

弾性波を用いたトンネル切羽前方探査の層状地山への適用

西松建設株式会社	正会員	○明石健	石山宏二
西松建設株式会社	正会員	平野享	稲葉力
建設省土木研究所HSP共同研究会	正会員	中村康夫	

1. はじめに

層状地山の山岳トンネルにおいて弾性波を用いた切羽前方探査を行い、探査後に採取した100mの水平ボーリングコアとの比較から探査の適用性について評価した。探査にはスイスのアンベルグ社が開発したTSP202システムを用いた。探査原理は坑井で行うVSP法をトンネル坑内に応用したものであり、計測作業の施工への影響を最小限に抑え、短時間で計測および解析を行うことができる。

2. トンネルと地質の概要

適用したトンネルは掘削径約12mの道路トンネルで、発破によるNATM工法で施工が行われている。探査範囲は半径1100mの曲線区間である。施工は反対側坑口から行われており、今回の探査範囲にはまだ到達していない。

トンネルの地質は砂岩と泥岩の互層よりなる層状の堆積岩であり、四万十層群に属する。岩の一軸圧縮強度は、砂岩800kgf/cm²、泥岩36kgf/cm²で、岩種による強度のコントラストが大きい。岩種とトンネルの地山区分の関係については、一般に砂岩卓越部ではCⅠ～CⅡ区分であるのに対し、泥岩卓越部ではDⅠ区分にランク分けされている。

3. TSP探査・解析

TSPの探査・解析の詳細は既存の論文¹⁾²⁾に譲る。TSPの探査・解析に当たっては地山が層状であることから以下の点を考慮して行った。(1)層理面からの反射を考慮して探査測線を右壁に設定した。(2)境界処理うちの反射波強調過程では強調する反射波方向を層理面の方向から決定した。(3)抽出する反射面の3次元的な方向性を決定するに当たっては層理面の方向を参考にした。

4. ボーリングコアの鑑定

得られたコアの鑑定の結果を図1に示す。岩相は砂岩と泥岩の互層である。砂岩はハンマー軽打で金属音を発するのに対して、泥岩はハンマー軽打で容易に割れ、泥質部は砂岩に比べて脆い。また、岩盤の亀裂の状態を評価するためにコアのRQDとS値についての検討を行った。S値とは復元可能なコアの積算長のことであり、日本の岩盤に適応しやすいとされるRQDの類似値である³⁾。いずれの値も67～81m(区間②)での低下が顕著で、逆に81m以降(区間③)はほぼ一定して値が高くなっている。これらの結果から、既施工区間の実績も考慮して、表1に示すように地山等級区分を行った。

5. TSP探査結果とボーリングコアの比較

TSP解析の結果、15m、55m、75m付近にそれぞれ反射面を抽出することができた(図2)。95m付近の抽出反射面を除けば、それぞれの岩の強度が低下する泥岩部のところにはほぼ重なり、数mオーダーの地山の弱部を比較的良好にとらえていることがわかる。

反射面の方向性については、走向が層理方向とマッチしているものがある一方で、75m付近の反射面群はそれとは異なる方向性を持つ。その付近のボーリングコア鑑定の結果からは、砂岩部であってもコアが角礫状に破碎されている部分がありRQDとS値も大きく低下していることから、断層破碎帯等の存在を推定することができる。この部分のTSPの結果は層理面方向と斜交する地盤の弱部をとらえているものと考えられる。

なお表1で行った地山等級区分とTSP探索結果の間には適合性が認められない。これは、TSPはあくまでも一定範囲内における相対的評価であるということにその理由を求めることができ、探索は今回の地山区分のような数十mオーダーの地質ユニットには対応しないことを示す。

参考文献

- 1) Sattle, G., P. Frey & 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
- 2) 平野・明石・戸松・中村・芦田：弾性波を用いた既設水路トンネルの位置推定、岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集、第26回、土木学会、500-504、1995
- 3) 岩の調査と試験編集委員会：岩の調査と試験、土質工学会、540p、1989

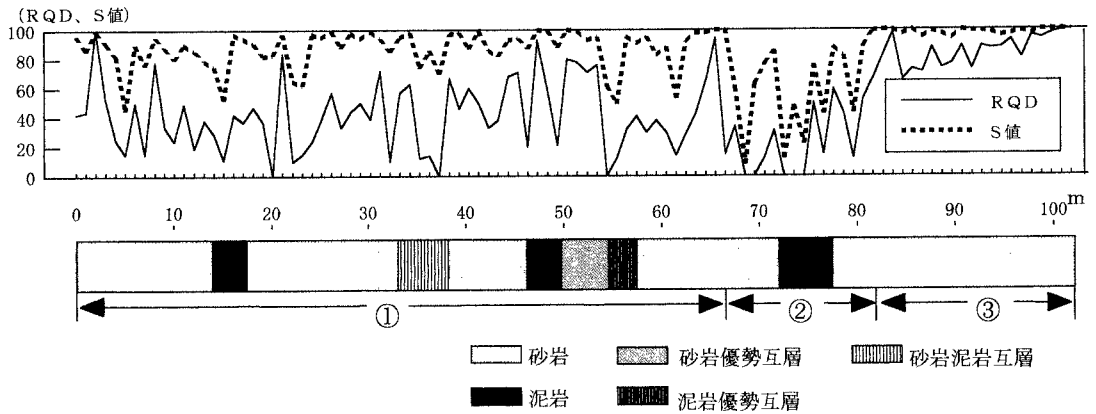


図1 ボーリングコア鑑定結果

区間	距離	層相	RQD	S値	地山区分
①	0～67m	砂岩優勢	0～100、平均42	45～100、平均87	C II (局部的にD I?)
		互層	大きく変動	しばしば50程度まで低下	
②	67～81m	泥岩・砂岩 (破碎帯)	0～59 平均22	8～89、平均57 大きく変動	D I
③	81～102m	砂岩	66～100	94～100、平均98	C I (～B)
			平均85	ほぼ一定	

表1 ボーリングコアから推定される地山等級区分

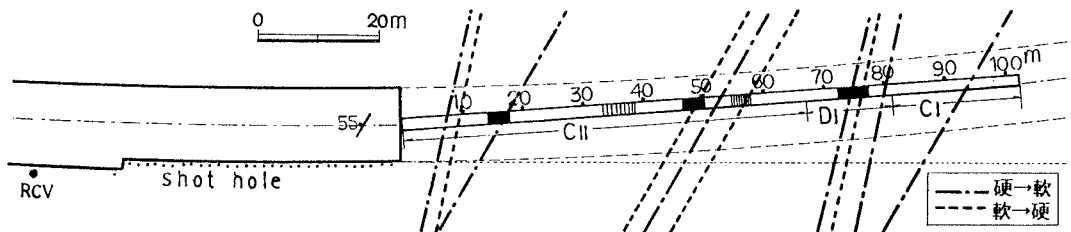


図2 TSP探索結果とボーリングコアの比較