

III-187

複合硬化モデルの異方圧密粘土への適用

熊本大学

正員 平井弘義

基礎地盤コンサルタンツ

正員 亀井健史

1. はじめに

異方圧密された粘土に関する構成モデルを平井は既往の実験データを用いて検討してきている。今回、亀井によって得られた過圧密土の実験結果を用いて、複合硬化モデルの適用性を考察する。

2. 構成モデルの特徴

提案される降伏関数 f と塑性ポテンシャル g は以下の形が用いられる。(図1)

$$f = \bar{J}_2 / r(\bar{\theta})^2 + m \bar{I}_1^2 + k_1 \bar{I}_1 = 0 \quad (1)$$

$$g = J_2^{1/2} / (R(\hat{\theta}) \hat{I}_1) - \eta \ln(\hat{I}_1 / h) = 0 \quad (2)$$

ここに、不変量は次のように定義される。

$$\begin{aligned} \bar{I}_1 &= \bar{\sigma}_{kk} \\ \bar{J}_2 &= \bar{s}_{ij} \bar{s}_{ij} / 2 \\ \bar{J}_3 &= \bar{s}_{ij} \bar{s}_{jk} \bar{s}_{ki} / 3 \\ \cos(3\bar{\theta}) &= -3 \cdot 3^{1/2} \bar{J}_3 / (2 \bar{J}_2^{3/2}) \end{aligned} \quad (3)$$

$$\bar{\sigma}_{ij} = \sigma_{ij} - \alpha_{ij} - \beta_{ij} I_1 / 3$$

$$\bar{s}_{ij} = s_{ij} - \alpha'_{ij} - \beta'_{ij} I_1 / 3$$

$$\alpha'_{ij} = \alpha_{ij} - \alpha_{kk} \delta_{ij} / 3$$

$$\beta'_{ij} = \beta_{ij} - \beta_{kk} \delta_{ij} / 3$$

α_{ij} は移動硬化パラメータ、 β_{ij} は異方圧密テンソル m 、 η は材料定数、 I_1 は応力 σ_{ij} の1次不変量、 $r(\theta)$ 、 $R(\theta)$ は θ の関数として表される。

等方硬化パラメータ k と移動硬化パラメータは次式のように仮定される。

$$k_1 = \phi \{1 + J_2^{1/2} / (\omega R(\theta) I_1)\} \left(\sigma'_{ii} e_{jj}^{(p)} / 3 + \hat{s}_{ij} e_{ij}^{(p)} \right) \quad (4)$$

$$\dot{\alpha}_{ij} = D \{1 + J_2^{1/2} / (\omega R(\theta) I_1)\} \bar{s}_{ij} \dot{e}_p \quad (5)$$

$$\dot{e}_p = (\dot{e}_{mn}^{(p)} e_{mn}^{(p)})^{1/2}$$

ここに、 ϕ 、 ω 、 D は材料定数であり、 $e_{ij}^{(p)}$ は塑性ひずみである。

以上の式を用いて、非関連流動則と適合条件を満足させる構成関係が求められる。

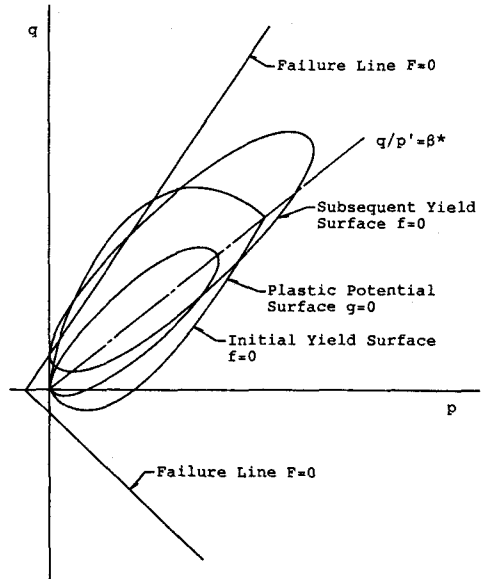


図1. 複合硬化モデルに用いられる関数形

3. モデルシミュレーション

亀井によって得られた過圧密土の実験データを複合硬化モデルを用いて予測する。図2と3は k 、圧密された後徐荷した場合の有効応力経路について、実験値と解析値を示している。図4と5は軸ひずみと軸差応力の関係について、実験値と解析値を示す。特に、OCR=1.0の場合軟化現象をモデルは表現しうることができ

参考文献

1. H. Hirai, An anisotropic hardening model for the mechanical behaviour of clay, Numerical methods in geomechanics (1), Innsbruck, 415-420, 1988.
2. T. Kamei, A study on the mechanical behaviour of normally consolidated cohesive soils, Doctor Thesis presented to the Tokyo Institute of Technology, 1985.

