

遠赤外線融雪装置による雪崩堆雪エリアの融雪について

田口 薫*1、佐藤 秀平*2

1. はじめに

東日本高速道路株式会社 新潟支社 湯沢管理事務所の管理路線である関越自動車道 小千谷 IC～水上 IC 間は豪雪地帯である魚沼・南魚沼市域を通過しており、降雪量は他高速道路管理事務所管内と比べて随一である。(図1参照)

平成23年度年間累計降雪量は、最も多い土樽PAで23.1mであり(湯沢管理事務所計測値)、除雪作業は過酷を極めるものとなっている。また、当該区間は関東地方と北陸地方を結ぶ物流の要であり、冬期間において除雪作業や凍結防止剤散布作業による交通の確保は重要な責務である。

関越自動車道の関越トンネル新潟側坑口～塩沢石打IC間には、雪崩発生の危険斜面付近を通過する箇所があり、この区間での雪崩発生の危険箇所は概ね6箇所ある。関越トンネルの新潟側坑口から松川橋までに3箇所、石打トンネル前後に3箇所という状況である。関越道が全線開通した昭和60年度の前年には、関越道に隣接するJR土樽駅の変電施設を損壊させる大規模な雪崩も発生している。

雪崩対策工は、概ね発生域と到達域の2種類あるが、本報告は到達域の雪崩防護擁壁での雪崩対策工の一つの方法として遠赤外線融雪装置を用いて融雪試験を実施した結果について報告するものである。



図1 関越道湯沢管内図

2. 現地試験場所の選定理由

雪崩防護擁壁は、到達域の最後の砦となる強固なもので、表層雪崩から全層雪崩まですべてを抑える役割を目的としている。しかし、6箇所の危険箇所のうちの1つである石打トンネル東京側坑口部の雪崩防護擁壁には次の問題点がある。



