

広島大学工学部 正員 網干寿夫
広島県庁 正員 〇 畠山和憲

1. まえびき

層厚の異なる粘土の圧密は Terzaghi の圧密理論によれば、層厚の二乗を含む時間係数を用いることにより、同じ圧密曲線が得られるはずである。しかし、理論曲線と実験曲線は一般に一致しない。この相違は粘土のレオロジー的性質に起因するものと二次圧密による沈下は一定応力のもとで層厚に比例するという説と、二次圧密現象といわれる層厚に関係があるとする説があり、あまりはっきりしていない。これらの事実から考えると実験室内の薄い試料によるデータと現場の厚い粘土層の沈下観測値とがどのような相似則のもとで結びつくのかということはよくわかっておらず、二次圧密特性の解明とともに圧密沈下に及ぼす各層の厚さに関する研究が重要な課題となる。また二次圧密は圧密試験のさいの側面摩擦の影響を大きく受けることが明らかにされており、また Frictionless の一次元圧密試験を行うことが容易な事なことをふまえて圧密における相似則の性格を明確にする必要があるのである。

そこで本実験においては大きさの異なる数個の相似圧密試験機を試作し、長期圧密試験を行ない二次圧密特性および圧密沈下に及ぼす層厚の影響に関する実験を行い、その結果の一端を報告する。

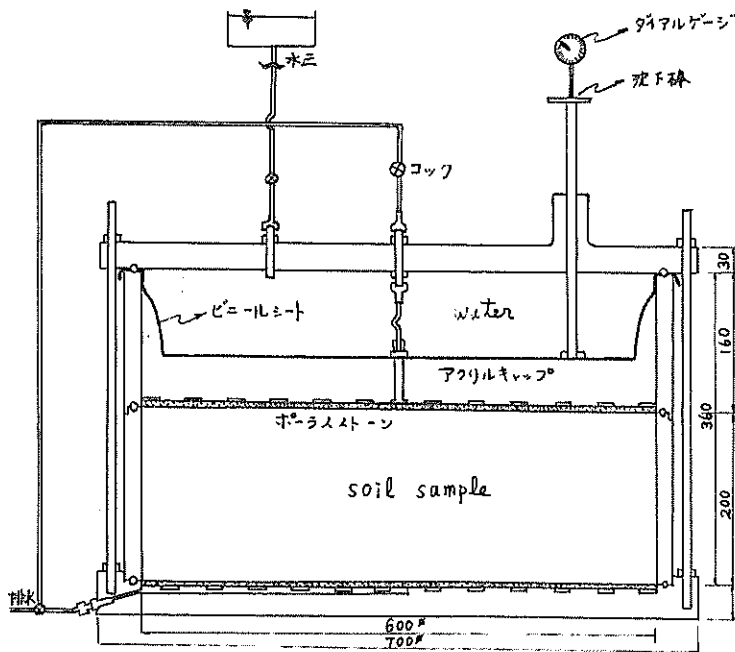
2. 試料およびその特性

実験に使用した試料は広島港埋立地より採取した粘土をふるい分けした後、10cm四方の広さで厚さ1m以上にわたり堀削した場所に入れたその上に25cmの砂質土が載荷され約5年間の長期にわたり圧密されたものである。試料の特性は比重2.67、液性限界100%、塑性指数68%であった。

3. 実験装置および方法

本実験においては大きさの異なる4個の相似圧密試験機を試作した。通常の

図1 $n=10$ 圧密試験機設計図



標準一軸圧密試験装置すなわち圧密リング高さ 20mm 内径 60mm の圧密試験機に計し、相似比 $n=1$ (内径 6cm), 2.4 (内径 14.4cm), 10 (内径 60cm), 20 (内径 120cm) の各試験機を使用した。図 1 に示すように $n=10$ の圧密試験機の載荷装置は水頭差による水圧型とした。また $n=20$ の試験機は現在試作途中であるためこれについては省略する。

