

# 第12章 岩石隧道

## 第1節 掘鑿方式

本章で述べる岩石隧道とは便宜上設けた名稱で、硬岩、軟岩、緻密な土砂等から成る隧道の中で特に重壓を受ける場合をのぞいたものである。同じく岩石隧道でも崖錐又は一度崩壊した岩石等の場合は次章の軟弱地盤の隧道に屬するものとする。

隧道の掘鑿方式は其の地質、工期、延長の長短等によつて種々考案され實施されて居るが要するに鑿岩、爆破、礮出、支保工、覆工の諸作業の中、何れに重點を置くかと云ふ事が最も重要な問題である。

### 1. 堅岩隧道

こゝに云ふ堅岩隧道とは岩石硬く且つ節理龜裂等が乏しく、大體に於て支保工を必要としないか、單に肌落ちを防ぐ爲めの簡単な支保工を施す程度の隧道を云ふのである。

この場合は爆破の効果よく、且つ礮出作業に便利な方法を選ぶべきで、支保工、覆工等に関しては左程考慮する必要はない。

但し長い隧道では全延長に亘つてこの種の地質である事は稀であつて、時に節理、龜裂の多い區間、又は斷層帶、湧水等に遭遇する事が普通であるからこの際方式を変更するか、又は特殊の支保工を用ひて同じ方式を強行するか等は豫め考慮しなければならない。

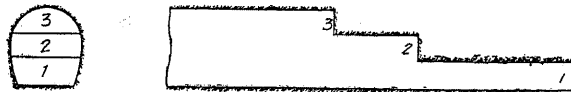
爆破の効果をよくする爲めには、導坑以外の切擴に於ては一開壁面の發破をさけ、なるべく大きな二つ以上の開壁面を持たせる様に心懸けなければならない。

我が國では最近の堅岩隧道は殆んど全部第243圖に示す順序で掘鑿されて居る。この方式を上部開鑿式 Top cut method と稱して、

底設導坑から次第に上部に切り上るので、切擴の礮は重力を利用して導坑面に敷設された運搬線に落し積みとする事が出来、且つ導坑以外には一開壁面の爆發を必要としない。

米國では主として第244圖に示すベンチ式 Bench method と稱する方法で施工されるが、この方法は頂設導坑を掘鑿後、下部の切擴

第243圖 上部開鑿式掘鑿順序

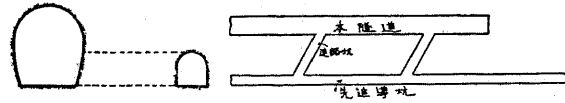


第244圖 ベンチ式掘鑿順序



を同時に掘鑿し、全部の礫を施工基面に落し、一時に強力な礫積機械を用ひて積込み作業を行ふ事が出来る。又運搬車其の他の設備も大型のものを使用する事が出来るし、一方爆破の効果もよい。然し一旦地質が悪くなつて相當 支保工を要する様になると、大型機械を使用して居る關係で急に小断面の掘鑿に移る事は出来ないので、アーチ式支保工を用ひて壓力に對抗し、同一の方式を強行するの外はない。これが米國で盛んに用ひられるが我が國では餘り用ひられない主なる理由である。

第 245 圖 先進導坑式



長大隧道では第 245 圖に示す先進導坑式 Pilot method を用ふる事がある。この方法は本隧道から少し離してこれと平行に一本の作業

用の小隧道を掘鑿し、任意の個所から本隧道の方へ連絡坑を掘つて本隧道の掘鑿を行ふので、本隧道の各種の作業が互に支障される事がない。又換氣にも非常に便利であるから特に長い隧道には有利な方法である。先進導坑として掘鑿された導坑が將來水路、道路、又は線路の増設等に利用される場合には非常に有利である。

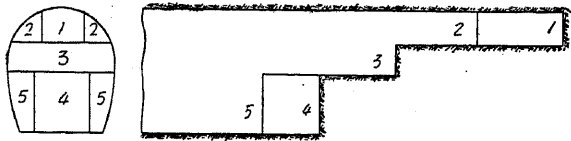
### 2. 軟岩隧道

こゝに軟岩隧道と呼ぶものは節理龜裂等多き岩石又は緻密な土砂の隧道で、枝梁式程度の支保工を要する隧道を云ふのである。

此の種の隧道を掘鑿する場合は堅岩の隧道の場合に反して鑿岩、爆破、礫出しを経済的に行ふと同時に支保工の施工に都合のよい方式を選ばなければならない。従つて次の様な條件に適合するものがよい。

1. 一時に大きな断面の切擴げをしない事。
2. なるべく早く地質の變化を知つて切擴げ作業の進行しない中に其の對策を講じ得る事。
3. 手順よく支保工を施し得て、出来るだけ地山をゆるめぬ事。
4. 礫出し作業が経済的に行ひ得る事。

第 246 圖 日本式掘鑿順序



この諸條件に適當する爲めに日本式と新奧國式の二方式が用ひられる。

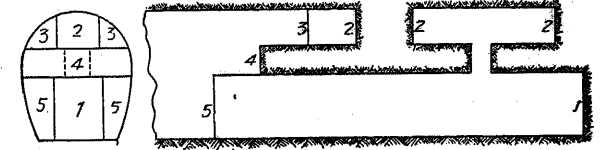
日本式は從來我が國に於て手掘り掘鑿する場合に多く用ひられ

た方法で、第 246 圖の様に頂設導坑、丸形、中脊、大脊、土平の順に掘り進み、側壁、穹拱を覆

工する。此の方法は前に擧げた條件の中 1, 2, 3 には適合するが 4 の條件には適合しない。従つて近來は短かい手掘の隧道又は特に地質の悪い所等に用ひられるのみで、餘り用ひられなくなつた。

日本式に代つて用ひられる様になつたものは第 247 圖に示す新奧國式であつて、現今我が國では殆んど總ての軟岩隧道及び良質の土砂の隧道がこの方式で施工されて居る。この式では底設導坑を掘り進めて適當な處から

第 247 圖 新奧國式掘鑿順序



上部に切り上り、頂設導坑に達してこれを兩方へ掘り進め、以下丸形中脊土平の順に掘鑿するのである。この式の日本式に比して有利な點は

1. 日本式では礫を積み込むのに殆んど重力を用ひる事が出来ないのに反し、新奧國式では底設導坑と土平以外の礫は全部底設導坑面にある運搬車へ落し積みとする事が出来る。
2. 日本式では運搬線路、壓搾空氣管、通風管等を大脊の進行につれて移設する手数を要するが、新奧國式では最初からこれ等のものを底設導坑面に設けるのでその手数を要しない。
3. 新奧國式では底設導坑さへ進行すれば何處からでも切り上つて切擴げをする事が出来るので作業面を増す事が出来る。

次に日本式の利益とする點は、新奧國式では坑口の切取を完成しなければ隧道の作業を始められないが、日本式ではこの切取りが頂設導坑面まで下れば仕事が始められる。又頂設導坑を進めて早く隧道天端の地質を知る事が出来るので悪質の地盤に遭遇した時、山をゆるめる事なく第 18 章に述べる逆卷の工法に変更する事が出来ること云ふ利點がある。

### 第 2 節 上部開鑿式掘鑿法

この方法は我が國の堅岩隧道で最も一般に用ひられるもので、先づ底設導坑を掘り進め、これが適當の距離進行した時中脊の掘鑿にかゝる。切擴げの順序は種々の方法が用ひられるが其の主なもの第 248 圖に示すものである。導坑の切端と中脊の作業箇所との距離は互に作業を支障しない事を條件とするので、少くも 30 米以上を必要とする。もし導坑が進み過ぎて切擴げが遅れた場合には第 249 圖に示す様に何處からでも切り上つて、中脊の切擴げに着手する事が出来るので、導坑さへよく進行すれば切擴げは如何様にも進行を計る事が出来る。

中脊の掘鑿をする際は導坑の作業を支障しない様に導坑の天井に堅固な礫受臺を作り、其の

上に中脊以上の礫を落す。この礫受臺は非常に丈夫に作らないと中脊の發破の際に破壊される恐れがある。礫受臺の床板は處々はがせる様に出来て居て、上にたまった礫はこの穴から下の運搬車に落し込むので、礫出作業の能率は非常によい。この礫を落し込む設備を漏斗と云つて居る。

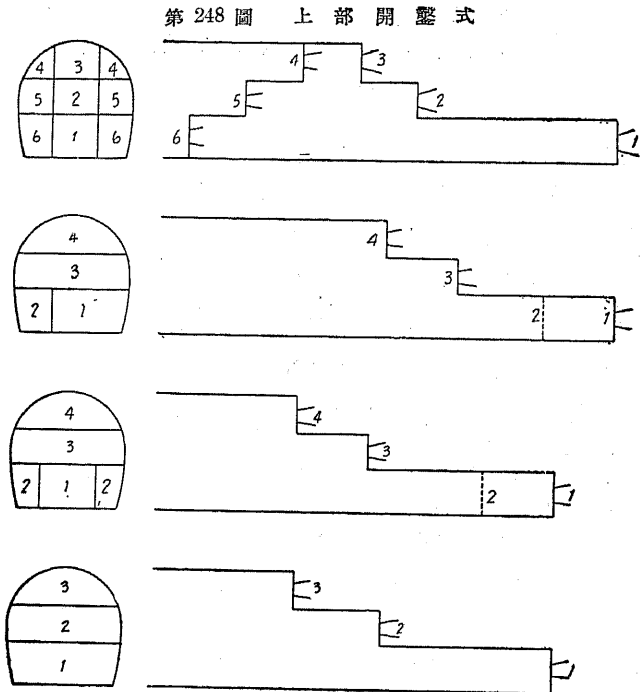
第250圖及第251圖は山田線第一淺岸隧道に用いた礫受臺の一例で、第250圖は單線の場合處々に漏斗を設けて礫を運搬車に落し込む装置で、第251圖は導坑に複線を敷き漏斗は長く連続

して設け、上下2段に落し込みの戸をつけたものである。

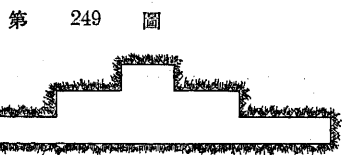
礫は常にこの戸の裏を壓して居るので、戸をはづせば礫は自然に運搬車の中へ落ち込み、車が滿載された時に戸を溝に落し込む仕掛けである。

上部開鑿式ではこの礫受臺と漏斗を設ける費用だけ他の方式よりも餘分にかかるのであるが、それだけ礫積込み費は安くなるのでこの構造については各隧道共相當に考慮を拂つて居る。

今第250圖第251圖の各について要した費用を擧げると

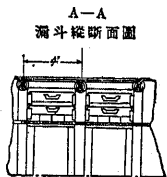
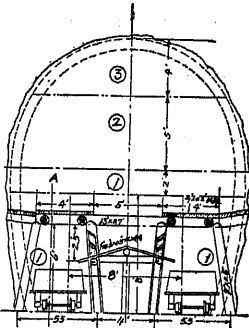


第248圖 上部開鑿式



第250圖 第1淺岸隧道單線漏斗

第251圖 第1淺岸隧道複線漏斗中央漏斗圖



○單線の場合

擔 漏 斗 延長20米に付材料費

名 稱	寸 法(耗)	員 數	單 價	金 額	記 事
擔 漏 斗	轉 柱	3,050×210	17本	圓 5.03	丸太類合計 圓 507.55
	及 繫	3,660×180	35	圓 4.43	
	木 板	1,220×150	17	圓 1.03	
		2,740×150	108	圓 2.31	
	釘	1,220×75	24平米	圓 4.0	
		210×12	204挺	圓 0.10	

丸 太 類	507.55圓	6回使用するものと見て	507.55 ÷ 6 = 84.59
漏 斗 板	98.16	再用不能	98.16
釘	20.40	10分の1の損失あるものと見て	20.40 ÷ 10 = 2.04
雜 品 費			20.00
			204.79

同 上 延長20米に付工費

職 名	人 員	賃 格	賃 金
斧 坑 人	18人	圓 2.00	圓 36.00
	8人	圓 1.70	圓 13.60
	4人	圓 1.65	圓 6.60
計			圓 56.20

延長20米に付掘鑿數量503立米とす

$(204.79 + 56.20) \div 503 = 0.519$ 圓 掘鑿1立米當り費額

○複線の場合

中 央 漏 斗 延長20米に付材料費

名 稱	寸 法(耗)	員 數	單 價	金 額	記 事	
梁	3,960 × 210	17本	圓 6.54	111.18	丸太は1石 約13圓とす	
柱	2,130 × 180	68	圓 2.59	176.12		
繫	梁	1,220 × 150	68	圓 1.03	70.04	丸太類合計 圓 497.25
	板 下	1,220 × 150	68	圓 1.03	70.04	
漏 斗 板 下	1,220 × 150	51	圓 1.03	52.53		
梁 先 切	610 × 150	34	圓 .51	17.34		
漏 斗 板	2,740 × 60	127平米	圓 3.27	415.29		
釘	210 × 12角	400 丁	圓 .10	40.00		
	150	56kg	圓 .43	26.88		

