

講演

第 25 卷第 13 號 昭和 14 年 12 月

眞那板山隧道の切擴に就て

(昭和 14 年 10 月 19 日土木學會創立 25 周年記念講演會に於て)

會員 市川順市*

1. 眞那板山隧道の使命

大糸線は富山、金澤方面と松本、鹽尻方面との間に約 35 km の短絡を形成する。眞那板山隧道は其の間に在る唯一の長大隧道で大糸線の全通を支配するものである。現在約 80% の出來高を示し昭和 15 年度完成の豫定である(圖-1 參照)。

2. 概況

糸魚川起点 21k 400m に始まる延長 3k 113m 片勾配 25% の單線隧道である。地質の大部分は中世層の珪岩で岩質は堅硬であるが相當節理が発達して居る(圖-2 參照)。

隧道の斷面形は兩坑口約 200m を馬蹄形となし、他の大部分は施工の都合上側壁を垂直として居る。

3. 施工上から見た眞那板山隧道の特質

工事の大半を過ぎた今日、其の跡を顧みて施工上に特異性があつたと思はれるものを列挙すれば次の如くなる。

(a) 片勾配 25% の長大隧道なること：これは施工中に多分の危険性を伴つたのであるが、特に此の點に注意を拂つた結果未だ大事故を起して居ない。

(b) 施工上より見て地理的條件に恵まれて居ない事：

イ. 積雪量大なる事 平均積雪 3m で多期間工事を繼續する爲に努力を要した。

ロ. 沿線の地質脆弱なる事 時

* 工學士 鐵道技師 鐵道省建設局計畫課勤務

圖-1. 位置略圖

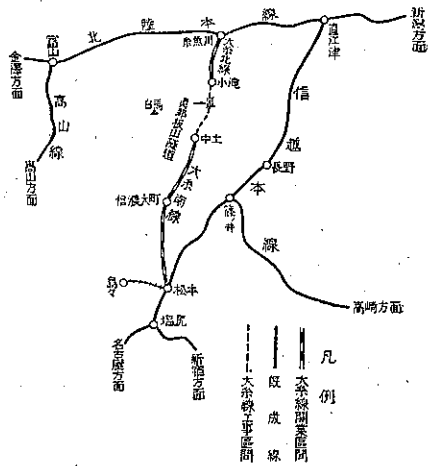
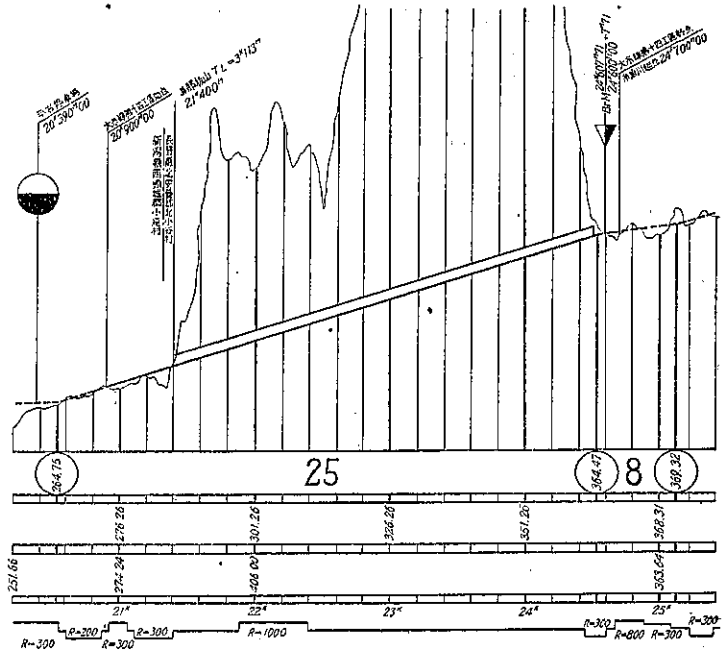


