

山陽新幹線建設工事におけるトンネルの機械化掘削

齋藤 徹*
高山 昭**

1. はじめに

最近、鉄道・道路などの急速な開発に伴い、トンネル工事の占める割合が増加し、トンネル施工法にも機械化・合理化の波がおしよせ漸次変化してきている。しかも今後わが国のめざましい経済成長とともに、さらに建設工事が急増し、それに伴いトンネル工事の急増も必至である。この急変する時代に即応するためには、現在のトンネル施工法の機械化・合理化に向けて一段と拍車をかける必要がある。すなわち、近い将来予測されるトンネル熟練労務者の不足に伴い、機械化の促進、工事の安全性の確立、工期の短縮、さらに工事費の削減が必然的に要求される。そのため、トンネル工事の大半を占める掘削は、現在の発破工法を改良し、機械化・合理化と本格的な新工法の開発を促進する必要がある。

一般に、機械化掘削として使用されているものは、対象地質により3種類に大別できる。機械シールドは軟弱地質を対象とし、トンネルボーリングマシンは中軟岩から硬岩を対象としている。また、機械シールドとトンネルボーリングマシンの中間を埋める機械は、ロードヘッダーやビッグジョン (Big John) 等がある。これらの機械は、各国はもちろん、わが国においても最近各工事に使用されるようになったが、わが国特有の地質条件に適

応した機械化掘削は、幾多の技術的問題点が未解決として残されており、まだ、試用の段階で実用化にまで至っていない。

国鉄においても、機械化掘削の技術的諸問題を解決するために、昭和42年北陸本線木浦トンネルで直径2.3mのトンネルボーリングマシンを導坑に使用した。その後再び直径4.5mのRTM (Rock Tunneling Machine) による施工を計画し、昭和44年山陽新幹線西庄トンネルの導坑掘削用として採用した。さらに、同じく高塚山トンネルにビッグジョンを全断面掘削用として採用した。これらの実績を経て、ここに、山陽新幹線のトンネル工事の機械化掘削工事のうち、高塚山トンネルと西庄トンネルの施工実績を報告する次第である。

2. ビッグジョン工法 (高塚山トンネル)

(1) 地質

高塚山トンネルは六甲山地の西端に位置し、その延長は3264mである。本トンネルの地質構成は、図-2に示すように砂岩、礫岩および凝灰岩の互層である神戸層群と、砂礫および粘土の互層により構成される大阪層群によって大きく二分される。

神戸層群は第3紀末に形成されたもので、固結して軟岩化している。その後の地殻変動により節理の発達が著しく、圧縮強度は50~200 kg/cm²の範囲で、局部的に500 kg/cm²程度の凝灰岩が存在する。これに対して、大阪層群は第3紀末より第4紀初期にかけて形成されたもので、礫の卓越する部分と砂の卓越する部分とが混成している。全体としてはよく締っており、N値は20~80である。断層は顕著なものが認められないが、弾性波の低速度帯が神戸層で2か所、大阪層では1か所が認められている。また、湧水は大阪層で100~200 l/min程度である。

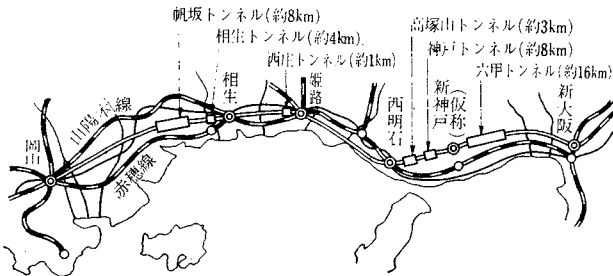


図-1 山陽新幹線位置図

* 正会員 国鉄広島新幹線工事局長
** 正会員 国鉄新幹線建設局工事第三課長

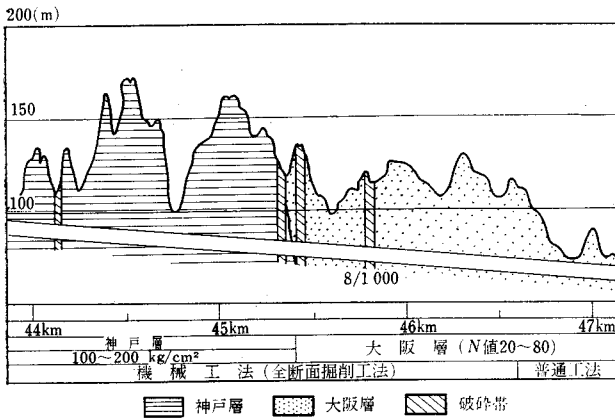


図-2 高塚山トンネル地質図

(2) ビッグジョン工法

本トンネルの施工計画は当初底設導坑先進上部半断面工法を予定していたが、地形・地質・湧水等から検討した結果、機械掘削による施工が十分可能であると判断された。一般に、大阪層群は機械シールドが好適であり、神戸層群はトンネルボーリングマシンが適しているが、他方、地質に応じて機械を変更することは経費が増加しさらに搬出入を考慮すれば得策ではない。よって、この

