

高速道路における雪堤管理の効率化に向けた共同研究 -ウェブカメラシステムの活用について-

荒川 涼*1, 岩崎 伸一*1, 杉原 幸信*2, 上村 靖司*2, 町田 敬*3

1. はじめに

道路脇に形成される雪堤は、度重なる自然積雪と除雪作業によって複雑な層構造を成し、その後の積雪による圧密と気温上昇等による融解に伴って不安定化が進行し意図せず崩壊する。この雪堤崩壊現象は高速道路本線上でも発生するものであり、一般車両等を巻き込む第三者被害に繋がる危険性がある（図-1）。



図-1 過去に高速道路上で発生した規模の大きな雪堤崩壊

我々、高速道路管理者は第三者被害を未然に防止するためにも雪堤を適切なタイミングで効果的に処理する必要がある。そこで、筆者らは2020年より雪堤管理の効率化に向けた検討・研究を開始したところである。

ここで、雪堤崩壊という現象を研究するにあたり、高速道路という膨大な管理延長の中でいつ・どこで発生するかわからない崩壊事象をいかに観測するかが一つの課題となった。そこで昨今、高速道路の雪氷対策強化の一環として整備が進められている、ウェブカメラシステムを活用し、高速道路上で発生する雪堤崩壊の観測を試みた。本報告はウェブカメラシステムの画像から観測できた雪堤崩壊件数を整理するとともに発生日時、発生地点、崩壊規模等を整理し傾向を分析した後に、崩壊発生前の気温、降雪量等の気象条件との関係性を考察したものである。

2. ウェブカメラシステムを活用した雪堤崩壊観測

2.1 観測方法

観測の対象期間は2022年12月1日から2023年3月31日

（以下「2022/23冬期」という）で、対象区間は東日本高速道路(株)新潟支社が管理する関越自動車道（水上IC～小千谷IC）とした。当時、対象区間に設置されていたウェブカメラは2022年12月1日時点で全61台であり、記録された24時間画像をもとに雪堤崩壊を一つ一つ目視で抽出し、発生日時と地点、崩壊規模等の整理を行った。各IC間に設置されているウェブカメラの台数を表-1に示す。湯沢IC～塩沢石打IC間、小出IC～堀之内IC間で特にカメラ設置密度が高くなっている。なお、カメラの画像は1分間隔で記録されており、過去の画像を遡って確認できる仕様である。

表-1 ウェブカメラの設置台数および設置密度

インターチェンジ間 (自-至)		A	B	A-B=C	D	D÷C=E
		区間延長 (km)	区間内 トンネル・ シェッド部延長 (km)	区間内 土工部、橋梁部延長 (明かり部) (km)	カメラ 設置台数	明かり部の カメラ設置密度 (台／km)
水上	湯沢	26.0	11.5	14.5	11	0.8
湯沢	塩沢石打	8.5	1.6	6.9	9	1.3
塩沢石打	六日町	11.4	0.8	10.6	9	0.8
六日町	小出	17.5	0.6	16.9	14	0.8
小出	堀之内	7.5	1.0	6.5	7	1.1
堀之内	越後川口	9.0	0.3	8.7	7	0.8
越後川口	小千谷	7.9	1.8	6.1	4	0.7
計		87.8	17.6	70.2	61	0.9

2.2 観測結果

雪堤崩壊が観測できたウェブカメラ画像の一例を図-2に示す。この画像から、中央分離帯側で雪堤崩壊が発生したことが確認できる。2022/23冬期に対象区間で観測できた雪堤崩壊の発生件数は全312件であった。雪堤崩壊の発生地点と発生件数を基に作成したヒートマップを図-3に



図-2 ウェブカメラ画像より観測できた雪堤崩壊の一例

*1 (株)ネクスコ・エンジニアリング新潟

*2 長岡技術科学大学

*3 町田建設(株)

示す。赤色系の位置で崩壊が多く発生しており、ある程度発生地点に偏りがあることが見て取れる。2022/23冬期においては、ウェブカメラの設置密度の差はあるものの、比較的にカメラ設置密度が高い湯沢IC-塩沢石打IC間、六日町IC周辺、小出IC-堀之内IC間で多くの雪堤崩壊が観測できた。

