

有明粘土の圧縮指数

Compression Index of Ariake Clays

○東 孝寛* 大坪政美* 肥山浩樹* 赤星宏一**

HIGASHI Takahiro, OHTSUBO Masami, HIYAMA Hiroki and AKABOSHI Kouichi

1. はじめに 軟弱な粘土地盤上に干拓堤防などの盛土構造物を築造すると、基礎地盤には側方流動や長期間継続する圧密変形が発生する。このような地盤の変形量を求める慣用の圧密沈下量計算法や有限要素法による圧密変形解析において、圧縮指数 C_c は最も重要なパラメーターの一つである。圧縮性が大きくかつ鋭敏な粘土である有明粘土の C_c については、これまで多くの研究が行われている。筆者ら (2002) も既に粘土分含有量が多い有明海北岸や西岸域に分布する有明粘土の C_c について報告している。

本文では、新たに行った粘土分含有量が少ない有明海東岸域の2種類の有明粘土試料についての圧密試験の結果と既存の圧密試験結果 (東ら, 2002) をもとに、有明粘土の圧縮指数 C_c について検討している。

2. 試料土の性質と実験方法 実験には、福岡県の筑後川下流昭代干拓地先と熊本県の菊池川下流横島干拓地先において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、昭代干拓地先で採取した試料土を筑後川試料 (試料 CH) (採取深さ 0~7.8m (標高 EL. -0.31~-8.11m)), 横島干拓地先で採取した試料土を横島試料 (試料 YO) (採取深さ 2.0~16.8m (EL. -3.62~-17.42m)) と記している。試料土の自然含水比 w_n 、塑性指数 I_p は、試料 CH でそれぞれ 40~170%, 5~60 の範囲、試料 YO でそれぞれ 30~130%, 25~75 の範囲であり、両試料土ともに w_n は液性限界 w_L より高い。粘土分 (<5 μ m) 含有量は、CH 試料で 20~45% (大半は 20~25%), YO 試料で 10~60% (大半は 35~55%) である。

圧密試験は、通常の段階荷重による圧密試験 (JIS A 1217) (以後、標準圧密試験と記す) であり、不攪乱試料と自然含水比 w_n の状態で繰返した試料について行った。採用した圧密圧力 p は、両試料土ともに 4.9~1,254.4kPa (一部は 627.2kPa) の範囲とした。なお、考察において使用した他の有明粘土試料の圧縮指数 (C_c) データは、諫早湾試料 (試料 A ($w_n=70\sim180\%$, $I_p=20\sim75$)), 試料 C ($w_n=85\sim155\%$, $I_p=40\sim85$), 試料 T ($w_n=80\sim180\%$, $I_p=35\sim70$)), 諫早湾表層試料 ($w_n=155\sim200\%$, $I_p=55\sim80$), および有明干拓試料 (佐賀県) ($w_n=60\sim170\%$, $I_p=20\sim75$) についての標準圧密試験から得たものである。

3. 実験結果および考察 Fig.1 は、試料 CH ($w_L=45\sim100\%$, $I_L=1.35\sim3.55$), 試料 YO ($w_L=55\sim105\%$, $I_L=1.15\sim1.8$), および諫早湾試料 A ($w_L=55\sim115\%$, $I_L=0.8\sim1.9$), 試料 C ($w_L=70\sim125\%$, $I_L=1.2\sim1.6$) の繰返し試料の圧縮指数 C'_c と w_L の関係である。図中には、藤川・高山 (1980) が繰返し有明粘土 ($w_L=55\sim140\%$, $I_L=1.1\sim1.7$) についての標準圧密試験から求めた C'_c - w_L 関係 ($C'_c=0.0077(w_L-10)$ …式(1)) を実線で示している。藤川・高山が提案した式(1)は、繰返し有明粘土の C'_c - w_L 関係を比較的よく表現している。

