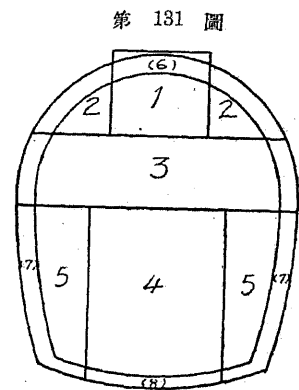


第 9 章 小型隧道及び導坑の掘鑿

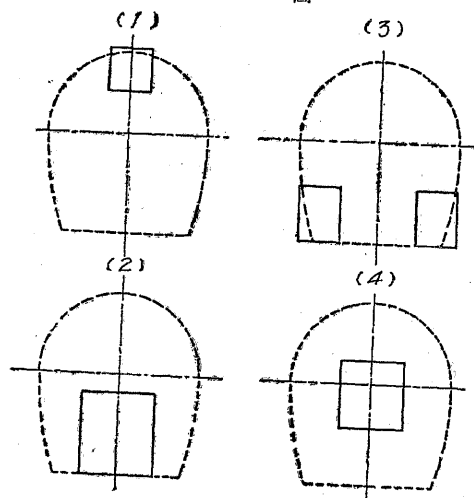
第 1 節 隧道各部の名稱及び導坑の名稱



特に小型の隧道をのぞいては、その全断面を一時に掘鑿する事は稀であつて、幾つかの部分に別けて順序よく掘鑿を進めるのが普通である。最初に掘鑿する部分を導坑又は先走りと稱する。又隧道断面の各部には昔から鑛山で用ひられる名稱などもあつて必ずしも一定しないのであるが、現今隧道工事に用ひられる名稱は次の様である。第 131 圖に於て

1. 天端, 導坑として掘鑿する場合は頂設導坑
2. 丸形
3. 中脊

第 132 圖



4. 大脊又は第三, 導坑として掘鑿する場合は底設導坑
5. 土平
6. 拱, 穹拱, アーチ
7. 側壁
8. 抑拱, インバート

又導坑は其の位置によつて第 132 圖の

- (1) 頂設導坑
- (2) 底設導坑
- (3) 側壁導坑
- (4) 中央導坑

等の名稱がある。

第 2 節 導坑の加脊と爆破孔

1. 加脊

坑道断面の大きさを加脊と稱する。鑛山の坑道、水路隧道又は大型隧道掘鑿工事に用ひられる横坑等の加脊は各々其の目的用途によつて定められるのであるが、掘鑿作業の上から見て横幅 1.5 米高

さ 1.8 米以下にする事は困難である。又大型隧道の導坑として小型の坑道を掘り進める場合には、導坑の掘鑿方法、切擴げの順序、地質の良否等によつて定められるのであつて、普通手掘の場合は幅、高さ共 1.8 米乃至 2.5 米で、機械掘りの場合は幅 2.5 米乃至 3.5 米、高 2.0 米乃至 3 米位である。

2. 爆破孔の數

導坑の爆破孔の數は岩石の硬さ、節理の状態、鑿孔の配置と深さ等によつて様ではない。殊に手掘の場合には坑夫は岩石の目を見て其の都度孔の位置を定めるので、一定の標準を定める事は困難である。

萩線大刈隧道西口で行つた手掘りの實績によると、結晶質石英粗面岩の個所で、2.5 米 × 2.1 米の加脊の導坑を掘鑿するのに、平均一發破につき 5.9 本の穿孔をなし、一發破の平均進行は 11 糎、1 日の發破回數 8 回であるから 1 日の平均進行 88 糎であつた。導坑の斷面積が 5.25 平方米であるから、1 孔の受け持つ面積は約 0.9 平方米になる理である。

又高山線宮隧道で比較的目の多い石英斑岩の個所で行つた手掘りの例によると、導坑の加脊 2.5 × 2.13 を標準として一發破の孔數 5 個、深さ 30 糎乃至 60 糎で、1 日 2 交代 4 發破であつた。この場合は 1 個の爆破孔の受け持つ導坑の斷面積は 1.06 平方米となる。然し前にも述べた様に手掘りの場合は穿孔の位置も深さも非常に不規則であるから一概にこれを標準とする事も出来ないのである。

機械掘りの場合には穿孔の深さも深くなるので、一般に岩石の目などに關係なく一定の標準を定めて穿孔する。この場合 1 孔の受け持つ導坑の斷面積は 0.2 乃至 0.6 平方米であつて、第 50 表は最近に於ける我が國の實例、第 51 表は外國に於ける實例を示したものである。

第 50 表

隧道名	導坑			孔數		孔一個の受け持つ導坑面積	岩石
	幅	高	斷面積	心抜	其他		
第 1 飛鳥石	折戸口	2.7	2.4	6.48	4~6	14~18	砂岩、硅岩、石炭質千枚岩にして極めて堅緻
	飛鳥川口	2.7	2.4	6.48	4~6	12~16	
	上遠口	3.9	3.0	11.70	4~6	16~22	
下荷久野	木次口	3.6	3.0	10.80	6	16~20	頁岩及安山岩
	西坂口	3.0	2.5	7.50	4~6	10~14	
第 1 荷仙	西口	2.4	2.1	5.04	4~6	14~16	硬砂岩及頁岩
	西口	2.7	2.4	6.48	4	8~13	
大第 1 湯猪	芦ヶ澤口	2.7	2.4	6.48	4	12~14	閃綠花崗岩
	東口	2.8	2.1	5.88	6	14~19	
第 1 湯猪清宮	曾鼻口	3.8	2.7	10.26	6	18~24	結晶質石英粗面岩及安山岩
	水口	3.6	3.3	11.88	4	15	
	南口	2.7	2.7	7.39	4	16~24	
	欽明路	2.6	2.3	5.98	4	16	
		4.0	2.7	10.80	4	13	石英斑岩 石炭片岩

第 51 表

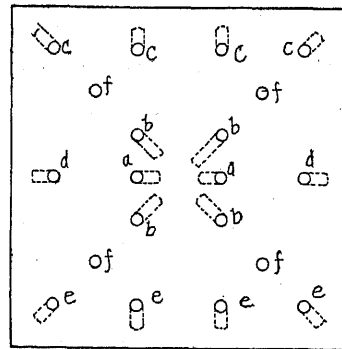
隧道名	導坑面積 平米	孔數	孔一個の受持つ 導坑面積		岩	石
			水成岩	火成岩		
Burleigh	3.90	16		0.24	花崗岩及片麻岩	
Buffalo Water	11.15	22	0.51		石灰岩	
Carter	3.81	10~11		0.34~0.36	片麻岩、花崗岩、斑岩	
Catskill Aqueduct						
Rondout	11.15	22	0.51		石灰岩、砂岩及頁岩	
Walkill	11.15	24	0.46		頁岩	
Moodna	11.15	24	0.46		砂岩、頁岩	
Yonkers	11.15	21		0.53	片麻岩	
Central	3.25	18~24		0.14~0.18	片麻岩	
Fort Williams Water	3.25	14~20		0.16~0.23	玄武岩	
Grand Central Sewer	3.72	18		0.20	片麻岩	
Lausanne	7.90	15~21	0.37~0.52		頁岩、礫岩、石炭	

導坑の爆破は開劈面が常に一つである爲めに、他の切擴げの爆破に比して著しく能率が悪いので、鑿孔の數も多くを要し、従つて爆破孔の數、位置、方向、深さ等は充分に研究して定めなければならない。

3. 爆破孔の名稱

導坑の中央部にあつて最初に爆破する孔を心抜孔と云ひ、心抜發破によつて出來た新しい面を利用して残りの部分を爆破するに用ふる孔を拂ひ孔と云ふ。又この拂ひ孔をその位置によつて、最も上部にあるものをかぶり、兩側にあるものを拂ひ、最下部にあるものをふまへと稱する。心抜孔と拂孔との中間になほ數本の孔を設ける事があるが、これをすけ孔と呼んで居る。又場合によつては心抜孔の内側に更に浅い孔を設け、これを第一に爆破して心抜發破の荷を軽くする事がある。これを俗に馬鹿孔と稱する。第 133 圖の様な孔の配置とすると a は馬鹿孔 b は心抜孔、c は冠り孔、d は拂ひ孔、e は踏へ孔、f は助け孔である。

第 133 圖

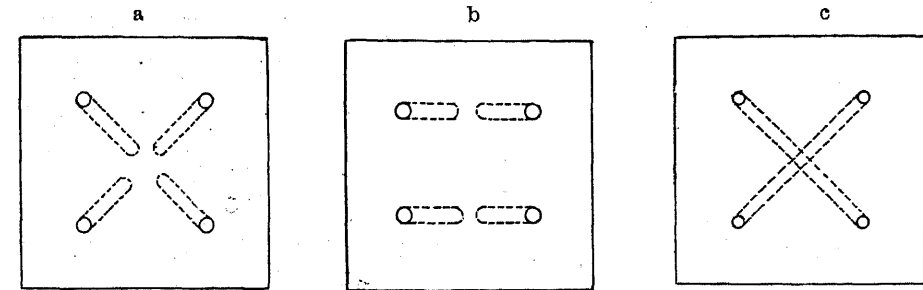


つて、最も上部にあるものをかぶり、兩側にあるものを拂ひ、最下部にあるものをふまへと稱する。心抜孔と拂孔との中間になほ數本の孔を設ける事があるが、これをすけ孔と呼んで居る。又場合によつては心抜孔の内側に更に浅い孔を設け、これを第一に爆破して心抜發破の荷を軽くする事がある。これを俗に馬鹿孔と稱する。第 133 圖の様な孔の配置とすると a は馬鹿孔 b は心抜孔、c は冠り孔、d は拂ひ孔、e は踏へ孔、f は助け孔である。

4. 心 抜 孔

手掘りて 1~2 尺の浅い孔を刳つて作業する場合には、岩石の節理割目等を利用する様に孔の位置方向を撰定するのが普通であるが、機械掘の場合にはこれ等の事を顧慮せず一定の方式に従つて決定する方が有効である。孔の配置によつて心抜法を角錐形及び楔形の二種に大別する。第 134 圖 a の如く各爆破孔が一點に會する様に配置するのを角錐形と稱し、b の如く兩

第 134 圖

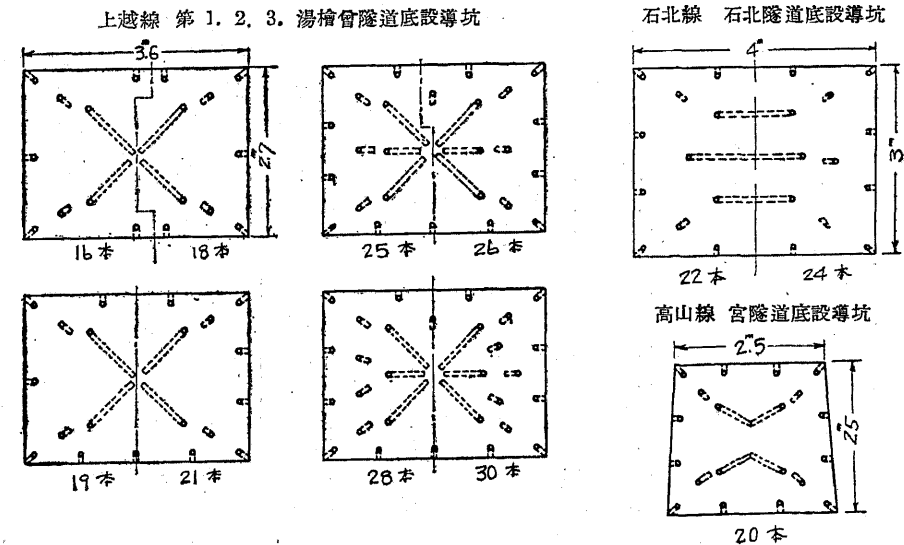


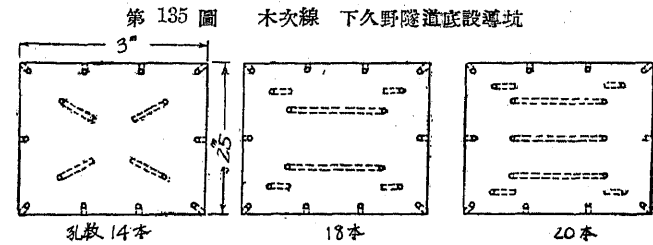
側の一對宛が各一點に會する様に配置するのを楔形と稱する。

一組の心抜孔はいつれの場合でも其の底部で一致するのが理想であつて、第 134 圖 c の如く、設けられた孔ならば之等の孔は同時に爆發するので、其の効果が著しく増大されるのである。電氣雷管で同時爆發をする場合には大した問題ではないが、導火線を用ふる時には孔底の爆藥は其の殉爆の範圍内に集中する様に孔の配置を注意しなければならない。

