

56 奥羽本線 大平山トンネルにおける トンネルボーリングマシン施工について。

国鉄盛岡工務局

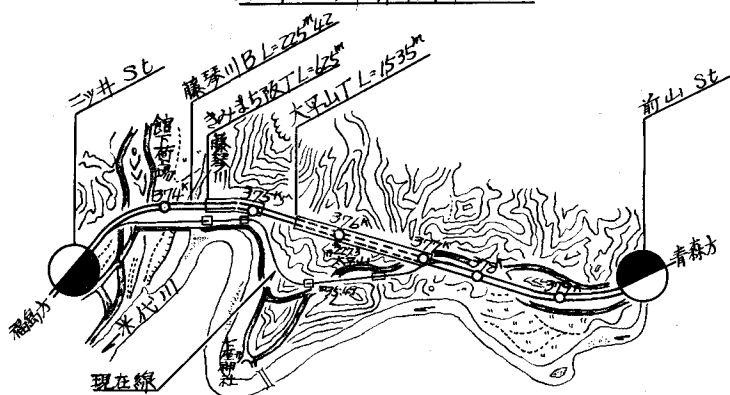
正会員

大 浦 勲

1. ま え が き

我が国では、数年前より、トンネル掘とくにトンネルボーリングマシンを各地で使用する様になり、すでに10箇所以上の使用例があるが、昨年1月から3月にかけて、図-1に示す通り、秋田県北の奥羽本線ニッ井～前山間の大平山トンネル(延長1535m、複線型)の福島方工区の草坑掘とく用として、小松ロビンス型ボーリングマシンTM450G-1を使用して、実用的成果をあげることが出来たので、その施工実績を報告する。

図-1 ニッ井前山間平面図



2. 地 質

大平山の地質は、

図-2 地質縦断面図

図-2に示す通り、

新第三紀中世のいわゆる「油田系」で、七層凝灰岩層と言われている。岩種は、

泥岩、砂岩、凝灰岩、頁岩およびそれらの互層からなり、部分的にぜい弱化している所もあるが、全体として比較的良質の軟岩である。岩石試験の結果は、表-1に示す通りであるが、一軸圧縮強度は、硬質頁岩部で、1,000^{kg}/cm²をこえるものもあるが、その他は100~500^{kg}/cm²程度のものである。坑口より56mは、表土、泥岩部であるため、普通突破工法でアロー-4トンネルを掘り、安定した泥岩部より、759m間にわたり、TMを使用した。

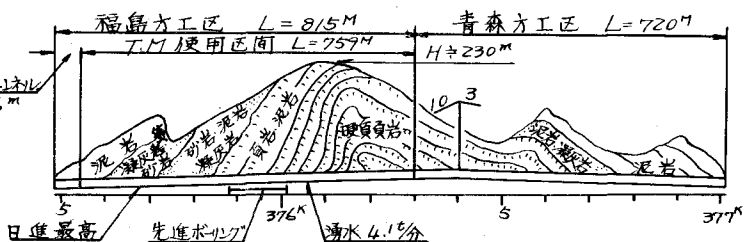


表-1 岩石試験成果表

試 験	岩 種	泥 岩	凝灰質砂岩	凝灰岩	頁 岩
単軸圧縮強度 ^{kg/cm²}		30~391	18~823	57~326	43~1217
圧 裂 強 度 [°]		61~39.2	5.2~16.1	3.9~28.8	7.3~20.6
比重	強制乾燥	—	1.96	1.98	1.86
	飽和含水	—	2.24	2.25	2.16
自然含水率 [%]		16.5	14.2	19.6	15.8
シヨア 硬 度 [—]		42~65	10~104	18~95.5	8.9~75.4
超音波強制乾燥 ^{kg/cm²}		2.91	3.28	2.42	3.85
速 度 飽和含水 [°]		2.76	3.54	3.08	3.40

