

粘性土の圧密中における土構造変化について

京都大学工学部 嘉門雅史, 金剛一智, ○冨所達哉

1. はじめに

粘性土の圧密現象は土の力学における基本的な問題であり、著者らはこれまでこの圧密機構を微視的土構造の変化として理解することの重要性を明らかにしてきた。¹⁾ 本報告では、粘性土の圧密において、一次圧密終了時にマスとして均一であるべき土試料が、排水面からの距離によってその土構造に差異が生じている²⁾であろうとの予測のもとに、この点を微視的土構造の挙動の面から定量的に明らかにすることを目的とする。

2. 圧密試験

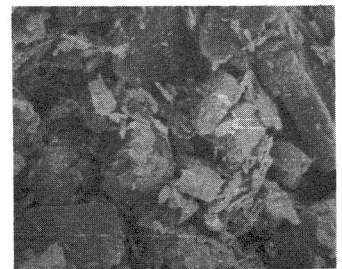
本研究においては、粘性土の構造の変化を観察しやすいように単一粘土鉱物であるカオリナイト (ASP 400) を使用した。この試料の基礎的性質は、比重 2.770, $LL=44.3\%$, $PL=29.0\%$, $PI=15.3$, 比表面積 $8.4m^2/g$ である。試料としてのカオリナイトは含水比を約 86.3% (LL の約 1.95 倍) に調整し、十分練返す。最終圧密荷重は 0.2, 0.4, 0.8, 1.6, 3.2, 6.4, 12.8 kgf/cm^2 の 7 種類とし、載荷方法は急速載荷とし、Terzaghi の圧密理論における圧密度 $U=100\%$ の段階までの圧密試験を行った。また、標準圧密リング (径 60mm, 高さ 20mm) の下底面を非排水状態とした片面排水条件で圧密試験を行い、この非排水面をもって両面排水の場合の中央部に代えた。このような圧密試験により得られた試料のうち、圧密荷重が 0.2, 0.4, 0.8, 3.2, 12.8 kgf/cm^2 の 5 種類の試料を構造観察用試料とし、7 種すべての試料について含水比の分布の測定を行った。

3. 走査型電子顕微鏡 (S.E.M.) による土構造の観察と定量的評価の手法

圧密試験後の試料から、排水面付近、中央部付近のそれぞれについて検鏡試料を作製する。また、観察面は荷重方向 (最大主応力方向) に平行な面とし、拡大倍率は 5000 倍に統一した。電子顕微鏡写真の一例を写真-1 および写真-2 に示す。電顕写真を用いた定量的解析にあたって、土の構造単位としては松尾・嘉門らによるベッド¹⁾の挙動を追うこととし、このベッドの鉛直方向定方向径 V と水平方向定方向径 H の比としての定方向径比 $\log (V/H)$ とベッド面積 S を指標としている。

4. 土構造の解析結果

各圧密荷重における排水面付近と中央部付近での平均定方向径比 $\log (V/H)$ と平均ベッド面積 S をそれぞれ図-1, 図-2 に示した。これらの図において、縦軸上方の矢印は非圧密試料における値を示す。図-1 によれば、同一圧密荷重において、排水面付近のほうが中央部付近よりもマイナス方向への偏りが大きい傾向が顕著であるが、これは前者のほうがベッドの水平方向 (荷重方向と直交する方向) への配向がより卓越していることを意味している。また、圧密荷重の大小による両者の変化の差はみられない。図-2 によれば、圧密荷重の増大に伴って排水面付近、中央部付近ともにベッド面積は減少していき、ばらつきはあるものの同

写真-1 排水面付近試料
圧密荷重 12.8 kgf/cm^2 写真-2 中央部付近試料
圧密荷重 12.8 kgf/cm^2

一荷重においては、排水面付近のほうが中央部付近よりややベッド面積は小さい傾向がみられる。また、荷重の大小による両者の差は、 0.2kg/cm^2 のものでは大きいものの他はわずかである。

