

高周波サンプリング削孔検層システムを用いたトンネル切羽前方探査

(株)奥村組 技術研究所 正会員 ○塚本 耕治
 (株)奥村組 技術研究所 正会員 今泉 和俊

1. はじめに

山岳トンネルの施工段階に行う切羽前方探査の一つとして、油圧削岩機の油圧データや削孔速度などの削孔データを計測、解析し、削孔した範囲の地山状況を予測する削孔検層法がある。しかし、一般的な削孔検層法では、サンプリング周波数が1~数10Hz程度であり、削孔速度が大きい脆弱な地山の位置や硬軟の程度を精度よく把握することが困難である。このようなことから切羽前方の地質変化を高い分解能かつリアルタイムに評価できる削孔検層システムを開発し、多くのトンネル現場に適用してきた。本稿では開発した高周波サンプリング削孔検層システムの概要および適用事例について報告する。

2. 削孔検層システムの概要

(1) システムの構成

本システムは、**図-1**のように油圧削岩機（ドリルジャンボ）に設置する各種センサーおよび中継ボックス、削孔検層時の計測データを表示、記録するパソコンおよびそれらを接続するケーブル類などから構成される。

(2) 削孔データの計測処理方法

油圧削岩機の削孔データのうち、打撃圧、回転圧、フィード圧などの油圧データを油圧回路に設置した油圧センサーにより計測する。また、削孔長を流量センサーにより計測する。削孔データの計測処理方法を**図-2**に示す。計測を開始すると、各センサーの値を2kHzでサンプリングし、AD変換してバッファに取り込む。バッファの削孔データをパソコンのハードディスクに記録すると同時に削孔データから地山評価の計算処理を逐次行い、削孔深度方向の結果に変換してパソコン画面上に表示する。

(3) 地山評価方法

地山状態の評価では、式(1)に示す単位掘削体積あたりの削孔エネルギー E_v に削孔断面積、打撃圧、フィード圧、削孔長の影響を削孔エネルギー補正係数Cで考慮した削孔エネルギー E_d を用いて行う。なお、削孔エネルギー補正係数の具体的な内容については、紙面の都合から省略する。

$$E_d = C E_v = C \frac{E_k N}{a_s V} \quad (1)$$

ただし、 E_d ：削孔エネルギー(J/cm³)、C：削孔エネルギー補正係数、 E_k ：一打撃の基準打撃エネルギー(J/回)、N：打撃回数(回/s)、 a_s ：削孔断面積(cm²)、V：削孔速度(cm/s)

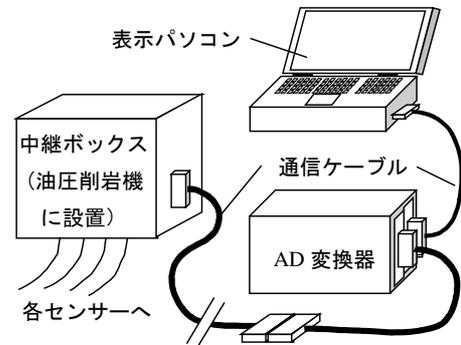


図-1 システム構成

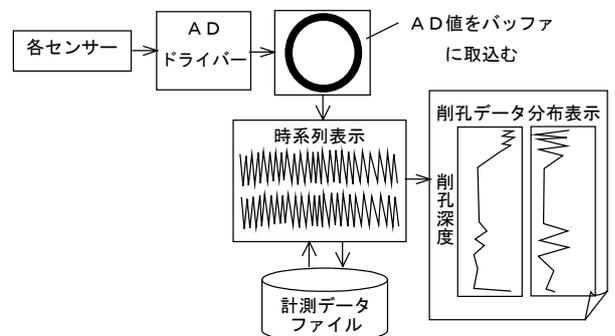


図-2 削孔データの計測処理方法

表-1 実施した切羽位置の地質状況と内容

項目	Aトンネル	Bトンネル
岩質	<ul style="list-style-type: none"> 花崗閃緑岩が主体である ポイントロードによる岩石強度は90~120MPaであり、比較的堅硬である 亀裂は少ない 	<ul style="list-style-type: none"> 泥質片岩が主体であるが、一部に脆弱な黒色片岩（掘削すると土砂化）が介在する
岩級	C I	D II, D I, C II
実施内容	<ul style="list-style-type: none"> 切羽左側から上向き5°で削孔する 削孔長は20m 	<ul style="list-style-type: none"> 同一切羽で左右2ヶ所から上向き5°で削孔する それぞれの削孔長は42m