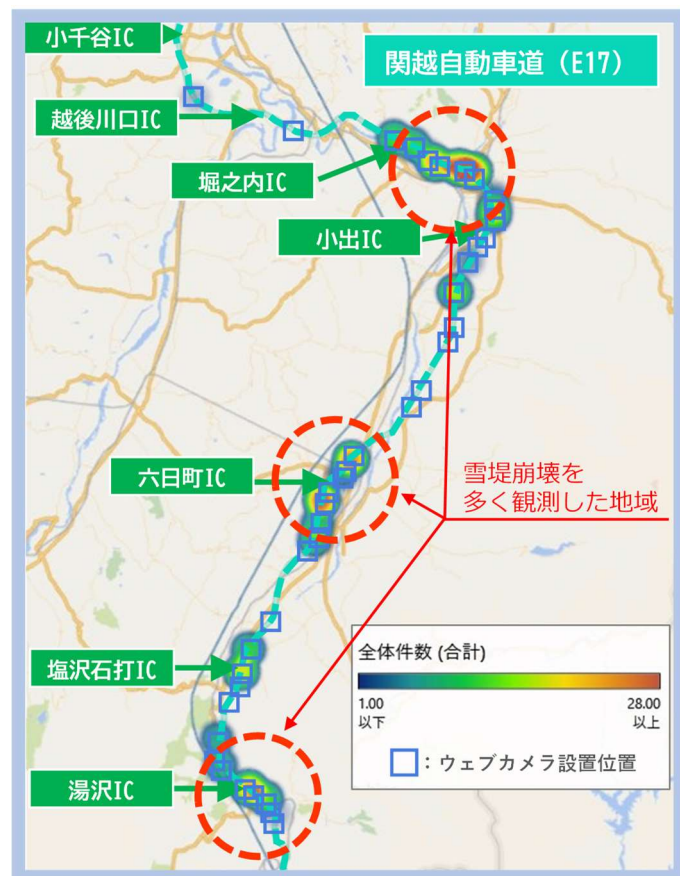


図-3 雪堤崩壊の発生地点と件数より作成したヒートマップ

崩壊規模が外側線を跨ぎ車線内に到達した崩壊は312件中98件であった。また98件の内、特に規模の大きな崩壊が5件あった。規模の大きな崩壊5件の画像と到達距離および観測された地点の構造を把握するために無雪期との比較画像を図-4～8に示す。発生箇所の構造種別は①橋梁部のガードレール区間（中分）、②土工部のガードケーブル区間（中分）、③④橋梁部の壁高欄区間（中分）、⑤土工部のガードケーブル区間（路肩）であった。また、④の雪堤崩壊は③の発生約4時間後に真横で発生したものであった。

3. 観測できた雪堤崩壊の傾向分析

3.1 構造種別による発生傾向

今回、観測できた雪堤崩壊の発生件数と構造種別の関係を図-9で整理した。なお、構造種別として道路脇の防護設備がガードレール（Gr）、ガードケーブル（Gc）、壁高欄かと発生地点が中央分離帯側（以下「中分」という）



