

NATM 支保工選定の合理化に関する検討

阪神高速道路公団 正会員 足立 幸郎  
 阪神高速道路公団 正会員 藤井 康男  
 阪神高速道路公団 正会員 吉村 敏志  
 パシフィックコンサルタンツ 正会員 ○濱手 慎也  
 飛島・東急建設工事共同企業体 正会員 川端 康夫

1. 目的

NATM トンネル施工時の支保工選定にあたっては、一般に切羽観察法が用いられる。しかしながら、経験的に構築された切羽観察法により支保工を選定する際に、トンネル施工中の内空変位計測結果などを直接的にフィードバックさせ支保工を選定することには一般に困難を伴う。

ここでは、比較的簡単な計算で内空変位量（最終天端沈下量等）を推定できる特性曲線法による予測法、および施工管理データ（A計測データ）から得られる初期天端沈下速度を用いた最終天端沈下量を予測する手法に着目し、実施工への適用性を検討した。

2. 予測手法の概要

2-1. 特性曲線法による予測法

特性曲線法の基本的な考えは、掘削によって生じる地山の空洞周辺の圧力と変位を、初期土圧と地山の变形特性から力学的に求め、これを用いて空洞の安定性評価あるいは支保の検討を行うものである。

図1に地山を弾塑性体としたときの、トンネルに作用する力の釣合いの関係を示す。このような仮定のもとに、地山の応力開放に伴う地山の荷重-変位特性曲線（地山特性曲線）と、支保の荷重分担による支保の荷重-変形特性曲線（支保特性曲線）が描ける。

このようにして求めた地山と支保の特性曲線を一般にFenner-Pacher 曲線（特性曲線）と呼ぶ。地山特性曲線は式(1)、支保特性曲線は式(2)により算定され、地山変形の収束点は、地山特性曲線と支保特性曲線との交点として求められる（図2参照）。

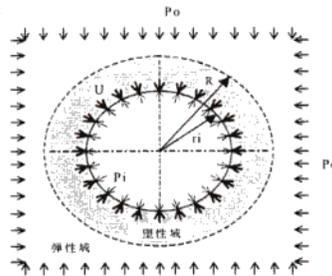


図1 トンネルの幾何学的形状の仮定

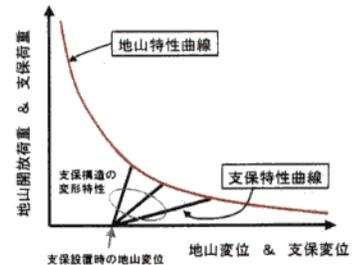


図2 地山特性曲線と支保特性曲線

地山変位 = 開放された（トンネルに作用する）地山応力（外力） / 塑性状態を考慮した地山剛性 (1)

支保変位 = 支保が効果を発揮するまでに変位した量 + 支保が分担した外力 / 支保剛性 (2)

2-2. 初期天端沈下速度を用いた最終天端沈下量を予測する手法

図3は、Aトンネル（内空幅10.0m）における初期天端沈下速度（支保工設置後～1日経過時の沈下量から算出する沈下速度）と最終天端沈下量との関係を示したものである。

従来より初期天端沈下速度と最終天端沈下量とは線形関係があることが指摘されている<sup>1)</sup>が、このトンネルにおいても同様な傾向が読み取れる。このことから、初期変位沈下速度を支保設置後1日経過した段階で把握することにより、最終天端沈下量の推定、さらには支保の妥当性を評価することができ、次の支保工選定にフィードフォワードすることができる。

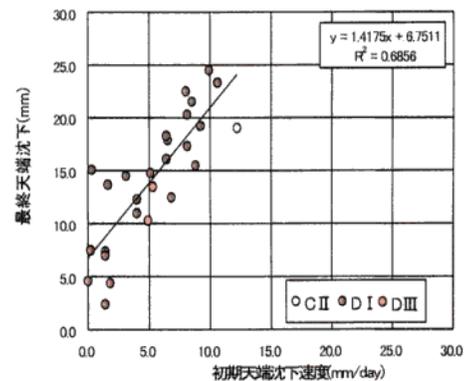


図3 初期天端沈下速度と最終天端沈下の関係

キーワード NATM, 支保工選定, 特性曲線法, 最終天端沈下

連絡先 〒532-0011 大阪市淀川区西中島4-3-24 パシフィックコンサルタンツ（株）大阪本社 TEL 06-6886-8436

### 3. Aトンネル施工実績データによる検証

既に施工済みのAトンネル（内空幅10.0m）の施工実績データを活用して、特性曲線法による最終天端沈下量の予測と、初期天端沈下速度を用いた最終天端沈下量の予測について、その精度を検証した。

図4は、特性曲線法により地山変位および支保工変位をグラフ化したものである。ここでは、切羽観察結果から地山剛性を評価し、先行開放荷重や支保剛性の有効性については、数点のA計測結果によりトンネルに応じた補正係数や有効係数を設定している。

