

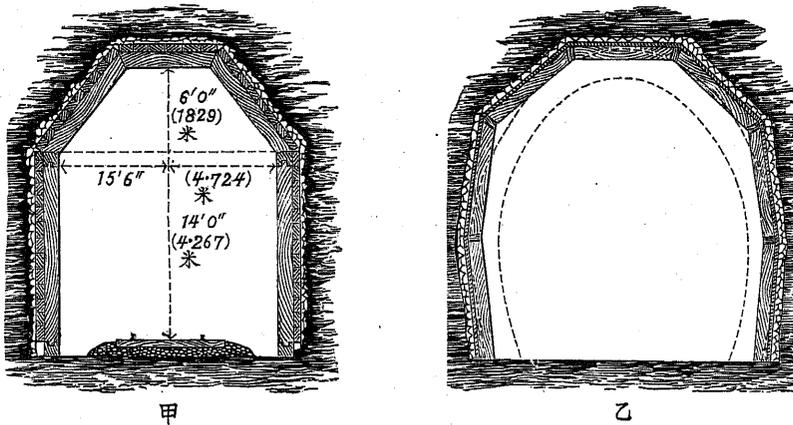
第三章 アメリカ式、雜式、及 施工注意事項、其他

第一節 アメリカ式、及雜式、

第六十圖 甲 Cincinnati Southern Ry. 乙 Albany and Susquehanna Ry.
の様に木材で半永久の支保を爲し其が腐朽するまでに煉瓦と
か混凝土とかで巻立るものもある、之をアメリカ式と稱する人
もある。木材支保は後日の巻立に差支ない様に造つてある。

第 六 十 圖

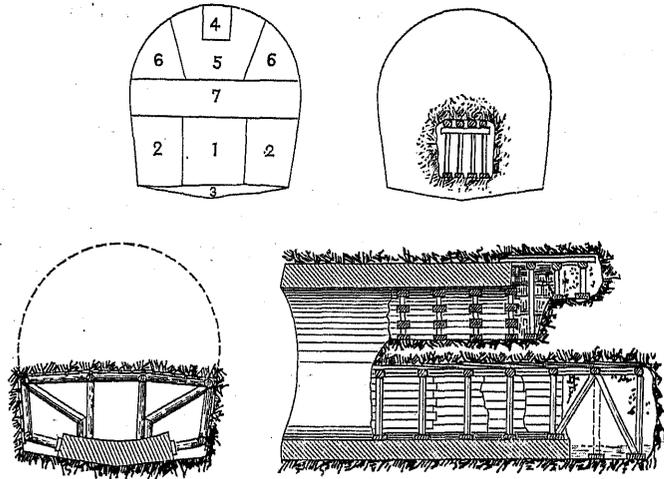
縮尺百六十分一



トンネルを造る方式は前記の諸式には限らず色々な變化したものが便利な事もある。第六十一圖に示すものは下部に導坑を穿つて之を切廣げ更に上部から掘鑿するのである。又長さ 8565 米即ち凡そ 5½ 哩 Grenchenberg のトンネルの地質は主として石灰石で其の形は單線鐵道用、内幅 5.2 米、内高 5.8 米である、其の施工方法は下部に導坑を鑿ち此の導坑から距離 192 米毎に上

第六十一圖

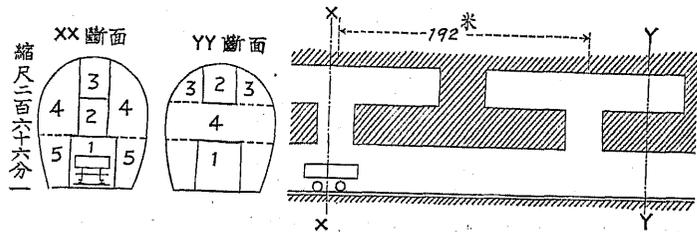
縮尺二百六十六分一



部へ掘上がり上部を夫から前後に掘るので地質のよきところでは運搬に便利である(第六十二圖参照) 京都大津間の東海道鐵道新線中にある新逢坂山東山トンネルにも此の式を採用したところもある。

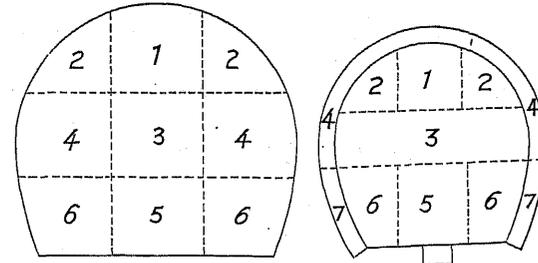
トンネルを作るに終始同一の法式を採るとは限らない長いトンネルでは都合上色々な式を混用するが便宜で第五十九圖長等山トンネル進行圖で見らるゝ通りである。熱海線の丹那

第六十二圖



第六十三圖

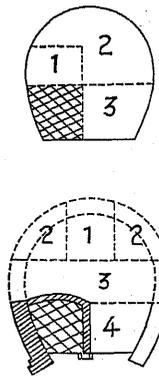
生駒 笹子



山トンネルでは鐵道複線用で形が大きいから東入口の地質の悪い部分長 300 呎(90米)許りは獨逸式で其奥は第六十二圖に示す様な混合式である。生駒のトンネルは電鐵複線用でオーストリア式採用のところで鐵道單線用笹子トンネルのベルギー式を適用して居る順序は第六十三圖に示してある。

