

有明粘土（山脚試料）の強度異方性

Strength Anisotropy of Ariake Clay (Yamaashi Samples)

○東 孝寛* 大坪政美** 金山素平*** 中野晶子*

HIGASHI Takahiro*, OHTSUBO Masami**, KANAYAMA Motohei*** and NAKANO Akiko*

1. はじめに 我が国においては、粘土地盤上に盛土構造物を築造する際の安定性の検討には、一般に一軸圧縮試験から求まる粘着力 c_u ($= q_u/2$ (q_u : 一軸圧縮強度)) が使用されている。 c_u を設計強度として採用することは、破壊事例の検討などを通して検証されているが、試料の乱れ（主に応力解放）や強度異方性、時間依存性などが c_u へ及ぼす影響の下でうまくバランスしていることが指摘されている。有明粘土においても顕著な非排水せん断強度の異方性が存在することが知られている（例えば、東・高山（1985）など）。

本研究では、現在の海岸線より約9km内陸の地点で採取した乱さない有明粘土試料（山脚試料と呼ぶ）の非排水せん断強度の異方性について、圧密定体積（CU）一面せん断試験結果をもとに検討している。

2. 試料土の性質と実験方法 実験に使用した山脚試料（Y-3, 5）は、六角川近くの旧排水機場敷地内（佐賀県杵島郡白石町大字馬洗（北緯 30.2°, 東経 130.1°））においてシンウォールサンプリングした乱さない試料である。採取深さ d （標高 EL.）は、試料 Y-3 で 5.0~16.9 m（-2.32~-14.22 m）、試料 Y-5 で 5.0~15.9 m（-2.29~-13.19 m）である。試料 Y-3 採取地点の土質詳細図を Fig.1 に示す。試料土の自然含水比 w_n は 45~135% の範囲にあり、 $d=5.00\sim5.25$ m（EL.-2.32~-2.57 m）付近を除けば、 w_n は液性限界 w_L より概ね高い。砂分が多い $d=5.00\sim5.25$ m（EL.-2.32~-2.57 m）、6.00~6.76 m（EL.-3.32~-4.08 m）、10.00~10.88 m（EL.-7.32~-8.20 m）の範囲を除けば、ほとんどが粘土分を 50%以上含む有明粘土層である。

一面せん断試験は圧密定体積（CU）一面せん断試験であり、地盤工学会基準（JGS 0560）に準拠して行った。供試体は直径 6 cm、高さ 2 cm の直円柱状であり、せん断面と試料土採取地点の地表面（水平面）のなす角（せん断面の角度 α ）が 45°, 90° になるように切り出した。せん断変位速度は約 0.2 mm/min とした。また、圧密圧力 σ_{vc} は、（静止土圧係数 K_0 を 0.5 と仮定し） $\alpha = 45^\circ$ のとき有効土被り圧 σ'_{vo} の 0.75 倍、 $\alpha = 90^\circ$ のとき σ'_{vo} の 0.5 倍の値とし、圧密の打ち切り時間は 3t 法によって決定した。

3. 実験結果および考察 Fig.2 には、一例として山脚試料（Y-5-4-9）のせん断面の角度 α が 45° のときの圧密定体積（CU）一面せん断試験結果（応力経路）を示す。供試体が原地盤内で受けていたせん断応力の方向と同じ方向にせん断する場合を主働せん断（A と略記）、逆方向にせん断する場合を受働せん断（P）、および両者の中間方向にせん断することを Y 方向せん断（Y）と呼ぶ。せん断方向により応力経路は明瞭に

