

第五章 トンネル修繕線路 選定及工費

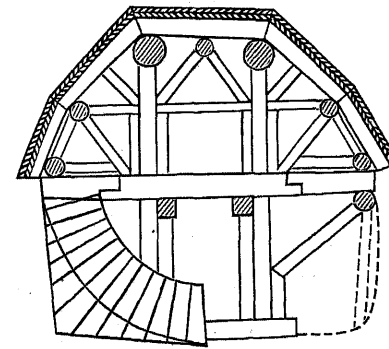
第一節 修繕

トンネルの修繕とは其の工事中に完成又は殆んど完成に近づいたところの破壊されたのを遺直すのもある。又は工事竣成して後に起る修繕もある。

トンネルの修繕を要すること、なるのは工事を急いだために施工が不完全であつたこと難場で出水多く施工困難であつたため、又は工事完成後に起つた土壓の變化地層の移動及膨脹のために起因するので稀には水脈のために岩層が溶けて流れて穴があいて來ることもある Granges のトンネルでは其南入口から1615米の奥で幅は3米であつたが横はトンネル形の十倍、高さは同五倍の大岩穴に出會した例もある其のトンネル線が今少し側によつて居つたら此穴に氣が付かずに居つたこと、思ふ。

工事中に起りし一例は伊國 Cristina 長さ4698呎(1.4基米)のトンネル(第七圖參照)の一部に柔粘土質の強壓力を出す質があつて木材支保中に其の支保材が一米も押出された事もあつた又一度巻立を終つた後に壞されて其の部分は全くやり直したところもあつた。其の修繕用には頗る丈夫な木枠を組立て、仕事をした斯様なところでは底部からの壓力が甚だ強いものでオーストリア式を採用し下穹の逆迫と側壁とを先きに造つたのである又其の長さも十米位づ、完成さしてから後に其の次を

第百五圖



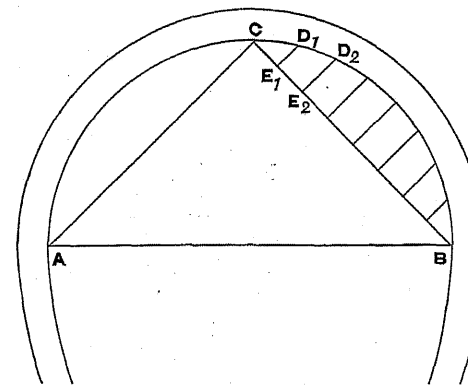
着手した(第百五圖參照)。

地質の甚だしく悪くないところで相當の材料を使つて相當な施工法で造られたトンネルは後日修繕を要することは稀であるが地盤の悪いところで地層の動くところは後日修繕を要することになる又地震があつた爲めに

龜裂を生ずることもある、震害は洞門入口に甚だしく中部に輕微なこともある。

トンネル内は工事竣功後も常に見廻をして注意して居ることが必要である。壓力のために其の形が歪んで來る事も有之を調ぶる方法は第百六圖に示す様に穹窿拱の兩端ABC點に

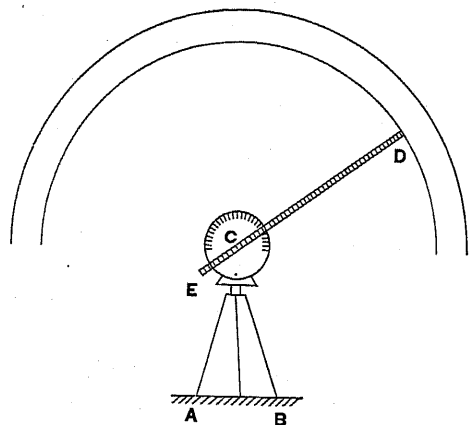
第百六圖



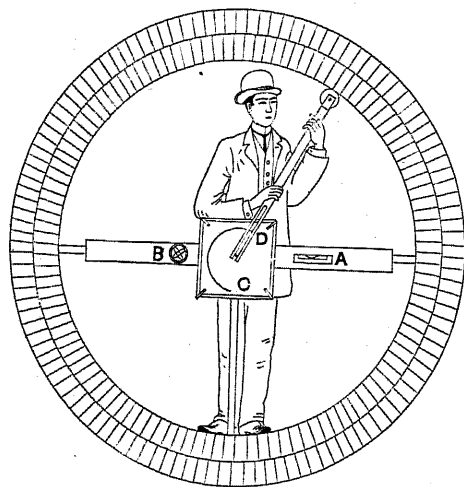
釘を打ちCB間に數點 E_1E_2 等の印を附した針金を張り其の印點と拱との間の直角距離 E_1D_1, E_2D_2 等を測り、AC間にも同様な測り方をすればACB拱の形を製圖することが出來之を原形と對照することが出來る。又第百七圖に示した様な三本脚の器

