

関越自動車道 湯沢管理事務所管内における中央分離帯の雪堤処理の効率化検討

五十嵐祐貴 * 1 佐藤 峰夫 * 1 上村 靖司 * 2 杉原 幸信 * 2

1. はじめに

湯沢管理事務所の管理している関越自動車道 小千谷 I.C～水上 I.C 間は、豪雪地帯として全国的に有名な魚沼・南魚沼地域を通過しており、管内の降雪量は非常に多いものとなっている。管内の年間累計降雪量は最も多い箇所でも 20m 以上（土樽地域）となることもあり、「冬の関越道」の交通環境を如何に維持するか、というのは大きな課題となっている。さらに、中央分離帯（以後、「中分」とする）における雪堤くずれ等も数多く発生し、それらは事故に直結する可能性があるため、その事前・事後対応も毎年問題となっている。

そこで、今回は、中分の雪堤くずれ防止を目的とした「中分雪堤処理」の効率化検討について、過去からの変遷を含めて報告する。

2. 中分雪堤の形成

関越自動車道 関越トンネル土樽坑口から小千谷 IC 間では、路肩および中分に大きな雪堤が形成されることがある。雪堤とは除雪作業や降雪および吹きだまりなどによって道路に沿って形成される堤防状の堆雪であり、雪壁と呼ぶこともある。図-1 に 2006 年 1 月 4 日 10 時 55 分に関越自動車道六日町 IC 付近で撮影された路側雪堤¹⁾(写真左側)と中分雪堤²⁾(写真右側)の様子を示す。また図-2 に中分雪堤の形成



図-1 路側雪堤と中分雪堤 (2006 年 1 月 4 日 10 時 55 分、関越自動車道下り、六日町 IC 付近)

図 (中分の防護柵はガードケーブル) を示し、以下に形成過程を簡単にまとめる。

- ① 降雪によって防護柵の周囲や内側、上部に雪が積もる。防護柵両脇の積雪は、除雪トラックで除雪されるため、中分雪堤は堤防状となる。
- ② ガードケーブルの着雪は、左右のケーブル間隔が狭い上部で互いに接し、一体化する場合がある。ガードレールの区間においても同様であり、強度の高い降雪中にレール上部の着雪が互いに接し一体化する場合がある。
- ③ 防護柵内には雪が積もりにくく、さらに降雪時に②が形成されると防護柵内に柵に沿って空洞が生じる。
- ④ 防護柵内の積雪の沈降と融解により、防護柵内の空洞が大きくなる。また防護柵周辺の積雪は、防護柵からの熱伝導や防護柵に沿って流入する外気による対流熱伝達により融解が促進される。積雪下部は次第にざらめ雪となる。
- ⑤ 防護柵より上の積雪は圧密し密度が大きくなる。一方、防護柵より下の柵の横の積雪は、防護柵により圧密が妨げられ、密度が上部に比べて小さくなることもある。
- ⑥ 中分雪堤の側面および上面は、気温や日射、風などの自然的要因、自動車の走行風などの人工

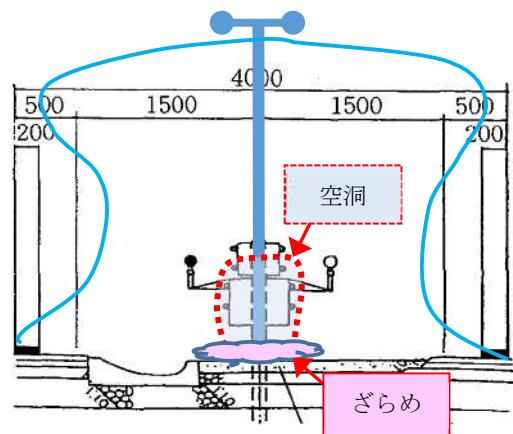


図-2 中分雪堤の形成図
(中分の防護柵はガードケーブル)

* 1 株式会社ネクスコ・メンテナンス新潟 * 2 長岡技術科学大学 工学研究院 機械系

的要因により融解が進む。特に、路面近くは熱供給が多いため中分雪堤の下部から融雪が進行しやすい。このため、中分雪堤の下部がやせ細り、頂部が車線側に張り出した「きのこ型」の輪郭に変化する。

