

第三 設計と掘り方

東海道の難所

昔から「東海道五十三次」といつて、東海道の交通路は重要なものになつてゐた。汽車の時代になつても、この線が重要であることには變りはない。

それは何故であるか。東京と京都、大阪、神戸などの主要な都市をつなぐ線であるからだ。西にのびて九州に至る道であり、更にまたこの頃は大陸との交通が昔より一層烈しくなつたから、この線の重要さは増す一方である。

この重要な東海道線にも、難所として數へられたところが三つあつた。東からいふと國府津・沼津間の箱根越。次は垂井と關ヶ原の間。その次には大津と京都間である。このうち大津・京都間は新逢坂山トンネルが出来て解決した。あとにのこつた二つの難所の一つを取除く工事が丹那トンネルを掘るといふ事業である。

この難所を除くために、どんなに人間が苦勞し、あらゆる技術と經驗が動員され、如何なる犠牲を拂はなくてはならなかつたか。これからのべようとするのは、その物語である。

東京驛を出た下り列車は、一時間十分ののちには、國府津に着く。昭和九年以前には、西へゆくすべての汽車はこゝから、箱根足柄山の北を酒匂川に沿つて御殿場まで上り、それから富士山を右窓に眺めつゝ裾野を沼津に下つて行つた。すなはちそれまでの東海道本線はいまの御殿場線を通つてゐたのである。

東京の人達も西へゆくとき御殿場へわざわざ廻ることは、なくなつてしまつたか

ら、今ではこの線がどんな工合かまるで知らない人があると思ふ。

以前は東京から國府津まで來た汽車は、こゝで後部へもう一つ後押しおしの機關車を
つけなくてはならなかつた。それはこゝから御殿場までののぼりが甚しく急だから
である。この間ののぼりは四十分の一の勾配こうはいといはれるものである。つまり四十米
行くうちに一米のぼる割合なのである。

四十分の一くらゐの勾配なら、あんなに力の強い機關車はわけなく車輛しゃりょうをひき上
げてゆきさうなものと考へられる。しかし事實はさうでない。後の方に更に一つの
應援の機關車をつけても、あへぎあへぎのぼる汽車は、いたづらに機關の音が忙し
いばかりだ。一向に進まぬ汽車の窓から、外の景色を見てゐると兩側の山の木々の
枝や花まで、はつきりと見ることが出来る。

これは實に昔から旅行者の難所として知られてゐる箱根越えである。昔の旅人が
越した、いはゆる箱根八里をこそ通つてゐないがこの天險てんげんに苦しめられることにつ
いては大した變りがなす。

勾配が急なために苦勞するだけでなく、このあたりは、水害で度々線路をいため
られた。

このやうに、厄介なところを線路を通さずに、もつと他に道はないか。

このために選ばれたのが、國府津こふづから小田原、真鶴まなづる、熱海を通つて沼津へゆく線
である。この線を結べば最も急なところでも勾配百分の一となり樂々と沼津にぬけ
ることが出来る。さうなれば箱根の天險は横目で見て通ることが出来るのだ。

それではこの線を早くから選べばよさうなものではないか。それなのに何故い
ままで、そこを避けてゐたか。それは説明するまでもない。伊豆半島には、箱根か
ら日金山ひがねやま、天城あまぎにつゞいて、縦に山脈が走つてゐるからである。箱根の險を避ける

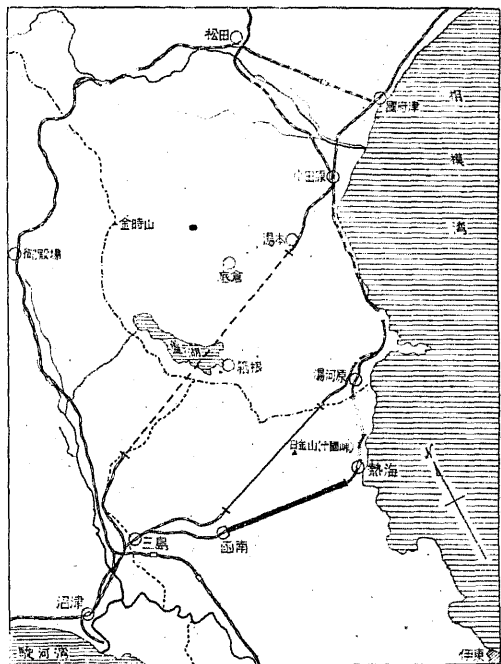
ことは出来ても、この大山脈に穴をあけない限り、沼津の方へゆくことは出来ないからである。

こゝへ大トンネルを掘るよりも、あへぎあへぎ箱根越えをする方が苦勞もなく無難であつた。

しかし、いつまでも、さうしたことをいつてはゐられなくなつた。毎日に東海道線を通る旅客も荷物も増し列車の數も多くなつて行つた。

従つて一列車毎につける後押の機關車も段々増さなければならなくなつた。そこでこゝを何とかしなくてはならぬといふ考へは、既に明治の頃から人々の考へにのぼつた。すでに明治四十二年には國府津から熱海を通つて沼津へぬける線の調査に取りかゝつてゐる。

