

網干の圧密実験の再評価

徳島大学大学院生 学 ○坂戸 宣彦 日下 拓也
 徳島大学大学院 正 望月 秋利 劉 遙劍
 株式会社奥村組 非 桂 莉恵

1. はじめに

三笠¹⁾によりひずみに注目した圧密理論が提案され、軟弱地盤の圧密解析を可能とした。しかし、長期沈下の継続の原因とされている二次圧密については考慮できず、近年、従来にも増して大規模工事が実施されるようになり、この問題は重要な課題となっている。

圧密沈下予測に関して重要なことは、模型実験である標準圧密試験の結果(二次圧密を含む)に対して相似則が適用できるかどうかである。一次圧密に関しての相似則については、三笠の圧密理論により説明がついている。しかし、二次圧密に関しては、そのメカニズムが明確ではなく、現在2通りの仮説が議論されている。

図-1は、粘土層厚が変化した場合の圧密曲線の挙動についての、仮説Aと仮説Bを示したものである²⁾。仮説Aは、沈下量と沈下時間に関して、二次圧密も含めて相似則が成り立つ。一方、仮説Bはisotach則と呼ばれており、層厚の違いや圧密荷重の加え方の違いにかかわらず、最終的には1本の二次圧密沈下曲線に収束する(相似則不成立)。現在では仮説Bが正しいとする意見の方が多いようで、この挙動を示す原因として、粘土骨格の応力-ひずみ関係が弾性的でなく、応力が一定でもひずみが増加する塑性と粘性の性質を有するためである、と説明されている。

これらの仮説の検証に網干の圧密実験³⁾がよく引用される。しかし結果の評価は、仮説Aと仮説Bの中間的な挙動を示している、と結論づけられている様である。すなわち仮説Bの見解として、isotach則の圧密現象は、自重の影響を無視した場合で、自重の影響が無視できない実際の地盤では様子が異なり、網干の実験の挙動がこれにあたる⁴⁾、と解釈されている。しかし、赤井⁵⁾の研究から三次元等方圧縮において二次圧密が生じないことを実験的に試みた例もあり、本来的に二次圧密が、isotach則とは違った発生メカニズムである可能性を示唆したものと、理解できる。そこで、本研究では網干の実験結果について、再評価を行なうことにした。

2. 網干の実験方法と検討結果

まず、網干の大型圧密試験による長期沈下観測について述べる。粘土試料は広島市丹那群の埋立地造成工事の際に採取したものを一様なスラリーにし、約6年間放置したものをを用いている。地盤の一次圧密が終了してから十分な時間経過後、一様な状態になったことを確認して、実験をスタートさせた。供試体は、φ6cm、H2cm、両面排水の標準試験の試料を基準1とし、寸法比は、その2.4倍、10倍、20倍、50倍の5ケースを行った。荷重段階は、予圧密(0.1、0.2kgf/cm²:100%圧密)を行い、その後0.2~0.8kgf/cm²の間の圧密曲線を比較したものである。図-2はこの実験結果から得られた沈下曲線である。

以上の結果を踏まえ、網干は次の結論を導き出した。

キーワード 二次圧密 相似則 isotache 則

連絡先 〒770-8502 徳島県徳島市南常三島1丁目1番地 TEL088-656-7343

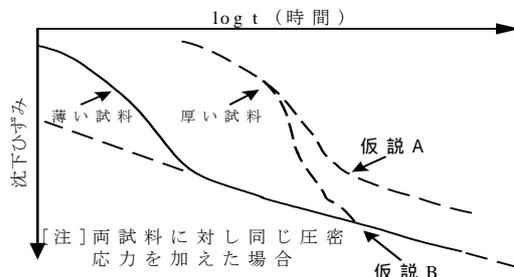


図-1 試料厚の相違による圧密曲線の違い

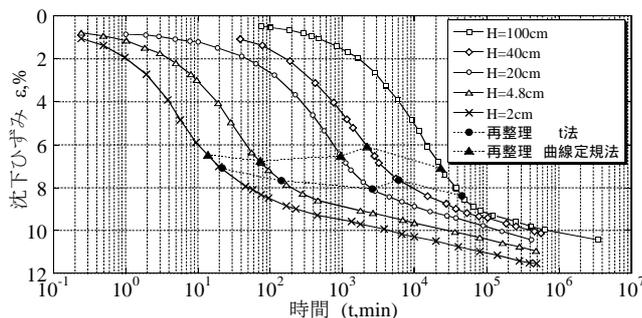


図-2 沈下曲線

表-1 層厚と一次圧密終了ひずみ関係(網干結果)

初期層厚(cm)	2	4.8	20	40	100
ε ₁₀₀ (√t法)	7.35	7.38	8.20	7.77	8.42
ε ₁₀₀ (曲線定規法)	8.25	8.20	8.30	8.35	8.90

表-2 層厚と一次圧密終了ひずみ関係(再整理結果)

初期層厚(cm)	2	4.8	20	40	100
100 (t法)	7.08	7.67	8.06	7.65	8.39
100 (曲線定規法)	6.49	6.76	6.53	6.09	7.08

- (1) 寸法が大きくなるに従って、いわゆる一次圧密終了時での沈下ひずみは増大する。
- (2) 二次圧密曲線は重ならない。また同じ荷重強度に対して、同じ勾配になる（二次圧密は平行）。
- (3) C_v は、層厚が大きくなるに従って大きくなる。

