

新清水トンネル工事中間報告*

杉 田 安 衛**

1. ま え が き

上越線は表裏日本を結ぶ重要な路線であるが、最近旅客貨物の増加がいちじるしく、その輸送力は全線にわたってすでに単線による能力の限界に達しており、全線を複線化するため、昭和 36 年から複線工事に着工している。

この複線工事の最大の難関は、地形しゅん峻な谷川連峰の横断である。現在線は土合～土樽間を 9.702 km の清水トンネルで貫ぬき、その前後湯桧曾と土樽にループトンネルを設けているが、線増線は湯桧曾～土樽間を 13.490 km の新清水トンネルで貫ぬき、ループを作らず、現在線より高さにおいて 58 m 低く、距離において 3.400 km 短く連絡する。

新清水トンネルは、北陸トンネルにつぎわが国第 2 位、世界第 6 位の長大トンネルであり、総工費 57 億円で昭和 38 年 9 月着工し昭和 42 年 10 月開業の予定で、現在約半分掘進している。旧清水トンネルが 10 年の年月をかけ、総工費 11 700 000 円で完成したのと比較し、技術の進歩、歳月の流れについて今昔の感が深い。

2. 計 画

(1) 線路選定

上越線の複線化についての最大の問題点は、清水トンネル付近の山岳地帯である。現在はこの山岳部のみが 20% の勾配であり、これが全線を通しての輸送上のあい路となっているため、複線によりこれを解決し、より優秀な線形に改良すべく考えられたが、地形の関係から

* 本文は本誌第 50 巻第 5 号登載の口絵写真、ニュースと重複するところがあるので、ページ数の関係からその内容の一部を筆者の了解を得てカットさせていただいた。筆者ならびに読者におわび申上げる。 [編集部]

** 正会員 国鉄信濃川工事局長

10% とすることは非常に困難であり、また工費、工期の上からも損失が大となり、やむを得ず 10% にすることはあきらめ、20% でできるだけ優秀な線形とすることとなった。比較検討した案はつぎのとおりである。

a) 10 耗 案

水上から越後湯沢まで 22 km のトンネルで連絡するもので、上越線全線が 10% で通せるのは魅力であるが、上下線とも 10% にするために複線トンネルとしなければならず、工費が大となり、また湯桧曾、土合、土樽、越後中里の 4 駅が廃止となり問題がある。

b) 20 耗 案

現在線と同規格のものを 1 線増設するものであり、これに完全な腹付案と、湯桧曾～土樽間を 12 km のトンネルで連絡する別線案の 2 案がある。腹付案はループ区間に技術上の問題があり、別線案は、湯桧曾、土合両駅が地下となり、客扱い上多少の不便がある。

c) 30～35 耗 案

運転下り勾配を 30～35 耗とする案であり、工費は最も少ないが、特殊な運転方式となり問題がある。

これらの案を比較検討し、湯桧曾～土樽間をトンネルで連絡することに決定されたが、湯桧曾付近は温泉地帯であるため温泉源に対する影響を考慮し、ルートを少し山に追込み、このためトンネル延長は、13.490 km となった。

(2) 設 計

トンネルのルートは、前に示したごとく水上～湯桧曾の中間、137.300 km 付近で現在線と別れ、土合まで湯桧曾川の右岸を走り、土合から土樽までは現在トンネルとはほぼ平行となる。この間において、現在線よりも最高点で 58 m 低く、延長で 3.417 km 短くなる。運転上は、現在線を上り線、新線を下り線として使用する。湯桧曾駅は 137.500 km 付近に移し、下りホームはトンネル内に設け 70 m の横坑で駅本屋と連絡する。土合駅も、下りホームはトンネル内にできるので、延長約

300 m, 勾配 1/4 の斜坑で地表に上り, さらに 150 m の連絡通路をとって駅本屋に至る。トンネル断面は 図-1 のごとくである。

(3) 施工計画

施工上トンネルを3つに区分してある。第1工区湯松曾口, 第2工区土合口, 第3工区土樽口である。土合口は将来旅客通路となる斜坑を掘削し, 本坑は湯松曾方と土樽方の両方に向い, 全体で4つの切羽で同時に掘進する。掘削工法は全断面掘削工法を原則とし, 特に第3工区においては, パーンカット工法を指定している。従来パーンカット工法が, わが国のトンネルに本格的に採用された例はなく, 一部試行されたのみであったが, 新清水トンネルでは, 掘削速度の向上, 技術の進歩をはかるため本格的に採用したものである。なお, 第2工区で