St. Gothard, Mont Cenis, Loetschberg 等は複線形で作つたが Simplon は並行單線二本で最初に 1905 年に落成した單線形内幅 5 米内高 5 米半のものより凡そ 18 米を隔てたところへ導坑だけを穿つて置き最初の單線形トンネル施工のときは運搬と通風の用に供したので地質のよきところは掘放しとしてある地質の悪きところは本側壁の一部と假卷立とで出来て居る。

第六十四圖

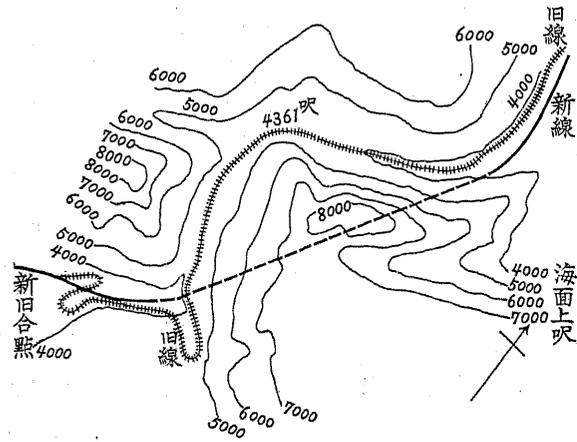


1912 年から第二の單線トンネルに着手した。世界大戦争がなければ 1918 年には完成の筈であつた(第六十四圖参照) 此の兩トンネルは距離が近過ぎるから壓力片押になつて宜しくない。相隔つる 30 米にでもして置けばよかつたと云ふ人もある。第二琵琶湖疏水のトンネルは第一のトンネルより 90 尺(27.3米)を隔て、居るが是は第一疏水トンネルに水が張つてあるのと第二トンネル

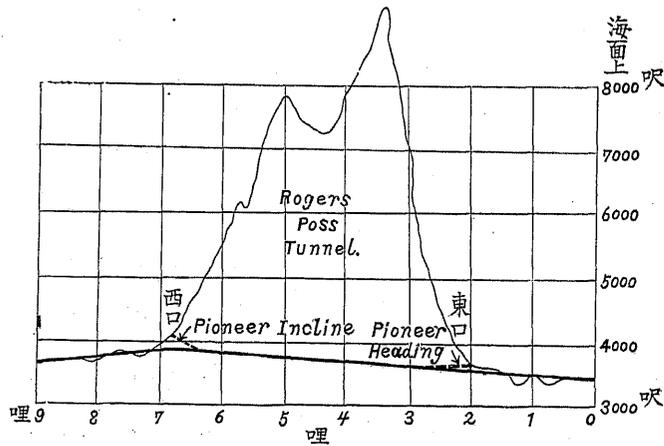
との間にある横穴で聯絡するのに勾配が急になり過ぎるから此の距離にしたのであつた。

米國加奈太太平洋鐵道線の Rocky 山中の Rogers Pass (第六十五圖參照) に長さ5哩もあるトンネルを大急ぎで作つたので運搬用導坑を穿つて夫から本トンネルを施工した地質の堅牢な

第六十五圖 (1)

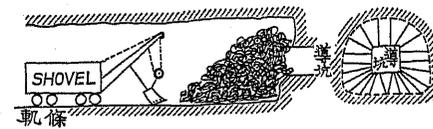


(2)

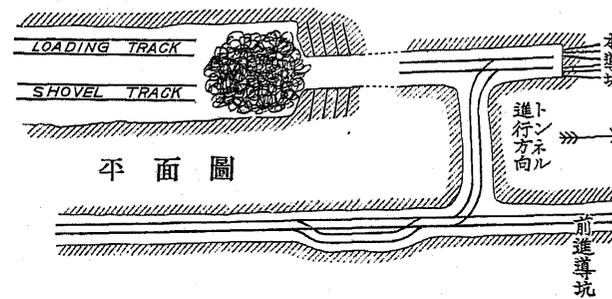


ところであるから本トンネルの導坑から一時に掘廣げをやつて其の土石運送にも掘鑿機械をトンネル内で使用して居る(第六十六圖參照) 前進導坑中には直徑 12 吋(0.305 米)送風管、8 吋(0.2

第六十六圖 (1)



(2)



平面圖

03 米)送風管、18 吋(0.4 67 米)軌間の輕軌道、直徑 2 吋(0.050 米)高壓空氣管、2 吋(0.051 米)壓力水管、3 吋(0.076 米)排水管の設備があつて本導坑中にもこれに似た設備がある。又其の進歩模様は第六十七圖に示す通りである東西兩入口に近いところでは運搬用導坑が本トンネルと並行して居らぬ。