両地質を掘削可能な機械として、すでにアメリカメムコ社で開発され良好な実績を持つビッグジョンによる全断面機械掘削を考え、本機による施工に変更した。

ビッグジョンは、図-3に示すようにシールド上部におおの独立して稼働するポーリングプレートを持ち、シールド内にリッパーを有するポケット（容量4m³）が、バックホー式に取り付けられ、切羽全面に到達できる長さのアームを持っている。ビッグジョンは、シールド内のガイドの中を前後して、アームおよびポケットとともに上下に動き、また回転する。掘進はビッグジョンのリッパーにより切羽を心抜状に掘削し、次にポーリングプレートを地山に圧入することにより地山の頂部を崩落させる。ホッパー内にたまったずりは、ビッグジョンによりベルトコンベアにかき寄せられる。次に、シールド本体の推進（1ストロークは1.2m）を行ない、完了後はインパートセグメントの据付けおよび支保工の建込みを行なう。軟弱な地質に対してはシールドにフェイスジャッキを取り付け、切羽上部を押えて掘削する。ビッグジョンによる掘削が困難な堅岩の場合は、ゆるめ発破を併用する。

(3) 設 計

ビッグジョン工法は全断面掘削のため、できる限り単純断面が望ましいが、円形以外の断面でも掘削可能であるので、設計断面はインパートと下水の設計をあわせて検討した結果、図-4に示すような二心円の内空断面を採用した。

支保工は設計強度、施工の難易、経済性等を考慮した結果、インパート部を除いてリブアンドラッキング方式を採用した。リブアンドラッキング方式とは鋼アーチ支保工を標準1.2m間隔に建込みその間に堅木材（アビトン）を落し込み頂部は水平にジャッキで押し

表-1 ビッグジョン諸元

| 機 械 名 | | 種 別 | 諸 元 |
|---------|--------------|--|----------------------------------|
| シールド | シールド | 形状 | 高さ 10.53m, 幅 11.41m |
| | | シールドジャッキ | 長さ 上部 7.31m, 下部 5.01m(フランテッドタイプ) |
| | 油圧ポンプ | 250t×1.2m×31本 50HP×2台 | |
| シールド | ポーリングプレート | 形状 | 幅 1.3m, 長さ 5.3m 12枚 |
| | ジャッキ | 300t×1.20m×12本 | |
| | フェイスジャッキ | ジャッキ | 30t×2.5m×6本 |
| ビッグジョン | ポケット | 容量 | 4m³ リッパー4本付 |
| | 作動範囲 | 回転 | 220° 前後 3.3m |
| | トラベルジャッキ | 400t×3.30m×2本 | |
| | トランスミッション | 400t×1.23m×4本 | |
| | メインシリンダー | 1000t×3.00m×1本 | |
| | チルティングジャッキ | 400t×1.10m×2本 | |
| | 油圧ポンプ | ビッグジョン用 | 200HP×10台 |
| | 油圧ポンプ | 油圧ベアリング用 | 75HP×1台 |
| 油圧ポンプ | アシウムレーター用 | 20HP×1台 | |
| 油圧ポンプ | ブースタモーター | 3HP×1台 | |
| ベルトコンベア | 形状 | 幅 1.8m, 長さ 31.0m | |
| | 速度 | 137m/min | |
| | 油圧ポンプ | 200HP×2台 | |
| 支保工拡張装置 | オイルモーター | 4台 | |
| | エキスパンションジャッキ | 100t×0.40m×1台 | |
| | 上下ジャッキ | 10t×0.25m×1台(手動) | |
| 備 考 | 油圧ポンプ | 3.7kW | |
| | 電 圧 | 坑内 6600V ビッグジョン 440V | |
| | 全装備能力 | 2660HP (S/H 150HP B/J 2110HP B/C 400HP 700t (S/H 250t, B/J 370t, B/C 80t) | |

