

## 合理的な支保パターン決定への前方探査データの活用例

ハザマ 正員○山本浩之 正員 笠 博義  
正員 大沼和弘 桐原章浩

### 1. 概要

山岳トンネルにおいては、一般的に地表面からの弾性波探査や地表踏査、調査ボーリング等を実施し、地山の地質構造を想定し地山区分を行った上で、支保パターンの設計が行われる。この場合、調査ボーリングを除く多くの調査は地表面からの調査であるため、土被りが厚いほど調査精度が下がると同時に推定要素が多くなり、支保パターン設計の精度が落ちることになる。このため、実施工が当初の支保パターン設計に対して、1~2ランク程度変更されることが多いのが現状である<sup>1)</sup>。

本検討は、国土交通省発注の志津見ダム第2志津見トンネル(NATM、延長 l=1,177m)において、当初予測された地山不良部(断層・破碎帯や低速度帯)を対象として、全5回のTSP探査(Tunnel Seismic Prediction)を実施し、精度良く地山不良部の位置や幅を予測するとともに、合理的な支保パターン決定への活用を試みたものである。

### 2. 地質概要

当トンネルの地質は、古第三紀の流紋岩を主体とし一部花崗岩から構成されるが、TSP探査を実施した区間については流紋岩のみ出現した。図-1に地質縦断図を示す。本地域の流紋岩の特徴としては、新鮮部分は比較的均質な塊状岩盤を呈するが、風化や変質の影響を受けると節理面でブロック状に崩落・抜け落ちを生じる傾向を示す。

当初、地質縦断図などの既存の地質資料より、断層破碎帯、低速度帯および地質境界などの施工上問題となる地山不良部が11箇所想定されていた。また支保パターンについては、地表面からの弾性波探査および地表踏査、坑口部の調査ボーリング結果に基づいた地山区分よりB~C Iパターンを主体とし、地質上問題があるとされた区間(断層・破碎帯や低速度帯)についてはC II~Dパターンが設計されていた。

### 3. TSP探査の計画

想定されていた11箇所の地山不良部に対して、TSP探査の適用距離を土被りの影響を考慮し50~100m程度とし、地山不良部の位置や幅が把握できるように5回の探査計画を立案した。表-1に探査計画を示す。なお、坑口付近で予測されていた地質境界およびf-7断層は、水平調査ボーリングが実施されており、さらには探査の適用限界である土被りが50m以下であることから探査対象より除外した。

表-1 探査計画

探査NO.	有効探査距離	探査対象
第1回	50m	・ f-2、f-3、f-4 断層 ・ 低速度帯 (Vp=2.3km/s)
第2回	100m	・ 低速度帯 (Vp=3.6km/s)
第3回	100m	・ f-5、f-6 断層 ・ 低速度帯 (Vp=2.1km/s)
第4回	70m	・ 低速度帯 (Vp=3.6km/s)
第5回	80m	・ 低速度帯 (Vp=3.6km/s)

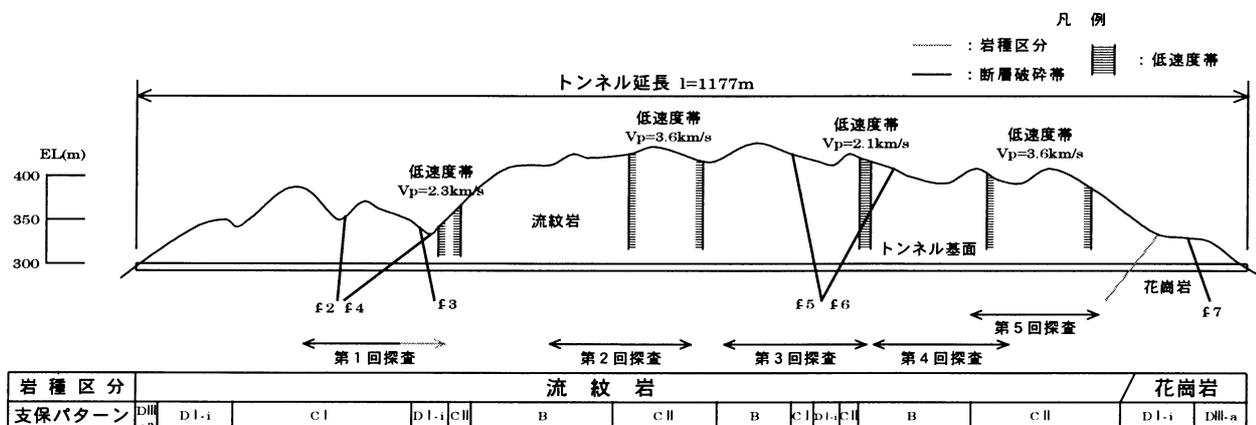


図-1 地質縦断図 (当初設計)

キーワード：トンネル、TSP探査、支保パターン、NATM

連絡先：東京都港区北青山 2-5-8 ハザマ土木事業総本部技術設計部 TEL：03-3405-4052 FAX：03-3405-8372

### 4. TSP 探査結果の評価

TSP 探査では、一般に反射波の位相から反射面前後の岩盤強度変化を推定するが、今回の探査評価においては、単にこの硬軟の変化のみならず、繰り返し反射面が連続するパターンについても留意した。この理由としては、流紋岩が均質な塊状岩盤であり、硬軟が繰り返し替えられるような区間は節理が多いものと想定され、岩片自体は硬質であっても、トンネル施工上は抜け落ちや崩落があるものと判断されたからである。さらに得られた探査結果については、TSP 探査があくまでも相対的評価であることを補うため、掘削が進行し地山不良部が出現するごとに、図-2 のフローに基づき探査結果の再評価を行うこととした。特に地山不良区間が10m 以上連続すると予測されたものについては、支保パターン変更の可能性が高い要注意区間として施工へ反映させることとした。