丸太類	497.25圓	6回使用するものと見て	$497.25 \div 6 = 82.88$ 圓
漏斗板	415.29	3回使用するものと見て	$415.29 \div 3 = 138.43$
鍬	40.00	10分の1の損失あるものと見て	$40.00 \div 10 = 4.00$
釘	27.00		27.00
外に雜品費			<u>20.00</u>
			272.31

同上 延長20米に付工費

職名	人員	賃格	賃金
斧	夫 28人	圓 2.00	圓 56.00
坑	夫 12	1.70	20.40
人	夫 4	1.65	6.60
計			83.00

延長20米に付掘鑿數量 503立米とす

$(272.31 + 83.00) \div 503 = 0.706$ 圓 掘鑿1立米當り費額  $0.519 \div 0.706 = 0.74$

即ち中央漏斗は擔漏斗に比し2割6分の差異あるも一方礮積能力を比較する時は延長20米に於てトローリに積載し得べき臺數

擔漏斗約2臺 (複線の場合約4臺)

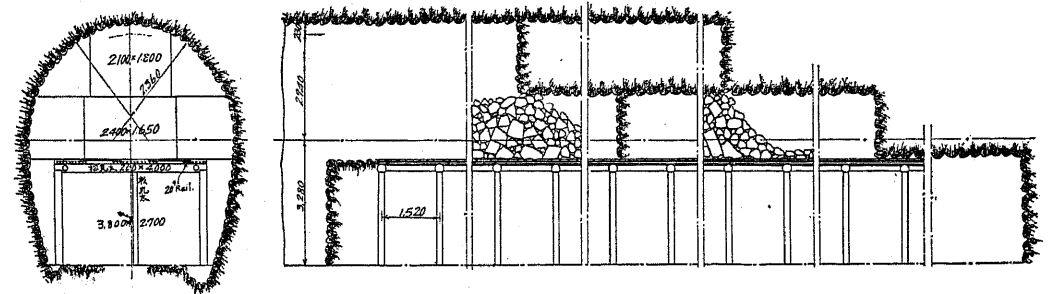
中央漏斗 約2臺

即ち礮積の能率上に於ては甚しき差異がある

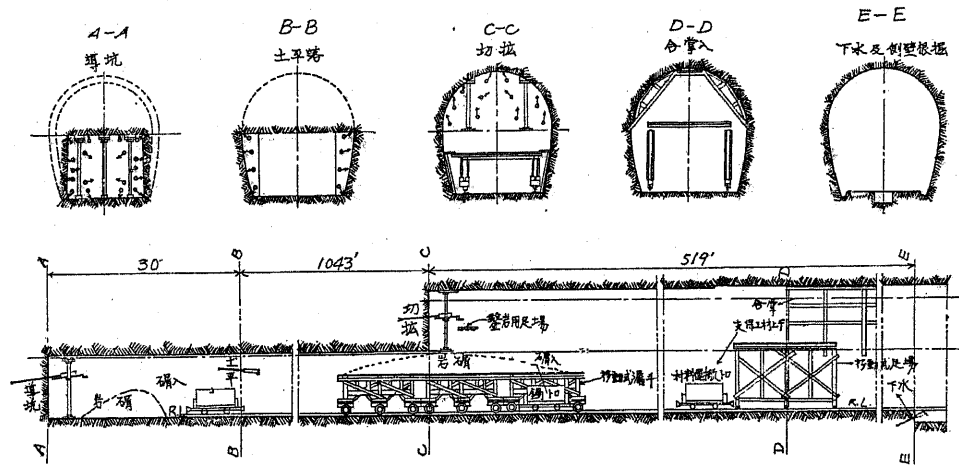
又上越線第1乃至第4湯檜會隧道では礮受臺と漏斗の標準を第252圖の如く定め、押木(轉し)には末口20 纏長さ約4米の松丸太を用ひ、兩側の柱は徑15乃至18 纏、長さ2.1乃至2.5米の松丸太を用ひ、中央の柱には杉丸太を用ひて測量の支障とならぬ様特に中心線を避けて建てられた。押木の上には矢木の代りに10 瓦軌條30本を圖の如く並べ發破による破損を防ぎ漏斗口は幅75 纏とし長さ1.1米厚さ6 纏の松板を敷きつめ、複線の運搬線の全長に亘つて設備された。軌條の長さ5.4米につき組立用の人員は斧指1人、人夫4人で、これを取りはずすに要する人員は人夫2人であつた。

土讃線猪之鼻隧道では礮受臺を移築する手数を省く爲め第253圖の如き移動式礮受臺を作り側壁に沿ふて敷設された軌條の上を移動せしめる装置とした。この礮受臺は長さ3.9米のもの3臺を連結して使用し作業の進捗に従つて、2日目又は3日目に移動させる。

第252圖 第1湯檜會隧道の礮受臺



第253圖 猪之鼻隧道移動礮受臺



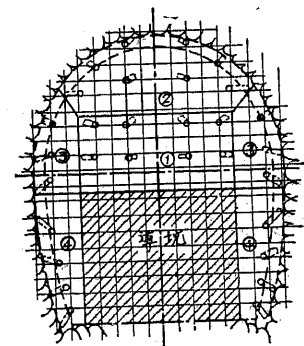
第254圖 第1淺岸隧道鑿岩標準圖

中脊の掘鑿の後天端の鑿岩をする時は礮臺の上にある礮を足場として堅柱又は横柱に鑿岩機を取りつけて作業をする。

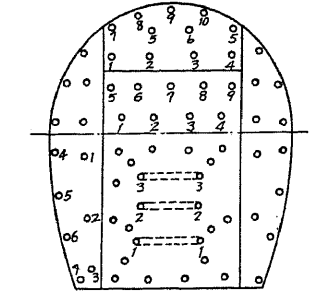
礮受臺より上部の掘鑿が終つて其の礮が全部漏斗によつて積込まれて終つたら礮受臺は取りはずして奥へ移築して掘鑿作業を終るのである。

一般に切擴げの爆破は二つ以上の開壁面を有する爲めに、發破の効果は導坑に比して甚だしく大きいので、孔尻を残すような事は稀である。従つて爆破孔の配置も導坑の場合程研究されないのが普通である。

上部開鑿式による切擴げの爆破孔の配置は第254圖又は第



第255圖 石北隧道鑿岩標準圖



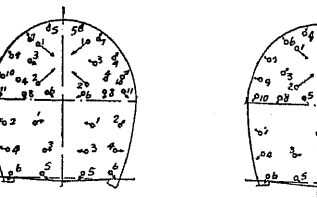
255圖に示す様なもので、前者は山田線第一淺岸隧道の硬き石英片岩の場所に用いたもの、後者は石北線石北隧道の安山岩及粘板岩の場所に用いたものである。

第3節 ベンチ式掘鑿法

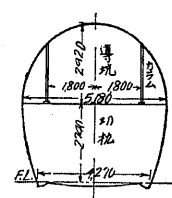
米國に於ては種々の地質の隧道にベンチ式掘鑿法を用ふるのであるが、我が國では堅岩の隧道で殆んど支保工を要しない場合のみ用ひられる。従つて其の實例も比較的少なく、上越線清水隧道南口、長輪線禮文華山隧道、土讃線猪之鼻隧道戸川口等の一部に用ひられたに過ぎない。

禮文華山隧道は硬い集塊質凝灰岩で、主として1段ベンチに掘鑿し、第256圖の様に穿孔した。導坑は第257圖の如く2本の堅柱にサリバン DX61 型鑿岩機各1臺を取付けて鑿岩し、切擴には第258圖の様に横柱及三脚を用ひこれにアトラスサイクロップ50MAV型2臺をつけて鑿岩した。

第256圖 禮文華山隧道鑿岩標準

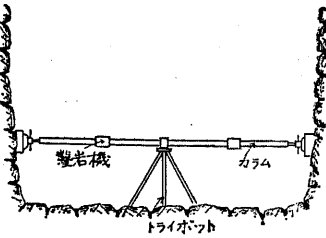


第257圖



導坑の礮は第259圖に示す様に鐵製の梯子を左右の土平に立て掛け、之れに丸太を架け渡し、其の上に導坑盤から歩み板を渡し、一輪車によつて直接運搬車に落し込み、切擴げの礮は1臺の

第258圖

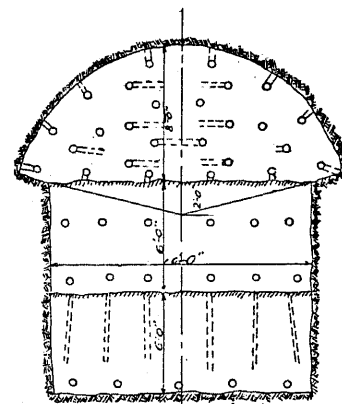


アームストロングショベローダー11型によつて積み込んだ。即ち圖に示す様に切擴の終端に近くA、B2線を設け、最初A線の端に礮積機を置いて空車はB線に入れ、これから1臺づつA線に廻して切擴の礮を積み込み盈車はCの位置に置くのである。この間に導坑の礮は一輪車

によつて歩板の上から落し積みとし、全部の車が積み終つたら一度盈車全部をA線に入れ礮拾場から歸つた空車をB線に入れ、A線に入つて居る盈車を引き出して礮拾場に送る。

A線側の礮が片づいたらショベローダーを

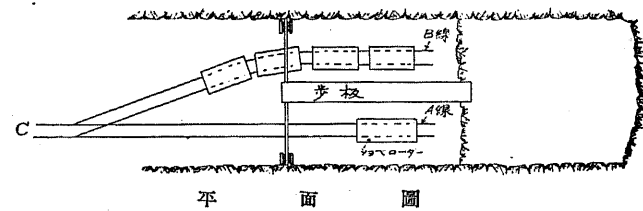
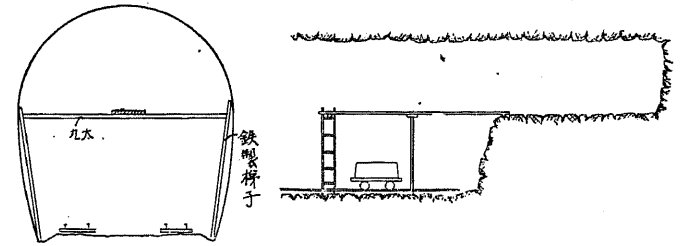
第260圖 清水隧道南口鑿岩標準圖



くDX61型2臺を取りつけ、第二ベンチにはシンカー2臺を用ひて下向きの孔を繰り踏まえの孔のみDX61型のドリフターによつた。導坑の礮はスクレーバーによつて掻き出し、鐵製のシュートを通して中央の線路にある鐵製鍋トローリー

第259圖 禮文華山隧道導坑運搬足場

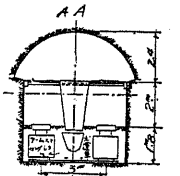
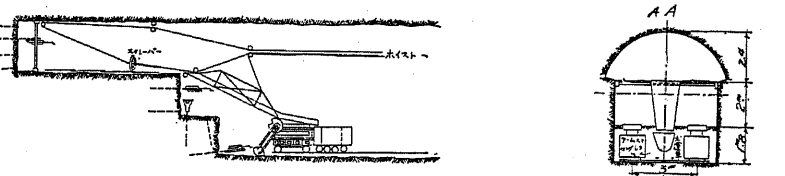
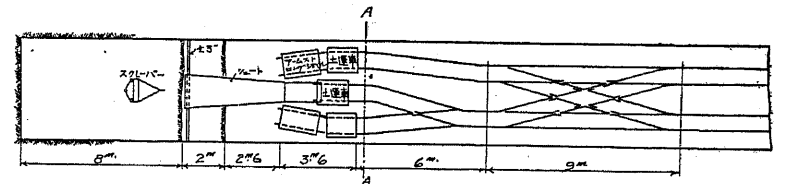
正面圖 側面圖



B線にまわし前と同じ方法を繰り返して全部の礮出し作業を終り鑿岩組と交代するのである。

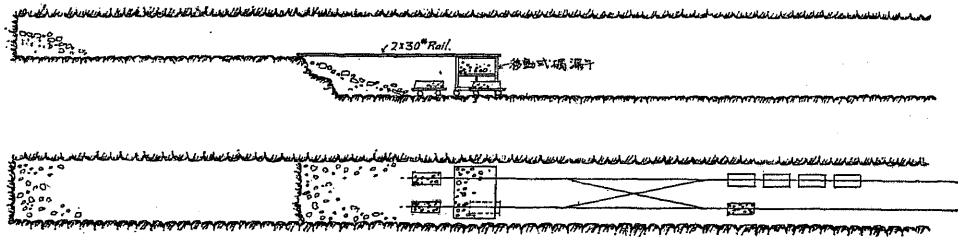
清水隧道南口でベンチ式を採用した處は硬い閃綠岩であつた礮の積込線を三線にする爲めに掘鑿断面を第260圖の如く側壁部を垂直とする事とし爆破孔の配置を圖の様に定め二段ベンチに掘鑿した。導坑にはサリバンDX61型3臺を堅柱に取りつけて用ひ、第一ベンチには水平柱と同じ