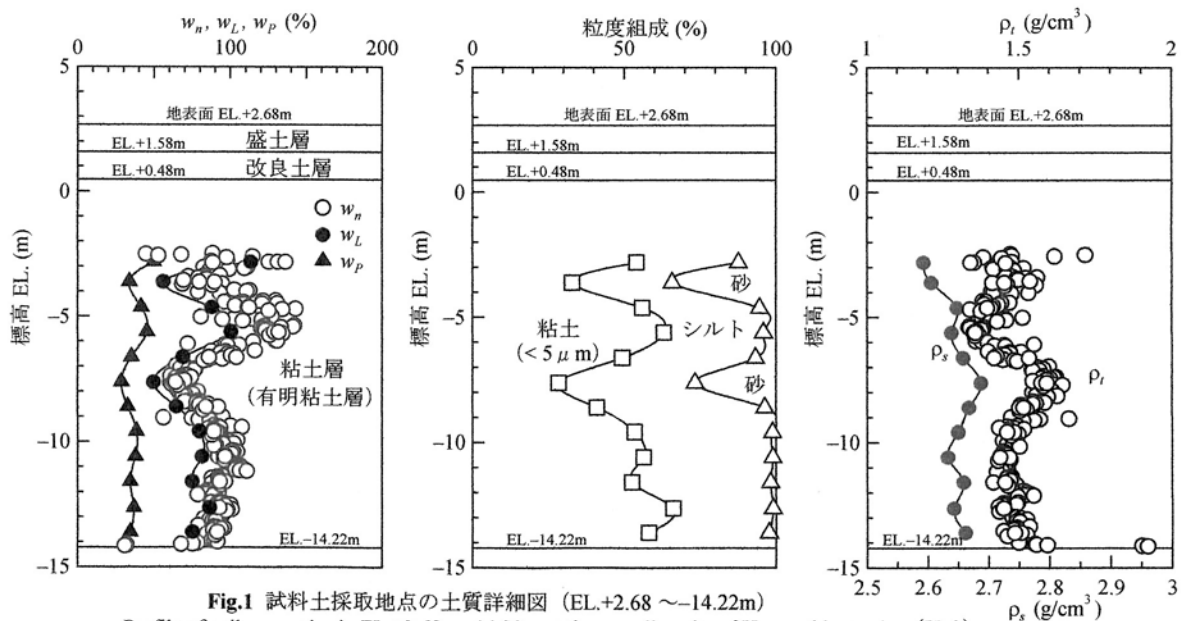


Fig.1 試料土採取地点の土質詳細図（EL.+2.68~-14.22m）
Profile of soil properties in EL.+2.68~-14.22m at the sampling site of Yamaashi samples (Y-3)

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

** 九州大学名誉教授（Professor Emeritus, Kyushu University）

*** 岩手大学農学部（Faculty of Agriculture, Iwate University）

キーワード：有明粘土，強度異方性，非排水せん断強度，圧密定体積一面せん断試験

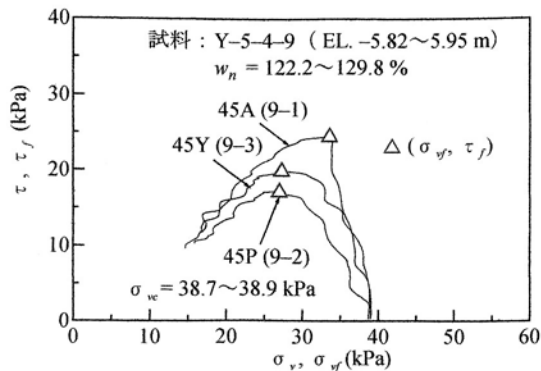


Fig.2 せん断面の角度 (α) が 45° のときの山脚試料 Y-5-4-9 の圧密定体積一面せん断試験結果
Result of consolidated constant volume box shear tests in $\alpha = 45^\circ$, which is the angle between shear plane and the ground surface, for the Yamaashi samples (Y-5-4-9)

異なり、せん断応力 τ が最大 ($\tau_{max} (= \tau_f$: せん断強度) となる破壊時までの垂直応力 σ の低下量は、主働・Y 方向・受働せん断の順に大きく、逆に τ_f はこの順に小さい ($\tau_{f45A} > \tau_{f45Y} > \tau_{f45P}$)。 τ_{f45A} , τ_{f45P} , τ_{f45Y} の深さ方向の変化を **Fig.3** に示す。何れの強度も深くなるほどほぼ直線的に増加する傾向を示し、同一標高 (深度) では $\tau_{f45P} < \tau_{f45Y} < \tau_{f45A}$ の関係になっている。最小二乗法を適用して求めた原点を通る直線としての $\tau_{f45P} - \tau_{f45A}$, $\tau_{f45Y} - \tau_{f45A}$ 関係は、それぞれ $\tau_{f45P} = 0.677\tau_{f45A}$, $\tau_{f45Y} = 0.797\tau_{f45A}$ となった。また、 τ_{f45Y} は、過圧密領域における $\alpha=0^\circ$ のときの圧密定体積一面せん断強度 τ_{f0} と圧密圧力 σ_{vc} の関係から求まる $\sigma_{vc} = 0.75\sigma'_{v0}$ のときの τ_{f0} とほぼ等しい。