注：S/H：シールド，E/J：ビッグジョン，B/C：ベルトコンベアを示す。

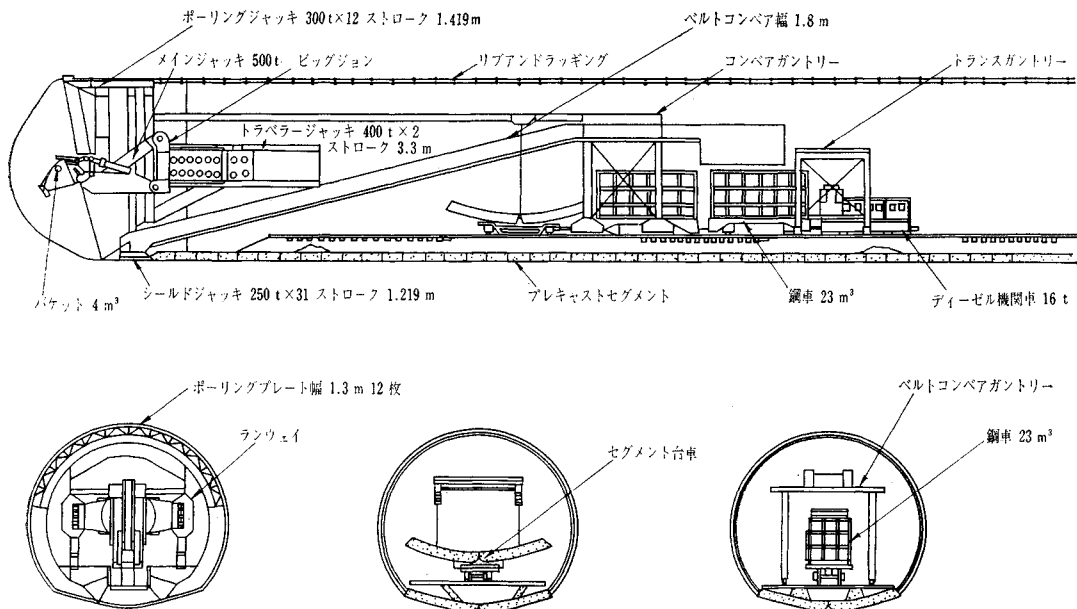


図-3 ビッグジョン一般図



写真-1 ビッグジョン

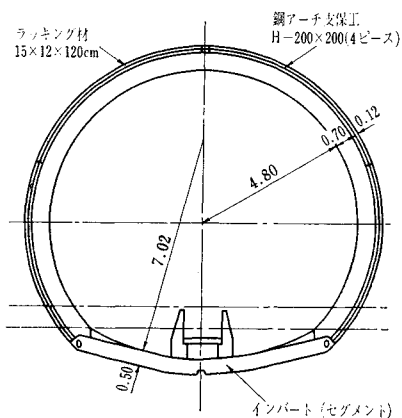


図-4 高塚山トンネル断面図

広げてスペーサーをそう入する方式である。この方法は、支保工を地山に密着させて、地山のゆるみを防止す

るとともに、シールドの反力をとらせるためである。覆工は巻厚 70 cm を標準として、土圧の相異により所要の鉄筋を入れるよう考慮した。また、インパートは施工上からセグメントとした。

(4) 施工計画

ビッグジョンの総重量は 700 t である。そのため、大規模な発進基地を必要とし、運搬道路・地形上から土かぶりの最も薄い 46.880 km 付近を開削して組立基地を設け、大阪方へ延長 3 000 m をビッグジョン工法で掘進することとした。

掘進速度は日進最高 20 m、平均月進 300 m を想定した。このため、発生するずりは 1 日約 2 000 m³ に及ぶため、ダンプトラックで処理することは、とうてい不可能であるので、軌道による処理を考えた。鋼車は 23 m³ 積を使用し、3 両連結を 2 編成、2 両連結を 1 編成準備し、1 サイクルのずり搬出を行なうようにした。ロコは 16 t のディーゼル機関車を 6 両準備した。

なお、大型運搬車のため軌道はとくに 50 kg レールを使用した。

掘削と併行して全断面の覆工コンクリートを打設するが、工事の安全性と地山のゆるみを最少限に食い止めるため、早期に打設する計画をとった。このため、15 m の全断面スライドホームを使用し、60 m³/h の能力を持つ強制練りプラントにより混合し、60 m³/h のコンクリートポンプによる打設を計画した。

(5) 施工実績

a) 大阪層群

ビッグジョンは、大阪層群から昭和44年8月末日掘削を開始した。掘削当初、機械の初期故障、作業の不慣れなどにより日進5m前後であったのが、その後1サイクル100分程度になり、掘削延長300mに達するころには日進15m前後の記録を出すようになった。しかし、この付近から300 l/min程度の湧水を伴う砂層がビッグジョンによる掘削中に切羽上部から崩落し、掘削が困難となった。先進ボーリングの結果から、上部の砂層は、50m以上にわたって存在していることが確認された。このため、シールドの改造(フェイスジャッキ2本追加、上半のブラインド化)を行ない、デッキプレートを取り付け、必要に応じて地山へのLW注入、土砂崩落によって生じた空洞へのモルタル注入等の手段を講じた。このようにして、ビッグジョンによる掘削を進め、再三の土砂崩落に遭遇しながら2か月を費して砂層地帯を突破した。その後順調に掘削を進め、掘削延長1000m付近では日進最高24mの記録を樹立した。

b) 神戸層群

神戸層群の掘削は、しばらくの間軟質岩が続き湧水もなく順調に進んだが、途中から節理が少なくなり、硬質化してきたのでゆるめ発破を併用して掘進した。しかしながら、さらに硬質化の傾向が強くなり、リッパーの折損、シールドならびにボーリングプレートの内側の変状



