

論文賞

A simple elastoplastic model for normally and over consolidated soils with unified material parameters

〔 唯一的な材料パラメーターを用いる正規
および過圧密土の簡単な弾塑性モデル 〕

Soils and Foundations, Vol. 44, No. 2, 53-70, 2004.



中井照夫



檜尾正也

(名古屋工業大学)

(目的)

- 精緻（複雑ではない）で簡単な実務で使える（数値解析で安定な）構成モデルの開発。
- 正規圧密粘土から過圧密粘土まで、緩い砂から密な砂までを唯一的（同じ材料パラメーターを使って）説明できる構成モデルの開発。

提案モデル(subloading t_{ij} model)の特徴

- 変形・強度特性におよぼす中間主応力の影響
修正応力 t_{ij} の概念を使うことにより自動的に考慮
- 塑性ひずみ増分方向におよぼす応力増分方向の影響
塑性ひずみ増分を二つに分けることにより考慮
- 変形・強度特性におよぼす密度・拘束応力の影響
下負荷面の考え方を導入にして考慮
- 材料によって唯一的に決められる材料パラメーター
Cam clayの材料パラメーター+1

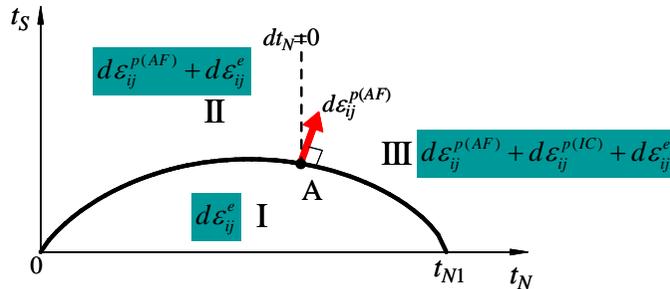


Figure 2. 3種類の応力増分とその時の応力の変化する領域

Table 1. 通常概念と t_{ij} 概念における応力、降伏関数、流れ則の比較

	Ordinary Concept	t_{ij} concept
Reference plane	δ_{ij} (unit tensor)	a_{ij} (tensor normal to SMP)
Stress tensor	σ_{ij}	$t_{ij} = a_{ik} \sigma_{kj}$
Mean stress	$p = \sigma_{ij} \delta_{ij} / 3$	$t_N = t_{ij} a_{ij}$
Deviatoric stress tensor	$s_{ij} = \sigma_{ij} - p \delta_{ij}$	$t'_{ij} = t_{ij} - t_N a_{ij}$
Deviatoric stress	$q = \sqrt{(3/2) s_{ij} s_{ij}}$	$t_s = \sqrt{t'_{ij} t'_{ij}}$
Stress ratio	$\eta = q/p$	$X = t_s / t_N$
Yield function	$f = f(p, \eta, \epsilon_v^p)$ $= \ln p + \frac{\eta}{M} - \ln p_1 = 0$	$f = f(t_N, X, \epsilon_v^p)$ $= \ln t_N + \frac{1}{\beta} \left(\frac{X}{M^*} \right)^\beta - \ln t_{N1} = 0$
Flow rule	$d\epsilon_{ij}^p = \Lambda \frac{\partial f}{\partial \sigma_{ij}}$	$d\epsilon_{ij}^p = \Lambda \frac{\partial f}{\partial t_{ij}}$

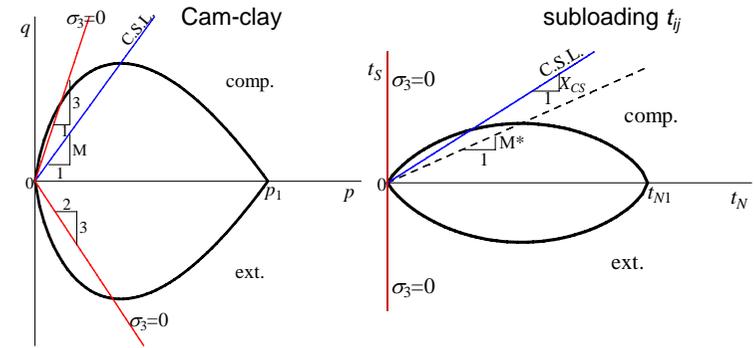


Figure 1. Cam-clayおよび提案モデルの降伏曲面の形状と $\sigma_3=0$ の線

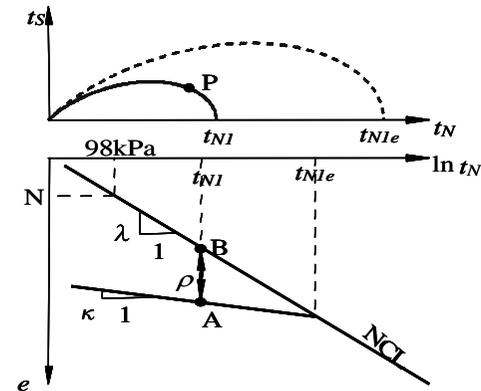


Figure 3. 下負荷面と正規降伏曲面ならびに密度を表すパラメーター ρ の定義

Table 2. 藤の森粘土の材料パラメーターとその意味

$C_t = \lambda / (1 + e_0)$	5.08×10^{-2}	Cam-clayと同じ材料パラメーター
$C_e = \kappa / (1 + e_0)$	1.12×10^{-2}	
$N = e_{NC}$ at $p = 98 \text{ kPa}$	0.83	
$R_{CS} = (\sigma_1 / \sigma_3)_{CS}$	3.5	
v_e	0.2	
β	1.5	降伏関数の形を決める ($\beta = 1$ の時original Cam-clayと同じ)
a	500	密度・拘束応力の影響を考慮

