

メキシコシティ粘土の一面せん断強度特性

Direct Shear Strength Characteristics of Mexico City Clay

○東 孝寛* 大坪政美* 金山素平* 木原明彦**

HIGASHI Takahiro, OHTSUBO Masami, KANAYAMA Motohei and KIHARA Akihiko

1. はじめに メキシコ合衆国の首都メキシコシティ帯には、含水比が極めて高くかつ圧縮性が極端に大きい粘土（メキシコシティ粘土）から成る軟弱な地盤（湖成層）が存在する。この湖成層は、深さ30～35m付近に挟在する砂層を境界として上部粘土層と下部粘土層に区分されている（森田ら、1986）。

本研究では、メキシコシティ市内で採取した乱さない上部粘土層試料の強度特性について、圧密定体積一面せん断試験結果（先に報告（東ら、2009）した分と今回新たに実施した分）をもとに検討している。

2. 試料土の性質と実験方法 実験に使用した試料土は、メキシコシティ市内（北緯19°28'44"、西経98°59'51"）においてシンウォールサンプリング（採取深さ d は5.0～20.4m）した乱さない試料である。試料土採取地点の土質詳細図をFig.1に示す。地盤は、砂分を40～50%程度含む深さ $d=8, 9$ m付近を除けば、ほぼ粘土層である。試料土の自然含水比 w_n 、湿潤密度 ρ_t は、それぞれ130～600%、1.10～1.35g/cm³の範囲であり、 w_n は液性限界 w_L 程度である。また、試料土の化学的性質としては、強熱減量 L_i 、土懸濁液のpH(H₂O)と電気伝導度ECがそれぞれ15.0～22.3%、9.70～10.00、1,440～2,470mS/cmの範囲である。

改良型一面せん断試験機による圧密定体積（CU）試験に際しては、深さ方向にほぼ1mごとにサンプリングした試料土の各々について、浅い方から10～20cm（深さ6, 17mの試料ではそれぞれ10～40cm, 0～10cm）の部分を使用した。実験で用いた供試体は、直径6cm、高さ2cmまたは3cmの直円柱状であり、せん断変位速度は約0.2mm/minとした。圧密圧力 σ'_{vc} は有効土被り圧 σ'_{v0} 、98, 147kPaを基本とし、圧密の打切り時間は3t法によって決定した。また、段階荷重による圧密試験も各深さごとに実施した。

3. 実験結果および考察 Fig.2には、有効土被り圧 σ'_{v0} で圧密したときの定体積一面せん断強度 τ_f （非排水せん断強度 S_u ）の深さ方向の変化を示す。ここで、 τ_f は供試体が破壊したときのせん断応力 τ であり、 τ が最大（ τ_{max} ）となるときを破壊とみなしている。砂分が多い深さ $d=8, 9$ m付近を除けば、 τ_f は13.6～28.7kPaの範囲にあり、全層的に見ると深くなるにつれてほぼ直線的に増加する傾向（ $\tau_f = 10.0 + 0.862d$, データ数 $N = 13$, 相関係数 $r = 0.831$ ）を示している。また、 S_u と練返し試料のベーンせん断強度 S_{uvr} の比（ S_u/S_{uvr} ）として求めた、メキシコシティ粘土の鋭敏比 S_t は18～45の範囲であった。