第261圖 清水隧道配置圖

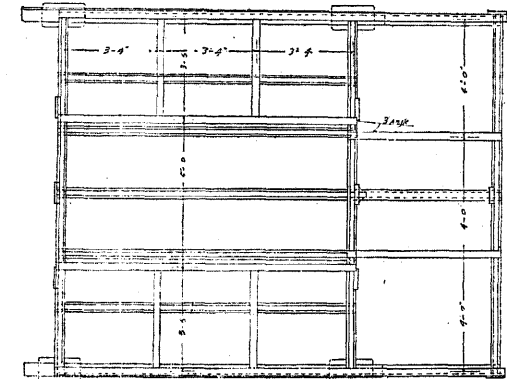
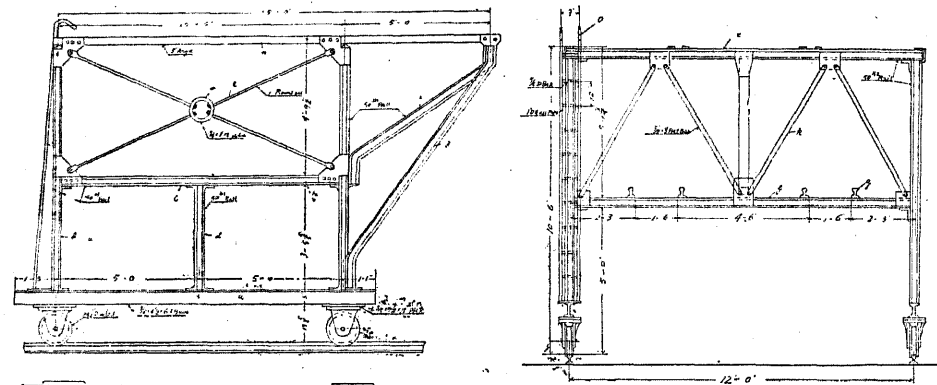


に積み込み、ベンチの礫は2臺のアームストロングショベローダーで積み込んだ。第261圖は之れ等の配置を説明するものである。

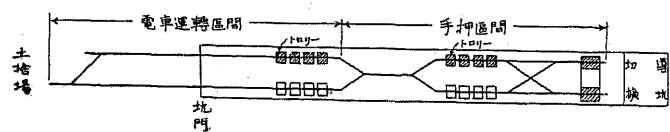
第262 猪之鼻隧道移動漏斗



第263 圖 猪之鼻隧道移動漏斗詳細圖



第264 圖 猪之鼻隧道坑内配線圖



この計畫で暫く施工を繼續したが、不幸にして間もなく斷層に遭遇し、地質不良となつた爲め充分作業に熟練するに到らずして中止して終つた。

土讃線猪之鼻隧道では第262圖の様に兩側壁に沿ふて設けられた軌道の上を移動する事の出来る移動漏斗を用ひ、導坑の礫は一輪車でこの漏斗に運搬して貯へ

られ、運搬車が來ると蓋を開けて其の中へ落し込み、ベンチの礫出しに關係なく作業した。

爆破作業が終り、坑内換氣をして煙が抜けて終ふと、直ちに礫出組が入坑する。そして全員を三つの組に分け、第1組は導坑の礫を一輪車で移動漏斗に運び、第2組はベンチの礫を手積みし、第3組は移動漏斗にある礫を運搬車に落し込む。又1組及3組のものは移動式漏斗附近に散亂した礫を片づけて漏斗用の線路を延長する仕事と、導坑盤に散亂した岩石を片づけて一輪車の通路として板を敷き、又導坑盤から漏斗までの歩板をかける仕事をする。この礫出しに要した人員と其の配置は次の様である。

- 第1組 浮石落し 1人 礫を一輪車に積み込む者 4人 一輪車にて礫運搬 4人
- 第2組 ベンチの礫を掻き寄せるもの 4人 ベンチの礫積み込み 6人
- 第3組 移動漏斗より礫を掻き落すもの 1人 漏斗より運搬車へ積み込むもの 1人

この外に運搬車の整理係2人、手押區間の手押に6人、ポイント掛1人、油差1人、坑外の土捨場に4人を使つて1日3米乃至4米の進行を得て好成績を挙げた。

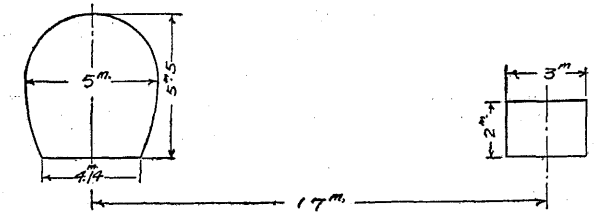
### 第4節 先進導坑式

長い堅岩隧道で比較的短かい期間内に工事を完成せしめる必要ある場合に此の方法を用ふる事があるが、我が國には未だ其の例がない。隧道の中心線から適當の距離を置いて之れと平行に一本の導坑を掘鑿し、この導坑から本隧道の中心線へ向つて連絡導坑を掘鑿してそこから本隧道の工事を進めるのである。

最初シンプロン隧道でこの方法が採用された。其の先進導坑の加脊は3m×2mで、本隧道から17米離れた位置に掘鑿され、200米毎に本隧道と先進導坑との間の連絡坑を掘つた。連絡坑と本隧道との角度は急曲線を避ける爲め56°とし、この連絡坑から入つて

第265 圖 Simplon 隧道に於ける先進導坑

先づ本隧道の底設導坑を掘鑿し、上部へ切擴げたのである。この方法でこの隧道で最も重要視した換氣が非常に都合よく行はれ同時に非常によい進行が得られた。

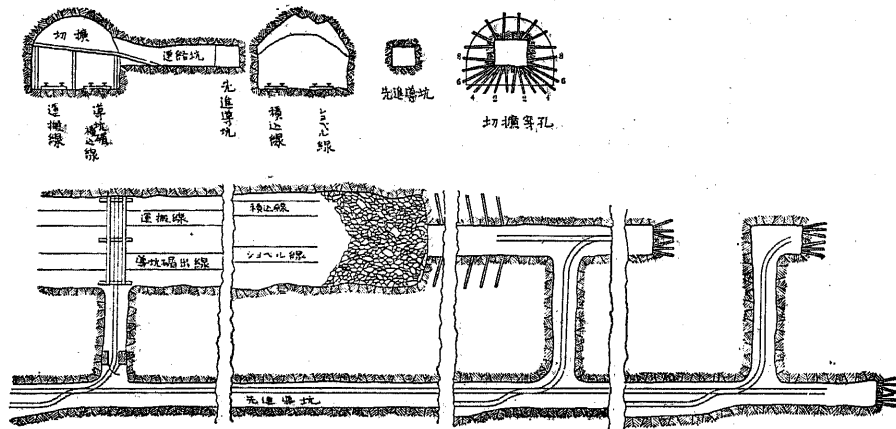


1913年に著手されたCanadian Pacific鐵道のRogers Pass隧道も工期を急ぐ爲め先進導坑式が用ひられた。そしてこの方式の利點として次の様な事が挙げられて居る。

1. 先進導坑から連絡坑を通して新鮮な空氣を本導坑に送り込む事が出来、従つて切城の發破の直後作業を開始する事が出来る。
2. 切擴げの礫を迅速に搬出する事が出来る。

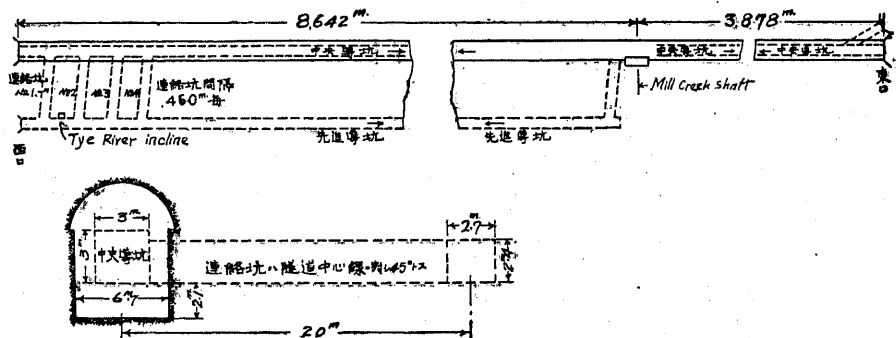
3. 水、壓縮空氣、換氣等の鐵管類を先進導坑中を通すから本隧道の切擴げと互に支障し合ふ虞がない。
4. 本隧道の切擴の發破や礮出作業の爲め邪魔される事なしに本導坑の作業をする事が出来る。
5. 先進導坑によつて本導坑及切擴げに往復する労働者、器具材料等を何時にても目的地點に向つて通過させる事が出来る。
6. 先進導坑によつて換氣管を本隧道の切擴げ個所の直前まで敷設する事が容易であるから本導坑から來る瓦斯及煙の爲めに切擴作業が邪魔される事がない。

第 266 圖 Rogers Pass 隧道の先進導坑式掘鑿

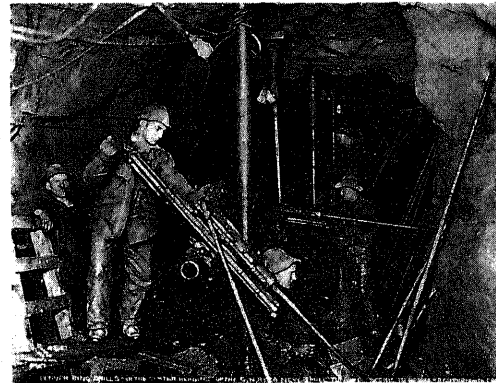


1925年に著手された米國の新カスケード隧道では第268圖の如く2.7米×2.4米の先進導坑を本線の中心から20米離れて掘鑿して450米毎に連絡坑を作つた。本隧道はRogers Pass隧道と同じく中央導坑式により、切擴はこの導坑より放射狀に上下左右に爆破孔を穿ち、第267圖に示す所謂 ring drill の方法を採用した。第268圖は其の實況である。

第 267 圖 New Cascade 隧道の先進導坑式掘鑿



第 268 圖 New Cascade 隧道切擴鑿岩の實況



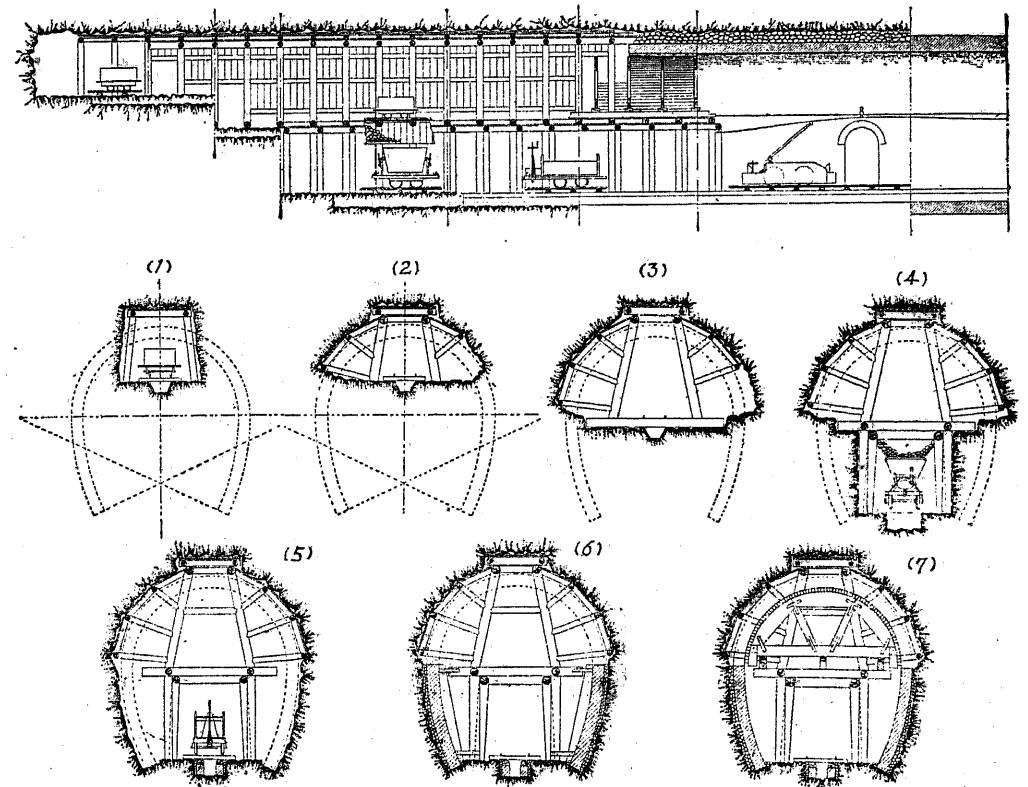
此の隧道の西口では先進導坑でも本導坑でも同時に4臺の鑿岩機をサリバン Drill carriage に取りつけて作業し、東口では一本の水平柱に4臺の鑿岩機を取り付けて運轉した。

### 第 5 節 日本式掘鑿法

此の方式は第10章第9節に述べた方法で頂設導坑内へ轉、矢板、檐及び檐柱を施し、それに續いて丸形を掘鑿して一の桁及び二の桁を入れて假りの枝梁で支へる。

次に中背を掘鑿して大引を敷き、檐柱を大立と盛り替

第 269 圖 笹子隧道に於ける日本式掘鑿順序圖



へ、三の桁を入れ枝梁を全部施す。次に大背を掘鑿して第三柱を建て、腮膽、腮膽内梁及び腮膽柱を建てる。最後に土平を掘鑿して必要によつては四の桁を入れて掘鑿を終り、側壁の覆工から始めてアーチの覆工をなし全断面の作業を終るのである。

