

有明粘土 (横島試料) の一面せん断強度特性

Direct Shear Strength Characteristics of Ariake Clay (Yokoshima Sample)

○東 孝寛* 大坪政美* 金山素平* 古田良幸** 平 尚矩*** 福井克典***

Higashi Takahiro, Ohtsubo Masami, Kanayama Motohei, Furuta Yoshiyuki, Taira Hisanori and Fukui Katsunori

1. はじめに 有明海沿岸域には、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。この軟弱な有明粘土地盤上に建設される干拓堤防や水路(斜面)などの安定性の検討に際しては、地盤の強度特性を的確に把握しておく必要がある。現在、有明海東岸に位置する熊本県菊池川河口域から唐人川河口域に広がる横島干拓では、国営の玉名横島海岸保全事業が進められ、排水樋門や排水機場の改修、堤防の改修(嵩上げ)などが計画あるいは施工されている。そのため、当地域に分布している有明粘土の強度特性について詳細に検討することは、実務においても大変有益である。本文では、横島干拓堤防直下から採取した不攪乱有明粘土試料の強度特性について、主に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 実験には、熊本県の菊池川河口近くの横島干拓堤防直下からシンウォールサンプリングした有明粘土試料を使用した。以下では、試料土を横島試料(試料YO)(採取深さ11.00~20.80m(標高EL.-6.50~-16.30m))と記している。試料土の物理的性質をFig.1に示す。試料土の自然含水比 w_n 、塑性指数 I_p は、それぞれ45~105%、25~55の範囲であり、堤体荷重による圧密を受けているため、 w_n は液性限界 w_L とほぼ等しい。試料土の粘土分($<5\mu\text{m}$)は20~65%、砂分は0~50%の範囲にあり、特にEL.-6.50~-9.00mの範囲では、深くなるにつれて粘土分は急増し、砂分は急減している。一方、-10.50m以深では、試料土の粘土分は40~65%の範囲で深くなるにつれて概ね増加する傾向にあり、砂分は5%以下である。

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6cm、高さ2cmの直円柱形であり、せん断変位速度は約0.2mm/minとした。また、採用した圧密圧力 σ'_{vc} は、有効土被り圧および49, 98, 196, 294, 392, 490kPa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。

3. 実験結果および考察 Figs.2, 3は、それぞれ上層(EL.-6.50~-10.30m)と下層(EL.-10.50~-16.30m)の試料についての個々の圧密定体積(CU)一面せん断試験から求めた強度増加率 τ_f/σ'_{vc} と、段階載荷

