

III-38 飽和粘土の三軸圧密時の変形に及ぼすストレス・パスの影響

西日本工業大学 工学部 正員 O 岸原一哉
九州大学 工学部 同 山内豊範

1. まえがき 筆者らは三軸圧密において、ダイレイタシーとせん断変形の時間依存性を考慮すべきであるという観点から、三軸圧密試験に基づく粘土の三軸圧密下計算法を提案している¹⁾。この場合、構造物などの局部載荷による地盤内応力を三軸試験においてどのように載密にシミュレートするかが極めて重要な問題である。また、同時に三軸試験によって変形を推測する際には、応力履歴や応力経路の影響を十分検討する必要があるように思われる。本文では、このうち正規圧密粘土に限って、ストレス・パスの変形に及ぼす影響を調べた結果を報告する。

2. 三軸圧密試験の概要 実験に用いた試料はカサナイトを母材とする有機質粘土で、 $G_r=2.34$, $w_L=15.3\%$, $I_p=66$ である。試験機は、側方変位計を供試体(径6cm, 高さ7.5cm)の中央周囲三方向に取付けた応力制御式の三軸圧密試験機である。ストレス・パスの影響を調べるための試験条件は次の三種類とした(図-1参照)。

- K_0 圧密後平均主応力一定試験(OABパス)
- 等方圧密後平均主応力一定試験(ODBパス)
- K_0 圧密後最小主応力一定試験(OACパス)

なお、今回はD, A, Bにおける平均主応力が主として1.23~1.25 kg/cm^2 の結果を中心に整理した。

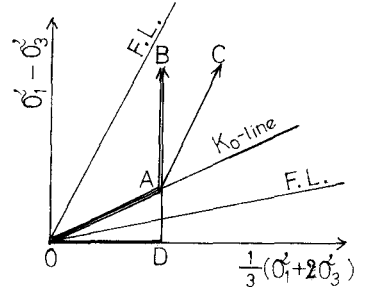


図-1 三軸圧密時のストレス・パス

3. 実験結果の考察 3.1 正規圧密粘土の三軸圧密時の応力・変形関係式について 既報において等方圧密粘土の三軸圧密における応力と変形の間には定常領域において次の式が成り立つことを示した。

$$\sigma/\nu = C_k (\tau/\sigma_m) + \mu \quad (1)$$

ここで、 $\sigma = \frac{2}{3}(\varepsilon_1 - \varepsilon_3)$, $\nu = \varepsilon_1 + 2\varepsilon_3$, $\tau = \sigma_1 - \sigma_3$, $\sigma_m = \frac{1}{3}(\sigma_1 + 2\sigma_3)$, C_k, μ : 材料および状態に応じた定数である。この式を拡張増分形で表示するため、両辺微分して適当な操作を行えば、

$$d\sigma/d\nu = C_k (\tau/\sigma_m) + \mu' \quad (2)$$

をうる。ここで、 $\mu' = \mu + C_k Dk \nu (d\eta)^2$ (Dk : (3)式における比例定数, $d\eta = d(\tau/\sigma_m)$) である。

3.2 ν/ν 比と応力比の関係 先の三種類の三軸圧密試験におけるストレス・パス中の ν/ν 比・応力比関係は、図-2に示す通りである。 τ_{do} は圧密終了時に生じている軸差応力が等方圧密終了時には τ_0 であるが、 K_0 圧密終了時には $(1-K_0)\sigma_1'$ である。(1)式の係数 C_k は、 K_0 圧密後 σ_m 一定 $\rightarrow K_0$ 圧密後 σ_1 一定 $\rightarrow$ 等方圧密後 σ_m 一定の順に小さくなっており、これはまた、せん断

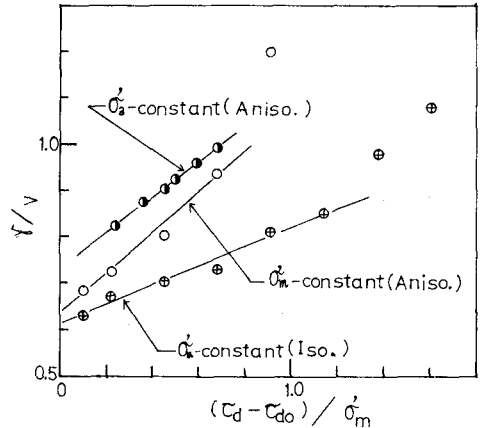


図-2 ν/ν 比と応力比の関係

変形に対する拘束がこの順に大きくなることを示している。粘土粒子の配列構造の変化という面からみれば、等方圧密粘土の圧密前後において比較的構造の変化が小さいと考えられるので、せん断応力に対する個々の粒子の自由度は大きいと推測される。ところが、上記の結果はこれを裏付けていない。この相違は K_0 圧密粘土は K_0 圧密終了時においてすでにせん断応力をうけており、これから引き金的な役割を果たすことによって、応力の増大に伴って一層変形が進行するのである。この点はまだ明確ではないが、粒子構造の変化などに関連させてさらに検討が必要であり、ついでにその定数はストレス・パスの影響をうけるので(1)、(2)式を用いて地下解析の際には注意を要する。