圖-2. 線路縱斷面圖



時發生する沿線の山崩及これに伴ふ姫川の氾濫の爲に材料の搬入及骨材の採集に尠なからぬ支障が起つた。

ハ、坑口の地形が狹隘で設備及人員の収容力が少なき事。

(c) 導坑専進法を用ひた事： 上述の不利な諸點を補ふ爲に導坑専進法を用ひた。即ち礮を下側へ搬出し、導坑貫通後壘築を上側より着手して工種を分離し諸作業を簡潔化し得た。又導坑及切擴、壘築と工程を2段に遷移せしめた結果、勞働力及冬期材料の不足を補填し得たのである。

(d) 切擴に長建式を用ひた事： 切擴が他作業と分離施工し得る點を利用し、一部分に後述の長建式工法を試みた。

(e) 事變の影響を受けた事： 着手後1年にして支那事變に遭遇し、勞働力及資材の調達に多大の影響があつた。然しながら設備の全部は幸ひにして事變前に準備し得た爲に、これを活用することによつて豫定竣工期(昭和15年度)には完成し得る状態にある。

4. 切擴作業

(a) 概況： 昭和11年12月着手以來17ヶ月即ち同13年5月に導坑の貫通を見た。其の後直ちに切擴作業に着手し、現在約80%の出來高を示してゐる。兩坑口の地質比較的不良な個所は新築地利式を用ひ、他の大部分は主として上部開鑿式となし、特に地質良好な數個所を選んで長建式工法を試みた。

(b) 長建式切擴法： 底設導坑の掘鑿完了後、放射状に上げ孔をくり、残りの切擴げらるべき全断面を一齊に爆破落下せしめる方法である。この場合に地質は良好にして均一なるを要する。而して本工の如く導坑専進式と併用した時に最も効果がある(圖-3, 4 参照)。

(c) 長建式の特徴： 略々同一條件の下に施工し得る上部開鑿式と對照して、長建式の特徴を考へると次の諸點が擧げられる。

- イ、上部開鑿式の如く礮棚を必要としない。
- ロ、先走り、天端掘鑿と云ふ如くに爆破個所を分離しないから作業を簡潔化し得る。
- ハ、穿孔礮積及爆破作業の各々が連続的に作業し得る。上部開鑿式と同數の鑿岩機を使用した時、約2倍の掘鑿進行を得る。
- ニ、一齊爆破をなす爲に電氣雷管の性能を充分に發揮し得る。
- ホ、礮積にはマイヤースホーレー礮積機其の他の機械力を利用し得るから能率が良い。

圖-3. 長建式掘鑿法過程一覽圖

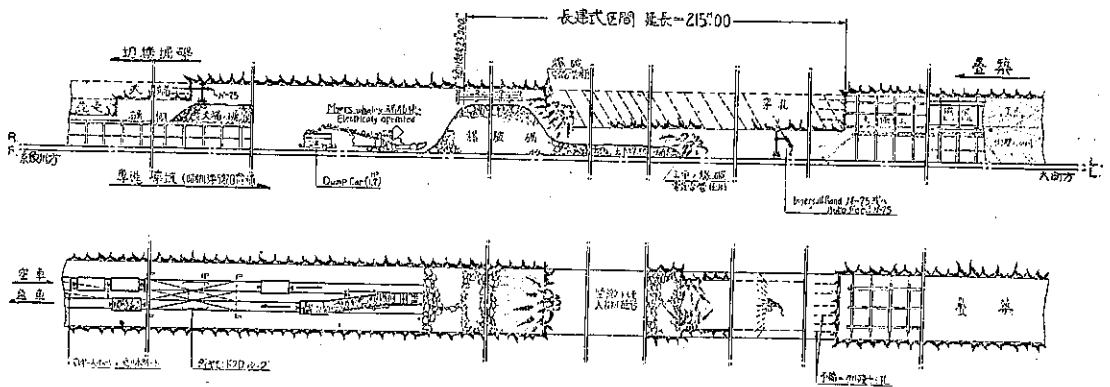
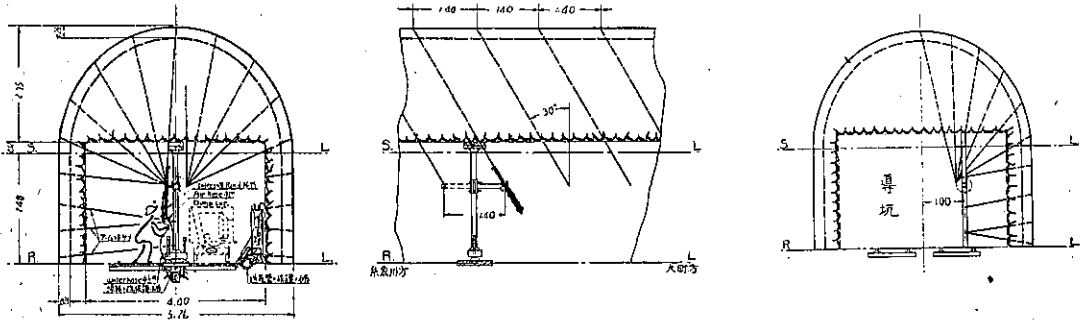


