

除雪作業員巡回記録による雪堤崩壊現象の分析

芝崎智貴¹・〇渡邊香歩¹・鶴見竜也²・岩崎伸一²・杉原幸信³・上村靖司³

(1:長岡技術科学大学大学院工学研究科 2:(株)ネクスコ・エンジニアリング新潟 3:長岡技術科学大学 機械創造専攻)

1. はじめに

豪雪地帯では、冬期間の安定した交通確保のための雪氷対策が必須であり、道路管理者が行っている雪氷対策は「除雪作業」と「路面の凍結防止剤散布作業」の2種に大別される。そのうち「除雪作業」ではまず、路面の積雪深がおおむね5cm以上にならないよう、ブラウを装着した除雪トラックや除雪ドーザ、除雪グレーダにより新積雪を路肩に寄せる新雪除雪が行われる。次に、路肩に寄せた雪が道路の車線を圧迫してくるとロータリ除雪車を用いて道幅を確保する拡幅除雪が行われ、路側に雪が積み上げられる。これらの作業が繰り返されると、その間の自然積雪も加わり道路の路肩や中央分離帯に雪山が形成される。これが雪堤と呼ばれる。

堆積・成長した雪堤は思いがけず崩壊することがあり、道路側に崩壊すると車線を塞ぎ、自動車への物損被害や交通事故に繋がる可能性がある。このような事故を未然に防ぐためにも、適切なタイミングで効果的に雪堤を処理することが重要である。しかし雪堤処理作業を実施するタイミングは熟練した作業員の経験則に依存しているのが現状である^[1]。そのため、雪堤処理の効率化を図る定量的な手法の開発が期待されている。そのため、雪堤処理作業を効率的かつ効果的に図ることができるよう、経験則を反映した定量的な雪堤処理の実施判断基準や現行の手法に対する改善策および新たな処理手法の開発が期待されている。

そこで、本研究は実際に新潟県内の高速道路の雪氷作業に従事されている方々の日々の業務が記録された日報や培われたノウハウに注目する。日報(巡回記録)を基に過去の雪堤崩壊の発生傾向について区間別、月別、構造物種別、道路造成種別で分析を行い、崩壊現象が具体的にいつ、どこで、どのような頻度で発生しているのかを調査した結果を報告する。また、今後はこの結果を雪堤崩壊や処理作業に関するアンケートと結び付け、作業員のノウハウの可視化を行っていく。

2. 除雪作業員の巡回記録を基にした分析

2-1 分析に適用する区間

高速道路の雪氷作業従事者の日報には、雪崩や雪堤崩壊の発生有無や事故件数などの報告や引継ぎ事項が記載されている。その中でも、本研究では雪堤崩壊・処理に関する内容に焦点を絞り、関越自動車道の内、特に積雪量の多い地域を縦断している水上ICから長岡IC間を分析の

対象区間とした。過去7年度分(2013年度から2019年度)の長岡および湯沢事業所の日報を分析した結果、雪堤崩壊・処理の記載がある209件の日報を抽出した。

日報に記載されている①「上り/下り」や②「昼/夜」、③「中分(中央分離帯)/路肩」、④「KP(キロポスト)」などの雪堤崩壊に関する情報から、崩壊地点とおよその崩壊時間帯を特定した。なお、雪堤崩壊・処理のキーワードで抽出した209件の日報の内、上記①～④の情報がすべて記載されている日報は41件であった。これらに関しては、路線図(東日本高速道路 所有)やGoogleマップのストリートビュー機能^[2]を活用し、崩壊地点の「構造物種別(ガードケーブル/ガードレール/コンクリート防護柵等)」や「道路造成種別(土工部/橋梁部)」を補足した。

