

メキシコシティ粘土の非排水せん断特性

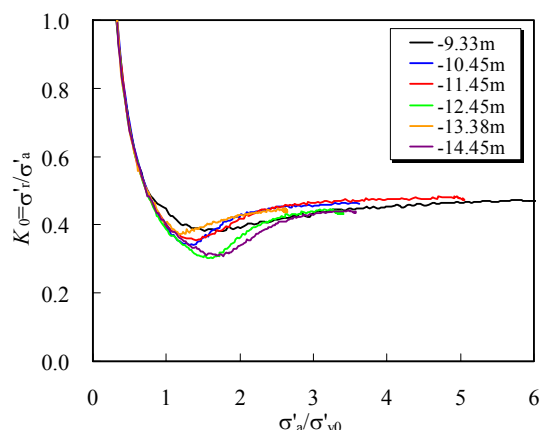
東亜建設工業	正会員	○松岡 達也
港湾空港技術研究所	正会員	渡部 要一
港湾空港技術研究所	正会員	田中 政典

1. はじめに

メキシコシティの地盤は、湖成堆積物で形成された軟弱な地盤であり、その堆積環境により粘土層中にも火山灰や珪藻類および砂層が挟在した複雑な堆積構造となっている。筆者らは、2007年11月メキシコシティ市街地において地盤調査を実施した。本稿では、固定ピストン式シンウォールサンプラーで採取した不攪乱試料に対して、原位置と同等の応力状態を再現した再圧縮法によるせん断試験を実施し、メキシコシティ粘土の強度・変形特性について取りまとめた。

2. 試験概要

調査位置から採取した不攪乱試料を用いて、 K_0 圧密非排水三軸圧縮・伸張試験(K_0 CUC・ K_0 CUE)ならびに再圧縮による異方圧密非排水三軸圧縮・伸張試験(CAUC・CAUE)を実施した。 K_0 CU三軸試験では、不攪乱試料を直径35mm、高さ80mmにトリミングして三軸セルにセットし、有効土被り圧 σ'_{v0} の1/3の等方圧から軸方向応力 σ_a を圧密降伏応力 p_c の2倍の圧力まで一定速度で漸増させ、その間、沈下量と排水量を基に K_0 状態が保たれるように側方向応力 σ_r を制御した。これにより正規圧密状態における $K_{0NC}(=\sigma'_r/\sigma'_a)$ 値を得た。同一深度から採取した2つの供試体に対しそれぞれ K_0 圧密を終了後、せん断速度0.1%/minで圧縮せん断、伸張せん断を行った。CAUも同様に三軸セルにセットし、有効土被り圧 σ'_{v0} の1/3の等方圧から原位置の有効応力相当の圧力($\sigma'_a=\sigma'_{v0}$, $\sigma'_r=K_{0NC}\sigma'_{v0}$)まで再圧縮し、0.1%/minのせん断速度で圧縮せん断、伸張せん断を実施した。

図-1 K_0 圧密試験結果

3. 試験結果

K_0 圧密試験中の K_0 値と有効土被り圧 σ'_{v0} で正規化した圧密圧力の関係を図-1に示す。各深度とも K_0 値が $\sigma'_a/\sigma'_{v0}=1.2\sim 1.8$ の間で最小値を示した後、若干増加して p_c を超える $\sigma'_a/\sigma'_{v0}=2.5$ 以降はほぼ一定値に収束している。このような挙動は、洪積粘土のように堆積年代が古く、構造が発達した粘性土でよく見られる¹⁾ものである。 K_0 圧密試験により得られた K_{0NC} 値の深度分布を図-2に示す。 K_{0NC} 値は、0.42~0.48の範囲にあり、深度方向にやや減少する傾向を示した。この値は、日本の一般的な海成粘土のものと近い値である。しかしながら、既往の研究によれば、メキシコシティ粘土の K_{0NC} 値は0.31程度と報告されており²⁾、今回の調査地点での K_{0NC} 値は約45%大きい値を示した。