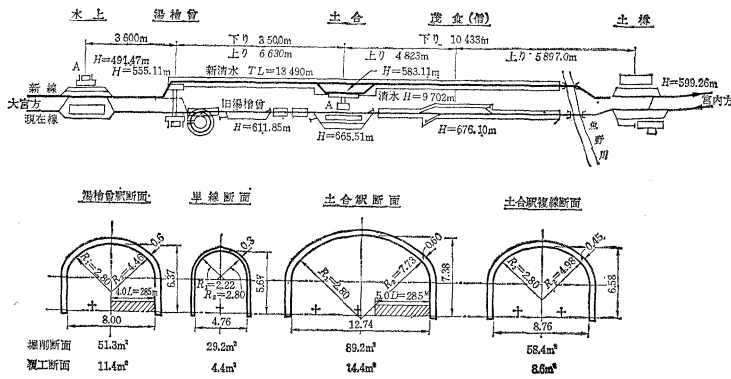
もパーンカット工法によって掘削している。

図-2 は, 工事工程表である。

このトンネル工事についての最大の問題は, 湧水とその処置である。旧トンネルの施工記録から見ても, 大量の湧水があることは必至であり, 特に第2工区は斜坑であるため, 排水はすべてポンプによらねばならず, しかも 100 m にもおよぶ揚程があり, 湧水と排水が問題であった。調査の結果, 最大湧水量を 60 t/min (水上方坑口排水量) と推定し, 一の倉沢で 12 t/min の湧水に遭遇するまでに 1,2 工区を貫通させ, 自然流下させる計画とした。

用意したポンプは 400 IP 4段タービンポンプ6台, 200 IP 3台である。なお, 施工業者は, 第1工区鉄建建設KK, 第2工区前田建設工業KK, 第3工区大成建設KKである。

図-1 水上~土樽間新旧線路図



3. 地質

新清水トンネルが貫ぬいている谷川連峰は, 太平洋側, 日本海側の分水界をなし, 地質ときびしい気象環境により, 鋭い山容を示している。特に東面は断崖絶壁が連なり, 容易に人を寄せつけない。この地質は, 谷川連峰を形成している深成岩 (石英閃緑岩, 後から併入したかこう岩) と前記の深成岩に貫ぬかれている第三紀層よりなる。第三紀層は, 湯松曾川にそって細長く

図-2 工事工程表

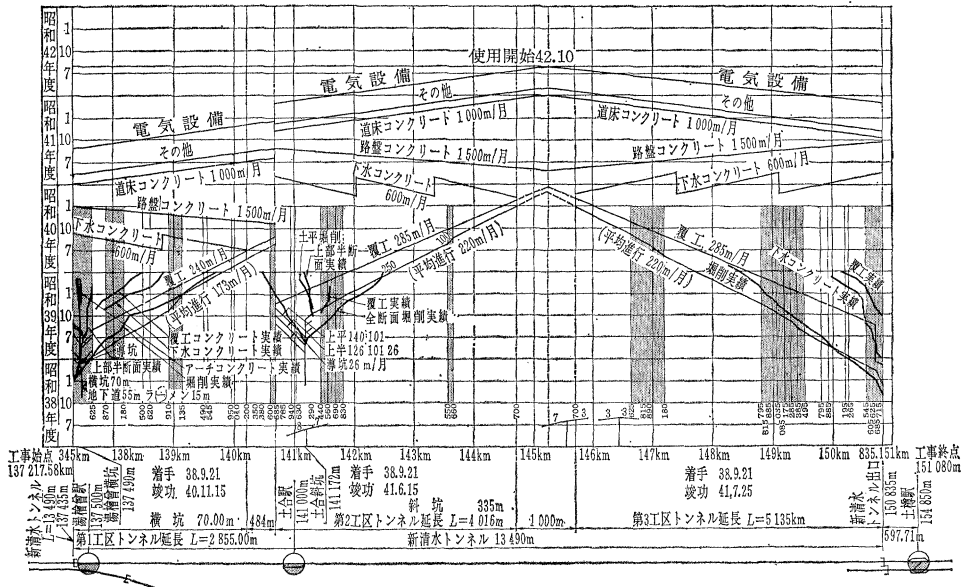
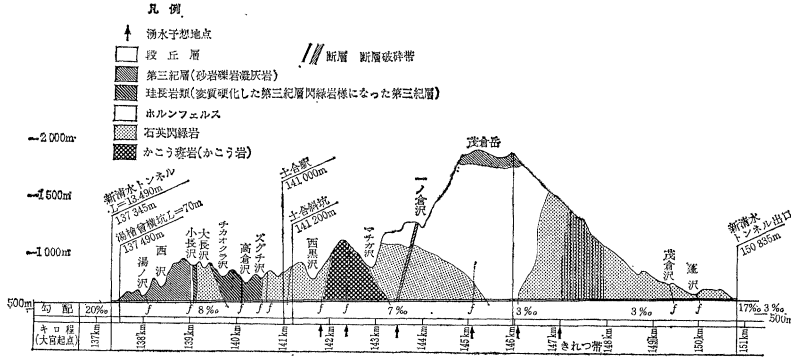