圖-4. 長建式掘鑿法圖

スタンドを中心に据ゑたる場合

スタンドを片側に据ゑたる場合



(d) 實績： 比較的地質良好な區間 24k 150m~24k 207m 間延長 57m 及 23k 000m~23k 215m 間延長 215m の 2 個所に就て試みた。最初實施に先立つて次の様な事柄が懸念された。

- イ. 穿孔深度 2.5m 以上の上げ孔が果して常にくり得るか。
- ロ. かなり孔尻が残らないか、或は掘過ぎとならないか。
- ハ. 礫嵩が多くなって上部空間が狭まり、坑奥への鑿岩機や鑿の運搬に支障を來さないか。
- ニ. 大きな礫が発生して礫積に困難を來さないか。
- ホ. 礫堆積の爲に排水不能とならないか。
- ヘ. 伏設鉄管及線路等を毀損しないか。

以上の諸懸念は今回の實施の結果、適當な施設と注意をなす事に依つて大体に於て解決し得る事が判明した。然し其の細部に涉つては尙幾多の研究問題が今後に残されてゐるものと思はれる。

穿孔 上げ孔の穿孔に就ては「スーパーアトラス MAU-50」「ジャックハンマーインガーツ S-49」「ドリフターインガーツ N-75」の 3 種類に就て穿孔試験を行つた。其の結果は表-1 の如く「スーパー」及「ジャックハンマー」は孔の下り悪く且つ深孔を掘るに困難を感じたのに反し「ドリフター」が最も成績良好であつたのでこれを使用する事にした。

表-1.

鑿岩機	穿孔試験結果	孔の下り(平均 1 分間に對し)(cm)
スーパー (アトラス MAU-50)		3~6
ジャックハンマー (S-49)		12~14
ドリフター (オートフィー D-N-75)		17~19

孔は横斷面に對し 15°~30° の傾斜を付けた。これは爆破を助けると同時に鑿の入替を容易ならしめ、くり粉が直接鑿岩機に降りかゝるのを防ぐ爲である。

拱部の孔數は 1 斷面に對し 10~12 となし線路方向の間隔を 0.70, 1.00, 1.20, 1.40m の 4 種類とした。爆破の影響範圍及礫の大きさから考へて、今回の場合では孔の數 10, 間隔 1.00m が最も適當であつた。

鑿岩機の位置はスタンドを施工基面の中心に据ゑる場合及中心より左右 1m 宛離して 2 個所に据ゑる場合とを試みた。

圖-5.



