

III-354

三主応力下における異方圧密砂の降伏挙動について

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・降伏挙動の実験的な検討を行ってきた¹⁾。本報告では、三主応力下においてあるロード・アングルの方向に異方圧密除荷履歴を加えた砂に対してp一定せん断試験を行い、異方圧密砂の降伏挙動の異方的な特性について検討を行った。

2. 試験方法

1) 中空せん断試験機 --- 本報告は、高さ20cm、外径10cm、内径6cm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の測定を可能にした。

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。供試体作成方法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については参考文献2)にまとめて示している。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-1は、 $\theta=0^\circ$ ($b=0.0$) 上を点2 ($p=1\text{kgf/cm}^2$) まで応力比 $\eta (=q/p')=0.6$ で異方圧密した後、点3まで除荷し、その後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。TYPE A-2は、TYPE A-1と同経路を点1 ($p=2\text{kgf/cm}^2$) まで先行的に異方圧密を行い、点2を経て点3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。TYPE B TYPE Cは、それぞれ $\theta=30^\circ$ ($b=0.5$)、 $\theta=60^\circ$ ($b=1.0$) 方向に点1まで異方圧密を行った後、点2、点3まで除荷し、その後p一定、 θ 一定のせん断試験を実施するものである。なお、過圧密比 (P_1/P_2) は、TYPE A-2, TYPE B, TYPE C共に2である。

3. 実験結果と考察

1) 応力-ひずみ関係 --- 図-2は、TYPE A-2試験の $\theta=0^\circ, 30^\circ, 60^\circ$ の $\eta (q/p')$ - γ_{oct} 関係を示したものである。また、細い実線は、先行圧密を加えないTYPE A-1試験の結果を示している。これらの図より、異方圧密方向 $\theta=0^\circ$ 方向からせん断方向が離れるに従って、先行圧密履歴の影響が小さくなることが示される。なお θ が 90° より大きくなると、先行圧密履歴の影響が見られなくなった。

2) 正八面体面上の降伏曲線の形状 --- 図-3(a), (b), (c)は、図-2の η - γ_{oct} 、 η - $\dot{W}$ (仕事量) 関係から求めた降伏点及び降伏曲線の形状を示したものである。図にみられる降伏曲線の形状は、各異方圧密方向に大きく依存した形を示しており、異方的な特性を大きく表したものとなっている。またTYPE A, TYPE Bでは、異方圧密の方向とせん断の方向が大きく離れた場合、降伏点が得られず、せん断初期から降伏が生じるという結果となった。さらに、図に示した細い実線は、三軸空間において提案されている降伏関数(式(1))³⁾に、Smoothed Mohr-Coulomb破壊規準を組みこみ、それを用いて予測した降伏曲線の形状を示したものである ($C=2.0, N_c=0.68$ を仮定)。

$$f = \ln \frac{p'}{p_0} + \frac{C}{2(C-1)} \ln \left[\frac{(1-C)(2\alpha-\eta)\eta + \{N-(2-C)\alpha\}N}{(1-C)\alpha^2 + \{N-(2-C)\alpha\}N} \right] = 0 \quad (C \neq 1) \quad (1)$$