写真-2 神戸層の掘削状況

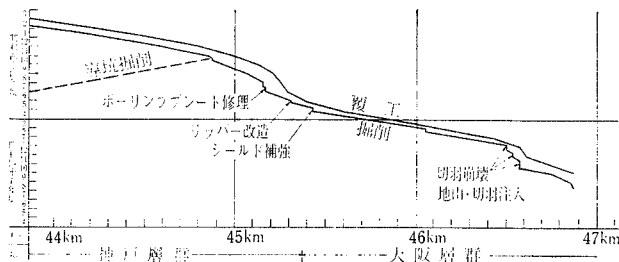


図-5 高塚山トンネル工程実績図

があいつぎ、これらの補強に追われ、掘進速度の低下する傾向が現われた。このため、反対坑口(大阪方)から12m²の中央導坑を迎え掘り、この導坑から放射線状にせん孔し、ゆるめ発破をかけてからビッグジョンにより掘削した。この工法による掘削は良好であり、昭和46年2月、大阪方坑口で掘削総延長3018m、全断面の貫通をみたのである。

大阪層群・神戸層群全区間通しての実績工程は図-5に示すとおりである。蛇行量は左右が30mm前後、上下が50~100mm程度で比較的少なく、設計の許容範囲内に押えられた。また、稼働日平均進行は8.3m、稼働日率は67%、延日数に対する平均月進は約170mであり、適性な対象地質であれば月進300m以上記録しており、今後の施工に大いに期待できる実績といえるであろう。

3. RTM 工法 (西庄トンネル)

(1) 地質

西庄トンネルは姫路駅から西約2kmほど行った地点に位置し、延長は1070mである。西庄付近の地質は、中生代後期の表成火山活動による火山砕屑岩類と、これに続く局所的な安山岩類の貫入と、一連の火山活動により発達した酸性岩類などで構成されている。地質調査の結果、図-6に示すように岩質は流紋岩質凝灰岩が大半を占め、局所的に安山岩が貫入していると思われる。弾性波探査およびボーリングの結果から、一部破砕帯が存

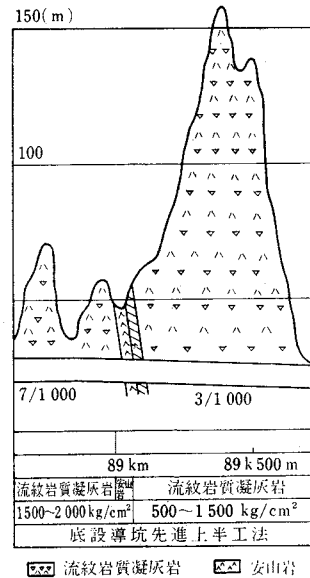


図-6 西庄トンネル地質図

在していると思われるが、全体的に非常に緻密で亀裂も少なく、弾性波速度は 4.0~5.0 km/sec の範囲である。また、圧縮強度は流紋岩質凝灰岩の場合 500~2000 kg/cm² で、局部的に 2000 kg/cm² 以上の岩が介在している。なお、全区間湧水はわずかであった。

(2) RTM 工法

国鉄で開発し三菱重工で製作した RTM の使用場所は、地質・トンネル延長・施工時期・搬出入条件等を検討した結果、西庄トンネルに決定された。本トンネルの地質調査の結果、地質構成は破碎帯・堅岩がわずかで比較的安定しているが、全体的に緻密な岩質であることが憂慮された。しかしながら、すでに木浦トンネルでは軟岩掘削の実績を持っており、中軟岩、さらに堅岩に挑むことは、機械化掘削の開発を促進させるためにも必要であると考え、まずカッターによる切削試験を行ない、切削が十分可能であることを確認して採用に踏み切ったのである。

