

名古屋大学（正）中野正樹・浅岡顕・野田利弘

名古屋大学（学）中井健太郎 丹羽慎一 細野俊司 ○柴原友樹

日本道路公団（正）稲垣太浩

1. はじめに

本報告では、軟弱地盤上の高速道路盛土が長期・大沈下を起こしている一つの原因として、土骨格構造の程度と劣化を取り上げ、サンプリングした不攪乱粘土試料とその再構成試料について標準圧密試験・三軸圧縮試験を実施し、圧縮・圧密・せん断特性を把握し考察した。

2. 伊勢粘土地盤の層ごとの物性

試験に用いた試料は、「伊勢粘土」と呼ばれ、伊勢自動車道伊勢 IC の盛土のり尻から約 20m 離れた素地（田面）部分からサンプリングした不攪乱試料である。その地層構造を図 1 に、物性を表 1 に示す。なお、Ac1 は陸成粘土であり、Ac2、Ac3 層は海成粘土である。また、この現場では、長期間の沈下計測が行われており、時間沈下曲線を図 2 に示す。建設当初の一次元圧密による e 法の予測では、供用 5 年後の残留沈下が 82cm、供用 10 年後の残留沈下が 25cm としていたのに対し、実際はそれぞれ 82cm、109cm と予想を大きく上回った。また図 2 より、Ac1、Ac2 層の沈下はほぼ終了しているが、Ac3 層は沈下が継続しており、長期沈下の原因が Ac3 層にあると考えられる。

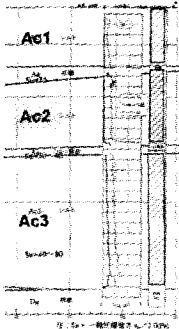


図 1 地層図

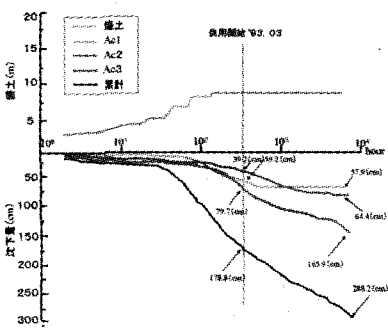


図 2 時間沈下曲線

表 1 各種物性(伊勢粘土)

	比重 ρ_s	液性限界 $w_l(\%)$	塑性限界 $w_p(\%)$	塑性指数 I_p
Ac2層	2.89	70.1	52.41	17.69
Ac3層	2.89	99.3	54.81	44.49

3. 長期沈下が観測される層(Ac3 層)とそうでない層(Ac2 層)の力学挙動の違い

Ac2、Ac3 層それぞれについて、不攪乱・練り返し試料を用意し、圧縮・圧密、せん断挙動の違いを示す。その結果から、初期の土骨格構造の程度、そして劣化の違いを把握する。

3.1 標準圧密試験による Ac2、Ac3 層の圧縮・圧密特性の把握

Ac3 層、Ac2 層の練り返し・不攪乱試料について標準圧密試験を実施し、それぞれの $v \sim \log \sigma_v$ 関係 (v は比体積のことで、 $1+e$ 、 e は間隙比) を図 3,5 に、載荷 24 時間後での $C_\alpha = \Delta e / \Delta \log t$ を図 4,6 に示す。練り返し試料は、液性限界付近からそれ以下の含水比でこね返しながらか圧密箱にセットした。また本報告で定義する「構造」とは、 $v \sim \log \sigma_v$ 空間における、完全練り返し試料の正規圧密曲線に対する、同一鉛直応力での比体積の違いのことで、より大きな比体積であるほど「構造」は高位となる。

3.1.1 Ac3 層

図 3 より、不攪乱試料は、「構造」の程度が大きいことが分かるが、鉛直応力の増加に伴い、「構造」が喪失してゆき、練り返し試料の圧縮線に漸近している。このように構造の喪失が大沈下をもたらすことがわかった。図 4 より、不攪乱試料は、鉛直土被り圧付近で C_α は最大となり、その後減少し、荷重増加とともに、つまり構造の喪失とともに、一定値に近づいている。高位な構造を有する粘土は C_α が大きく、沈下が長期に継続することがわかる。また、練り返し試料は、どの荷重段階においても不攪乱試料の最終段階と同一値であることから、初期段階から構造の程度は、低位にあったと考えられる。

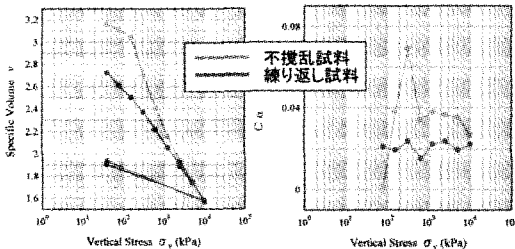


図 3 $v \sim \log \sigma_v$ (Ac3 層)

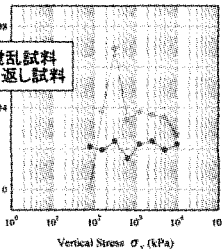


図 4 $C_\alpha \sim \log \sigma_v$ (Ac3 層)

