

Ⅲ-A206

人工的セメンテーションが粘性土の圧縮・せん断挙動に与える影響

芝浦工業大学 (正) 足立格一郎

○(学) 坂本充央 (学) 小林亮

(学) 岩崎等 堀直己(現 NTT)

1 はじめに

粘性土の圧縮特性・非排水せん断特性を支配する主要な要素は、①セメンテーションに代表される粘土粒子の接触点構造、②間隙比 e 、③粒径・粒子形状・粒子の表面特性など粘土の種類による要素、などが挙げられる。ここでは、上記①、②の2要素に注目し、東京沖積粘土(有楽町層下部層)を用い、化学的固結物質を添加して人工的にセメンテーションを与えた改良土、室温および高温にて再構成した試料、および不攪乱試料に対して、その力学的挙動を比較・検討する実験的研究を行った。

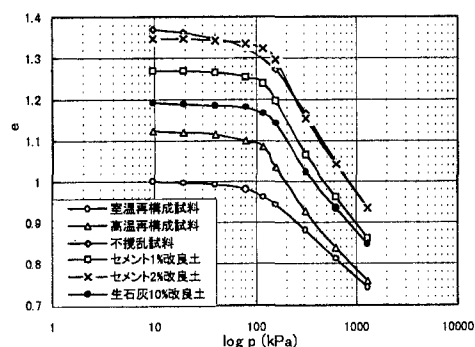
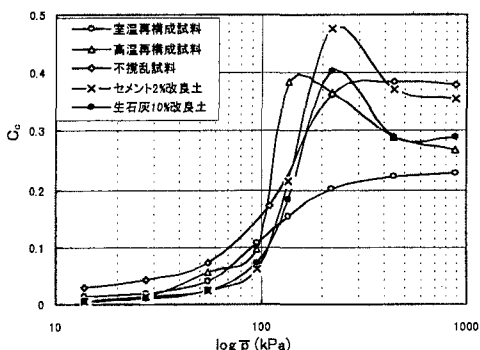
2 試料作成方法および試験方法

本研究で用いた母材試料は、有楽町層下部層粘土($\rho_s=2.65\text{g/cm}^3$, $w_L=40.6\%$, $w_p=23.8\%$, $I_p=16.8$)である。試料作成方法は425 μm のふるいを通させた母材試料を $2w_L$ の含水比状態に調整した後、両面排水の一次元圧密装置を用いて、室温および高温再構成試料(以下 R 試料、H 試料とする)はそれぞれ25 $^{\circ}\text{C}$ 、75 $^{\circ}\text{C}$ に保ち再構成した。また改良土に関しては乾燥重量に対して $W/C=100\%$ に調整した普通ポルトランドセメントを1%、2%、3%、あるいは生石灰を5%、10%になるように加え、予備圧密した。なお、標準圧密試験用供試体は93.1kPa(深度10.4mの不攪乱試料: $\sigma'_v=93.1\text{kPa}$ に対応)、CIU試験用供試体は96.5kPa(深度11.4mの不攪乱試料: $\sigma'_v=96.5\text{kPa}$ に対応)の圧密圧力にて試料を作成した。

これらの試料の圧縮特性を把握するために標準圧密試験を行い、さらに不攪乱試料とセメント改良土(セメント添加率2%)のせん断特性を調べるために圧密非排水三軸圧縮試験(CIU試験)を行った。CIU試験においては $\phi 35\text{mm} \times H70\text{mm}$ の円柱供試体に対し、所定の圧密圧力(63.7kPa(過圧密領域)、107.8、196.0、284.2kPa(いずれも正規圧密領域)の4パターン)で周面排水により等方圧密した後、歪速度0.1%/minで非排水せん断を行った。

3 実験結果と考察

A. 標準圧密試験: 図-1は各試料の $e-\log p$ 曲線である。同じ圧密圧力下においてH試料および改良土はR試料よりも大きな間隙比を保持している。また圧密降伏応力 p_c も大きな値を示している。その傾向は改良土の方がより顕著であり、セメント2%改良土においては不攪乱試料とほぼ同様な圧縮挙動を示している。図-2はR試料、H試料および改良土の $e-\log p$ 関係の特徴を定量化するために各圧密圧力段階ごとに圧縮指数 $C_c(=\Delta e/\Delta \log p)$ をプロットしたものである。R試料にピーク値は見られないがH試料お

図-1 $e-\log p$ 曲線図-2 $C_c-\log p$ 曲線

キーワード: 人工的セメンテーション・高温効果・圧密試験・圧密非排水三軸圧縮試験・粘土の骨格構造
連絡先: 〒108-8548 東京都港区芝浦3-9-14 TEL 03-5476-3048 FAX 03-5476-3166

