

ロジスティック曲線による トンネル周辺地山挙動の一考察

J R西日本大阪構造物検査センター 正 ○ 小野田 滋
" 建設工事事部 安居 和博
" " 正 川嶋 正年

1. 緒言

トンネル掘削時に観測される変位曲線は、レオロジーモデルに基づくクリープ関数として表され、一般には三要素フォークトモデルによって得られる指数関数によって近似される。しかし、切羽通過前の先行変位を考慮した関数近似については、切羽通過以前の関数と切羽通過後の関数を分離して回帰する必要がある、同一の関数として扱うことは困難であった。そこで本稿では、成長曲線のひとつとして統計学の分野でしばしば用いられるロジスティック曲線に着目し、変位曲線を単独の関数で表し、実際の測定値に近似させた場合の妥当性について検討を加えた。

2. ロジスティック曲線による変位曲線の回帰

ロジスティック曲線は、ある上限値に達する過程でその途中に変曲点を持つ関数で、一般に次式によって示される。

$$Y = \frac{K}{1 + m \cdot \exp(-r \cdot X)} \quad \dots\dots(1)$$

K、m、rはパラメータで、このうちKは上限値（ $X \rightarrow \infty$ におけるYの値）、mはX軸方向の曲線の位置、rは曲線の勾配を表している。ロジスティック曲線においては求めるべきパラメータが3種類となるため、上限値が解らない場合は非線形最小二乗法を利用して解かなければならないが、上限値が既知の場合は両辺の自然対数をとって変数変換を施すことにより通常の線形最小二乗法により解くことが可能である。本稿では問題をできる限り単純化するために上限値を既知のものとして扱うこととしたが、解の安定性に欠けるため、第一近似値に基づいて繰返し計算を行うことにより最小二乗条件を満足する解を導いた。なお、変位曲線の回帰にあたっては、式(1)の各記号を下記のように表し、以下の考察を行うこととする。

$$\delta = \frac{\delta_{\max}}{1 + m \cdot \exp(-r \cdot l)} \quad \dots\dots(2)$$

l : 切羽（上半）距離(m)

δ : 変位量 (mm)

δ_{max} : 収束値 (mm)

3. 計測結果と考察

今回使用したデータは、山陰本線嵯峨～保津峡間の小倉山トンネル（NATM、ショートベンチ工法、複線断面）で行われた地中沈下量の実測値で、図-1はその計測断面を示したものである。地質は破碎された古生層の粘板岩からなり、土被りは約29mであった。また、地中沈下計としては、多点式ロードエクステンソメータ（直読方式）を使用した。図-2に地中沈下量の測定位置を示すが、今回は変形量が極めて微小であったNo.6およびNo.7の測点を除く5測点について検討を加えた。

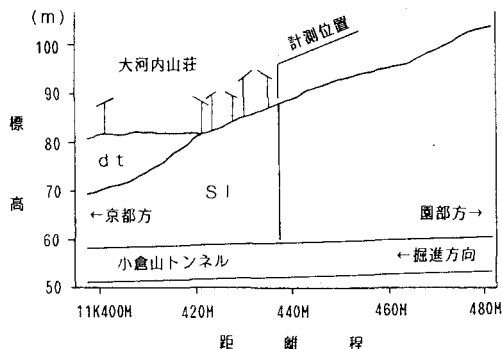


図-1 地中沈下量の計測位置

Shigeru ONODA, Kazuhiro YASUI, Masatoshi KAWASHIMA

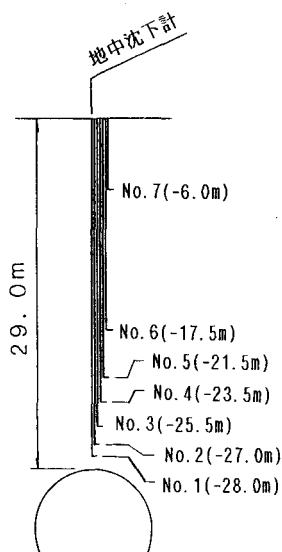


図-2 測点番号

図-3～図-5はこのうち測点No.1～No.3の実測値と回帰式の比較を示すが、切羽到達前における微妙な先行変位現象については表現できないものの、ほぼ実測値に近い変形モードを表していることがわかる。