湯沢側から望む



塩沢側から望む

写真1 擁壁とのり面間

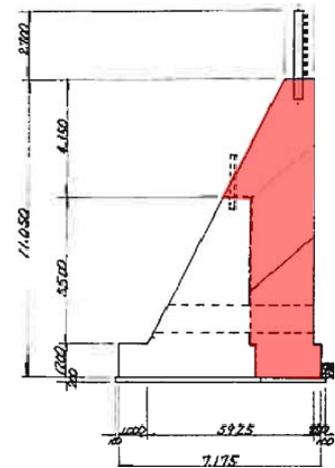


図2 擁壁図面

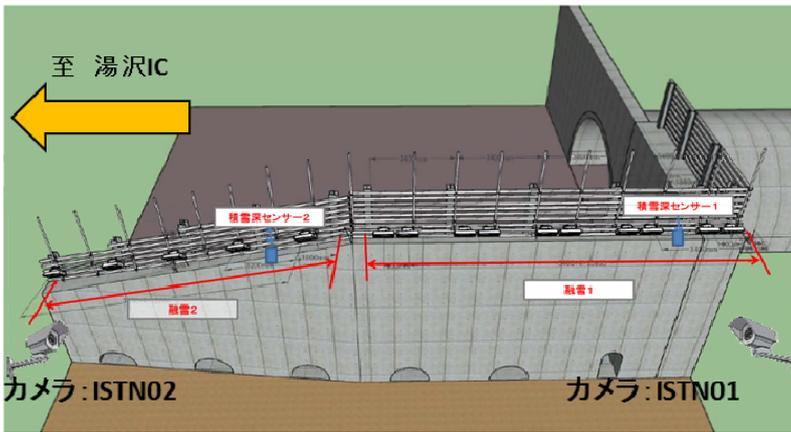


図3 システム全体図

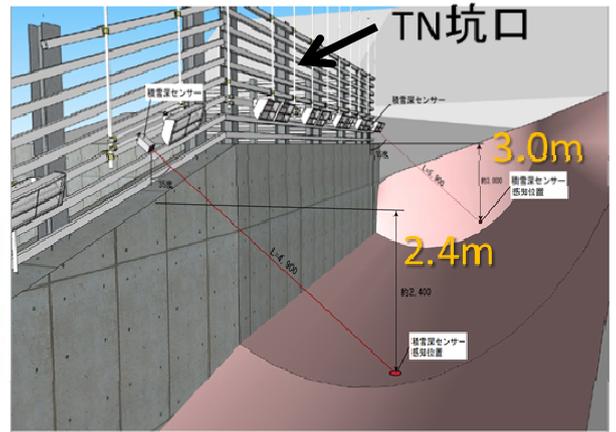


図4 センサー検知図

2.1 防護擁壁の高さの不足

石打トンネル東京側坑口部の雪崩防護擁壁は、当初計画の設計では一律 5mの高さであったが、六日町 IC～湯沢 IC 間の開通前に雪崩に対する対策工の見直しを行い、図 2 のように坑口側での最大擁壁高さが 12.55m（コンクリート擁壁 9.85mの上部に 2.7mの鋼製補高柵を設置）となる巨大な防護擁壁に嵩上げた。しかし、写真 2 のように平成 18 年 2 月に発生した雪崩のデブリが 12.55mの擁壁上部まで達する状況となり、12.55mの擁壁高さでも不足している状況にある。

2.2 堆雪エリアの不足

コンクリート擁壁の嵩上げに伴い擁壁の下部も嵩増したため、擁壁とのり面間の雪崩の堆雪エリアが縮小されてしまった。（写真 1 参照）



写真 2 平成 18 年 2 月

3. 遠赤外線融雪装置

雪崩防護擁壁は雪崩を擁壁とのり面間の堆雪エリアで受け止める構造であるため、写真 2 のように鋼製補高柵まで埋まってしまった状態では機能が発揮できず、さらなる雪崩が発生した場合は、デブリが本線まで到達する非常に危険な状態となる（図 5 参照）。関越自動車道が開通後に何度か満杯状態になり、擁壁上部にある補高柵にさらに単管とネットで嵩上げを実施しているが、雪崩の破壊力は補高柵等では防げないため、危険回避として適宜バックホウや人力にて堆雪エリアの確保を実施している。そこで、融雪装置の遠赤外線に着目し、試験施工を行った。

遠赤外線融雪装置は、図 4 のように鋼製補高柵部分から下方に向け遠赤外線を積雪した雪に照射する装置である。融雪する仕組みは「遠赤外線が水分子の振動を活発にし、振動が激しくなることで発熱して融雪効果をもたらす」方法による（図 6 参照）。装置の基数及び配置ピッチはシュミレーションを行い決定した（図 7 参照）。図 3 のように

