

北陸新幹線五里ヶ峯トンネルの急速施工について

RAPID EXCAVATION FOR LONG TUNNEL "GORIGAMINE TUNNEL" ON HOKURIKU SHINKANSEN

森藤眞治* 市川益士**

Shinji MORITTOU and Mitsushi ICHIKAWA

This tunnel is provided for double track railways for SHINKANSEN.

Total length of GORIGAMINE TUNNEL is 15.2km. Construction work site has been divided into four sections. TOGURA work section is planned to excavate approximately 5 km, after excavation of the 620m horizontal shaft, the excavation work is carried out rapidly by means of the total section blasting method by NATM, by full use of the large motordriven loading shovel and 6-boom gantry jambo crane.

Keyword : blasting method by NATM, rapid excavation

1. まえがき

北陸新幹線軽井沢・長野間は、高崎・軽井沢間に引き続き軽井沢駅より佐久駅（仮称）および上田駅を経て長野駅に至る延長約 84km（長野車両基地まで）の路線であり、平成3年8月に工事に着手し、平成9年秋の完成をめざして現在建設が進められている。

同路線は信州の山並を通過するため長大トンネルが多く、路線の約半分がトンネルとなっている。このうち、上田市、坂城町、戸倉町、更埴市にわたる五里ヶ峯トンネルは、日本の陸上トンネルで第4位の長さ（15.2 km）となる新幹線複線型トンネルで、全体を4工区に分けて本格着工している。

五里ヶ峯トンネルの戸倉工区は、片押しで約5 kmの延長を短期間で完成を求められていることから、大型機械を用いたNATM全断面発破掘さくタイヤ工法による急速施工法を計画した。

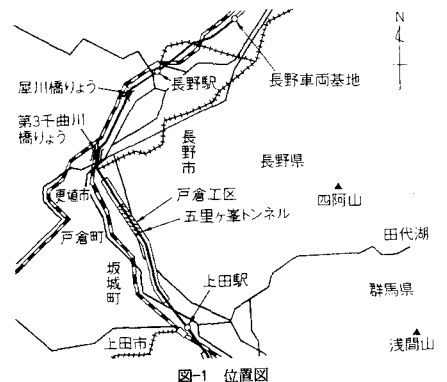


図-1 位置図

* 正会員 日本鉄道建設公団北陸新幹線建設局 次長

** 正会員 日本鉄道建設公団北陸新幹線建設局 戸倉鉄道建設所所長

2. 地形・地質の概要

五里ヶ峯トンネルは、新第三紀層の基盤岩からなる急峻な山地地形、千曲川の支流河川によって形成された扇状地地形、厚い崩積土によって覆われる地すべり地形、千曲川によって形成された平坦な氾濫原沖積低地に区分されている。

また、地質は、フォッサマグナの東縁部に位置し、新第三紀中新世中期に属する海成堆積物で、下部層は石英安山岩質凝灰岩及び砂質凝灰岩、中位層は、黒色頁岩、頁岩砂岩の互層で構成されている。

2・1 戸倉工区の地質状況

戸倉工区は土かぶりが50～600mで当工区に現れる地質は、凝灰岩と黒色頁岩であり全区間を通じ破碎帯が数箇所想定されている。なお、基盤での弾性波速度は4.0 ～ 5.2km/secであり、熱水変質による珪化作用を受けている新第三紀層としては硬質で良好な岩盤となっている。おもな特性は、

(a) 黒色頁岩

黒～暗灰色を呈し堅硬であり、一般的に層理面は不明確、節理は発達し、層理面より節理面で割れやすい。風化すると灰～茶褐色となり細片状となる。

(b) 流紋岩質凝灰岩

灰白～青灰白を呈し極細粒で緻密、非常に堅硬である。一般的に層理面は不明瞭であるが、節理は発達し割れやすい。風化はしにくく頁岩のように細片化することはない。

(c) 石英安山岩質凝灰岩

淡緑色～灰白を呈し粗粒、結晶質で非常に堅硬で一般的に無層理であるが、節理は比較的発達する。

3. 急速施工法の計画

鉄道トンネル（複線）や道路トンネル等の大断面トンネルでの急速施工を目的とする掘さく技術は、地形・地質が不安定な我が国においては現在ミニベンチ等による掘さく工法が一般的におこなわれている。

本トンネルは、地質が全般的に安定していることから、全断面による長孔発破と大型機械設備による施工法を計画した。

3. 1 長孔発破工法

発破工法の計画は下記の点を主眼として計画した

①地山の性状に柔軟に掘進長が対応できること。

②地山自体の持つ支持力を最大限に利用し周辺地山への損傷を極力与えない。

①については、一発破進行長の変更あるいはミニベンチ工法にも容易に対応できる施工設備機械の選定を行った。

②については、SB工法の採用により、できるだけ掘さく面を滑らかに施工し、地山の応力集中を避けるとともに、余掘りの低減を図ることとした。

3. 2 試験施工

国内における長孔発破工法の実績は少なく、また、頁岩での施工実績例がないことから、長孔発破の成否を支配する種々の要因が未だ明確になっていないこと、また、検討すべきことが多々あることから、本施工に先立ち、平成元年から現在作業坑として使用している箇所でも試験施工を実施した。

