

自然粘土のせん断特性と構成式について

岐阜大学	正会員	岡二三生
(財)大阪土質試験所	正会員	橋本 正
岐阜大学大学院	学生会員	○長屋淳一
岐阜大学大学院	学生会員	杉山英夫

1. はじめに

鋭敏性の高い沖積粘土地盤では、土木工事に伴う地盤変形が問題になることが多い。この外乱に対して脆弱な鋭敏性粘土の変形を明らかにすることは、土構造物の建設に際して重要である。そこで本研究では、東大阪に分布する鋭敏性粘土に対し、非排水状態で三軸圧縮試験を行い実験結果を基に応力経路及び、変形特性について考察する。また、岡¹⁾が提案している弾粘塑性構成式のパラメーターを決定し、東大阪粘土に対して弾粘塑性構成式を適用し、解析することによって実地盤での適用性を検討する。

2. 実験方法

実験に用いた試料は、東大阪市の深さ8mより採取した不攪乱粘土で、微細な貝片や砂が混ざっていた。試料の物理特性を表-1に示す。鋭敏性は約1.5、自然含水比は65～73%で液性限界に近い状態であった。また、三軸圧密試験より先行圧密荷重 $P_c = 0.95 \text{ (kgf/cm}^2\text{)}$ 、圧密指数 0.355、膨潤指数 0.047と求まった。トリマーで直径5cm、高さ10cmの円柱供試体に形成し、圧密圧力 0.4、0.8 (kgf/cm²)で圧密した後、各々に対してひずみ変化速度 6.0×10^{-3} 、 6.2×10^{-4} (%/min)で非排水せん断試験を行った。図-1に軸差応力-ひずみ関係図、図-2に有効応力経路図を示す。0.4、0.8 (kgf/cm²)の圧密試料ともに、ピーク応力に達した後ひずみの増加にともなって応力が減少するひずみ軟化傾向を示している。また、ピーク強度は、急速荷重の方が大きな値を示し、ひずみ速度効果がみられる。

3. 弾粘塑性構成式による解析¹⁾²⁾

本解析では、Perzyna³⁾の超過応力型の弾粘塑性構成式を基礎に、ひずみ速度効果と加速クリープ破壊の両方を表現できる弾粘塑性構成式を用いた。一般応力状態で式を書き下すと、以下のようになる。

$$\dot{\epsilon}_{ij} = \frac{\dot{s}_{ij}}{2G} + \frac{\kappa}{(1+e)} \frac{\dot{\sigma}_m'}{\sigma_m'} \frac{1}{3} \delta_{ij} + C_1 \frac{\Phi_2 \langle \Phi(F) \rangle}{\sigma_m'} \frac{\eta^{*(ij)} - \eta^{*(ij)(n)}}{\bar{\eta}^*} + C_2 \frac{\Phi_2 \langle \Phi(F) \rangle}{\sigma_m'} \left(M^* - \frac{\eta^{*kl} - \eta^{*kl(n)}}{\bar{\eta}^*} \frac{S_{kl}}{\sigma_m'} \right) \frac{1}{3} \delta_{ij} \quad (1)$$

$$\Phi(F) = \exp(m_0' (\eta^* - \eta^{*(s)})), \quad \eta^{*(ij)} = s_{ij} / \sigma_m', \quad \bar{\eta}^* = \{ (\eta^{*(ij)} - \eta^{*(ij)(n)}) (\eta^{*(ij)} - \eta^{*(ij)(n)}) \}^{1/2}$$

$$\eta^* = (s_{ij} s_{ij} / \sigma_m'^2)^{1/2}, \quad \eta^{*(s)}: \text{静的な状態での} \eta^* \text{の値}$$

ここに、 ϵ_{ij} : ひずみ速度テンソル、 s_{ij} : 偏差応力テンソル、 G : せん断弾性係数、 σ_m' : 平均有効応力、 m_0' , C_1 , C_2 : 粘塑性を表す材料定数、 κ : 膨潤指数、 Φ_2 : 第二材料関数、 $\langle \rangle$: $\langle A \rangle = 0$ if $A \leq 0$, $\langle A \rangle = A$ if $A > 0$ 。第二材料関数は $\Phi_2(\xi)$ は、破壊基準を満足したときに無限大となる関数で(2)、(3)式で表される。

$$\Phi_2(\xi) = 1 + \xi \quad (2)$$

$$\xi = \frac{\eta^{*(n)} \eta^{*(t)}}{G_1 (\eta^{*(t)} - \eta^{*(n)})} \quad (3)$$

解析結果の詳しい考察は当日発表する。

4. 参考文献

- 1) F. Oka(1982): Int. Symp. on Numerical models in Geomechanics, pp147-156.
- 2) 大野康年: 自然粘土の変形特性と弾粘塑性構成式、岐阜大学大学院修士論文、1988, 3月.
- 3) Perzyna, P. Proc. of Vibrational Problems, Warsaw, Vol. 4, No. 3, pp. 281-290, 1963.

