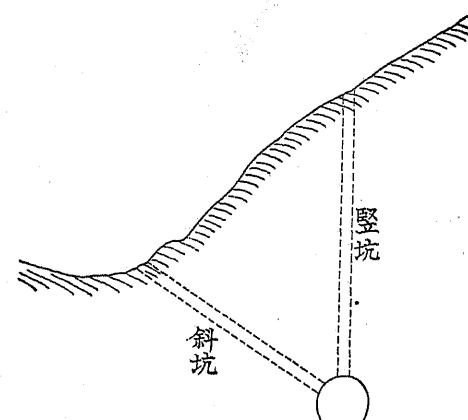


第四章 墙坑、通風及洞門

第一節 墙坑

墙坑(shaft)とは地盤より堅にトンネル迄穿つた坑道で地勢の工合では第八十八圖に示した様に斜坑の方が容易に其の目的

第八十八圖



を達し得らるゝこともある。地勢の都合では全く水平の坑道をトンネルの途中に穿ち入れることも出来る。其の目的は(1)地質の試験を爲すためでかゝる時は試験坑と稱して如何な地質のところをトンネルが貫通していくか調べるのである。

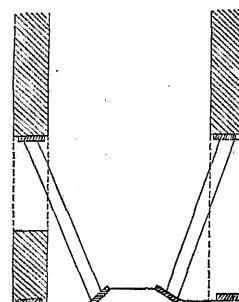
(2)トンネル内へ光線を外部から入れるために此の場合は地盤が近いときに限るので市街中にあるトンネルには其例があるが外の場合にはない。(3)通風のためにトンネル途中に墙坑があると工事中に其の坑道から夏時はトンネル内が冷氣であるから空気が降下して来る又冬はトンネル内が暖氣であるから空気が上昇する。トンネル完成後でも幾分の役に立つ此の墙坑に煙突を聯絡させて置けば火を燃して通風を助けることも出来る又送風器を之に適應させることも出来る。(4)墙坑からトンネルを掘鑿すると兩口からのみ工事を施工するときに比較して大いに進行が速である。斯くの如きときは卷揚機械、送

風機械、水揚ポンプ等を設備して仕事に差支ない様にすることが肝要である。(5)又墙坑より工事を施工するとトンネルが安價に出来ることもある。時には一の墙坑で以上の五つの目的を皆兼ることもあり又目的を達した後は埋戻す場合もあり墙坑を巻立て、永久に存在せしめることがある。永存させるとときは墙坑上に地盤上10尺(3米)以上の煙突頭の様な塔を造つて其の上に金網を張つて置き小石等を投込んだりすることの出来ない様にすることが必要である。

墙坑の形狀は圓形も橢圓形も方形もある。トンネルに比して土石の壓力が少ないので卷立てはむづかしくない。煉瓦もあれば時には混泥土の塗立てもあり混混凝土塊積立もある。墙坑よりトンネル工事を施工するものは長方形が便利である。

墙坑を造る方法は地質が土であつて又永久に保持するものなれば橋梁の圓形橢圓形の沈土臺を作ると同じ方法で内部を掘つては沈めて行くので筒は煉瓦でも混混凝土でも鐵筋入でも宜しい橋梁土臺の時の様に水の出が甚だしくないから施工は容易である又都合によつては下部を掘つて一時の支保をして

第八十九圖



置いて側壁の時の様に積立てることもある(第八十九圖参照)。又岩質でも土質でも木枠の儘で掘下げて矢板支保をする例が甚だ多い丁度導坑を堅にした様なものであるが導坑の矢板には釘鉤を使用してないが此の場合には是非釘留鉤留にするのが必要である。如何となれば導坑では一

一枚矢板が外れても甚だしい危険はないが堅坑では一枚外れても危険であるから大いに注意がいる。又矢板も厚さ凡そ2寸のものを使用するが宜しい枠材は第九十圖では一つ置きに角

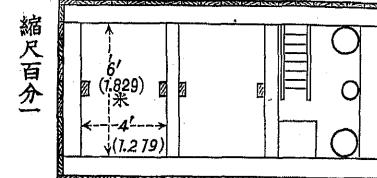
第九十圖 材と丸太とで示してあるが皆角材でも皆丸太でも宜しい又堅坑底部を掘下げるに發破を掛ける必要のときは電氣導火が適當である、水の出るところであると發破後直に掘鑿が出來るのと少しでも待つのとは水の溜る關係があつて進行上大いに差がある。又堅坑からトン

ネル工事を施工するためには巻揚機械、揚水機械と其の諸管、梯子段等が入用であるので區分してあるが便利である、今小形のもので便宜な形を第九十一圖に示してある。外形縦15呎(4.0米)

第九十一圖 横8呎(2.4米)のものを三區に分つて

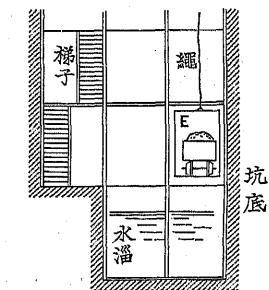
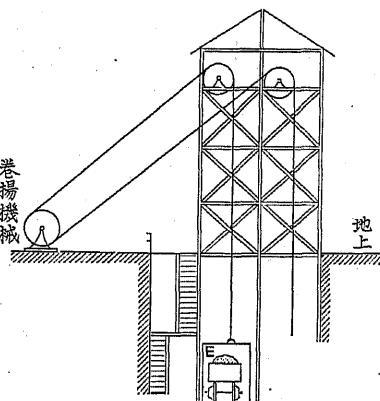
あつて内法6呎(1.8米)に4呎(1.2米)の二區は巻揚用で他の一區は梯子と諸の管のある場所で、管は所用ポンプが蒸氣用であれば其の出入に二

