

TBMによる山岳トンネルの急速施工システム

日本道路公団中部支社亀山工事事務所 林崎 信男
鹿島・東急・不動建設共同企業体 上田 昭郎

1. はじめに

TBMによるトンネルの掘削は、地層の安定している海外においては、最大月進が1000mを超えることもある一方で、地層の複雑な日本においては断層破碎帯等の不良地山に遭遇し、掘進不能となるケースもあることから平均月進では200m程度にとどまっていた。

過去のTBM施工実績の詳細な分析から、TBM工法の最大の特徴である高速掘進性を阻害している原因が地質トラブルであることが判明した。したがって、事前に地質トラブルを回避することを基本コンセプトとするTBMの急速施工を可能にする施工システムを開発した。実証にあたって、第二名神高速道路鈴鹿トンネルのTBM工事において採用し、その有効性を確認することができた。

2. システム構成

急速施工システムは、事前に地質トラブルを回避するためのNATMで培われた3つの施工技術をベースとしており、これら施工技術を実現するためのTBM設計を含めた4つの柱で構成した。

(1) 前方地質の予測技術＝大型ボーリングマシンの採用

TBM工法は断層破碎帯等の不良地山においては、本体の沈み込み・締め付け、地山の崩落・肌落ちなどによって掘進不能に陥ることが多かった。これらの地質トラブルを回避するためには、前方の地質情報を把握する必要がある。本システムにおいては、各種の実用化されている地質予測技術の中から、地質調査時間が最も短い、ノンコアボーリングによる削孔スライムの状況確認と破壊エネルギー係数により予測するという削孔検層技術を採用した。この検層技術は、約50m前方の的確な地質情報を短時間（4時間）で得ることができる。ノンコアボーリングを短時間で実施するために、大型のボーリングマシン（油圧削岩機）をTBM作業デッキ上に設置することとした。



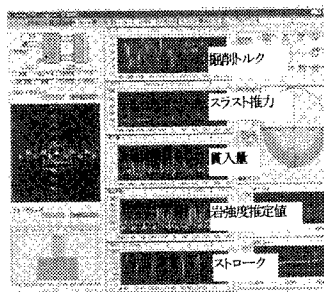
前方地質調査ボーリング（L=50m）

(2) 不良地質に対する地山改良技術＝広い作業空間の確保

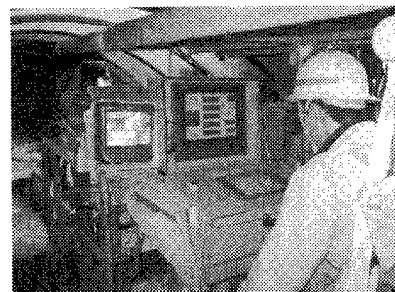
前方地質調査の結果、TBM掘進に対して地質トラブルが懸念される個所については、事前に地山を改良し、掘削を進める方が効率的である。各地質の想定トラブルを検討した結果、不良地質における対策案はNATMで一般化している「水抜き先行削孔」「薬液注入」「フォアパイリング」「切羽への鏡ボルト」を基本とした。この地山改良技術は、TBM作業デッキ上の前述の大型ボーリングマシンを使って施工するものとした。この作業を手早く行うために、TBMの作業デッキ上に広い空間を後述の工夫によって確保することとした。また、切羽への削孔が可能となるようTBM面盤に開口部を設ける等、TBM仕様に応じた。また、切羽への削孔が可能となるようTBM面盤に開口部を設ける等、TBM仕様に応じた。

(3) 掘削データのリアルタイム解析技術＝オペレーター席の工夫

TBM工法の最大の特徴である高速掘進を可能にするためには、前方の地質の情報と掘削中に得られる情報を適切に掘進操作に反映させることが重要である。従来は、掘削個所の機械データから前方



