

有明粘土へのフォールコーン試験の適用

Applications of Fall Cone Test to Ariake Clays

マク シケン * 東 孝寛** 大坪 政美** 肥山 浩樹**
 Mak Tsz Kin, Higasi Takahiro, Ohtsubo Masami and Hiyama Hiroki

1. はじめに 自由落下させたコーンの貫入量から液性限界や非排水せん断強度などを求めるフォールコーン試験は、簡便かつ個人差が入りにくいという利点を有している。筆者らは、既にこのフォールコーン試験を粘土分含有量が多い有明海西岸域に分布する有明粘土（諫早湾試料）へ適用した結果を報告している（東ら，2002）。本文では、粘土分含有量が少ない有明海東岸域に分布する 2 種類の不攪乱有明粘土試料へ適用した結果を報告し、不攪乱有明粘土試料のコーン貫入量とベーンせん断強度の関係、および JIS 法（JIS A 1205）とフォールコーン法から求まる液性限界の関係について検討している。

2. 試料の性質と実験方法 実験には、福岡県の筑後川下流昭代干拓地先と熊本県の横島干拓地先で採取した不攪乱試料（それぞれ CH, YO 試料と呼ぶ）を使用した。CH, YO 試料の物理的性質をそれぞれ Figs. 1, 2 に示す。CH, YO 試料の自然含水比 w_n はそれぞれ 40~160, 30~140% の範囲にあり、液性限界 w_L より高くなっている。CH 試料の粘土分（ $<5\mu\text{m}$ ）含有量は 19~43% の範囲にあるが、その大半は 20~25% である。一方、YO 試料の粘土分含有量は 8~53% の範囲にあり、その大半は 38~45% である。YO 試料の粘土分含有量は CH 試料より多いが、有明海北岸域や西岸域に分布する有明粘土より少なくなっている。また、EL. -5m 以浅の CH 試料の場合、粘土分に富む層と砂やシルト分に富む層の互層になっているため、 w_n や湿潤密度 ρ_t の変動幅が EL. -5m 以深の CH 試料や YO 試料よりかなり大きい。

フォールコーン法による液性限界測定の際に使用した容器の形状は円錐台であり、上面内径 60mm、下面内径 50mm、深さ 25mm である。また、コーン貫入量 d の測定は、シンウォールチューブから試料土を内径 75mm、高さ 60 mm の円筒形アクリル容器に直接押し出し、表面を成形した後、フォールコーン法に準拠して 3 点で行った。試料土の非排水せん断強度は、コーン貫入量 d を測定した後、ベーンせん断試験（回転速度毎分 6° 、十字形ベーン（直径 16mm、高さ 32mm）を使用）によって測定した。

3. 実験結果および考察 Fig. 3 は、CH, YO 試料のベーンせん断強度 S_{uv} とコーン貫入量 d の関係である。図中の点線、実線は、それぞれコーンの貫入理論から求まる静的、動的貫入の場合の S_{uv} - d 関係をコーン表面が粗い場合と滑らかな場合について示したものである（甲本・加来，1986；甲本，

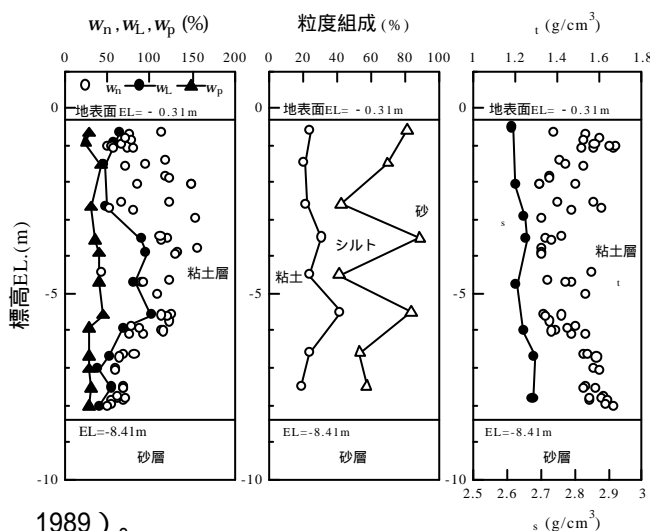


Fig.1 CH 試料の物理的性質
 Physical properties of sample CH

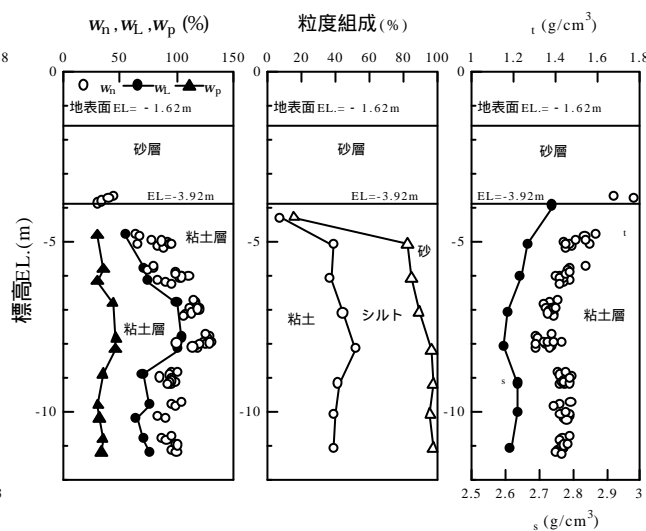


Fig.2 YO 試料の物理的性質
 Physical properties of sample YO

* 九州大学生物資源環境学科府 (Graduate School of Bioresource and 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, フォールコーン試験, コーン貫入量, ベーンせん断強度, 液性限界