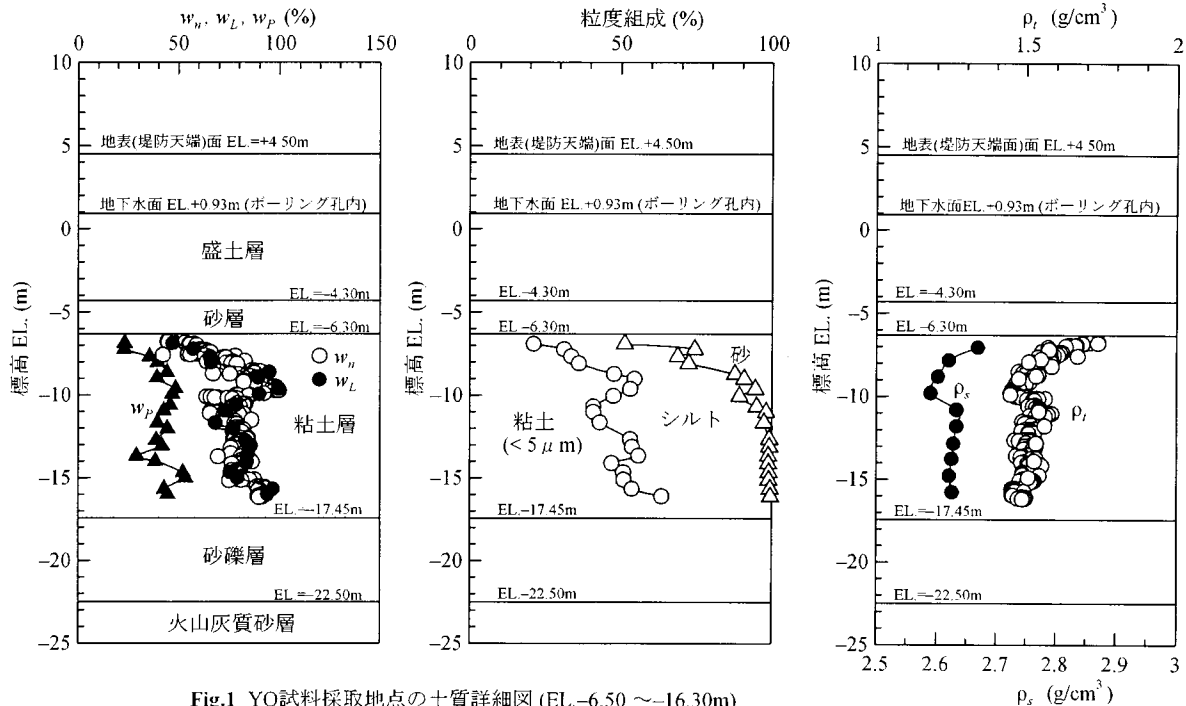


Fig.1 YO試料採取地点の土質詳細図 (EL.-6.50~-16.30m)

Profile of soil properties in EL.-6.50~-16.30m at the sampling site of the sample YO

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

** 太陽コンサルタンツ株式会社 (Taiyo Consultants Co., Ltd.)

*** 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, 強度増加率, 内部摩擦角, 圧密定体積一面せん断試験

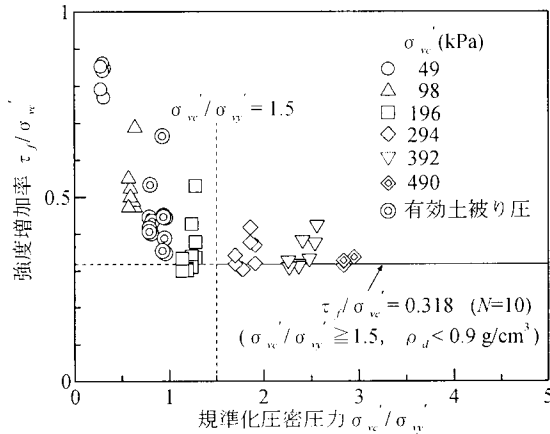


Fig.2 上層試料(EL.-6.50~10.30m)の強度増加率 τ_f/σ'_{vc} と規準化圧密圧力 $\sigma'_{vc}/\sigma'_{vy}$ の関係

Relation between rate of strength increase τ_f/σ'_{vc} and normalized consolidation pressure $\sigma'_{vc}/\sigma'_{vy}$ for the upper layer's samples in EL.-6.50~10.30m

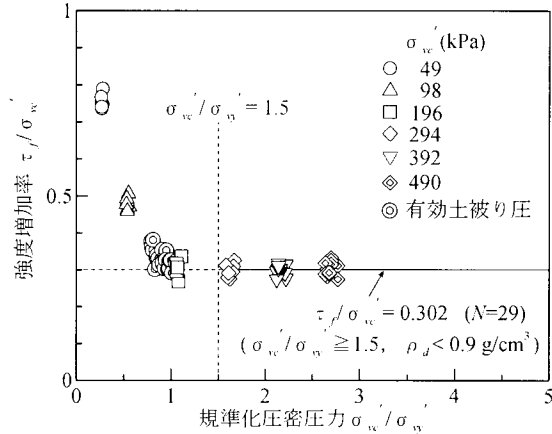


Fig.3 下層試料(EL.-10.50~16.30m)の強度増加率 τ_f/σ'_{vc} と規準化圧密圧力 $\sigma'_{vc}/\sigma'_{vy}$ の関係

Relation between rate of strength increase τ_f/σ'_{vc} and normalized consolidation pressure $\sigma'_{vc}/\sigma'_{vy}$ for the lower layer's samples in EL.-10.50~16.30m

による圧密試験から求めた圧密降伏応力 σ'_{vy} で規準化した圧密圧力 $\sigma'_{vc}/\sigma'_{vy}$ の関係である。これまでの研究(例えば, 東ら(2000))から有明粘土の場合, $\sigma'_{vc}/\sigma'_{vy} \geq 1.5$ となるように圧密すると, τ_f/σ'_{vc} がほぼ一定となり, 正規圧密粘土の強度・変形特性を示すことが明らかにされている。粒度組成の違いが比較的小さい下層の横島(YO)試料の場合(Fig.3), これまでの研究とほぼ同様な結果を示し, $\sigma'_{vc}/\sigma'_{vy} \geq 1.5$ では τ_f/σ'_{vc} の平均は0.302(データ数 $N=29$)となった。一方, 上層のYO試料の場合(Fig.2), $\sigma'_{vc}/\sigma'_{vy} \geq 1.5$ の範囲でも粒度組成の違いに起因する密度(または間隙比 e)の違いのため τ_f/σ'_{vc} の値のばらつきが大きい。後述するように乾燥密度 ρ_d が 0.90g/cm^3 未満であれば, τ_f/σ'_{vc} の値は, ρ_d の値に関係なくほぼ一定の範囲にあると見なすことができる(Fig.4参照)。上層のYO試料の場合, $\rho_d < 0.90\text{g/cm}^3$ であれば, τ_f/σ'_{vc} はほぼ一定の範囲(平均値は0.318($N=10$))に存在している。

