

TSPシステムによるトンネルの切羽前方地質予測

TUNNEL SEISMIC PREDICTION USING TSP SYSTEM

佐藤工業(株) 山本 松生 Matuo Yamamoto *

佐藤工業(株) 西野 治彦 Haruhiko Nishino **

佐藤工業(株) 中村 創 Hajimu Nakamura ***

SUMMARY (英文要約)

TSP system by seismic reflection method has been used very effectively for probing and sounding ahead of the tunnel face in rock tunnels. The system also contributes to the safety and the economy of the site operation in consequence. We have been verifying the applicability of the system to complicated geological conditions in Japan. The predicated results were very much in agreement with the rock mass actually exposed by the excavation.

Keywords: tunnel, seismic, reflection method

1. 要旨

従来のトンネル掘削技術における切羽前方予測には水平ボーリング等が用いられてきたが、ボーリングの実施にはかなりの費用と時間がかかる等の問題があった。一方、施工技術の発展に伴い、短期間に複雑な地下構造物の建設が可能となっており、トンネル周辺および切羽前方の地質状況を事前に把握することは、安全性や施工性の向上のためますます重要なものとなってきている。

当社では反射法地震探査を切羽前方地質予測に応用したスイス・アンペルグ社製の「TSP (Tunnel Seismic Prediction) システム」を導入し、NATMやTBMで掘削中の多数の現場に適用している。

- ②施工を妨げずに測定が可能
- ③探査距離が100~150 m程度
- ④現場事務所にてパソコンでの解析が可能
- ⑤即日に切羽前方の地質状況の予測が可能
- ⑥既施工区間の地山物性値が得られる。

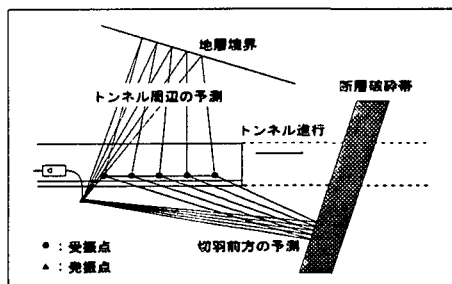


図-1 TSPシステムの測定概念図
(Fig.1 Outline of TSP system)

2. システムの概要

TSPシステムは切羽前方予測手法を現場で適用しやすくシステム化したものである。システムの概念図を図-1に示す。図-1に示すように、発振点で発生させた弾性波が断層破砕帯や地層境界で反射した反射波を測定・解析することにより、それらの反射面の状況を予測するものである。以下にTSPシステムの特徴を示す。

①測定・解析作業がそれぞれ2時間程度

(1) 測定

準備作業として、切羽後方50~60mの地点に受振孔1孔を削孔し、受振孔と切羽の間に1.5~2.0mピッチで20~30孔の発振孔を削孔する。これらは全て左側壁部あるいは右側壁部に一直線上になるように配置する。その後、受振孔にセンサーを設置し、発振孔にて順次小発破(薬量25~35g)を行うことにより波形データを収録する。測定概要を図-2に示す。

* Manager, Sato Kogyo Co., Ltd. 12-20, Nihonbashi-Honcho-4-Chome, Chuo-Ku Tokyo 103, Japan

** Civil Engineer, Sato Kogyo Co., Ltd. 12-20, Nihonbashi-Honcho-4-Chome, Chuo-Ku Tokyo 103, Japan

*** Civil Engineer, Sato Kogyo Co., Ltd. 12-20, Nihonbashi-Honcho-4-Chome, Chuo-Ku Tokyo 103, Japan

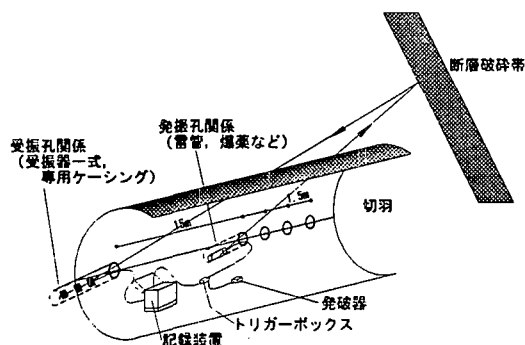


図-2 測定概要

(Fig.2 Arrangement of TSP measurement)

