

Ⅲ - A169

小型精密三軸試験機を用いた CK₀CU 下の粘性土のひずみ速度効果

防衛大学校 丸山 仁和・正垣 孝晴・茂籠 勇人・○白川 修治

1. はじめに

高さ $h35\text{mm}$ 、直径 $d15\text{mm}$ の寸法の S 供試体に対し、静止土圧係数 K_0 を制御した三軸圧縮・伸張強度特性が測定できる三軸試験機を新しく開発した¹⁾。そして、乱さない水戸粘土とその繰り返し土の強度特性を検討した²⁾。本稿では、乱さない水戸粘土の CK₀CU 下のひずみ速度効果が検討される。

2. 供試土と実験方法

供試土は、水戸市の沖積低地から採取した乱さない自然堆積土である。その指数的性質を表-1³⁾に示す。供試体の作成は、前報²⁾と同様に行った。K₀ 値の測定および K₀ 圧密後の圧縮試験は、JGS T526-1995⁴⁾に従い、前報²⁾と同様に行った。有効土被り圧 σ'_{vo} に対する圧密圧力 σ'_a の比は 1、2、3、4 の 4 種類とした。また、圧縮時のひずみ速度 $\dot{\epsilon}$ は、圧密後の供試体高さに対して $\dot{\epsilon}=1\%/min$ 、 $0.2\%/min$ 、 $0.05\%/min$ の 3 種類とした。

3. ひずみ速度が水戸粘土の強度特性に及ぼす影響

図-1 は有効応力経路である。各 σ'_a/σ'_{vo} 下の供試体において、供試体の初期状態の差に起因して K₀ 圧密後の応力状態が供試体によって幾分異なるものは、せん断開始時の応力状態を同じにして整理している。 $\sigma'_a/\sigma'_{vo}=1$ の供試体の有効応力経路は、過圧密土に特有の挙動を示し、他の σ'_a/σ'_{vo} 下のそれと異なっている。しかし、 $\sigma'_a/\sigma'_{vo}>2$ の正規圧密状態の供試体においては、各 $\dot{\epsilon}$ の有効応力経路は σ'_a/σ'_{vo} 値の違いによらず良い相似性を示している。そして、 $\dot{\epsilon}$ が大きくなると、有効応力経路は右側に膨み $(\sigma'_a/\sigma')_{max}$ で定義した破壊点と原点を結ぶ破壊包絡線も下に位置している。 $\dot{\epsilon}$ が大きくなると供試体中央部の破壊領域で発生している間隙水圧 u の migration の時間遅れに起因して、供試体下部で測定する u が小さくなり、その結果平均主応力 $\bar{p}$ を過大評価するためである。しかし、 $\dot{\epsilon}$ の差に起因する ϕ' の差は、例えば、 $\dot{\epsilon}=1\%/min$ で $\phi'=38^\circ$ 、 $\dot{\epsilon}=0.05\%/min$ で $\phi'=40^\circ$ と小さい。繰り返し試験に対する深草、四日市、羽川粘土の CICU 下の ϕ' は、 $\dot{\epsilon}=(0.04\sim1)\%$

表-1 供試土の指数的特性 (水戸 AT-2、 $z=-(10\sim10.8)\text{m}$)

σ'_{vo} (kPa)	w_n (%)	w_L (%)	I_p (%)	silt (%)	clay (%)
86	64.9	71.9	38.5	39.8	60.2