械の上に分度儀を置き其の中心點Oを通して尺度棒EDが動く様にしてあると各所のD點の位置を知る事が出來る又第百

第 百 七 圖



第 百 八 圖



薄き鐵板を張りたるものを突支ツツカイにして一時止めて置き本修繕工事に掛かることもある。時にはトンネル裏に空處が出来ることもある其の時は卷立の一小部分を壊して其の奥に石屑を埋め又は壓力膠泥を押込むこともある極めて表面に近いところだけ岩面を固むればよいところではセメント發射機を使用

入圖に示す様なものを使用するが便宜なところもある。Aは水準器でBは横棒を取付ける螺條の手でCは圖を書かす紙盤でDは記録を爲す筆である此の圖に示した様にトンネル周圍の形を迅速に調査することが出来る此の器械は圓形トンネルのみに限る譯でない。

トンネルは又龜裂が入つて時には煉瓦が剝落することもある又剝落せずとも其の續手から水が雨下して宜しくない事もある、かゝるときには軌條を曲げてトンネルの内形と同じくして其の上に或は

しても宜しい發射機使用のときは随分塵立つものである。

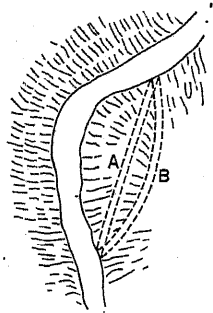
トンネル地盤が時に少し動くところもある。東海道金谷なども其の一例で穹窿拱も側壁も押壊されたところもある是等は地盤が動くので致方がない側壁の押出されたる例も所々にある Weissenstein トンネルでは1907年四月四日から押出され初めて七月二十六日まで凡そ一時(25耗) 1908年一月十日までに28時(60耗) 1910年十一月二十八日の調では合計38時(80耗)であつたが其の程度で止まつた。時には地盤が滑つてトンネル全部を迂り動かすところもある。大阪奈良間の龜が瀬トンネルの如きは横龜裂位であつたが福島縣下の松野トンネル長さ868呎(265米)のものは其の隣接する慶徳トンネルに近き方の入口から凡そ300呎(90米)許りは大正六年三月に地亡で壊されて再び同一の場所へ造ることが出来なくなつたので慶徳トンネルの入口の處をも曲線に直し松野トンネルの位置を全く變更した。かかる例は尾登トンネル其の外にもある。北海道の釧路附近では工事中は左のみでないが貫通の後は非常な寒風が吹通すのでトンネル裏が氷結して其の壓力で卷立を押し出して崩した例もある。此處では裏に更に厚さ2呎(0.6米)許り混凝土を入れて始めて安全になつたのである。

第二節 線路撰定

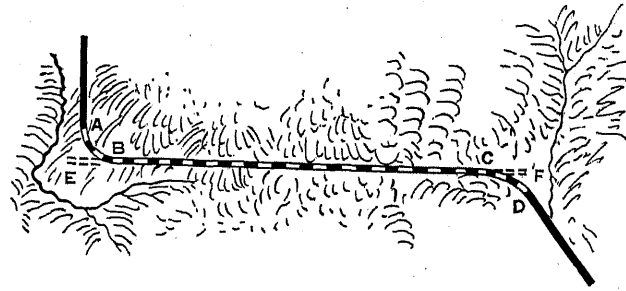
是からトンネル線の選定に際し注意すべき事を説明しよう。トンネル線は方向に於いて一直線を最良なりとする譯は唯だ最短であると云ふ事のみでなく入口から出口が見え短いトン

ネルならば内に光線もさすし又測量をするにも容易であるからである、併し時には山腹が地這りのし易いところがあつてトンネルを掘つて其の地盤を攪動さすと這り始めて来る患のある様なところでは第百九圖のA線よりも奥へ曲線にB線の如くに掘込んで置くが安全である。又直線にすると片押の壓力を受け困難するよりもトンネルは長くなつても曲線の方が宜しい事もある。

