

ベルコン上の TBM 掘削ズリ形状に着目した地山判定の試み

前田建設工業（株）広島 TBM 作業所 正会員 ○笠松晃次 佐藤芳宣 田邊茂
前田建設工業（株）土木技術部 正会員 森田篤 戸部圭 小熊登 正岡孝浩

1. はじめに

安定した地盤条件で計画される TBM 工法でのトンネル工事では高速施工が求められるが、地質的な要因によるトラブルに見舞われることが少なくない。この原因の一つには、掘進中にリアルタイムで切羽を観ることができないことが挙げられ、対策として、各種マシンデータ分析や掘進に伴い排出される掘削ズリの観察評価によって早期にトラブルの予兆を捉え掘進の可否や補助工法の選定を行う必要がある。しかしながら、掘削ズリの観察は肉眼に頼ることが多く、連続的にリアルタイムで判定するのは難しい。また、掘削ズリはベルコン上を高速で流下するため十分な観察が困難であり、ズリピット等ではすでにズリ状態の変化や評価判断に個人差が出やすいことが想定される。一方で最近のセンシング技術を駆使し施工データをビッグデータ化しながら的確に地山評価を行うことでトラブルを予測・回避できる可能性がある。本紙では、掘削ズリの連続形状計測を行い地山判定する試みを行った結果を報告する。

2. 掘削ズリの形状計測方法

ズリ形状計測機器は、室内実験により精度を確認した上で、取り回しが良く、コスト、データの取扱いやすさ、耐侯性等から手のひらサイズの LiDAR の適用性が高いと判断し選定した。コンパクトなため小断面でも設置しやすいメリットもある。計測対象現場は堅硬な花崗岩が主体で小断層や貫入岩の影響を受けた不良地質が分布している。掘削ズリはベルコン上を約 1m/sec で流下する。当初 LiDAR で得られた点群データを利用し掘削ズリの 3 次元形状分析を行ったものの、連続計測時にはデータ量が膨大で処理時間の増大、データの取扱いにくさが顕在化した。そのためスキャンライン的にデータ収集を行うように改良した。



