切羽前方探査（DRISS・TSP 探査）結果のトンネル現場での活用法について

大成建設（株）　関西支店　椿坂トンネル作業所　正会員　○三谷一貴
大成建設（株）　関西支店　椿坂トンネル作業所　正会員　友野雄士

１．概要

国道 365 号椿坂トンネルは滋賀県長浜市余呉町の椿坂峠を避けるバイパストンネルとして計画された．本トンネルはトンネル軸線が，活断層である柳ケ瀬断層に平行に近接して計画されているため，特に断層に近接している両坑口付近ではその影響を大幅に受け，破砕帯の出現が想定された（図 1）．詳細設計の結果からも 7 箇所の破砕帯が想定されていたため，設計では注入式フォアポーリングによる補助工法が計画されていた．実際の施工においては，技術提案として，DRISS と TSP 探査による前方探査を実施した．本論文では，上記 2 つの前方探査法を紹介するとともに，トンネル現場で実際に行ってきた活用方法について述べる．

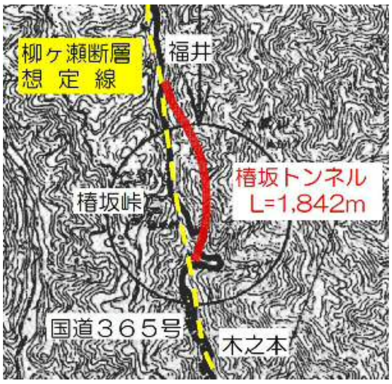

図 1　椿坂トンネル位置図

２．DRISS と TSP 探査

2. 1　DRISS

DRISS は，削孔に要するエネルギーから前方の岩状態を推測する方法である．工事に使用するドリルジャンボを用いることで準備を含めたすべての作業を短時間に行うことが可能である（図 2）．

原理的にはジャンボの削岩機に取り付けられた油圧センサーにより打撃数・打撃圧・フィード圧・削孔速度から削孔エネルギーを算出するものであり（図 3），より硬質な岩を削孔する際に，削孔エネルギーは大きくなり，軟質な岩だと削孔エネルギーは小さくなる．

長所としては，掘削サイクルの中でロスを少なく実施することができ，データ抽出も容易であるため，実施してから，ただちに施工に反映することが可能である．短所として，粘土層のような粘性の大きな層が介在すると，実際に掘削をする際の地山より，硬質な岩と算出されるときがある．さらに，解析結果のグラフからは，湧水発生箇所の特定は困難であり，実際の現場での活用は難しい．

ジャンボの削岩機を使用するため，孔曲りをすると実際に掘削する切羽とは別の箇所の測定をしている場合もある．軟質な岩で破砕の程度が大きい場合，孔壁そのものが自立困難となり，測定そのものが不可能な場合もある．

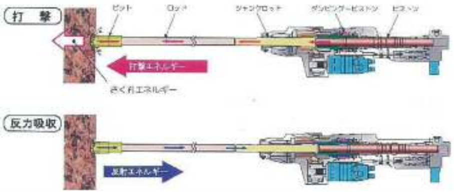

図 2　DRISS 測定方法

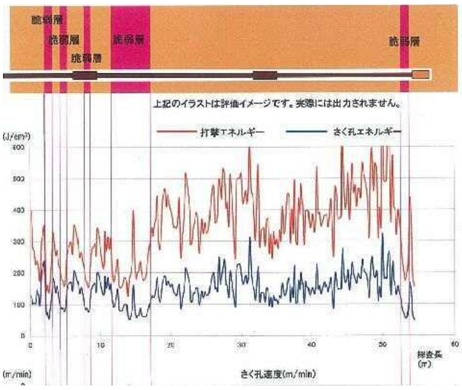

図 3　DRISS 測定結果（例）

2. 2　TSP 探査

TSP 探査は小規模な発破による弾性波により，切羽前方の地質状態を明らかにする方法である．切羽付近から坑口側に向かって左右の側壁内に発信孔を複数設置し，発破点とし，最も坑口側に位置する孔に受信機を設置する．発破点において，切羽側から順次発破を行い，発生する弾性波を受信機にて観測する（図 4）．観測データを解析することで地山内の反射面と弾性波速度を把握することができる．長所

キーワード：切羽前方探査，DRISS，TSP 探査，山岳トンネル
連絡先：〒542-0081　大阪市中央区南船場 1-14-10　大成建設㈱　関西支店土木部　TEL:06-6265-4600

してはDRISSでは地山の硬軟しかわからないが，TSP探査ではP波・S波の性質の違いにより，湧水箇所・岩の状態（風化の進み具合・粘土化の状態・潜在的な亀裂の有無）がわかる．さらに，DRISSでは探査面積が削孔径の範囲のみであるが，TSP探査ではトンネル断面より大きな範囲で捉えることができる．短所としては，探査の際，振動を感知するシステム構成のため，掘削作業と同時に実施することができない．また，DRISSに比べて1回あたりの実施金額が高額（2000円/m程度）になる．