Fig.3には、試験数が多い深さ $d=6.10\sim 6.40$ mの試料土（MEX-1-2, 2-2）の圧密定体積一面せん断試験

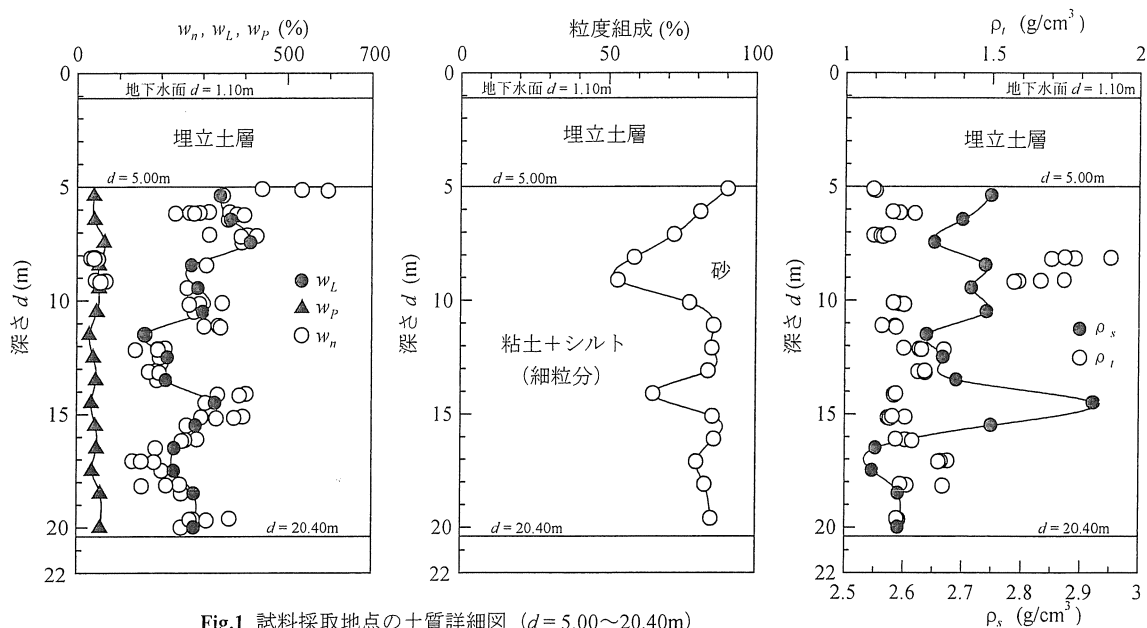


Fig.1 試料採取地点の土質詳細図 ($d = 5.00\sim 20.40$ m)

Profile of soil properties in $d = 5.00\sim 20.40$ m at the sampling site of the Mexico city clays

* 九州大学大学院農学研究院 (Faculty of Agriculture, Kyushu University)

** 九州大学農学部 (School of Agriculture, Kyushu University)

キーワード: メキシコシティ粘土, 強度特性, 圧密定体積一面せん断試験

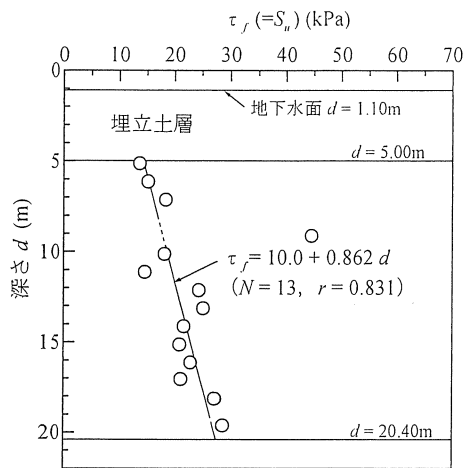


Fig.2 試料採取地点における非排水せん断強度 $\tau_f (=S_u)$ の深さ d による変化

Variation of undrained shear strength $\tau_f (=S_u)$ with depth d at the sampling site of Mexico city clays

験結果 (ベクトルカーブ) を示す。図中の数字は供試体番号を表し、深いほど大きい番号である。圧密試験から求めた圧密降伏応力 $p_c (= \sigma'_{vy}) = 33.0 \text{ kPa}$ に近い圧密圧力 $\sigma'_{vc} = 21, 49 \text{ kPa}$ (供試体番号 1, 4) のときのベクトルカーブは立ち上がり方が他より急であり、強度増加率 τ_f / σ'_{vc} や内部摩擦角 $\phi'_1 (= \tan^{-1}(\tau_f / \sigma'_{vf}))$ も他の供試体よりかなり大きい。 σ'_{vc} が σ'_{vy} よりかなり大きいときのベクトルカーブは、供試体の初期含水比 $w_i (=w_n)$ がほぼ同じ (供試体番号 2(234%), 5(280%) と 3(365%), 6(382%), 7(399%)) であれば、互いに原点に対してほぼ相似な形状となっている。図中に示す原点を通る直線として最小二乗法により求めた $\tau_f - \sigma'_{vc}$, $\tau_f - \sigma'_{vf}$ 関係は、実測値を概ね近似している。

Figs.4, 5 には、それぞれ個々の試験結果から求めた試料土の強度増加率 τ_f / σ'_{vc} と内部摩擦角 ϕ'_1 を、圧密圧力 σ'_{vc} を圧密降伏応力 σ'_{vy} で規準化した圧密圧力 $\sigma'_{vc} / \sigma'_{vy}$ に対して示している。ただし、砂分が多い深さ 8, 9m 付近のデータは除いている。規準化圧密圧力 $\sigma'_{vc} / \sigma'_{vy}$ が 1.5 以上の範囲では、 τ_f / σ'_{vc} は大半が 0.38 ~ 0.45, ϕ'_1 は大半が 28 ~ 36° の範囲に分布し、 σ'_{vc} による差異も認められない。乱さないメキシコシティ粘土の場合、圧密降伏応力の 1.5 倍以上の圧密圧力で圧密すると、強度増加率 τ_f / σ'_{vc} , 内部摩擦角 ϕ'_1 がそれぞれほぼ一定となる正規圧密状態へ移行する。

