

小断面トンネルの前方地質探査技術の紹介

TBM導入による山岳トンネル掘削をふまえて

Introduction of Survey Technology of Rock Geology Prediction for Small-cross Section Tunnel Boring Mountain Tunnel Boring by Introduction of TBM

(土木建築部水力開発G)

トンネル前方の地質を簡単に把握する一方法として、TSP(Tunnel Seismic Prediction)システムを用いた探査手法を紹介する。これは弾性波探査の原理を利用して、発破振動の反射波を解析し、地層の変化や破砕帯の有無などを前方100～150mの範囲にわたって探査する技術である。

TBM(Tunnel Boring Machine)による小断面の導水路トンネルの掘削工事において、TBMの進行に伴う突発的事態を予測し、事前にその対策を構じるのが目的であり今回そのTSP探査方法の実用性を把握するために実施した結果を報告する。

1 探査技術の背景

トンネル掘削において、前方の地質の把握方法は色々あるが、中小水力発電所の導水路トンネルでは、実際には工程等に左右され、採用することは難しい状態にあった。

TSPシステムは、最近、スイスから導入された技術で、他の物理探査手法と比較して、簡単かつ短期にTBMトンネルの前方の構造を探査できる。

この探査方法では、第1図のように坑内側壁に多数の発信点と1つの受信点を設ける。側壁から発信した波は、断層破砕帯に到達すると波動エネルギーの一部が反射し、受信センサーによりその反射波が検知される。順次、20数個の発信点からの波を記録し、その到達時間や振幅を分析する。掘削面前方に着目して、受信センサーおよび波形処理上で指向性を持たせてあるので、

(Civil Engineering Department, Hydraulic Power Development Group)

Here we introduce a survey method using a Tunnel Seismic Prediction (TSP) system as one method to easily grasp the rock geology in front of where the tunnel will be bored. This is the technology to analyze the reflected waves of blasting vibrations through the use of the principle of elastic wave surveying, and surveying the changes in ground layers and the presence or absence of a crushing band in a range 100 to 150m ahead of current position.

In order to forecast unexpected conditions along with the progress of the Tunnel Boring Machine (TBM) for boring of small cross section conduit tunnel, and to have enough time for countermeasures to be prepared, and further to grasp the practicability of the TSP survey method, this paper reports the results of the surveying conducted.

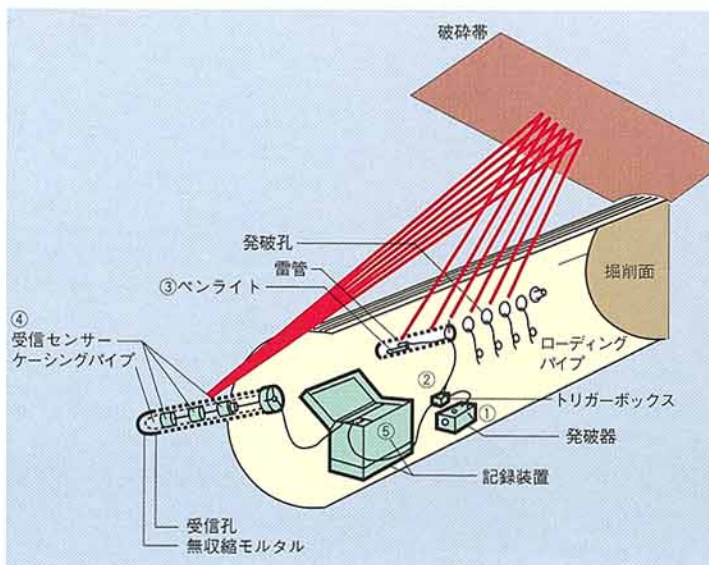
前方の反射面の位置や面的情報を導くことができる。

2 記録波形と切羽前方の予測

探査を実施した導水路トンネルでは、事前の地質調査により、前方に断層の存在が指摘されていた。そこで、TBM掘削時の地山崩壊に伴うトラブルが予想されたので、坑口から128.5m入った地点で探査を実施した。

TSP探査のための発信孔は穿孔長1.5mとし、掘削面から坑口側へ40mの区間に30孔を設けた。受信孔は掘削面から57mさがり、坑口から71.5m地点に設けて、2.4mの孔内に受信器を挿入した(第2図)。

発破時に受信孔で波形を記録し、30点の発破により各々シャープな初動を得た。TSPの解析図を第3図に示す。この図の下半が地震波画面、上半が解析画面で



第1図 探査方法と反射波の検知



第2図 受振センサー設置状況

ある。上半の解析画面では受信点を原点として、トンネル軸を横軸にとった距離(m)で表してあり、中抜き丸の大きさが反射エネルギーの大きさを示す。オレンジ色の丸印が地山が硬→軟と変化する反射の位置を、黄色の丸印が軟→硬と変化する反射の位置を示す。大きな丸印が線状に連なっているところで反射が強く、反射面と想定される。水色線が有力な反射面を示す。これを外挿して、トンネル軸延長方向の切羽前方に予測される反射面を推定する。

事前の地質調査では、切羽のさしかかっている沢の近くに推定断層が記入されていた。第3図で予測された反射面は、これに相当する可能性が高いと予想された。

3 地質調査結果との比較

探査実施後のTBM掘削では、掘削面を直接観察することができなかったものの、側壁は地質調査できた。また、地山の状況変化はTBMのトルク管理情報や掘削ずり観察などにより、かなり把握することができる。そこで、側壁の地質観察の展開図やトルク管理情報と探査結果を比較した。

