

非線形弾性論による多次元圧密の応力経路について

京都大学工学部 正員 田村 武
 京都大学大学院 学生員 ○大西 博文

1. はじめに

粘土地盤の沈下量は圧密による沈下量とせん断による沈下量とが考えられる。この時間的に変動する圧密をも考慮した変形解析および有効応力経路の解析は地盤の変形問題やせん断破壊に対する安全性にとって重要なものである。本報告ではBiotの提案した圧密方程式に対して非線形弾性モデルによるF.E.M.を適用して解析し、地盤内の有効応力経路および節点変位について検討した。

2. 解析手法

Biotの提案した式は

$$(\lambda + \mu) \theta_{,i} + \mu \nabla^2 u_i + w_{,i} + f_i = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = -\frac{k}{\gamma_w} \nabla^2 w \quad (2)$$

であり、(1)式は弾性体の釣り合いを変位で表現したNavierの式、(2)式は連続条件式である。ここに λ, μ はLaméの定数、 θ は体積ひずみ、 u_i は変位、 w は間げき水圧、 f_i は外力、 k は透水係数、 γ_w は水の単位体積重量である。さて(2)式に対して時間方向に後退差分をとってやると体積変化の初期値が既知であるならば、変位および間げき水圧を未知数として(1)式と(2)式を連立させて解くことができる。この方法に対してF.E.M.を適用してみると、三角形要素に対し線形の変位の内挿関数を仮定すると

$$\begin{Bmatrix} f \\ \Delta \theta \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} K & C \\ C^T & \alpha \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \underline{u} \\ \underline{w} \end{Bmatrix}_{tot} \quad (3)$$

(3)式右辺の(7x7)の要素剛性マトリックスが得られる。ここに

C は要素内の間げき水圧による節点力への影響係数、 C^T は節点変位による体積変化量を表わす係数、 α は要素の水の出入を表わす透水係数、時間 Δt に依存する値、 $\Delta \theta$ は要素の体積変化量である。ここで注意すべきことは三角形要素を用いた場合、節点変位の自由度が著しく減少し不自然な変形になるということである。よって2個の三角形を合わせた四角形要素について変形拘束条件を与えて、新たに(9x9)の要素剛性

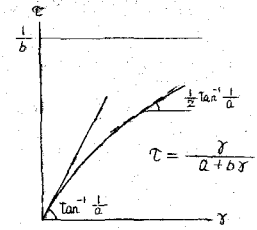
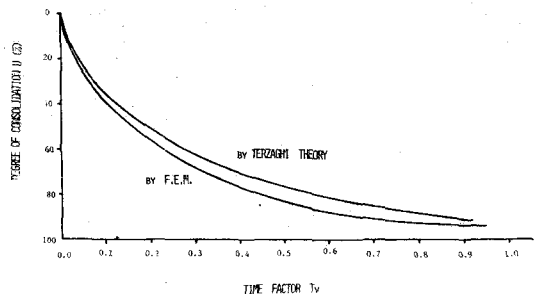


Fig. 1 Komatsu-Tyba's 構成関係

透水係数 $k = 1 \times 10^{-5}$ cm/sec
 ポアソン比 $\nu = 1/3$

深さ (m)	1	2.5	7	12	17.5	
せん断弾性係数 (kg/cm ²)	22.5	22.9	17.5	32.0	62.2	
Komatsu-Tybaの式で	a	0.371	0.231	0.162	0.077	0.064
式で	b	0.277	0.193	0.142	0.055	0.060

Fig. 2 DEGREE OF CONSOLIDATION - TIME FACTOR RELATION



マトリックスを作り，これから全弾剛性マトリックスを合成して解いた。なお計算に用いた非線形弾性モデルは図1.に示される Kondner type の構成関係を用いる。

3. 数値計算例の結果と考察

解析を行な，圧縮域は図3中の小図に示されている。上載荷重は盛工のような台形荷重を想定し最大 0.9 kg/cm^2 であり，境界条件は左右端および下端は滑らかで剛とする。また排水条件は上端のみ排水が許され，その他では非排水である。

図2の圧縮度-時間係数曲線は Terzaghi の一次元圧縮理論の場合と F.E.M. による多次元圧縮の場合を比較したものである。これから分かるように前者に比べて後者の方が圧縮速度が遅いという傾向がみられる。

図3，図4は地盤内の有効応力経路および全応力経路を示したものである。図4の全応力経路の J1 と J5 点に注目すると荷重後しばらく間がき水圧の上昇がみられる。これは Mandel-Cryer 効果で，荷重部のある程度の深さの部分が起る条件を備えているからと考えられる。■印は新增荷重終了時(2ヶ月後)を示しており地表面では新增荷重の効果が見られるが地盤内ではほとんど現われない。これは粘土の透水性の悪いことに起因する。

図5では，側方変位は荷重直後荷重部端で外側へ最大となり，その後内側へ戻る。最終的には地表面付近では負，地盤内では正の側方変位となる。地表面の即時状況下量の全状況下量に対する比は非線形弾性モデル，線形弾性モデル(せん断弾性係数は非線形弾性モデルのそれの初期値に等しい。)ではそれぞれ約40%，約50%になる。これは前者ではひずみが増大するにしたがってせん断弾性係数が減少し圧縮による状況下量が後者のそれより大きくなるためと考えられる。

(参考文献)

- Christian, J.T. and J.W. Boehmer: Plane Strain Consolidation by Finite Elements Proc. ASCE, SM4, (1970) pp. 1435 ~ 1457.

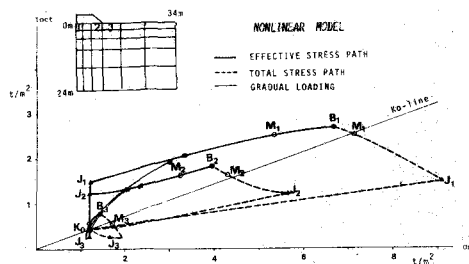


Fig. 3 STRESS PATH IN ON-SOIL PLANE

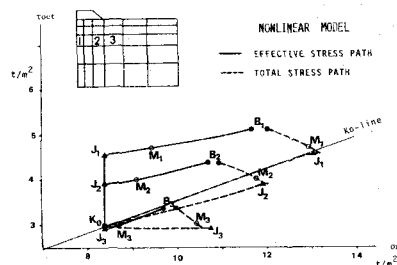


Fig. 4 STRESS PATH IN OFF-SOIL PLANE