図-4 特に規模の大きな雪堤崩壊①

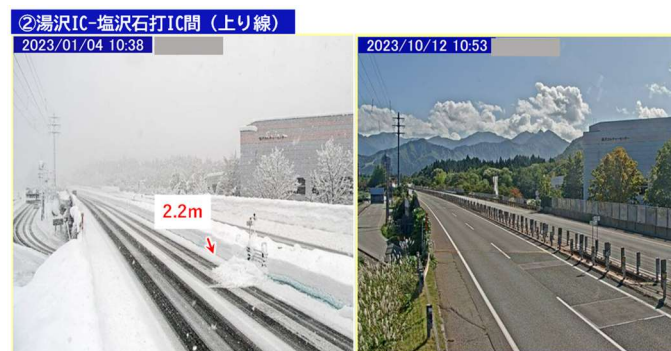


図-5 特に規模の大きな雪堤崩壊②



図-6 特に規模の大きな雪堤崩壊③



図-7 特に規模の大きな雪堤崩壊④

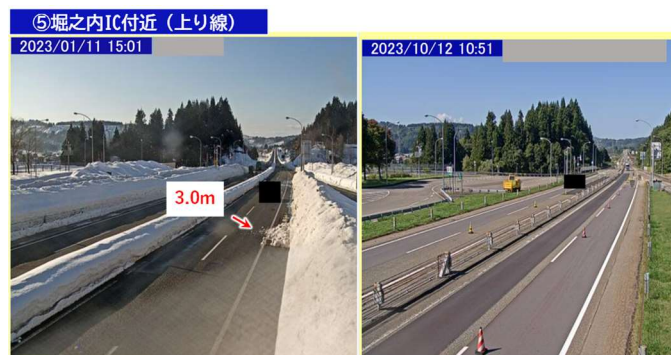


図-8 特に規模の大きな雪堤崩壊⑤

か路肩側かで区別を行った。崩壊件数312件の内、中分側が230件、路肩側が82件であり、中分側で多く発生していた。また、上記で示した大規模な崩壊も5件中、4件が中分側で発生していた。特に発生件数が多かった構造種別のガードケーブル（中分）とガードレール（中分）を単位距離当たりで比較した結果を図-10に示す。2022/23冬期においては、ガードケーブル（中分）区間で6.1件/km、ガードレール（中分）区間で3.0件/km発生しており、構造種別としてはガードケーブル区間で雪堤崩壊が発生しやすい結果となった。また、全体的に路肩側よりも中分側で雪堤崩壊が発生しやすい結果となった。道路構造上、中分側は路肩側に比べ側帯の幅が狭いため、崩壊が外側線を跨ぎやすい。今回の結果から、特に中分側のガードケーブル区間を優先的に管理する必要性が確認できた。

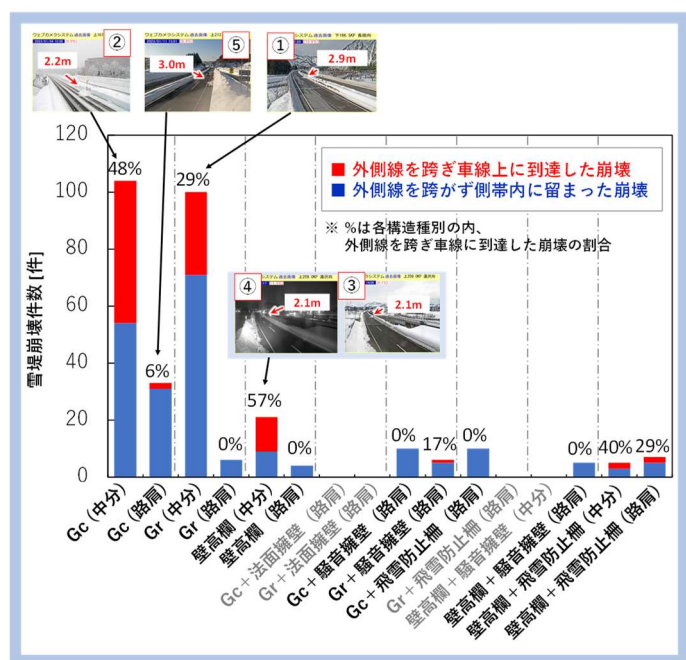


図-9 雪堤崩壊件数と構造種別の関係

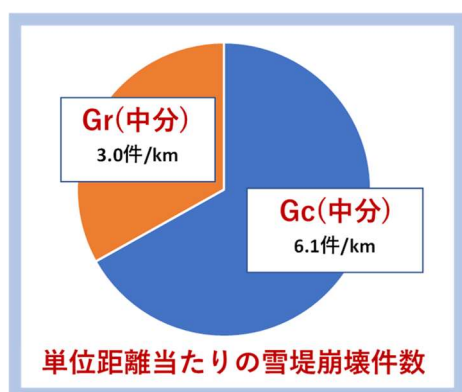


図-10 単位距離当たりの雪堤崩壊件数（中央分離帯側）

3.2 気象条件との関係性

ここでは、観測した崩壊件数を基に気象条件との関連性を考察した。気象条件の種類は雪堤崩壊現象との関連性が強いと思われる気温、日降雪量、積雪深とともに、新

潟地方気象台が発表している大雪、雪崩の注意報・警報との関連性もあわせて評価を行った。

直近のアメダス観測所を基に対象区間を2区間に分けて各種データを取りまとめたグラフを図-11（区間① 六日町IC-越後川口IC間）、図-12（区間② 土樽PA-六日町IC間）に示す。なお、区間②の土樽PAは水上IC～湯沢IC間に位置するPAである。区間①、②のそれぞれの結果を以下に記す。