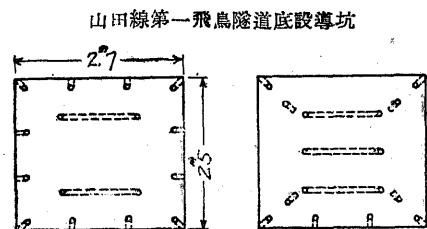
爆藥を近く集中させる爲めには、楔形よりも角錐形の方が有利であつて、實際に於ても岩石が特に硬く靱性に富んで居る場合には、角錐形心抜でないで充分心抜きの効果を擧げ得ない場合がある。然し穿孔の作業は角錐形の方が困難で、各孔が上下左右に角度を有する關係で、孔底を一點に集中する様に穿孔するのは相當に熟練した技術を要するのである。

第 135 圖





又大型の鑿岩機を用ひて角錐形心抜孔を削る時導坑の加脊によつては上部の孔を穿孔に際し機械のハンドルの位置が餘り高くなつて操作が困難となる。



第 185 圖は爆破孔配置の實例である。

5. 爆破孔の深さ

手掘りによる爆破孔の深さは、30 種乃至 40 種を普通とし、大鑿を用ひて 2 人 1 組で作業する場合は 1.3 米に及ぶ場合がある。

鑿岩機を用ふる導坑の爆破孔の深さは、1.5 米乃至 2 米を普通とするが、場合によつては 3 米以上の深孔を用ひた例もある。一般に云へば孔の深さは心抜が完全に爆破される程度を限度とするのであつて、心抜發破が不完全で孔尻を残す様な場合には、爆破孔は深くとも爆破される岩石の量は浅孔の場合と餘り相異がないので、勞力を空費するの結果となる。又鑿岩機で穿孔する時、孔尻を一點に集中せしめる爲めに適當の角度に穿孔するので、導坑の加脊によつて自然に深さを制限せられるのである。孔の深さは普通導坑の幅の 50% 乃至 70% であるが、米國に於ては稀れに 100% を越える實例もある。

第 52 表

隧道名	心抜方法	導坑の加脊		孔の深さ		導坑の幅に對する深さの百分率	岩 石
		幅	高	心抜	其他		
第 1 飛鳥	折戸口 角錐・楔	2.7	2.4	1.3~2.1		48~78	砂岩、硅岩、石墨質千枚岩
		2.7	2.4	1.3~2.1		48~78	
石北	上川口 角錐	3.9	3.0	2.0	1.8	46	頁岩、安山岩
		3.6	3.0	2.1	1.8	50	
下久野	木次口 角錐・楔	3.0	2.5	1.7	1.4	47	花崗岩
		2.4	2.1	1.7~2.3	1.5~2.1	63~88	
荷坂西	山口 角錐	2.7	2.4	2.4~3.0	2.4~3.0	89~111	閃綠花崗岩
		2.7	2.4	1.5~1.8	1.5	56	
第 1 淺岸	芦ヶ澤口 角錐	2.7	2.4	1.5~1.8	1.5	56	石墨片岩
第 1 湯檜會	角錐	3.8	2.7	2.0	1.8	53	閃綠岩
大猪之	刈鼻 角錐・楔	2.8	2.1	1.8	1.8	64	結晶質石英粗面岩及安山岩
		3.6	3.3	2.1	1.8	56	
欽明宮	角錐	4.0	2.7	1.8	1.8	45	石墨片岩
		2.6	2.3	1.5	1.5	58	

又 Brunton, Davis 兩氏は其の著書 Modern Tunneling の内に次の様な實例を擧げて居る。

第 53 表

隧道名	心抜方式	導坑の加脊		心抜平均深さ	他の坑平均深さ	平均深さ	導坑の幅に對する平均深さの百分率	岩 石	
		高さ	幅						
Buffalo Water	楔	2.4	4.6	2.4	2.1	2.1	46.5	石灰岩	
Catskill Aqueduct		2.4	4.3	3.0	2.4	2.4	57	石灰岩、砂岩、頁岩	
Rondaut Wallkill		2.4	4.3	3.7	3.0	3.0	71.5	頁岩	
Moodna	〃	2.4	4.3	3.0	2.4	2.4	57	砂岩、頁岩	
Yonkers		2.4	4.3	2.4	1.8	1.8	48	片麻岩	
Central		2.1	1.5	2.4	2.1	2.1	14.0	片麻岩	
Gunnison	〃	1.8	3.0	2.1	1.8	1.8	60	變質花崗岩	
Joker		3.4	3.7	3.5	2.7	2.7	75		
Laramie-Poudre		2.0	2.8	2.4	2.1	2.1	74	緻密なる花崗岩	
Lausanne		2.4	3.7	2.4	2.1	2.1	58	礫頁岩及石炭	
Lucania		2.4	2.4	2.7	2.4	2.4	100	硬質花崗岩	
Marshal -Russell		角錐	2.7	2.4	3.0	2.7	2.7	112	岩崗岩及片麻岩
Mission			2.1	1.5	2.4	2.1	2.1	140	砂岩
Newhouse			2.4	2.4	2.0	1.7	1.7	69	片麻岩
Northwest Water		楔	3.0	4.0	3.0	2.7	2.7	69	堆積岩
Ophelia			2.7	2.7	2.1	1.8	1.8	67	花崗岩
Rawley	2.1		2.3	2.7	2.4	2.4	106	安山岩	
Raymond	2.7		2.7	3.7	3.0	3.0	111	片麻岩及花崗岩	
Roosevelt	1.8		3.0	2.1	1.8	1.8	60	硬質花崗岩	
Snake Creek	2.0		2.2	2.0	1.7	1.8	63	輝綠岩	
Spiral	〃	3.0	4.9	3.7	3.0	3.0	63	石灰岩	
Stilwell		2.1	2.1	2.0	1.8	1.8	86	礫岩及安山岩	
Strawberry		1.8	2.4	2.1	1.8	1.8	75	石灰岩、砂岩、頁岩	
Yak		2.1	2.1	1.8	1.2	1.2	57	石灰岩、砂岩、頁岩、花崗岩	

さて深孔と浅孔との何れを採るべきかを定める爲めに各の得失について考へて見ると、先づ浅孔の利益とする點は

a 鑿岩に際して 1 番鑿の徑を同一とすれば、孔の浅い程孔尻の徑が大きく出來て、爆藥を孔底に集中させるに都合よく、従つて爆破の効果も大である。

b 堅岩に深い孔を穿孔するには優良なる鑿岩機と錐鋼を要し、特に優秀技術を有する鑿岩夫を必要とする。浅孔の場合には比較的作業が容易である。

c 浅い孔程礫が小片と成るので、其の片付け積込み等が容易である。

又浅孔の不利とする點は、一回の爆破で多くの進行を得る事が出來ないので、同一進行に對

して發破回数を増す結果となる。従つて鑿岩機を取りはずし、据付ける回数を増し、煙の抜けるまで待つ回数も増すので時間を空費する事が多い。

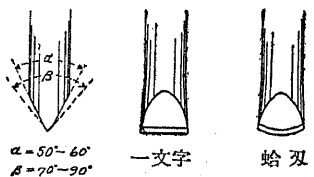
深孔と浅孔の特徴は大體以上述べた通りであるが實際に孔の深さを決定するには地質、交代数、一交代間に割り得る孔の長さ、作業者の技倆、礪出しの方法等を考慮して定める必要がある。

第 3 節 鑿 岩

I. 手 掘

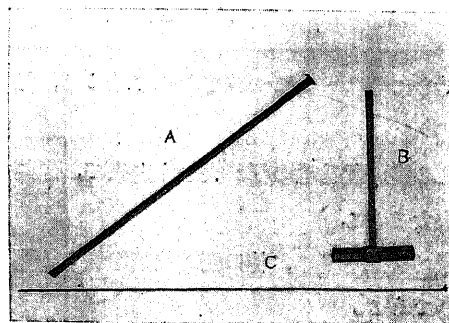
機械を用ひずして人力のみで鑿岩する方法を手掘りと云ふ。手掘法では 1 人で作業する場合と、2 人 1 組で作業する場合とある。1 人で單獨に作業する時は、片手に鋼のハンマーを持ち他の手で錐鋼を握り、その錐鋼をまはしながらハンマーで打つのである。錐鋼は第 136 圖及第 137 圖 A に示す様なもので徑 19 耗乃至 25 耗の丸鋼又は六角鋼で造られ、ハンマー——俗にセツトウと稱す——は 1½ ~ 2 疋位の重量のものである。

第 136 圖



錐鋼の刃先きは第 136 圖に示す様な一字又は蛤刃を普通とし、最初に用ふるものを一番鑿と云つて孔が進行するに従つて次第に刃先の小さい二番鑿三番鑿と替へて行くのである。地質が軟い場合には鑿を取りかへる回数も少なくてよいのであるが、岩石の硬い場合には 15 耗毎位に刃先の寸法を變へるのが普通である。高山線宮隧道で用ひた鑿は一番鑿の刃先きを 27 耗として順次 3 耗宛の差をつけ 4 番鑿まで使用した。

第 137 圖 手掘用具



A 錐鋼 B ハンマー C キューレン

又下向の孔を掘る時、ハンマーを用ひずして單にやゝ重い鑿を上下して鑿岩する事もある。

鑿岩中は時々孔へ水をそそぎ鑿の加熱されるを防ぐ必要がある。又割粉は第 137 圖 c に示す俗にキューレンと稱する耳搔様の道具で時々掻き出すのである。

二人一組で作業する場合にはやゝ長い鑿を用ひ、一人は鑿を支へ且つ一撃毎に鑿を廻轉する役目をして、他の一人はハンマーを振つてその頭を打つのである。此の際用ふるハンマーは 2.5 疋乃至 4.5 疋位のものである。

これを突きのみと呼んで居る。

手掘りで 1 日 1 人の穿孔の工程は軟岩で 2~3 米、硬岩で 1 米位、特別に堅い岩石では 0.5 米にも及ばない場合がある。

又手掘りの場合は孔の方向によつて穿孔の難易があつて、下向きの孔は最も樂に穿孔する事が出来るが上向きの孔、所謂上げ孔は最も困難で熟練した坑夫を要する。然し他の孔の様に孔底に割り粉がたまる事がないので、好い坑夫でさへあれば割合に速く掘進する事が出来る。高山線宮隧道の調査によると比較的軟質の石英斑岩の個所で 30 耗穿孔するに要する時間其の他は次の様であつた。

	鑿孔時間	槌の重量	一分間打撃數	使用鑿數
水平又はそれに近い孔	39 分	1.5 疋	75	4
上げ孔	36	1.5	40	4
大鑿を用ひて 2 人で作業する場合	33	4.0	30	3

手掘りで鑿岩する時には坑夫 2 名又は 3 名を一組として作業するので、それ以上一時に導坑切端で穿孔作業をする事は困難である。所定の穿孔が完了したらこの組で爆破の作業を行ひ、煙の去るのを待つて再び穿孔に従事する。手掘りでは孔の深さが浅いので一交代の間に數回鑿岩と爆破の作業を繰り返すのであつて、従つて坑内の礪は一時後に刎ねのけて直ちに次の穿孔にかゝるのである。

