

Ⅲ-B84

TBM導坑先進拡幅掘削工法における地山評価について

兵庫県土木部 大窪正秋, 岩崎日出夫
戸田建設(株) 正会員 ○内藤将史*, 岡村光政*

1. はじめに

第二東名・名神高速道路の超大断面トンネル施工法の一つとして「TBM導坑先進拡幅掘削工法」が提案され、秋田自動車道湯田第二トンネルや第二東名清水第三トンネルで試験工事を行っている。同工法においては、TBM先進導坑の施工データから本坑支保パターンを推定することが重要課題となっているが、我が国の地質構造が複雑なため、十分に確立されていないのが現状である。

本報告では、発破振動制御を行うためTBM導坑を芯抜きとした施工事例において、導坑坑壁の地山評価点およびTBM機械データによる仕事量と本坑支保パターンの関係を求め、地山評価に関する分析を行った。

2. 地山評価手法の概要

坑壁および切羽の観察結果を定量的に評価する簡便な手法として評点法がある。TBM導坑では、RMR（Rock Mass Rating）法を、本坑にはRMR法と日本道路公団の評価点評価法（以下、JH評価点）を適用した。なお、RMR法の評価パラメータの一つであるRQD（Rock Quality Designation）の算出に関しては、TBM導坑では掘進方向の不連続面間隔を採取コアの長さと考えて掘進長の百分率で求めた。また、本坑ではBieniawski提案による不連続面間隔とRQDの関係図から求めた。

一方、TBM工法では、掘削状況を示す機械データ（スラスト推力、純掘進速度など）をリアルタイムに取得することができ、これらのデータを用いて本坑支保パターンの推定が可能となれば、評点法に比較して種々の点で有利な手法となる。TBMはカッターヘッドで切羽全面を切削するため、TBMにかかる掘削抵抗には岩石強度の他、き裂等の情報が含まれているものと考えられる。ここでは、機械データからの算定データである、TBM仕事量 $W^{(1)}$ = {（スラスト推力－けん引抵抗）×純掘進速度} / 掘削断面積に着目して分析を試みた。

3. 評点法による地山評価

事例対象である城山トンネルは、掘削断面積 63m^2 、延長 623m の道路トンネルである。地質は圧縮強度が 60MPa 程度の火山角礫岩を主体としているが、起点坑口およびトンネル中間部には、圧縮強度が 100MPa を超える安山岩が貫入している（実績、図-1）。

図-1には導坑および本坑評価点の推移と本坑支保パターンを、表-1には評価点の基本統計値をまとめた。RMR法において、導坑と本坑の評価点を比較すると、火成岩・堆積岩ともに導坑評価点が大きく、データ変化が小さい傾向にある。トンネル位置でみると、地質

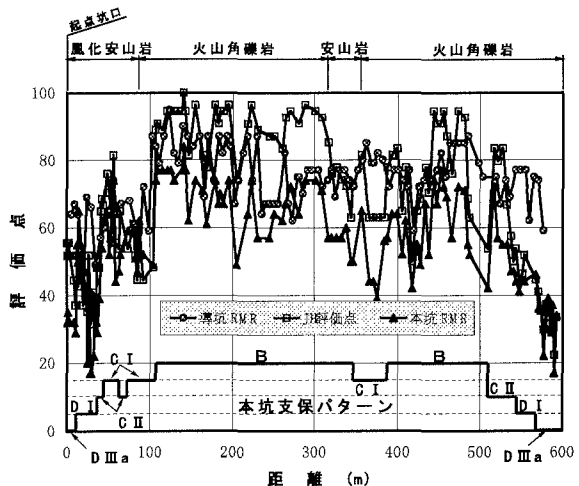


図-1 評価点と本坑支保パターンの推移

が火山角礫岩でC Iパターン以降の終点側坑口部において、評価点格差が大きい状況にある。そのため、導坑RMRと本坑RMRの相関性は低く（相関係数 $R=0.5$ 程度）、支保パターン別の統計解析からも、導坑RMRと本坑支保パターンの関連性が低い結果となっている。

一方、本坑のJH評価点を用いて支保パターン毎に整理した場合は、図-2（堆積岩）に示すように明瞭な支保パターン区分できることから、JH評価点は支保パターンとの関連性が高いものとなっている。なお、本坑RMRの結果はJH評価点との相関性が高く（ $R=0.907$ ）、JH評価点と同様に本坑支保パターンとの関連性の高い結果が得られている。