表-2 に第 1~5 回の TSP 探査区間における掘削実績と探査結果をまとめたものを示す。なおこの表では、各回ごとに上から下に掘削が進行しているようにまとめている。この表に示すとおり、掘削実績では当初設計と比較して支保ランクが低下している部分が多く、合計 29 箇所の地山不良部(NO.1-①~5-④)が出現した。

この表から、次のことが確認された。

- ・ 探査では約 70%の地山不良部を予測できた
- ・ 出現位置の誤差は概ね±5m 以内である

これらの結果は、筆者らのこれまでの検討結果とほぼ一致している<sup>2)</sup>。なお、探査で検出できなかった地山不良部については、いずれも規模が小さく施工上問題とならなかったものである。

### 5. 支保パターン変更への活用結果

幅 10m 以上の施工上問題となった地山不良部について注目すると、表-2 の NO.2-⑨、3-④、4-④、5-④があげられる。これらの区間は、図-2 のフローより「支保の変更の可能性あり」と評価された区間であった。それに対して、いずれも規模の大きい断層および影響ゾーンが出現しており、特に NO.3-④および 4-④では約 1~1.5m 程度の崩落等が発生し、C II から D I-i パターンへの変更を余儀なくされた。これらの不良地山区間は、いずれもほぼ正確に予測・評価されており、図-2 に示すフローが、支保パターン変更を検討する際に判断材料の一つとして効果的であることが示された。

### 参考文献

- 1) 鈴木他：NATM 施工実績に基づく事前設計の評価に関する一考察, 土木学会論文集, 第 427 号/VI-14(報告), 1991.3
- 2) 笠他：坑内弾性波反射法における探査精度に関する一考察, トンネル工学研究論文・報告集, vol.6, 1996.11

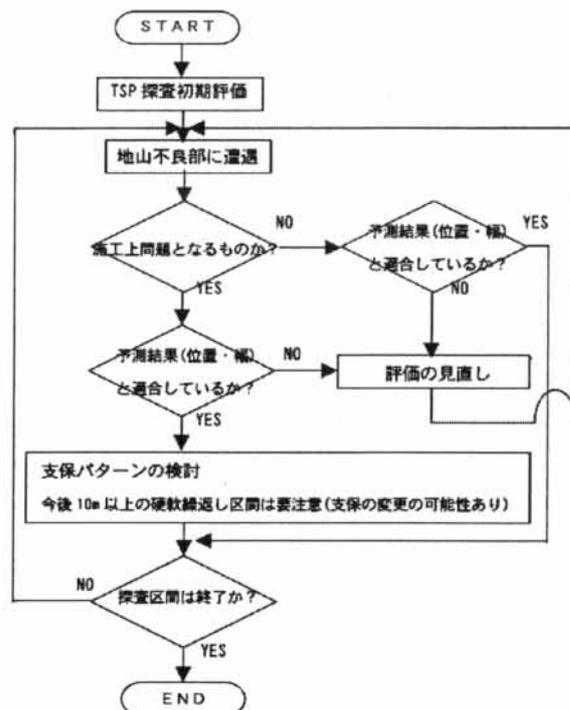


図-2 探査結果の再評価フロー

表-2 TSP 探査結果のまとめ

NO.	当初		掘削実績		探査結果			性状など	
	支保	支保	地山不良部NO	幅	判定	幅	位置ずれ		
第1回 L=50m	C I	D I-i	1-①	1m	×	—	—	節理	
			1-②	1m	○	<5m	-2.5m	節理	
			1-③	2m	○	<5m	+9.0m	多亀裂帯	
			1-④	1m	○	<5m	-3.5m	節理	
			1-⑤	1m	○	<5m	-4.0m	断層破砕帯	
第2回 L=100m	B	C II	2-①	1m	○	<5m	+0.5m	節理	
			2-②	1m	○	<5m	+0.5m	節理	
			2-③	2m	○	<5m	-4.5m	断層破砕帯	
	2-④		2m	○	<5m	-5.0m	多亀裂帯		
	2-⑤		2m	×	—	—	多亀裂帯		
	2-⑥		2m	×	—	—	多亀裂帯		
	2-⑦		2m	×	—	—	多亀裂帯		
	2-⑧		1m	○	<5m	-0.5m	節理		
	2-⑨		20m<	○	10m<	-5.0m	断層破砕帯		
第3回 L=100m	B	C II	3-①	1m	○	<5m	+2.0m	断層破砕帯	
	C I		3-②	2m	○	5~10m	+2.0m	多亀裂帯	
	D I-i		3-③	1m	×	—	—	断層破砕帯	
	C II		3-④	20m<	○	20m<	-3.5m	断層破砕帯	
	B		3-⑤	4m	○	<5m	-2.5m	多亀裂帯	
第4回 L=70m	B	C II	4-①	1m	×	—	—	多亀裂帯	
			4-②	1m	×	—	—	多亀裂帯	
			4-③	5m	×	—	—	多亀裂帯	
	4-④		20m	○	20m<	-6.0m	断層破砕帯		
	C II		D I-i	4-⑤	1m	○	<5m	-5.0m	断層破砕帯
			4-⑥	6m	○	10m<	+2.5m	多亀裂帯	
5-①		8m	○	<5m	+3.5m	多亀裂帯			
第5回 L=80m	C I	D I-i	5-②	8m	○	<5m	+3.5m	多亀裂帯	
			5-③	13m	×	—	—	断層破砕帯	
			5-④	30m<	○	10m<	0.0m	断層破砕帯	
			合計	29		20			