

高松高専 正・春本 繁
徳島大学工学部 正 山上拓男

1. まえがき: 連成、非連成を問わず、多次元圧密の弾塑性数値解析結果が多くの場合で公表されている。ところがこれらの多くは粘土層がその表面に直接受けた荷重によってどのような圧密挙動を示すかを明らかにしたものである。しかしながら実地盤では、サンドマットの敷設などにより、粘土層の上部には一般に砂層が存在し、この砂層表面に載荷されるのが普通である。したがって粘土層のみならず、こうした砂層の存在をも考慮した圧密解析が必要と思われる。そこで前報において、Sandhu流の連成解法に基づく砂層を含めた弾塑性圧密解析プログラムを開発し、モデルケースに適用した結果を示した。前報で議論した主な項目は、表層にある砂層中の間隙水圧の取り扱い、非排水過程の解法、砂と粘土を一体としに解析(Case 1)と表層の砂層は解析領域に含めずに粘土層のみを解析(Case 2)した場合の比較、などである。その結果次のような結論を得ていた。: 砂層中の間隙水圧は既知量(零)としても未知量としても大勢に影響しない; Case 1とCase 2の比較において非排水過程の間隙水圧の挙動および粘土層表面の変位性状に予想に反する結果が得られる。すなわち、Case 1において砂層と粘土層の境界面で非排水時に間隙水圧の上昇が見られないことと、粘土層表面の変位が、粘土層に直接載荷したCase 2より砂層を介して間接的に載荷したCase 1の方が大きくなること、などである。これら直感的な予想に反する現象の原因が、Sandhu流の非排水解析の不安定さに起因しているのか、あるいは砂と粘土の境界面での間隙水圧が本質的にうまく表現できていないところにあるのかさだかではなかった。そこで本文は、要素タイプを改良した上で再度これらの問題点を検討したものである。すなわち、Sandhu自身によれば、この解法は変位に対して2次要素を、また間隙水圧については1次要素を用いるとき、最も好ましい結果を与えるとされている。筆者らの先のプログラムは変位、間隙水圧ともに1次要素を適用していたため、ここに改めて要素タイプを改良して得た結果を報告する。なお、本文で扱う解析例は前報とまったく同じモデルケースである。

2. 非排水過程の解析: Sandhu流の解法においては、非排水過程のマトリックス方程式の対角項に零要素が多く出現するため、ピボット選択を行わない通常のバンドマトリックス法で解くことはできない。このため便法として圧密過程の最初のタイムステップに極めて微小な値を用いて近似的に非排水挙動を表現している。いま、便宜的にこの従来の非排水解析法を解法1と呼んでおく。これに対し筆者らは今回新たに、連立方程式の解法にピボット選択を行うフロント法を導入して非排水過程の解の改善を図った。これをここでは解法2と呼ぶことにする。紙数制約上詳細は割愛せざるをえないが、結論として変位と間隙水圧に1次要素を用いるかぎり、解法2によったとしても $\sigma = 0$ の厳密な意味での非排水状態も表現することはできない。ところが変位に2次要素、間隙水圧に1次要素を用いると、解法2によれば、安定した精度良い非排水過程の解が得られた。図1にこの間の状況の一例を示す。図1は前報とまったく同じ問題を解いたときの非排水時の間隙水圧分布(中心線上)である。Case 2では解法1, 2による差はない。しかしCase 1では砂と粘土の境界面上の間隙水圧が、解法1では上昇しないが、解法2では予想通り上昇し(絶対値が多少問題であるが)、非常に好ましい結

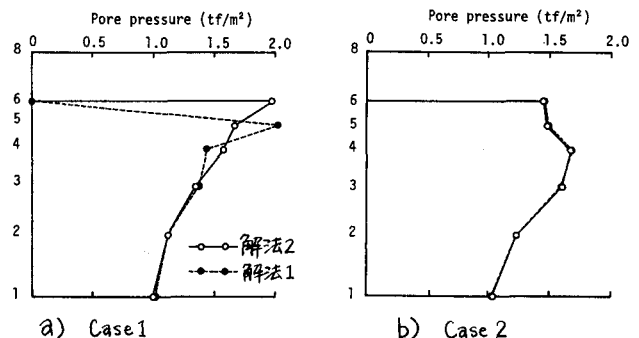


図1 非排水時の間隙水圧分布

果となっている。また変形性状に関しても解法2の優位性が確かめられた。以上により非排水解析には要素タイプの改良に加え、ピボット選択を行うフロント法の導入が、特に砂層を含めた解法では必須であると結論される。