第百九圖



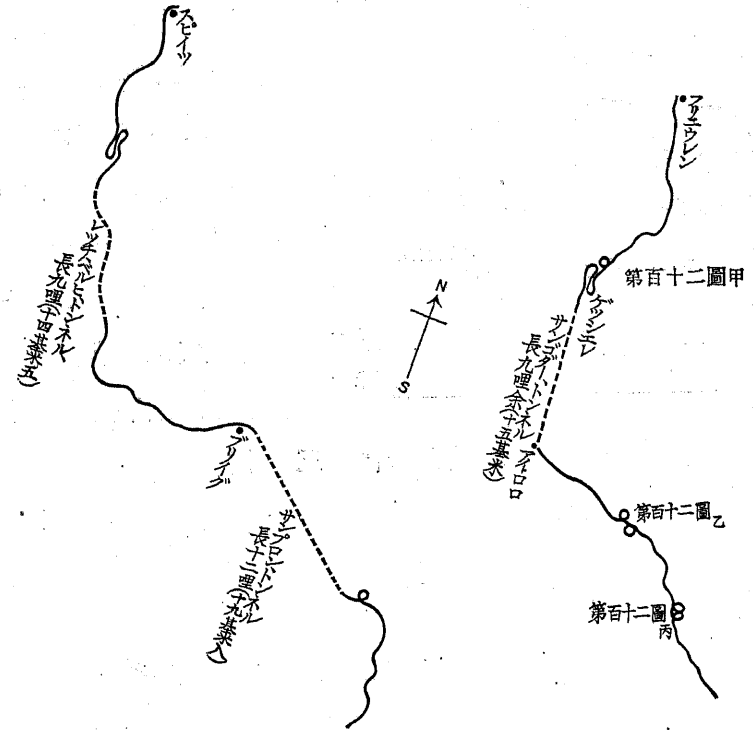
第百十圖



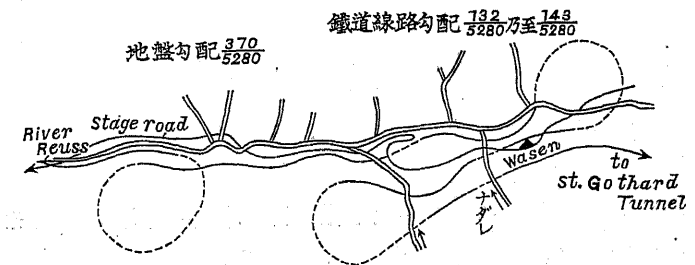
長いトンネルでは普通其のトンネルのために一番都合のよい線路を撰ぶと其の線の前後の取付きに都合の悪いところもある、かゝるところでは長トンネルであればトンネル線に一番都合の良いところを選んで其の片口か又は兩口に別に曲線トンネルを掘つて接続させるが宜しい。第百十圖でEBCF線が長トンネルの幹部に一番都合が宜しいとして前後取付きのために曲線トンネルABとCDとを別に掘つて聯絡させるEB、CF間は只工事中に使用するだけであるから後には聯絡を切て捨て、仕舞ふのである。Simplonの如き笹子の如き其の例で柳ヶ瀬トンネルは其の下方にだけ曲線トンネルが附加されてある。

