

N A T Mにおける最終変位予測法とその現場適用例

(株) 大本組 正会員 ○奥元利博、森 嘉仁

1. はじめに

N A T Mにおける計測データの有効な活用方法として、逆解析による地山の安全性の評価がある。これは計測断面で得られた生の内空変位および天端沈下データを入力することにより、その時点での周辺地山のひずみ分布を知ろうとするものである。もし、累積データを基に最終的な変位量を予測することができれば、その最終変位量予測値を用いて周辺地山の最終ひずみ分布の予測および安全性の評価による適切な対策・対応が可能となる。N A T Mにおける情報化施工のゼネラルフローを図-1に示すが、本報文では、この中の最終変位予測についての考え方の概要と適用例を紹介する。

2. 最終変位予測

最終変位予測を行なうためには、データを最も良く説明できるような曲線のあてはめを行ない、その延長上に最終値が存在することを示せばよい。その場合、あてはめに用いられる回帰曲線としてある一定値に収束する型のものを採用した。変位予測に使用した各曲線のタイプを表-1に示す。同表において、 u は変位量であり t は切羽距離(または経過時間)を表わしている。

未知数の決定方法は最小二乗法によるが、非線形最小二乗法を採用せざるを得ない場合は、適切な初期値を設定して逐次反復計算を行ない未知数を修正している。すなわち、誤差の二乗和を各未知数で偏微分した正規方程式をニュートン法によって収束計算を行なう。¹⁾

また、データには常に誤差がつきものであり、推定される最終変位量もある幅をもって予測する必要がある。したがって、与えられたデータをもとにある指定された確率(信頼度)で予測値の存在範囲を推定(区間推定)した。²⁾

3. 現場適用例

本四備讃線福南山トンネル北工区工事において一部本法による変位予測と逆解析³⁾を結びつけて施工管理を行なった。当トンネルは掘削断面積約57m²の在来線複線トンネルであり、坑口部が崖錐層とマサ土から成る他は、花崗岩および流紋岩の比較的良好な地山を呈している。

計測は内空変位最大4測線と天端沈下について行ない、最終変位量を予測し、それを用いて逆解析によりトンネル周辺に発生する最終ひずみ分布を予測した。(図-2～図-6参照)

図-2～図-5に示されている中央の曲線が回帰曲線であり、与えられた信頼度を満足するような信頼区間の上限および下限(信頼限界)を示す線も同時に図示されている。表-2に近似式の違いによる予測値と実測値の比率を示すが、誤差は1割以下となっている。図-6によれば、最大ひずみの予測値は局部的に0.2%～0.3%程度であり、当地山の管理基準値としての限界ひずみの注意レベルⅡ(ゆるみ領域が少し発生すると考えられ、掘削において注意が必要である)以下であり、実際にも大したトラブルもなく掘削を完了することができた。

4. おわりに

本例では地山が比較的堅固であり発生する変位も全体に小さく収束も早かったため、変位予測を十分に安定性評価に結びつけることは難しかったが、データの蓄積がなされれば、地山区分と使用近似曲線との相関についても一定の傾向が見出せるものと思われ、今後ともデータの蓄積をはかっていきたい。

(参考文献) 1)宇都:土質基礎におけるパソコンの利用,基礎工,vol.12,no.10,昭和59年10月 2)機械・構造・土木系の信頼性工学の基礎(信頼性工学講座テキスト),日刊工業新聞社 3)森,奥元:上下半掘削を考慮したトンネル逆解析プログラムの適用,第20回土質工学研究発表会,昭和60年6月 4)川村:現場観測結果に基づくトンネル内孔変位の予知に関する一方法,第38回土木学会講演概要集Ⅲ,昭和58年

