

才2有壁トンネル(東北新幹線)の機械化掘削

盛岡工事局

正員 ○渡辺正法

橋口誠之

室野秋男

1. まえがき

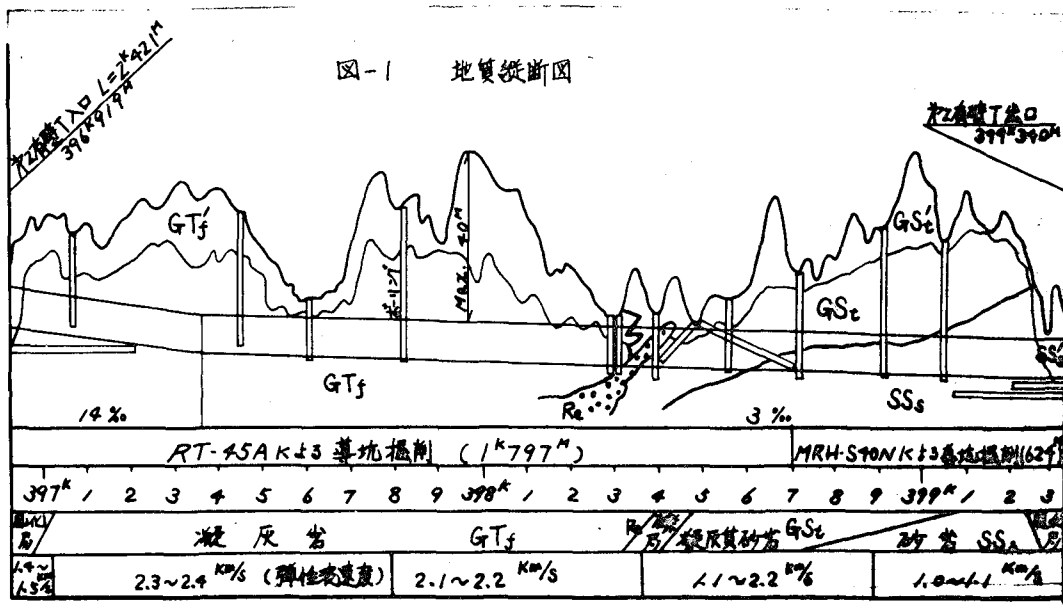
最近我国におけるトンネルの機械化掘削の施工例もしだいに増え、機械化掘削に関するデータも着実に整いつつあるが、反面我国のような複雑な地質構造への対応は、必ずしも十分であるとは言えず、又機械化掘削の理想的なとも言える全断面機械化掘削についても今一步の感がある。そこで国鉄では、技術課題の一つとして、トンネルの機械化掘削を取り上げ、工費の節減、工期短縮、安全施工の開発を計っているが、こゝで紹介する才2有壁トンネルは、全面的な機械化掘削を目標として、ドラム回転式掘進機(トンネルボーリングマシン=RTM)とアーム移動式トンネル掘進機(ロードヘッダー)の併用を計画した。トンネル掘削実績データについては、まだ工事着手より日が浅いのでその一部のみを紹介する。

2. 工事の概要

才2有壁トンネルは、東北新幹線建設にともない、岩手、宮城県果境に建設される延長2421mの新幹線複線型断面のトンネルであり、線形は $R=8000$ mのカーブと直線よりなっている。掘削工法は底設導坑先進上部半断面工法で全工事の竣工は50年3月を予定している。地質は後述する通りであるが、地質調査の結果新三紀の凝灰岩、砂岩が大部分を占める比較的掘削の容易な岩質と判断されるため機械化掘削を試みた。先ず導坑部分はボーリングマシンによるものとし、山陽新幹線の西庄トンネルにおいて、流紋岩質凝灰岩の硬岩に挑んだ後、改良を加えられて待機中であつた国鉄所有のRT-45(三菱ヒューズ)を導入することにした。但し延長2421mのうち坑口より約600m間は、砂岩の固結度が低くRTMによる掘削は困難であろうと判断しロードヘッダー40型による掘削を計画した。次に上半部の掘削は最近開発されたロードヘッダー90型により、又下半掘削についても、ロードヘッダー40型、ボ-フレン等による掘削を計画した。現在工事は47年6月着工以来ほぼ順調に進み、当初計画通り導坑621mをロードヘッダー40型で掘進した後、トンネルボーリングマシンで約100mの掘削を終えた。上半はロードヘッダー40型で120mを掘進し、現在ロードヘッダー90型による掘削を行なっている。

3. 地形および地質

当地域は北上山地、西側の奥羽山脈に挟まれ北上川流域の平野部がせばまり、丘陵地となる宮城、岩手県境に位置している。全般的に傾斜が緩く最深部で40m、浅い所では1m以下となり、山出トンネルと平野部トンネルの合致された形となっている。地質は図-1に示すように、巖夷層(泥岩、凝灰岩、凝灰質砂岩、礫岩)と下足沢層(砂岩)で構成されている。東京方1400mは凝灰岩(圧縮強度60~100%)で固結度はあまり高くないが、岩盤としては均質であり、キレツ、割れ目のほとんどない健康な岩質である。盛岡方1000は凝灰質砂岩と細粒砂岩の互層(圧縮強度10~60%)となり未固結の要素が強い。