第六十七圖に示す通りである東西兩入口に近いところでは運搬用導坑が本トンネルと並行して居らぬ。

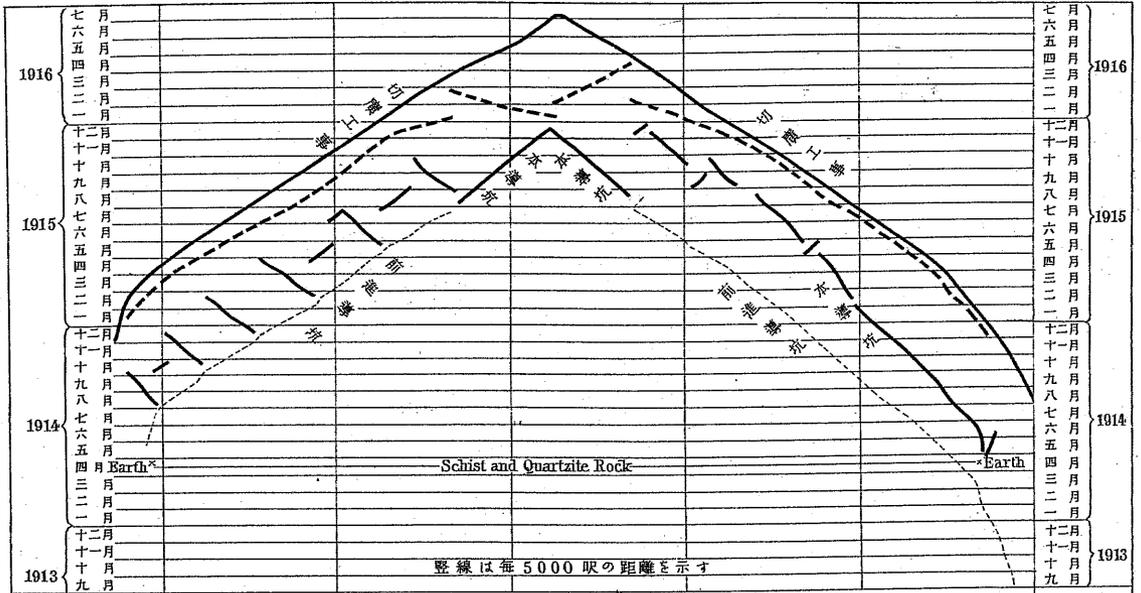
第二節 施工に関する注意事項

既に説明して置いた掘鑿木材支保卷立運搬點燈等に関する注意事項を此章で述べることにする。

手掘鑿岩用の錐で深き錐孔を掘るときに使用する鑿は最初の深さ一呎(0.3 米)間は 1 1/2 吋(32 耗)とし次の一呎間には 1 吋(3 耗)を減じて 1 1/8 吋(29 耗)とし其の次の一呎間には 1 吋(25 耗)深さ 4 呎(1.219 米)からは 3/4 吋(22 耗)徑を使用するが宜しい併し必要のないのに深い穴を掘るは頗る不經濟である。

堅粘土の様な質の岩ならば螺形の鑿岩機が適當であるが普通の岩質ならば衝擊形が宜しい。人力で廻轉させるのは力が弱い、蒸氣力は使用出来ないから電力か壓縮空氣が宜しい、壓縮空氣は其の排出した空氣が通風の役にたつて都合が宜しい、電力壓縮空氣機もあるが是は多く所在の空氣を壓して使用するのであるから外部から空氣管を引く面倒はないが通風兼用にはならぬ。鑿岩機用の錐は深さ2呎(0.6米)位づゝに直徑を細くするか宜しい。先づ2吋(0.051米)直徑で深さ2呎(0.6米)を掘り1½吋(0.044米)直徑で次の2呎(0.6米)を掘り又次の2呎(0.6米)を進む毎に¼吋(0.006米)を減じて行くので深さ8呎(2.4米)のものなれば先きが1½吋(0.032米)直徑となる。機械掘には多く深い孔が穿たれる。鑿岩機爆發藥等に就いては第九章參照ありたし、鑿岩機は鑿柱に取付けるものと横柱に取付けるものとある是は錐孔の配列の都合で便宜なものを使用する、又下部に車の附いてあつて移動に都合のよいものもある、三本脚形を使用する場合も稀にはある。前記機械は勝手次第の方向に孔を穿つには不便である。ハンド、ハンマー、ドリル形は至つて便利で適處に錐孔を穿つに最も適して居る隨ふて爆發藥の經濟にもなる。其の形は37封度(17珩)形では重すぎる25封度(11珩)形位が一番便利である下から、ちよつとした杖で突張つて置くと使用が樂である身體へ當るときには厚き布團を入れるが宜しい。至つて小形の9封度(4珩)位のものも日本製にある至極取扱簡便で宜しいが、はげしく使用すると度々修繕を要することもある。

第六十七圖



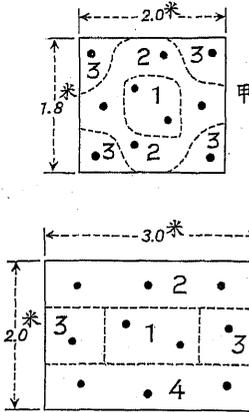
七月	六日	1916	-----		
一月	一日	1916	-----		
七月	七日	1915	-----		
一月	一日	1915	-----		
七月	七日	1914	-----	西	東
一月	一日	1914	-----	口	口

