

防衛大学校 (学) 森 茂
 (正) 大平 至徳
 山口 晴幸

1. はじめに 泥炭の地盤材料としての重要性は近年増す傾向が見られるが、この泥炭の力学特性、特に変形特性に関する研究は国内外において極めて少ないように思われる。本文は、不かく乱泥炭を用いて種々応力履歴の異なる供試体について実施した一連の非排水三軸圧縮・伸張試験結果に基づき、粘土に関する既存の手法を拡張して過圧密泥炭の応力・ひずみ関係の系統立った評価方法について検討している。

表-1 試料の物理的性質

Natural water content $w_n(\%)$	704-903
Specific gravity G_p	1.503-1.708
Ignition loss $L_{ig}(\%)$	71-83
Degree of saturation $S_r(\%)$	100
Liquid limit $L.L.(\%)$	-
Plastic limit $P.L.(\%)$	-

2. 実験

実験に用いた試料は、埼玉県浦和市郊外の泥炭地で地表面下1.0m~1.5mの深さからシンワールチューブを鉛直に貫入して採取した不かく乱試料である。実験室で試料を成形し、直径50mm、高さ125mmの円柱供試体を作製した。試料の物理特性が表-1に示されており、かなり未分解の植物を含む高含水比の繊維性有機質土である。供試体は三軸セル内で先行圧密圧力 $p_p=100\text{ kPa}$, 200 kPa まで圧密した後種々の過圧密比まで吸水膨張された。圧密が終了した供試体に対して、ひずみ制御(ひずみ速度 $\dot{\epsilon}_a=0.05\%/min$)による非排水三軸圧縮および伸張試験と応力制御による平均有効主応力一定排水圧縮試験(P試験)とを実施した。

3. 過圧密泥炭の非排水応力・ひずみ関係

図-1は、非排水三軸圧縮と伸張試験結果によって得られた有効応力経路および塑性ひずみ増分ベクトルの変化を示している。有効応力経路は p'/p_c 軸に関して圧縮と伸張下で対称形とならず、また全過圧密領域に亘ってせん断開始直後から正あるいは負のダイレイタンスの発生を示している。塑性ひずみ増分ベクトルは応力比 q/p' のみでなく p'/p_c をも含むような圧縮と伸張下でそれぞれ固有な関数として与えられるものと考えられる。これらの結果に基づき、過圧密泥炭の応力・ひずみ関係の予測のため、ここでは非関連流れ則の立場に立ち、塑性流れ則の適用を試みる。塑性ひずみ増分と応力増分との関係は、

$$d\epsilon_{ij}^p = h(\partial g / \partial \sigma_{ij}) d\sigma \quad (1)$$

非排水試験では、 $d\epsilon^p$ と $d\sigma$ 、 $d\nu^p$ と $d p'$ がそれぞれ対応するものとする、(1)式から、

$$d\epsilon^p = h(\partial g / \partial \sigma) d\sigma \quad (2)$$

$$d\nu^p = h(\partial g / \partial p') d p' \quad (3)$$

ここに、 h 、 g 、 f はそれぞれ硬化関数、塑性ポテンシャル関数、降伏関数であり、粘土に関するFender¹⁾の手法を参照にして以下のように定る。すなわち、降伏軌跡は応力比一定線として、

$$d f = p' d \eta \quad (4)$$

また、塑性ポテンシャル関数は、図-1の結果から q と p' の部分導関数として、

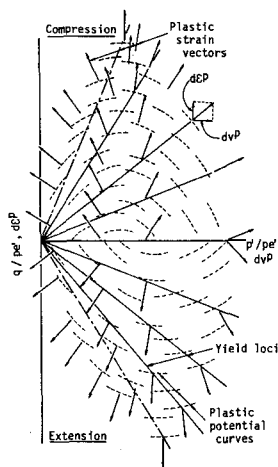


図-2 塑性ひずみ増分ベクトルの計算値

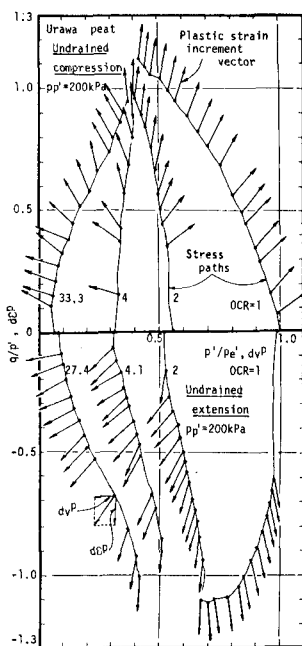


図-1 塑性ひずみ増分ベクトルの実験値

$$\partial g / \partial g = 1 \quad (5)$$

$$\partial g / \partial p = (p/p_s - 1) \{ M - (p/p_s) \eta \} \quad (6)$$

また、硬化関数は、有効応力経路を2次放物線近似することにより、

$$h = \frac{2e_0 K^* (p/p_s)^{-K^*} \eta}{M^2 (1+e) p_s (2p/p_s - 1) \{ M - (p/p_s) \eta \}} \quad (7)$$