2-2 道路造成種別と構造物種別について

関越自動車道は、東京都練馬区の練馬JCTと新潟県長岡市の長岡JCTを結ぶ、全長が約246kmの完成4車線区間(片側2車線)の高速道路である。その中で分析に適用するのは、群馬県みなかみ町の水上市ICから新潟県長岡市の長岡IC間までの、全長が約104kmの区間である。まず、道路造成種別について述べる。道路造成とは、道路を建設する際に元々の土地の形や区画を変更して必要な状態に整えることである。道路造成には種類があり、高速道路は主に土工部(盛土部/切土部)と橋梁部、トンネルで構成されている。そのうち、盛土部とは土を積みこむことで地盤を高くして整地した箇所のことであり、切土部とは地面や山の一部を掘削して地盤を整地した箇所のことである。

表1に関越自動車道(水上IC～長岡IC間)における道路造成種別の構成距離を示す。次に、構造物種別について述べる。高速道路の中央分離帯や路肩には、それぞれ車両用の防護柵が設置されている。この防護柵は、上下車線を明確に分離することや、自動車が事故を起こした場合に、路外及び対向車線へのはみ出しを防止することが目的である。関越自動車道のような完成4車線区間の場合はガードレールとガードケーブルが一般的に用いられている。また橋梁部においては、路肩側、もしくは中央分離帯および路肩の両側に壁高欄が存在する。

表2に関越自動車道(水上IC～長岡IC間)における構成距離を示す。

表1 関越自動車道（水上IC～長岡IC間）における
道路造成種別の構成距離

	上り[km]	下り[km]	平均値[km]
盛土部	73.29	72.46	72.88
切土部	11.32	14.63	12.98
橋梁部	12.04	12.11	12.08
トンネル部	17.81	17.57	17.69

表2 関越自動車道（水上IC～長岡IC間）における
構造種別の構成距離

		上り [km]	下り [km]	平均値 [km]
中央 分離帯	ガードケーブル	8.58	8.49	8.53
	ガードレール	16.38	15.75	16.06
路肩	ガードケーブル	51.92	51.17	51.54
	ガードレール	13.90	15.07	14.48

※路肩では法面擁壁や遮音壁との連立区間を含む。

3. 日報の分析結果

3-1 年度と月、時間帯別の発生件数

まず、図2に年度ごとの雪堤崩壊件数と年平均気温および年平均累積降雪量の関係を示す。なお、2013年度から2019年度までの分析に用いた日報には、1月から3月以外の月に雪堤崩壊が発生した記録は残っていなかった。そこで、年平均気温および年平均累積降雪量は、4地区（水上、湯沢、小出、長岡）のアメダスの気象データ^①（2014年から2020年までの年ごとの1月、2月、3月の平均気温および1月から3月までの累積降雪量）を抽出し、年ごとに平均を算出したものである。図2より、2014年度は雪堤崩壊件数が131件であり、他年度と比較して多くなっていることがわかる。一方、平均累積降雪量が小さい2015年度と2019年度の日報からは雪堤崩壊が抽出されなかった。したがって、降雪量の多い年ほど雪堤崩壊の件数が増加するといえる。

また、図3に2013年度から2019年度までの1月、2月、3月のそれぞれの月における雪堤崩壊件数の総計と月平均気温および月平均累積降雪量の関係を示す。月平均気温と月平均累積降雪量は、図2と同様に、4地区（水上、湯沢、小出、長岡）のアメダスの気象データ^①（2014年から2020年まで）を月ごとに平均して求めた。図3に示す7年度分の分析より、2月の雪堤崩壊件数が最も多くなっていることがわかる。気象データより、月平均累積降雪量がおおよそ2m以上、なおかつ月平均気温が1℃前後となる月に雪堤崩壊が発生しやすくなる傾向があると読み取れる。

