

有明海東岸域に分布する有明粘土の一面せん断強度特性

Direct Shear Strength Characteristics of Ariake Clay in the Eastern Coastland of the Ariake Sea

古田良幸* 東 孝寛** 大坪政美** 肥山浩樹** 岡本大樹*

Furuta Yoshiyuki, Higashi Takahiro, Ohtsubo Masami, Hiyama Hiroki and Okamoto Daiki

はじめに 有明海沿岸部には、“有明粘土”と呼ばれる軟弱な沖積粘土層が厚く堆積している。有明粘土は、一般に粘土分含有量が50%以上である鋭敏な粘土であるが、東岸域に分布する有明粘土は、北岸・西岸域に分布する有明粘土より粘土分含有量が少ないことが知られている。これまで、東岸域に分布する有明粘土の強度特性について詳細に検討した研究は少ない。そこで、本研究では、菊池川河口近くの横島干拓地先(熊本県玉名郡横島町)においてシンウォールサンプリングした有明粘土(不攪乱および練返し試料)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た。

試料土の性質と実験方法 実験に使用した試料(YO 試料と呼ぶ)の採取深さは2.0~9.8m(標高 EL. - 3.62 ~ - 11.42m)である。地表(干潟)面(標高 EL. - 1.62m)から EL. - 3.92m までは砂層であり、それ以深は EL. - 17.62m まで粘土層である。試料の自然含水比 w_n は30~130%の範囲にあり、液性限界 w_L より高い。湿潤密度 ρ_t は $1.30 \sim 1.80 \text{ g/cm}^3$ の範囲である。また、粘土分含有量は8~53%の範囲にあるが、その大半は38~45%である。

実験は、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。ただし、反力板側での垂直力の測定は行っていない。供試体は、直径6cm、高さ2cmまたは3cm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、圧密圧力 σ'_v は、有効土被り圧および49, 98, 196, 294kN/m²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。なお、練返し試料は、自然含水比 w_n の状態で練返して作成した。

実験結果および考察 Fig.1は、各種非排水せん断強度の標高EL.による変化を示したものである。 S_{uv} はベーンせん断強度、 c_u は粘着力($=q_u/2$, q_u :一軸圧縮強度)、 f は有効土被り圧で圧密したときの一面せん断強度である。いずれの強度も標高EL. - 4.0m以深では、深くなるにつれて直線的に増加し、 f は全体的に見ると S_{uv} や c_u より大きく、 S_{uv} や c_u の最大値とほぼ一致している。また、EL. - 8, - 11m付近を除けば、 S_{uv} と c_u は比較的良好に一致している。強度の大小関係は $f > S_{uv} > c_u$ となり、諫早湾粘土の実験結果(柳橋, 2001)と同じである。

Fig.2は、採取深さが2~2.8, 9~9.8mであるYO-2, 9試料(不攪乱試料)についての圧密定体積(CU)一面せん断試験から求めたベクトルカーブである。YO-2試料の場合、図中に矢印()で示している極端に砂分が多い試料のベクトルカーブは他と異なり、せん断中に有効垂直応力 σ'_v が減少から増加に転じ、せん断応力 σ'_t は急激に増加し、強度増加率 $f / c'_u (= \tan \phi'_u)$ が0.63、内部摩擦角 ϕ'_u が41.9°と大きい。

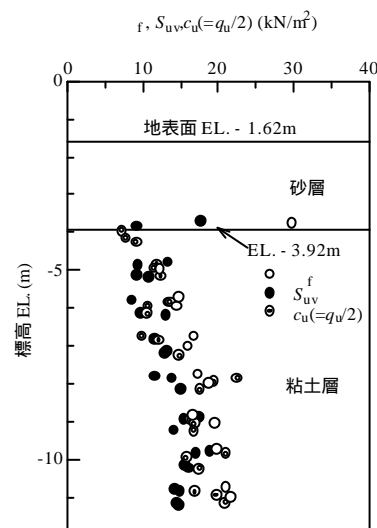


Fig.1 非排水せん断強度の標高EL.による変化
Variations of undrained shear strength with elevation at the sampling site

*九州大学生物資源環境科学府(Graduate School of Bioenvironmental Sciences, Kyushu University)

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

これに対して砂分が相対的に少ない他の試料 ($c'_v = 196, 294 \text{ kN/m}^2$) の場合, せん断中の有効垂直応力の増加はなく, f/c'_v が 0.36, i' が 36° と小さくなっている. 試料の初期状態が比較的そろっている YO-9 試料の場合, c'_v が 98 kN/m^2 以上のときは, 圧密終了時の応力状態が正規圧密状態となるため, c'_v の大きさに関係なくベクトルカーブは互いにほぼ相似な曲線になっている. 一方, $c'_v = 73.5 \text{ kN/m}^2$ のときは, c'_v が小さいほどベクトルカーブの立ち上がりは急になり, $c'_v = 98 \text{ kN/m}^2$ のときのベクトルカーブと相似になっていない. これは, 圧密終了時の供試体の応力状態が過圧密状態, あるいは過圧密状態に近いためである.

