

Ⅲ-A57

応力の第3不変量までも考慮した異方圧密粘土の三軸試験データ解析

鹿児島大学工学部 正 三隅浩二
中央コンサルタンツ 山崎礼智

1. はじめに 異方圧密粘土の降伏曲線をケンブリッジの応力パラメータ(p' , $q = \eta' \cdot p'$)ならびに空間滑動面上の応力パラメータ($\sigma' = \sigma_{SMP}$, $\tau = \tau_{SMP}$)¹⁾で表す方法を紹介し, これを練返した藤の森粘土の三軸試験データに適用した結果を示す。

2. 異方圧密粘土の降伏曲線の決定 式(1)は硬化則を示す。この式は, 塑性体積ひずみ ε_v^p が, 降伏曲線のコーナーにおける平均有効主応力 p_y' の変化で生じることを示している。弾塑性パラメータ D , M は, 圧縮せん断と伸張せん断で値が異なるのだが, D と M を掛け合わせた DM は, 圧縮指数 λ , 膨潤指数 κ , 初期間隙比 e_0 と式(2)の理論的な関係があるので, この DM は圧縮せん断と伸張せん断で共通のパラメータと見なすことができる。

$$\varepsilon_v^p = DM \cdot \ln(p_y' / p_{y0}') \cdots (1) \quad DM = (\lambda - \kappa) / (1 + e_0) \cdots (2)$$

さて, この式(1)を塑性挙動中に実際に作用している応力状態を導入して変形すれば, ケンブリッジの応力パラメータ(p' , q)に対して式(3)が, 空間滑動面上の応力(σ' , $\tau = x' \cdot \sigma'$)に対して式(4)が, それぞれ降伏曲線を与える式として誘導される。またさらに塑性ひずみ増分ベクトルの降伏曲線に対する垂直条件を考えれば, 塑性ひずみ増分比ならびに塑性ひずみ増分ベクトル方向(β , β_{SMP})を決定することができる²⁾。

$$p' / p_y' = \exp[\ln(p' / p_{y0}') - \varepsilon_v^p / DM], \quad q / p_y' = (p' / p_y') \cdot \eta' \cdots (3)$$

$$\sigma' / \sigma_y' = \exp[\ln(\sigma' / \sigma_{y0}') - \varepsilon_v^p / DM], \quad \tau / \sigma_y' = (\sigma' / \sigma_y') \cdot x' \cdots (4)$$

実験は漸増載荷と荷重放置を繰り返す多段階載荷形式の部分排水試験を行った。すなわち, 応力比 $\eta_0 = 0.545$ で異方圧密した後に, 平均主応力一定条件($p = 2.0 \text{ kgf/cm}^2$)で圧縮せん断ならびに伸張せん断を実施している。但し, 伸張せん断試験は軸差応力が正の領域のデータまでしか得られていない³⁾。なお, 圧縮せん断で得られたせん断ひずみ～応力比データ, 体積ひずみ～応力比データに対しては式(5), 式(6)を, 伸張せん断で得られた体積ひずみ～応力比データに対しては式(7)をフィッティングして解析に用いた。式(7)では, 伸張せん断の限界状態で $J_1, J_2/J_3$ の値が圧縮せん断側の値と等しくなるように, また降伏曲線が凸になるようにパラメータの値を選んでいる。

$$\eta' - \eta_0' = a_0 + a_1 \cdot \exp(b_1 \varepsilon_s) + a_2 \cdot \exp(b_2 \varepsilon_s) \cdots (5)$$

$$\varepsilon_v = a(\eta' - \eta_0')^b \exp(c\eta' - \eta_0') \cdots (6) \quad \varepsilon_v = a'' + b''\eta' + c''(\eta')^2 + d''(\eta')^3 \cdots (7)$$

図1は式(3)より得られた降伏曲線を示している。式(3)には応力の第3不変量は明らかな形で示されていないのだが, 圧縮せん断でも伸張せん断でも三軸試験結果には必ずその影響が含まれるので, 図1の解析結果にも当然その影響が反映されている。図2は式(4)より得られた降伏曲線を示している。図を見やすくするために縦軸は上下に同じ τ / σ_y' の座標(必ず正)を記している。

3. おわりに 実験公式, 式(5), 式(6), 式(7)のフィッティングパラメータならびに弾塑性パラメータの値を以下に掲げる。 $a_0 = 0.0698$, $a_1 = 0.0975$, $b_1 = -39.5$, $a_2 = -0.771$, $b_2 = -39.4$, $a = 0.0352$, $b = 1.28$, $c = -0.211$, $a'' = 0.00428$, $b'' = 0.0116$, $c'' = -0.0102$, $d'' = -0.00626$, $D_{comp} = 0.0312$, $DM = 0.0387$, $\Lambda = 0.685$ 。なお, 図中にも弾塑性パラメータの値を掲げている。