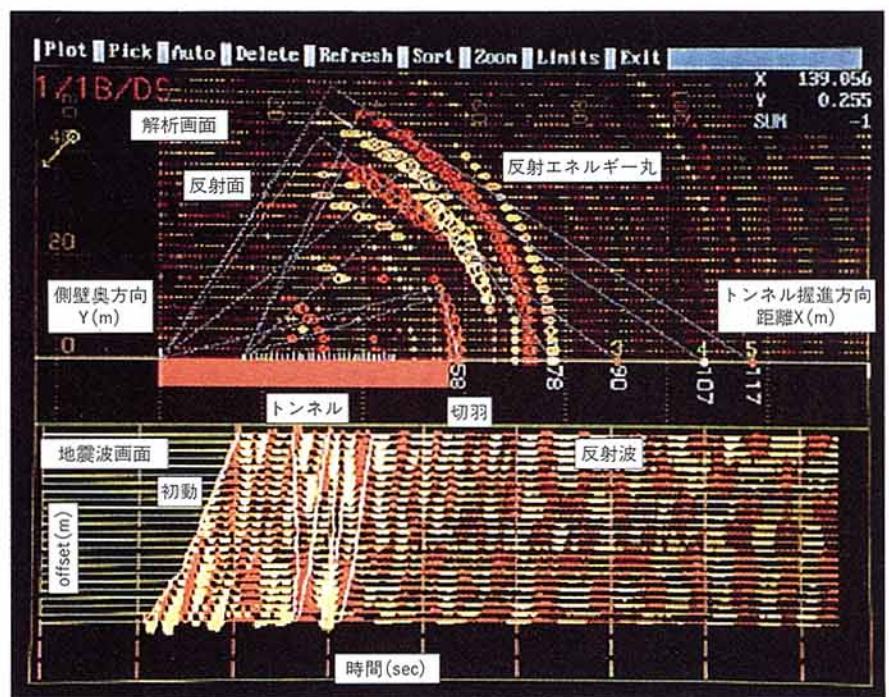
TBM掘削後、探査対象区間における地質調査結果を第4図に示す。第3図で予測した反射面もあわせて示してある。掘削面から130~150mに現れた地質不良個所では、地質調査でかなりの漏水や肌落ちがみられ、探査結果と良好な一致をみた。また、掘進中の推力やトルクの若干の低下が見られた。ただし、この探査対象区間は全体的に不良範囲は顕著でなかった。

4 おわりに

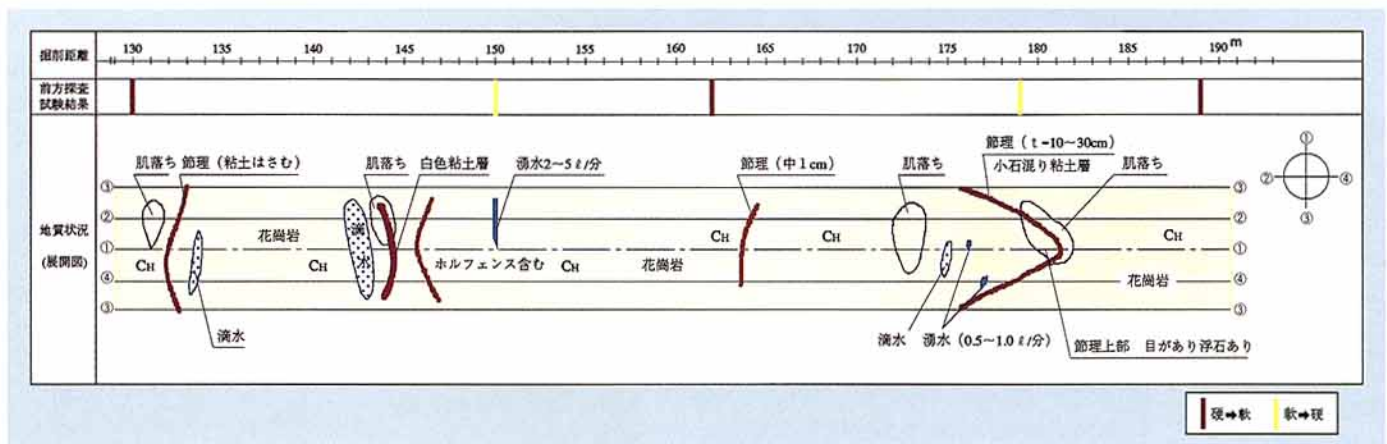
TSP探査法により、事前に前方約20mにある反射帯(地質不良個所)を探査して、これを確認することができた。さらに前方についても地層の変化や破砕帯などが事前に、ある程度予測できた。また、地質に応じたTBM掘削に、安全を期することが可能となった。

しかし、前方探査により地質不良個所を探知できたとしても、TBM掘進上で支障となる不良個所か湧水量が多いかを予測することは、なかなか困難であった。

そこで、破砕帯の位置、規模などをさらに精度よく検知できるように2回目・3回目の探査を実施して、探査精度の向上を図り、山岳トンネル掘削工事への積極的な採用を計画している。



第3図 TSPの解析画面



第4図 TSP探査結果と地質調査結果の比較