

雪崩対策施設の損傷と維持管理のための点検の着眼点

松下拓樹*1 石田孝司*1 金澤 瑛*1

1. はじめに

雪崩対策施設が施工されてから数十年が経過し、風水雪による損傷や凍結融解などの影響による鋼材の腐食、基礎の浸食等による施設の劣化などが認められる雪崩対策施設が見受けられる^{1)~5)} (図1)。国立研究開発法人土木研究所雪崩・地すべり研究センター (以下、雪崩・地すべり研究センター) では、雪崩対策施設の維持管理のための点検に関する調査・研究を行っており、その基礎的な資料として活用するため、道府県における集落保全を主目的とした雪崩対策施設設置斜面の点検の実態に関するアンケート調査を実施した。その結果⁶⁾、課題として、点検の着眼点が不明、点検の客観性の確保、点検台帳の未整備を挙げる道府県が多く、客観的かつ的確な点検の実施および点検結果の整理に課題を抱えている実態が浮き彫りとなった。

本論文では、国内における雪崩対策施設の損傷事例と国内外における施設の維持管理のための点検に関する資料を収集し、雪崩対策施設の種類ごとに着目すべき損傷等とその要因となる現象と、損傷等による施設部位の変状レベルの判断について整理した結果を報告する。

2. 調査方法

2.1. 雪崩対策施設の損傷事例の収集

雪崩対策施設の損傷事例は、まず国土交通省水管理・国土保全局砂防部保全課を通じて、各道府県の雪崩対策事業担当者に依頼を行い、各道府県における雪崩対策施設の損傷事例および機能低下事例の提供を求めた。また、新潟県と北海道における雪崩対策施設の損傷事例について、雪崩・地すべり研究センター独自で調査および収集を行うとともに、過去に把握した事例の確認と整理を行った。

2.2. 雪崩対策施設の点検に関する資料の収集

雪崩対策施設の維持管理に関する点検の考え方や着眼点を整理するために参考とした主な要領や資料は、「砂防関係施設の長寿命化計画策定ガイドライン(案)⁷⁾」、「砂防関係施設点検要領(案)⁸⁾」、「新潟県防災防雪施設点検要領(案)⁹⁾」、「新潟県シェッド・シェルター定期点検要領¹⁰⁾」、「Defense structures in avalanche starting zones¹¹⁾ (スイス、2007)」、「ÖNORM-Regel 24807¹²⁾ (オーストリア、2010)である。これらの資料は、一般に入手できる資料である。道路の雪崩対策に関係する施設の点検については、この他にも各地域において取り組み^{1)~5)}が行われており、上記の資料以外

に、関連する担当部署に、雪崩対策施設の点検に関する資料の提供をお願いした。また、オーストリアの「ÖNORM-Regel 24807¹²⁾」はドイツ語で書かれているため、内容の把握にはこれを英語で解説した「The Technical avalanche protection handbook¹³⁾」を用いた。

2.3. 施設部位の損傷等による変状レベルと施設の健全度評価に関する資料の収集

損傷等による施設部位の変状レベルの判断に関して、上記2.2.の雪崩対策施設の維持管理のための点検に関する資料に加え、鋼構造物やコンクリート構造物、基礎構造物の維持管理に関する資料、橋梁や港湾など他の施設の維持管理や点検に関する資料^{14)~20)}を参考にした。

2.4. 雪崩対策施設の損傷等とその要因の整理の着眼点

雪崩対策施設には、雪崩予防施設 (予防柵、吊柵など) と雪崩防護施設 (減勢柵、防護擁壁など) がある。これらの施設で使用される材質や構造、設計で考慮される荷重は異なるので、施設の維持管理に関する点検において、雪崩対策施設の種類ごと、および部位や部材ごとにどこに着目して、どのような状況に注意すべきか等の着眼点をあらかじめ整理して



図1 雪崩対策施設の損傷例

*1 国立研究開発法人土木研究所 雪崩・地すべり研究センター

おくことが必要となる。さらに、季節によって、損傷等の原因となる現象が異なると考えられるため、点検時期や種類（定期、臨時）に対応した着眼点を意識することも大切であると考えられる。そこで、施設の損傷等とその要因の分類では以下の点に注意した。

- ・雪崩対策施設の種類ごとに整理する。
- ・施設の部位または部材ごとに整理する。
- ・点検の種類（時期や現象）を意識して整理する。

2.5. 対象とする雪崩対策施設の点検時期について

雪崩対策施設の点検には、大きく分けて無雪期と積雪期の点検があり、これらは点検項目や発見した異常に対する対応等が異なる。無雪期点検とは、地形、植生の状況や雪崩対策施設の状況等を把握することを目的として、積雪の無い時期に現地を点検することである。積雪期点検とは、斜面の積雪状況や施設の状況等を把握することを目的として、積雪期に現地を点検することである。本論文では、雪崩対策施設の状況を直接見ることができる無雪期の点検を対象とした。