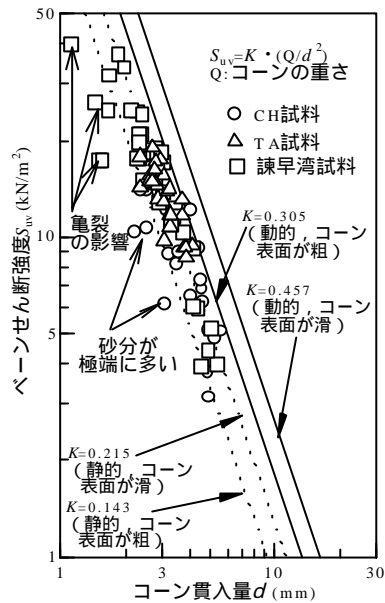


Fig. 3 ベーンせん断強度 S_{uv} と フォールコーン貫入量 d との関係
Relation between vane shear strength and cone penetration depth

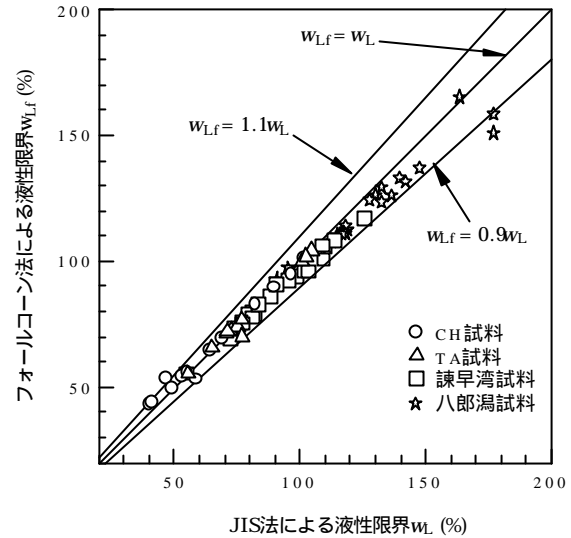


Fig. 4 フォールコーン法と JIS法との比較
Comparison between fall cone method and JIS method

図中には比較のため諫早湾試料の測定結果（東ら，2002）も示している。CH，YO 両試料の S_{uv} - d 関係は，CH 試料の砂分が極端に多い場合のデータ（図中に矢印（ ）で記す）を除けば，静的解析でコーン表面が滑らかな場合の S_{uv} - d 関係と比較的よく一致し，諫早湾試料の S_{uv} - d 関係とほぼ同じである。なお，図中に矢印（ ）を記した諫早湾試料のデータは，せん断開始直後にベーン先端付近から入った亀裂が短時間で容器壁面に達したため， S_{uv} が小さく評価されたと考えられる。また， S_{uv} - d 関係にコーンの貫入理論式 $S_{uv} = K(Q/d^2)$ を適用し，最小二乗法によって求めたコーン係数 K は 0.198（データ数 $N = 89$ ，相関係数 $r = -0.928$ ）となった。

Fig. 4 は，CH，YO 試料のフォールコーン法と JIS 法によって求めた液性限界（それぞれ w_{Lf} ， w_L とする）を比較したものである。図中には，比較のため粘土分含有量が多い諫早湾試料（東ら，2002）と秋田県八郎潟で採取した粘土（八郎潟試料）（岩永，2003）についての測定結果も示している。八郎潟試料の主要粘土鉱物は，有明粘土と同じスメクタイトである。CH 試料の w_L 50% のデータを除けば，CH，YO 試料のフォールコーン法によって求まる w_{Lf} は，JIS 法によって求まる w_L の 0.9 ~ 1.1 倍の範囲に入っている。 w_L 50% である CH 試料で w_{Lf} と w_L の差異が大きいのは，砂分が多いことに起因している。粘土分含有量が少ない CH，YO 試料の w_{Lf} ， w_L の値は， $w_L = 50 \sim 110\%$ の範囲においてほぼ一致している。一方，粘土分含有量が多い諫早湾試料と八郎潟試料の液性限界 w_{Lf} ， w_L は CH，YO 試料の w_{Lf} ， w_L より大きく，諫早湾試料では w_L 95%，八郎潟試料では w_L 100% の範囲において， w_L が大きくなるにつれて w_L の方が w_{Lf} より大きくなる傾向にある。このように，粘土分含有量の少ない CH，YO 試料と粘土分含有量の多い諫早・八郎潟試料の w_{Lf} - w_L 関係には若干の差異が認められる。

4. まとめ 不攪乱有明粘土のベーンせん断強度 S_{uv} とフォールコーン貫入量 d の関係は，コーン貫入理論から求まる静的解析でコーン表面が滑らかな場合の S_{uv} - d 関係と比較的よく一致した。また，粘土分含有量が一般的な有明粘土より少ない CH，YO 試料のフォールコーン法と JIS 法によって求めた液性限界は比較的よく一致したが，粘土分含有量が多い諫早湾・八郎潟試料では液性限界が 95 ~ 100% を超えると，JIS 法から求まる液性限界が大きくなる傾向があることが分かった。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 岩永敏宏（2003）：有明・八郎潟粘土の鉱物組成が工学的性質に及ぼす影響，九州大学大学院生物資源環境科学府修士論文。甲木達也，加来 研（1986）：フォールコーンテストによる粘性土の塑性限界の測定，佐賀大学農学部彙報，第 60 号，60 - 67。甲木達也（1989）：フォールコーンテストの動的解析，農業土木学会論文集，第 144 号，51 - 56。東孝寛，大坪政美，肥山浩樹，岡本大樹，金山素平（2002）：有明粘土（諫早湾粘土）へのフォールコーン試験の適用，平成 14 年度農業土木学会大会講演会講演要旨集，240-241。