表-2 RTM 諸元

| | |
|-------------|------------------------------|
| 掘進径 | 4.5 m |
| 全長 | 13.34 m |
| 総重量 | 130 t |
| カッターヘッド回転方式 | 単軸回転式 { 高速 6 rpm 低速 3 rpm |
| 主電動機 | 125 kW × 4 = 500 kW |
| 推進力 | 112.5 t × 4 = 460 t |
| グリッパージャッキ | 1.020 t |
| プロテクタージャッキ | 216 t |
| 掘削トルク | 80 t-m |
| ずり出し方式 | バケット式 |
| 掘削方式 | 圧縮破碎式 |
| カッター | ギヤ式およびボタン式ローラーカッター |
| 1 ストローク長 | 1.3 m |
| 運転方式 | ワンマン コントロール |

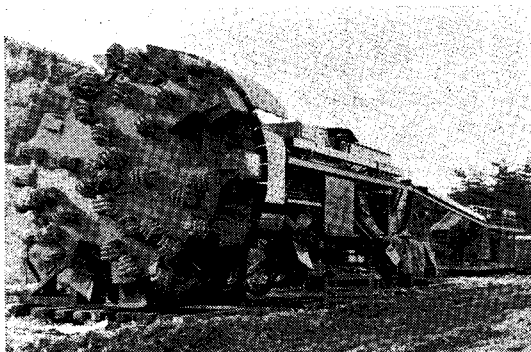


写真-3 RTM の全容

RTM の掘削機構は、カッターヘッドに取り付けられたカッターを切羽に所定の推力で押し付け、そのカッターの歯先の貫入作用とローラーの回転運動による衝撃作用により、切羽全面を連続的に細片状に破碎させる方法である。掘削方式は 4 本の推進ジャッキによりカッター

を切羽に押し付け、4 台の電動機で毎分 3 回転または 6 回転させて切羽を圧碎し、1 ストローク (標準 1.2 m) 掘進する。掘進中の反力は、導坑周壁に 6 本のグリッパーでとる。圧碎されたずりはカッターヘッドの外周に取り付けられた 12 個のバケットにより連続的にすくいとり、ベルトコンベアに落される。1 ストローク掘進後は盛替えを行ない、再び掘進する。なお、カッターはアメリカ・ヒューズツール社のもので、中軟岩用にはギヤ式ローラーカッター (MNX)、堅岩用にはチップインサートローラーカッターを (HHX) 採用した。

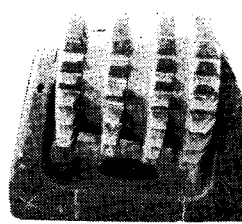


写真-4 ギヤ式ローラーカッター (MNX)

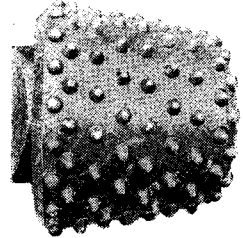


写真-5 チップインサートローラーカッター (HHX)

(3) 設計

本トンネルは図-7 に示すように山陽新幹線標準断面を採用している。導坑は直径 4.5 m の円形断面であるため、その高さは導坑内等三線・下水掘削・切広げ等を考慮し FL より 65 cm 下がりとした。導坑支保工は軟弱層のみ建込みとして 125 H の鋼アーチ支保工を 3 ピースに設計している。切広げ後の巻厚は 50 cm および 70 cm で、50 cm 区間は上半にロックボルトを使用した。

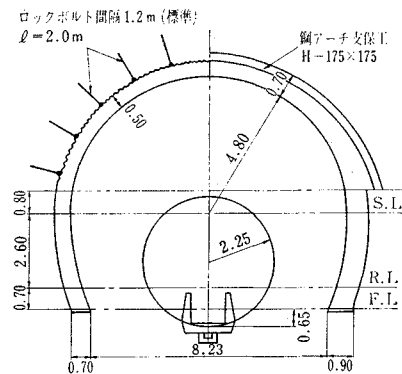


図-7 西庄トンネル標準断面図

(4) 施工計画

本トンネルは、底設導坑先進上部半断面工法により、底設導坑は両坑口付近を除き、約 1 km を RTM による掘削とした。なお、RTM 掘進中、各種試験・測定等を行なうため、導坑貫通後切広げをする、いわゆる分離

