

アイソタック型非線形三要素モデルによる圧密解析と沈下予測手法に関する一考察

応用地質株式会社 正会員 ○大向 直樹

1. はじめに

一般的な沈下予測では、図-1に示すように段階载荷による圧密試験結果の24時間経過時のひずみ ϵ を用いて最終沈下量を推定し、圧密所要時間は層厚 H (排水距離 H_d)の2乗に比例するとした圧密理論の相似則が用いられている。一方、網干らの実験結果¹⁾によると、図-2に示すように一次圧密終了時点の ϵ は層厚とともに増加し、圧密所要時間は H_d の2乗で推定するよりも速くなる事が明らかにされており、自重や粘性の影響により、条件によっては圧密理論の相似則が適用できない事がわかる。そこで本論文では、粘土骨格の持つ粘性と自重の影響を考慮したアイソタック型非線形三要素モデルによる圧密解析を実施し、圧密理論の相似則の適用性について検討した。

2. 圧密解析モデルと解析条件

今井が提案した正規圧密粘土に対するアイソタック型圧縮則に基づく圧密解析モデル²⁾に非線形三要素モデル³⁾を取り入れた有限差分法による一次元圧密解析モデル⁴⁾により圧密解析を実施した。

解析に必要な土質パラメータは、文献⁴⁾と同じ値を用いた。土質パラメータの設定に用いた粘土の圧縮曲線を図-3に示す。定ひずみ速度载荷(0.01%/min)による圧密試験の圧密降伏応力が200kPa程度($OCR \approx 2$)である。

解析は層厚が異なる5ケース(2cm, 20cm, 2m, 5m, 10m, 20m)に対し、図-4に示す初期条件にて実施した。CaseAの初期条件は圧密対象層の上端面の土被り圧 σ_{v0} が等しいケース、CaseBの初期条件は圧密対象層の中央部の土被り圧 σ_{v0} が等しいケースであり、初期のひずみ速度 $\dot{\epsilon}$ = 不可逆ひずみ速度 $\dot{\epsilon}^{ir}$ (弾性ひずみ速度 $\dot{\epsilon}^e = 0$)はいずれの計算ケースも等しく設定した。

また、CaseA、CaseBの初期条件に対して、荷重増分 $\Delta P = 100\text{KPa}$ のケース(CaseA100、CaseB100と呼ぶ)、CaseBの初期条件に対して、 $\Delta P = 400\text{KPa}$ のケース(CaseB400と呼ぶ)の計3ケースの計算を実施した。CaseA100、CaseB100は、圧密降伏応力付近における载荷、CaseB400は、圧密降伏応力を大きく超えた正規圧密領域における载荷である。

