高木 佑也

杉山 太宏

東海大学 学生会員

正会員

東海大学

長期圧密試験の二次圧密計算手法に関する一考察

1.はじめに

最大排水距離の異なる粘土の圧密量 - 時間曲線は,平行移動型か二次圧密領域で沈下量が一致するのか明確にされていない^{1),2)}.標準圧 密試験結果に基づく慣用的な圧密計算では,二次圧密の大小によらず 1日後の全圧密量が実地盤で発生することが前提で,この方法により 実地盤の圧密沈下量を概ね予測できたとする報告は少なくない^{3),4)}. 図-1 は過去に実施された宅地造成地の実測沈下量と慣用法による計 算沈下量を比較したもので⁵⁾,両者には概ね1:1の関係が確認される. 慣用的沈下予測の妥当性を考慮すると,実地盤では平行移動型に近い 可能性が高いと推察される.ところで,大阪湾粘土では特徴的な圧密 挙動として,二次圧密速度が圧密時間とともに減少することが明らか にされている^{6,7)}.このような挙動を示す粘土の長期沈下と最大排水距 離に関する仮説については興味のあるところである.この報告は,渡 部らにより行われた大阪湾粘土の長期圧密試験結果⁸⁾から H²則と特 徴的な二次圧密挙動の存在を前提とした二次圧密モデルによる一次元 圧密解析を行い,予測すべき圧密沈下量について検討している.

2.大阪湾粘土の実験結果と考察

渡部他が実施した最大排水距離Hの異なる大阪湾粘土の圧密量 - 時間曲線を図-2 に示した⁸⁾.実験では疑似過圧密領域の土被り圧 p₀から 圧密降伏応力 pyを大きく越える荷重が載荷された.最大排水距離 H=1cmの 印と 印,H=10cmの 印の両試験において二次圧密挙動 が観察される.図中の数値 2.6~0.7%は,破線で区切った時間の二次 圧密速度 (体積ひずみで定義)で, は圧密時間とともに減少して いる.多くの正規圧密粘土の二次圧密量は時間の対数に比例すること が知られているが,大阪湾粘土の二次圧密挙動はそれらと異なるよう である.

H=1cmの試験結果から圧密係数 c_v = 0.1cm²/min を求め 図-2 を圧密 量と時間係数の関係で示したのが図-3 である.圧密圧力が等しい最大 排水距離 Hの異なる 印と 印の試験結果はほぼ一致する.特異な二 次圧密挙動を示す大阪湾粘土であるが,最大排水距離 Hの異なる圧密 量時間曲線は平行移動型を示すことがわかる.

3. 三笠の圧密方程式と二次圧密

周知のように鉛直ひずみ(体積ひずみ) ε_v に関する三笠の圧密方程式は式(1)で表される⁹⁾.また,圧密荷重増分 dpによるひずみ増分 $d\varepsilon$ は体積圧縮係数 m_v として式(2)で表される.

$$\frac{\varepsilon_y}{t} = c_v \frac{2\varepsilon_y}{v^2} \qquad (1) \quad , \qquad d\varepsilon = m_v \, dp \qquad (2)$$

ここに、 t は時間、 y は圧密層内の位置、 c_v は圧密係数である.多くの二次圧密を考慮した一次元圧密解析における $d\epsilon$ は、一次圧密量 $d\epsilon_p$ と二次圧密量 $d\epsilon_s$ の和と仮定されている.式(2)の m_v もまた $d\epsilon_p$ と $d\epsilon_s$ に対応する m_p と m_s の和と考えられる.三笠の圧密方程式(1)を無次元化表示に変換するため、式(3)を利用して式(4)を得る.

 $t = T_v H^2 / c_v , U_y = d\varepsilon / d\varepsilon_p , Y = y / H$ (3), $\frac{U_y}{T_v} = \frac{^2 U_y}{Y^2}$ (4)

連絡先:〒259-1292 神奈川県平塚市北金目1117 TEL 0463-58-1211 E-mail:sugi@keyaki.cc.u-tokai.ac.jp



キーワード:二次圧密,大阪湾粘土,H²則

ここに, *T_v*は時間係数, *H*は最大排水距離, *Y*は無次元化された圧密層内の位置, *U_y*は位置 *Y*におけるひずみに関する圧密度である.本報告では,二次圧密速度が圧密時間とともに減少する大阪湾粘土の二次圧密挙動を,式(5)と式(6)の2通りで表わす¹⁰⁾.

$$m_s = \prod_{i=1}^{n} m_i * \left[1 - \exp\left(-10^{-i} * t \right) \right]$$
(5) , $m_s = \frac{0.434 \times \alpha}{t}$ (6)

ここに, m_iは二次圧密の大きさを表す定数である.