- ⑦ 降雪と融解が繰り返されると中分雪堤頂部の車線側への張り出しが大きくなり、顕著なきのこ型となる場合がある。

上記①から⑦により形成された中分雪堤は、上部が左右に大きくて重たく、下部は空洞が生じていて不安定となりやすい状態であり、崩壊の危険性が高い。そのため、関越自動車道湯沢管理事務所管内では、「雪底、雪堤処理」が他の地域の高速道路に比べて重要かつ特徴的な雪氷作業である。

3. 中分雪堤の処理方法

雪堤は降雪と除雪作業により徐々に成長するが、特に強度の高い降雪が連続する場合に急速に成長することが多い。しかし、こうした降雪状況下では除雪トラック 3 台、標識車 1 台の通常梯団除雪編成による車線の「新雪除雪」が優先されるため、「その他作業」に分類される「雪堤処理」は、雪堤がある程度成長してから実施されることとなる。ここでは中分雪堤に注目し、代表的な中分雪堤の処理方法を以下にまとめる。

- ① 雪堤切り：図-3 に雪堤切りの概要を示す。雪堤切りは、除雪編成による先頭固定規制作業（中分雪堤処理）と呼ばれ、天候が安定し、路面状態が良好なときに、除雪トラック 4 台、標識車 1 台の梯団編成で実施する。雪堤切り付プラウを装着した除雪トラック 1 号車で切った雪は、除雪トラック 2, 3, 4 号車で路肩まで移動させるため、路肩に堆雪幅が確保されている必要がある。雪堤切りは、通常梯団除雪編成よりも除雪トラックが 1 台多いため、通常梯団除雪編成の 3 号車を追加使用する。したがって、雪堤切りするためには通常梯団除雪編成を再編成する必要がある。さらに、除雪編成による先頭固定規制で実施するが、降雪が無い状態での低速作業のため一般車両に追従低速走行を強いることになる。
- ② 運搬排雪：図-4 に中央分離帯規制による中分雪堤の運搬排雪を示す。中央分離帯規制（以降、「中分規制」と呼ぶ）とは、上り線と下り線の追越車線を規制することを指す。降雪が連続し、梯団による雪堤切りが実施できない場合は、天

候が安定した日に中分規制してバックホウやダンプトラック等により中分雪堤の運搬排雪を実施する。

運搬排雪は成長した中分雪堤の大部分を除去するため、中分雪堤崩れの防止効果が高い。しかし、上下線合わせて作業人員が 30 人以上必要であり、1 区間の中分雪堤を処理するのに約 1 週間要することから、作業コストが高いという問題点がある。さらに運搬排雪は中分規制を伴う作業であることから、降雪量が多く、新雪除雪や拡幅除雪が多忙を極める厳冬期において作業を実施することが非常に困難である³⁾。

ここで本報告では、中分の堤防状の堆雪を中分雪堤、堤防の頂部が車線側に張り出した部分を中分雪底と区別し、それぞれの処理作業を「雪堤切り」、「雪底切り」と細分化する。図-5 のそれぞれのラインは雪堤切り、雪底切りで切り取る目安を示している。雪堤切りライン①、②、③の雪堤切り機器については第 4 章で紹介する。