(4)式～(7)式を(2)式、(3)式に代入することにより、塑性せん断ひずみと塑性体積ひずみ増分はそれぞれ、

$$d\varepsilon_p^p = \frac{2e_0 K^* (p/p_s)^{-K^*} (p/p_s) \eta d\eta}{M^2 (1+e) (2p/p_s - 1) \{ M - (p/p_s) \eta \}} \quad (8)$$

$$d\nu^p = \frac{2e_0 K^* (p/p_s)^{-K^*} (p/p_s - 1) \eta d\eta}{M^2 (1+e) (2p/p_s - 1)} \quad (9)$$

ここに、 p_{cs} は限界状態での p_s を、 e_0

p_s はせん断開始時の e 、 p をそれぞれ

表わし、 K^* は $\ln e - \ln p$ 面上で定義される等方膨張線の勾配である。

図-2に塑性ひずみ増分ベクトルと塑性ポテンシャル曲面の形状の計算結果が示されている。両者は互いに直交し、図-1の非排

水三軸圧縮および伸張試験結果と比較的よく一致しており、(5)式と(6)式の妥当性が確認できる。図-3と図-4

は(8)式による応力・ひずみ関係の計算値と実測値との比較結果を示している。構造異方性の影響を考慮して p_s/p_s' の値は圧縮と伸張下においてそれぞれ0.45と0.65が用いられたが、図-3の計算値と実測値との比較から、有効応力経路の2次放物線近似が妥当であると言える。図-4において、(8)式は圧縮と伸張両応力下で $\varepsilon_a < 10\%$ の範囲内における実測値を全過圧密領域に亘り比較的良好に予測できることが示されている。

4. 過圧密泥炭の排水・ひずみ関係

排水応力・ひずみ関係の予測のため、(8)式と(9)式中の p_s 、 p_{cs} は定値ではなく、せん断の進行にともなって変化するものとする。すなわち、 p_s は $g-p$ 面上において任意の点と限界状態点を通る2次放物線の p 軸との交点での p の値とし、また p_{cs} は $p_{cs}/p_s = 0.45$ (圧縮)、 0.65 (伸張)としてそれぞれ与えられる。図-5と図-6に $OCR = 2.1$ 、 4.7 、 19.0 の過圧密供試体に対する平均有効主応力一定圧縮(P)試験結果と予測値との比較が示されている。なお、体積ひずみ ν の計算値はP試験では(9)式から直接求められる。図-5と図-6において、実測値と計算値はせん断ひずみ $\varepsilon_s < 10\%$ の範囲でかなりよい一致が見られ、非排水試験を対象として導かれた(8)式と(9)式を用いて、排水挙動の予測が可能となることが示される。さらに、 p の増分にもなる弾性体積ひずみを考慮することにより、側圧一定排水三軸試験結果の予測が可能となるものと思われる。

参考文献

1) Pender, M.J. (1978): A model for the behaviour of overconsolidated soil, *Geotechnique*, Vol.28, pp.1-25.

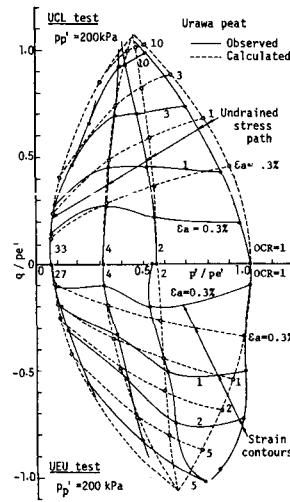


図-3 有効応力経路と等ひずみ線の実測値と計算値との比較

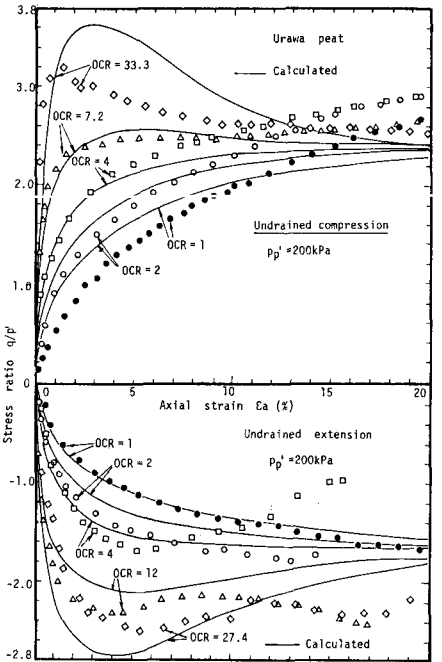


図-4 応力比・軸ひずみ関係の計算値と実測値との比較

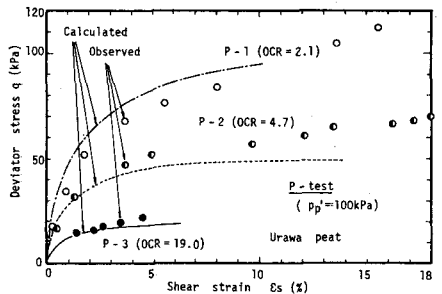


図-5 軸差応力・せん断ひずみ関係の実測値と計算値との比較

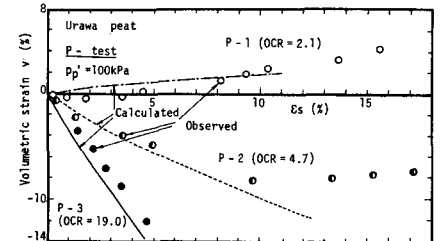


図-6 体積ひずみ・せん断ひずみ関係