

カスケード隧道工事の組織的施工……(2)

隧道工事の専門的實際的最近最大の研究資料

鐵道省建設局工事課技師 岡 田 實

カスケード隧道を視察するにつきまして、最も興味を感じました點は次の三點であります。

1. 約 8 哩を云ふ長大な隧道を 3 ヶ年を云ふ短期間に完成する爲には如何なる工事計畫をしてゐるか。
2. 又如何なる機械その他の設備をしてゐるか。
3. 述上表示の如き世界的レコードの導坑掘鑿進行をなした特因は何であるか。

以下此の三點に就て述べたいと思ひます。

【1. 工事計畫】 工事計畫に際し生かして考慮せらるべき要點は次の四點であります。(第 12、13 圖参照)

- (1) 隧道延長 7.78 哩
- (2) 工事期間 3 ヶ年
- (3) 勾配即ち東より西へ向け約 1/60 の下り片勾配。
- (4) 湧水の遭遇。

1. Mill Creek 豎坑

東口から約 2.41 哩の Mill Creek 谷に深さ 659 呎大さ 18 呎×24 呎の豎坑を設けました。

此の豎坑を設けた理由は、一つは隧道延長と工事期間との關係上、兩口の二方だけから工事を進めたのでは間に合はぬから設けたのであります。此の豎坑に依り隧道は 2.41 哩と 5.37 哩の二つに分たれた次第でありまして、實際工事期間を支配する隧道延長は 5.37 哩となりました。他は湧水と勾配との關係上、東口より下り勾配に向ひ掘鑿し、若し湧水に遭遇した場合掘鑿中止の止むなきに至ることも、此豎坑より東に即ち上り勾配に向ひ掘鑿することが出来ません。故に此の豎坑を設けた爲一般には 4 ヶ所から工事を進める事が出来ません。而して

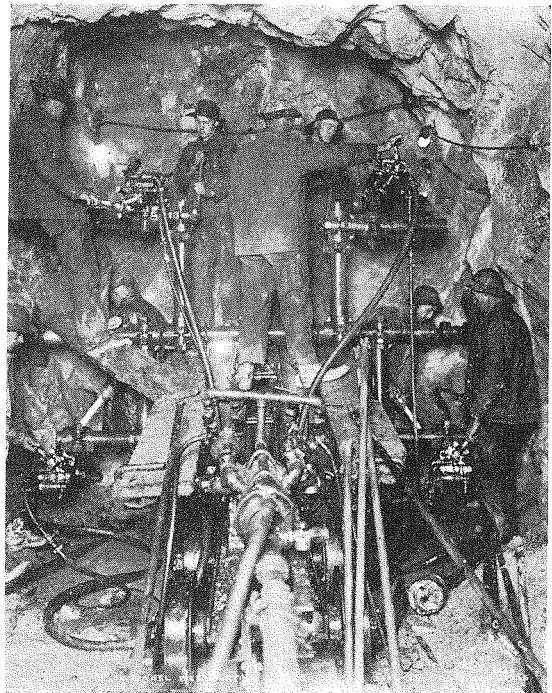
若し湧水多量にて下り勾配に向ひ掘鑿困難の場合には、2 ヶ所から上り勾配に向ひ掘鑿することが出来ません。