試料 CH, YO および諫早湾試料 A, C の繰返し試料の圧縮指数 C'_c と自然間隙比 e_n の関係を示したのが Fig.2 である。試料の違いに関係なく、 C'_c - e_n 関係は下に凸な固有の曲線となり、(両対数紙上で両者の関係が直線となることから) e_n のべき関数で精度よく近似できる。最小二乗法を適用して求めたべき関数式は、 $C'_c=0.168e_n^{1.180}$ …式(2) (データ数 $N=34$, 相関係数 $r=0.982$) である。図中には、朴・甲本 (2000) によって求められた繰返し粘土の C'_c と初期間隙率 n_0 (%表示) の関係を表す式である $C'_c=n_0/(555.6-6.1n_0)$ …式(3) と、 $n_0=100e_n/(1+e_n)$ の関係を利用して求まる C'_c - e_n 関係を示している。式(3)による C'_c の計算値は、 $e_n=1.5\sim4.5$ の範囲で実測値より 20~45%ほど大きな値を与えている。

Fig.3 には、試料 CH, YO および諫早湾、有明干拓試料の不攪乱試料と繰返し試料の圧縮指数比である C_c/C'_c と鋭敏比 S_t の関係を示している。 S_t は、原則として不攪乱試料と繰返し試料のペーンせん断強度比として決定したが、諫早湾試料 T, 表層試料の場合、不攪乱試料のせん断強度としてそれぞれ粘着力 $c_u (=q_u/2$, q_u : 一軸圧縮強度), 有効土被り圧で圧密したときの定体積一面せん断強度を用いた。また、採取深さがほぼ同じであっても不攪乱試料と繰返し試料の e_n に違いが認められたので、 C'_c は不攪乱試料の e_n から式(2)を用いて決定した。いずれの試料の C_c/C'_c も S_t が大きくなるにつれて大となる傾向を示しているが、固有の C_c/C'_c - S_t 関係は見いだせない。図中には、藤川・高山 (1980) によって得られた不攪乱有明粘土の C_c/C'_c - S_t 関係式である $C_c/C'_c=1+0.053(S_t-1)$ …式(4) ($S_t < 40$ の範囲に適用可) を実線で示している。 C_c/C'_c の実測値は、 $S_t \leq 25$ の範囲では式(4)より求まる値より大きく、 S_t に対する変化率は式(4)の場合より小さい。

全不攪乱試料の C_c - e_n 関係を示したのが Fig.4 である。粘土分含有量が多い有明海北岸域の有明干拓試料

*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, 圧縮指数, 段階荷重による圧密試験

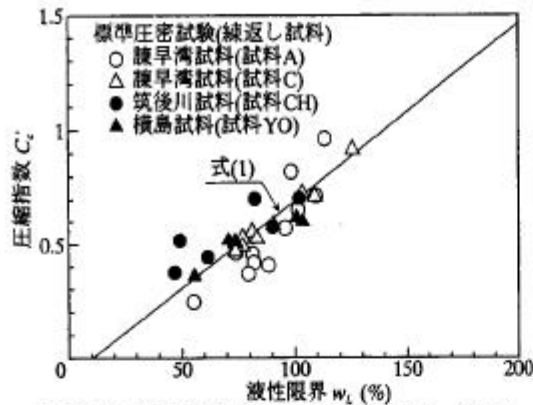


Fig.1 練返し試料の圧縮指数 C_c と液性限界 w_L の関係
Relations between compression index C_c and liquid limit w_L for remolded samples

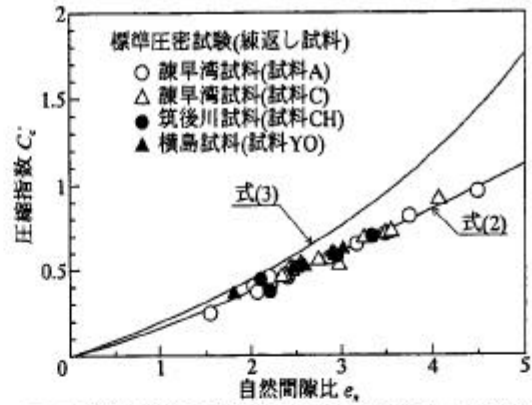


Fig.2 練返し試料の圧縮指数 C_c と自然間隙比 e_n の関係
Relations between compression index C_c and natural void ratio e_n for remolded samples