写真-1 TBM 坑内計測状況

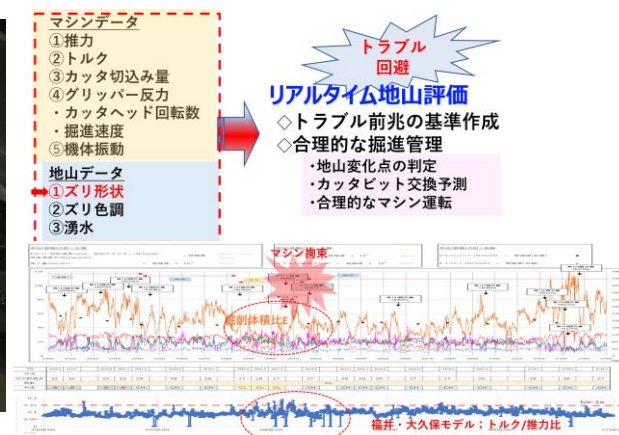


図-1 マシンデータ例と地山評価イメージ

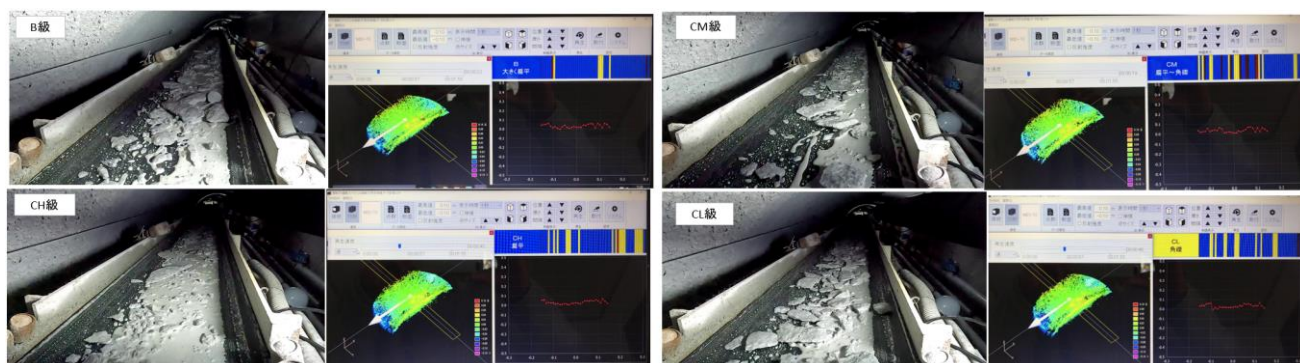


図-2 モニター画面例

キーワード TBM, 掘削ズリ, LiDAR, 扁平度, 地山評価

連絡先 〒181-0012 東京都千代田区富士見 2 丁目 10-2 前田建設工業（株）土木技術部 TEL 03-5276-5166

3. 地山判定方法

判定精度検証の為、ベルコン上を流下するズリ画像も取得し、さらにズリ鋼車で実際のズリ観察、TBM 掘進後の坑壁観察を地質担当者が継続実施するとともに TBM 掘削時のマシンデータも併せて分析を行い、ズリ形状計測を行うことで得られる「扁平度」に着目することで地山判定可能であることを確認した。掘削ズリの扁平度により地山評価する福井ら¹⁾の研究に倣い、LiDAR 計測による地山判定を実施した。その結果の一例を下図に示す。

一般的に地山判定するためには色調や風化変質等の指標が挙げられるが、今回の検討によって点群データの凹凸に着目したズリ形状（以下、扁平度）と地山判定結果について強い相関がみられた。この扁平度指標に基づき、実測データを分析評価した上で表-1 に示す地山判定表を提案した。今後さらなる精度向上のためにはデータの蓄積と併せて判定基準の見直しが必要であるが、本手法によって連続的に地山判定ができ、今後データの蓄積によって地山判定の精度向上とともに不良地質の予兆把握も可能になると思われる。

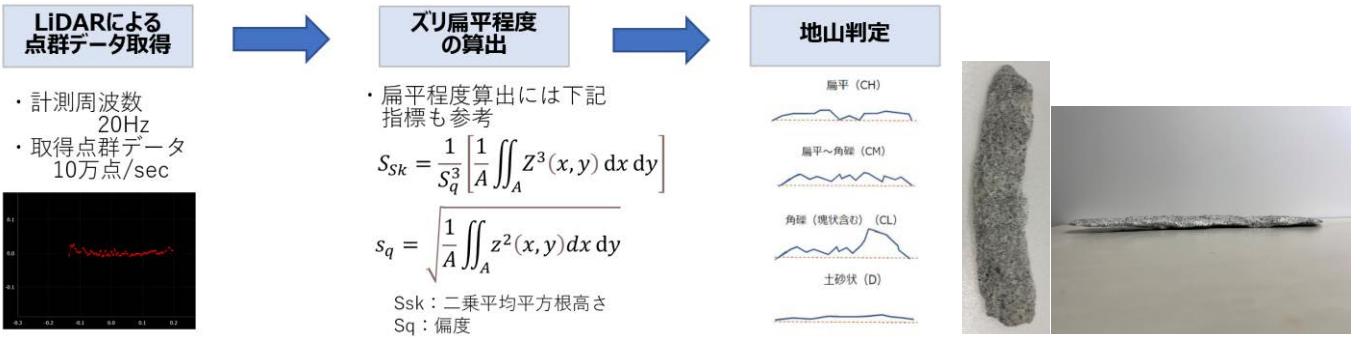


図-3 地山評価フロー

写真-2 ズリ形状の例 (B 級)

表-1 提案する地山判定表

地山等級		B		CH		CM		CL		D	
地山(壁面)の状態・安定性イメージ		長期的にも崩落・肌落ちの恐れのない岩盤		長期的には崩落・肌落ちの危険性があり、掘削天頂部に崩落の危険性がある岩盤		長期的には崩落・肌落ちの危険性があり、部分的に崩落の恐れがある岩盤		掘削中に湧水などにより肌落ちがみられ、長期的には地山の劣化の恐れがある岩盤		壁面の崩落がリング支保工でおさえる事が困難、またはメインリッパ反力が得られない場合、長期的には地圧がかかる岩盤	
掘削ズリ性状観察	形状(扁平度)	大きく扁平	5	扁平	4	扁平～レキ混じり	3	節理面で割れており大塊が混じる	2	土砂状あるいは粘土状	1
	色調	変色していない	5	割れ目沿いに変色している	4	部分的に変色している	3	全体的に変色している	2	著しく変色している	1
	風化変質	新鮮で変質していない	5	新鮮～部分的に多少風化している	4	部分的に風化変質している	3	全体的に風化変質している	2	著しく風化変質している	1

4. おわりに

ベルコン上を流れる掘削ズリを肉眼観察する場合、掘削中に表れていた不良地山出現の兆候・傾向を見逃している可能性がある。従来のように地質担当者が肉眼観察し蓄積してきた断片的なズリ観察データを機械により計測評価した連続的なズリ観察データに置き換え、マシンデータと坑壁観察を含めた高精度の地山評価(岩級判定および掘進可否判断)をすることでTBMの高速施工が可能となると思われる。

参考文献

1) 福井勝則,大久保誠介ら, TBM 掘削ずりに関する研究, 資源・素材学会講演集, B1-1, 1998