

III-A 173

広範な応力レベルにおける粘性土の圧縮挙動に関する研究

大阪大学工学部 学生会員 楊 光環
 大阪大学工学部 正会員 松井 保
 大阪大学工学部 正会員 小田 和広

1. まえがき

粘性土は微細な粘土粒子から構成されているため、表面活性が大きく、複雑かつ多様な圧縮特性を示す。すなわち、水中における沈降・自重圧縮状態がその一つの端的なものであり、他方、泥岩および頁岩などの生成過程にみられるように地質学的高圧下に置かれることもある。しかし、粘性土の圧縮挙動に関する工学的見地からの研究については、そのほとんどが10kgf/cm²以下の応力レベルを対象としたものであり、低圧から高圧までの広範な応力レベルにおける圧縮挙動に関する系統的な研究例は少ない。本報告では、均質な粘土粒子から構成されるカオリン粘土と練返しおよび不攪乱状態における海底堆積粘土に対し、低圧から高圧まで（0.2kgf/cm²から1000kgf/cm²）の圧密試験を行い、広範な応力レベルにおける粘性土の圧縮挙動について検討している。

2. 試験機の概要

(1) 圧密リング

従来より、固定式のリングを用いる圧密試験では供試体とリング間の側面摩擦力の影響が大きな問題になっていた。これまで、側面摩擦力の低減に関して数多くの研究が行われてきたが、本研究では浮動式リングを使用するとともに、リング内面をテフロン加工し、さらにシリコングリースを塗布することにより側面摩擦力の低減を図った。圧密リングの概略を図-1に示している。リングは内径60mm、高さ100mmであり、約1600kgf/cm²の高圧にも耐えられるように設計されている。

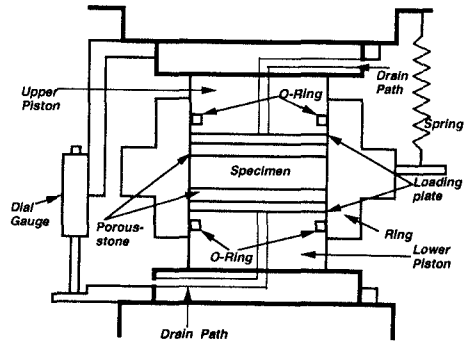


図-1 圧密リングの概要

(2) 載荷装置

低圧から高圧まで圧密試験を行うために、本研究ではそれぞれの応力レベルに対応した3つの載荷装置を用いた。低圧載荷装置は内径10cm、中圧載荷装置は内径45cmのエアーシリンダーがそれぞれ載荷棒上部に設置されており、低圧載荷装置では0.2～15kgf/cm²、中圧載荷装置では20～300kgf/cm²までの荷重をピストンを介して供試体上面に作用させることができる。一方、高圧載荷装置は空気圧を油圧に変換するエアーハイドロ方式によって300～1600kgf/cm²までの圧力を発生させることができる。また、この試験装置では空気圧の供給開始から10秒以内に所定の載荷重に達し、その後の試験中は、マグネットリレーによって一定の圧力を保つことができる。

3. 試料

表-1は試験に用いた試料の物理特性を示している。カオリン粘土については液性限界の2.5倍の含水比で十分に練返し後、1.0kgf/cm²の圧力で再圧密し、供試体を作成した。練返し試料は大阪市内において採取された沖積粘性土を液性限界の約2倍の含水比で練返し、1.0kgf/cm²の圧力で再圧密し、供試体を作成した。また、関西国際空港島から採取された洪積粘土（Ma12）が不攪乱供試体として用いられている。供試体の寸法は標準圧密試験と同じくφ60mm×h20mmである。

表-1 試料の物理特性

試料	比重	液性限界(%)	塑性限界(%)
カオリン粘土	2.62	88.2	28.3
練返し粘土	2.69	98.9	38.1
不攪乱粘土 (Ma12)	2.67	102.4	32.1

4. 試験方法

試験は供試体をリング内に設置した後、予圧密を行いながら水頭差によって供試体の底面から上面に通水させ排

水経路を飽和させた。荷重方法については、カオリン粘土、練返し粘土No.1および不攪乱粘土は荷重増分比1によって、また、練返し粘土No.2は荷重増分比1.5によって行った。圧密時間はいずれも24時間とした。荷重装置を変更する場合には、当該装置での最終圧密段階の終了後、除荷を行い一日膨張させた後、次の荷重装置に移すこととした。

