

二次元圧密模型実験とその解析

The 2D-model consolidation tests and analysis

○三井田夏樹*・西村伸一*・山下晴美**

Natsuki Miida, Shin-iti Nishimura, Harumi Yamashita

1. 目的

近年の情報化施工の考えの発展により、現場でも使用可能な簡便かつ精確なモデルが必要とされている。そこで、ここでは、異方性を考慮した非線形弾性モデル¹⁾を解析に用い、軟弱地盤の圧密変形予測法の開発を目指した。そのため、本研究では、予備圧密圧力状態を保ったまま変位測定実験に入ることが可能かつ、間隙水圧の測定可能な圧密模型装置を製作し、実験から得られた観測値と本研究で用いた双曲線モデルにより算出された解析値とを比較することにより、提案したモデルの適応性を考察することとした。

2. 実験手法と解析モデル

模型実験装置の概要を図-1に、実験に使用した岡山県笠岡湾海成粘土の物理特性を表-1に示す。

実験装置は水圧によって供試体に拘束圧を载荷し、载荷板によって局所载荷をかけられる仕組みになっている。実験から、変位変換器によって計測される载荷板の鉛直変位（計測点S）と、CCDカメラで得られた動画から計測された水平と鉛直変位（計測点A,B,C,D,E,F,G,H,I,J,K,L）、さらに計測点P1,P2,P3での間隙水圧が得られた。

実験供試体は予備圧密圧力47kPaで作成し、供試体厚さ9.5cm、排水境界は上下面及び左側面とした。また、供試体作成時の含水比は72.6%である。

予備圧密終了後、1minで82kPaまで荷重を増加させ、その後一定に保つものとする。なお、計測は3000minまでとした。

3. 応力ひずみ関係式¹⁾

実験によって得られた観測値から土壌パラメータを同定する手法は表-2のとおりである。

表-1 海成粘土の物理特性
Material properties of clay

土粒子密度 ρ_s (g/cm ³)	液性限界 W_L (%)	塑性限界 W_P (%)	塑性指数 I_P	粘土含有量 (%)	シルト含有量 (%)
2.694	102.0	30.6	71.4	55	45

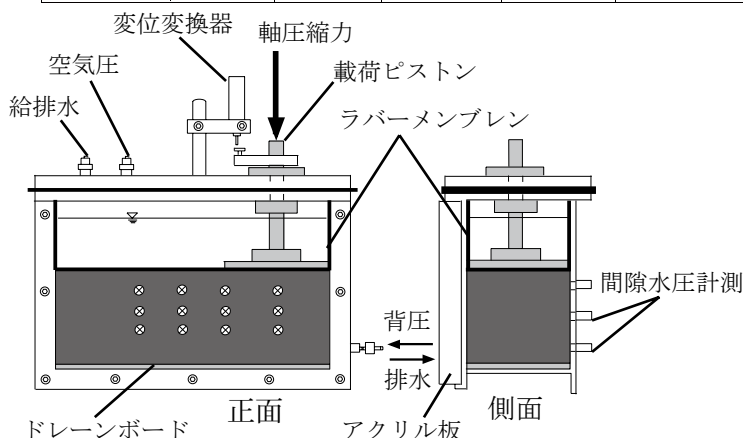


図-1 二次元模型実験装置
apparatus of the 2D-model consolidation tests

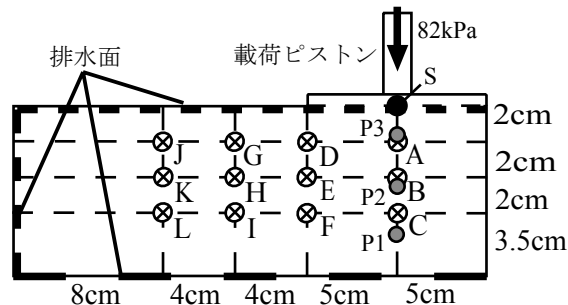


図-2 解析モデル
Models of analyzed clay grounds

* 岡山大学大学院環境学研究所 Graduate School of Natural Science and Technology, Okayama University

** 岡山県庁 Okayama Prefectural Government

本研究では、線形弾性体モデルと双曲線に基づく非線形弾性体モデルの比較を行う。それぞれから逆解析して同定したパラメータを用いて圧密予測を行い、観測値と比較することでモデルの妥当性を確認することとした。双曲線法を用いる場合接線有効ヤング率は式(1)で与えられ、解析値には水平変位予測の精度を上げるために、鉛直方向と水平方向のヤング率 (E'_v, E'_h) から直交異方性 r を式(2)と定義し考慮させている。

$$E'_T = \left\{ 1 - b \left(\sigma'_1 - \sigma'_3 \right) \right\} E'_I \quad (1) \quad r = \frac{E'_h}{E'_v} \quad (2)$$