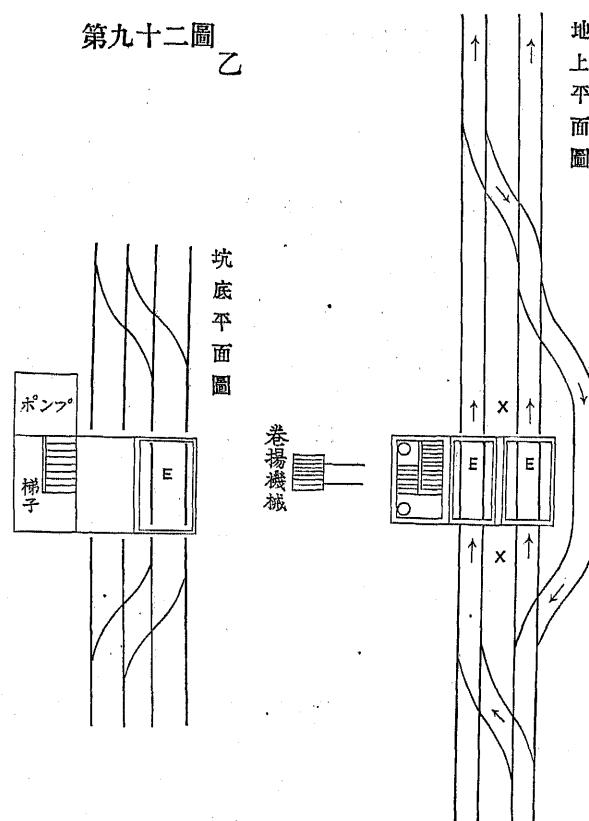
本吸水と揚水用とに一管宛でポンプも二臺以上使用することもあり豫備も入用である。話管、實測用管、通風管等多數の管が入用である。電氣ポンプを使用し得るところは便利であるが蒸氣罐を使用するところでは Special pump 形が一番宜しい、此の形は一本の唧子の兩端に水筒と蒸筒とが付けてあるから小形の割合に揚水量が多い横に据付けるのが便利な場合と堅にする



のが宜しいところとある、ダルマポンプ、ドンキーポンプも適用される。回轉ポンプは電動力を使用するところでは便利である。又堅坑の底部には水溜が掘つてあつて之に湧水をためて置いて汲揚げるのである。湧水の少ないときは湧水汲上には小形ならば二、三斗大形ならば一石(180リットル)入の水桶の中央に鐵棒を通して回轉出来る様にして之に留を附けて繩で巻上げると汲水排水に容易である。土運びも小車付の箱に鐵を付けて引揚げると至極便利である。又堅坑からトンネルを掘る様になつたらば工事用の土運車を巻揚げて上部に敷設してある軌道と能く聯絡させるが必要である。第九十二圖は其の一例を示したものである。堅坑は湧水の多いところは甚だ困難であるから能く地質を調べて水の成るべく出て來ないところへ其の位置を撰定するが肝要である。湧水が多いと堅坑掘下げの時は殊に困難である。其の掘下げ進行は湧水に大關係がある。

第九十二圖 甲



第九十二圖
乙

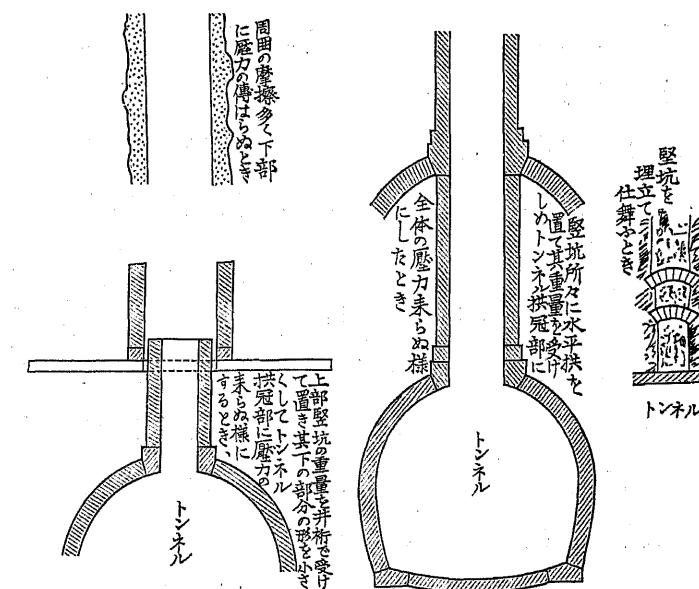
日本で堅坑からトンネルの掘鑿巻立等を大仕掛けに施工したのは明治十八年琵琶湖水工事の長等山トンネルの古關越シャフトが最初のもので工事中は其の深さ 170 尺(52 米)であつた。第九十二圖が其の仕掛けに似て居る圖であるが巻揚臺 EE が圖では横に並んで居つてトンネル中心線が XX 線である。

古關越では其の掘下最中に大出水があつて大に困難をした一日の平均進行が 0.8 尺(0.242 米)であつたが同トンネルの第二シャフトは水も少く深さも少ないので一日の平均進行が 1.8 尺(0.549 米)であつた。米國クロトン水路用トンネルの堅坑は深さ 100 尺(30 米)乃至 400 尺(122 米)の花崗石質で一日の進行が 2.5 呪乃至 5 呪(0.76 米乃至 1.5 米)であつた。

堅坑の位置は其の中心がトンネル中心線の上にあるとトンネル線の測量に大いに便宜であるが必ずしも其の通りには限

らぬトンネル線以外にあることもある。其の時は巻立をするに何も注意が入らぬが直にトンネル線上にあるときは其の巻立の重量がトンネル穹窿拱に掛らぬ様にするが宜しい(第九十三圖参照)。