2. Tye River 斜坑

西口から 2,279 呎に於て前進隧道面へ、Tye River 谷から延長 233 呎角度 30 度の斜坑を設けました。

之は西口から 800 呎乃至 1,000 呎の距離に於て、非常に軟弱なる地質に遭遇する見込にて其の爲め掘鑿進行を妨げる虞れがあつたので設けた次第であります。

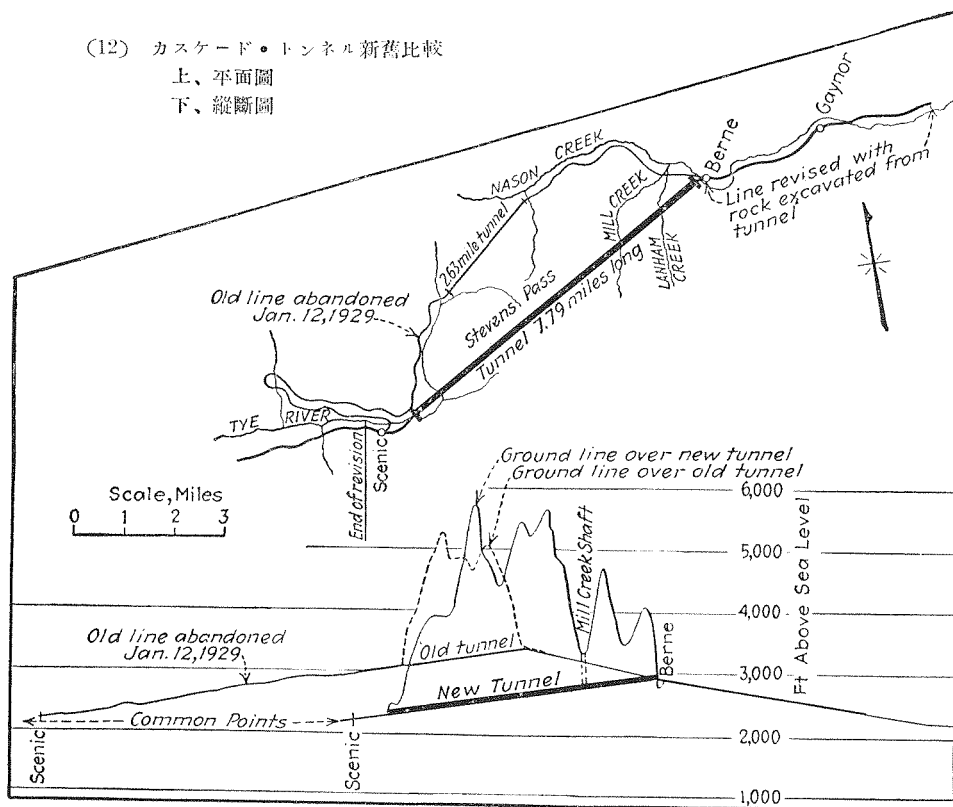
掘鑿の結果は豫想通りでありまして、西口から前進隧道を 2,279 呎掘鑿する間に斜坑から前進隧道を 3,424 呎掘鑿することが出来ました。



