

京都大学 工学部 正員 畠 昭治郎  
 同 学生員 太田 秀樹  
 同 同 吉谷 進

1. まえがき

土のせん断特性の誘導の試みでは、等方圧密粘土について報告を行なったが、ここでは、その理論を実際の地盤の状態と相似な異方圧密粘土に拡張し、そのせん断特性について考察した。さらに、せん断速度が、せん断特性におよぼす影響についても考察した。

2. State surface と Swelling wall.

等方圧密粘土と同様に、(1)式が異方圧密粘土の排水せん断とはなす各微小段階での割げさ比変化を示す近似式であると考えた。(本概要「土のせん断特性の誘導の試み」参照)

$$de = -\lambda \frac{d\sigma'_m}{\sigma'_m} + (1+e_0)\mu \left( \frac{\tau_{ct}}{\sigma'_m} \cdot \frac{d\sigma'_m}{\sigma'_m} - \frac{d\tau_{ct}}{\sigma'_m} \right) \quad (1)$$

(1)式と、初期条件(2)のもとで積分すると(3)式を得る。この(3)式は、異方圧密粘土の state surface を表す式である。

$$\sigma'_m = \sigma'_m_0, \quad \tau_{ct} = \tau_{nd} + k_0 \sigma'_m_0, \quad e = e_0 \quad (2)$$

$$e - e_0 + \lambda \ln \frac{\sigma'_m}{\sigma'_m_0} + (1+e_0)\mu \left( \frac{\tau_{ct}}{\sigma'_m} - \frac{\tau_{nd}}{\sigma'_m_0} - k_0 \right) = 0 \quad (3)$$

ここで、 $k_0$ は異方圧密状態での  $\tau_{ct}/\sigma'_m_0$  の値である。又、 $\tau_{nd}$  は、 $\tau_{ct}$  が  $\tau_{nd} + k_0 \sigma'_m_0 = 1$  に達するまで、グレイタンシーが生じないことを意味する値であり、速いせん断ほど大きく、非常に遅いせん断では  $\tau_{nd} = 0$  である。このことから、 $\tau_{nd}$  は、せん断速度がせん断特性に及ぼす影響としてみていると考えられる。

次に、過圧密粘土を考える。異方圧密粘土の Swelling curve を  $\tau_{ct} = 0$  plane に投影して Lf-curve が、等方圧密粘土の Swelling curve に一致すると考え、Swelling curve の投影から  $\tau_{ct} = 0$  plane に対して垂直に立ちあがる面を Swelling wall とする。過圧密粘土の state Path は、初め Swelling wall 上を動き、state surface に達してからは、state surface 上を動くと考えた。

粘土に任意のせん断条件のもとでせん断したときの state Path は、そのせん断条件式の示す面と state surface および Swelling wall との交線として求まる。図1の斜線部分は state surface および Swelling wall と図示した。

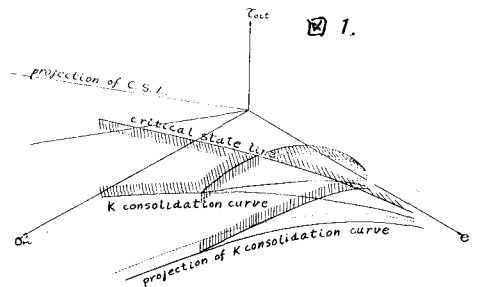


図1.

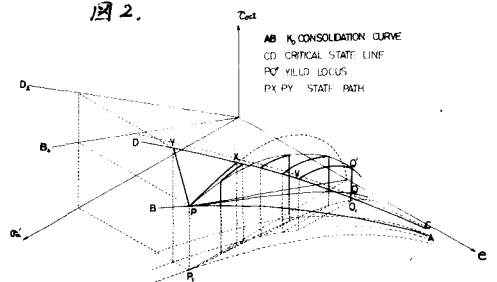


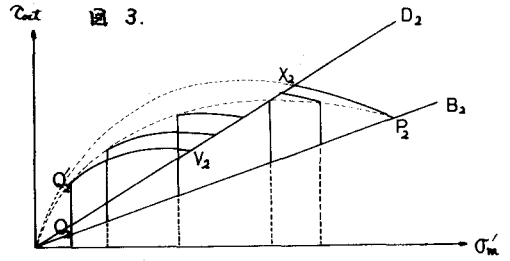
図2.

