

参考資料

岩本隧道

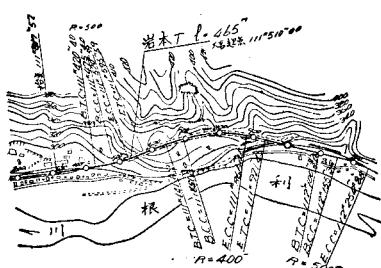
日本國有鐵道施設局土木課

上越線岩本沼田間は殆んど例年水害を受け、その都度列車不通の事故を起し折角上越線が電化された効果を減殺する虞れがあるので、之が抜本策として此の工事は今迄の川谷に沿つた線路を山側に迂回させて岩本隧道を鑿ち今後の災害の絶減を計つたものであり、昭和 22 年 12 月 10 日から着工、昭和 24 年 2 月 19 日開通式を挙行したのである。本文は隧道工事の概要を記したものである。

I 隧道の位置

岩本隧道は上越線岩本沼田間字大宮起點 111.240 km より 112.320 km までの線路改良工事中に含まれた延長 465 m の隧道で、岩本驛より長岡方に向い、400 m に位置してゐる。(圖-1 参照)

圖-1.



II 隧道の選定に至るまでの経緯

(1) 風の被害と其の應急処置

昭和 22 年 9 月 15 日、本州關東以北を襲つたカザリン颱風は關東一帯に近年ない雨を降らせ、各地に洪水による大被害を與へたが、特に群馬縣下に雨量非常に多く山間部では 600 mm に達した所があつた。而して赤城山を圍む足尾兩毛及上越線は、地質の關係や戰争中の森林伐採等のために出水も早くそれに山崩等も伴い、被害も甚大で特に上越線の岩本驛附近が最も被害の大きかつた個所である。岩本驛北方約 1 500 m 附近が片品川との合流點で出水當時は片品川の流域である赤城山方面よりの出水が、本流利根川よりは

るかに水量も多く水勢も強く、線路のある段丘の裾を洗い流したために、國道を侵蝕し續いて鐵道線路も約 200m の區間に亘つて崩壊するに至つた。直ちに現場では應急工事として、決壊個所の左側を切取つて線路を敷設し開通したのである。

(2) 被害原因の考察

被害直後の調査及び現場の記録其の他によつて、同所は單に利根川の出水に依る侵蝕のみの崩壊ではない事が知れた。同所は河段丘であつて深部は石英粗面岩質で風化は相當深部に及んで大なる割目が發達し、多量の粘土を含んでゐる。一方地下水の滲透地層もあつて雨水の浸入の多い場合は、地表全體が不安定を來して崩壊の危険に晒される個所だと考へられてゐた。事故當時地表は相當量の移動をしたことは明確で、其の後の調査に依つても若干の移動はあつた。

(3) 被害個所の永久復舊

被害後直ちに附近一帯の調査測量を開始する一方、次の復舊案が樹てられた。

〔第 1 案〕 根本的改良案 岩本驛沼田方構外から直ちに右曲して利根川の對岸久呂保村内に渡り、片品川合流地點の川下で再び利根川を渡つて、本線に連絡する案で、橋梁個所延長 2 km に及ぶものである。

〔第 2 案〕 應急工事線を強化する案 應急線を更に尙山山側に振り込み全區間を切取て仕上げるもので、土工量 20 000 m³、土留壁 200 m になる。

〔第 3 案〕 術行性ありと認められる地盤を極力避ける案 岩本驛沼田方構外から直ちに左曲して線路を山側に追い込み、被害箇所を遠く離して隧道をうがつことを考へ、崩壊線より約 100 m 離して 112 km 附近で現在線に合致させる。

(4) 3 案の検討及び決定

第 1 案は奇想の案で資材、工費、工期の面で思考上ののみの案として一應考慮の外に置かれた。

第 2 案は工費其の他の面で有利であるが、災害を再び繰り返す懼れがあるので問題となつた。

第 3 案は工費工期の面で有利でないが、線路を 100

m 山に追い込むことに依つて、此の滑動圈を一應避け得るので、災害の防衛完全な線路とする事が出来る。

以上3案を比較検討の結果、局部的防衛を施して再び災害を繰り返すが如き愚を避けるため、工費の面で若干の不利ではあるが第3案を採用することにした。

III 隧道設計の概要

線路變更區間延長	1.086 km
隧道延長	465 m
隧道型式	單線1號型
最急勾配	10 上り勾配
最小半徑	400 m
下水	中心下水式

IV 工事計画の設備

上越線の重要性から甚だしく工期の短縮を要求されて、掘鑿、疊築共に兩口から進行することとした。此の種隧道としては、過大と思はれる諸設備が計畫された。

(1) 電力

動力其他で最大 400 kw を豫想し、省の供給として沼田發電所より送電の豫定の處、技術上困難な點が生じ、結局は一部省電源を使用し一部は日本發送電の伏田發電所より直接供給を受けることにした。

