

Ⅲ-B 43 TBMの掘削特性とTSP切羽前方探査の予測との比較

西松建設技術研究所 正会員○平野 享, 村上 薫, 稲葉 力
西松建設関西支店 正会員 田中義晴

1. まえがき

最近大断面トンネルでは、例えば先進導坑を効率よく掘削することを目的として、トンネルボーリングマシン(略称TBM)の導入がふえてきた。TBMが不良地山に突入し支障をきたすと、その復旧に手間がかかるため、適切な時期に不良地山を補強できることが重要である。切羽前方探査はこの補強地点とその時期を切羽到達以前に知るために行われる。切羽前方探査のひとつ、TSP法(Tunnel Seismic Prediction)は簡易手法であり、その適用性の解明はまだ十分であるとはいいがたい。現状では予測を実績で検証し、次の予測にフィードバックする作業が必要である。TBMを含めて、掘削機械の挙動は地山性状の影響を受けるので、掘削特性を調べれば地山性状の実態もある程度把握することができる。本研究は、TBMの掘削特性から地山性状を推測し、これとTSP切羽前方探査の予測を比較した。TBMの掘削特性は数値化しやすくサンプリングも容易なため、切羽前方探査の検証作業の効率をあげると期待される。

2. TSP切羽前方探査

TSP切羽前方探査は地点を変えて2回実施した。探査の測線は、1点の地震計と25~30点の発破震源が片側坑壁に並ぶ、1次元的な展開とした。それぞれ地震計と発破震源を坑壁から約1.5m深さに掘られたボーリング孔底へ配置し、坑壁近くの掘削による損傷領域が与える弾性波速度への影響を緩和させた。

図1と図2にTSP探査の予測と実施支保工との比較をしめす。図の上部が探査で描かれた岩盤内の反射像である。また図の中央のパターンが実施支保工をしめしている。図の下部はTBMの掘削特性から求めた、地山性状をあらわす相対的な値で、次節で説明する。図1を見ると1回目の探査結果は実施支保工と対応していない。

表1 支保パターン

B	なし
CI	天頂部120度2cm吹付
DI	天頂部270度3cm吹付 鋼製支保1m間隔
DI2	天頂部270度3cm吹付 鋼製支保0.6m間隔
DI3	セグメント、裏込

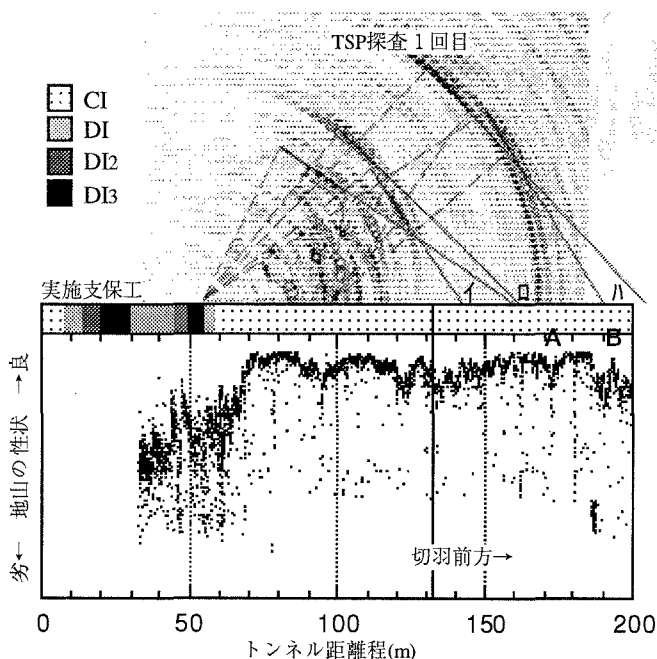


図1 TSP探査の予測と実施支保工、掘削特性導出値の比較その1

キーワード TSP 切羽前方探査 トンネルボーリングマシン 掘削特性

〒242-8520 大和市下鶴間2570-4 TEL 0462-75-1134 FAX 0462-75-6796

3. TBMの掘削特性

工事に使用したTBMは掘削径が5mの山岳用オープンタイプマシンである。掘削特性はマシンに備えたセンサー出力をロガーで毎分1回採取した。またロガーは掘削推進力、ヘッドのトルク、ジャッキスピード(掘進速度)も算出し追加した。つぎに記録から盛り換えなど純掘削でない部分を除き、時系列である記録を各パラメータがトンネル距離程の関数になるよう並びかえた。