細点線は前進導坑

太線は本トネル

長凡 5 哩

Hauenstein basis トンネル(第六十八圖甲)では其の導坑が幅2米
第六十八圖 高さ1.8米で錐孔が10個あつて之を三段に



爆發させた、穴の大きさは最初55耗、次が50
其の次が45、最後が40耗で深さが1½米で所
用爆發藥は Gasmit, Cheddit であつた。Grench-
enberg トンネル(第六十八圖乙)では錐孔は
同じく1½米の深さで最後の直徑が30耗、所
要爆發藥は Gelsit と Telsit. で四段に爆發さ
せた圖に示したものは錐孔の最小數の場
合であつて最多のときは此の二倍の數で

あつた。鑿岩機据付に0時45分鑿岩に1時間15分爆發と掃除
とに2時間合計4時間一晝夜6回に相當した交代頭1人坑夫
8人運搬夫8人合計17人で8時間交代であつた。

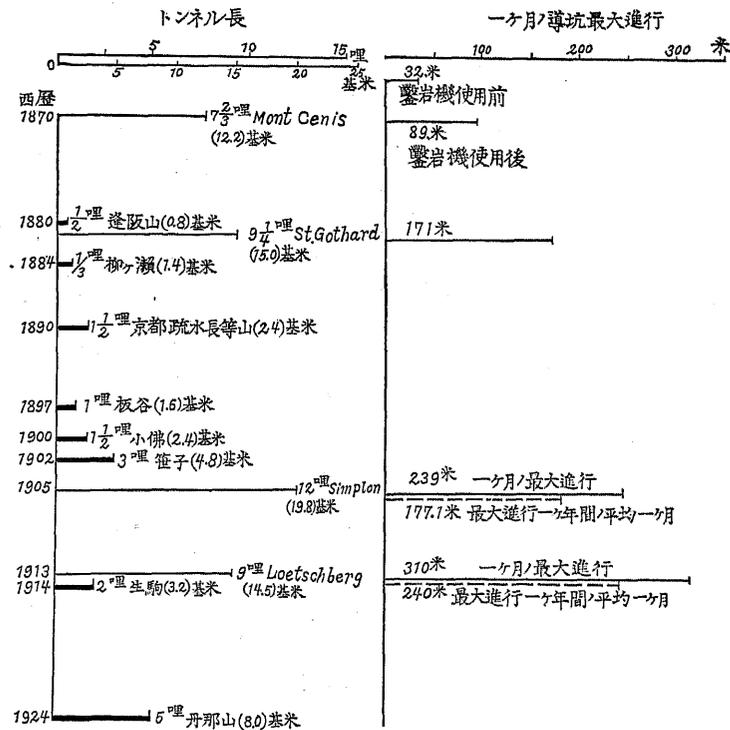
歐米では導坑の大きさは普通高さ6呎乃至9呎(1.8乃至2.7米)
で幅9呎乃至12呎(2.7乃至3.6米)である日本のものより大形であ
つて又歐米の導坑では錐孔が深くて平均4½呎(1.372米)位である
が時には6呎(1.8米)以上の事もある深き孔は鑿岩は早いが爆發
の能率は悪い錐孔の數は花崗岩の様な堅い岩なれば導坑横斷
面積2½平方呎(0.23平方米)に付一個當り軟岩なれば4平方呎(0.36
平方米)に付一個の割合である。所用一號ダイナマイトの量は
凡そ下の表の通りである。

岩 質	岩量一立方ヤードに對する 所用ダイナマイトの封度數	{一立坪なれば} {凡そ此の八倍}	{一立方米なれば} {凡そ十の三増}
Gneiss	4.0—7.8	(1.8—3.5 疋)	
Granite	4.0—7.1	(1.8—3.2 疋)	

Limestone	3.0—5.2 (1.4—2.3 疋)
Shale	2.4—4.3 (1.1—2.0 疋)

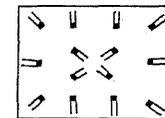
Simplon トンネルで最も岩質の堅かつたときは一立方ヤードに 12 封度 (5½ 疋) も使用した事がある。歐米のトンネル工事の進行は日本トンネルのそれに照せば比較にならぬ程迅速であるが所用爆發薬の割合は多量である、管子トンネルでは平均其長一呎 (0.3 米) 毎にダイナマイト (6.8 疋) 0.3 函 (一函は 50 封度入) 電気導火 6 個 雷管 55 個 火薬 73 匁 導火 78 呎 (23.8 米) を使用した。第六十九圖に示したものは歐米の著名トンネルと日本の著名

第六十九圖

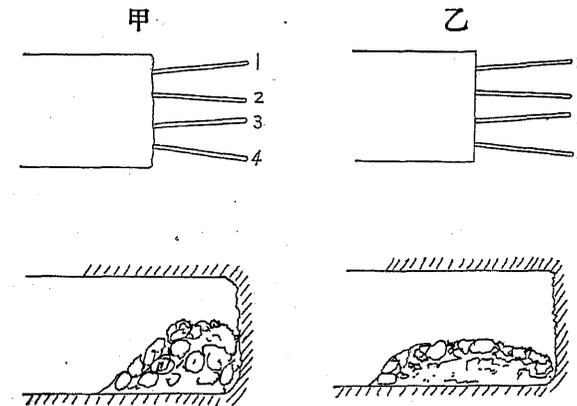


トンネルとを對照したもので左方は其の長さで右方は其の一ヶ月間の導坑の進行を示したものである Mont Cenis トンネルの 1860 年の進行 32 米は鑿岩機使用前で鑿岩機を使用したのは此のトンネルが始めて、其の使用後は一ヶ月に 89 米餘の進行を示して居る日本のトンネル進行圖が對照して書いてないのはあまりに遅々として御話にならないからである。長等山トンネル (1889) 長 (2.4 基米) では平均一ヶ月 (76 米) 板谷トンネル (1895) 長 (1.6 基米) では同 (135 米) 管子トンネル (1902) 長 (4.8 基米) では同 (76 米) で近頃になつても一向に進行度合が進歩せぬ。西暦は其のトンネルの完成した年を示して居る Simplon では Gneiss 質のところさへ一日の最大進行 17.4 呎 (5.3 米) であつた。