(2) 解析

解析における処理の詳細について以下に示す。

① V_p 、 V_s の計算

発振孔から受振孔へ直接到達する弾性波（直接波）から V_p 、 V_s を計算する。この V_p 、 V_s を用いて既施工区間の動ポアソン比 ν_d 、動弾性係数 E_d 、静弾性係数 E_s を求めることができる。

② 波形処理

TSPシステムでは、直接P波、直接S波、ノイズ等を除去し、反射P波の品質を向上させるために様々な波形処理を行う。

③ IPP法による解析

得られた反射波データからIPP（Image Point Processing）法により反射面を検出する。IPP法は反射面を平面と仮定して、弾性波の幾何学的反射

法則を利用して、反射エネルギーを計算し、その値を評価することで反射面の位置と方向性および地質変化の状況を計算予測する方法である。一般的なマイグレーション処理等と比べ、計算時間が短く、パソコンレベルでの解析が可能である。

3. 現場への適用

当社では、NATMやTBMで掘削中の多くのトンネルにおいてTSPシステムを適用している。それぞれの現場における地質状況は様々であったが、地層境界の位置、断層破砕帯の位置と幅および地質変化の度合い等を比較的精度よく予測することができた。

ここでは、適用例としてNATMで施工中のAトンネルにおけるTSPによる予測結果と、実際の施工中に確認したTSP試験区間の地質状況を図-3に示す。

4. おわりに

TSPシステムは、現場対応型に丈夫でシンプルにシステム化されており、測定作業および解析作業に要する時間もそれぞれ数時間であるという大きな特徴を持っている。特に解析作業は、IPP法を用いることにより、パソコンレベルでの解析が可能であり、迅速さが要求されるトンネル切羽前方探査に有効であると考えられる。

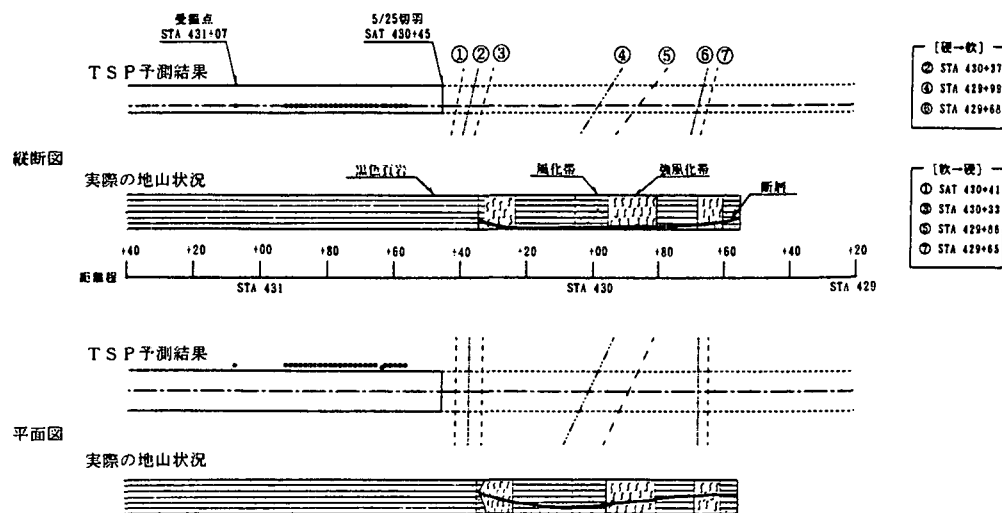


図-3 TSP予測結果と実際の地山状況との比較

(Fig.3 Comparison of the prediction results with rock mass actually exposed by excavation)