

長期間載荷を受けた粘土の圧密特性

広島大学 工学部 正 員 網干 寿夫
 同 正 員 中ノ堂 裕文
 応用地質(株) 正 員 与那嶺 満
 広島大学大学院 学生員 ○ 福原 和顕

1. は え が き

現在受けている荷重よりも大きい荷重を受けたことのない正規圧密粘土であっても、長期間の載荷を受けてきたものは、過圧密粘土とよく似た挙動をすることが知られ、擬似過圧密粘土と呼ばれている。このような粘土は沖積粘土や比較的若い上部洪積粘土にみられ、近年、その各種特性について研究され始めてはいるが、明らかとなっていないことが多い。そこで、擬似過圧密粘土の圧密特性について Bjerrum の概念をもとに検討を行なってみた。

2. 試料および試験方法

今回使用した試料は広島粘土であり、1965年より広島大学工学部千田町キャンパス内において行なわれてきた大型の圧密試験後の試料である。これは最終段階の荷重 0.8kgf/cm^2 を載荷後、約15年間もの長期にわたって圧密され続けたものである。試料の物理的特性を表1に示す。

試験装置は分割型一次元圧密装置を使用した。本装置は、層厚 10cm の供試体を五層に分け各層に一樣に載荷を行ない各層ごとの沈下量および各層間の間隙水圧を測定することが可能なものである。

表 1 試料の物理的特性

比 Gs	液性限界 L, L (%)	塑性限界 P, L (%)	塑性指数 P, I (%)
2.67	86.5	43.5	43.0

試験は、約 10cm の片面排水として、 0.8kgf/cm^2 、 1.6kgf/cm^2 、 3.2kgf/cm^2 の荷重をそれぞれ一万分載荷した。

3. 結 果

図1は、 0.8kgf/cm^2 で長期間の載荷を受けた試料と受けていない試料の標準圧密試験による $e-\log P$ 関係を示したものである。約15年間の長期圧密によって圧密降伏応力は、 $1.3 \sim 1.5\text{kgf/cm}^2$ に増加している。擬似先行圧密荷重の原因としては、二次圧密によるものとセメンテーションによるものなどが挙げられるが、図2のCRS試験の結果を見ても特徴的な飛び出しは見られず、大部分が二次圧密によるものであると思われる。図2は、分割型一次元圧密試験・CRS試験結果による $e-\log P$ 関係を示したものである。

通常の圧密試験の結果は、各荷重段階における最終状態の (e, P) を連ねたものとして、図1のような曲線として与えられるが、分割型一次元圧密試験の結果によると、実際にはもっと複雑であることがわかる。荷重 $1.6 \sim 3.2\text{kgf/cm}^2$ の範囲では正規圧密領域であるにもかかわらず、パスは上に凸となっており一見過圧密的な挙動を示しており、Berre and Iversenら(1967)も報告している。このような、正規圧密領域での過圧密的なパスについて Bjerrum の概念に基づいて検討してみる。

有効応力の変化により生じる間隙比の変化(instant compression)を de_i 、有効応力不変で生じる間隙比の変化(delayed compression)を de_d とすると、間隙比の変化は、

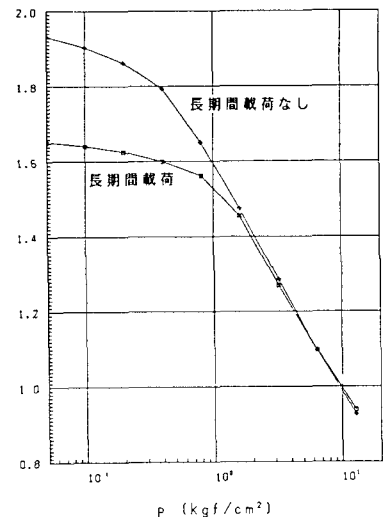


図 1

$$de = de_r + de_c = \left(\frac{\partial e}{\partial \sigma} \right) \cdot d\sigma + \left(\frac{\partial e}{\partial t} \right) \cdot dt$$

で与えられる。ここに $(\partial e / \partial \sigma)$ 、 $(\partial e / \partial t)$ は材料定数で前者は弾性変形剛性、後者はクリープ速度を表している。Bjerrumの概念によると後者は e - $\log P$ 曲線の右側にくる程大きくなる。段階载荷において初期には一次圧密により試料の有効応力が短期間に増加し第一項が支配的となるが、有効応力の増加とともにクリープ速度が大きくなり圧密沈下は前式二項が支配的となってくる。圧密の後半部では有効応力の増加速度が小さくなるので e - $\log P$ におけるパスの勾配が大きくなり、最終的に間隙水圧が消散し有効応力がほぼ一定となった後には前式一項は消失しパスは鉛直となる。

