

論 說 報 告

第 20 卷 第 11 號 昭和 9 年 11 月

上 越 線 の 排 雪 溝

會員 工學博士 堀 越 一 三*

Snow Drains on Jōetsu-Line

By Ichizo Horikoshi, Dr. Eng., Member.

内 容 梗 概

降雪地帯に於ける鐵道線路の除雪には多大の勞力を費すがそれでも停車場構内の作業、列車運轉に支障を及ぼすことが屢々である。上越線に於て隧道より流出する水と線路附近の河川より導いた水を利用する排雪溝を造り除雪費を驚くばかり節約し列車運轉の確實を期することが出來た。

1. 上 越 線 の 概 況

上越線は三國山脈を横斷して上州より越後に通じ上越國境にある海拔 677 m の清水隧道がその分水嶺となる。清水隧道を上州側に出づれば湯檜曾川に沿ひ茂倉岳、谷川岳、笠ヶ岳等の山脚を縫ひ 20/1 000~18/1 000 の勾配を以て下る。この附近氣候の不順甚しく 1 年を通じ晴天日数は約 50 % に過ぎず他は雨雪曇である。越後側の上越線も主として 20/1 000 の下り勾配を以て大略魚野川に沿ひ山間を走るが信濃川に近づくに従ひ土地は次第に展開す。1 年を通じ晴天日数は僅かに 40~45 % であつて裏日本地帯特有の陰鬱なる天候を示すことが多い。清水隧道の前後を中心として概ね 11 月中旬に初雪を見、12 月下旬には根雪となり吹雪は次第に劇しくなる。終雪は 4 月中旬より下旬の間にあつて 5 月に至れば雪は全く無くなる。降雪中は多くは北風乃至北西風であつて 1 月中旬より 2 月末迄降雪最も多く本邦有数の多雪地帯である。降雪の量も年により所により異なるが水上・石打間に於て近年に珍しい大雪のあつた昭和 8 年度の統計を次に示す。

停車場	1 日最大降雪量 (cm)	積雪量 (cm)	降雪量累計 (cm)	降雪日數
水 上	95	310	1 290	57
湯 檜 曾	130	300	1 566	65
土 合	100	480	2 250	76
土 椽	140	490	3 265	85
越後中里	120	460	2 479	75
越後湯澤	95	460	2 338	75
石 打	125	400	2 820	75

1~2 月の最も降雪の多い時各地の最低温度を見ると $-5^{\circ}\sim-10^{\circ}\text{C}$ の間にあることが多い。雪質は一般に粉雪、軟雪、霰、霰に分類される。上越線の雪は温度の關係から殆んど全部が粉雪であるが石打方面では時に軟雪を交へることもある。

斯様な土地であるから降雪時には列車運轉に相當の支障が起る。貨物列車は積雪が約 60cm 以上になると

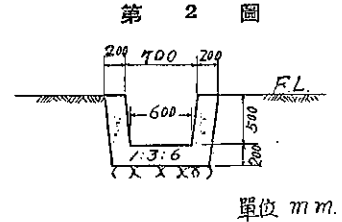
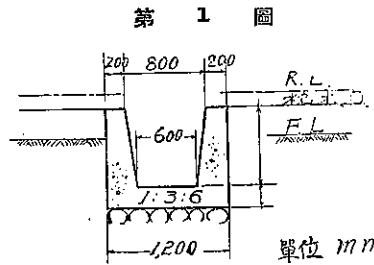
* 鐵道局技師 鐵道省東京鐵道局工務課勤務

20~30%の減車を行ひ尙降雪甚しければ運轉を休止することもある。降雪の著しく多かつた昭和8年度に就て見るに降雪による列車遅延は12月下旬より殆んど毎日であつて20分乃至1時間に及んだ。殊に長岡方面より接續する上り列車に於て甚しかつた。降雪による列車事故も亦少くなかつた。

