

BIOT圧密理論を有限要素法で解く場合の精度について

神戸大学工学部 正会員 田中泰雄

1. まえがき

最近 BIOT 理論が従来の TERZAGHI 理論と並んで、実際の地盤の圧密問題に適用される例が多くなっている。その理由の1つは、数値計算法(特に有限要素法)の発展と計算機の進歩により、BIOT 理論による圧密解析が簡単にかつ敏速に実行できるようになったからである。このように数値計算による BIOT 理論の実用面への応用が普及するにつれ、その精度が重要となるが、ここでは有限要素法で、4節点と8節点の2つの要素で得られる精度の違いについて調べてみた。

2. 有限要素法でBIOTの圧密問題を解析する際の問題点

有限要素法を用いて BIOT の圧密問題を解析した時、得られた間隙水圧の分布が非常に誤まった値を示す場合がある。その例としては SANDHU 等⁽¹⁾や SMITH⁽²⁾の報告が挙げられるが、それによると得られた沈下-時間関係は一般に良好なのに対して、間隙水圧分布が理論値に比べて異常に変動した形で求まる場合がある。SANDHU 等⁽¹⁾によれば、使用する有限要素のタイプが重要で、要素が変位量を間隙水圧に比べ、より多くの節点で表現する(つまり節点に異なる自由度を与える)ならば、精度の良い間隙水圧分布が予測できると報告されている。又 SMITH⁽²⁾は圧密時間の進行を数値的に近似する際、圧密開始直後の急激な圧密変化を時間的に精度よく近似する重要性を示し、改良された時間近似方法を提案している。本発表では SANDHU 等⁽¹⁾の例に従って、要素のタイプの違いが間隙水圧の精度に影響する点を、2種類の有限要素を用いて調査した。又 SANDHU 等⁽¹⁾では一次元圧密問題を用いて、精度の検定を行ったが、それでは BIOT 理論の特徴である MANDEL-CRYER 効果が見られず、従って有限要素法でこの現象が正確に近似されたか否かは判定できない。ここでは MANDEL-CRYER 効果が生ずる長い円柱の供試体の側面排水による圧密問題を取りあげ、DE LEEUW⁽³⁾によって誘導された間隙水圧変化の厳密解を使用して、有限要素法の精度を調べた。

●解析方法

使用した要素は4節点四辺形要素(4Qと呼ぶ)と、自由度が異なる8節点四辺形要素(8Q)である(図-1参照)。変位量と間隙水圧は、4Q要素では全節点で表現され、8Q要素では変位量は全節点で表示し間隙水圧は隅の4節点のみで表示されている。供試体は長い円柱のため、鉛直変位を零とし図-1のように10要素に分割した。又使用したプログラムでは、時間近似方法としてEXPLICITとIMPLICIT方法の中間であるCRANK-NICOLSONの方法を使い、対数的に時間が増加できるように、ある時間サイクル經過後、剛性マトリックスは逐次

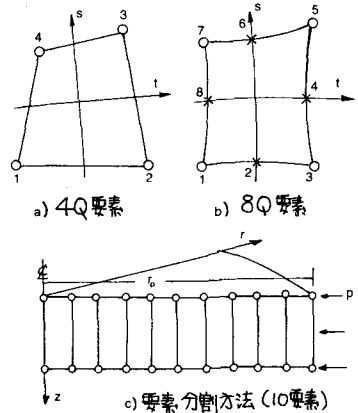


図-1 使用した要素タイプと分割法

再計算されている。

・解析結果

4Q要素を用いて得られた円柱中心での、間隙水圧と時間の関係を図-2に示す。図に示されるように間隙水圧の精度は入力する初期時間の違いにより大きく変動し、 $t_i=0.005$ でのみ一応良好な結果を示したが、一般に精度は満足できない結果となった。一方8Q要素を用いて計算された結果は、図-3に示す通り、入力される初期時間の違いに關係なく安定しており、半径上の大部分の箇所で精度の良い結果が得られた。円柱中心でのMANDEL-CRYER効果も正確に予測されており、その誤差は約2%であった。しかしながら $r=0.9$ の結果に示されるように、排水境界面近くでは、圧密開始直後に大きな(約25%)の誤差が生じている。同様な間隙水圧の排水面近くでの乱れは、一次元圧密問題でも見られ、その例を図-4に示す。詳述は紙面の都合上できないが、この理由は境界面で排水条件を必要とするためと考えられる。