時間の対数に比例する二次圧密挙動は,式(5)の*m_i*を一定に して*n*を大きくすることで再現できる.一方,*i*の増加ととも に*m_i*を減少させれば大阪湾粘土の二次圧密挙動を近似し,さら に*n*を小さくすれば圧密量は一定値に収束する.式(6)では,*a* が一定の場合,当然ながら時間の対数に比例する二次圧密挙動 が再現される.圧密時間とともに二次圧密速度を減少させるに は,図-2の試験結果のように*a*を減少させる必要がある.

一次元圧密試験によって,二次圧密の開始時間ならびに二次 圧密が対数時間に対して無限に比例するかを確認するのは困難 である.大阪湾粘土で観察されたように,長期圧密試験の二次 圧密速度は減少すると考えるのが合理的であり,したがって, 長期間の二次圧密挙動を正確に測定し,沈下量が収束する可能 性を示した図-2の試験結果は極めて貴重で,実際地盤の長期沈 下予測を考える実務家にとっても極めて有用である.



4.計算結果と考察

図-2の試験結果(H=1cm)に近い計算値を得るために下記の土質定数を決定し,三笠の圧密方程式(1)を差分化し 再現計算を行った.式(5)による計算に用いた土質定数は $m_p = 0.02$, $m_i = 0.016$, $c_v = 0.1$ cm²/min で,定数 n=7 とした.式(5)の m_i を0.016に固定した計算結果が図-4中の実線で,10⁵分頃までほぼ時間の対数に比例した圧密量-時間曲線が計算される.破線は m_i を0.016から0.002まで減少させた計算結果で,こちらの方が実測値に近い結果となった.ただし,両計算結果に差が生じるのは100分以降であって,1日後までの圧密量の差はわずかである.

慣用的な圧密計算の前提となる1日後までの圧密量の再現性であれば,従来からの $\log t$ モデル(式(6))でも不具合はない.式(6)の $\log t$ モデルで計算した結果は,ひずみに関する圧密度と時間係数の関係として図-5 に示した. 一次圧密中に発生する二次圧密量は式(5)と式(6)で異なるため, $\log t$ モデルの場合は m_p を0.94 倍し一次圧密量は $d\epsilon_p$ =0.206 として計算した.時間係数の増加とともに α を減少させた(α =0.014 から0.004)破線の計算結果は図-4の結果と同程度で,二次圧密モデルの違い(式(5)と式(6))による影響は小さいと言える.二次圧密を時間の対数に 比例させるより簡単な $\log t$ 型二次圧密モデルでも,1日後までの沈下計算であれば十分に再現計算が可能である.

5.おわりに

標準圧密試験に基づいた慣用的な圧密計算の妥当性から,層厚の大きな実地盤の沈下挙動は平行移動型に近い可能性が高い.特徴的な圧密挙動を示す大阪湾粘土でも最大排水距離の異なる粘土の圧密試験結果は平行移動型に近い結果である.大阪湾粘土の長期圧密量 - 時間曲線を再現するために,二次圧密係数を減少させることで実測値に近い計算結果が得られたが,1日までの沈下量であれば簡易なlogt型二次圧密モデルで十分な予測精度が得られる.

参考文献

1) Ladd , C.C. et.al .: Stress-deformation and strength characteristics , Proc. 9th ICSMFE , Vol.2 , State of the art report , pp.421-494 , 1977 .

2) Aboshi ,H.: An experimental investigation on the similitude in the consolidation of a soft clay ,including the secondary creep settlement ,Proc .8th ICSMFE , Vol.4 , No.3 , pp.88-89 , 1973 .

- 3) 竹内淳雄他:軟弱地盤の盛土による圧密沈下の事前予測と現場測定例,土と基礎, Vol.36, No.7, pp.57-62, 1988.
- 4) 稲田倍穂他: 泥炭地盤に生じる二次圧密速度の推定, 土と基礎, Vol.25, No.12, pp.33-38, 1977.
- 5) 白子博明他:標準圧密試験結果に基づく泥炭質地盤の圧密沈下解析,北海道支部創立 50 周年記念シンポジウム論文集,pp.95-100,2006.4.
- 6) 鈴木真也他: 関西国際空港の建設と地盤工学的諸問題,6.地盤挙動の予測,土と基礎, Vol.56, No.8, pp.78-85, 2008.
- 7) Tanaka,H.: Consolidation behavior of natural soils around pc value, Soils and Foundations, Vol.45, No.3, pp.83-95, 2005.
- 8) 渡部要一他:大阪湾粘土の圧密沈下挙動に対するアイソタックによる土~水連成解析,第43回地盤工学研究発表会,pp.849-850,2008.
- 9) 三笠正人:軟弱粘土の圧密, 鹿島研究所出版会, pp.3-19, 1965.
- 10) 白子博明他:レオロジーモデルを用いた二次圧密の予測:東海大学工学部紀要 Vol.23, No.2, pp.89-94, 1983.