4. 掘削

導坑にRT-45A、上半にMRHS-90型を使った時の施工順序は図-2の通りである。

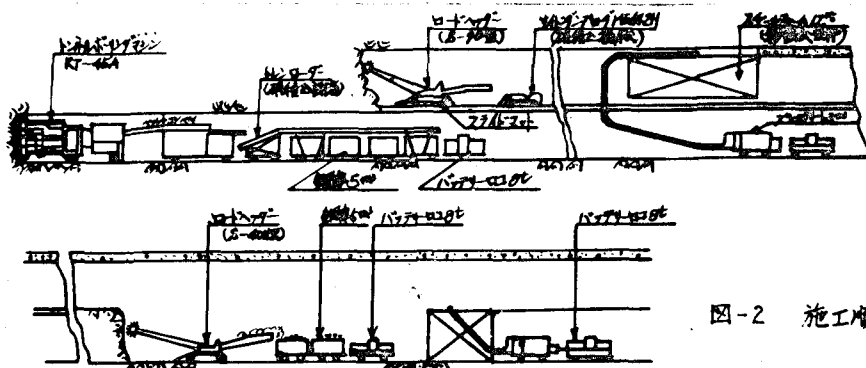
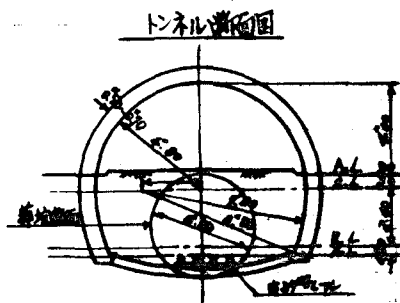


図-2 施工順序図

従来導坑掘削はトンネルボーリングマシン、上半は普通炭坑工法の組合せが普通であるが、本トンネルの地質はロードヘッダーにも同時に適しているので両方を同時に使用した。上半掘削にMRH90型のかわりにMRH-40型を2台並べて掘削する案も考えられたが、クラウン部に張り残しが生ずる事や、リンクカット工法の必要を生ずる事等のため出来るだけアームの長いMRH-90型を採用した。なおMRH-40型による導坑掘削実績の結果本機の実掘削能力は岩強度、含水比等により大きく影響されるが本トンネルの岩質では20~25%位であった。

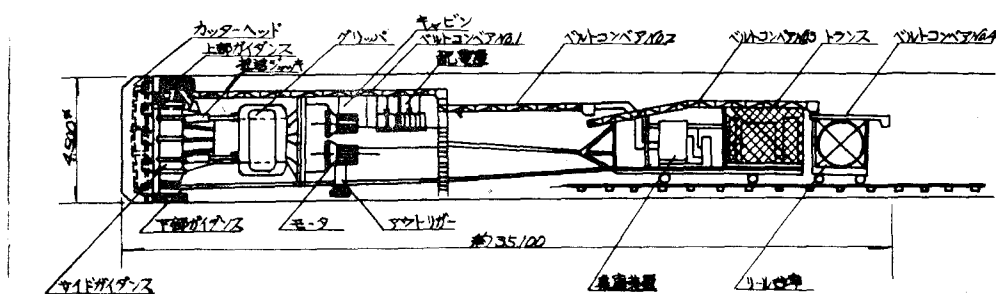


5. 使用機械

三菱ヒューズトンネル掘進機RT-45A

主要仕様表

設計対象岩石	軟岩～硬岩 (圧縮強度 $100 \sim 2000 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$)
掘削深	4.3～4.5 M (アタッチメント交換による)
掘削馬力	500 KW (125 KW × 4台) トル7 m × 97.5 t m
カットヘッド回転数	高速5 R.P.M 低速2.5 R.P.M
推進ストローク	1.100 mm
推力	0～450 t
グリッパジャッキ総推力	1.040 t



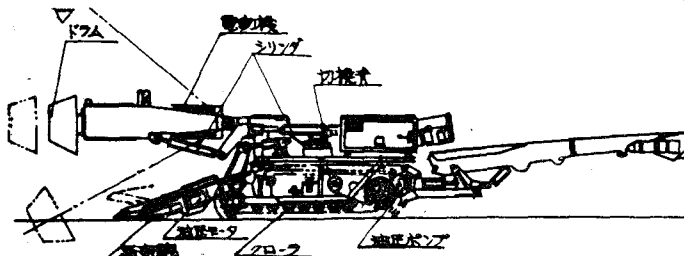
構造概要

機械先端に設けカッターヘッドを切羽しつつ回転させ、カッターヘッド前面に設けたカッターによって岩石を破砕し、破砕された礫はカッターヘッド外周に設けたバケットに掬い上げ機械上部に於てシュートに送り入れベルトコンベアによって機械後部に排出する。

