

1. はじめに

ポンプ浚渫された粘土からなる埋立層は、分級などの影響により物性の異なる層が幾層にも重なって空間的に不均質なものとなっている。我々は、これを一次元的に均質なものと仮定して、埋立層の自重圧密の数値解析を行っている¹⁾。しかし、実際に即した不均質地盤の解析を行う場合には、本解析手法が物性の異なる粘土により互層状に埋め立てられた地盤に適用できるかどうかをあらかじめ確認しておく必要がある。

そこで、本研究では、物性が異なる二種類の粘土について、自重圧密実験を行って圧密パラメータを推定し、それらが相互に埋め立てられた粘土層の自重圧密挙動の数値シミュレーションを実施した。その条件での自重圧密実験を別途実施して解析結果と比較検討した。

2. 均質粘土の圧密パラメータの推定

(1) 実験方法： 本実験では、塑性指数が47と24である二種類の粘土を使用した。表-1に、両試料の物性と使用した海水の単位体積重量を示す。

試料は初期含水比2000%に調整した。これを、アクリル円筒($\phi 20\text{cm} \times h 50\text{cm}$)に1日2回の割合で合計12回投入し、沈降・堆積させた。1回の投入量は実質土量高さ($h_s = m_s / (\rho_s A)$ 、 m_s は土の乾燥質量、 A は容器の断面積)で規定し、本実験では $h_s = 0.22\text{cm}$ に設定した。最終段階投入後、3週間~1ヶ月放置した。この時点で一次圧密はほぼ終了しているものと判断し、粘土層から試料を採取して、各深度ごとの含水比を測定した。

(2) 解析方法： 自重圧密挙動の数値シミュレーションには、一般化された圧密理論²⁾をもとに作成したプログラム「CONAN」¹⁾を使用した。圧密パラメータには圧縮性と圧密速度に関するものがあり、それぞれ体積比 f と有効応力 p' 、圧密係数 c_v と有効応力 p' との累乗関係で表される。前者は自重圧密終了後に測定した含水比分布から、後者は堆積面の経時変化に対する事後解析からそれぞれ推定することができる³⁾。

(3) 圧密パラメータの推定： H試料の自重圧密実験で得られた堆積面の経時変化を図-1に示す。H試料の圧密パラメータを求めるため、a、b、cの3ケースの c_v - p 関係を仮定した。それを用いて解析した結果を図-1に示す。同図より、bケースが実験で得られた堆積面の経時変化をよく表現していることがわかる。

次に、このbケースを用いた解析結果および実験で得られた自重圧密終了時の含水比分布を図-2に示す。実験結

表-1 試料の物性と海水の単位体積重量

試料	H	L
土粒子密度 ρ_s (g/cm ³)	2.640	2.660
液性限界 w_L (%)	79.0	51.9
塑性限界 w_p (%)	32.0	28.0
塑性指数 I_p	47.0	23.9
海水の密度 ρ_f (g/cm ³)	1.024	

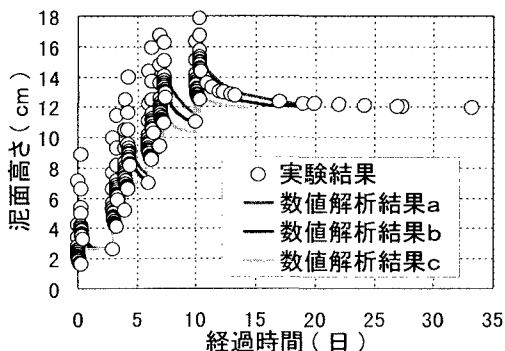


図-1 H試料の堆積面の経時変化

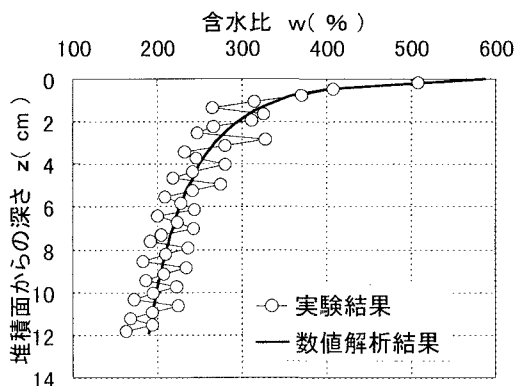


図-2 自重圧密終了時の含水比分布 (H試料)

果では砂分の分級により含水比分布が若干ばらついているが、解析結果は全体的な挙動をよく表現している。

以上より、b ケースは堆積面の経時変化と粘土層内部の状態を同時に説明することができ、H 試料の適切な圧密パラメータであると言える。同様に L 試料も行い、求めた。両試料の圧密パラメータを表-2 に示す。