(2) 堀鑿及支保工

堀鑿方式は新塊式として兩口とも相當の湧水量があるものと豫想され特に長岡方は逆勾配になるので、排水と涌運搬の關係上營業線を立體交叉して、施行基面を 1.5 m 堀り下げて底設導坑を堀鑿することに計畫した。支保工は兩口及中央の窪地部分を後光梁普請とし其他は枝梁普請を豫定した。

(3) 砂

砂の一部は本築堤に流用する外殆んど土捨の豫定であつたが、土地狹隘のため捨場を求めるに苦心した。幸い現地日發關係者の好意ある了解を得て高崎方の驛前の發電所敷地に之を求め一方長岡方は 111.800 km 附近左右に夫々土捨することに豫定した。

(4) 疊築

側壁及び穿拱共に高崎方及中央部分 50 m 間の覆工厚 45 cm、長岡方 45 m 間覆工厚 45 cm とし、其の他は 30 cm 厚とした。

(5) 動力其の他の設備

堀鑿は機械掘を主とし、土捨其の他に捲揚機ミキサー・ポンプ等を計畫した。之等の設備の大略は表一の通りである。

V 工事數量

工事數量は表二の通りである。

VI 工事豫算及び資材

表一.

機械設備		建物設備		
名稱	中	名稱	坪	
コンクリート	100	1	動力室	369.2
積上機	10 ²	8	駕籠小屋	43.2
シャーパー	2		製材所	69.1
ポンプ	3		鉄事務所	306.3
コクトミサ	10	2	車庫	28.1
トラッキー			火薬庫	16.1
製材機	15	1	配下事務所	95.6
鑿岩機	2		民家借上	48.4
注入機	1		工事區	26.1
簡易隧道		1	セメント倉庫	13.1
			合宿其他	331.1

(1) 工事豫算

表二.

工事數量		
工事種類	箇	数量
掘鑿(甲乙)	立方米	13827.1
側壁コンクリート		1263.0
穿拱コンクリート		1649.4
下水蓋コンクリート		35.3
下水コンクリート		84.6
坑内コンクリート		91.7
コンクリート土留壁		73.1
設築コンクリート		77.8
セメント注入		203.0

(2) 主要資材は表

一の通りである。

VII 工事

工事は請負工事と

表三.

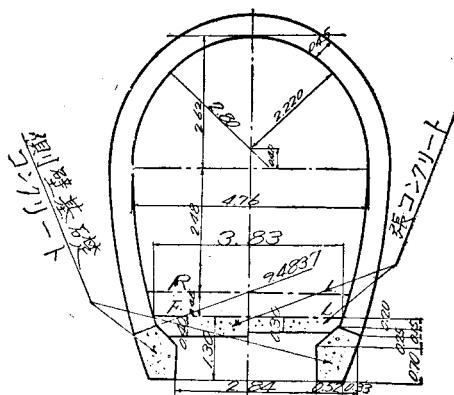
主要資材		
名稱	總數量	括弧は仕
木 材	石 10,952	0.792
セメント	屯 107.8	0.008
タケマツ	Kg 5559	0.402
雷 管	63 10000	65.290 4.721
導火線	100m	米 33.136 2.390
カーバット		Kg 3960 0.286
錐 鋸		Kt 8348 0.604
コーカス		Kt 9.160 0.662
揮發油	l 4600	0.318
鎌及釘		Kt 9.850 0.712

し請負人は株式會社間組であつて、前述のカザリン颶風被害の應急復舊工事をした關係上引續き作業する爲同組がこの工事を請負うことになつた。

(1) 堀鑿

掘鑿には機械掘を採用した。其れには從來間組が、此處水と礫の押上げに因難であると、平面交叉が出来ない事から設計の施行基面より 1.5 m 剥下げた盤で、水平に底設導坑を掘鑿して作業した。然して其の區間の一部即ち其の深さの深い部分だけは脚部の安全を考へて、側壁に基礎を設け尙之に左右を連絡するに仰拱でないが張コンクリートと云う名稱で図-2 の如く施工した。

図-2.