図5は、図4に示した手法により最終天端沈下量を予測した結果、さらに初期天端沈下速度から推定した結果、さらに実際の計測値とを比較して示したものである。多少の誤差は伴うものの、施工的な観点では非常に精度のよい推定が行えることがわかる。このことより、特性曲線法による最終天端沈下量の予測や初期天端沈下速度による最終天端沈下予測は、支保工選定において有用な情報になりうることを確認された。

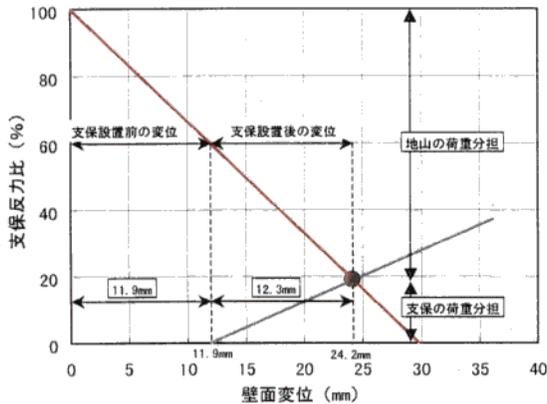


図4 特性曲線法を用いた最終天端沈下量の推定

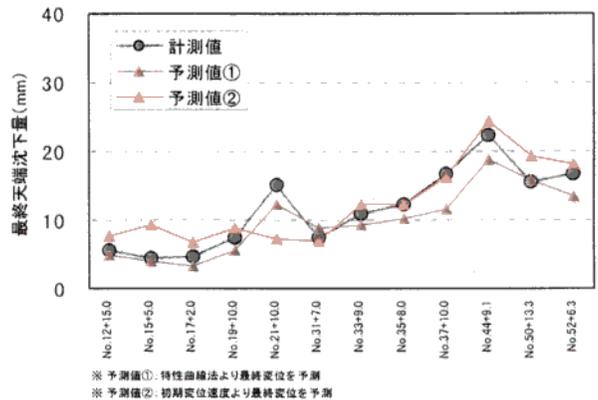


図5 特性曲線法・初期天端沈下速度から推定した天端沈下量と実測値との対比

### 4. Bトンネル（めがねトンネル）での実証

#### 4-1. 先行坑での予測

Aトンネルで有用であることが検証された上記手法を、現在掘削中であるBトンネル（内空幅10.7m）で試行した。特性曲線法、初期天端沈下速度から予測した沈下予測値と計測値との比較を行った。この結果、事前に特性曲線法により予測した天端沈下量およびA計測結果より計測直後に予測した天端沈下量は、ある程度の誤差はあるものの施工上問題ない精度でほぼ計測値を事前予測できていることがわかった。この知見を後行坑における支保低減に生かすこととした。

#### 4-2. 後行坑での予測と実際

後行坑の掘削を工区中間点付近まで行ってきた結果、先行坑の傾向とさほど違いが無く、後行坑の特異性もないことから、後半の一部区間について、支保軽減目標区間を定め、経済的な支保選定を試みた。（なお、先行坑の情報より、前述した補正係数や有効係数を再設定した。）

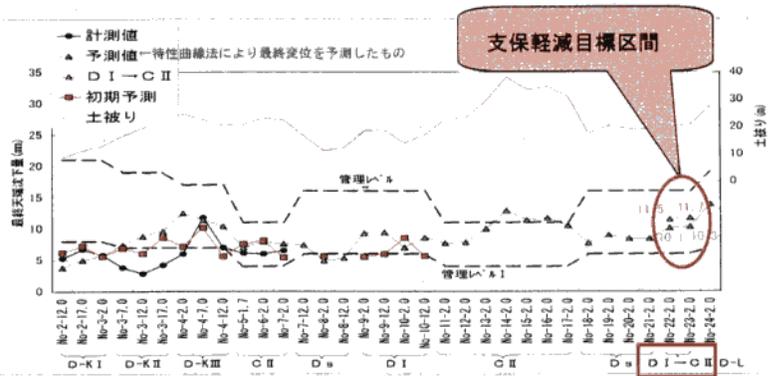


図6 Bトンネル後行坑：D I→CIIパターン変更区間と予測値

具体的には、図6におけるD Iパターンの区間をC IIパターンへランクダウンした場合の予測値が管理レベルIIに収まるという結果となったことから、C IIへのランクダウンを決定し、施工を行った。その結果、施工後の計測値も管理値内に収まり、予測手法の有用性がここでも実証できた。

### 5. おわりに

提案した変位予測手法は、B計測等の特別な計測を必要としないことに特徴があるが、逆に、切羽にて地山物性を簡便に測定する方法とその適正な評価が重要なかぎをにぎるものとする。

参考文献：1)都市トンネルの実際 鹿島出版会 1998年3月