高山線宮隧道では、坑口から 230 米まで節理の多い石英斑岩の區間で手掘作業を行つたが、其の時の統計を工事報告から摘記すれば第 54 表乃至第 55 表の如くであつて、坑夫 1 人 1 日の穿孔は 0.90 米である。表中ダイナマイトは一本 250 瓦のものである。

第 54 表

調査日數	大 鑿			小 鑿			使用爆藥數量			坑夫數	進行米	記 事
	個	孔深 m	時間 分	個	孔深 m	時間 分	ダイナマイト	雷管	導火線 m			
12	13	6.69	647	114	34.91	3098	312.5	127	81	45	11.2	大鑿は 2 人掛り
一孔當り平均	—	0.514	49.7	—	0.306	27.16	2.46	1	0.637	—	—	—

第 55 表

	個	孔深 m	時間	ダイナマイト	雷管	導火線 m	歩掛	人	記 事
掘鑿 1 立米當り	2.047	0.671	1°0'23"	5.038	2.047	1.305	0.725	—	大鑿を含む
進行 1 米 當り	11.339	3.714	5°34'23"	27.901	11.339	7.232	4.017	—	"

萩線大刈隧道では其の東口は鑿岩機を用ひ、西口は手掘で掘鑿したので、各進行 1 米について比較したものは第 56 表である。但し加存は 2.2×2.2 で山は結晶質石英粗面岩である。

第 56 表 自昭和 3 年 7 月—至 4 年 8 月

	東 口 (機 械 掘)	西 口 (手 掘)
發 破 回 數	0.56	8.631
鑿 岩 孔 數 (本)	11.7	38.5
ダ イ ナ マ イ ト (疋)	13.4	5.5
雷 管 (個)	15.57	52.19
導 火 線 (米)	21.02	30.80
鑿 燒 數 (本)	37.8	138.90
進 鑿 夫 (人)	1.09	
先 手 (人)	1.09	
坑 夫 (人)		9.59
斧 夫 (人)	0.06	0.06
礪 撥 人 夫 (人)	1.40	
電 力 (K.W.H)	42.0	

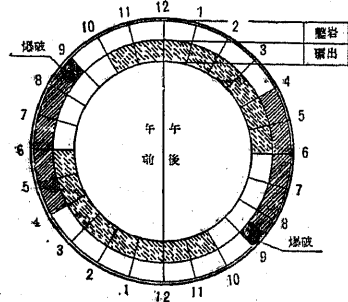
2. 機 械 掘

鑿岩機を用ひて鑿岩する場合には一般に手掘の場合に比して深孔を割るので、一發破で生ずる礪も非常に多い。従つてこの礪が或る程度片づかなければ鑿岩組は次の作業を開始する事は出来ない。又爆破によつて生ずる煙も手掘りの場合に比して多いので、煙の抜ける時間も多くなる。それで鑿岩、爆破、礪出しの三つの作業を能率よく行ふには、適當な時間表を作つて

規則正しくこれ等の作業を繰り返す必要がある。

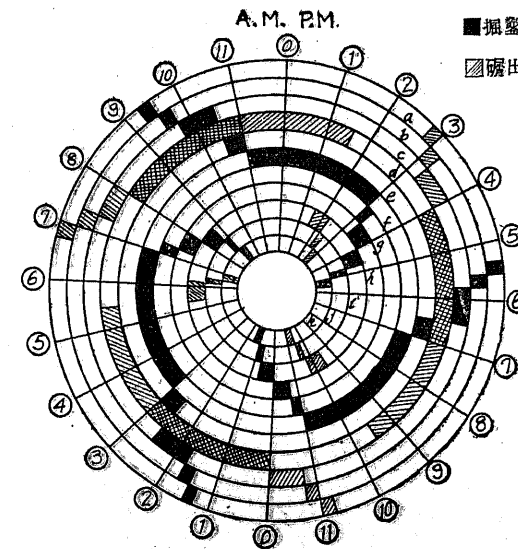
第 138 圖は上越線第 1 湯繪會隧道の導坑作業で用ひた 2 交代制の時間表で、これによると第 1 の鑿岩組は午前 4 時に入坑して、午前 8 時頃までに所定の孔を割り終ると同時に火薬係の手で爆破作業をする。午前 10 時頃までは煙も抜けて坑奥で作業出来る様になるので、礪出組が入坑して礪の積込と搬出の作業をして午後 4 時頃までに作業を終るのである。そこで第 2 の鑿岩組が入坑して午前と全く同じ作業を繰り返す。これは 1 日 2 交代の作

第 138 圖 第 1 湯繪會 2 交代制導坑作業時間



業であるが、第 139 圖は上越線清水隧道で用ひた 3 交代制の時間割である。

第 139 圖 清水隧道 3 交代制作業時間割

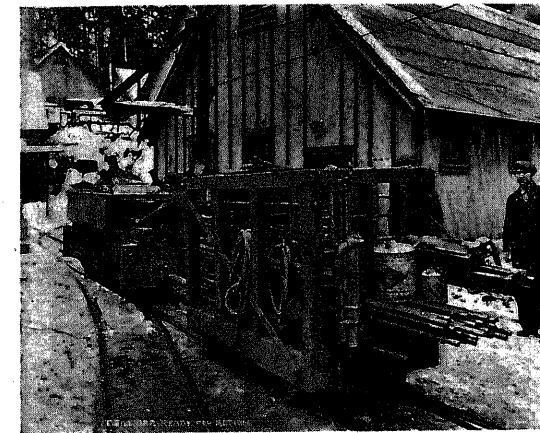


- a 入 坑
- b 番 割
- c 場 所 着
- d 礪 出
- e 穿 孔 準 備
- f 穿 孔
- g 片 付 爆 破 準 備
- h 爆 破
- i 坑 内 見 張 到 着
- j 諸 器 具 返 納 傳 票 受 取
- k 坑 内 より 到 着

鑿岩組は入坑に先立つて鑿岩機の給油口に適當に注油し、Feed screw 及び Guide shell にはグリースを塗り且つ機械及附屬品に破損部分等なきやを檢查する。機械を坑内に持ち込んでから故

障を發見すると修繕等は困難でそれが爲め作業の時間割を亂す事がある。

第 140 圖 カスケード隧道に用ひた鑿岩用具運搬車



錐鋼は必ず新たにシャープナーで仕上げたものを用ふるので、一度使用したものの混入しない様注意する必要がある。之等の道具類を運搬する爲め特別に鑿岩用品運搬車を用ひた處もあるが、常に用具を整頓して置く爲めに好都合である。第 140 圖は米國のカスケード隧道で用ひたもので、この車の上に鑿岩機、鋼柱、空氣及水のホース、水タンク、滑油等一切の道具が積み込める様に出来て居る。又第 141 圖は岩

徳線欽明路隧道に用ひたものである。

導坑の奥——切端キリハと稱す——に達したら直ちにドリフター取付け用の鋼柱を建てる。鋼柱には垂直及水平の二種があつて、普通の作業には垂直の方が便利であるが切端の礪が全部片付

かぬ中は建てられない。これに反し水平の鋼柱
なれば礫の片付かぬ中でも高く据え付ける事が
出来るので、爆破作業が終つて煙が抜けたら直
ちに一部の礫を片づけて、冠り孔から作業を始
め、礫が片づくに従つて下の孔を削る様にすれ
ば礫出作業と並行して鑿岩する事が出来る。

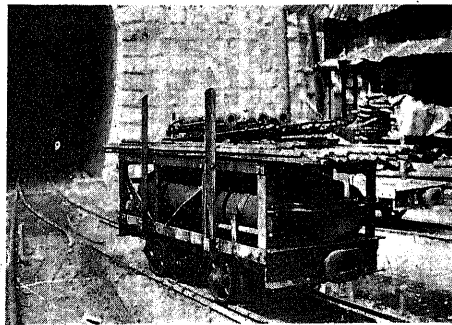
又この鋼柱を建てたり取りはづしたりする時間
を節約する爲め車の上に鋼柱を取りつけたドリ
ルキャリアを用ふる場合もあるが、我が國で
は清水隧道北口で試みられた位のもので餘り用
ひられない。第 142 圖は米國のカスケード隧道
で用ひたものであつて、米國では盛んに用ひら
れて居る。

導坑に用ふる鑿岩機の臺敷は鑿岩に要する時
間で定まるのであるが、加脊によつても制限さ
れる。普通ドリフターを用ふる隧道では導坑の
幅は 2.4 米乃至 3.7 米位で、ドリフターを 2 臺
又は 3 臺を並べて用ふる。ドリフターは普通 1
臺につき鑿岩夫 1 人助手 1 人で作業するので、
導坑で 2 臺用ふる場合には鑿岩夫 2 人、助手 2
人、號令 1 名——指揮者を號令と稱す——で組
織される。

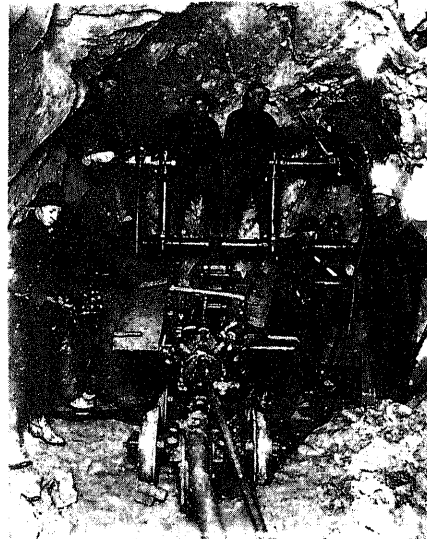
幅の狭い隧道又は導坑では爆破孔の角度から
見てドリフターを用ふる事は無理であつて、普
通シンカーが用られて居る。シンカーは 1 臺 1
人で作業するのが普通であるが、導坑に用ふる
場合には水平に近い孔が多い爲め 1 臺 2 人で作
業する事もある。

鋼柱を建て、これに鑿岩機を取り付けたら次
に水及び空気のゴムホースを接続して、所定の

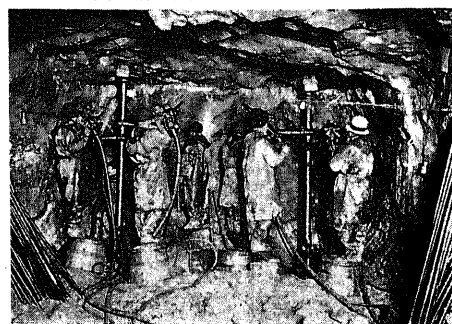
第 141 圖 欽明路隧道の鑿岩用具運搬車



第 142 圖 ドリルキャリア



第 143 圖 清水隧道導坑に於ける鑿岩作業



孔の位置方向に正しく鑿岩機を向け、一番鑿より鑿岩を始める。此の際第 4 章に述べた方法で
切端の面に正しく中心を出し、これを基準として孔の位置をその面に印しするのである。

最初錐鋼を岩石に押し當て、鑿岩機の運轉を開始する時は岩石がくだけ飛んで孔の形をなさ
ない。それで初めの中はスロトルバルブを一部開いて靜かに運轉し、助手は錐鋼のビット
の近くを手で押へて錐鋼の踊るのを防ぐ。少しく進んで 5 乃至 6 種も孔座が出来るともう錐鋼
が踊る心配がないので、スロトルバルブを全開して空気を一杯に送ると同時に水のバルブ
を開き、注水を行ひつつ送りのハンドルによつて機械を前方へ押し進める。この際助手は機械
と鋼柱との取付ナットを締め直す必要がある。これ等のナットは震動によつてゆるみ易いから
である。

鑿岩中は適當な早さで送りを掛ける事が必要で、孔の進行に比して速過ぎても遅過ぎても能
率を悪くし且つ機械をいためる。一番鑿で穿孔を終つたらスロトルバルブを締めた後機械を
後退させ、二番鑿を取り換へて作業を続ける。