(11) カスケード隧道工事鑿岩状況

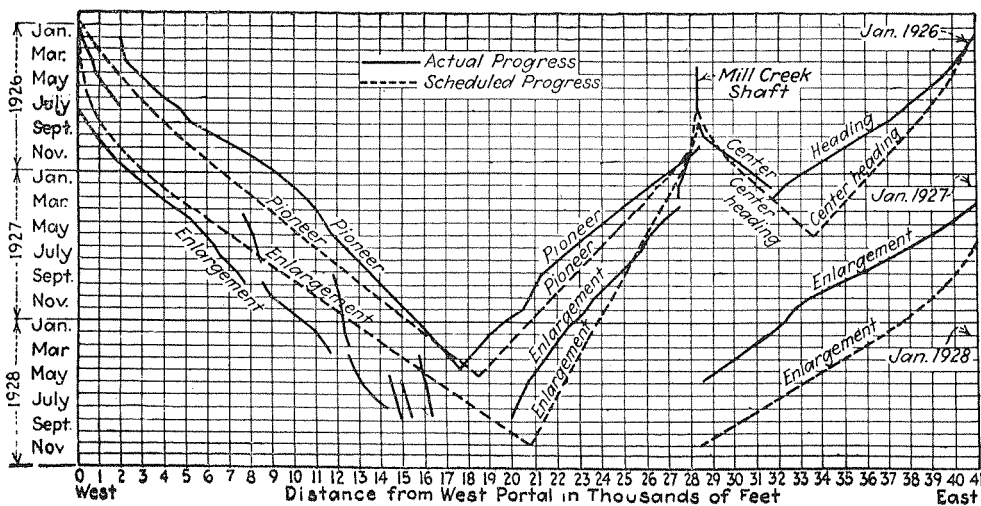
(12) カスケード・トンネル新舊比較

上、平面圖
下、縦斷圖

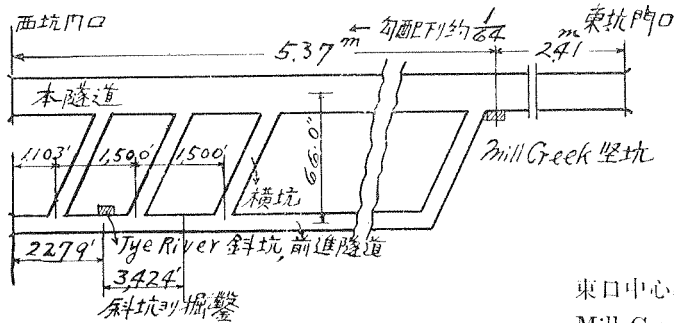


(13) カスケード・トンネル掘鑿進行圖

點線は進行豫定、黒線は實際進行を示す。



(14) 工事計畫圖



覆工は硬花崗岩の所はグアナイトを施し、その他は壓搾空氣に依りコンクリートガンを使用してコンクリート施工を爲す計畫であります。

總括表

大さ着手

東口中心導坑	10呎×10呎	1926年2月8日
Mill Creek 竖坑	8呎×2呎	1926年2月6日
Mill Creek 中心導坑	10呎×10呎	1926年9月13日
Mill Creek 前進隧道	8呎×9呎	1926年10月18日
Mill Creek 全斷面掘鑿 (一段階段法)		1926年8月
Tye River 斜坑延長	8呎×9呎	1926年1月23日
西口中心導坑	10呎×10呎	1926年3月28日
西口頂設導坑		1926年2月27日
西口前進隧道 (坑門より)	8呎×9呎	1926年1月
西口前進隧道 (Tye River 斜坑より)	8呎×9呎	1926年3月25日
Mill Creek 竖坑の深さ		659呎
Tye River 斜坑延長		233呎
Mill Creek 竖坑と西口坑門との距離		5.37哩

3. 工事方法

西口と Mill Creek 竖坑との間は本隧道に平行して南方に66呎離して前進隧道 (Pioneer Tunnel 8呎×9呎) を設けました。

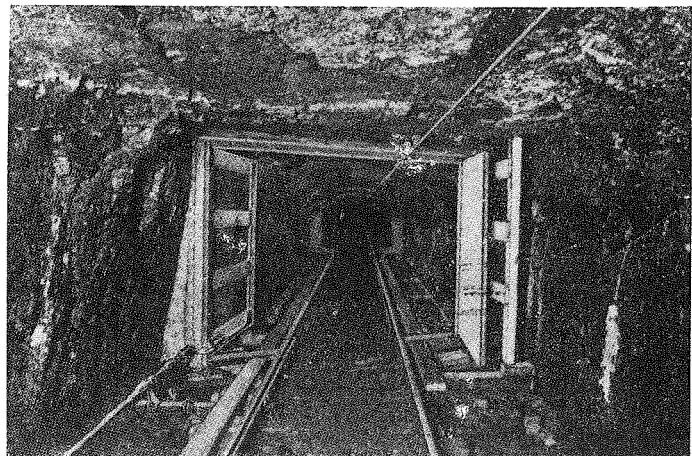
本隧道の導坑は中心導坑 (Center heading 10呎×10呎) にて進むのであります。但し坑門口附近地質脆弱なる個所は頂設導坑にて進み支保工を施します。(第22寫眞参照)

