

III-166 粘土の一次元圧密過程における非排水強度の異方性

大阪市立大学 工学部

高田直俊 大島昭彦

同上 (現村本建設)

奥寺 亨

まえがき 土の力学的異方性は堆積過程で生じる初期異方性(Inherent Anisotropy)と、その後の異方応力による圧密によって生じる誘導異方性(Induced Anisotropy)からなるとされている。ごくゆるい綿毛状態で堆積し、その後圧密されて大幅に間隙比が減少する粘土のせん断強度の異方性には、この誘導異方性が卓越すると考えられる。筆者らはこれまでに室内で圧密した粘土および自然堆積粘土の非排水せん断強度の異方性を調べてきたが¹⁾、今回の報告ではこの誘導異方性に着目して、繰り返した等方状態の粘土の一次元圧密過程における非排水強度の異方性の発現過程を調べた。

試験方法 粘土は大阪南港の浚渫埋立て粘土の0.3mmふるい通過分に、粉末カオリンを乾燥重量比1:1に混合したもの($w_L=62.3\%$ 、 $w_P=28.5\%$)を用いた。初期含水比を液性限界に調整して密封容器内で減圧・脱気した粘土を、直径20cmのステンレス鋼製の圧密容器に気泡を取り込まないように層厚20cmに入れ、片面排水条件の下に、 $p=0.2, 0.4, 0.8 \text{ kgf/cm}^2$ 、各24時間载荷の段階増加荷重で最終的に 2 kgf/cm^2 で一次元圧密する。圧密供試体は同じものを4個作り、1つは最終状態(圧密時間は $3t_e$ 法による)まで、他3つはこの最終沈下量を $U_s=100\%$ としてそれぞれ $U_s=85, 90, 97\%$ まで圧密したのち、吸水を許さない状態で除荷し、含水比の深度分布を測定するとともに、初期状態(原始座標)で測った $z_0=3, 9, 15 \text{ cm}$ の深さから、せん断面が水平面から $\theta=0^\circ, 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ, 90^\circ$ の角度を持つ一面せん断供試体を切り出した。粘土は未圧密で深さ方向に不均一なので、供試体は直径3cm、厚さ1cmと小さくした。せん断は不透水性の加圧板を持つ試験機を用い、理論計算で求めた各供試体深度の鉛直有効応力を垂直圧に(非圧密であるからこの圧力は単に拘束圧の意味)、垂直圧载荷と同時に 15 mm/min の変位速度で急速せん断方式を採った。

圧密過程 各圧密度の供試体のせん断強度分布を有効応力分布と対照するために圧密過程を計算する。計算には次の方程式を用いた。

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} = \zeta^2 \left[c_v \frac{\partial^2 \zeta}{\partial z_0^2} + \frac{dc_v}{d\zeta} \left(\frac{\partial \zeta}{\partial z_0} \right)^2 \right]$$

ここには圧密比、 z_0 は原始座標で、ここでは初期状態における座標とした。粘土の $f-p$ 、 $f-c_v$ 、 $f-k$ 関係を図-1に示す。前2者は初期含水比 w_0 でかなり異なるので、 $f-\log p$ は $w_0=62.3\%$ ($=w_L$)のものを用いるが、上記の $U_s=100\%$ 圧密供試体の圧密後の体積比がこの線よりもやや上方に位置するので、 $f-\log p$ 線をその点まで平行にずらした。 $f-k$ 関係は w_0 の影響をほとんど受けていないので、図の $f-\log k$ 直線と、 $f-\log p$ から求まる $f-m_v$ 関係とを合わせて c_v を決めた。図-2に時間-沈下関係を示す。実験値はほぼ理論曲線の上のっている。

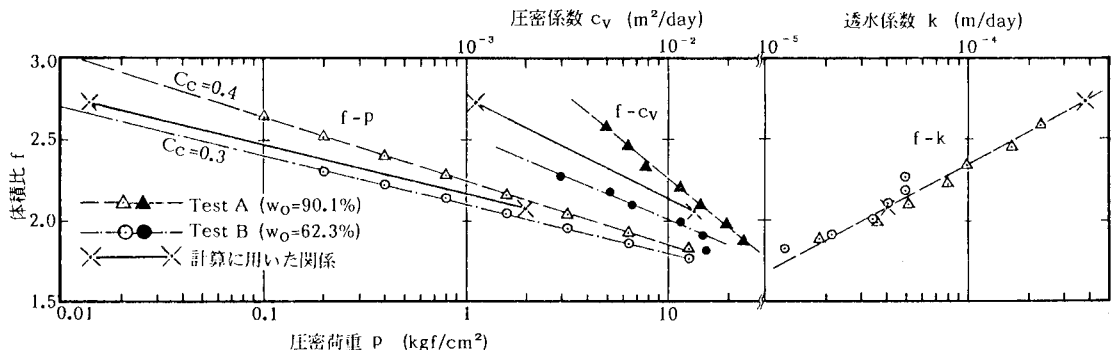


図-1 試料の圧密特性

図-3に $f(U_e)$ 、 $p(U_p)$ の計算等時線を示した。荷重増加率が143と極めて大きいので U_p は U_e よりも大幅に遅れている。なお、 $U_s=56\%$ の等時線を書き入れたが圧密中に c_v が約10倍に増えるので排水面に近い部分の圧密が速く進む。同図に4つの圧密供試体の含水比から求めた f の等時線、 $\theta=0^\circ$ （水平）供試体の一面 UU せん断強度を合せて示した。 U_e は $U_s=100\%$ 試料の $z_0=15\text{cm}$ から切り出した供試体のせん断強度を $U_e=100\%$ と表わしている。以前に圧密過程にある粘土の UU 強度が有効応力の増加よりも遅れることを報告したが²⁾、今回の結果は p の増加とはほぼ整合している。