圧密された粘性土の排水面付近と中央部付近とでこのような構造的変化の差異が生ずる原因は次のように考えられる。すなわち、一次元圧密過程における等時曲線で説明されるように、排水面付近と中央部付近とでは有効応力の作用する時間とその増加の機構が異なるため、土の構造に変化を生じさせるエネルギーが両者の間に差を有することに起因している。

4. 含水比の分布の測定結果

含水比の分布は図-3のように圧密試験後の供試体の高さ方向（最大主応力方向）にワイヤーソーで4等分に切り出した各標本から測定される。この測定結果を図-4に示す。この図で横軸は供試体の鉛直方向の位置にとり、①は排水面付近を表し、④が中央部付近にあたる。この結果によれば、圧密された粘性土試料内の含水比の分布は排水面からの距離による差異がみられない。過去にMesri³⁾も一次圧密終了段階の供試体内の含水比の分布は均一であるとの報告を行っており、本報告で示した結果と一致している。ところで、前述の微視的土構造の変化についての解析結果と含水比の測定結果とは矛盾しているが、これは次のように考えられるであろう。S.E.M.による写真撮影は試料の非常に微小な領域（たとえば排水面付近試料は排水面より $100\mu\text{m}$ 程度まで）を対象としているのに対し、含水比の分布測定において図-3に示される一層の標本の厚さは3~4mm程度となる。すなわち、S.E.M.による構造観察に比べて、含水比の測定はたいへんマクロを扱いとなることに起因するものと思われる。

5. あとがき

本報告においては、微視的立場からのアプローチによって圧密された粘性土試料の排水面付近と中央部付近との土構造の差異が明らかにされたものの、巨視的立場からのアプローチからはその差異がみられなかった。その主因は排水距離が2cmという小さな試料によるものと予想され、今後の課題として残された。本研究に際して御指導いただいた京都大学名誉教授松尾新一郎先生、同教授 赤井浩一先生に深く感謝いたします。

※ 参考文献

- 1) S. Matsuo & M. Kamon; Microscopic Study on Deformation and Strength Characteristics of Clay Soil, Proc., 9th ICSMFE, Vol. 1, 1977, pp.201-204
- 2) N.K. Tovey & K.N. Wong; The Microfabric of Deformed Kaolin, Jour. Microscopy, Vol. 120, Pt. 3, 1980, pp.329-342
- 3) G. Mesri & P.M. Godlewski; Time-and Stress-Compressibility Interrelationship, Closure, Proc., ASCE, Vol. 105, GT1, 1979, pp.106-113

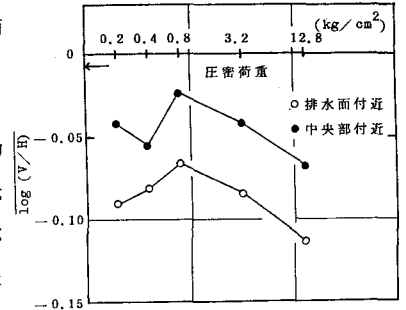


図-1 平均定方向性比 ($\log(V/H)$)

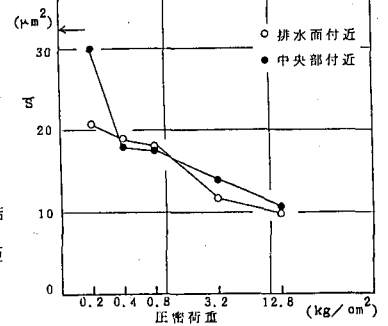


図-2 平均ベッド面積 (S)

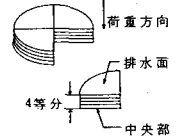


図-3 含水比の分布測定用標本の採取法

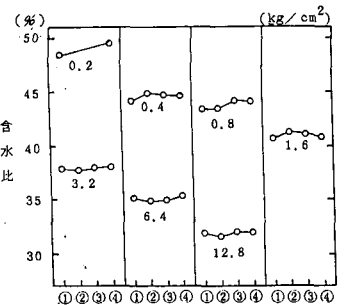


図-4 試料内含水比の分布 (鉛直方向)