データのモニター画面



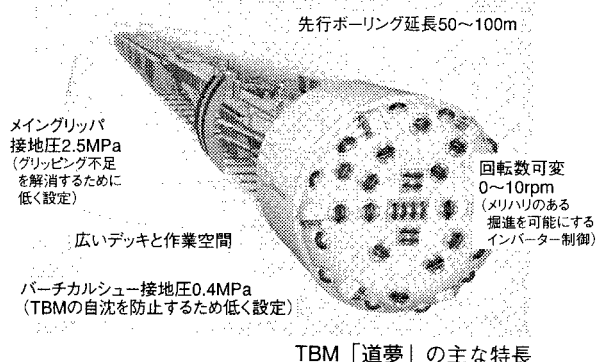
TBMオペレーター席

の地質を想定し掘進作業をしていたため、切羽変化の対応が遅れ掘進への影響も出ていた。本技術は、従前からある機械データの解析技術を利用した掘削方法に加え、前方地質予測データを機械データと関連させたこと、更にはオペレーター席を切羽直近に配置し掘削状況、ズリ状況、支保状況を目視観察させ相互の関連性を高めた。その結果、リアルタイムで適切な掘削が可能になった。

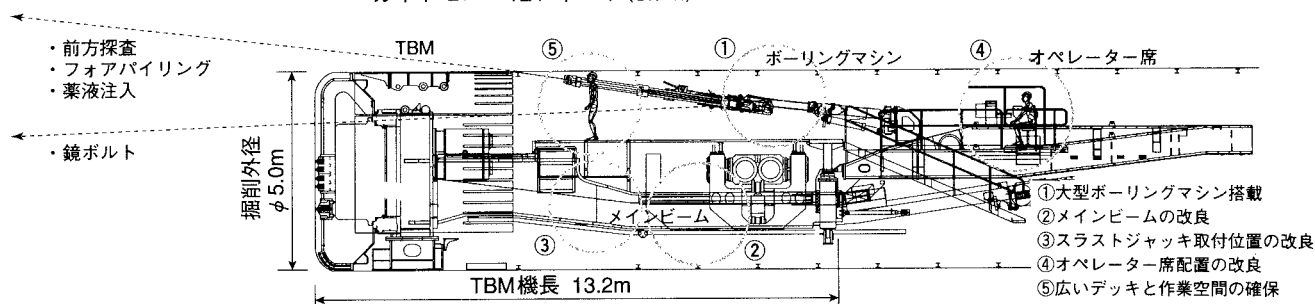
(4) 切羽作業性・安全性を重視したTBM設計＝NATM技術をTBMで可能にする

大型ボーリングマシンの採用、広い作業空間の確保および切羽直近に配置するオペレーター席という要求を満たすために、TBM上部作業デッキおよびデッキ下部側方に大きなスペースを確保することが必要になった。この大きな作業空間の実現するために、メインビームを下げ、スラストジャッキの取付け位置を変えるという新しいTBM構造を採用することとした。

さらに、幅広い地質に対して安定した掘削が行えるように、メイングリッパおよびバッチカルシュアの接地圧を極力低く設定して、軟弱な地山においてもグリッピング不足およびTBM本体の自沈を防止するとともに、カッターヘッドの回転数を可変にして崩壊しやすい切羽においても安定したズリの取り込みができるようにした。



ボーリングマシン主仕様 ロックドリル重量：150kg（タムロック製）
ガイドセル：12フィート（3.7m）



3. 施工実績

この急速施工システムは、第二名神高速道路鈴鹿トンネル工事において採用された。鈴鹿トンネルは、3車線の大断面（約200㎡）であるため、TBM導坑先進拡幅掘削工法によって施工される。地質は、三重県が亀裂の発達した花崗岩であり、滋賀県側が砂岩泥岩、その中間に変成帯・活断層を含むという複雑な構成である。

1999年11月には下り線トンネルにおいて、月進769mを達成し、それまでの国内月進記録を26年ぶりに大幅に更新した。さらに引き続いて施工された鈴鹿トンネル上り線工事においても、2001年6月には、月進886mを達成し、鈴鹿トンネルは、日本におけるTBM高速施工のさきがけとなった。

4. おわりに

鈴鹿トンネルで開発・実用化した急速施工システムは、TBMにおいても前方探査による定量的な地山評価および広い作業空間において補助工法による事前の地山改良を可能にするものである。このシステムによって、地質構成の複雑な日本の山岳トンネルにおいても、TBMの安定した掘進が得られる。

また、本システムの所要コストは、TBMが地質トラブルに遭遇して掘進不可能に陥った場合の対策コストと比較して格段に低い。したがって、トンネル建設コストの縮減に対して、本システムは有効であると考えられる。なお、当システムは、平成12年度土木学会技術開発賞を受賞した。

本報告が、今後のTBMの計画・施工の一助となれば幸いである。