本トンネルの地山条件は、軟弱層の少ない安定した中硬岩であったため、小口径TBM掘進（ $\phi=2.3\text{m}$ ）の導坑施工は地山の緩みが少なく坑壁が平滑に仕上がることから、TBM導坑評価点のデータ変化が小さいものと考えられる。また、本坑施工時には、導坑坑壁の潜在的なき裂が発破掘削により露呈し、本坑評価点に反映されることから、導坑評価点の絶対値が本坑評価点に比較して高めの値になると推測される。なお、導坑支保パターンの実績は、坑口部のD級地山を含めて、計画支保の1ランク上の支保で対応しており、TBMが安定したトンネル施工の実現できることを表している。

4. TBM仕事量による地山評価

岩種別にTBM仕事量を用いて、支保パターン区分毎の全体的な変化傾向を捉えたものが図-3である。同図によると、データ数の偏りがあるものの火成岩・堆積岩ともに支保が軽いほど（良好な地山）、TBM仕事量が大きい傾向にある。岩種別には、火成岩に比較して堆積岩における各支保パターンの平均価格差が大きい結果となっている。このように整理することで、例えば各支保パターンにおけるTBM仕事量平均値の中間値などを支保パターンの境界値とすることで明確な支保パターン区分が可能となる。

5. おわりに

本施工事例のような中硬岩を主体としたTBM導坑先進拡幅掘削の施工において、定性的評価を定量化した導坑の評点法から本坑支保パターンを推定することは課題として残されたが、TBM機械データによる仕事量と支保パターンの関連性が高いことがわかった。今後は、他の岩種・岩質に試行し評価法の確立を図っていきたいと考えている。

参考文献 1) 渡辺邦男、山田秋夫、砂道紀人：TBMによる導坑掘削 秋葉第三発電所放水路トンネルと地下、Vol. 21, No. 3, PP. 43～51, 1990

2) 山本浩之 他3名：TBM掘進データを用いた判別分析による定量的地山評価について、第10回岩の力学シミュラ講演論文集、PP. 491～496, 1998

表-1 評価点の基本統計値

岩種	トンネル	評価法	最小値	最大値	平均値	標準偏差
火成岩	導坑	RMR	47.0	74.0	62.7	7.0
		評価点	17.0	74.0	44.5	14.4
	本坑	評価点	31.5	81.5	51.8	12.4
堆積岩	導坑	RMR	51.0	95.0	77.1	7.9
		評価点	17.0	84.0	58.0	14.3
	本坑	評価点	22.2	100.0	72.9	21.0

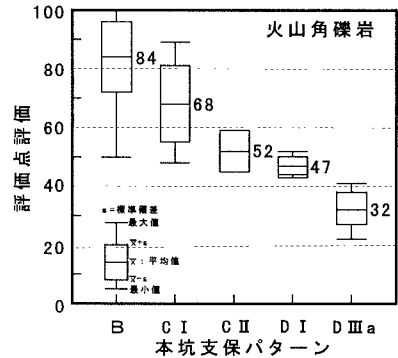


図-2 JH評価点による支保パターン区分

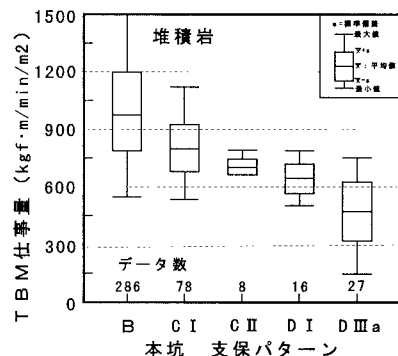
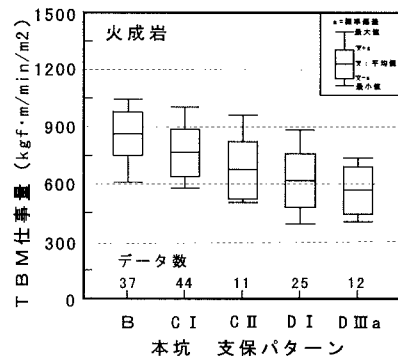


図-3 TBM仕事量と支保パターンの関係