

既設トンネル拡幅TBMの掘削特性について

奥村組技術研究所 正会員 寺田 道直
 奥村組九州支店 稲岡三樹彦
 奥村組本社土木部 正会員 水原 憲三
 奥村組技術研究所 正会員 岩本 容昭

1. まえがき

近年、エネルギー資源の有効活用や地球環境問題への配慮から、既設中小水力発電の再開が見直されるようになってきた。九州電力では、その一環として、運転開始後50年以上が経過して老朽化が進んだ既設の五木川発電所の導水路トンネルを拡幅して最大出力を2倍に増強する改修工事を実施した。本工事では、既設導水路トンネルの拡幅に我が国で初めての拡幅TBM工法を採用して約6kmに及ぶ既設ルートの拡幅を行ったが、一部でルート変更を実施することにより、同一のTBMで拡幅掘削と全断面掘削の二つの異なったモードで掘削する貴重な機会を得た。本稿では、全断面掘削との比較を通して拡幅TBMの掘削特性を考察する。

2. 拡幅工事および地質の概要

五木川発電所の導水路トンネルは、球磨川水系川辺川取水口から水路橋に至る延長約1.5kmの1号トンネルと、水路橋からヘッドタンクに至る延長約4.3kmの2号トンネルからなる。拡幅工事は、これらを拡幅用TBMによって直径約4.3mの円形断面に拡幅するもので、拡幅に伴う掘削断面積は1号トンネルで約6.4m²(素掘り部)～7.9m²(覆工部)、2号トンネルで約5.7m²(素掘り部)～7.2m²(覆工部)である。

地質は、秩父累帯南帯の三宝山帯に属し、古生代二畳系～中生代ジュラ系の海洋性堆積物からなる。構成岩石は、図-1に示すように、粘板岩、砂岩、礫岩および粘板岩・砂岩の互層を主体とし、部分的にチャートや凝灰岩を介在する。地山のP波速度は4～5km/sと比較的大きい値を示すが、覆工部の周辺地山にはP波速度が2km/s以下の緩んだ層が厚さ2～3m(所によっては5m)の範囲で分布することを事前調査で確認している。

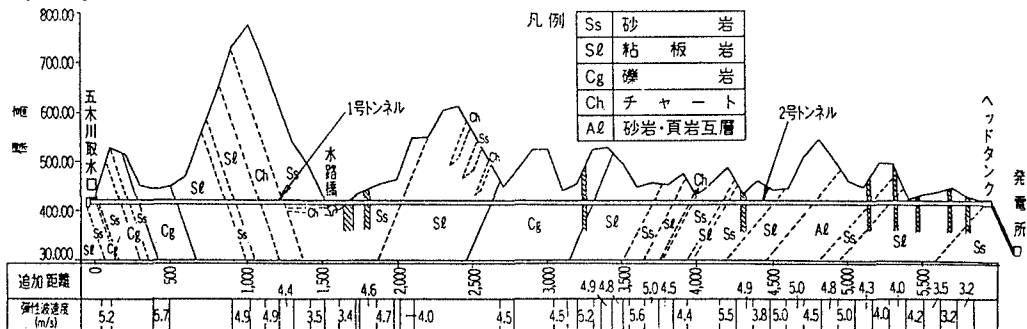


図-1 地質縦断面図

3. 拡幅TBMの構造上の特長

本工事で開発採用した拡幅TBMの主な構造上の特長¹⁾を以下に示す。

- ① カッターヘッドをドーナツ型の中空構造とすることにより、掘削ずりを前方・後方どちらにでも排出可能な構造とした。
- ② 中空部にローラービットを装着することにより、全断面掘削にも可能な構造とした。

KEY WORD: 既設導水路の改修、拡幅TBM、全断面掘削、拡幅掘削、掘削性能

〒300-26 茨城県つくば市大砂 387 奥村組 技術研究所 TEL(0298)65-1521 FAX(0298)65-0782

- ③ グリッパージャッキの面圧を小さく、ストロークを大きくすることにより、周辺地山の緩みや余掘りに対応可能な構造とした。
- ④ TBM本体を前・中・後胴の3部分からなる中折れ構造とし、40Rの急曲線にも対応可能とした。