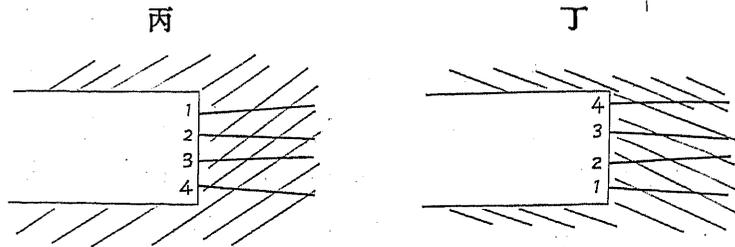
第七十圖 錐孔は第七十圖に示した様に其の場處によつて外廣がりと内廣がりとに掘るがよろしい又發破點火の順序によつて岩屑の積載に相違が出来るから岩屑の取り方付けに相當の差が出来る。



第七十一圖

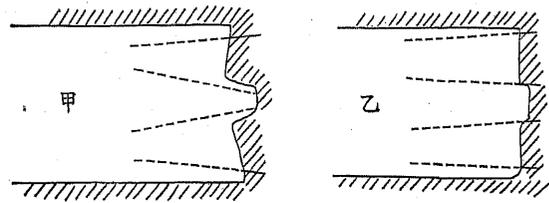


第七十一圖甲の様に 1234 の順序で爆發をさせるときは岩屑が山盛になる。第七十一圖乙 1234 の順序で爆發をさせると岩屑が廣がる、又地層の工合によつて點火順序を考へなければ爆發



の能率が悪い。第七十一圖丙と丁とは岩層の向が相違して居るので爆發の順序も亦相違して居る。又錐孔の勾配の適否が爆發の能率に關係がある。第七十二圖にある通り甲の通りに

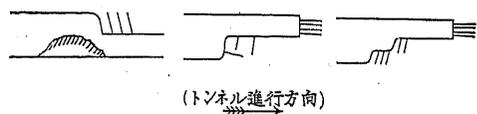
第七十二圖



勾配が強過ぎると孔先が残つて錐孔の深さの百分八十より能率がない事もある、最も都合よくいつたときは乙圖の様に百分九十六の能率がある場合が出来る。米國流は甲に近く歐洲流は乙に近い。

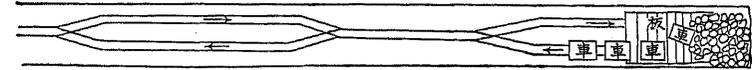
導坑から切廣げをするときの錐孔の位置は第七十三圖に示す通りでトンネル進行の方向は矢で示してある。

第七十三圖

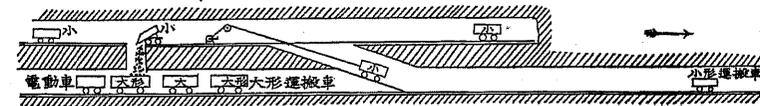


岩屑搬出方法は普通は爆發面附近まで小形軌道が敷設してあつて其の車輛へ岩屑を積み込むのであるが時には第七十四圖 Mont Royal トンネル導坑平面圖にある様に木板を敷いて置いて其の上へ車輛を動かして軌條へ移すものもある。又轉轍器と共に遷車臺が置いてあるところもある。又第

第七十四圖



第七十五圖

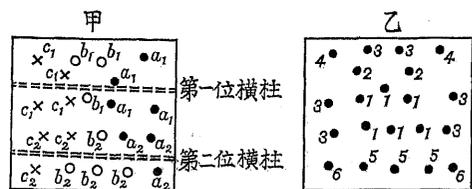


第七十五圖に示す Keiser Wilhelm トンネル縦斷圖の様に導坑の奥と切廣げとに小形車輛を使用して後部で35立方呎(1立方米)積の大形車輛に移すところもある。斜道曳上げのところは複線になつて居る。電動車は40馬力で25封度(12呎)軌條軌間24吋(0.6米)の輕便軌道上を一時間6哩乃至8哩(9.6乃至13基米)の速度で走り其の運搬費用は一噸哩我12錢乃至24錢に當つて居る。

日本に於ける二三の例を説明しよう、外國では工事請負者が鑿岩機等の設備を一と通り所持して居るが日本では起業者が此の設備をして請負者に貸付する場合が多い、使用された機械は Ingersoll, Rand, Leyner, Temple 等で Hand hammer drill は今後盛んに使用されるであらう。普通の鑿岩機は一分間400乃至500撃で錐孔最初の徑は1½吋(38耗)で深さ2呎(0.6米)を進む毎に½吋(6耗)を縮少して行つた、管子トンネルでは導坑幅6呎(1.8米)高さ7呎(2.1米)で錐孔12乃至15で、其の深さ2呎乃至3呎(0.6乃至0.9米)、此の割合で行けば一立坪の掘鑿に對し孔數40乃至50で宜しき算當であるが實際錐孔の數は80乃至100であつた鑿岩一呎(0.305米)進行に付堅岩なれば13000乃至15000、軟岩2500乃至3000撃位で撃數は一分間凡そ250乃至300であつた。生駒のトンネ

