

自重圧密問題の逆解析

徳島大学工学部

(株) 阪神コンサルタンツ

同 上

正 山上 拓男

正 植田 康宏

正 ○酒井 信介

1. はじめに

自重圧密問題を解くためには、予め間隙比 (e) と有効応力 (σ') 及び間隙比 (e) と透水係数 (k) の関係が明らかにされていなければならない。一般に $e-\sigma'$ 及び $e-k$ 関係は、標準圧密試験により求められる。ところが自重圧密解析の際には、この試験で対象とするような応力範囲よりかなり低い応力での圧密特性が問題となる。このような低応力域の圧密特性を得るには、遠心載荷装置や浸透力等を利用した自重圧密試験が行われる。しかし、これらの試験は非常に複雑であるため、上記の圧密特性を得るのはそれほど容易なことではない。

そこで本研究は、室内の小規模な自重圧密実験結果を逆解析し、 $e-\sigma'$ 、 $e-k$ 関係を指数関数で表し得ると仮定した上で、それらのパラメータを同定する方法を提案し、この種の問題解決の簡易化を試みた。

2. 逆解析方法

自重圧密問題の逆解析方法を概略的に表すと図-1 のようになる。

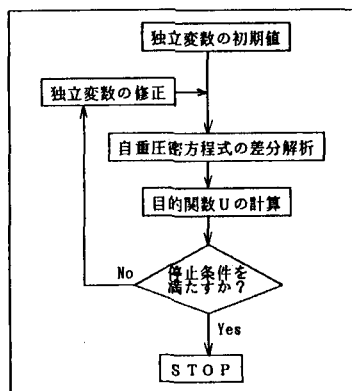
すなわち、式(1)、(2)に示す $e-\sigma'$ 、 $e-k$ 関係におけるパラメータ A 、 B 、 C 、 D の4つを独立変数とし、式(3)で表される目的関数 U の最小化を非線形計画法に基づき行う。

$$e = A \cdot \sigma'^B \quad (1) \quad e = C \cdot k^D \quad (2)$$

$$U = \sum_{i=1}^n (\text{Sob}, i - \text{Scal}, i)^2 \quad ; i=1 \sim n \quad (3)$$

ここに、 e : 間隙比、 σ' : 有効応力、 k : 透水係数、 Sob, i : 時刻 i における計測層厚、 Scal, i : 自重圧密解析の結果得られる時刻 i における計算層厚、 n : 計測層厚のデータ数。

非線形計画法には、Nelder・Meadのシンプレックス法¹⁾を用いた。また、自重圧密方程式としては、Gibsonらのそれ²⁾を採用し、これを Douglas・Jonesの予測子・修正子法で差分展開し³⁾、解析に供した。図-1 非線形計画法による逆解析方法



3. 適用例

本手法の適用性を検討するため、単純な自重圧密問題を想定した。今回想定した解析モデルは、初期層厚が5.0m、上下両面排水状態で、初期間隙比 e_0 が30.0の超軟弱地盤とした。また、この地盤の $e-\sigma'$ 、 $e-k$ 関係は、それぞれ式(1)、(2)で表されるとし、

式中のパラメータの値はF. Somogyiの文献⁴⁾から引用した。地盤の物性値を表-1に示す。

上記の地盤に付いて、以下に示す手順で本手法の適用性を検討した。

手順1 : まず、表-1に示す物性値を用いて通常の自重圧密問題の差分解析(順解析)を行い、層厚変化の分布を求める。

手順2 : この分布において、任意の時刻における層厚を計測層厚とし、パラメータ A 、 B 、 C 、 D を未知の独立変数として逆解析を行う。

手順3 : 逆解析により得られたパラメータ A 、 B 、 C 、 D と表-1に示すパラメータを比較し、本手法

表-1 物性値

パラメータ				初期間隙比	土粒子の比重
A	B	C	D	e_0	G_s
4.74	-0.35	50.4	0.28	30.0	2.70

の妥当性を検討する。

順解析により得られた層厚分布のうち、計測層厚として逆解析に用いたデータの分布を図-2中の○印で示す。表-2に、パラメータA, B, C, Dの初期値と逆解析により得られた値を示す。また、これらのパラメータを用いた場合の $e-\sigma'$; $e-k$ 関係の分布を図-3に示す。なお、図中には真値との比較をする意味で表-1に示すパラメータによる $e-\sigma'$; $e-k$ の分布も併記した。更に、逆解析により得られたパラメータを用いて順解析を行った場合に得られる層厚の変化の分布を図-2中の実線で示す。