翌四十三年には、時の鐵道院總裁後藤新平は、この線の測量を更に本格的に命じた。



第9圖 丹那トンネル設計圖

と沼津の間である。ところで、この二つの測量隊のうち、東組の方にも問題は少しはあつたが、特に話さねばならぬほどのことはなし。

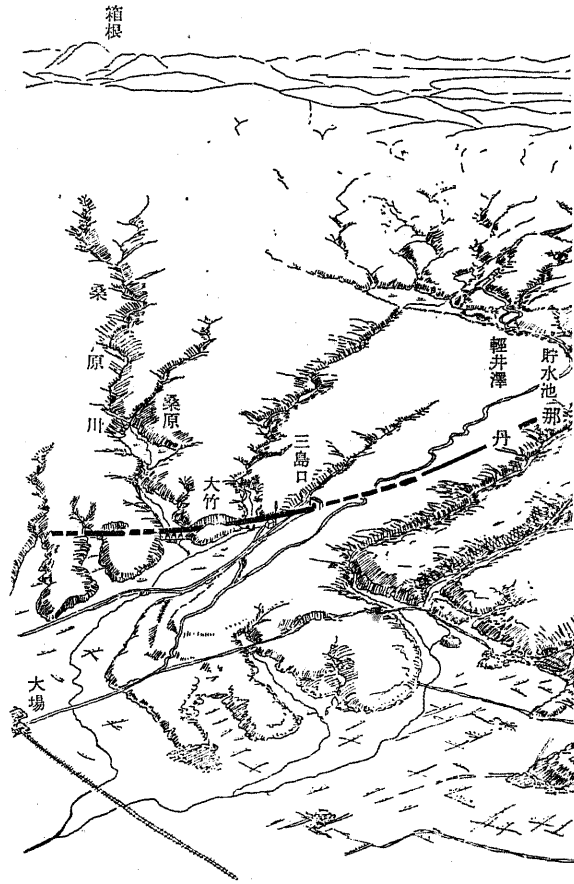
西組の方には厄

介な伊豆半島縦断の山脈がひかへてゐる。この山のどこをぶちぬいて沼津へぬけるかが最も大きな問題であつた。湯ヶ原の谷を通つて、日金山の下をぬけようといふ案もあつて、その測量もした。しかしこの案だと一本のトンネルの長さが湯ヶ原と熱海の間にある三軒の泉越トンネルと現在の丹那トンネルとを合せた位に長くなるし、トンネルが湯ヶ原温泉よりもひくいから、温泉に影響するかも知れないといふ心配があつた。

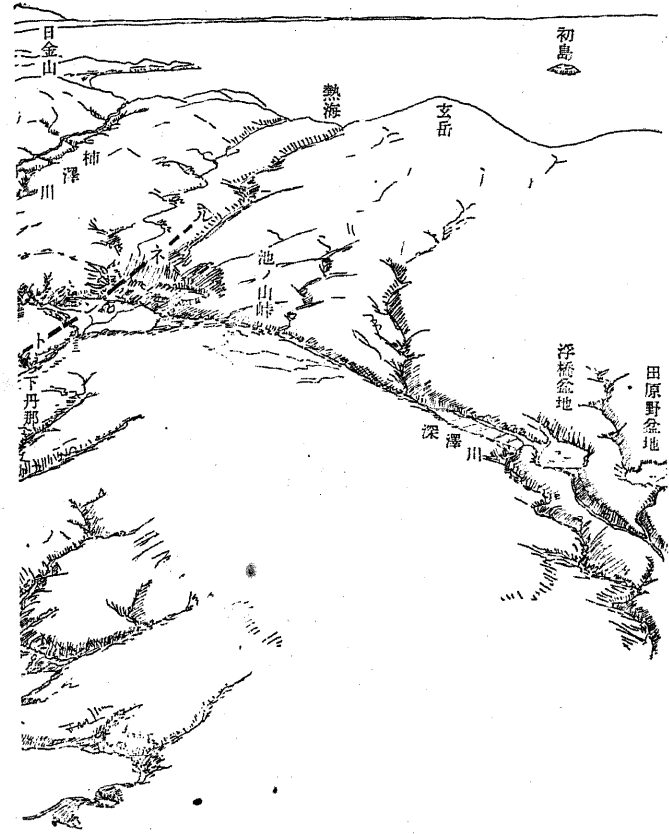
その他測量はしなかつたが小田原から直接沼津の北の方、即ち大體に於て箱根舊道の眞下を抜かうといふ事も考へられたが箱根の大湧谷、箱根七湯、それに接して蘆ノ湖、この地熱と水とを地下で征服する丈の度胸は未だない。結局現在のやうな地點が選ばれ、決定されることになつた。

箱根から熱海峠へと観光道路を抜けた人、或は箱根の鞍掛山から湯ヶ原温泉の上、日金山の尾根傳ひにハイキングを試みた人は、左手に相模灣を隔てて三浦半島、房州の山々などを眺めただらう。右手には富士山やその裾野、また弓なりに曲つた三保の松原の霞んだ景色がある。それらを眺める人々も實は極く近くの事には氣がつかなかつたかも知れない。

しかし、若し日金山に立つて南を見れば熱海峠の低みの向ふ約二軒位の所にやゝ高い山があるのを見るであらう。それが瀧地山である、その山の右への急なスロープに目を移すとそこに一寸した盆地が見える。秋には稻が波打つてゐるのに氣がつかであらう。私達のトンネルは熱海からこの瀧地山の直下約五百二十米、そしてまたこの盆地の約百六十米下を通り沼津の手前、三島の山の手に出ようとする計畫なのである。



第 10 圖 丹 那



盆 地 附 近 圖

『丹那トンネル』の命名

鐵道線路に出来る橋や、トンネルの名前は、最初に線路の形をきめる測量者がつけるのが普通である。

この熱海から三島へ越える、熱海峠あつみとうげの下をぬくトンネルへ名をつけたのもその測量隊であつた。

いまでこそ、この峠には立派な自動車道も出来てゐるが、當時はトンネルのぬけてゐる山の上には、二三の部落があつたのみであつた。したがつて、測量隊の活動は土地の人には珍らしいものであつたらう。

この山中の不便な土地に丹那盆地たんなほんちはあつた。測量隊は、その村の川口秋助といふ

人の家に厄介になり、大變親切に扱はれた。その親切に感謝する意味から、さうして、トンネルはこの盆地の真下を通るのであるから、これに「丹那トンネル」といふ名をつけることに、誰いふとなく話が出て、さう定まつたのである。

私達のトンネルは通過地點も決定し、測量もすんで、すでにその名も定まつた。さうすれば、いよく工事にとりかゝる段取りになつた筈だ。

いや、しかしその前にまだやらなくてはならぬ仕事がこのつてゐる。考へなければならぬことがある。

峠道を作るのであれば、若し行くてに岩があればそれを避けて通ればよい。木の根が横はつてゐればそれをのぞけばよい。また峠にゆくまでの途中の障害物しやうがいぶつはあらかじめ見ることが出来る。

しかるに、トンネル工事では、地の中を進むのであるから、前もつてその状態を知ることが困難である。

地の中を進むものには、もぐらがある。しかし彼は、若し自分の力で動かさない障害物にあへば、そこを避けてゆくであらう。われ〜の場合には、もぐらの真似は出来ない。豫定の通りに地下を進軍しなくてはならない。

それには、前もつて、山の蕊こゝろには、どんなことがわれ〜を待つてゐるかを考へて見なければならぬ。

アルプスの山を貫く工事で、或る所で、温泉が湧き出した。また或る所では地熱のために非常な苦しみをした。多量の水が湧き出して、その始末に困難した。かういふことを前にも話してゐた。

