

圧密沈下解析における圧密降伏応力把握の必要性

東海大学大学院 学正会員 今村 紘子
 金沢工業大学 国際会員 外崎 明
 東海大学 正会員 杉山 太宏・赤石 勝

1. はじめに

圧密沈下解析における圧密降伏応力 p_c 把握の重要性が指摘されており、 p_c の正確な把握のため一般的段階載荷の圧密試験でなく、定率ひずみ圧密試験が実施されている¹⁾。載荷速度が緩速であり、 p_c 以下の圧密圧力、すなわち、過圧密領域における圧密量時間曲線や圧密に伴う強度増加を正確に把握する必要がある特別な場合を除き、圧密降伏応力 p_c を正確に把握する必要性について考察する。たとえば、関西国際空港の盛土荷重は、埋め立て完了前に p_c を超えており、荷重条件は空港島の大きさと粘土層の厚さとの関係から一次元圧密と考えられている。空港島盛土端部の安定問題を検討する場合を除き、空港島の圧密沈下量予測には、圧密前後の間隙比のみが必要であり、特別 p_c 把握の重要性は考えられない。しかし、 p_c 前後の圧密速度が大きく異なり、載荷速度との関連で圧密量時間曲線の予測に p_c の存在を無視できない可能性は考えられる。この報告では、過圧密比OCR=1.5 前後の擬似過圧密である大阪湾粘土において圧密降伏応力 p_c を無視した場合、圧密沈下速度の予測における不具合の有無について検討した。

2. 大阪湾粘土の $e \sim \log p$ 曲線と関西空港島の圧密沈下

運輸省港湾技術研究所で実施された渡部らならびに田中らのおお阪湾粘土の実験結果を利用する^{2), 3), 4)}。Fig.1 から明らかのように、大阪湾粘土は過圧密比OCR=1.5 前後の擬似過圧密である。図中pで示した圧密圧力は、 p_c の2倍以上である。Fig.2 は、関西空港島の沈下実測値である。実線で示したように約3年で埋め立てを完了し、平成14年から年間17cmの沈下が継続している。3年以内に圧密降伏応力 p_c を超えていることがわかる。もし、破線で示すような圧密降伏応力 p_c 以下の極めて緩速な埋め立てを行い、その経時変化を知りたい場合は p_c 前後の λ や κ を使う必要がある。しかし、この報告の検討では p_c の存在を無視し、Fig.3 に破線で示した $e \sim \log$ 曲線の勾配、圧縮指数 λ を求め、一次元圧密FE解析を行い実験結果と比較した。圧密連成FE解析には、 λ 以外の定数も必要である。透水係数 k や二次圧密係数 α は、圧密量の経時変化や圧密係数から決定した。せん断抵抗角 ϕ と静止土圧係数 K_0 の値は仮定した。

3. 実験結果と計算結果の比較

Fig.4 は、圧密連成FE解析結果である。白・黒丸印は渡部らの文献^{2), 4)} から引用した大阪湾粘土Ma12の実験結果を示しており²⁾、実線は著者らの提案する二次圧密を考慮したFE解析結果である⁵⁾。提案法には、圧縮指数 λ の他、一次圧密量のみで定義する圧縮指数 λ^* が必要である。しかし、現在、圧縮指数 λ^* を決定する方法が見出されていない。そこで、最大排水距離 $H=1\text{cm}$ の試験結果から、図中に示した二重丸印1日後の圧密量と計算結果が一致するように圧縮指数 $\lambda^*=0.4$ を決定した。したがって、 $H=1\text{cm}$ のFE解析結果は、圧密全過程でと白丸印の実験結果とよく一致するよう圧縮指数 $\lambda^*=0.4$ を決定したとも言える。最大排水距離 $H=1\text{cm}$ の圧密FE解析に用いた土質定数を用い、最大排水距離 $H=10\text{cm}$ の計算も実施した。計算結果は黒丸印で示した実測値によく一致している。演算時間節約のため少ない要素分割で10行1列としたためか、圧密初期に計算結果と実測値に若干のずれが生じている。最大排水距離の異なる供試体の圧密量～時間曲線は、仮説A、平行移動型であることがわかる。また、最大排水距離の異なる供試体の圧密量～時間曲線の再現計算に、圧密降伏応力 p_c を無視した結果、圧密量～時間曲線の形状に反映された不具合は見出されない。