図-3 地質図



分布している。これらは、深成岩貫入により変質作用を受け、いちじるしいものはホルンフェルス化しており、また一般に硬化している（図-3 参照）。

新清水トンネルの地質調査は、踏査、弾性波探査、ボーリング、他の物理試験を地形が急峻なため調査困難である区域を除き行なった。これら調査に加えて、現トンネルの工事記録・調査資料が得られ、また水抜きトンネル、側壁コンクリート節約区間で、地質をつぶさに観察できたため、地質は比較的詳細に把握することができた。現在までの掘削実績により、地質の想定と、実際の地質について述べる。

a) 第1工区

坑口付近は河岸段丘層で、かぶりの薄い区間が100m以上続く。基盤岩は、第三紀の火成作用により珪化された凝灰岩などの堆積岩、珪長岩、石英閃緑岩などで、いずれも5.0~5.5 km/secの弾性波速度を示している。現在線工事の際、第4湯蝕管トンネルで難工し、また今回の調査結果からも、規模が大きいと推定されていた、小長沢、大長沢の断層破碎帯は湧水も比較的少なく、破碎程度もあまり高くなかった。

b) 第2工区

地質はかこう斑岩、石英閃緑岩、珪長岩よりなり、土樽方のかこう斑岩、石英閃緑岩は堅硬で、節理もほとんどない。それに反して湯蝕管方は、珪長岩できれつが多く、湧水をともなわない地質は不良である。湧水は、現在トンネルの施工記録、地形から想定し、西黒沢、西黒尾根、マチガ沢、一の倉沢などで大量の集中湧水があり、合計60 t/minにも達する予想であった。実際には、斜

坑掘削中に、斜坑を切る断層から10 t/minの湧水に遭遇し、斜坑という悪条件で、排水と掘削に難渋した。その後本坑内の割れ目から、高圧力の湧水が随所にあり、一時24 t/min（斜坑口排水量）にまで達したが、平行に行っていた薬液注入の効果もあり、時間の経過とともに減水し、現在18 t/minとなっている。

c) 第3工区

ほとんどが石英閃緑岩よりなり、土樽方は大きな割れ目のある岩石で、節理の一方がトンネル中心にほぼ平行に走っており、破碎されている箇所が多く、地山のゆるみ、ハダ落ちがあり、余掘が大きく、支保工の建込みを要する区間が多い。

4. 施 工

トンネル施工の状況、それにとり問題点などを工区別に述べる。

(1) 第1工区

a) 掘 削

第1工区の単線区間の掘削は全断面掘削方式により、ホーム区間および地下道は導坑先進上部半断面切掘げ方式によっている。

全断面掘削は3デッキ・11ブーム・ガントリータイプ・ドリル ジャンボを使用し、削岩機はASD-35を登載し80~100孔せん孔している。使用火薬は履2号、使用量は1.2~1.5 kg/m³、1爆破進行2.3mを標準としているが、現在までの実績は1日最大進行14.5m、月最大進行210mである。換気はルーツ送風機（風量300 m³/min）およびローカルファン（風量110 m³/min）によっている。

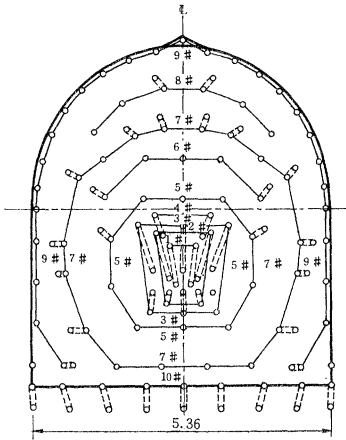
b) ずり処理

ずり積機は、コンウエイ100型電気ショベルとKR-68型電気ショベルを20日稼働を1周期として交互使用し、6m³鋼製ずり運搬車に積込む。鋼製ずり運搬車入換

写真-1



図-4 ウェッジ カット工法削せん配置図
(新清水トンネル第1工区・孔数 89 孔、火薬量 14kg/m³)



えはチェリー ピッカーを使用し、4両から6両を単位として、10 t および 8 t バッテリーカーにより、ホーム区間に設備したロータリー チップラーに運搬する。

運搬線路は 30 kg 古レール・軌間 914 mm で等三線敷設を行ない、スライド ポイントにより単複線使用を行なっているが、下水掘削が全断面切羽の後方で行なわれているため、複線としての使用区間がきわめて限定されている状態である(本誌 50 巻 5 号口絵写真⁷⁾ 参照)。

ロータリー チップラーよりのずりは、仰角 15° で設けられたずり出し斜坑(延長 66 m)内に設備したベルトコンベヤーにより坑外の鋼製ずりびんに運搬され、グリズリにより 200 mm 以下、以上に分離され、ダンプトラックにより土捨場に運搬土捨される。

