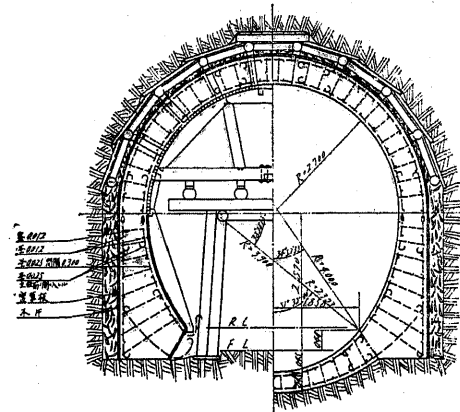


第11章 覆工

第1節 材料・土壓・覆工の厚さ

覆工の材料としては木材、石材、鐵材、煉瓦、混凝土、鐵筋混凝土、モルタル吹付工等が用ひられる。木材は永久構造物として不適當な事は勿論であるが、開通を急ぐ場合、又は最初の建設費を少なくする目的で用ひられた例はある。米國の鐵道隧道では木材のアーチ式支保工のまゝで開通させたものが少くないが、現在では皆他の永久的覆工に代へられて終つた。我が國でも道路の隧道には稀れに見る事があるが、やがては混凝土其の他の覆工に代へられるべきものである。石材及煉瓦は我が國の古い隧道には最も多く用ひられたのであるが、現在では殆んど用ひられない。鐵材は極く特殊の場合即ちシールドによつて掘鑿された隧道には用ひられるが一般には用ひられない。

鐵筋混凝土の覆工は其の施工が甚だしく困難である爲めに、水壓隧道をのぞいては殆んど用ひられない。水壓隧道では拱や側壁の外側から土壓を受けるばかりでなく、内側から水壓を受ける爲めに覆工に張力を生ずるので鐵筋を必要とするのである。又特殊な偏壓を受ける鐵道隧道で鐵筋混凝土の覆工を用ふる事が出来れば非常に好都合であるが、施工上の問題で今迄は用ひられなかつた。然し最近伊東線の宇佐美隧道の一部で第203圖の様な鐵筋混凝土の覆工を施工中であるが其の成績は未だ不明である。現今最も普通に用ひられる材料は混凝土であつて、場合によつては現場で混凝土塊を作りそれを積み上げて覆工とする事もある。

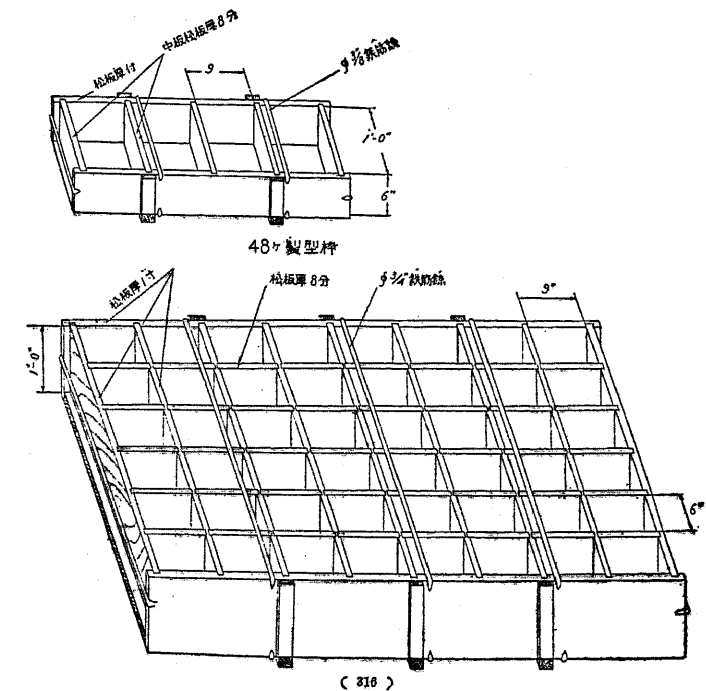


第203圖 伊東線宇佐美隧道に於ける鐵筋混凝土覆工

混凝土塊は其の大きさは 15cm × 23cm × 30cm を普通とし、隧道坑口附近に設けられた塊製作所で作るのであるが、其の方法に2種ある。

第1は第204圖に示す様な木製の型枠を用ひ、これに混凝土を入れ、幕板と接する個所をコテ様の道具でよく突いて氣泡を追ひ出した後、數日間放置して混凝土の硬化するを待つて型枠をはづし、塊置場に貯へて適當に養生を施すのである。

第204圖 混凝土塊製作型枠



清水隧道ではこの方法で約 690,000 個、即ち 6,600 立方メートルの塊を製作したが其の一個當り平均單價は 0.251 圓であつて、其の内譯は第62表の通りである。

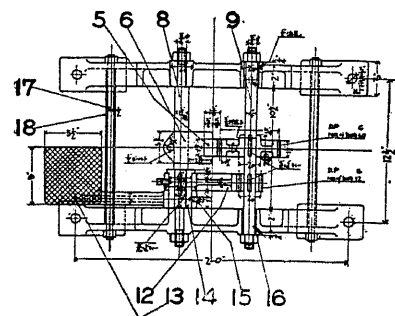
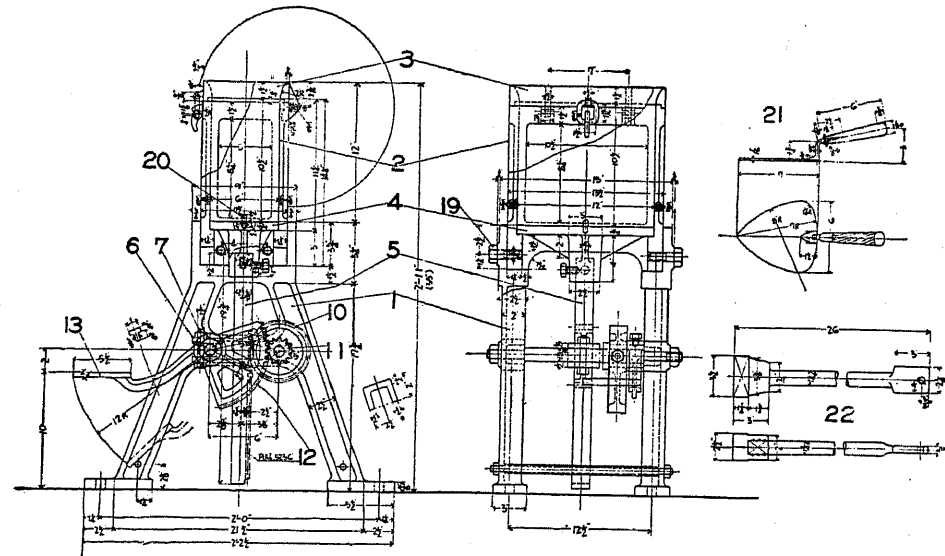
第62表

塊 1 個 當 り	單位	數	單 價	金 額
工 費	人 工	0.049	円 1.77	円 0.087
セ ン	立 米	0.019	5.00	0.095
砂	ク	0.006	4.83	0.029
砂 切	ク	0.006	1.83	0.011
込	ク	0.006	1.33	0.008
消 耗 品				0.004
材 料 費				0.010
型 枠				0.007
計				0.251

この表で見る様に清水隧道は一般に人夫賃が高かつたので總てが多少高價になつて居るので參考とする場合には現在の人夫賃に換算する必要がある。

第2の方法は第205圖の様な混凝土塊製作機を使用するのである。圖中2の鐵製の箱の底へ木板を敷き其の上へ硬練りの混凝土を入れて、コテと搗棒とで充分に搗き固め13の踏板を踏ん

第205圖 コンクリート塊製作機



参照 番號	名 稱	材 料	一 分 所 要 數	記 事
1	フ レ ー ム	中鑄鐵	2	
2	ボ ツ ク ス	〃	1	
3	同 上 蓋	〃	1	ツマミ金具付
4	底 板	〃	1	押捻子2ヶ付
5	ス ピ ン ド ル	中軟鋼	1	
6	同 上 用 ガ イ ド	〃	1	
7	同 上 ボ ー ル ト	〃	1	
8	シ ャ フ ト	〃	1	
9	同 上	〃	1	割ピン2ヶ付
10	窗 車	中鑄鐵	1	
11	同 上	〃	1	
12	扇 形 窗 車	〃	1	
13	踏 板	〃	1	
14	ブ ツ シ ャ	中軟鋼	1	
15	押 捻 子	〃	3	φノモノ2ヶφノモノ1ヶ
16	ブ ツ シ ャ	砲 金	1	
17	ステーボルト	中軟鋼	2	長 さ 16"
18	同上用パイプ内徑	瓦斯管	2	長 さ 13"
19	1 用 ボ ー ル ト	中軟鋼	4	
20	4 用 セ ン タ ー	〃	1	
21	コ テ	〃	1	
22	搗 棒	中軟鋼	1	頭部は中鑄鐵とす

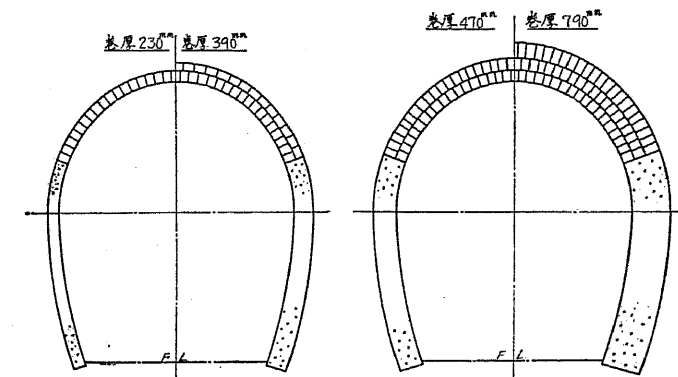
で底板4を上げれば出来上つた混凝土塊は豫め敷いてあつた木板の上につて箱の上へ押し出

される。そこで敷板と共に貯藏所へ移し、再び木の敷板を入れ、踏板をはなして次の作業にかゝるのである。搗き固めを始める前に踏板を軽く數回踏んで混凝土をゆすぶると一層よく混凝土が入る。この機械1臺1日の製作數は平均100個であつて、土讃線猪之鼻隧道の實績によると1人1日の製作個數は65個、平均人夫賃1.40圓として塊1個當り工費0.0216圓であつた。

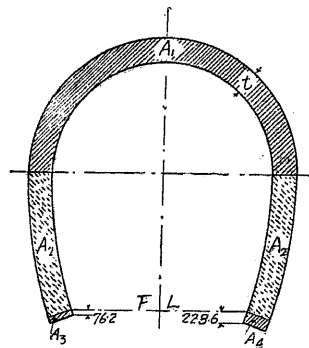
混凝土によつて覆工をなす場合に、場所詰り混凝土のみによる場合、混凝土塊による場合、拱の一部を混凝土塊とし他を場所詰りとする場合の三つの方法がある。混凝土塊を用ふる時は覆工作業終了後直ちに相當の荷重を受けても差支ないと云ふ事と、正確に設計の厚さだけの覆工を作り得ると云ふ利點はあるが、豫め混凝土塊を造る手数を要する事と、掘鑿斷面が少しでも設計斷面内に残る事をゆるす事が出来ないで、所謂當り取り、即ち掘鑿斷面の仕上げに手数を要する。従つて工費も高くなるので、出来るだけ場所詰り混凝土を用ひやうとするのが現今の傾向である。小型隧道では場所詰り混凝土を用ひても施工上の困難がないので混凝土塊を用ふる事は稀であるが、鐵道の隧道では拱の上部だけ塊を用ひ他を場所詰りで施工する場合が可成り多い。第206圖は單線の隧道で混凝土塊と場所詰り混凝土とを併用する場合の標準斷面である。大正六年頃から十二年頃までは混凝土塊萬能時代であつて、其の頃掘鑿された鐵道隧道は殆んど總て混凝土塊積である。