一方、式(2)において $\ell = 0$ を代入すれば、先行変位量 δ_0 の割合は次式にて示される。

$$\frac{\delta_0}{\delta_{\max}} = \frac{1}{1+m} \quad \dots\dots(3)$$

すなわち、切羽接近に伴う先行変位は m のみに依存する関数として表される。表-1はこのようにして求めた各パラメータの値と先行変位量の割合を示したものであるが、上半切羽の接近による先行変位はおおむね1割程度に留まっていることがわかる。なお、各パラメータの相互関係は、データ数が限られていることもあって不明確であった。

4. まとめと今後の課題

今回の検討により、ロジスティック曲線が切羽通過以前の変位量を考慮したトンネルの変形問題に対し、ある程度適用可能であることが示された。今後、上限値を未知とした場合の収束値の予測手法やベンチ工法における上下半の掘削を考慮した回帰手法への拡張、各パラメータの相互関係等について鋭意検討を進めて行きたいと考える。

表-1 各パラメータの値

測点番号	$\delta_{\max}$	m	r	$\delta_0/\delta_{\max}$
No.1	4.56	20.54	0.331	0.046
No.2	2.71	7.66	0.191	0.116
No.3	2.26	7.17	0.181	0.123
No.4	1.46	24.81	0.224	0.039
No.5	1.46	18.14	0.179	0.052

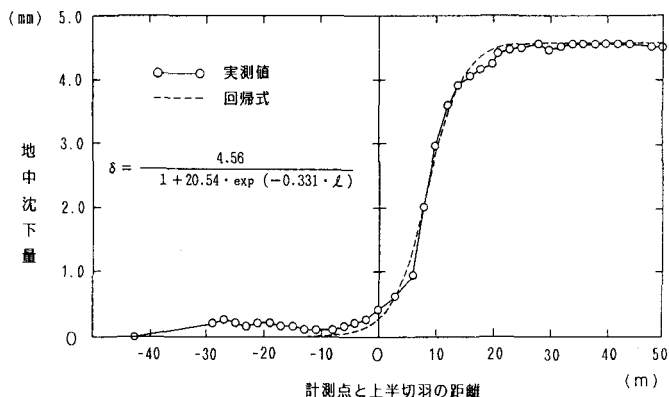


図-3 測点No.1における実測値と回帰式

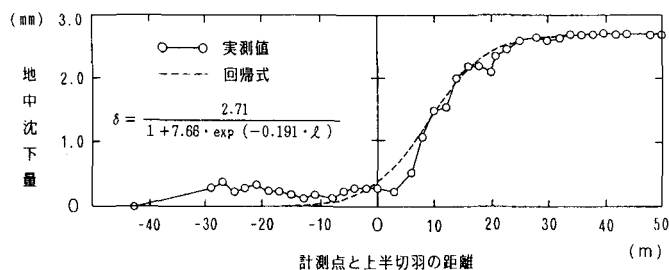


図-4 測点No.2における実測値と回帰式

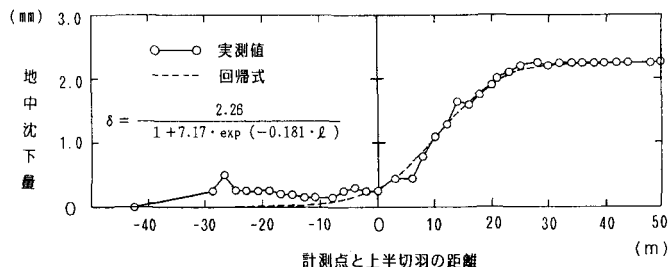


図-5 測点No.3における実測値と回帰式