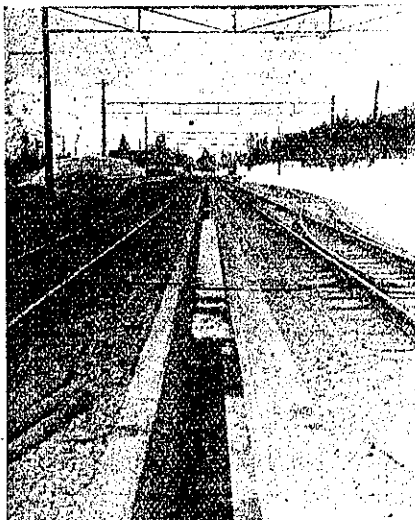
2. 上越線の排雪溝

排雪溝とは停車場構内又は線路の側傍に築造した溝渠であつてこれに水を流し流水除雪の用に供するものである。普通の線路側溝は断面小で流雪に對する摩擦多く雪塊は土に附着して滞り易く溝は洗掘されこの目的を充分達することができない。排雪溝の除雪作用は流水の力に依るのみでなく水温により雪を融解せしむる時に特に顯著となる。多雪地帯にあつては排雪溝の利用により著しき除雪費の軽減と列車運轉の確實を期することができる。防雪除雪の設備としては種々あるが何れも工費大なるか或は適確に充分なる效果を示さない。上越線は清水隧道を中心として前後が連続した下り勾配となる。これが豊富な水源と相俟つて排雪溝の設置に便である。特に隧道より流出する水は温度比較的高く(0°~10°C)融雪の力が大であるから排雪溝の作用を最も促進し效果を大にして居る。現在水上・石打間に於て防雪、除雪に最も困難と思はれる所を選び順次排雪溝を設備しつゝあるが既設のものは停車場構内4箇所(土合、土樽、越後中里、石打)停車場外9箇所で溝の總延長は8641mである。停車場外の排雪溝は多く切取、急曲線又は吹溜の生じ易き所に造られる。排雪溝の構造は降雪量と地形を考慮して決すべきものであるが上越線に用ひた代表的のものを第1~4圖に示す。第3圖は越後中里驛構内に第4圖は越後中里驛・湯澤驛との中間164km附近に設置されたものである。

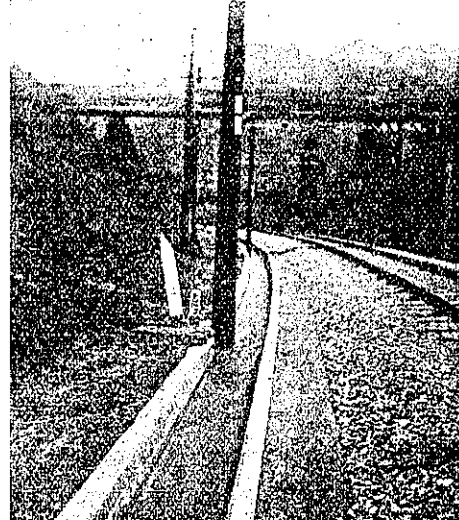
排雪溝の工費は従來の例から見ると1m當り大略10圓前後である。排雪溝の成績は溝の形状と流水の深さ及び流量による。上越線の實績を見るに溝の



第3圖 越後中里驛排雪溝



第4圖 越後中里・湯澤中間排雪溝

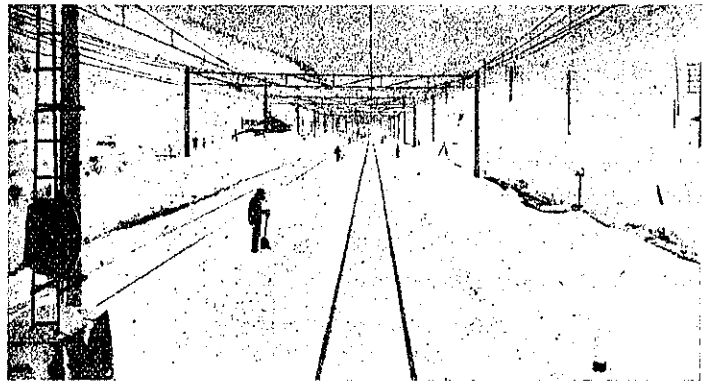


幅 70~90 cm, 水深 5 cm 以上で流量 0.05 m³/秒 以上であれば何れも大なる効果がある。特に溝の幅 90~100 cm, 水深約 13 cm 以上, 流量約 0.13 m³/秒 以上の排雪溝を停車場外線路の両側に造れば昭和 8 年度の如き降雪に際してもラッセル雪掻車の排雪に委せ何等除雪従事員の労力を要しない。

