

# TBM 掘進データを用いた大断面トンネルの支保設計に関する研究

## Large tunnel support design using the TBM driving data

小川 崇 (Takashi OGAWA)

**Abstract :** TBM excavating is considered as one of the outstanding tunnel excavating methods. However, in a complicated geological condition in Japan, the strong point of a TBM cannot fully be demonstrated. Then, it examined what indices are related most closely to the support pattern selection by analyzing the TBM driving data, the wall observation, and the enforced support pattern using a multi-variable analysis.

### 1. はじめに

昨今の山岳トンネルの施工を取り巻く環境は非常に厳しく、コストや環境に配慮しつつ、高品質なトンネルを安全かつ合理的に施工することが要求される。これらの条件を満たしたトンネル掘削工法の 1 つに、高速で安全な掘削が可能な TBM 掘削工法が挙げられる。大断面トンネルにおいては、TBM を先進導坑として用いることで、事前に地質の状況を把握した上で、本坑の掘削を行うことができる。そして、導坑での TBM 掘進データを体系的に評価し、定量的に本坑の支保パターンの選定に活用することで、極めて合理的に大断面トンネルの支保設計が可能となると考えられる。

そこで本研究では、TBM 掘進中に得られる掘進データ、切羽周辺の観察によって評価される地質評価点データ、実際の支保パターンの関係を TBM 導坑ならびに本坑において多変量統計分析を行い、各支保パターンに対する判別率を求めることによって、どのような評価指標を用いることで、より合理的に支保パターンを選定することができるかの検討を行った。

### 2. 対象データ

本研究では、第二名神高速道路の栗東トンネル下り線西工事のデータを対象とした。図 1 に示した手順に従い、導坑及び本坑において、TBM 掘進データと支保パターン、そして地質評価点データと支保パターンとの間の分析を行い、判別率を求めた。

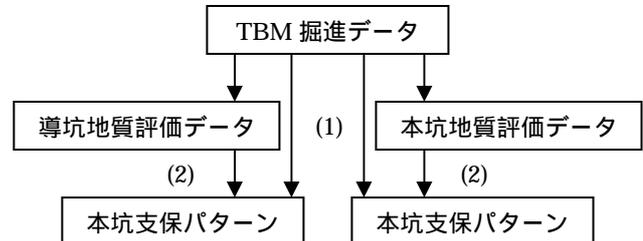


図 1 分析手順

TBM 掘進データ(換算値)	地質評価点データ
$E_s$ :掘削体積比エネルギー	・岩石強度
$\sigma_f$ :岩盤強度(推力)	・風化変質
$\sigma_t$ :岩盤強度(トルク)	・割目間隔
$E_D$ :破壊エネルギー係数	・割目状態
	・地下水による劣化

分析対象区間は、TD が 0m から 2187m までで、地質観察位置に対して前後 0.5m の TBM 掘進データの平均値を用いた。地質観察位置は導坑が 208 カ所、本坑が 143 カ所である。また、TBM 掘進データは表 1 で示す 5 つのケースに分けて分析を行った。

表1 TBM掘進データ分析ケース

Case1	$E_s + E_D$
Case2	$\sigma_f + E_D$
Case3	$\sigma_t + E_D$
Case4	$E_s + \sigma_f + \sigma_t + E_D$
Case5	換算しないTBM機械データすべて

### 3. 分析結果・検討

#### (1) TBM掘進データによる支保パターンの分析結果および検討

表2に結果を示す。導坑、本坑ともに換算値をすべて用いたケースが高い判別の中率を示した。また、トルクを変数として用いたケースが高い判別の中率を示す結果となった。これより、支保パターン選定の指標には、TBM掘進データのトルクを重視した評価指標を用いるのが効果的であると考えられる。

#### (2) 地質評価点データによる支保パターンの分析結果および検討

表3に結果を示す。導坑、本坑ともに高い判別の中率を示す結果となった。さらに、地質評価点データに、カテゴリー化したTBM掘進データを加えることによって、より高い判別の中率を示した。また図2より「地下水による劣化」のカテゴリースコアグラフの幅が大きいことから「地下水による劣化」が導坑支保パターン選定に効いてくる項目であると考えられる。本坑についても同様の結果であった。

以上の結果から、TBM掘進データによるトンネル掘削の支保選定には、地下水による劣化を考慮した上で、TBM掘進データのトルクを主体とする評価指標を用いるのが良いと考えられる。

### 4. おわりに

本研究において、TBM掘進データを用いることで、合理的な支保選定の指標を見出すことができた。今後、多くのサイトで分析を行うことで、より正確な評価を行うことが可能になるとと思われる。

### 参考文献

- 1) 菅 民郎：多変量解析の実践(上・下)
- 2) 柳井 晴夫、高根 芳雄：多変量解析法
- 3) 福井 勝則・大久保 誠介・小田 誠一：TBMの掘削抵抗に関する研究
- 4) 白鷺 卓、山本 拓治、稲生 道裕、西岡 和則：地山情報を重視したTBM掘削管理システムの開発と適用事例

### 指導教官

青木謙治教授、菅野強助教授、新苗正和助手

順位	判別の中率			
	導坑		本坑	
1	Case4	61.0%	Case4	80.2%
2	Case5	57.7%	Case3	80.2%
3	Case1	56.0%	Case2	78.6%
4	Case3	42.3%	Case5	74.8%
5	Case2	41.9%	Case1	73.3%

表2 TBM掘進データによる判別分析結果

	導坑	本坑
地質観測評価点	66.7%	87.0%
地質観測評価点+掘進データ	72.9%	88.5%

表3 地質観測評価点による判別分析結果

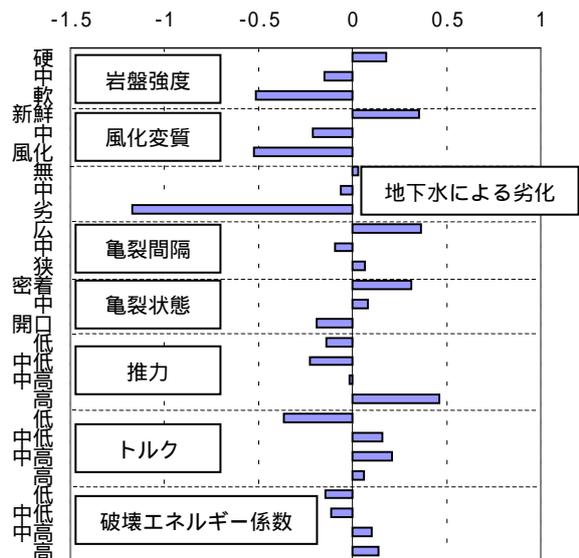


図2 導坑地質評価点カテゴリースコアグラフ