

自然堆積粘土供試体の三軸圧縮・伸張試験の水～土連成解析

名古屋大学 （正）浅岡顕、野田利弘、○山田英司
岐阜市 清水剛

1 はじめに

自然堆積粘土は構造、過圧密、異方性を顕著に有する。本報告では土骨格の構成式にこれら三つの概念とそれらの発展則を考慮した回転硬化概念を有する上・下負荷面修正カムクレイモデル¹⁾を用いて、側圧一定非排水の自然堆積粘土の三軸圧縮・伸張試験の水～土連成シミュレーション²⁾を実施した。

2 解析条件

図1に、円筒供試体の有限要素メッシュと境界条件を示す。ここでは円筒供試体の上下・軸対称性を考慮して、1/4断面を解析対象とする。上端は端面摩擦のある剛なペDESTALを仮定し、境界は非排水とした。圧縮試験、伸張試験ともにひずみ制御で行い、軸ひずみ速度 $\dot{\epsilon}_a = 6.0 \times 10^{-3}\%$ /min で軸ひずみ $\epsilon_a = 25\%$ までせん断した。表1に自然堆積粘土の材料定数を示す。典型的な粘土のパ

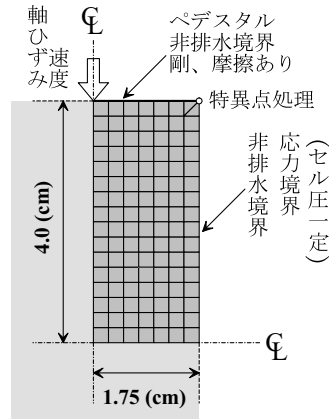


図1 三軸供試体

表1 粘土の材料定数

<弾塑性パラメータ>	
圧縮指数 λ	0.131
膨潤指数 κ	0.040
限界状態定数 M	1.13
N.C.L.の切片 N	1.974
($p' = 98\text{kPa}$ の時の比体積)	
ポアソン比 ν	0.4
<発展則パラメータ>	
正規圧密土化指数 m	0.88
構造劣化指数 a	0.31
構造劣化指数 b	1.0
構造劣化指数 c	1.0
回転硬化指数 b_r	8.8×10^{-5}
回転硬化限界定数 m_b	1.0
透水係数 $k(\text{cm/sec})$	3.7×10^{-8}

表2 初期値

	Type A	Type B	Type C	Type D
圧密応力 $p'_0(\text{kPa})$	490.0	294.0	303.0	303.0
比体積 v_0	1.97	1.97	1.97	1.93
過圧密比 $1/R_0$	1.0	1.0	2.0	2.0
構造の程度 $1/R_0^*$	10.0	1.0	10.0	10.0
異方性 $\zeta_0 = \sqrt{3/2} \ \beta_0\ $	0.0	0.0	0.11	0.75

ラメータとして、塑性変形の進展に伴う過圧密の解消（正規圧密土化）が構造の劣化より速く³⁾、また異方性の発展・消滅はほとんど生じないような値を設定した。解析は弾塑性パラメータ、発展則パラメータは全て同じで、初期値のみが異なる四種類の供試体について行った（表2）。

3 解析結果

(1) 構造の程度がせん断挙動に及ぼす影響

解析結果を断面補正を行って「要素試験」として整理した「見かけの挙動」が図2である。初期比体積 v_0 が同じ Type A（乱さない自然堆積粘土）と Type B（乱した正規圧密粘土）の軸差応力 $q \sim$ 軸ひずみ ϵ_a 関係から、本報告で設定したパラメータおよび初期値では Type A の鋭敏比は3程度であることが分かる。初期異方性がない

圧縮「強度」と伸張「強度」を比較すると、Type A も Type B も強度差はほとんど生じていないが、構造が発達している場合（Type A）見かけの応力経路は伸張試験では圧縮試験と異なり限界状態線に達しない。端面摩擦がなく均質一様に変形する場合（Type A'）の伸張試験では限界状態線に達していることから、形状変化（図3(a)(b)）が影響していると考えられる。また、Type A の伸張試験と圧縮試験での構造の程度 $1/R^*$ の推移（図