図-4 中央分離帯規制による中分雪堤の運搬排雪

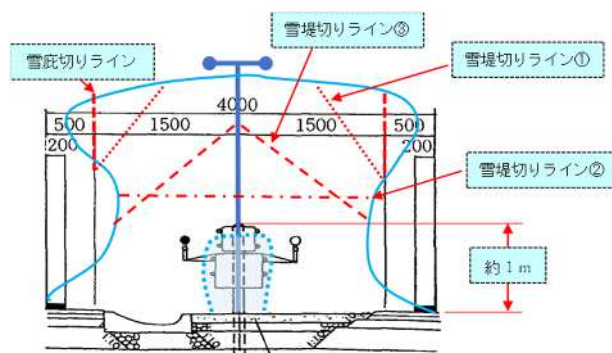
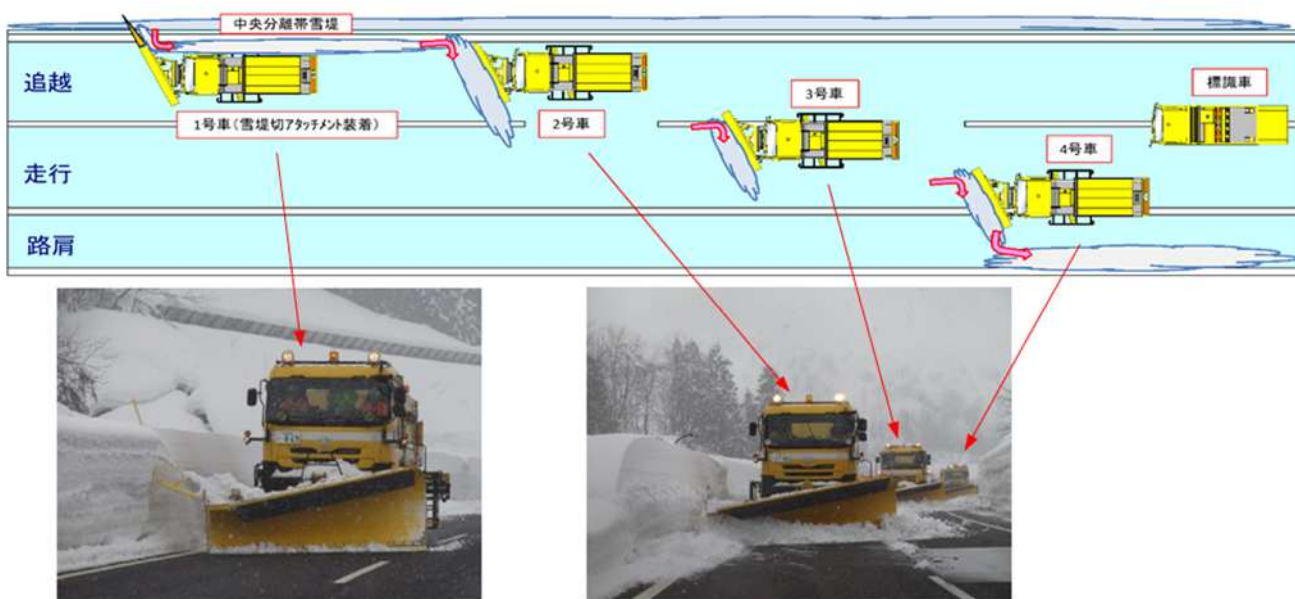


図-5 中分雪堤の雪堤切りおよび雪底切り
(中央分離帯の防護柵はガードケーブル)



図－3 除雪編成による先頭固定規制作業（中分雪堤処理）の概要。写真の雪堤切り機器は表 1 の番号 8。
除雪トラック 1 号車へ雪堤切り付プラウを装着し、切った雪を 2, 3, 4 号車で路肩まで除雪する。

雪堤切りは、中分雪底および中分雪堤の上部を除去する除雪編成による先頭固定規制作業（中分雪堤処理）である。雪堤切りでは、除雪トラック 1 号車を走行させながら、防護柵や距離標、眩光防止板、自発光灯等の中央分離帯施設（以降、「中分施設」と呼ぶ）を破損させないように前プラウに取り付けた雪堤切り機器の切込み量を調整する必要がある。この作業は熟練者でないと非常に難しいため、ここ数年は除雪トラック 1 号車を運転しながら除雪と雪堤切りを同時に行える熟練した運転手の確保が困難であり、運搬排雪による中分雪堤処理を主として実施している状況である。また、雪堤切りは前記「第 3 章①」の梯団編成により実施するため、降雪時には通常梯団除雪と同時に作業することはできない。

一方、中分雪底を除去して成長を防ぐ雪底切りは、通常梯団除雪編成による新雪除雪と同時に行うことができる。具体的には、除雪トラック 1 号車に標準装備されているプラウ幅確認目的の鋼板を雪底切りとして活用し、前プラウによる新雪除雪と雪底切りを同時に実施する。

4. 中分雪堤の処理機器の開発

4.1 開発の経緯及び変遷

本章では、これまでに関越自動車道湯沢管理事務所管内で開発し、取り扱った中分雪堤の雪堤切りおよび雪底切り機器を整理し紹介する。表－1 に中分雪堤の処理機器の変遷を示す。左の列から番号、稼働時

期、作業形態（雪堤切り/雪底切り）、機器の形式、機器の写真、稼働状況をまとめた。

ひとたび中分雪堤が崩壊すると、雪塊によって追越車線がふさがれ、重大事故に直結する危険性があるため（図－6 参照）、中分雪堤の輪郭が大ききこの型となる前に、いかにして除雪編成による先頭固定規制で中分雪堤を処理するかが考え抜かれ、雪堤切り、雪底切りに用いる機器が開発されてきた。