4. まとめ メキシコシティ粘土から成る地盤 (湖成層) の強度特性について、乱さない試料に対する圧密定体積一面せん断試験結果をもとに検討した。その結果、有効土被り圧で圧密したときの非排水せん断強度は深さ方向にほぼ直線的に増加すること、および圧密降伏応力の 1.5 倍以上の圧密圧力で圧密すると、強度増加率、内部摩擦角は各々ほぼ一定となり、正規圧密状態の強度特性を示すことが分かった。

最後に、独立行政法人 港湾空港技術研究所 地質・構造部 土質研究室 主任研究官の田中政典氏からは、メキシコシティ粘土試料ならびに物理試験結果をご提供いただきました。付記して、深甚なる謝意を表します。

引用文献 森田悠紀雄, 安原一哉, 平尾和年 (1987): メキシコシティ粘土, 土と基礎, Vol.34, No.12, 53-56. 東 孝寛, 大坪政美, 金山素平, 木原明彦 (2009): メキシコシティ粘土の一面せん断強度特性, 第 90 回農業農村工学会九州支部講演集, 230-231.

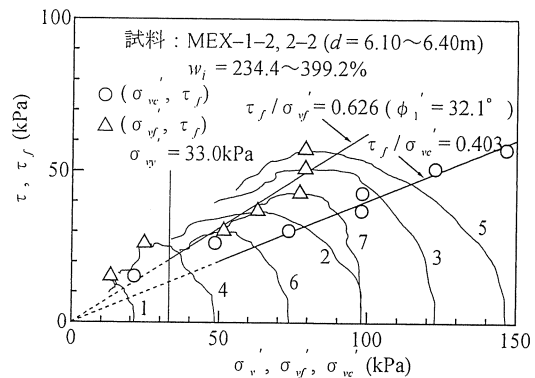


Fig.3 試料MEX-1-2, 2-2の圧密定体積一面せん断試験結果 Results of consolidated constant volume direct shear tests for the samples MEX-1-2 and 2-2

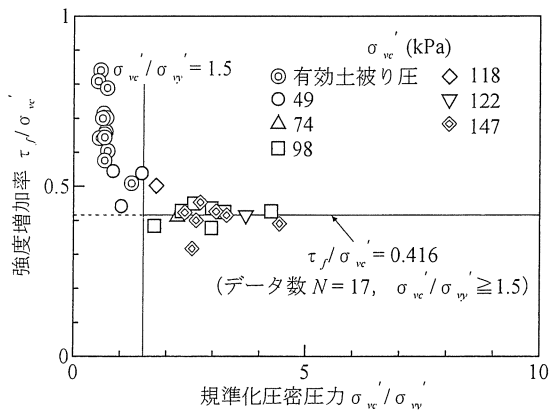


Fig.4 強度増加率 τ_f / σ'_{vc} と規準化圧密圧力 $\sigma'_{vc} / \sigma'_{vy}$ の関係 Relation between rate of strength increase τ_f / σ'_{vc} and normalized consolidation pressure $\sigma'_{vc} / \sigma'_{vy}$

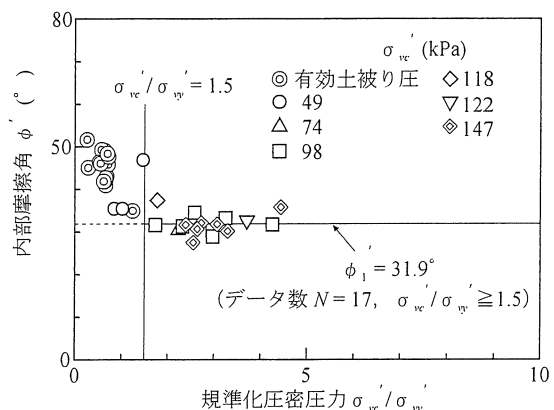


Fig.5 内部摩擦角 ϕ'_1 と規準化圧密圧力 $\sigma'_{vc} / \sigma'_{vy}$ の関係 Relation between internal friction angle ϕ'_1 and normalized consolidation pressure $\sigma'_{vc} / \sigma'_{vy}$