参考文献 1) Nakai, T. and Matsuoka, H.: A generalized elasto-plastic constitutive model for clay in three-dimensional stresses, Soils and Foundations, Vol.26, No.3, pp.81-98, Sept. 1986

2) 三隅浩二, 火山憲司ほか, 空間滑動面における粘土の降伏曲線と摩擦係数の考察, 第31回地盤工学研究発表会平成8年度発表講演概要集2分冊の1, pp.809-810, 1996。 3) 三隅浩二, 前田修作ほか, 異方圧密粘土の部分吸排水試験結果の考察, 同上, pp.613-614, 1996。

Triaxial Test, Cohesive Soil, Dilatancy, Yield Curve, Spatially Mobilized Plane

〒890 鹿児島市群元1-21-40 TEL, FAX 099-285-8474

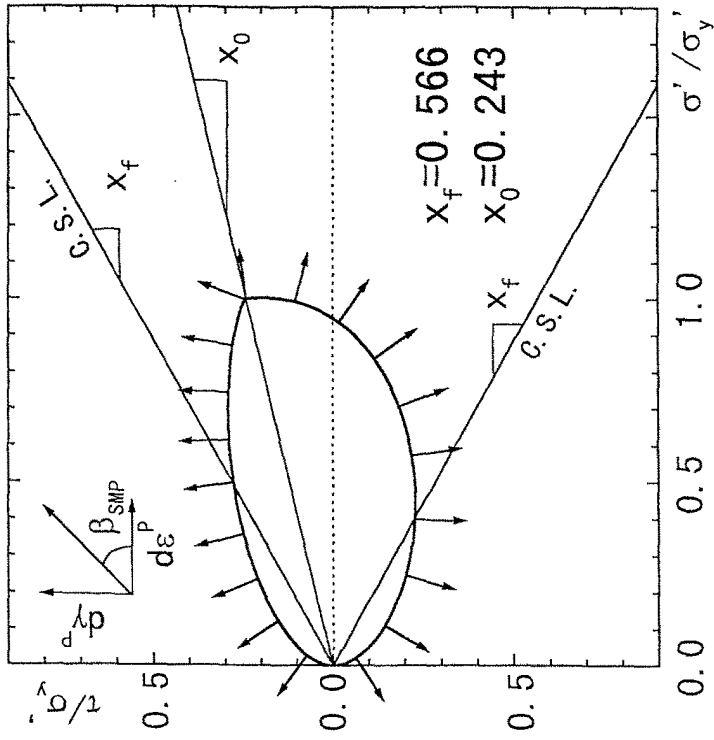


図2 空間滑動面上の応力パラメータで表した降伏曲線

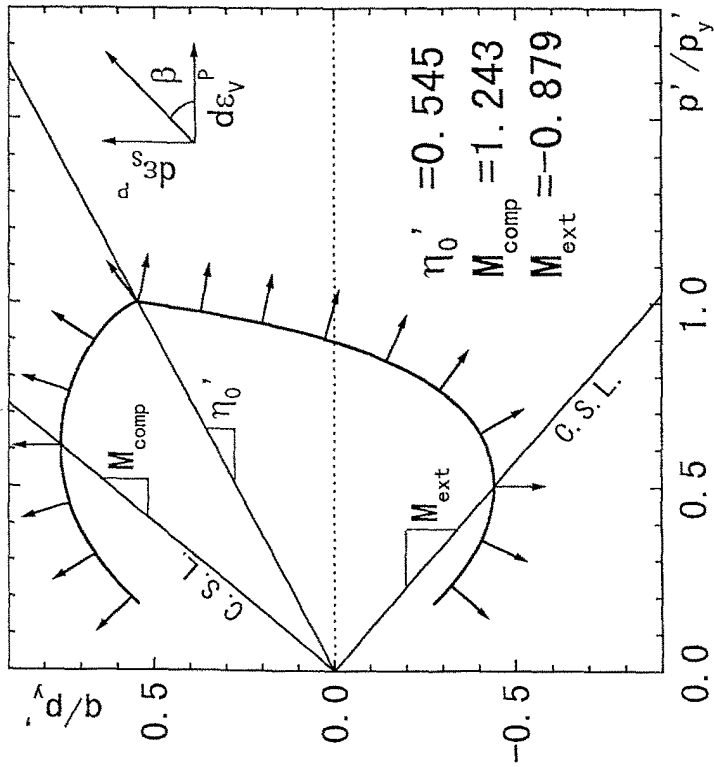


図1 ケンブリッジの応力パラメータで表した降伏曲線