第206圖

場所詰り混凝土と混凝土塊積とを併用せる覆工斷面

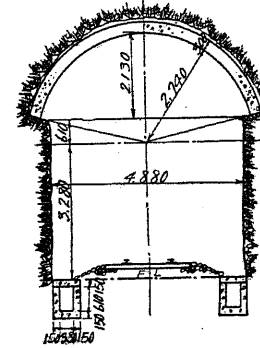


岩質が良好で掘りはなしにしても危険はないが時日の経るに従つて風化する恐ある場合に、これを防止する目的で第4節に述べるモルタル吹付工を用ふる事がある。これは混凝土覆工に比して薄いものが出来るから工費を節約する事が出来る。今單線鐵道隧道に於ける混凝土覆工の斷面積を示せば第68表の様である。



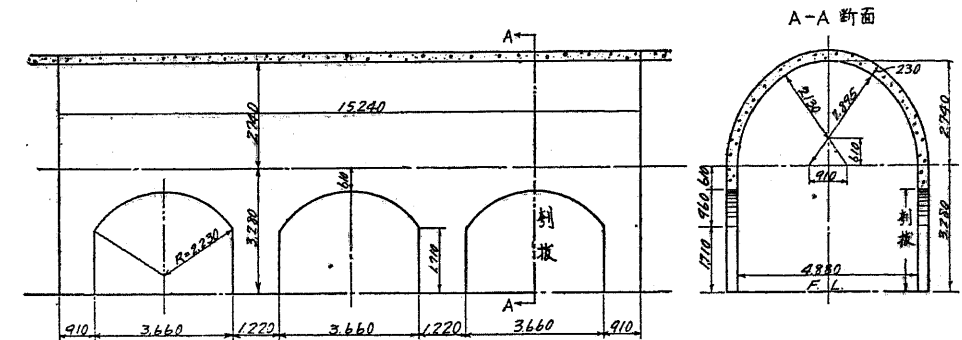
第 63 表 隧道覆工及掘壁断面積表 (平方米)

型式	覆工厚 t	0.2286	0.3048	0.3937	0.4699	0.5588	0.6350	0.6858
断面	断面	断面	断面	断面	断面	断面	断面	断面
第一號型	拱側根根	A ₁	1.87622	2.54078	3.33682	4.03890	4.88105	5.62265
		2A ₂	1.35399	1.81249	2.35193	2.81819	3.36669	3.84072
		2A ₃	0.03706	0.04961	0.06438	0.07714	0.09215	0.10513
		2A ₄	0.11148	0.14923	0.19365	0.23203	0.27719	0.31622
	内 空 断 面							
	22.64657							
	掘入 76.2 の場合	覆工總断面	3.26928	4.40288	5.75312	6.93423	8.33988	9.56849
		掘壁總断面	25.91585	27.04945	28.39969	29.58080	30.98646	32.21506
		掘壁總断面	3.34370	4.50250	5.86240	7.08913	8.52493	9.77959
		掘壁總断面	25.99027	27.14907	28.52897	29.73570	31.17150	32.42616
第二號型(直線)	拱側根根	A ₁	1.71951	2.32916	3.06348	3.71266	4.49308	5.18178
		2A ₂	1.29729	1.73735	2.25556	2.70387	3.23171	3.68828
		2A ₃	0.03737	0.05005	0.06498	0.07790	0.09310	0.10626
		2A ₄	0.11245	0.15059	0.19551	0.23437	0.28012	0.31969
	内 空 断 面							
	19.87986							
	掘入 76.2 の場合	覆工總断面	3.05418	4.06651	5.31904	6.49442	7.81790	8.97631
		掘壁總断面	22.93404	23.94637	25.19890	26.37428	27.69776	28.85617
		掘壁總断面	3.12925	4.21710	5.51454	6.65089	8.00491	9.18975
		掘壁總断面	23.00911	24.09696	25.39440	26.53075	27.88477	29.06961
第二號型(曲線)	拱側根根	A ₁	1.79133	2.42492	3.18716	3.86028	4.66864	5.38127
		2A ₂	1.32525	1.77463	2.30372	2.76136	3.30010	3.76600
		2A ₃	0.03738	0.05006	0.06499	0.07790	0.09309	0.10624
		2A ₄	0.11245	0.15058	0.19547	0.23430	0.28001	0.31954
	内 空 断 面							
	21.40976							
	掘入 76.2 の場合	覆工總断面	3.15396	4.24960	5.49088	6.69954	8.06182	9.25351
		掘壁總断面	24.56372	25.65936	26.90064	28.10930	29.47158	30.66327
	掘入 228.6 の場合	覆工總断面	3.22902	4.35012	5.68635	6.85594	8.24874	9.46681
		掘壁總断面	24.63878	25.75983	27.09611	28.26570	29.65850	30.87657

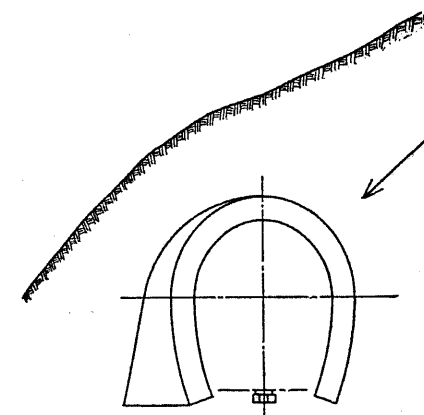
第 207 圖
清水隧道南口に於ける覆工の1例

仰拱は特に地質の悪い處をのぞいては省略するのが普通である。又地質のよい岩石隧道では側壁の一部又は全部を省略する場合もある。第 207 圖は清水隧道の一部に用ひた一例であつて、起拱線の部分に段をつけて側壁を全く省略する設計である。然し實施の結果は起拱線の部分を設計の様に掘鑿する事は非常に困難で、結局側壁を節約した程の工費を要する事が分つたので其の後は第 1 湯檜曾隧道の例にならひ側壁の一部分を省略する方法を用ひて好結果を得た。其の後近來の堅岩隧道では第 208 圖の如く總て側壁の一部を省略する事になった。側壁を

第 208-圖 第 1 湯檜曾隧道に於ける側壁削拔



第 209 圖 抱き混泥土

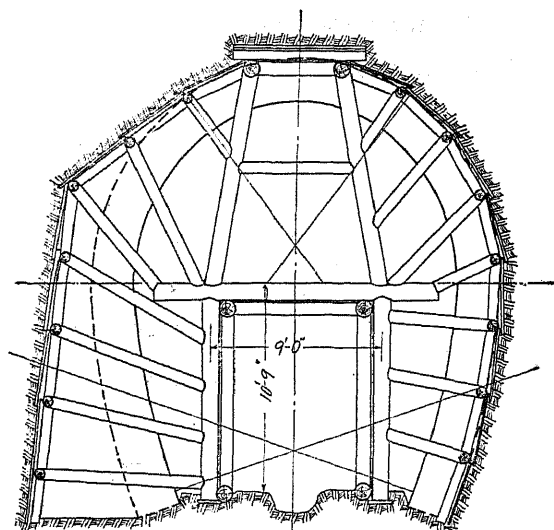


受ける隧道では“抱き”と稱する非常に厚い側壁を設けてこの側壁に對抗する必要を生ずる。主として山の腹に沿ふて掘鑿された隧道の坑口附近に起るのである。(第 209 圖第 210 圖参照)

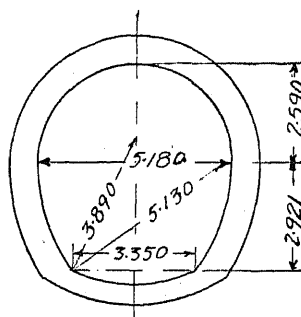
又地質が甚だしく悪く施工基面が盛り上る様な場合には仰拱を設け、且つ普通の馬蹄型の断面を変更して、より圓に近い断面を選ぶ方がよい。第 211 圖は房總線嶺岡山隧道の例で、工事中に大正十二年の地震に遭遇し崩壊した後を復舊する時に甚だしい土壓を受けた場所である。

一般に隧道の覆工の厚さを理論的に定める事は不可能な事であつて、種々の計算方法や實驗式があるが、結局極く單純な特別の場合にのみ

第 210 圖 抱き混凝土施工中の支保工



第 211 圖 嶺岡山隧道断面



用ひられるので、深い山岳隧道では
應用する事は出来ない。それで實際
は掘鑿中支保工に及ぼした土壓を支
保工の状態から推定して今迄の實
例によるの外はないのである。

特別の例として、隧道が地下の浅い所に位置して其の部分の地質が一樣の粒狀體と考へ得る
様な場合、例へば切取式で作つた隧道などの覆工厚を定める時に Bierbaumer 氏の式を用ふる
事がある。

$$W = y \cdot H \left(1 - \frac{zH}{\frac{zH + \omega}{2} + \sqrt{\left(\frac{zH - \omega}{2}\right)^2 + H \cdot t \cdot g^4}} \right) \dots (1)$$