1) 区間① 六日町IC-越後川口IC間について

六日町ー越後川口間の雪堤崩壊に対しては小出地区のアメダスデータ¹⁾を用いて関連性の確認を行った。崩壊は1月から2月末まで継続的に発生していた。傾向としては、降雪が継続し積雪深が増加する中で発生するパターンと、降雪が止み雪堤の融解が進行し積雪深が減少する中で発生するパターンが見られた。特に2022/23冬期は雪堤の融解が進行する中で発生するパターンが多く見られた。それらの崩壊は、日平均気温が0℃を上回る日が続く、積雪深が減少しているタイミングで発生することが多かった。大雪注意報・警報との関連性は、大雪注意報が発令されているときは降雪が継続する中で発生するパターン、雪崩注意報が発令されているときは融解が進行する中で発生するパターンが生じる傾向にあった。しかし、冬期間中に継続的に注意報・警報が発表されていたこともあり、詳細な関連性はつかめなかった。日ごとの発生時間帯については6時～18時の間に多くの雪堤崩壊が観測された。

2) 区間② 土樽PA-六日町IC間について

土樽ー六日町間の雪堤崩壊に対しては湯沢地区のアメダスデータを用いて関連性の確認を行った。1月に集中的に崩壊が発生しており、2月に入ってからほとんど発生していない結果であった。降雪量がある程度あっても2月に発生しなかった要因は今後調査していきたい。気象条件に対する傾向や、大雪注意報・警報との関連性、日ごとの発生時間帯については区間①と同様な傾向が見て取れた。

3.3 気象条件との関係のまとめ

ウェブカメラで観測できた雪堤崩壊の発生件数と各種気象条件との関連性を考察した結果を以下に記す。

- ・雪堤を適切に管理するためにも重要となる、雪堤崩壊が発生するタイミングについては降雪が継続する中で発生するパターンと、降雪が止み雪堤の融解が進行する中で発生するパターンが見られた。
- ・2022/23冬期においては特に1月初旬の積雪深の急増に

に伴い、崩壊件数が増加した。特に湯沢方面の区間②で顕著であった。

- ・今回は明確な関係性は掴めなかったが、大雪注意報発令時は降雪が継続する中で発生するパターンに、雪崩注意報発令時は降雪が止み雪堤の融解が進行する中で発生するパターンに着目して対策を考えることが重要と考える。

また、前述で紹介した特に規模の大きな崩壊①、②、④、⑤は融解が進行し積雪深が減少する中で生じていた。規模の大きな崩壊③は降雪が継続し積雪深が増加する中で生じていた。今後は更に評価対象の条件やデータを増や

し、外側線を跨ぎ車線上に到達する崩壊の発生傾向を分析していきたい。

4. おわりに

今回、高速道路本線上のウェブカメラを活用することで雪堤崩壊の観測が可能であることが確認できた。また、雪堤崩壊と気象条件との関係から、崩壊事前の日平均気温と積雪深の変動、気象予測等をもとに、雪堤崩壊のリスクを予測できる可能性が見出された。今後も検討を継続していきたい。

