

VI-54

未固結な粗粒凝灰岩を含む導水路トンネルの掘削について

東北電力株式会社 正員 竹田一仁
 東北電力株式会社 大場重徳
 東星興業株式会社 高橋伸悦

1. はじめに

青森県青森市において、現在建設中の駒込発電所では、中小水力発電所の経済性向上の一つとして、導水路トンネル工事にトンネル掘削機械のTBM（Tunnel Boring Machine）を採用した。

導水路トンネル長 3,066mのうち 2,616mをTBMで掘進し、最近例をみない高速掘進実績を得た。

また、掘進途中、粗粒凝灰岩未固結層（軟弱層）に遭遇したが、補助工法として薬液注入工法の対策により施工したので、これらの実績について報告する。

なお、当地点におけるTBM施工は、中小水力の開発を促進することを目的に通産省の信頼性実証試験として実施されたものである。

2. TBM施工方法と地質

(1) TBMの主要諸元（表-1参照）

当地点に採用したTBMは、全地質型ベルコン輸送方式で、これ迄の施工実績を踏まえ、次の改良製作がなされている。

- a. 搬入・搬出重量の軽減
- b. 補助グリッパ、補助ジャッキの取付
- c. 方向検出信頼性向上

(2) 地質

TBM発進坑より約 1.6Kmは粗粒凝灰岩（一軸圧縮強度 $\sigma_c=100\sim200\text{kgf/cm}^2$ ）、その上流約 1.4 Kmは流紋岩（一軸圧縮強度 $\sigma_c=60\text{kgf/cm}^2$ ）である。このうち粗粒凝灰岩部には、事前調査で把握されなかった未固結層（一軸圧縮強度 $\sigma_c=10\text{kgf/cm}^2$ ）が約 100mにわたりTBM掘進中に確認された。

3. TBM施工結果

(1) TBM掘進結果

掘進実績を表-2に示したが、最大月進 539m、最大日進44.8mと小断面掘削TBM工法での日本屈指の記録を樹立している。特に、最大日進は、作業日当りの月進に換算すれば 1,122mという驚異的な速度であり、TBM工法の迅速性が実証されたものと思われる。

また、TBM施工の経済性に大きなウェイトを占めるカッターの使用量については、他地点の実績から想定した使

表-1 TBM主要諸元

名 称	単 位	諸 元
掘 削 径	mm	2,800
本 体 長	mm	6,800
機械全長	m	約42
総 重 量	ton	約100
電動機出力	kW	241.2
推進装置		
シリンダー伸長速度	cm/min	10(無負荷時)
シリンダーストローク	mm	1,050
主推進推力	ton	360
カッターヘッド		
回転トルク	ton-m	31
回転数	rpm	6.1
グリッパ		
押付力	ton	200
接地圧	kg/cm ²	25
最小曲率半径	m	70

表-2 TBM掘進状況総括表

	純掘進速度 (m/hr)	純掘進時間率 (%)	1箇月当たり 作業時間 (hr/月)	1箇月当たり 作業日数 (日/月)	月 進 (m/月)
計 画 時	2.10	33.4	500.0	25.0	350
実 体平均	2.43	25.9	508.3	24.8	319
績 62年9月	3.28	28.9	567.9	27.5	538.8

(注) 月平均は実績値に1箇月の標準日数(30日)÷全体の暦日数(246日)を乗じて求めた。

用量の50~70%程度であった。流紋岩が粗粒凝灰岩より摩耗が大きいのは、石英含有量が多いためと判断される。（表-3参照）

（2）軟弱層（粗粒凝灰岩未固結層）

での補助工法

軟弱層部は粗砂を主体とした土砂状のものであり、湧水による流砂の発生が著しいため、止水効果を期待した脈状薬液注入工法を採用した。その結果を表-4、表-5および図-1に示す。

表-3 カッター取替及び使用量

	粗粒凝灰岩		流紋岩	
取替回数	8回		6回	
取替個数	95個		111個	
	設計	実績	設計	実績
〃(㎡当り)	0.02	0.01	0.02	0.123
〃(m当り)	0.123	0.064	0.013	0.105
掘進距離	1,487.8m		1,057.0m	

表-4 薬液注入実績諸元

注 入 方 式	長尺注入方式
注 入 長	20mと35mの2ステージ
注入孔配置	リブ状に3m間隔
注 入 材 料	水ガラス系のLW
注 入 圧 力	20kgf/cm ² (地下水圧7~10kgf/cm ²)
注入材の配合	セメント1kg(セメント379kg, 水379kg, 減水材0.8kg) ケイ酸ソーダ水(ケイ酸ソーダ375kg, 水125kg)
注 入 率	19.3%

表-5 薬液注入実績表

諸 元	単位	第1回		第2回				第3回			第4回	
		1A	1B	1A	2A	2B	補助	1A	2A	2B	A	B
孔 数	孔	12	7	5	12	6	4	7	12	6	7	4
削 孔 長	m	25	25	20	34.5	34.5	20	20	34.5	34.5	40	40
最大湧水量	ℓ/min	80	50	120	230	150	150	85	2,000	1,600	2,500	2,000
注 入 量	㎡	168	108	104	224	76	53	71	290	76	114	39
注入圧力	kgf/cm ²	20		20				20			20	
チェック孔湧水	ℓ/min	6		60				45			1	

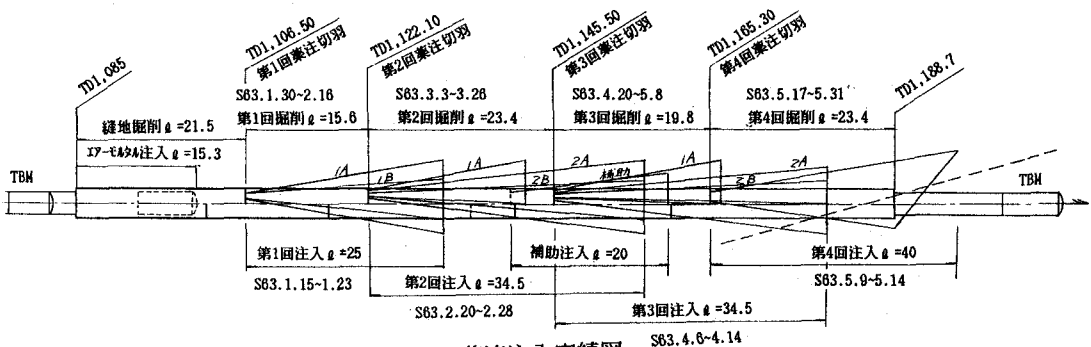


図-1 薬液注入実績図

4. おわりに

以上駒込地点のTBM施工について補助工法を含め、その実績を報告したが、今後、トンネル掘削におけるTBM施工は増加する傾向にあり、本報告がTBMの普及に多少でも役立てば幸いである。

最後に設計から施工まで御指導いただいた通産省資源エネルギー庁をはじめ関係各位に心から感謝の意を表します。