4.2 中分雪堤処理機器の変遷

昭和 57 年の供用開始から、小出管理事務所管内（昭和 59 年 六日町 IC～湯沢 IC 供用開始に伴い、湯沢管理事務所へ名称を変更し、現在に至る）では梯団編成による新雪除雪が実施されている。その際、除雪トラックの前プラウに標準装備されているプラウ幅確認目的の鋼板（表－1 の番号 1）で、中分雪堤を切れないうちという着想が、雪堤処理機器を開発するきっかけ



図－6 中分雪堤崩れの状況⁶⁾

けとなった。

現在では、番号 7～9 の処理機器が主に使用されている。番号 7 は番号 6 の改良版であり、鋼板を短くし、さらに支持部の剛性を高めた雪堤切り機器である。番号 7 は平成 17 年から稼働を開始した。鋼板の長さが短いため、主に低い中分雪堤に有効であり、雪堤切りライン①で中分雪堤を処理した。しかし、雪堤切りライン①では中分雪底の全てと中分雪堤の一部分しか切ることができず、効率的な中分雪堤の処理作業とは言い難い。これは番号 7（番号 2, 3, 6 も同様）では除雪トラック前プラウの上部右端に雪堤切りを行う鋼板（またはワイヤー）が取り付けられており、前プラウから雪堤切りを行う鋼板（またはワイヤー）までの離隔が短いためである。一方、切込み量を増やすために除雪トラック 1 号車を中分へ寄せすぎると、前プラウがガードレールやガードケーブルといった防護柵に接触してしまう危険性があった。

番号 7 の改良版として開発されたのが番号 8 である。番号 8 では、除雪トラック前プラウと雪堤切り機器の間に長さ 950 mm のアームを取り付けることで、雪堤切りを行う鋼板が 900 mm ほど中分側に張り出す設計となっている。この改良により、前プラウが防護柵から離れた位置からより深く中分雪堤を切り崩すことが可能となり（雪堤切りライン③）、眩光防止板の側面が露出するまで中分雪堤を削れるようになった。作業範囲が広がったため、前プラウの右端を中分側の外側線に合わせて走行しても十分に削ることができるようになった。これにより、中分側の外側線をはみ出す必要がなくなり、より安全に作業を行えるようになった⁹⁾。平成 25 年から前プラウ右端へ付ける雪堤切り機器を番号 8 へ更新し進め、現在に至るまで運用されている。一方、番号 8 では中分雪堤へ鋼板を深く入れるため、中分雪堤からの反力が大きくなり、雪質によっては除雪トラックが振られることがある。また鋼板が長いため、中分施設の回避に運転技術を要するといった課題は残っている。中分雪堤を大きく切り取ることと、中分雪堤からの反力および中分施設の回避はトレードオフの関係である。

標準装備のプラウ幅確認目的の鋼板を活用し、通常梯団除雪時に雪底切りも同時に実施することについては、雪底切りには長さが不十分であった鋼板長さ 50 cm（番号 1）から 100 cm（番号 9）へ改良し、令和 4 年度から付け替えを進めているところである。

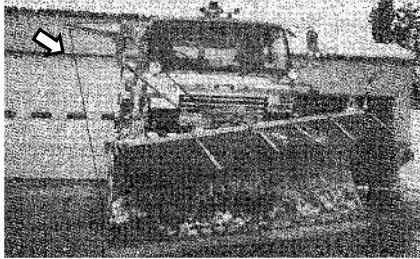
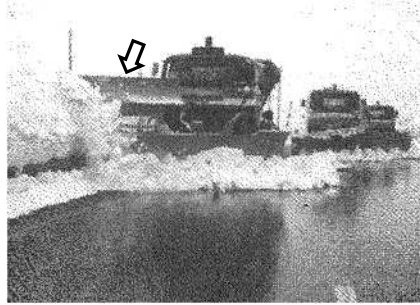
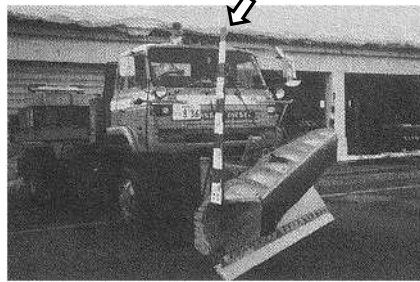
5. まとめ