礮の搬出及び支保材の搬入の爲めには頂設導坑盤、中背盤及び施工基面に各別に線路を敷いて積替へ作業を行ひ、其の上に各作業の進行に従つてこれ等の線路を移築する必要がある。

特に土壓が強くて全断面を掘鑿する事が困難な場合には中背まで切り擴げた時にアーチの覆工をして第13章第2節に述べる逆巻法に變化するには最も好都合である。

### 第6節 新奥國式掘鑿法

此の方式は第270圖の如く底設及頂設の二つの導坑を掘鑿する方法である。従つて一開壁面の發破を二ヶ所で行ふ關係で爆破に關しては上部開鑿式よりも不利である。然し上部から次第に切擴げる關係で支保工を施すに都合よく、一方礮は大部分漏斗によつて積み込みが出来、且つ礮受臺の直上で直接強力な發破を行はないので上部開鑿式程礮受臺を破損する事がない。之等の點を考慮すれば特に岩石が硬いか又は地質悪く重壓を受ける場合をのぞいては最も有利な掘鑿方式である。

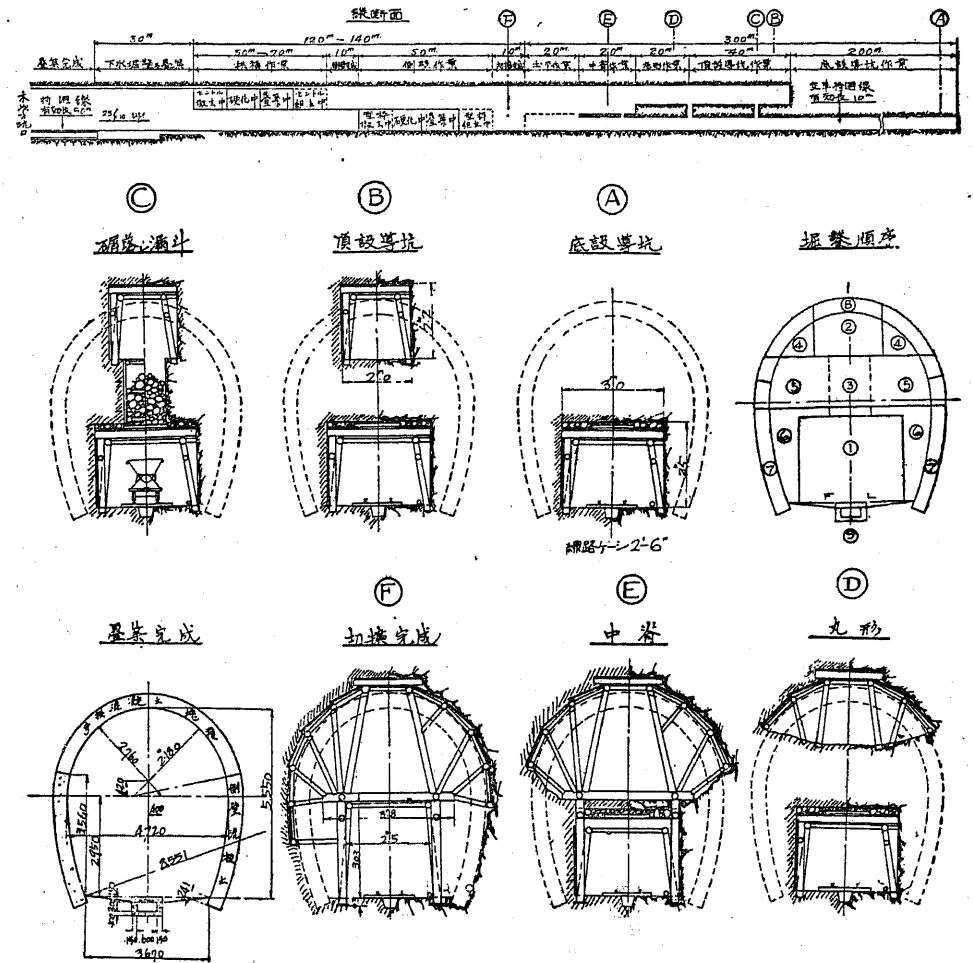
先づ底設導坑を掘鑿して必要によつてこれに礮受臺を作り、適當な個所から切り上つて頂設導坑に達し切り上りの坑は木枠を組んで支保工とする。頂設導坑と丸形切擴の礮は一輪車等によつて運搬して第270圖の如く切り上りの堅坑から下に落とし、こゝに設けられた漏斗によつて運搬車に積み込まれる。

切り上り個所の間隔は20米位を通例とするので、あまり間隔が遠くなると頂設導坑及丸形の礮運搬に困難を生ずる。

支保工の組立ては日本式の場合と同じ方法で上部から切擴の進行に従つて順序よく施工され地質が悪くなつて逆巻を必要とする場合も大體日本式と同様に施工する事が出来るけれど底設導坑を掘鑿してあるだけ餘分に地山をゆるめる傾向がある。軟岩の隧道を新奥國式で掘鑿して行つて、急に地質が硬岩に變じた場合には直ちに硬岩隧道掘鑿に適當な上部開鑿式に変更する事が容易である。相當に長い隧道を掘鑿すると工事の進行につれて硬軟種々の地質に遭遇するのが普通であつて、たとへ岩石が同一の種類のもでもその節理、裂目、湧水、斷層等によつて隧道に加はる壓力の程度は常に變化する。これ等の變化に對して或る方式から他のより適當な方式に容易に変更する事が出来る事は方式を選定する上に相當考慮しなければならない。

日本式の掘鑿に於ては硬岩に遭遇しても急に上部開鑿式に変更する事は出来ないのである。

第270圖 下久野隧道新奥國式順序圖



第271圖は新奥國式と上部開鑿式とを混用した圖で、(1)の部分は新奥國式、(2)の部分は上部開鑿式である。

木次線下久野隧道では其の地質が節理の多い花崗岩であつた爲め上部開鑿式と新奥國式とを適當に併用する計畫で工事を始め、結局其の全長の46%を新奥國式 54%を上部開鑿式で施工した。

第271圖 新奥國式と上部開鑿式の併用





第7節 實 例

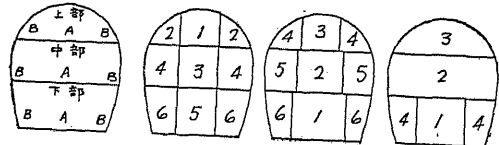
I. 上越線第1湯檜會隧道 (大正15年—昭和4年)

この隧道は上越線湯檜會驛附近のループ線内にあつて、延長約1,740米 $\frac{1}{55}$ の勾配を有する単線隧道で、其の断面は舊規定乙型に屬するもので現在の一號型よりも稍大きく徑間は約4.80米である。通過した個所の地質は花崗岩、變質凝灰岩、礫岩等で、延長の57%は簡単な枝梁式又は合掌式支保工を要し、43%は全く支保工を要しない程度のものであつた。

大正15年6月高崎口の頂設導坑に着手し、日本式掘鑿法によつて坑口の65米間を掘り進んだが、こゝで岩質も相當硬度を増したので上部開鑿式に変更して以來昭和4年完成に到るまでこの方式によつて作業を續けた。

第272圖及び第273圖は其の地質、支保工、覆工厚、各作業の進行状態を示したものである。底設導坑は3.6m×2.7mとし鑿岩機はサリバンのDW642臺を2基の堅柱に各1臺づゝ取りつけ

第274圖 第1湯檜會隧道掘鑿方式



て切端兩側に分けて半分宛穿孔したその1交代の作業人員は鑿岩夫2人、同助手2人、雜役2人、計6人である。切鑿の方式は主として第274圖に擧げる甲乙丙の3種に

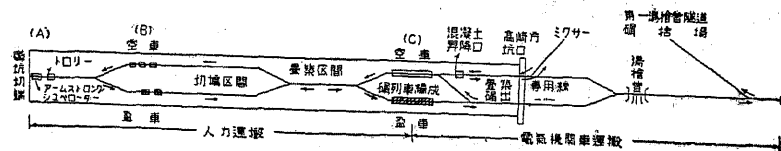
依つたが其の際各方式に用ひた鑿岩機の配置は第76表の如くである (作業箇所は第274圖参照)

第76表 第1湯檜會隧道鑿岩機配置

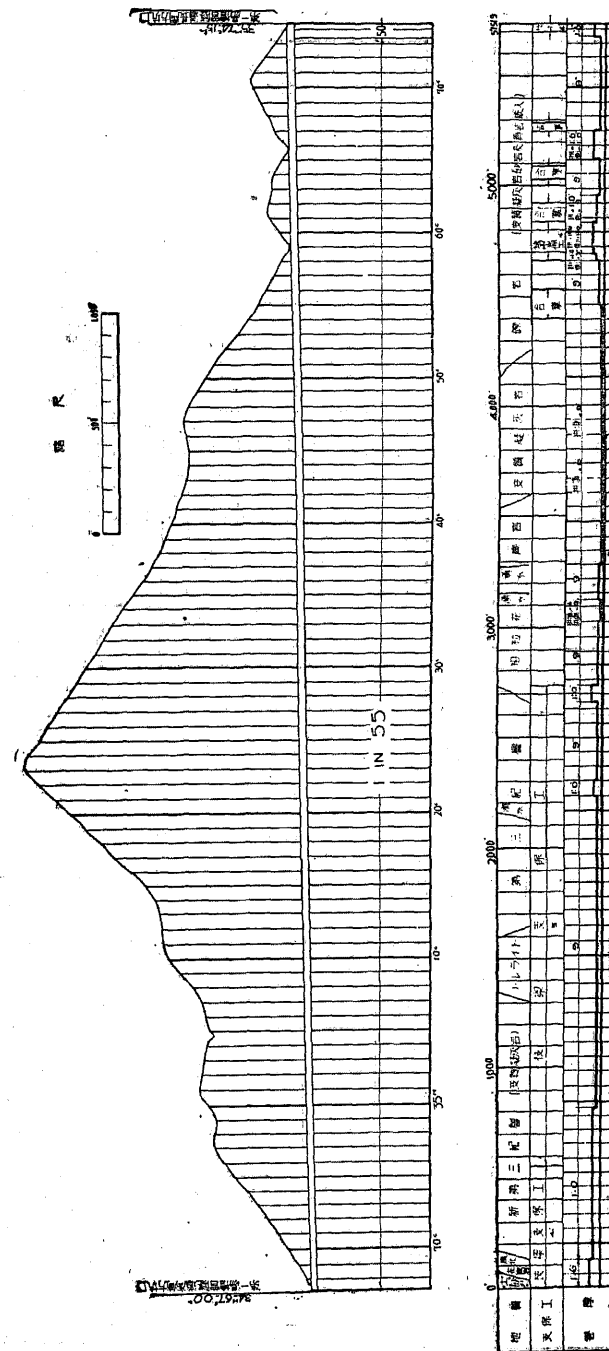
方式	上 部		中 部		下 部		當 取	計
	A	B	A	B	A	B		
甲	導坑	D.P.331 2臺	D.P.331 1	D.P.331 1	D.W.64 1	D.W.331 1	足尾 11 1~2	7~8
乙		D.W.64 1~2臺	D.W.64 2	D.P.331 2	導坑	D.P.331 2	足尾 11 1~2	8~10
丙		D.W.64 1~2臺	D.W.64 2		〃	D.P.331 2	足尾 11 1~2	6~8

