

(財) 高速道路技術センター 建設技術部 正 大窪 克己
日本道路公団 北上工事事務所 磯野 龍昭
(株) 大林組 土木技術本部 正 居相 好信
同 正 笠原 良男

1.はじめに

現在、日本道路公団秋田自動車道の湯田第二トンネルにおいて、径3.5mのフルシールドタイプのTBM (Tunnel Boring Machine) を用いた、導坑先進補助ベンチ付全断面掘削工法の試験施工が実施されている。本稿では、当現場に構築された機械データ類 (スラスト推力、カットトルク、掘進速度、etc.) の収集システムと分析システム (統計、相関、回帰) について紹介する。

2.データ収集、分析の特徴

データ収集、分析の主な目的は ア) TBMなどの機械データから地山評価を行なう、イ) 地山データからTBM制御に関する管理手法を確立する、ウ) 前方予知手法を確立する、であることから、本システムでは以下の特徴を有する。

- ・メイキングリッパを用いた載荷試験を毎ストローク行なう。(MG載荷試験)
- ・機械データは毎秒スキャニングされ、地上の操作盤まで伝送、モニターに描画される。そして、掘進ストローク50mm毎に、瞬時値が収録され、さらに、1ストローク掘進終了後、平均などの集計値が演算され収録される。
- ・坑内の観察調査は5m毎に実施される(地山データ)。
- ・打撃数などの削孔データ収集可能なロータリーパーカッション式先進ボーリングマシンを搭載する。

3.データ収集システム

(1) メイキングリッパ載荷試験

メイキングリッパは、掘進反力を確保するために、掘進開始前に左右坑壁に張出す工程を行っているが、これを平板載荷試験と見做せば、岩盤の変形挙動を調査できることになる。メイキングリッパには、電磁比例弁付きの油圧制御回路と、1/100mm精度のレーザストローク計を左右それぞれ装着した。試験方法は、まず下限接地圧(面圧8.6kg/cm²)にてイニシャライズし、その後5秒毎に3.4kg/cm²づつ上昇させ、上限接地圧(面圧48kg/cm²)まで上昇させる。このときの応力-変位グラフから漸近線を左右別々に求め、その傾きに坑道半径を乗じたものをMG係数と定義した。

(2) フロントグリッパ喰込み試験

MG係数が、TBM後胴周辺の地山性状を表わすのに対し、より切羽に近いところに装着されている4本のフロントグリッパを用いた喰込み試験は、これから掘削する地山の性状を把握する上で実用的な指標として目されている。試験方法は、メイキングリッパ載荷試験同様、下限接地圧にてイニシャライズし、上限接地圧まで上昇させたときの4本のストロークの変化量を測定し、その平均値をFG喰込み量と定義した。本試験は、1ストローク掘進終了後、盛替前に行なう。

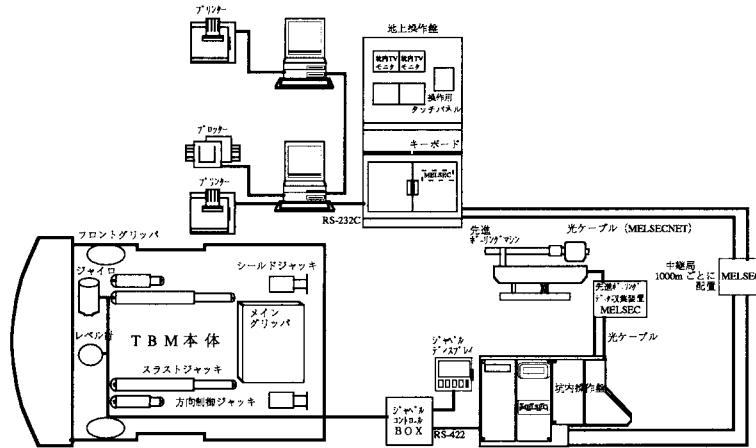
(3) 先進ボーリングマシン

ロータリーパーカッションマシンに装着した各種センサーを用いて、削孔と同時に削孔深度、速度、打撃エネルギー、打撃数、掘進力、トルク、回転数、送水圧、送水量、排水量の10種類のデータを測定する。TBM同様、毎秒スキャニングされ、削孔50mm毎に瞬時値が、100cm毎に平均などの集計値が演算され、収録される。

(4) 全体システム

全体のシステムを、図-1に示す。データの演算処理等には2台のパソコン用いており、内1台は機械データのモニタリングと収録(瞬時値、集計値)、線形管理、掘進管理を行なう。他の1台は、坑内観察調査データ類の入力編集と機械データ集計値の統計分析を行なう。

図-1 湯田TBMデータ管理システム図



(5) データ収集項目

地山データ、TBMデータ、ボーリングデータの主なデータ項目とその定義を表-1に示す。この他にもサイクルタイム、カッター摩耗に関するデータの収集も行っている。

4. データ分析システム

地山データと機械データ(TBMデータ、先進ボーリングデータ)は、それぞれ独自のインターバルを有する。そのため、地山データと機械データ間の対比に際しては、坑内観測測定位置の±2.5m以内のデータについて測定間隔による荷重平均値を採用した。統計分析機能としては単回帰、箱型図、頻度図、変化図などを有し、必要に応じテキスト出力する機能を有している。

5. おわりに

湯田第二トンネルは、4月1日現在、すでにTBM掘進延長1,000mを突破している。発表当日には、データの分析結果といいくつかの知見が発表できる予定である。

表-1 主なデータ項目と定義

	データ項目	単位	データの定義
地山データ	坑壁の自立性 簡易弾性波速度 S H反発値 R Q D 亀裂本数 地山評価点 R M R	カテゴリー km/sec % 本/m J T A 提案の湯田TBM導坑用地山評価方法の暫定案 BieniawskiのR M R法	自立する／肌落ち程度／締付けられる、の3段階で評価 簡易弾性波測定器を用いて測定 岩盤用ショットハンマーを用いて測定 S.L上の所定の1m間の亀裂間隔が10cm以上の合計 S.L上の所定の1m間を横断する亀裂の本数 J T A 提案の湯田TBM導坑用地山評価方法の暫定案 BieniawskiのR M R法
TBMデータ	純掘進時間 スラスト推力 カッタートルク カッター純回転数 純掘進速度 切込み量 M G係数 F G 喰込み量 ボーリングデータ 破壊工具率	sec tonf tonf-m 回 mm/sec mm/回 kgf/cm ² mm kgt/cm ²	実際に掘進している時間(推力が作用している時間) 使用するスラストジャッキの圧力から演算する カッター圧力から演算する 純掘進時間におけるカッター回転数 掘進距離/純掘削時間 掘進距離/カッター純回転数 M G 荷載試験で求められた岩盤の変形係数 F G 荷載試験で求められたF Gの平均喰込み量 (打撃エネルギー×打撃回数)/(前進速度×前孔径)