

プレローディング工法適用地盤の圧密挙動に及ぼす過圧密比の影響

広島大学工学部 正会員 森脇 武夫
広島大学工学部 正会員 加納 誠二
広島大学大学院 学生会員 岩本 晃敏
広島大学工学部 学生会員 〇白石 芳樹

1. はじめに

軟弱な粘土地盤にプレローディング工法を適用する場合、残留沈下を抑制するための適切なプレロードの大きさと載荷時間を決定することが必要となる。しかし、現行の設計法ではプレロードによって過圧密状態となった地盤は弾性体と見なされるため、二次圧密の挙動を表現することができず、残留沈下挙動を予測できない。また、地盤の残留沈下量をプレロード除荷時の過圧密比によって決定している場合が多いが、プレロードの大きさと載荷時間によって有効応力の分布形状も異なるため、深度方向に異なる過圧密比を平均した過圧密比が同じでも、過圧密比の分布形状が異なると残留沈下量に影響を及ぼす。そこで本研究では過圧密比の深度方向の分布形状の違いが残留沈下量にどのような影響を及ぼすのかを、粘土層内の有効応力分布を調べることでできる層別計測型圧密試験装置を用いて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、プレロードの大きさと載荷時間が残留沈下量に及ぼす影響について考察する。

2. 実験及び解析方法

本試験では層全体で考える場合の OCR を次のように定義し、この OCR が 1.2 になると除荷を開始し、負の間隙水圧の消散を待って再載荷を行い、その後の挙動を計測及び解析した。

$$OCR = \frac{\text{除荷直前の粘土層全体の平均有効応力}}{\text{最終構造物荷重}}$$

表 1 各 Case の載荷条件

実験 解析 ケース	初期圧密 荷重 kPa	プレロードの大き さ kPa	除荷荷重 kPa	最終構造 物荷重 kPa
Case1	117.6	352.9	117.6	156.9
Case2	117.6	235.3	117.6	156.9
Case3	117.6	196.1	117.6	156.9
Case4	117.6	なし	なし	156.9

載荷条件は表 1 のとおりであり、OCR を同じにしているため、プレロードの大きさにより載荷時間も異なる。実験装置は密閉型圧密試験器（供試体：直径 60mm、高さ 20mm）を 5 個連結し、各層ごとの沈下量及び間隙水圧を計測することのできる層別計測型圧密試験器(全体層厚：100mm)を用いた。試料は京都府舞鶴市舞鶴湾内で採取した沖積粘性土を室内で練り返し、49kPa の圧密圧力で一次的に予圧密したものを用いる。解析は弾粘性圧密方程式¹⁾を差分化し、標準圧密試験器を用いて行った標準圧密試験及び長期圧密試験によって得られた試料の解析パラメータを入力して行う。

3. 結果及び解析

図 1、図 2 に Case1 における再載荷過程の e-logt 関係の実験結果及び解析結果を示す。また、図 3、図 4 に Case3 における再載荷過程の e-logt 関係の実験結果及び解析結果を示す。これらの結果より実験結果と解析結果を比較すると、初期間隙比のばらつきはあるものの各層の e-logt 関係はほぼ同じ傾向の圧密挙動を表しているため、弾粘性圧密理論を用いた解析は舞鶴粘土の圧密挙動を表現できると考えられる。また、Case1 と Case3 を比較すると、再載荷後に生じる残留沈下量は Case1 の方が大きく、Case3 に至ってはほとんど沈下が起きていない。これは Case1 の非排水面側では除荷直前で最終構造物荷重に対して正規圧密状態であったため、再載荷後も沈下を続けたためと考えられる。Caes3 で残留沈下が抑制される原因として除荷直前における OCR の分布の幅が小さくなったことが挙げられる。図 5 に排水面での OCR と非排水面での OCR の差 ΔOCR と再載荷後の間隙比の差 Δe の関係を表す。この関係より ΔOCR を 0.5 より小さくすれば、Δe すなわち残留沈下量を大幅に低減できると考えられる。