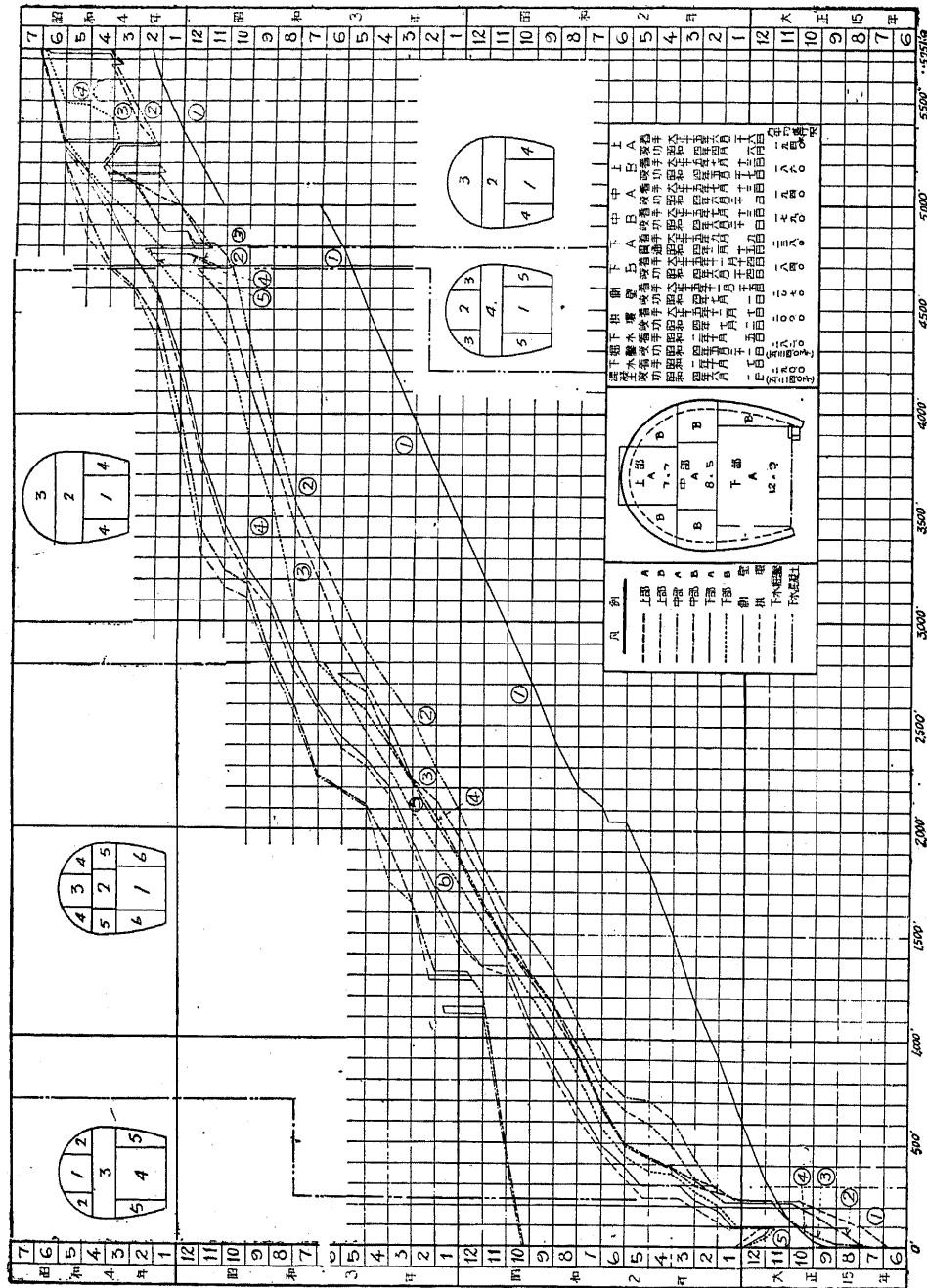
導坑の礮積はアームストロングシヨベローダーを使用し、12臺の1.1立方米入り鐵製鍋トローリーに積み込み、覆工完成區間までは手押、そこから礮捨場までは架空線式電氣機關車によつて運搬した

第275圖 第1湯檜會隧道坑内配線圖



第272圖 第1湯檜會隧道縱斷面圖





導坑礮積み及び手押作業を加へた1交代標準作業人員は礮積機械運轉手 1, 同助手 2, 運搬車手押 12, 礮捨場 3, ポイント係 1, 浮石落し 1, 世話役 1, 合計 21人である。但し礮捨場とポイント係に配置された人員は同時に切擴の礮をも取扱ふものである。

切擴の礮は大部分第2節に述べた礮積漏斗によつて落し積みとするもので、土平の礮のみは手積である。切擴の鑿岩組の人員は鑿岩夫 5, 同助手 5, 雑役 2 合計 12 人で、礮出組の人員は漏斗による落し積作業 5, 運搬車手押 12, 浮石落し 2, 世話役 1, 漏斗釣り及び撤去 2, 合計 22 人である。

導坑及び切擴の爆破には専門の火薬掛 2 名を置いて爆薬量の判断, 装填, 爆破の實施を専門に行つた。

礮運搬電車の運轉には運轉手 1, ボール持 1, 連結手 1 の 3 名を要し, 其の外雑役として器具修理工 1, 電燈保守 2, 送氣管保守 2 の 5 名が就業した。これを總括すると

導坑 鑿岩	6	礮出	21人	計	27人		
切擴 鑿岩	12	礮出	22人	計	34人		
電車運轉	3,	爆破係	2,	雑役	5,	總計	71,

以上の 71 名は晝夜 2 交代で就業するものでこの外晝間のみ作業するものに線路保守 2 人, 粘土込め物作り 2, 材料運搬及跡片付 3, 雑役 2, 計 10 人

を要した。従つて晝間作業人員は 81 人で, 夜間は 71 人となる。これに若干の斧指と第 11 章第 5 節第 75 表に示した覆工作業者とが日々坑内作業に従事するのである。尙ほ同隧道の導坑切擴及び全断面の掘鑿に要したる歩掛實績は第 77 表及び第 78 表に示すものである。

第 77 表 第 1 湯檜會隧道掘鑿步掛表

	掘鑿高 (立米)	鑿岩 (人)	支保 (人)	礮出 (人)	計 (人)	ダイヤモンド (kg)	雷管 (發)	導火線 (米)	孔數	孔延長米
導坑	總計	17,829	7,749	3,785	18,211	29,745	21,444	31,141	56,304	27,649
	進行 1 米につき掘鑿 1 立米に付	10.17	4.42	2.16	10.38	16.96	12.23	17.78	32.11	15.77
切擴	總計	33,323	16,527	13,187	32,947	62,661	12,985	56,443	79,900	56,043
	進行 1 米につき掘鑿 1 立米に付	19.00	9.42	7.52	18.79	35.73	7.40	32.19	45.56	31.96
全断面	總計	51,152	24,276	16,972	51,158	92,406	34,428	87,579	136,221	83,692
	進行 1 米につき掘鑿 1 立米に付	29.17	13.84	9.68	29.17	52.69	19.63	49.94	77.68	47.73

第 77 表の人員以外に導坑及び切擴の兩作業に共通する雑役として第 78 表の様な人員を要したこの地方は冬期積雪が多いので除雪, 防雪の作業にも多くの人員を要したのである。

第78表 第1湯檜會隧道掘鑿關係雜役歩掛表

作業	電氣掛	機械掛	火藥掛	同手傳	礦捨場	線路保守	粘土作	ボトイン掛	器具修理	材料運搬	連結手	片付	其他	大工	倉庫其他	計
進行掘鑿	5.94	9.41	1.44	0.72	3.25	2.46	1.18	0.79	0.92	2.03	0.59	1.57	5.71	1.38	8.36	45.76
1米平均	0.20	0.32	0.05	0.02	0.11	0.08	0.04	0.03	0.04	0.07	0.02	0.05	0.20	0.05	0.29	1.57
1日平均	8.40	13.37	2.06	1.01	4.60	3.47	1.67	1.10	1.50	2.88	0.85	2.24	8.07	1.93	11.55	64.71

又この隧道に要した總費用は第79表の様である。

第79表 第湯檜會隧道工事費

坑掘	總延長1米 = 付	人 夫 賃			爆藥類費	材料費	電力費	計
		延人員	平均單價	金額				
坑掘	計	179,266	1.69	302,840	圓 66,507	圓 201,857	圓 63,820	635,024
内 鑿	掘鑿1立米 = 付	102.23		172.70	37.93	115.11	36.39	362.12
側 壁	總延長1米 = 付	17,363	1.53	26,522		47,053	464	74,039
混 凝 土	掘鑿1立米 = 付	9.90		15.12		26.83	0.26	42.22
混 凝 土	總延長1米 = 付	6.09		9.30		16.49	0.16	25.95
下 掘	計	27,021	1.53	41,451		72,322	464	114,237
水 鑿	掘鑿1立米 = 付	15.41		23.64		41.24	0.26	65.14
混 凝 土	掘鑿1立米 = 付	7.07		10.85		18.93	0.12	29.90
下 掘	計	826	1.64	1,351				1,351
水 鑿	掘鑿1立米 = 付	0.47		0.77				0.77
混 凝 土	掘鑿1立米 = 付	4.26		6.96				6.96
下 掘	計	603	1.68	1,020		829		1,849
水 鑿	掘鑿1立米 = 付	0.34		0.58		0.47		1.05
混 凝 土	掘鑿1立米 = 付	7.18		12.14		9.87		22.01
下 掘	計	671	1.39	936		844		1,781
水 蓋	掘鑿1立米 = 付	0.38		0.53		0.48		1.01
混 凝 土	掘鑿1立米 = 付	8.28		11.56		10.42		21.99
坑 門	混 凝 土	586	2.08	1,218		869		2,087
總 計	總延長1米に付	226,337	1.66	375,338	圓 66,507	圓 323,774	圓 64,748	830,368
		129.07		214.04	37.93	184.63	36.92	473.52

2. 清 水 隧 道

清水隧道は上越の國境を貫く延長 9,600 米の單線隧道で、南口は  $1/400$ 、北口は  $1/66$  で各中央へ向つて昇つて居る。地質は主として硬い石英閃綠岩で、處々に湧水をともなつた。北口は急勾配であつたので湧水約 7 個に達したが、その爲めに困難は少かつた。然し南口は緩勾配で排水悪く坑口より、約 2,600 米の個所では急に底設導坑切端から約 6 個の湧水湧り、作業を繼續する事困難となり、排水隧道を新に掘鑿するの止むなきに至つた程であつた。

南口は利根川の支流湯檜會川の上流で其の最奥端の部落湯檜會から尙 4 軒、海拔 700 米の地

點にあつて、冬期は積雪 4 米に及ぶので、交通の不便は甚しく、従事員の居住には多大の困難を経験した。

北口は信濃川の支流魚野川の上流に坑口があつて、南口に比しや、開けた溪谷に開口して居るが、冬期の積雪は南口に劣らず、従つて其の兩口に於ける設備は我が國隧道工事中最も大規模のもので、工事用の設備は勿論、居住に關する設備に於ても學校、病院、浴場、上水道、汚物處分場、購買組合等を完備して居て、警備の爲めには請願巡查を置いた。材料の運搬及職員の交通の爲めには、南口は群馬縣沼田町より隧道口まで約 18 軒強の間縣道の上に 2'~6" の輕便線路を敷設し、6 噸乃至 8 噸の蒸汽機關車とガソリン機關車を用ひ、北口は新潟縣湯澤町より隧道口まで 9 軒餘の専用軌道を設けて電氣機關車を運轉した。兩口共冬期は運轉が出来ないので毎年 11 月末までに來年五月までに要する材料、食料品、日用品等を輸送して貯蔵する必要があつて、南口に於ては地勢が急で輕便線路の状態も甚だ悪かつたので、9、10、11 の 3 月間は此の輸送に全力を擧げてはなほ不足を來す状態であつた。北口は谷が開けて居るので最初から専用軌道を採用し、大正 13 年には電化されたので南口に比して交通は非常に便利であつた。

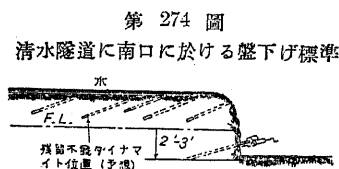
1. 南 口 の 工 事

坑口から 100 米間は、崖錐の中を通過し、天端一面に多少湧水があつて土壓も相當にあつたので、新塊式掘鑿法を採用し、枝梁支保工を用ひて手掘で掘り進めた。100 米の個所で稍硬き閃綠岩に變り、其の接觸面から盛んに湧水し、一方岩石が硬いので手掘作業では進行も甚だ悪くなつたので、大正 12 年 4 月壓搾空氣設備の完成を待つて機械掘りとし、導坑にはサリバン DX61 を、切擴には DP-331 及び足尾式 11 番を使用した。大正 12 年 7 月進行約 200 米に達して全く堅緻なる石英閃綠岩に入つて支保工も不必要となつたので、方式をベンチ式に改め全断面を 8 段に別けて掘鑿したが、第 2 ベンチの礫積作業が意の如く進捗しない爲めに頂設導坑の掘進を手加減する必要があつてベンチ式掘鑿法の全能力を發揮する事が出来なかつた。

其の後導坑の礫をベンチに落さず直接運搬車に積込む方法を講じ、第 12 章第 8 節に述べた様にスクレーパーと鐵製シュートを使用した。ベンチ式による礫は一般に大塊となるのであるが、この附近は特に岩石の節理が乏しかつた爲め大きい礫が出来たので、施工基面に働いて居るショベローダーもスクレーパーも小割りしなければ作業困難の状態であつた。大正 13 年 9 月 780 米附近で西黒澤の下に到着した時斷層に遭遇し、湧水 0.6 個ありベンチ式では進行出来なくなつたので再び新塊式に移り、合掌又は簡易な枝梁式支保工を用ひてこの地帯を通過した。その後間もなく支保工を要しない程度の硬質の閃綠岩となつたがそのまゝ新塊式掘鑿を繼續し、主力鑿岩機を DW. 64. に變更した。900 米附近から再び湧水が増加し、底設導坑は水

が停滞して作業甚だ困難となり、特に踏えの爆破孔は効果が非常に悪くなったので次第に盤が上る傾向を生じた。一方施工基面の緩勾配は流水中の練粉其の他、岩石の細片を沈澱させて益々盤上りを助長し、甚しい時は約 70 糎にも達し益々排水を悪くする結果となつた。