第九十三圖



第二節 通 風

通風に二種あつて其の一はトンネル工事施工中に必要な通風で完成すれば最早其の必要のなきもの。其の二は完成の後でも通風させる必要あるものである。

通風に關係あるものは炭酸瓦斯であつて其のトンネル空氣中に $\frac{1}{100}$ の炭酸瓦斯を含有することは工事中は已むを得ぬこと、するも $\frac{2}{100}$ 以上の含量は一時でも宜しくな

い、それ以上になれば呼吸が壓迫され頭が重くなり著しく有害である、中毒すると卒倒する、解毒するには静かに休むが宜しい、又燈火が暗くなり油煙が多く出て来る。 $\frac{10}{100}$ 以上になると燈火が直に滅する動物の生存が出來なくなる。

普通の大氣中にでも炭酸瓦斯が百分 0.03 乃至 0.04 は含有して居る、市街で空氣不良のところでは百分 0.05 乃至 0.10 又人の群集して居る屋内では百分 0.30 乃至 0.50 ある事がある大正七年の四月に大阪市中で調べた炭酸瓦斯の量は開昇橋 0.054、大正橋 0.074、四ッ橋 0.091、末吉橋 0.101、信濃橋 0.140 であつた。

先づ工事中に要する通風から説明すれば普通の單線鐵道トンネル位の大きさでは其の一方口から掘入れる深さが 600 呎 (180 米) 位ならば自然に空氣が通じて來るから通風に對する仕掛けは入用がないが若しトンネルが急勾配で上向に掘上つて行くときは空氣の不足を感じる事があるそれ以上トンネルが長くなれば通風の仕掛けが入用になつて來る。

工事中のトンネル内空氣の一例として笛子の例を示せば。

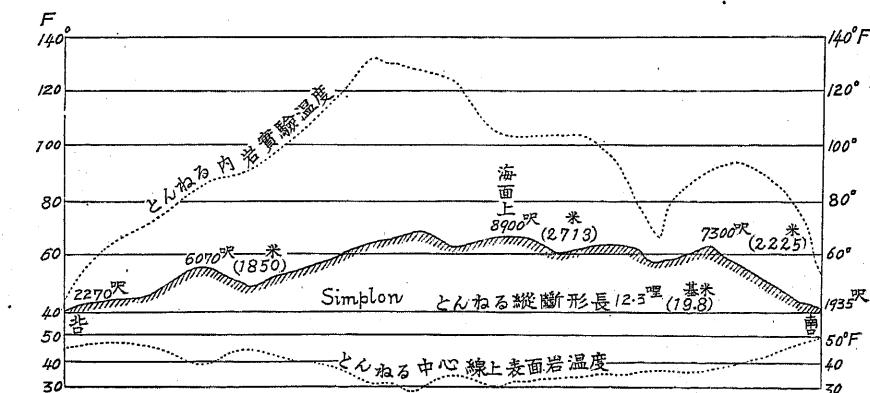
入口よりの距離(呎)	溫度	氣壓 mm	CO ₂ の量(百分の率)	記 事
黒野田口より	132 (40米)	17.10	700	0.18
	4500 (1372米)	19.2	699	0.96
	6250 (1891米)	20.8	698	0.78
	6500 (1981米)	20.3	698	0.68 導坑で空氣鑿岩機運轉中
	132 (40米)	15.0	702	0.14
初鹿野口より	5620 (1718米)	19.0	704	2.48 煉瓦拱巻立の場所
	7643 (2380米)	22.0	703	1.32
	8000 (2438米)	23.0	703	0.70 導坑で空氣鑿岩機運轉中

此の表は明治三十五年五月の試験成績で外氣溫度 18° 乃至 19° C. 當時空氣壓縮機械で鑿岩機用等に一時間 18000 立方呎 (500 立方米) の割で空氣をトンネル内へ送つて居つた。最も空氣の悪かつたのは CO₂ の割百分 2.48 あつたところで著しく不快を感じたが燈火は滅しはしなかつた St. Gothard トンネル内では平均百分の一の CO₂ があつたとの事である。

普通トンネル内は外氣に比して夏時は涼しく冬は暖であるから工事中でも空氣流通の助けとなるものであるが春分秋分時節には此の差が少なくなつて自然の空氣流通作業が減じて來る。トンネル内の空氣の悪いのを一時よくするには石灰水或は醋を瓶に浸し撒き散らすと暫時は宜しい。

空氣の溫度は長トンネルになるとトンネル内が常に溫度が高いこともある Simplon トンネル内では空氣溫度は 75°F 乃至 85°F であるが岩の溫度は年中大差なく第九十四圖に示した様に華氏 130° にも達して湧出する水が湯の様であつた事もある。

第九十四圖



St. Gothard, Mont Cenis では岩温度は華氏 90 度以下であった。

普通の場所では地面を降る 50 乃至 150 呎(15 乃至 45 米)で華氏一度づゝ、岩石温度が増して来るが時には 20 呎(6 米)以下と 250 呎(75 米)以上との例外がある。

