

III-386

計測値を用いた NATMFEM 入力値の逆推定手法

新技術計画科 正会員 鈴木 功一

電源開発科 正会員 藤野 浩一

まえがき

当社は現在北海道十勝川で建設中の熊牛水力発電所導水路トンネル NATM 施工管理にあたり、東京本社の大規模計算機 (FACOM M380S) を現地事務所の端末機から対話形式のオンラインで稼働させる TSS システムを利用し、国鉄技術研究所が開発し¹⁾ 当社で改良を加えた NATMFEM プログラムで数値解析を行っている。²⁾

計測結果に合致させるべく解析を重ねた結果、NATMFEM プログラムの出力に与える入力パラメーターの特性が見出されたので、計測値から物性値を逆推定するプログラムを開発した。

本方法は通常の FEM 逆解析³⁾ とは異なり、数学的な一般性を有するものではないが、一定の範囲内で十分な妥当性がある上、複雑なトンネル構造物の挙動を現在最も良く表現し得ると思われる NATMFEM を駆使している点が特長である。

パラメータスタディー

NATMFEM の入力パラメーターは外力、地山物性値および掘削支保手順等多数に及ぶが、出力である内空水平変位 (ΔC) および天端沈下 (ΔS) に影響する主な入力値は、初期側圧係数 (K_0) および初期変形係数 (D_0) であることが分っている。

外力の方向性を表わす K_0 と変形モードである変位比率 ($\lambda = \Delta C / \Delta S$) の関係は図-1 に示すように $D_0 > 2,500$ kgf/cm² ではほぼ直線となる上、 $D_0 \geq 5,000$ kgf/cm² では D_0 にはほとんど無関係となる。同様に、変位の絶対量を左右する D_0 と $1/\Delta C$ の関係は図-2 に示す通り $K_0 \geq 0.5$ ではほぼ原点を結ぶ直線となる。

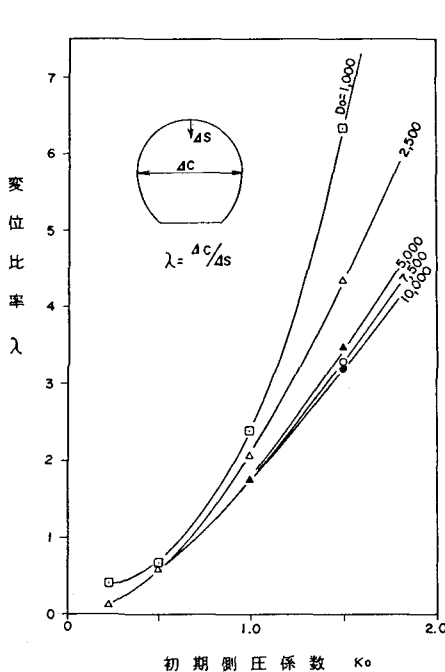


図-1 初期側圧係数と変位比率の関係

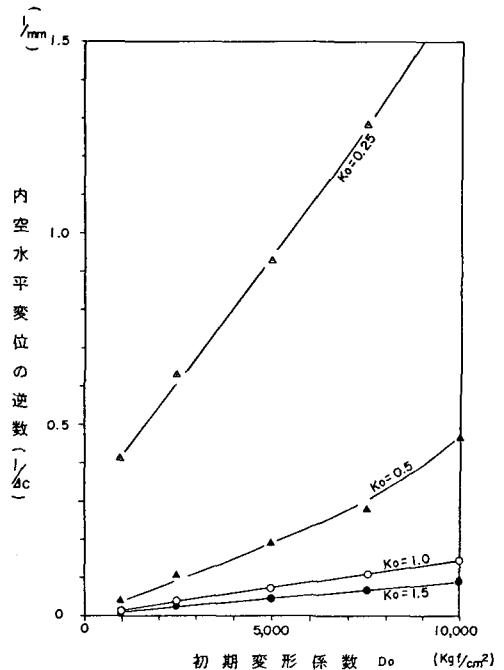


図-2 初期変形係数と内空水平変位の関係

これらのことから、 λ の計測結果から K_0 を推定し、この値を用いて Δc の計測結果に合致する D_0 を推定することにより、計測値から入力パラメーターを逆推定する可能性が見出された。

