

防衛大学校土木工学教室 正 員 ○森 雅美

同 上 正 員 山口 晴幸

同 上 正 員 石川 信隆

1. まえがき 近年, Mróz¹⁾の提案している構成モデルが, 繰り返し載荷に対して適用し得ることおよび異方圧密された後の力学挙動の異方性を表現し得るなどの特徴を有することから注目を浴び, 軟岩²⁾およびしらす³⁾に適用した例が報告されている。

本報告は, Mrózモデルを導入した有限要素法による地盤の応力・変形解析を行うための第一段階として, 有機質土（黒ぼく）の非排水三軸圧縮試験結果とMrózモデルによる計算結果との比較を行い, 有機質土に対するMrózモデルの適用性について考察を試みたものである。

2. モデルの概要 モデルは, 弾塑性論に基づき, 修正 Cam-Clayモデルの楕円型の降伏関数を用い軸対称三軸応力状態に関して定式化されている。すなわち, 図-1 に示す $p'-q$ ($p'=(\sigma_1'+2\sigma_3')/3$: 平均有効主応力, $q=\sigma_1'-\sigma_3'$: 軸差応力) 面上において, 降伏関数の外向き法線方向 n において, 負荷的応力増分 $d\sigma$ の法線方向成分 $d\sigma_n$ と塑性ひずみ増分の大きさ $d\epsilon^p$ の比で表わされる塑性硬化係数 K_p を定義したうえで, その関数形を等方圧密～膨潤試験結果に基づいて決定することにより非線形硬化挙動を表現している。このため, 純弾性挙動を示す領域を表わ

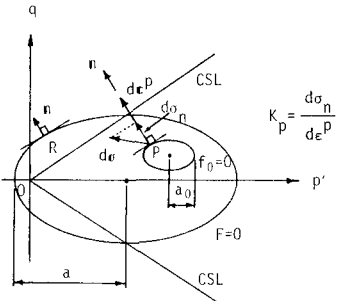


図-1 Mrózモデルの降伏曲面

す小楕円の降伏曲面 $f_0=0$ のほかに, 小楕円と相似で常に取り囲む圧密履歴を表わす等方硬化型の大楕円 $F=0$ を考え, その中を応力点とともに小楕円が等方および移動硬化するものとしている。ここで, 弾性領域と塑性領域（小楕円と大楕円とが応力点で接している状態）との過渡領域（弾塑性遷移領域）における塑性硬化係数 K_p の具体的な関数形は, 以下のように決定している。すなわち, 小楕円上の応力点 P と共役な大楕円上の点 R （応力点と同じ方向の外向き法線ベクトル n を持つ点）における塑性硬化係数 K_{pR} と初期塑性硬化係数 K_{p0} とを用いて, 応力点と共役点との距離および各々の塑性負荷過程におけるその初期値との内挿関数として決定している。なお, モデルが必要となる土質パラメータは, ①せん断弾性係数 G , ②圧縮指数 λ , ③膨潤指数 κ , ④二つの楕円の大きさの比を表わす a/a_0 , ⑤塑性変形量を表わすパラメータ γ , ⑥初期塑性硬化係数 K_{p0} , ⑦有効せん断抵抗角 ϕ' である。

表-1 有機質土の物理的諸性質

Properties		Amounts
Liquid limit	L.L.(%)	147.1
Plastic limit	P.L.(%)	67.5
Plasticity index	P.I.(%)	79.6
Specific gravity	G _s	2.33
Ignition loss	L _{in}	25.4

3. 数値計算例 表-1 に示す物理的諸性質をもつ有機質土を等方応力条件下で正規および過圧密した供試体（過圧密比 OCR=1

～12.7）について非排水三軸圧縮試験を実施した結果と数値計算との比較検討を試みた。

1) 入力データ 上記の実験データより次のように入力データを求めた。すなわち, 各過圧密比についてせん断に先立つ図-2 の等方圧密～膨潤試験から得られた $e \sim \log p'$ 曲線（この場合は OCR= 12.7, e : 間隙比）より $\lambda, \kappa, a/a_0, \epsilon_{V0}^p - \epsilon_{V0}^p$ (ϵ_{V0}^p : 除荷が始まる

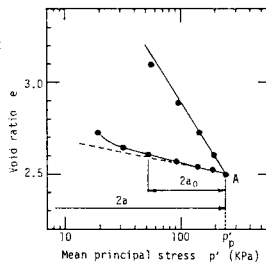


図-2 等方圧密～膨張曲線

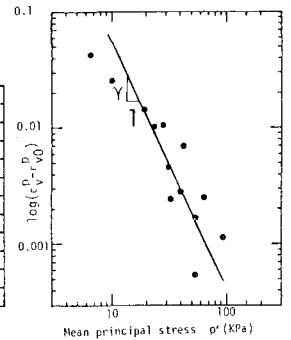


図-3 $\log(\epsilon_V^p - \epsilon_{V0}^p) \sim \log p'$ 曲線

A 点での塑性体積ひずみ)を求めた。ここで、

a/a_0 については平均をとり

$a/a_0=1.77$ とし、

また、 $\epsilon_V^p - \epsilon_{V_0}^p$ を

図-3 に示す

$\log(\epsilon_V^p - \epsilon_{V_0}^p) \sim$

$\log p'$ 面上で整理したうえで、

$\gamma=2.15$ とした。

図-4 有効応力経路

ϕ' は各圧密圧力での正規圧密供試体(OCR=1)についての試験より得られたものを用い、限界状態での応力比 $M=q/p'$ を 1.69 とした。 G および K_{p_0} は、それぞれ $G=5000$ KPa および $K_{p_0}=10^5$ KPa とした。