又鑿岩機は常に孔の方向と一直線になる様に置かなければならない。もしも曲ると錐鋼を引
き抜く事が出来なくなる虞れがある。錐鋼が抜けなくなつた時、現場ではよく鐵槌又は他の錐
鋼でたたき直すが、これは機械をいためるから避けなければならぬ。この場合には一度取
付ナットを全部ゆるめ、鑿岩機を孔の方向と一致する様向け直してから再び運轉をはじめるべ
きである。

作業中機械に故障を生じた時、坑内で分解せずして必ず豫備機を取りよせる方がよいので、
暗くてゴミの多い坑内で機械を分解して、修繕してもよい結果は得られないからである。

所定の孔を全部繰り終つたなら鑿岩機及鋼柱を取りはづして水槽、ゴムホース、錐鋼等と共
にトロリーに積み込み出坑する。小規模の工事ではこの鑿岩組の人員が引き続き爆破作業をし
て出坑する事が多いが、爆破作業は相當に爆薬に関する知識と經驗とを有する技術者で別に爆
破組を組織して作業する方がよいので、少しく規模の大きな工事では鑿岩組は鑿岩作業が終つ
たら直ちに坑内を出る事が普通である。

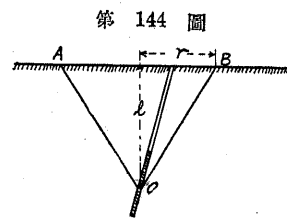
又米國では深孔を用ふる爲めに、一交代で全部の穿孔を終らぬ場合、次の交代の鑿岩夫が來
て鑿岩機を運轉したまゝ引繼ぎ交代する事があるが、我國では多くの場合一交代について一發
破の制度が行はれる。然し最近宮、欽明路の兩隧道では 1 日 3 交代で 5 發破の記録を出して居
るので、將來は鑿岩機を据え付けたまゝ、又は運轉中に人だけが交代する様になるものと思は
れる。

第 4 節 爆破作業

I. 爆薬量の決定

爆薬によつて岩石を破碎しようとするには、外に露出して居る岩石の面から小孔を穿つて其底部へ爆薬を装填し、これを爆發させてその面の方向に岩石を切り崩すのである。この場合最初の露出した岩石の面を開劈面又は自由面 Free surface と稱する。

第 144 圖に於て、A B なる面から穿孔して其の奥端に爆薬を入れて爆發したとすると、大體 O A B の様な圓錐形の岩石が爆破されるのである。爆薬量とこの圓錐形の形、即ち第 144 圖の r と l との関係について多くの實驗式が公にされて居る。破碎錐の高さ l を最小抵抗線と稱し $\frac{r}{l}$ を爆破指數と稱する。



一般に $\frac{r}{l}$ が 1 より大なる場合は装薬過量であつて、 $\frac{r}{l}$ が 1 より小なる場合は装薬不足の時である。 $\frac{r}{l}$ が 1 に等しい時を標準爆破とし、この時の装薬量を標準として其の場合を推定するのが普通である。假りに r と l との関係が一定であるとする、圓錐の體積は l の 3 乗に比例し、これに要する爆薬量も l の 3 乗に比例すると考へられる。

r と l との比が變ると爆薬量は $\frac{r}{l}$ の關係式で變化するものと考へて種々の實驗式が出来て居る。即ちある岩石の標準爆破の時の装薬量を e_1 とし、同じ l に對して e だけ装薬して爆破を行つたとすれば

$$e = e_1 f\left(\frac{r}{l}\right) \quad \text{即ち } e_1 f(m)$$

この $f(m)$ に對して

佛國の Dambrun は $(\sqrt{1+m^2} - 1.41)$

獨造の Hauser は m^3

瑞西の Meinecke は $\frac{m^2(1 + \sqrt{1+m^2})}{1 + \sqrt{2}}$

等の式を與へて居る。

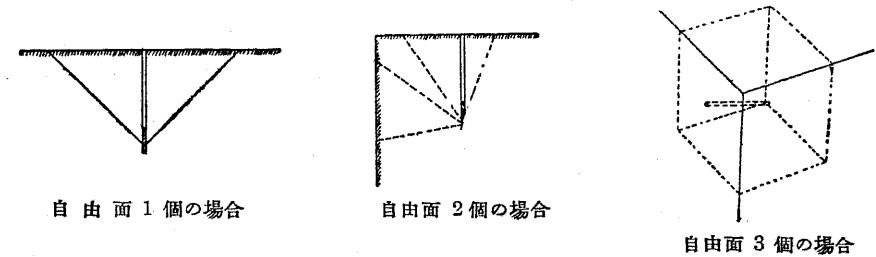
然し實際に隧道工事で爆薬を決定するには、此の様な一般的の公式で算出するには餘りに條件が複雑である爲めに、現場で實際に施行された爆破の成績によつて其の個所の適量を判断するの外はないのである。

爆破の効果は次の様な諸種の條件で變化する。

1. 自由面の數

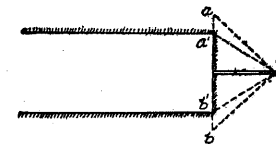
導坑切端の發破は自由面 1 個の場合で、導坑を更らに切り擴げる場合は自由面 2 個以上のも

第 145 圖



のである。自由面が 2 個以上になると、1 個の場合に比して著しく効果を増すのであつて、單位容積の岩石を爆發するに要する爆薬量は少なくてよいのである。

第 146 圖



2. 自由面の大小

第 146 圖の様な坑の奥端で自由面 1 個の爆破を行ふ時、自由面の大きさが充分大きければ oa, ob の方向に破碎される筈であるが、自由面が小さい場合には $a' o b'$ の岩石が破碎されるのみである。

3. 岩石の凝集力

4. 岩石の状態

即ち節理、龜裂、成層の有無大小によつて同種の岩石であつても爆薬量は甚しく變化するものである。

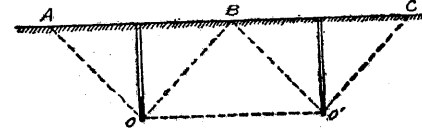
5. 爆薬、雷管の種類

6. 埋め物の有無又は種類

7. 同時に爆發する孔の數と配置

第 147 圖に於て o, o' の二本の孔を各個に爆發すれば $A o B, B o' C$ の二つの圓錐體が破碎される理であるが、 o, o' が同時に爆發すれば二孔の合成効果によつて、 $A o o' c$ の岩石が全體破碎される。

第 147 圖



8. 岩石の切崩される方向

上部に向つて破碎される場合、即ち下げ孔の爆破では岩石の重量は爆破の力に反對するが、岩石が下方に向つて切り崩される場合、即ち上げ孔の場合には爆破の力を援ける事になるので其

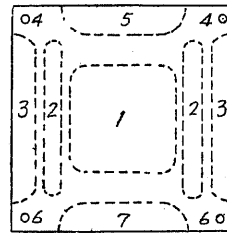
の効果が相異なる。従つて岩石の比重も関係する理である。

9. 爆破孔の大きさと形状

爆破孔の奥端に近く爆薬を集中する事が出来る程爆破効果は多い。従つて爆破孔の径が大で装薬部の断面が大きい程効果は大である。

以上の様な複雑な条件を全部考慮に入れた一つの算式を造る事は不可能な事である。それ故実際の作業には過去の経験、実績によつて判断をする外はない。普通爆薬量を定めるには先づ心抜き孔の中へ適当な量を装薬して試験して見る。この量は軟岩から硬岩に至るに従つて爆破坑の深さの $\frac{1}{4}$ 乃至 $\frac{1}{2}$ 位を適當とする。数回の試験で心抜き爆破が孔尻を残さず完全に爆破される適量を求めると、それによつて其の他の孔の爆薬量は大体定まるのである。心抜き孔1孔の装薬量を1として他の孔の装薬量の割合を二三の實例から求めると第57表の様である。(第148圖参照)

第148圖



第57表

	宮		下久野		石北		第1湯楡會	
	爆薬量	割合	爆薬量	割合	爆薬量	割合	爆薬量	割合
1.心抜き	(瓦) 875	1	(瓦) 1,250	1	(瓦) 1,075 1,325	1	(瓦) 1250	1
2.助け	625	0.7	750	0.6	825 1,075	0.8	750	0.6
3.拂ひ	750	0.85	750	0.6	825 1,075	0.75	625	0.5
4.冠りの隅	750	0.85	750	0.6	1,075	0.9	750	0.6
5.冠りの中	625	0.7	500	0.4	950 1,075	0.8	500	0.4
6.踏への隅	1,250	1.4	750	0.6	1,200 1,325	1.05	1,000	0.8
7.踏への中	1,000	1.15	500	0.4	1,075	0.9	1,000	0.8
加脊(米)	2.6 × 2.3		3.0 × 2.5		4.0 × 3.0		3.6 × 3.0	
孔深(米)	1.5		1.4		1.8		1.8	

一般に四隅の孔及び踏への孔は他の助け孔よりも多く装薬するのが普通である。

又爆薬量は發破によつて生ずる礫片の大きさに関係があつて、量の多い程礫は細片となる。爆薬を節約した爲めに大塊の礫を生じて、これを運搬車に積み込むのに困難をしたり、更らに小割の發破をかける必要が起つたりすれば、反つて其の方面で多額の費用を要する事となるので、

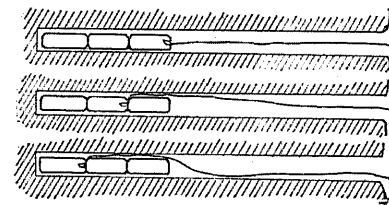
礫の大きさも考慮に入れて爆薬量を定める事が肝要である。何れにしても新しい地質に遭遇して爆薬量を定める試験をする場合は、最初や不足と思はれる程度から始めて適量を求めるべきで、最初や過量に装薬すると其の量を減じて實施する事は技術者が特に嚴重に監督せざる限り困難である。

以上は主として機械掘りの深孔について述べたのであるが、手掘りの場合には一個一個の孔について岩石の目を見て定めるのであつて甚だ不規則であるが、孔が浅く少部分づつ爆破するので前の發破の成績を見て次の發破の見當が付き易い。

2. 爆破作業

鑿岩を終つたら直に爆破作業にかかるのである。穿孔をよく掃除した後ダイナマイトを一本づつ木製の込棒で孔の奥へ押し込み、各薬包の間は空隙を残さない様に、又は異物の挟らない様に装填し、最後に豫め雷管を取り付けたダイナマイトを押し込む。この雷管付きのダイナマイトを俗に親ダイと稱し、初めに入れた雷管のつかないダイナマイトを増しダイと云つて居る。又往々ダイナマイトの不發を防ぐ目的で親ダイを最も奥へ入れたたり又は孔の中央部に入れ

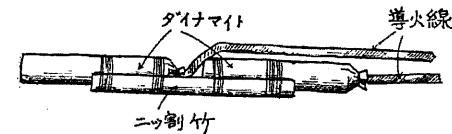
第149圖



たりする事がある。これ等は雷管の位置によつて尻管又は中管と呼ばれて居て、導火線の不完全の爲めダイナマイトを燃焼させる危険があるから絶対に避けなければならぬ。電氣雷管を用ふる時は孔奥から約 $\frac{1}{3}$ の個所に親ダイを装置するのが普通である。

又湧水の多い個所の踏えには二本みちびと稱して親ダイを2個装填して不發を防ぐ場合がある。欽明路隧道で用ひた方法は第150圖の様

第150圖



に割竹に2個の親ダイを結び付けて導火線の長さを同じにし同時に點火する事にして居る。かくして爆薬を装填したら孔の残りの部分を濕つた粘土、砂其の他の材料で充填する。隧道

工事ではよくこの填塞を施さずに作業する事があるが、填塞をした方が効果があるので、なるべくこれを施す方がよい。特に比較的弱いダイナマイトを用ふる場合は必要である。現今最も多く使用されて居る填塞物は、ダイナマイトと殆ど同形の濕粘土であつて、これは豫め坑外で澤山作つて置いて必要なだけ爆薬類と共に搬入するのである。又填塞物として水を用ふる事が