試験施工の結果から、 $L=3.0 \sim 4.0\text{m}$ 程度の長孔発破は、施工性・経済性とも通常施工同様な施工が可能との結論が得られた。

3. 3 機械設備計画

トンネル施工においての、掘さく作業は切羽に集中し、かつ一連（さっ孔⇒装薬⇒結線⇒発破⇒ずり出し⇒支保）の作業であり、各々が異なった機械での施工であり各作業がクリティカルとなるため施工機械の選定は、

- ・各作業に対して十分能力を発揮できる。
- ・設備機械によるトラブルがサイクルに影響を及ぼさない。

を機械選定の基準とした。

特に、本トンネルのように5kmの施工に際しては、遠深部になるにつれ機械の稼働率の低下が予想されることから、各作業毎に別々の設備機械とする単機能型とした。これらの選定方針により採用した各設備等について以下に述べる。

(1) さっ孔機械

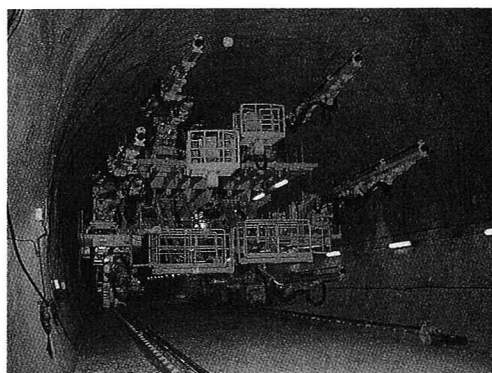
発破方式の掘さくでは、さっ孔⇒装薬⇒結線が主な作業であり、その中で最も機械化の進んでいるさっ孔機械には6ブームガントリージャンボを採用した。

①仕 様

全長×全幅×全高	: 21.5m × 7.6m × 9.3m
全重量	: 180t
ドリフター	: MD-150(55KW)×6 台
足場	: チャージングゲージ×2 基 (上段) リフトブルスライドデッキ ×2 基 (中段)
走行装置	: 走行モータ、スライドルール (L=40m)

②特 徴

- ・多連ブームの適切な配置による稼働効率及びさっ孔能力の向上
- ・装薬、支保などの人力作業が効率的にできるためサイクルが短縮できる
- ・機械の耐久性が高く長大トンネル向きである
- ・落石に対し各デッキが防護し安全性が高い
- ・日常の整備が他の作業中にできる
- ・ミニベンチの際に上下さっ孔が可能
- ・独自の方向制御機能によりさっ孔精度が高い



(2) ずり処理機械

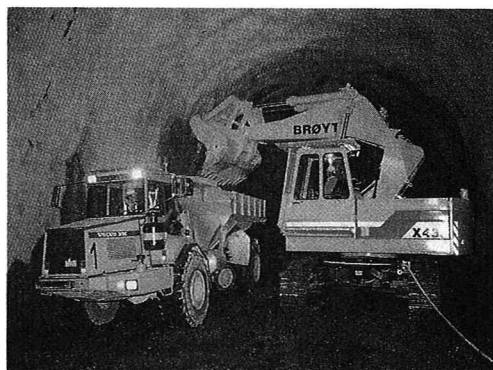
トンネル掘進のサイクルタイム向上を図るには、ずり処理時間を短縮することが重要で、かつ内燃機関の場合、排気ガスにも考慮する必要がある。このことから、トンネル用大型電動ローディングショベルを採用した。

①仕様

型式 : プロイト X43E D
 バケット容量 : 3.0 m³
 全長×全幅×全高 : 4.02m × 3.75m × 6.88m
 全重量 : 46t

②特徴

- ・バケット容量が大きい
- ・長いブームと短いブームとの組み合わせで、狭隘な場所でも高効率が発揮できる
- ・電動・エンジン両用タイプなので、坑内環境にもよく、移動時の機動性もある



(3) 運搬機械

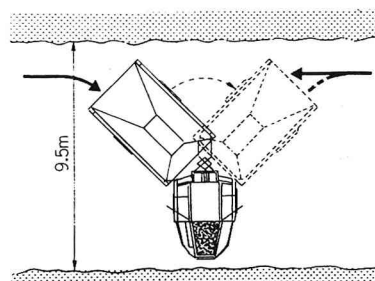
ずり運搬については、大型ローデインショベルを効率よく活用するために、できるだけ大容量の運搬機械が望ましく、坑内条件、安全性などを考慮して自転式大型ダンプトラック (25t)を採用した。