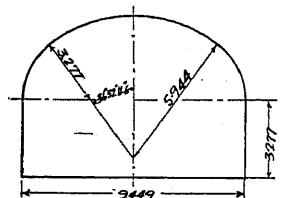
この沈澱した礫——居附きの礫と稱す——は非常に緻密なもので再び掘鑿するには爆薬を用ふる必要がある。盤上りが排水を障害し、滞水が更らに坑奥の盤上りの原因となるので、出来るだけ早く盤下げ作業をなす方が有利である。そこで一方底設導坑の作業を進めると同時に滞水中の盤下げ作業を行つた。處がこの盤下げ作業中數回に亘つて不幸なる事故を起したのである。當時坑内の水温は攝氏 7 度内外であつて、これが丁度普通のダイナマイトの凍結温度に相當する。導坑掘鑿當時の不發ダイナマイトは踏えの孔尻に残つて居て、水の爲めに發見する事が困難であつたので、盤下げ作業の際鑿岩機の鑿先がこれに當ると、凍結せるダイナマイトは



爆發して不慮爆發による事故を引き起した。それで盤下げの標準を施工基面以下 60 乃至 90 糎と定め第 274 圖の様にドリフターを用ひて正確な位置に鑿岩する事として好成績を得た。導坑の掘鑿はこの困難の中を大正 15 年 11 月末まで強行し、2,650 米の地點に到達した時に突

然切端から 6.5 個の湧水を有する斷層に出會つて、導坑は勿論、後方の切擴區間 1,200 米間の施

第 275 圖 清水隧道坑内信號場断面圖



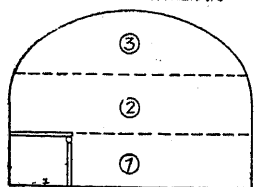
工基面は水浸しとなり、導坑の進行全く不可能となつた。そこで之等の湧水を處分する爲め導坑奥端附近から坑口まで、本隧道に並行して排水隧道を掘鑿する事とし、數個所に横坑を掘つて、そこから前後に掘り進め、1 年を費して完成する事を得た。その間本隧道は底設導坑と盤下げ作業を中止して専ら切擴の進捗に努めたのである。

昭和 2 年 12 月排水隧道の完成を待つて本隧道内の全部の湧水

をこれに導き、再び本導坑の掘鑿を初めた。この斷層から奥は湧水なく岩石は益々硬くなつた

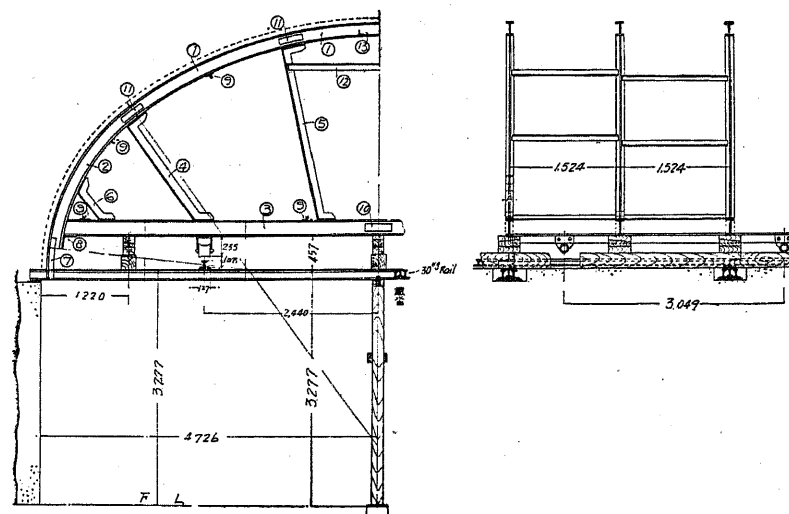
ので、3 年 11 月からは主として上部開鑿式を採用し、昭和 4 年 12 月 29 日 4,550 米附近で導坑貫通を見たのである。清水隧道の中央部には將來信號場を設置して列車行違をなし得る様に隧道を擴げた部分がある。其の断面は第 275 圖の様に大きいものであつて、導坑貫通後この部分の切擴作業を行つた。第 276 圖に示す様に導坑は一方の土平に設けられ、その貫通を待つて 1 の部分を

第 276 圖 坑内信號場掘鑿順序



全延長に亘つて急速に掘鑿を終了する計畫でこの部分のみに N.75 及 DW.64 合せて 14 臺を用ひた。この掘鑿が終つた後、導坑であつた部分を堅固に防護して 2. 3. の掘鑿に着手した。2 の部分には N 75 を 7 臺、3 の部分には DW64 を 5 臺用ひて鑿岩し、礫は全部施工基面に落し、Thew shovel 又は Hoar shovel, Myers-whaley shovel 等を用ひて機械積を行つた。この部分 1 日の平均進行は 4.6 米であつた。掘鑿終了後第 277 圖の如き鋼製移動式拱架を用ひて混凝土覆工を施した。拱架は 22 臺を製作し 1 作業を 33 米と定めて 2 乃至 3 日間で攻め終る。攻めの混凝土塊積作業が終つて 10 時間の後にはセントル移動の準備に掛り次の交代で移動、据付を了し、其の次の方で混凝土打ちを開始する事が出来た。即ち 33 米の完成に 4 日を要したのである。

第 277 圖 坑内信號場覆工用移動拱架



材 料 表

番 號	數 量	名 稱	寸 法	(耗)	全 重 量
1	3	I 型	178 × 102 × 2,479		177.074
2	2	I 型	〃 × 〃 × 2,246		106.955
3	2	I 型	229 × 102 × 4,408		275.498
4	2	I 型	102 × 102 × 10 × 2,236		65.032
5	2	I 型	〃 × 〃 × 〃 × 3,045		88.553
6	2	I 型	〃 × 〃 × 〃 × 984		28.621
7	4	角 釘	76 × 76 × 16 × 698		29.905
8	2	角 釘	178 × 178 × 13 × 121		8.248
9	8	角 釘	76 × 76 × 10 × 1,651		141.523
10	2	角 釘	76 × 10 × 457		5.212
11	8	角 釘	102 × 10 × 356		16.213
12	1	角 釘	76 × 76 × 10 × 2,547		22.289
13	2	角 釘	〃 × 〃 × 〃 × 1,499		32.115
			計		1,002.238
	176	ボ ー ル ト	軟 鋼 徑	19 × 57	

掘鑿が坑口から 4000 米附近まで進行した時に所謂山ハネ (Bergschlag) の現象が起つた。この現象は Simplon 隧道掘鑿中に起つてから注目される様になつたものであるが、我が國では清水の南口以外に例がない。

掘鑿の直後、異様な音響と共に側壁部の岩石が厚さ 5 糎乃至 30 糎、大きさは小紙片位から疊 2 枚位の岩片となつて飛び出し、小片の場合には向ひ側の壁に激突して飛散する。これは 4 糎から 5 糎までの間、地表から最も深く (1075 米乃至 1250 米) 且つ湧水の全くない個所にのみ起り、掘鑿直後に最も多く、時間が経過すれば漸次衰退する性質のものである。岩片が飛び出す前には必ずピリツピリツと云ふ音を發し、側壁の處々から大なるは其の場に剝げ落ち、小なるは可成りの速度で飛び出す。この小片は相當危険であつて、これに打たれて輕傷を負ふたものも數名あつた。

この山ハネ現象の原因については種々論ぜられて居るが、目下の所定説はない様である。

清水隧道南口の作業成績を總括すると第 80 表及び第 81 表の様である。

第 80 表 清水隧道南口掘鑿歩掛表 (含 雜 役)

	掘鑿 高 (米)	鑿 岩 (人)	支 保 (人)	礮 出 (人)	雜 役 (人)	計 (人)	ダイ ナ マ イ ト (kg)	雷 管 (發)	導 火 線 (米)	穿 孔 數	穿 孔 延 長 (米)	
導	總計	36,352	54,708	1,292	110,378	47,275	213,653	111,406	131,553	239,181	104,785	167,673
	延長 1 米に付	8.96	13.48	0.32	27.19	11.65	52.64	27.44	32.41	58.92	25.81	41.31
坑	掘鑿 1 立米に付	—	1.50	0.04	3.04	1.30	5.88	3.06	3.62	6.58	2.88	4.61
切	總計	107,840	129,382	18,568	250,523	125,386	523,859	124,616	210,134	354,525	180,086	247,574
	延長 1 米に付	22.65	27.17	3.90	52.61	26.33	110.01	26.17	44.13	74.45	37.82	51.99
擴	掘鑿 1 立米に付	—	1.20	0.17	2.32	1.16	4.85	1.16	1.95	3.29	1.67	2.30
全	總計	144,192	184,090	19,860	360,901	172,661	737,512	236,022	341,686	593,706	284,871	415,247
斷	延長 1 米に付	31.61	40.65	4.22	79.80	37.98	162.65	53.61	76.54	133.37	63.63	93.30
面	掘鑿 1 立米に付	—	1.28	0.14	2.50	1.20	5.11	1.64	2.37	4.12	1.98	3.88

第 81 表 清水隧道南口工事費

		人 夫 賃			爆 藥 費	材 料 費	電 力 費	計
		延 人 員	平 均 賃 金	金 額				
坑 内 掘 鑿	總計	737,130	2.10	1,480,385	374,861	1,253,840	763,600	3,872,686
	延長 1 米に付	153.65	—	308.41	78.10	261.22	159.08	806.81
	掘鑿 1 立米に付	5.05	—	10.13	2.57	8.58	5.23	26.51
側 壁 石 混 凝 土 積 拱	總計	47,509	1.89	89,589	—	121,519	5,551	216,668
	延長 1 米に付	10.32	—	19.72	—	33.29	1.22	54.23
	疊築 1 立米に付	6.41	—	12.06	—	20.35	1.75	33.16
下 水 混 凝 土 蓋	總計	92,965	1.77	164,859	—	204,691	5,551	375,101
	延長 1 米に付	19.52	—	34.62	—	55.72	1.19	91.53
	疊築 1 立米に付	9.73	—	17.25	—	27.76	0.58	45.59
下 水 混 凝 土 蓋	總計	10,519	1.78	18,682	—	14,143	—	32,825
	延長 1 米に付	7.40	—	13.15	—	9.95	—	23.10
	疊築 1 立米に付	11.68	—	20.75	—	15.71	—	36.46
坑 門 混 凝 土	總計	2,268	1.92	4,345	—	8,082	—	12,427
	延長 1 米に付	2.57	—	4.91	—	9.14	—	14.05
	疊築 1 立米に付	7.40	—	14.18	—	26.37	—	40.55
茂 倉 信 號 場	總計	2,210	2.04	4,502	—	8,041	—	12,543
	坑内掘鑿	60,265	2.08	125,500	37,559	13,827	—	176,886
	進行 1 米に付	130.74	—	216.04	64.66	23.80	—	304.50
側 壁 混 凝 土 積 拱	總計	2,58	—	5.37	1.61	5.92	—	12.90
	延長 1 米に付	6,194	1.98	12,270	—	8,980	—	21,250
	疊築 1 立米に付	10.66	—	21.12	—	15.46	—	36.58
排 水 混 凝 土 蓋	總計	7,09	—	14.04	—	10.27	—	24.31
	延長 1 米に付	22,264	1.87	41,535	—	59,473	—	101,080
	疊築 1 立米に付	38.33	—	71.50	—	102.38	—	173.88
排 水 混 凝 土 蓋	總計	6.11	—	13.90	—	16.31	—	30.21
	總計	77,694	1.94	150,566	103,106	65,950	—	319,622
	延長 1 米に付	29.34	—	56.85	89.93	24.90	—	120.68
覆 工 混 凝 土	掘鑿 1 立米に付	6.31	—	12.23	8.38	5.36	—	25.97
	總計	2,887	1.90	5,483	—	9,703	—	15,186
	延長 1 米に付	1.09	—	1.90	—	3.66	—	5.56
總 計	疊築 1 立米に付	6.16	—	11.71	—	20.72	—	32.43
	總計	1,062,273	1.97	2,097,725	515,526	1,768,249	774,702	5,156,202
	信號場を除き計	973,550	1.97	1,918,420	477,967	1,685,969	774,702	4,857,058
延 長 1 米 當 り	延長 1 米に付	202.82	—	399.67	99.58	351.24	161.40	1,011.89

2. 北 口 の 工 事

清水隧道北口では其の坑外設備等略南口と同様であつて、地質は南口に比しやゝ龜裂多き閃綠岩の見込であつた。概して地質的變化少なく、大正 12 年 10 月底設導坑に着手し、昭和 1 年 12 月導坑貫通に到るまで 1 日平均 2.4 米、1 ヶ月最大 115 米の成績で進行し、坑口より 5,124 米の地點で南口の導坑と貫通、6 年 3 ヶ月の時日を費した。北口より切擴げた區間は坑口、

より 4,942 米で、内新式掘鑿によれるもの 2,556 米、上部開鑿式によれるもの 2,386 米で、鑿岩は全部機械掘りに依り第 82 表の如く鑿岩機を配置した。

第 82 表 清水隧道北口に於ける鑿岩機の配置

新式による場合									
順序	個	所	機	械	種	類	臺	數	
1	底	設	導	坑	イン	ガ	ソ	R 72	2~4
2	頂	設	導	坑				DCRW 23	2
3	丸			形				DCRW 23	1~2
4	中			脊				BCRW 430	2~3
5	土			平				DCRW 23	1~2

上部開鑿式による場合									
順序	個	所	機	械	種	類	臺	數	
1	底	設	導	坑	イン	ガ	ソ	R 72	2~4
2	土			平	サ	リ	バ	DX 61	1
3	中			脊	イン	ガ	ソ	DCRW 23	3
4	上			部	イン	ガ	ソ	DCRW 23	2