200mm 以下のずりで堅硬なものは、土捨場に設けたクラッシング プラントにおいて覆工用骨材に生産される。

c) 覆 工

土捨場において生産された碎石および砕砂は、地下道

図-5 新清水トンネル第1工区覆工コンクリート作業ダイヤ

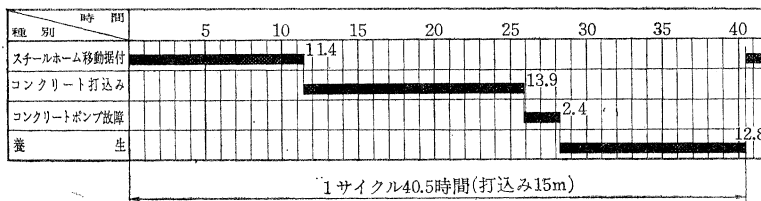
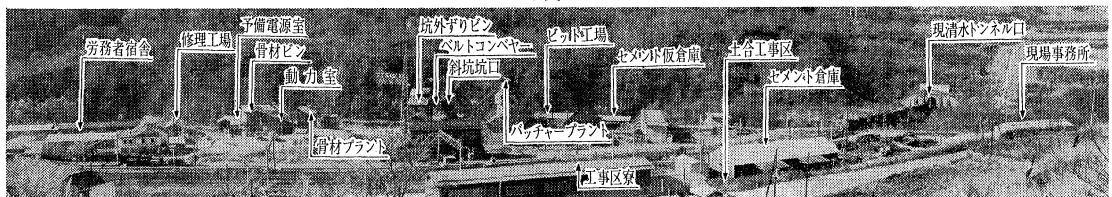


写真-2



付近に設けた骨材貯蔵槽に運搬し、ベルトコンベヤーにより、セメント・フライアッシュはバケットコンベヤーにより、ミキシングプラント(21切2台、全自動)に運搬し練り混ぜられる。

コンクリートは、3m³の自走式アジテーターカーにより坑内に搬入される。単線区間はコンクリートポンプ PK-20-b 型(8 in)で打設され、型わくは 15m のスライディングスチールフォームである。ホーム区間はコンクリートポンプ三菱 BP-25 型(6 in)で打設され、型わくはセントラルメタルフォームである。覆工のサイクルは図-5 のとおりである。

d) 問題点

① 漏洩電流について：昭和 39 年 3 月坑内に漏洩電流のあることを発見し、測定の結果最大 750 mA を記録し、電気雷管が使用できなくなった。1 工区は横坑が現在線の下を横断しており、列車が通過する際に漏洩電流は最大となり、しかも下り列車(勾配により力行運転)の場合に大であることが判明した。その後国鉄技術研究所に研究を依頼し、測定の結果、エアーパイプ、給水管と切羽に近い H 型支保工を短絡すると、最大電圧 3V、最大電流 1A の漏洩電流があることが判明した。この対策として、150 m から 200 m 間隔に 2 カ所絶縁した。絶縁は軌条に軌条絶縁、送気管、送水管に塩化ビニール管(長さ約 30 cm)を挿入した。この結果漏洩電流の最大値は 60 mA となり、電気雷管の使用が可能になった。この漏洩電流は電車線からの漏洩であり、地形的に、また変電所からの距離の関係などから、地域的に大きな値となるので注意が必要である。

② 温泉湧出と対策：湯槍曾坑口付近は温泉源に近く、線路選定の際にもこの影響を考慮してルートを山側に追込んだのであるが、昭和 39 年 3 月 19 日坑内から温泉が湧出した。これはホーム区間で底設導坑掘削後、右側に切上げ作業中のおむね EW の方向性をもつ割れ目から温泉が湧出したもので、温度は 45°C から 50°C であった。

割れ目には約 20 mm 厚さの方解石脈が版状にみられ、過去に温泉が通過した経歴を示していた。湧出箇所は木栓とコンク

リートで一応止水を行なったが、なお細かい割れ目から約 200 l/min ぐらい噴出していた。

昭和 37 年 9 月以降湯源地内の既設温泉源に対して、湧出量、温度の測定のために湯量計を取付け、また、トンネル掘削にともなう地下水の水位変化を調査するため観測井を設け、それぞれ測定を行なっていたが、坑内温泉湧出にともない若干の影響があるのではないかという懸念が生じたので、湧出箇所コンクリート打設およびセメント薬液注入を行ない止水に万全を期した。