Fig.4 には、一例として山脚試料 (Y-5-4-11) のせん断面の角度 α が 90° のときの圧密定体積 (CU) 一面せん断試験結果 (応力経路) を示す。 $\alpha=90^\circ$ のときのせん断面は、原地盤では主応力面になるため前述 ($\alpha=45^\circ$ の場合) のせん断方向の定義は適用できないが、ここでは鉛直方向にせん断することを便宜的に主働せん断 (対称性から受働せん断と等価) とし、Y 方向せん断は $\alpha=45^\circ$ の場合と同じとする。せん断方向 (主働, Y 方向) の違いによる応力経路、せん断強度 (τ_{f90A} , τ_{f90Y}) の明瞭な差異は認められない。 τ_{f90A} , τ_{f90Y} の深さ方向の変化を **Fig.5** に示す。両強度とも深くなるにつれてほぼ直線的に増加する傾向を示し、同一標高 (深度) では τ_{f90Y} と τ_{f90A} は概ね一致している。最小二乗法を適用して求めた $\tau_{f90Y} - \tau_{f90A}$ 関係は、 $\tau_{f90Y} = 0.992\tau_{f90A}$ となった。さらに、 τ_{f90Y} は、過圧密領域における $\alpha=0^\circ$ のときの圧密定体積一面せん断強度 τ_{f0} と圧密圧力 σ_{vc} の関係から求まる $\sigma_{vc} = 0.5\sigma'_{v0}$ のときの τ_{f0} とほぼ等しい。

4. まとめ 内陸部で採取した乱さない有明粘土 (山脚試料) の非排水せん断強度の異方性について、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、供試体のせん断面と地表 (水平) 面のなす角 α が 45° のときの山脚試料の非排水せん断強度には、他地点の有明粘土で報告されているような顕著な異方性が存在することを確認した。一方、 α が 90° のときは、鉛直にせん断 (主働せん断) する場合と水平 (地表面に平行) にせん断 (Y 方向せん断) する場合の非排水せん断強度はほぼ一致した。

最後に、本研究の一部は、平成 26 年度日本学術振興会科学研究費助成事業 (学術研究助成基金助成金) (基盤研究 (C), 課題番号: 24580357) の補助を受けました。付記して、深甚なる謝意を表します。

引用文献 東 孝寛, 高山昌照 (1985): 有明粘土の強度異方性, 農業土木学会論文集, 第 119 号, 39-47.

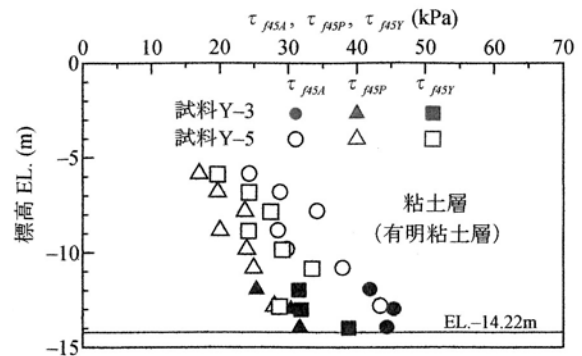


Fig.3 山脚試料採取地点における圧密定体積一面せん断強度 τ_{f45A} , τ_{f45P} , τ_{f45Y} の標高 EL. による変化
Changes in consolidated constant volume box shear strengths τ_{f45A} , τ_{f45P} and τ_{f45Y} with elevation (EL.) at the sampling site of Yamaashi samples

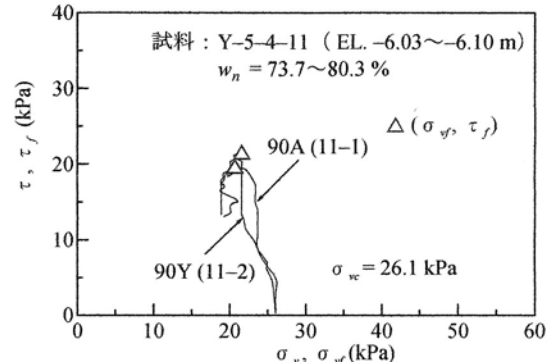


Fig.4 せん断面の角度 (α) が 90° のときの山脚試料 Y-5-4-11 の圧密定体積一面せん断試験結果
Result of consolidated constant volume box shear tests in $\alpha = 90^\circ$, which is the angle between shear plane and the ground surface, for the Yamaashi samples (Y-5-4-11)

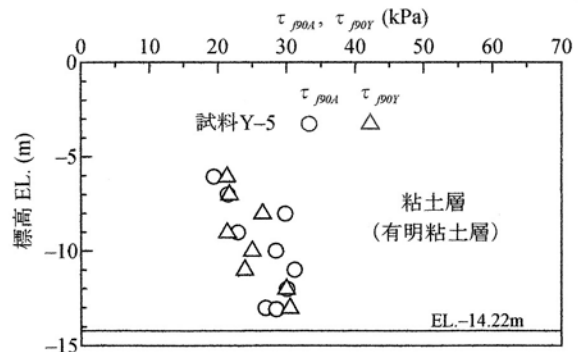


Fig.5 山脚試料採取地点における圧密定体積一面せん断強度 τ_{f90A} , τ_{f90Y} の標高 EL. による変化
Changes in consolidated constant volume box shear strengths τ_{f90A} and τ_{f90Y} with elevation (EL.) at the sampling site of Yamaashi samples