

三笠の自重圧密方程式による超軟弱領域の解析例について

徳島大学工学部 正 山上 拓男

徳島大学大学院 学 ○酒井 信介

1. はじめに

自重の影響を考慮した圧密過程を推定する手段の一つに、三笠の自重圧密方程式がある。三笠の自重圧密方程式は強度の非線形方程式であるため、その解はもっぱら差分法によって求められてきた。その際、従来の陽解法では初期状態がある限度以上に軟弱になると、解が振動・発散するなどの不安定現象が生じ、事実上計算が不可能となることが指摘されている。そこで、本報告ではDouglas・Jonesの予測子・修正子法による陰解法を、三笠の圧密支配式に適用することを試み、この問題に対する検討をおこなった。

2. 適用例

ここでは三笠の標準圧密曲線¹⁾のもとに、いずれも初期層厚5mの粘土層で、初期体積比 f_0 が6.2, 10.0, 15.0の場合について、それぞれ両面排水と片面排水ふたつの場合における自重圧密過程の解析を行った。

その結果、いずれの問題でも圧密の初期の段階において、陽解法と同様に、解の分布に振動が生じることが判明した。しかしその振動は時間とともに収束して行き、やがては安定した解となることが知られた。しかもこの振動の様相には極めて単調かつ十分な規則性が見受けられた。そこで、滑らかな等時曲線を得るために、振動部分のスムーズ化⁴⁾を試みた。以下にその結果を示す。ただし、紙数の都合上 $f_0=15.0$ の場合を中心に述べる。 f_0 が15.0というのは初期含水比が528%に相当する。このような超軟弱領域において両面排水、片面排水いずれもスムーズ化により、図-1, 2に示すような非常に滑らかな分布の解を得ることができた。厳密解が不明であるため、差分解の精度を直接論じることにはできないが、例えば目下の問題においては、有効応力が定常状態で深さ方向に直線分布しなければならない事実が満たされていること(図-3, 4参照)、あるいは初期層厚が同じであるならば、 f_0 が大きい地盤程早く圧密が終了しなければならない事実が満たされていること(図-5, 6参照)、さらにまた、原始状態が等しければ、片面排水よりも両面排水の方が先に定常状態に達すること(図-5, 6参照)、そして、等時曲線の変化が非常に滑らかであること(図-1~4参照)、などによりこれらの結果は精度的に十分満足し得るものと確信している。

ここで計算に用いたタイムステップの大きさと演算時間について簡単に述べておこう。筆者らのプログラムでは時間軸上の解析領域を適当な数のセグメントに分割し、各セグメント内では一定の大きさのタイムステップを用いる仕組みをとっている。ちなみに $f_0=15.0$ の両面排水問題においては、最初の 1.0×10^{-10} 日を $\Delta t = 1.0 \times 10^{-12}$ 日で100回、つぎの 4.0×10^{-10} 日を $\Delta t = 2.0 \times 10^{-12}$ 日で200回、つぎの 5.0×10^{-10} 日を $\Delta t = 4.0 \times 10^{-12}$ 日で125回…(以下省略)、といったように時間の経過と共にタイムステップを徐々に増大させつつ計算している。そしてこの問題では最終的に1000日までの計算をタイムステップ総数97050回で行った。このときの演算時間は徳島大学情報処理センターFACOM M-760/10でCPUタイム2分51秒であった。また片面排水問題では、最初のタイムステップの大きさを $\Delta t = 1.0 \times 10^{-10}$ 日(以下省略)とし、500日までを384075回のタイムステップ数で計算したところ、CPUタイムは38分35秒であった。

片面排水の場合、不透水境界面付近で解の値が大きく飛び出す現象が生じる。しかし、この問題は深さ方向の差分分割数 N を大きくすることで解消できた。ところが N を大きくすると解くべき連立方程式数も多くなり、したがってCPUタイムが大幅に増大するに至ったのである。

3. むすび

三笠の自重圧密方程式に対し、Douglas・Jonesの予測子・修正子法に基づく差分解法を適用した。その結果、陽解法と同様、超軟弱領域においては解の分布に振動が見られた。しかしこの現象は時間と共に収束し、やがては安定した解となることから、振動部分をスムーズ化する簡便な一手法を持ち込んだ。これにより、

初期体積比 (f_0) の相対に大きい地盤に対しても十分安定な解を与えることが判明した。ただし、本報告では単に解析結果を呈示することのみを目的としたため、スムーズ化の手法や、境界条件の処置が片面排水と両面排水で大幅に異なる点などについては、別の機会^{4) 5)} に述べる予定である。