キーワード：圧密降伏応力 一次元圧密 FE 解析 圧縮指数

連絡先：〒259-1292 平塚市北金目 1117 東海大学土木工学科 E-Mail：7acdm002@keyaki.cc.u-tokai.ac.jp

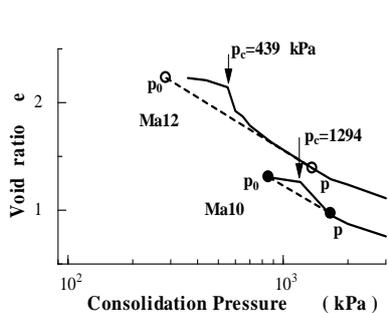


Fig.1 大阪湾粘土の e - log p 関係 1

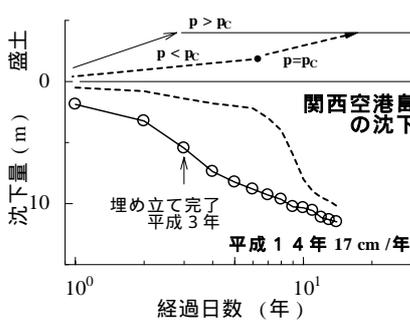


Fig.2 盛土・沈下量 時間関係

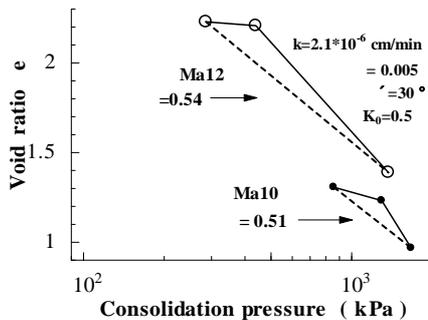


Fig.3 大阪湾粘土の e - log p 関係 2

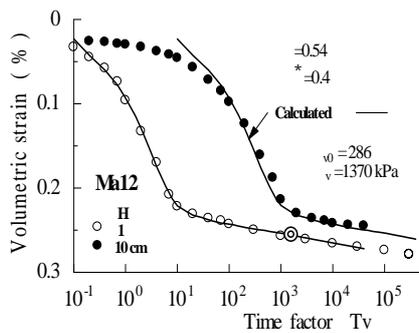


Fig.4 二次圧密を考慮した FE 解析

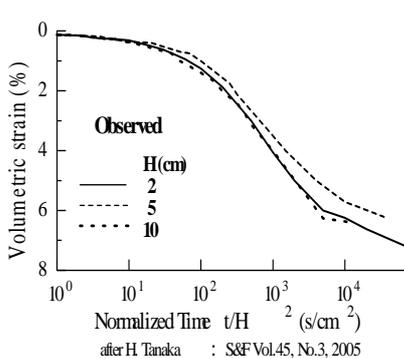


Fig.5 相似則に関する圧密試験結果(Ma10)

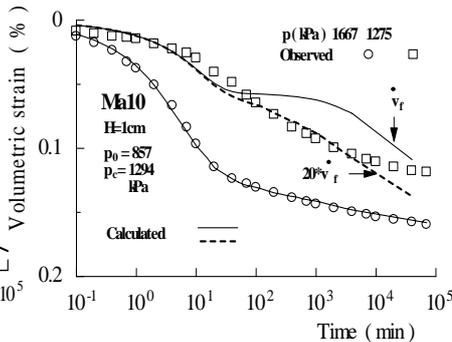


Fig.6 試験結果と計算結果の比較 MAMa01

Fig.5 は大阪湾粘土Ma10の相似則に関する田中らの圧密試験結果である³⁾。この試験結果の横軸はNormalized timeとなっているが、時間係数と理解できる。最大排水距離が2, 5, 10cmと異なる供試体の圧密量と時間係数の関係は、ほぼ一致しているため大阪湾粘土Ma10でも仮説Aが成立していると考えられる。また大阪湾粘土Ma10は、特異な圧密挙動で知られている。Fig.6は、最大排水距離H=1cmの供試体に対する大きさの異なる圧密圧力によるMa10の試験結果である。土被り圧857kPa、圧密降伏応力1294kPaであるから、白丸印の圧密圧力1667kPaは圧密降伏応力の約1.3倍である。図中白丸印の実験結果と実線で示す計算結果は、Ma12と同じくよく一致している。しかし、四角形で示す擬似過圧密領域の圧密挙動実測値と計算結果は、かなり異なる。擬似過圧密挙動の実測値に不明な点があるため、根拠もなく基準となるひずみ速度 \dot{v}_f を20倍した破線の計算結果は、少し実験結果に近くなった。四角形で示す実験結果は極めて特異な挙動である。この挙動は乱されない擬似過圧密粘土の代表的な挙動であるとされている³⁾が、擬似過圧密領域における圧密挙動については更に検討が必要と思われる。

4. まとめ

圧密降伏応力 p_c を無視した場合、圧密沈下量予測不具合の有無について検討し、以下のような結果が得られた。

擬似過圧密である大阪湾粘土の圧密降伏応力を超える圧密圧力による一次元圧密解析において、圧密降伏応力を無視し平均化した圧縮指数でも圧密量～時間曲線を正確に十分再現できる。圧密に伴う有効応力を正確に把握する必要性のない一次元圧密解析では、圧密降伏応力を無視しても圧密沈下量予測に不具合は生じない。最大排水距離の異なる大阪湾粘土供試体の圧密量～時間曲線は仮説A、平行移動型であり、アイソタック則は成立しない。

<参考文献>

1) 中瀬明男：関西国際空港の沈下問題，土木学会論文集，No.454，pp.1-9，1992。 2) 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練成解析，第43回地盤工学研究発表会，No.425，pp.849-850，2008。 3) Hiroyuki TANAKA：CONSOLIDATION BEHAVIOR OF NATURAL SOILS AROUND VALUE -LONG TERM CONSOLIDATION TEST-，SOILS AND FOUNDATIONS，Vol.45，No.3，pp.83-95，2005。 4) Masaki Kobayashi：Modeling of consolidation characteristics of clays for settlement prediction of Kansai International Airport，Proceedings of the symposium on geotechnical aspects of Kansai International Airport，pp.65-76，2005。 5) 今村紘子ほか：二次圧密を考慮した一次元圧密解析と圧縮指数，第4回地盤工学会関東支部発表講演集，No.106，pp.412-413，2007。