私達のゆく手にも、そのやうなことが待ち伏せてゐないと、何で保證ほしょうが出来よう。

工事にかゝる前に、あらかじめその地下の状態を知る方法はないか。

その方法としては、地質の調査をすることがある。丹那トンネルもいよ〜工事に着手する前には専門の學者によつて地質の調査が行はれた。

その結果によると、一人の學者は、トンネルを掘り進むと、地熱が高くなつて、そのために苦しむが、工事を行ふには差支ない程度だらうといふことであつた。

他の學者も「この地質はトンネルを掘つて危険はない」と報告した。

實は、この時代までは、鐵道の方では、地質といふことをそんなにまで問題にしてはゐなかつたのである。たゞこんどの工事は八軒もある大トンネルを作ることであるから、念のために地質學者の説をきいたくらゐの程度であつた。

日本ではそれまで澤山のトンネルが掘られたが、地質學者の研究のうちにやつたのはなかつたのである。

丹那トンネルは、温泉地として有名な伊豆の山を掘るのであるから地熱が高いだらうといふことは、誰でも考へた。それであるからこの學者の説には誰も不思議をいだかなかつた。

たへこのときの地質學者の説が、ちがつたとしても、それは、今から考へれば無理からぬ點があつたのである。

當時はまだ技術者達には、出たとこ勝負で、困難を處理してゆくといふ氣風があつた。そしてこれまでの工事は、實際にそれで片づいて行つたのである。

いひかへればそれ程までに厄介なトンネル工事が餘りなく、それですまされたのであつた。

トンネルの形

さてのちになつて考へればまことに不完全であつたが、ともかく地質の調査もすんだ。これで工事には、いつでも着手することが出来るわけであるが、その前にまだ取りきめなくてはならぬことが、二つ三つ残つて居つた。

それは、トンネルの形をどうするかといふ問題である。トンネルには、一本の線路を通したのと、二本の線路を一緒に通したのと二つの種類がある。一本の線を通すためには、トンネルの形は小さくてよい。その代りに二個同じやうなものを掘らなくてはならぬ。

二本を一所に通せば、その大きさは、一本のにくらべては、はるかに大きくしな

くはならない。

工事は必ずしもどちらが得であるともいへないが、丹那トンネルは二本を一所に通すもの、すなはち複線型ふくせんがたに決定した。

かういふ場合に、いろ／＼のことが決つて行つたが、實は大切なことがまだ一つのことであつた。それはこのトンネルを誰が掘るかといふことである。誰が掘るかといへば、いふまでもなく人間が掘ることにまちがひはない。

しかし、その勞働にしたがふ坑夫を動かす組織がなくてはならぬ。

元來、鐵道の工事は、請負人うけおひにやらせるか、役所が直接やるかの二種類がある。

ところで丹那トンネルは、いままで日本で作つたトンネルのうちでは、一番大きなものであるから、請負ばかりでも何んとなく不安があるし、役所のみでやるのも工合が悪いといふので、「切投きりなげ」といふ方法をとることにした。この方法は、トンネル

工事全體を或る者に責任をもつて請負はせるのでなくて、これからこゝまでの區間をどのくらゐの期間に仕上げる。工費はいくら、といふやうに小さく區切つて、仕事をすゝめるのである。

この方法で、二つの會社が選ばれた。まづ熱海の方から進むのは、鐵道工業會社といふのに定まり、三島口は鹿島組かじまとなつた。

かくて、あとには、掘つたとき出て來る土を捨てる場所のこと、工事に使ふ電氣のことなどがこのつてゐるのみである。それも片づいた。

完成豫定七年。工費七百萬圓。大正七年の春、まづ熱海口から出發し、その年の夏には三島口の攻撃も開始された。

堅い岩山

トンネルはどのやうにして掘り進められるか。このことがトンネルの話のなかで最も面白い部分であるかも知れない。しかし工事の順序や模様などを文章で知らせることはなかくむづかしいことである。

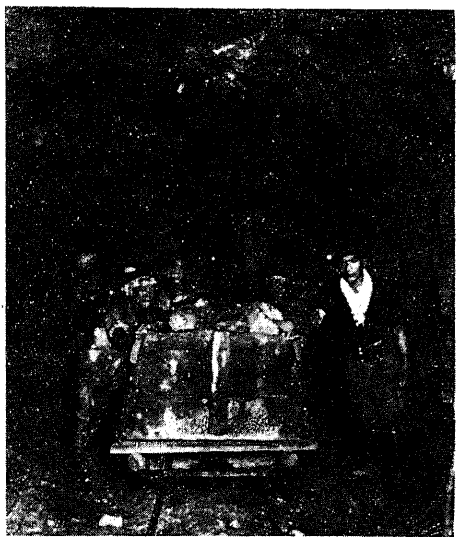
實際に工事をやつてゐる現場を見學して貰ふか、さもなければ映畫によつて、それを見て貰へば最もよくのみ込んで貰へるに違ひない。

しかし、いまはさういふことをいつてゐても仕方がないから、出来るだけ平易に書きのべて見ることにしよう。

昔からいくつか掘られてゐる水道あるひは通路のトンネルはどんなものであつた

だらう。

それはすでに前にのべたが、主に堅い岩山であつた。したがつて、その工事は根氣よく時間をかけて鑿と槌をふるふことによつて進められたと思つてよい。



第 11 圖 堅い岩石を掘る

耶馬溪の青の洞門が百間の長さ
を掘りぬくの三十年かした
たことを見るがよい。もちろん、
この工事でも非常に多勢の石工
を使つたらもつと早く出来たであ
らう。それにしても三十年を
十年にちぢめることは容易では
なかつたであらう。

これらの昔のトンネルは、掘つたところが崩れて来るやうな心配はなかつた。いひかへれば、昔は若し掘らうとするところが、崩れやすい地質であつたなら、その仕事をつゞけることが出来なかつたといふことになる。