3.1.2 Ac2 層

図 5 より、不攪乱試料と練り返し試料の圧縮線はほとんど同じである。またこれらの圧縮線は Ac3 層の練返し試料とほとんど同じことから、Ac2 層は、構造の程度の小さい粘土層であることがわかる。さらに、図 6 より、どの試料も、どの荷重段階においても C_α が 0.02 程度で、Ac3 層の練返し試料と同じ傾向を示している。このことから、Ac2 層は、初期段階から構造の程度が低位であったと考えられる。

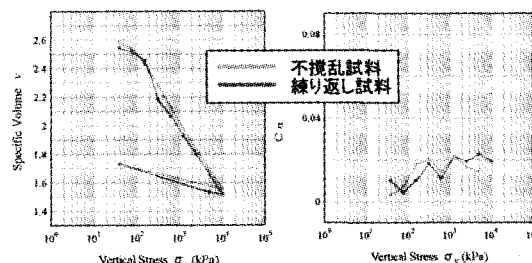


図 5 $v \sim \log \sigma_v$ (Ac2 層) 図 6 $C_\alpha \sim \log \sigma_v$ (Ac2 層)

3.2 非排水三軸圧縮試験による Ac2、Ac3 層のせん断特性の把握

せん断特性を把握するために Ac3 層、Ac2 層の再構成・不攪乱試料の非排水三軸圧縮試験結果をそれぞれ図 7, 8 に示す。なお、載荷速度はすべて $6.9 \times 10^{-3} \text{ mm/min}$ である。また再構成試料とは、粘土の液性限界の 2 倍程度の含水比でスラリー状に攪拌し、鉛直応力 $\sigma_v = 196 \text{ kPa}$ で一次元圧密した試料のことである。

3.2.1 Ac3 層

図 7 の $q-p$ 関係を見ると、Ac3-0.25 は、初期に p' の増加を伴いながら q も増加し、共にピークを迎えた後、 p' の減少に伴いながら q も減少している。これは、「巻き返し」と呼ばれ、構造を持った過圧密粘土特有の挙動である。

Ac3-1、Ac3-3 は、初期に p' の減少を伴いながら q が増加し、共にピークを迎えた後、 p' の減少に伴いながら q も減少している。この時供試体に脆性破壊は生じていないことを観察しており、構造を持った正規圧密粘土の軟化挙動と考えられる。

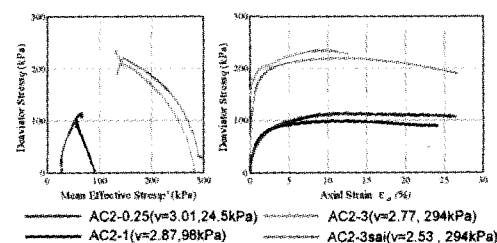


図 7 不攪乱試料と再構成試料の排水せん断挙動の比較 (Ac3 層)

3.2.2 Ac2 層

図 8 の $q-p$ 関係を見ると、Ac2-0.25 は、初期に p' の増加を伴いながら q も増加し、共にピークを迎え終了した。これは、正規圧密粘土特有の挙動である。Ac2-1、Ac2-3 も、初期に p' の減少を伴いながら q が増加し、共にピークを迎え終了した。これも、正規圧密粘土特有の挙動である。なお、Ac2-3 と Ac2-3sai の再構成粘土の挙動が非常に一致していることから、Ac2 層の粘土は、構造の程度が低い粘土と考えられる。

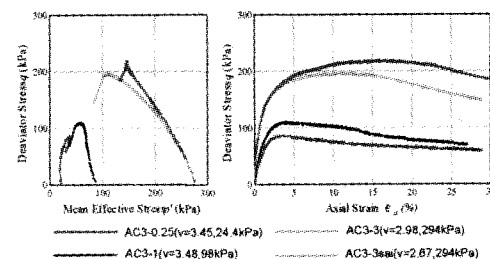


図 8 不攪乱試料と再構成試料の排水せん断挙動の比較 (Ac2 層)

3.3 おわりに

今回実施した、標準圧密・非排水三軸圧縮試験から、伊勢粘土 Ac2 層の構造の程度は小さいが、伊勢粘土 Ac3 層の構造の程度は大きいことが確認できた。この結果から、現場観測での盛土の沈下は、Ac3 層の粘土が高位な構造を有するため、その劣化に伴い、長期に亘る大沈下が起こっていると説明できる。

参考文献

- 1) 中野, 浅岡, 野田, 中井(2003): 自然堆積・再構成・練り返し粘土の「構造」の程度に関する弾塑性力学に基づく考察, 第 38 回地盤工学研究発表会講演集, p.281-282.
- 2) Asaoka, A., Noda, T., Yamada, E., Kaneda, K. and Nakano, M. (2002): "An elasto-plastic description of two distinct volume change mechanisms of soils," *Soils and Foundations*, Vol. 42, No. 5, pp. 47-57.