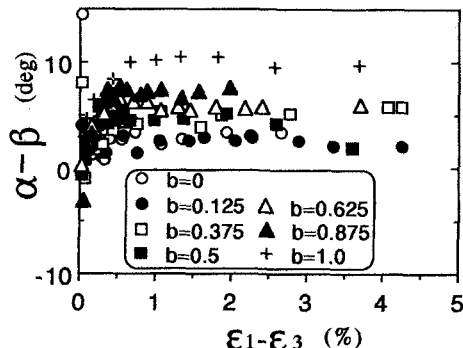


図-7 (最大主応力方向-最大主ひずみ増分方向) - b 値関係