其の位置を通過すべき運搬車の回数多き場合を除いては、中心にスタンドを据ゑて一舉に穿孔するのが効果的であつた。アームを線路方向に設置すれば鑿岩機を 180° 廻轉する事に依つて、1 個所に付き 2 断面の穿孔が可能である(圖-5 参照)。

一例として第二回目の穿孔実績を挙げれば表-2 の如くである。

穿孔には水を使用した。上げ孔の爲にくり粉の一部が鑿岩機中に侵入した。これを防止する工夫が必要と思はれる。

爆破 爆破に要する爆薬量は実績の結果 1m³ 當り約 1kg が最適であつた。表-3 は穿孔と爆薬との關係を示したものである。遅發電氣雷管を使用し 1 回に 3 断面宛 3 段爆發を行つた。爆破後に礫が全断面を遮斷しない様に最初は土平のみを先に爆破したのであるが、其の必要は無く後には拱部及土平を同時に爆破した。爆破の結果は概して良好で孔尻は残らず略々豫定の拱形に掘鑿する事を得た。堆積した礫の上部には 1.20~1.50m の空隙を生じ、坑奥との連絡には支障が無かつた(圖-6 参照)。又間隙 1.00m 以下の場合には礫の小割を殆ど必要としなかつた。坑奥よりの排水の爲に送氣鐵管を豫め假設し置き、又線路保護の目的にて礫を以て被覆して置いた爲に、泄水及線路毀損の懸念を除く事を得た。

表-2. 穿孔実績一覽表
(スタンドを中心に据ゑた場合)

	1 孔平均 (分一秒)	1 方平均 (時一分)	1 日平均 (時一分)
穿孔準備	2-50	1-07	3-21
穿孔	15-16	6-05	18-15
食事その他	2-03	0-48	2-24
計	20-09	8-0	24-0
穿孔本數	—	22.5	67.5
穿孔延長 (m)	1.55	37.0	111.0

圖-6.

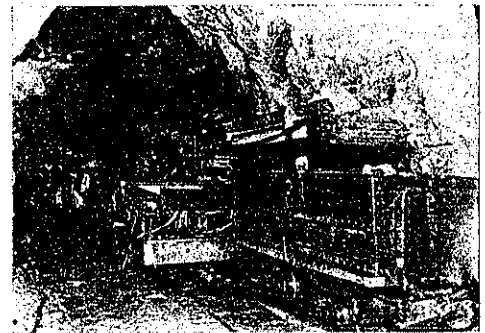


表-3. 穿孔と爆薬との關係

線路方向の 穿孔間隔 (m)	拱部の 孔數 (本)	1m ³ 當り ダイナマイト量 (kg)	礫積と小割との 時間比	地質
1.4	10	0.844	0.747	極めて堅緻
〃	12	0.890	0.419	堅緻なるも稍々小目有り
1.0	10	0.975	0.243	〃
〃	12	0.956	0.244	〃
〃	12	1.083	0.476	堅緻なるも稍々大目有り

礫出し 礫出しには總べてマイヤースホーレー礫積機を使用した。礫積の最大進行は 1 日 19m (490m³-礫の増加 70%を含む)であつた。この進行は熟練すれば 25m 位迄は増加し得るものと思はれる。

(e) 長建式と上部開鑿式との工費比較：未だ工事中の爲に完全な工費の算出が出来ない。依つて極く接近して施工された兩者に就て直接費のみの実績を採つて比較すれば表-4~5 の如くなる。

