

III-450

最適化手法による土留め壁の逆解析

(財)大阪土質試験所 正会員 ○高見 邦幸 橋本 正 岩崎 好規
大阪市交通局 正会員 岸尾 俊茂

1. はじめに

近年、現場計測より得られた最新のデータから入力パラメーターを逆推定する逆解析手法が種々提案されている。本論では、そのうち直接定式化法に分類される非線形最適化の代表的な手法である“共役勾配法”と“修正Powell法”により、弾性支承はりモデル化された土留め壁構造物の変形挙動に関する逆解析手法について報告する。

2. 解析手法

(1) 共役勾配法

・目的関数

逆解析問題では通常、(1)式で示すように変形計算値 u_i と計測値 U_i との偏差自乗和を目的関数 J にとられる¹⁾。

$$J = \sum_{i=1}^N (u_i - U_i)^2 \quad (N: \text{データ個数}) \quad (1)$$

・構造モデルと剛性方程式

構造モデルは、図-1に示すような弾性支承はりモデルを用いる。背面側側圧は、地表より掘削面までは一次式 $p_h = K \gamma_t Z$ (ここで、 K :側圧係数、 γ_t :土の単位体積重量、 Z :深さ)、また、掘削面下部では土留め壁下端を零とし掘削面位置での p_h と結んだ直線分布と仮定した。

一次元はり構造の剛性方程式は、(2)式に示される。

$$[S]\{v\} = \{F\} \quad (2)$$

ここで、 $\{v\}$:未知変位ベクトル、 $\{F\}$:荷重ベクトル

$$[S]: \text{全体剛性マトリックス } [S] = \sum [s]_{elem}$$

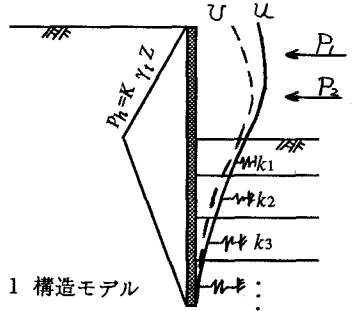


図-1 構造モデル

・勾配計算

目的関数 J のパラメーター K, k_j に関する勾配は、(1),(2)式からそれぞれ次のようになる。

$$\text{背面側側圧係数} K \text{ に関して, } \frac{\partial J}{\partial K} = 2 \sum_{i=1}^N (u_i - U_i) [S]^{-1} \frac{\partial \{F\}}{\partial K} \quad (3)$$

$$\text{水平地盤反力係数} k_j \text{ に関して, } \frac{\partial J}{\partial k_j} = 2 \sum_{i=1}^N (u_i - U_i) \frac{\partial [S]^{-1}}{\partial k_j} \{F\} \quad (4)$$

・共役勾配法のアルゴリズム

Fletcher-Reevesによるアルゴリズムを用いる²⁾。

(2) 修正Powell法

修正Powell法は、共役勾配法のような勾配計算を必要としないで、目的関数の最適化を行うものである。そのアルゴリズムの詳細は、文献²⁾に譲る。

3. モデル解析に対する適用結果

上で述べた最適化手法の妥当性を検証するために、まず、図-2に示すように弾性法順解析により土留め壁のたわみ u_i (0.1mピッチ)および切梁軸力 P を求めた後、これを計測値データとして逆解析を行うことにより、得られたパラメーターと順解析入力値を比較する。

(1) 共役勾配法

順解析の入力パラメーター値および逆解析の初期設定値を図-2に示す。

また、図-3には収束繰返し計算数 n と目的関数 J およびパラメーター K, k_j の関係を示した。これから4~5回の繰返し計算で数パーセントの誤差で正解値に収束することがわかる。

