

トンネル内孔変位の性状と予知

金沢工業大学 正会員 川村 國夫

1. まえがき; 最近, 注目を浴びているトンネル工法に NATM がある。この工法はタミ様の支保土を使用することにより, 地山の変位を許容し, 地山自体の強度を期待する施工法である。しかも, 施工中にトンネル内孔変位を観測し, その結果に基づいて施工中の設計変更を積極的に行う観測的工法の一つとも考えられる。しかし, NATM が安全で, 経済的に実施できるか, 否かは施工中の観測に基づく将来の挙動予知にかかっていると言え, 通言ではない。本報告では, 施工中に観測されたトンネル内孔変位の計測結果より, 将来の変位量および破壊の可能性などを予知する手法を提案し, その適用性について検討する。

2. 予知方法; 過去に計測されたトンネル内孔変位量 y と時間 t の関係を検討すれば, 図1, 2からわかる様に, 変位速度 (dy/dt) と時間 t に一次の線型式が成立する様である。なお, 図1は y が t とともに収束する計測例, 図2は施工中何らかのトラブルに見舞われ, y が発散しに計測例である。したがって, 予知法は図3の流れ図に示すとおり, 変形の基礎式を次式で表す。

$$\frac{dy}{dt} = a y + b \quad (1)$$

一般解は簡単に $t=0, y=y_0$ と

$$y = e^{at} \cdot y_0 + \frac{b}{a} (e^{at} - 1) \quad (2)$$

となる。一方, 式(1)と等価な差分式

$$y_n = \beta_1 y_{n-1} + \beta_0 \quad (3)$$

より, 一般解は,

$$y_n = \beta_1^n \cdot y_0 + \frac{\beta_0}{\beta_1 - 1} (\beta_1^n - 1) \quad (4)$$