逆推定プログラム

計測値 Δc と Δs を入力し、物性値 K_0 と D_0 を出力とするNATMFEMプログラムの改良フローを図-3に示す。計算手順は次の通り。

- (i) 計算時間短縮のため、 D_0 、粘着力(C)および引張強さ(σ_t)の仮値を入力する。 Δc と Δs の計測値および掘削支保方法等のデータを入力する。
- (ii) K_0 を0.3とした時の Δc と Δs に相当する変位量を通常のNATMFEMの手順で計算して求める。同様に $K_0 = 1.0$ について計算する。これから図-1に対応する λ と K_0 の関係式が得られる。
- (iii) この式に計測した λ を代入すれば K_0 の確定値 K_{0R} が求まる。
- (iv) K_{0R} と仮定した D_0 等を用いてFEM計算を行い変位量 Δc を求め、計測値と合致するまで D_0 等を修正しつつ、収束値 D_{0R} 等を得る。この時 C と σ_t も D_0 と同比率で修正される。図-2の通り Δc と D_0 はほぼ逆比例の関係にあるため、この繰返し計算は容易に収束する。

工事中に得られた計測値を入力してこのプログラムを用いた例を表-1に示す。 D_0 を求めるくりかえし回数は1回であった。

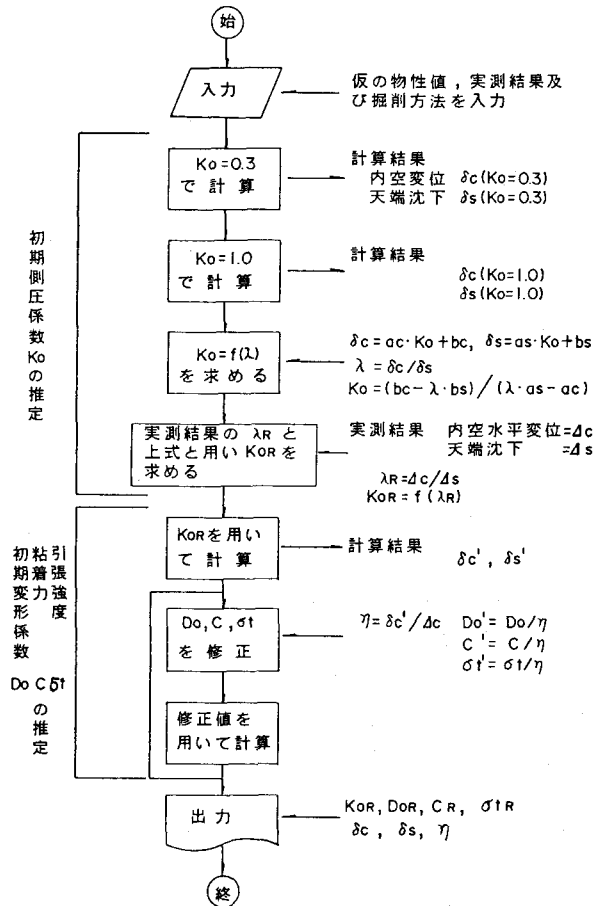


図-3 NATMFEM逆推定のフローチャート

表-1 地山物性値逆推定の例

入力条件	初期地圧	土被り(H) 単位体積重量(γ_t)	95 m 1.71/m ³
	吹付コンクリート	弾性係数(E_s) 厚さ(t)	15,000 kgf/cm ² 10 cm
	解析ステップ	ステップ数	5
	計測値	内空水平変位(Δc) 天端沈下(Δs)	21.4mm 4 mm
出力結果	逆推定地山物性値	初期側圧係数(K_0) 初期変形係数(D_0)	1.863 6,300 kgf/cm ²
	解析結果	内空水平変位(δc) 天端沈下(δs)	21.4mm 3.7mm

参考文献

- 1) 土屋：NATMの設計プログラムの開発、土木学会論文報告集第346号、P 117～123、1984
- 2) 藤野、鈴木：責任施工で合理的にトンネルを掘る、電源開発熊牛水力発電所、トンネルと地下、17-6、1986
- 3) 桜井、武内：トンネル掘削時における変位計測結果の逆解析法、土木学会論文報告集第337号、1983