3. 排雪溝と除雪作業

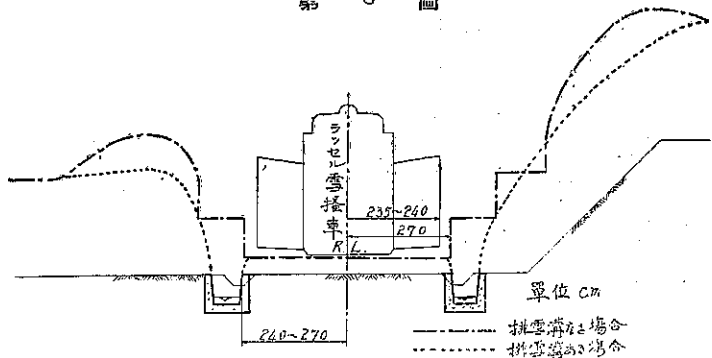
排雪溝は人力又は機械力を以つて積雪を投入し流水除雪をなすものである。充分の溝断面と流水があれば投入された雪はその儘流れ去るが除雪量に比し流水の少い時には溝の上に雪の被りができ圓滑に流下しないから堰板又は雪塊を以て所々堰止め投入された雪に充分水を滲透せしめ或は更に棒又はショベルを以て攪拌融解し下流より順次堰を除き流下せしむれば作業は迅速に進行する。停車場構内は除雪範囲が広い上に車輛の入換, 旅客貨物の取扱, 發着列車の速度低下の爲に降雪期には絶えず除雪せねばならないから除雪の勞が最も多い。ショベル, 雪掻等を以て直接列車車輛の運行に支障しない様に除雪はするが堆雪が多くなれば畚, 桶の類を以て運搬取捨て, 降雪量更に増し運搬距離が大になれば雪捨列車を運轉する。構内に排雪溝を設備すれば之等の除雪勞力を極めて少額に止めることができる。構内排雪溝の利用に 2 方法がある。一は普通の排雪溝として附近の雪を直接投入し流し去る方法で他は雪捨列車の雪捨場とする方法である。上越線の降雪に際しては普通の排雪溝として一般に隣接する左右各 3 線分の積雪はショベル, 雪掻等を用ひ簡易なる作業により排除することができる。それ以上は雪竈などで小運搬して捨てる。第 5 圖は土樽信號場構内に設置された排雪溝が盛んに利用されつゝある時の状態である。降雪期中の列車運行は亂れ勝であるがこの

第 5 圖 155 km 附近より土樽信號場構内を望む



時雪捨列車を構外に運轉するにはやゝもすれば危険が伴ひ多大の勞力を要するものである。石打驛構内の排雪溝を雪捨場として利用し雪捨列車を構内入換のみにより安全に運轉し, 1 日當り除雪量を高め勞力を節約することができた。即ち石打驛に於ては構外 800 m の所に 1 日 4 回の雪捨列車を出し除雪従事員は 1 人 1 日平均 8.7 m³ の除雪をなしたが排雪溝を之に利用して 1 日 4~5 回雪捨列車を使用し 1 人 1 日平均 17.5 m³ の除雪をすることができた。

第 6 圖



停車場構外の線路の除雪範囲は降雪の質とその多少によつて異なるが相當降雪のあつた時にはラッセル雪掻車の幅と其の除雪作用を考慮して必要なる最小範囲をとり第 6 圖の様に軌道中心から大略 270 cm 迄とし之に續いて階段切をす

