

データ同化によって同定された大阪湾洪積粘土 (Ma12) の圧縮指数と液性限界の関係

大阪産業大学 正会員 小田和広

1. はじめに

大規模埋立人工島の建設では洪積粘土層の圧密沈下が維持・管理上の問題となる。圧密試験から得られる洪積粘土の圧密挙動は実地盤におけるそれとは異なるので、事前に沈下挙動を予測することは難しい。このため、現地計測とそれに基づくデータ同化によって、洪積粘土の圧密特性を推定し、それを使って沈下挙動を予想することは有効である。ただし、普通、詳細な現地計測は1点しか行われぬ。埋立人工島全体の沈下挙動を予測するためには、埋立人工島の全域にわたる圧密特性の分布を推定する必要がある。

ところで、人工知能と堆積学の見地から粘土の液性限界の空間分布を推定する試みがある。したがって、圧密特性と液性限界の間に何らかの関係性が認められるなら、人工知能によって推定される液性限界を媒介として、圧密特性の空間分布を推定できる可能性がある。このような背景に基づき、本検討では、データ同化によって同定された圧縮指数と液性限界の関係について明らかにする。

2. データ同化解析の概要

本研究では、出来るだけ単純なモデルによる実地盤の圧密挙動の再現を意図している。そのため、粘土の圧密挙動は、土質力学の教科書に記載されている程度の単純なバイリニアの関係で表す。また、透水係数は圧密が進行しても変化しないものとした。その結果、同定すべき圧密パラメータは、過圧密比、圧縮指数および透水係数となる。これらの深度分布は、図-1 に示す間隙比や圧縮指数の圧密試験結果、現地計測結果に基づく考察に基づき大まかに決定した。その後、データ同化によって具体的に同定した。

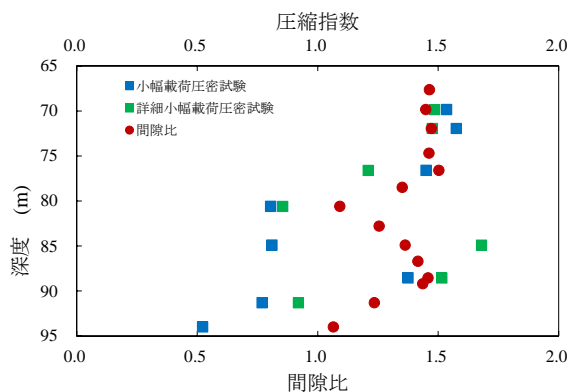


図-1 間隙比と圧縮指数の深度分布

図-2 は圧密解析モデルを示している。図中には現場計測地点も併せて示している。圧密解析モデル上での沈下量の計測位置は赤丸、間隙水圧の計測位置は青丸で示している。モデルの上下の境界では水頭を固定しつつ排水を許容する境界条件（以下、水頭固定境界）とした。

データ同化手法として、粒子フィルタ (Sequential Importance Sampling)³⁾ を適用した。この手法は、解析パラメータを取り得る範囲の中でランダムに変化させた多数のシミュレーション (粒子) を行い、実測値に適合する粒子に適合度に応じた重みをつける。そして、最終的に重みに応じて解析パラメータをアンサンブル平均することにより、計測値に適合する解析結果を与える圧密パラメータとその確率分布を推定するものである。本研究では、500 個の粒子を用いた。また、実測値に対する適合度は誤差率によって評価するものとし、重みの計算はガウス分布に基づいて行った。その際の分散は 10% とした。

3. データ同化結果の検証

図-3 は沈下量の経時変化における計測値とデータ同化結果の比較を示している。沈下量の経時変化についてデータ同化によってほぼ再現できている。

図-4 は間隙水圧の経時変化における計測値とデータ同化結果の比較を示している。データ同化は間隙水圧の消散挙動を概ね再現できている。

4. 圧縮指数の特性

図-5 はデータ同化によって同定された圧縮指数の深度分布を示している。深度 75m 以深では圧縮指数の深度分布は間隙比のそれと定性的に対応するように設定した。それが圧縮指数の分布特性に表れている。なお、

