

融雪パネルを活用した融雪装置の開発について ～ 除雪作業労力の削減に向けて～

山田 恵太*1 関口 和史*2

1. はじめに

高速自動車国道上信越自動車道は、周辺に多くのスキー場があり、積雪深が 300 mm にもおよぶ豪雪地域である妙高高原を通過する道路である。

高速道路の除雪作業は、除雪車による本線作業をはじめ、人力を必要とする作業も多くある。しかしながら、労働力の確保が困難となりつつある社会情勢に加え、異常気象等による集中的な降雪などにより、除雪作業にかかる労力の軽減が求められている。

2. 開発経緯～トールゲート上屋での検証～

高速道路のインターチェンジ（以下「IC」と表記する）は、出入口にそれぞれ通行券の発券機、料金収受ブース、ETC（ノンストップ自動料金収受システム）などの設備を配置しており、それらの頭上には“トールゲート”と呼ばれる上屋を設置している。トールゲート上屋の除雪は、料金所員により雪底処理を実施しているが、積雪量が著しい場合、IC 閉鎖を伴う除雪作業を行うことがある（写真 1）。



写真1 IC 閉鎖を伴うトールゲート上屋の除雪作業

トールゲート上屋における雪底防止を目的に、平成 25 年度より融雪パネルを活用した融雪装置の開発を開始した。開発は、融雪パネルの配置、受配電設備の改造を最小限とする運用・制御手法とセンサーの選定などを検証し、期待性能を満足する雪底防止装置を実現することができた（写真 2）。このトールゲート上屋の雪底防止に関する検証は、ゆきみらい 2016 in 盛岡においても報告をさせていただいた。この検証にて得ることができた知見をもとに、高速道路本線において同様に除雪作業に苦慮している箇所への活用が可能であることを確信し、新たな融雪装置の開発に着手した。



写真2 トールゲート上屋融雪

3. 非常電話足場融雪装置の開発

3.1 開発経緯

高速道路は、24 時間 365 日交通事故等の状況把握やさまざまな設備の監視・制御を道路管制センターにおいて行っている。高速道路本線には、お客さまが交通事故や車両の故障時に道路管制センターへ通報することができる非常電話をおよそ 1 km 間隔で設置している。冬期間の非常電話は、降雪と除雪車による投雪により雪に埋もれてしまうことがあり、積雪量の大きい箇所は非常電話の使用が困難な状況となる。雪に埋没した非常電話の周辺を除雪する作業は、除雪機械の使用できない狭小場所であるため、スコップによる人力作業にて行っている（写真 3）。



写真3 非常電話の除雪作業

3.2 非常電話足場融雪装置の開発と検証

非常電話足場の融雪装置の開発は、平成 26 から 27 年の冬期に開始した。検証場所は、妙高高原 IC から中郷 IC 間の非常電話を選定した。

* 1 東日本高速道路株式会社 新潟支社 上越管理事務所 * 2 東日本高速道路株式会社 新潟支社 施設課

開発にあたっては、製作コストと運用コストの抑制を念頭に置く必要がある。まず、融雪方式を検討するにあたり、選択肢のひとつと考えたのは遠赤外線融雪方式であった。しかし、電源確保までを加味した製作コスト面で、融雪パネル方式が有利と考えた。

次に制御手法を検討した。筆者の知るこれまでの融雪装置制御用センサは、温度センサか降雪センサであった。温度センサ制御は、安価な製品が多く流通しているが、降雪の有無に関わらず、気温が設定温度以下になるとヒータONとなる制御であり無駄が多い。降雪センサは、降雪が止まってからの除雪車による投雪に対し対応ができない。そこで、“降雪”ではなく融雪パネル上の“積雪”を検知できないかと考えセンサを探したところ、降雪センサの製作メーカーが比較的簡易に積雪センサの製作が可能との回答を得ることができたため、センサの性能確認を含めて検証を開始した。

積雪センサは、3 cm以上の積雪を検知すると動作する仕様とした。融雪パネルの能力は、トールゲート上屋で使用した時間あたり 4.5 cmの融雪が可能なものを選定、融雪パネル能力と動作条件の検証を行った（写真4）。



写真4 非常電話足場融雪装置



写真5 非常電話足場融雪装置による融雪状況（左上：除雪車による投雪直後、右上：投雪後の積雪、左下：融雪状況）

検証結果は、十分な融雪能力を確認することができた（写真5）が、融雪能力、動作条件を緩めても融雪能力を確保できるのではないかと考えたため、ランニングコストの低減を目的に検証を継続した。

3.3 検証パターンの拡大

平成 27 から 28 年の冬期シーズンは、融雪装置に求める性能を損なわない範囲における必要最低限の能力を見出すため、下表の 6 パターンを比較検証した。

パターン	1	2	3	4	5	6
融雪能力 〔cm/h〕	4.5	4.5	4.5	3.0	3.0	3.0
積雪センサ稼働 積雪〔cm〕	5	10	20	5	10	20

結果は、どのパターンも十分な融雪結果が得られたが、晴天時の太陽光線の角度により積雪していない状態での誤動作が確認され、積雪センサの改良が必要と考えた。

3.4 積雪センサの改良

平成 28 から 29 年の冬期シーズンは、積雪センサの検知方法を高所から行うタイプから水平に検知する仕様に変更した。検証パターンは前項と同様の 6 パターンにて行った（写真6）。