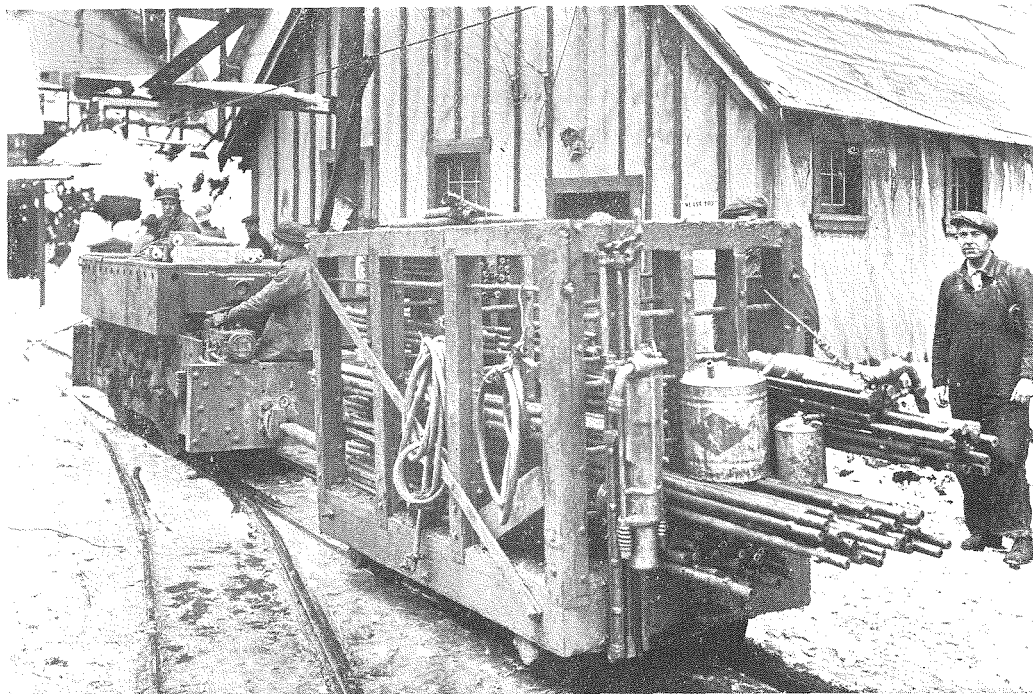
本隧道と前進隧道とは約 1,500 呎毎に横坑 (Cross Cut 8呎×9呎) を設けて連絡します。本隧道の基面と前進隧道の基面とは同高であります。西口よりの切擴は放射狀穿孔 (Radial drilling or Ring drilling) の方法に依り掘鑿するのであります。

Mill Creek 竖坑より西口へ向けての掘鑿は、最初は前進隧道を作らず頂設導坑階段法 (Top heading and Bench system) に依り全面掘鑿にて進む計畫でありまして、只今は即ち One bench system にて掘鑿中ではありますが、進行の關係上設計を變更して前進隧道を設け、而して遠からず中心導坑に變更し、其の切擴は放射狀穿孔の方法に依り掘鑿の豫定であります。

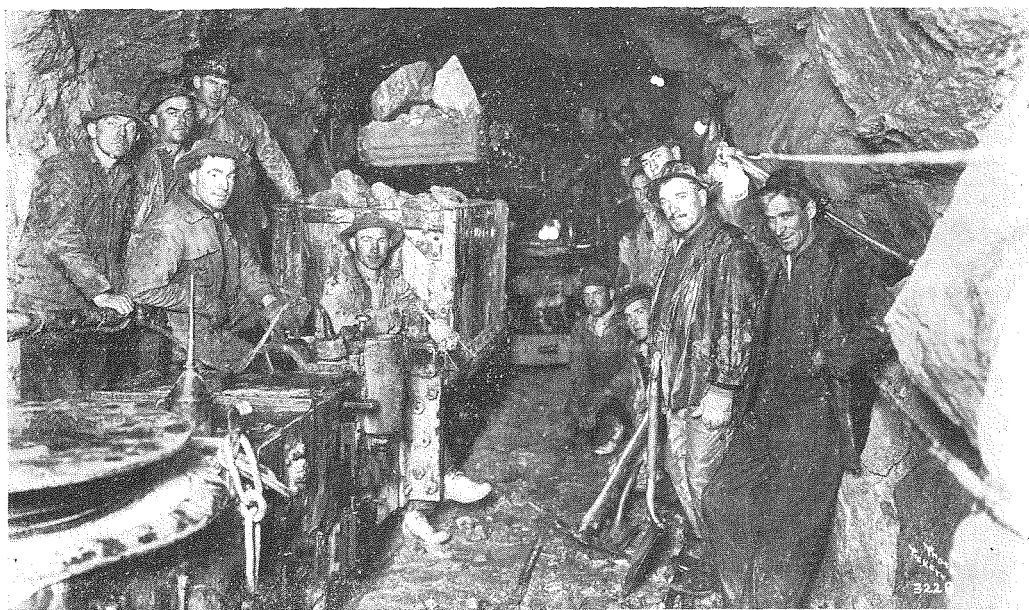
東口と Mill Creek 竖坑との間は兩口より中心導坑 (10呎×10呎) に依り導坑だけ進行し、貫通の後東口より放射狀穿孔の方法に依り切擴を爲すのであります。

(15) Automatic minedoor.





