

東北新幹線のトンネル工事の施工について

日本国有鉄道山形新幹線工事局

○ 正会員 土居 則夫
正会員 中島 三郎

1. はじめに

東北新幹線東京、盛岡間(約500km)の建設工事は、昭和46年10月工事実施計画が決定され、昭和5年度完成を目標に工事が進められている。山形新幹線工事局は福島、宮城県下を担当しその延長は227kmである。この区間には白河、郡山、福島、新白石(仮称)、仙台、古川のも駅が設置される。最高速度を250km/hとしたため路線選定は半径4,000m以上、勾配15%以下という厳しい条件を満たす必要があり、トンネル区間の延長は34%にあたる78kmにも及び東北新幹線最長の蔵王トンネル(11.2km)をはじめ89ヶ所を数える。トンネル工事特に長大トンネルの工事は、全体の工程を支配するので大部分のトンネルは着手し、現在全線にわたって工事が進められている。以下福島県、宮城県下で施工中のトンネル工事の施工についてその概要を報告する。

2 トンネルの地質

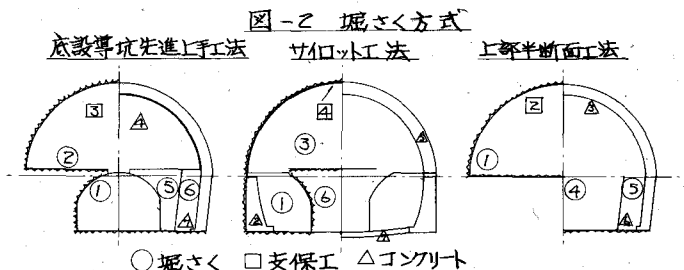
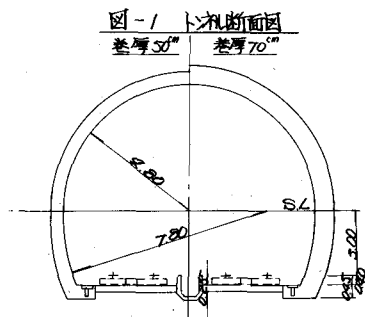
福島、宮城県地方の地質は北上川、阿武隈川を境界として、大きく3つのブロックに分けられる。北上山地、阿武隈山地及び両山地の西側である。北上山地は北上川の東側に位し、母岩に花崗岩が貫入している。阿武隈山地も母岩から成り変成作用を受けて片岩化し、西部には片麻岩タイプの花崗岩が広く分布している。両山地の西側は新生代第三期中新世の熔岩(安山岩が多い)、凝灰岩、凝灰角礫岩、砂岩等が厚く堆積している。東北新幹線のルートは福島県では郡山市から福島市の間は、阿武隈山地の花崗岩地帯の西側をかすめるが(安達、福島トンネル等)その他は新生代第三期の凝灰岩、凝灰角礫岩、熔岩等である。

宮城県については、県南部で阿武隈山地北端の花崗岩地帯をかすめるが(第3白石、岡トンネル)その他は新生代第三期の凝灰岩、集塊岩、頁岩等で地層は極めて複雑で数多くの断層破砕帯、岩脈(安山岩等の)による変成も数多く、規模の大きい山(蔵王トンネル)では、かなりの湧水(最大1工区最大6 $\frac{1}{2}$ min)がみられる。また県北部は、さらに新しい地層で数種の砂岩、シルト岩等である。

3 掘さく方式

トンネルの断面は図-1のとおりであり基本的な掘さく方式としては、図-2に示すように3つのタイプを採用している。堅硬な地質が極めて少ないためきのこ型工法は採用していない。

底設導坑先進上半工法が最も一般的で約70%はこの方式によっている。比較的低延長の短いトンネルでは、上部半断面工法をとり、タイマシステムによっている。また地質が悪く地耐力が不足で逆巻工法のとれない場合には、サイロット工法を採用している。(表-1参照)



4. 機械化掘さく

最近のトンネル工事の長大化、急増に伴い急速施工、省力化安全施工が最大の急務となっている。近年アーク支保が一般的になってく岩設備、ずり運搬設備、コンクリート打設設備等いずれも大型化に向って着実に進み坑内作業も単純化されてきた。しかし将来の方向としては大型の掘さく機の開発である。掘さくの機械は本来の能率アップに加えて最近特に問題になってきた騒音等の公害対策上も極めて有利である。これまでに青森トンネル、山陽新幹線でウォールマイヤ、ビックジョン、三菱ヒューズRTM等が使用され、機械化掘さくへの努力が続けられている。しかしながら我が国のような複雑な地質で十分な能率を発揮するには、まだ多くの問題が残されている。東北新幹線においても、盛岡工事が施工している第二有壁トンネルで三菱ヒューズRTM、三井ロードヘッダMRH、S40、MRH、S90を組合わせて掘さくし、かなりの成果を収めている。当局管内でも岡トン