主要な山脈を貫通さすために造る重要な長トンネルの都合を好くするために其トンネルに達するまでの取付線中に曲線トンネルを作る必要の起るところもある第百十一圖は瑞西國

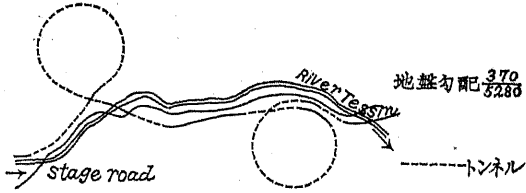
第百十一圖



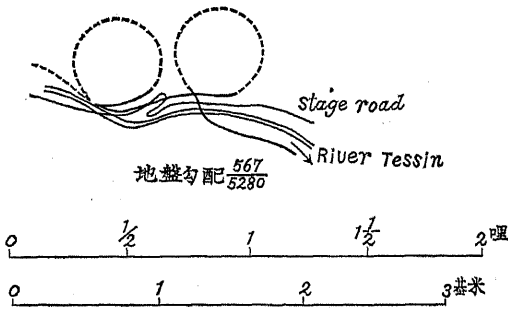
第百十二圖 甲



第百十二圖乙



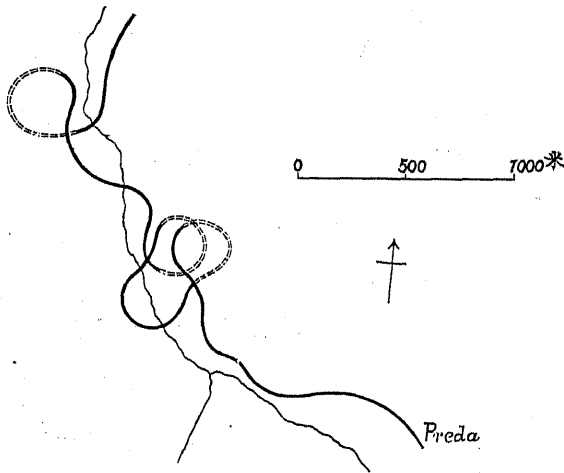
第百十二圖丙



の St. Gothard, Simplon, Loetschberg, 大トンネル附近の取付線の地図である St. Gothard の南北取付線中にある曲線トンネルの圖が第百十二圖甲、乙、丙に示してある。第百十三圖は Albura 線中の迂回トンネルの圖である。

本邦に於ける二三の例を挙げれば第百十四圖は臺灣阿里山輕便鐵道線の

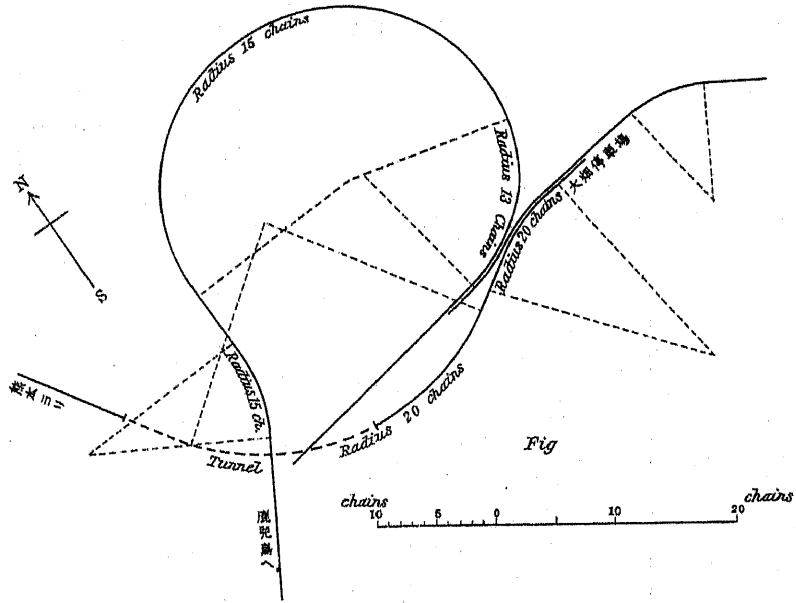
第百十三圖



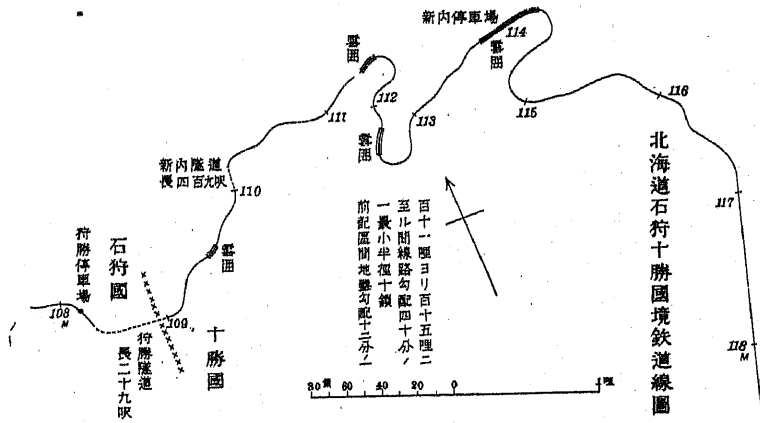
一部で軌間は 2 呎 6 吋(0.76 米) 曲線輕最小半徑 150 呎(46 米) 勾配二十分一で 3 哩(5 基米) 許りの間に山を數回縫つてトンネルを穿