また昔のトンネルはたいして長さも短い、形も小さい。形が小さければ、仕事もしよいことになる。

しかるに、汽車の通るトンネルは、それらにくらべて、はるかに形が大きく、長さも数十倍、数百倍になつてゐる。

私達の丹那トンネルは、前にものべておいたが複線型である。つまり一つの穴の中を二本の汽車が通れるものである。

幅は大體、九米、高さは七米弱の馬蹄形である。この大きさは出来上つた、内側の大きさであつて、實際に山を掘る大きさはトンネルの外壁を形作るコンクリート

の厚さを加へたものになつてこれよりもつと大きいのである。

このやうに大きな形のを、どのやうな工合に掘り擴げてゆくと能率が上つて経済的か、なか／＼興味の深いことがらである。

そこで昔からトンネルを小さい坑道から、段々に大きく掘り擴げて行く／＼の順序方法が研究されてゐる。

昔は堅い岩の山を掘ることは、困難な仕事であつたが、ダイナマイトが發明され、強い力をもつた機械が出来てからは、堅い岩山を掘る仕事はかへつて楽な仕事になつた。

厄介なのは地質の悪い、つまり軟弱な地質のところである。實際にぶつかるとトンネル工事では、この地質が悪いといふことが、普通のことと思はなくてはならぬ。その例は、私達がこの工事を進めてゆくとき、これから澤山に經驗するのである。

そしていひかへると實はこの本の主要な部分は、如何にわれ／＼がその「悪い地質」とたゝかつたかといふ記録なのである。しかしそれはのちのことにして、いまはダイナマイトの發明がいつ頃、誰によつてされたか。それが何故にトンネル工事に重要な出来事であるか。また山を掘るのに使ふ鑿岩機とはどんなものを道草のやうであるが少し説明して置かなくてはならぬ。

やはらかい岩や土を切り崩すのに鶴嘴つるはしを使ふことは誰でも知つてゐる。それでは堅い岩石を切り崩すには如何するか。昔は鑿のみと槌つちで浅い孔あなをくつてそれに楔くさびを叩き込んで少しづつ碎くだくか、また非常に堅いになるとそこで焚火たきびをして岩石を熱し、それに急に水をかける、さうすると岩にひびが入つたり、はげるやうになる。さういふことが續いてゐるが、火藥が發明されてからはその爆發力を利用するやうになつたのである。

ノーベル

火藥を使ふやうになつてからはそれより以前に鑿のみと金槌だけを使つてこつ／＼と岩石を碎いたり、焚火をしてゐた頃に較べて数十倍の能率をあげるやうになつた。ところで、それに満足せず人間は、もつともつと強烈な爆發力をもつたものがあれば、一層よいと考へるやうになつた。

そして、その希望をよく充たしたのが、ノーベルといふ學者の發明したダイナマイトである。

ノーベルは一八三三年にスエーデンのストックホルムに生れた。彼の父も、彼の祖父も爆發物の研究家製造家であつた。彼はロシアのペテルブルグ、すなはちいま

のレニングラードで教育をうけた。また少しの間こゝで爆薬と魚雷ぎょらいを作つてゐる父の業に加はつた。更にのちにアメリカで機械學きかいがくを學んだ。

かういふ境遇にゐた彼が、一層強烈な爆薬を發明しようと思へるのは至極當然のことに思はれる。



第 12 圖 ノーベル像

は第一に液體であること、第二に非常に爆發しやすく危険があるために取扱ひが困難とされてゐた。

この爆發力は強大であるが、危険で且つ取扱ひに不便な液體に注目したのがノーベルであつた。

彼は珪藻土けいそうどといふものにそのニトログリセリンを吸収させることに成功した。珪藻土は昔の珪藻けいそうの遺骸ゐがいが積つて出来た灰白色の地層のもので、日本では北海道、山梨縣などに多く出るものである。かくして取扱ひに危険が少くて、しかも爆發力の強いダイナマイトは作り上げられたのである。これは一八六六年彼が三十三歳の時のことであつた。

この爆薬の發明は、世界の鑛山業くわうざん、トンネル工事等を急激に進歩させた。ノーベルは引つゞいて無煙火薬むえんくわやくを發明した。また彼はイギリスに百二十九種類の特許權をもつてゐた。そのほか世界各地に十五の爆薬工場を經營した。

この強烈な爆薬は必ずしも鑛山とかトンネル工事など、人間の利益を増すためのみ使はれるとは限られてゐないが、かういふ發明が、人類の進歩に關係のあるこ

とは事實としなくてはならぬ。

ノーベルは爆發薬の發明製造で莫大な金を儲けた。彼は一八九六年に死んだが、その遺言によつて百六十八萬ポンドを寄附し、所謂ノーベル賞の制度をのこした。

ノーベル賞といふのはどういふ人にあたへられるか。それは、(一)物理、(二)化学、(三)醫學藥學、(四)理想を追ひ求める文學の仕事、(五)世界平和のために最も功勞ある人、などに毎年審査の上與へられるのである。

ノーベル賞を貰ふことは、非常な名譽とされてゐる。物理學や化學上の大發見をした學者でこの賞をうけた人々は、澤山にある。

また文學でもノーベル賞を貰ふことは非常な名譽とされてゐる。もちろん醫學藥學に於ても同じことである。

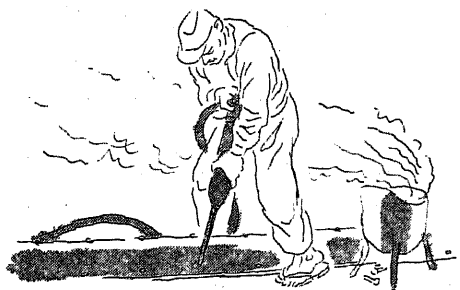
たゞ世界の平和のために功勞のあつた人といふのは、いままでに少なかつた。

日本ではまだノーベル賞を貰つた人はない。

鑿 岩 機

鑿岩機といふものは、諸君もきつと見てゐるにちがひない。それはコンクリートで鋪装された道路などを掘り返すとき、工夫が使つてゐる道具である。また鐵橋などを作るとき、鉸を打ち込むときにも使つてゐる。それは小さな機關銃に似た形をしてゐて、その先の方から尖つた鑿がとび出して穴をあけ、またものを打つのである。その鑿の出るときには丁度機關銃のやうにトトトトトントンと烈しい音をたてる。あの機械だ。

この機械は壓縮空氣を利用して動くのである。空氣を機械で壓縮して、それをバ



第13圖 鑿岩機

イブを通して送り、その壓縮された空氣が膨脹するときに鑿岩機さくがんきのピストンが動くやうになつてゐるのである。

トンネル工事にはいつでも、この空氣壓縮機は、坑門の外にすゑてある。そこから長いパイプで掘り進められてゐる坑のもつとも先の所まで送られるのである。この壓縮空氣は鑿岩機を動かすばかりでなく、外の美しい空氣を、地下深く掘り進め

