

プレローディング工法によって改良された粘土地盤の長期沈下

広島大学 正会員 森脇 武夫
 広島大学 正会員 加納 誠二
 広島大学 学生会員 ○岩本 晃敏

1. はじめに

軟弱な粘土地盤をプレローディング工法によって改良する場合、事前に載荷する荷重の大きさや撤去時期、残留沈下量や残留沈下速度の算定が重要となる。しかし粘土の持つ複雑な圧密挙動が考慮されていない従来の算定法では正確な二次圧密挙動が予測できない。そこで、吉國が提案した一次元弾粘性圧密理論を用いて、プレローディング工法によって改良された粘土地盤の残留沈下の予測法を確立するための基礎的研究として、層別計測型圧密試験によって除荷・再載荷を受ける粘土の圧密挙動を明らかにするとともに、弾粘性圧密理論を用いた有限差分解析を行い、実験結果と比較し、理論の適用性を検討した。

2. 実験及び解析方法

本試験では密閉型圧密試験器（供試体：直径 60mm、高さ 20mm）を 5 個連結し、全体の層厚を 10cm として片面排水状態で圧密試験を行い、各供試体ごとの沈下量及び各試験器間の間隙水圧を計測し、載荷・除荷・再載荷を受ける粘土の内部の圧密挙動を把握する。試料には広島湾内で採取した沖積粘性土を室内で繰り返し、49kPa にて予圧密したものを用いる。解析は、標準圧密試験機を用いて行った急速載荷圧密試験および長期圧密試験によって得られた試料の弾粘性パラメータを入力して、次に示す弾粘性圧密方程式を差分法し、実験と同じ条件に対して有限差分解析を行う。なお、行った各 Case の載荷条件を表 1 に示す。

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{k(1+e_0)}{m_v \gamma_w} \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} + \frac{1+e_0}{m_v \gamma_w} \frac{\partial k}{\partial z} \frac{\partial u}{\partial z} + \frac{dp}{dt} + \frac{\gamma'z + p - u}{m_v \eta} \quad (1)$$

表 1 各 Case の載荷条件

Case No.	初期圧密荷重 σ_0 (kPa)	事前圧密荷重 σ_p (kPa)	除荷荷重 (kPa)	最終圧密荷重 σ_f (kPa)	除荷時圧密度 U(%)
Case1	156.8	313.6	-156.8	—	—
Case2	156.8	—	-156.8	205	—
Case3	156.8	313.6	-156.8	205	60
Case4	156.8	313.6	-156.8	205	90

3. 結果及び考察

図 1 と図 2 に各実験 Case 及び各解析 Case の圧密曲線を示す。これらの図では初期間隙比等の違いによるばらつきをなくすため、沈下量を圧密開始時の層厚 H_0 で除したひずみで表している。また、事前圧密荷重による圧密度の違いが残留沈下の進行に与える影響を比較するために、図 3 と図 4 に除荷時圧密度 60% の Case3、図 5 と図 6 に除荷時圧密度 90% の Case4 の再載荷時を時間軸の原点とするのそれぞれの各層別の圧密曲線を示す。なお、これらの図では排水面側を No.1、非排水面側を No.5 としている。また、事前圧密荷重の除荷直前時の Case3、4 の間隙水圧の分布図を図 7 に示す。

図 1、2 より、両者とも除荷時の圧密度が大きいほど再圧密時の残留沈下量が小さくなるのがわかる。また残留沈下挙動について、図 3、4 より、60% 圧密達成時に除荷を行った Case3 では、最終圧密荷重によって再圧密された後も無視できないほどの残留沈下が認められる。特に非排水面に近い要素の圧密曲線は、その終期においてクリープ的な曲線ではなく、屈曲の見られる圧密曲線を描いている。一方、図 5、6 の 90%

圧密達成時に除荷を行った Case4 では、どの要素も再載荷後しばらくは沈下がほとんど認められないが、長時間経過するとわずかながら再び沈下が起こり始めている。図7の残留間隙水圧の分布図では、Case4 ではどの部分もほぼ消散して事前圧密荷重のほとんどが有効応力として作用しているが、Case3 では間隙水圧は層中央部より底面にかけて、荷重増分のほぼ半分が残留していることがわかる。つまり、非排水面近くの要素は除荷時の有効応力が小さくなるため、最終圧密荷重に対して正規圧密粘土に近い状態となる。そのため圧密度の低い粘土では、再載荷後これらの部分の沈下によって大きな残留沈下が生じることになる。よって事前圧密荷重の除荷時期は沈下量から求めた圧密度で判断せず、過剰間隙水圧の消散程度で判断すべきと考える。