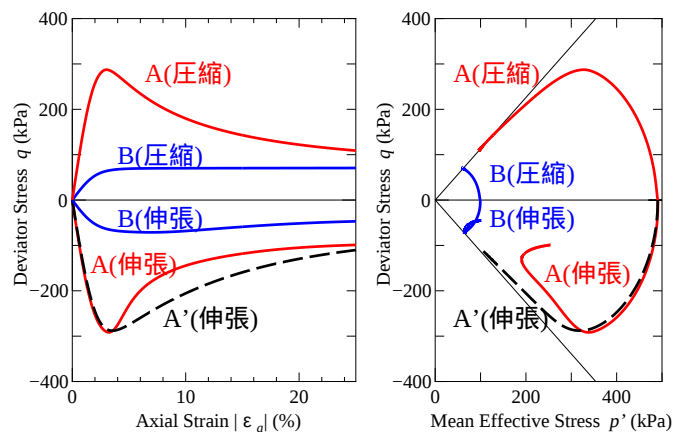


図2 三軸圧縮・伸張試験の結果

(初期異方性がない場合)

キーワード 自然堆積粘土、三軸圧縮・伸張、構造、過圧密、異方性

〒464-8603 名古屋市千種区不老町 名古屋大学工学研究科地圏環境工学専攻 TEL 052-789-3834

3(b)(c)を比べると、圧縮試験では軸ひずみ $\varepsilon_a = 5\%$ 付近から局所的に構造が劣化しているが、伸張試験では全体的に変化していることが分かる。

(2) 初期異方性がせん断挙動に及ぼす影響

同程度の初期構造、初期過圧密比を有し、圧縮側への初期異方性の発達の程度が異なる Type C と Type D の三軸圧縮・伸張試験を (1) と同様に整理した結果が図4である。圧縮側への初期異方性の発達程度が大きくなると、圧縮強度は大きくなり、伸張強度は小さくなる。図5に Type C と Type D の圧縮試験における過圧密比 $1/R$ の推移を示す。軸ひずみ $\varepsilon_a = 5\%$ までを比較すると、初期異方性の発達程度が小さい Type C ($\zeta_0 = 0.11$) ではほぼ均質に正規圧密土化が進んでいるが、初期異方性の発達程度が大きい Type D ($\zeta_0 = 0.75$) では、せん断初期に供試体内の広い範囲で除荷が生じて過圧密比が一旦大きくなり、その後の塑性変形の進展に伴い過圧密比が解消していることが分かる。そのために、初期過圧密比が比較的小さくても ($1/R_0 = 2.0$) 初期異方性の発達程度が大きい場合には、初期に過圧密が発達した場合に見られる「巻き返し」挙動を示す。

4 おわりに

初期に有する構造、過圧密、異方性の発達程度が大きいと、圧縮側と伸張側のせん断挙動は供試体の形状変化の影響も受けながら大きく異なることが分かった。

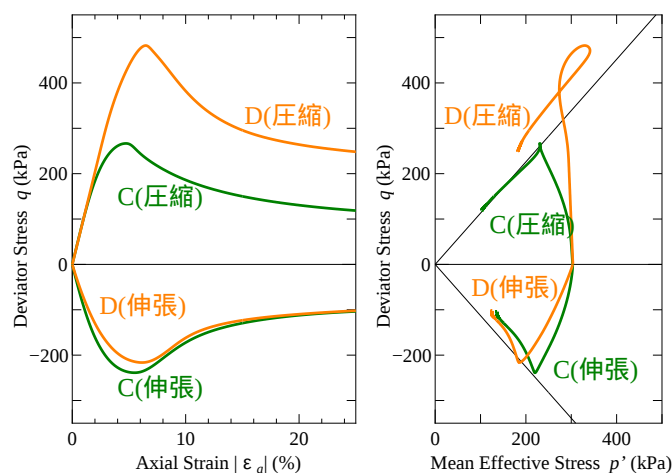


図4 三軸圧縮・伸張試験結果
(初期異方性がある場合)

参考文献

- 1) Asaoka et al.(2002): An elasto-plastic description of two distinct volume change mechanisms of soils, S & F (投稿中).
- 2) Asaoka et al.(1994): Soil-water coupled behaviour of saturated clay near/at critical state, S & F, Vol.34, No.1, pp.91-106.
- 3) Asaoka et al.(2001): An elasto-plastic description of the difference between sand and clay, Proc. 10th Int. Conf. IACMAG, Vol.1, Tucson, Arizona, U.S.A., pp.263-270.