あるが、下向きの孔には便利で効果もよいが水平又は上向きの孔には用ひる事が出来ない。

今櫻級のダイナマイトを用ひて行つた圓筒試験の結果を示せば次の如くである。但しこれは砂を以て填塞した場合を100としたものである。

填塞の種類	ナシ	砂	水	粘土	セメント
爆破の威力	46	100	110	114	115

これを見ると填塞物のない場合はそれらのある場合の半分以下の威力しか示さない事になるが、實際の爆破に於てはそれ程の違ひはないので、填塞のある方が結果がよいと云ふ程度である。プラスチックゼラチンを用ふる時などは殆んど相異を認め得ない程度である。

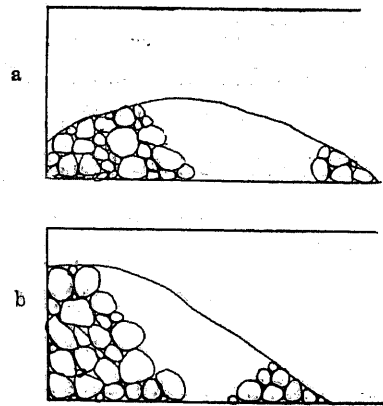
さて爆破作業は先づ心抜孔から始める。心抜孔の各を上述の方法で完全に装填を終つたら、導火線を用ふる場合には手早く各導火線に点火して安全な場所まで退き爆破の終るのを待つのである。この際爆音の數と穿孔の數とが一致するかどうかを注意して聞きわけの必要がある。

又電氣雷管を用ふる場合には脚線の連絡、母線の結線等をよく検査して安全區域に退いて導通試験器で回線の接続が完全であるか否かを試験する。そして總てが手落ちなく準備が出来た事を確認してから初めて点火器と母線との連結をする。そして電流を送つて爆破が終つたら直ちに母線と点火器との接続を断つのである。

最後の爆音を聞いてから10分以上を經過して再び坑奥に入つて心抜き効果を検する。そしてこれが豫定の効果がなかつた場合には其の部分だけ再發を行ふ事がある。前にも述べた如く心抜發破の効果は他の發破の効果を支配するからである。

心抜發破で豫定の進行を得たら直ちに他の發破に着手するのである。拂ひ發破も一定の順序で爆發する様導火線の長さで加減して装填し、心抜の場合と同様点火して後退する。拂ひの發

第 151 圖



破は場合によつては二回又は三回に分けて作業する事もある。例へば冠りと助けを第一回とし踏えの發破を最後に行ふ様な場合である。又かくの如く數回に分けて爆發する事は時間の不經濟であるから、心抜拂ひ共同時に点火する場合もあるがこの場合心抜發破の不成功の爲め全體の爆破効果を不成績に終らしめる事が往々ある。

又時には心抜發破の効果が岩石の節理龜裂等の爲め豫想しない個所まで及んで、そこに既に装填された爆薬を不發のまま抜き出したり、又は導火線を中途から

切斷したりして不發のダイナマイトが礫に混入する原因となる。特に親ダイナマイトが礫の中に混入する事は危険である。

欽明路隧道では心抜と踏えを第一回に爆破して、其の結果を見て他の爆破孔の装填を行つて不發ダイナマイトの數を非常に減じ爆薬量の節約にもなつた。

デレー雷管を用ふる時は心抜に普通の電氣雷管を用ひ、以下2號4號6號と順次遅れて爆發する様装備し、全部同時に点火するのが普通である。

爆破孔の爆破順序はその効果に大きな影響があると同時に爆破後の礫の堆積の状態に關係がある。礫が切端から少しく離れて堆積して居る様な状態であると、次の鑿岩作業を開始するまでの時間は短くてすむが第151圖bの様に切端の側に大部分集つて居る様な場合にはこの礫を片づけて鑿岩作業を始めるまでに長時間を要する。

第 5 節 礫 搬 出

1. 礫 の 増 加

岩石又は土砂は之れを掘鑿して礫とする一般に甚しく其の容量を増すのである。又隧道掘鑿では幾分の餘掘りも避けられないので、これによつても礫の量は地山の容積に比して増加するのである。而も運搬車の内部で生ずる空隙の爲め、これを運搬車臺數に換算する時はなほ多くの割増を見込まなければならない。

木次線下久野隧道の調査によると、爆發した後の礫が自然状態の地山の數量に對し70%の増加を示して居る。其中餘掘りによるもの10%破碎された爲の増加60%である。トロリーに積み込んだものはなほ40%の空隙を生じて結局トロリー臺數は139%を増加したのである。

	トロリー容積	礫の増加	地山1立米のトロリー臺數	トロリー1臺地山の積載量
鐵製鍋トロリー	m ³ 0.90	70%	台 2.65	m ³ 0.38
木製臺トロリー	0.85	70%	2.81	0.36
平均	0.88		2.73	0.37

礫の増加率は地質、礫の大きさ、積込みの方法等によつて變化するもので、硬い火成岩で礫が大きい場合は増加率も多い。又手積みの場合は機械積に比して充分積込みが出来ないのでやゝ多くの運搬車臺數を要する。一般に底設導坑、中脊等は餘掘りが少いので増加率は比較的少なく、天端、丸形、土平等は多いと考へてよい。礫の増加率を數個の隧道の統計から見ると第58表の如きものである。

第 58 表

隧道名	個所	地質	積込方法	運搬車容量	地山 1m ³ につき		増加率
					臺數	容量×臺數	
欽明路 第1湯檜會 清久水野 下同	導坑 同 同 同	石礫片岩 閃綠岩 花崗岩	機械ショベル 〃 〃 手積	1.1	1.54	1.69	0.69
				1.1	1.67	1.84	0.84
				1.1	1.99	2.19	1.19
				0.88	2.30	2.02	1.02
第1飛鳥飛鳥口 同折戸口 同北折戸口 第1飛鳥折戸口 下同	天端 中春	硬砂岩、硅岩 硬砂岩、硅岩 頁岩、粘板岩 硬砂岩、硅岩	機械ショベル積 〃 〃 〃	0.90	2.07	1.86	0.86
				0.90	1.99	1.79	0.79
				1.1	1.26	1.39	0.39
				0.90	2.80	2.52	1.52
同同同 第1飛鳥 同同 石北上川口	土平 同水 下同 全断面	〃 〃 〃 頁岩、粘板岩 石礫片岩	手積み 〃 〃 手積及落とし積 機械ショベル及び落とし積	0.90	4.74	4.27	3.27
				0.90	2.36	2.12	1.12
				0.90	2.26	2.03	1.03
				0.90	2.52	2.27	1.27
同第1湯檜會 下同	同切 同擴 全断面	閃綠岩 花崗岩	手積及落とし積 〃 〃 〃	1.1	1.87	2.06	1.06
				1.1	3.00	3.30	2.30
				0.88	2.73	2.40	1.40

2. 礪の積込

爆破作業が終つて煙が抜けると礪出作業が開始される。此の際爆破によつて生じた浮石を注意して落さなければならない。これを怠ると作業中に天井からの落石で不慮の事故を起す事がある。出来るだけ早く次の鑿岩作業を始める事が出来る様にする爲めには、切端の礪を一時後方にはねて鑿岩組の作業をする餘地を作るのである。これを礪刎作業と稱し 2.5m×2.5m 位の加脊では二人又は三人を要する。

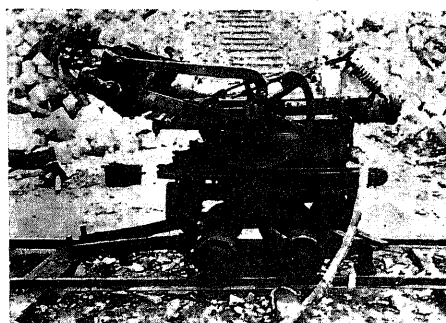
此の際特に大塊の礪は小割りする必要がある。それには石工が玄能で割る場合、浅い爆破孔を削つて爆破する場合、爆薬を岩石に結びつけて爆破する場合等がある。最後の場合を張付け爆破と稱する。

礪刎作業と同時に礪を運搬車に積み込む作業をするのであるが、これは人力のみによる所謂手積みの場合と機械を用ふる機械積の場合とある。

(a) 手積

手積の場合にはショベル、ホッパ、鐵製手箕等を用ひて礪を運搬車に刎込込むのであるが、普通二人掛りで 0.8 立方メートルの運搬車に積み込むに 10 分乃至 15 分を要する。そして空の運搬車と積終つた運搬車とを互換する操車時間を入れると一時間約 3 臺位と考へればよい。手積作業をする時は爆破の前に導坑切端より 6 米位の間に豫め鐵板を敷いて置いて礪がこの鐵板の上

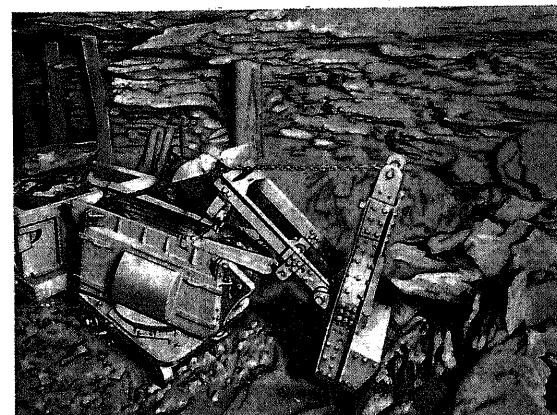
第 152 圖



第 153 圖



第 154 圖



にたまる様にするにショベルですくふ作業が楽である。この場合には鐵板は切端に近い方から敷きはじめ、最後に鐵板の上に礪を少しのせて押へて置かないと發破の際吹き飛ばされる虞れがある。

(b) 機械ショベル

導坑又は小型隧道用の機械ショベルは特に小型に造られたもので、壓搾空氣又は電氣を動力とする。我が國で用ひられたものは Armstrong shuveloader (第 152 圖及び 153 圖) Hoar shovel (第 154 圖), Conway shovel (第 155 圖) Myers Wholey shovel (第 156 圖) 等であつて、ディッパの容量は 0.1 乃至 0.2m³ を普通とする。

マイヤーホーレーショベルは壓搾空氣を動力とするものと電氣を動力とするものと二種あるが、一般に空氣を動力とするものは運轉費が高

價で騒音が激しいので、現在では電氣を動力とするもののみが用ひられて居る。共に第 156 圖に示す様にディッパで礪をすくひ上げ、これをベルトコンベヤーの上に落しこれによつて後方にある運搬車の上まで運んで落とし込むのである。このコンベヤーは左右へ各々 20 度づつ振り廻す事が出来るので、複線の場合にはどちらの線へも積込む事が出来る。

Hoar shovel はディッパで礪をすくつてから機械の上半部を水平に廻轉させて横又は後方にある運搬車に積み込む事が出来る。清水隧道南口ではこのショベルも利用されたが使用期間が短かつたので充分の能率を擧げるに至らずして工事が終つた。

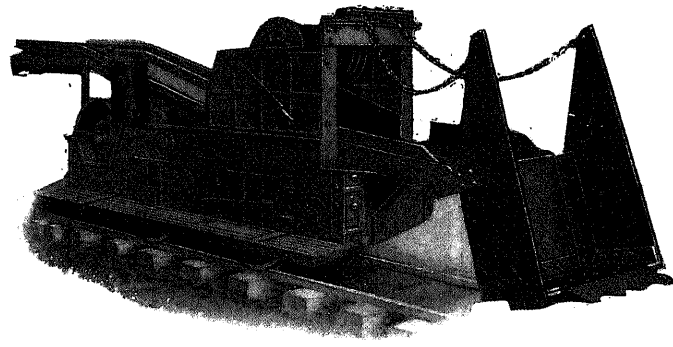
Armstrong shuveloader は壓搾空氣を動力として、ディッパで礪をすくつたら其のまゝ上