### 3. Critical State Lineと State Path

Swelling wallと State surfaceの交線(Yield Locus) における  $\tau_{\text{cut}}$  の点を Critical State とするならば, Critical state Lineは, 次の(4), (5)式で与えられる。

$$e = -\lambda \ln \frac{\sigma'_m}{\sigma'_{m0}} + e_0 - (\lambda - k) + (1+e_0)\mu \left( \frac{\tau_{\text{cut}}}{\sigma'_{m0}} + k_0 \right) \quad (4)$$

$$\tau_{\text{cut}} = \frac{\lambda - k}{(1+e_0)\mu} \sigma'_m \quad (5)$$



(4)式は,  $e - \ln \sigma'_m$  グラフ上で等方圧密粘土の Critical state Line より  $(1+e_0)\mu \left( \frac{\tau_{\text{cut}}}{\sigma'_{m0}} + k_0 \right)$  だけ平行移動した直線を示し, Henkel and Sowa<sup>2)</sup>の実験結果と定性的に一致している。又, 異方圧密粘土と等方圧密粘土の  $\mu$  値が等しいならば, (5)式より,  $\tau_{\text{cut}} - \sigma'_m$  グラフ上で異方圧密粘土の Critical state Line が等方圧密粘土のそれと一致し, Henkel and Sowa<sup>2)</sup>の実験結果と一致する。しかし, 実際, 異方圧密粘土の  $\mu$  値が等方圧密粘土の  $\mu$  値と一致するかどうかは明らかでない。

次に, 非排水せん断の State Path を求める。せん断条件式  $e = e_s$  を, (3)式に代入し(6)式を得る。

$$\tau_{\text{cut}} = -\frac{\sigma'_m}{(1+e_0)\mu} \left( \lambda \ln \frac{\sigma'_m}{\sigma'_{m0}} + e_s - e \right) + \left( \frac{\tau_{\text{cut}}}{\sigma'_{m0}} + k_0 \right) \sigma'_m \quad (6)$$

State Path は, State surface に達するまで,  $\sigma'_m = \sigma'_{m0}$ ,  $e = e_s$  のまま Swelling wall に沿って上昇し, その後, (6)式で示される径路をたどる。図2に, Critical state Line と State Path を示した。PX は, 正規圧密粘土, QQV は 過圧密粘土上の非排水 State Path を示す。図3は, State Path の  $\tau_{\text{cut}} - \sigma'_m$  plane への投影 (Stress Path) を示す。図3は, Ladd and Lambe<sup>3)</sup>の実験結果と傾向が一致している。

### 4. 実験の解析

図4は, Henkel and Sowa<sup>2)</sup>の実験データと解析した図である。この解析では, 等方圧密粘土より異方圧密粘土の  $\mu$  値の方が大きかった。OC, OE は, それぞれ, この  $\mu$  値を用いて理論より求めた異方, 等方圧密粘土上の Critical state Line である。OD は, 実験による破壊線で, 異方粘土と等方粘土が一致している。ところで, (3)式より  $\frac{\tau_{\text{cut}}}{\sigma'_{m0}}$  と  $k_0$  は, せん断特性に同じ影響を与えると考えられるが, 図4の理論線は, 速いせん断 ( $\tau_{\text{cut}}$  が大) の方が Critical state Line の傾きが, 小さくなるという Richardson and Whitman<sup>4)</sup>のデータと傾向が一致する。以上,  $\tau_{\text{cut}} = 0$  の速いせん断について述べたが, 図5は速いせん断データ (Henkel<sup>5)</sup>) の解析を示している。Critical state Line  $\tau_{\text{cut}}$  は, 実験理論共に  $OD_2$  で一致した。又, Stress Path も, 理論と実験がよく合っている。

この理論により異方圧密粘土のせん断特性を定性的に説明できるが, 今後実験により定量的な検証も行なうべき。

文献1) 富田, 吉谷: 土のせん断特性の誘導の試み, 本概要

- 2) Henkel & Sowa: The Influence of Stress history, L.S.T.S (1963)
- 3) Ladd & Lambe: On shear strength of saturated clays, L.S.T.S (1963)
- 4) Richardson & Whitman: Effect of strain rate, Géotechnique 8 (1958)
- 5) Henkel: Relationship between effective stress & water content, 11, 12 (1964)