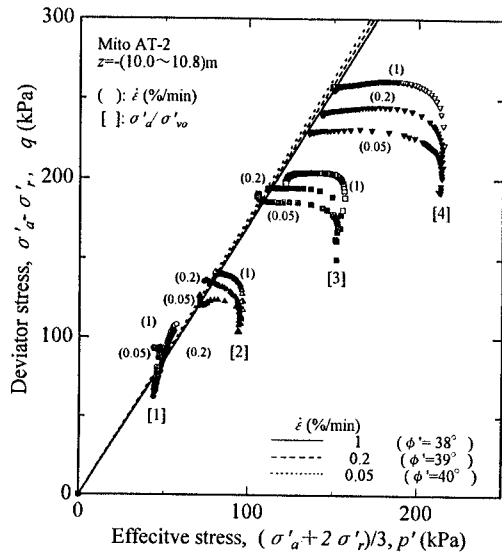


図-1 有効応力経路

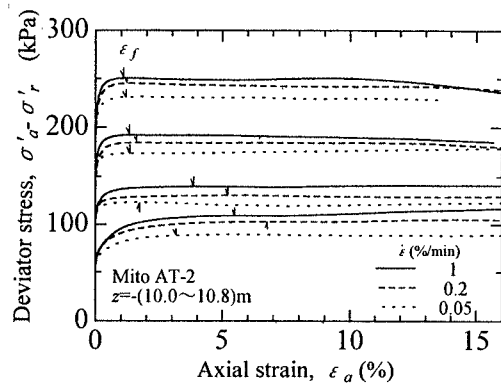


図-2 q と ϵ_a の関係

キーワード：K₀圧密、三軸圧縮試験、強度特性、ひずみ速度効果

〒239 横須賀市走水 1-10-20 TEL : 0468-41-3810(内線 2321) FAX : 0468-44-5913

$\dot{\epsilon}$ の範囲で、それぞれ $21 \sim 29^\circ$ 、 $17 \sim 30^\circ$ 、 $25 \sim 27^\circ$ であった⁴⁾。この場合の供試体寸法は、 $d35\text{mm}$ 、 $h80\text{mm}$ であった。 $h35\text{mm}$ 、 $d15\text{mm}$ と供試体寸法が小さい場合、 ϕ' に及ぼす $\dot{\epsilon}$ 効果は小さいことが分かる。

K_0 圧密後の主応力差 $\sigma'_a - \sigma'_v (=q)$ と軸ひずみ ϵ_a の関係を図-2 に示す。図-2 は、 σ'_a/σ'_{v0} 値が 1、2、3、4 の結果を $\dot{\epsilon}$ によって曲線の種類を変えて整理している。図中、 $q_{\max}$ に対する軸ひずみ ϵ_f に矢印を示している。 $\dot{\epsilon}$ 効果に起因して、 $\dot{\epsilon}$ が大きくなると $q_{\max}$ 値は同じ σ'_a/σ'_{v0} 値の下で大きくなる。そして、同じ $\dot{\epsilon}$ 下で σ'_a/σ'_{v0} 値が大きくなると $q_{\max}$ 値は大きくなり、 ϵ_f は小さくなる。

図-3 は、 $\dot{\epsilon}=1\%/min$ の $c_u (=c_u(\dot{\epsilon}=1))$ に対する各 $\dot{\epsilon}$ 下の $c_u (=c_u(\dot{\epsilon}))$ の比 (R_{cu}) を σ'_a/σ'_{v0} によって記号を変えて $\dot{\epsilon}$ に対してプロットしたものである。ここで、非排水強度 c_u は、 $q_{\max}/2$ としている。応力解放等に起因して過圧密状態にある $\sigma'_a/\sigma'_{v0}=1$ の R_{cu} は、 $\dot{\epsilon}=0.05\%/min$ で 0.77、 $\dot{\epsilon}=0.2\%/min$ で 0.91 と他のそれより小さい。しかし、正規圧密状態にある $\sigma'_a/\sigma'_{v0}>2$ の R_{cu} 値は、 $\dot{\epsilon}=0.05\%/min$ で約 0.9、 $\dot{\epsilon}=0.2\%/min$ で約 0.95 である。図-3 には、3 σ'_{v0} 下で等方圧密した乱さない Bothkennar 粘土⁵⁾、Boston Blue clay⁶⁾ と $I_p=40 \sim 70$ の我が国の港湾地域の粘土⁷⁾ の結果を併せて示している。 $\dot{\epsilon}$ 効果に及ぼす圧密方法の影響は今後検討を予定しているが、水戸粘土の正規圧密領域の $\dot{\epsilon}$ 効果は、Bothkennar や Boston Blue clay のそれより幾分小さく、我が国の粘土⁷⁾ の結果とはほぼ同様である。

