

III-A 367 TSP法による切羽前方地質推定についての基礎的検討

西松建設技術研究所 正会員 明石 健 正会員 山下 雅之
正会員 石山 宏二 正会員 稲葉 力

1. はじめに

TSP法¹⁾とは弾性波を用いてトンネル切羽前方の地山物性の変化をとらえる物理探査の一手法である。探査の簡便さと解析の迅速さから現場への適用に対して有利であり、近年盛んに利用されるようになってきている。これまでも多くの報告があり、その探査能力を有効であるとしているものが多い。今回は、TSP探査結果から切羽前方の地質状態を推定する方法について検討したので、その結果について報告する。

2. TSP反射面について

TSP探査によって最終的に得られる情報は、地山物性の変化を表す弾性波の反射面の位置と性質と相対的な反射強度である。反射面は反射波の位相から[硬→軟]と[軟→硬]のどちらかの性質を持つことから、これらの組み合わせから地山の硬軟を予想することが可能となる。例えば[硬→軟]と[軟→硬]の順で出現する反射面で囲まれた区間は地山の弱部であると推定することができる。しかし、探査の結果、実際に抽出される反射面は必ずしもそのような対をなしているとは限らないのが現実である。

3. TSP結果と地質との対比

TSP反射面と実際の地質との関係を探るために対比を行った。以下に3例紹介する(図-1参照)。なおそれぞれの V_p はTSP探査測線区間における実測値である。

(a)堆積岩($V_p=5200\text{m/s}$)

砂岩と泥岩よりなる硬岩地山での探査事例。岩の一軸圧縮強度は平均で213MPa。探査区間にはT.D.1190m付近に幅約5mの破碎帯(CL~CM級)が存在し、施工では吹き付け厚やロックボルト打設ピッチの変更など、通常より1ランク重い支保パターンにて施工された。TSP探査結果ではほぼ同じ場所に、[軟→硬][軟→硬][硬→軟]の順で3つの反射面が集中して抽出されている。これらの相対反射強度は探査区間中で最も大きいものであった。

(b)堆積岩($V_p=3300\text{m/s}$)

砂岩と泥岩の互層よりなる層状地山での探査事例。一軸圧縮強度の平均は砂岩125MPa、泥岩29MPa。探査区間にはT.D.300m付近とT.D.340m付近に地山が脆弱化する区間があり、T.D.365m付近までは支保パターンD Iで施工されている。それ以降はC IIでの施工であった。TSP探査結果では、それぞれの脆弱部に対応して、T.D.280~300m付近とT.D.340m付近にそれぞれ反射面が密集して抽出されている。

(c)火成岩($V_p=5100\text{m/s}$)

花崗岩地山における探査事例。探査区間にはT.D.2300m付近とT.D.2360~2400m付近に破碎部が存在し、鋼製支保が施工されている。TSP探査結果では前者の破碎部に対応するT.D.2290~2300m付近に、[軟→硬][硬→軟][軟→硬]の順で3つの反射面が抽出されており、相対反射強度が最大のものを含む。

4. 考察

TSP反射面と実際の地質を対比させた結果、反射面の密集部は破碎部と比較的よく重なっているといえる。このことから、切羽前方地質の推定に際しては、反射面の性質に関わらず反射面の密集部をもって地山の弱部と推定するべきではないかと考えられる。ただし例外もあり、紹介した3例の中でも、(a)の場合でT.D.1240m付近に抽出された反射面群についてはそれに対応する地山の弱部は認められない。また、(c)の場合のT.D.2360m付近以降の破碎部に対してはTSP反射面の密集が認められない。このように実際の地山状況と適合しない場合もある。

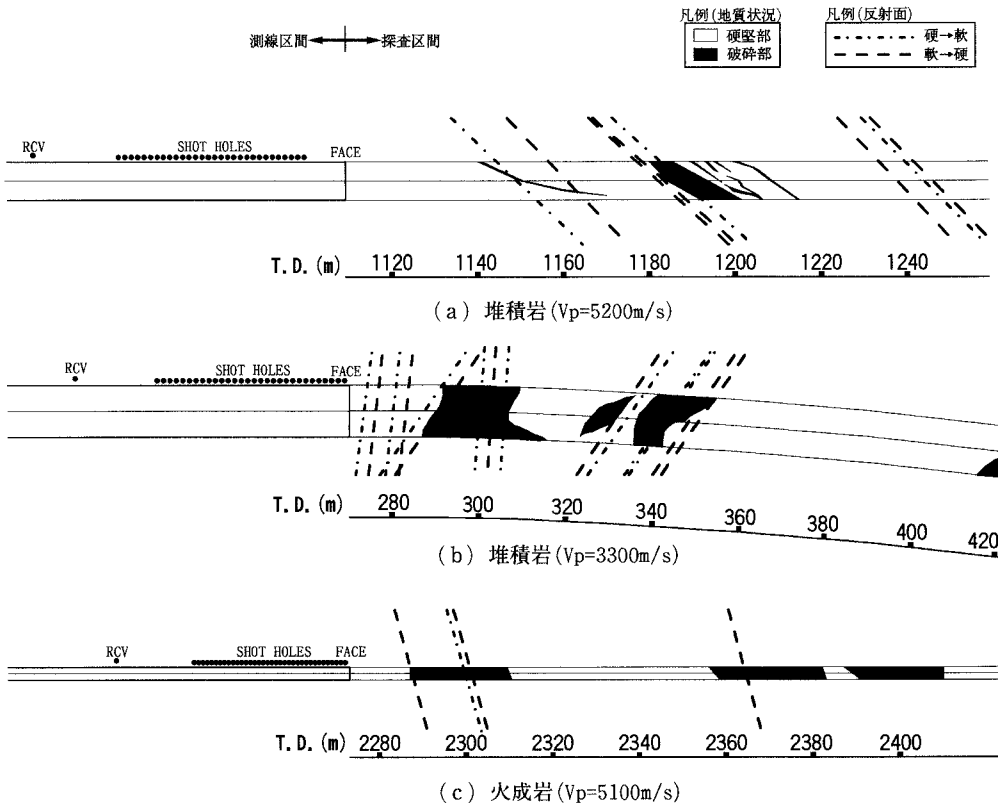


図-1 TSPと地質との対比結果（平面図）

破碎部に反射面が密集することについての理論的説明は今後の課題の一つであるが、概念的には破碎部は均質ではなく、硬軟の岩塊が入り乱れていると考えれば説明がつく。反射面の密集部の最初が[軟→硬]の反射面となる場合については、[硬→軟]の反射をとらえていても反射強度が小さく反射面として選択されなかったケースや、反射面が交差することによって順番が入れ替わるケースなどがある。

反射面の密集部をもって地山の弱部と推定できるという仮説をもとに、これまで行ってきたTSPと地質との対比照合結果(全16探査例)の検証を行った。探査範囲を100mとした場合、5m以上の区間長をもつ破碎部(最大区間長30m)は全部で14個所存在する。そのうちの11個所については反射面の密集部とほぼ重なり、比較的良好に対応することが明らかになった。

5. おわりに

TSP探査結果から地質状況を推定する方法について検討した。TSP探査を実施工に生かせるようにするためには、予測される地質状況の定量的なデータが必要である。探査精度の向上とともに、定量化がどの程度可能であるのかが、今後の検討課題である。

参考文献

- 1)G.Sattel ,P.Frey and R.Amberg : Prediction ahead of the tunnel face by seismic methods - pilot project in Centovalli Tunnel Locarno Switzerland,FIRST BREAK,Vol.10,19-25,1992.