第百十五圖

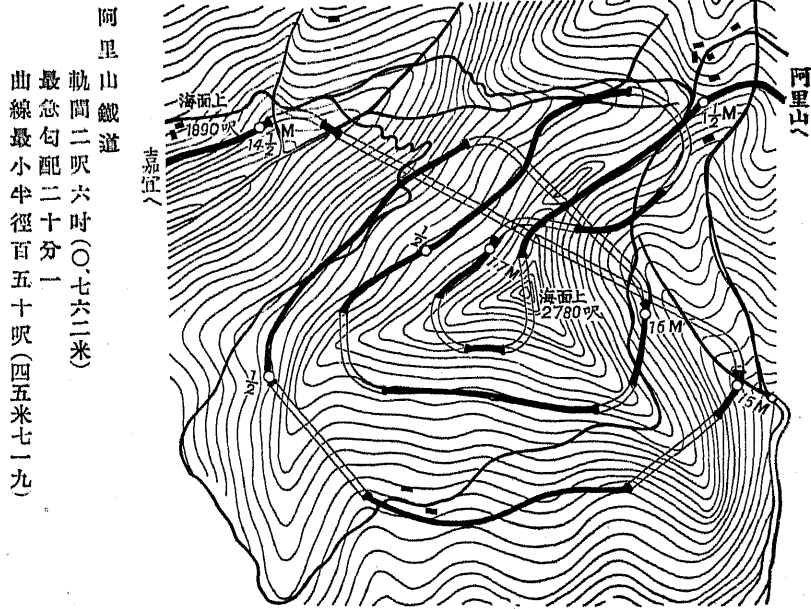
鹿兒島線大畑停車場附近區線



第百十六圖



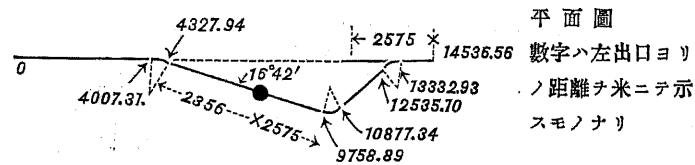
第 百 十 四 圖



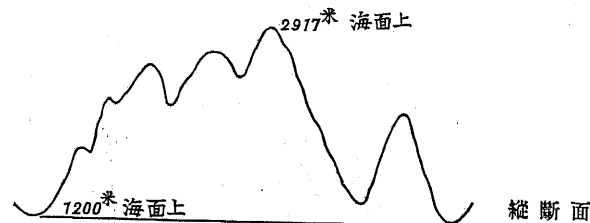
ち凡そ1000呎(300米)を昇るもので世界に例の少ないものである。第百十五圖は鹿兒島線矢嶽峠の近くにある迂回線でトンネルは短かい一の曲線のみであるが線路は頗る面白い又第百十六圖は石狩十勝國境にある長さ凡そ2000呎(600米)のトンネルに聯絡する十勝方面の迂回線である。

溪谷の下は必ず地質が悪く水が出るとは限らぬが出来る限りトンネル線は溪谷の下を避るが宜しい Loetschberg では其の北口から(2575米)も掘込んだとき其の上凡そ(200米)許りの高さのところにある Kander 川の底が抜けて來たほどに砂と水とがトンネル内に急に流れ出して來て坑夫は逃げる事が出来ないで生埋になつたものもあつた。其の後如何ともすることが出