3-3 三軸圧密中の体積変化に及ぼすスパスの影響

図-3 は各試験における体積変化を応力比に對し整理したものである。これから σ_3 -定試験も含めて体積比 v は、一般に

$$v = D_k (\tau_d - \tau_{d0}) / \sigma'_m \text{----- (3)}$$

により表わされることになる。 σ'_m -定試験における体積変化量はゲイタンシー量と存在するが、等圧圧密試験はゲイタンシー量を顕著に示し始める応力比が存在した応力比 K_0 圧密試験材料は小さくなる。また、 σ_3 -定試験では 図-4 に示すようにゲイタンシーと圧密成分が混在することになり、 σ'_m -定試験との差が等圧圧密成分に比例すると考えられる。この成分に比例した v は通常

$$v_c = (C_c / (1 + e_0)) \log_{10} (\sigma'_m / \sigma'_{m0}) \text{---- (4)}$$

により表わされるので 結局これと次式に比例する

$$v_c = v (D_k \sigma'_{m0} - D_k \sigma'_m) / D_k \sigma'_{m0} \text{---- (5)}$$

とか等しくなることになる。ここで、 D_k , D_k はそれぞれ σ'_m -定、 σ_3 -定試験における体積比と応力比の関係における比例定数 (3式) である。

3.4 セン断変形について

(1), (3) 両式から三軸圧密中のセン断変形は次のように表わされる。

$$\gamma = D_k \left(\frac{\tau_d - \tau_{d0}}{\sigma'_m} \right) \left\{ C_k \left(\frac{\tau_d - \tau_{d0}}{\sigma'_m} \right) + \mu \right\} \text{----- (6)}$$

3.2 のようにセン断変形の拘束度が小さいものほど大きなセン断変形を示しているが、図-5 によりわかる。 K_0 圧密試験の σ'_m -定試験と σ_3 -定試験の差は 2, 3 % 程度だが、等圧圧密試験の変形が著しく小さいのがわかる。また、定常領域においては計算曲線は良く実験値を説明しているが、等圧圧密試験の場合応力比の大きい領域ではずれているのは、この領域に塑性流動的変形が急増していることが知られる。塑性流動発生予測と関連させて検討したい。

4. あとがき 三軸圧密中の応力・変形関係式が様々なスパス・パスについて係数を要するだけになり、成り立つと明確に本文を要約すると次のようになる。(1) 比 γ/v と応力比 τ_d/σ'_m の線形関係はスパス・パスを異ならせ成立する。(2) 係数 C_k はセン断変形に対する拘束度と表わす。(3) 等圧圧密試験はゲイタンシーを顕著に示し始める応力比が存在するが K_0 圧密試験にはそれがない。(4) K_0 圧密試験はセン断応力比の変形がゲイタンシーが等圧圧密試験より起りやすい。今後はこの課題が残されている。i) 非排水ゲル状の解析, ii) 過圧密粘土の三軸圧密特性の解析への拡張

引用文献 1) 安原・山内・大石 (1974): 三軸圧密における有機質粘土のゲイタンシーと変形, 第四回土工学会研究発表会講演集 2) 山内・安原 (1974): 有機質粘土の等圧圧密特性について, 九大工学集報 Vol. 47, No. 1 3) 諸戸 (1972): 砂の弾性的変形特性, 土工学会論文集, 11, 12, No. 3 4) Campanella, R.G. and Y.P. Vaid (1974): Triaxial and Plane Strain Creep Rupture of an Undisturbed Clay, Canadian Geotech. J., vol. 11, No. 1

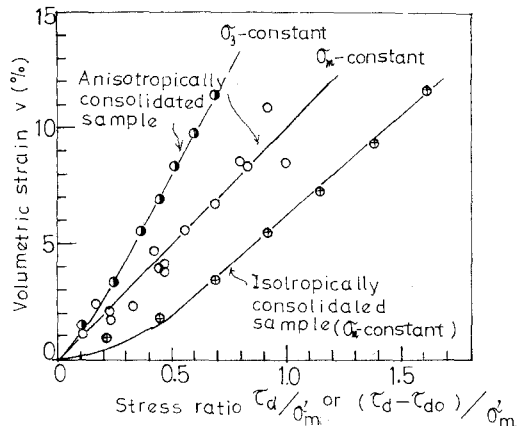


図-3 三軸圧密時の体積比 v の傾向

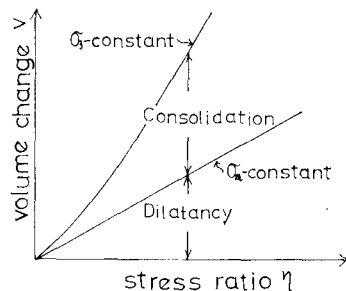


図-4 三軸圧密中の体積変化成分

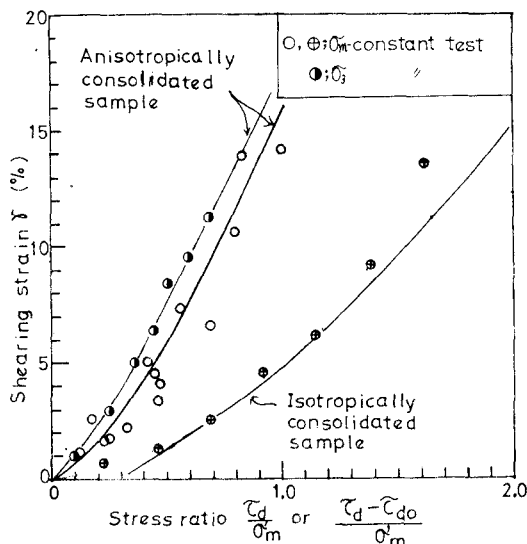


図-5 三軸圧密中のセン断変形と計算曲線の比較