熱海線丹那山の中央部の地表に死火山の噴火口の様に見えるところもあつて岩の温度が高くはないかと心配して居る人もあるが地質學者は左のみに思つて居らぬやうである。

工事中のトンネル内へ通風させるには唐箕を人力で廻しても宜しいところもある厚さ四分(0.012 米)位の木板で凡そ一尺(0.3 米)角の樋を作つて之に唐箕を通して廻轉させれば距離の 300 呎乃至 600 呎(90 乃至 180 米)のところへは通風させることが出来る第一の唐箕をトンネル入口以内 100 呎(30 米)位に置いて第二の唐箕を第一より 600 呎(180 米)も奥に置いて聯續させれば 1500 呎(450 米)位のところ迄は通風させることが出来るが木樋から空気が漏れるし唐箕の氣壓も至つて少ないからこれ以上遠い所へは通風はむづかしい。トンネル口に小水流のあるところもある、凡そ一呎(0.3 米)角の函を造つて其の中央底から 4 尺角(0.120 米)長さ 2 呎(0.6 米)許りの流出口を作り其の周囲を凡そ 10 尺(0.254 米)の箱に包み其の上部に空氣の入る小穴を多數に開けて置き下部に三呎(0.9 米)位の箱を置いて落ちて來た水を流出出来る様にして空氣は他の一方から出る、様の仕掛けにして置けば一寸した送風は出来る。

今述べた距離以上の遠いところへ通風させるには送風機械を運轉させる必要がある。送風器は回轉羽のあるものと送致

羽のあるものと二様あつて風壓は水の 8 時乃至 20 時(0.200 乃至 0.500 米)迄に達することが出来る。送風管は厚さ $\frac{1}{32}$ 乃至 $\frac{1}{16}$ 尺(1.25 乃至 2.50 厘米)の鐵板である、此の方法で一哩(0.6 基米)以上のところへ充分に送風することが出来るが通例長トンネルでは工事施工上其の鑿岩機の運轉のためにも空氣壓搾機が入用で其の壓力は通例平方呎 60 封度乃至 100 封度(4 乃至 6.8 気壓)で送風管が内徑 4 尺乃至 6 尺(0.102 乃至 0.152 米)であるから鑿岩機の運轉が同時に送風の役にも立つのである。

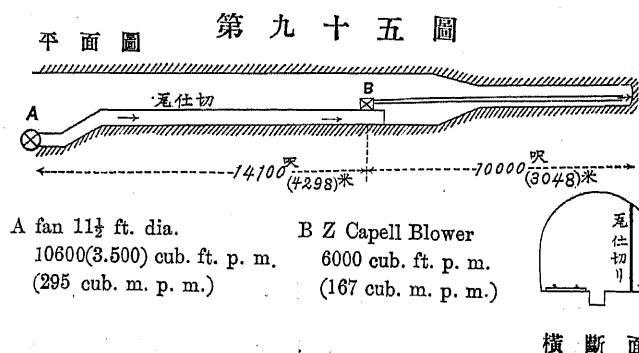
一燈火を持った一人の坑夫が必要とする空氣の量は一時間に 2000 乃至 6000 立方呎(56 乃至 170 立方米)で馬は其の二倍又所用火薬一封度に對し 200 乃至 500 立方呎(5.6 乃至 14 立方米)爆發薬一封度に對し 2000 乃至 4000 立方呎(56 乃至 113 立方米)の空氣を換氣するが必要であるから此の割合で送風に要する空氣の量を計算することが出来る。此外にダイナマイト一封度の爆發で 135000 B.T.U., 人は一時間に凡そ 10000 馬は同上 100000 B.T.U. を發熱する。

ベルギー式の様に速に穹窿拱が出來て居るときは上半分に仕切をして惡き空氣は上部を好き空氣は下部を通することにすれば都合が宜しい又堅坑があれば夏期は堅坑から空氣が下りて居るし冬期は堅坑へトンネル内の空氣が昇つて行くので通風になる上部に爐を造つて火を燃せば常に冬期と同じ方向に通風さることになる。

急勾配で上向に掘上つて行くトンネルは直に通風を要することになる。又堅坑より横にトンネル工事を始めると直に通

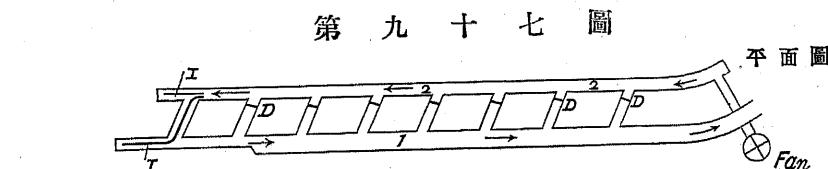
風が必要になって来る。

トンネル内で空氣の悪くなる原因は工事に従事する人夫、牛馬の呼吸、其の排泄物、燈火、導火、爆發薬、トンネル内に發生する水蒸氣、瓦斯等であるからトンネル内の空氣をよく保つためには酸素の消費を節約する必要である。其のためには坑夫の數を減じ得らるゝ様に効力を節約する諸機械、運搬機械、器具を使用し、酸素の使用を要せざる燈火を成るべく多く使用し、光力を強くして能く早く仕事の片付く様にし、岩屑、木材等を堆積せしめず、不用品は迅速にトンネル外に搬出し、巻立工事を早く進行せしめて空氣流通の障礙物を除くことが必要であると共に空氣圧縮鑿岩機を使用し、電氣或は空氣機關車を使用し、惡氣を吸出するか又は新鮮空氣を送入するが必要である。Loetschberg トンネルで使用した送風方法は最初の 10000 呎 (3048 米) の深さ迄は Blower を使用し、其次は入口より 6400 呎 (1950 米) の間は瓦仕切で風洞を作つて之を fan を以つて送風し、其の先に Blower を運轉させたので、第三次即ち貫通するまで使用した送風法は第九十五圖に示してある。Blower より奥の送風管は鐵管凡そ 17.7 小時乃至

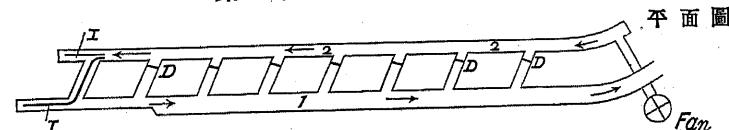


23.6 小時 (0.450 乃至 0.642 米) 直徑であつた瓦仕切内の面積は 68 平方呎 (6.3 平方米) であつた Simplon では熱を冷却するために第九十六