また温泉湧出と同時に、坑内の気温が 35°C、湿度 100% となり、坑内作業は難渋をきわめた。

湯の沢までは温泉源地帯であると判断されたので、全断面掘削時には水平先進ボーリング（せん孔長 20m）を行ない、温泉の有無を確認し、湧出の恐れある箇所では注入等の処置を構じつつ施工した。温泉湧出のあった昭和 39 年 3 月から 10 月の間約 1 km 間は、切羽の気温は 26°C から 32°C、岩温は 29°C から 35°C の状態が連続した。このため坑内作業員の体力消耗はなほ大きく、切羽での作業を 3 時間以上継続することが不可能な状態となったので、交替制の変更、栄養剤の支給、賃金割増などを行なったが、離職者が続出した。ルート送風機による送風、ローカルファンの増設、切羽の撒水などを行なったが、顕著な効果は現われなかった。そこで、昭和 39 年 9 月土かぶり約 20 m の湯の沢に、換気立坑を設けた。この完成と前後して切羽の岩温も順次下り始め、立坑の効果もあり作業環境は良好となった。

(2) 第 2 工区

a) 斜坑掘削

斜坑の掘削は最初から全断面工法によって行なった。せん孔は斜坑用簡易ジャンボを製作し、ジャンボに 322 D レッグ削岩機 10 台を登載し、ずり処理はサイドダンプ式ブルドーザー ショベルにて 3 m³ 鋼製ずり運搬車に積み、150 HP、50 HP ウィンチにて巻上げ、坑外ずりビンにサイドダンプして行なった。

斜坑の中間部で当初予想もしなかった大湧水に遭遇し、排水設備の不足などで、約 50 m 水没させ、1 カ月間斜坑掘削が中止される状態になった。斜坑湧水区間の掘削は、湧水圧が高く、湧水量が多いため困難をきわめ、1 爆破ごとに切羽に 2 m ぐらい貯水し、切羽の排水に手

間どり、月進 2 m しか進まない月もあった（湧水状況は本誌 50 巻 5 号図録写真³⁾ 参照）。

斜坑での全湧水量は 10 t/min になった。この区間でのずり処理は、たえず水深 50~80 cm の水中で行なったが、サイドダンプ式ブルドーザー ショベルが非常に有効であった。このタイプの機械をトンネルで使用した実績はあまりないようであるが、土合斜坑で使用した結果つぎの利点があり、今後条件により大いに利用できると思われる。

- ④ ずり処理能力はコンウエイずり積機に匹敵する
- ⑤ 突込み力が非常に大きい
- ⑥ ずり積みだけでなく、材料、機器の小運搬にも利用できる
- ⑦ 支保工建込み足場に非常に便利である
- ⑧ 少々の水の中で自由に作業ができる

以上の利点があり、土合斜坑では非常に能率的であったが、ただディーゼルエンジンの駆動による排気ガスの問題が今後の課題と考えられる。

b) 本坑掘削

本坑掘削は、斜坑掘削終了後に坑底設備と平行に、斜坑用簡易ジャンボを改造して本ジャンボが組立てできる長さだけ掘削し、坑底設備、斜坑設備（ベルトコンベヤー、材料搬入用トロ線）の完成と同時にジャンボを組立て、昭和 39 年 6 月始めから本格的にバーンカット全断面工法で掘削に着手した。

全断面掘削に着手する前に、削岩方式について種々検討したが、堅岩トンネルで月進 250 m から 300 m の掘削速度を確保するために、バーンカット工法によることとした。

せん孔は 12 ブーム 3 デッキ カントリー型ドリル ジャンボに、ASD-35 型ドリフター 11 台、バーンホール用としてアメリカデンバー社の新鋭削岩機 PR-143 1 台を登載し、90 孔から 100 孔せん孔している。バーンホールは径 125 mm 2 本である。せん孔長は、当初 3.5 m を標準としたが、岩質によりビットロッドの消耗がはげしいので 2.5 m に変更したところもある。現在までの平均月進 180 m、最大月進 230 m であり、当初予期した進行は出ていない。

ダイナマイトは当初複 2 号を用いたが、長孔爆破になるとどうしても火薬の使用量は多くなるので、同量の薬

写真-3

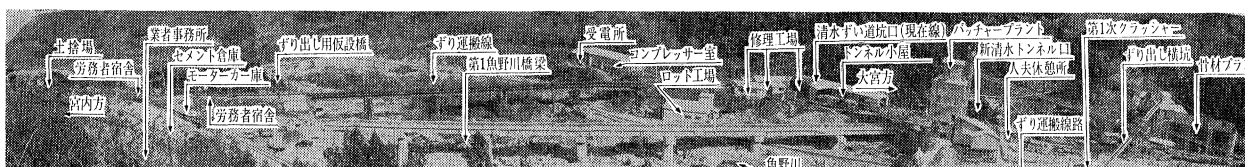
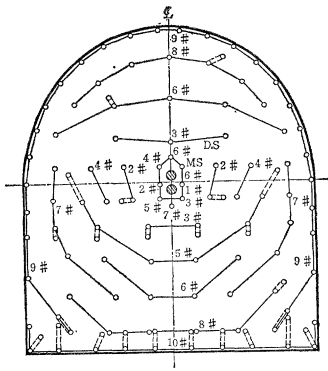