(16) 鑿運搬車。1交代に要する鑿や豫備鑿岩機其他一切を運搬する車であつて、穿孔の準備及跡片づけを迅速にする。



(17) 坑内嚙出機 (Myers whaley shovel) 導坑の嚙出に使用してゐる。土運車容量50立方呎1車を平均2分間で積込む。

Mill Creek 豎坑と東口坑門との距離 2.41哩
 本隧道中心線と前進隧道中心線の距離66呎
 本隧道の掘鑿幅員標準 18呎
 本隧道掘鑿高さ標準 26呎

4. 前進隧道式(Pioneer Tunnel system)の利便

前進隧道を設ける時は次の如き利便がある
 と推舉して居ります。

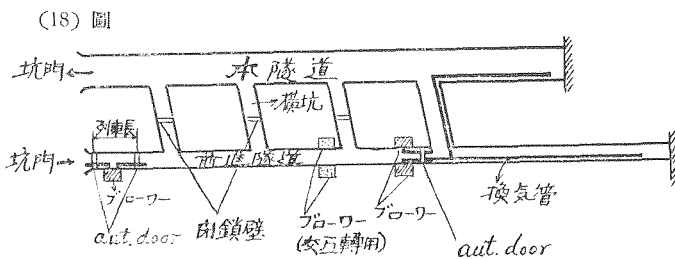
- (1) 前進隧道は本隧道の掘鑿の爲少しも
 阻害せられることなきを以て非常に
 高率の進行を得る事が出来ます。
- (2) 本隧道の導坑は前進隧道より横坑を
 通じて掘進する事が出来る故に、二
 方向へ同時に掘進する事が出来ま
 ず。それ故普通進行率を倍加する事
 が出来ます。
- (3) 導坑が完成すれば本隧道の切擴は所
 用だけの鑿岩機を使用して穿孔出来
 ますから望み通りの進行が出来ます
 中心導坑を隧道の大きさに切擴をな
 す爲めの穿孔は、4呎乃至5呎離れ

て中心導坑から放射
 狀に環(Ring)をな
 し穿孔配置される故
 に、之等の環は幾何
 にも切擴に前進し
 て穿孔が出来ます。
 而して此の環は5乃
 至6宛 Electric delay