5. 圧密試験結果および考察

(1) e-logp 関係

図-2は各試料における e-logp 関係を示している。カオリン粘土の e-logp 関係は McConnachi による試験結果¹⁾と同じく正規圧密領域においてはほぼ直線な関係を示している。練返し粘土の e-logp 関係は正規圧密領域において 50kgf/cm²程度の圧力レベルまではほぼ直線的であるが、それ以上の応力レベルでは応力の増加とともに傾きが小さくなっている。不攪乱粘土の e-logp 関係は、圧密降伏直後に急激に曲線の傾きが増加するいわゆる年代効果を示す。曲線の傾きは応力の増加とともに減少しており、カオリン粘土や練返し粘土の場合のような e-logp 曲線の直線な関係は認められなかった。ただし、1000kgf/cm²付近ではすべての e-logp 曲線はユニークな関係に収れんしていくように見える。また、練返し粘土 No.1 および No.2 の試験結果から荷重増分比が e-logp 関係に与える影響については認められなかった。

(2) 圧縮指数

図-3は各粘土の圧縮指数と圧力の関係を示している。カオリン粘土および練返し粘土の圧縮指数は、圧密降伏直後から大きくなり約 8.0kgf/cm²の圧力レベルにおいてほぼピーク値を示す。約 8.0 kgf/cm²以上の応力レベルではカオリン粘土の圧縮指数はほぼ一定であるのに対し、練返し粘土のそれらは圧力の増加とともに減少している。一方、不攪乱粘土の圧縮指数は圧密降伏応力付近の応力レベルでピーク値を示し、その値はカオリン粘土および練返し粘土の圧縮指数のピーク値の2倍以上に達している。不攪乱粘土の圧縮指数は圧力の増加と反比例して減少し、1000kgf/cm²付近ではカオリン粘土とほぼ同じ値になっている。

(3) 二次圧密係数

図-4は各粘土の二次圧密係数と荷重の関係を示している。カオリン粘土と練返し粘土の二次圧密係数は圧密降伏後から徐々に大きくなり、10kgf/cm²前後の応力レベルでピーク値を示す。それ以上の応力レベルではカオリン粘土の二次圧密係数は一定であるが、練返し粘土の二次圧密係数は荷重圧が 100kgf/cm²程度より大きくなると減少している。また、不攪乱粘土の二次圧密係数は圧密降伏応力を超えるとピーク値を示し、圧力の増加とともに単調に減少する。しかし、1000kgf/cm²付近でもカオリン粘土や練返し粘土の二次圧密係数の2倍程度の値を保っている。

以上の実験結果から均質な土粒子からなるカオリン粘土と自然練返し粘土や不攪乱粘土の圧縮特性の間に差異が認められ、特に高圧領域においてもなお圧縮特性の差異が存在している。

【参考文献】

1) McConnachi : Fabric change in consolidated Kaolin, Geotechnique, Vol.24, No.2, pp207~222, 1974

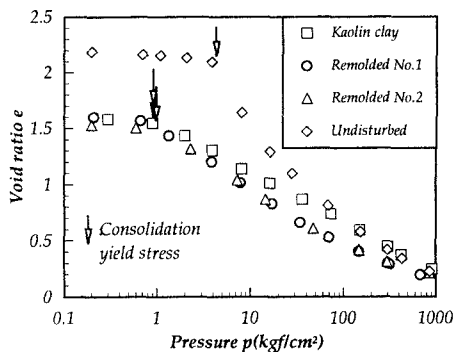


図-2 e-logp関係

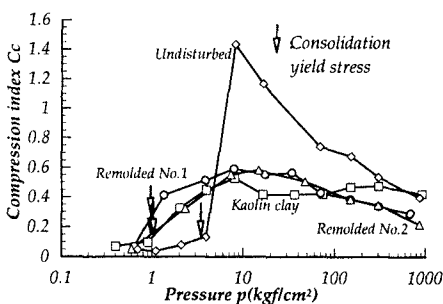


図-3 Cc-logp関係

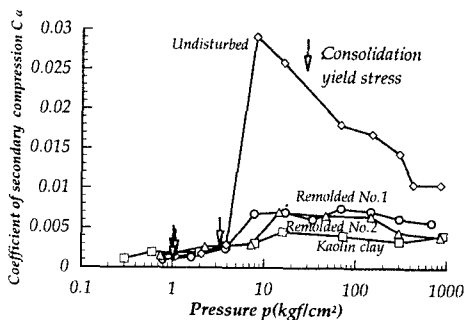


図-4 Ca-logp関係