

有明粘土（山脚試料）の一面せん断強度特性

Direct Shear Strength Characteristics of Ariake Clay (Yamaashi Samples)

○東 孝寛* 大坪政美* 金山素平* He Phanny**

HIGASHI Takahiro*, OHTSUBO Masami*, KANAYAMA Motohei* and HE Phanny**

1. はじめに 有明海の沿岸域や浅海域には、有明粘土と呼ばれる、圧縮性が大きくかつ鋭敏な粘土が厚く堆積している。筆者らも、これまで多くの地点の有明粘土の強度特性（土質）について調べている（例えば、東ら（2000）など）が、沿岸域や浅海域の有明粘土に関するものが多く、内陸部の有明粘土に関するものは少ない。広範囲に分布している有明粘土の強度特性を統一的に解釈するためにも、内陸部の有明粘土の強度特性について詳細に調べることは有用である。

本研究では、現在の海岸線より約9km内陸の地点（佐賀県杵島郡白石町大字馬洗）で採取した乱さない有明粘土試料（山脚試料と呼ぶ）の強度特性について、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 実験に使用した試料土（山脚試料（Y-3））は、六角川近くの排水機場敷地内においてシンウォールサンプリング（採取深さ d は5.0~16.9m（標高 EL. では-2.32~-14.22m））した乱さない（不攪乱）有明粘土試料である。試料土採取地点の土質詳細図を Fig.1 に示す。ただし、図には、実験が終了している $d=5.00\sim 13.88$ m（EL.=-2.32~-11.20m）の結果のみ記している。試料土の自然含水比 w_n は45~135%の範囲にあり、 $d=5.00\sim 5.25$ m（EL.=-2.32~-2.57m）付近を除けば、ほぼ w_n は液性限界 w_L より高くなっている。砂分が多い $d=5.00\sim 5.25$ m（EL.=-2.32~-2.57m）、6.00~6.76m（EL.=-3.32~-4.08m）、10.00~10.88m（EL.=-7.32~-8.20m）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。湿潤密度 ρ_t は1.34~1.72g/cm³の範囲にあり、砂分やシルト分に富むシーム層が多数存在している $d=5.00\sim 7.88$ m（EL.=-2.32~-5.20m）の範囲では、 w_n と同様にそのばらつきが大きい。

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。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'_{vo} 、98, 147, 196, 245, 294kPaを基本とし、圧密の打ち切り時間は3t法によって決定した。また、段階载荷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、一例として採取深さ d が11.00~11.87m（EL.=-8.32~-9.19m）の山脚試料（Y-3-7）の圧密定体積（CU）一面せん断試験結果（ベクトルカーブ）を示す。圧密圧力 σ'_{vc} が

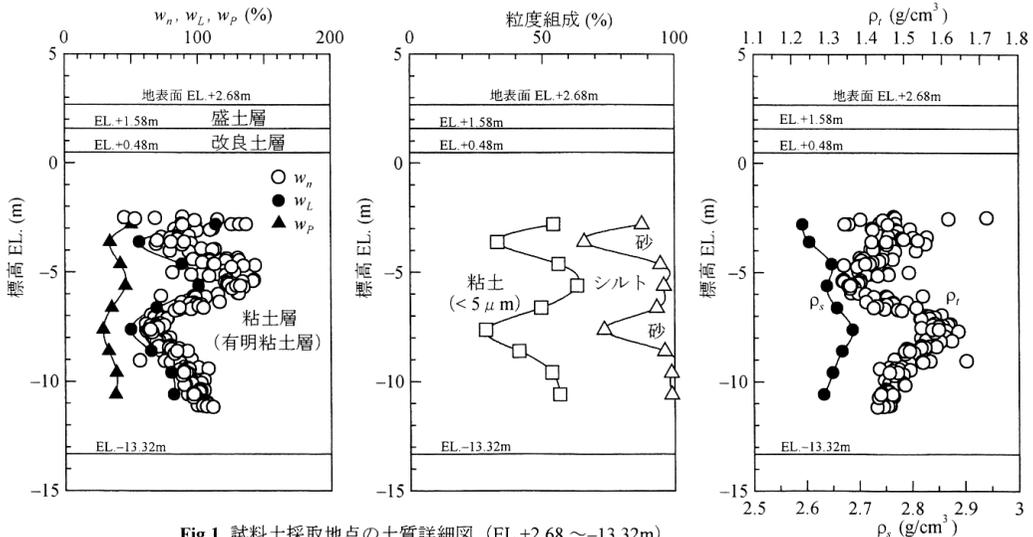


Fig.1 試料土採取地点の土質詳細図 (EL.+2.68~-13.32m)

Profile of soil properties in EL.+2.68~-13.32m at the sampling site of the Yamaashi samples (Y-3)

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

**九州大学大学院生物資源環境科学府 (Graduate School of Bioresource and Bioenvironmental Sciences, Kyushu University)

キーワード：有明粘土，強度特性，圧密定体積一面せん断試験

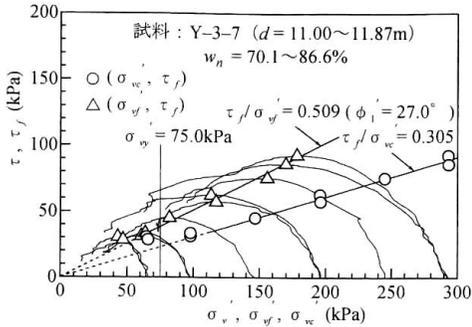


Fig.2 試料Y-3-7の圧密定体積一面せん断試験結果
Results of consolidated constant volume direct shear tests for the Yamaashi samples (Y-3-7)