第 百 十 七 圖

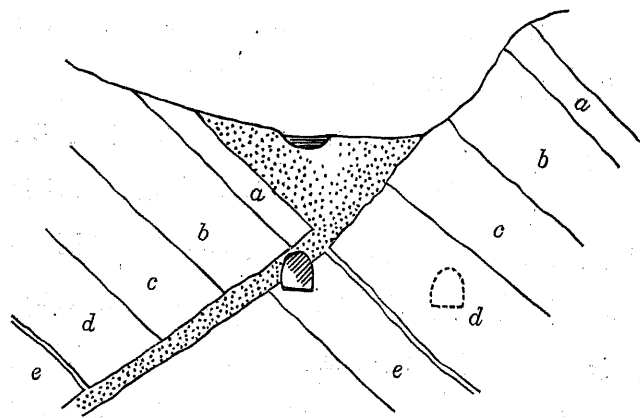


● 導坑貫通點



と云ふ事ではない第百十八圖甲に示す様な地質ならば點線で示した横の方が宜しいが第百十八圖乙に示した様な地質である

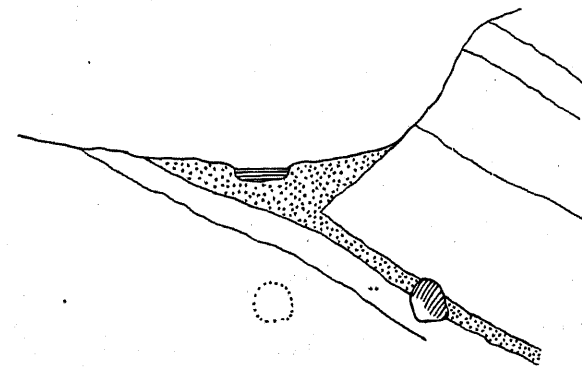
第 百 十 八 圖 甲



來す前記凡そ (2500米)の半分のを捨て、元直線であつたトンネルをくの字形に変更し幾多の苦心の後に完成した(第百十七圖参照)。

溪谷の下といふ事は常に其の垂直の下の方が安全である地表の形は此の兩圖共全く同形である。勾配の方から見れば全く一直線の一水

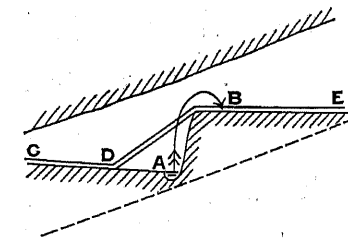
第 百 十 八 圖 乙



平線になると排水に因ることもあるから成るべく水平に近く一方に下り勾配又は中途から兩口へ下り勾配にしても宜しい。線路の都合上一方へ下り勾配にせざるを得ざるところでは其

の勾配が緩であれば何事もないが急勾配になると下方より掘上げるには排水問題は起らぬが上方から掘込んで行くには湧水が多いと排水のためにポンプを置く必要が起る。其の式は二様あつて其の一は導坑を同形にして斜に掘下げて行き其の先にポンプを置くので導坑の形が一定してあるのは便利である

第 百 十 九 圖

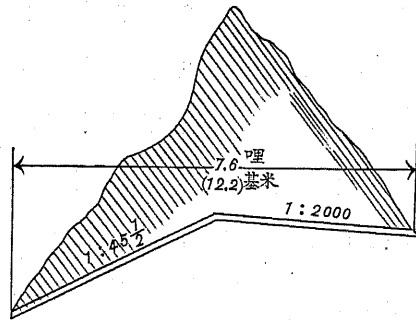


が導坑の其の先にポンプがあるのは不便である又第百十九圖に示した様に掘下げ導坑の形を變化して行き其の底を水の流る、だけの上り勾配にして湧水をAに集めポンプでBに汲揚げてEに流し土石運搬はDBの斜道を作つてCDBEと通すること、するのであるが導坑木枠の形の變化するのは至つて不都合である切廣げ等の仕事は成るべくトンネルが貫通してから後の事にするが都合が宜しい。九州鐵道鹿兒島線の矢嶽トンネルは勾配四十分一の掘下りで

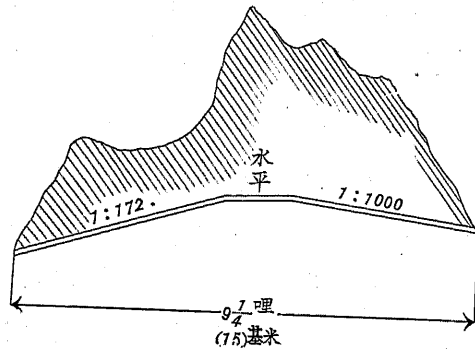
あつて排水には種々な設備を爲した。湧水の少ないところでは施工が容易であるから導坑の形を變化させる必要がない。

長いトンネルになると上口から掘下げることが排水運搬の關係上不都合になるので兩口から上り勾配にするのが便利である尤も上口からは極めて緩かなる勾配で下口からは比較的急勾配である。トンネル施工は一勾配で通すよりも長くなるけれども兩勾配が容易である第百二十圖は Mont Cenis の例で