fuse に依り連続爆破し1回に20呎乃
 至30呎間の礮をスチーム・シヨベル
 (steam shovel) に依り礮出しする事
 が出来ます。

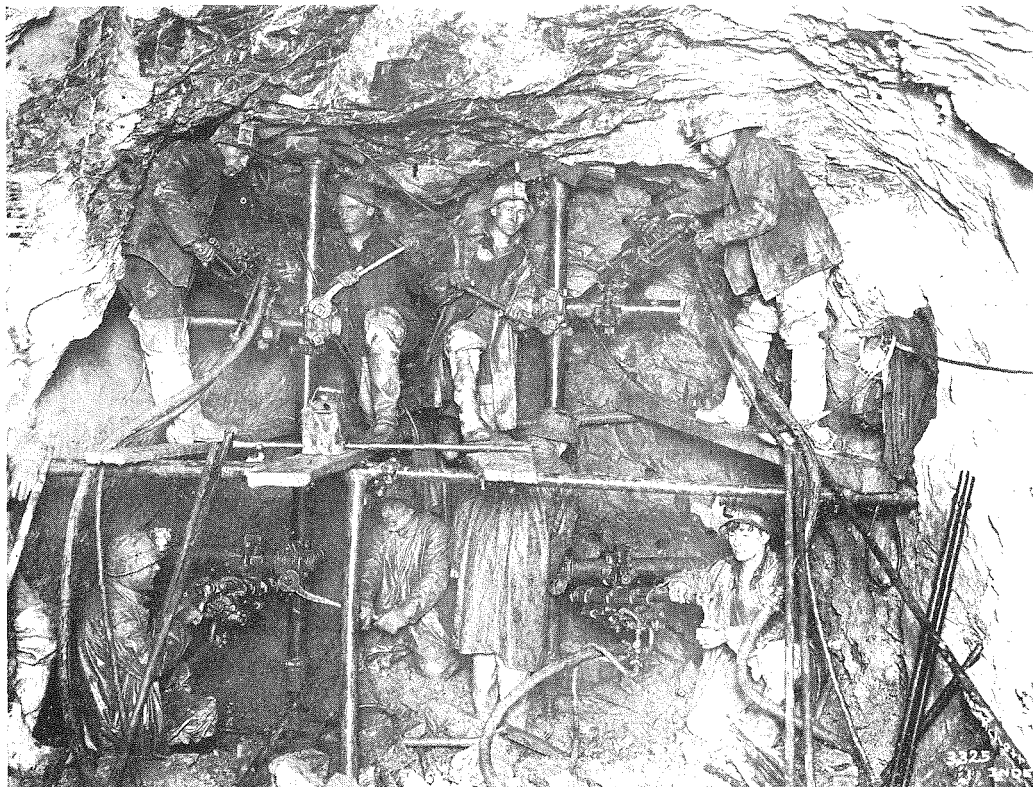
- (4) 覆工に際しては掘鑿を阻害せず、又
 掘鑿の爲阻害を受けず、横坑と横坑
 との區間宛連續施工する事が出来ま
 ず。
 掘鑿を妨げることなく Kneumatic
 concrete placement に依り Steel form
 を使用しコンクリートを打込む事が
 出来ます。

- (5) 前進導坑は必然本隧道の導坑及切擴
 より前進し居る故に本隧道掘鑿に際
 し遭遇する地質を豫知する事が出来
 ます。其故異常の地質状態に出遇つ
 た場合其れに處する方法を十分考究
 する時日を與へて呉れます。
- (6) 水の多い地質に於ては前進隧道は本
 隧道通過附近の排水溝の役目をなす
 故本隧道の作業を容易にし、且坑内
 労働者に精神上及び健康上共に好影
 響を與へます。
- (7) 前進隧道は何時にても導坑及切擴の
 總ての部分に對し人及材料の自由通
 路となつて居ります。本隧道の途中
 に於て切擴の際等事故其他の爲め閉
 塞せらるるころあるも坑奥の人々は
 安全に前進隧道から出坑する事が
 出来ます。
- (8) 總て換氣管、壓搾空氣管、導水管は
 本隧道切擴作業のため阻害されるこ



となき前進隧道内に安全にして然も
 都合よき場所に備付けられます。殊
 に換氣管は安全の所に備付けられて
 送入法、吸出法何れに對しても使用
 され、又兩方交互使用も出来ますか
 ら、之に依り換氣法は非常に簡單に
 なります。

- (9) 前進隧道其れ自身が空氣導管として
 使用出来ます。而して換氣管の莫大
 な費用を省くことが出来ます。
 此の際には一般に送入換氣法に依る
 のが普通であります。此方法に依り



(19) Mill Creek 堅坑の東方中心導坑鑿孔



(20) 坑内掘出機 (Myers whale shovel)

その坑門口に於て礮出列車長をはなして、二つの空氣の通はぬ扉を設け（寫眞に示すやうな automatic door を使用すること便利であります）礮出に使用する横孔まで空氣を送入することが出來ます。尤も此の横坑と坑門口との間の横坑は空氣の通はぬやう完全なる閉鎖を要します。而して此横坑より奥の方は管を使用して換氣をなすのであります。（第18圖参照）

- (10) 前進隧道の大なる利便は導坑並に前進隧道共に切擴の爲めにも覆工の爲めにも、其作業を少しも阻害せられずカ一杯極限迄進行出来る事でありませぬ。
- 而して本隧道へ適當の距離に横坑を作ることに依り本隧道の進行を前進隧道の進行と等しくする事が出來ます。