①仕様

型式 : ボルボ A 2 5 B
 積載能力 : 13.0m³
 全長×全幅×全高 : 9.01m × 3.18m × 3.24m
 全重量 : 37.8t(全重量)、15.3t(車両重量)
 走行速度 : 31~51 km/h
 最小半径 : 7.5m (外径)

②特徴

- ・トンネル幅最小 9.5m で、方向転換が可能なターンテーブルが不要であり、常に前向き運転で安全性が高い
- ・低排ガスエンジン・水噴霧装置により、トンネル内の環境が良い
- ・フロントサスペンションおよびエアコンが標準装備され、オペレーターの作業環境が良い



(4) 支保 (吹付けコンクリート)

地山の支保材となる吹付けコンクリートは、施工サイクルの短縮をはかることから、大容量吹付けシステムの機械設備とした。

①仕 様

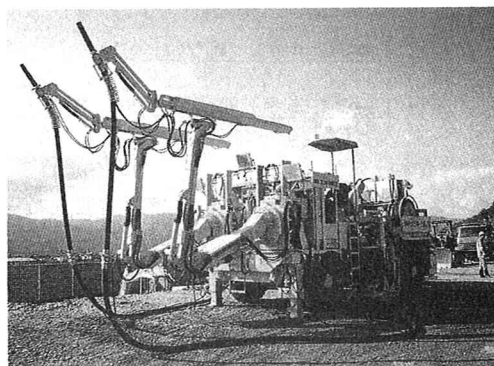
型 式 : マンテス S F-2
構 成 : (AL-285 吹付け機、)
(AL-306 吹付けロボット)
×各2セットを1台のキャリア
に搭載

全長×全幅×全高: 11.5m × 3.0 m × 3.7 m

全 重 量 : 26.0t

②特 徴

- ・大容量吹付け (20~24 m^3/h) が可能である
- ・2台の吹付け機械を台車の左右に配置したことにより、走行時安定性が向上し、かつノズルまでの配管長が半減したため、施工性、経済性、作業環境が向上する。
- ・吹付けロボット自体がリフト装置により上下できるため、ミニベンチ工法にも対応できる



(5) 二次覆工

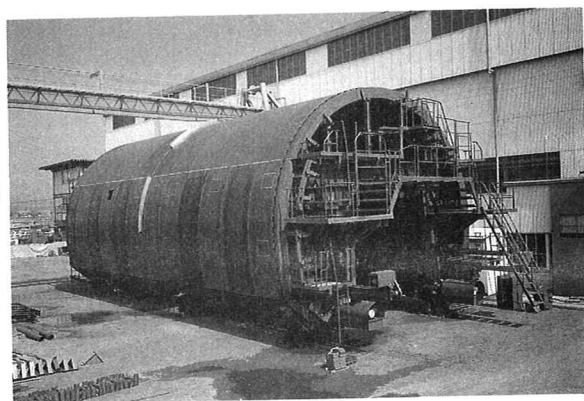
二次覆工は、全体工程的な面から急速施工が必要なためロングスパンセントル (L=18.0m)を採用している。

①仕 様

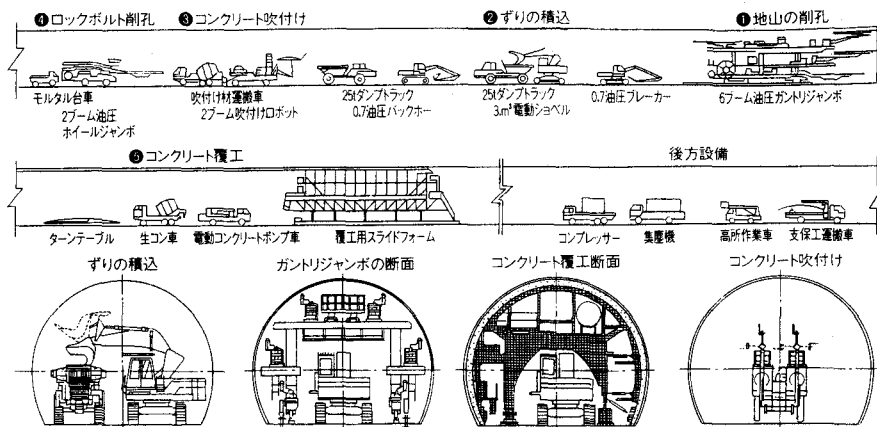
型 式 : 全断面スチールフォーム
構 成 : R= 4.75m L=18.0m
重 量 : 200.0t

②特 徴

- ・1打設が長いので、中央部に目地を入れることによりクラックの発生を防止している



(5) 施工順序



4. おわりに

本トンネル（戸倉）工事は、平成4年2月に着工し、全延長の約40%を急速施工により掘さくしている。
 今後、安全で経済的な工法となるよう、さっ孔長を延ばすなどの一層の技術の追求、検討を重ね、長大トンネルにおける急速施工法を確立し、北陸新幹線の一日も早い開通を目指して努力して行く所存である。