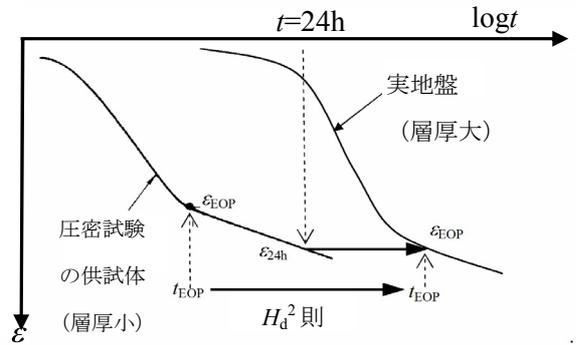


図-1 一般的な圧密沈下の予測方法

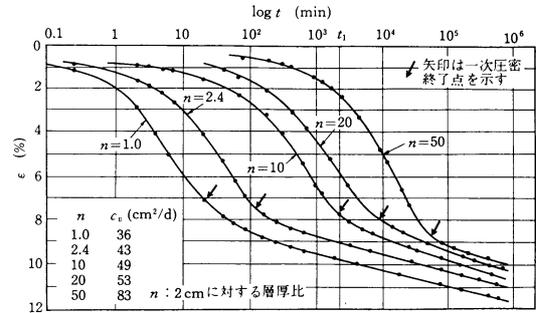


図-2 圧密曲線に及ぼす層厚の影響(寸法効果)¹⁾

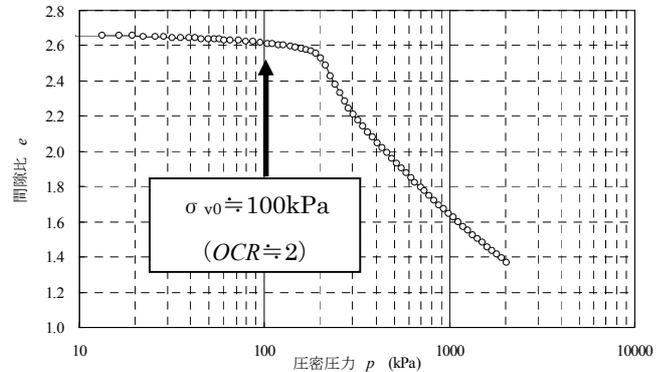


図-3 土質パラメータの設定に用いた粘土の圧縮曲線

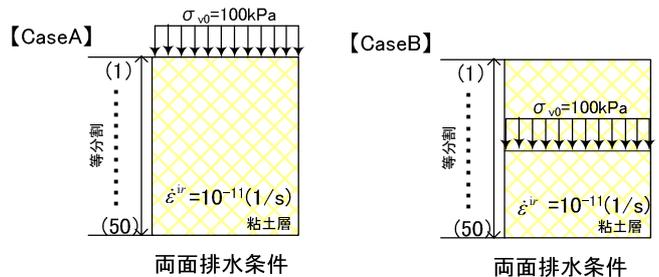


図-4 計算 CaseA と CaseB の初期条件

キーワード アイソタック, 圧密, 沈下予測

連絡先 〒331-8688 埼玉県さいたま市北区土呂町 2-61-5 応用地質株式会社 TEL 048-652-0651

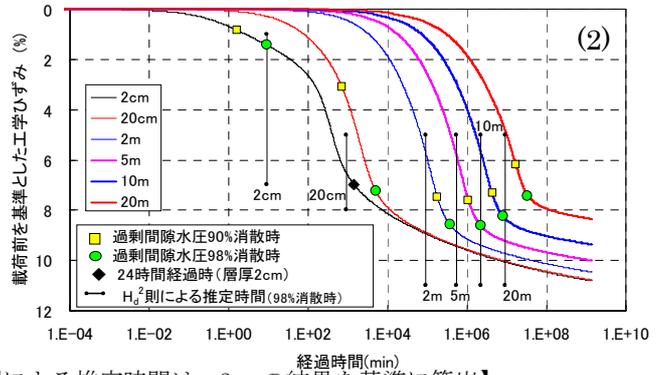
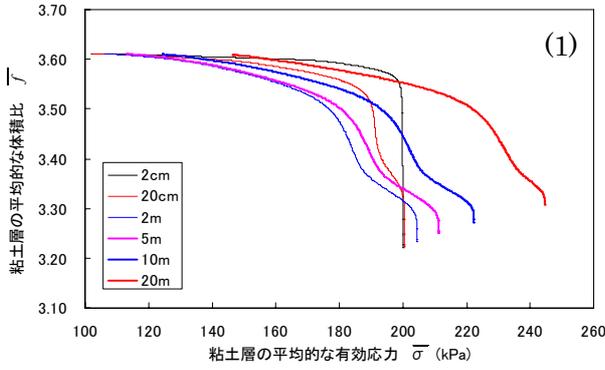


図-5 CaseA100 の計算結果【図(2)中 H_d^2 則による推定時間は、2cm の結果を基準に算出】

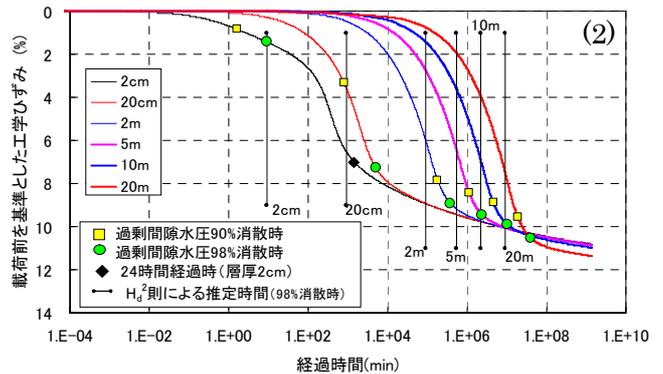
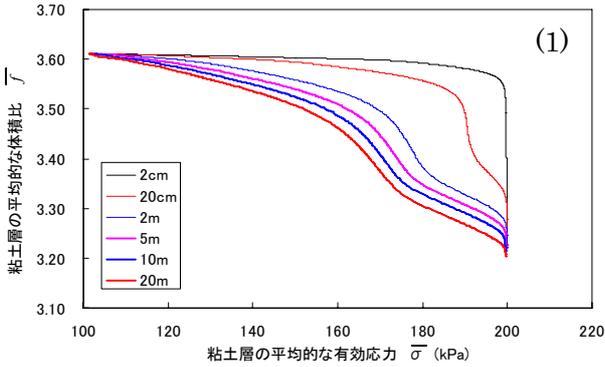