ディスクカッターの切削抵抗は理論および切削実験の両面から研究されている¹⁾²⁾。TBMヘッドのトルクが全カッタートルク之和であると仮定し、単一ディスクカッターの切削抵抗式²⁾をTBMの掘削に適用した。この式を簡潔に表すと1式となる。

$$\text{ヘッドのトルク} = K \times (\text{掘削推進力})^2 \quad \dots (1)$$

ここでKは、TBMに装着したディスクカッターの形状、その配置と数、切削する岩盤、破碎様式に依存した係数である。工事でディスクカッターの形状、その配置と数に変更がなければ、Kは切削する岩盤の性状をしめす係数と考えられる。図1と図2の下部のグラフにKの変化をしめす。Kの値の物理的意味は不明である。別の現場の花崗岩質地山にて行った、TBM掘削試験から得られたKでは図中のとおり地山性状との関係が認められた。縦軸のスケールは線形で図1、2とも同じである。

4. まとめ

図1で顕著なように、TSPが予測した岩盤不連続面が実施支保工と対応しない場合を考える。TSPでは原理的に岩盤の不連続性のあるなしを相対的に判断し、その程度まではしめさない。また支保パターンは岩盤に変化があっても安全面で許容できれば変更されない。したがってTSPの予測する不連続性が、支保パターン変更にあたらない程度に収まると、支保パターンとの比較ではTSPの精度は考察できないことになる。

つぎにTBMの掘削特性で求めたKでTSPの予測を検討してみる。図1でTSP予測のIはKに明瞭な対応がない。IIはAの谷の始まり、IIはBの谷間のピークに対応がある。またIIを示した像はAの終わりとも考えられ、その場合TSPで拾い損ねたことになる。またA、B程度の変動は、パターン変更を要した図の左側ほど顕著でなく、この事例ではTSPの相対評価が裏目となり、支保設計には指摘不要の不連続面を抽出したといえる。図2では、IIがAの谷を、IIがBの落ち込みに対応するが、IIについては指しているものが明瞭でない。このTSP探査ではII、IIの予測が、本来の目的～段取り替えの予知～を達成したと示されている。

参考文献

- 1) Sanio, H. P.: Prediction of performance of disk cutters in anisotropic rock, Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech Abstr. 22, pp.153-161, 1985.
- 2) Gong Fangming, 佐藤和彦, 浅井秀明: 円周軌道切削に関する研究-ディスクカッターによる岩石の切削に関する研究(第一報), 資源・素材学会誌, Vol.108, No.7, 1992.

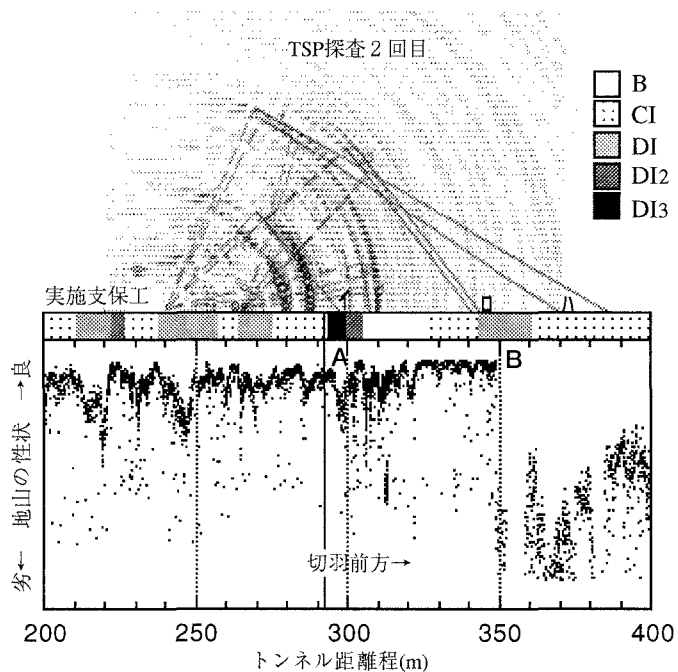


図2 TSP探査の予測と実施支保工, 掘削特性導出値の比較その2