カスケード隧道に於ては實際工事期間を支配する西口と Mill Creek 鑿坑との間に之を設けました。

米國コロラド州のモハット隧道 (Moffat Tunnel) は目下 Moffat Tunnel Commission に依り工事中でありまして最早數ヶ月後に導坑貫通の豫定であります。大き16呎×24呎の米國標準型、延長 32,150呎、約 6 哩にて前進隧道式を用ひて居ります。而して此 Commission 顧問技師は今日の如く鑿岩礮出其他の有能強力なる諸機械が発達したる上は 5 哩以上の長大なる鐵道型隧道の如きは、前進隧道式を用ふる方が單一導坑式よりも掘鑿進行の早いことは勿論であるが、總體の工費も寧ろ少かるべしと具體的の比較は述べて居りませぬが高唱して居ります。

5. 本隧道と前進隧道との中心距離

本隧道と前進隧道との中心線の距離は、經濟上からも施工上の利便からも出来るだけ小なるが好いのであります。之は主として地

質に依り定む可きでありまして、瑞西國のシンプロン隧道 (Simplon Tunnel) に於ては 56 呎離れて居りましたが其の隔壁は數ヶ所に於て壓潰されました。カスケード隧道に於ては地質及先例に依り研究の結果 66 呎を最も適當と認めたとであります。モハット隧道は 75 呎はなれて居ります。

6. 横坑 (Cross Cut) の距離

横坑の距離は米國にては普通 1,000 呎乃至 2,000 呎を適當として居ります。經濟上から云へば距離は大なるが良いのであります。作業上からも制限せらるる次第であります。主なる例を挙げれば導坑を坑門口と坑奥口へ二方へ同時に掘進する時に、一組の坑夫及機械を以て一方は穿孔他方は礮出しと云ふ風に交互に作業を爲す場合に於て、横坑は鑿岩機架車 (Drill Carriage) 及び礮出機の待避所となります。

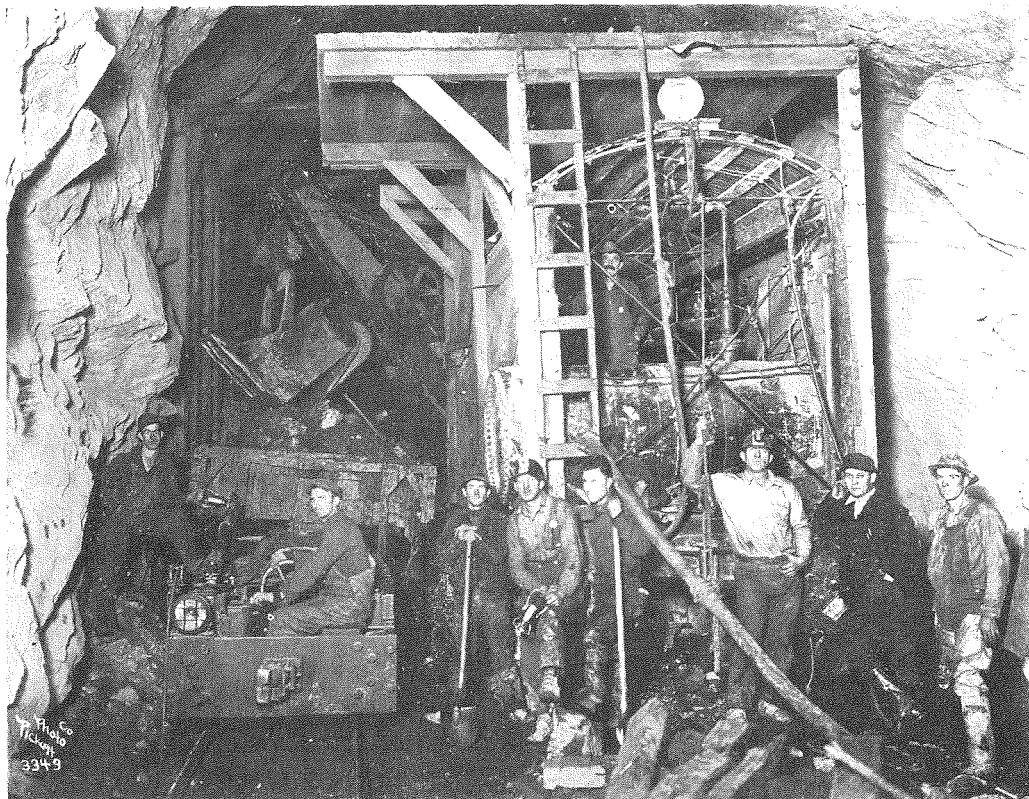
導坑を同方向に 2 箇所同時に掘進する時、或は導坑と次の横坑若くは前進隧道とを同時に掘進する時、横坑を通じて一組の坑夫及機械を以て穿孔及礮出を交互になします。