但し W = 垂直荷重

y = 單位容積の土の重量

H = 地表よりの深さ

$g = \tan^2(45^\circ - \frac{\alpha}{2})$

$z = g^2 \tan \alpha$

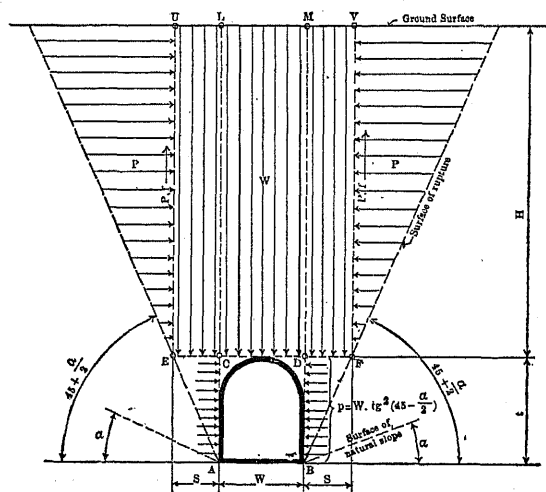
α = 土の安息角

この括弧内の値は隧道の深さと形
及び土の安息角が定まれば一定の
ものである故、之れを C とすれば (1)
式は

$$W = c \cdot y \cdot H \dots (2)$$

となる。 C を減小係數 (Reduction
coefficient) と云つて、標準軌間の單

第 212 圖



線及複線隧道に對する C の値を種々
の安息角に對して求めた圖表は第
213 圖の如くである。

α と y は地質によつて變化するの
であつて、大體の標準は第 64 表に
近いものである。

第 64 表

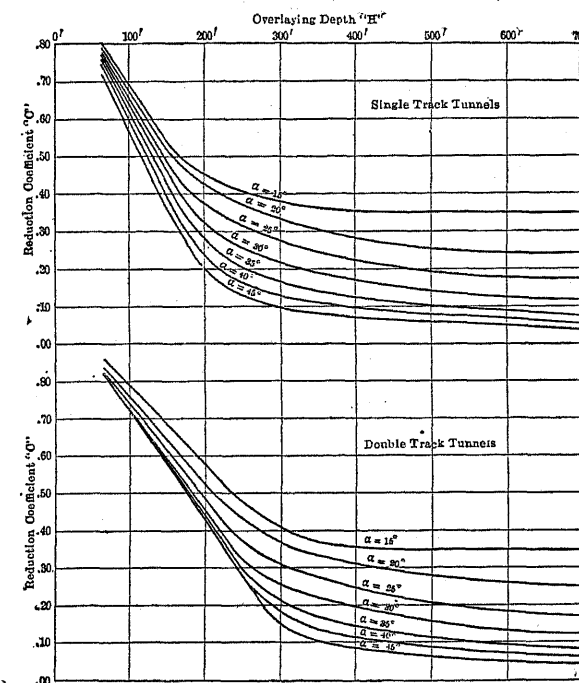
	重量 lb/ft ³	安息角 α
乾燥せる砂	98~103	30~35
濕つた砂	113	40
水で飽和された砂	128	25
乾燥した土	87	35~40
濕つた土	100	45
水で飽和された土	113	27
乾燥した粘土	100	40~50
濕つた粘土	128	20~25
乾燥した砂利交り砂	113~115	35~40
濕つた砂利交り砂	116	25
角砂	113	45
砂	113	30

深い隧道に及ぼす土壓はその隧道
の上部にある拋物線内の土の重量に

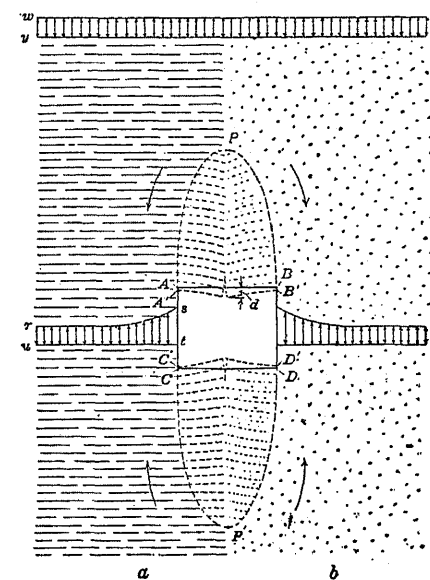
よるものと考へられる。第 214 圖に於て ABC
D を隧道の断面として $w y x z$ を隧道上の土の
重量とする。第 1 に地質が硬くて良好な場合を
考へると、隧道の天端に受ける壓力は A—C、
B—D の側壁部を通つて施工基面に傳はる。こ
の際側壁部分が十分にこの壓力に耐える時は天
端から來る荷重に對する應力は側壁部で最大で
側壁を離れるに従つて減小し、終に $w y$ と等
しくなる。即ち其の應力の分布は $stru$ で現
はされる。

隧道を掘鑿した爲めに天端に幾分の沈下を起
し A 點は A' 點に、B 點は B' 點に移動して中央部
で d だけ沈下したとすると、其の上部も次第に
其の影響を受けて、隧道天端の沈下によつて生

第 213 圖



第 214 圖



じた空隙はいつかは埋められて終ふ。

この沈下の影響を受ける範囲は一つの拋物線内に限られると考へるので、隧道の覆工はその拋物線 $A'PB'$ だけの土の重量を受ける事になる。

第2に地質が前の場合より悪く、側壁の部分も變形を起す場合には、天端が沈下すると同じく側壁も内方へ押し出されて、影響範囲が前の場合よりも増大する。そして側壁部の應力の分布は第215圖の $stvrn$ で示される。

第1の場合の如く地質のよい隧道では、覆工に來る土壓は第216圖の AEC であつて、第2の場合の如く側壁部の變形する場合には拱は

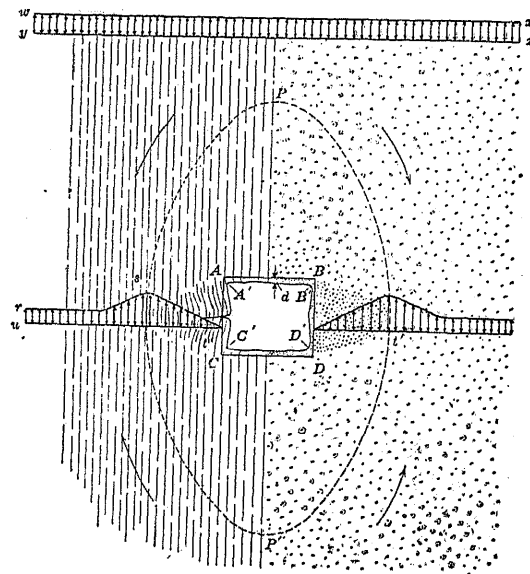
第217圖の $A'-C-D$ B' の土壓を受けるものと考へる。隧道の通過する個所の土の安息角を α として、第217圖の如く、側壁の底隅から水平線と α の角をな

す線を引き、隧道の頂點を過ぎる水平線と Q 點で交はらせる。 $A'Q$ の2分點を R とすれば、 RT は崩壊線と考へて差支ない。それで側壁 $A'T$ は $T-R-C-A'$ による土壓を受ける事になる。

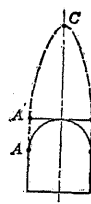
次ぎに隧道の左右で地質が異なるか、又は地層の傾斜によつて兩側の土壓が對稱でない場合がある。第218圖は隧道の右側の側壁にのみ壓力を受ける場合で、拱は $A'CB'$ の重量による壓力を受け、側壁は $U-R-C-B'$ の重量による壓力を受けるものと考へる。Kommerrill 氏はこの拋物線の高さを定めるのに次の様な方法を述べて居る。第214圖及び第215圖に於ける d を隧道天端の沈下とし、 H を隧道頂點から拋物線の頂點までの高さとする、

$$H = \frac{100 \cdot d}{C}$$

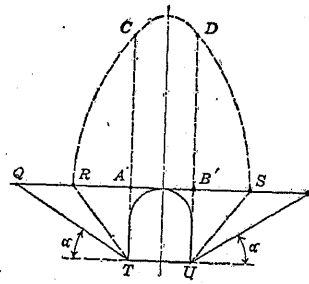
第 215 圖



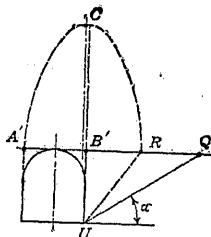
第 216 圖



第 217 圖



第 218 圖



こゝで C は地質によつて變化する係數であつて次の様な値を有して居る。

乾燥せる細砂	1.0
砂、砂利	1.5
土	2~4
泥質岩	4~5
土丹	6~7
硬き岩	8~15

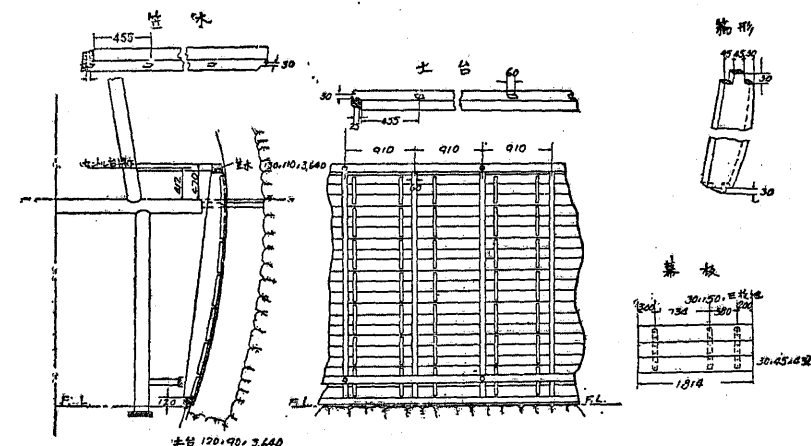
以上の様な理論で隧道に影響する範囲が定まるものとすれば、これによつて壓力線を求め理論的に覆工の厚さを定める事が出来るのであるが、實際は之等の理論に據り得る程單純な場合は殆んどない。

鐵道の單線隧道で混凝土覆工を施す場合、其の厚さの大體の標準は次の如きものである。

支保工を要せざる個所	混凝土の厚さ(釐)	23
合掌式支保工を要する個所	"	30
枝梁式支保工を要する個所	"	30~45
後光梁式支保工を要する個所	"	60~75

普通的地質の所では、これ以上厚く巻く必要ある個所は少ないのであるが、特に重壓又は偏壓を受ける個所では特別の断面を用ひ、特別の施工法を必要とするのである。これは重壓隧道の掘鑿法の所で述べる事にする。

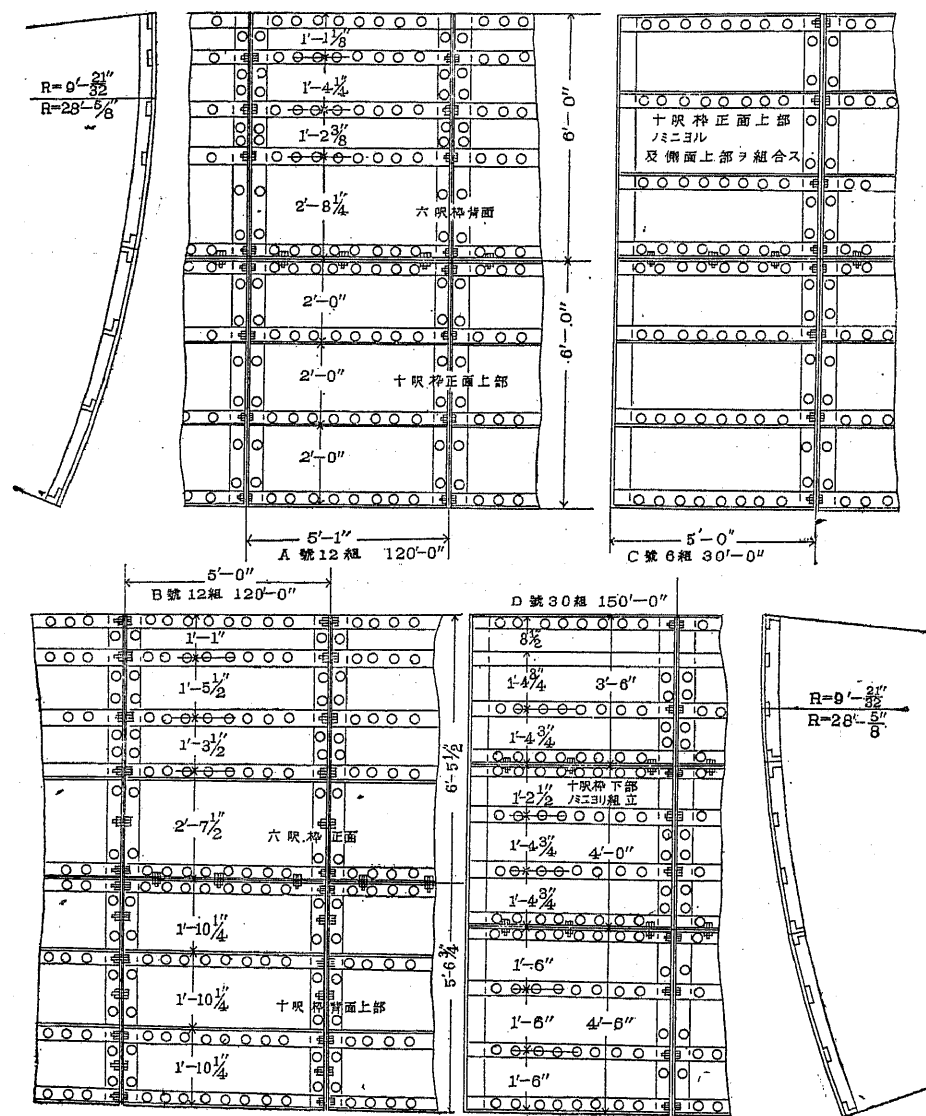
第 219 圖 木製側壁用型枠



第 2 節 側 壁

混凝土塊、石材等を用ひて側壁を積み上げる場合には、覆工の内面に相當する位置に 10 米に 1 個位の割に遺形を建て、之に目地割を記して水糸を張りつゝ積み上げる。目地の厚さは 1