これらの結果より、パラメータA, B, C, Dは精度よく同定されていると思われる。ただし本手法では、パラメータの初期値をある程度真値に近い値に設定しないと全く異なった値に収束してしまうことが判明した。このことは、実際問題を解く上で重大な問題であり、今後の課題となり得るであろう。

4. まとめ

自重圧密解析に必要な $e-\sigma'$; $e-k$ 関係を式(1), (2)に示す指数関数で表し、これらの式を構成する4つのパラメータをシンプレックス法を用いた逆解析により同定する方策を検討した。その結果、4つのパラメータは精度よく同定された。これより、本手法によれば小規模な自重圧密実験のみで $e-\sigma'$; $e-k$ 関係を求め得る可能性が開かれた。

《参考文献》

- 1) Kowalik, J. & M. R. Osborne: 非線形最適化問題 (山本・小山共訳), 培風館, 1970.
- 2) Gibson, R. E., G. L. England and M. J. L. Hussey: The theory of one dimensional consolidation of saturated clays, 1. Finite non-linear consolidation of thin homogeneous layers, Geotechnique, Vol. 21, No. 4, pp. 81~84, 1967.
- 3) 山上・酒井: 自重圧密方程式の差分解析法に関する一検討 - 予測子・修正子法の比較 -, 平成2年度土木学会中国四国支部研究発表会, pp. 306~307, 1990.
- 4) Somogyi, F.: LARGE-STRAIN CONSOLIDATION OF FINE-GRAINED SLURRIES. Presented at Canadian Society for Civil Engineering 1980 Annual Conference, Winnipeg, 1980.

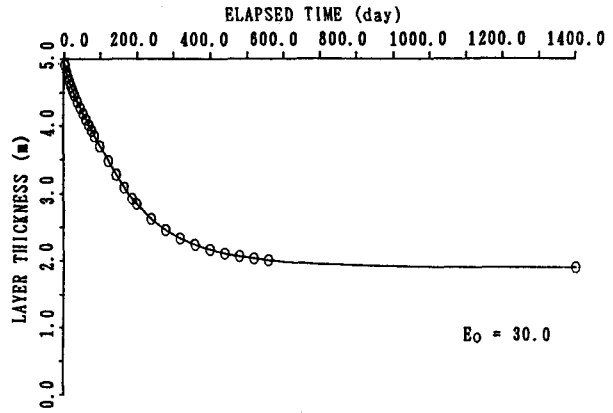


図-2 層厚の経時変化

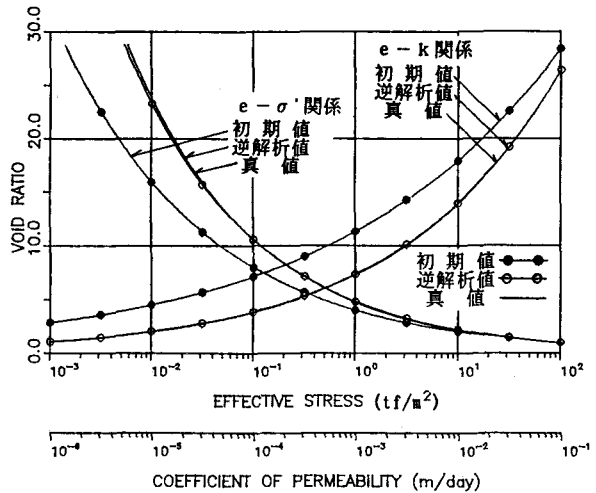


図-3 $e-\sigma'$; $e-k$ 関係の分布

表-2 逆解析結果

パラメータ	A	B	C	D
初期値	4.000	-0.300	45.00	0.200
逆解析値	4.816	-0.342	50.15	0.278