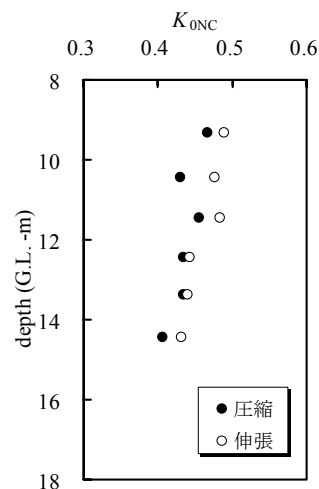
図-2 K_{0NC} の深度分布

図-3に K_0 CU三軸試験で得られた(a)応力経路および(b)応力～ひずみ曲線を示す。図中の応力は各深度における2倍の p_c に相当する圧密圧力 σ'_{vc} で正規化した。十分に大きな圧力で圧密後にせん断していることから、構造の発達などの影響を取り除いたその土本来の挙動が得られているものと考えられる。圧縮せん断では、いずれの深度においてもピークを示した後にひずみ軟化の傾向を示したのに対し、伸張せん断では、

キーワード：粘性土， K_0 圧密，非排水せん断強さ，コーン貫入試験，ベーン

連絡先 〒239-0831 神奈川県横須賀市長瀬 3-1-1 (独)港湾空港技術研究所 地盤・構造部 土質研究チーム TEL046-844-5053

ん断ではひずみ硬化の傾向を示し、明確なピークは見られなかった。各深度における限界状態数 M の平均値は $M=1.58(\phi=38.6^\circ)$ であり、既往の研究によるメキシコシティ粘土の $M=1.75(\phi=43^\circ)$ ²⁾ と比較してやや小さい。

図-4 に CAU により得られた(a)応力経路および(b)応力～ひずみ曲線を示す。圧縮側、伸張側ともにピークを示した後にひずみ軟化の傾向を示した。また、本調査で採取した試料は脆性的な性質を有しているため、圧縮側の破壊ひずみは 1.1～1.8% と非常に小さく、破壊を生じた後は急激に強度が低下する傾向にある。G.L.-10.45m では、他の深度と比較してなだらかな曲線となったが、この要因として試料内に砂分が含まれていたことが考えられる。応力経路は全深度において鉛直に近い挙動を示し、過圧密粘土の応力経路の特徴が表れている。当該地盤は、その堆積環境より正規圧密地盤であることから、年代効果による擬似過圧密粘土であることが示唆される。

CAU により得られた非排水せん断強さ s_u および強度増加率 s_u/p の深度分布を図-5 に示す。 s_u の深度分布には圧縮・伸張せん断強さおよび両者の平均値を示した。また、 s_u/p における p は、 K_0 CU 三軸試験では正規圧密状態となる $2p_c$ に相当する圧密圧力、その他の試験では p_c を表している。なお、比較のためにコーン貫入試験(CPTU)、室内ベンセン断試験(LVT)および一面せん断試験(DST)より得られた s_u (文献³⁾参照)も併せて示した。CAUC と CAUE の平均値は、CPTU、DST 結果とよく一致しており、再圧縮によりサンプリング時や輸送時の試料の乱れの影響を最小化することによって信頼性の高い結果が得られたことを示唆している。一部の深度で DST 結果が CAUC と CAUE の平均値より大きくなっているが、これは DST の方がひずみ速度が速いことによるものと考えられる。圧縮と伸張のせん断強さの比は、 $s_{u(CAUE)}/s_{u(CAUC)}=0.61$ であり、日本の粘性土とほぼ同程度の強度異方性を有している。また、正規圧密状態の s_u/p と過圧密状態における s_u/p は概ね一致しており、0.3 程度の値を示す。これは、日本の一般的な海成粘土に近い値であった。

4. まとめ

今回の調査で採取したメキシコシティ粘土の正規圧密状態における K_0 値は 0.42～0.48 の範囲にあり、圧縮と伸張の強度比は約 0.61、強度増加率は $s_u/p=0.3$ と日本の海成粘土と同等の値を示した。また、脆性的で複雑な堆積構造を有する試料においても、再圧縮法によって得られた非排水せん断強さの信頼性は高いといえる。