第 220 圖 鐵 製 側 壁 用 型 杵



第 221 圖 鐵製側壁用型棒



輝を普通とし 1 : 3 のモルタルを用ふる。

場所詰混凝土を用ふる場合には木製又は鐵製の型枠を用ひる。第 219 圖は前者の例で大部分の隧道は此式によつて居る。第 220 圖及第 222 圖は後者の例で石北隧道に用ひられたものである。木製型枠により施工する場合は幕板を支へる爲めに第 219 圖に示す様な櫛型を用ひ、基面上所定の位置に設けた土臺の上に 0.9 米に 1 本位の割でこの櫛型を建て込み、その上部を笠木で押へる。

土臺、櫛型、笠木は互に柄で組み立てる事にして、組立て取はづしに都合よくしてある。

混凝土を打ち始める時は楕型の外側に幕板を入れながら混凝土作業をして、混凝土が上るに従つて幕板を追加して行く。幕板が 1.5 米以上

に上ると施工基面からショベル等で刎ね上げる事が困難になるので、それ以上は大引の上部から落とし込みにする場合が多い。

混凝土を大引より上に揚げるには、中段に足場を設けて一旦こゝに刎ね上げ、次にこゝから上段へ刎ね上げるか、電気又は壓搾空氣のホイストを用ひて捲き揚げるのである。又第5節に述べる覆工作業用吊足場を用ひて混凝土運搬線を高い所に設ければ便利である。人力を以て二段に混凝土を刎ね上げる方法は礪出し作業等の支障となる事が多いので、極く短い隧道でしか用ひられない。

上越線第1乃至第4湯檜曾隧道に於ては、坑外に常備したるミキサー（10馬力4立方呎）により練合はしたるコンクリートを、疊築専用線により電気機関車にて吊足場昇降口に運搬し、小型鍋トロ（軌間1呎6吋容量5立方呎）に移し、ホイストにて吊足場上に吊上げ、人力を以て作業現場に搬入、同所に設けたる混凝土溜槽に移し、搔落し施工したるもので、之に要したる歩掛は第65表の通りである。

覆工厚さ 47cm 混凝土容積 28.6m³ 但し總係費、治療費、照明費、機械費、動力費等間接費は含まず。

$$\text{一立方米當り} \frac{1,039.650 + 3,070.310}{248.6 \text{ 立米}} = \frac{4,110.000}{248.6} = 16.532$$

第 67 表 下久野隧道側壁混凝土歩掛表

但し吊足場に依る場合

場所 自 14K,077M.00—至 14K,215M.00 間 延長 138M

時期 昭和 5 年自 7 月 8 日至 8 月 8 日 作業日数 26 日

覆工厚さ 23 cm 混凝土容積 243立米

但し総係費、治療費、照明費、機械費、動力費、等間接費は計上せず。

工		費		一立米當り	
種	類	職 名	人 員	賃 金	金 額
作業監督者	建築工手	人	15.5	2,300	35,650
吊足場架設撤去	上並人	夫	10.0	1,680	16,800
	大上並人	夫	5.0	1,250	6,250
型枠組立	大上並人	夫	12.4	2,060	25,544
	大上並人	夫	53.2	1,680	89,376
	大上並人	夫	10.6	1,250	13,250
型枠撤去	大上並人	夫	0	0	0
	大上並人	夫	25.1	1,580	42,168
	大上並人	夫	13.2	1,250	16,500
混凝土運搬	上並人	夫	78.3	1,680	131,544
	上並人	夫	148.2	1,250	185,250
詰込	上並人	夫	44.7	1,680	75,096
	上並人	夫	9.1	1,250	11,375
	上並女	夫	80.2	900	72,180
尻鉄	上人	夫	52.1	1,680	87,528
混凝土混合	上並人	夫	101.0	1,660	169,680
	上並女	夫	53.8	1,250	67,250
	上並女	夫	51.3	900	46,170
合 計					1,091,611

材		料		費		一立米當り	
品 名	品質形状及寸法	稱 呼	数 量	單 價	金 額	金	額
セメン ト	樽入 170kg 入	樽袋	277	4,300	1,191,100	7.045	
セメン ト	袋入 50kg 入	樽袋	412	1,264	520,768	1.383	
砂		立米	240	1,400	336,000	1.743	
砂		立米	144	2,942	423,648	570	
砂	75 × 5,000	本	13	1,050	13,650	092	
砂	90 × 5,000	本	119	1,050	124,950	032	
砂	12 × 21 × 1,800	平	7.7	1,000	7,700	096	
砂	18 × 21 × 1,800	平	9	1,800	14,615		
地金	中軟鋼丸 12mm	kg	180	087	15,660		
外に消耗品類			64	120	7,680		
合 計					23,300		
合 計					2,679,071	11,025	

木材の寸法は耗とす

$$\text{一立米當り} = \frac{1,091,611 + 2,679,071}{243 \text{立米}} = 15,517$$

第 68 表 下久野隧道側壁混凝土塊積歩掛表

場所 自 14K,440M.00—至 14K,460M.00間 延長 20M

時期 昭和 5 年 11 月 4 日—12 月 20 日—作業日数 17 日

覆工厚さ 71 cm 混凝土容積 116立米

但し総係費、治療費、照明費、機械費、動力費等の間接費は含まず

備考 當區間は落合方坑口にして地質は真砂で地表薄く相當の重壓を受けて居つた。

工		費		一立米當り	
種	類	職 名	人 員	賃 金	金 額
作業監督者	建築工手	人	14.0	2,300	32,200
支保工撤去	斧坑上人	夫	7.8	2,490	19,422
	夫	夫	3.0	1,850	5,550
	夫	夫	2.0	1,690	3,380
材料運搬	上並人	夫	44.2	16,90	74,698
	上並人	夫	27.2	12,50	34,000
塊積方	壘上並女	工	51.3	2,220	113,886
	壘上並女	夫	32.5	1,690	54,925
	壘上並女	夫	15.3	1,250	19,125
	壘上並女	夫	11.4	860	9,804
化粧目地	壘上並女	工	12.0	2,220	26,640
モルタル混合	上並女	夫	74.6	1,690	126,074
	上並女	夫	59.6	1,250	74,500
	上並女	夫	23.3	860	20,038
合 計					614,242

材		料		費		一立米當り	
品 名	品質形状及寸法	稱 呼	数 量	單 價	金 額	金	額
混凝土塊	普袋入 50 kg	個袋	8,970	.154	1,381.380	11.908	
砂		立米	231	1,269	291,984	2.517	
砂		立米	17	2,942	50,014	.431	
砂	18 × 210 × 1,800	平米	15	1,450	21,750	.197	
砂		kg	10	.110	1,100	.070	
合 計					1,754,228	15,123	

$$\text{一立米當り} = \frac{614,242 + 1,754,228}{116 \text{立米}} = 20,419$$

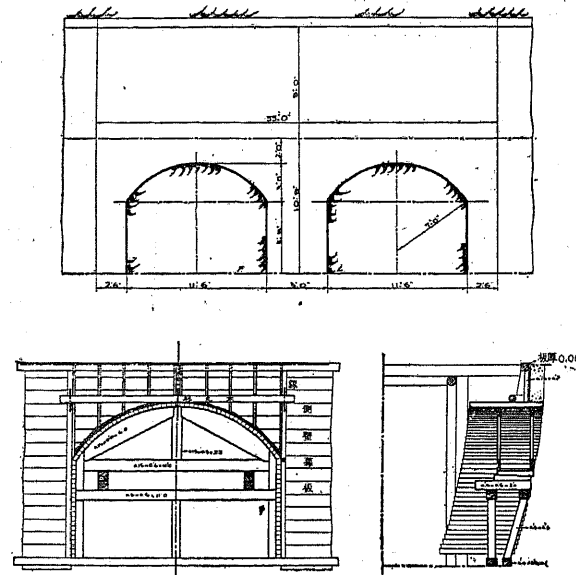
場所諸混凝土、吊足場なき場合 一立方メートル付 16,532圓

吊足場に依る場合 15,517圓

混凝土塊積 20,419圓

堅岩隧道の側壁混凝土施工に際して、混凝土の容積を減ずる爲め側壁の一部を刳抜く場合には第222圖の如き型枠を用ふる。この方法によつて側壁混凝土は40%乃至50%節約されるのである。

第222圖 側壁混凝土刳抜



に空間を残し、覆工完成後自然に地盤が膨れて拱頂から次第にこの空隙を満し、荷重のかゝる様に施工する必要がある。この注意を怠る時は拱の完成しない中に側壁の部分が前方に押し出され、又は完成後起拱線の附近を両側から壓縮され拱頂を破壊される。

第3節 穹 拱

穹拱の覆工をなすには作業終了して材料がアーチとして働く様になるまで一時これを支へる爲めに拱架を必要とする。

第223圖は従來我が國で用ひられた木製の拱架で臺梁、橢型、方束を丁形金物、短冊金物及び締付ボルトを以て組み立てたものである。

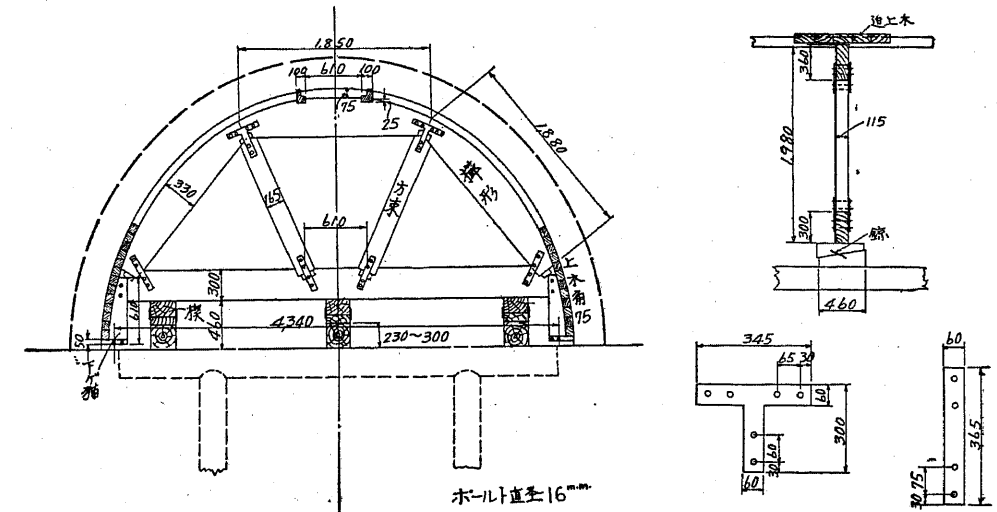
支保工のある場合は大引の上に隧道軸の方向に均し桁を敷いて、其の上に高さの加減をする爲めの楔を置き其の上に拱架の臺梁をのせる。この場合均し桁の位置は覆工作業中の沈下を見越して設計の高さより幾分高く据えるのであつて、これを上げ越しと云つて居る。上げ越しの