表-3 改 造 一 覧 表

| 区 分 | 第 一 次 改 造 | 第 二 次 改 造 | 第 三 次 改 造 | 第 四 次 改 造 |
|---------|--|--|--|---|
| 改 造 位 置 | 20 M 89 | 108 M 12 | 135 M 12 | 225 M 83 |
| 改 造 月 日 | 3/14~4/4 | 5/15 | 5/28~6/6 | 8/3~9/21 |
| 改 造 日 数 | 22 日 | 1 日 | 10 日 | 50 日 |
| 故 障 | ① カッターヘッドの振動大 ② カッターベアリング破損発生 | ① カッターの異常摩耗 ② カッターベアリング破損発生 | ① ドライ方式による振動大 ② カッター破損発生 | ① カッターベアリング破損発生 |
| 原 因 | ① カッター配列のアンバランス ② カッターヘッドの外周部の角度の不適合 ③ 破砕ずり処理不完全 | ① ずりのバケットによるすくい込み不完全 ② スクレーパーのクリアランスが大き | ① ずり処理不完全なため、2次破砕による振動とカッター破損 | ① カッター強度不足 |
| 改 造 項 目 | ① カッター配列変更およびカッター増設 ② カッターヘッドの角度変更 ③ スクレーパー取付け | ① スクレーパーバケットの改造 ② 散水中止 | ① 下部プロテクター取付け ② スカート、ブラッシュ取付け6か所 ③ ドライ方式 | ① カッター12シリーズを15シリーズに変更 ② カッターヘッド角度の再変更 |

作業方式を試みた。

総重量 130 t の RTM は、運搬道路・組立基地などを検討の結果、岡山方坑口からの発進とし、坑外で組立て、坑口から導坑までの 20 m 区間を発進基地とした。掘進速度は日進最高 20 m、月進最高 300 m を目標とした。このため、掘削延長 100 m は試運転区間としてオペレーターの養成、毎日の点検、初期故障による修理、さらに総合的な試験、測定等のため一方運転とした。ずり運搬は、ストローク中に発生するずり処理のため 15 m³ 積みのシャトルカーを 3 台準備した。なお、導坑貫通後、上部半断面は導坑をバーンホールとするバーンカット工法により掘削し、さらに、上半支保工はロックボルトを採用し、経済性と急速施工を計画した。

(5) 施工実績

昭和 43 年 12 月、岡山方坑口付近に RTM を運搬し、約 1 か月間で組立て、昭和 44 年 2 月直径 12 in の大きさのカッター MNX を 34 個取り付けて掘削を開始した。掘進後まもなく機械の初期故障が発生し、さらに予想以上のカッターの破損と摩耗が目立ち、これらの原因を追求しながら表-3 に示すように第一次、第二次、第三次改造を行なった。この間の掘進速度は、日進 5 m 前後であり、かつ掘進速度向上が困難であるとの判断から、掘削延長 226 m 地点から HHX に切替えた。この結果、稼働日数 12 日で 100 m を掘削し、カッターの交換もなく、HHX の掘削効率は良好であった。

しかしながら、掘削実績・総合試験・測定等から総合的な補強が必要と判断されたので、50 日間を要して第四次改造を行なった。改造後、掘削延長 324 m の切羽から 12 in と 15 in の MNX を取り付けたカッターにより再び掘進を開始した。掘進後まもなく圧縮強度 2000

kg/cm² 以上の硬岩帯に遭遇し、著しい摩耗が生じ、掘進速度が急激に低下した。先進ボーリングの結果、10 m 程度硬岩帯が介在していることが確認されたので、亀裂工法を採用した。亀裂工法とは、発破により切羽に亀裂だけを発生させ、その後 RTM で掘削する方法である。切羽がはく離する場合、RTM が後方に控えているため、大きな岩塊を坑外に持ち出すことが困難であり、あわせて切羽が不陸になり、カッターが破損する恐れがある。このため、十分に検討して孔間隔をできる限り短くし、せん孔長 2 m で、孔数 120 本とし、このうち半数を 1 孔あたり 200 g の「えのき」2 号を装薬して、RTM で掘進するに可能な亀裂を入れることができた。これにより、10 m の硬岩帯を 15 日で突破した。

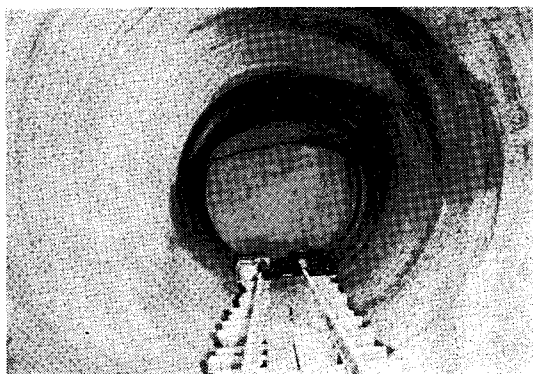


写真-6 RTM によって掘削された導坑

硬岩帯突破後、第四次改造時にヒューズツール社に注文した 15 in の HHX が到着したので、HHX に交換して掘進速度の向上をはかった。HHX による掘削効率は良好で、カッターに関するトラブルはなくなり、平均日進も 7 m 前後になり、昭和 45 年 1 月には日進最高 15.5 m を記録した。この結果、堅岩に対する掘削の可

