ＦＥＭ理論による三軸試験データ解析法の検討

鹿児島大学工学部　学　妙見崇　正　三隅浩二

１．はじめに

本研究の最終的な目標は，地盤の変形解析に必要な土質パラメータを三軸試験データから逆算する方法を確立させることにある．今回は，境界条件が問題となる最も簡単な例題として，線形等方弾性体の軸対称変形挙動の数値シミュレーション結果を用意し，それを逆解析して弾性パラメータを決定する問題を検討している．

２．線形等方弾性体の弾性パラメータの逆解析

逆解析には，三軸供試体の端面拘束などの境界条件の影響を考慮するために，ＦＥＭの考え方を導入している．また，最適化には傾斜法の中の最適勾配法を採用している．

図１は，三軸試験のＦＥＭ解析で採用した境界条件，載荷条件，入力パラメータならびに載荷によって生じた変位量を示している．図に示すように有限要素は三角形要素（定ひずみ要素）であるが，上方にある２つの要素は剛体すなわちキャップを想定している．

さて，弾性パラメータを逆解析するための手順を右のフローチャートに従って説明する．

① 適当な弾性パラメータの初期推定値λ_m，μ_mを決定する．

② 初期推定値λ_m，μ_mによるＦＥＭ解析を行って，変位$(u_i)_m$を計算し，要素剛性のつりあい式より，要素の未知接点力$(f_i)_m$を求める．そこで，$x_m=(\lambda_m, \mu_m, f_{i,m})^T$を作る．

③ 目的関数J_mを求める．ここに，$\tilde{u}_i$は図１の弾性パラメータ（真値）により計算された変位である．J_mが小さければストップ，J_mが大きければ次のステップにに移る．

④ 勾配g_mを求める．

⑤ x_m，g_mを固定して，次の推定値$x_{m+1}=(\lambda_{m+1}, \mu_{m+1}, f_{i,m+1})^T$を１次元探索して求める．１次元探索の方法としては３次補間法を使用する．

⑥ $m+1$をmとして，要素剛性のつりあい式より$(u_i)_m$を計算する．それからＪの判定を行う③へ戻り，最適化を繰り返す．

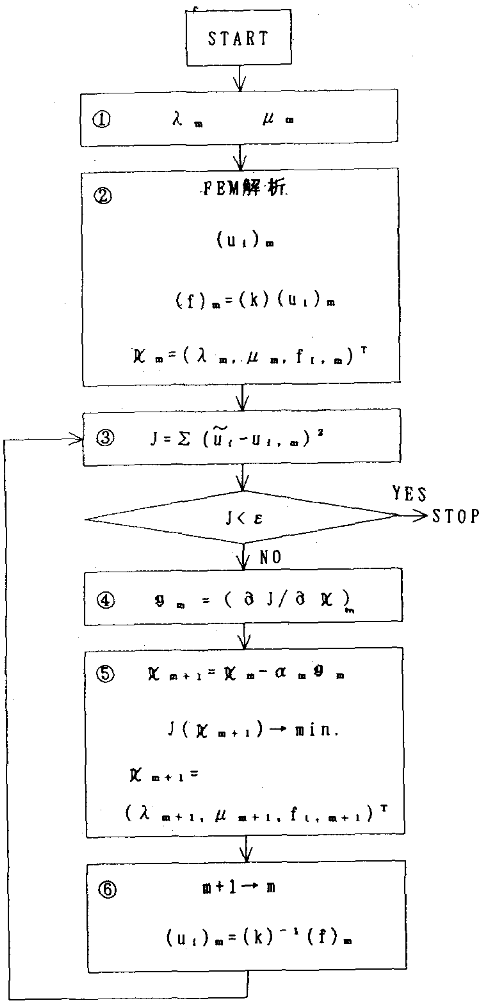
図２は，最適勾配法で求められたヤング率Ｅおよび目的関数Ｊをイタレーション回数を横軸にとって示したものである．（ａ）はＥ，（ｂ）はＪを示している．（ａ）よりＥは１回めでほとんど真値に到達していることがわかる．（ｂ）よりＪもゼロ付近に急激に値を落としてきていることがわかる．

３．おわりに

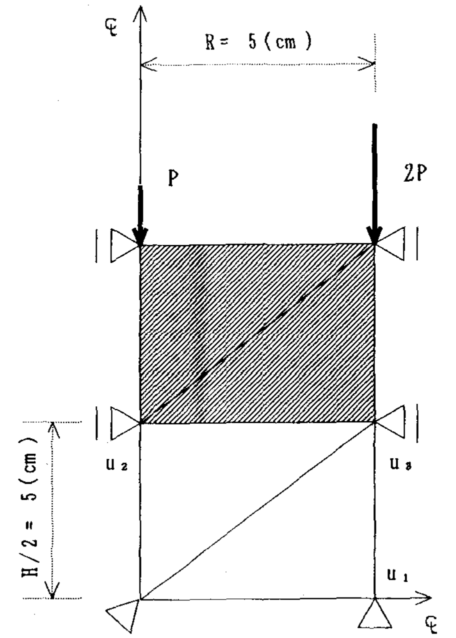
最適勾配法以外に，非線形最小２乗法，ニュートン－ラフソン法なども試みている．この２つの方法は非線形問題に限って有効で線形弾性体の挙動には使えないものとおもわれる．今後は，弾塑性パラメータを決定する問題にアプローチしてゆきたい．

参考文献

K.Arai, H.Ohta and T.Yasui: Simple Optimization Techniques for Evaluating Deformation Moduli from Field Observations, Soils and Foundations, Vol.24, No.1, pp.107-113.



逆解析手順のフローチャート



真値

$E=300$ (kg f/cm ^{2})

$\nu=0.3$

$P=50$ (kg f)

$\tilde{u}_1=0.05655589$ (cm)

$\tilde{u}_2=0.17280968$ (cm)

$\tilde{u}_3=0.17280968$ (cm)

図 1 弾性体の三軸試験の概要

初期値 $E=399.999999$ (kg f/cm ^{2})

$\nu=0.30000000$

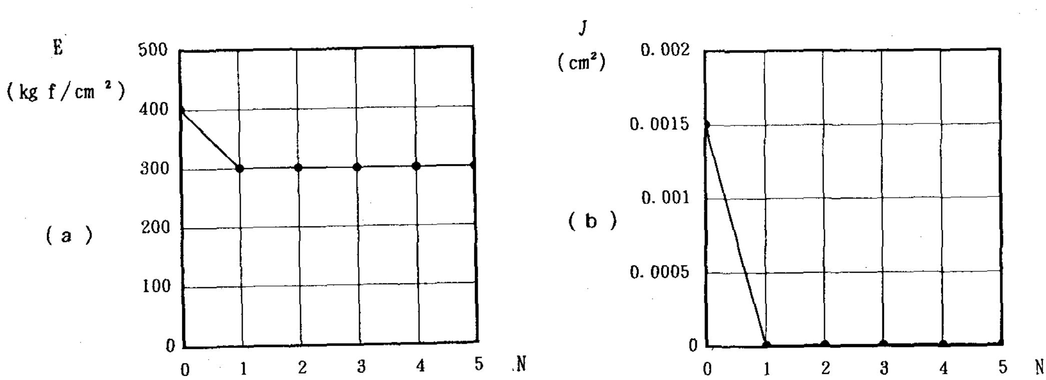


図 2 最適傾斜法による結果