普通の場合幕板と天然地盤の間は全部混凝土で充填するを原則とするけれど、餘掘りが多い場合には地山に接して栗石を積み重ね、設計の厚さだけの混凝土を施す場合もある。又石材や混凝土塊等の塊材を用ふる場合は塊と地山との間を礫で充分に填充する必要がある。これを裏込めと稱す。

但し特別な地質の箇所(第13章に述べる膨脹性の地質)では覆工作業の中途又は完成直後、局部的に重壓を受けて變形する事を防ぐ爲め特に混凝土と自然地盤との間

量は地質により異なるのであるが3種乃至5種を普通とする。均し桁は20種位の松角材を用ひ、長手の接合は合峽きとして鋸を以て止める。又楔は長さ45種位の楔形2個を一組とし、荷重

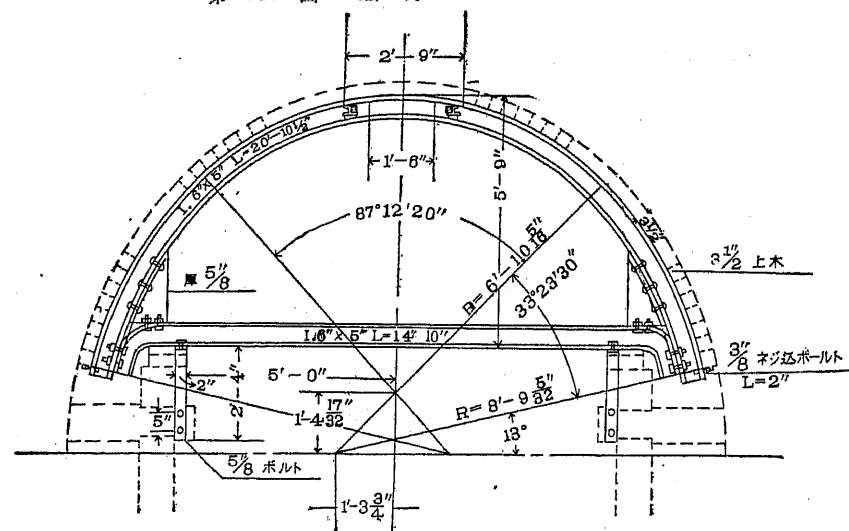
第223圖 木製セントル



第69表 木製セントル製作費(間隔1.3として1間に付)

名	稱	寸 法(耗)	1個に付體積 又は重量	數 量	單 價	金 額	但し尺ノ 一本に付	金 額
臺	梁	松 4,340×300×115	0.150	1	4.00	4.00	〃	9.00
櫛	型	〃 1,850×370×115	0.079	1	1.90	1.90	〃	8.00
〃	〃	〃 1,880×330×115	0.071	2	1.70	3.40	〃	〃
方	束	〃 1,520×165×115	0.029	2	70	1.40	〃	〃
骨	梁	〃 1,300×125×100	0.016	2	30	68	〃	7.00
流	桁	〃 4,000×200×200	0.160	0.65	4.30	2.80	〃	9.00
楔	〃	〃 460×250×130	0.015	4	32	1.28	〃	7.00
上	木	〃 1,300×75×75	0.007	90	15	13.50	〃	〃
迫	上	〃 700×110×260	0.020	5	42	2.10	〃	〃
下	木	〃 610×200×30	0.004	4	08	32	〃	〃
〃	〃	〃 300×60×30	0.001	4	02	08	〃	〃
金	具	T形金物 厚 6	2.0kg	4	32	1.28	〃	〃
〃	〃	短冊金物 〃	1.2〃	8	19	1.52	〃	〃
ボ	ル	鐵 φ 16 長 160	0.6〃	28	11	3.08	〃	〃
材	料	計				37.36	〃	〃
製	作	大 工		7	2.00	14.00	〃	〃
費	計					51.36	〃	〃

第 224 圖 鐵製セントル



第 225 圖 鐵製セントル



の爲めに移動しない様 釘を用ひて之れを防ぐ。

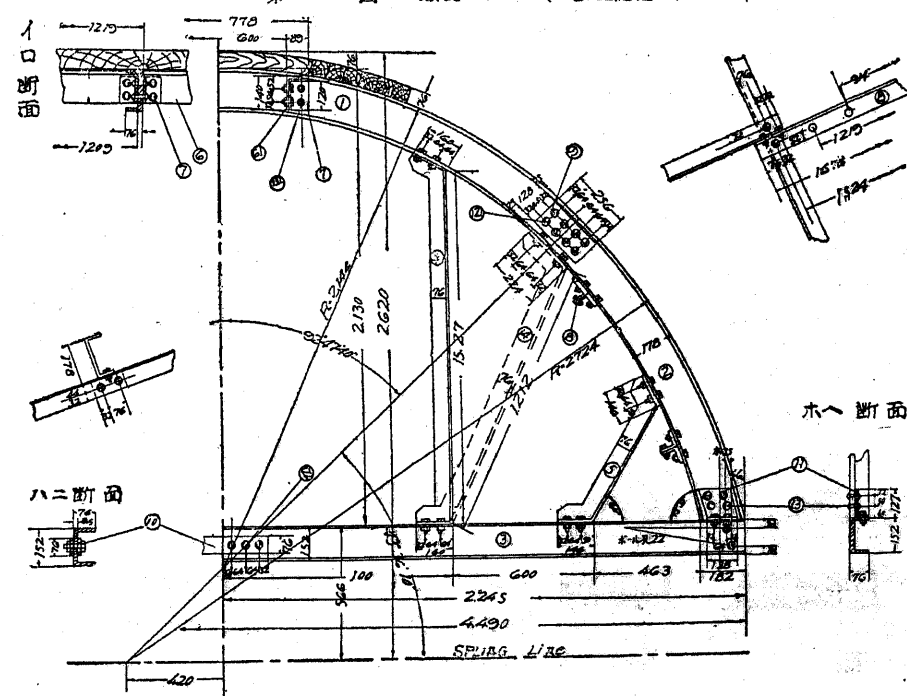
臺梁の兩端には下げ猫と稱する木片を取りつけて上木を支へる役目をさせる。この木製拱架一臺を製作するに要する材料及び工費は凡そ第 69 表の如くである。近來は木製拱架の代りに鐵製の拱架が多く用ひられる。これは力も強く且つ 部材が細い爲めに、作業する爲めの空間が廣くそれ

るので便利であるから次第に其の數を増す傾向である。第 224 圖及 225 圖は石北隧道に用ひた鐵製拱架の例である。

又第 226 圖は下久野及び宮の兩隧道に用ひられたものでこれに要する材料は第 70 表の如く、其の價は 1 臺上木を除き 90 圓前後である。

側壁の疊築を終り、ある一區間の拱架を全部組み立てたら其の始終點で隧道軸の方向に倒潰するのを防ぐ爲めに完全不遺を施す。次に起拱線の個所即ち下げ猫の部分から上木を据えつゝ混凝土を打つて行く。塊材を用ふる場合もこの上木の上へ積み立てゝ行くのである。混凝土打

第 226 圖 鐵製セントル (一號型隧道用)



第 70 表 鐵製セントル 材料表

第226圖 參照	寸 法 (mm)	材 料	一臺分 所要數	一個の 重 量 (kg)	一組分 總重量 (kg)	所 總數量	60組分の 總重量 (kg)
1	[173×76長さ	中軟鋼	1	90,671	90,671	60	5,440,260
2	" "	"	2	39,407	78,814	120	4,728,840
3	[152×76 "	"	2	54,412	108,824	120	6,529,440
4	[76×76×75 "	"	2	19,713	39,426	120	2,365,560
5	" "	"	2	9,280	18,460	120	1,113,600
* 6.1	[140×89×9.5 "	"	2	24,784	49,568	120	2,974,080
* 6.2	" "	"	2	19,792	39,584	60	1,187,520
* 6.3	" "	"	2	14,798	29,596	60	887,680
7	[76×76×9.5 "	"	4	1,282	5,128	240	307,680
8	" "	"	4	17,971	71,884	240	4,267,200
9	鉄厚 9.5巾128 "	"	4	2,431	9,724	240	583,440
10	" 76 "	"	2	2,189	4,378	120	262,680
11	" 128 "	"	2	1,927	3,854	120	231,240
12.1	ボルト φ16首下45	"	66	0,200	13,200	5,940	1,188,000
12.2	" 60	"	6	0,240	1,440	540	129,600
13.1	リベット φ16長サ	"	8	0,120	0,960	480	57,600
13.2	" 60	"	4	0,140	0,560	240	33,600
* 14	[76×76×9.5 "	"	2	16,428	32,856	60	985,680
	合 計 重 量				599,036		33,273,900

* 1/30組分

この作業又は塊積みの作業は必ず左右対称に進める事が肝要で、片側のみ進めると拱架が偏壓を受ける事になる。又覆工の背後に空間を残さない様に充分に裏込めを施し土圧が覆工に一樣

第227圖 石北隧道の上げ迫め



にかゝる様にする必要がある。作業が進行して両側共所謂迫めの部分を残すのみとなつたら、それから先きは上木の代りに迫め上木（又は迫め猫と稱す）を用ひ、坑口に近い方から混凝土を打ち又は塊積みを施し、迫めの部分を完成し、次第に後退しつゝ作業を続ける。かようにして両坑口から作業を進めて最後の迫めをする時は後退する餘地がないので下方より混凝土又は塊材を持ち上げて全體の覆工を終るのである、この作業を上げ迫めと云ふ。第227圖は石北線石北隧道に於て最後の一個の混凝土塊を挿入して居る處である。

支保工の必要な隧道では覆工作業の進行と共に支保工を順次盛り替えながら取りはずして行く。この作業を木外しと稱するのであるが隧道の崩壊事故が

折々この際に起るので充分の注意を要する。又重壓を受ける隧道では木外し作業が危険である爲め檐、轉、桁等覆工作業に支障のない部材は埋め殺しにする事もある。

土壓の爲めに支保工が沈下又は變形して、覆工に際して所定の位置に豫定の厚さの覆工を施す事が出来なくなつた時、斷面を擴げる必要の起る場合がある。この場合には現在の支保工の外側に矢板を打ち込んで新しい縫地を作り、其の部分の支保工をやりなほすのである。この作業を縫返しと云ふ。この様な壓力を受ける隧道では掘鑿後出来るだけ早く覆工にかゝる事が肝要で、支保工を施したまゝ永く放置する事は山をゆるめて作業を益々困難ならしめるのである。