図-6 CaseB100 の計算結果【図(2)中 H_d^2 則による推定時間は、2cm の結果を基準に算出】

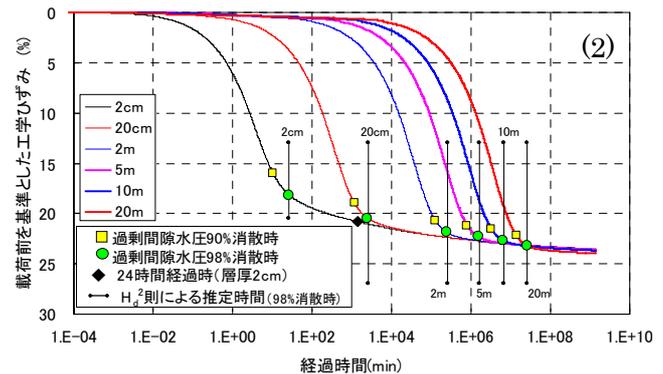
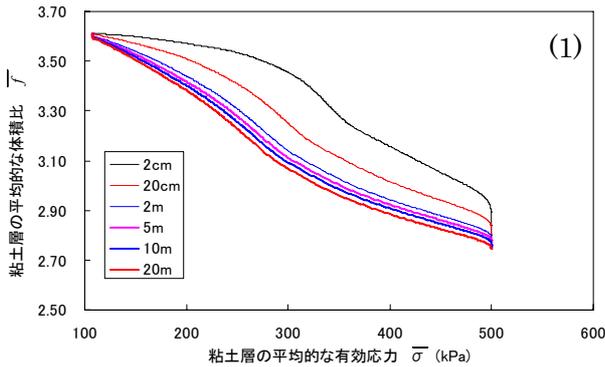


図-7 CaseB400 の計算結果【図(2)中 H_d^2 則による推定時間は、2cm の結果を基準に算出】

3. 解析結果及び考察

図-5に CaseA100、図-6に CaseB100、図-7に CaseB400 の計算結果を示す。各図の(1)は粘土層内の平均的な体積比 \bar{e} と有効応力 $\bar{\sigma}$ の関係、(2)は載荷前を基準とした工学ひずみの経時変化である。

CaseA100 と CaseB100 の比較により、初期の応力状態の違いが圧密曲線に影響を及ぼす事がわかる。一般的な沈下予測では、自重を考慮していないので、図-4の CaseB のように層厚が異なる場合でも粘土層中心部の(平均的な) 応力状態が等しいと仮定して沈下予測を行うことが多い。そこで、CaseB に着目する。図-6(2)より CaseB100 の 2cm の結果は、過剰間隙水圧 98%消散時においてもほとんどひずみが発生していない。また、このケースでは、2cm の 24 時間経過時のひずみよりも層厚が大きい場合の一次圧密終了時のひずみのほうが大きく、圧密理論の相似則

が適用できない事がわかる。一方、図-7(2)より CaseB400 のようなケースでは圧密理論の相似則が概ね適用可能である事がわかる。

4. まとめ

アイソタック型非線形三要素モデルによる圧密解析結果に基づき、過圧密な粘土に対して圧密理論の相似則について検討した。その結果、相似則は圧密降伏応力を大きく超えた正規圧密領域に載荷した場合には概ね適用できるが、圧密降伏応力付近の載荷となる場合には適用できない事が示された。

【参考文献】 1) 網干・松田(1981): 粘土の二次圧密と沈下解析, 土と基礎, Vol.29, No.3, pp.19-24. 2) Imai et al. (2003): One-dimensional consolidation modeling based on the isotach law for normally consolidated clays, S&F Vol.43, No.4, pp.173-188. 3) Tatsuoka et al. (2002): Time dependent deformation characteristics of geomaterials and simulation, S&F Vol.42(2), No.4, pp.103-129. 4) 大向ら(2010): 除荷・再載荷を考慮したアイソタック型圧密解析の1例, 第45回地盤工学研究発表会(投稿中).