なお、試料採取や実験方法については別途公に発表する。

4. 実験結果の検討

(a) 二次圧密速度

図 2 は、標準圧密試験による各荷重段階における長期圧密試験結果を ε (ひずみ) - $\log t$ に整理したものである。この結果、二次圧密部のひずみ速度 $d\varepsilon/d \log t$ は圧密能力に応じて大きくなり、このことはわかる。ただし、本実験に使用した攪乱再圧密粘土の

圧密降伏力は約 0.4 kg/cm^2 である。

各荷重段階について観察すると $\Delta \sigma = 0.1 - 0.2 \text{ kg/cm}^2$ については二次におけるひずみ速度は 10^3 min 付近まで直線になるが、その後漸減し最終沈下量に収束する傾向を示している。 $\Delta \sigma = 0.2 - 0.1 \text{ kg/cm}^2$ についても同様の傾向を示し、 10^4 min 付近からはほとんどひずみ量はみられなくなっている。 $\Delta \sigma = 0.8 - 0.2 \text{ kg/cm}^2$ についても $2 \times 10^3 \text{ min}$ 付近で直線からの逸脱現象を示している。

以上の結果、広島粘土の二次圧密勾配は Buisman's secular law に完全に一致せず $\log t$ に直線的沈下速度が減少し、ゆえに最終沈下量に達する傾向を示す事がわかる。

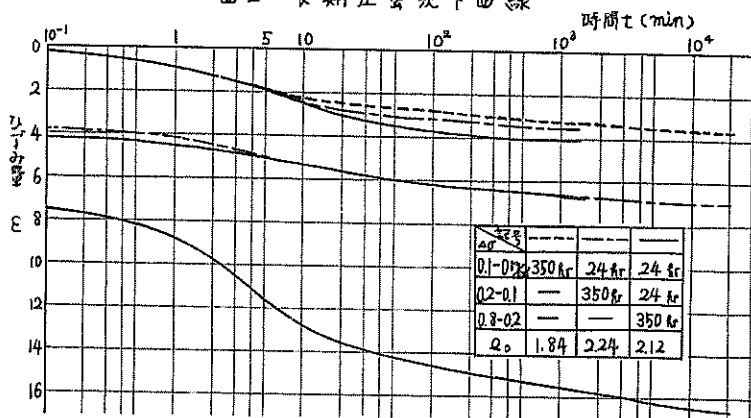
(b) アイソタッテ曲線の設定

アイソタッテ理論については Suklje や三笠の研究があるが、いずれも実験的裏付けはなされてない。また、Suklje の層厚の変化を考慮した推定圧密曲線の提案を検討した結果、荷重増加率や載荷能力の点で適応範囲が限定されるなどの問題点があり精度があまり期待出来ないため、以下に参考として図 3 に層厚 20cm の場合の推定曲線をのせることにする。

そこで、層厚 $2h_1 = 2nh_1$ の推定圧密沈下曲線を求めるには Terzaghi's load-compression relationship と Buisman の secular time effect とを組み合わせて以下のようにして曲線を設定した。

まず圧密沈下曲線より Casagrande 法を用いて e_{100} , e_{10} の点と求め Terzaghi's 時間係数 T_v と平均圧密度の関係から反復により C_v を決定する。つぎにこの C_v を用いて排水距離 nh_1 のときの任意時間 t を $t = T_v (nh_1)^2 / C_v$ より求める。 e_{100} の位置を仮定し再び Casagrande 法と標準圧密試験の二次圧密延長線より反復法により排水距離 nh_1 の時の e_{100} , e_{10} を決定する。このよう