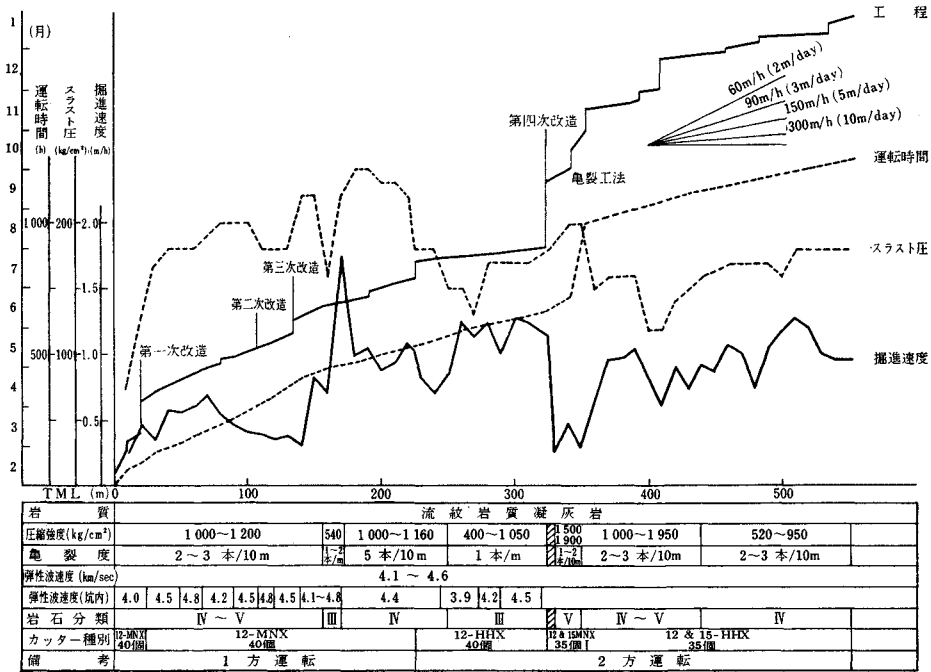


図-8 RTM による掘削実績

能性が追求できたので、今後稼働率を向上させるために総合点検とそれに伴う改造が必要とされた。このため、これらの工程を検討した結果、長期間を要し、本トンネルの工期から RTM の掘削延長は 553 m までとし、残りの導坑は発破工法に切替えた。

RTM による掘削実績は 図-8 に示すとおりである。延べ運転時間は 1 240 時間であり、RTM による掘削は、全作業時間の 25% にあつた。掘進速度は、MNX の場合、圧縮強度 500~1 000 kg/cm² の範囲ではおおむね 1.0 m/h 前後であるが、とくに亀裂が多い場合、急激に掘進速度が早くなる傾向がみられる。また反面、圧縮強度 1 500 kg/cm² 以上で亀裂が少ない場合、急激に低下している。HHX の場合、圧縮強度 1 000 kg/cm² 前後で掘進速度は 0.5~1.0 m/h の範囲といえよう。スラスト圧は、実績から 150~200 kg/cm² の範囲が好ましいとされている。稼働日平均進行は、本トンネルの地質の場合、HHX 区間が 7 m 前後で、MNX 区間が一方運転で 3 m 前後である。なお、1 か月の稼働日数は 20 日前後であった。

4. 機械化掘削の今後の問題点

(1) ビッグジョン

ビッグジョン工法は国内で初めて採用されたわけであ

るが、高塚山トンネルで延長 3 000 m を掘削した結果、今後この工法を採用してゆくにあつて種々の教訓を得た。その問題点をあげてみると次のようである。

a) ビッグジョンの構造

ビッグジョンの構造はほぼ良好といえるが、今後稼働率を向上するために、バケット・リッパー・アキュムレーター等を改良してゆく必要があると考えられる。また、ローリング調整も今後の課題といえる。

b) 軟弱層に対する掘削

切羽の崩壊に対してほとんど無抵抗である。本トンネルでは、ボーリングプレート・プレッシングジャッキ等で鏡を押えるようにしたが、十分な効果は期待できなかった。今後、シールドの耐性強化等を改良する必要がある。

c) 堅岩層に対する掘削

本トンネルの実績から判断して、軟弱層に対してはビッグジョンが適していると考えられる。ただし、機械の改良と地山の処理等に一段の研究が必要であると思われる。また、堅岩に対してはリッパー掘削による限界が圧縮強度程度 300 kg/cm² と予想されるので、これ以上の堅岩に対しては、ゆるめ発破等による併用工法が必要となる。今後、本トンネルの実績を生かして能率的な工法を追求してゆくことができるとと思われる。

d) ビッグジョン工法の採否

ビッグジョン工法は比較的軟岩を対象とするので、そ

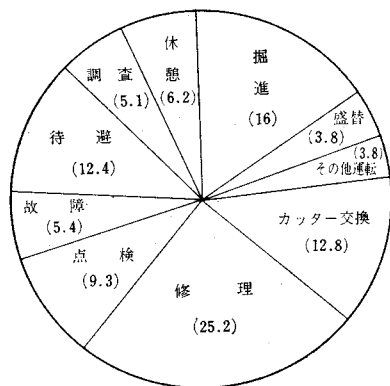
の採用にあたっては、事前に綿密な地質調査により軟弱層や堅岩層の確認と、その突破工法、さらに地山のゆるみ等を十分検討して、その適否を判断する必要がある。