非排水強度の異方性 図-4に4つの圧密供試体の UU 強度分布を U_s 別に示した。 UU 強度はどの圧密度においても 45° 軸に対して対称形である。 U_p が30%程度ですでに主働、受働せん断強度の差異が現われている。図-5に各試料の $\theta=30^\circ$ 、 45° 、 60° 面の（主働せん断／受働せん断）の強度比と U_p の関係を示した。データにばらつきはあるが、圧密過程の早い時期に強度異方性が明瞭に生じていることがわかる。

まとめ 等方状態から始まる粘土の一次元圧密過程における強度異方性の発達過程を調べた。定量的な傾向を得るまでには到らなかったが、圧密の早い時期に相当大きな異方性が発現していることは興味深い。この研究に当たり御指導いただいた大阪市立大学三笠正人教授に謝意を表します。

文献 1)三笠、高田、大島：一次元圧密粘土と自然堆積粘土の非排水強度の異方性、土と基礎、Vol.32、No.11、1984、 2)高田、大島：粘土の一次元圧密過程における非排水強度、第36回土木学会、1981

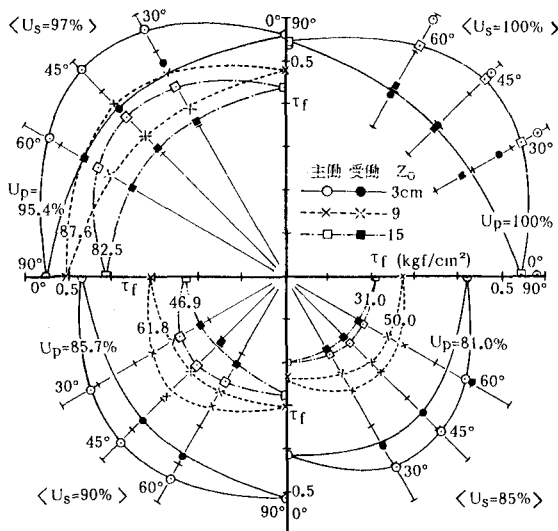


図-4 UU 強度分布

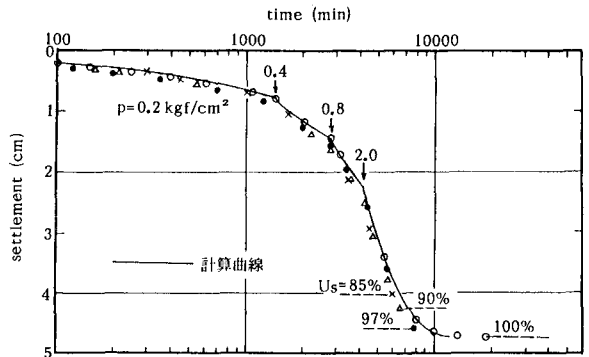


図-2 時間-沈下曲線

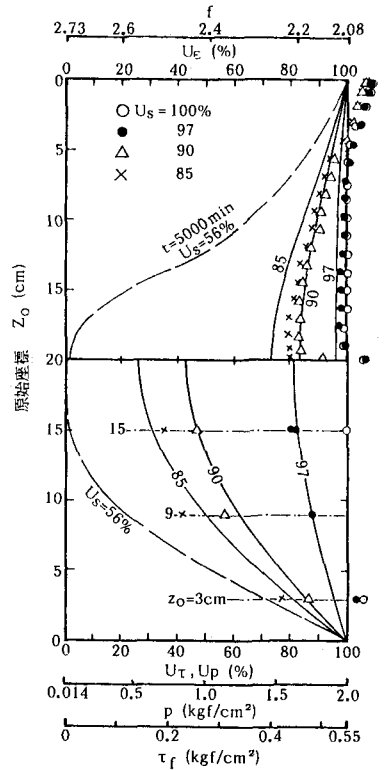


図-3 U_e 、 U_c 、 U_p 等時線

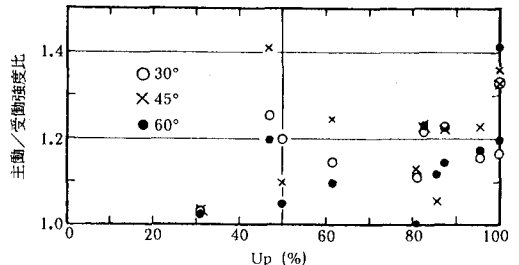


図-5 強度比- U_p 関係