と西岸域の諫早湾試料(ただし、図中の破線で囲んでいる深さ0~4.5m付近の浅層部のデータ(大半は諫早湾表層試料(深さ0~1.6m)のデータ)を除く)、および粘土分含有量が最も少ないCH試料、両試料の間であるYO試料の C_c - e_n 関係は、互いに曲率が異なる下に凸な曲線となり、 C_c - e_n 関係と同様に e_n のべき関数で比較的精度よく近似できる。 $\log C_c$ - $\log e_n$ 関係に最小二乗法を適用して求めたべき関数式は、有明干拓・諫早湾試料で $C_c = 0.343 e_n^{1.328}$... 式(5) ($N=64, r=0.944$), CH試料で $C_c = 0.0745 e_n^{2.615}$... 式(6) ($N=12, r=0.963$), YO試料で $C_c = 0.272 e_n^{1.387}$... 式(7) ($N=20, r=0.977$) である。

このように、浅層部を除いた不攪乱有明粘土の C_c は、練返し有明粘土の場合と同様に自然間隙比 e_n に強く規定され、式(4)から予測される S_t の影響は比較的小さい。以上の結果は、Fig.3における C_c/C'_c の S_t に対する変化率が比較的小さいことと整合している。なお、深さ0~4.5m付近の浅層部の有明粘土の C_c が、 e_n が大きい割に小さいのは、骨組み構造の発達程度が低いことに起因すると考えている。

4. まとめ 練返し・不攪乱有明粘土試料についての段階載荷による圧密試験結果から、練返し有明粘土および浅層部を除いた不攪乱有明粘土の圧縮指数 C_c は、自然間隙比 e_n に強く規定され、 C_c - e_n 関係は e_n のべき関数で比較的精度よく近似できること、および不攪乱有明粘土の C_c - e_n 関係は、粘土分含有量の影響を受けることが分かった。

最後に、本研究で使用した土質試験結果の一部は、九州農政局有明海岸保全事業所ならびに同玉名横島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14年度日本学術振興会科学研究費補助金(基盤研究(C)(2)、課題番号13660245)の補助を受けました。付記して謝意を表します。

引用文献 藤川武信, 高山昌照(1980): 有明粘土の圧縮指数 -有明粘土の土質工学的性質について(2)-, 農業土木学会論文集, 第88号, 47-56. 朴鐘華, 甲本達也(2000): 攪乱粘土の圧縮特性, 農業土木学会論文集, 第205号(第68巻第1号), 13-17. 東 孝寛, 大坪政美, 肥山浩樹, 金山素平, 赤星宏一(2002): 有明粘土の圧縮指数についての一検討, 第83回農業土木学会九州支部講演集, 215-216.

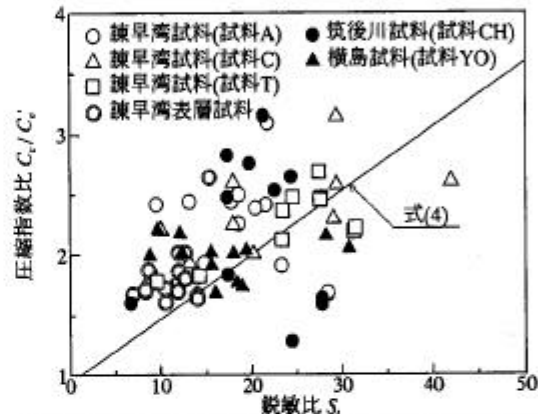


Fig.3 不攪乱試料の圧縮指数比 C_c/C'_c と鋭敏比 S_t の関係
Relations between compression index ratio C_c/C'_c and Sensitivity ratio S_t for undisturbed samples

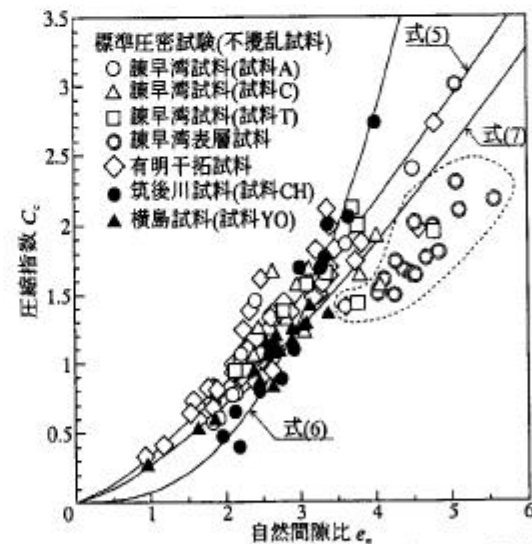


Fig.4 不攪乱試料の圧縮指数 C_c と自然間隙比 e_n の関係
Relations between compression index C_c and natural void ratio e_n for undisturbed samples