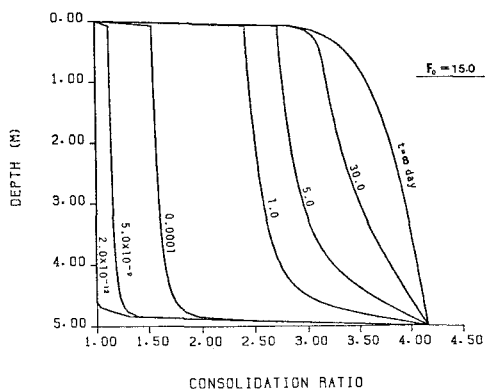


図-1 圧密比の時間推移 ($f_0=15.0$: 両面排水)

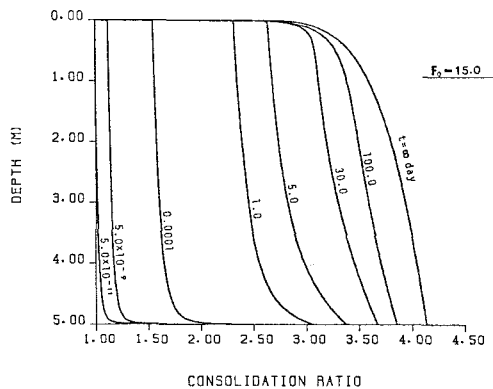


図-2 圧密比の時間推移 ($f_0=15.0$: 片面排水)

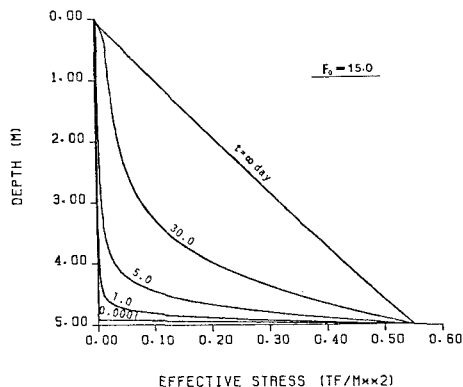


図-3 有効応力の時間推移 ($f_0=15.0$: 両面排水)

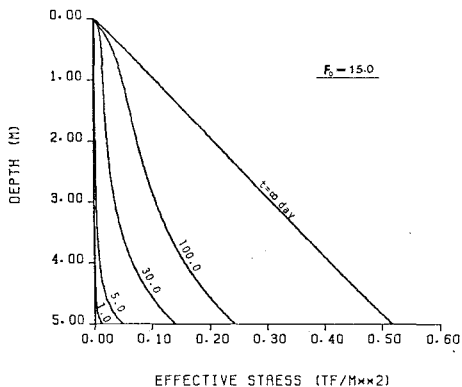


図-4 有効応力の時間推移 ($f_0=15.0$: 片面排水)

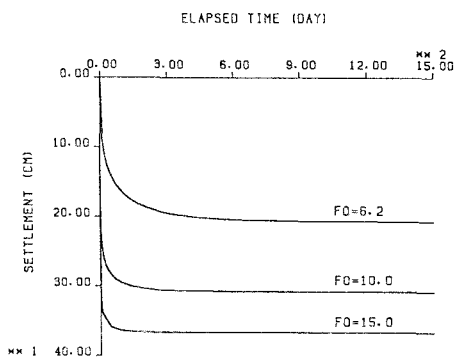


図-5 地表面の時間沈下曲線(両面排水)

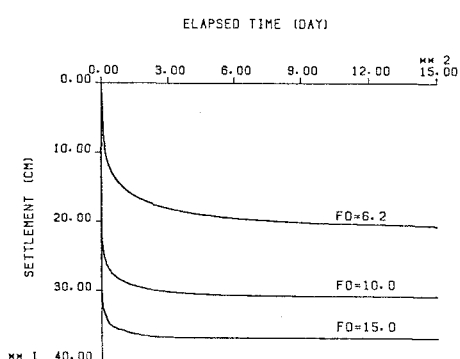


図-6 地表面の時間沈下曲線(片面排水)

【参考文献】

- 1) 山上・仁田・安富：第一回計算力学シンポジウム, pp. 205~212, 1987.
- 2) 三笠：鹿島出版会, 126p, 1963.
- 3) 高田：土木学会論文報告集, 第334号, pp. 113~121, 1983.
- 4) 山上・酒井：第23回土質工学研究発表会(昭和63年6月)発表予定.
- 5) 山上・酒井：第43回年次学術講演会(昭和63年10月)発表予定.