図4に雪堤崩壊が発生した時間帯の割合を示す。この図より、雪堤崩壊の約60%が昼間、約40%が夜間に発生

し、日報に記録されていることがわかる。ここで、昼間は8:00～16:00の8時間、夜間は16:00～翌日8:00の16時間を意味する。

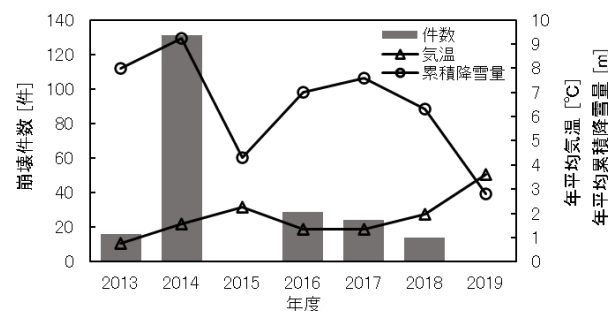


図2 年度ごとの雪堤崩壊件数と年平均気温および年平均累積降雪量の関係

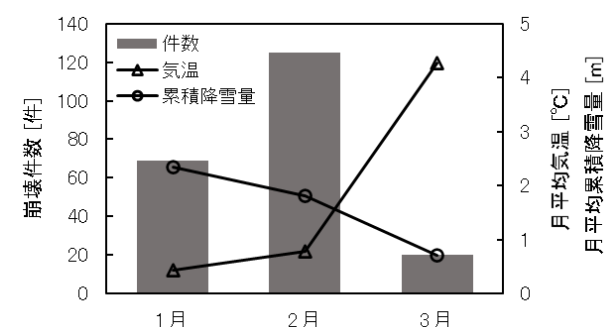


図3 月ごとの雪堤崩壊件数と月平均気温および月平均累積降雪量の関係（2013年度から2019年度）

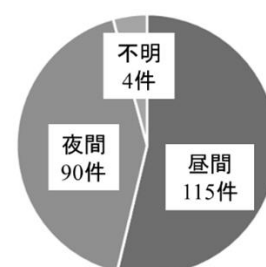


図4 雪堤崩壊件数と時間帯の関係

3-2 区間別および地区別の発生件数

次に、区間別および地区別の雪堤崩壊件数を分析する。なお以降の分析には、詳細な位置情報が記載されており、崩壊地点が特定可能な41件の日報のデータのみを用いることとする。

表3に区間と地区の詳細を示す。11区間をアメダスより気象データが入手できる4地区（みなかみ、湯沢、小出、長岡）に整理した。図5に区間別の雪堤崩壊件数を示す。2013年度から2019年度の期間において最も崩壊件数が多かった区間は、区間番号4：塩沢石打IC～六日町ICの8件であった。二番目は区間番号2：土樽PA～湯沢ICの7件、三番目は区間番号5：六日町IC～大和スマートICおよび区間番号8：堀之内IC～越後川口ICの6件

であった。

次に、図 7 に地区別の崩壊件数と平均気温および平均累積降雪量を比較する。なお、地区ごとの距離の差を考慮するために、単位距離当たりの雪堤崩壊件数を算出して評価した。また、それぞれの地区の平均気温および平均累積降雪量は、アメダスより過去 7 年間(2014 年～2020 年)の 1 月から 3 月までの気象データを抽出し、平均を算出したものである。

図 6 より、平均累積降雪量が多く、平均気温が小さい地域ほど単位距離あたり雪堤崩壊件数が多いことがわかる。最も多い湯沢地区では、0.7 件/km であった。一方、平均累積降雪量が大きいみなかみ地区での雪堤崩壊は日報に記録されていなかった。その理由としては、水上 IC～土樽 PA 間の約 17 km のうち、約 11 km がトンネル部(関越トンネル)であることが考えられる。

表 3 関越自動車道(水上 IC～長岡 IC 間)における構造種別の構成距離

区間			地区	
番号	名称	距離 [km]	名称	距離 [km]
1	水上 IC～土樽 PA	17	みなかみ	17
2	土樽 PA～湯沢 IC	9.4	湯沢	29
3	湯沢 IC～塩沢石内 IC	8.5		
4	塩沢石内 IC～六日町 IC	11.4		
5	六日町 IC～大和 SIC	11.4	小出	34
6	大和 SIC～小出 IC	6.1		
7	小出 IC～堀之内 IC	7.6		
8	堀之内 IC～越後川口 IC	8.9	長岡	24
9	越後川口 IC～小千谷 IC	7.9		
10	小千谷 IC～長岡南越後 SIC	9.4		
11	長岡南越後 SIC～長岡 IC	6.3		