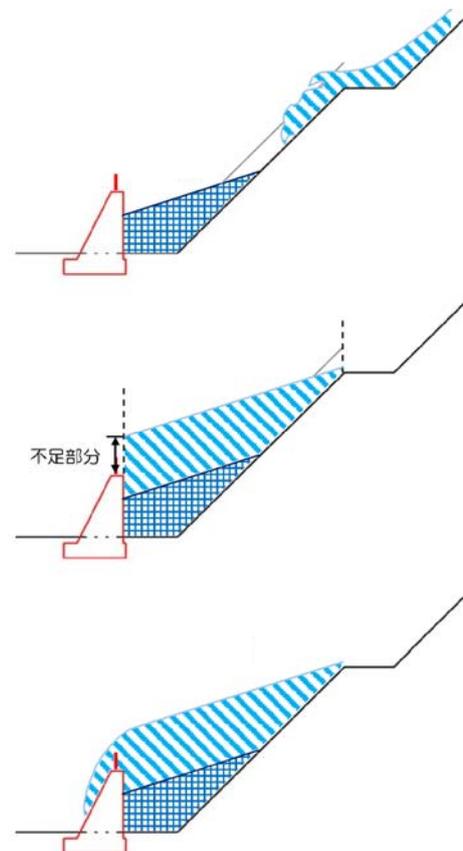


図5 堆雪モデル

擁壁が高い方は、堆雪エリアが狭いことから融雪能力を高くするため2基並列で10基設置し、低くなる側の擁壁には5基を均等に設置し、2基並列の区間と1基の区間にわけて積雪深センサーと24時間監視用のWebカメラをそれぞれに設置した。夜間の融雪稼働時はカメラが遠赤外線モードとなるため、遠赤外線融雪範囲が明るく照射される。写真4の照射範囲にて融雪が行われる。また、データ収集としてこの2区間の範囲を1時間に1回撮影して携帯回線を使用し保存閲覧可能な運用を行った。

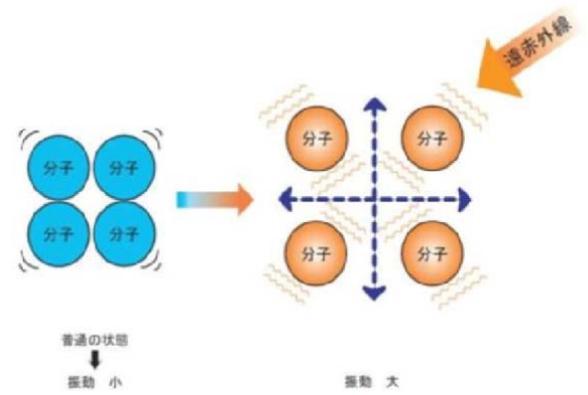


図6 融雪の仕組み

4. 運用結果

4.1 運用期間

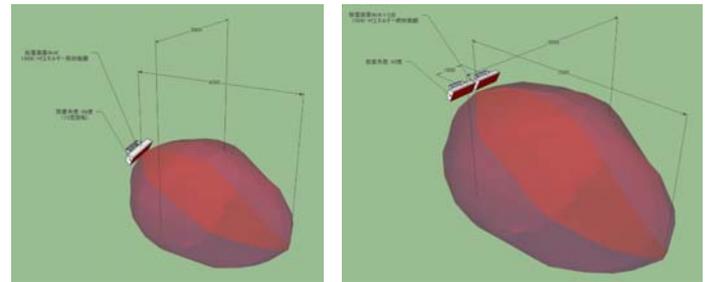
電力会社との契約期間は平成28年11月1日から平成29年3月31日とした。

4.2 降雪及び融雪状況の考察

湯沢ICの自動降雪計の降雪記録では、1,051cmを観測しており累計降雪量は平年並みであったが、試験場所での積雪量が例年より予想以上に少ない状況となった。今回のシステムは図4のようにセンサーが積雪状況を検知し、融雪装置と積雪面が3m以内となった場合に融雪開始となるよう設定したが、センサーの感度の影響か設置角度の影響が明確に分らなかったが、早めに融雪を行うパターンが多く発生し、計画していた図4のパターンにはならなかった。しかし、写真3のようにのり面全体が融雪され、全層雪崩が発生する終冬期でも均等に融雪されたため、のり面積雪崩落も発生しなかった。このことから遠赤外線融雪装置による融雪は効果が期待できるものだった。

4.3 使用電力量等

使用電力量(料金)はセンサーの誤作動もあり、最低限必要な電力量の検証ができなかったため次の検証後にまとめた。 (参考: 期間中の基本料金: 286,999.2円、日最大使用時: 10,208円)