TYPE A, TYPE Bでは、予測降伏関数と実験による降伏曲線は比較的良好な対応がみられるが、TYPE Cは、 θ が

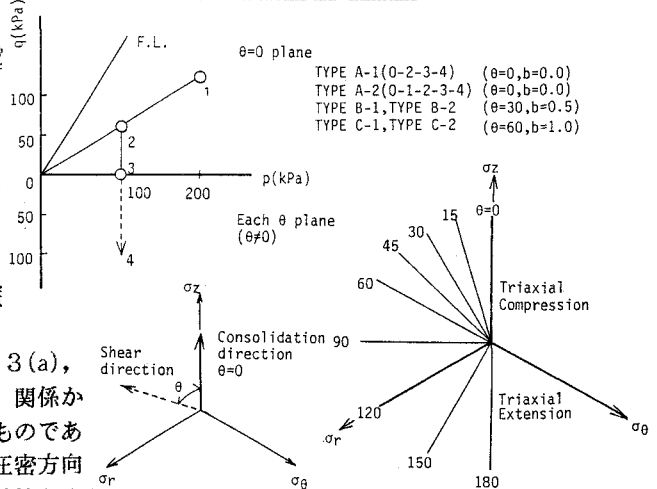
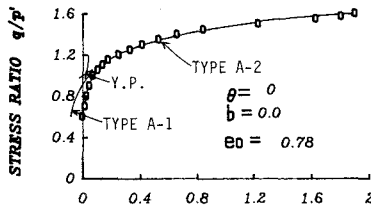
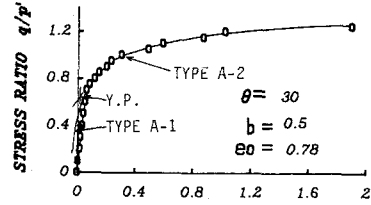


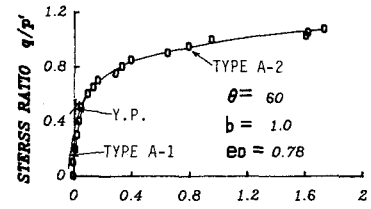
図-1 応力経路



(a) $\theta=0^\circ, b=0.0$

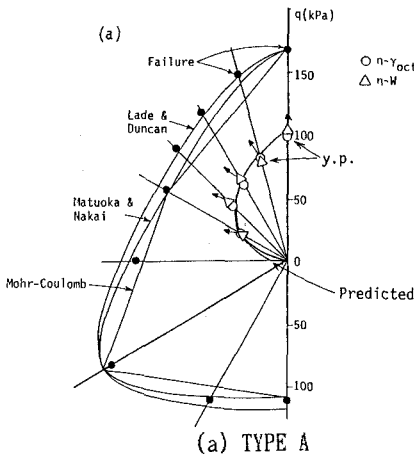


(b) $\theta=30^\circ, b=0.5$

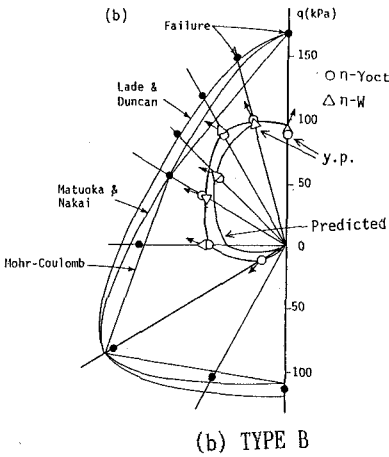


(c) $\theta=60^\circ, b=1.0$

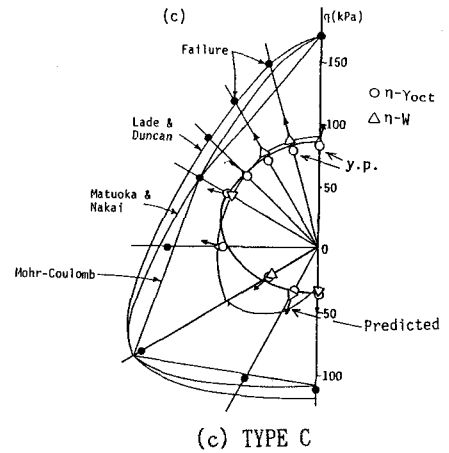
図-2 応力比-せん断ひずみ関係



(a) TYPE A



(b) TYPE B



(c) TYPE C

図-3 正八面体面上の降伏曲線の形状

60°以上になると対応がよいとは言えない結果となっている。このような結果は、降伏挙動が応力誘導異方性や構造的な異方性を含んだ型で表わしていることを示すものだと考えられる。

4. まとめ

三主応力下において異方的な先行圧密を受けた砂の降伏曲線の形状を実験的に検討した。その結果、正八面体面上における降伏曲線の形状は、異方圧密方向に大きく依存したものとなり、いびつな形状 (図3参照) をしていることが示された。

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, p. 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)