3. 調査結果

3.1. 本論文で用いる用語について

収集した資料によって同じ事象に対する用語に若干の違いがみられるが、本論文では「砂防関係施設の長寿命化計画策定ガイドライン(案)⁷⁾」と「砂防関係施設点検要領(案)⁸⁾」で用いられている用語を基本として、各資料を整理した。

3.2. 収集した雪崩対策施設の損傷事例について

収集した事例のうち雪崩対策施設の損傷または機能低下となった事例は、63件（延べ75事例）である。図2は、これら損傷事例の雪崩対策施設の種類の割合をみたものである。雪崩予防柵が53.3%と最も多く、次に吊柵（20.0%）が多かった。予防柵、吊柵、スノーネット、予防杭を合わせた雪崩予防施設全体では、77.3%であった。その他、減勢柵・防護柵が17.3%、防護擁壁が2.7%であり、これらを合わせて雪崩防護施設とすると20.0%であった。実際の雪崩対策では、斜面に設置する雪崩予防施設の数が多いが、今回の調査では雪崩防護施設の損傷事例も比較的多く収集できたと考えられる。

図3は、収集した雪崩対策施設の損傷を分類した結果である。損傷のうち最も多かったのは変形・破損（36.0%）で、移動・転倒（17.3%）、腐食（16.0%）がそれに続く結果となった。次に、基礎（コンクリート）のひび割れ・欠損（4.0%）、基礎の浮き上がり（4.0%）、基礎周りの洗掘（2.7%）、アンカーの引き抜け（1.3%）となり、雪崩対策施設の基礎に関わる損傷が12.0%であった。その他、ワイヤー破断が4.0%、ボルトや結合部の破損が2.7%、土砂・樹木の堆積が1.3%、樹木の絡まりが2.7%であった。

図4は、雪崩対策施設の損傷等の要因となった現象を分類した結果である。最も多いのが、雪圧・雪崩の34.7%で、これらは斜面積雪による偏荷重であったり、雪崩の直撃による衝撃荷重によるものである。次いで、落石・地すべりの20.0%、経年劣化の20.0%が雪崩対策施設の損傷等の要因として多い結果となった。これに次いで多いのが地震による損傷事例の4.0%で、これらは2004年10月の新潟県中越地震と2011年3月の長野県北部地震によるものである。この他の損傷要因として、流水（1.3%）、水の浸透・凍結（2.7%）、倒木・樹木の絡まり（6.7%）があり、損傷等の要因となった主要な