(2) RTM 工法

直径 4.5m の RTM により堅岩を掘削した結果、各種の問題点が明らかになった反面、また、堅岩に対する機械化掘削の問題点が生じたのも事実である。ここに、とくに堅岩掘削を対象に新たな問題点をあげてみる。

a) 稼働率

稼働率は図-9に示すとおりであるが、平均稼働率は23%である。この低率の主たる原因は、機械の故障による作業と機械の修理である。とくに狭隘な坑内で部品の交換、あるいは修理する場合、わずかな故障でも相当の時間を費し、そのため今後修理時間の短縮化をはかることを検討しなければならない。また、複雑な地質に耐えられるより強力な RTM にするために、各種の故障の原因、さらに定期点検や総合点検で得られた新たな事実や測定結果を追求して改造を行ない、稼働率の向上を計る必要がある。



(掘削全延長)
図-9 稼働率

b) カッターライフと適性地質

カッターライフは、MNX、HHX ともに適性地質によって異なってくると思われるが、MNX の場合はおおむね圧縮強度 500 kg/cm² 前後、HHX の場合はおおむね圧縮強度 1000 kg/cm² 前後で経済的なカッターライフとなるであろう。

掘削当初 MNX を圧縮強度 1000 kg/cm² 前後の岩に使用したが、カッターライフは 200 m 以下であった。とくに圧縮強度 1500 kg/cm² 以上の堅岩を掘削すると急激に摩耗する傾向がある。これに対して、軟岩掘削の実績がほとんど得られなかった。したがって、MNX の場合、適性地質に対するカッターライフの査定は困難であったが、今後追求してゆかなければならないと考えら

れる。HHX の場合、圧縮強度 1000 kg/cm² 前後の岩に使用した結果、200 m ほど掘進して 10 % の摩耗であり、これから適性地質に対するカッターライフは 1000 m 以上といえよう。今後、各種のカッターを有効に使用するために重要なことは、トンネルの綿密な地質調査が要求される。すなわち、各種のカッターはその最適条件の地質に使用して最も効率がよく、しかも機械全体の故障も減少させることができよう。このためにも、今後各種のカッターに対する適性地質と、カッターライフの関係を追求してゆく必要がある。

c) 蛇行

蛇行は予想以上であった。この主たる原因は堅岩区間で蛇行が生じた場合、方向制御するために RTM 全体に動力学的に予想以上の反力が生じ、外周カッターの破損も生じる恐れがあり、オペレーターの高度な技術が必要であった。そのため、蛇行修正がむずかしく、修正するためには長い距離を必要とした。将来の面から全断面掘削を考えれば、早急に追求すべき問題と思われるので今後、方向制御方式について研究してゆきたいと考えている。

5. おわりに

以上、山陽新幹線の機械化掘削について概略を述べた。これらの本格的な機械化掘削の採用は、近い将来の社会情勢からみて、建設工事の省力化と工期短縮への積極的な試みなどからしても大切なことであるといえる。とくに、計画から施工に至るあいだ、国鉄大阪新幹線工務局・施工業者ならびに関係各位の熱意と開発への意欲によって得られた両トンネルの施工実績は、内外ともに貴重な資料となり、今後の機械化施工の合理化に一段と拍車をかけることになるであろうと考えられる。

そのために、今後さらにビッグジョン・RTM 等の機械化掘削の開発を進めてゆくにあたり、共通した問題点を以下にあげてみたい。それは、複雑な地質への耐性と稼働率の向上、適性地質の正確な把握、以上の2つとその問題点の追求であると考えられる。また、機械化掘削と、それに伴う大断面掘削等のための、綿密な地質調査と、掘削中に必要に応じて行なうことのできる急速先進ボーリングによる地質の把握が要望される。これらの一貫した開発を、今後積極的に進めてゆかなければならないと思う。

なお、山陽新幹線で活躍した両機は、その後総合的な改造を経て、ビッグジョンは山陽新幹線北九州トンネルに、また、RTM は東北新幹線に、省力化・急速施工をめざして重ねて活用する計画が進められている。

(1971.12.23・受付)