

Ⅲ - B55

断層部におけるTSPによる地山前方予知手法の検討

エーティック 正員 港 高学
 北海道電力 正員 工藤 正彦
 大成建設 服部 弘通

1. はじめに

高速掘進を行うTBM(Tunnel Boring Machine)工法において、安全に効率よく施工するためには、切羽前方の地山状況を把握し、施工に反映させることが必要となってくる。しかし通常の調査のみでは予測精度は高いと言えず、突発的な地質の変化への適応性が低い。特に対象となる地山が断層等に起因する軟質及び破碎質の区間を多く有する場合、切羽前方の地質変化の予測は重要なポイントとなってくる。これらの地質変化に適応すべく弾性波による切羽前方の探査が提案され、現場への適用がなされている¹⁾。

現在、北海道芦別市に建設中の北海道電力(株)滝里発電所のTBM工法による導水路工事では、切羽前方探査としてスイスで開発されたTSP(Tunnel Seismic Prediction)法を用いている。本報告はTSP法による解析結果をもとに、断層及び低速度帯などの地質状況の変化予測と、探りボーリング及び実際のトンネル掘削による施工実績との対比・検討からTSP法による探査精度や軟岩及び破碎質の地山に対する弾性波の反射特性などについて検討を行った。

2. 探査目的・方法

探査対象となる地質は、新第三紀の泥岩・砂岩とそれと断層関係で接する白亜紀の砂岩・頁岩の互層により構成され、断層に起因する破碎帯及び低速度帯が分布する。この分布状況を把握すべく、TSPによる探査を実施した。

TSP法は図-1に示すように、トンネル側壁に測線を設け、発振孔(26孔、1.2~2.4m間隔)において発破

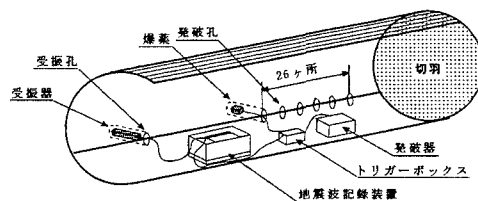


図-1 TSP概念図

により起振させ、切羽前方からの反射波を受振器により記録し、反射面の分布位置及び走向方向と傾斜方向を推定するというものである。また、本探査ではトンネルの左右両側の側壁に受振器を設置し、反射面の位置の予測精度及び左右各領域の反射エネルギーの整合性について検討を行った。

3. 探査結果

探査の結果、図-2に示すようにTD.360m以降、約60mの区間に反射面が密集して検出された。この区間内は岩質変化が著しいと思われるため、断層又は低速度帯であると評価を行った。実際にこの区間で実施した探りボーリング及び切羽状況から評価された実績と比較すると、この区間は断層破碎部及び断層に起因する低速度帯であった。また断層

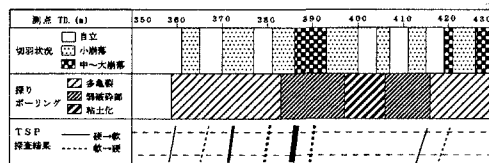


図-2 施工実績との比較

部に顕著な反射面が少なかったのは手前の低速度帯による弾性波の減衰に要因があると考えられる。しかし、その後の断層の直前の探査結果は、予測位置の誤差が5m程度で、地山の状況との相関が良いものであった。

4. 結果の考察

探査結果と施工実績との対比を実施した結果、測定結果から考察される事項を以下に示す。

Keywords : TBM, TSP, 切羽前方予知, 断層破碎帯, 導水路トンネル

〒063 札幌市西区二十四軒1-5-6-1 株式会社エーティック TEL 011-644-2845 FAX 011-644-2895

(1) 記録波形特性

本調査地点における記録波形は、全体的に低周波領域のものが卓越し、1000Hz以上の高周波はあまり得られなかった。また2次波(S波)も見られない。このことから、地山全体に亀裂が卓越し、断層に起因する地山不良部が大きいということが推定された。

(2) 予測精度

本システムでは、探査領域中を伝播する弾性波速度は各発振孔～受振孔間の平均速度で一律と仮定している。このため求められた反射面の位置の予測精度は地山の状態に依存し、断層等により弾性波速度の変化がある場合に誤差として現れる。そのため、遠方に断層又は低速度帯と推定される反射面が検出された場合、直前での探査が必要であると考えられる。また本システムによる反射面の評価は探査領域のみの相対的なものであるため、継続的なデータの取得が重要である。

(3) 反射特性

図-3に示すように、増幅・強調された反射波はDS(ディフラクション・スタック)法により、回折点(反射エネルギー発生点)としてプロットされる。この回折点の点群の評価は対象となる地山により異なると考えられる。本地点での評価結果では、反射強度が弱いものであっても、反射面として特定される要素が含まれる場合、施工実績との整合性が高い。これは脆弱な地山での弾性波の減衰に起因するものと考えられる。また断層及び低速度帯においては反射面が密集する傾向がある。この場合施工実績は、反射強度の強弱及び特定される反射面の硬軟に対する依存度が低く、その領域内は一括して地山の状態が悪いと評価するのが妥当である。

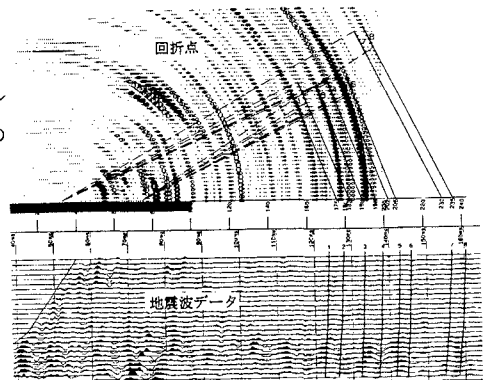


図-3 DS法処理結果

(4) トンネル左右側壁での測定

トンネル片側で発振し、左右両側壁に受振器を設置して測定を実施した結果、左右各領域で特定される反射面の分布予測は異なったものとなった。この場合、発振孔を設定した側と同じ側に受振器を設置し、解析した結果(図-4A)が受振器のみ設置した場合(図-4B)に比べ良好な解析結果を得ることができた。これは発振孔を設定していない側の領域における反射波が表面波(トンネル波)等の影響を受けていることなどの理由が考えられる。しかし地山の構造が複雑な場合、左右両側で測定し、左右領域の相関を取ることで予測精度の高い切羽前方探査が可能になると考えられる。

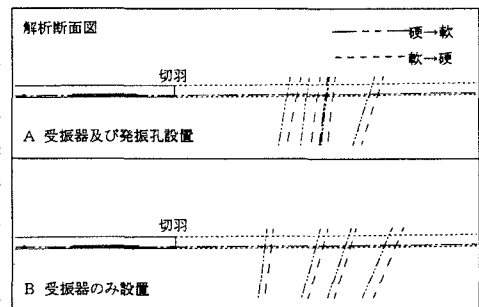


図-4 左右各領域の解析結果

5. まとめ

TSP法による切羽前方探査において予測精度を向上させるには、探査対象となる地山の性状を把握し、個々の地山の弾性波の反射特性を知ることが重要である。そのためには、ある程度の連続的な探査によるデータの蓄積が必要である。また地山が推定不可能な構造や複雑な構造の場合、特に断層などによる影響が懸念される場合には、トンネル左右両側壁にそれぞれ発振孔及び受振器を設置しての測定が有効であると考えられる。これらの事項をふまえて情報を得ることにより、TSP法は有用性の高い手法となるであろう。

6. 参考文献

- 1) 例えば：川上、他：土木学会第50回年次学術講演会(Ⅲ-51), pp102-103, 1995