第九十六圖 圖の様な噴水を二十一ヶ所 65 呎 (20 米) 間に置いた、空氣も冷却されて運搬用車通行には支差がない、水の溫度は 39°F 乃至 62°F 又送風管の途中に氷車を置いて之で空氣を冷却したこともある。又前に述べた通り第二トンネルのために第九十七圖中の 2 字で示す通りの導坑だけを穿ち置き之を



第九十七圖



I injector

1 字で示す第一トンネルの通風用にも運搬用にも使用した D は此の兩トンネル開にある横坑に置く戸で運搬用のためには開けて通風用には閉ぢるのである。

下に示す表は有名トンネル工事に使用した送風の有様である。

トンネル名	長 呎(基米)	目 的	空氣送量(立方米) 每分立方呎	動力馬力	
Strawberg	19100 (5.8)	灌 溉	427 (12.1)	125	
Gunnison	30645 (9.3)	同 上	1560 (44.2) 2300 (65.1)	320 320	西 口 東 口
Walkill	23391 (7.1)	水 道	6780 (192.0)	1300	
Elizabeth	26860 (8.1)	同上小形	520 (14.7)	150	
St. Paul Pass	8750 (2.4)	鐵道單線	2410 (70.3)	440	
Loestchberg	47680 (14.5)	鐵道複線	3 × 1950 (3 × 54.7) 2 × 460 (2 × 13.0)	3 × 400 2 × 250	送風専用 穿岩専用

或る場所ではトンネル工事中に悪瓦斯又は爆發性の瓦斯があつて安全燈を使用した事もあつた。

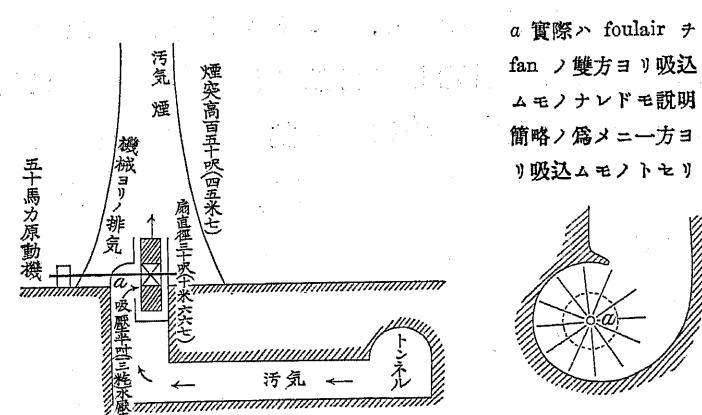
普通のトンネルでは長さ3哩か5哩迄は工事中は通風が必要であるが完成の後は蒸氣列車を通して送風の仕掛けは入用でないが列車數が多數であるか又は丁度列車の行く速度と同一な速度でトンネル内に空氣が動くか又急勾配であるとかであると上記よりも短いトンネルでも送風の必要が起つて来る。市街にある地下トンネル又登山鐵道用のもの等は其の例であつて近年は電氣機關車のトンネル内使用が盛んになって來たのも此のためである。

完成した後にも列車運轉中に機關方がトンネル内で人事不省となつて停車すべき驛を通過してしまつて危険であつた例が Mont Cenis にも中央線の善知鳥トンネル(大正八年二月)にもあつた碓氷線のトンネルは短いけれども石炭の消費量も多く勾配等のために機關方が困難した例がある。又トンネル内の空氣が悪いと石炭の燃焼が不充分で煙も餘分に出て火力も弱くなつて宜しくない又軌條も腐敗し易く磨滅し易く種々な不都合があるので完成後のトンネルにも送風の必要な場合がある。

石炭を一封度(0.45 磅)燃燒すると凡そ 150 方呎(0.425 立方米)の瓦斯が出來る其の中炭酸瓦斯が 25 立方呎(0.7 立方米)ある。今一の列車を牽引する機關車が其走行一哩間に 30 封度(一基米間に 8.5 磅)の石炭を消費するとすればトンネル長さ一哩中に一列車通過すれば残すところの炭酸瓦斯は $25 \times 30 = 750$ 立方呎である。

ある。トンネル内面積を 185 平方呎とすれば其の長さ一哩の容積は $5280 \times 185 = 996800$ 立方呎である。此の容積に比較すれば炭酸瓦斯 750 立方呎は百分 0.075 である、即ち空氣が全く流通せざるものとして見れば一列車通過毎に 0.075% の炭酸瓦斯が増加する計算になる普通の大氣に 0.030% ありとすれば一列車通過の後は 0.105% となり二列車の後は 0.180% となり七列車通過後は 0.555% となる。之を炭酸瓦斯の限度とすれば七列車通過の時間内に 996800 立方呎の新空氣と入れ替へる必要となる。市街の地下にあるトンネルの如きは此の例である第九十八圖

第九十八圖



に示したものは Liverpool 市街の地下鐵道用トンネルの通風仕掛けである。

前に述べた通り通風すべき空氣の量が定められたれば下の式で水壓馬力等を計算することが出来る。

$$h = \text{壓力水の高さで示す(時)}$$

$$V = \text{通風速度每秒時(呎)}$$

P = トンネル内面の周囲の長さ(呎)

L = トンネルの長さ(呎)

