

三主応力下における砂のストレス・ダイレイタンスー関係について

山口大学工学部 正員 安福規之 村田秀一 兵動正幸
山口大学大学院 学生員○伊東周作 伊達勇治

1. はじめに

筆者らは、過去に中空せん断試験機を用いて、三主応力下における等方圧密砂の変形・降伏挙動の実験的検討を行ってきた¹⁾。本報告では、これらの実験結果をストレス・ダイレイタンスー関係に注目して整理すると共に、新たに異方圧密砂にみられるストレス・ダイレイタンスー関係について検討を加えた。

2. 試験方法

1) 中空せん断試験機 --- 本報告では、高さ20cm、外径10cm、内径8cmの中空円筒形の供試体を有する中空せん断試験機を用い、三主応力制御型の実験を行った。供試体への載荷は、軸荷重、外圧、内圧、背圧の4系統により行われ、ここではトルクを負荷していない。また内容積の測定を行うことにより、半径、円周方向のひずみ量を測定を可能にした。

2) 供試体作成方法 --- 今回用いた試料は、秋穂砂 ($G_s=2.65, e_{max}=1.05, e_{min}=0.60$) である。供試体作成は空中落下法を採用し ($e_0=0.78$)、炭酸ガスと脱気水を通し、飽和させる方法で行った。メンブレンの厚さは、外・内側共に0.5mmである。

3) 実験計画 --- 実験は、すべて内圧、外圧及び軸荷重を制御することにより行っており、制御のために必要な実験手順及び数式は割愛した²⁾。また図-1は、本報告で行った実験計画を示したものである。

TYPE Aは、点2 ($p=1\text{kgf/cm}^2$) まで等方圧密後、 p 一定、 θ 一定 ($0^\circ, 15^\circ, 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ, 90^\circ, 120^\circ, 150^\circ, 180^\circ$) のせん断試験を行うものである。一方TYPE Bは、 $\theta=0^\circ$ ($b=0.0$) 上を点1まで応力比 $\eta (=q/p')$ = 0.6で異方圧密した後、点2まで除荷し、同様に p 一定、 θ 一定のせん断試験を行うものである。

3. 実験結果と考察

1) 等方圧密砂のストレス・ダイレイタンスー関係 --- 図-2は、TYPE A- 30° の $\eta - dv/d\gamma_{oct}$ 関係を示したものである。図に示されるストレス・ダイレイタンスー関係は、多少の乱れは見られるが、少なくとも応力比の高い部分では直線的な関係がみられた。さらに図-3 (a), (b) は、この関係を直線近似し、切片 M と勾配 m_s を b 値に対してプロットしたものである。この図に示した結果より、 $\eta - dv/d\gamma_{oct}$ 関係にみられる切片 M と勾配 m_s は、 b 値のみに依存し θ に依存しないことがわかる。

2) 異方圧密砂のストレス・ダイレイタンスー関係 --- 図-4 (a), (b) は、TYPE B- 30° , TYPE B- 120° の $\eta - dv/d\gamma_{oct}$ 関係を示したものである。TYPE B- 30° では、低い応力域において異方圧密履歴の影響がみられるが、TYPE B- 120° では、TYPE A TYPE Bともほぼ一致しており、 $\theta=0^\circ$ 方向に異方圧密した影響が見られない。

3) 応力比-ひずみ増分比関係の予測 --- 図-5は、提案³⁾より誘導された応力比-ひずみ増分比関係式に Smoothed Mohr-Coulomb の破壊規準を組み込んだ上で、TYPE A- 120° の実験結果を予測したものである。提案³⁾による応力比-ひずみ増分比関係式は、式(1)で示される。 M は、最大体積収縮時の応力比 η を示し、図-2で示したそれと一致する。

$$dv^p/d\gamma_{oct} = \frac{M^2 - \eta^2}{C \cdot \eta} \quad (C=2) \quad (1)$$

ここで、 $\theta=0^\circ$ での M を M_c とした場合、 $M(\theta)$ と M_c の関係は、式(2)ようになる。なお $g(\theta)$ は、正八面体面上の Smoothed Mohr-Coulomb 破壊規準の形状を示し、式(3)で与えられる。^{4,5)}

$$M(\theta) = M_c \cdot g(\theta) \quad (2)$$

$$g(\theta) = \frac{1}{\sqrt{3 \cdot K \cdot \sin \theta + \cos \theta}} \quad (3)$$

図に示した予測結果は、 $\theta=120^\circ$ までは実験結果と比較的良好な対応がみられ、特に応力比が高くなるに従って、実験結果との対応はよくなっている。