写真6 積雪センサの改良

検証結果は、前シーズンに見られた誤動作は観察されず、試行した 6 パターンすべてにおいて満足な結果を得ることができた。しかし、トールゲート上屋融雪においてある程度の積雪後に電源を投入することにより、融雪パネルと積雪の間で空洞となり、融雪が進まない状況が確認された。これを非常電話足場に当てはめると、積雪を残した状況で融雪装置を停止することにより融雪パネル上の残雪と融雪範囲外の積雪が一体化し、次の降雪機会に稼働したとき融雪パネル上で空洞化してしまうことになる。これにより積雪センサの稼働は、5cm 程度が妥当と考えた。また、融雪パネルの融雪能力は、積雪センサにより融雪パネル上に積雪が検知されているときのみしか稼働しないことを考えると、能力の大きい 4.5cm/h 仕様の製品を採用すべきと考えた。

4. トンネル坑口監査路融雪装置の開発

4.1 開発経緯

トンネル坑口は、トンネル内への持込み雪を抑制するため、ロードヒーティングや、散水融雪装置を敷設している（図1）。

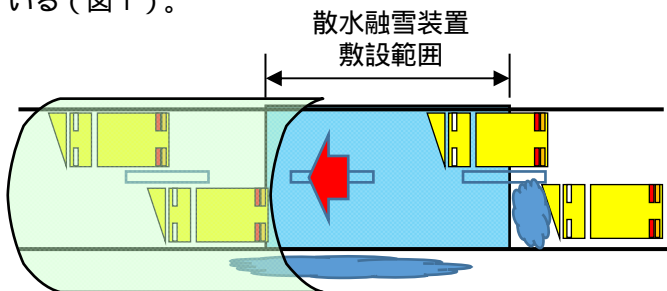


図1 トンネル坑口部散水融雪装置と除雪車の持込み雪

除雪車による梯団除雪において追越車線の積雪を路肩に排雪するのに必要な距離は、融雪装置の敷設範囲に比して大きいためトンネル内に除雪の雪が持ち込まれてしまう。融雪装置の融雪能力を超える降雪時や、進行方法への風が強いときは、トンネル坑口の監査路には、持込雪が多く堆積し、車線にかかることもある。トンネル内への持込雪の除雪は、車線規制を必要とする冬期間においては困難な作業の一つである（写真7）。



写真7 トンネル坑口部持込み雪の除雪作業

4.2 トンネル坑口監査路融雪装置の開発と検証

トンネル坑口監査路融雪装置の製作は、融雪パネルの

敷設範囲と、融雪能力を想定から行った。

梯団除雪による除雪延長はおよそ 100m、今回試行した観音平トンネル坑口の散水融雪範囲は、坑口手前 60m、トンネル内 19mである。これを考慮し、融雪パネルの設置範囲は、坑口より 30mとした。持込雪の量がトンネル内へ向かうほど少なくなるため、奥と手前で融雪能力の異なるパネルを設置し、もっとも持込み雪の多くなる坑口付近の融雪パネル上に積雪センサを設置した。積雪センサは、非常電話足場の検証で観察されたように太陽光による誤作動のおそれがないこと、除雪車の投雪による損傷を回避するため、高所からパネル上の積雪を検知するタイプのものを選定、平成 27 から 28 年の冬期シーズンに検証を開始した（写真8）。



写真8 トンネル坑口監査路融雪装置

（上：融雪パネルと積雪センサ、下：制御盤）

坑口から 30m の延長に融雪パネルを敷設するため、合計 16 枚を必要としたが、トールゲート上屋融雪と同様、受配電設備改造の回避、電気料金縮減のため、すべてのパネルを一斉に動作させるのではなく、坑口の手前から順番に動作させる制御とした（以下「ロータリー制御」と呼称する）（図2）。

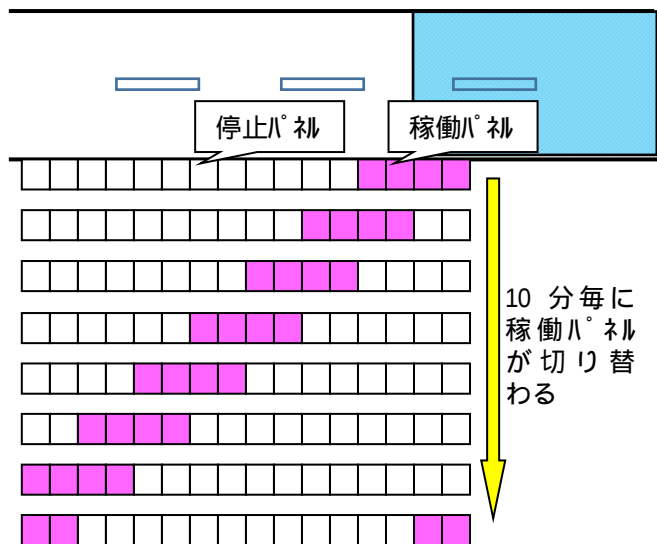


図2 融雪パネルのロータリー制御

平成 27 から 28 年、28 から 29 年の冬期シーズンとも少雪であったが、わずかな機会ながらも写真 9 のとおり期待性能の発揮を確認できた。



写真9 トンネル坑口融雪装置検証状況

除雪作業労力の縮減、削減を考えると、多くの製品が流通しているヒーター類の採用が一番に思い浮かぶ。しかし、ヒーター類は消費電力が大きいため、広い範囲の融雪を行うためには、電源の確保に大きな投資が必要となる場合が多い。早く、広範囲に対策を進めるため、技術者として研鑽し、工夫を重ねていきたい。

5. まとめ

少子高齢化が加速し、労働人口が減少していく社会情勢に対応していくためには、これまで人力に頼ってきた作業を高速道路の機能を損なうことなく、いかに縮小、廃止できるかを考えていかなければならない。