

1. まえがき

正規圧密粘土に対してはその時間依存性挙動を表現しうる構成式をすでに求めているが、過圧密粘土においても、ひずみ速度効果やワリーブなどの時間依存性挙動が報告されている。¹⁾ 本報告においては、岡らがすでに得ている、過圧密粘土に対する塑性理論による構成式を用い、Perzynaの理論を拡張して、弾粘塑性モデルを提案するものである。得られた構成式は、過圧密粘土の時間依存性挙動をよく説明することが明らかとなった。^{2), 3)}

2. 構成式の誘導

(1) 静的降伏関数として、過圧密領域では、次の(1)式とする。

$$f = \sqrt{2J_2} / \sigma'_m = K_s \quad (1)$$

$\sqrt{2J_2} = \frac{1}{2} S_{ij} \cdot S_{ij}$ (S_{ij} ; 偏差応力テンソル, σ'_m ; 平均有効主応力, K_s ; 硬化パラメーター)

ここで、過圧密領域とは次式で与えられる境界面の内側の領域をいう。つまり $f_b < 0$ の領域である。

$$f_b = \sqrt{2J_2} / \sigma'_m + M_m^* \ln \sigma'_m / \sigma'_{me} = 0 \quad (2)$$

(2) 塑性ポテンシャル f_p は、図-1に示すように式(3)で与える。

$$f_p = \sqrt{2J_2} / \sigma'_m + \tilde{M}^* \ln \sigma'_m / \sigma'_{me} = 0 \quad (3)$$

ここで、 $\tilde{M}^*$ は定数ではなく、次式で求められる。

$$\tilde{M}^* = -(\sqrt{2J_2} / \sigma'_m) / \ln (\sigma'_m / \sigma'_{me}) \quad (4)$$

(2) 式中の M_m^* は、最大圧縮点での $\sqrt{2J_2} / \sigma'_m$ の値である。 σ'_{me} は圧密圧力である。

(3) 粘塑性ひずみ速度テンソル $\dot{\epsilon}_{ij}^{vp}$ は次式で求める。

$$\dot{\epsilon}_{ij}^{vp} = \langle \Phi_{ijkl}(F) \rangle \frac{\partial f_p}{\partial \sigma'_{kl}} \quad (5)$$

$$\langle \Phi_{ijkl}(F) \rangle = 0 \quad (F \leq 0), \quad = \Phi_{ijkl}(F) \quad (F > 0)$$

ここで、 $\Phi_{ijkl}(F) = C_{ijkl} \cdot \Phi'(F)$ (6)

$$C_{ijkl} = A \delta_{ij} \delta_{kl} + B (\delta_{ik} \delta_{jl} + \delta_{il} \delta_{jk}) \quad (7)$$

$$F = (f - K_s) / K_s \quad (8)$$

(4) 硬化パラメーター K_s を求めるために、次のような

硬化関数を用いる。 $\gamma^* = \frac{\sqrt{2J_2} / \sigma'_m \cdot M_f^*}{(M_f^* - \sqrt{2J_2} / \sigma'_m) \cdot G}$ (9)

$$\gamma^* = \sqrt{e_{ij}^p \cdot e_{ij}^p} \quad (10)$$

e_{ij}^p ; 塑性偏差ひずみテンソル, M_f^* は破壊時の $\sqrt{2J_2} / \sigma'_m$ の値, G は $\gamma^* \sim \sqrt{2J_2} / \sigma'_m$ 曲線の初期勾配である。