Fig.3 は, 不攪乱試料と練返し試料の強度増加率 f/c'_v , 内部摩擦角 i' および有効垂直応力比 f'/c'_v (f' : 破壊時の有効垂直応力) を, それぞれ圧密圧力 c'_v ごとに標高 EL. に対して示したものである. 両試料の f/c'_v , i' は EL. - 4 ~ - 6m の範囲では深くなるにつれて急激に減少している. これは, EL. - 4 ~ - 6m では, 深いほど試料に含まれる砂分が少なくなっていることに起因している. 不攪乱試料と練返し試料の f/c'_v , i' をデータ数の多い $c'_v = 196 \text{ kN/m}^2$ の場合で比較すると, f/c'_v , i' は練返し試料の方が不攪乱試料よりそれぞれ平均で約 16, 19% 大きい. しかし, 粘土分が 45% 以上の試料 (EL. - 7, - 8m 付近) では, 差異の程度が他より小さくなっている. また, 両試料の f'/c'_v は, c'_v の大きさに関係なく比較的よく一致し, 大半が 0.5 ~ 0.6 の範囲にある.

まとめ 有明海東岸域の横島干拓地先で採取した有明粘土の強度特性について検討した. その結果, 有効土被り圧で圧密したときの一面せん断強度 f は, 同一標高で見た場合, ペンせん断強度 S_{uv} や粘着力 c_u より大きく, S_{uv} や c_u の最大値とほぼ一致した. また, 標高 EL. - 4 ~ - 6m の範囲では, 試料の砂分含有量が減少するにつれて強度増加率 f/c'_v , 内部摩擦角 i' が小さくなること, および圧密圧力 c'_v が 196 kN/m^2 のときの練返し試料の f/c'_v , i' は, 不攪乱試料よりそれぞれ平均で約 16, 19% 大きいことが分かった.

最後に, 本研究は平成 14 年度科学研究費補助金(基盤研究(C)(2)), 課題番号 13660245) の補助を受けた. 付記して謝意を表します.

引用文献 柳橋寛一(2001): 諫早湾粘土の強度特性, 九州大学大学院生物資源環境科学研究科修士論文, 16 - 17.

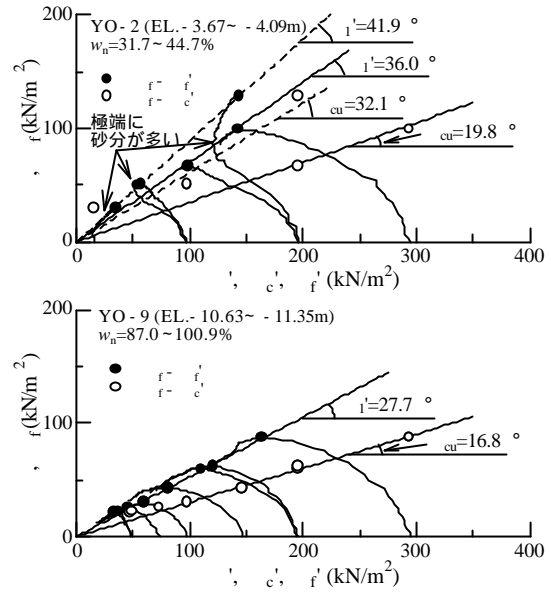


Fig.2 試料 YO - 2, 9 のベクトルカーブ
Vector curves of the samples YO - 2 and 9

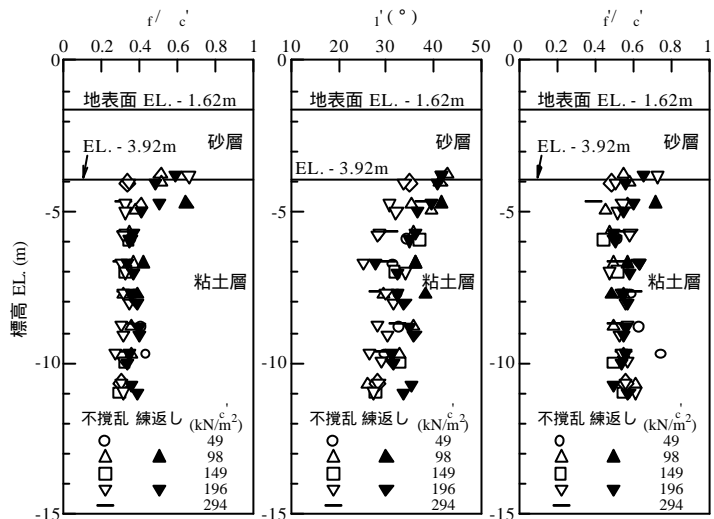


Fig.3 不攪乱・練返し試料の強度増加率 f/c'_v , 内部摩擦角 i' , 有効垂直応力比 f'/c'_v の標高 EL. による変化
Variations of the rate of strength increase, the internal friction angle and the effective normal stress ratio for the undisturbed and remolded samples with elevation at the sampling site