3. TM450G-1

マシンは、写真

写真-1 TM450G-1全景

写真-2 デスクカッター

右、新品。左、すり減ったもの。

1. 表-2に示す

ものの、小松製作所

が製作した国産5号

機である。これは、

請負者佐藤工業株式

の所有で、大平山トンネルの地質調査の結果、

TMに適する事が判明したので採用したものである。

マシンは、機体先端のカッターヘッド

を岩盤に圧着しつつ回転させ、前面に取付けた

34個のデスクカッターおよびトリコンカッター

にて掘る。回転は電動機4台で駆動し、

すりとは外周に設けたバケットですくい上げ、バ

ルコンにて後方に排出される。機体の推進は、

機体中央部左右のグリッパーシユを坑壁に圧

着して、スラストシリンダーにて1ストローク

1m 10cmずつ推進する。機体の操行は、カッ

ターヘッドサポートとグリッパーキャリアーに

設けてあるステアリング装置で行う。また動力はキャブタイヤケーブルにて機体後部の巻取機を経

て給電され、運転はオペレーター室にて1人で運転する。

4. 掘さく

TMは、大阪府枚方市の小松製作所工場より、最大34セに分解され、トレーラー4台、大型トラッ7台で陸送し、現場組立てをした。返送も同じ。

TM使用の導坑断面は、図-3に示す通りで、トン断面の中心を通り、円形架橋の下縁は、F.L.より80cm下り、上半、下半を分ける線(S.L.+80cm)からは16cm上る様に決定した。このため、支保工(H-125)は、円型4分割方式とし、上部はすり棚用として、水平機(H-200)を組立てるよう構造にした。また、F.L.より80cm下りの余分に掘さくした分は、排水溝を設け、その他の分は、コンクリートで置換える様にした。これは、掘さく完了後にTMを引き出す場合の軌道下の強固

表-2 TM450G-1 主要諸元

名 稱	仕 様	電動機種別	出力KW×台数
掘さく径	mm 4500	カッターヘッド	125 KW × 4台
機 長	mm 約16,000	油圧ポンプ	30 × 1
後退寸法	mm 左右 3,600 上下 3,280	可変吐出形	5.5 × 1
推進速度	cm/min 6	定吐出形	2.2 × 1
推 力	t 700	バルコンV0.1	3.7 × 1
デスクカッター	ヶ 34	— V0.2	3.7 × 1
ストローク	mm 1,100	— V0.3	2.2 × 2
回転数	R.P.M 5.0(4.15)	給油装置	0.2 × 1
コンバヤ能力	m ³ /h 140	給脂装置	11 × 1
最小曲率半径	m 80	集じん装置	
重 量	t 約130		
電 源	3相交流 6600V/3300 60% 6000V/3000 50%	合 計	約 561 KW

図-3 TM 使用トンネル断面図

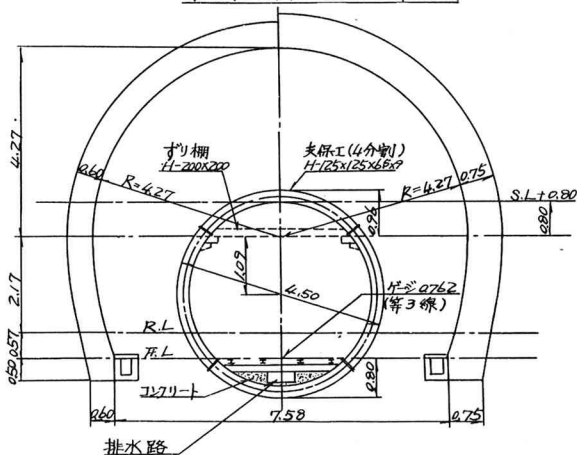
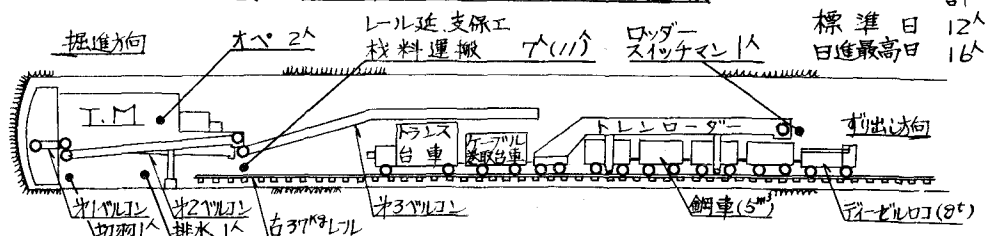


図-4 坑内ずり処理 棧構図と配置人員



坑内の配置人員は図-4の通りで、標準日は計12人で、日達最高日は計16人である。

次の凝灰質砂岩の約100m区間は、圧縮強度300~500 kg/cm^2 程度の本坑道一の最も安定した区間である。このため、1月12日、日進42.64mの最高記録をあげるこゝが出来た。この区間は湧水もなく、坑壁もゆるみず、支保工は全く必要とせず、壁面は結構様の局理がきれいにあらわれ、理想的な区間である。

図-5 1日当りT.M掘進図(10R交代)

図-5 1日当りTM掘進図 (10h2交代)