本報告では、関越自動車道湯沢管理事務所管内における中分の雪堤処理を概観し、同管内で開発し、稼働させた中分の雪堤処理機器の変遷を紹介した。現在は、通常梯団除雪時に、新雪除雪と同時に雪堤切りができる雪堤切り機器を開発しているところである。この機器が稼働されるようになると、出勤頻度の高い通常梯団除雪時に中分雪堤も処理できるようになるため、雪堤崩壊の予防保全が期待される。引き続き雪堤の維持管理、処理の効率化に取り組み、冬期においても安全な走行環境の提供に尽力していく所存である。

参考文献

- 1) 公益社団法人日本雪氷学会（2014）：新版雪氷辞典，株式会社古今書院，p.234.
- 2) 杉原幸信，上村靖司，芝崎智貴，渡邊香歩，町田敬，河田剛毅，岩崎伸一，鶴見竜也（2022）：雪堤の崩壊現象の観察と分類，日本雪工学会論文集，Vol.38，No.4，pp.1-12.
- 3) 西信衛，武山浩二（2014）：雪堤切りアタッチメントによる中央分離帯雪堤処理の効率化，ゆき，Vol.97，pp.86-89.

表－1 関越自動車道 湯沢管理事務所管内における中分雪堤の処理機器の変遷

番号	稼働時期 作業形態 型式	機器の写真	稼働状況
1	S57～現在 標準装備を雪底切りとして活用 固定型（鋼板ショートタイプ）		- 標準装備のプラウ幅確認目的の鋼板を雪底切りとして活用している - 鋼板長さ 50 cm - 切込み量は雪底切りライン※1 - 鋼板が短いため、中分雪底除去の効果は限定的である - 通常梯団除雪時に作業できる
2	S59 頃 雪堤切り 固定型（ワイヤー）		- 現在なし - 切れが鋭いが、度々ワイヤーが緩んだ - 切込み量は雪堤切りライン①※1より浅い - 固定のため細かい作業に不向きであった
3	S59 頃 雪堤切り 可動型（ワイヤー）	 	- 現在なし - 切れが鋭いが、度々ワイヤーが緩んだ - 雪堤が比較的低い時期に有効であった - 切込み量は雪堤切りライン①※1
4	S60～H7 雪堤切り 前プラウ雪堤切り スライドプラウ付		- 現在なし - 切込み量は雪堤切りライン②※1 - 中分施設（自発光灯、距離標）の回避に運転技術を要した - 反力による車体ブレがあった - 加圧による中分施設の損傷があった - 反力によりプラウ始点が損傷しやすかった
5	H7～R3 雪底切り 固定型（鋼板ロングタイプ）		- 現在なし - 切込み量は雪底切りライン※1 - 鋼板が十分に長いため、雪堤が高い時期にも有効であった - 中分雪底の成長を防ぐ効果があった - 通常梯団除雪時に作業できた - 雪質によって鋼板がたわむ場合があった

番号	稼働時期 作業形態 型式	機器の写真	稼働状況
6	～H17 雪堤切り 可動型（鋼板）		・ 現在なし ・ 切込み量は雪堤切りライン①※1 ・ 中分施設（自発光灯，距離標）の回避に運転技術を要した ・ 雪質によって鋼板がたわみ，変形する場合があった
7	H17～H25 雪堤切り 可動型（鋼板ショートタイプ ⁶⁾ ）		・ 番号6の改良版 ・ 鋼板がたわむこと，変形することはなかった ・ 雪堤が比較的低い時期に有効であった ・ 切込み量は雪堤切りライン①※1
8	H25～現在 雪堤切り 可動型（鋼板ロングタイプ ⁶⁾ ）		・ 番号7の改良版 ・ 雪堤の中に鋼板を深く入れるため，大きな雪堤切りができる ・ 切込み量は雪堤切りライン③※1 ・ 雪質によって車体ブレが大きい ・ 鋼板が長いため，中分施設（自発光灯，距離標）の回避に運転技術を要する
9	R4～現在 標準装備を雪底切りとして活用 固定型（鋼板ミドルタイプ）		・ 雪底切り併用に標準装備の鋼板長さを改良 ・ 鋼板長さ 100 cm ・ 切込み量は雪底切りライン※1 ・ 中分雪底の成長を防ぐ効果がある ・ 通常梯団除雪時に作業できる

※1 雪堤切りライン①，②，③と雪底切りラインは，図-5 参照。