

III-103

自然粘土の $e - \log p$ 関係に関する一考察

運輸省港湾技術研究所

正会員 土田 孝

1. はじめに

自然に堆積した粘土はセメンテーションや二次圧密などの年代効果によって、室内で短時間に再圧密して作成した粘土と異なる力学特性を示す。筆者は、スラリー状の粘土を高温で再圧密することによって自然粘土と類似した力学特性を示す再圧密粘土が作成できることを報告している^{1), 2)}。本報告は、これらの試験結果より、年代効果を有する粘土の $e - \log p$ 関係について考察したものである。

2. 高温再圧密粘土、自然粘土の $e - \log p$ 関係と室温再圧密粘土の $e - \log p$ 関係の比較

図1は、高温および室内で再圧密した粘土の $e - \log p$ 曲線を比較したものである²⁾。図には、同じ液性限界を示す不攪乱大阪湾粘土の $e - \log p$ 曲線を併せて示してある。図をみると、高温で再圧密した試料は室温で再圧密した試料よりも初期間隙比が大きく、 p_c の1.5~2倍付近での大きな圧縮性を示す。しかし、高温再圧密粘土、不攪乱粘土とも、圧密圧力が十分大きくなると $e - \log p$ 関係は一致する傾向を示している。

図1で示された高温再圧密試料、不攪乱試料と室温再圧密試料の違いは、次のように説明できると考えられる²⁾。

- ・高温再圧密および不攪乱試料の場合は、セメンテーションによって形成された構造のために、同じ圧密圧力に対して間隙比が高い状態で安定する傾向がある。
- ・ p_c を越えて圧密することにより構造が壊れ、試料は大きな圧縮性を示す。圧密圧力がさらに大きくなると、構造が無い場合の $e - \log p$ 関係に収束する。

3. $e - \log p$ 関係のモデル

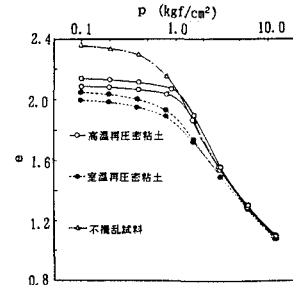
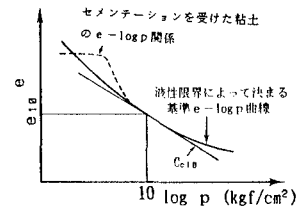
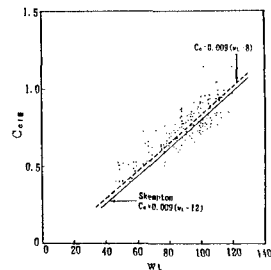
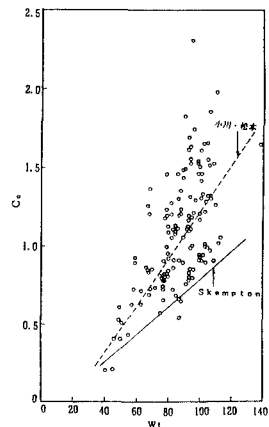
図1の試験結果より、セメンテーションによる構造を有する粘性土の $e - \log p$ 関係について次のようなモデルを考えた(図2)。

- (1) セメンテーションの影響が無い場合、粘性土の $e - \log p$ 関係は液性限界 w_L によって決まる基準曲線に一致する。
- (2) 基準曲線においては、体積比 $f (= e + 1)$ の自然対数と $\log p$ が直線関係にある。
- (3) セメンテーションによる構造を有する場合は、試料の間隙比は基準曲線による間隙比よりも大きくなる。しかし、圧密降伏圧力の5~6倍まで圧密すると構造の影響は消失し、 $e - \log p$ 関係は基準曲線に一致してくる。

4. 大阪湾粘土におけるモデルの適用性

以上の仮定の妥当性を調べるために、大阪湾泉州沖の沖積粘土と洪積粘土(深度5~300m)の不攪乱試料の標準圧密試験結果約200例を用いて次の作業を行った。

①標準圧密試験の結果から求められた $e - \log p$ 曲線をスプライン関数で補間する。

図1 $e - \log p$ 曲線の比較図2 $e - \log p$ 関係のモデルの説明図図3 C_{c10} と w_L の関係図4 C_c と w_L の関係

② p_c の5～6倍の圧密圧力で $e - \log p$ 関係は基準曲線上にあると仮定し、このときの間隙比 e と圧縮指数 $C_c (= \Delta e / \Delta (\log p))$ を用いて基準曲線を決定する。

