

速度検層による切羽前方探査の適用例

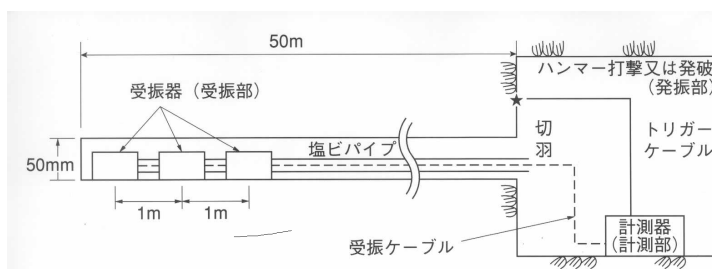
鹿島技術研究所 正会員 ○稲生 道裕、正会員 山本 拓治
JH 関西支社 鈴木 正範 鹿島建設 正会員 元田 和章

1. はじめに

山岳トンネルにおいては、地質状況を把握するのに事前地質調査だけでは不十分で、施工中の調査により切羽前方の地質状況を把握することが重要である。筆者らは、その一手法として、ドリルジャンボによるボーリング孔を用い、簡易な速度検層を行って、切羽前方の地質状況を予測する「速度検層システム」を開発し、いくつかのトンネルで適用してきた。ここではその適用例と、他のデータとの相関性について報告する。

2. 速度検層の概要

測定方法の概要を図—1に示す。切羽から水平にドリルジャンボにより50m程度削孔した孔を利用し、その孔奥に塩ビパイプの先端につけた受振器(1m間隔で3連)を挿入し、受振ケーブル、トリガーケーブルと計測器を接続する。次に、測定孔から50cm～1m程度離れた切羽をハンマー打撃または発破により起振し、振動波形を記録する。



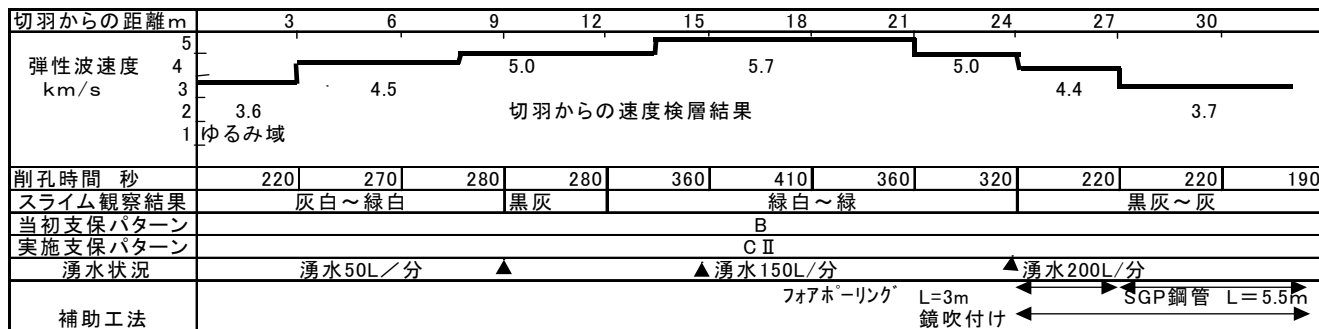
図—1 測定方法の概要

受振器を順次引き出しながら、起振・波形記録の操作を繰り返し、受振器が測定孔の口元に出てきたら測定を終了する。解析は、専用ソフトを用いて行い、最終結果は切羽の距離による弾性波速度（P波）分布として表示される。

3. トンネルへの適用例

今回適用したトンネルは、JH 東九州自動車道九六位トンネルで、全長2281mのうち、約720m（1回32m×23回）で速度検層を実施した。地質は結晶片岩（緑色片岩・泥質片岩）で、硬質ではあるが、軟弱な部分では切羽や天端の崩落を引き起こし、その予測のためには、切羽前方探査としての速度検層は重要であった。

図—2に、速度検層の測定結果の例を示す。事前調査の弾性波速度では、5km/s程度の高い弾性波速度を示していたので、地山分類はBと判定されていたが、速度検層の結果、3ないし4km/s台の値が出たので、地山分類Cの支保パターンで掘削を行った。また、切羽から20m以奥は速度がかなり低下しているので、補助工法の必要性を予測していたところ、その箇所で集中湧水とともに抜け落ちが発生し、切羽の自立が困難となったので、フォアポーリング（L=3m）と鏡吹付けで対応した。27mより奥はさらに速度が低下しており、L=3mの



図—2 速度検層の測定結果の例

キーワード 山岳トンネル、切羽前方探査、速度検層、弾性波速度、地山分類

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

フォアポーリングでは長さ・剛性に問題があったので、SGP 鋼管（ $L = 5.5\text{m}$ ）による先受けを実施した。このように弾性波速度分布が得られているので、迅速かつ適切な補助工法で対応することができた。