図-6 パーンカット工法せん孔配置図
(新清水第2工区・孔数 97 孔, 火薬量 1.5 kg/m³)



量でできるだけ装薬長を長くするために、一番低比重のダイナマイトを使用し、装薬の場合も殉爆が完全に起こる程度の装填密度にしている。現在まで火薬使用量は 2.0 kg/m³ 程度である。

c) ずり処理

ずり積みはコンウエイ 100 型電気ショベル 2 台を交互に使用し、6 m³ 鋼製ずり運搬車に積込み、10 t バッテリー ロコで 6 両をけん引し、斜坑坑底のずりピンにサイドダンプしてあげ、ベルトコンベヤーにて坑外に搬出し、坑外ずりピンよりダンプトラックによって土捨場まで運搬、土捨てしている。

鋼製ずり運搬車の入換えは、当初スライド式カルフォルニヤポイントを使用していたが、湧水の多い場所ではポイントの移動保守に予想以上の労力がかかり能率が悪いので、近くチェリーピッカーにかえる計画である。

d) 特殊問題

2 工区で当初削岩方式について種々検討した。すなわちレッグハンマー級の軽量削岩機によるスウェーデン工法によるか、ヘビードリフター級の重量削岩機を使用するアメリカ方式とするか、またウェッジカットによるか、パーンカットによるか比較検討した結果、設備費は多くても進行を上げた方が有利であると判断し、ヘビードリフターによるパーンカット工法に踏切ったのであるが、現在までのところ、当初予期した効果は上っていない。

この原因として、予想外の湧水により作業能率が低下したこと、岩質が堅硬であるため機材の消耗が大きく、したがって当初計画のせん孔長を縮小せざるを得なかったこと、さらにパーンカット工法はせん孔に特に優秀な技術を要求され、作業員の技術力が追従し得ないことなどが考えられる。

つぎに湧水の問題である。2 工区の湧水対策は当初から重大な問題であり、入念な調査を行ってきたのであるが、斜坑掘削時にすでに 10 t/min の大量湧水に遭遇

し、その後本坑でも各所で高圧の湧水に遭遇した。1, 2 工区が貫通して湧水を自然流下させることが可能となるまでは、排水はすべて斜坑をとおしてポンプ排水せざるを得ない。ポンプは 400 HP 6 台、200 HP 3 台を準備してあるが、電力需給の能力からも、これ以上ポンプを増備することは困難であり、注入により極力止水に努めることとした。注入は珪酸ソーダを主体とした L-W 工法と、アクリル酸系を主体とした日東 SS 工法を用いている。湧水圧の大きい、湧水量の多い箇所には日東 SS を、湧水圧の小さい箇所には L-W 工法で相当の止水効果を得ている。

なお、非常停電時のための予備電源として、ディーゼル発電機 625 kVA を 1 台、500 kVA を 2 台、200 kVA を 1 台準備している。

(3) 第 3 工区

a) 掘削

第 3 工区の掘削方式は、坑口付近を除きパーンカット全断面掘削工法を指定している。3 デッキ 14 ブームドリルジャンボに、パーンホール用大型削岩機 D-II 143 1 台、ドリフター ASD-35 13 台を登載し、90~100 孔をせん孔する。パーンホールは、径 125 mm 2 孔、せん孔長は標準 3.0~3.5 m である。計画では 1 日 3~4 サイクルが可能と考え、月平均進行 220 m と考えていたが、実績は山が予想以上に悪く、月平均進行 150 m しか出していない。火薬は履 2 号、使用量は 1.5~2.0 kg/m³ である。パーンカット工法により長孔爆破を行なうと、必然的に火薬の使用量は増大する。この対策とし、また安全の面からも、AN-FO の使用も計画している。地質良好な区間のサイクルは 図-8 のとおりである(本誌 50 巻 5 月号絵写真^{4),5)}参照)。

b) ずり処理

ずり積機は、コンウエイ 100 型と、KR-68 型電気シ

図-7 パーンカット工法せん孔配置図
(新清水第3工区・孔数 96 孔, 火薬量 1.5 kg/m³)