ルでは導坑の面積凡そ 100 平方呎(9平方米)で第七十六圖甲に示

第七十六圖



す様に横柱式に三臺の鑿岩機を付けて最初第一位に据えて a の機械は a_1 の四孔、 b の機械は b_1 の三孔、 c の機械は c_1 の四孔を穿ちて後に第二位に柱を移し前の通り $a_2 b_2 c_2$ を穿つのであつた。孔の深さは 5 呎乃至 $5\frac{1}{2}$ 呎(1.5 乃至 1.7 米)で一孔を穿つに凡そ 25 分間を費した。點火の順序は第七十六圖乙に示す通りで其の順序は導火の長さに凡そ 3 吋(0.076 米)の差を付けて置いて加減したものであつた。

筐子のトンネルでは運搬に人夫も馬匹も電氣機關車も使用された距離凡そ 3000 呎(900 米)以上では人夫で運ぶと一立坪が四圓近くにもなり馬を使用した方が二割も安價であつた。電氣機關車で距離凡そ 10000 呎(3000 米)を運搬するのに其の運搬費用のみが一立坪金一圓であつた。使用車輛其の他は下に示す仕様書で分明である。當時の相場で電氣機關車 2 臺で 8960 圓、鐵車 20 輛で 3300 圓、臺車 10 輛で 1328 圓であつた。

筐子トンネル運搬用電氣機關車及車輛購入仕様書の要領。

電氣機關車は重量凡そ 12000 封度、牽引力 1500 封度、最大幅 50 吋、固定輪軸距 44 吋、15 馬力電動機二臺を備へ其の走行速度は一時間 6 乃至 12 哩とし所用の軌條は 30 封度軌間 30 吋、中央聯結器を備へトロリー線は S. W. G. 零番線左方にあつて其の高さ軌條面上 6 乃至 7 呎、一切の電氣設備を要す(以上二臺)。

40 キロワット四極直流電壓 500 ボルト發電機及抵抗器アンメーター其他一切の附屬品は(以上二臺分)。

Leffel 水車七號形(以上一臺)。

鋼製運搬車容量 35.3 立方呎車輪直徑 1 呎 $3\frac{3}{8}$ 吋重量凡そ 1254 封度(以上 20 輛)。

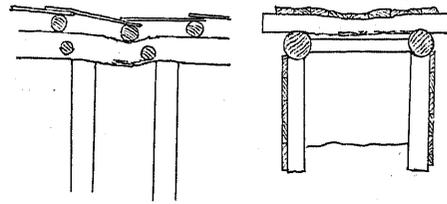
小形臺車幅 3 呎 $3\frac{3}{8}$ 吋長 6 呎 $6\frac{1}{2}$ 吋車輪直徑 1 呎 $3\frac{3}{8}$ 吋重量凡そ 1312 封度(以上 10 輛)。

丹那山に使用する電氣機關車は少しく大形で軌間は同様 2 呎 6 吋(0.762 米)であるが高幅共に $6\frac{1}{2}$ 呎(1.981 米)二個の 550 ボルト 40 馬力電動機付で重量 10 噸勾配凡そ $\frac{1}{600}$ (短き區間ならば $\frac{1}{100}$)の勾配のあるところで牽引する。車輛は風袋共 3 噸(積荷 2 噸)のもの 20 臺の聯結である。

電燈は出來得る限り使用するが得策である又其の電線は電氣爆發にも使用する事が出來るが取扱が不注意であつてはならぬから充分に注意條項を従事員に示して置く事が必要である。又點火は電燈ばかりにして置くと萬一故障のあつたときに甚だ不都合になるから他の燈火を兼用するが常である。普通は安全な種油カンテラであるがアセチリン燈又は蓄電池燈の使用も便利である。仕事が困難であるところは多く水滴が落ちるもので時には大強雨の様な、はげしい事もある。種油燈はかゝる時に消えるので困る、一度水で消えたものは完全に水氣を取らないと直に點火が出來ないので不便である。又種油燈はトンネル内の空氣を悪くする。アセチリンは尙更甚だしい。通風の充分なところならば使用に少しも差支がない。

木柵支保は前にも述べた通り必要な場所へは成るべく早く組立てるが宜しい。一度崩壊し始めると土石の圧力が増加して来るから仕事が困難になる。木材に腐れがあつたり虫喰があつたりすると危険であるが時にはあまり永く木柵の儘で置いてあると干腐も出来るし又茸が生じて来る。土壓の強大なために笠木梁が壓折られたり又柱に滅込んだりもするし壓下げらるゝ事もある第七十七圖にある通りであるが時には木柵