キーワード 切羽前方探査, 削孔検層, 削孔エネルギー, 高周波サンプリング, リアルタイム

連絡先 〒300-2612 茨城県つくば市大砂387 (株)奥村組 技術研究所 TEL029-865-1779

3. トンネル切羽前方探査事例

高周波サンプリング削孔検層システムの適用事例として、表-1 に示す岩質が異なる2ヶ所のトンネルの結果について報告する。

(1) Aトンネル

トンネル切羽の地山は花崗閃緑岩を主体とし比較的堅硬であり、事前調査による岩級区分はC Iとされていた。トンネル切羽の左側から削孔長 20m の削孔検層を行った。

削孔検層の結果と実際の地山状況を比較検証するため、削孔検層後のボーリング孔に CCD カメラを挿入し、孔壁の状態を撮影した。削孔深度 16~20m 範囲における孔壁の展開画像と削孔エネルギーを対比した結果を図-3 に示す。削孔エネルギーは概ね 400~800J/cm³ の範囲にあるが、亀裂 1~亀裂 4 のある深度では 200~300J/cm³ 程度になる。亀裂の存在によって岩盤を破碎しやすくなり、削孔エネルギーが小さくなったと考えられる。以上から、硬岩地山の亀裂位置や分布を把握することができた。

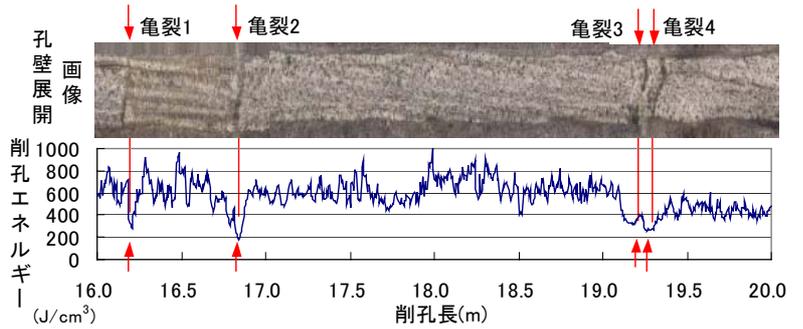


図-3 削孔エネルギーと亀裂の関係 (Aトンネル)

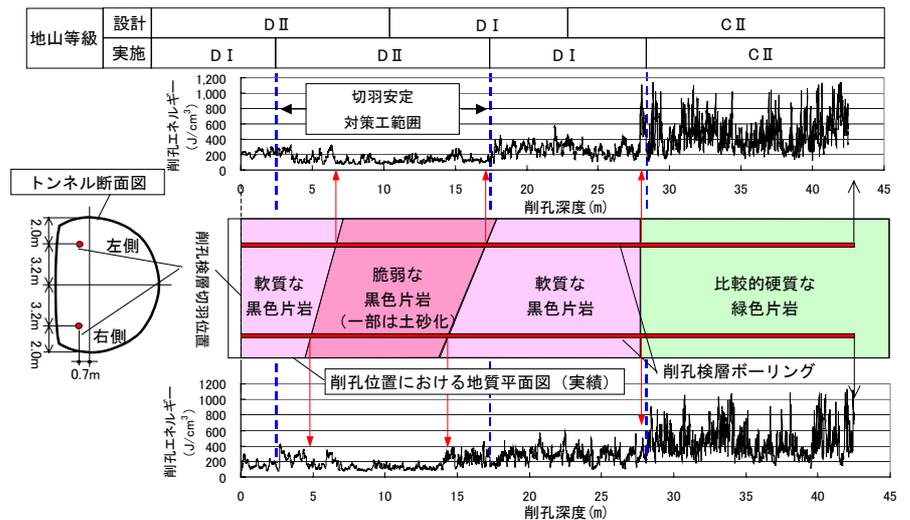


図-4 削孔エネルギーと実際の地山状況の関係 (Bトンネル)

(2) Bトンネル

削孔検層を行ったトンネル切羽の地山は泥質片岩が主体であり、事前調査による岩級区分ではD IIとされていたが、実際の地山はD Iであった。トンネル切羽の左右2ヶ所から削孔長 42m の削孔検層を行った。削孔検層による削孔エネルギーと施工中に観察した実際の地質状況を対比した結果を図-4 に示す。右側の削孔エネルギーのピークが 400J/cm³ 程度から 200J/cm³ 程度になる削孔深度 5m 付近、200J/cm³ 程度から 400J/cm³ 程度になる 14.5m 付近、400J/cm³ 程度から 800J/cm³ 程度になる 27.5m 付近では実際の地山状態も変化した。また、左側の削孔検層についても削孔エネルギーの大きさと地山状態の関係は同様の結果になった。削孔深度 5~17.5m の範囲は削孔エネルギーが概ね 100~300J/cm³ であり、D II の地山等級に相当する脆弱な地山の出現が当初の設計より切羽前方側 8m 程度の位置に予測され、削孔エネルギーの大きさと地山の硬軟の程度が比較的よく一致していることがわかる。以上から、削孔検層システムの実施により切羽前方の削孔エネルギーの変化を詳細に把握し、地山状態を精度よく予測することで安全かつ適正な施工管理を実施することができた。

4. おわりに

トンネル切羽前方の地山調査に高周波サンプリング削孔検層システムを適用し、得られた切羽前方の削孔エネルギーから地山の硬軟の程度や亀裂の分布などを精度よく予測できることを確認した。今後、削孔削孔検層の削孔エネルギーから岩盤強度を推定できる解析方法を確立したいと考えている。

参考文献

1) トンネル工事用機械ハンドブック上巻, (社) 日本トンネル技術協会, p.8, 1978