第百二十圖



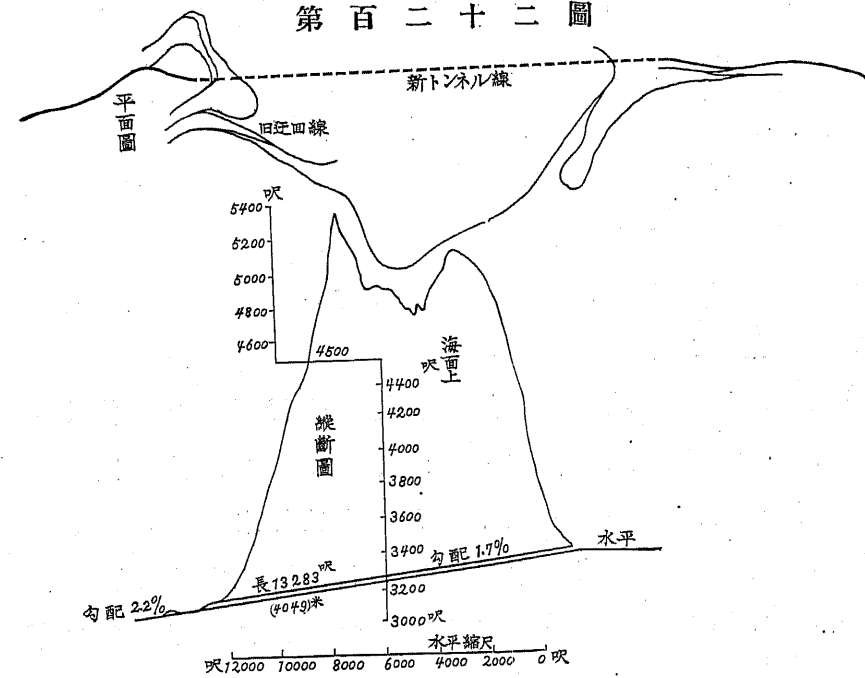
第百二十一圖



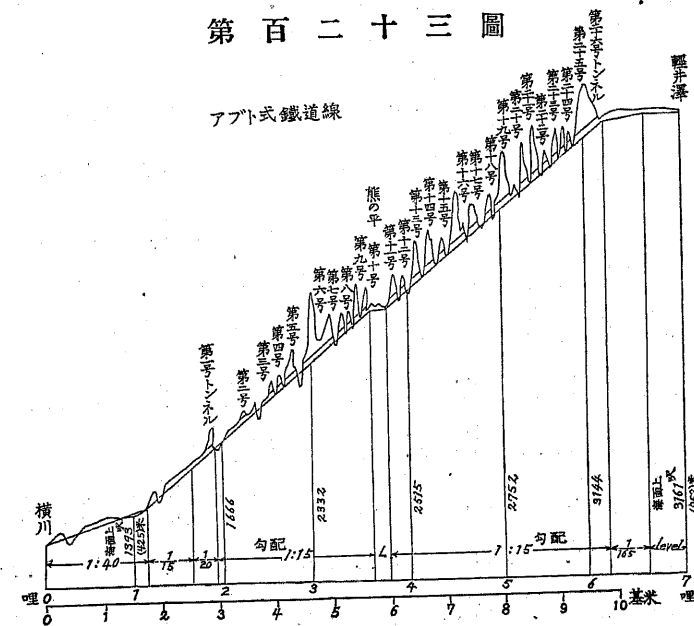
中央に水平部があると便宜なこともある。笹子丹那山は雙方から八百分一と雙方から六百分一の上り勾配で第百二十圖に

ある貫通點が緩勾配の方であれば都合がよいが急勾配の方になると掘下げが不便である。St. Gothard では第百二十一圖に示す様に急勾配即ち下口の方より掘込は百七十二分一で上口の方も上り千分一で途中に少許の水平部が設けてある。長さ12哩(19.8基米)の Simplon では下口よりの上りが千分七で上口よりの上りが千分二で中央に水平部が設けてある。非常に長いトンネルには

第百二十二圖



第百二十三圖



似て居る生駒は西口から六十六分一東口から八百八十分一の上り勾配で中央に十鎖間の水平がある第百二十一圖に似て居る。米國 Cascade トンネル第百二十二圖は長さ13283呎(4基米)もあるか千分十七の均一勾配である碓氷峠のアプト式鐵道線の如き急勾配のところではトンネルは已むを得ず片勾配にする。かゝる急勾配のものは成るべく下の方からばかり掘鑿をするのである(第百二十三圖参照)。

豎坑斜坑又は横坑道の利用され得る位置があれば能く之を研究してトンネル線を撰定するが肝要であるが前に豎坑のところでは述べた通り豎坑を設けるところは湧水の少ないところを撰ぶが肝要である、第五十九圖に示した様な方法で豫定進行圖を作つて見るが宜しいが豎坑は思つた程に進行せない事もあるといふことを忘れてはならない。

第三節 工 費

トンネル工費の豫算を作ることは頗るむづかしい。工費の精算表の如きは其の工事を施工した年と當時の物價の相場とを参照せざれば参考の役には立たない。次に述ぶるものは豫算の作製に参考となるべきことの一部に過ぎないのである。

掘鑿木枠支保に従事する坑夫と其の運搬夫とは普通一日八時間働であるが交代は六時間宛の四交代で宜しい。今甲乙丙の三組があつて甲組は午前六時から正午迄、乙組は正午から午後六時迄、丙組は午後六時から夜半まで、甲組がまた夜半から午前六時迄、乙組が午前六時から正午迄といふ都合になれば六

時間交代の一日八時間働で番組の労働時割が一定しなくつて都合が宜しいが仕事が客易であると八時間交代にしたり又困難になると四時間の交代にもする又十二時間にすることもあ