表-1. 東大阪粘土の物理特性

比重	2.703
液性限界	69.2%
塑性限界	27.3%
塑性指数	41.9%

表-2. 三軸圧縮試験における試験条件

	圧密圧力 (kgf/cm ²)	初期割断比 e_0	ひずみ変化速度 (%/min)
TS5-1	0.8	1.930	6.0×10^{-4}
TS5-2	0.8	1.898	6.2×10^{-3}
TS5-3	0.4	1.760	6.2×10^{-3}
TS5-4	0.4	1.787	6.0×10^{-4}

表-3. 解析用パラメータ

先行圧密圧力 σ_{∞}	0.951 (kgf/cm ²)	G	80 (kgf/cm ²)
ヤング係数 E	240 (kgf/cm ²)	G ₁	500
圧密指数 λ	0.355	ma	12.8
膨潤指数 κ	0.0477	C ₁	1.5×10^{-8} (1/sec)
破壊線の傾き M_r	1.45	C ₂	9.0×10^{-8} (1/sec)
限界状態線の傾き M_a	1.45		

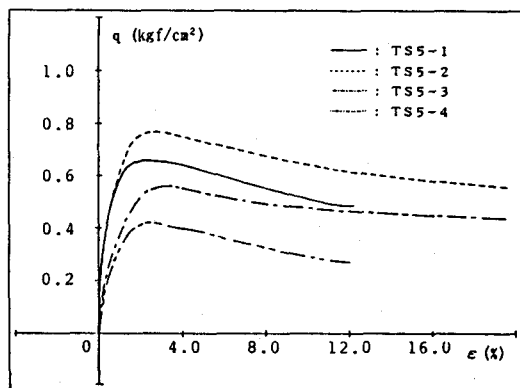


図-1. 軸差応力-ひずみ関係

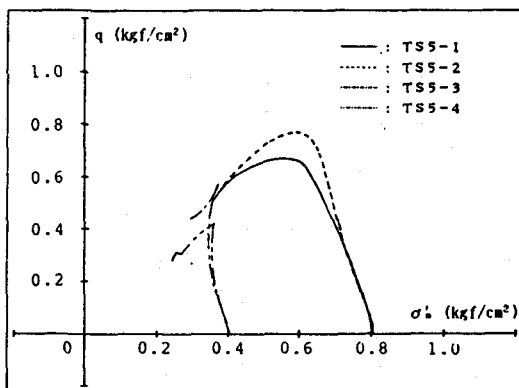


図-2. 有効応力経路図

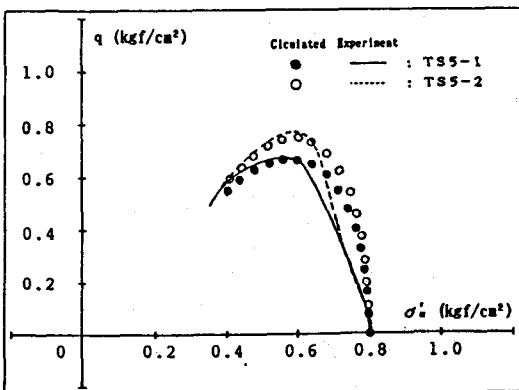
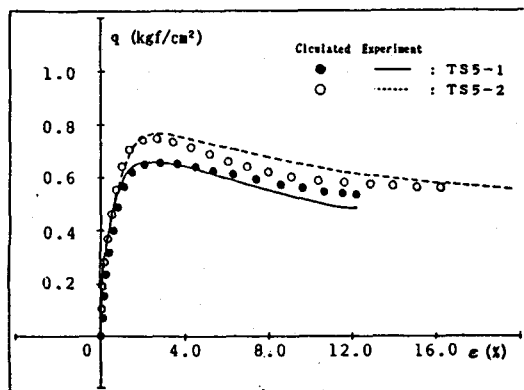


図-3. TS5-1, TS5-2の解析結果