E'_T, E'_I : 接線、初期ヤング率
 σ'_1, σ'_3 : 最大、最小有効主応力
 b : せん断による剛性劣化を表すパラメータ

4. 逆解析手法

はじめに、異方性率 r と変位-間隙水圧間の調整パラメータを固定させておき、これに対して解析値を算出し、観測値との誤差が非線形最小二乗法より最小化するように、鉛直および水平初期有効ヤング率 E'_{Iv}, E'_{Ih} , 有効ポアソン比 ν' , 透水係数 k , 剛性の劣化を表すパラメータ b を同定する。観測値と解析値の二乗誤差は、(3) 式のように定義した。

$$J = \sum_j^{NT} \left\{ \sum_i^{NP} \left\| U_i^j - \bar{U}_i^j \right\|^2 \right\} \quad (3)$$

NT : 同定に用いる時間ステップ数

NP : 同定に用いる変位観測点数

U_i^j, \bar{U}_i^j : 時間ステップ j , 観測点 i における解析変位ベクトルおよび観測変位ベクトル

5. 結果と考察

図-3に、選抜した3計測点の解析結果を示した。解析には13点の計測データを用い、80-3000minの同定期間で逆解析を行っている。今回の解析ではせん断による非線形性が顕著にならず、同定されたパラメータによるシミュレーション結果は線形弾性理論と非線形弾性理論に大きな差異が生じなかった。

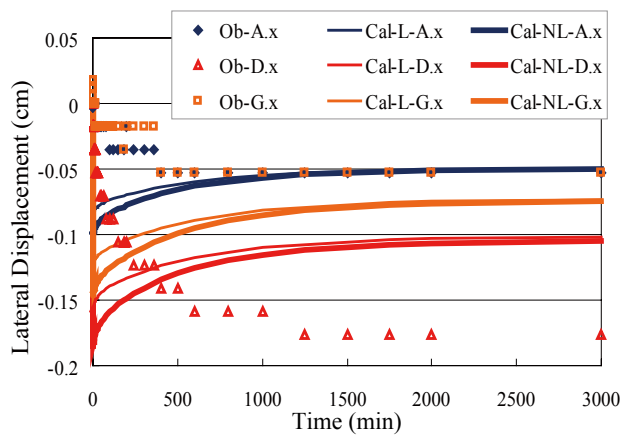
水平変位において、観測値と解析値の挙動は全く異なっているが、载荷番下の点Aの最終変位量はほぼ一致した。鉛直変位では、载荷期間での観測値と解析値の差は大きくあるが、全体として適合度は比較的良好であった。

6. まとめ

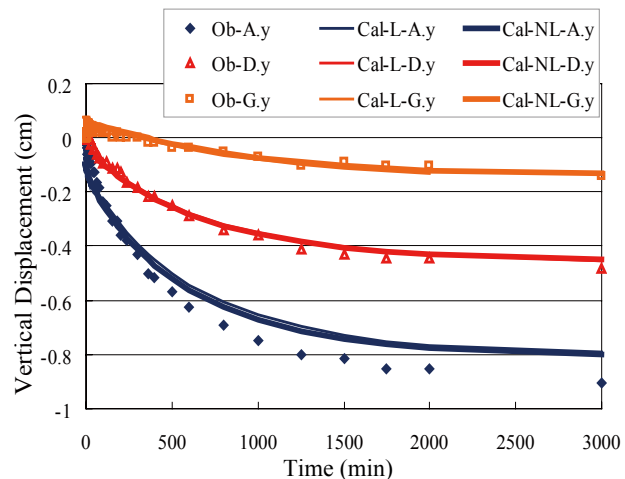
模型実験を実施し、得られた観測値から逆解析し計測結果の模擬を行った。その結果、荷重载荷期間以後の圧密沈下挙動予測は比較的適合性が高く行えていたが、水平方向の変位挙動と载荷初期の挙動には観測値と解析値との間に差が顕著にあり、問題を残した。

参考文献

1) 西村伸一, 西山竜朗, 村上章, 村山八洲雄 (2003): 双曲線モデルを用いた実測値に基づく軟弱地盤の変形予測, 第48回地盤工学シンポジウム論文集, pp23-28(2003,11)



(a) 水平変位



(b) 鉛直変位

図-3 解析結果
result of tests and analysis