

奥村組技術研究所 正会員 篠原 茂
奥村組本社土木部 正会員 中山隆義
奥村組阿南工事所 正会員 鎌野 等
奥村組阿南工事所 岡村次郎

1. まえがき

TBMでは機械の前面が隔壁によって閉鎖されているため、掘削時の切羽の地山状況やカッター・ビットの状況を直接観察することができない。そのため、自立性の低い地山では機械通過後の崩落が生じたり、ビットの片磨耗や回転異常などへの対応の遅れなどにより施工に影響を及ぼすことがある。

掘削時の地山の硬軟の判定には、掘削時の機械データ（掘進速度、ジャッキ推力、カッター電流）が用いられ、自立性の低い地山では機械通過後の崩落が生じたり、ビットの片磨耗や回転異常などへの対応の遅れなどにより施工に影響を及ぼすことがある。今回、TBM掘削時の機械振動を測定した結果、自立性の良い地山と悪い地山では振動の大きさの出現状況に差があることが判明した。

2. 工事概要

(1) 施工概要

本トンネルは、徳島県阿南市に建設された地中電線用トンネルで、延長約1.7kmをTBMで掘削した。使用したTBMは開放型で、掘削径は3.3m、ディスク・カッターの数は22個、回転数は毎分8.3回転である。

(2) 地質概要

構成する地質は、中生代白亜紀の四万十帯に属する砂岩、頁岩およびそれらの互層からなり、砂岩は茶褐色に風化変質したものから、暗青灰色の新鮮で硬質なものまで分布し、頁岩は暗灰の砂質頁岩および黒色の頁岩からなり、砂質頁岩は塊状で比較的硬質であるが、黒色の頁岩は剥離しやすい状況であった。

3. TBM機械振動

(1) 発生の要因

TBM掘削時に発生する振動の要因としては、図-1に示すように、

- ① TBMの形状や運転条件に関連するもの、
- ② カッター・ビットに関連するもの、
- ③ 岩盤の状態に関連するもの

が考えられる。振動の結果にはこれらの要因が含まれていると考えられる。

(2) 測定方法

測定には圧電型加速度計を用い、図-2に示すようにTBMのカッター・ヘッド隔壁の左上に固定し、後続の台車に取り付けた直流アンプで増幅し、事務所に設置したデータレコーダに波形を収録した。TBMの1サイクル（1.1m）当たりの掘削時間は30分前後であり、その間の5～15分間測定を行った。測定は約100ヶ所の区間で行った。

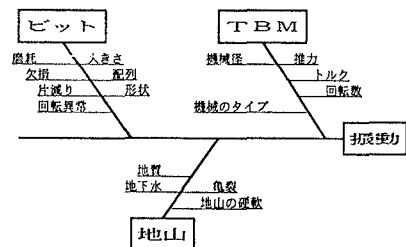


図-1 振動に影響を及ぼす要因

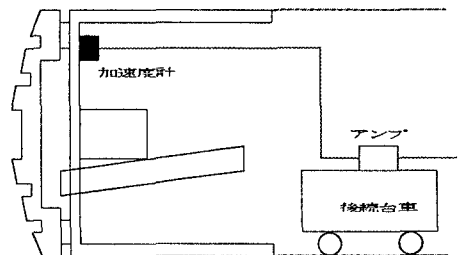


図-2 測定の概要

キーワード：TBM、振動、地山判定

連絡先：〒300-26 つくば市大字大砂387 TEL 0298-65-1521 FAX 0298-65-1522

4. 測定結果および考察

(1) 振動測定結果

振動測定結果の波形の一例を図－3、4に示す。これらは、30秒間の波形で、図－3は無支保の区間での測定波形、図－4は天端付近からの岩塊の崩落があり、リング支保工を0.5mピッチで設置した区間での測定波形である。これによると、図－3では比較的同じ大きさの振動が継続的に続いているが、図－4では大きな振動が間欠的に現れている。

(2) 切羽の安定性の分類

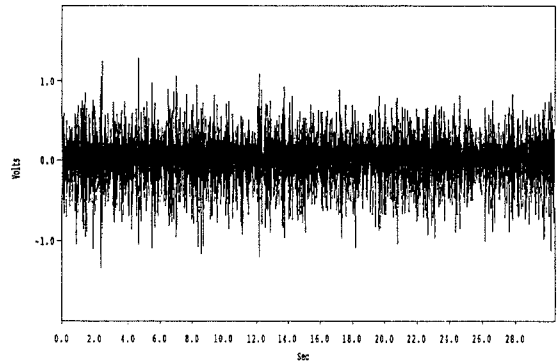
振動測定区間の岩盤の安定性を、a：無支保、b：部分吹付け、c：全面吹付け（崩落箇所なし）、d：支保工（1mピッチ）又は全面吹付け（崩落箇所あり）、e：支保工（0.5mピッチ）又は全面吹付け（崩落箇所あり）の5段階に分類した。前述の図－3の測定区間は安定な岩盤aに相当し、図－4は不安定な岩盤eに相当する。

(3) 考察

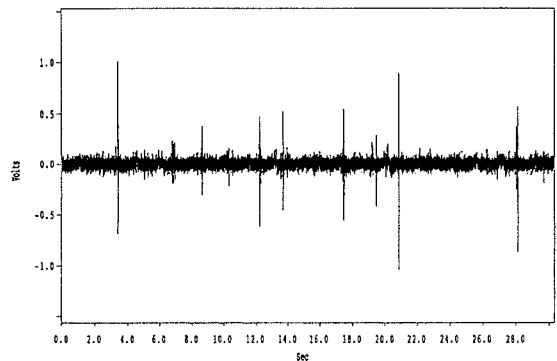
地山が安定（自立）していれば、大半のディスク・カッターは壁面に接触した状態で掘削が行われるので、図－3に示したような振動の大きさの変動が少ない波形となる。一方、地山が掘削時点ですでに崩落を起こし始めているような不安定な状態では、ディスク・カッターの壁面への接触状況にばらつきが生じるため図－4に示したような振動の大きさの変動が大きい波形になるものと思われる。振動の大きさの変動の程度を変動係数で表し、測定した地山の安定度との関係を図－5に示す。これによると地山が安定なaとbの区間の変動係数と地山が不安定なeとdの区間の変動係数との間には差があることが明らかとなった。このことから、掘削中の振動測定の結果から地山の安定性を評価できるものと思われる。

5. あとがき

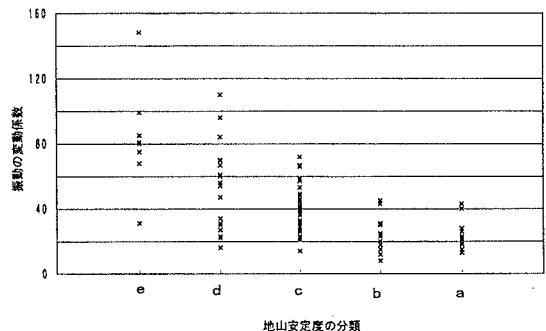
TBM掘削では、悪質な地山状況下でのトラブルを少なくするためには、切羽の状況をすばやく判断し、それに基づいて支保の有無や軽重を直ちに決定できるような評価手法を開発する必要があるが、今回の測定によりその目途を得ることができた。今後、この手法を実際の施工システムの中に組み入れ現場適用を図って行きたい。



図－3 測定波形の一例



図－4 測定波形の一例



図－5 振動の変動係数と地山安定度との関係