られてゐる坑道の中へ送り込む役目もしてゐる。つまりピストンを動かすために爆發した空氣は、そのまゝたゞちに、そこに働く人々のために外の美しい、よい空氣を供給もするわけである。

空氣は、壓し縮められると、その容積が小さくなり、それを開放すると直ちに、爆發的に大きくひろがる性質をもつてゐるものである。

壓縮空氣は蒸氣機關の水蒸氣と同じやうに、今では色々な機械の動力として使はれてゐる。電車のドアエンジン、列車のブレーキ等の動力も壓縮空氣である。

ともかくこの鑿岩機へ送る空氣のパイプが、やがてまたこの物語の中へ再び現れて来る。そのときのためにこゝにその性質をのべておいた。さてこゝで再び本筋へかへつてトンネルの掘り方を説明しなくてはならぬ。

掘る順序

昔はこつ／＼と手で掘つた。一六七九年になつてフランスの運河トンネルの工事

にはじめて火薬が使用された。

さうして、ノーベルがダイナマイトを發明してからのちは、鑛山の仕事、トンネルの工事は更に面目を一新したのである。

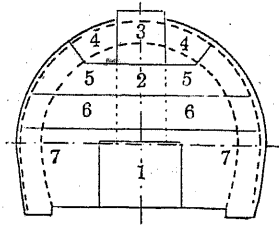
このために堅い岩山を掘るときには、強力な鑿岩機とダイナマイトを使つて割合に樂々と仕事を進めることが出来るやうになつたのである。

それでは丹那トンネルはどうであつたか。

大正七年四月に着手した熱海口の方の、最初の部分は、有名な地質の悪いところであつた。俗に崩れ場と呼ばれてゐることからも、その状態を想像することが出来るであらう。

このやうなところは、非常に小さく區切つて工事をすゝめるのである。しかしこれははなはだ特殊であるから説明はやめにしよう。そして丹那トンネルの大部分に行つた方法を説明することにした。

第14圖はトンネルの断面であるが、こゝに記入された數字のやうな順序で掘り掘られてゆくのである。

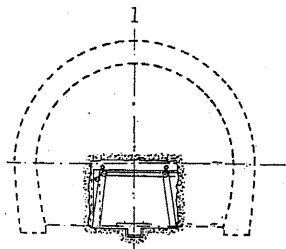


第 14 圖 トンネルを掘る順(1)

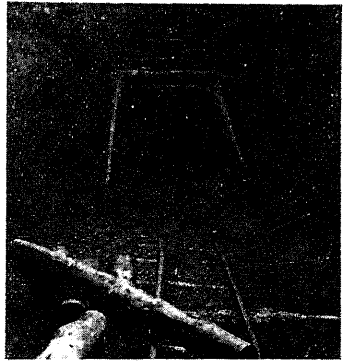
(1)は底設導坑とよばれるもので、これを最初に掘りすゝめてゆく。文字も導坑としてゐるのは、その故である。

この底設導坑の大きさは、高さが約二米、幅は三米位である。

いま(1)の部分だけを圖にして見ると第15圖(A)のやうになる。



第 15 圖 底設導坑(A)



第15圖 底設導坑(B)

この掘り方は、大體地質が餘りよくないと
ころに行はれるのであるから、掘り進められ
ると同時に、上や横からくづれて來る危険を
防ぎ、そして安全に仕事をすゝめなくてはな
らぬ。そのためには掘り崩した後を素早く圍
はなくてはならない。この圍ひには普通松板

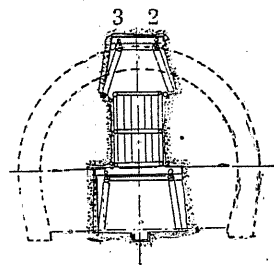
を並べて使つてゐる。そしてその松板を支へるには松

の丸太を使ふのである。このことを支保工とよんでゐ

る。第15圖を見ても支保工がほどこされてゐることが

わかるであらう。

かくて、この底設導坑が數百米掘り進められると、



第16圖 トンネルを掘る順(2)

百米くらゐゆき(2)の部分が掘られる。(2)の部分のことを「切り上り」といつてゐ

る。さうしてこの切り上りから今度は(3)の、トンネルの上

部に仕事に移つてゆくわけである。(3)の部分は底設に對抗

して頂設導坑と呼ばれてゐる。

第16圖は横斷面圖であるが、これをトンネルの方向に斷

ち割つた第17圖のやうに縦斷面圖にして見るとよくわかる

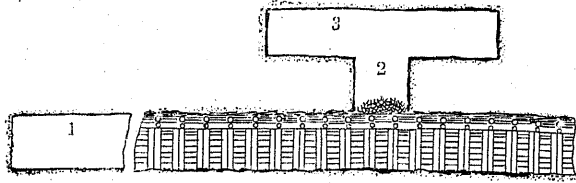
と思ふ。

(1)の底設導坑はすでに掘りすゝめられくづれないやうに

一々支保工がほどこされてゐる。掘り出された岩石、土砂

は、一般に礫といはれてゐるが、その礫はどんく坑外へ

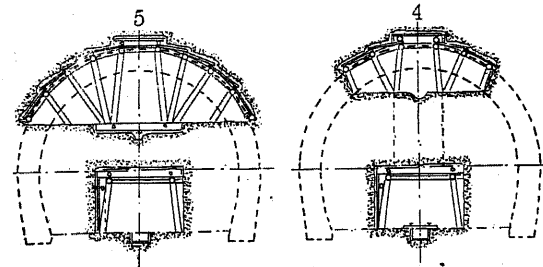
運び出されてゐる。



第17圖 トンネルを掘る順(3)

ところで、も一度いへばその底設導坑の所々の天井へ穴をあけるのが、切り上りである。この切り上りから更に前後に掘られるのが頂設導坑である。さうすると第17圖でも分るやうに底設導坑の上部には頂設導坑が平行して掘りすゝめられてゆくのである。この頂設導坑にも、もちろん片つばしから支保工がほどこされてゆく。こゝで掘り崩された岩石土砂は、所々にある切り上りのところから下の底設導坑へ落される。下にはトロが待つてゐてそれを坑外へ運び出す。(2)の切り上りは、上へのぼる口であり、また同時に上から礫を落す穴にもなるのである。

