分割型圧密試験機を利用した二層粘土地盤の一次元圧密とその数値解析

東海大学大学院	学生会員	〇杜	磊
(株)オオバ	正会員	飯沼	孝一
東海大学	正会員	杉山	太宏

1. はじめに

多層地盤の一次元圧密解析法として広く利用されてきた層厚換算法は¹⁾,同じ層の構成でも排水面の位置 関係,層序の入れ代わりによる圧密速度の変化を計算できない弱点を有しており,各層の圧密度を考慮して これを解消する手法も提案されている²⁾.しかし,高性能のパソコンが簡単に利用できる今日では,有限要 素法(FEM)や差分法(FDM)などの近似解を与える簡便なソフトを利用して容易に圧密解析が可能になっ た.これらの解法では地盤条件(境界条件)や荷重条件に対して厳密に対処することができる.

本研究では、二層地盤の一次元圧密沈下を対象とした室内試験と数値解析を行った.試験には単一圧密層 内部の水圧や沈下挙動を調べるのに用いられる分割型圧密試験を利用して試料の組み合わせと層序を変えた 試験を行い、その結果と層厚換算法、差分法および有限要素法による数値解析を比較し検討した.

2. 二層モデル地盤による計算例 3)

著者らは, 仮定した二層のモデル地盤を対象に層厚換算法 (土層別圧密度法²⁾), 差分法, 有限要素法の数値解析結果を 比較し報告した³⁾. 計算条件は, 上層(層厚 5m)の上端を排 水,下層(層厚 5m)の下端を非排水とした片面排水, 載荷 荷重増分 dp=50 kPa の沈下量は上層 50cm, 下層 20cm で計 70cm である. 差分法による二層地盤の計算では, 圧密計算の 時間増分を等しくすると層境界の連続性を満足するために, 二層の要素長の比を両圧密係数値に応じて調整する必要があ る. これに対して有限要素法では, こうした要素長の配慮を 必要としない. 図-1 が3計算法による計算結果で, 有限要素 法と差分法(要素数:上層 10, 下層 20)では, ほぼ同じ圧密

量一時間曲線が計算されている.一方,層厚換算法では層境界における水れの連続条件を考慮していないため,特に上層 S1 の圧密後半の 圧密曲線に影響が現れ,差分法・有限要素法の結果とは大きく食い違っている.

3. 試料および実験方法

試料には,透水性の異なる3種類の再構成試料を使用した.表-1に 試料の物理的性質を示す.異なる2層地盤の一次元圧密沈下量と水圧 の消散を測定するために,分割型圧密試験機を利用した.3種類の試 料を組み合わせ,さらに上下を入れ替えた実験(表-2)を実施した.

試験は、はじめに 50kPa で圧密した再構成試料から直径 6cm、高さ2cmの試料を切り出し各試験機にセットした後,p₀=100kPa で1昼夜、 各試料上面から片面排水条件(排水距離2cm)で予圧密した.次に、 上層供試体の下部と下層の供試体上部の排水経路を接続して両試料を 連結させ(排水距離4cm),非排水状態で圧密圧力 p=100kPa を載荷後、 水圧が一定値になるまで待機した.その後、上部排水条件のもと各試 料の沈下量をダイヤルゲージで、上下試料の間 u₁と非排水面 u₂(下試 料下部)で間隙水圧の消散をそれぞれ4日間測定した.なお、予圧密 段階から背圧 p_B=100kPa を載荷した.