へ持ち上げ、自分自身の上を越して後部にある運搬車に積み込むのである。

Conway shovel は第155圖の様にコンベヤーを用いたもので20乃至50馬力の電動機によつて運轉されるものと30馬力の空気機関によつて運轉されるものがある。我が國では水力電氣の隧道に用ひられた例はあるが十分に能率を擧げるに至らず廢せられたようである。

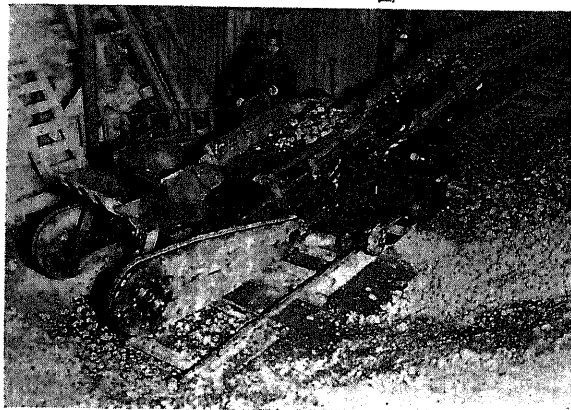
我が國では二三の隧道をのぞいてはこの種の機械ショベルの活用に成功しなかつたが、最近では取扱ひに上達した爲め好成績を擧げるようになった。失敗の原因は主として運轉技術の練習不足であつて、上越線第一湯檜會隧道でアームストロングショベルの運轉手は機

第 155 圖



械工より採用して6ヶ月乃至10ヶ月間練習の後始めて一人前の運轉手とする事が出来た。この際用ひたものはショペローダー11型と云つて第152圖に示すもので長さ180糎、幅120糎、高120糎、軌間76糎であつた。この機械を用ふる爲の加脊の最小限は高さ240糎、幅200

第 156 圖



糎である。作業に要した人員はショペローダー1臺運轉の際は運轉手1名、助手2名、運搬車操車係2名で、2臺同時に運轉する時は運轉手2名、助手2名操車係4名である。

この人員で作業して1時間平均40立方呎の鐵製鍋形トロリー5臺乃至7.5臺を積み込む事が出来て、手積の場合に比して1.3倍乃至2倍の能率を示した。空氣の消費量は運轉の

各階梯で相異なるが、最大の瞬間に240 cub. ft./min. で、一坪の礫を積込むのに1圓50錢の空氣費を要した。

木次線下久野隧道でアームストロングショペローダーを用ひた時の一立方米當り手積と機械

積との比較は下表に示す様に機械積の方が幾分高價である。

導坑礫の手積とアームストロングショペローダー積との比較
1立方米當り積込費

	工 費	消耗品費	修繕費	空氣費	償却費	計
	圓	圓	圓	圓	圓	圓
手 積	0.87	0.30	—	—	—	1.17
アームストロングショペローダー積	0.62	0.10	0.10	0.39	0.21	1.42

マイヤーホーレーショベルは大正9年米國から輸入されて、最初上越南線棚下隧道で試験的に使用された。次に清水隧道で使用されたが、運轉技術の不熟練の爲め思はずの成績を擧げるに至らず、坑外の混凝土用碎石の積み込み等に使用して居たのであるが、昭和4年3月以降清水隧道の導坑で連續使用を始め、好成績を擧げるに至つた。ここで用ひた機械の機能は次の如くである。(第59表)

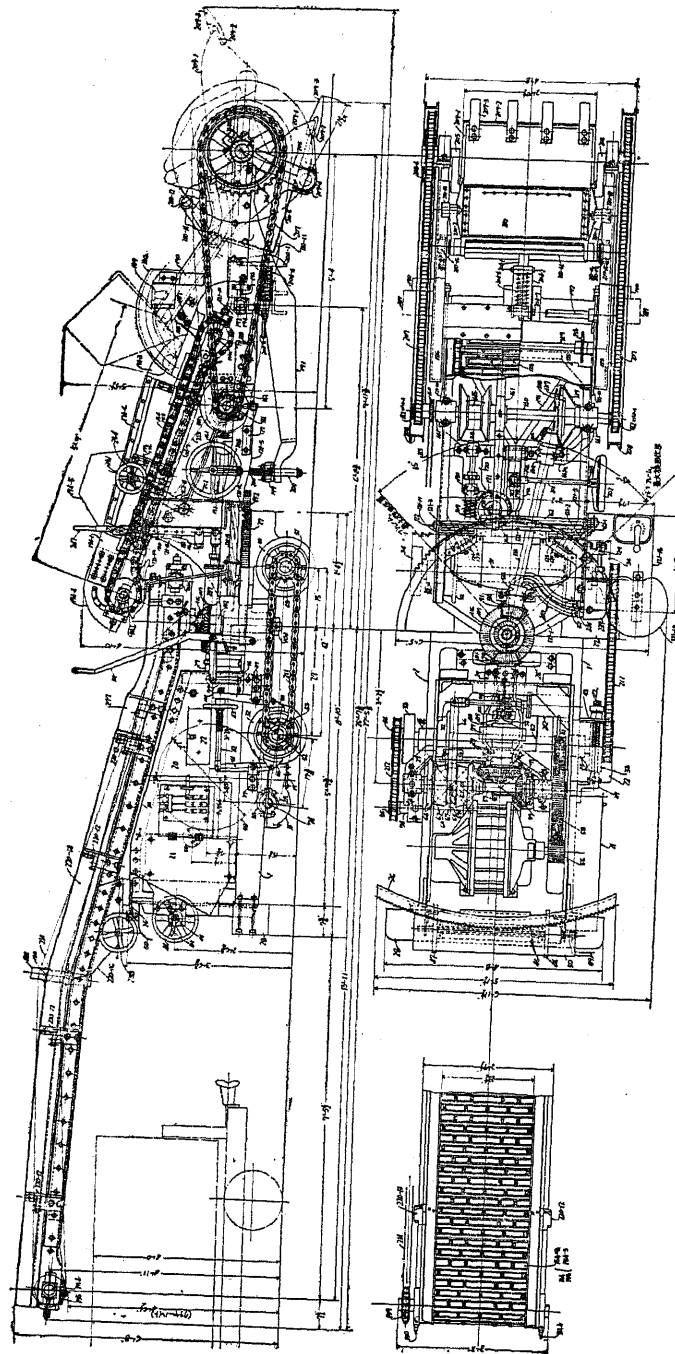
第 59 表
マイヤーホーレーショベリングマシン 機能

全 重 量	8,400kg	運 轉 整 備	フロンコンベヤ 速度	19.2 m
全 長	—	8.4 m	リヤコンベヤ 速度	39.6
全 高	—	2.0	機 械 進 行 速 度	18.
ゲ ー ジ	—	0.76	電 動 機	三相交流誘導電動機
ホ キ ル ベ ー ス	—	1.07		30 HP 220V
容 積	1.3 立方米	毎 分		60-1145 Y.P.M.
バ ケ ッ ト 回 轉 數	—	13 毎 分		

導坑の發破後約20分を經過した時、切端から100呎手前の壓搾空氣管から壓搾空氣を吹かせて煙を押し出してから浮石を落す。一方ショベルを後方の待避所から移動して礫積作業を開始する。一回の礫量は平均42立方米でトロリー約35臺であつたが、線路延し其の他の空費時間を入れて約3時間で全部の礫積みを了した。而して1臺の積込み時間は平均2分25秒である。

これに要した作業人員は

マイヤーホーレー運轉手	1 名
同 助 手	1
ポ イ ン ト 掛	1
線 路 掛	1
操 車 掛	8
世 話 掛	1
計	13



第 157 圖
マイヤーホーシヨベール

外に線路工手1名であつた。

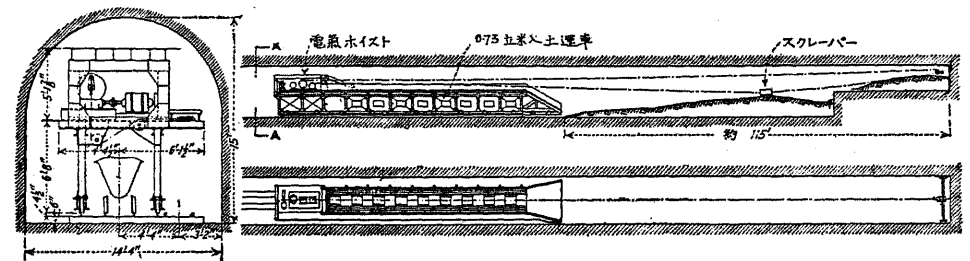
續いて高山線宮隧道，岩徳線欽明路隧道に使用されて，運轉技術の熟練，部分品製作及び修理法の研究等相まつて非常によい成績を擧げた。今後の長大隧道にはこの種の礮積機が必ず用ひられるものと思はれる。欽明路隧道では石墨片岩，珪岩，千枚岩で少量の湧水があり導坑の加脊は2.70m×4.00mで礮運搬車は1.1立方メートルの鐵製箱型トロリーである。昭和8年3月分の統計によると次の通りである。

導坑進行	168m	一日平均 5.79m	實働日數 29日
掘鑿出來高	1,814立方メートル	62.5立方メートル	
礮の量	2,180 〃	75.2 〃	
1交代の礮量		25.1 〃	一日三交代
1立方メートル當り礮積込費			
作業用人件費		圓 0.088	
機械修理用人件費		0.359	
物品費		0.390	
動力費		0.034	
計		0.841	

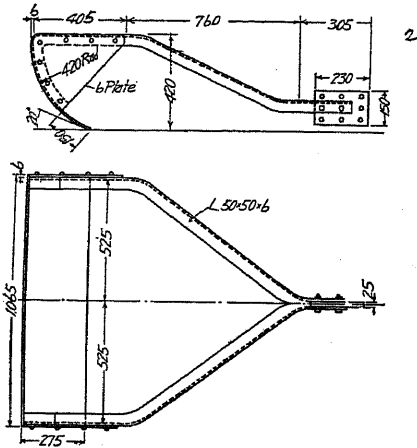
(c.) スクレーパー

此の方法は切端にある礮を，鐵製の Scraper と捲上機を用ひて可動積込臺の上へ掻き揚げ，其の下にある運搬車に落とし込む方法である。第158圖はシカゴ市上水道の隧道に用ひた礮積装置であつて，積込臺の後部に複胴電氣ホイストを設備して，ワイヤーロープとスクレーパーとによつて礮を掻きよせる。積込臺の下には運搬車を押し込んで，小型の電氣ホイストによつて閉閉される漏斗から礮を積み取る。運搬車を積込臺に押し込み又は引き出す作業は別の空氣ホイストによる。この隧道では最初手積みで作業をして居つたが，其の時に1交代に0.76立方メートルの運搬車160臺を出し其の操作に30人を要したが，スクレーパーを使用する様になつて10人で280臺を取扱ふ事が出来る様になつたと云つて居る。(Engineering News Record May 26, 1927 参照)

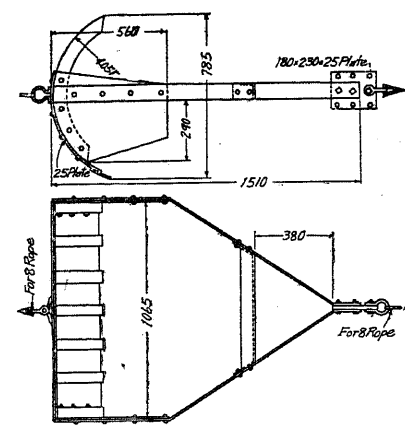
第 158 圖



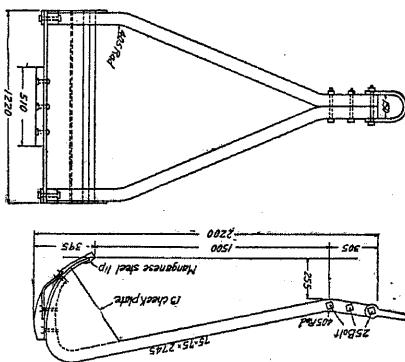
第159圖 其一 軟岩用スクレーパー



第159圖 其二 軟岩用スクレーパー



第159圖 其三 硬岩用スクレーパー



我が國の隧道では未だ實用に供せられた事はないのであるが、大正13年頃清水隧道で頂設導坑の礮を施工基面上にある運搬車へ積み込む目的でスクレーパーと鐵製 Shut を用ひた事がある。其の際はスクレーパーの運轉状態は非常に良好であつたが、Shut の構造其の他に缺點が多かつたので短時日の試験の後廢棄せられた。然し積込臺を用ふる方法なれば相當の成績を擧げる事が出来ると思はれる。

