

PSIII-2 自然粘土の変形特性と弾粘塑性構成式

岐阜大学 正会員 ○岡二三生
東亜建設工業(株) 正会員 大野康年
岐阜大学 学生員 長屋淳一 杉山英夫

1. はじめに 自然粘土の変形特性を明らかにするため大阪堺東北港(-30m)の沖積層から採取した不攪乱粘土に対し、空圧制御の三軸試験装置を用いて非排水せん断試験、異方圧密試験および非排水繰返し載荷試験を各種の条件下で行った。実験結果をもとに応力経路および変形特性について考察し、大阪堺東北港粘土の過圧密境界面を明らかにする。また、岡¹⁾が提案した弾粘塑性構成式を大阪堺東北港粘土に適用し、解析結果と実験結果を比較することによって弾粘塑性構成式の実地盤への適用性を検討する。

2. 圧密非排水せん断試験 試料は大阪堺東北港粘土をトリマーで直径5cm 高さ10cmの円柱供試体に形成したものを用いた。試料の物理特性は、比重2.665、液性限界104.0%、塑性限界40.0%、塑性指数64.0%である。実験は非排水状態で行ない、ひずみ速度が $5.88 \times 10^{-4} \%$ /minと $2.85 \times 10^{-3} \%$ /minの約5倍違う2種類で行い各々に対して等方圧密状態および異方圧密状態からせん断を行なった。ここでは実験の一部であるNS3-3とNS3-5の試験条件を表-1に示し、NS3-3およびNS3-5の有効応力経路図と応力～ひずみ関係図を図-1に示す。急速試験であるNS3-3と緩速試験のNS3-5を比較するとNS3-3の方が大きな強度を示しており、ひずみ速度効果があることがわかる。

3. 過圧密境界面 過圧密境界面は応力空間内の曲面であって現象的には境界面内でひずみの発生量が少なく境界面の外ではひずみの発生量が多くなることで示される。Tavenas²⁾らによって限界状態曲面(Limit State Surface)と呼ばれてきた。本研究では大阪堺東北港粘土の過圧密境界面を明らかにするため、非排水せん断試験と異方圧密試験を行い、その結果より図-2に示す大阪堺東北港粘土の過圧密境界面が求められたこの形は、Tavenasら²⁾や土田³⁾らによる結果と類似のものである。

4. 構成式と解析結果 過圧密境界面内での構成式としては岡¹⁾による超過応力型の弾粘塑性構成式を用いた。解析に用いたパラメータは表の2に示されている。一般応力状態で式を書き下すと、以下ようになる

$$\dot{\epsilon}_{ij} = \frac{s_{ij}}{2G} + \frac{\kappa}{(1+e)} \frac{\dot{\sigma}_m}{\sigma_m} \frac{1}{3} \delta_{ij} + C_1 \frac{\langle \Phi(F) \rangle}{\dot{\sigma}_m} \frac{\eta_{ij}^* - \eta_{ij}^*(n)}{\eta^*} + C_2 \frac{\langle \Phi(F) \rangle}{\sigma_m} \left(M^* - \frac{\eta_{k1}^* - \eta_{k1}^*(n)}{\eta^*} \frac{s_{k1}}{\sigma_m} \right) \frac{1}{3} \delta_{ij} \quad (1)$$

$$\Phi(F) = \exp(m' \circ (\eta^* - \eta^{*(s)})) \Phi_2, \quad \eta_{ij}^* = s_{ij} / \sigma_m, \quad \eta^* = \{ (\eta_{k1}^* - \eta_{k1}^*(n)) (\eta_{k1}^* - \eta_{k1}^*(n)) \}^{1/2}$$

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

ここに、 $\dot{\epsilon}_{ij}$: 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
 $m' \circ, C_1, C_2$: 材料定数, κ : 膨潤指数 Φ_2 : 第二材料関数, $\langle \rangle$: $\langle A \rangle = 0$ if $A=0$, $\langle A \rangle = A$ if $A>0$.