よび改良土は p_c の 1.2～1.8 倍の圧密圧力で明確なピーク値が存在する。

これらの背景には、H 試料は間隙水中のイオン濃度の増加に伴う凝集作用などの物理化学的作用、また改良土は添加剤から溶出される陽イオンにより粘土が凝集しさらにそれらが反応生成物により架橋されることによって、それぞれ強固な骨格構造を有する試料になっており、過圧密状態においてはこれらの高温効果および人工的セメンテーション効果が間隙比の大きな状態で安定した構造を保持させているが、正規圧密状態においてはこれら初期の構造が破壊され、圧密による間隙比の減少が粘土の挙動を支配する主要素になるものと思われる。

B. CIU 試験：表-1 に各試験条件ごとの非排水せん断開始時の間隙比 e_c およびピーク強度 $(\sigma_1 - \sigma_3)_{\max}$ 、残留強度 $(\sigma_1 - \sigma_3)_{\text{res}}$ を示す。これらより各圧密圧力に共通して改良土の方が不攪乱試料よりも間隙比が大きいことが分かる。また図-3 に $p'-q$ 平面における応力経路を示す。図-3 より、改良土は不攪乱試料よりも間隙比が大きいにもかかわらずほぼ同じ経路をたどっている区間が存在することが分かる ($\sigma'_c = 284.2$ kPa 以外に関して)。これは、この区間においては、改良土は人工的セメンテーションによって形成された骨格構造が確保されており、年代効果を受けた不攪乱試料の骨格構造よりも強固なものとなっていたためであると考えられる。しかし、その区間以降、改良土は不攪乱試料よりも左側にその経路を移行していくが、これはせん断が進行して行くにしたがって人工的セメンテーションによる骨格構造が崩れていくためであり、破壊に至る過程において、改良土の土粒子構造が不攪乱試料のそれよりも大きく変形していることを意味している。

また、破壊基準線に注目すると、ピーク強度は不攪乱試料の方が大きくなっている（但し、 $\sigma'_c = 284.2$ kPa ではほぼ同じ）が、破壊基準線の傾きは改良土の方が大きくなっている。これは、人工的セメンテーション効果が失われた後も、土粒子間に残存する反応生成物が土粒子の挙動を制御する方向に働いているためであり、これにより土粒子間のせん断抵抗が大きくなっているものと考えられる。

4 まとめ

- ①.改良土は p_c を境に異なった圧縮挙動を示す。圧密圧力が p_c よりも小さな応力レベルでは人工的セメンテーション効果が発揮され圧縮が抑制されるが、 p_c を超えると急激に圧縮が進行する。しかし、さらに大きな応力レベルにおいては、その圧縮性（圧縮指数 C_c ）は一定の傾向に落ち着いていく。
- ②.改良土のせん断挙動は、人工的セメンテーションにより形成された骨格構造が保持され得る応力レベルまでは間隙比に依存しない挙動を示すが、その応力レベルを超えると主として間隙比に依存した挙動を示す。
- ③.改良土のせん断抵抗は、土粒子間に残存する反応生成物が土粒子の挙動を制御する方向に働くため、不攪乱試料の破壊基準線を越えて破壊に至る（ ϕ' が大）。

【参考文献】 笠間・落合他：人工固結粘土の圧縮特性について 土木学会第 51 回年次学術講演会 pp.380～381

表-1 間隙比および強度比較表

σ'_c (kPa)	試料	e_c	$(\sigma_1 - \sigma_3)_{\max}$ (kPa)	$(\sigma_1 - \sigma_3)_{\text{res}}$ (kPa)
63.7	不攪乱	1.224	86.1	62.1
	改良土	1.368	82.9	66.5
107.8	不攪乱	1.135	119.9	101.9
	改良土	1.299	97.6	94.7
196.0	不攪乱	1.081	177.4	168.5
	改良土	1.186	154.5	147.6
284.2	不攪乱	1.004	229.5	200.6
	改良土	1.089	231.0	224.2

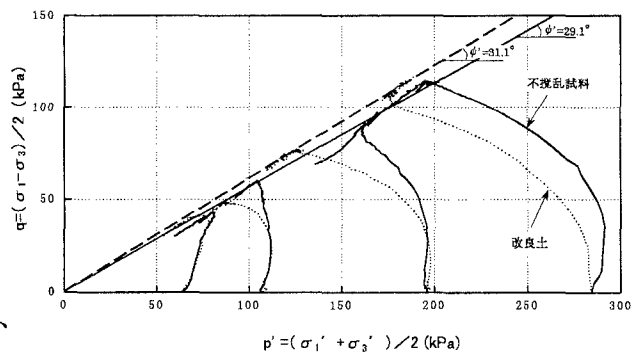


図-3 有効応力経路