と各々求めらる。式(2)と式(4)に注目すれば,

$$a = \frac{1}{\Delta t} \cdot \ln \beta_1 \quad (5)$$

$$b = \frac{\beta_0}{\beta_1 - 1} \cdot a \quad (6)$$

が成立する。いま, 図4で示す様に,

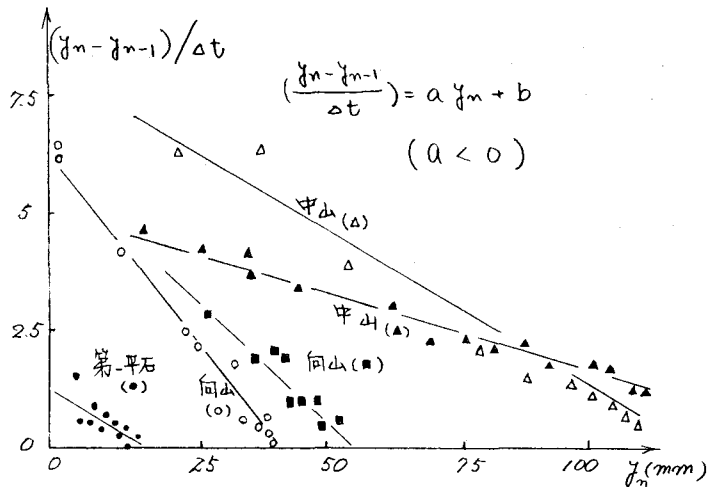


図1 収束型計測例

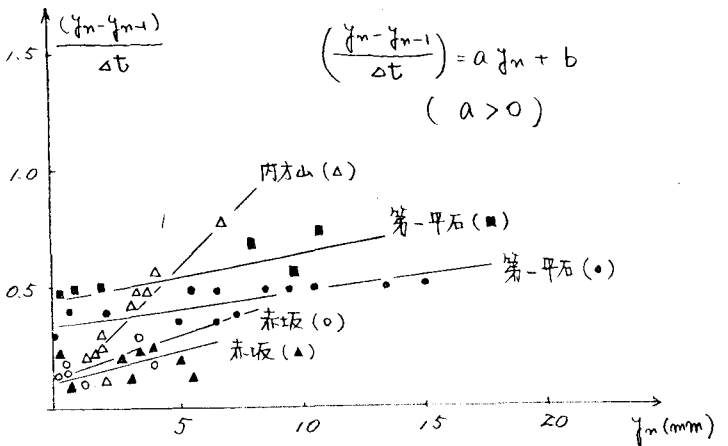


図2 発散型計測例

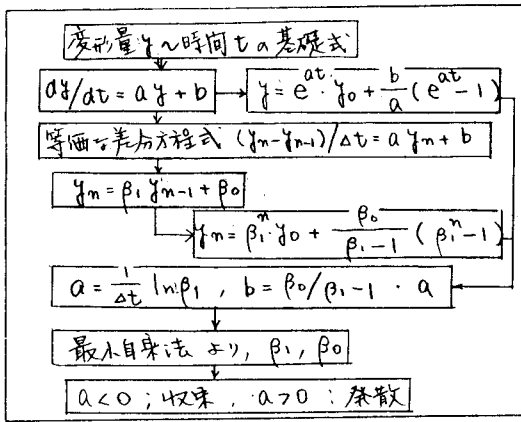


図3 予知法の流れ図

観測結果 $(y_1, t_1), (y_2, t_2), \dots, (y_n, t_n), t_n = \Delta t \cdot n$
 $y_n = y(t_n)$ とし, $y_1, y_2, \dots, y_n$ を式(3)に代入
 すれば最小自乗法より β_1, β_0 を求める。さらに,
 式(5), (6)より a, b を求め, それらを式(1)に代
 入すれば将来の変形量および破壊(発散 $a > 0$),
 収束(収束 $a < 0$)を同時に予知できるこ
 とになる。

3. 予知方法の妥当性: 予知方法の妥当
 性を検討するため, 2, 3の現場計測例が
 用いられる。図5は中山トンネルの内孔
 変位計測結果であり, 実線が実測値, 破
 線が計算値である。計算値は入手でき
 る実測値に基づきその後の変位量を予知し
 た結果である。例えば, 図5ではデー
 タ数5, 10, 15, 20, 25個得られたときの将
 来変位量を予知した結果であり, 実測値
 と比較すればその精度が理解できる。図
 5, 6, 7は収束, 発散および途中で収
 束とその後の発散に変化したものによる
 現場計測例である。これらの図より, 入
 手できているデータ数が多い程, あるい
 は予知の時期が近い程, 精度良く将来
 変位量を予知できることがわかる。こ
 のことは, 収束, 発散型に向かい予知
 できるため, 有効な予知法といえよう。

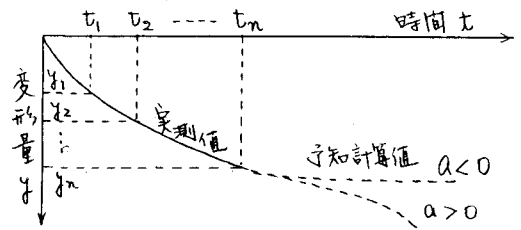


図4 実測値と予知法への適用

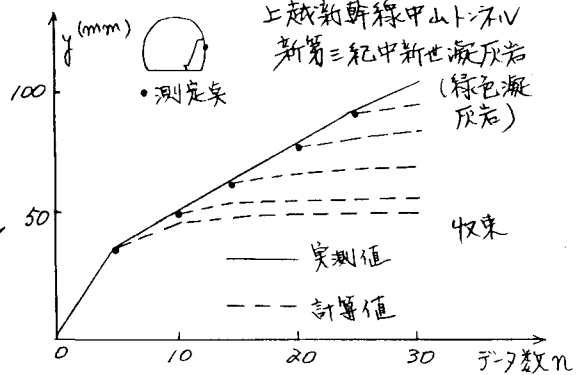


図5 予知法の精度

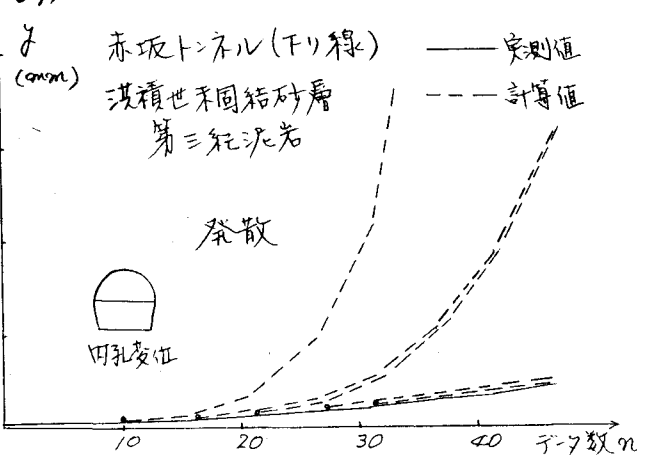


図6 予知法の精度

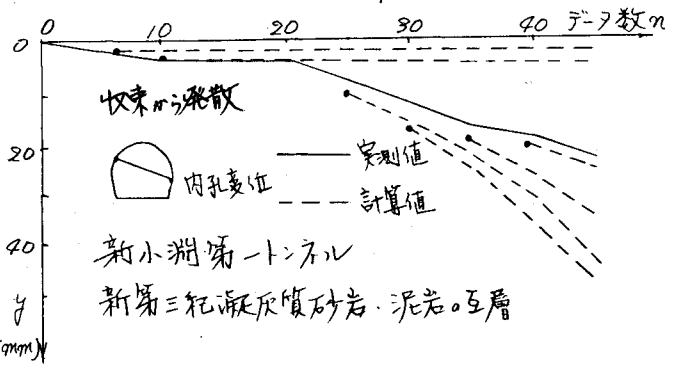


図7 予知法の精度