実測値によるモデルの検証

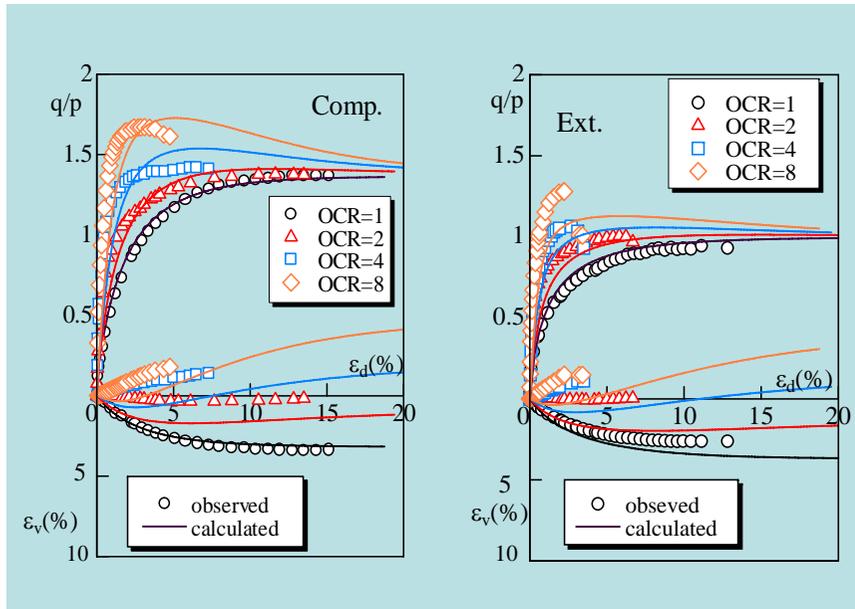


Figure 4. 正規および過圧密粘土の三軸圧縮および伸張試験 (p=const.)

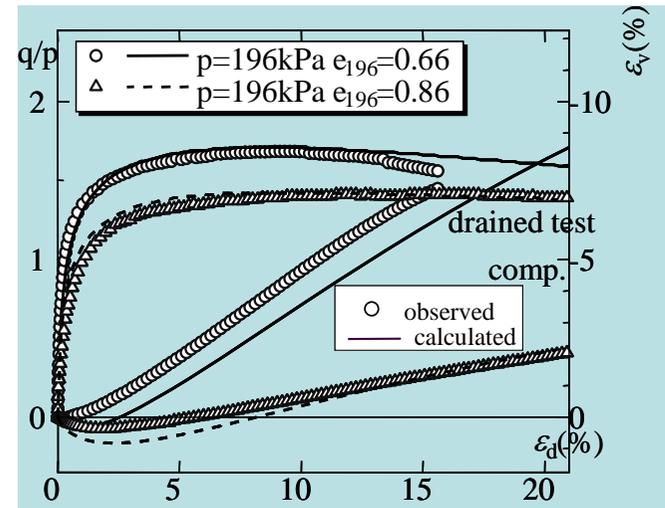


Figure 5. 密度の異なる豊浦砂の三軸圧縮試験

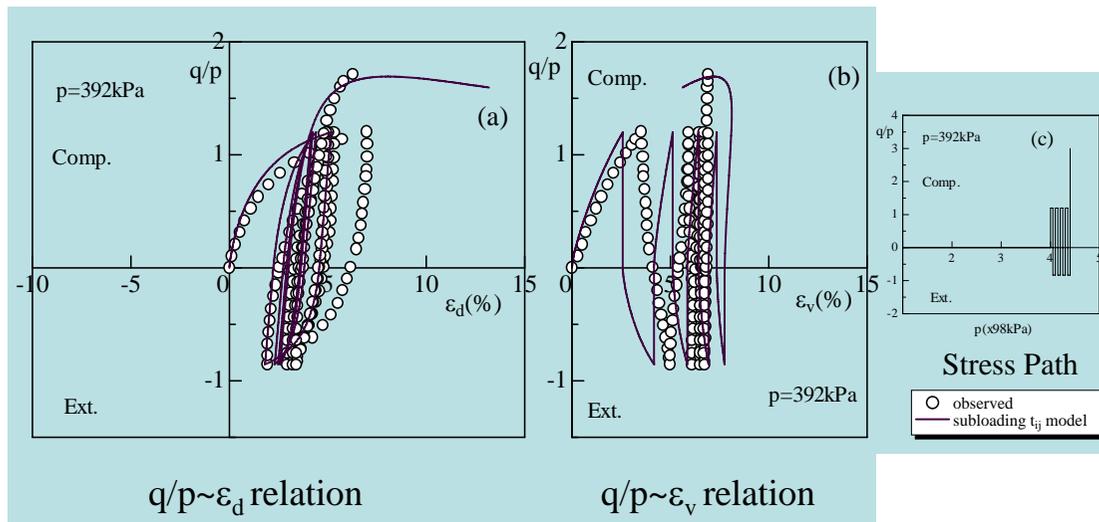


Figure 6. 正規圧密粘土の三軸圧縮・伸張両振り繰返し試験

まとめ

・モデルの要素レベルでの適用性は粘土、砂の三軸試験、三主応力制御試験、平面ひずみ試験および中空ねじり試験で検証している。

・モデルは地盤の掘削問題（トンネル、山留め）、支持力問題（フーチング、パイルドラフト、補強型基礎）、地盤改良問題、変形の局所化問題に適用され、モデル実験等との比較もなされており、実際問題への適用性についても確かめている。