即ちこれに據れば上部開鑿式 1m³ 當り 4.683 圓に對し長建式は 3.843 圓にして後者が 0.84 圓だけ低廉となつた。

以上の如く長建式は進行、工費等の總べてに就て有利の結果を得た。然し一般的に云へば相當堅硬な岩質が連

表-4. 長 建 式 掘 鑿 費 調

23k000m~23k215m間
延 長 215m
掘鑿立米 3010m³

種 別	員 數 (人)	金 額 (圓)	1m 當 り		1m ³ 當 り		總 括 (圓)
			員數(人)	金額(圓)	員數(人)	金額(圓)	
工 費							
鑿 岩	1082.54	1925.963	5.035	8.958	0.360	0.640	工 費 4727.404
鑿 替	109.44	164.160	0.509	0.764	0.036	0.054	省傭人費 692.300
爆 破	144.78	241.805	0.673	1.125	0.048	0.080	物 品 費 4319.604
礮 積	999.10	1624.272	4.647	7.555	0.332	0.540	礮 積 機 1826.584
浮 石 落 し	73.32	132.313	0.341	0.615	0.024	0.044	計 11565.892
礮 積 機 運 轉	143.82	257.138	0.669	1.196	0.048	0.085	
線路及鐵管保護	79.98	125.420	0.372	0.576	0.027	0.042	
火藥加工並裝填	126.04	176.470	0.586	0.821	0.042	0.059	
雜 役	46.38	79.864	0.216	0.371	0.015	0.027	
計	2805.40	4727.404	13.048	21.990	0.932	1.571	
省 傭 人 費	407.30	692.300	1.894	3.220	0.135	0.230	1m 當り 53.797 1m ³ 當り 3.843
物 品 費							
ダイナマイト (kg)	2843.62	3739.300	13.220	17.390	0.948	1.242	
雷 管 (個)	4836.16	350.120	22.500	1.628	1.607	0.116	
導 火 線 (m)	2460.58	108.250	11.444	0.505	0.817	0.036	
雜 品	—	121.934	—	0.568	—	0.041	
計	—	4319.604	—	20.091	—	1.435	礮積機修理費は遊坑掘鑿當時の平均費額と適用せり
礮積機電力費 (kWH)	1083.00	20.584	5.032	0.096	0.360	0.007	
同 修 理 費	—	1806.000	—	8.400	—	0.600	
計	—	1826.584	—	8.496	—	0.607	
合 計	—	11565.892	—	53.797	—	3.843	

表-5. 上 部 開 鑿 式 費 調

22k795m~23k000m間
延 長 205m
掘鑿立米 2870m³

種 別	員 數 (人)	金 額 (圓)	1m 當 り		1m ³ 當 り		總 括 (圓)
			員數(人)	金額(圓)	員數(人)	金額(圓)	
工 費							
鑿 岩	1110.73	2033.300	5.418	9.918	0.387	0.708	工 費 7176.947
鑿 替	185.46	303.929	0.905	1.483	0.065	0.116	省傭人費 677.320
礮 積	1826.00	2878.564	8.907	14.042	0.636	1.003	物 品 費 5599.162
礮 棚 吊 並 保 守	919.43	1542.802	4.485	7.526	0.320	0.538	合 計 13453.429

表-5. (續き)

種 別	員 數 (人)	金 額 (圓)	1m 當 り		1m ³ 當 り		總 括 (圓)
			員數(人)	金額(圓)	員數(人)	金額(圓)	
火薬加工並裝填	188.83	272.907	0.921	1.331	0.066	0.095	
雜 役	89.90	145.445	0.439	0.709	0.031	0.051	
計	4 320.35	7 176.947	21.075	35.010	1.505	2.501	1m 當り 65.626
省 脩 人 費	398.40	677.320	1.943	3.304	0.139	0.236	1m ³ 當り 4.683
物 品 費							
松 丸 太 (m ⁶)	44.20	1 503.000	0.216	7.331	0.015	0.524	
松 板 (m ²)	411.00	1 029.710	2.050	5.023	0.143	0.355	
ダイナマイト (kg)	1 751.62	2 273.175	3.544	11.089	0.610	0.792	
雷 管 (個)	6 421.00	186.311	31.320	0.900	2.236	0.065	
導 火 線 (m)	10 700.00	460.316	52.191	2.245	3.728	0.160	
鋸 (丁)	600.00	89.840	2.900	0.438	0.210	0.030	
雜 品	—	56.810	—	0.277	—	0.020	
計	—	5 599.163	—	27.312	—	1.946	
合 計	—	13 453.429	—	65.626	—	4.683	

續しなければ効果が薄い。山の良い長大隧道にこの工法を用ひる時に好結果が豫想せられる。

尙各種の岩質に對し 1 断面の穿孔數、線路方向の間隔、爆藥量、礮積方法等に就き今後の充分な研究が必要である。