VIII 工事中の變状とその原因、対策

16 日のアイオン颶風による水害によつて、高崎方坑門前面土砂崩壊坑門穹拱龜裂の發生、18 日には龜裂が増大して最大個所で 25 mm にもなつた。變状の原因に就き色々調査した結果、種々の惡條件が集つたものだと思はれる。即ち施工の不充分と云うことも思はれるが、北口の方と南の地方で日本發送電の發電所の水路隧道の工事を施行した爲、諸機械器具其他持品が有るので之を充當した爲大變便利であつた。

(2) 疊梁

中央部分約 20 m を除く外殆んど全部逆巻工を施行した。コンクリートの運搬には普通各所で施行してゐる吊足場であつた。作業中特異なものとしては何もなかつたが、只運行中の線路に極めて接近して作業する爲に因難な點が澤山あつた。例へばバールを氣安にレールの上にのせたりすると、たちまち短絡して電氣信号に異變を來すと云ふ譯であつたが、幸にそうした類の事故は一度もなく過した。新舊線路の施工基面が殆んど同じ高度である爲、長岡方の排口の方と比べて施工は全々同じであつたが、南口の方にのみ變状が現われたのは、地質の風化にも關係あることで、カザリン颶風に依つて地表に異變を來した後、僅かに 1 年にしてアイオン颶風に見舞はれて、又大量の雨水を一時に滲透して再び地表に異變を來した事、滲透水の

爲め節理の粘土等が流されて凝聚力及び摩擦力を失つている處に現在線の山崩れが發生して、局部的の激震を蒙つた形となり山の傾きの方向に編壓を受けた等々ではないかと考へられる。これらの變状に對する対策として一部改築すること一部補強のために注入を施工することに決定した。

改築の概要

改築をした箇所は 111.545 km 附近と 575 m 附近の 2ヶ所で延長 25 m 穹拱の山側を主として幅員 4~5 m を施工した。改築の要領は穹拱コンクリート内面に疊築に使用したセントルを 1 m 毎に挿入して、其の合間に二間位づつ抜掘りをして改築した。

IX セメントモルタル注入

注入作業は二回に亘つて施工した。第一回の場合は疊築に使用した吊橋を利用して之に補強をして、拱頂と吊橋との間に取付けたスタンドに依つて穿孔をして注入機は施工基面に据えて注入をした。第二回は吊橋は撤去した後に施工した。施工基面上に軌道線を敷いて、之にトロ箱を積重ねた簡単な臺を 2 台作つて之を移動しつゝ一つは穿孔と注入パイプの装着に、一つは注入用に使用して之で最後まで作業した。

(1) 穿孔

孔の大きさは $1\frac{1}{2}$ 吋の鐵管を装入出来る 2 吋の孔を穿孔した。軸先は特に大きく擴げたものを作つて使用し、吊橋を使用した場合は吊橋の位置が高いため孔の方向が拱面に直角にならない。特にスプリングに近づくに従いそれが甚しかつた。第二回の足場の場合は足場を低く作り成る可く拱面に直角になる様に穿孔した。穿孔中コンクリートを突破して坑木又は矢板等に當つた場合は、地山に當るまで穿孔をしたが、坑木に當つた場合は伸々時間を要し、矢板は「焼タガネ」で焼貴いたこともあつた。穿孔後は各々に「さぐり」を入れて孔の様子を知つて注入の折の参考にした。穿孔の結果拱頂に到るに従い空間が多くなつたことは、改築の場合に見たものと同様穿孔中軸が抜けなくなつたもの 2, 3 あつたが之は後でまとめて切斷して後埋めをしておいた。

(2) 注入機及び器具

カニブグラウトミキサー	100 封度 (1 切練)
空氣壓縮機	100 馬力 (2 台交互に使用)

氣壓は 85 封度を希望したのであつたが機械の具合が悪く平均 75 封度位であつた。其他使用した主要なものは表-4 に示した。

(3) 水

水は 5 馬力のポンプで坑内に送つた。

(4) 注入材料及び
 篩分

砂置場は坑外に設け、此處で6mm目の篩で篩分をして坑内に持込み使用したが、時々小豆大小の小石が交つてゐて機械に故障を來したので、坑内でも又篩分をして好結果を得た。

(5) 注入パイプの
 裝置

注入パイプは $1\frac{1}{2}$ 吋のガス管で最初は全部一定の長さのものに切斷したが、實際使用してみて不便が解つたので30~100cm位まで種々のものを作つて孔の深さに應じて使い分けをした。裝着はパイプとコンクリートとの間にボロを詰込み最後に小型犬釘を3,4本打込み、パイプの間隙をなくして動かないものにした。裝着用の足場は最初は吊足場を利用し、第2回目は穿孔用の足場を使用し注入用足場に前行した。パイプは成る可く深く挿入してモルタルの逆流を防ぐ様にした。改築の區間のパイプはパイプに繼手を取付けて埋込んだ。

(6) 注入モルタルの配合

モルタルの配合計

画は1:1.5で實施したが氣壓の關係で充分送り込めないので、1:1の配合の場合が割合が多く1:2の場合もあつて、成る可く砂を多量にする様施工した。

(7) 注入の順序

第1回の場合は片方から數個1ブロックにして注入したが、第2回は最下位の列を片付けて次に其の上の孔列を施行し最後に拱頂の列を注入し勾配の低い高崎方より片押しに施すした。

(8) 注入の状態

表-4.