ネル(1740m)において、川崎ジャーバRTM(表-2参照)を導入して単坑掘さくを行っている。このトンネルの地質は、おもむね次の6種に分類され、かなりバラティに富んでいる。

- A…集塊岩質凝灰岩 $\sigma_c = 150 \text{ kg/cm}^2$
- B…き裂の多い安山岩と凝灰岩の互層
- C…塊状安山岩 $\sigma_c = 1900 \sim 2400 \text{ kg/cm}^2$
- D…安山岩破碎帯区間
- E…凝灰岩 $\sigma_c = 100 \text{ kg/cm}^2$
- F…風化花崗岩 $\sigma_c = 500 \text{ kg/cm}^2$

掘さくの実績は表-3に示す通りである。一坑2000 kg/cm^2 級の硬岩に対しタングステンカーバイトのインサートチップ型カッターを使用して0.7%の実績を得た。また10m程度の破碎帯は簡易なパイプルーフで突破したがかなりの長期間を要し今後の最大の課題であろう。その他30~80 kg/cm^2 程度の砂岩等の導坑、上半の掘さくにおいてロードヘッダ、ユニヘン

表-1 トンネル一覧表 (1000m以上、南から)

トンネル名	延長	地 質	着手時期	基 本 工 法
白坂 (2965m)	南工区 1600	安山岩質凝灰岩、安山岩質凝灰岩	48.1	底層先遣、上半工法
大崎	北工区 1365	石英安山岩質凝灰岩	48.1	上半工法
中新城	3065	—	47.3	底層先遣、上半工法
安室 (2930m)	南工区 1170	石英安山岩質凝灰岩	48.2	—
	北工区 565	風化花崗岩 (砂)	48.10	—
	2300	—	47.6	—
福島 (7530m)	南工区 125	凝灰岩、流紋岩	48.7	上半工法
	北工区 450	凝灰岩	48.7	—
	石合工区 220	花崗岩	47.6	底層先遣、上半工法
	幸道工区 2360	—	47.6	上半工法
	平石工区 2580	花崗岩、風化花崗岩	47.6	底層先遣、上半工法
	熊田工区 1145	凝灰岩、凝灰角礫岩	47.9	上半工法
蔵王 (11210m)	石合工区 4000	凝灰岩、凝灰砂岩、集塊岩、塔岩	46.12	底層先遣、上半工法
	原工区 3130	集塊岩、塔岩	46.12	—
	中田工区 2875	集塊岩、塔岩、安山岩質凝灰岩	47.3	(一部サイロット工法)
第2白石 (3725m)	南工区 1435	凝灰角礫岩、輝石安山岩	47.11	底層先遣、上半工法
	北工区 2300	凝灰岩、輝石安山岩	47.7	—
第2小金山	1050	凝灰岩、風化花崗岩	48.9	—
岡	1740	凝灰岩、安山岩、花崗岩 (一部風化)	47.11	(一部上半工法)
第2葉坂	1265	凝灰岩、砂岩、頁岩	48.2	底層先遣、上半工法
奥金山	2325	凝灰岩、砂岩、安山岩、砂岩	47.9	—
志賀 (3435m)	南工区 980	—	48.9	—
	北工区 2515	—	47.7	—
第3利所	1920	細粒凝灰岩	47.7	—
石倉山 (2510m)	南工区 650	凝灰質砂岩	48.7	サイロット工法
	北工区 1960	—	47.7	—
三ッ内	1960	砂 岩	47.9	—
第一三本木	1015	—	47.9	底層先遣、上半工法
第一足山	1460	泥 岩、安 炭	47.10	サイロット工法
大 又	2400	細粒砂岩	47.7	底層先遣、上半工法
第一有壁	1650	—	48.3	(一部サイロット工法)

表-2 川崎ジャーバRTM諸元

名 称	仕 様
掘 削 径	最大 5,000m / m 最小 3,800m / m
径 の 変 更	アタッチメント交換方式
カッター型式及び個数	リード社QKCタイプ 56ヶ
カッターヘッド回転数	7.3v. p. m
駆 動 馬 力	750 P S 125 K W X 6 台 440 V
起動用オイルヒーター	電動機直結式
オイルポンプ	55 K W 300kg / cm ²
推進ストロークおよびカ	750m / m 750t (8シリンダー)
メインベアリング	外径 1,900mm / m N S K Xローラベアリング
ア ン カ ー カ	1,600t (100t X 2 X 8 レッグ)
プ ロ テ ク タ ー	左右40° 昇降ストローク 600m / m
エ レ ク タ ー	ギヤードモーター駆動 リンクエレクター
ト ラ ン ス	50サイクル 6,600V 750KVA
集 塵 能 力	150mf / min 19Kw
ズリ出 能 力	200t / H
先 進 ポ ー リ ン グ	ヤマトEY-75 60m / m φ
レーザビーム	NEC 1mmW Zターゲット表示
全 重 量	(本体) 約 188t