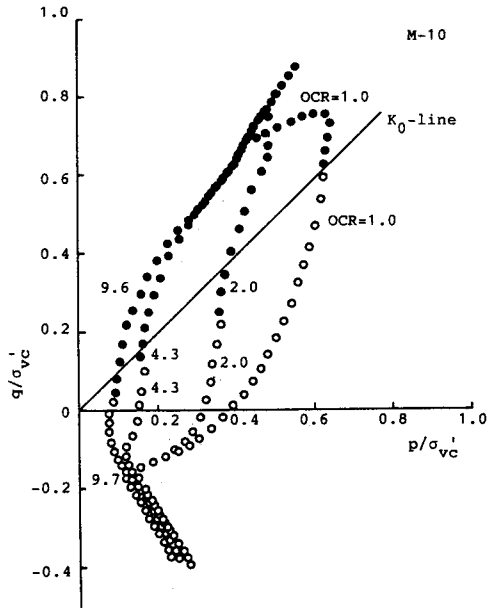


図2. 過圧密土の有効応力径路（実験結果）

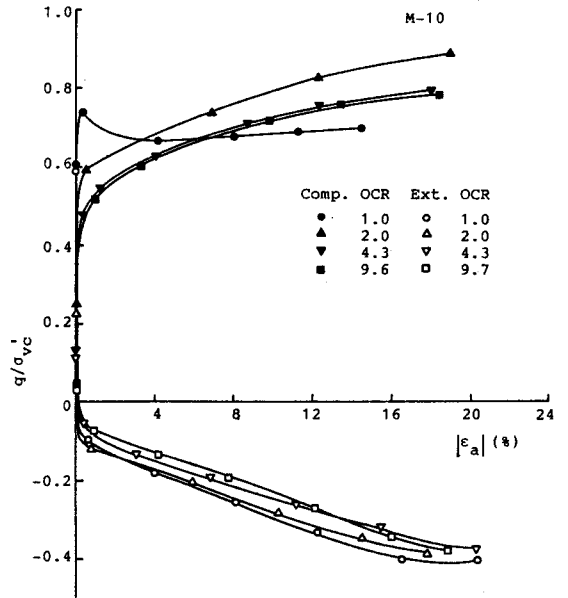


図4. 応力とひずみの関係（実験結果）

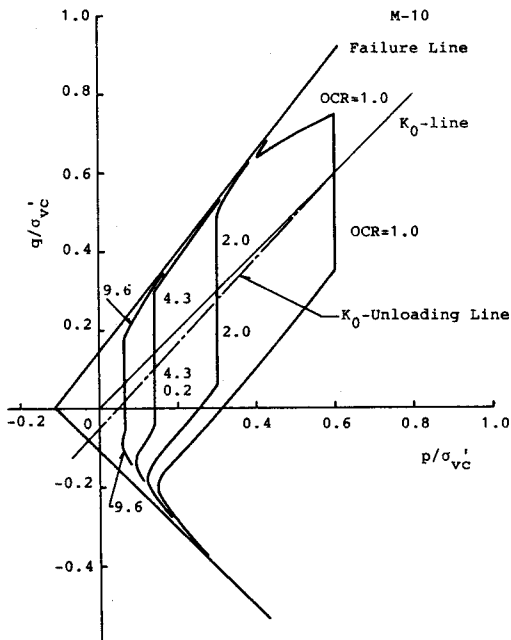


図3. 過圧密土の有効応力径路（解析結果）

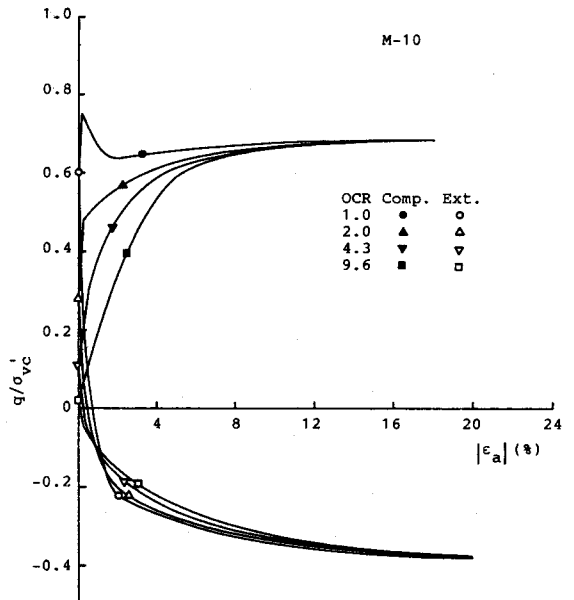


図5. 応力とひずみの関係（解析結果）