図2に、クリープ試験により求めた二次圧密速度 $C_{\alpha} = \Delta e / \log t = 0.017$ と標準圧密試験 e - $\log P$ 曲線の正規部分 ($t=1440$ min) より決定した等時曲線を Bjerrum にならって示してある。また各等時曲線上におけるひずみ速度を図中に示す。

図3は、分割型一次元圧密試験結果による de/dt - P 関係である。各荷重段階における圧密終了時のひずみ速度は、図1のa点 (0.8 kgf/cm^2) で $\dot{e} = 2 \times 10^{-5} \text{ /min}$ 、b点 (1.6 kgf/cm^2) で $\dot{e} = 2 \times 10^{-5} \text{ /min}$ 、c点 (3.2 kgf/cm^2) で $\dot{e} = 6 \times 10^{-5} \text{ /min}$ 、また有効応力がほぼ一定とみなせる点、 1.6 kgf/cm^2 の段階での圧密後半部d点においては $\dot{e} = 4 \times 10^{-4} \text{ /min}$ 、 3.2 kgf/cm^2 の段階での圧密後半部e点においては $\dot{e} = 8 \times 10^{-4} \text{ /min}$ である。正規圧密状態にある点b、c、d、eはほぼ図1の等時曲線上でのひずみ速度と一致するようであるが、点aでは、15年lineよりも左側にあるにもかかわらず15年line上でのひずみ速度と比較して非常に大きいひずみ速度を示している。これは、試料採取にあたって大きな除荷過程を経たためであると考えられる。

Bjerrumは経路に依存性を持たない状態関係として等時曲線を提案したが、正規部分についてはほぼ妥当であると思われる。

また今回、長期間の载荷を受けていない試料についても同様に試験を行なったが、圧密降伏応力を越えた後、すなわち、 $1.6 \sim 3.2 \text{ kgf/cm}^2$ の段階では、長期間の载荷を受けたものと大きな違いは見られなかった。したがって、擬似過圧密領域を過ぎれば、長期間载荷の影響はなくなることができる。

参考文献

- 1) Bjerrum, L. (1967): "Engineering geology of Norwegian normally-consolidated marine clay as related to settlement of buildings" *Geotechnique* 17 PP. 81-118
- 2) Bjerrum, L. (1973): "Problem of soil mechanics and construction soft clay and structurally unstable soils" *Proc. 8th ICSMFE Vol. 3* PP 111-159

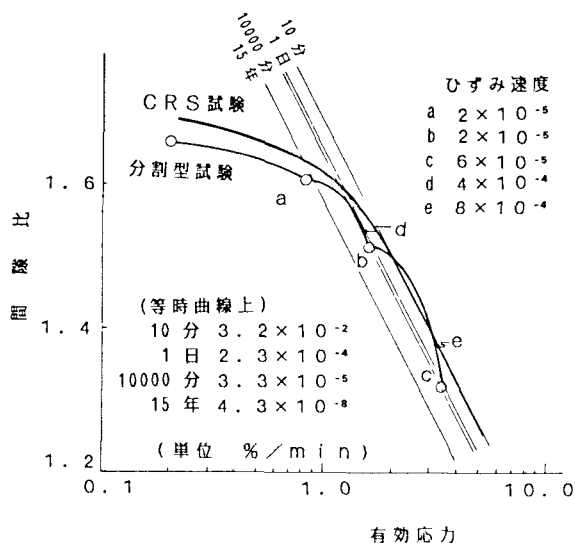


図 2

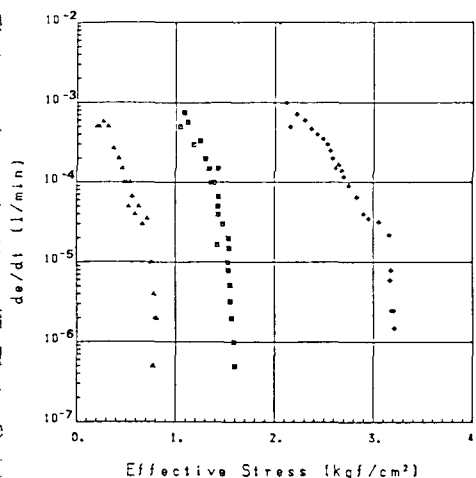


図 3