

TBM掘削時のずり重量変化に着目した地山評価手法

鹿島技術研究所 正会員 ○ 稲生 道裕
 鹿島技術研究所 正会員 山本 拓治
 鹿島建設（株） 下寺 信一

1. はじめに

近年、山岳トンネルの掘削においてTBMが採用される例が増大し、大断面道路トンネルの頂設導坑をTBMで掘削する方式が普及しつつある。このTBMを用いた掘削では、切羽が機械でふさがれているため、切羽観察が容易ではなく、切羽前方の地質状況の予測や切羽・側壁の地質状況の把握が重要となる。

このようなTBMの掘削により発生したずりは、多くの切羽地質情報を含んでいると考えられる。すなわち、地質不良部における掘削では、崩壊・崩落した岩盤がずりとしてカッターヘッドから大量に取りこまれるため、進行速度に対しずり量は急激に増大し、ずり形状は不均一となる。

筆者らはこの特性を利用し、ずり重量を計測することによって地山を評価するシステムを開発し、適用試験¹⁾を実施してきたが、今回は既に掘削が終了したトンネルのずり重量データとTBM坑内の地質データを比較することによって、ずり重量の変化による地山評価の有効性を検証したので、その結果を報告する。

2. ずり重量による地山評価システムの概要

本システムは、TBMカッターヘッドに取り込まれるずりの重量を常時監視することにより、崩壊・崩落の規模が大きくなる前にその兆候を把握することを目的とする。図—1に示すように、ずりを輸送するベルトコンベヤ（ベルコン）の下に秤量コントローラーを設置してずり重量を経時的に測定し、同時にベルコンのリターン側にパルスゼネレータを設置して、ベルトの移動速度を計測する。データは1時間当たりのずり重量（ton）として求められる。

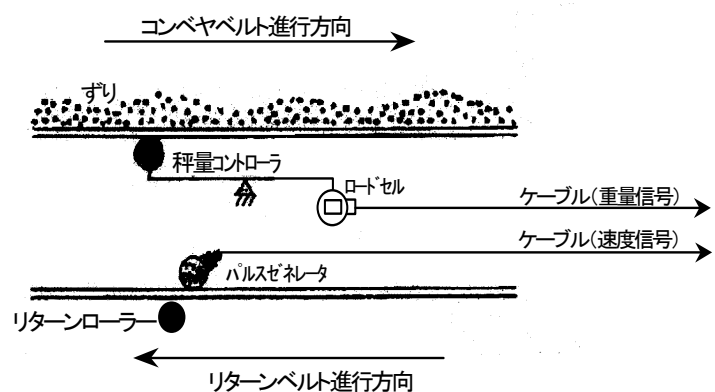
本システムは、既に我々が開発し現場に適用している『TBM掘削管理システム』²⁾のサブシステムを構成するものであり、他の地山情報や機械データと合わせて、総合的に地山を評価するものである。

3. ずり重量データの分析結果

TBMで掘削し、時間ごとのずり重量データが得られているトンネルで、坑内を再度詳細に地質観察し、地質状況との対応を分析した。

このトンネルの地質は花崗岩で、大部分は新鮮な岩盤である。岩盤等級別の割合も、B級が61%、CH級が14%を占め、CM級以下は25%で、大規模な破碎帯は見られない。

ずり重量データ（ton/hour）は、TBMのストローク（1～1.5m程度）ごとに得られ



図—1 システムの概要

キーワード 山岳トンネル, TBM, ずり, ベルコン, 地質評価

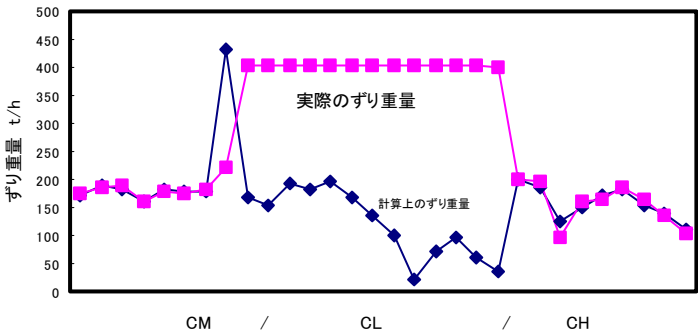
連絡先 〒182 - 0036 東京都調布市飛田給 2 - 19 - 1 TEL(0424)89-7081 FAX(0424)89-7083

ているので、これを岩盤等級別に区分し、表—1 に示すように平均と標準偏差を求めた。ばらつきは大きいものの、地質が不良になるにつれ、ずり重量値が増大する傾向が見られる。特に、B 級と CH 級の間で大きな差が見られた。これは、B 級では TBM でほとんど切削のみになるのに対し、CH 級では節理沿いに割れてくるものもずりとして取り込まれるためと考えられる。

以上のように、本システムで求められた時間当りのずり重量と岩盤等級とは、ほぼ対応していることがわかったが、かなりばらつきが大きかった。これは、岩盤等級はトンネル内を数mから数十mの単位で区分しているのに対し、ずり重量値はより小区間の岩盤状況を反映しているからと考えられる。ずり重量が一つ前のストロークと比べて増加した箇所を取り上げ、地質観察結果からその原因を分析した。増加量(閾値) については、40、50、60t/h とした。このうち岩盤等級が悪化した箇所の例を図—2 に示す。掘削速度と掘削径から計算できるずり重量と実際の量を比較して示してある。CM 級では計算上と実際のずり重量には、ほとんど差がないが、CL 級になった箇所 で急激にずり重量が増大し、計算上との差

表—1 岩盤等級別ずり重量

岩盤等級	平均	標準偏差	データ数
D	128.1	46.7	6
CL	116.4	39.1	88
CM	114	53.4	238
CH	108.6	33.3	800
B	65.4	28.2	190



図—2 岩盤等級とずり重量の変化の例

も開いて(余掘りが大きくなって) いるのがわかる。

ずり重量値の増加箇所はこの他に、表—2 に示すように、ごく部分的な破碎部、節理の密集部、さらに岩級は CH 級だが節理が交差しブロックとして抜けやすい箇所がこれに相当することが判明した。閾値を小さくする程、より小さい地質状況の悪化を捕らえている。今回分析を行ったトンネルは比較的良好な岩盤状況であったため、ずり重量値の増加は前述した箇所が主であったが、さらに岩盤状況が悪い場合は、断層破碎帯や軟弱部でずり重量がさらに急激に増加することが予想される。

表—2 ずり重量増加箇所の原因

増加の原因 \ 閾値	箇所数		
	40 t/h	50 t/h	60 t/h
節理交差部	32	21	12
節理密集部	7	5	3
局所的破碎部	8	4	3
岩盤等級悪化	6	4	2

4. おわりに

以上のように、本システムによって求められた時間当りのずり重量は、岩盤等級とほぼ対応するとともに、この値の増加は何らかの地質状況の悪化を示していることがわかった。

今後は、さらに数多くの TBM 掘削現場で適用し、ずり重量と岩盤等級との対応、地質悪化を示すずり重量増加の閾値等について、さらに検討を進めていきたい。

【参考文献】 1) 稻生,三浦,山本,黒沼,田中:TBM 掘削ずりによる地山評価手法の開発,第 55 回土木学会年次学術講演会, - B 58, (2000)
2) 白鷺,山本,稻生,西岡: 地山情報を重視した TBM 掘削管理システムの開発と適用事例,第 30 回土木学会岩盤力学シンポジウム,p298-302 ,(2000)