る。多量降雪のある際には之に對する除雪勞力は甚しく大となり列車の運行にも支障する様なことがある。線路に沿ふて排雪溝を造ればこの除雪作業は甚だ容易となる。排雪溝を界とし線路内の雪はラッセル雪掻車のウイングによつて溝中に押入れられ、その儘流れ去り線路外の雪は積るに任せる。時折見廻つて積雪の肩切りを行ひ溝上の被りを取拂ふ程度で充分である。第 6 圖にその積雪狀況の代表的のものを示した。排雪溝が線路の片側のみに築造される時又は溝断面や流水の不十分なる場合には線路上の積堆雪の投入に多少の勞力を要するが尙排雪溝の無い場合に比すべくもない。第 7 圖は積堆雪多くなりて除雪に困難し階段切り作業をなして居る所、第 9 圖は排雪溝の効果著しくラッセル雪掻車の運轉のみにて他に殆んど除雪従事員の勞力を要せざる所、第 8 圖はラッセル雪掻車を以つて線路上の積雪を排雪溝に押入れつゝある状態である。

排雪溝を以て排除し得る雪量は排雪溝の状態と人員の配置によつて異つてくる。断面積約 0.55m^2 の排雪溝に積雪を投入する場合溝内の排雪は多少盛上り排雪断面は $0.55\sim 0.65\text{m}^2$ になることが多い。斯る排雪溝に隣接する 2~3 線上の積雪を投入し、延長 1m の溝を満すに要する時間は 10 分以下である。溝延長約 10m に 1 人の除雪従事員を配するものとすれば相當の流量と水温さへあれば排雪は自然に滞ることなく流去するから排雪能力は 1 人當り約 $3.3\sim 3.9$

$\text{m}^3/\text{時}$ 、實働時間を 1 日 10 時とすれば 1 日 $33\sim 39\text{m}^3$ である。流水の割合に投雪量を大にすれば投雪は滯溜し勝となり排雪溝の堰止め流雪の攪拌を必要とするに至り 1 人當り除雪量は前より幾分小となる。

延長 1m の排雪溝に積雪を投入し之を満すに要する時間を t_1 、堰止めを破り溝中の雪が流去するに要する時間を t_2 、排雪溝の排雪断面を A 、延長 10m に對して配置した除雪従事員數を n 、延長 1m の排雪溝の 1 時間當り排雪量を Q とすれば

$$Q = \frac{60A}{\frac{10t_1}{n} + t_2} \quad (\text{m}^3)$$

第 7 圖 排 雪 狀 況



第 8 圖 土禮信號場構内ラッセル運轉狀況



茲に $A: (m^2), t_1, t_2: (分)$

除雪従事員 1 人當り 1 時間除雪量を K とすれば

$$K = \frac{60A}{t_1 + \frac{nt_2}{10}} \quad (m^3)$$

である。 t_2 の値は作用する溝の延長及び流速により多少異なるべきであるが上越線の実績によれば $t_2=35\sim40$ 分であるから $t_1=10$ 分, $t_2=40$ 分, $A=0.55\sim0.65 m^2$ として Q 及び K を計算すると第 10 圖のようになる。 $n=0$ とすれば $K=60A/t_1$ となり 1 除雪従事員が連続投雪する場合の除雪量 $3.3\sim3.9 m^3/時$ が之である。

普通の停車場では 3~4 線の間隔をおけば建造物又は入換或は留置車輛等除雪作業に對する支障のあることが多く且運搬距離の関係から排雪溝に隣る 3 線より速き線路の除雪は雪捨列車により排雪溝に投雪する方が一般に經濟的である。石打驛に於ける雪捨列車の例を見るに貨車 10 輛に除雪従事員 40 人を用ひ積雪を貨車に満載するに約 50 分, 貨車の入換轉線に約 20 分, 積載せる雪を 4 回に切換へ排雪溝に投入 (排雪溝延長 280~300m が雪で滿さる) するに約 25 分で足りるから積雪の積込又は入換轉線に相當の時間を要するが除雪従事員 1 人當り 1 日除雪量は増加し $17\sim18 m^3$ となる。