(3)の頂設導坑が或る程度進むと、今度は(4)の部分に



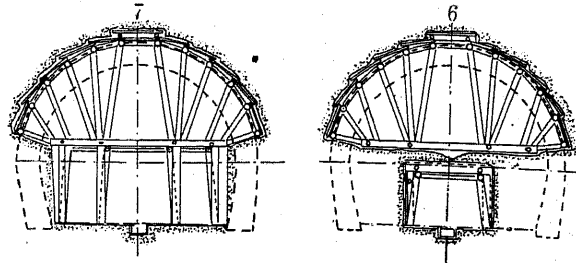
第18圖 トンネルを掘る順(4)

取りかゝる。こゝのところを「丸形」と呼び、次には(5)の「第一中背」(6)の「第二

中背」と順次掘り下げてゆく。この場合いつでも、トンネルの外側にあたる部分は、松板で圍ひ、それを桁といはれる松丸太でうけ、その桁を柱で支へることにする。

こゝまで工事が進むと、あとは(1)の底設導坑の兩側にのこつてゐる部分を片づけければ、トンネルの全形が掘りひろげられたことになる。

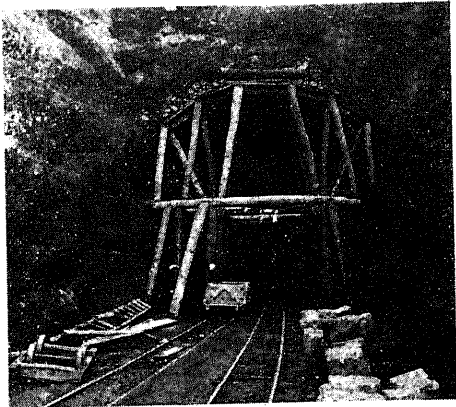
(7)のところを土平と呼んでゐるが、こゝを取りのぞく前には、いまままで進めて來た、上部がくづれないやうにしなくてはならない。



第19圖 トンネルを掘る順(5)

そのためには「大引^{おほひき}」といはれてゐる大きな松の丸太を横に据ゑ、上の土壓^{どあつ}を支へてゐる柱をその大引を支點^{しちてん}とした柱に「盛り換^{もみかへ}」る。その大引は底設導坑へ立て

た柱に支へられるのである。この柱のことを「第三柱^{だいさんちゆう}」といつてゐる。



第 20 圖 トンネルを掘る順 (6)

これだけの準備がすむと、最後に残つた (7) の「土平^{どへら}」の部分掘りくづして、いよいよトンネルの全形がこゝへあらはれたのである。トンネルの掘り方、すなはち最初に何處の位置に導坑を掘つてどんな順序に大きく掘り擴げて行くか、この問題は専門的に見ると興味ある事ではあるが少しむづかしくなるから省略しよう。只その掘り

方の方式の名稱に各國の名前がついてゐることをいつて置かう。これは取りもなほさず大體に於て其の國のトンネルの地質並びにその國情を反映してゐることにもなつてゐる、堅い岩石のトンネルを機械の力を利用して能率をあげるアメリカ式、軟い土のトンネルを掘るに都合のよいイギリス式、ドイツ式、日本式、その丁度中間のものにオーストリー式、イタリー式などといふ掘り方がある。

いまままで述べた、丹那トンネルの掘り方は、新オーストリー式といふオーストリー式の改良されたもので、略して新塊式と呼ばれるもので、アルプス山脈を貫く大きなトンネル工事に用ゐられたものである。この掘り方は崩れ易い土壓のかゝるトンネルにも都合がよいし、また岩が堅くなれば、それに應ずるやうな掘り方に容易に變り得る所に特色がある。

さてこのやうな順序と方法で掘り擴げられ、掘り進められて行つたあとから、こ

んどは私達がいま見るやうな、きちんとした、美しいトンネルに仕上げる工事が行

はれるのである。その仕上げの仕事、つまりコンクリ

ートで巻き立てることを「疊築」と呼んでゐる。

疊築はこれを「側壁」と「アーチ」とに分ける。

アーチはトンネルの上部の土壓をうけてゐるもので、

よく神社などに見うける石づくりの太鼓橋のやうな働

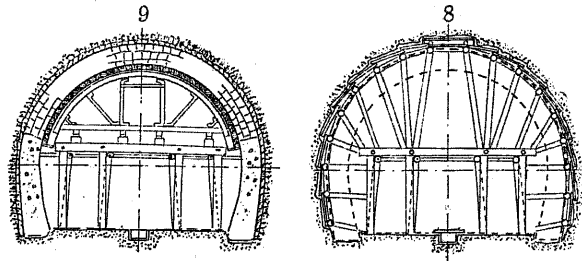
きをするものである。

側壁は、アーチを支へると同時に、側からの土壓を

支へて、丁度土留の石垣と同じやうな役目をしてゐる。

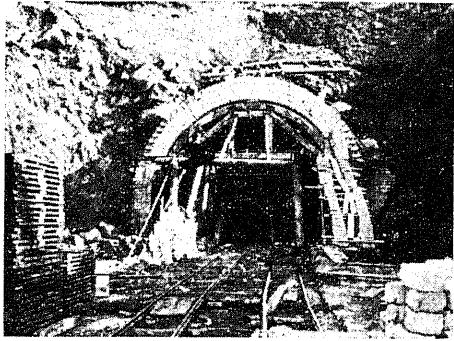
以前にはこの疊築の巻き立てには古い建物に見る赤

煉瓦を用ゐて丹念に積み立てたものであるが、今では



第 21 圖 トンネルを掘る順 (7)

全部コンクリートを使つてゐる。丹那トンネルでも最初の頃はアーチだけは煉瓦で巻いた所もあるが、後では側壁は練り立てのコンクリートを填め、アーチは煉瓦よ



第 22 圖 疊 築

りも大型のコンクリート塊を豫め作つて置きそれを積み立てて行つた。その厚さは、地質の硬いか軟かいかによつてちがふ。いひかへると土壓の大小によつて厚さがちがふのである。地質のよい、つまり土壓の小さいところでは厚さ六十糎位。厚いところでは一米以上にも巻くのである。