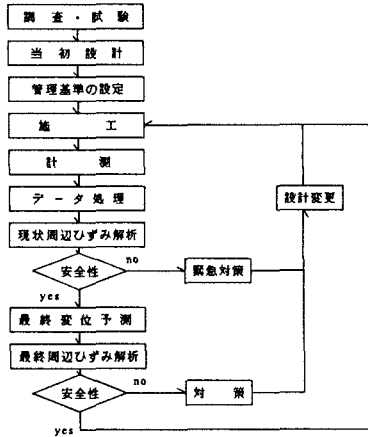


図-1 NATM構造化施工フロー

No.36 ZENDAN

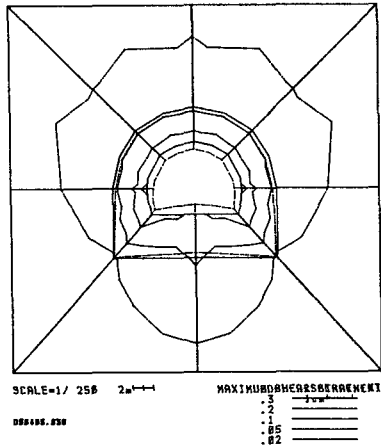


図-6 逆解析結果図

表-2 予測値と実測値の比較

データ数	近似式	予測 平均値	実測値	予測値 /実測値
3	指数関数	5.15	5.32	0.97
5	指数関数	5.10	5.32	0.96
5	双曲線関数	5.56	5.32	1.05
3	川村式	5.14	5.32	0.97

図-2

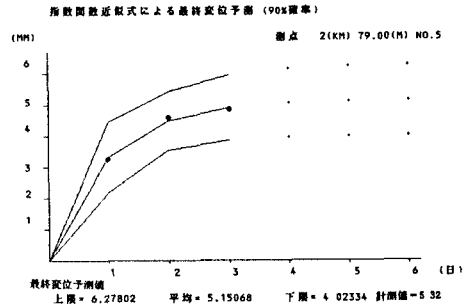


図-3

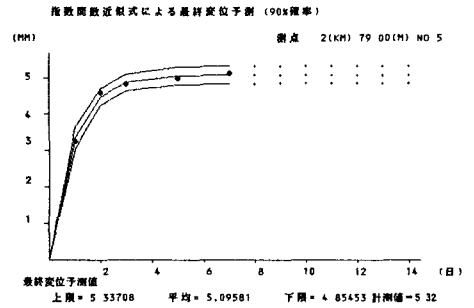


図-4

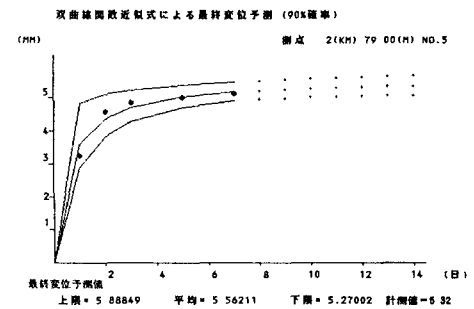


図-5

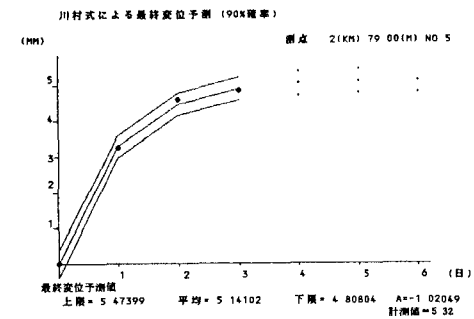


表-1 近似関数一覧表

曲線タイプ	曲線式	最小二乗法タイプ	未知数	最終 変位量	備考
指数関数曲線	$u = A(1 - e^{-Bt})$	非線形	A, B	A	
双曲線関数曲線	$u = \frac{t}{A + Bt}$	線形	A, B	1/B	変位データは非零
ロジスティック曲線	$u = \frac{K}{1 + A e^{-Bt}}$	非線形	A, B, K	K	
川村の方法	$\frac{du}{dt} = Au + B$	線形	A, B	-B/A	等間隔データ