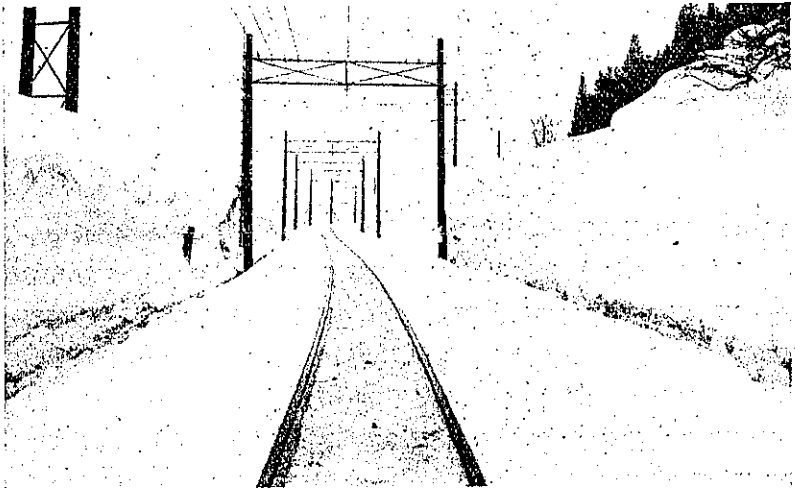
降雪後間もなき積雪に比し排雪溝に投入される雪はその容積が $1/2\sim1/3$ に收縮するから排雪溝附近の積雪に對する排雪溝の排雪能力は可なり大なるものである。

4. 排雪溝の經濟價值

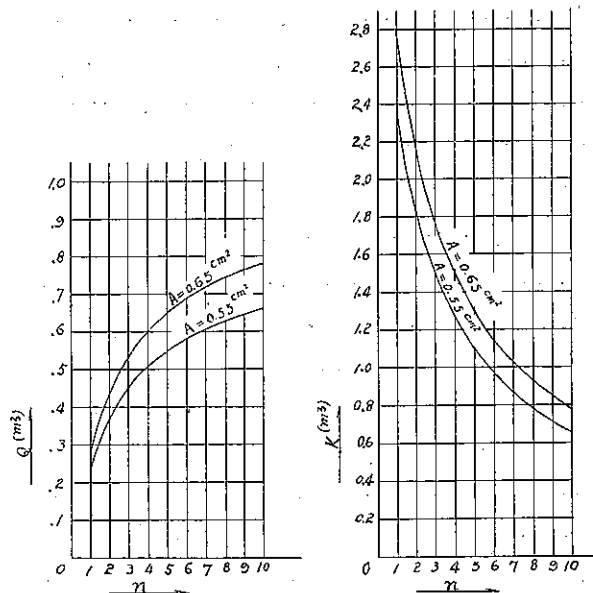
排雪溝の經濟價值は停車場構内に於て特に著しく大である。今実績に就て見るに土樽信號場構内軌道延長は 2717 m で 779 m の排雪溝がある。

而して越後湯澤驛構内軌道延長は 2009 m であつて全然排雪溝がない。兩停車場に於ける昭和 8 年度除雪従事員

第 9 圖 166 km 800 m 附近



第 10 圖



敷を比較し排雪溝の効果を調査すると次の様になる。降雪量累計は前述した様に土樽 3 265 cm, 越後湯澤 2 338 cm で兩者の比は 1.4 である。

	構内軌道延長 (m)	除雪従事員数	軌道 100 m 當り 除雪従事員数
土樽信號場	2 717	952	35
越後湯澤驛	2 009	2 110	105

越後湯澤驛に於ける軌道 100 m 當り除雪従事員数を規準とし軌道延長のみから土樽に於て排雪溝の無い場合に必要なる除雪従事員数を出すと

$$105 \times 2 717 = 2 853 \text{ 人}$$

或は降雪量を考慮しその比 1.4 を乗ずれば

$$2 853 \times 1.4 = 3 994 \text{ 人}$$

實際使用せし除雪従事員は 952 人であるからその差は

$$2 853 - 952 = 1 901 \text{ 人}$$

$$3 994 - 952 = 3 042 \text{ 人}$$

となり之だけが排雪溝の爲に減少したことになる。然し土樽内の排雪溝延長は 779 m で全工費は 6 860 圓である。即ち昭和 8 年度の如き降雪量があれば全工事費の約 1/3 を 1 年間の除雪費節約で償還し得ることになる。此の外溝内軌道延長 7 115 m に對し 859 m の排雪溝ある石打驛, 構内軌道延長 2 949 m に對し 769 m の排雪溝ある土合信號場構内に於ける實績を上記の如くして求め或は他の一方法として除雪区域内の除雪量より比較するも 1 ケ年除雪費の節約は工事費の大體 1/3~1/4 となる。