4. 他のデータとの関係

このトンネルでは、延長 720m にわたって測定を行っており、削孔データ、計測データ（天端沈下・内空変位）地山分類と弾性波速度との関連の検討を行った。

まず地山分類と弾性波速度の関係であるが、その地山分類で測定された弾性波速度を出現距離に応じて加重平均して、平均値を求めた結果を図—3 に示す。岩盤状況の良い C から悪い D にかけて、対応した弾性波速度が得られている。硬岩の速度値としても妥当な値である。

次に、速度検層用の孔を削孔するときの削孔データ（3m 削孔するのに要する時間）と弾性波速度との相関を求めたところ、図—4 に示すように良い相関が得られた。既に筆者らは、削孔データから「破壊エネルギー係数」を求めて地山評価を行う削孔検層を開発し、多数の現場で適用しているが、弾性波速度と削孔データの相関を求めておけば、全線速度検層を行わなくても、より簡易な削孔検層を行えばよいことを示している。

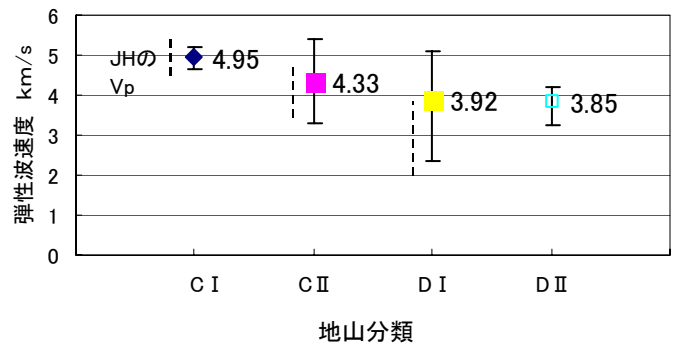
さらに、計測データ（天端沈下・内空変位の初期変位速度）と弾性波速度との関係は、弾性波速度が数m 区間であるのに対し、計測データは地点でのデータであるために、相関性は良くなかった。また計測データと地山分類との関係は、図—5 に示すように、地山分類に応じて、地質状況が悪いほど内空変位・天端沈下の初期変位速度が大きいという傾向がはっきりと出ている。

5. おわりに

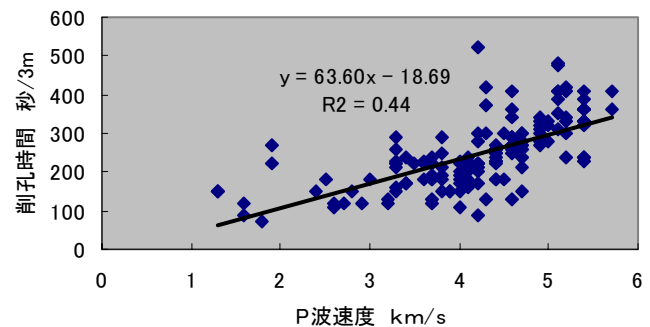
今回適用した「切羽前方探査としての速度検層」は、迅速に切羽前方 50m 程度までの弾性波速度分布が得られ、弾性波速度と地山分類との対応も良いので、支保パターンの変更や補助工法の適用に対する的確な判断材料になることがわかった。速度検層の測定は、現場の休日や作業開始前に、1～2 週間に 1 回の割合で工事の進行に合わせて行うことが可能である。（切羽前方 50m の検層は、ドリルジャンボによる削孔 2 時間、測定 1 時間、解析 1 時間の計 4 時間程度で可能）さらに、測定から解析までパソコンによりシステム化されており、現場技術者 2 名で測定・解析を行うことができる。

速度検層により得られた弾性波速度は、削孔データとの対応も良く、弾性波速度と削孔データとの相関を求めておけば、切羽前方探査のためには必要な部分だけ速度検層を行い、他の部分はより簡易な削孔検層を行えばよいこともわかった。

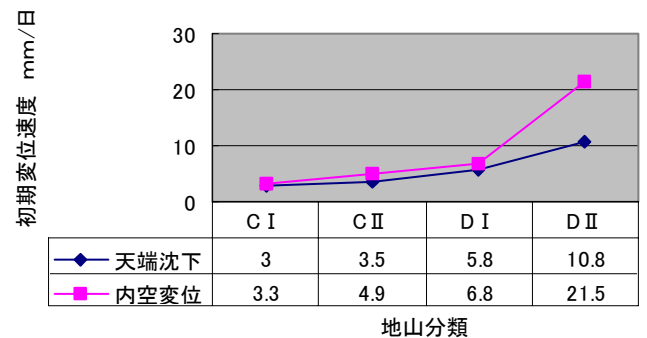
今後とも、速度検層を種々の岩質のトンネルで適用し、切羽前方の地質予測に役立てていく予定である。



図—3 地山分類と弾性波速度



図—4 弾性波速度と削孔時間



図—5 地山分類と計測データ