土壓とは、何のことか。ついでにこゝで説明してゐかう。簡単にいへば土の押す力である。つまり土が崩れて來ようとする力で

ある。崖などが崩れて來るときに、その崩れるのをふせぐには、崩れて來る力よりも、それを押へる力の方が強くなくてはならぬだらう。

土の壓力のことを一口には土壓といふのである。

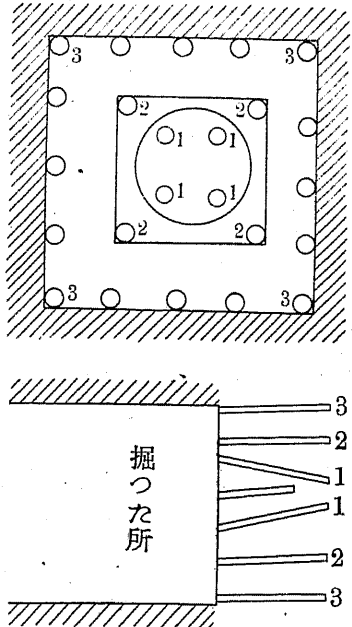
ダイナマイト

以上のべたやうな順序でトンネル工事は進められる。それによつて導坑がどういふ順序で作られ、支保工が如何にほどこされるかは、わかつた。しかし、それでは、どんな工合に、その堅い岩石が崩されてゆくかそれをまだ話してなかつた。

地の底を先へ先へと、一歩づつ山の彼方へ向つて進んでゆく人は例へて見れば開拓者のやうなものだ。その人達の武器は、強力な鑿岩機と強烈なダイナマイトだ。

先にものべたやうに鑿岩機は、坑外から壓縮空氣をパイプで送り、それを動力として、岩石にたゝかひをいどむのだ。

この機械の攻撃はどういふやうに行はれるか。底設導坑の場合を例にとつて見よう。この場合は、鑿岩夫が立ちむかふ岩壁は、幅二米乃至三米。高さは二米位であ



第23圖 ダイナマイトの仕かけ方

る。そこへ第23圖の上圖に見る様に深さ二米内外の孔を澤山にあけるのである。孔の大きさは直径五糎位である。第23圖の下圖はその縦斷面を示

したもので、かういふ工合に孔をあけ終ると、次にはこの孔の奥の方にダイナマイ

トを填めるのである。

ダイナマイトは直徑三糎位、長さ十糎餘の丁度黄色の粘土をこねた様な棒状のものに作られてゐる。これを一個の孔に何個か押込んで最後に『親ダイ』といつて爆發力の非常に強い、金屬の小さな筒の、雷管ちくわんを附けたダイナマイトを入れ、それから孔を泥で栓すまをする。この雷管には導火線がつき、これは長く孔の外へ出して置く。導火線に火を點けるとこれが段々燃え進んで雷管に達し、爆發する。その激動によつてダイナマイトも爆發すると云ふ順序である。

この岩壁に穿つ孔の數、深さ、排列等、又爆發させる順序等は地質によつて色々變つて来る。ダイナマイトの仕かけがどんな工合に作られるかは、やゝ専門的になるから詳しい説明は割愛することにした。

前にはダイナマイトの爆發には導火線に一々火をつけて急いで逃げて來るのが、

普通であつたが、いまでは電氣を使ふ事が多い。遠くでスイッチを入れればよいのであるからこれなら危険はない。

私達のトンネルも、後にはこの方法を使つたが、はじめは矢張り、導火線へ直接に人が火をつける方法を行つてゐた。

奥の岩壁がんばきへ向つて、大體二組くらゐの鑿岩機をもつた人々が立ち向ふ。そして地質にもよるが、ダイナマイトの孔をあげ終れば、一日に二回乃至三回の爆發はくは作業を行ふのだ。爆發作業のことを「發破はつぱ」をかけると俗にいつてゐる。

狭い、暗い、そしてじめじめした坑道の奥は、二つ三つのカンテラの光を頼りにした世界だ。そこで機關銃のやうな音を立てて鑿岩機は活動する。その壓縮空氣の爆發は外界の陽がさんさんと照してゐる明るい世界の、好ましいにほひをわづかに坑内にも運んで來る。

孔はあけられ、ダイナマイトが仕かけられると、人々は數十米位後へ退がる。

爆発は、坑道の奥から、物凄く陰にこもつた音響となり、突風となつて後にさがつてゐる人達に迫つて来る。

振動は、何かで胸をつかれたやうな力をもつてゐる。坑道に置いてあるカンテラの灯を消され、かぶつてゐる帽子を飛ばされることもある。やがて、坑道の奥からは何か甘酸っぱい臭を漂はせた、發破の煙と岩石の崩れた砂ぼこりとが外の方へと流れて来る。

この物凄い空氣を急いで換へるためには、今度は外からの壓縮空氣が働くのだ。よい空氣を送つて、臭い、息苦しい空氣を外へと追ひ出すのである。

發破の後には、すでに壁は二米位向ふまで崩れてゐる。こんどはその礫を坑外へ運ぶのだ。

だんく／＼工事が進んでゆくと、礫を運び出すのも、電車を使ふやうになるが、はじめのうちは電車を動かすほどのこともないから、レールの上を人間がトロを押し、もう少し進むと今度は馬や牛を動員して車をひかすことにした。

この頃はまだ電燈もつかぬうちだから、坑内はわづかに人々が持つてゐるカンテラの光で照されるばかりである。

かういふ作業を、底設導坑、頂設導坑、その他次々に繰り返してゐれば、工事は進行する筈である。一回の發破は二米を崩し、それがうまくゆけば一日に三回も出るのだ。若し底設導坑がそんな工合に進めば、頂設導坑もまた數百米とくれた地點で他の人々がさういふことを繰り返してゐればよいわけである。

この方法で進めば三十年の歳月を費した耶馬溪の青の洞門は何日で完成しただらうか。

かくて、私達の丹那トンネルの工事は、熱海、三島の両方から押しすゝめられて行つた。こゝでもう一つ簡単な説明をしてから先へ話を進めることにしよう。

トンネルを両方から掘り進めて、どういふ工合にして、途中でそれを寸分の喰ひ違ひもないやうに合せることが出来るか。如何にも不思議なことだとはよく人々から聞かれることである。