3. 結論

有限要素法でBIOTの圧密問題を解析する場合、8Q要素の有用性が示された。又予測されたMANDEL-CRYER効果の精度も良かった。しかしながら圧密開始直後では、まだ間隙水圧の乱れが排水境界面近くで見られ、これは境界面で必要とする排水条件のためと考えられる。

・参考文献

- 1) Sandhu, R.S, H.Liu and K.J.Sighn(1977) "Numerical performance of some finite element schemes for analysis of seepage in porous elastic media", Int. Jour. Num. Anal. Meth. in Geomech., Vol.1, pp177-194
- 2) Smith, I.M. (1977) "Some time-dependent soil-structure interaction problems", Chap8 in 'Finite Elements in Geomechanics', John Wiley and Sons, New York
- 3) De Leeuw, E.H. (1964) "Consolidatie in drie dimensies", LGM Mededelingen, Delft, Vol.9, No.2 (in Dutch)

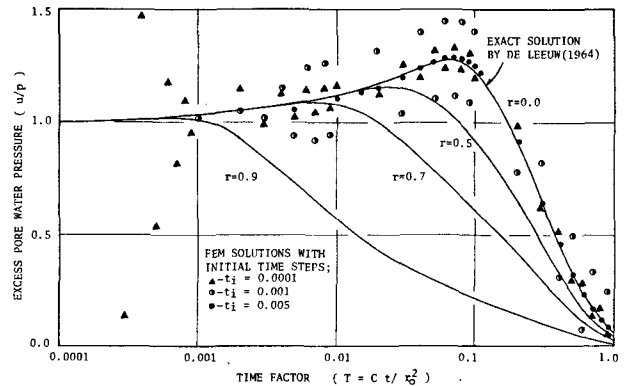


図-2 長い円柱の供試体の圧密問題-4Q有限要素によるPWP解析 (ポアソン比 $\nu=0.0$)

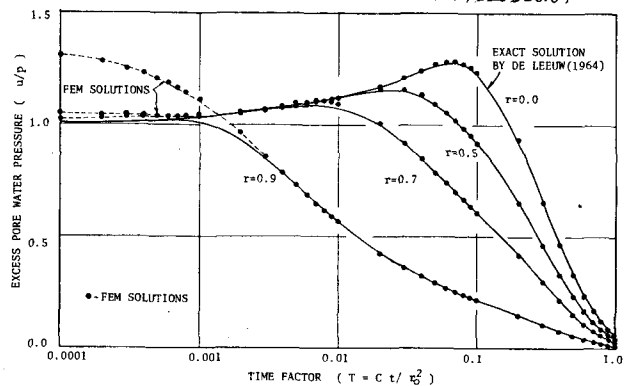


図-3 長い円柱の供試体の圧密問題-8Q有限要素によるPWP解析 (ポアソン比 $\nu=0.0$)

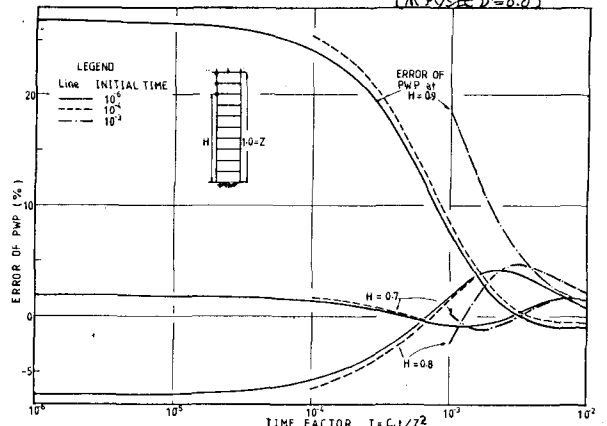


図-4 一次元圧密問題-8Q有限要素による境界面近くのPWP解析 (ポアソン比 $\nu=0.0$)