

III-172

過圧密粘土の応力～ひずみ関係

東海大学 工学部 正会員 ○赤石 勝
金沢工業大学 正会員 外崎 明
東海大学 大学院 間ヶ部 健夫

1. まえがき

応力状態が降伏面内にある過圧密粘土の応力～ひずみ関係は、弾性体と仮定されることが多い。しかし、そのような過圧密粘土においてもせん断初期から無視しえない塑性ひずみの発生することが実験的に明らかにされている。¹⁾

本報告は、Dry側で過圧密状態にある飽和粘土の三軸 $\bar{C}$ 試験結果から応力～ひずみ関係と弾性挙動について考察し、簡単な弾塑性構成式を誘導したものである。

2. 試料および実験方法

実験に用いた試料は千葉県柏市内で採取した沖積粘土であり試料の物理的および力学的性質は、表2.1に示す通りである。

表2.1 試料の物理的および力学的性質

G_s	W_L (%)	I_p (%)	Grading (%)			C_c	C_s	ϕ'_u	C'_u	ϕ'_s	e_v (注)
			clay	silt	sand						
2.669	103.0	53.0	60	35	5	0.601	0.078	38.0	0	15.2	2.03

注) $P'_0 = 1 \text{ kgf/cm}^2$ の間隙比

W_L 以上の含水比で練り返した試料を中型三軸室（直径15cm）にセットし、1.5 kgf/cm²で等方圧密した粘土塊から直径5cm、高さ12.5cmの供試体を採取した。成形した供試体を再び三軸室にセットし所定の等方圧密圧力（0.750、0.375、0.250、0.150 kgf/cm²）で2日間圧密した過圧密供試体に対し荷重速度0.1/10 kgf/cm²/minで応力制御法により三軸 $\bar{C}$ 試験を行った。

3. 実験結果と考察

図-3.1は三軸 $\bar{C}$ 試験結果より偏差応力～軸ひずみ関係と有効応力経路を示したものである。応力制御法によるせん断試験のためか軸ひずみが増加しても偏差応力の低下は認められない。

また、有効応力比 η （ $=q/p'$ ）が限界有効応力比 M （CSLの勾配）をこえると過圧密比OCR4以上の供試体には顕著な正のダイレイタンスの発生が観察される。

図-3.2は割線弾性係数 E と η の関係を示したものである。 η の増加とともに E は減少するが $\eta \sim M$ 前後で減少割合が急増している。このような試験結果より $\eta \sim M$ 程度までは過圧密粘土を弾性体として取り扱う可能性があると考えられる。

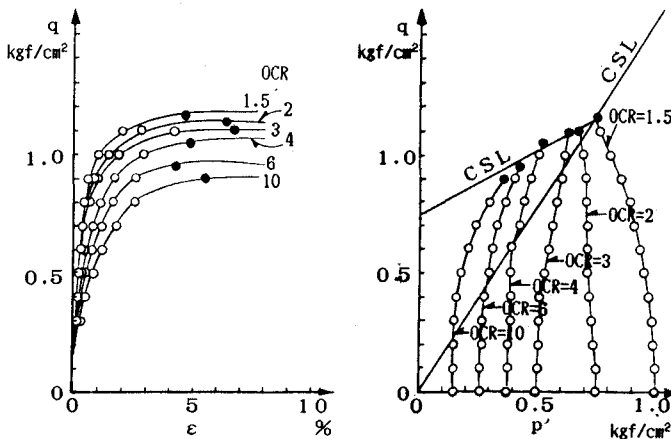


図-3.1 三軸 $\bar{C}$ 試験結果

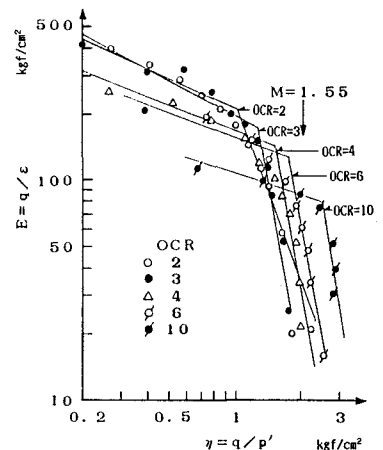


図-3.2 $E \sim \eta$ 関係図

4. 応力～ひずみ関係

試験結果と足立らの研究¹⁾を参考にしてOCRの大きな供試体のせん断においてもカムクレイモデルで考えられているような降伏面の縮小に伴うひずみ軟化を示さない応力～ひずみ関係を誘導する。