図 2 長期圧密沈下曲線



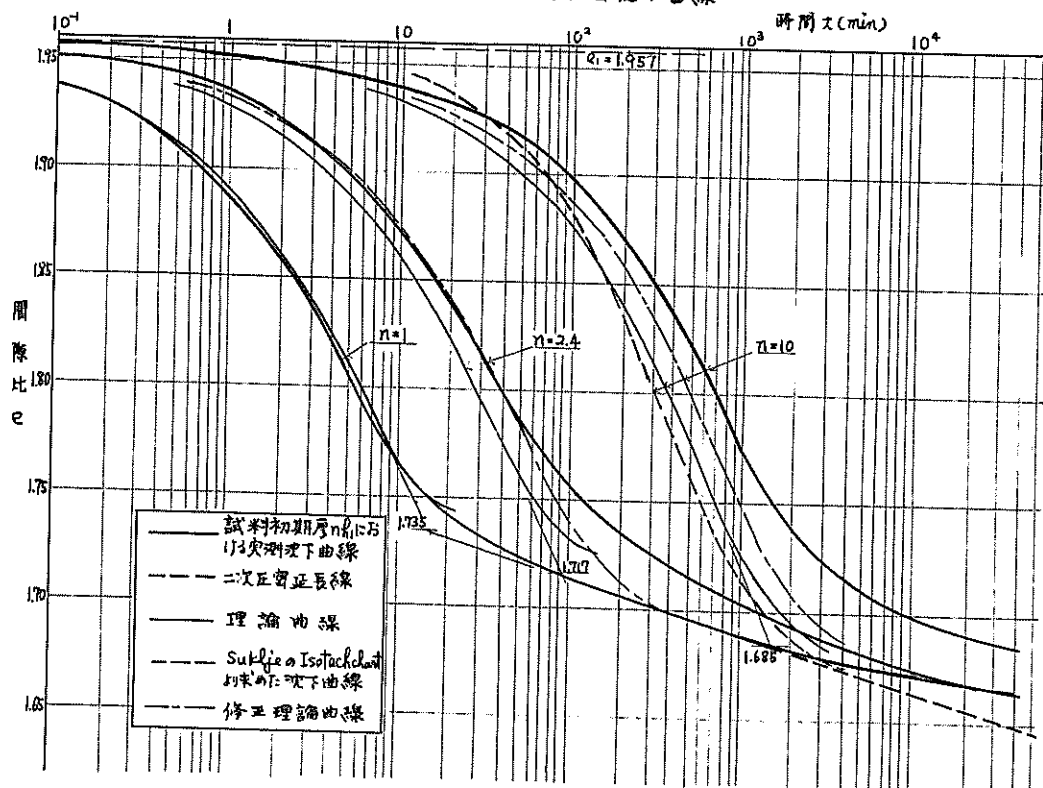
・ 1.12 任意の層厚に対する推定圧密曲線は図3の破線が示す曲線が表わされる。

(C) スケールエフェクトに関する実験結果

図3に標準圧密試験機による実験結果より求めた理論曲線と破線が示す1.12に相似圧密試験結果より得られた実測曲線を太線で示す。図1において n は標準圧密試験機の初期試料厚 ($R_1 = 2.0 \text{ cm}$) に対する層厚比である。 $n = 2.4$ と $n = 10$ の場合に理論曲線と実測曲線は一次圧密部分の圧密時間においてかなりの相違が生じているのがある。これは Taylor, Barden などのロージ的研究によっても明らかであるように、層厚の大きな粘土の圧密には間隙水圧が消散するまでに長時間を要し、グループの二次圧密現象の影響を大きく与えるため時間的遅れを生じるものと考えられる。よって二次圧密現象の影響を理論曲線に考慮するために次のような修正を行なった。理論曲線を等しくある圧密係数 C_v として $C_v = (R_1 n / 2)^2 / \pi 90$ を用いるとこれは三宜によっても推定されている様に一次圧密部分の圧縮率に基づく圧密係数の算定式である。実際にかなりの二次圧密部分を含むので、二次圧密量も含めた圧密係数は式に一次圧密比を乗じる修正を行わねばならない。また圧密試験は24時間載荷を一般的に採用しており、そこで24時間圧密沈下量での一次圧密比を考慮して圧密係数を用いて修正理論曲線を求め図3の一点鎖線に表わした。