(9) 式により、 γ^* に対する $\sqrt{2J_2} / \sigma'_m$ の値が決まるから、 K_s を求めることができる。

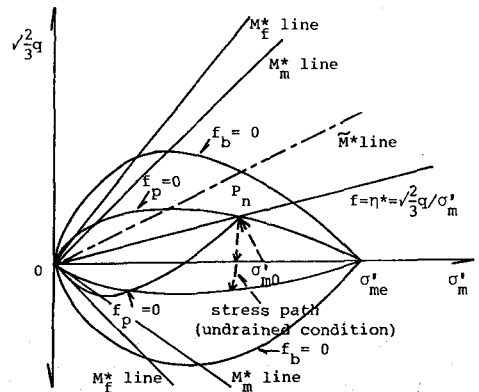


Fig.1

3. 三軸試験時における構成式の具体的な形

三軸せん断（非排水時）においては、 $\dot{\epsilon}_{ij}^{vp} = \frac{C_1 \Phi'(F)}{\sigma_m'} \frac{S_{ij}}{\sqrt{2J_2}}$, $C_1 = 2B$ (11)

よって、 $\Delta \epsilon_{22}^{vp} = \Delta \epsilon_{33}^{vp} = -\frac{1}{2} \Delta \epsilon_{11}^{vp}$

また、 $\gamma^* = \sqrt{e_{ij}^p e_{ij}^p}$ だから、 e_{ij}^{vp} の初期値を0とすると、 $\gamma^* = \sqrt{\frac{3}{2}} |e_{11}^{vp}|$ (12)

(9)式より、三軸状態では、 $(q/p)_s = K_s = \frac{M_f G' \frac{3}{2} |e_{11}^{vp}|}{M_f + G' \frac{3}{2} |e_{11}^{vp}|}$, $(M_f = \sqrt{\frac{3}{2}} M_f^*, q = \sigma_1' - \sigma_3', P = \sigma_m')$ (13)

$\Phi'(F)$ の具体的な形としては、 $\Phi'(F)/\sigma_m' = \exp[m'((q/p) - (q/p)_s)]$ (14) とする。

さらに、 $C_2 = A + \frac{2}{3}B$ として、 $\dot{\epsilon}_{kk}^{vp} = C_2 \cdot \exp[m'((q/p) - (q/p)_s)] \{ \tilde{M} - q/p \} \sqrt{\frac{2}{3}}$ (15)

ただし、 $\tilde{M} = \sqrt{\frac{3}{2}} \tilde{M}^*$ である。弾性ひずみ速度テンソルは $\dot{\epsilon}_{ij}^e = \frac{1}{2G} \dot{S}_{ij} + \frac{K}{1+e} \frac{1}{\sigma_m'} \dot{\sigma}_m' \frac{1}{3} \delta_{ij}$ とした。

以下に非排水試験の結果について述べる。 (K: 膨潤指数, e: 間き比)

図-2には、赤井らによる過圧密粘土の定ひずみ速度せん断時の応力経路、応力-ひずみ関係が示されている。また、図-3は計算結果である。図より、誘導された構成式は応力経路、及び応力-ひずみ関係に対するひずみ速度効果をよく説明していることがわかる。計算に用いたパラメータの値は、 $K=0.06$, $M_f=0.9$, $G'=240$, $\sigma_{mi}'=1.5 \text{ kgf/cm}^2$, E (ヤング率) $=250 \text{ kgf/cm}^2$, $e_o=0.75$, $m'=2.7$, $C_1=8 \times 10^{-7} \text{ 1/sec}$, $C_2=8 \times 10^{-8} \text{ 1/sec}$, $OCR=20$ である。

4. 謝 辞 本研究は足立紀尚（京都大学助教授）との共同研究の一部であり、足立先生に感謝するとともに、日頃御指導いただいている岐阜大学 宇野尚雄先生に謝意を表わします。

5. 参考文献 1)岡・足立(1979), 第34回土木学会年講Ⅲ-76, PP.138~139. 2)赤井・足立・田中

池田(1974), 第10回土質工学研究発表会講演集63 PP.241~

244. 3)網干・岩佐(1979), 第14回土質工学研究発表会講演集 117 PP.465~468

4)岡・鷲巣(1980), 第15回土質工学研究発表会講演集 120 PP.477~480.