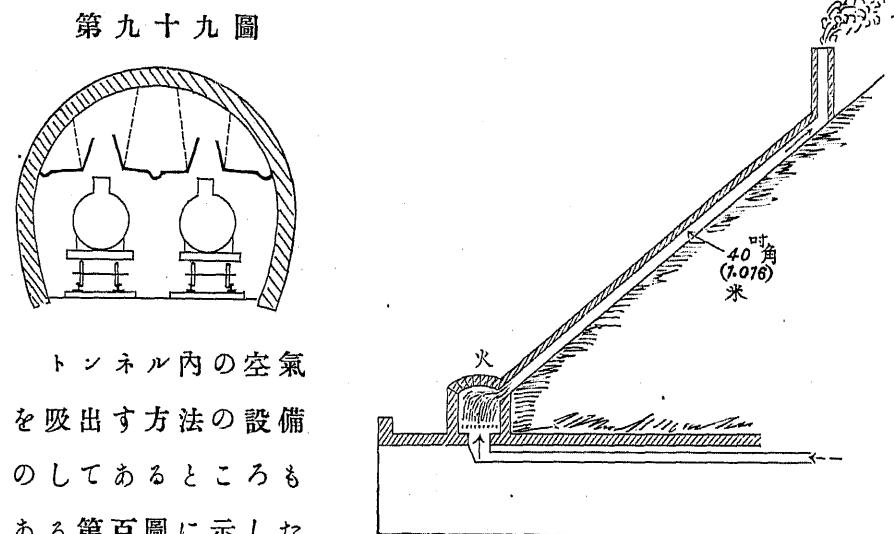
A = トンネルの内面積(平方呎)

$$h = \frac{V^2 PL}{633000 A}$$

$$V = \sqrt{\frac{633000 Ah}{PL}}$$

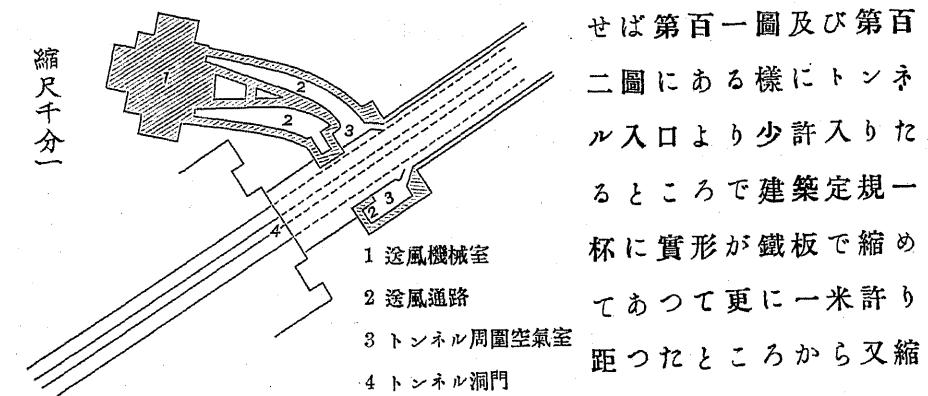
場合によつてはトンネル内を自然に吹透す風の速度と機關車の走る速度と同一になることがある此の場合には大いに困難する事もある、確水峠のトンネルに其の例があつてトンネル洞門口に覆布を掛け列車が這入つて仕舞ふと此の覆布を引く、そうすると煙は列車の後に残つてトンネル内に止まつて居る列車通過後に覆布を引除して自然に通風させる。又第九十九圖の様にトンネル上部を仕切つて其の上部に煙の入る様にしてあるものもある。

第 百 圖

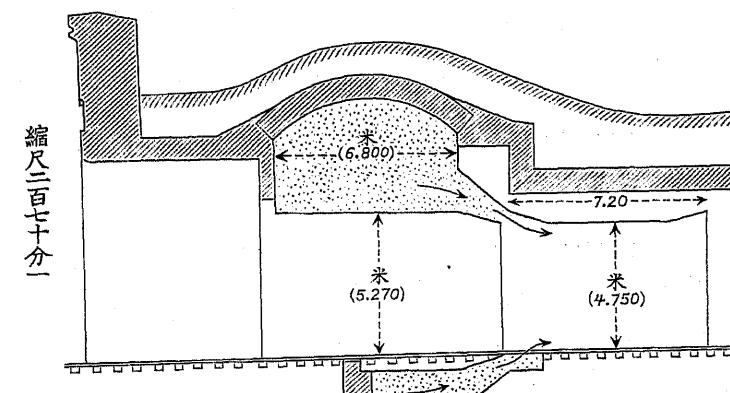


のは Mont Cenis で適用した例でトンネル内拱冠部に管を敷き出口の洞門上部に火爐を作り凡そ 40 吋 (1 米) 角の煙道を以つて煙突に接合し火氣を利用して空氣を吸出することにしてある又之と反対に Roots 式送風器で直徑凡そ 12 吋乃至 24 吋 (0.3 乃至 0.6 米) の管でトンネル内へ壓力送風をして居るところもある。近頃有效として適用されて居るのは Saccardo 式の送風で St. Gothard, Franz Joseph I. 其の他に使用されて居る。今 St. Gothard トンネルでやつて居るのを示せば第一圖及び第二圖にある様にトンネル入口より少許入りたるところで建築定規一杯に實形が鐵板で縮めてあつて更に一米許り距つたところから又縮

第 百 一 圖



第 百 二 圖



めてあつて此の一米許りのところは上下左右とも明きがあつて空氣を其の間から吹き出す様になつてゐる。此の細き間から吹き出す空氣の速度は一秒時25米で空氣の量は一秒時250立方メートルであるから隙の面積は10平方メートルに當る。又此の隙から急速度で吹出した空氣はトンネル全體に廣がつて流通して行くときは凡そ一秒時5米の割である。第百一圖はトンネル北口の平面圖である送風扇の直徑は5メートルで幅600粍一分間に100回轉水車で回轉されてある無風なれば一秒時3米速度で北口から通風して居るが南口をら風が吹き込んで来て2米になる迄は吹返して居る其の時は一秒時5米でトンネル内は正味3米である、それ以上南口から吹き込む風が強くなると送風は止める又北口から吹き込む風が3米になる迄は助けて行くがそれ以上になれば送風器の運轉を止めるのである。實際は一晝夜1,000,000立方メートル位の送風量である。列車數は一晝夜61で所用機關車の大きなものは180噸のコンソリデーション形であるが普通は120噸のものでアトランチック形も速度の大きい列車には使用されて居る。列車速度は一時間65乃至90基メートルである。

