

1. はじめに

自然堆積土の強度特性の解明と設計への適用を目的として、携帯型一軸圧縮試験機¹⁾や単純せん断試験機²⁾を用いた一連の研究を行ってきた。これらの研究の一環として、直径 d 15 mm、高さ h 35 mmの寸法のS供試体に対し、静止土圧係数 K_0 を制御して三軸圧縮・伸張強度特性が測定できる試験機を新しく開発した。

本稿では、この三軸試験機の概要が述べられ、乱さない自然堆積土に対する K_0 の測定と K_0 圧密後の圧縮・伸張試験の結果から、この試験機の有効性が検討される。

2. 小型精密三軸試験機

図-1は、新しく開発した小型精密三軸試験機の概要である。供試体寸法が d 15 mm、 h 35 mmと小さいため、内槽と載荷ソリダの隙間の断面積は、内槽上端部で 1.07 cm^2 と小さくしている。これによって微量な外体積変化量も測定できる。外体積差圧計と内体積差圧計の最小読みはそれぞれ 0.0008 ml 、 0.0004 ml であり、供試体の直径の 0.01% ($1.5 \times 10^{-3}\text{ mm}$)以内で側方変位を制御できる。圧密は、等方と K_0 圧密の両者が行えるが、後者は、軸圧 σ'_a を一定の速度で増加させ、側方変位をモニターしながら側圧 σ'_r を増減させる方法である。 σ'_r は、側圧用電動定速調圧弁とサーボモーターを介してコンピュータによって制御される。

伸張試験は、 σ'_r 一定で σ'_a を減少させる方法と σ'_a 一定で σ'_r を増加させる2つの方法が採用できる機能を有している。

3. 供試土と実験方法

供試土は、内径75 mmの水圧式固定式ストロソプレーによって、水戸市の沖積低地から採取した乱さない自然堆積粘土である。その指数的性質を表-1に示す。供試体の成形は、通常のトミング法¹⁾によった。

K_0 値の測定および K_0 圧密後の圧縮・伸張試験は、JGS T526-1995³⁾に基づいて行った。供試体側面のドレーンパイプは、幅約2 mmの伸縮性のあるもので、供試体側面に鉛直方向に3箇所等間隔に設置した。供試体の飽和は、供試体と脱気水槽の水頭差に加え真空ポンプを用いた二重負圧法によった。等方圧密は、圧密圧力10 kPaで約40分間行った。バックソリダは、50 kPa毎に4段階で200 kPaまで載荷し、 B 値が0.95以上であることを確認して K_0 圧密に移行した。 K_0 圧密時のひずみ速度 ε は、供試体の初期高さに対して $0.005\%/min$ で行った。また、せん断時の ε は、圧縮・伸張試験ともに K_0 圧密後の供試体高さに対して $0.05\%/min$ で行った。伸張試験は、 σ'_r 一定で σ'_a を減少させた。使用したメソンの厚さは、0.1 mmであり、メソンの張力の補正は福島ら⁴⁾が提案した方法によった。

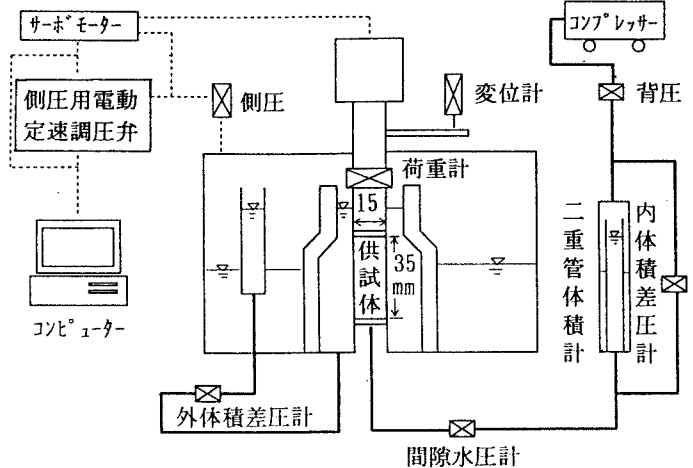
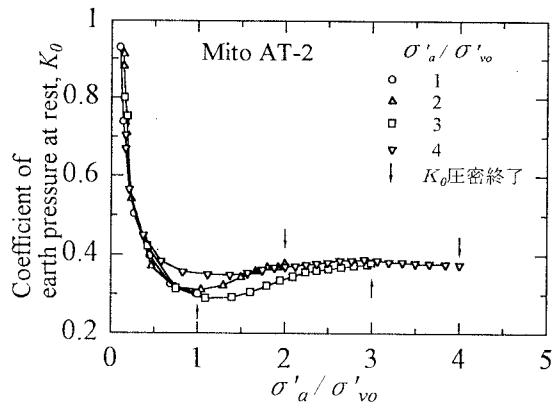


図-1 小型精密三軸試験機の概要

表-1 供試土の指数的特性 ($z=G.L.-10.4\text{ m}$)