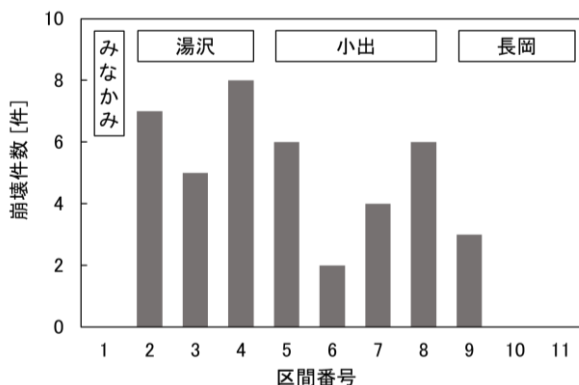


図 5 区間別の雪堤崩壊件数

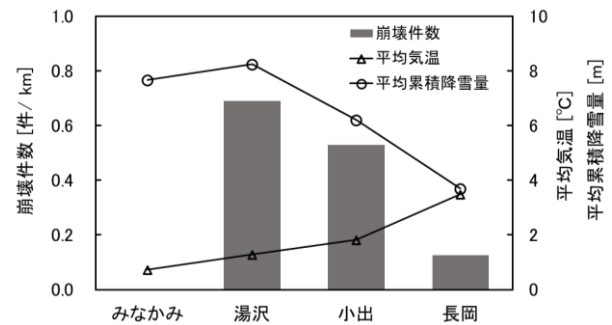


図 6 地区別の単位距離あたりの雪堤崩壊件数と平均気温および平均累積降雪量の比較

3-3 道路造成種別および構造物種別の発生件数

図 7 に道路造成種別における単位距離あたりの雪堤崩壊件数の割合を示す。単位距離あたりの崩壊件数に注目すると、全体の約 5 割が橋梁部、約 3 割が切土部、約 2 割が盛土部で発生しているという結果になった。橋梁部が最も多くなった原因として、橋梁ではその他の造成種別に比べて、自動車の走行に起因する振動や吹きさらし環境による熱的な影響を受けやすかったり、壁高欄やフェンスによって背が高いけれども幅の狭い雪堤が形成されやすかったりといったことが考えられる。

また、図 8 に中央分離帯と路肩における雪堤崩壊件数を示す。雪堤崩壊の約 70 %が中央分離帯で発生しており、雪堤崩壊は中央分離帯側で発生しやすい傾向にあることがわかった。さらに、ガードレールとガードケーブルのどちらの防護柵が設置されている中央分離帯の雪堤崩壊件数が多いのかを調査する。図 9 より、中央分離帯の構造物種別における単位距離あたりの雪堤崩壊件数は、ガードレールが 67%、ガードケーブルが 33%である。したがって、中央分離帯の中でもガードケーブルが設置された区間の方が、雪堤崩壊が発生しやすい傾向であることがわかった。

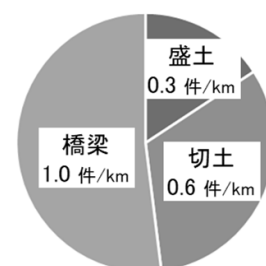


図 7 道路造成種別における単位距離あたりの雪堤崩壊件数の割合

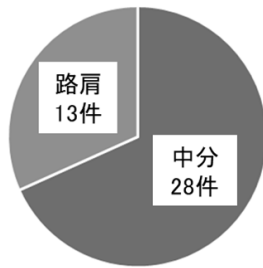


図8 中央分離帯と路肩における雪堤崩壊件数

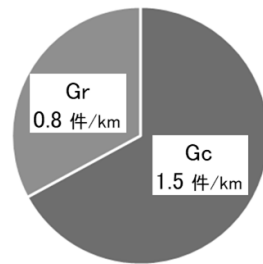


図9 中央分離帯の構造物種別における単位距離あたりの雪堤崩壊件数 (Gc:ガードケーブル, Gr:ガードレール)

