

III-6 繰返し荷重をうける飽和粘土の変形特性

西日本工業大学 正員 守原一哉
 西日本工業大学 正員 ○平尾和年
 西日本工業大学 金子和彦

1. はじめに 最近、土地条件の変化により、重要構造物も軟弱地盤上に構築される機会が多くなり、設計時には交通荷重や地震のような繰返し荷重による粘土地盤の変形挙動も考慮する必要があると思われる。

筆者らは、繰返し三軸圧縮試験機を用いて、正規圧密粘土の動的性質に関する基礎的な実験を行った。前回までは、等方圧密から非排水、排水セン断を行っていたが、今回は地盤内の応力状態をより良く近似させるため、K₀圧密からの非排水セン断を同じ条件で実施し、堆積過程に生じた異方性が正規圧密粘土の動的強度・変形挙動に及ぼす影響について検討したものである。

2. 実験の概要 実験に用いた試料は、繰返し

した有明沖積粘土 ($G_s = 2.65$, $w_L = 115\%$, $I_p = 58$) である。繰返し三軸圧縮試験機は電気制御の油圧サーボ方式で、応力・ヒズミ制御の両方式が可能なので、あてに先に報告している。また、静的荷重条件でも両制御方式が可能である。

今回行なった実験条件は、表-1に示す。また、先行圧密は3日間、背圧は1日負荷した後、応力制御(1段階1時間毎載荷)で非排水セン断を行った。セン断中の間隙水圧は、供試体底部で計測した。

3. 実験結果と考察

(1). ストレスパスと強度; 図-1は、非排水条件での繰返し三軸圧縮試験時のストレスパスを示したものである。先に報告した等方圧密粘土のそれと併記している。図-1より、i) 非排水動的強度に及ぼす周波数の影響は、等方圧密・K₀圧密に関らず見られない。ii) 非排水セン断強度は、動的試験に限定すれば、等方圧密のそれよりK₀圧密された方が若干大きくなる傾向がある。

(2). 間隙水圧の挙動; 非排水セン断時のK₀圧密・等方圧密供試体の $u \sim \epsilon$ 関係を図-2に示している。先に論じたように、間隙水圧は拘束圧の影響を強くうけることから、間隙水圧そのものより拘束圧で除した正規化した間隙水圧 $\Delta u^* = \Delta u / \sigma_c$ と軸ヒズミを整理する方が良く整理できる。図-2から、異方圧密粘土についても

$$\Delta u^* = \Delta u / \sigma_c = \epsilon / a + b \epsilon \quad (a, b: \text{実験定数}) \dots (1)$$

のような双曲線表示が可能なが予想され、図中の実験線がそのことを良く示している。

しかし、 $\Delta u^* \sim \epsilon$ 関係に及ぼす異方性の影響は、顕著であり、K₀圧密供試体の間隙水圧が、同じヒズミに対して小さい値を示している。さらに、非排水セン断時の間隙水圧は、軸対称三軸圧縮条件下では

$$\Delta u = \Delta u_c + \Delta u_d = \frac{1}{3} (\Delta \sigma_1 + 2\Delta \sigma_3) + A (\Delta \sigma_1 - \Delta \sigma_3) \dots (2)$$

表-1 試験条件

拘束圧 (kg/cm ²) σ_1 σ_3	繰返し荷重 $\Delta \sigma_v$ (kg/cm ²)	繰返し回数 N (回)	周波数 f (cps)	供試体寸法 (cm)	背圧 B.P. (kg/cm ²)
1.0 0.5	0.1 (0.05)	3600	1	H=8.75	0.5
1.5 0.75	0.15 (0.075)	360	0.1	D=3.5	0.75
2.0 1.0	0.2 (0.1)				1.0

※ () 内の数値は破壊直前傍で載荷した荷重

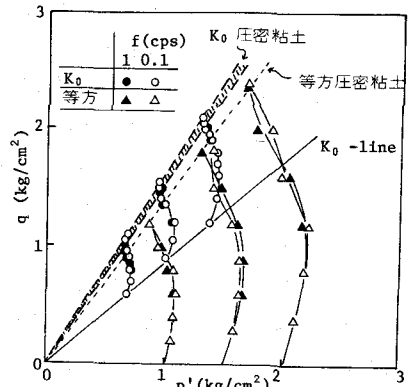


図-1 ストレスパスに及ぼす載荷周期の影響

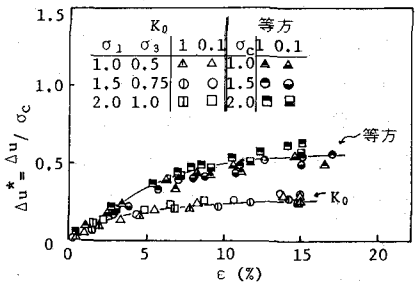


図-2 間ゲキ水圧と軸ヒズミの関係

と表わされることはよく知られている。 Δu_c は平均主力による間隙水圧、 Δu_d は偏差応力による間隙水圧であり、 Δu_d を応力比 q/p' に対応させたものが図-3である。図-3では、異方性による相違を比較しやすいように、等方圧密のデータを K_0 圧密の原位置まで平行移動させている。 K_0 圧密・等方圧密における Δu_d の挙動の相違は、(3) のダイレイタンスー挙動と密接な関連がうかがえる。