【参考文献】 1) Watabe, Y., Tanaka, M., Tanaka, H. and Tsuchida, T.: K_0 -consolidation in a triaxial cell and evaluation of in-situ K_0 for marine clays with various characteristics: *Soils and Foundations*, Vol.43, No.1, pp.1-20, 2003.; 2) J.A.Diaz-Rodriguez: Characterization and engineering properties of Mexico City lacustrine soils, *Characterisation and Engineering Properties of Natural Soils*-Tan et al.(eds.),pp.725-755,2003; 3) 田中政典, 渡部要一, 松岡達也, 三枝弘幸, 富田龍三:メキシコシティ粘土の特性(その2:力学特性), 第43回地盤工学研究発表会, 2008.

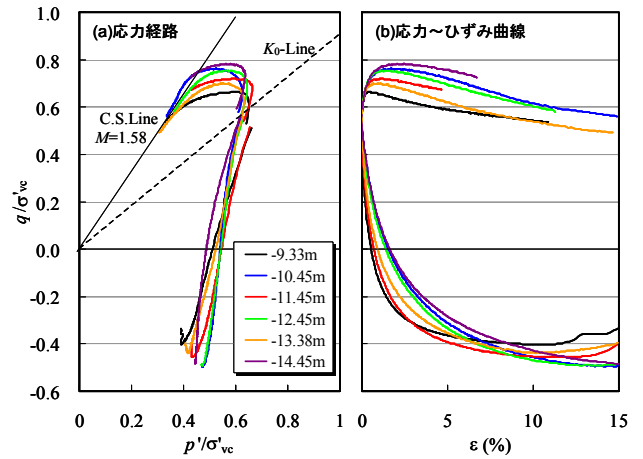


図-3 K_0 CU 三軸試験結果

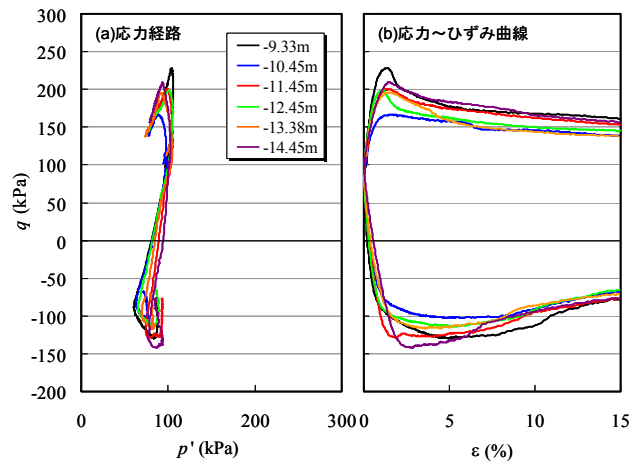


図-4 CAU 試験結果

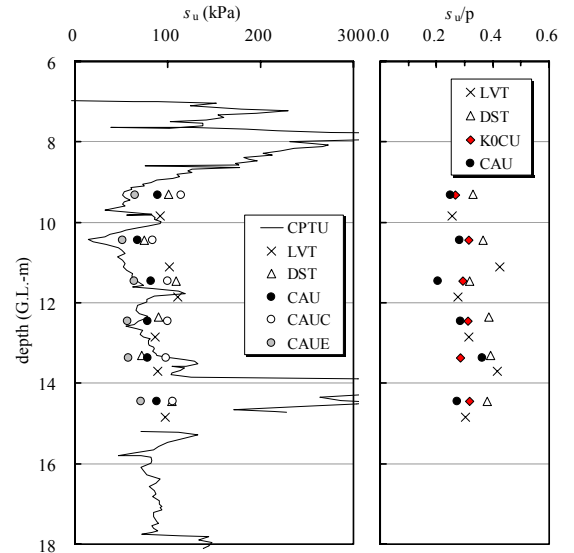


図-5 s_u , s_u/p の深度分布