導坑の礫は手積みにより、切擴の礫は落し積みとした。礫受臺は第 1 湯槍會隧道の如く復線式とし、漏斗には 20 封度軌條を用ひた。運搬には蓄電池機關車を作業區間に、架空線式電氣機關車を覆工完成區間に用ひた事は南口と同様である。

支保工を要した區間の總延長は 1,636 米で全延長の 33% に相當し、他の 67% は全く支保工を要しない程度の良い地質であつて、用ひられた支保工も簡単な枝梁式を主とし、坑口より 1,520 米附近で約 100 米間に後光梁式支保工を用ひたに過ぎない。

此の箇所は丁度隧道中心線が 2 回目に魚野川の支流の溪谷を横斷する個所で、斷層による破碎帶發達し而も閃綠岩の分解によつて生じたカオリンに富み、湧水に會つて水を含むと崩壊を起す性質のものであつたので、掘鑿の進行に従つて湧水増加し、土壓加はつて坑道普請の轉及び柱は彎曲する状態となつたので、極力支保工の補強につとめた。

清水隧道の斷層線は南北兩口共殆んど中心線と平行に走つて居たので、一度斷層に遭遇するとその地帯を通過するまでには相當に長い區間を要したが、この場合にも斷層角礫に入つてから再び堅岩に入る迄には約 40 米を要し、其の中 20 米間は上述の最も不良な地質であつた。此の間で途中 1 回湧水と共に泥土の噴出に出會つて、作業中の従事員は膝下を埋没するの憂き目を見たが、結局既定計畫通り底設導坑を掘り進め、この區間を通過した。其の後は殆んど悪

い地質に遭遇する事なく、到つて順調に工事を進めたのであつて、湧水は南口と殆んど同程度で覆工完成後もなほ坑口に於て 8.8 個を算する状態であるが、施工基面が 1/100 の急勾配である爲めに南口の如くその爲めに困難する事なく、0.6 米× 0.6 米の中心下水によつて處分する事を得た。

換氣の設備は大體南口と同様であつたが、北口に於ては魚野川の溪谷を利用し、堅坑を掘鑿し得たので甚だ有利であつた。この堅坑は直徑 1.83 米深さ 134 米で、坑口より 968 米の地點にあつて、完成後もそのまゝ残してある。北口で得た工事の成績は第 83 表乃至第 84 表の通りである。

第 83 表 清水隧道北口掘鑿歩掛表

	掘鑿高(立米)	鑿岩(人)	支保(人)	礪出(人)	雜役(人)	計(人)	ダイナマイト(斤)	雷管(發)	導火線(米)	孔數	孔延長(米)
導坑	總計 49,127	57,037	3,774	100,318	18,956	180,085	122,804	158,243	415,215	—	—
延長 1 米に付	9.94	11.54	0.76	20.30	3.84	36.44	24.85	32.02	84.02	22.26	30.38
掘鑿 1 立米に付	—	1.16	0.08	2.04	0.39	3.67	2.50	3.00	8.42	2.38	3.25
切擴	總計 104,505	183,535	40,941	267,494	52,028	43,998	122,584	362,338	626,148	—	—
延長 1 米に付	21.15	37.14	8.28	54.13	10.53	110.08	24.80	73.32	126.70	62.60	59.41
掘鑿 1 立米に付	—	1.76	0.39	2.56	0.50	5.21	1.17	3.47	5.99	2.96	2.81
全斷面	總計 153,632	540,572	44,712	367,812	70,984	724,083	245,388	520,581	1,041,363	—	—
延長 1 米に付	31.09	48.68	9.05	74.43	14.36	146.52	49.65	105.34	210.72	84.86	89.79
掘鑿 1 立米に付	—	1.57	0.27	2.39	0.46	4.71	1.60	3.39	6.78	2.77	2.95

第 84 表 清水隧道北口工事費

	人 夫 賃			爆藥費	材料費	電力費	計
	延人員	平均賃金	金額				
坑内掘鑿	總計 724,083	1.85	1,342,901	439,532	978,101	559,835	3,320,369
延長 1 米に付	146.52	—	271.73	88.94	197.92	113.28	671.87
掘鑿 1 立米に付	4.71	—	8.74	2.86	6.36	3.64	21.61
側壁(混凝土積)	總計 38,360	1.81	69,378	—	180,120	4,100	253,598
延長 1 米に付	7.76	—	14.04	—	36.45	.83	51.31
掘鑿 1 立米に付	4.17	—	7.55	—	19.60	.45	27.59
拱(混凝土積)	總計 80,935	1.85	150,007	—	286,040	4,100	440,147
延長 1 米に付	16.38	—	30.35	—	57.88	.83	89.06
掘鑿 1 立米に付	6.76	—	12.52	—	23.87	.34	36.73
下泥疑	總計 6,893	1.85	12,756	—	23,316	—	36,072
延長 1 米に付	1.39	—	2.58	—	4.71	—	7.29
掘鑿 1 立米に付	4.30	—	7.96	—	14.55	—	22.52
下水蓋(混凝土)	總計 1,055	1.84	1,936	—	15,237	—	17,173
延長 1 米に付	1.21	—	.39	—	3.08	—	3.47
掘鑿 1 立米に付	1.99	—	3.65	—	28.69	—	32.34
坑門(混凝土)	總計 218	1.69	3.68	—	1,614	—	1,982
掘鑿 1 立米に付	2.55	—	4.33	—	19.00	—	23.32
計	總計 851,544	1.85	1,577,346	439,532	1,484,428	568,035	4,069,341
延長 1 米に付	172.31	—	319.17	88.94	300.37	114.94	823.42

### 3. 宮 隧 道

高山線宮隧道は延長2,080米、1,000分の18の片勾配の隧道で、龜裂多き石英斑岩より成つて居る、工事は主として高山方から行はれ、岐阜方からは195米を下り込みに掘鑿したのみである。昭和5年11月高山方は坑口切取工事未完成の爲め頂設導坑より掘鑿を始め、翌年1月初旬進行61.3米で一時頂設導坑を中止して新換式掘鑿に移る準備を行ひ、一方底設導坑は5年12月坑口切取の完了を待つて掘り進められた。

坑口から48米附近で底設導坑切端から約0.2個の湧水があり、且つこの附近は岩石の腐蝕も甚しかつたので導坑の天井は全部縫地によつて進行し、90米附近より一時後普請で掘進し得る程度の地質となつたが、120米に到つて再び節理多く其の間に粘土を挟む岩石に遭遇し、導坑の進行に従つて土壓は益々加はつて、160米附近では導坑支保工の轉を折られた事もあつて、難工を續けたのである。

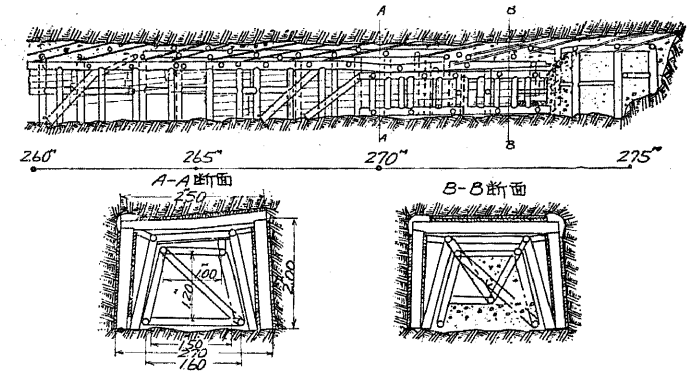
工事着手から7ヶ月間、底設導坑が231米に達するまでは全部手掘りで掘鑿されたのであるが、6年6月動力設備成ると共に鑿岩機を使用した。然しこの附近は地質悪く大型機械の使用に適しなかつたので、止むを得ずシンカーのみを用ひて掘り進むうちに、240米附近で導坑右側上部から含水粘土約3立米流出したりして、土壓と湧水は次第に増加し、縫地と切端の山留とを嚴重に施して辛じて前進を繼續して居つたが、251米附近に到つて運搬車の通行に支障なき程度に加背を縮小するの止むなきに到つた。

6年7月4日276米附近に達した時に、作業中導坑右側上部より湧水があり、次第に其の量を増す傾向があるので、従來の例に鑑み土砂崩壊防止の爲め正面に土留工を施したる後、前方へ矢板を打ち込み中急に濁水が迸出し、湧水も益々増加して左側に廻り、粘土層を破つて土砂と共に噴出するに到つた。この時の噴出土砂は約10立米と推定され湧水量は5個であつた。その結果坑内假下水は全部埋まり、施工基面上水深20厘以上に達し、秒速2米に及んだので導坑柱の根を破壊されるを恐れ、土留堰を坑奥より4米間に3ヶ所設けると共に、柱の根元を板で保護した。然し土砂の流出は依然留らず、坑奥は堆積せる土砂で閉塞され、水は天井矢板の裏へ廻つて隨所より夕立の様に降りそゞぐ状態となり、支保工に加はる壓力も増加して264米附近では轉が彎曲したので、全體に亘り第278圖の如く充分な補強をなし、嚴重な不慮を施して一時作業を中止し、警戒をなすつゝ成行きを見る事とした。

其の後湧水量も4個位に減少し濁りもされて殆んど清澄となつたので、4日目の7月8日より復舊作業に着手し、非常の困難を冒して縫返しを行ひ、10日を費して元の切端から2米手前

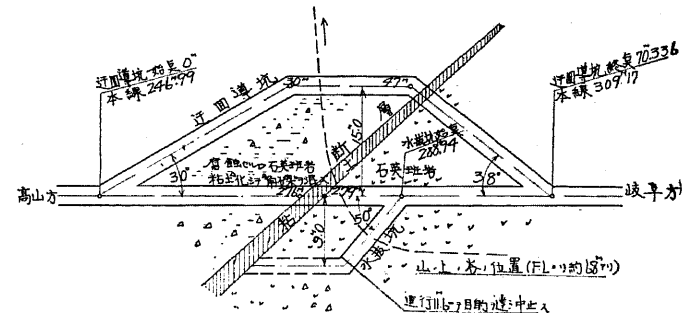
地點まで達したが、湧水は減少せず掘鑿に伴ひ濁水は土砂を押出し、土壓益々増加し、支保工は相次で破壊されるので、導坑作業を強行する事は徒らに土砂の流出と地山をゆるめるのみで將來切擴作業を困難ならしめる虞れがあるので本導坑の作業を一時中止し、第279圖の如く迂廻導坑を掘鑿するを得策と認めてこれを實施した。

第278圖 宮隧道導坑支保工の補強



この湧水區間は地表の谷の位置及び坑内湧水の状況から見て、水は導坑の左側より來る事が想像されるので、左側に水抜導坑を作つてこれから水を抜き、本導坑の水を切つてこれを進むべきか、右側に迂廻導坑を掘つて迂廻導坑より先きの工事を進め本導坑は自然に地下水面の下るのを待つて掘鑿するべきかと云ふ問題があつたが、結局確實性に富む迂廻導坑による方法を採用し、本線より15米を離して導坑を掘鑿する事とし、43日を費して70米の迂廻導坑を造り、完全にこの不良區間を通過したのである。それから大體に於て比較的良質の石英斑岩に入り、掘鑿には大型ドリフター、礪出しには蓄電池機關車を用ふる様になつた。

第279圖 宮隧道迂廻導坑



6年7月より此の隧道の特徴とする導坑專進主義を採り、切擴及び覆工の作業を中止して全力を導坑に集中し、他の作業に支障される事なく進行し、8年1月30日高山方より1,885米の地點で貫通した。此の間の1日最大進行11米で、平均1日4.76米であつた。

導坑のみを進め、その貫通を待つて切擴を行ふ方法は米國に於ては普通の工法であつて、4軒位までの隧道では頂設導坑を貫通せしめてから初めて切擴に着手する機会が多いのであるが、我が國で長い隧道にこの方法を取つたのはこの隧道が初めてである。導坑掘鑿のみを行ふ時は

切擴及び覆工と併進する場合に比して作業が著しく簡易化され、少數の人員が混雜する事なく働く事が出来るので能率が非常によい。換氣管は途中の作業で破損される心配がないので常に導坑切端まで延長する事が出来るから、完全な坑奥の換氣を行ひ得る爲め發破後の時間の空費、空氣の悪い爲めの勞働能率の低下を防ぎ得る事もこの方法の大なる利點である。

導坑の加脊は幅 4.0 米、高さ 2.5 米で 76 纏軌間の運搬線路を複線で敷設するに充分なる大きとしたが、地質の不良なる區間には止むを得ず幅 3.0 米、高 2.7 米に縮小し單線を用ひた。

鑿岩には堅鋼柱 2 本に D. W. 64 を 4 臺取り付け運轉し、これに給水する爲めの水槽は徑 30 纏高さ 1 米の 56 立入のもの 8 個を 1 臺の臺車に積み込み水槽車として使用した。1 日 3 交代を原則とし、1 交代の人員は第 85 表の如くである。

第 85 表 鑿岩組人員

世同鑿	岩	話機	使用	役用手換	號令	鑿岩工	同助手	並人夫	計
					人	人	人	人	人
					1	—	—	—	1
					—	4	—	—	4
					—	—	4	—	4
					—	—	—	1	1
計					1	4	4	1	10