4. まとめ

1) 等方圧密砂のストレス・ダイレイタンスー関係は、 b 値のみに依存し θ に依存しないことが示された。

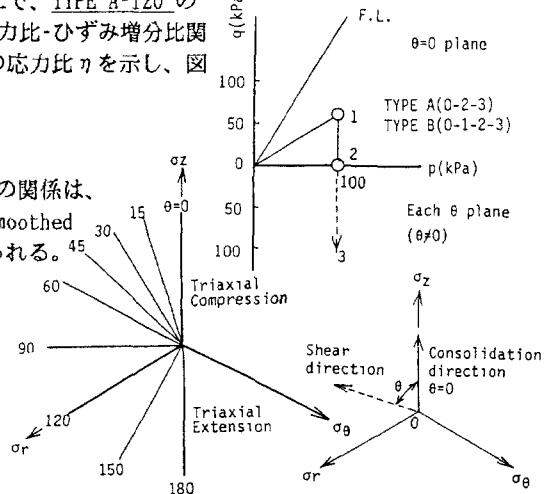


図-1 応力経路

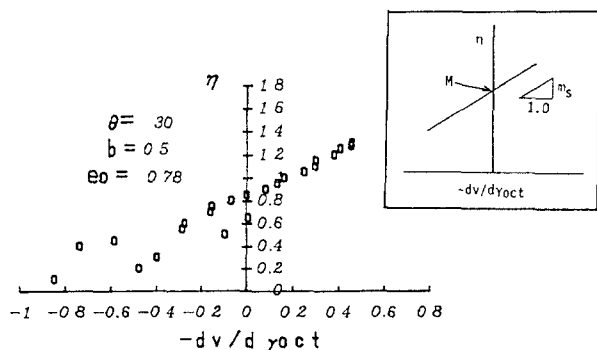
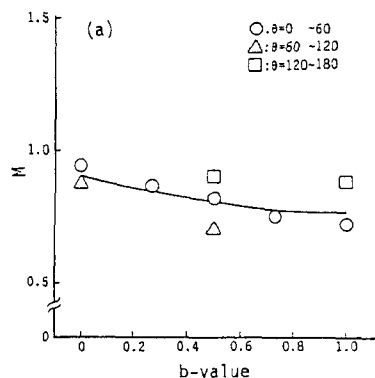


図-2 等方圧密砂のストレス・タイルテンション関係



(a) b 値と M の関係

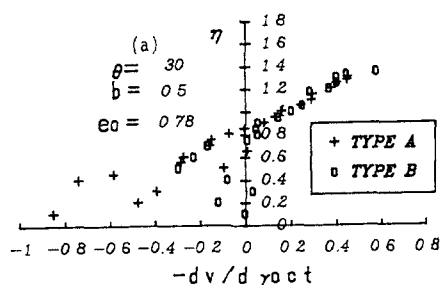
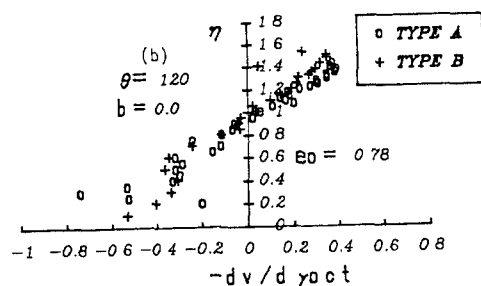
(a) $\theta=30^\circ$, $b=0.5$ (b) $\theta=120^\circ$, $b=0.0$

図-4 異方圧密砂のストレス・タイルテンション関係

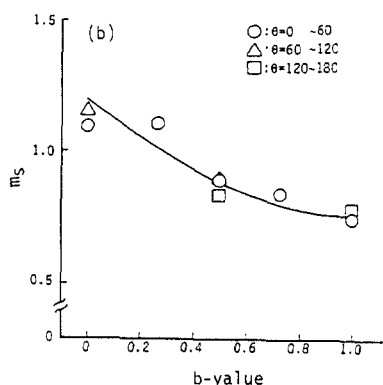
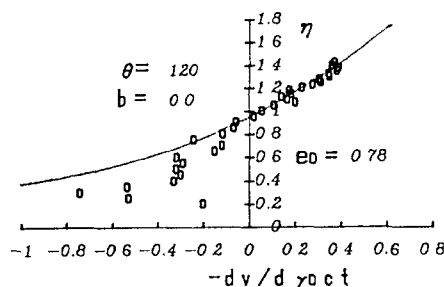
(b) b 値と m_s の関係図-3 b 値と M 及び m_s の関係

図-5 ストレス・タイルテンション関係の予測

- 2) ストレス・タイルテンション関係にみられる異方圧密の影響は、異方圧密方向からせん断方向が離れるに従って消失し、直線的な関係がみられた。
- 3) 提案モデル (等方硬化モデル) によるストレス・タイルテンション式を三主応力下には拡張した場合、等方圧密後のせん断試験結果とよい対応のあることが示された。

参考文献 1) 安福ら: 三主応力下における等方圧縮砂の降伏挙動について, 第44回土木学会年次学術講演会, pp.480-481, 1989. 2) 安福ら: 中空ねじりせん断試験機の試作とその適用について, 第41回土木学会中国四国支部研究発表会, 1989. 3) Yasuhuku, N. et.al., "Yield characteristics of anisotropically consolidated sand under low and high stresses, Soils and Foundations, (to be submitted)