上越線第1, 2, 3, 4湯檜曾隧道に於ける拱環混凝土工事歩掛及費額を第71表に掲げる。施工順序は第5節に述べる吊足場を用ひ前節側壁混凝土に於て述べたものと同様である。

第71表

第1. 2. 3. 4 湯檜曾隧道拱環混凝土調

隨 道 名	調 查 年 月		延 長				疊 築 體 積	
	着 手	竣 功	調 區 查 間 延 長	卷 厚 內 譯				
				cm 15	cm 23	cm 30		cm 46
第一湯檜曾	年 月 大正 15—11	年 月 昭和 5—2	米 1,753	米 392	米 925	米 277	米 159	立米 3,820
第二湯檜曾	昭和 2—8	5—3	422			338	84	1,221
第三湯檜曾	2—1	5—3	947		795	19	133	2,121
第四湯檜曾	大正 15—7	4—7	1,075		765	50	260	2,547

	人										員	
	設備		コンクリート		コンクリート		跡片付		雑役		合計	
	人員	立米當	人員	立米當	人員	立米當	人員	立米當	人員	立米當	人員	立米當
第一湯檜曾	528	0.14	3,205	0.84	14,949	3.91	1,942	0.51	2,596	0.68	23,214	6.08
第二湯檜曾	109	0.09	872	0.71	4,052	3.32	453	0.37	1,289	1.06	6,865	5.62
第三湯檜曾	291	0.14	1,469	0.69	6,350	2.99	1,003	0.47	1,811	0.85	10,924	5.15
第四湯檜曾	647	0.25	2,168	0.85	6,997	2.75	1,509	0.59	3,329	1.31	14,678	5.76

	金										額	
	人夫賃		砂利及砂代		材料費		電力費		使用ブロック		合計	
	金額	立米當	金額	立米當	金額	立米當	金額	立米當	使用數	金額	金額	立米當
第一湯檜曾	41,451	10.85	15,135	3.96	44,303	11.60	464	0.12	78,521	16,670	118,023	30.90
第二湯檜曾	11,844	9.70	3,423	2.80	10,929	8.95			26,319	4,602	30,797	25.22
第三湯檜曾	20,528	9.68	11,013	5.19	18,954	8.94	272	0.13	37,861	8,071	58,837	27.74
第四湯檜曾	27,153	10.66	4,476	1.76	23,448	9.21	629	0.25	55,651	7,640	63,345	24.87

下久野隧道では吊足場及び鐵製セントルを用ひて施工したのであつて塊混凝土と場所詰め混凝土の場合との成績を示せば第72表及び第73表の様である。

第72表 下久野隧道拱混凝土塊積歩掛表

但し吊足場に依る場合

場所 自 14K352M00—至 14K454M00間 延長 102M

時期 昭和5年11月—自2日至30日—作業日数 24日

覆工厚さ 47cm=78m 64cm=10m 71cm=14m

混凝土容積 385.9立方米

但間接費一切を含まず

備考 當區間は落合方坑口で地質は含水性真砂で地表薄く相當に重壓を受けた處である。

工		費		一立米當り	
種	類	職 名	人 員	賃 金	金 額
作業監督者	撤去	建築工手	18.5	2.30	42.550
吊足場架設	撤去	人	3.0	1.69	5.070
支保工	撤去	人	3.0	1.25	3.750
セントル組立	上並	人	44.0	2.49	109.560
セントル撤去	上並	人	12.2	1.69	20.618
セントル撤去	上並	人	57.3	1.69	96.837
材料運搬	上並	人	38.0	1.25	47.500
塊積方	上並	人	71.3	1.69	120.497
	上並	人	45.1	1.25	56.375
	上並	人	150.3	1.69	254.007
	上並	人	129.2	1.25	161.500
	上並	人	84.1	2.22	186.702
	上並	人	60.1	1.66	101.569
	上並	人	43.2	1.25	54.000
	上並	人	86.5	.86	74.390
化粧目地	上並	人	14.0	2.22	31.080
モルタル混合	上並	人	5.0	1.69	8.450
	上並	人	97.3	1.69	164.437
	上並	人	68.6	1.25	85.750
	上並	人	61.7	.86	53.062
合 計					1,677.704
					4.347

材		料		費		一立米當り	
品 名	品質形状	稱 呼	數 量	單 價	金 額	金 額	金 額
混凝土塊	並大樽 170kg入	型	28,555	.154	4,397.470	11.395	
砂	大袋入 40kg入	個	17	4.300	73.100	2.076	
砂地金雜種	中軟鋼丸 15mm	立米	576	1.264	728.064	.675	
釘	1.2mm 18 #	kg.	88.5	2.942	260.367	.011	
銷		kg.	12	.110	1.320		
セ		kg.	22	.120	2.640		
ン		kg.	1	.210	.210		
ト					19.000	.049	
ル					478.516	1.240	
合 計					5,960.687	15.446	

$$\text{一立米當り} = \frac{1,677.074 + 5,910.687}{385.9} = 19.793$$

第73表 下久野隧道拱場所詰混凝土歩掛表

但し吊足場に依る場合

場所 自 14K070M00—至 14K207M00間 延長 137M

時期 昭和5年—自7月13日—至8月10日 作業日数 23日

覆工厚さ 23cm

混凝土容積 179.5立方米

但し間接費一切を含まず

工		費		一立米當り	
種	類	職 名	人 員	賃 金	金 額
作業監督者	撤去	建築工手	14.0	2.30	32.200
吊足場架設	撤去	人	11.8	1.68	19.824
セントル組立	上並	人	5.3	1.25	6.625
セントル撤去	上並	人	59.6	1.68	100.128
セントル撤去	上並	人	1.4	1.25	1.750
混凝土運搬	上並	人	17.0	1.68	28.560
混凝土詰込	上並	人	12.1	1.25	15.125
	上並	人	53.8	1.68	90.384
	上並	人	96.6	1.25	120.750
	上並	人	85.1	2.15	182.965
	上並	人	45.3	1.68	76.104
	上並	人	18.8	1.25	23.500
	上並	人	113.2	.90	101.880
	上並	人	87.7	1.68	147.336
	上並	人	27.9	1.25	34.875
	上並	人	44.2	.90	39.780
合 計					1,021.786
					5.692

材		料		費		一立米當り	
品 名	品質形状及寸法	稱 呼	數 量	單 價	金 額	金 額	金 額
セメント	大樽 170kg入	樽袋	130	4.300	559.000	7.248	
砂	大袋入 40kg入	立米	587	1.264	741.968	1.404	
砂			180	1.400	252.000	1.639	
砂			100	2.942	294.200	.351	
砂	丸 太 9cm×5m	本	60	1.050	63.000	.004	
鋼	丸 12mm×20cm	挺	20	.040	.800	.022	
鋼	丸 16mm×5cm	挺	100	.040	4.000	.028	
構造用鋼	25mm	kg	25	.200	5.000	1.240	
セ	鐵製單線式				222.580	.154	
ン					27.600		
ト							
ル							
合 計					2,170.148	12.090	

$$\text{一立米當り} = \frac{1,021.786 + 2,170.148}{179.5} = 17.782$$

第4節 モルタル吹付工

地質の非常によい所では單に岩石の風化を防ぐ目的でモルタル吹付工を施す事がある。この工法に適当な地質は

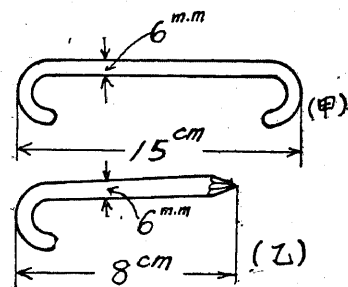
1. 土壓なく掘放しにしても何等危険なき事。
2. 湧水なき事
3. ほど設計断面の通りに掘鑿し得る地質なる事。即ち掘鑿仕上面に甚だしき凹凸の出来ない事。

等の條件に適ふものである。

國有鐵道安房線で申濱、西ヶ谷、興津の三隧道に施工した實例について述べよう。これ等の隧道は極く良質の頁岩及び砂岩で、全断面を掘り放しにしても何等の危険なく、而も其の掘鑿面は鶴嘴で凹凸なく仕上げる事が出来且つ湧水もなかつたので、この工法を用ふるには理想的のものであつた。施工の順序は、先づ掘鑿された面の浮石を完全に落して、其の面に鐵ボルト及び鐵釘を以て鐵網を張りつけ、其の上からセメントガンでモルタルを吹き付けるのである。製網用の材料は川崎式クリンプ 16 番線で、網目を 65 耗と定め、現場の附近で編んだのである。

掘鑿面には第 228 圖に示す様なボルトを埋め込んで 1:3 のモルタルでこれを定着して、

第 228 圖



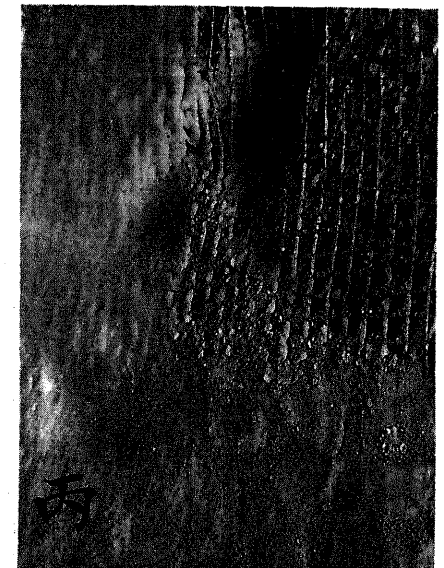
これに鐵網を懸け、20 番の亞鉛引鐵線で縛つた。圖中(甲)は主として穹拱部に、(乙)は側壁部に用ひ、2.5 平方米毎に 1 本の割で植え込む。なほ岩の面と鐵網とがよく馴染む爲に、5 厘内外の鐵釘を岩の中に打ち込んで網を留めたのである。鐵網を張り終つたらセメントガンを用ひて 1:3 のモルタルを吹き付ける。設計の厚さは 5 厘と豫定したが、作業中實際の厚さを知る事は困難で、鐵網の完全にかくれる程度を以て仕上げの厚さとした。

然し施工終了後計算の結果實際の出来上り厚さは平均 4.5 厘と推定され、設計と大差ない事となつた。この厚さに達するまで二回に分けて吹き付けを行ふので、第一回は鐵網が稍隠れるを程度とし、第 2 回はそれが完全に隠れるまでを程度とした。第 229 圖 230 圖に於て(甲)の部分は岩石の仕上面、(乙)の部分は鐵網を張つた所、(丙)の部分は第 1 回の吹付、(丁)の部分は完成した状態である。

第 229 圖



第 230 圖



吹き付け作業をする時には砂が反撥して下へ落ちるので、下から上へ進行する必要がある。この隧道で使用したセメントガンはインターナショナルセメントガン N-1 型及び日本放射器工業會社製の各一臺で、空氣壓搾機は 160 立方呎/毎分のもの三臺である。

