

(VI-1) TSPシステムを用いた切羽前方探査の一考察

(株)熊谷組 正員 松尾 勉
(株)熊谷組 堀川 直毅
(株)熊谷組 尾畑 洋

1. はじめに

山岳トンネルを安全かつ合理的に施工する上で、事前に切羽前方地山状態を把握することは非常に重要である。すなわち、断層破碎帯等の不連続面の位置、規模が予測可能であれば事前に支保の準備が可能であり、突発的に地山状況が変化した場合の施工の安全性は格段に向上する。しかし、急峻な山岳地帯においては十分な事前調査が実施できないのが現状である。このため最近では、トンネル坑内において弾性波を用いて簡易な方法で前方地山の性状を把握する TSP(Tunnel Seismic Prediction) 探査法の適用事例が増えている。本報告は、Kトンネルにおいて行った TSP 探査結果について、油圧ジャンボによる長尺ボーリング結果と比較することにより TSP による切羽前方探査の妥当性を検証するものである。

2. トンネル地質概要

トンネルに分布する地質は、中～古生代の秩父帯に属し、主に泥岩、凝灰岩、玄武岩よりなっている。岩盤の性状として、凝灰岩、玄武岩は塊状で泥岩中に取り込まれており、岩盤の工学的な性状は、泥岩と凝灰岩、玄武岩等の量比、及び境界部の性状と密接な関連がある。これらは全体として混在岩の形態を形成している。また、地山弾性波速度は $V_p=5.0\text{km/sec}$ 程度である

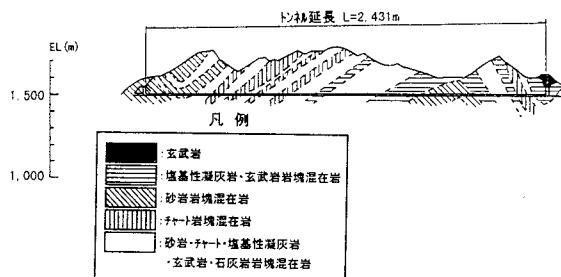


図-1. トンネル地質縦断面図

3. TSP 探査概要

TSP 探査法は図-2 に示すように、トンネル坑内に震源となる発振孔と受振器を直線上に配置し、少量の火薬を震源とした人工的な地震波を起こし、直接受振器に感知される直接波や、地層境界面や地質脆弱部で反射して戻ってくる反射波を受振器によりとらえ解析し、前方地山状況を予測するものである。なお、測定に要する時間は2時間程度であり、測定終了後直ちに解析を行い、解析結果を迅速に施工へ展開することが可能である。

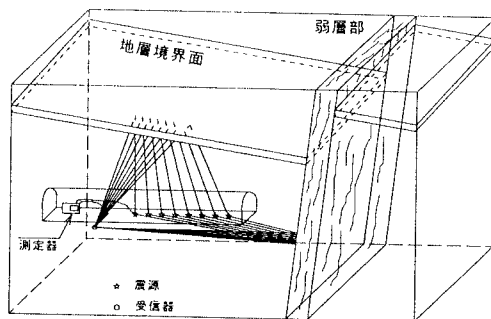


図-2. TSP 概念図

キーワード：山岳トンネル，前方地質探査，TSP

連絡先：東京都 新宿区 津久戸町 2-1 TEL03-3235-8649 FAX03-3266-8525

4. 解析結果

測定により得た地震波生データを図-3に示す。各地震波形の初動をビックングし、その勾配が平均弾性波速度として得られる。この時の平均弾性波速度は5.3km/secであった。また、地震波生データ処理をし、測定範囲内で前方地山性状の相対評価を行ったものが図-4である。円の大きさは反射エネルギーの大小を示し、○は軟→硬、○は硬→軟の地山変化面を表す。円の並びを直線で外挿し、トンネル軸と交差した位置が地山変化面である。

TSP 探査による解析結果を図-5に示す。TD.2152m 付近以外は、局所的に硬→軟、或いは軟→硬の変化面が存在するが、TD.2152m 付近には硬→軟、軟→硬、硬→軟に連続的に変化する面があることが予想された。

一方、油圧ジャンボによる長尺ボーリング削孔データを図-6に示す。ここで、地山硬度を打撃エネルギーにより評価する。打撃エネルギーとは単位体積当たりの岩盤を破壊するのに必要なエネルギーであり、岩が硬い場合には大きく、岩が軟らかい場合には小さくなる。

TD.2186~2171m 付近の削孔データは機械故障により測定不能であったため、TD.2160~2100m 付近でのデータで TSP 探査結果との比較を行ったところ、TD.2160~2150m にかけて打撃エネルギーに大小の変動がみられる。これは TSP 探査により得た結果とほぼ一致する。また、TD.2146m 付近から打撃エネルギーが小さくなっているが、これも TSP 探査結果の TD.2142m 付近の硬→軟の変化面とほぼ一致する。しかし、長尺ボーリング結果では TD.2120m 付近から打撃エネルギーが急激に減少しており、これは TSP 探査でとらえた TD.2102m 付近の硬→軟の変化面を表していると考えられる。位置的なズレについては、前方地山の弾性波速度が変化したことによるものと考えられる。

5. 終わりに

TSP 探査による前方地山予測は、油圧ジャンボによる長尺ボーリングの打撃エネルギーとの比較により、その妥当性は検証されたといえる。しかし、前方地山の変化面の位置を推定するのに、測線上での弾性波速度を適用することから、前方地山の弾性波速度が著しく変化する場合においては、位置的な誤差が発生する可能性がある。従って、前方地山の変化面の程度を定量的に予測するためには水平ボーリングと組合せるか、測定頻度を密にして測定区間をラップさせる必要がある。

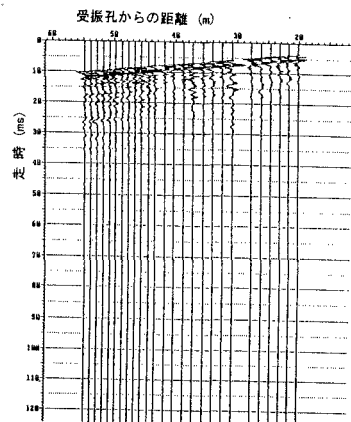


図-3. 測定結果

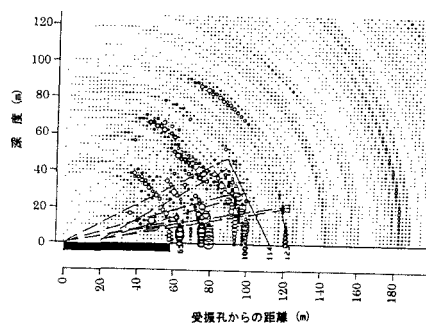


図-4. 評価画面

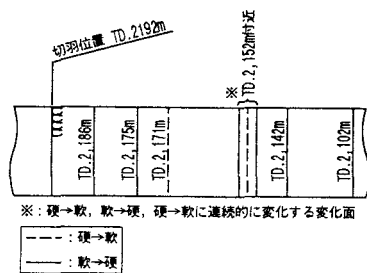


図-5. 解析結果

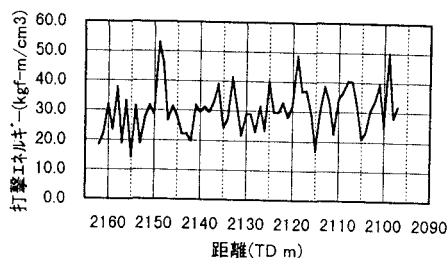


図-6. 長尺ボーリング結果