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

図-2 K_0 と σ'_a/σ'_{vo} の関係

4. 圧密圧力が K_0 値と強度特性に及ぼす影響

図-2は、圧密中の K_0 値を σ'_a/σ'_{vo} 値に対してプロットしたものである。ここで、 σ'_{vo} は有効土被り圧である。 σ'_a/σ'_{vo} 値は1, 2, 3, 4の4種類に設定した。 K_0 値は、圧密の進行によって1.0から減少し、 σ'_a/σ'_{vo} 値が1近傍で最も小さくなり0.35程度になる。そして、 $\sigma'_a/\sigma'_{vo} \approx 2$ で、 K_0 値は約0.4の一定値に収束する。 $\sigma'_a/\sigma'_{vo} < 2$ の領域で K_0 値が小さくなる理由は、この領域で供試体が過圧密の状態にあるためである。

図-3は、有効応力経路である。 $\sigma'_a/\sigma'_{vo}=1$ の供試体は、圧縮・伸張試験ともに、過圧密土に特有の挙動を示しているが、他は正規圧密粘土として相似的な有効応力の形状を示しており、適正な試験が行われていることが分かる。破壊包絡線は、主応力比が最大 $\sigma'_a/\sigma'_{r(max)}$ の点を最小二乗法によって原点を通るように直線近似して求めた。破壊包絡線の勾配から、圧縮側の有効内部摩擦角 $\phi' = 35^\circ$ 、伸張側の $\phi' = 26^\circ$ を得る。これら

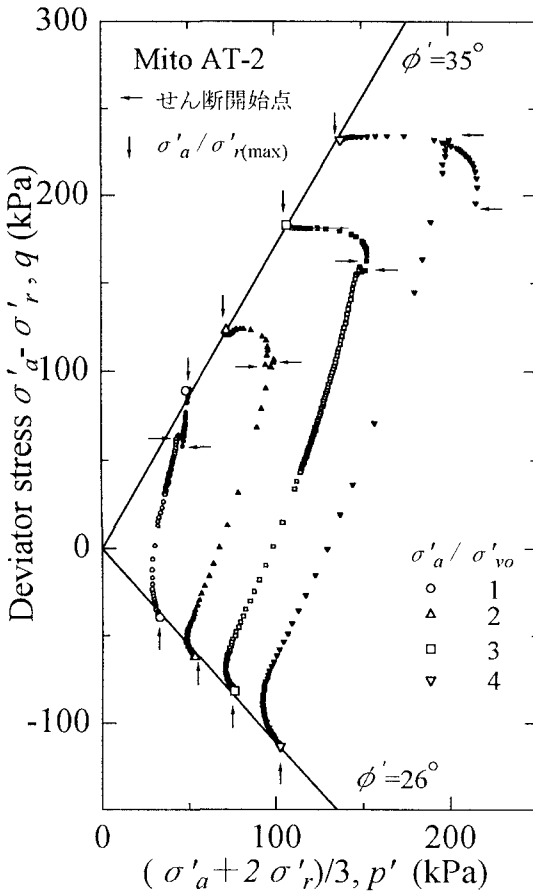


図-3 有効応力経路

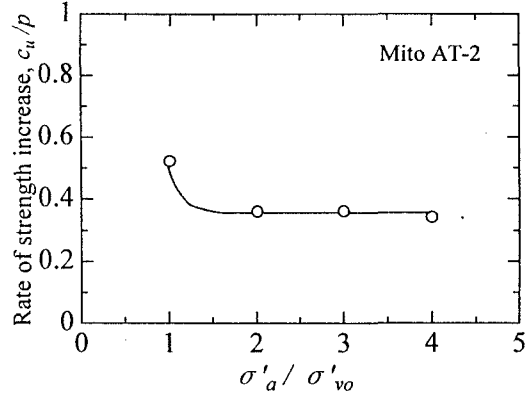


図-4 c_u/p と σ'_a/σ'_{vo} の関係

の値は自然堆積土の ϕ' として常識的な値である。

図-4は、 c_u/p を σ'_a/σ'_{vo} 値に対してプロットしたものである。ここで、 c_u は $(\sigma'_a - \sigma'_r)_{max}/2$ 、 p は σ'_a としている。 c_u/p は、 $\sigma'_a/\sigma'_{vo} \approx 2$ で一定値となり0.36である。Bjerrum⁵⁾は、乱さない粘土試料に対する三軸圧縮試験⁵⁾から、 c_u/p と I_p の関係を報告している。本研究の供試土の I_p は、39である。Bjerrumが示した図⁵⁾から、 $I_p=39$ に対応する c_u/p 値を読み取ると0.24から0.36の範囲であり、正規圧密領域で得た本研究の結果と同等である。

5. おわりに

K_0 値と圧縮・伸張試験の結果から新しく開発した小型精密三軸試験機の有効性が確認された。

参考文献

- 1) 正垣：携帯型一軸圧縮試験機とその適用、第40回地盤工学シンポジウム、VI-3、pp. 287~294、1995。
- 2) 正垣ら：粘性土の非排水強度に関する初期および誘導異方性の測定とその評価、第41回地盤工学シンポジウム、pp. 17~22、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) Fukushima, S. and Tatsuoka, F.: Strength and deformation characteristics of saturated sand at extremely low pressures, Soils and Foundations, Vol. 24, No. 4, pp. 30-48, 1984.
- 5) Bjerrum, L. and N.E. Simons: Comparison of the shear strength characteristics normally consolidated clays, Res. Conf. Shear strength of cohesive soils, Colorado, pp. 711-726, 1960.