る。先づ單線鐵道トンネル位の大きさでは掘鑿すべき面積が凡そ300平方呎(28平方米)ある其の岩質は普通のものとして假定し其の方法はベルギー式でもオーストリア式でも導坑に坑夫4人、中脊打に2人、大脊打に2人、兩袖に2人宛、土平に1人宛とすれば合計14人になる。即ち一晝夜に42人の割である。此のトンネル一日の進行が2½呎(0.76米)とすれば坑夫一人一日當りの掘鑿量が18立方呎となる割合である。實際普通の岩質では坑夫の一人當り12立方呎乃至20立方呎(0.34乃至0.54立方米)が普通である。鑿岩機械を使用すれば此の二倍乃至三倍の掘鑿量がある。所用ダイナマイトは普通の岩質で1立坪に3封度乃至5封度(1立方米に0.23乃至0.38疋)であるが岩質軟なれば其の二分一、岩質硬ければ其の二倍乃至三倍を要す。雷管はダイナマイト1封度に付5本乃至6本、導火凡そ10呎を要するが一孔にダイナマイトを多量に要するときは雷管、導火の使用高は割合に少ない。歐米のトンネルでは動力と爆發薬とを充分に使用するから一人一日當りが60立方呎乃至100立方呎(1.7乃至2.8立方米)に當つて居る、岩屑運搬人は距離500呎乃至1000呎(150乃至300米)ならば坑夫一人に付一人乃至一人半であるが距離が遠くなれば馬匹も入用、空氣或は電氣機關車も必要になる、前に運搬のところでは述べたことを参照せられたい。

木枠支保に要する材料は設計の圖に就いて調べれば分明である、單線鐵道形なれば第二十三圖に示した程度の木枠で一組に大工5人乃至7人を要する手傳は大工一人に對し一人乃至一人半である。以上の大工仕事はトンネル外の組立に要するので、坑内では其の組立に斧指3人乃至5人を要するが斧指は普通坑夫の二倍の賃金を貰ふ、其の手助けは坑夫である。最初組立てた木枠材料の半分は取外して後再び使用することが出来るが其の後は復た其半分を使用することはむづかしいから先づトンネル全長の三分二弱だけ木枠材料を見積れば全トンネルの木枠施工が出来る割合である。

セントルは通例4人掛りで8時間に4組の組立据付が出来る。其の材料は10回乃至25回使用することが出来るものとして見積れば宜らしい。

所用の煉瓦は巻立の厚さによつて計算するのであるがトンネルが長くなると長さの500呎乃至1000呎(150乃至300米)毎に百分三位宛は増して餘分にして置くが宜しい。

セメントはセメント一、砂三の調合で煉瓦1000枚に付凡そセメント一樽の割になる、煉瓦積職工は8時間働で煉瓦300枚乃至500枚、其の手傳は煉瓦職1人に付2人乃至3人を要するが是はトンネルの長さ凡そ100間(180米)位のときの事で夫より長いものでは此の外に煉瓦積の現場附近まで材料を運搬する費用を加へる必要がある事勿論である。石材を以つて巻立てるときは是より凡そ二割の施工費を増し混凝土なれば凡そ一割減で宜しい、側壁の巻立は穹窿迫持の巻立よりも五割餘分に積

立することが出来る。

此の外に所用の諸機械其の利子、運轉費、機械減損と諸豫備費、雜費と監督費とを要する。雜費監督費は合計して全工費の百分五乃至十である。今参考のために明治三十三年頃の相場で鐵道單線トンネル形の工費を示せば次の表の通りである其の後のものに就いては附屬してある物價表を参照せられたい。

トンネル長鎖	10	20	30	40	50	60
每壹呎工費圓	50-70	55-75	60-80	70-90	80-100	85-105

70	80	100	120	140	160
90-110	100-120	120-140	130-150	140-160	150-170

毎年一月東京市中の平均物價表

(但し明治三十三年十月の平均物價を100とす)

明治四十四年	大正元年	大正二年	大正三年	大正四年	大正五年	大正六年	大正七年	大正八年	大正九年	大正十年	大正十一年
123	129	134	180	120	145	168	224	277	398	265	

上表如くは長いトンネルの一口當りの工費がと出たが、短いものも多額とは限らない、長トンネルでは、その口5哩のものでは甚起工に要する設備費は、大抵が、其費用が一口當りに凡そ80圓も概しておれ、及び短い方のトンネルの一口當りが長いものより高くなる例外がある