図-3.3のA点で過圧密状態にある供試体の三軸CUにおいて有効応力が斜線部にあれば等方弾性体として挙動すると考える。 η がB点でMを越えると塑性ひずみが生じDry側は次式で表される楕円とする。

$$F = q^2 + p_c'^2 + M^2 \left[(p' - p_c')^2 / (p_c' - p_x')^2 - 1 \right] \quad (3.1)$$

塑性ポテンシャルQの方程式は塑性域で正のダイレイタンスーを示すよう次式で表されるものとする。

$$Q = -p' \sin \psi + \frac{1}{6} (3 - \sin \psi) q - c' \cos \psi \quad (3.2)$$

$\eta = M$ でQはDry側の限界状態線CSLに平行、すなわち $\psi = \phi'_0$ （過圧密領域のせん断抵抗角）であり、有効応力がCSLに到達すると ψ はゼロに減少すると仮定し、 ψ を次式で表す。

$$\psi = \frac{\phi'_0}{1 + \varepsilon \cdot 100} \quad (3.3) \quad \text{ここに } \varepsilon \text{ は偏差ひずみである。}$$

非関連流動則を用いて増分形の応力～ひずみ関係は次のように誘導される。

$$\begin{Bmatrix} \delta v \\ \delta \varepsilon \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} C_{11} & C_{12} \\ C_{21} & C_{22} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \delta p' \\ \delta q \end{Bmatrix} \quad (3.4) \quad \text{ここに、} \delta v \text{ は体積ひずみ増分である。}$$

$$\text{また、} C_{11} = \frac{1}{H} \frac{\partial F}{\partial p'} \frac{\partial Q}{\partial p'} + \frac{1}{K}, \quad H = \frac{\partial F}{\partial v} \frac{\partial Q}{\partial v}, \quad K = \frac{1+e}{\kappa} p', \quad C_{12} \text{ 以下略}$$

式(3.4)を用いて図3.1に示したような過圧密粘土の三軸CU試験における応力～ひずみ関係と有効応力経路を計算した結果が図-3.4である。計算に用いた表2.1に示した定数以外の定数は図中に示した。図-3.1と図-3.4の比較から計算結果が実験結果にほぼ類似していることが観察される。

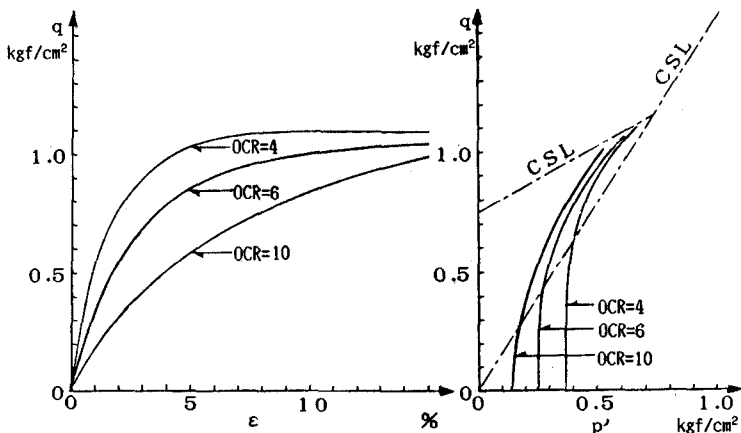


図-3.4 計算結果

5. むすび

過圧密粘土の応力～ひずみ関係の計算に用いる定数を可能な限り少なくした簡単なモデルを目標にしている。今後はWe t側の過圧密粘土の挙動やDry側の限界状態線を図3.2に示すように設定するための実験的検証など残されている問題点を検討したい。

参考文献

- 1) 足立納尚, 西好一, "過圧密粘土の構成式" 京大防災研究所年報 第19号B S51.4 p.1~13