品名	型状	単位	数量
セメント計量杯	一切入	個	2
砂一一	一一	袋	2
水一一	斗槽	袋	2
セメント瓶	15×10×0.3	袋	1
砂置場箱	20×15×0.6	袋	1
ゴム手袋	着	2	
ゴムカバ	枚	2	
ゴム長靴	足	2	
パイプレシナ	60"	T	2
モンキーレンジ	30	袋	1
片手ハマー	袋	1	
水タンク	1,000L入	個	1

掘鑿當時の山相から考へて岩に相當の間隙が多かつたので、拱背面に接してモルタルが行亘る以外に一方的にまとまつて不必要的方向にまで流れて行く心配があつたので、拱面から滲み出す状態から判断して注入を止める時期を判定した場合もあつた。又或る孔に就いては一應入りにくくなつたので、ホースやミキサーを掃除して注入したら入つたり、水だけを注入した後モルタルの注入を續けたら通路が漏除でもされたのか引續き注入が出来た等のこととあつて、一應入らなくなつても手を盡してみると再び入るので、種々手を盡してやつてみた。注入の際懸垂空氣の拱背に入れることは相當の壓力を拱に與へるので、機械の操作によつて極力之を避ける様に注意したが、仲々むづかしいとの様であつた。注入が終つた場合はコックを締めてホースを取り外し其の儘放置して相當時間経つてから、コックを外して別の個所に又順送りに使用した。作業を完了してから、注入の結果を知る意味で穿孔を行つた。時間がなかつたので4ヶ所より出來なかつたが、どの山も地山までモルタルが廻つてゐることが確認された。坑木に穿孔した場合もあつたが、坑木の裏面にもモルタルは廻つてゐることが、確認された。

X 工費

工費に就いては表-5の通りである。歩掛の統計に就いては請負工事であつたため、詳細なる資料を蒐集することは出来なくて充分な結果は得られなかつた。

表-5.

隧道延長10米當請資金額並帯初料金額平均單価其他							
工事種類	工事件名	当初設計	改訂単価	工程	単位	延長	単価
掘鑿甲	第一工事	20,914/120,435,000/100	3,000 ² /1,444 ³ /6,187 ²				
	第五工事	38,553/250,000/100	2,655 ² /1,444 ³ /3,726 ²	1,000 ²	袋	11,537 ²	1,120 ² ,67
乙	第一工事	28,820/180,000/100	2,712 ² /1,444 ³ /3,726 ²	2,914 ²	袋	5,245 ²	
	第五工事	35,702/220,000/100	2,840 ² /1,444 ³ /3,726 ²	3,726 ²	袋	10,203 ² /1,178,872 ²	
坑内清掃	第一工事	1,250/25,750/100	1,250 ² /1,444 ³ /2,625 ²	1,250 ²	袋	1,250 ² /2,625 ²	5,922 ² ,6
坑内スクリュー	其二工事	80/700/100	1,000 ² /1,444 ³ /2,500 ²	910	袋	3,010 ² /2,500 ²	27,007 ²
側壁			3,640 ² /1,444 ³ /7,280 ²	5,552 ²	袋	2,827 ² /1,576,557 ²	
コアホール	其六工事	4,920/200/1,524 ²	6,932 ² /1,444 ³ /12,857 ²	6,932 ²	袋	2,116,375 ²	
清掃	其三工事	6,774/200/38,720/155,000/287,000	7,452 ² /1,444 ³ /1,582 ²	1,781 ² /200	袋	1,781 ² /200	
コンクリート	其六工事	730/400/2,465 ²	943 ² /1,444 ³ /2,465 ²	943 ²	袋	3,120 ² /2,465 ²	
下木	其二工事	36,700/200/23,640 ²	30,600 ² /1,444 ³ /58,400 ²	367 ²	袋	3,542 ² /1,30,677 ²	
コンクリート	其六工事	17,700/200/13,160 ²	17,700 ² /1,444 ³ /35,400 ²	17,700 ²	袋	2,800 ² /13,160 ²	26,055 ² ,25
下木蓋	其二工事	15,700/200/30,600 ²	23,600 ² /1,444 ³ /50,400 ²	15,700 ²	袋	3,542 ² /50,400 ²	
コンクリート	其六工事	17,900/200/57,000 ²	17,900 ² /1,444 ³ /35,400 ²	17,900 ²	袋	3,200 ² /35,400 ²	
仰拱	其六工事		1,066 ² /1,444 ³ /21,600 ²				
元内清掃			382 ² /1,444 ³ /7,640 ²				
清掃	其七工事		482 ² /1,444 ³ /9,644 ²				
清掃			798 ² /1,444 ³ /5,792 ²				
セメント注入			203 ² /1,444 ³ /5,260 ²				
合計						45	127,827 ² /13,446 ² ,100
隧道延長							575,260 ²
請負金額							495,227 ²