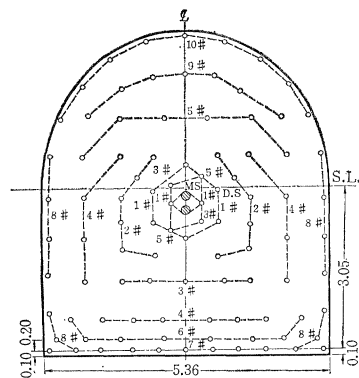
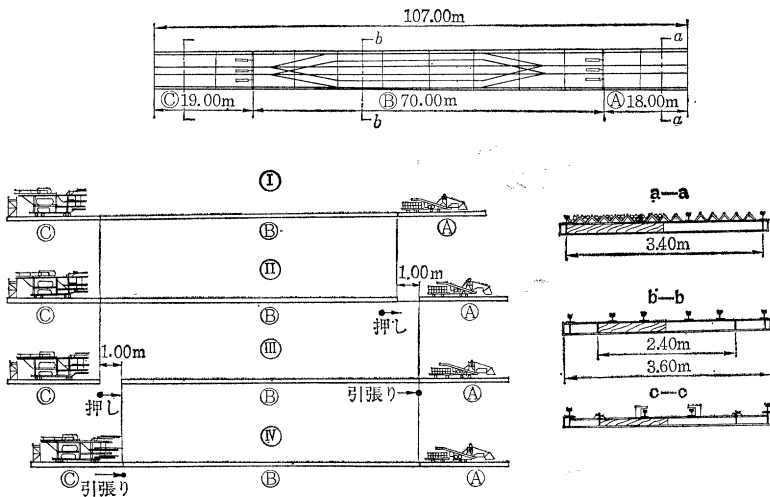


図-8 第3工区全断面掘削作業ダイヤ

種別	1	2	3	4	5	6	7	8
削岩準備	30'							
削岩		120'						
装薬, 退避, 爆破			35'					
換気			10'					
ずり積				120'				
支保工								
線路延長					15'			
その他						30'		
合計	360' 4サイクル×2.8=11.2 (最大)							

図-9 スライディング トンネル フローア



ヨベル2台を交互に使用している。ずり運搬は、6m³鋼製ずり運搬車6両を10tバッテリーロコ、あるいは12tディーゼルロコでけん引し、直接ずり捨場まで運搬土捨てする。

また第3工区の切羽には、ずり処理の能率化を計るため、スライディングトンネルフローアが敷設してある。フローアの操作は図-9に示してあるが、フローア内部に設置されている油圧ジャッキの操作により、1ストローク1m進むものであり、1爆破3mの場合は3回連続して行なう。

3m進行するのに要する時間は、15分程度である。この移動は、前部にコンウエイが乗り、後部にジャンボアが乗った状態での各部の重量と底部の摩擦抵抗とのバランスから設計されており、フローア上部のずりと、フローア前部のずりを積込みしながら前進するものであり、堆積したずりの中に押込むものではない。

フローアの利点は、袋線が固定敷設されているため、脱線事故が少なく、トロ回しの能率がよく、フローア上でのずり積込みのため、ずり積込みの能率がよい。また、後続軌道との接続が巧妙にできており、切羽の線路延ばしの手間がはぶけるなど幾多の利点がある。

c) 覆工

コンクリート用の骨材は、坑外にクラッシャーを設備し、ずりから生産した碎石・砕砂を用いている。バッチャープラントは、28切ミキサ2台、全自動式でコンクリートはアジテーターカーを8tディーゼルロコがけん引して坑内に入り、コンクリートポンプレックス200Dにより打設される。型わくは15mのスライドスチールフォームである。コンクリートポンプレックス200Dは過大であるが、貸与されているものである。

d) 特殊問題

第3工区は、当初山の状態が比較的安定しているとの想定のもとに、全面的にバーンカット工法を指定し、掘削速度の飛躍的向上、掘削技術の開発を計ったものであるが、実績は山の状態が安定せず、予期した効果が上がっていない。破碎帯では、孔荒れのため長孔せん孔ができず、またせん孔中のハグ落ち等のため、せん孔の能率が悪い。また、破碎帯でなくても、岩の目・節理が多く、方眼紙の中に断面を画いたように、水平・垂直の大きな目があり、円形に掘削するはずのトンネルが方形に

なり、大きな落石が多く、したがって余掘も多くなり、掘削、覆工とも能率低下がいちじるしい。余掘の減少について、ドリリングパターン、スムーズプラスチング等努力はしているが、「石硬くとも山硬いとは限らない」の典型的なものであり、今後山の状態が好転することにより、予期の効果が上ることを期待している。

つぎにAN-FO爆薬の使用についてであるが、外国にくらべわが国でトンネルに一般的に使用された例は少ない。AN-FOとはAmmonium Nitrate-Fuel Oilの頭文字であり、プリル状になった硝安に軽油を混合したものであり、ダイナマイトに比較して、性能、保安、経済的に有利であることが認められている。しかしトンネルで使用するには、二、三の問題があり、今まで本格的に使用されていなかった。

問題の一つは、静電気の問題である。AN-FOを装填するには、加圧式あるいはエゼクター式の空気装填機により、吹込み装填する。この際装填ホースと粒体のAN-FOとの間の摩擦により静電気が発生し、孔底に入れた電気雷管が起爆する危険があるため、孔底雷管はいけないとされていた。新清水トンネルでは、AN-FO使用により、バーンカット工法をより効果的なものにするた