実験結果と解析結果を比較すると、初期条件に違いがあるために各層毎のひずみ量に違いが見られるが、各層別の圧密挙動の傾向や間隙水圧の分布をみると両者の間に大きな違いは見られない。そのため、本研究で行った解析は広島粘土の圧密挙動をほぼ正確に表現できたと判断できる。性質の異なる粘土についても同じように適用できるかどうか確かめる必要はあるが、弾粘性圧密理論が実地盤の除荷・再載荷挙動の予測に適用可能と思われる。

4. 結論

- 1) 事前圧密荷重によって最終圧密荷重による最終沈下量を上回る圧密量を得ても、その圧密期間が短期であるほど再載荷後の残留沈下量は大きくなる。そのため、除荷時期を沈下量から求めた圧密度で判断するのは妥当ではない。
- 2) 広島粘土の挙動は弾粘性圧密理論によってほぼ忠実に再現できた。よって事前圧密工法によって改良された実地盤の長期間にわたる残留沈下の予測にも弾粘性圧密理論は有効であると思われる。
- 3) 残留沈下の主な原因は、事前圧密荷重の除荷時に残留した過剰間隙水圧が長期間にわたって消散するためで、工期が限られている場合は過剰間隙水圧の消散を促進するドレーン工法の併用が必要となる。
- 4) 除荷・再載荷を受けて過圧密状態になった粘土層でも時間が経過すると再び沈下を開始する。この残留沈下速度は粘土の持つ粘性係数に依存するため、粘性の低い粘土地盤の残留沈下を極力抑えたい場合には、サンドコンパクションパイル工法等によって粘性の高い地盤に変える置換工法が必要である。

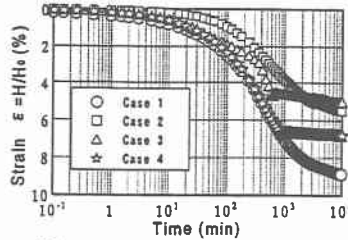


図1 各実験Caseの圧密曲線

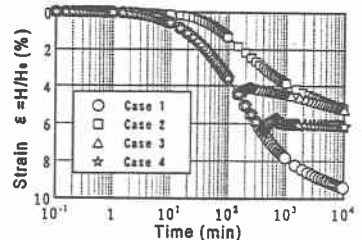


図2 各実験Caseの圧密曲線

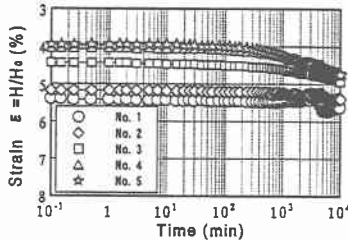


図3 各層別圧密曲線(実験Case3)

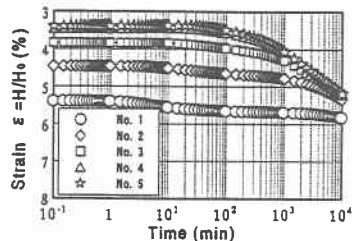


図5 各層別圧密曲線(解析Case3)

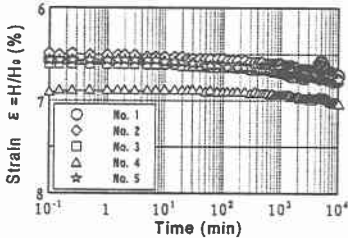


図4 各層別圧密曲線(実験Case4)

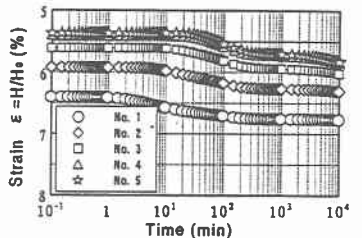


図6 各層別圧密曲線(解析Case4)

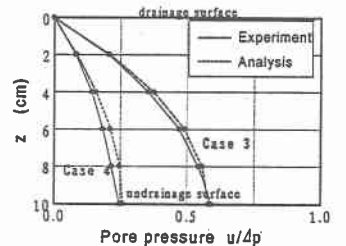


図7 除荷時の間隙水圧分布