この『喰ひ違ひ』の性質を分けて見ると、左右ならびに上下の二つに分けることが出来る。言葉をかへていへば前者は方向の違ひで後者は高さの違ひといふことになる。そこでトンネルを両方から掘り進めて、或る地點でうまく合せるにはこの二

つのことに氣を付けなければならぬ。すなはち方向と高さとを設計通りに掘り進めればいい譯である。

方向を測る機械は轉鏡儀といふもので、二十糎くらゐの筒型をしたものである。

それは丁度水平の軸に直角に取り付けられた小型の天體望遠鏡のやうなものである。

この機械は水平の軸を廻轉軸として自由に上下にも動き、また前後にもひっくり返せるやうになつてゐる。

この轉鏡儀は方向を定めるだけでなく、上下や左右の角度を測るのにも使ふ。土地を測量して圖を作るには是非なくてはならぬものである。いまこの轉鏡儀の水平軸を動かぬやうにして見透しのいい高臺に据ゑつけたとする。谷底には一軒家が見える。そのまゝ上へ上げると山の頂上の一本松が見える。また機械のすゑつけはそのまゝで反対側にひっくり返せば遠く田圃の中にある電柱が見えたとしよう。これ

らの一軒家と一本松と電柱とは皆同じ方向にあることになる。これは、望遠鏡を廻轉してその視野に入る凡ての物、すなはち點は同一垂直面すなわち垂直面の中に在るといふ事になるのである。つまり一軒家と一本松と、電柱のあるところへ一本の線をひいて、その線のところをすつぱりと切つたとする。さうすると、この三つの點はいづれもその斷り口に並んでゐるわけである。そのことを『同一垂直面の中にある』といふのだ。以上が方向を定める轉鏡儀の説明である。

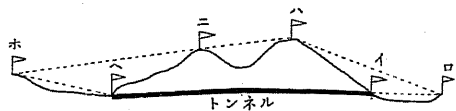
次には高さを測る水準機すんじゆんきのことを話さなくてはならぬ。家を建てる時など棟梁とうりやうが長さ一米くらゐの木の棒を持つて建物の基礎きそが水平か如何かを檢しらべてゐるのを見かけたことがあるだらう。あれが簡単な水準機すんじゆんきである。あの棒の中央に僅かに曲つたガラス管が埋めてあつて、その中には小さな泡が棒の傾きにつれて動くやうになつてゐる。この泡がガラス管の真中に止つた時がすなはち棒が水平になつてゐる時である。

ある。いま吾々の使ふ水準機といふ機械も、この棟梁の水準機と同じ理窟で出来てゐる。しかしそれよりもつと正確で小型のものである。それを望遠鏡に取付ける。

したがつてその水準機が水平になつた時は望遠鏡も水平になつてゐるわけである。

次にはこの機械を使つて甲乙二點の高さの差を求めるにはどうするかを説明しよう。まづ甲乙二點に物差を直立させて丁度その中間にこの機械を正確に水平に置く。そしてこの望遠鏡で甲に立てた物差をねらひ、望遠鏡の中央に出た目盛めもりを讀みとる。次には望遠鏡を逆の方向にまはして乙に立てた物差の目盛を讀む。若し甲の目盛が五米乙の目盛が三米であれば、甲點は乙點より二米だけ低いことがわかる。若し甲乙二點が遠い場合にはかういふことを何回も繰返してつないでゆけばよいのである。以上で方向を決める轉鏡儀と高さを測る水準機の説明を終へた。それではこの二つの機械を使つてトンネルが喰ひ違はないやうにするには如何したらよいか。

そこで第24圖を見て貰ひたい。あるトンネルを計畫したときに兩方の坑門口の所にはイとへの杭がまづ打ち込まれる。またトンネルの通る山の頂上にはハ、ニ等の杭を打ち込みまたそのトンネルの方向を延ばして田圃の中や向ふの丘の上にも、ロ、ホ等の點に杭を打ち込んでおく。そしてイとへのトンネル口の高さはもちろん、その他の諸點も皆、高さが計られてゐるのである。すなはちこれらのイロ：……への點は凡て同一方向にあつてこれから掘らうとするトンネルもこれと同じ方向：：イロ：：等と同一垂直面どういつすあちよくめんに含まれてゐるのである。またトンネルの兩口イ、への高さの差もはつきり分つてゐる。一方トンネルの長さも測量によつて計り、何百米行つて何米の上りといふ線路の勾配も既に決つてゐる。



第24圖 測量

さうしてこゝで愈ゝトンネルを掘り進めることになる。先づ第一に掘る方向を決めなければならぬ。そのためには坑門口のイ點に方向を決める轉鏡儀を据ゑて望遠鏡でロを見る。その方向を定めてから次に望遠鏡をひつくり返してトンネルの方に向ける。さうするとその望遠鏡の向いた方向がとりもなほさずトンネルを掘り進める方向になる譯である。かういふ作業を兩口からトンネルが進むにつれて何度も何度も繰り返して行く。さうするとトンネルは兩方ともイ：：……へ等を含んだ同一垂直面の中にあることになり丁度ハやニ點の真下を通ることになる。

高さの方もトンネルが何百米進めば何米高くしなければならぬといふことが設計に示されてあるから、方向を決めるのと同時に設計通りに水準機で加減しながら掘り進めれば狂ひが生じないのである。

測量の原理はいま述べたやうに簡單なものであるが、實際の作業はなか／＼骨の

折れる仕事である。機械が精巧なだけにその取扱ひも厄介である。また朝晩の温度の變化によつても狂ひ易い。重い機械を背負つて、山の頂上の點にそれを据ゑ付け、いざ測量を始めようとすると山に霧がかゝつて見透しが利かなくなつて一日も二日も無駄骨を折ることも多い。

春霞の山野はハイキングには氣持がいいだらうが測量には尤も都合の悪い時である。結局測量には氣の澄んだ、空氣の動かない朝夕が工合がいい事になるのだ。

さてかうした苦心の測量によつて決つた丹那トンネルは、長さは約八軒である。トンネル内の勾配は、それ／＼の場合によつて異なるのであるが、丹那トンネルでは熱海も、三島も大體水平にあるとして、トンネルは熱海岸の下を通るのであるから、山の中心のところを一番高くすることが自然であつた。かつ兩方から掘り進めるのであるから、若し水が湧いたときは、後へ後へと流し出すことが必要である。

丹那トンネルの勾配は、西口からも東口からも、約三百分の一の登りになつてゐる。