2) 計算結果 1)で得られた入力データに対する計算結果(実線)および三軸圧縮試験結果($\circ, \bullet, \Delta, \triangle, \square$)を OCR をパラメータとして、有効応力経路、応力比～軸ひずみ関係、軸差応力～軸ひずみ関係および間隙水圧～軸ひずみ関係に関して示せばそれぞれ図-4～7 のようになる。図-4 の有効応力経路に関しては、OCR=1 および 2.1 の場合には計算値と実験値とはよく一致しているが、OCR が大きくなるにしたがい、計算値は実験値からはずれていく傾向が見られる。図-5 の応力比～軸ひずみ関係および図-6 の軸差応力～軸ひずみ関係とも、計算値と実験値とは定量的には一致していないが、定性的には計算値は実験値の傾向をおおむね表現できているものと思われる。また、図-7 の間隙水圧～軸ひずみ関係に関しては、計算値は実験値を定量的にもよく表現できている。以上より、Mrózモデルの有機質土への適用の妥当性がおおむね確認できたものと思われる。

4. あとがき 本報告では等方圧密した有機質土の非排水三軸圧縮試験に関するMrózモデルの適用性の検証を試みた。現在、 K_0 圧密した供試体のせん断挙動への適用性を検討しており、さらに、このモデルを導入した有限要素法による要素試験の解析を試みている。

参考文献

- 1) Mróz, Z et al.: Application of an anisotropic hardening model in the analysis of elasto-plastic deformation of soils, Géotechnique 29, No.1, pp.1-34, 1979,
- 2) 岡本・田中: 異方硬化則に基づいた構成式の軟岩への適用, 第37回土木学会年次学術講演会, III-120, pp.237-238, 1982,
- 3) 北村・春山・高橋: Two-surface モデルによる地盤材料の構成式について (第2報), 第39回土木学会年次学術講演会, III-3, pp.5-6, 1984

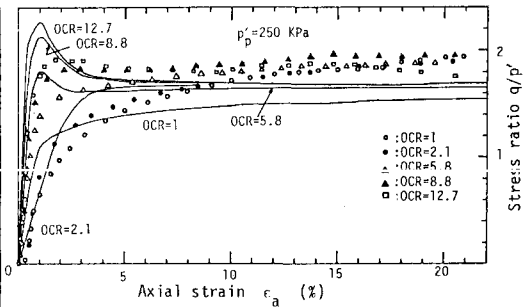
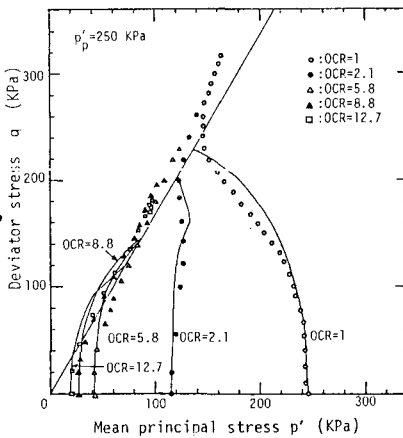


図-5 応力比-軸ひずみ関係

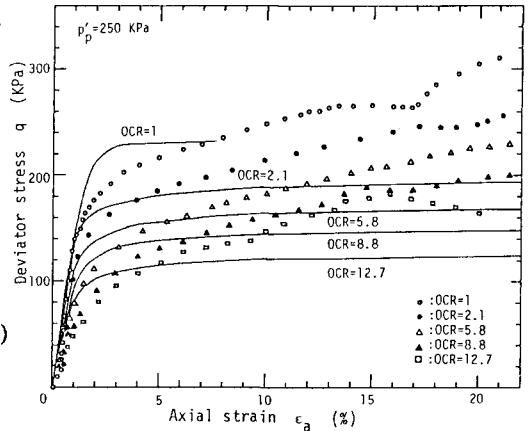


図-6 軸差応力-軸ひずみ関係

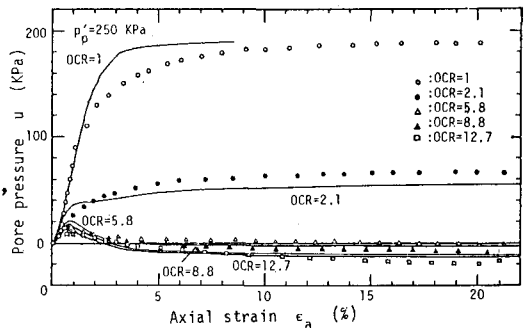


図-7 間隙水圧-軸ひずみ関係