送風に要する馬力は左の式による。

H.P. = 所用馬力

h = 送風壓、粍

v = 送風速度、毎秒メートル

L = トンネル長、メートル

n = トンネル内面周圍、メートル

q = トンネル斷面積、平方メートル

g = 重力、加速度 9.81 每秒毎秒メートル

c = 係數普通 0.11

Q = 送風量、毎秒立方米

$$h = \frac{cLnv^2}{8gq}$$

$$H.P. = \frac{hQ}{75}$$

ロンドンには地下鐵道が二種あるが其の一は地下100呎乃至200呎(30乃至60メートル)のところを鐵管式トンネルで通過して居て地表から降るには壁坑の昇降器に據るので之を London Tube と稱して居る、世界大戰爭中爆彈投下をやられた時逃げ込むには屈竟のところであつた。

ロンドンチューブは Liverpool street から Woodlane に至る凡そ9哩(11.4基メートル)間で其の内に12の停車場がある。トンネルは直徑凡そ11呎(3.35メートル)の鐵管式で列車車體は上下を少し切つた圓形ボギー三輪で電氣運轉である、丁度長い圓管の中に啓子が動くやうでトンネル内の空氣を列車が押して行く様になる。此の通風は普通空氣では不充分であるからオゾーン送風法であるオゾーン發生器は電壓五千ボルトのサイレント、ヂスチャージによるもので之を空氣中に百萬分一を含有せしめて其の空氣を一分間84000立方呎(2380立方メートル)トンネル内へ送風して居る效果が非常に宜しい、其の設備費十萬圓で其の運轉費は一時間一圓五十錢である(第百三圖参照)。

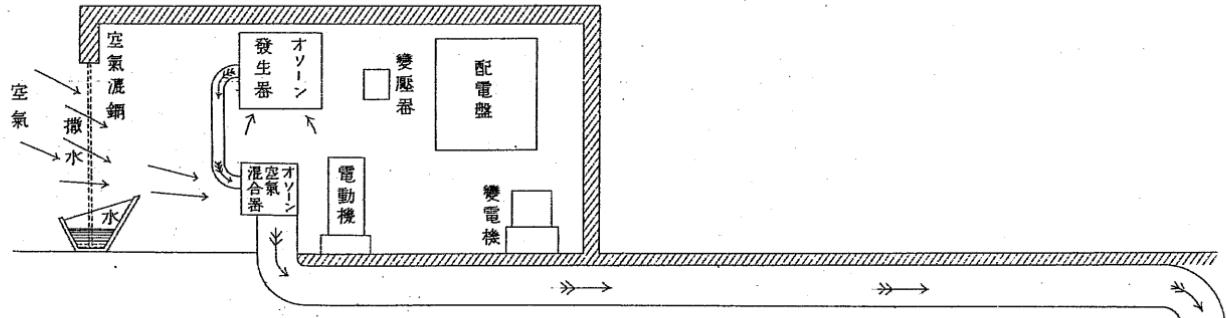
トンネル内の空氣で注意すべきものは第一酸化炭素 CO であるが其の量は CO₂ に比して比較にならない程の少量でも人

體に及ぼす害は甚だしいのである。COは不完全燃焼又はCO₂と炭素とが高熱で合するときに出来る有毒瓦斯で血のヘモグロビンと合し易いので夫が血中に充分に浸潤すると血中に酸素がはいらなくなってしまう。CO₂は比重1.520であるがCOは0.967で攝氏零度の時一立の重量が1.251リットル グラムである。

空氣中に百分0.03乃至百分0.05の含有量が人體に害のない最大限としてある百分0.10になると甚だしい頭痛を生じ四肢が麻痺するが治療で直るといふ事である百分0.20を含有すると其の空氣中に二時間も呼吸して居ると治療しても回復がむづかしいと云ふ事である。量は斯様に少量でもあり又分析も甚だ面倒があるので厄介であるが動物試験ならば出来易いと云ふ事であるCOの量はCO₂に比ぶると非常な少量でも動物に有害であるから殊に注意が必要だ。