$n = 2.4$ における実測曲線は一次圧密部分において二次圧密も含んだ C_v を用いて修正理論曲線

図3 スケールエフェクトによる圧密沈下曲線



と非常によく一致した。しかし $n=10$ に与える実測曲線は修正理論曲線からも逸脱し大きな層厚の粘土では二次圧密結果が大きく作用しかなりの時間的遅れをもたらしことが判明した。

つぎに圧密曲線の形状を観察すると層厚の大きな粘土の圧密実測曲線は一次圧密部の後期から二次圧密部にかけて二次圧密現象は顕著に現われ理論曲線や Terzaghi 曲線のような一次圧密部と二次圧密部の明白な分離の傾向を示していない。これは Barden の非線形モデルを想定して解析した数値解より得た圧密曲線の形状と比較的類似してより興味深い。ひずみ量に関して考察すると、理論曲線は標準圧密試験結果の二次圧密延長線上にある。すなわち Isotach 現象を推定したば、実測曲線は $n=2.4$, $n=10$ 相当とも一次圧密終了時の推定沈下量には近しい。これは長期圧密試験結果の箇所ですべて述べたように二次圧密速度 $de/d(\log t)$ は直線的变化を示す曲線に対して折線的变化を示し、そのため Casagrande 法による U_{100} を決定するための二次圧密部の直線といかにとらえ問題がある。この点を考慮して図3の実測曲線を観察してみると、 $n=1$ と $n=2.4$ のひずみ量は長期試験前後においてほぼ収束する傾向にある。 $n=10$ の場合も収束する傾向がみられ Isotach 現象を裏付けたものと思われるが、判断するにはより長期の継続観察結果が必要である。また、 $n=20$ の大型試験機によるデータが得られればより深い考察が得られるものと思われる。

(d) Terzaghi の時間係数との比較

スケールエフェクトに関する圧密実験結果を平均圧密度 U と時間係数比 T/T_v で整理したものを図4に示す。ここに T は Terzaghi による時間係数であり、 U は $4.2 \times 10^{-4} \text{ min}$ の沈下量で便宜的に最終沈下量として算出したものである。また図5は種々の平均圧密度に関し、初期層厚比と時間係数比の関係をプロットしたものである。

5. あとがき

スケールエフェクトに関する実験について述べたが、本実験はより長期の観察が必要であり、また $n=20$ ($H=40 \text{ cm}$) の大型試験機を現在試作中でありその結果に待たねばならぬ。大きく厚い粘土層の圧密沈下などのような類似のものとは結びつかない結論を出すに至らない。したがって、現時点での傾向として主に次の点を指摘した。第一にスケールエフェクトに関する実験の結果 Isotach 現象の妥当性確認のため、 T/T_v 沈下量に与える二次圧密速度特性を考慮する必要がある。第二に、圧密時間は層厚の増加に伴ないかなりの遅れが生じる。本実験では $n=10$ の場合一次圧密部と二次圧密部の時間係数比は Terzaghi 理論による T_v の約 1.7 倍近くになった。

図4 $T/T_v - U$ 曲線

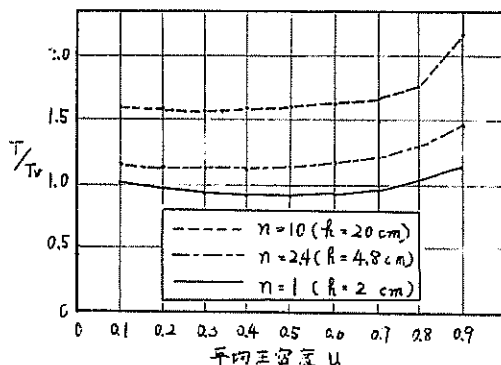


図5 $n - T/T_v$ 曲線