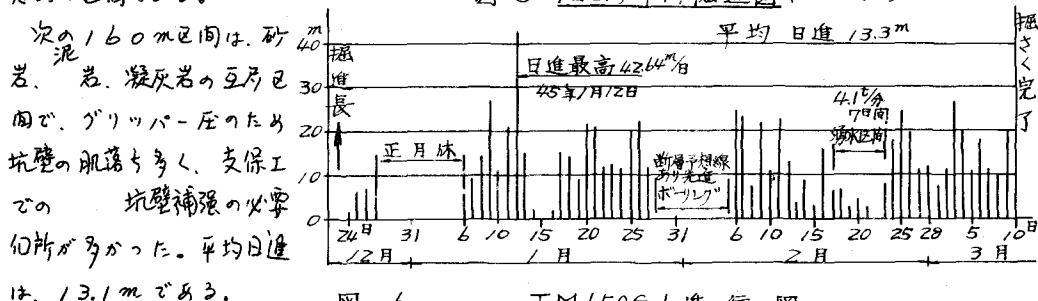
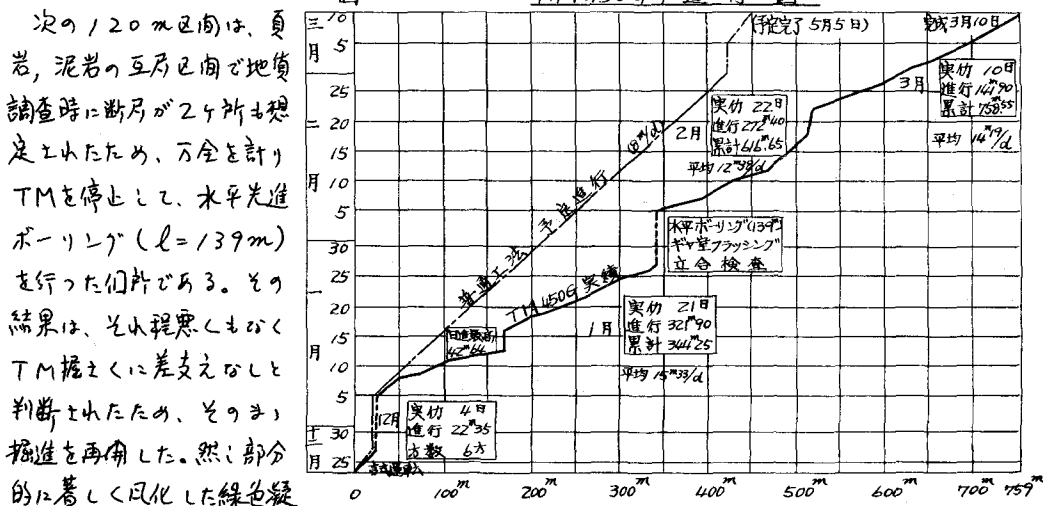


圖-6 T.M450G-1 進行圖



灰岩を挟み、坑壁の崩れる所が多かったため、TMを止め支保工補強箇所が多かったため、平均日進は17.5mであった。

最後の区間は、黒色、灰色、褐色の明確な板状層理を呈している硬質頁岩である。何々の岩石は、圧縮強度1,000 $\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$ を超す相当硬いものであったが、節理が発達しているため、意外と掘進は容易であった。一方、この頁岩区間に入り始めた頃より徐々に湧水が多くなり、376 $\times$ 063mの旧所で最大湧水4.1 $\frac{\text{t}}{\text{分}}$ 、坑内の水深80cmと大量の湧水に見舞われたが、幸い、岩質が硬いため坑壁がしっかりしているため、所々に支保工を組め、鉄板、シート等防水しながら掘進することが出来た。湧水層の延長約30mを突破するのに約7日間に要したが、水のため、TMの電気系統、ベルコン南保部品の故障が続出した。また、376 $\times$ 200m付近は、しゅう曲作用の背斜軸となっていたが、掘進にはほとんど影響なかった。それから奥の旧所は割合順調に進み得たが、この区間の平均日進は、12mであった。掘進完了は3月10日である。

1日当りのTM掘進回数は、図-5の通りで、実稼働日当りの全体平均日進は13.3mである。また、全体の進行回数は図-6の通りである。

掘進完了後の全体作業別稼働率は図-7に示す通りである。運転時間34.3%に対して、

待時間39.4%となり、このうちの大部分は支保工の建込みである。これはゲリッパ一圧のため、坑壁がゆるみ、ゲリッパ一圧が解放されて、逆反力が小さくなり、TMを停止し、人力で支保工を建込むため、この点の施工法の改良が望まれる。一方、この図の示す通り、故障率4.7%と意外に少ないのは、年々機械も改良され、実用領域に達した事を証明している。