図-4 は、 c_u/p を σ'_a/σ'_{v0} 値に対してプロットしたものである。ここで、 p は σ'_a としている。 σ'_a/σ'_{v0} 値が大きくなると c_u/p 値は小さくなり $\sigma'_a/\sigma'_{v0}=3$ でほぼ一定値となる。この傾向に $\dot{\epsilon}$ の差は依存しないが、 c_u/p 値に及ぼす $\dot{\epsilon}$ 効果は、 $\sigma'_a/\sigma'_{v0}=1$ の過圧密状態で大きく、正規圧密状態で小さくなる。正規圧密状態下の c_u/p 値は、 $\dot{\epsilon}=1, 0.2, 0.05\%/min$ に対しそれぞれ 0.37、0.36、0.34 である。

4. おわりに

$d15\text{mm}$ 、 $h35\text{mm}$ の S 供試体の場合、供試体下部で測定する u の migration のタイムラグが小さいため、 ϕ' に及ぼす $\dot{\epsilon}$ 効果は極めて小さい。 c_u や c_u/p に及ぼす $\dot{\epsilon}$ 効果は、他の粘土に対する同様な結果を蓄積して、設計結果に及ぼす感度分析の観点からの検討を予定している。

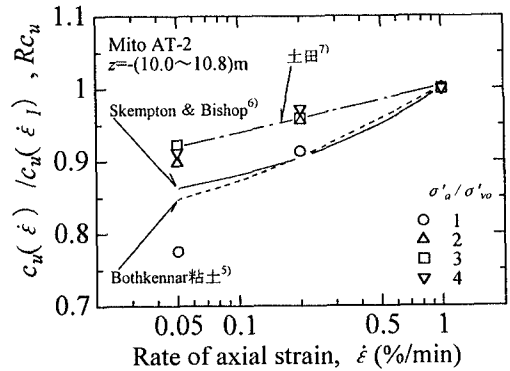


図-3 R_{cu} と $\dot{\epsilon}$ の関係

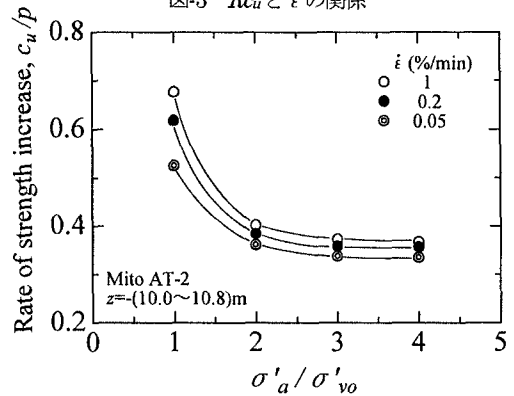


図-4 c_u/p と σ'_a/σ'_{v0} の関係

参考文献

- 1) 正垣ら：小型精密三軸試験機、土木学会関東支部、pp.354～355、1997。
- 2) 正垣ら：小型精密三軸試験機による粘性土の強度特性、第32回地盤工学研究発表会投稿中、1997。
- 3) 地盤工学会、土の K_0 圧密非排水三軸圧縮試験方法 (JGS T526-1995)、土と基礎、Vol.43 No.9、pp.82～86、1995。
- 4) 安井ら：塑性の異なる飽和粘性土の CIUC における強度・変形特性、第21回土質工学研究発表会、pp.145～146、1986。
- 5) 田中ら：Drammen 粘土、Bothkennar 粘土と有明粘土の工学的特性の比較、第40回地盤工学シンポジウム、pp.153～160、1995。
- 6) Skempton, A.W. and Bishop, A.W.: Soils, chapter 10, of Building Materials, North Holland Publ. Co., pp.417-482, 1954。
- 7) 土田：三軸試験による自然粘性土地盤の強度決定法、港湾技研資料、No.688、pp.155～159、1990。