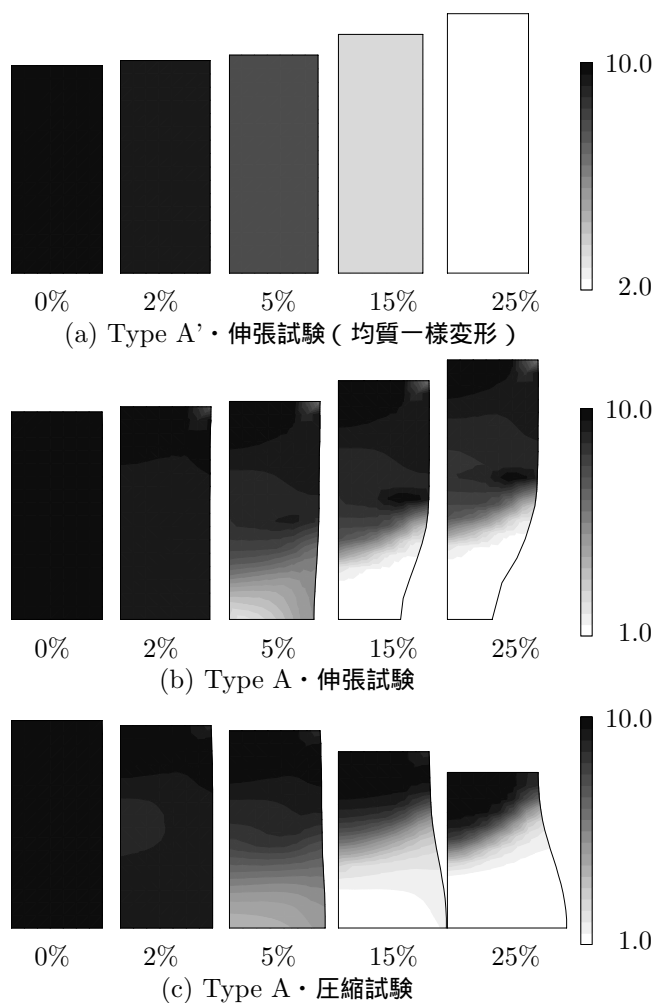


図3 構造の程度 ($1/R^*$) の推移
(初期異方性がない場合)

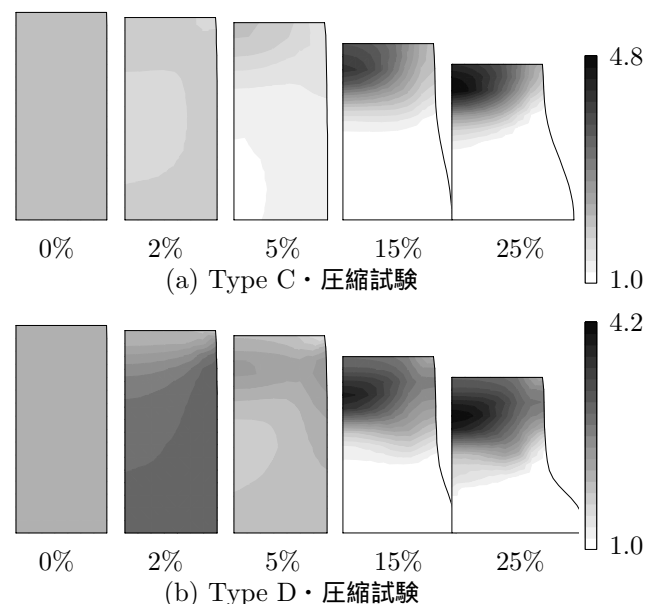


図5 過圧密比 ($1/R$) の推移
(初期異方性がある場合)