図-8、は最高日進日の作業別稼働率を示しているが、凝灰質砂岩の坑壁が健康のため、支保工の建込みの必要がなため、運転時間84.4%と高能率を示している。

5. カ ャ ャ

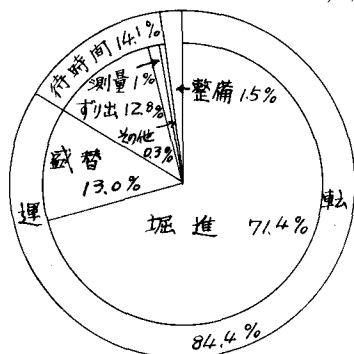
カッターの材質は、クロームモリブデン系の特種鋼であるが、材質、構造については年々改良されているため、カッターに因るトラブルは一つもなかった。図-9は、本坑における岩種別のカッター摩耗量と軌跡延長との関係と表したものであるが、泥岩、凝灰岩、頁岩の間には明確な差異は現れていないが、日進最高記録を出した砂岩の旧所は、他と比べて著しく大きな値を示している。この理由は、

- (1). 割目が浅く、均一な岩のため、切削率が大きかったこと。
- (2). 500 $\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$ 程度の中硬岩であるが、石英、長石等の硬い鉱物粒子が含有しているため。

図-7 全体の作業別稼働率



図-8 最高日進日の作業別稼働率



(3) スラスト圧が、130~150 $\frac{kg}{cm^2}$ と他と比べて大きかったこと。

と考えられる。

岩質の圧縮強度が

けびみれば、頁岩

が最も大きい。

局理、節理が発達

していたので、あ

まり大きな摩耗量

は表れた。一方、この型式の

カッターは、リン

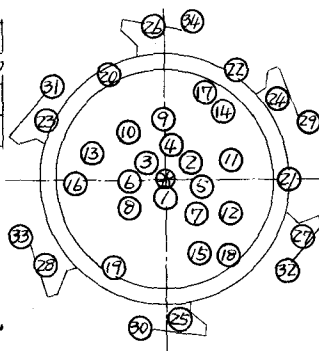
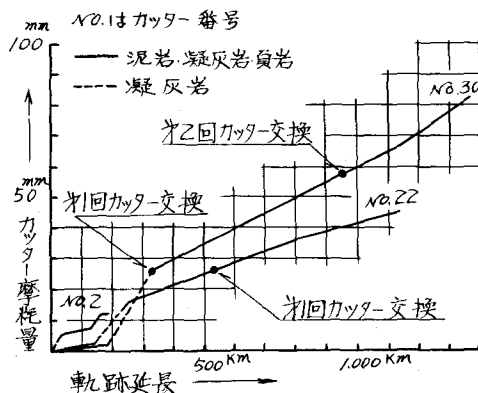
グの交換は、現場

の修理工場であ

めて簡単に出来ることも、進行上の大きな特長とすることが出来る。

図-9 カッター摩耗量調査図

カッター配置



6. お す び

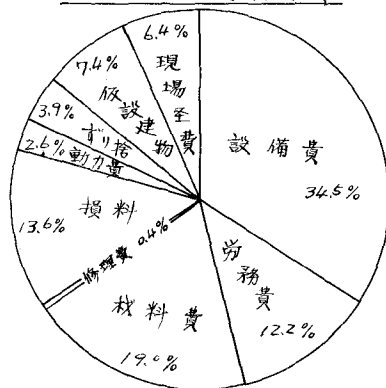
今回の工事、延長わずか759mで、突進働日数57日の短期間であったが、TM施工を終った感想を三述べて。

(1) 地質が適したとは言え、湧水、新突破前後の故障を除けば、それほどの故障もなく、力強く掘進出来たことは、今後のTM使用に大きな期待を持つことが出来ると感じた。

(2) 突進385mと大幅な工期の短縮がもたらため、後続作業の切詰め、覆工等の全体工事の工期短縮がもたら、この点における経済的メリットが大きいと感じたこと。

(3) TM工法の工費は、普通突破工法と比べ、幾分か高かったが、これは図-10の掘進工費百分率で示す通り、TMの運送、組立、解体、引込み、引出し、専用電力設備等の固定設備費が、34.5%の高率を示したからで、掘進1.5km程度以上ともなれば、充分経済的に引合うこと。

図-10 T.M掘進工費百分率



以上で報告を終るが、昨今の人件費の上昇を考えると、省力化、工期短縮、安全施工の目的から今後のトンネル掘進には、当然、トンネルボーリングマシンの使用が栄えり、むしろ大口原料種へと発展し、全断面掘進機へと進むものと考えられるが、本工事の報告が、今後の施工に、幾分なりとも参考になれば幸いである。

以上。