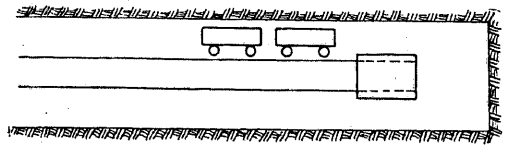
スクレーパーは取扱ふ礮の大きさ、重さ、引き寄せる方向等によつて種々な形が用ひられる。159圖は其の一例である。

3. 坑内運搬線

導坑の狭い場所で如何に盈車と空車を入れ換へるかは礮出し作業の速さを支配するもので、相當の考慮を拂はなければならない。

最も普通に用ひられて最も簡単な場合は、第160圖の如く切端の近くに數臺の空車を持つて來て、その壁に立てかけて置いて、最初の一臺が積み終るのを待つのであ

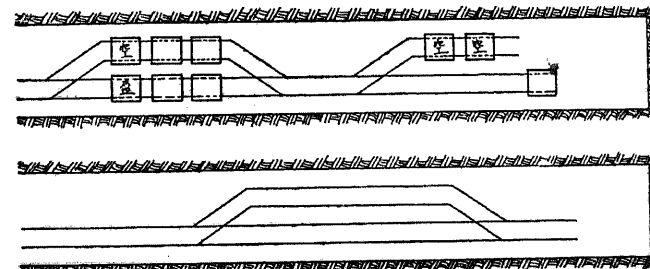
第160圖



る。1臺積み終つて坑外へ向つたら次の空車を倒して線路にのせて切端に押し込む。この場合作業の邪魔にならない場所を選んで待避線を設け、數臺の盈車と空車の行き違ひをするのが普通である。木製の臺トローリーで簡単に壁に立てかける事が出来る時はこの方法を用ふる事が出来るが、鍋トローリーや少しく大型のトローリーを用ふる場合には適用する事は出来ない。

石北線の石北隧道で用ひた方法は、切端に近く突込線を設け一時これに空車を待避させ、導坑が進行するにつれてこれを延長して次の待避線を作

第161圖 石北隧道導坑配線

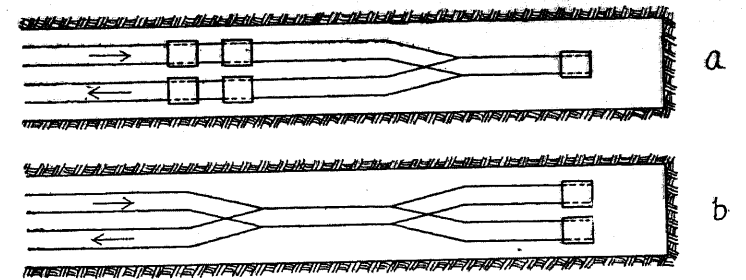


坑が進行するにつれてこれを延長して次の待避線を作つた。第161圖aは突込線を用ひて居る時で b は突込線が延びて待避線が完成した状態である。

清水隧道北口では切端から約100米手前に待避線を設け、進行につれてこの待避線を移動したのである。

導坑の幅が狭い場合には線路を複線とすれば操車は便利である。上越南線第一湯楡會隧道では導坑の幅が12呎であつたので、第162圖 a

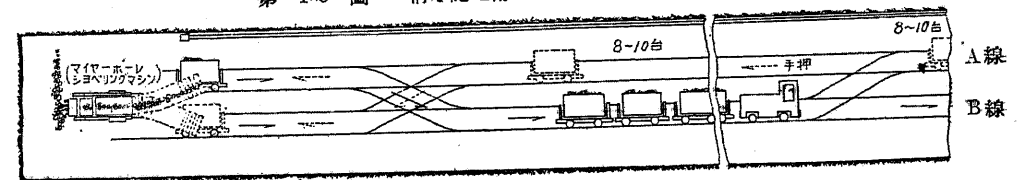
第162圖 第1湯楡會隧道導坑配線



又は b の様に配線した。a の場合は1臺づつ積み込み b の場合は2臺同時に積み込むのである。

清水隧道南口では昭和4年からマイヤーホーラー礮積機を用ふる爲に配線を変更して、第163圖の如く4本の軌條を各2'-6" 間隔に敷設し、兩側の線路は礮運搬線として中央の2線を礮積

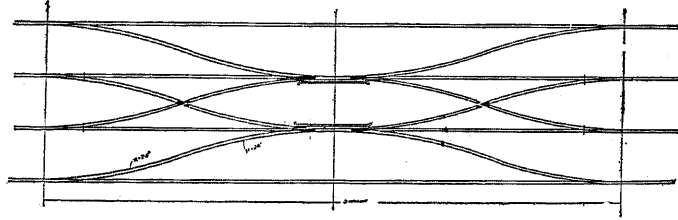
第163圖 清水隧道南口導坑礮出機使用礮出操車



機の運轉に用ひた。礮積はA線B線交互に積み込んで、積み終つた盈車はB線に入れて置いて10輛になると蓄電池機關車が之を牽いて覆工完成部分の架空電車連絡個所まで運搬する。

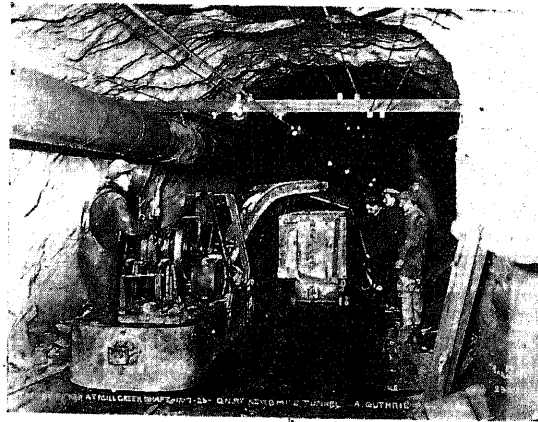
こゝに 30 輛にまると
架空線電気機関車で坑外
に搬出するのである。こ
の作業をする爲めに第
164 圖の様な特別のポ
イントを作つて使用したの
である。

第 164 圖 マイヤーホーラーダブルS式スイッチポイント

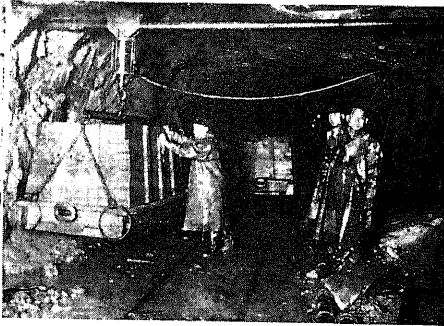


又待避線から空車を本線に移す時間を短縮する爲めに、小型のクレーン又はホイストを用ひて空車をつり上げて入換へをする場合もある。第 165 圖は米國の新カスケード隧道で用ひたクレ

第 165 圖 新カスケード隧道に於ける小型クレーン

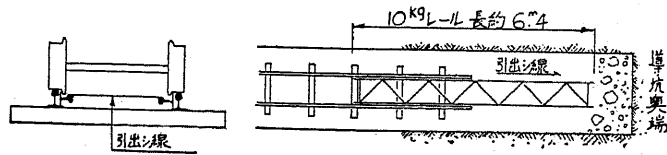


第 166 圖 清水隧道北口のホイストによる入換作業



ーンで、第 166 圖は清水隧道北口で用ひたホイストである。清水隧道で用ひたものは小型の空気ホイストで、運搬車を吊り上げて線路の外へ出し、空車の通過後線路上にもどして切端へ送るのである。この作業は人夫 1 人で樂に扱へて 1 回の吊上げに要する時間は 1 分以下であつた。

第 167 圖



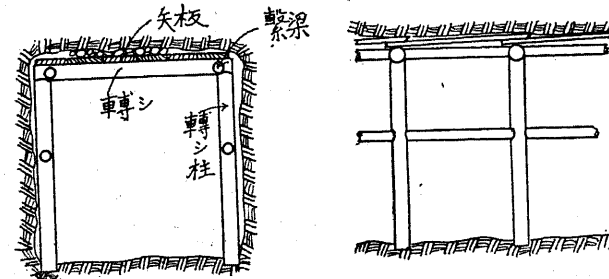
導坑の奥端にある軌條
は掘鑿の進行につれて發
破毎に延長する必要がある
ので、數種の短尺軌條
を用意して必要に應じ適

當な長さのものと交換して行くのであるが、この手数を省く爲め第 167 圖の如く軌條を組立て所謂引き出し線を作つて必要によつて内側の軌條を引き出す様にする事もある。

第 6 節 導坑の支保工

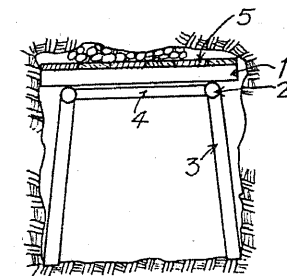
我が國の隧道支保工は殆んど全部生松丸太と松板で施され、稀れに鐵材による場合がある。岩石隧道の導坑は支保工を要しない場合が多いのであるが、岩石に割目の多い場合などに天端からの落石を防ぐ爲め第 168 圖又は第 169 圖の様な簡単な普請をする。この場合には支保工

第 168 圖



は掘鑿作業の後から續いて行け
ばよいので、掘鑿後數時間又は
數日間は掘りはなしである。か
くの如く掘鑿後一時掘り放しに
して後で支保工を組み立てて行
くのを後普請と云ふ。第 168 圖
に隠すものは主として、小型
道にして將來切り擴げる要なき

第 169 圖



所、又はより複雑なる支保工を組み立てるまでの假支保工とし
て用ひられ、天井に横に渡した丸太をころがしと云ひ、徑 15
糎乃至 18 糎の松丸太である。それを受ける柱を轉し柱又は導坑
柱と稱し太さは轉しと同じく 15 糎乃至 18 糎である。轉しと柱
とより成る枠は 1.8 米毎位に建て込み、轉しの上に矢板を敷き
並べてその上に礪をつめて裏込めとする。丸太材の接合部は鋸
止めとす。

第 169 圖は最も普通に用もられる型で導坑の加背を 2.1m × 2.1m (7' × 7') とし、この支保工
を 1.8 米間に設けるものとして各部材の名稱と大きさを示せば第 60 表の如くである。

第 60 表

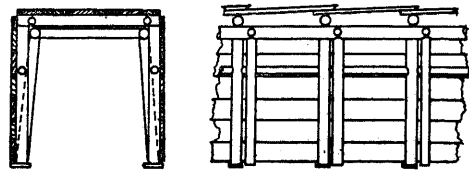
名 稱	寸	法	數	量
1. 轉	18 cm × 2.1 m		2	本
2. 擔	18 cm × 4.0 m		2	本
3. 擔 柱	18 cm × 1.8 m		4	本
4. 擔 内 梁	12 cm × 1.8 m		2	本
5. 矢 板	3 cm × 30 cm × 1.8 m		14	枚
鋸	13 mm × 23 cm		24	本

地質がより軟弱になつて導坑の側面からも
土砂が崩壊する様な場合は第 170 圖の様に轉
し柱の外側に横矢板を入れてこれを押へる。
1.2 米間隔に此の枠を組み立てるものとし
3 徑間分の材料を舉げれば第 61 表の様な
る。