4. 拡幅TBMの掘削特性

(1) 拡幅掘削と全断面掘削の実績比較

延長5.8kmの既設トンネルを上記の拡幅TBMで掘削したが、2号トンネルの途中で未固結の溶結凝灰岩の存在が事前調査で確認されたため、この間約725mの区間は既設のルートを山側に迂回して全断面掘削を行った。拡幅掘削と全断面掘削における実績データの比較を表-1に示す。なお、拡幅における掘削断面積は上述の通りで、全断面掘削の約40%~54%の範囲にある。

両者を比較すると、カッター電流で約67%、推力で約61%と機械データはいずれも拡幅の方が全断面より小さく、一方掘進速度は全断面の約150%と拡幅の方が逆に大きくなっている。このことは、拡幅掘削は掘削断面積が小さい分だけ掘進速度を大きくできる上、掘削に必要なエネルギーも小さくて済み、効率的な掘削方法であることを示している。

(2) 岩級区分と掘進速度、単位掘削電力量

2号トンネルにおける岩級区分と掘進速度および単位掘削電力量の関係を、図-2に示す。(a)は拡幅掘削、(b)は全断面掘削のものである。拡幅における掘進速度はCL~CH級の地山では毎分60mm前後で緩やかな増加を示し、地山がこれより良くても悪くても毎分40mm前後に大きく低下する傾向が見うけられる。単位掘削電力量は、掘進速度と全く逆の傾向が認められる。D級地山では肌落ちや締め付けの影響で掘進速度は低下し、単位掘削電力量は増加するものと考えられる。一方、全断面掘削では、地山が硬くなるほど、掘進速度は低下し単位掘削電力量は増加する一見シンプルな関係が見うけられる。これは、全断面区間にD級の脆弱な地山がたまたま存在しなかったことによると考えられる。

5. あとがき

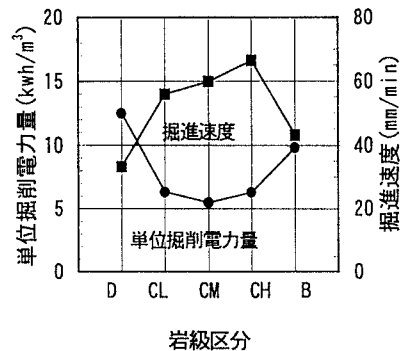
既設トンネルの拡幅再利用は、限りある資源の有効利用や環境問題を考えるとき、今後の重要な技術課題であるといえる。本稿がTBMを利用した既設トンネルの拡幅に少しでも参考になれば幸いである。最後に、種々のご指導を頂いた九州電力新五木川発電所建設所の各位に感謝の意を表します。

[参考文献]

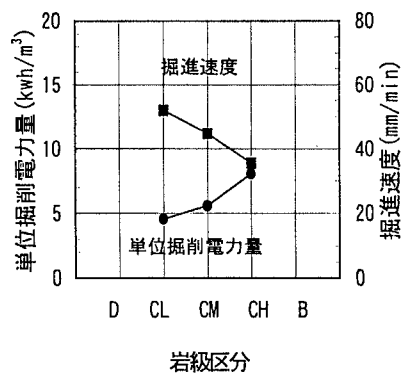
- 1) 山路、稲岡、末広：「既設導水路トンネルをTBMで拡幅地下」、第25巻7号、1994年7月、p. 7~15

表-1 拡幅掘削と全断面掘削の実績データの比較

		カッター電流(A)		推力(tf)		掘進速度(mm/min)	
		全断面	拡幅	全断面	拡幅	全断面	拡幅
平均		460.8	311.1	278.0	170.8	41.0	60.6
標準偏差		112.1	73.0	77.0	47.1	18.1	20.8
変動係数		24.3	23.4	27.7	27.6	44.0	34.3
データ数		771	4571	771	4571	771	4571



(a) 2号トンネル、拡幅部



(b) 2号トンネル、全断面部

図-2 岩級区分と掘進速度および単位掘削電力量の関係

九州電力 新五木川発電所」、トンネルと