(3). ダイレイタンスー挙動：飽和粘土の体積変化は、周知のように圧密による Δv_c とダイレイタンスーによる Δv_d の重ね合わせにより成り立ち

$$\Delta v = \Delta v_c + \Delta v_d \dots\dots\dots (3)$$

となり、非排水時には $\Delta v = 0$ より

$$\Delta v_d = -\Delta v_c = -\frac{C_c}{1+e_0} \cdot \frac{dp'}{p'} \dots\dots\dots (4)$$

と表わされる。各試験の荷重段階毎に Δv_d を計算した力比によって整理したものが図-4であり、等方圧密のデータは Δu_d と同様に原位置の移動を行っている。 Δv_d の挙動は、ある応力比以上では K_0 圧密・等方圧密の面試験結果とも応力比に対して線形的な挙動を示す。

(4). 応力・ヒズミ関係： K_0 圧密・等方圧密粘土の、非排水せん断における応力比・ヒズミ関係を図-5に示す。これより、応力・ヒズミ関係において K_0 圧密の方が等方圧密に比べ曲線の立ち上がり急なことが良くわかる。このことは、図-1のストレスパスを参照すると良く理解できる。これから、繰返し荷重をうける粘土地盤の変形解析の際に、等方圧密粘土の結果をそのまま利用すると、若干の誤差を生じることに注意を要する。また、図-1からわかるように、せん断強度は若干の相違があるものの、せん断前の異方性がストレスパスに及ぼす影響は顕著であり、これが図-5の応力・ヒズミ曲線の相違にも密接に関係しているように思われる。

4. あとがき 今回は、正規圧密粘土に対して K_0 圧密から応力制御の非排水繰返し三軸試験結果より、次のような知見が得られた。i) 非排水時の動的強度には、周波数の影響は見られぬ。しかし、異方性は強度に若干の影響を及ぼすようである。ii) 正規化した間隙水圧と軸ヒズミ関係には、双曲線表示が可能であるが、異方性の影響を受ける。iii) 偏差応力による間隙水圧とダイレイタンスー相当量 Δv_d は、ある応力比以上では応力比 q/p' に対して線形的な関係が見られる。iv) 応力・ヒズミ曲線にも異方性の影響が強く現われ、統一的に表現するための力学的モデルの選択が必要と思われる。

引用文献 1) 守原・平尾・岩田 (1978)：繰返し荷重をうける飽和粘土の変形特性 (続報)，52年度土木学会西部支部発表論文集，pp.83~84. 2) 守原・山内・平尾・上 (1978)：飽和粘土の静的および動的変形特性，第13回工費工学会発表会報告集，pp.309~312. 3) 守原・平尾 (1978)：飽和粘土の動的強度・変形特性，第15回自然災害科学総合シンポジウム，pp.121~124. 4) Yasuhara & Hirao (1978)：Strength and Deformation of a Saturated Soft Clay Subjected to Cyclic Loadings, Proc. of the Fifth Japan Earthquake Engineering Symp., pp.729-736.

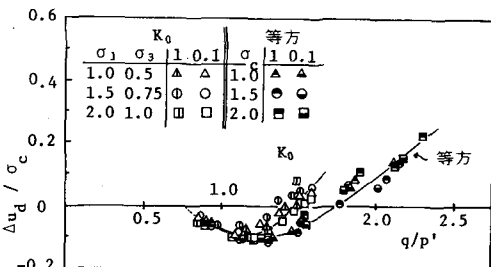


図-3 偏差応力による間隙水圧と応力比の関係

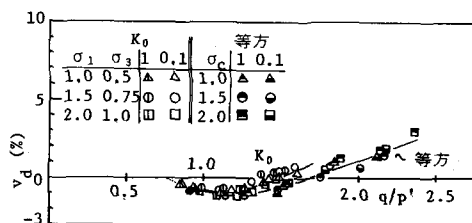


図-4 ダイレイタンスーと応力比の関係

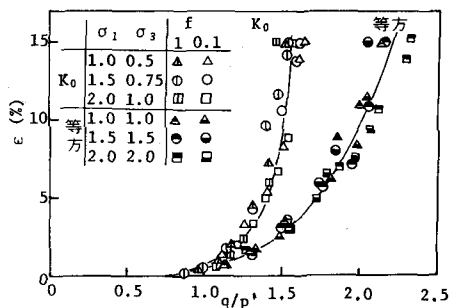


図-5 応力・ヒズミ関係