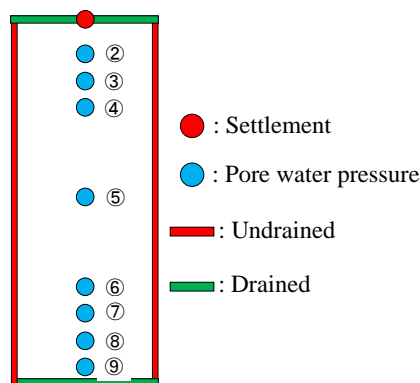


図-2 解析モデル

キーワード データ同化, 洪積粘土, 圧密, 数値解析, 現場計測

連絡先 〒574-8530 大阪府大東市中垣内3丁目1-1 大阪産業大学工学部都市創造工学科 TEL 072-875-3001

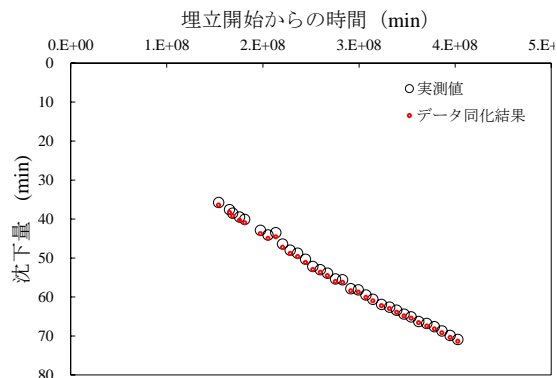


図-3 沈下量の経時変化における計測値とデータ同化結果の比較

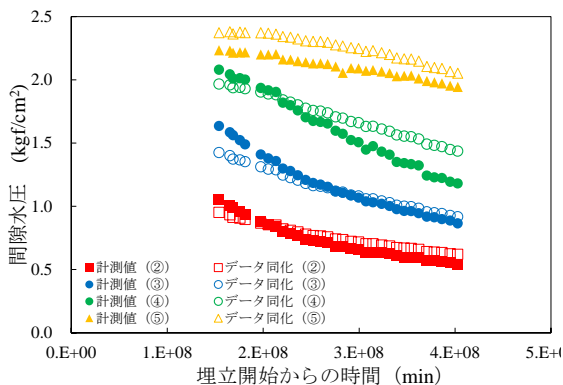


図-4 (a) 間隙水圧の経時変化における計測値とデータ同化結果の比較

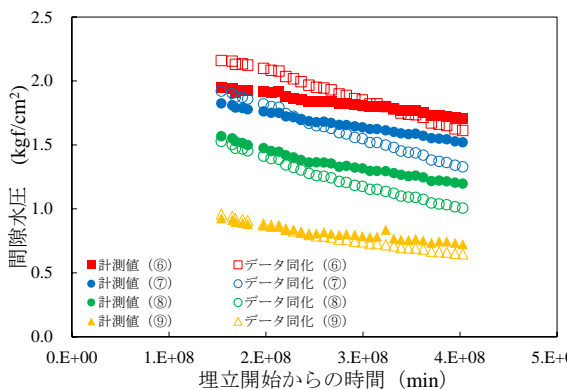


図-4 (b) 間隙水圧の経時変化における計測値とデータ同化結果の比較

深度 75m 以浅では圧密降伏後の急激な圧縮性の増大を表現出来るように浅くなる(排水層に近くなる)ほど圧縮指数を大きくなるように設定している。同定された圧縮指数は深度 80m 以浅では圧密試験から得られる圧縮指数の方が同定されたそれよりも多少大きい。深度 80m~90m では、圧密試験の圧縮指数は同定されたそれらよりも顕著に大きい。

図-6 はデータ同化によって同定された圧縮指数と液性限界の関係を示している。圧縮指数は液性限界の

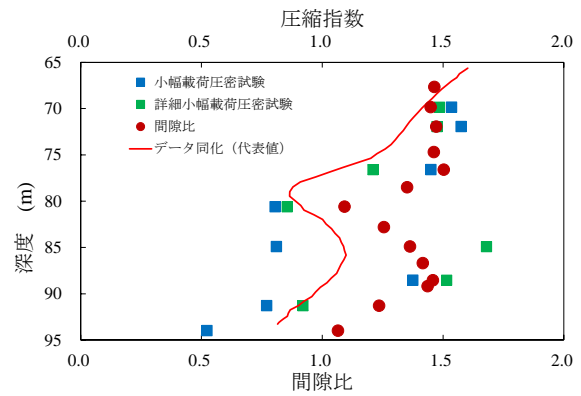


図-5 圧縮指数の深度分布

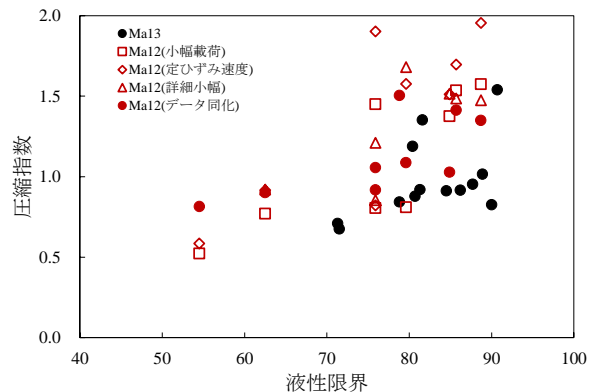


図-6 圧縮指数と液性限界の関係

増加とともに単調に増加している。1.3 以上の圧縮指数は上部の排水境界付近のものであり、そのために値が大きい。それら以外は 1.0 以下である。また、沖積粘土の圧縮指数は 1.1 を超える 3 つを除けば、いずれも 1.0 以下である。同一の液性限界では Ma12 層の圧縮指数のほうが Ma13 層のそれらよりも多少大きいようである。

5. まとめ

本研究における主な知見は下記の通りである。

- 1) 圧密試験の結果に忠実に基づかなくても計測値を適切に再現する圧密特性を同定できる。
- 2) Ma12 層上面の排水層に接する部分を除けば、液性限界が増加すれば圧縮指数も単調に増加する。
- 3) 同定された圧縮指数は沖積粘土のそれよりも多少大きい。

参考文献

- 1) 長谷川憲孝ほか：神戸空港海底地盤における洪積粘土層の原位置圧密挙動，土木学会論文集 C, Vol.63, No.4, 780-792, 2006.
- 2) 窪田上太郎ほか：沈下量と間隙水圧の実測値に基づく大阪湾洪積粘土層の圧密挙動に対するデータ同化，第 53 回地盤工学研究発表会発表講演集, 791-792, 2018.
- 3) 樋口知之：予測にいかす統計モデリングの基本，25-120, 講談社, 2011