3. 圧密過程の解析： 前報と同様、Case 1とCase 2の比較の形で議論を進める。図2に非排水時と圧密完了時（ここでは、 $t=5120$ dayを圧密完了とした）の粘土層表面の変形図を示した。図3は載荷中心点及び載荷端の砂層表面及び粘土層表面の時間-沈下曲線である。図において、No. 8, 6は、それぞれ載荷中心点の砂層表面及び粘土層表面の沈下を表わしている。また、No. 24, 22は、載荷端における砂層表面及び粘土層表面の沈下である。図4は載荷中心線上及び載荷端を通る鉛直面上の間隙水圧の等時曲線である。図2, 3に見られるように、載荷中心直下の粘土層表面の沈下は、前報とは逆に直接載荷のCase 2が大きく出ている。また、載荷端直下の沈下は、Case 2が小さい値となり砂層による荷重分配効果が見られる。図4（及び図1）より、Case 1においても非排水時に砂層と粘土層の境界面で間隙水圧が上昇していることから、前報で指摘しておいた非排水時の問題点は一応解決されたものとみてよい。また、図2～4から間隙水圧の消散状況、変形性状いずれもCase 1とCase 2でかなりの相違点が認められることから、砂層と粘土層を一体とした圧密解析の必要性も確認できたと考えている。今後さらに、砂層の厚さをパラメトリックに変化させた数値実験を追加する予定である。

4. むすび： 要素タイプを改良したSandhu流の連成解法に基づく砂層を含めた粘土層の弾塑性圧密解析プログラムを作成し、モデルケースに適用した結果を示した。今後、Christian流の連成解法に基づく解析及び非連成解法による検討を試みる予定である。

（参考文献） 1）春本・山上：第14回土質工学研究発表会 昭和59年 2）Sandhu, R.S : Finite Element Analysis of Coupled Deformation and Fluid Flow in Porous Media, Numerical Methods Geomechanics, Proc. NATO Advanced Study Institute, pp.203～, 1981 3）Hood, P.: Frontal solution program for unsymmetric matrices, Int. J. Num. Meth. Engng., Vol. 10, pp. 379～, 1976.

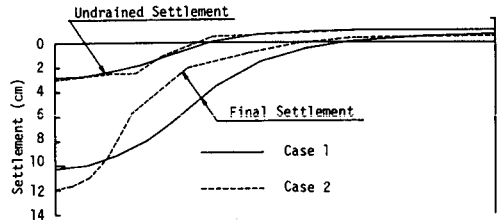


図2 粘土層表面の変形図

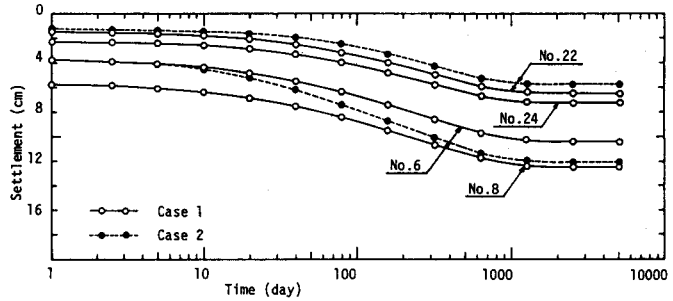


図3 時間-沈下曲線

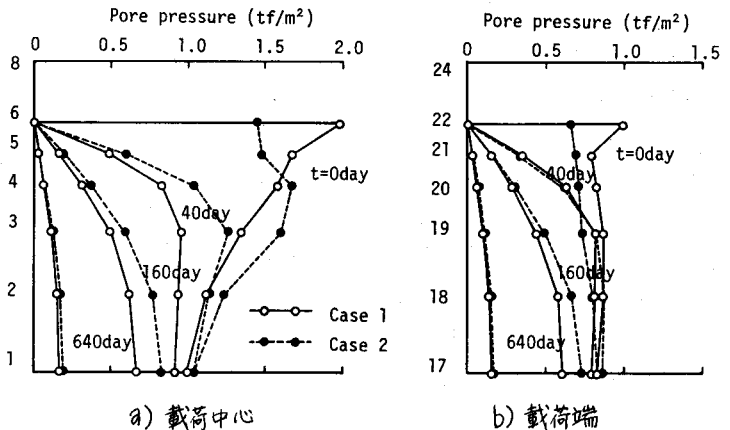


図4 等時曲線