1基での融雪範囲

2基並列での融雪範囲

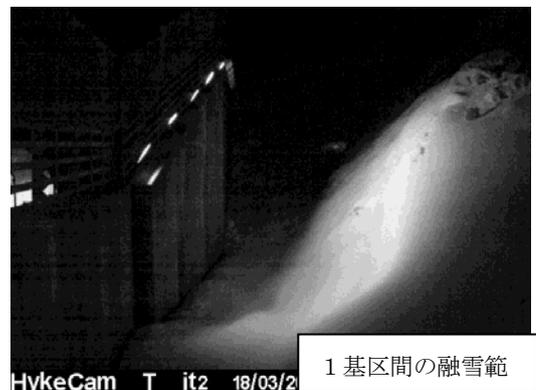
図7 融雪範囲のシミュレーション



写真3 融雪後の状況



2基並列区間の融雪範



1基区間の融雪範

写真4 Webカメラ(夜間の遠赤外線モード)

5. 今後の活用

平成29年度も継続して融雪装置試験を行う予定であるが、センサーによる自動運転だけではなく、ある程度（3m以内）まで積雪させてから運転を開始する方法も考えている。また、効果が期待できるとわかったことから装置の基数を減らしてみても融雪効果も検証したいと考える。

課題として融雪装置の故障時の対応や定期的なメンテナンスの実施があり長期のスパンで費用を検討しなければならないので、試験運用をマニュアル化し、最適な装置の配置計画や使用電気量の削減を目指していきたい。

6. まとめ

今回の融雪試験の報告は、雪崩危険個所の問題解決の一つの方法として実施したが、融雪を必要とする場所他の場所にもたくさんある。

その中の一つとして高速道路本線路肩に設置してある非常電話周辺がある。湯沢管内では、除雪時に形成される路肩の雪堤により非常電話が埋まってしまう事象が発生し、特に事故が多い冬期には非常電話を利用される頻度が高く、拡幅作業が急務である。管内全線で人力による掘り出し作業を実施しているが、冬場の高速道路本線上での作業は危険が伴い過酷な環境となっている。平成29年度は今回設置した機器の一部を図8のように加工し、融雪効果の検証も合わせて行う予定である。また、構造上の問題や地域によってのり面に投雪できず路肩雪堤処理ができない区間では車線規制又は梯団除雪による先頭固定を実施して運搬排雪を行っているが、図9のように既設の融雪槽を利用して路肩雪堤箇所への遠赤外線融雪装置の運用も予定している。

少子高齢化の影響は、除雪作業に従事するオペレーターや作業員にも波及しており、近い将来には人材不足が懸念されることから、人力除雪作業が減少できる融雪設備の展開が必要不可欠であると思われる。また、人力除雪作業の減少が実現できれば、その分作業員の安全の確保にも繋がると考える。

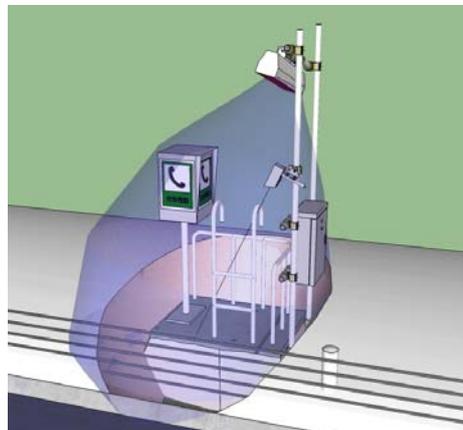


図8 非常電話箇所への応用

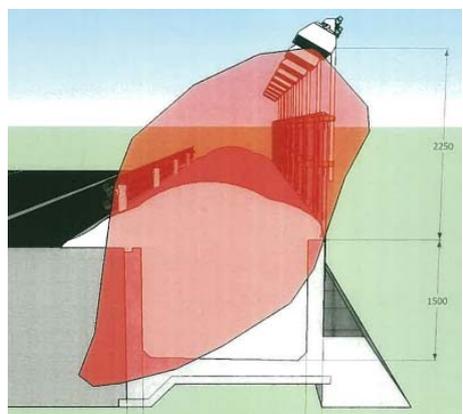


図9 路肩雪堤箇所への応用