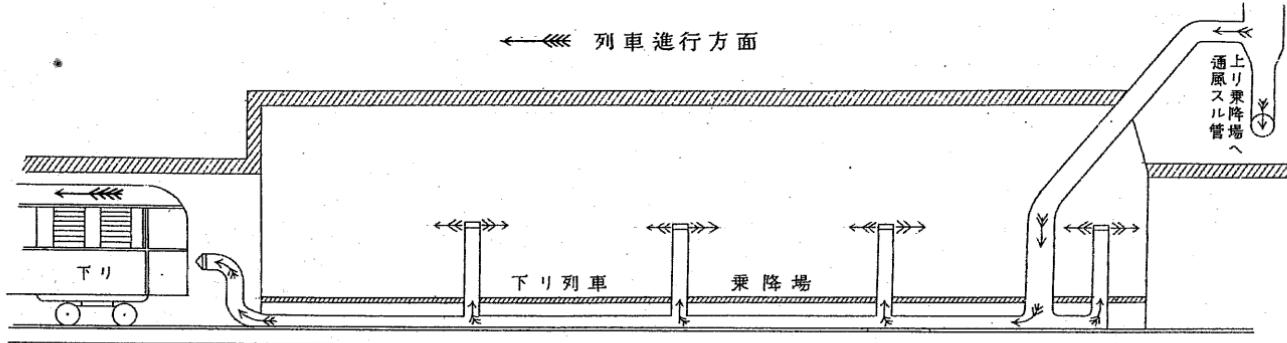
鳥類ではカナリヤ、紅雀がCOに感する事が甚だ鋭敏で人間の倒れる十分の一の含量で倒れる又鱗も鼠も感じ易いと云ふ事である外國の礦山では坑内空氣の試のためにカナリヤ鳥を飼用して居るところもある。カナリヤ鳥はCOが百分0.07で死すると書物に書いてあるが著者の試では百分0.05以上になると羽を立て、膨れて来る。活動しなくなるが百分0.07中に一時間入れて置いても百分0.1中に半時間入れて置いても死ない。鹽化バラジヤムはCOの試験に有効である著者の試では其5%液を漉紙上に一滴落して見るが一番宜しい空氣中にCOが百分の0.05あると40秒位で其周圍に薄黒環状が見えて来る三分時の後は全面が變色する。百分0.10あると15秒で環状が

第一百三圖



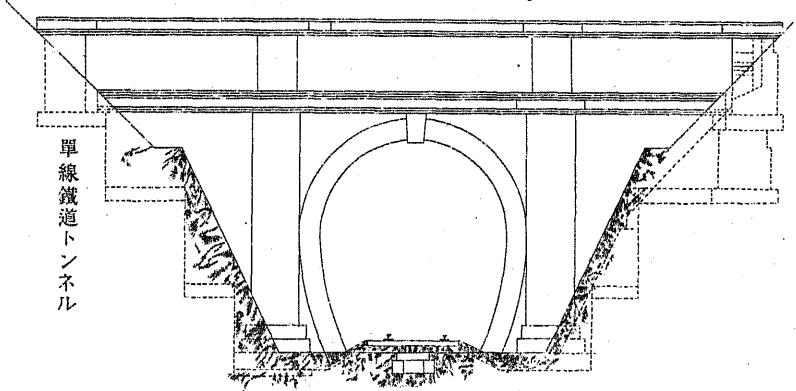
→ 空氣 → オーラン → 混合シタルモノ

← 列車進行方面

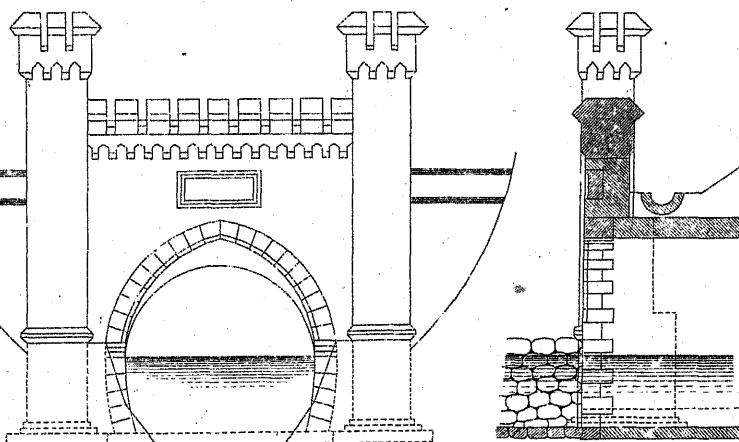


第四百圖

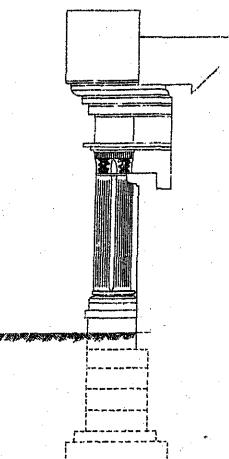
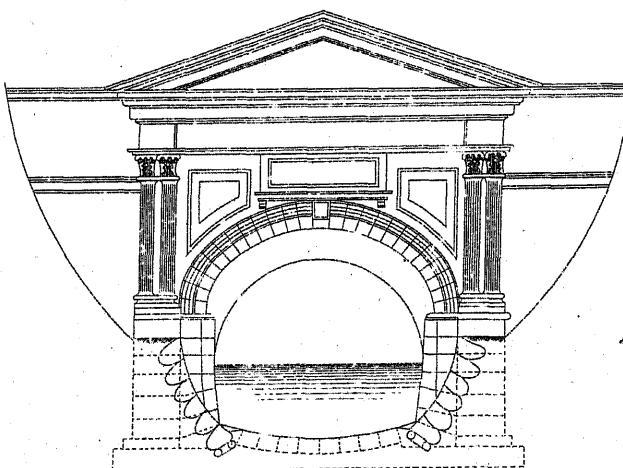
單線鐵道トンネル



琵琶湖疏水工事日岡山トンネル東口



琵琶湖疏水工事長等山トンネル東口



見える。

トンネル内で OO の出来る重なる原因は或種類の爆發薬(硝酸アンモニヤを含むものに甚だしいのがある)又は不完全な爆發によつて發生するのであるが破壊岩屑中にたまつて居るのを岩屑を起して居るとき其の濃厚なのに出會して中毒することがあるから爆發後有害瓦斯が發生したと思つたらば少しく其の飛散するのを待つて岩屑の取除をやるが宜しい。

第三節 洞 門

トンネル洞門は人のあまり見ざるところでは堅固でありさへすれば宜ろしくあまり飾はいらないが場所によつては相當に立派にしたものもある。運河トンネルで中央以下が水中に没して見えぬところで寸法の割合極めて都合の悪いところは入口少許の間トンネルの脊が高くしてあるところもある(第百四圖参照)。