参考文献1) F.Oka(1982): Int.Symp. on Numerical models in Geomachanica, pp.147-156. 2) Tavenas & S.Leroueil(1977): 9th ICSMFE, Vol.1, pp.319-326. 3) 土田, 菊池, 北川: 42回土木学会年講, III-74, 昭和62年

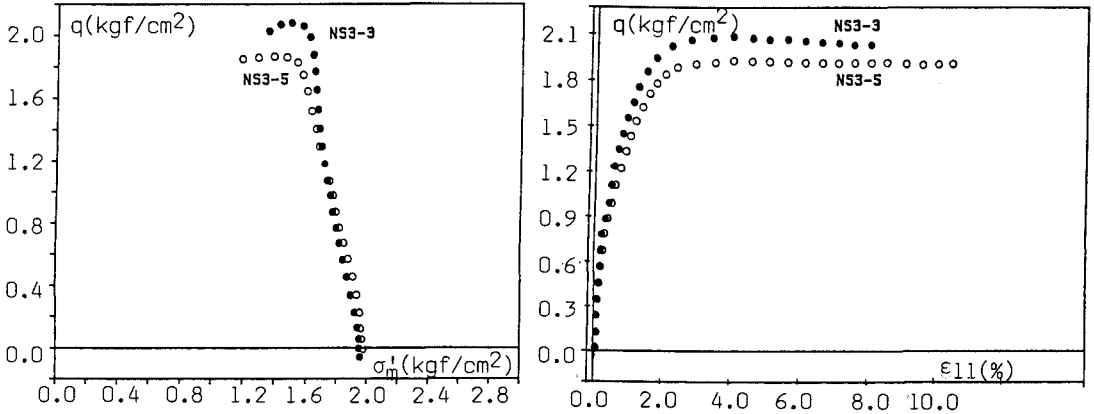


図-1. NS3-3とNS3-5の試験結果

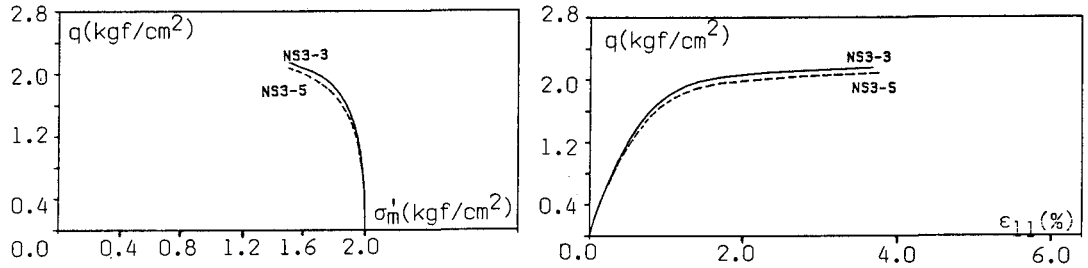


図-3. NS3-3とNS3-5の解析結果

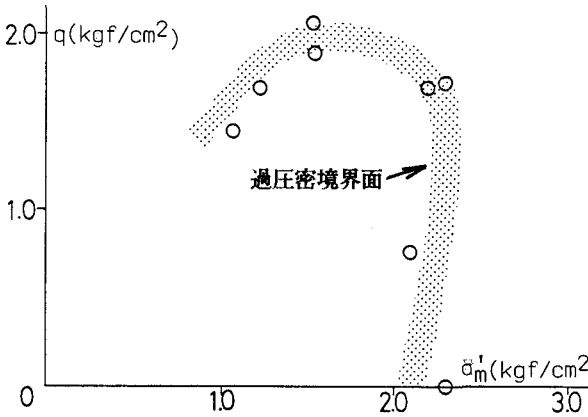


図-2. 過圧密境界面（大阪堺泉北港粘土）

表-2. 解析用パラメータ

先行圧密圧力 σ_{mb}		4. 0 kgf/cm ²
ヤング係数 E		4 0 0 kgf/cm ²
G		2 4 0
圧縮指数 λ		0. 2 3 0
膨潤指数 κ		0. 0 5 4
破壊線の傾き M^*	圧縮側	1. 5 0
	引張側	1. 2 0
限界状態の傾き M_m	圧縮側	1. 5 0
	引張側	1. 2 0

表-2(続)

表-1. 試験条件

	試験前 間隙比	試験後 間隙比	ひずみ変化速度 $d\varepsilon/dt$ (%/min)	拘束圧 (kgf/cm ²)
NS3-3	1.675	1.667	2.85×10^{-3}	2.0
NS3-5	1.746	1.681	5.88×10^{-4}	2.0

表-3. 解析条件

	初期平均 有効応力 (kgf/cm ²)	初期間隙比 e_e	ひずみ変化速度 $d\varepsilon/dt$ (%/min)
NS3-3	2.0	1.675	2.85×10^{-3}
NS3-5	2.0	1.746	5.88×10^{-4}

G_1	80.0
C_{2N}	10^{-9} 1/sec
m_N	26.00
m_o	31.56
C_1	0.6×10^{-8} 1/sec
C_2	1.0×10^{-9} 1/sec