図6は粘土層を細かく分割した場合の各要素についての Δe —OCR 関係を表すために、全ての Case の再載荷過程についての Δe —OCR 関係を一つのグラフに表したものである。この図より、どのようなプレロードの大きさと載荷時間を受けていようとも非常に細かい要素で考えれば、その Δe —OCR 関係は一本になり、OCR=1.2 以上で Δe を減らすことができる。また層厚が大きい場合でも、この要素の集まりと考えれば残留沈下量のある程度予測できる。図7にプレロードの載荷時間 t_p と全ての Case での再載荷過程初期の間隙比になるためには無改良地盤でどれくらいの圧密時間 t が必要かという関係を表す。同様な関係を実地盤に適用することによって改良する地盤の上部構造物の許容年数（ t に相当する）を設定すれば、適切な載荷時間を決定することができる。

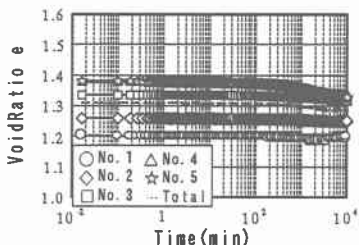


図1 Case1(実験結果)

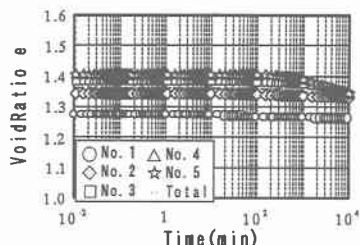


図2 Case1(解析結果)

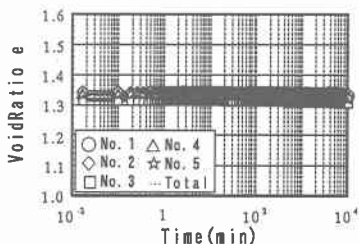


図3 Case3(実験結果)

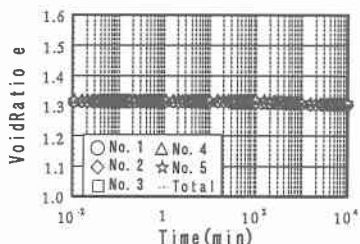


図4 Case3(解析結果)

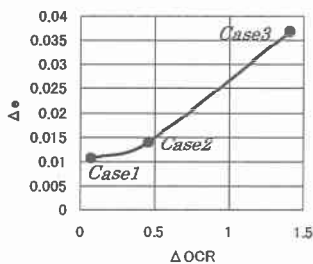


図5 Δe — ΔOCR 関係

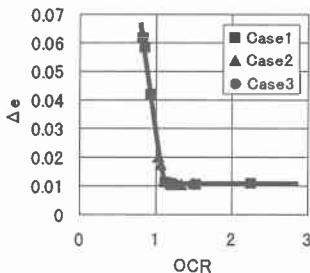


図6 Δe —OCR 関係

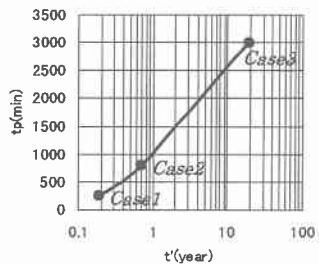


図7 t_p — t' 関係

4. 結論

- 舞鶴粘土地盤にプレローディング工法を適用した場合の圧密挙動は、弾粘性圧密理論を用いた有限差分解析によってほぼ忠実に再現でき、残留沈下の予測法の一つとして弾粘性圧密理論は有用である。
- 過圧密比の分布形状の違いにより、粘土層全体の残留沈下を表す C_a —OCR 曲線は一本ではなく、何本も存在し、除荷直前の過圧密比の分布の幅が大きいほど C_a は大きくなり、残留沈下量も大きくなる。
- 粘土層を小さく分割した場合の各要素についての C_a —OCR 曲線は、過去にどのようなプレロード・除荷過程を経ていようとも、一本の曲線になり、この曲線を用いて構造物建設後の残留沈下量が予測できる。
- プレロード載荷過程における載荷時間と無改良でプレローディング工法を適用した場合と同じ間隙比が得られるまでの圧密時間の対数は比例関係にあり、この関係を実地盤に適用すれば適切なプレロード載荷時間を決定することができる。

参考文献

- 吉國 洋 :軟弱粘土の圧密曲線と圧縮曲線に対する一つの解釈(I), 第 25 回土質工学研究発表会講演概要集 2 冊分の 1, pp.191-194, 1990.