

Ⅲ-B119

切羽前方探査の TBM 施工への活用事例 ー滝里発電所導水路トンネルでの調査例ー

大成建設（株）技術研究所
大成建設（株）技術研究所
大成建設（株）札幌支店
北海道電力（株）滝里水力発電所建設所

正会員 川上 純
服部 弘通
正会員 森田 隆三郎
高木 敦

1. はじめに

現在トンネル施工で施工例が増加してきている TBM によるトンネル掘進では、急速施工になることや切羽面が観察できないことなどから、施工時に地山状況に応じた速やかな支保パターンの変更や補助工法の決定が出来ない事態が多く、トラブルを招く原因となっている。そのため切羽前方探査により地山状況を把握し、予め支保パターンや補助工法の決定をすることが重要となってくる。

北海道電力滝里発電所導水路トンネルでの TBM トンネル施工では、事前調査により推定した地山不良箇所について、施工中の TSP 探査によりその分布位置を確認し、探りボーリングでキ裂頻度や岩種の確認を行った。このような施工中の切羽前方探査にもとづき、掘削の補助工法選定および支保パターンの決定を実施した例をもとに、切羽前方探査の施工への反映方法について検討する。

2. 切羽前方の探査方法

今回の TBM によるトンネル施工に当たっては、図-1 に示すようなフローにしたがって、切羽前方の地質状況を確認しながら掘進と一次支保の建て込みを実施した。

切羽前方探査としては、全線にわたる TSP 探査および必要に応じた探りボーリングを実施することとし、掘削延長 2,683m（新第三紀軟岩区間 420m と白亜紀中～硬岩区間 2263m）に対して TSP 探査は全 18 回、探りボーリング（削孔深度約 50 m）は全 25 回実施した。

TSP 探査結果は、相対評価となっているため、不良地山の存在が推定されても、その程度を判断するのは難しい。

そこで、事前地質調査で推定されている低速度帯と TSP 探査を対比し、両者の位置がほぼ一致する場合は、特に注意して施工することとした。また、TSP 探査では、不良地山の推定位置の誤差は 5～10 m 程度あるため、不良地山が推定された場合は、その 20m 手前から探りボーリングを実施し、その位置を確認した。

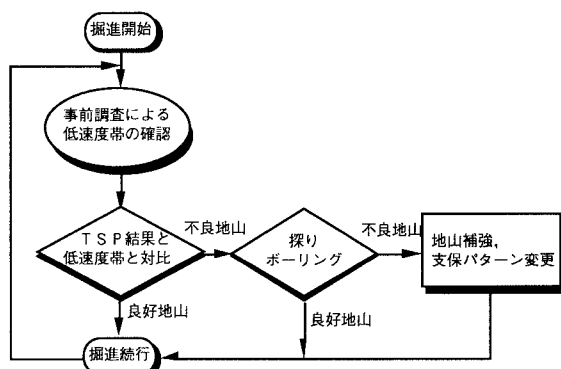


図-1 調査フロー図

3. 各種調査結果と掘削結果の対比

図-2 に、事前調査、TSP 探査、探りボーリングおよび MG 係数（TBM のメイングリッパーの押し付け力とその時の地山の変形から求まる変形係数）の結果の例を示す。探りボーリングでは、ノミ下がり時間、回転トルクの変動に注目し、変動の大きい箇所を地山不良箇所と推測した。この例では、TSP 探査結果と探りボーリングから推定した不良地山の位置とは良く一致しているとともに、その位置では地山の変形係数を表す MG 係数も小さくなり、両者とも精度良く調査できているのが分かる。また、事前調査での低速度帯の位置とは、約 20 m ずれている。

キーワード：TBM、トンネル、切羽前方探査、事前調査、施工管理

連絡先：〒245-0051 横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設（株）技術研究所 Tel：045-814-7237