Figs.4, 5には, それぞれ圧密後の応力状態が正規圧密状態と見なせる規準化圧密圧力 $\sigma'_{vc}/\sigma'_{vy} \geq 1.5$ の範囲における強度増加率 τ_f/σ'_{vc} , 内部摩擦角 $\phi'_1 (= \tan^{-1}(\tau_f/\sigma'_{vc}))$ と乾燥密度 ρ_d の関係を示している。

Fig.4に示す τ_f/σ'_{vc} は, $\rho_d=0.73\sim 0.90\text{g/cm}^3$ の範囲では, 多少ばらつき(0.28~0.34)は認められるが ρ_d に対してほぼ一定の範囲(平均は0.306($N=39$))にあり, $\rho_d=0.90\sim 1.21\text{g/cm}^3$ の範囲では ρ_d が増加するにつれて急激に大きくなっている。Fig.5に示す ϕ'_1 も τ_f/σ'_{vc} の場合と同様に, $\rho_d=0.73\sim 0.90\text{g/cm}^3$ の範囲でかなりのばらつき(22~33°)は認められるが, ρ_d に対してはほぼ一定の範囲(平均は27.0°($N=39$))にあり, $\rho_d=0.90\sim 1.21\text{g/cm}^3$ の範囲では ρ_d が増加するにつれて急激に大きくなっている。

4. まとめ 横島干拓堤防直下の有明粘土試料の圧密定体積(CU)一面せん断試験から求めた試料土の強度増加率 τ_f/σ'_{vc} は, 従来の報告と同様に段階载荷による圧密試験から求まる圧密降伏応力 σ'_{vy} の1.5倍以上の圧密圧力で圧密すると一定となること, および τ_f/σ'_{vc} と内部摩擦角 ϕ'_1 は, それぞれ乾燥密度 ρ_d が 0.90g/cm^3 以上の範囲では, ρ_d が大きくなるほど大となること分かった。最後に, 本研究で使用した試料土は, 九州農政局有明海岸保全事業所から提供いただいた。さらに, 本研究は, 平成17年度日本学術振興会科学研究費補助金(基盤研究(C), 課題番号15580215)の補助を受けました。付記して謝意を表します。

引用文献 東 孝寛, 高山昌照, 肥山浩樹, 永田和成(2000): 農業土木学会論文集, 第210号, 111~118.

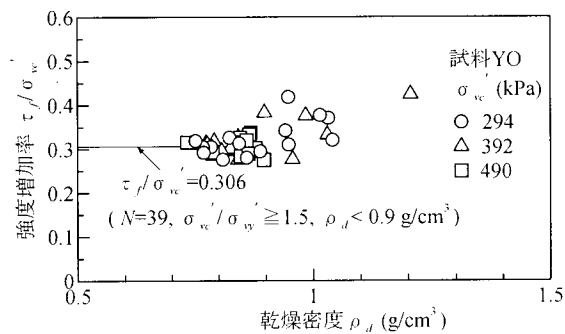


Fig.4 強度増加率 τ_f/σ'_{vc} と乾燥密度 ρ_d の関係
Relation between rate of strength increase τ_f/σ'_{vc} and dry density ρ_d

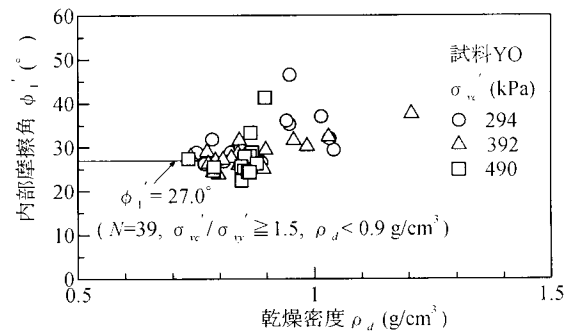


Fig.5 内部摩擦角 ϕ'_1 と乾燥密度 ρ_d の関係
Relation between internal friction angle ϕ'_1 and dry density ρ_d