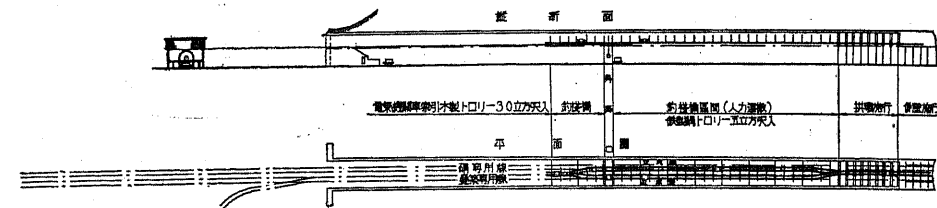
この作業を行つた結果は 23cm 厚さの混凝土覆工に比して 53% の工費で出来上つたのを見ると、將來もかくの如き隧道には相當に利用される可能性がある。

第5節 覆工作業用吊り足場

覆工作業は掘鑿作業に後續して同時に行はれる結果、總ての礮運搬車は作業中の疊築區間を通過して坑外へ向ふのであるから、覆工作業と礮出作業とは互に甚だしく支障し合つて、能率を低下させるのである。單線鐵道隧道で 1 ヶ月の掘鑿工程を 2,000 立方米とすると、鐵製鍋形ドロリーで 1 日約 200 臺即ち 4 分間に 1 臺の割で覆工作業區間を通過する事になる。それ故もし覆工作業場と覆工用材料運搬線を起拱線以上の空間に設備する事が出来れば、此の頻繁に往復する礮運搬車に支障される事も、それを支障する事もなく好都合である。

その目的で近來の鐵道隧道には多く吊り足場による覆工作業が用ひられて居る。この方法を鐵道の隧道工事に用ひたのは上越南線第 1 湯檜會隧道が最初であつて、其の後石北隧道、下久野

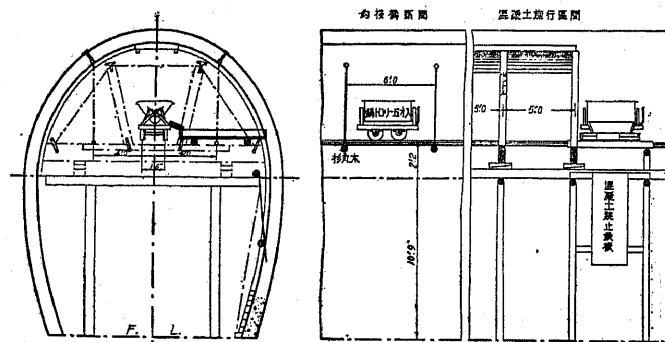
第231圖 隧道建築作業係統一覽圖



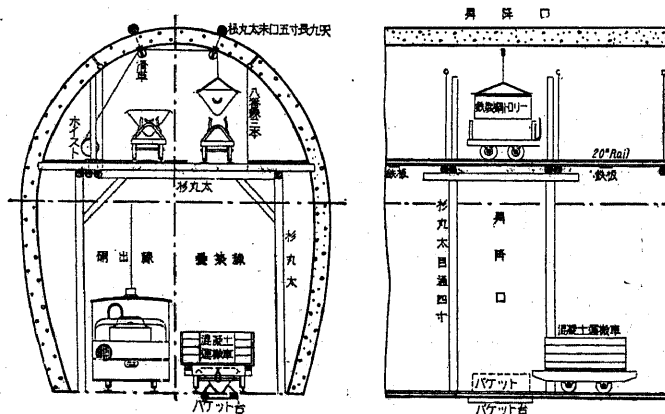
隧道、信濃川發電水路隧道等に盛んに用ひられた。

第1湯檜曾隧道で用ひたものは、覆工に際し豫め拱混凝土の中へ第25圖の1の如き形の径 $\frac{3}{8}$ "のボルトを隧道軸の

第232圖 覆工作業用吊足場



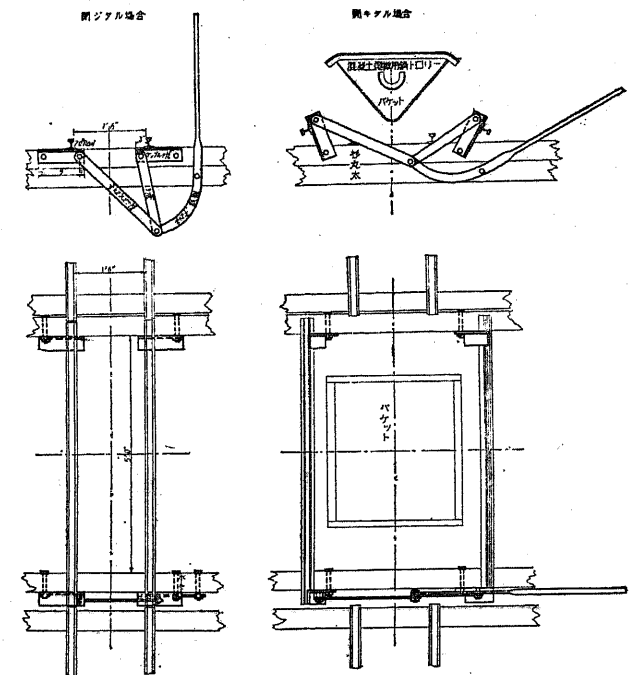
第233圖



吊足場の始点に近く第233圖の様な混凝土昇降口を設け、そこから混凝土をホイストによつて

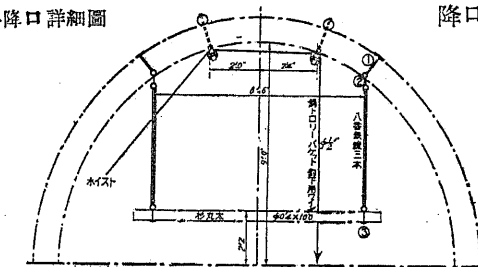
方向6呎毎に埋め込み、8番線3本の上下端に2及び3の金具をつけ、これによつて径4寸長さ10呎の杉丸太を圖面の様に吊り下げた。この杉丸太の桁は3本毎に1本の長桁を用ひ、覆工の混凝土面に突き付け横の振動を防ぐ。これ等の杉丸太の桁の上へ軌間18吋20封度軌條の複線を敷設して枕鐵を以て軌間を保持せしめ、其の上に歩み板を張るのであるが、この際杉丸太と軌條とは犬釘等によつて結合する事を避けて杉丸太の強度を減小しない様にするのが普通である。

第234圖 吊足場昇降口詳細圖



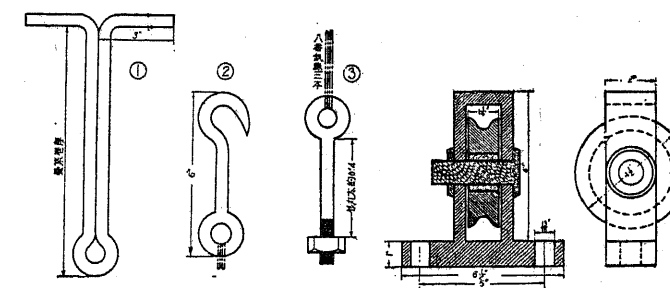
第235圖

吊足場昇降口詳細圖

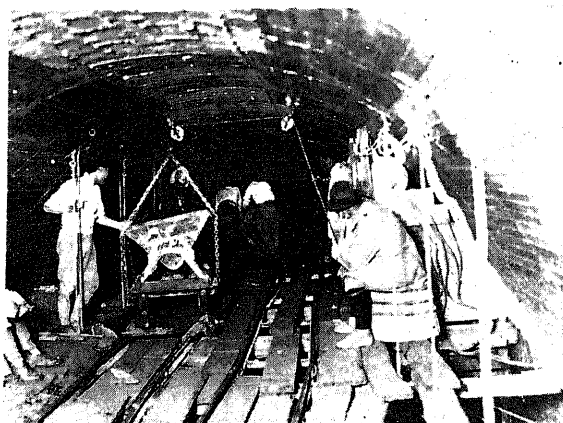


降口の上には鍋を通過させる爲に第234

圖の様な開閉臺があつて、1本の柄によつて線路を觀音開きに開閉する装置を有して居るので小型運搬車の鍋を昇降させる作業の順序は次の通りである。(1)小型運搬車を開閉臺上に停止させ、(2)鍋に鉤をかけてホイストで鍋のみを1呎乃至1呎6吋位捲き上げ、(3)車臺を開閉臺から移動させる。(4)次に開閉臺を柄によつて開いて、(5)鍋を施工



第 236 圖 昇降口附近の作業



の受臺に吊り降し(6)混凝土運搬車より鍋に混凝土を移す。(7)そして鍋を(2)の高さまで吊り上げ、(8)開閉臺を閉ぢ、(9)初め他へ移動させた車臺を開閉臺に押して來てその上へ鍋をのせて鉤をはすす。以上の作業は一回2分位で完了するので、30立方呎の混凝土運搬車を6回に分け、5立方呎の小型鍋型トロリーに入れ、吊足場へ全部捲き上げるに12分を要した。作業が進行するにつれて吊

足場及昇降口は奥へ次第に移築するので、吊足場の全長は最短の場合で60米最長の場合で 200 米である。

第 74 表 吊棧橋費用調 (延長 20 米に付)

種 別	人	大 工	電 氣 工	鍛 冶 工	記 事
掘出	人	人	人	人	
下り	0.4				
①	1.2				
②	4.0	0.133	0.8		3回使用するものとして1回分
③	0.026			0.013	5回使用するものとして1回分
④	0.026			0.013	//
⑤	0.026			0.013	//
⑥	5.678	0.133	0.8	0.039	//
⑦	1.600	2.500	1.700	2.000	
⑧	9.085	0.333	1.360	0.078	
計					計 円 10.856

[illegible]

種 別	稱 呼	數 量	單 價	金 額	記 事
8 番 鐵 線	庇	6.0	円 0.150	円 0.900	5 回使用としての 1 回分
1/2 時 ボー ル ①	〃	3.6	0.120	0.432	〃
②	〃	1.4	0.120	0.168	〃
③	〃	1.4	0.120	0.168	〃
桁 用 杉 丸 太 長 10尺	本	2.7	0.500	1.350	3 回使用としての 1 回分
16尺	〃	1.3	0.600	0.780	〃
歩 み 松 板 0.1×6尺	米	1.0	2.100	2.100	〃
計				5.898	

故に釣棧橋 20米 に付 10.856 + 5.898 = 16円754
外に軌條 20 封度 附屬品共 = 21.200 } 單線の場合
鐵枕 = 6.600 }

作業個所に運搬された混凝土は拱架二間に一個所づつ向ひ合せに配置された溜桟上に移されて使用される。側壁混凝土施工の場合は投げ込まれた混凝土が岩盤に當つて飛散するのを防ぐ爲め亜鉛引鐵板を用ひた。拱混凝土は一部場所打ちとし上部のみを塊混凝土積とし、總てこの足場の上で仕事をする。

この隧道で吊足場を作つた爲めに要した費用は第 74 表の如く、軌條と鐵枕を除いて延長 20 米當り當時の相場で 16 圓 75 錢であつた。又同じ隧道の覆工作業人員の標準を參考として舉げると第 75 表の様である。

第 75 表 卷厚23cmに於ける覆工作業標準人員表 (第1湯檜曾隧道)