XI 結び

以上述べた所で明らかな通り、本隧道の特質は其の

延長斷面地質等隧道其のものではなく、専ら施工の面があげられる。即ち縣道河川線路の3者が纏綿として相錯綜する中に改良線路を設け、特に隧道の兩口は現

在紹の至近距離に設けられ狭隘なる土地に少なからざる諸設備を施し、惡條件を克服して礪出し其の他を敢行し極めて短期間に其の完成を期したことにある。

アスファルトコンクリートの厚さを決定する方法について

正員 太田 誠一郎*

最近、米國の文獻に接する機會を得、そのうち、アスファルト、コンクリート鋪装の厚さの決定について路盤の土壤の種類、その壓縮の状態等に依り、これから理論的に鋪装の厚さを決定する問題に就いてとり纏めた分を述べる。

§ 1. 概 說

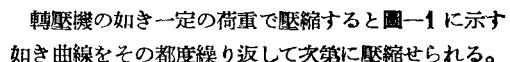
元來、路盤としての土壤の研究は、從來共相當に續けられて居るが、その大部分は之が基本的な調査及びそれ事體の研究に終つて居た觀がある。例へばその土壤を篩分けするとか、その土壤の收縮限度とか、現場當量とかの種々の角度から之を實驗室で試験して、その結果により之を8種類に分類して、主として經驗上の見場からにらみ合せて路盤としての適、不適を決定して居た。

その後、その路盤の支持力或は支持力係數(k 係數)等に依り、セメント・コンクリート鋪装の厚さを決定する方法が、Agg 氏とか、Westergaard 氏等に依つて發表され、その理論的解決法によりセメント・コンクリート鋪装の厚さを決定する線まで來て居た。

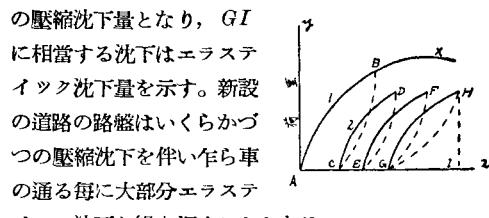
これはセメント・コンクリートの如き剛性舗装についてであるが、同じ事がアスファルト・コンクリートの柔軟性の舗装にも考へられることであるとし、アスファルト混合物の性質、主としてその安定性に依つて變つて来る。

§ 2. 路盤の土壤について

今ある路盤に荷重を加え、次第にその重さを増してやると、図-1に示す如きストレス・ストレイン曲線を画く。而してなほ一層荷重を増してやると遂に X 點より先きの曲線即ちこの路盤としては無制限に沈下を起す。この X 點はこの路盤の最大支持力を示し、この X 點より先きの沈下をエラスティック・シーヤ沈下量と云う。



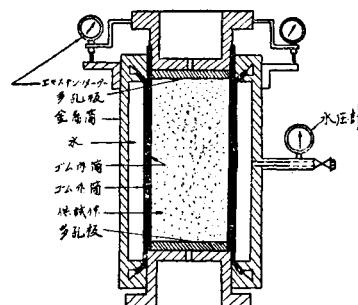
四一



§ 3 ハガード法による厚さ決定

Hubbard 氏は Field 氏と共に路盤の土壤を以て供試體を作り、之を三軸試験器(圖一-2)にかけて試験する。供試體は適當の水分と適當の壓力で型に依つて

圖一-2 三軸試驗器



作製する。これを図-2の試験器に挿入して上からVなる圧力で押すと(耐圧試験機による)図-3の如くLなる横圧力を生ずる。この横圧力が水に傳り圧力計でその値が読みとれる。従つてこのVとLから

* 仙臺工業專門學校教授