除雪範圍廣き停車場構内に造られた排雪溝の經濟價値は上述の様に極めて大である。構外の線路に沿ふて造られた排雪溝は除雪範圍狹小である上にラッセル雪掻車のみにて完全なる除雪をせんとすれば線路兩側に造らねばならないから列車運轉保安上は極めて重要であるが其の經濟的效果は停車場構内の排雪溝には及ばない。上越線に於て橋梁隧道及び排雪溝に沿ふた線路を除き除雪を要する區間に作業した除雪従事員数を昭和 8 年度の實績から見ると線路 100 m 當り平均 100~170 人であるが多い所は 250~300 人に達して居る。然るに排雪溝を線路兩側に造るとすれば工費 2 000 圓以下に過ぎない。排雪溝を作用せしむれば僅少の従事員を以て時折流水の見廻り雪掻車の排除した雪塊, 吹雪, 激しき降雪等により所々に生ずる溝上の被りを取拂ふ程度で差支へないから尙充分經濟價値の大なるものであると云へる。

5. 排雪溝の設計

排雪溝の流水は隧道の排水或は線路附近の小川より導く。構築材料はコンクリートが主であるが玉石練積とすることも有る。大體第 1 圖及び第 2 圖に示す様な溝渠形で現在主に口幅 70~90 cm, 底幅 60~70 cm, 深さ 30~95 cm の間にある。之は地形及び排除すべき雪の量或は水温により適當に決定すべきものであるが一般に水源の豊富なる限りなるべく大なる断面を用ふる方がよい。現在迄に見た上越線の最大降雪量に對して既設の排雪溝は其の最大のものでも既に最大能力を發揮して居ると云へる。排雪溝の形は又途中滯雪を來したり溝壁を越えて溢水することのなき様にすべきで溝の深さに對して幅の割合を適當にし局部的に深さ又は幅を縮小する設計は避けなければならない。之は又ラッセル雪掻車のみによりて除雪の大部分を遂行せんとする停車場構外線路に沿ふて造らるゝものと積堆雪の人力投入又は雪捨を主とする停車場構内に造らるゝものとで多少異なるべきである。餘地の少い停車場構内に造らるゝものは除雪作業の上からも構外のものに比し深さに對する幅を多少狭くすること

ができる。構外に於てラッセル雪掻車のみにより全部の除雪を良好に遂行せんとすれば上越線程度の降雪に對しては溝幅 90~100 cm, 深さは多少淺くとも差支へなく 60~70 cm 程度とすべきであつて降雪量が之より大であれば之に従ひ断面も増加すべきは勿論である。

停車場構内の排雪溝を用ひて左右各 2 線分の降雪は極めて簡易に排除することができるが構内入換又は列車運轉關係上大なる支障の起らざる限り左右各 3 線分の除雪も經濟的に行ふことができる。それより離れた線路の除雪は雪捨列車を用ひ除雪する方が經濟的な場合が多い。従つて構内に於ける排雪溝の配置には充分の注意を要するものである。上越線の各停車場に於て現在排雪溝利用範圍内にある線路（排雪溝の左右各 3 線分の範圍内にあるもの）の延長と構内軌道總延長との比即ち排雪溝利用率を見ると次の様になる。

土合信號場	94 %	越後中里驛	78 %
土樽信號場	92 %	石打驛	53 %

排雪溝は排雪を流下せしめ附近の河川又は原野に放出するものであるから水源に困難せざる限り其の延長を 200~300 m 位に區切り流雪を放流し流水を更新すれば水温も低下せず除雪能率大となる。排雪溝を線路の側傍に設くる時には軌道中心から約 2.4~2.7 m 程度離す。排雪溝の勾配は線路の勾配に順應せしめる。上越線に於ては停車場構内は 2.5/1 000~3/1 000, 構外は多く 20/1 000 である。排雪溝の中途に於て此の勾配を急變せしむると流雪に支障を與へることが多い。