爆藥は心拔及び踏えに英國製プラスチングゼラチン及びチタ松印を用ひ、それ以外の孔にはチタ櫻甲號を用ひ、馬鹿、心拔、拂、冠、踏の順に爆破するを原則とし、點火には三菱アセチレン手提燈 204 號 2 個を用ひ、2 燈を豫備として備へた。不完全爆破又は不發の爲め再發を要した回数は導坑發破孔數 7,292 に對し 258 發で總數の 3.6% に相當した。

火藥掛が發破終了を通知すると坑内照明掛は直に入坑して電線を延長し 50 燭光の電燈を約 5 米毎に導坑の兩側に點じ充分の照明を施した。發破に着手してから再び坑奥に點燈されるまでに要した時間は約 40 分である。

礮積にはアームストロングショベローダー及びマイヤースホーレー礮積機を用ひた。

前者は導坑專進法を採用してから貫通まで 225 日に對し 149 日間働いたが、其の成績は 2 臺同時に使用して一破發分の礮 35 臺乃至 40 臺を 3 時間乃至 3.5 時間で積み終る。

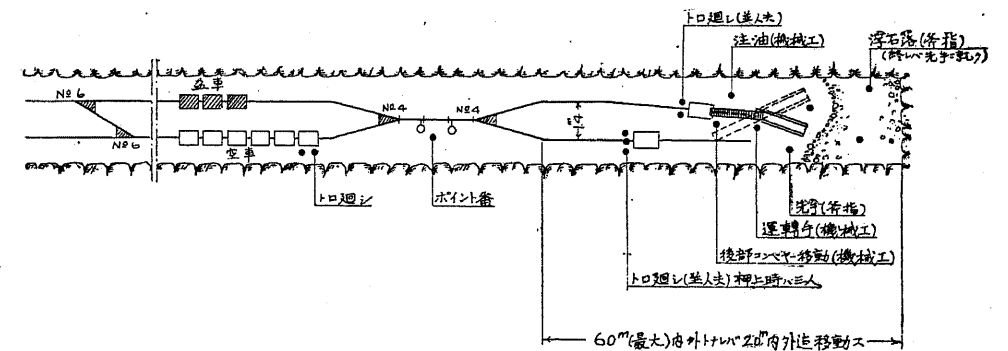
後者はこの隧道では 1 臺を有するのみであつたので、故障其の他の爲め使用日數は少なく 76 日に過ぎなかつたが、本機使用期間の平均進行は 5.94 米であつてショベローダー使用期間の 3.65 米に比し約 20% の増加を示し、若し 2 臺を所有し交互に使用したら貫通日を 46 日早める事が出来たであらうと云はれて居る。運搬車 1 臺の純積込時間は 58 秒、平均 2 分 25 秒で、1 發破の礮 34 臺乃至 38 臺を積み込むのに約 2.5 時間であつた。礮出組の配置人員は第

86 表の如くで第 280 圖はマイヤースホーレー使用の場合の作業略圖である。

第 86 表 礮出組人員配置

世同礮	イヤースホーレー用	號令	鑿岩工	同助手	斧指	並人夫	機械工	計
								人
世同礮イヤースホーレー用	イヤースホーレー用	號令	鑿岩工	同助手	斧指	並人夫	機械工	1
								—
								—
								—
								13
注								浮石落しをなして後掛る
世同礮イヤースホーレー用	イヤースホーレー用	號令	鑿岩工	同助手	斧指	並人夫	機械工	1
								—
								—
								—
								14
注								常に運轉手と反對側に居り機械を監視す

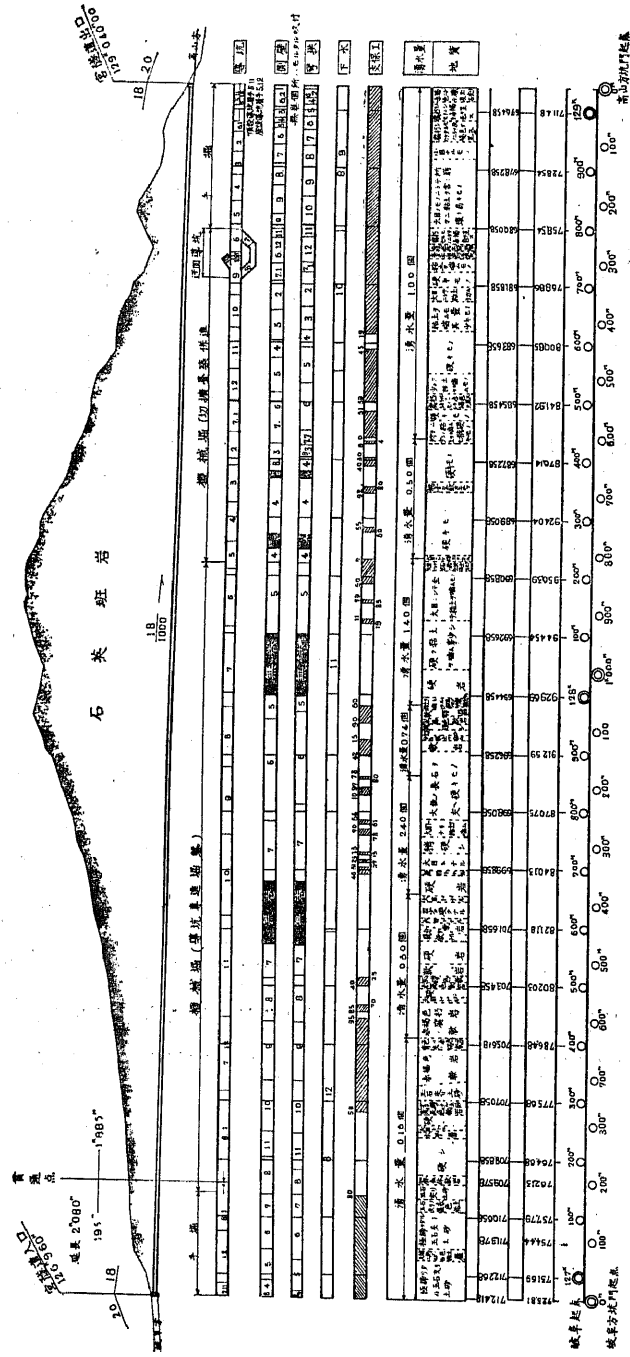
第 280 圖 マイヤースホーレー使用作業略圖



工費及び歩掛等に関しては、宮隧道は岩德線欽明路隧道と共に最も詳細な統計を得て居るので、其の工事報告は隧道工事研究者にとつて貴重な参考となるものである。

今その工事報告より掘鑿歩掛り、爆藥量、爆破孔數等を摘記すれば第 87 表第 88 表の様である。





第281圖 宮隧道縱断面及工事一覽圖

第87表 宮隧道導坑歩掛表 宮方より掘鑿の分

	掘鑿高さ	掘鑿	支保	礮出	計	ダイヤト	管	導火線	孔數	孔延長
掘鑿全部	17,397.719	1,885.0	3,979.44	12,776.775	28,539.339	20,804.85	30,054.0	54,864.5	25,854	37,630.88
進行1米に付	—	6.251	2.111	6.778	15.140	11.037	15.944	29.106	13.716	19.96
平均掘鑿1立米に付	—	0.677	0.229	0.734	1.640	1.196	1.728	3.154	1.486	2.169
手掘にて掘鑿	1,266.029	231.4	398.66	464.05	2,212.81	485.45	3,651.0	2,795.0	3.651	1,055.8
機械掘にて掘鑿	—	5.835	1.723	2.005	9.563	2.098	15.778	12.079	15.778	4.563
進行1米に付	—	1.050	0.310	0.361	1.721	0.378	2.839	2.173	2.839	0.821
平均掘鑿1立米に付	—	0.511	0.240	0.291	1.042	0.234	1.448	1.095	1.448	0.451
機械掘にて掘鑿	5,657.40	593.3	3,269.724	8,507.745	8,201.229	5,232.05	8,189.0	15,247.0	8.175	10,285.08
進行1米に付	—	6.756	2.034	8.804.98	13.823	8.819	13.803	25.699	13.779	17.335
平均掘鑿1立米に付	—	0.578	0.252	0.620	1.450	0.925	1.448	2.695	1.445	1.818
機械掘にて掘鑿	10,454.29	1,060.3	2,157.02	8,804.98	18,125.30	15,087.35	18,214.0	36,822.5	14.028	26,290.0
進行1米に付	—	6.756	2.034	8.804.98	17.095	14.229	17.178	34.728	13.230	24.795
平均掘鑿1立米に付	—	0.685	0.206	0.842	1.734	1.443	1.742	3.522	1.342	2.515

第88表 宮隧道切破歩掛表 宮方より掘鑿の分

	掘鑿高さ	掘鑿	支保	礮出	計	ダイヤト	管	導火線	孔數	孔延長
掘鑿全部	31,844.059	1,885.0	6,156.379	14,642.01	1,457.08	42,334.67	8,329.75	50,728.0	60,161.6	34,120.9
進行1米に付	—	10.534	3.385	7.768	0.773	22.459	4.419	26.911	31.916	18.101
平均掘鑿1立米に付	—	0.624	0.200	0.460	0.046	1.329	0.262	1.593	1.889	1.072
手掘にて掘鑿	3,207.640	143.94	1,950.5	750.0	376.9	4,165.40	462.43	5,199.0	3,617.0	1,789.2
機械掘にて掘鑿	—	13.551	7.559	5.211	2.619	28.939	3.213	36.119	25.129	12.430
進行1米に付	—	0.608	0.339	0.234	0.118	1.299	0.144	1.621	1.128	0.558
平均掘鑿1立米に付	—	0.255	0.136	0.100	0.050	0.170	0.060	0.225	0.150	0.285
機械掘にて掘鑿	9,582.202	461.86	5,806.025	4,578.21	1,080.18	14,681.29	1,705.475	10,446.0	8,866.1	8,180.5
進行1米に付	—	12.571	6.265	9.913	2.339	31.787	3.693	22.617	19.197	17.712
平均掘鑿1立米に付	—	0.606	0.336	0.478	0.113	1.532	0.178	1.090	0.925	0.854
機械掘にて掘鑿	19,054.217	1,279.20	12,099.09	9,313.80	—	23,487.98	6,161.845	35,083.0	47,678.5	30,189
進行1米に付	—	9.458	1.622	7.281	—	18.361	4.817	27.426	37.272	18.880
平均掘鑿1立米に付	—	0.635	0.109	0.489	—	1.232	0.184	0.250	1.584	1.265

第89表 官隧道工事費(直接費)

		人 夫 賃			爆 藥 費	材 料 費	計
		延 人 員	平均賃金	金 額			
坑 掘 内 鑿	總 計	78,771	1.23	96,698	43,568	84,482	224,748
	延長1米に付	37.87	—	46.49	20.95	40.62	108.05
	掘鑿1立米に付	1.45	—	1.78	0.80	1.55	4.13
下 水 及 盤 下 掘	總 計	6,743	1.21	8,184	1,105	2.51	9.540
	延長1米に付	3.23	—	3.94	0.53	0.12	4.59
	掘鑿1立米に付	2.03	—	2.46	0.33	0.08	2.87
覆 工 混 凝 土	總 計	14,848	1.08	16.042	—	47,863	63,904
	延長1米に付	7.84	—	8.47	—	25.27	33.74
	壘築1立米に付	2.84	—	3.07	—	9.15	12.22
拱 混 凝 土	總 計	13,532	1.06	14,305	—	39,019	58,323
	延長1米に付	7.14	—	7.55	—	20.60	28.15
	壘築1立米に付	3.83	—	4.05	—	11.04	15.09
下 水 混 凝 土	總 計	1,056	1.04	1,097	—	2,607	3,704
	延長1米に付	0.51	—	0.53	—	1.27	1.80
	壘築1立米に付	5.08	—	5.67	—	13.47	19.14
下 水 蓋 鐵 筋 混 凝 土	總 計	583	1.10	639	—	2,890	3,529
	延長1米に付	0.28	—	0.31	—	1.41	1.72
	壘築1立米に付	5.27	—	5.75	—	26.01	31.76
仰 拱 混 凝 土	總 計	352	1.11	392	—	1,262	1,654
	延長1米に付	3.96	—	4.41	—	14.18	18.58
	壘築1立米に付	1.66	—	1.85	—	5.93	7.78
モルタル 吹 付	總 計	587	0.97	567	—	135	1,602
	延長1米に付	3.16	—	3.05	—	5.57	8.62
	出來高1平米に付	0.19	—	0.18	—	0.33	0.51
坑 門 混 凝 土	總 計	161	1.25	201	—	551	752
	壘築1立米に付	2.81	—	3.52	—	9.64	13.16
迂 廻 導 坑	總 計	990	1.33	1,222	428	1,445	3,095
	延長1米に付	14.07	—	17.38	6.09	20.54	44.00
	掘鑿1立米に付	2.63	—	3.25	1.40	3.841	8.23
セメント 注 入	總 計	103	1.04	107	—	243	350
	施工1米に付	1.33	—	1.39	—	3.16	4.55
合 計	合 計	117,726	—	139,455	45,101	181,647	366,203
	延長1米に付	56.60	—	67.05	21.68	87.33	176.06