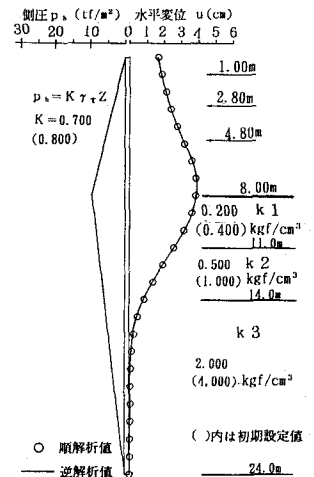


図-2 順解析入力パラメーター値

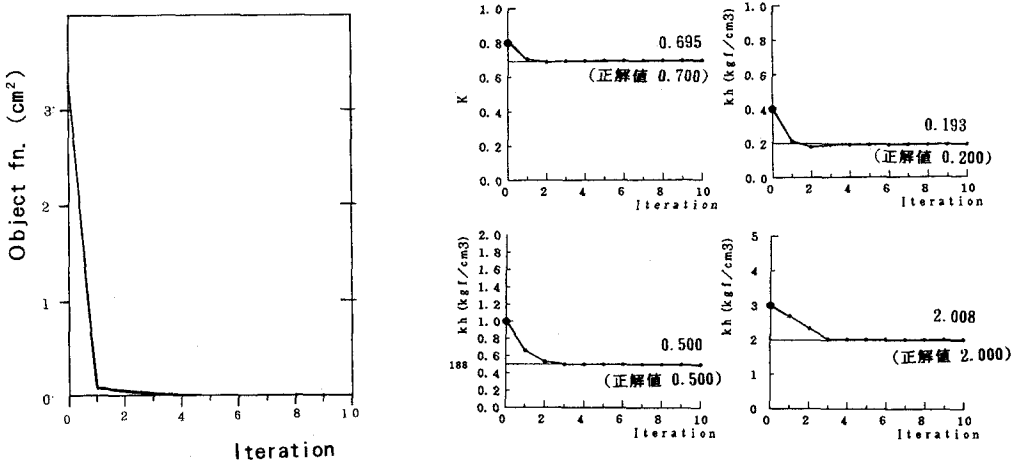


図-3 共役勾配法逆解析結果

(2) 修正Powell法

(1)と共通の諸元に基づいて 修正Powell法により逆解析を水平変位 u 、傾斜角 θ および曲げモーメント M に関する逆解析を行なった。図-4には、土留めの水平変位に関する繰返し計算数 n とパラメーター K, k_j の関係を示した。修正Powell法では、正解に至るまでパラメーターの大きな変動があるものの $n=20$ 回以上の繰返しで正解値に達した（その時の判定基準は、 $obj.=10^{-5}cm^2$ とした）。傾斜角 θ および曲げモーメント M に関しては、収束基準（ $obj.<10^{-5}cm^2$ ）に達するまでの繰返し計算数 n は、それぞれ15回、9回であった。これは、 u, θ, M が数学的に微分関係にあって、順に次数が1次ずつ低下するに伴いパラメーターの変動による感度が大きくなるためと考えられる。

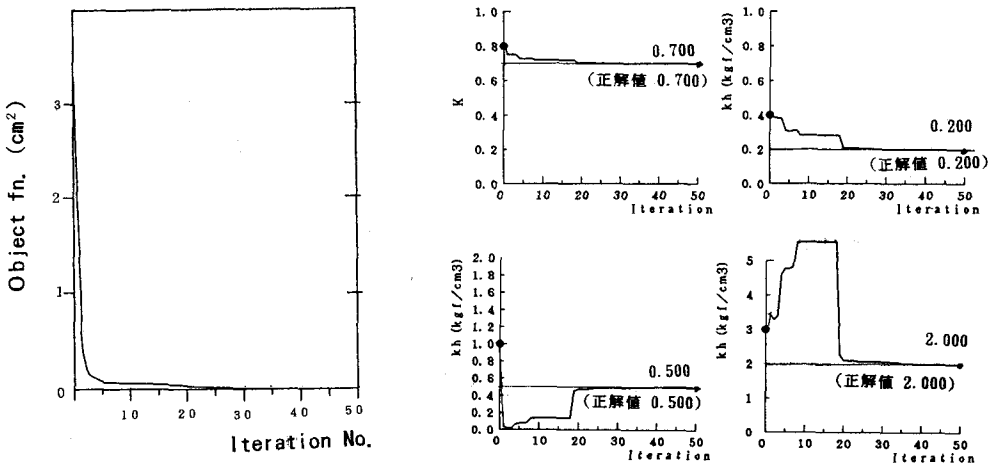


図-4 修正Powell法逆解析結果

5. あとがき

今回は、順解析結果に基づき逆解析を行ない、元の正解値に良い一致でパラメーターを逆推定することができた。しかしながら、現実の計測データは、誤差を含むものであるため今後、誤差を考慮に入れた逆解析手法確立していきたい。

参考文献

- 1) 荒井 他(1983): "Simple optimization ~", Soils and Foundations, Vol.23, No.1, pp.107~113
- 2) 今野 他(1988): 「非線形計画法」, O R ライブラリー-6, pp.169~192, 日科技連