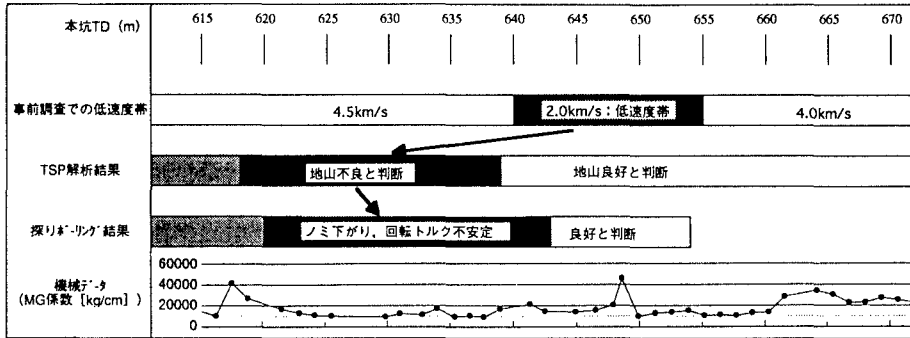


図-2 TD640m 付近の各種調査結果

4. TSP 探査結果の施工への反映

表-1 に事前調査で実施した屈折法弾性波探査によって推定された低速度帯（地山不良箇所）の位置と、施工中の TSP 探査や探りボーリングによって捉えた位置の対比表を示す。

表-1 に示すように今回の実施例では地表からの弾性波探査による低速度帯出現位置と、TSP 探査結果の間には最大 50m 程度の誤差が生じている。これは、屈折法探査で捉えた低速度帯を単に地表から鉛直下向に延長してトンネル軸線上での出現位置を推定しているためである。

また、不良地山と推定された位置では、切羽崩落や TBM の後胴の引き寄せ不能が生じたが、支保工の強化や反力壁の構築を事前に準備することができ、比較的スムーズに施工を行うことができた。

表-1 に示したように、事前調査で推定された低速度帯は 6 箇所であり、その全てが TSP 探査で検出できたが、実際に掘削に支障が生じた不良地山の箇所は、全部で 14 箇所であり、8 箇所が事前調査で検出できていない。そのうち、85% の 12 箇所について TSP 探査で検出することができた。このように、事前地質調査は有効であるが、全ての不良地山箇所を捉えておらず、施工中の前方探査が有効であることが分かる。

表-1 事前調査、切羽前方探査で判明した低速度帯（地山不良箇所）対比表

事前調査で判明した低速度帯位置-TD(m)	TSP探査で判明した低速度帯位置-TD(m)	探りボーリング調査で判明した低速度帯位置-TD(m)	掘削実績（地山不良箇所）位置-TD(m)	地山状況	対策
155 ～ 170	121 ～ 140	119 ～ 123 129 ～ 133	112 ～ 115 130 ～ 139	キ裂多く湧水発生 キ裂多く切羽崩落発生	支保パターン変更
640 ～ 655	618 ～ 639	620 ～ 643	620 ～ 632	キ裂多くTD639mで後胴引き寄せ出来なくなり反力壁構築	反力壁構築
1,020 ～ 1,060	1,080 ～ 1,104	1,077 ～ 1,087	1082 ～ 1086 1095 ～ 1097	切羽崩落が発生し、先堀を生じる 切羽小崩落多く、カッター閉塞発生	カッター清掃 支保パターン変更
1,685 ～ 1,720	1,663 ～ 1,695	1,680 ～ 1,690	1,665 ～ 1,683	キ裂多く岩塊多く取り込む	支保パターン変更
2,390 ～ 2,420	2,418 ～ 2,448	実施せず	2,410 ～ 2,438	キ裂多く岩塊を多く取り込む	支保パターン変更、補強
2,530 ～ 2,570	2,550 ～ 2,574	実施せず	不良箇所無し	凝灰岩から頁岩層への移行部分だが安定した地山状況	対策無し

5. まとめ

TBM施工での切羽前方探査手法の有効な活用方法としては、踏査やボーリング調査および弾性波探査を用いた事前調査で想定された地山不良箇所（低速度帯）出現位置を踏まえ、より高精度のトンネル軸線上での出現位置を確定するために、施工中の TSP 探査と探りボーリングを組み合わせた切羽前方探査が有効である。今後は、さらに多くの掘削において切羽前方探査を実施し、前方地山状況を正確に判定する手法を開発していきたい。