③ 決定した基準曲線によって、圧密圧力が 10 kgf/cm^2 のときの圧縮指数 C_{c10} と間隙比 e_{10} を計算する。

図3は、このようにして求めた C_{c10} と試料の液性限界 w_L の関係である。図をみると、 C_{c10} と w_L は非常によい相関を示している。比較のため図4には、 $\Delta e / \Delta (\log p)$ の最大値として C_c を定義したときの w_L と C_c の関係を示した。図3と図4をみると、 w_L に関する相関は C_{c10} の方が C_c よりもはるかに良好である。これは、 C_{c10} がセメンテーションの影響を取り除き、一定の圧密圧力 (10 kgf/cm^2) に対応する圧縮指数であるためと考えられる。また、図よりスケンプトンの式 $C_c = 0.09 (w_L - 12)$ は、 C_{c10} に対して比較的良好に当てはまることがわかる。

図5は、基準曲線における $p = 10 \text{ kgf/cm}^2$ における間隙比 e_{10} と w_L の関係である。図をみると、 e_{10} と w_L の関係は C_{c10} と w_L の関係ほどではないが明らかに相関が見られる。

図3と図5のより、つぎの実験式を求めることができる。

$$C_{c10} = 0.009 (w_L - 8) \quad (1)$$

$$e_{10} = 0.90 (w_L + 18) \quad (2)$$

式(1)、(2)を用いると、液性限界に対して基準曲線を決定することができる。図6にその一例を示した。なお、LambeとWhitemanの教科書にある同様のグラフを比較のため点線で示している。

一般に、自然粘土における年代効果としては、主にセメンテーションと二次圧密(ベラムによれば遅延圧密(Delayed Consolidation))とが考えられる。図7は、基準曲線の $e - \log p$ 関係に対してセメンテーションと遅延圧密が与える影響を整理したものである。図のように、セメンテーションによって粘性土の間隙比 e と圧力 p の関係は基準曲線の右側にシフトするが、遅延圧密や荷重履歴的作用によって e と p の関係は基準曲線の左側に位置するようになる。したがって、原位置における間隙比と土被り圧力の関係が基準曲線の右側に位置する場合、地盤はセメンテーションを受けた正規圧密aged粘土地盤であると考えられる。これに対して、基準曲線の左側に位置する場合は、荷重履歴を受けた過圧密粘土あるいは遅延圧密による疑似過圧密粘土であると推定される。

液性限界 w_L と土被り圧力 p_0 によって基準曲線から求められる間隙比を e_{std} とする。図8は大阪湾泉州沖粘土において、原位置での初期間隙比 e_0 と e_{std} とを比較したものである。図のように、ほとんどの点において e_0 は e_{std} よりも大きい、このことは大阪湾泉州粘土が正規圧密aged粘土であることを示していると考えられる。

参考文献

- 1) 土田, 小林, 水上, 田中(1989): 高温再圧密による海成粘土の年代効果の再現, 港研報告, Vol. 28, No. 1, pp. 121-147
- 2) 土田, 水上, 小泉, 及川(1990): 高温で再圧密された大阪湾粘土の力学特性について, 第25回土質工学研究発表会, 岡山

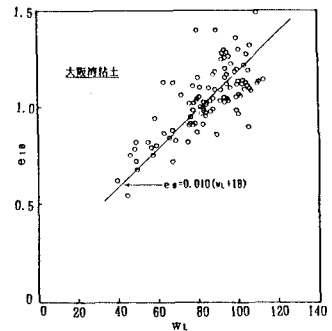


図5 e_{10} と w_L の関係

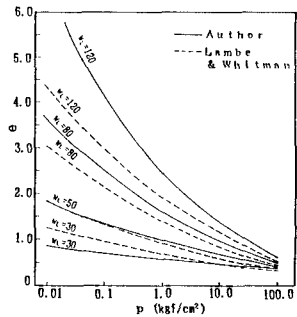


図6 $e - \log p$ の基準曲線

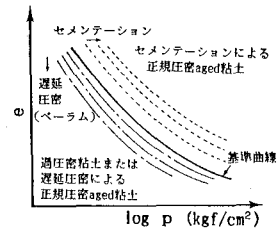


図7 セメンテーションと遅延圧密

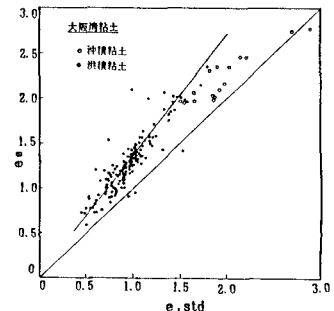


図8 e_0 と e_{std} の比較