ダ等在大巾に採用し、かなりの実績を上げて
いる。

5 特殊工法

1) 断層破砕帯の突破

蔵王トンネル(11.2km)の地質は、凝灰岩
凝灰角礫岩、集塊岩、熔岩等が不整合に混在
し、断層破砕帯は、大小20数箇所を数え、

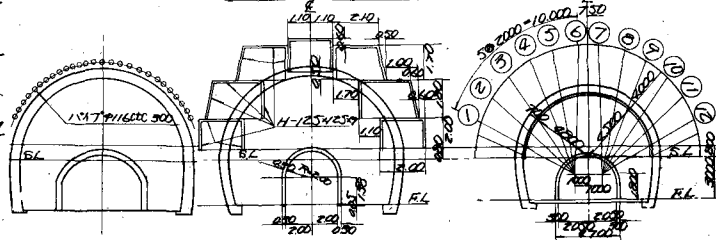
規模の大きいものは50mにも及ぶ。これまでも度々導坑切羽が土砂を伴った1~3 $\frac{1}{min}$ 程度の集中湧水に
見舞われ、導坑の掘進は止まれた。今後もさらに大規模な破砕帯に遭遇することが予測されている。

原工区においては、昨年11月これまで最大の破砕帯に遭遇し仮覆工を行ない、さらに木製支柱式支保工で支
えた導坑が延長20m余にわたって崩壊した。直ちに鏡止めを行なうとともに、ボーリングによる破砕帯の確認
を行ない現在大孔至水板ボーリング、水板坑を掘さくしているが突破までかなりの日時を要するものと思われる。

2) 東北本線との交叉

安達トンネル(3.0km)、福島トンネル(7.6km)では、4箇所で大津鉄道と交叉し14、19、29、41mがボリでそ
の下を通過する。安達トンネルの交叉箇所の地質は、風化花崗岩、シルト質砂岩で、かボリは14m、交叉角が薄
いため大津線への影響範囲も160mに及ぶ。これに対しては地盤強化の注入を施工した後図-3に示す坑導式掘
さく工法(最小加背で坑導を掘さくし直ちにコンクリートを充填した後上半を掘さくする)あるいはパイプ
ーフ工法($\phi 116$ mmのボーリングを施工しこれに鋼管を挿入した後モルタルを充填する。その後上半の掘さく
を行なう)等を採用すべく検討している。福島トンネルのかボリ19mでの交叉箇所の地質は風化花崗岩、頁岩等
である。これについては図-3に示す
ように導坑掘さく後直ちに仮覆工を行
ない上半掘さく前にあらかじめ影響範
囲に地盤強化のための注入を行ない上
半掘さく後直ちに一次覆工を行ない地
山のゆるみを最小限にすることによっ
て無事突破することができた。

図-3 東北本線と交叉



3) 膨張性地質の突破

大崎トンネル(3.1km)愛宕山トンネル(2.3km)等においては、その一部に膨張の粘板岩、頁岩等があり導坑
のサイドが両側で70cm押出され、塩脹れも20cmに達した。このようなところでは、導坑を下盤も含めて覆工を
行ないその進行を押えた。上半掘さく時は掘さく直後に一次覆工を行ない側壁、インバートコンクリート等を施
工し地圧の状況をみながら二次覆工を施工する方法により、又必要な場合はサイロット工法をも採用して突破す
る計画である。

6. おわりに

以上福島、宮城県下における東北新幹線のトンネル工事について、中間的報告を行なったが着工以来2年余幾
多の困難な問題に遭遇した。また今後も幾多の難関が待ち受けていることであろう。しかし蓄知を集めて無事これ
を突破し所期の目的を達成したい。またトンネル湧水に伴う地表の湧水の減水の問題、発破による振動騒音の問題、坑内からの湧水
の処理の問題等多くの問題をかかっているが、これらについても真剣に取り組んでいる。最後に今後新幹線鉄道網の拡大大津鉄道
の整備等鉄道トンネルについてもかなりの工事量の増加長大化が予想される。これに伴って掘さくの高速度省力
化安全施工が切実な問題となる。確かにトンネル機械の大型化は着実に進んでいるが、将来の方向としては全断面の機
械化掘さくであろう。これに対しては発注者も受注者も一体となって開発を進める必要がある。