め、静電気の問題を解明すべく高分子学会に研究依頼し、静電気委員会により、新清水トンネルでは孔底雷管が使用可能であるとの結論を得た。

もう一つの問題は、後ガスの問題である。理論的には後ガスの問題はないことになっているが、実際に使用してみると、CO、NO₂等のガスが発生する。今まで孔底雷管でなく孔口雷管であったため、多量のガスが発生したとも考えられるが、やはり、硝安と軽油の混合物であるため混合が完全でなかったり、また混合した後時間の経過により、軽油が分離していたりすることもその原因と考えられる。この問題は、今後鉄道技術研究所とともに解決して行く予定である。

5. あとがき

工事の進行状況は上述のとおりであり、1,2 工区はおおむね当初計画の工程に乗っているが、3 工区については現在相当の遅れをきたしている。今後残余の掘削、覆工、コンクリート道床等の諸工事があり、これらの工事と関連して工程の回復は十分に可能である。

現在の清水トンネルの掘削経験から推して、新清水トンネルの地質そのものの把握は十分であったが、地質に組合わされる工法はすでに昔日のものでなく、工期もなかば以上に短縮されている。

地質の良否は掘削の難易度であるとすれば、この良否は地質と工法の相関性に左右される。現清水トンネルでは、大湧水をともなったが導坑先進切掘工法が採用さ

れ、堅岩トンネルであるとされた。それに対し新清水トンネルでは各切羽とも全断面掘削工法であり、現トンネルと同様の地質でありながら、工法の相違が別の困難を産んでいる。

現在の機械化された切羽作業は、随時に工法の変更を行なうことは困難であり、想定された地質と実際の地質との相違による工法の多少の適不適はやむを得ないと考えられる。

2,3 工区ではバーンカットらしい長孔爆破ができない反面、支保工の建込み基数、余掘率等が増加している。

長大トンネル掘削に当り、切羽作業の高効率化を企画するのは当然であるが、一方では後続作業（運搬、覆工、下水掘削、湧水処理、換気等）にも相当なウエイトをかける必要がある。新清水トンネルでは、湧水の多いためでもあるが、機械の大型化の割合に比較的狭い単線断面であるため、掘削延長の伸びるにしたがって、これら後続作業の仕事量が予想外に大きいことを示している。

今後谷川岳の深部に突入するとともに地質状態が良好になることを期待しながらも、一方湧水量の増加も予想されるが、所定の工期に完成させるべく、一段の努力を必要としている。大方のご指導をお願いする次第である。

参考文献

- 1) 土木学会誌第 50 巻第 5 号, 91 ページ・図-1 参照
- 2) 同上, 口絵写真 6 番参照
- 3) 同上, 口絵写真 8 番参照
- 4) 同上, 口絵写真 4 番参照
- 5) 同上, 口絵写真 3 番参照

書 評

農業土木工事図譜 第1集 取水施設編

農業土木学会刊

限られた水資源の中で、水を有効的に利用するため、農業用水と各種用水との調整を行なうことが、水関係技術者の大きな話題となってきており、近年水の合理的利用を目的として取水口を統合する合口事業がさかに行なわれている。

稲作技術がわが国に入ってきてから、かんがい用水の確保は時の為政者の最大の施策目標であり、古来から数多くの取水施設や貯水池がつくられてきており、1000 年前につくられた河川からの取水施設が、現在においても長い歴史を経て効果を発揮しているものもある。

このように取水施設は水を利用するものにとって重要なものであるが、現在までにこれらの施設を比較対照した一覧書は世に出でいなかったものと思われる。

与えられた一つの構造物を設計施工するに当って、技術者は参考書による理論と過去における同種の実績を例外なく勉強するものであり、過去の実績を一括した書物が座右にあれば、大いに参考となるものである。

本書は

1. わが国における取水施設とその発展の経過の紹介
2. 同一工種について数多くの代表的設計施工の事例

を集め、これらを互いに比較検討する便益の提供を目的とし、4 年の才月を要して完成されたもので、その内容を概略すればつぎのとおりである。

1. 総括編 かんがい面積 300ha 以上を有する全国の取水施設の諸元が網羅されており、それぞれの位置は全国河川図に示されている。まとめられた取水施設は、河川よりの自然取水（せき上げを含む）831 カ所、揚水機 170 カ所、集水キヨ 28 カ所、計 1029 カ所、西暦 999 年に完成した秋田県白雪川水系鳥越堰から昭和 38 年度までに完成したすべての施設を含んでいる（98 ページ）。

2. 個別編 代表的な実施例 88 地区についての図面、写真、設計諸元を集めたもので、本書の中の核心をなしている部分である（166 ページ）。

3. 技術編 かんがい事業計画の変遷、築造の歴史、施設の設計施工管理などに関して、社会の発展、技術の進歩に従って解説がなされている（79 ページ）。

農業土木学会：東京都文京区本郷 8 丁目

東京大学農学部内 電 811-8019

【農林省 国広安彦・記】