施 工 日 数	側壁混凝土 拱環混凝土(場所詰) 混凝土塊積部分 計	20mに付	拱 環							
			場所詰	塊 積						
砂セミ混運電同連混ホ開小混尻ブ栗木栗ケ足當世合	利メキ土搬車ボ凝イ閉凝ロ石石場リ話	及ン搬運一結移ト運臺入ク外レ取	砂運ト運車廻轉ルし運	搬掛轉込し手持掛方轉掛搬方鍬積充し搬シリ方計	混合場	人 8.0 1.0 1.0 1.0 2.0	人 8.0 1.0 1.0 1.0 2.0	人 1.0 1.0 1.0 0.5 0.5	坑外(13.0)場所詰 (4.0)塊 積	
			大運搬線	昇降口下上	人 1.0 1.0 1.0 4.0 1.0	人 1.0 1.0 1.0 4.0 1.0	人 0.5 0.5 0.5 1.5 0.5	坑内及(3.0)場所詰 坑外(1.5)塊 積		
			昇降口下上	橋上	人 2.0 6.0 2.0 4.0	人 2.0 6.0 2.0 4.0	人 1.5 4.0			坑内(37~34)場所詰 (24.5)塊 積
			釣作業	橋上	人 4.0 4.0 1.0 4.0 5.0 1.0 2.0 1.0 1.0 53.0	人 4.0 6.0 2.0 4.0 3.0 1.0 3.0 1.0 1.0 50.0	人 7.0 2.0 1.0 2.0 2.0 1.0 1.0 1.0 1.0 30.0			
			作業個處下	作業個處						
			作業個處	作業個處						
			作業個處	作業個處						

作業別	作業箇所	側壁	拱環				
			場所詰	塊積			
砂 セミ混 運 電同連混 ホ 開小混尻 ブ 栗木栗ケ足 當世合	混合場	人	人	人			
		8.0	8.0	1.0			
		1.0	1.0	1.0			
		1.0	1.0	1.0			
		1.0	1.0	0.5			
	搬運車廻轉ル	2.0	2.0	0.5			
		大運搬線	1.0	1.0	0.5		
			1.0	1.0	0.5		
			1.0	1.0	0.5		
			4.0	4.0	1.5		
	1.0		1.0	0.5			
	昇降口下上	2.0	2.0	1.5			
		6.0	6.0	4.0			
		2.0	2.0				
		4.0	4.0				
				7.0			
	釣棧橋處上	4.0	3.0	2.0			
		1.0	1.0	1.0			
		4.0	4.0	2.0			
		5.0	3.0	2.0			
		1.0	1.0	1.0			
作業箇所下處	2.0	2.0	1.0				
	1.0	1.0	1.0				
	53.0	50.0	30.0				
	搬掛轉込し 手持掛方轉 掛搬方鉸積 充し搬ンリ リ方計	坑外	(13.0) 場所詰 (4.0) 塊積	人 坑内及 (3.0) 場所詰 坑外 (1.5) 塊積			
					坑内	(37~34) 場所詰 (24.5) 塊積	
人							
							人
		人					
			人				
人							
				人			
					人		

$$20 \text{ 米に要する總人員} = 296.0$$

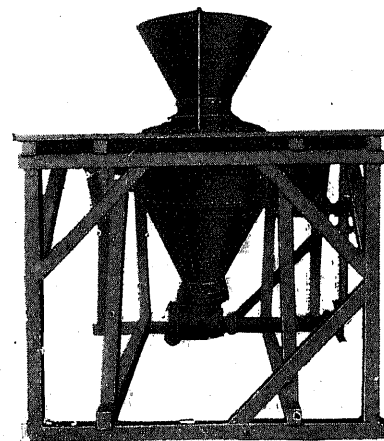
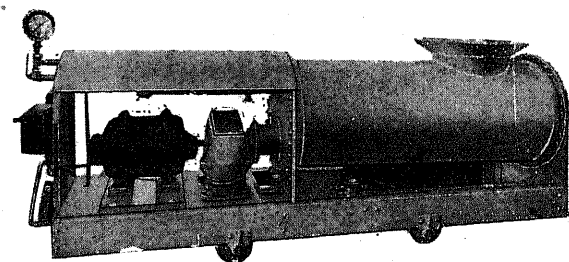
第 6 節 混凝土填充機による施工

人力によつて混凝土を拱の部分に充填する代りに、混凝土填充機を用ひて壓搾空氣の力で混凝土を型枠の背後に吹き込む場合がある。この方法は主として米國で用ひられるので、曾つては我が國でも上越線棚下隧道等に試験的に用ひられたが、我が國の施工法に適しない點が多い。

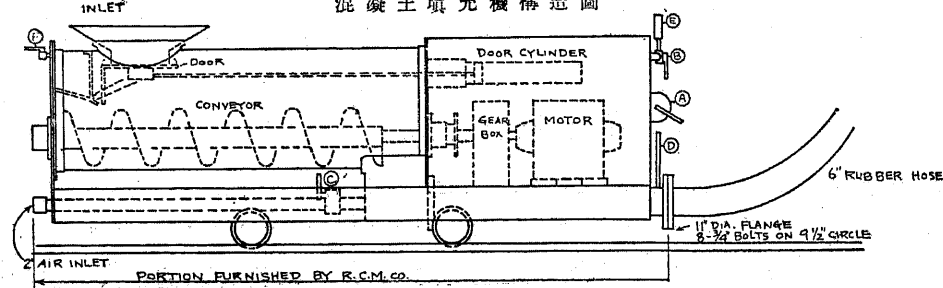
ので、其の後は用ひられなかつた。然し最近に至つて場所打ち混凝土の使用が盛んになつた結果、近き將來には現在の日本の施工法に適する方法が案出される氣運には向つて居るのである。最近では高山線宮隧道で、一種のポンプ式の填充機を造つて使用したが、其の成績は思はしくなかつた。續いて鐵道省の信濃川水力發電所の水路隧道で、一種の填充機を作つて使用する計畫で、目下坑外で試験中であるが、坑外試験の結果は良好である。然し坑内で實際作業して果して有利であるか否かは一二年の後でなければわからない。第237圖と第238圖は米國で最も多く用ひられて居るランサム式の混凝土填充機 Concrete Placer で、近來は主して横型のものが用ひられる。

第239圖はその構造略圖であつてつて混凝土投入口から入つた混凝土はスクリーコンベヤーで次第に前方に押しやられて空気管内へ押し込まれ、壓搾空氣と共に鐵管とゴムホースを通つて型枠の内部へ吹き出される。作業開始の時の填充機中の壓力は 100 lb~120 lb/□" であるが機中の混凝土が全部吹込み終ると附屬して居る壓力計の指針が急降する。その時壓搾空氣管を閉して混凝土投入口を開き次の混凝土を投入し、この作業を繰り返すのである。

第 237 圖 ランサム式横型混凝土填充機



第 239 圖
混凝土填充機構造圖



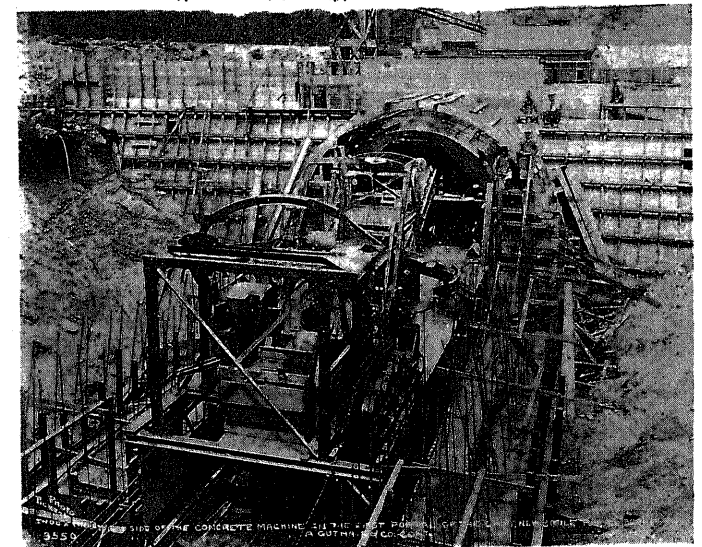
混凝土填充機の位置は混凝土施工個所になるべく近い事が望ましいのであつて、管の長さが 20m 以下ならば好都合である。然し施工の都合で可成り遠方から混凝土を吹き込む必要のある場合もあるが、如何なる場合でも 300m 以上にすることはさけなければならない。そしてどの場合でも混凝土用の砂利は大體 35mm 以下の細粒を用ふるの、それ以上の大きさのものをを用ふると作業中に管がつまる原因となる。

第 240 圖 新カスケード隧道

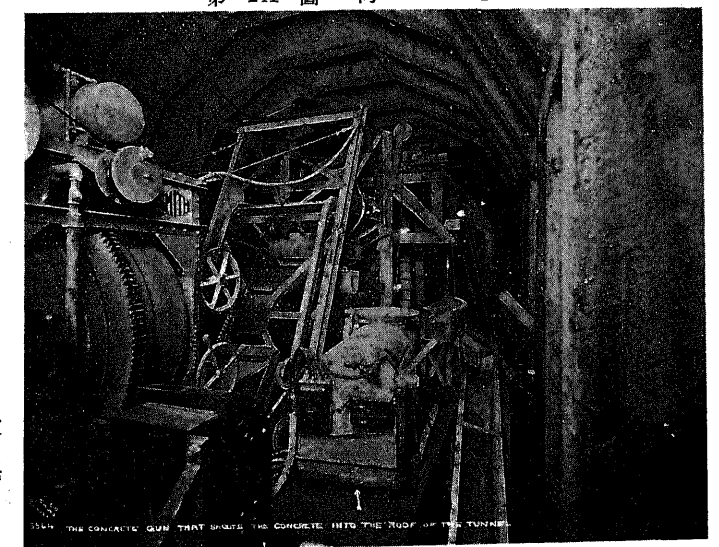
ランサム式の填充機で一回の吹込量は 7 立方呎及び 14 立方呎の二種で、一時間に 40~60 回の吹込みを行ふ事が出来る。スクリーコンベヤーは電動機によつて廻轉されるので、7 立方呎容量のもので 7½ 馬力を要する。

空氣の消費量は一時間 60 回吹込むものとして、7 立方呎容量のもので一分間 300 立方呎、14 立方呎容量のもので 400 立方呎位である。但しこの數字は管の延長 30m 以下の場合で管が長くなれば 1m について 3 立方呎位の割増を必要とする。

混凝土を輸送する管は通常 6" の鐵管とゴム管とを併用するのであるが、この管を配置する際は出来るだけ曲線部を作らぬ様又曲線管を用ふる必要ある場合に



第 241 圖 同上



はその曲線半径を 1 m 以上としなければならぬ。もし急な曲線管を用ふると其の曲線の外側の内面がすぐ磨耗するからである。

米國では多くの場合覆工作業用の移動足場を用ひ、この足場の上へコンクリートミクサー、混凝土填充機、側壁へ混凝土を流し込む樋其の他一切の機具を設備し覆工の進行に従つて奥へ移動させる場合が多い。第 240 圖及第 241 圖は新カスケード隧道の實況で、第 242 圖は其の作業の略圖である。

第 242 圖 新カスケード隧道覆工用設備略圖