4. 雪氷作業従事者へのアンケート

4-1 アンケートの構成

2021年12月23日から2022年1月31日の期間において、新潟県内の高速道路の雪氷作業従事者に対して雪堤崩壊や処理作業に関するアンケートを実施した。アンケートは上越・新潟・長岡・湯沢の各事業所に依頼した。アンケートは以下に列記する項目から構成されている。なお、(2)雪堤崩壊に関する設問は、すべてリッカート尺度の4段階評価(「そう思う」、「どちらかといえばそう思う」、「どちらかといえばそう思わない」、「そう思わない」とした。

- (1) フェイス項目：経験業務、職務歴、作業場所。
- (2) 雪堤崩壊に関する設問 (10 項目)
 - ① 気温が高い日は、雪堤崩壊の規模が大きい。
 - ② 気温が高くても、曇りの日は雪堤崩壊が起きにくい。
 - ③ 風の強い日に降雪があると、翌日に雪底が多くなる。
 - ④ 雨が降ると、雪堤崩壊が起きやすい。
 - ⑤ 昼間と夜間では、昼間が雪堤崩壊の規模が大きい。
 - ⑥ 橋梁はその他の道路に比べ、雪堤崩壊が起きやすい。
 - ⑦ 高地は積雪量が多く、雪堤崩壊が起きやすい。
 - ⑧ 盛土と切土で、盛土の方が雪堤崩壊が多い。
 - ⑨ 拡幅除雪の回数が多いほど、雪堤崩壊が起きやすい。
 - ⑩ 雪堤崩壊が起きやすい時期や場所がある。
- (3) 雪堤崩壊および処理に関する記述式の設問 (3 項目)：
 - ① 質問10で「そう思う」「どちらかといえばそう思う」にチェックされた方にお伺いします。具体的な時期や、場所などがございましたらお聞かせください。
 - ② いつ、どのようなタイミングで雪堤切りを行うのが

適切だと考えますか。

- ③ なぜ雪堤崩壊が起きると思われますか？

4-2 フェイス項目の整理

本研究では、高速道路の雪氷作業従事者の方々から合計526通のアンケートを収集した。その内訳を表4に示す。

表4 アンケート回収数と経験業務

事業所	経験業務				回収数
	巡回員	情報連絡員	除雪隊員	その他	
上越	24	4	3	5	31
新潟	29	12	186	12	237
長岡	17	3	104	5	132
湯沢	14	8	94	9	126
合計					526

※経験業務については複数回答を含む。

今後は、アンケート分析を進め本研究で得られた結果と結び付けることで経験則を反映した定量的な雪堤処理の実施判断基準や現行の手法に対する改善策および新たな処理手法の開発につながることを期待する。

5. まとめ

本研究では、2013年度から2019年度分の除雪作業員の巡回記録を分析し、年度と月、時間帯別の発生件数、区間別および地区別の発生件数の調査を行った。その結果、雪堤崩壊が発生しやすい条件として、①降雪量が多く、平均気温が高い年 ②降雪量が多く、気温が緩む2月 ③昼間と、気温が上昇した夜間 ④降雪量が多い地区 ⑤中央分離帯(特にガードケーブル型) ⑥橋梁 ⑦ローランドガッター未設置区間の全7項目が明らかとなった。

6. 謝辞

本論文の執筆において、除雪作業員巡回記録による雪堤崩壊現象の分析を実施するに当たり、(株)ネクスコ・エンジニアリング新潟及び(株)ネクスコ・メンテナンス新潟各位には、多大なるご協力とご支援を頂きました。心より感謝いたします。

参考文献

- [1] 国土交通省 北陸雪害対策技術センター, “雪国 日本 ～世界有数の雪国ならではの知恵～”,
https://www.hrr.mlit.go.jp/hokugai/yukinavi/pdf/archive/leaflet/t_02.pdf
- [2] Google, “Google マップ 「ストリートビュー」”,
<https://www.google.co.jp/maps/>
- [3] 国土交通省 気象庁, “過去の気象データ検索”,
https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etm/index.php?prec_no=54&block_no=0529&year=&month=&day=&view=