147kPa 以上（段階載荷による圧密試験から求めた圧密降伏応力 σ'_{vy} の1.96倍以上）のベクトルカーブは原点に対してほぼ似た形状となっているが、 σ'_{vc} が有効土被り圧 σ'_{vo} 、98kPa (σ'_{vy} の1.31倍以下)で圧密したときのベクトルカーブは、いずれも立ち上がりが他より急であり、 $\sigma'_{vc} \geq 147\text{kPa}$ のときのベクトルカーブと似た形状でない。 σ'_{vc} が147kPa以上のときのせん断強度 τ_f （せん断応力 τ の最大値 τ_{max} ）と σ'_{vc} の関係、ならびに τ_f と破壊時（ $\tau = \tau_{max}$ のとき）における有効垂直応力 σ'_{vf} の関係は、いずれも原点を通る直線で近似することができる。最小二乗法を適用して求めた $\tau-\sigma'_{vc}$ 、 $\tau_f-\sigma'_{vf}$ 関係は、それぞれ $\tau_f = 0.305\sigma'_{vc}$ 、 $\tau_f = 509\sigma'_{vf}$ （内部摩擦角 $\phi_1 = 27.0^\circ$ ）となった。

Figs.3, 4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} で標準化した圧密圧力 $\sigma'_{vc}/\sigma'_{vy}$ に対して示している。砂分がかなり多い試料土についてのデータ（図中の○で囲んだもの）を除けば、標準化圧密圧力 $\sigma'_{vc}/\sigma'_{vy}$ が1.5以上の範囲では、 τ_f/σ'_{vc} は大半が0.279~0.318（データ数 N :67, 平均値:0.299, 変動係数COV:6.5%）、 ϕ_1 は大半が24.5~29.0°（ N :67, 平均値:26.7°, COV:8.4%）の範囲に分布し、圧密圧力 σ'_{vc} による差異は認められない。乱さない山脚試料の場合も他の多くの有明粘土（例えば、東ら（2000）と同様に、段階載荷による圧密試験から求まる圧密降伏応力 σ'_{vc} 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。

図には示さないが、標準化圧密圧力 $\sigma'_{vc}/\sigma'_{vy}$ が1.5以上の範囲では、乱さない山脚試料のダイレイタンス特性を反映するパラメーターである有効垂直応力比 $\sigma'_{vf}/\sigma'_{vc}$ もほぼ一定（ N :67, 平均値:0.596, COV:7.4%）となり、その大半は0.552~0.640の範囲にある。

4. まとめ 内陸部で採取した乱さない有明粘土（山脚試料）の強度特性について、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、他地点の多くの有明粘土と同様に同一深度の試料土を、段階載荷による圧密試験から求まる圧密降伏応力の1.5倍以上の種々の圧密圧力で圧密すると、各々のベクトルカーブは原点に対してほぼ似た形状となり、強度増加率、内部摩擦角、有効垂直応力比が各々ほぼ一定となる正規圧密状態の強度特性を示すことを確認した。正規圧密状態における山脚試料の強度増加率、内部摩擦角、有効垂直応力比は、それぞれ大半が0.279~0.318, 24.5~29.0°, 0.552~0.640の範囲にある。

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、試料土ならびに土質試験結果、原位置試験結果を提供いただいた。また、本研究の一部は、平成24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, 肥山浩樹, 永田和成 (2000): 有明粘土の強度特性 - 諫早湾奥部で採取した不攪乱試料の場合 -, 農業土木学会論文集, 第210号 (第68巻第6号), 111-118.

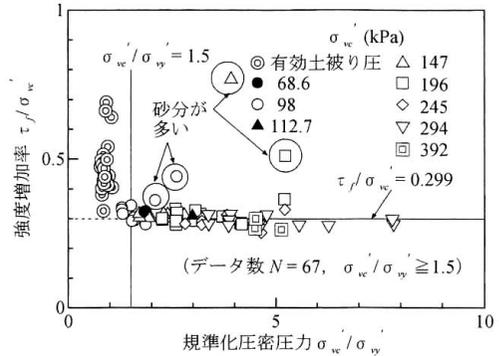


Fig.3 強度増加率 τ/σ'_{vc} と標準化圧密圧力 $\sigma'_{vc}/\sigma'_{vy}$ の関係
Relation between the rate of strength increase τ/σ'_{vc} and the normalized consolidation pressure $\sigma'_{vc}/\sigma'_{vy}$ for the Yamaashi samples (Y-3)

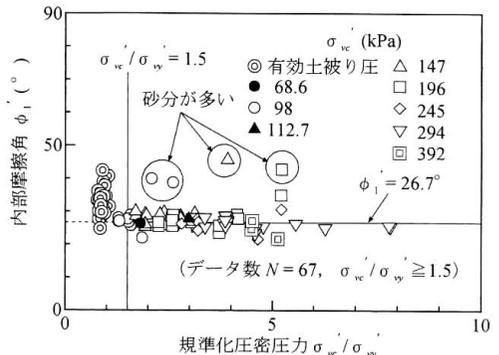


Fig.4 内部摩擦角 ϕ_1 と標準化圧密圧力 $\sigma'_{vc}/\sigma'_{vy}$ の関係
Relation between the internal friction angle ϕ_1 and the normalized consolidation pressure $\sigma'_{vc}/\sigma'_{vy}$ for the Yamaashi samples (Y-3)