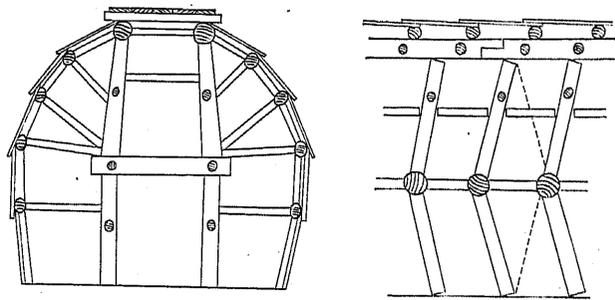
第七十七圖



全體が第七十八圖に示す通り曲つたり拗れたりするのは大いに危険である點線で示した様に突張を入れることもあるが巻立の時に邪魔になるから

相當の注意を要する地質の甚だしく悪いところで敷の方に可

第七十八圖



動の層があると底部が持上げらるることもある。是が一番厄介である。總べて木柵支保の儘では成るべく永く置

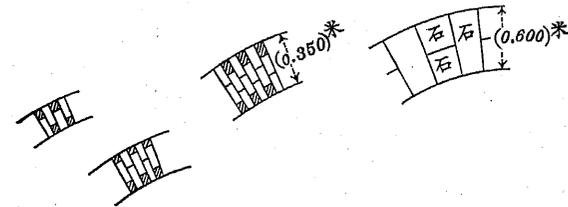
かぬ様にして速に巻立をするが肝要である。時には壓下されて縫返の必要に迫ることもあるが其の時は原材料を成るべく動かさず新支保材を入れてから原の不用材を取り除くが宜しい。初めは非常の難場の様に見えても後日沈定して宜しく

なるところもあるがやはり木柵支保を取り除いたり巻立に掛るときは大いに注意してやらねばならぬ。

單線鐵道用のものよりも複線用のトンネルは形が大きいから施工に多大の注意がいる又崩落させると其の後始末が形の大きいものは困難が多い、丹那山トンネルで此の度崩落があつたが其の復舊に要する努力は單線形の比でない。

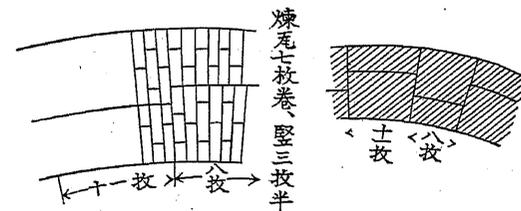
煉瓦巻立の時に輪状にすることは既に述べたが向心狀に積むときの接合は第七十九圖に示してある。寸法の記入してあるのはSimplonトンネルの煉瓦と石積とを示したのである。又

第七十九圖

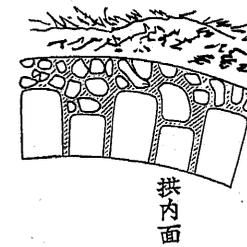


第八十圖に示した様に環狀と向心狀と混合したのもある。

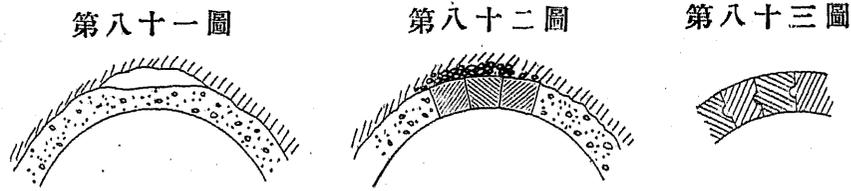
第八十圖



混凝土塊のときは石と同様であるが場所詰混凝土の時はセトルル上に上木を張りつめ其の上を古紙か或は薄きブリキ板で張つて場所詰をすることもある、一度に12呎乃至20呎(3.6乃至6米)を打つのが普通である。場所詰にする場合は迫持拱冠の



大事なところに第八十一圖の様な空隙が出来ることもあるので第八十二圖の様に冠部だけはブロックを使用することもある



ブロックは其の面の平面のもあり又第八十三圖の様に凹凸附のものもある。ブロック形の實例。

トンネル名	太	サ
Granges	9.5 ^呎 × 4.6 ^呎 × 23.0 ^呎	(0.24 × 0.12 × 0.58 米)
Arther pass	12.0 × 9.0 × 18.0	(0.30 × 0.29 × 0.46 米)
Weisenstein	14.0 × 6.3 × 14.0	(0.35 × 0.16 × 0.35 米)

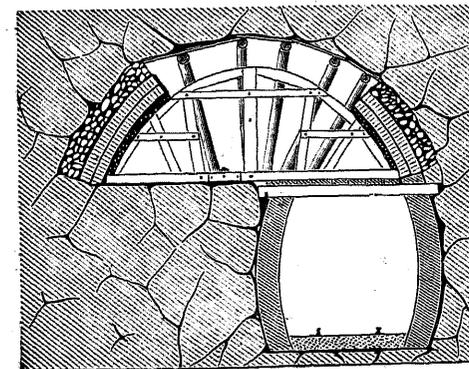
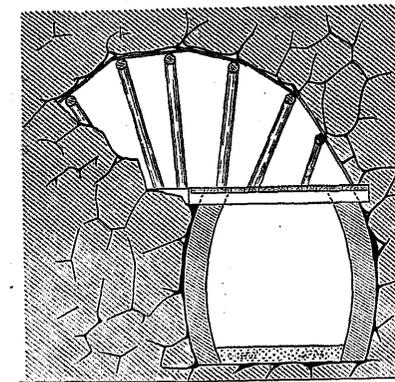
場所詰も壓力を掛けて施工すれば充分に行届く、壓力混凝土機は平方時に25封度乃至40封度(1.7乃至2.7氣壓)のもので充分である。側壁を場所詰混凝土で施工する場合には第五十圖に示した煉瓦柱の様なブロック柱を作つて其の間を詰込にするのが便宜なところもある。