前進隧道の掘鑿に於て横坑は鑿岩機架車及礮出機の待避所となります。

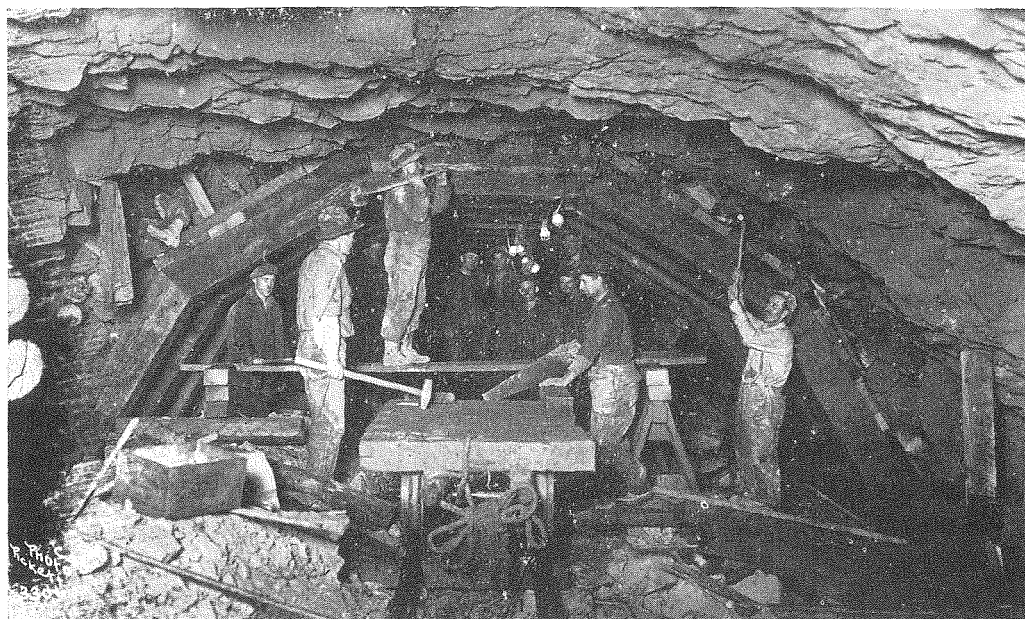
是等の關係から經濟上 1,500 呎を最適と認めて標準として居ります。(工事着手前の計畫は 1,320 呎が標準でありました) 但し第一横坑は坑門口より 1,103 呎であります。モハット隧道に於ても 1,500 呎を標準として居りますが作業を圓滑に進める上から經驗上之が最適であるこのことあります。

7. 導坑の大きさ。

導坑の大きさは米國に於ては礮出機使用の場合には 8 呎×8 呎が最小限度と稱せられて居ります。カスケード隧道に於ては前進隧道は 8 呎×9 呎、中心導坑は尙放射穿孔を爲す關係上 10 呎×10 呎を標準として居ります。モハット隧道に於ては前進隧道及び中心導坑共に 8 呎×8 呎であります。



(21) 坑内露出機 (Marrion shovel) 切擴及ベンチ式に依る全面掘鑿個所の掘出に使用してゐる。土運車容量 6 立方ヤード車を平均 4 分間で積込む。



(22) アーチ式支保工施工