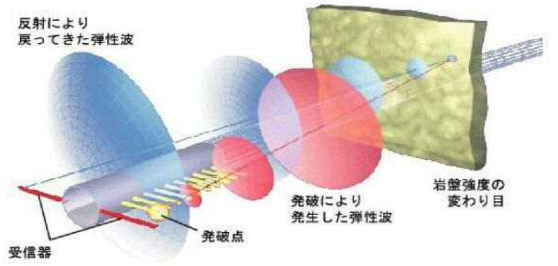

図4　TSP探査実験概要

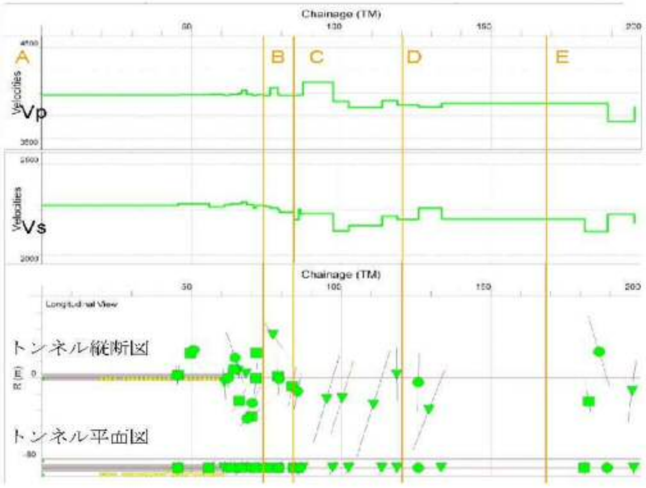

図5　TSP探査　結果（例）

3．トンネル現場での活用例

3．1　TSP探査結果データ出力

通常のTSP探査のデータ出力は，探査範囲内の上位20位内の強度をもつ弾性波についてのみ行っている（図5）．しかし，この出力方式では現場での活用，すなわち，切羽1基毎の挙動を推測するには不十分であった．そこで，小さな強度しかない弾性波も出力できるように上位90位までの弾性波を出力するようにした．

3．2　TSP探査結果について

現在の切羽状況のうち，①湧水の程度②破砕されている程度（マッシブ程度）③岩石としての硬さについて，評価を行い，そのときのTSP探査結果であるP波，S波について，その位置でどの程度の値なのか，またその値に対して，次の切羽位置ではどんな値になっているのか，相対的に評価することで，切羽状況は推測可能であった．よって，安全かつ適正な支保パターンを選択することが可能である．

この活用法では，湧水が想定される結果であれば，事前に水替え用のポンプと排水系統を整備することが可能であるし，岩そのものは堅いのにP波の値が低くなれば，破砕の程度が大きくなると推測できる．

4．現場での実例

8/22　1389基の掘削中に，切羽が大量の湧水とともに5m先より20m3崩落した．この現象については8/18の切羽状況より，当該位置において地山状況が悪化し，崩落の危険性があると予測できていた．これは，8/18の切羽1377-1381基の状況と，図6に示すように，S波には，その先あまり変化がなく，P波が1389基の5m先において，3.85km/sから3.30km/sへと，大幅に減少するTSPの結果とを合わせて判断したためである．

5．まとめ

P波速度が大幅に減少する（▲0．55km/s）箇所において，地山崩落が起きたが，これはTSP探査により予測できていた．

本トンネルのように破砕帯があり，DRISSでの地山前方予測が困難でも，TSP探査による出力結果の工夫により，破砕帯を予測することができた．

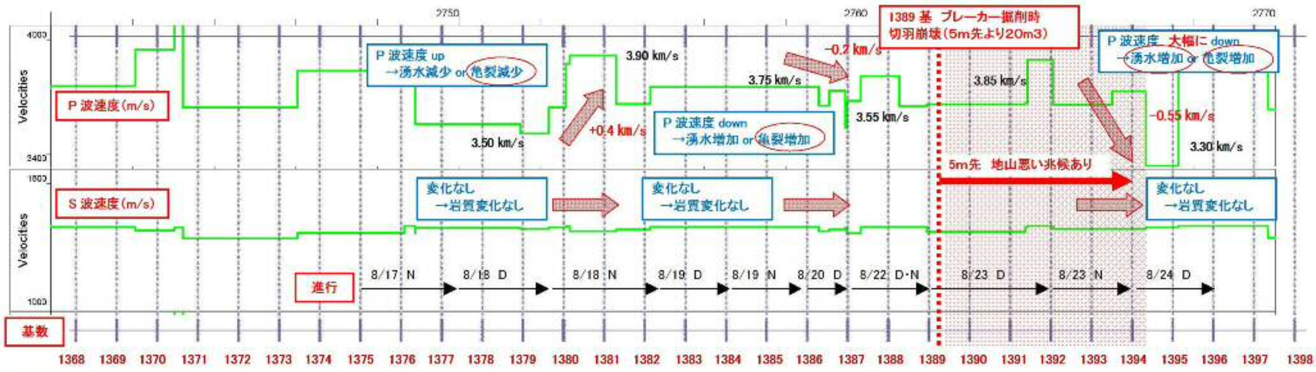

図6　TSP探査結果　現場活用事例