第 6 1 表

名 稱	形 状	數 量
1. 轉	18 cm × 2.1 m	3本
2. 轉 柱	18 cm × 2.1 m	6
3. 擔	21 cm × 4.0 m	2
4. 擔 柱	18 cm × 1.8 m	6
5. 繫 梁	12 cm × 1.2 m	12
6. 内 梁	12 cm × 1.5 m	3
7. 矢 板	35 mm × 30 × 1.2 m	63
8. 鍮	13 mm × 23 cm	60

第 170 圖 導坑支保工



この支保工を組み建てるには掘鑿後直ちに轉を横へ轉柱を建て天井及び横矢板を並べて、壓力が平均等に分布する様に礪を以て裏込めを施す。

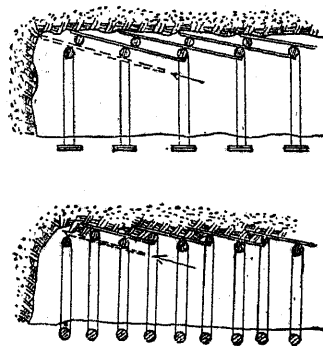
この作業が3枠乃至6枠進行した時に檐を入れて、檐柱を建てるのである。もし柱の下になる部分が軟弱で柱が沈下する時は、柱の下に適當な皿板を入れる必要がある。

此等の支保工は垂直の荷重に対しては相當丈夫であるが、隧道軸の方向に壓力を受けると將棋倒しに押し倒される事がある。これを防ぐ爲め坑口にはやらずを施し支保工の上に土俵を積

第 171 圖 坑口に於ける導坑支保工



第 162 圖 導坑縫地

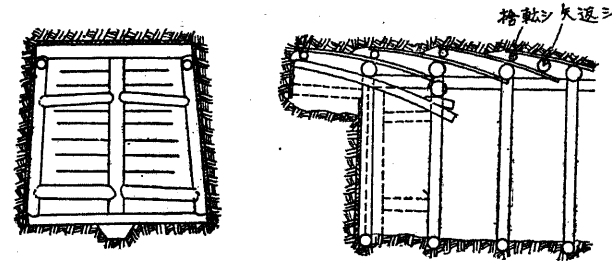


んで垂直荷重を加へる必要がある。第171圖は其の實例である。

更らに地質が悪く、一時でも掘り放しにするると土砂が崩壊する様な場所では上に述べた方法による事は出来ない。そこで第172圖に示す様に、既に完成された部分の轉の上端へ矢板を差し込み、槌を以てこれを地山の中へ打ち込むのである。全部の矢板を打ち込み終つてから其の下の部分の土砂を掘り出し、矢板の終端に轉を入れてこれを適當の長さの假柱で受け、掘鑿の進むに従つて假柱を長いものと取り替へ、遂に設計の長さの轉し柱を建てるのである。この方法で出來た矢板の構造を縫地と稱する。導坑の側壁が崩壊する場合は横矢板もこれと同じ方法で轉柱の外側に打ち込み、縫地を作つてから掘鑿をする。

なほ一層地質が軟弱な場合には導坑正面から土砂が押し出して來るので、この場合には正面にも土留めを施さなければならない。

第 173 圖 久大東線槐木隧道導坑土留矢板施工



第173圖はその一例で土留板で正面の土砂の押し出すのを防いで掘鑿と共に土留板を前方へ移して行くのである。この作業をするには、先づ天井矢板及横矢板を打ち込んだ後正面の土留板を上から一枚取りはずし、板の下の僅かの土砂を掻き出して其の奥へ土留板を入れ、矢板の端を捨轉しと天秤で押へる。次に二枚目の土留板を取りはずし、前と同様な方法でこれを奥へ移し、次第に全部の土留を移築する。次に轉しと轉柱を施し次に打ち込むべき矢板を轉しの上端に押し込んで天秤をはづし、矢板を打ち込んで次の間の作業をするのである。

導坑の幅が廣く而も土壓が強くて土留板を一枚づつ奥へ移す事が困難の場合には轉を据える個所の土砂を掘り出し假柱で支へ、次に轉し柱を建てる部分だけ抜き掘りして次第に本柱に取り換へる方法をとる事もある。第174圖は熱海線丹那隧道東口で施行した抜き掘りの實況である。

特別に重壓を受ける個所になると松丸太では如何に太いものを使つても折られて終つて用をなさない場合がある。その場合には鐵材等を用ひて特殊の支保工を設計する必要がある。

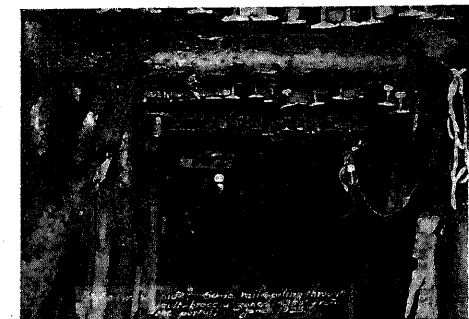
丹那隧道西口 4950 呎附近の斷層を通過した時に用ひられた支保工は其の一例である。此の個所は最初中途まで松材の支保工を用ひて掘り進み 4,940 呎の個所まで進行した時に土壓次第に加はつて高壓の湧水と共に多量の土砂が流出し、切端から約 30 呎程は支保工倒壊し坑道は泥土で埋められて終つたので手前の補強と假下水の改築を行つた後崩壊ししから約 3 ヶ月を経て復舊に着手し、少しく掘り進んだ時土壓益々加はつて 2 寸厚の矢板も折られる様になつたので、矢板の代りに松丸太の矢木の先に鐵脊を嵌めたものを打ち込んだ處が今度は矢木が轉しに

第 174 圖 轉柱の抜掘建込

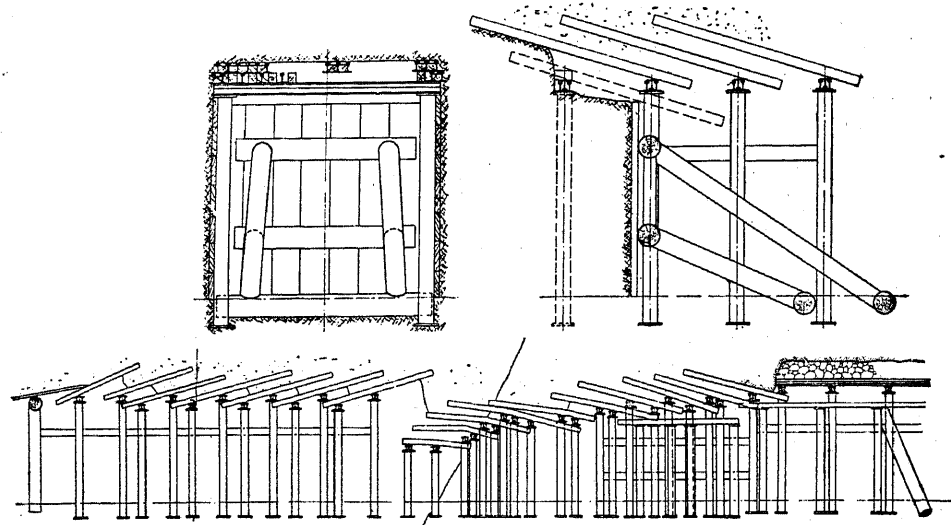
第 174 圖 轉柱の抜掘建込



第 175 圖



第 176 圖 熱海線丹那隧道西口 4,950 呎附近斷層箇所底設導坑鐵製支保工の圖



喰ひ込んで轉しが折損する状態となつた。そこで第 175 圖、176 圖の様に轉の代りに 75 封度軌條各 3 本を組合せ其の兩端近くを 2 本のボルトで綴じたものを用ひ、柱には内徑 6 吋の引拔鋼管を建て、矢木の代りに 60 封度軌條の先端を尖らしたものを打込み、支保工間隔を 3 呎として掘り進めた。然し少し進むとこれでも土壓に依つて柱が曲げられるので、鐵管の内に更らに 1 本の鐵管を入れて 2 重とし、頭部と底部には厚さ 1/2 吋の鐵板を取りつけたが、それでも尙ほ彎曲又は折損するので、遂には鐵管の内部を混凝土で充填し且つ添柱を以て補強したが、矢先が押し曲げられて加脊が次第に小さくなり、4,938 呎に到つて加脊縮小の爲め掘進不能となつた。(大正 12 年 1 月)

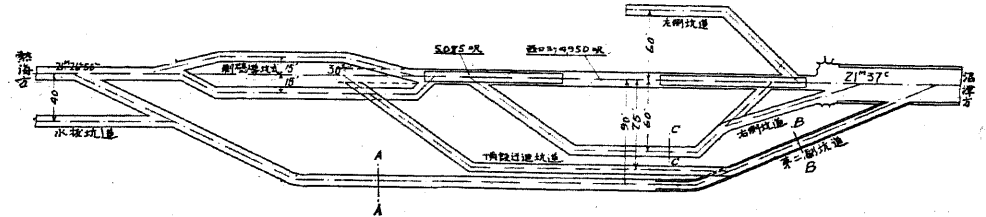
それ以來湧水を抜く事とこの斷層を迂迴して脊面に達する事を目的として、第 177 圖に示す頂設導坑、左側迂迴導坑を掘鑿したが、共に斷層帯の手前で土砂の噴出に會つて掘進不能となり、次に右側迂迴導坑を掘り進め第 178 圖(c)及び第 180 圖は示す様に工形鋼で造つた穹拱形の補強材を導坑普請の内部に入れ、驟雨の如き湧水と戦ひつゝ大正 12 年 6 月 5,075 呎の地點で斷層脊面の本線中心に達した。續いて本線の底設導坑を斷層帯に向つて逆進し再び第 176 圖に示した鐵製支保工の縫地によつて掘り進め、13 年 1 月前に坑口より進んだ底設導坑に貫通した。

然しこの部分の加脊が縮小されて居るので縫ひ返しを行つたが、其の作業中突然大崩壊を起

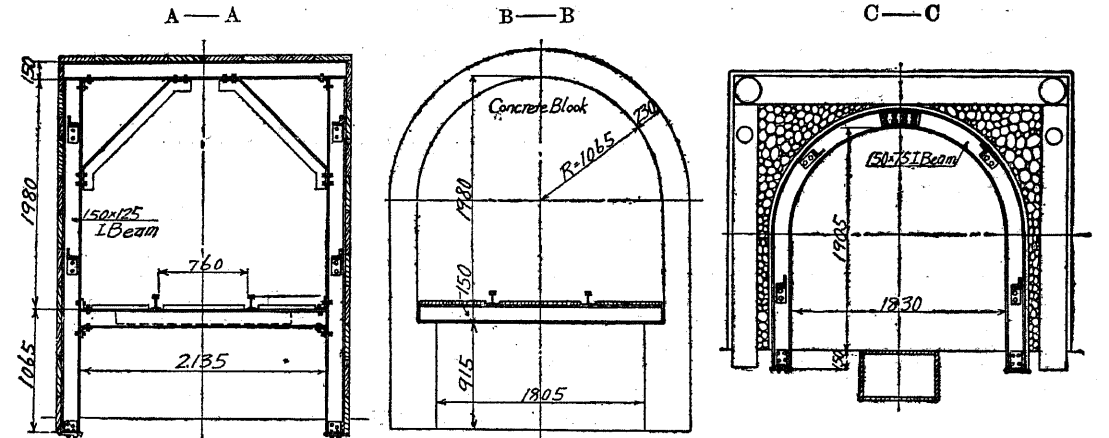
して湧水と共に 600 餘坪の土砂が噴出し、坑導は全部埋没せられ奥に居た従事員 16 名は犠牲となつたのである。

その後第 2 副導坑を掘鑿したがそれに用ひられた支保工は第 178 圖(A)及び(B)である。

第 177 圖 熱海線丹那隧道西口 4,950 呎附近斷層地帯迂迴坑導坑鑿圖



第 178 圖 熱海丹那隧道西口 4950 呎附近斷層箇所迂迴坑道鐵製支保工及屋架工事圖



第 179 圖

第 180 圖