この説明として網干は、層厚の大きい試料は一次圧密での有効応力の増加と経過時間の絶対値が大きいので、一次圧密期間中に発生するクリープ的な沈下ひずみは、標準試験の場合に比してかなり大きい。したがって100%圧密における沈下ひずみは標準試験のそれに比べて大きくなった、と説明した。

3. 沈下カーブの特性の再検討

網干の実験結果に対して、以下の様に再検討した。まず、 \sqrt{t} 法及び曲線定規（三笠による； $\epsilon_f=10\%$ ）法で一次圧密終了ひずみ（ ϵ_{100} ）を求めた。表-1,2 に ϵ_{100} について、網干の結果と再整理した結果を示す。

\sqrt{t} 法によると、網干の結果とほぼ一致し、網干の結論（ ϵ_{100} が増加する）を支持する結果が得られた。しかし曲線定規法による結果では、層厚が変化しても ϵ_{100} はほとんど変わらない。この違いは、 \sqrt{t} 法が沈下曲線の初期から沈下ひずみの50%程度を基に90%圧密を外挿するのに対し、曲線定規法は沈下ひずみの20~90%を用いてフィッティングするため、結果の精度が良く、そのため結論が異なると考えられる。したがって、網干の(1)は妥当な結論としては受け入れられない。

図-3 は、直接的に圧密曲線の挙動を比較するために、網干の実験結果の層厚2cmを基準に H^2 則を適用して時間補正を行い、それを重ね合わせたものであるが、かなりのばらつきが見られる。同じ粘土であるならば、層厚が異なっても一次圧密は一致するはずである。しかし、図-3の結果はそうではない。そこで実験上の誤差も考え、一次圧密部分が重なるような層厚（ H' ）を選んで再度整理し、重ね合わせたものが図-4である。 $H=100\text{cm}$ （ $H'=80\text{cm}$ ）の結果を除いて、ほとんどの沈下曲線は重なっている。この仮説が正しいとするなら、網干の(1)、(3)の結論は正しくない。

もちろんこのような実験結果が得られた背景、例えば実験装置、実験手法、計測手法や排水の状況等の詳細がわかっているわけではないので、軽率のそしりを免れないが、少なくともここで提案する、「一次圧密、二次圧密を含めて、相似則が成立する」可能性の大きいことを示している、と理解している。

4. まとめ

再検討の結果、理論解によるフィッティングを初期部分のみで行う \sqrt{t} 法よりも、全体で行う曲線定規の方が精度の良い結果が得られる。また層厚が大きくなっても、一次圧密終了時の沈下ひずみは同じである。さらに、沈下ひずみ曲線は二次圧密を含む H^2 則で整理できる可能性を示した。

参考文献

- 1) 三笠正人：軟弱粘土の圧密 新圧密理論とその応用 鹿島出版
- 2) 浅岡頭：弾塑性圧密変形の諸特徴 圧密沈下予測の新しい考え方と手法 地盤工学会 2003年7月
- 3) 網干寿夫、松田博：粘土の二次圧密と沈下解析 土と基礎 Vol.29,No.3 1981年3月号 pp19-24
- 4) 森脇武夫：実務のための圧密沈下予測とその対策技術 土と基礎 Vol.54,No.11 2006年11月号 pp47-54
- 5) 赤石浩一：乱さない飽和粘土の長期圧密に対する考察 土と基礎 Vol.11,No.3 1963年3月号 pp10-16

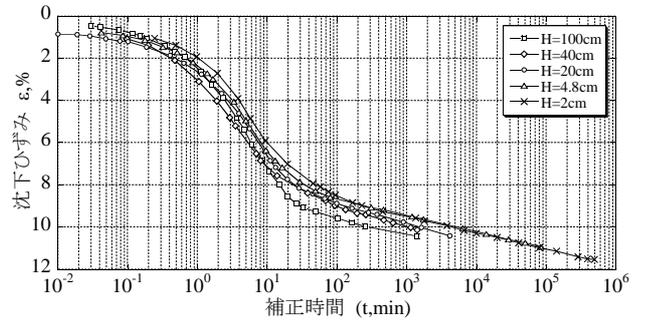


図-3 補正時間～沈下ひずみ関係

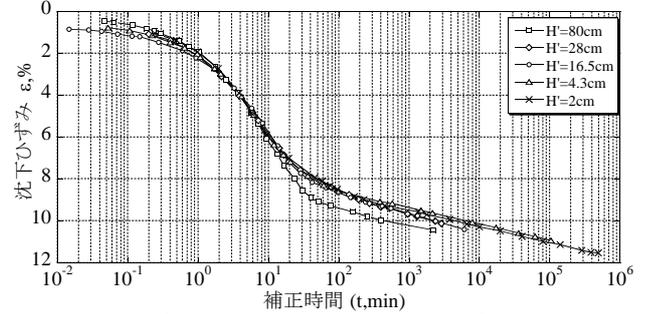


図-4 補正時間～沈下ひずみ関係(補正層厚)

表-3 補正層厚

層厚H (cm)	2	4.8	20	40	100
補正層厚H' (cm)	2	4.3	16.5	28	80