図-1 二層モデル地盤の圧密解析結果 3)

表-1	粘性	+0	D物理	目的	性質
<u>1</u>	1111	<u> </u>	1 11 -	тнл	<u> </u>

Sample	А	В	С
ρ_s	2.674	2.689	2.706
LL(%)	68.4	49.8	33.9
PI(%)	44.6	26.5	16.5
Sand(%)	5	10	34
Silt(%)	42	55	28
Clay(%)	53	35	38

表-2 試験条件(試料層序)



図-2 分割型圧密試験装置の概要

キーワード:層厚換算法,分割型圧密試験,FE解析

連 絡 先:〒259-1292 神奈川県平塚市北金目 4-1-1 TEL 0463-58-1211 E-mail:sugi@keyaki.cc.u-tokai.ac.jp

3. 実験結果ならびに計算結果と考察

図-3は、二層地盤の実験に先立ち、数値計算に利用する圧密 定数を求めるために行った各単一試料の体積ひずみと間隙水圧 の経時変化を示したものである. 圧密条件は二層地盤のそれに 合わせ、載荷重はΔp=100 kPa、排水距離 2cm の上部片面排水 とした. 図から, 使用した3 試料の圧密量と過剰間隙水圧消散 までの圧密時間には顕著な違いがあり,特に Sample A は圧密に 長時間を要することがわかる. 表-3 には、√t 法から求めた各 試料の圧密係数と体積圧縮係数を示した.

以下では, Sample A と B を組み合わせた CASE1 について試 験結果と解析結果を示す.図-4は各層の軸ひずみと全沈下量に対す る軸ひずみ(平均ひずみとした),図-5は連結部(u₁)と底部(u₂) の2か所で測定した過剰間隙水圧の経時変化をそれぞれ比較したも のである. CASE1-1 では透水性の低い Sample A が上層にあるため, 下層 Sample B の沈下の発生も 300 分頃からと遅れている.これに対

(%)

Ť

軸ひず。

10

100 (kPa)

80

60

40

20

0

 10^{-1}

間隙水圧

過剰

ĆASE1-1

 10^{0}

水圧u1(中間)

水圧u2(底面

実測値

FDM

:FEM

:実測値

:FDM

:FEM

10

1

Sample A

Sample B

-: 平均ひずみ

 10^{1}

して上下を入れ替えた CASE1-2 の Sample B は, 図-3 の結果とほ ぼ同じ沈下曲線である.図-5に記 号で示した間隙水圧の実測値を見 ても層序の影響は明確で, CASE1-1 では u1 と u2 にほとんど 差が見られないのに対し, CASE1-2 では中間部 u₁の水圧の 消散速度が透水性の低い下部層の 影響を受けて 40 分頃から低下す る様子が観察される.

図-6 は表-3 の圧密定数を利用 して計算した平均ひずみの経時変 化で,水圧の計算値は図-5中に実 線と破線で記している. 層厚換算 法, FDM, FEM で計算した沈下量 は、いずれも実測値とほぼ等しい 結果となった. 層厚換算法では従 来から指摘される通り, 層序の影 響は評価できずに同じ結果となる が, FDM と FEM ではこれをしっ

かりと区別でき、また両方の計算値はほぼ等しい.ただし、圧密 後半において計算法による違いが生じている.なお、全ての計算 値は実測値よりも圧密時間が遅れるため、圧密係数を2倍して計 算したところ、実測値とほぼ一致する結果となった.

4. あとがき

分割型圧密試験機を利用して,二層地盤の一次元圧密試験とそ の解析を行い,層厚換算法の問題点を再確認した.FDM と FEM の結果に大差はなかったが、FDM では層境界の問題を考慮する必

要を考えると実務的には FEM の利用が推奨される.本報告では CASE2 の結果を示せなかったが、計算値の 傾向は CASE1 と同様であった.

参考文献: 1) Palmer, L.A.: Settlement Analysis for Areas Continuing Subsidence, Proc. 4th, ICSMFE, Vol.1, 1957. 2) 稲田, 赤石, 山田: 各層の圧密度を考慮した層厚換算法による圧密沈下速度の予測法,土と基礎,25(9),45-48,1977.3)飯沼他,層厚換算法と有限要素 法。差分法による多層地盤の一次元圧密解析,地盤工学会関東支部発表会(Geo-Kanto), 127-129, 2011.11.



圧密時間 (min)

図-6 平均ひずみの計算結果

0**₽=<u>0</u>0**

0-00

水圧

100