第六十圖に示したアメリカ法の木枠支保が出来て居るときはトンネル内に別に混凝土用のセントルの動く軌條を敷き混凝土を打終れば其の固まるのを待ちて楔を下げ其のセントルを軌條で動かして行く事が出来て至極便利である。前に造つて置いた木材の支保材は混凝土奥に埋込んで仕舞ふ、此の方法では一週間に30呎乃至60呎(9乃至18米)の混凝土卷が出来る。

第三節 トンネル切廣方法及び鐵材支保

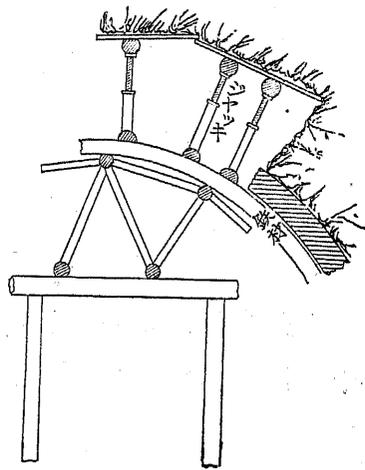
最初小形のトンネルを作つて置いたのを後に切廣げる必要の生ずることがある假令へば單線鐵道のものを複線用に切廣げるのが一例である。かゝる場合には普通の鐵道を運轉して居ながら掘廣げるのであるから先づトンネル拱冠部で運轉上に差支へない部分を締切つて蓋をして上部を切廣げるので第

第八十四圖



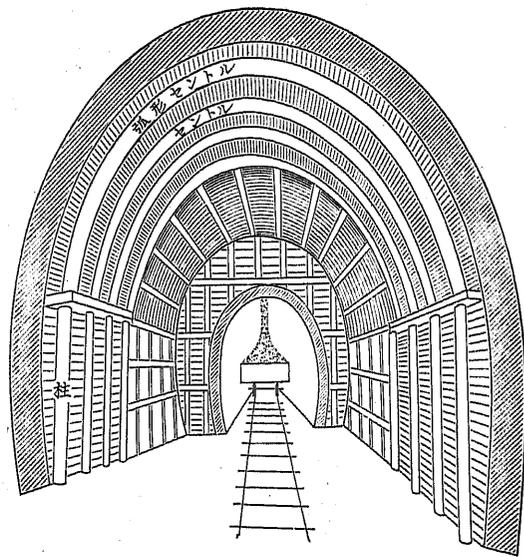
八十四圖に示すものは横へ切廣げるところを示したものである此の工事を施工するところで地質のよくない木枠支保を要するところは長さ12呎乃至20呎(3.6乃至6.0米)宛施工して行くので前のトンネルをイギリス式の導坑と見れば宜しい又前の一方の側壁が其の儘新トンネルの側壁用として役に立てば使用する役に立たなければ別に造るので其の時はベルギー式側壁築造のときと同じ様にして最後に施工する、此の方法は至つて都合宜

第八十五圖



しいが又時には周圍に廣げることが必要なこともある。第八十五圖に示す様に運轉に差支なき最少限度の木枠を立て拱は鐵枠で押壓て保持し其の上にジャッキを使用して切廣げた天井を支へて行くのである。又現在トンネルを下底にある導坑の様に使用して全くイギリス式の様切廣げて行くのもある(第八十六圖参照)。水路のトンネルを切廣げるときは一度水を切つて工

第八十六圖



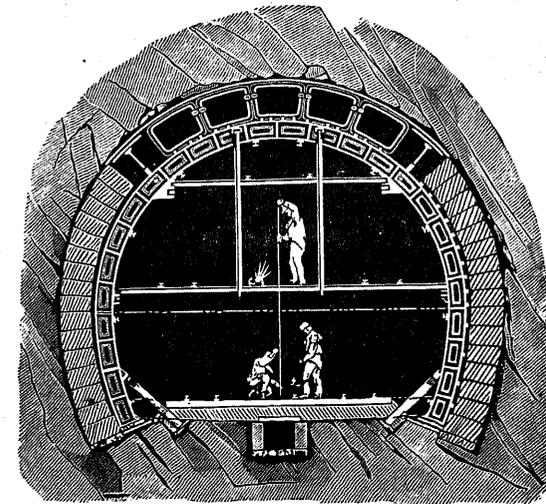
事を施工するが便利であるが夫が出来ず又其の近傍に複線トンネルを作ることも出来ず水を通しながら切廣げる必要のあるときはトンネル内へ木製の桶を造つて其の中へ水を通せば木桶は流水摩擦が少くないから桶は小さくても充分に通水する

事が出来る。其の餘地のあるところで徐々に注意しながら切

廣げをするのである。

又或る場合には第八十七圖に示した様に全部鐵材の支保で土石を留めて石材の巻立をする施工法もあるが日本では或特別の場合

第八十七圖



の外あまり實用がないと思ふ工事方法は圖に就て見らるれば分明である。