三井ロードヘッダMRH

主要仕様表

型式	MRHS-40型 ()内はMRHS-90型
設計対象岩石	軟岩 中岩 圧縮強度 $400 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$ 以下
機械主要寸法	全長9.5 M (13.7 M) 全高1.7 M (2.3 M) 全中1.7 M (3.2 M) 重量14t (40t)
掘削仕上寸法	高さ2.1～3.6 M (5.3 M) 中2.7～3.8 M (5.4 M) 断面 1.5 M^2 (2.8 M ²) 定置最大
切さく部	原動機40 KW 電動機 $\frac{43}{52}$ R.P.M (90 KW $\frac{54}{65}$ R.P.M)



構造概要

先端の円錐形ドラムビットを挿入し、ものを回転させながら切羽面を切削された礫は2本の極密腕で集めてコンベアに送り込み後方運搬設備に流し連続に切削する。

6. RT45A試運転及び調査

(1) 事前調査

RT45A使用に際しては(図-1)に見られるように11本の縦ボーリング及び5本の水平ボーリングにより綿密な調査を行った結果、湧水もほとんどなく堅岩もみられないことから、一応施工に適するものと判断された。しかし逆に比較的軟質の岩であるため、グリッパー附近の地山の破壊、滑り等の把握が必要であると考えられた結果この点に基いて試験を行った。試験は坑口より600m附近の切羽より採取した試料(表-1)、デイスフカッター、グリッパーの模型によって、カッター静的貫入試験、カッター転動係数試験、グリッパーと壁面の摩擦係数試験等を行ったものであり、その結果を用いてグリッパーに働く力を計算したものが(表-2)である。

以上より、グリッパーのみで鉛直荷重は受け得ず、スパイフの装着、オギジャリグリッパー等が必要である。しかし、水平荷重によるグリッパー反力に対しては地山も十分に耐えられる事がわかった。

性質	細砂砂岩
比重	2.7
塊体強度	1.27 kg/cm ²
圧縮強度	17.7 kg/cm ²
引張強度	2.05 kg/cm ²
地山力	20.0 kg/cm ²

(表-1) 試料

自然状態	砂岩含水率	減速率
P ₁ 19.0 kg/cm ²	25.6 %	23.5 %
P ₂ 5.2 kg/cm ²	9.0 %	9.82 %
T ₁ 242,000 kg	1,000,000 kg	919,000 kg
T ₂ 203,000 kg	272,000 kg	382,000 kg
R ₁ 8.56 kg	5,180 kg	5,300 kg
R ₂ 175,000 kg	175,000 kg	190,000 kg
R ₃ 9,400 kg	8,025 kg	12,000 kg
R ₄ 43,200 kg	43,200 kg	72,000 kg
グリッパー	202,200 kg	

$$P_1 = T_1 / A \text{ (グリッパー全押入力)}$$

$$P_2 = T_2 / A \text{ (同: 水平荷重時)}$$

$$T_1 = \sqrt{(R_1 + R_2)^2 + (R_3 + R_4)^2} / 2C$$

$$T_2 = (R_3 + R_4) / 2C$$

$$R_1 = \text{トルク反力}$$

$$R_2 = \text{自重反力}$$

$$R_3 = \text{先行抵抗}$$

$$R_4 = \text{カッター推力}$$

$$A = \text{グリッパー面積}$$

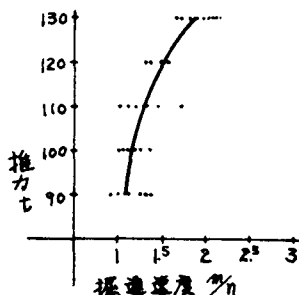
$$C = \text{グリッパーと壁面の摩擦係数}$$

(2) 試運転結果

(表-2) グリッパーの力

昨年12月27日より試運転掘さくを開始した。グリッパー圧を250t(接地圧8.7kg/cm²)に機体を保持し、推力90tで低速回転で1mを平均掘進速度40分位で掘さく。坑外で充分に負荷運転が出来なかったため、油圧関係、ベルトコンベアの調整等を要し年内の掘さくは掘進14mで終了。今年に入って坑壁も安定したのでグリッパー圧を350t(接地圧12.1kg/cm²)に推力も100t~130tに上げたところ掘進速度も平均35分となり現在は大きなトラブルもなく順調に掘進している。尚現在迄の最高掘進は18%平均12%となっている。

推力と掘進速度



試運転状況百分率



運転日数 9日
総時間 220時間
掘進 113m

7. あとがき

工事着手より日が浅く十分な実績がない為、本トンネルに於ける機械化掘削の諸データを系統的に取りまとめる事が出来ないが、今後施工中に岩石試験等の種々の調査をさらに実施し、施工実績と関連させ順次取りまとめた。その一部を図面等で発表する。