3. 二種類の浚渫粘土による埋立互層の自重圧密実験

(1) 実験方法および解析方法： 二種類の粘土が相互に埋め立てられた粘土層の自重圧密実験は、1 層当りの実質土量高さ h_s を 0.17cm として、投入～沈降～堆積を 8 回繰り返した。このうち、1、2、5、6 回目は L 試料、それ以外は H 試料を投入した。その他の実験条件は、均質粘土の場合と同じである。この実験に対する数値解析は、表-2 に示す均質粘土から得られた圧密パラメータと本実験の投入履歴を用いて実施した。

(2) 実験および解析結果： 実験および解析で得られた自重圧密沈下挙動を図-3 に示す。図中には、堆積面の経時変化に加え、堆積境界の経時変化も示している。実験結果と解析結果は、よく一致している。

実験および解析で得られた実験終了時の含水比分布を図-4 に示す。測定した含水比分布は、均質粘土の場合と同様に深度が増すごとに含水比が低下しており、砂の分級による含水比のばらつきが見られる。また、L 試料の圧縮曲線は H 試料に比べて下方に位置しているため、L 層では H 層に比べて相対的に含水比が小さく、L 層の厚さは H 層に比べて相対的に薄くなる (図-3)。

解析結果は実験結果のばらつき範囲に対して中間に位置し、実験終了時の含水比分布を良く表現している。ただし、解析では H 層と L 層の堆積境界で含水比が不連続に変化しており、実験結果とは異なる傾向を示す。堆積境界付近の含水比の変化は、投入時に堆積面のごく表面の領域が乱された結果、両堆積境界を含む狭い領域に、圧密特性の差を緩和するような層が形成されたことによるものと考えられる。解析では、この現象は考慮できない。

4. まとめ

均質粘土層および二種類の粘土による埋立互層について、自重圧密実験とそれに対する数値解析を行なった。その結果、互層状態にある粘土の自重圧密挙動 (堆積面の経時変化・含水比分布) は、各層の圧密パラメータを用いることで、CONAN により精度よく予測できることが確認された。今後は、H 試料と L 試料による埋立互層を均質層と仮定して求めた圧密パラメータと両試料を混合した粘土から求めたパラメータとの比較検討を行うために、投入履歴を変えた自重圧密実験と混合試料のそれを行う予定である。

参考文献： 1) Katagiri et al.: Change of consolidation characteristics of clay from dredging to reclamation, Proc. of IS-Yokohama'2000 (submitted) 2) Imai, G.: Analytical examinations of the foundations to formulate consolidation phenomena with inherent time-dependence, IS-Hiroshima'95, Vol.2, pp. 891-935 3) 山内ら：沈降堆積土の泥面変化解析と圧密定数、第 25 回土質工学研究発表会、pp.359-362、1990

表-2 試料の圧密パラメータ

試料	$\log f - \log p$	$\log c_v - \log p$
H	$f=2.03p^{-0.180}$	$c_v=140p^{-0.40}$
L	$f=2.44p^{-0.105}$	$c_v=250p^{-0.50}$

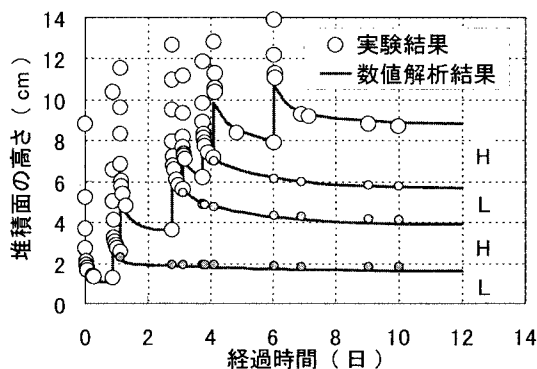


図-3 堆積面・堆積境界の経時変化

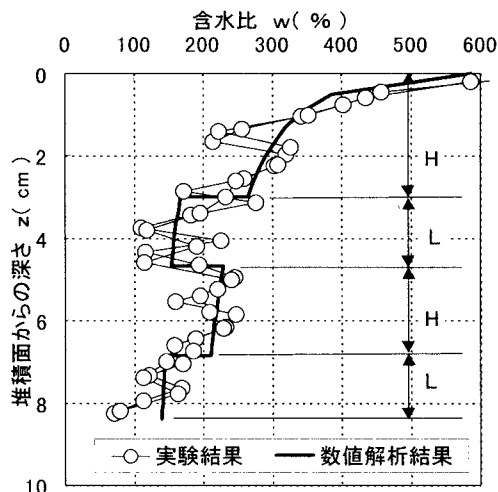


図-4 自重圧密終了時の含水比分布