参考文献

- 1) 国土交通省気象庁ホームページ：過去の気象データ検索

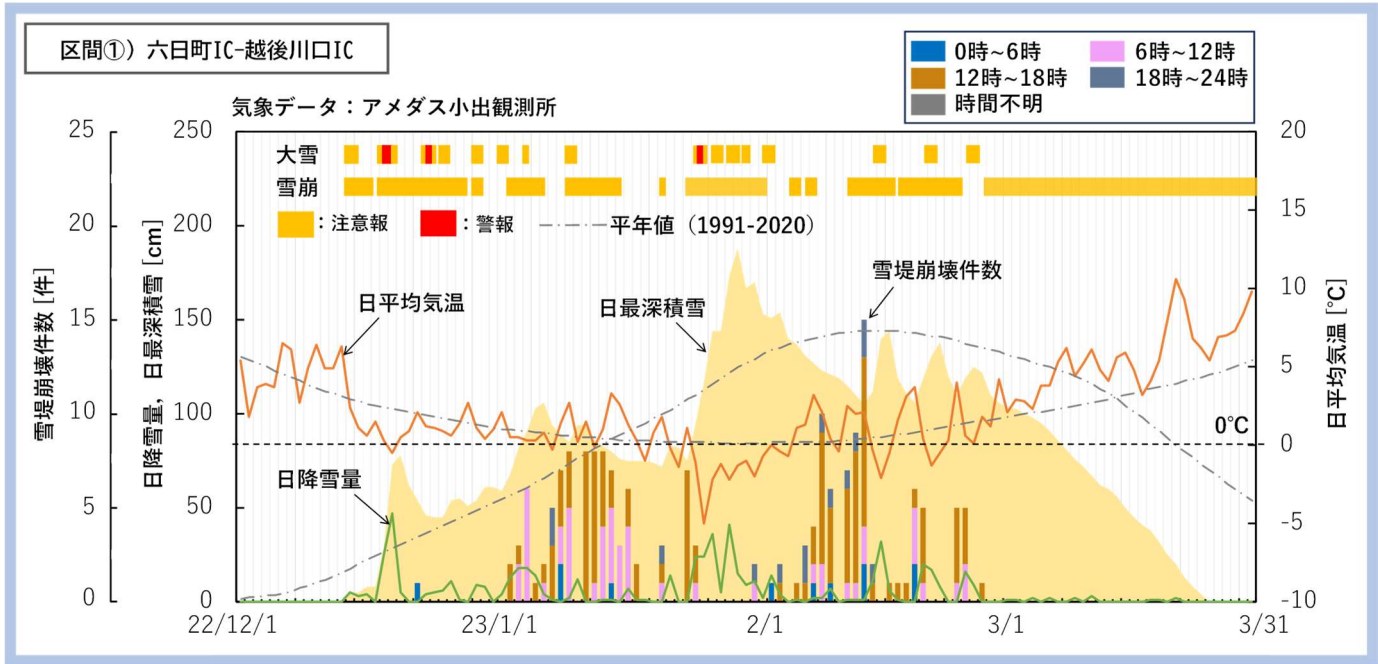


図-11 雪堤崩壊と気象条件の関係 (区間①：六日町 IC-越後川口 IC 間)

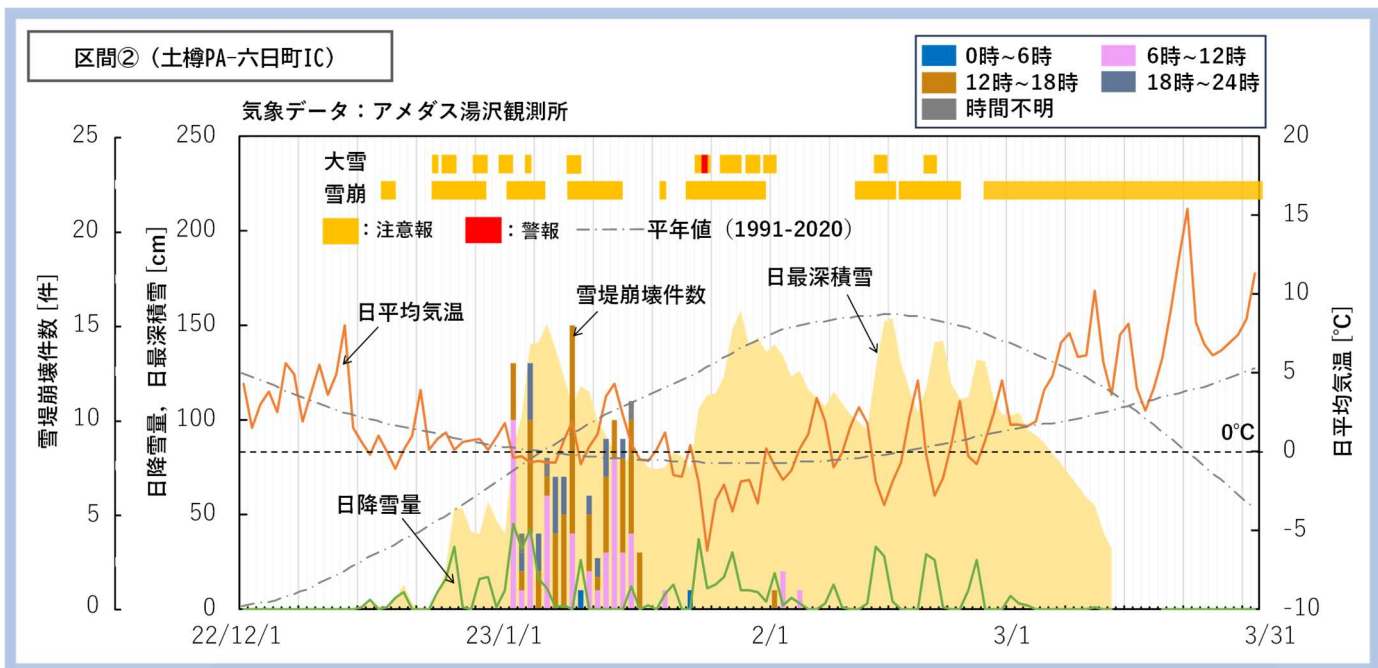


図-12 雪堤崩壊と気象条件の関係 (区間②：土樽 PA-六日町 IC 間)