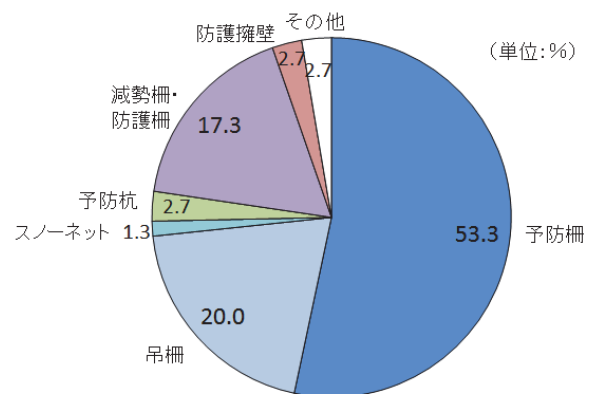


図2 調査対象とした雪崩対策施設の割合

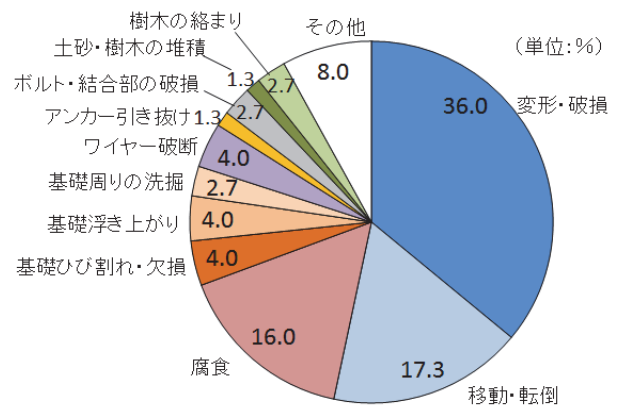


図3 雪崩対策施設の損傷種類の割合

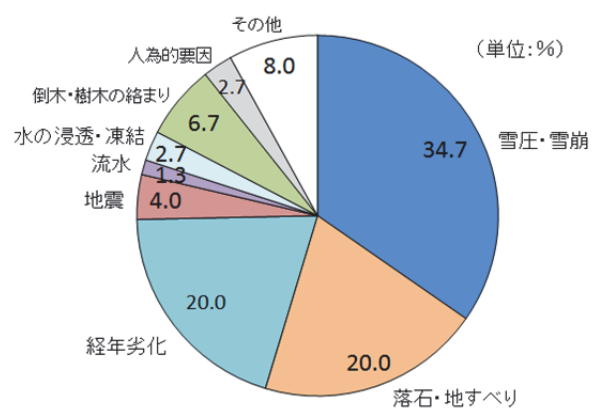


図4 雪崩対策施設の損傷等の要因の割合

現象を把握できたと考えられる。この他、人為的な要因と考えられる事例が2.7%あるが、以下に示す雪崩対策施設の損傷とその要因の分類では対象としなかった。

3.3. 雪崩対策施設の損傷とその要因の分類

雪崩対策施設の維持管理に関する点検において、施設のどこに着目して、どのような状態に注意すべきか等の着眼点をあらかじめ整理しておくことは重要である。国内における雪崩対策施設の損傷事例と国内外における点検に関する資料を収集し、雪崩対策施設の種類ごとおよび部位ごとに着目すべき損傷等とその要因となる現象について整理した。

表1～表7に、各雪崩対策施設（予防柵、吊柵、吊枠、予防杭・減勢杭、スノーネット、減勢柵・防護柵、誘導擁壁・防護擁壁）に対して、施設の部位ごとに着目すべき損傷等とその要因となる現象をまとめた。表1～表7より、損傷等の要因となる現象を集約すると、雪圧（大雪・雪崩）、落石・地すべり・土砂等の堆積（大雨・台風）、流水（大雨・台風）、疲労（強風・台風）、水の浸透・凍結、経年劣化、地震の7つの現象に分けられた。これにより、融雪直後の点検では、雪圧（大雪・雪崩）や水の浸透・凍結の欄に印（表中の●）が付いている部位の損傷を、一方で大雨後の異常時の点検では、落石・地すべり・土砂等の堆積（大雨・台風）や流水（大雨・台風）の欄に印（表中の●）が付いている部位の損傷を中心に着目することで、点検における事前準備や点検時の効率化に寄与するものと考えられる。このように、点検時期や種類（定期、臨時）に応じて着眼点を絞り込んでよい。その他の損傷等の要因となる現象としては、雪崩予防施設の支持面（斜面積雪を支える柵面やネット面）や雪崩防護施設に対する樹木や植生の絡まりや倒木、土砂等の堆積があり、これらはその他の欄に記載した。また、部位の結合部など雨水等が溜まりやすい箇所では、腐食などの劣化が進行する可能性が考えられるため、これもその他の欄に記載した。

表1～表7に示す雪崩対策施設の損傷分類では、スノーネットや雪崩予防柵など、構造が比較的複雑な施設は、その部位が多いため損傷等の分類の項目が多くなっている。一方、雪崩防護擁壁のように、規模が大きく比較的単純な構造の施設は損傷等の分類項目は少ない。しかし、各施設の部位ごとの損傷等を比較してみると、柵構造の箇所、基礎、ワイヤーやアンカーなど、各施設で類似する部位では共通する損傷等やその要因がみられる。そのため、施設ごとに整理するのではなく、構造的な特徴や部材の材質ごとに、その損傷等と要因を整理する方法も考えられ、より効率的に少ない資料を基に損傷等の把握ができる可能性がある。図5は、このような観点から、損傷等を部材ごと（鋼構造部、コンクリート構造部）、および部位ごと（基礎構造部、接合部、全体）に分けて、損傷等を整理したものである。例えば、鋼製の接合部に

表1 雪崩予防柵の損傷とその要因

予防柵の例			損傷等の要因となる現象							
施設種類	部位	着目すべき損傷等	雪圧(大雪、雪崩)	落石・地すべり・土砂等の堆積(大雨、台風)	流水(大雨、台風)	疲労(強風、台風)	水の浸透・凍結	経年劣化	地震	その他
			予防柵	全体	移動、転倒、変形 支持面の著しい変形	●	●			
	水平梁材(横バー)	変形、破損、脱落 腐食	●	●				●		
	主柱・支柱	変形、破損 腐食	●	●					●	
	基礎	移動、転倒 浮き上がり、沈下 基礎周りの洗掘	●	●		●			●	
	結合部	ボルトの緩み、脱落 腐食	●	●	●					●

表2 吊柵の損傷とその要因

吊柵の例			損傷等の要因となる現象							
施設種類	部位	着目すべき損傷等	雪圧(大雪、雪崩)	落石・地すべり・土砂等の堆積(大雨、台風)	流水(大雨、台風)	疲労(強風、台風)	水の浸透・凍結	経年劣化	地震	その他
			吊柵	全体	傾き、移動、転倒、変形 支持面の著しい変形	●	●			
	水平梁材(横バー)	変形、破損、脱落 腐食	●	●				●		
	主柱	変形、破損 腐食	●	●					●	
	ワイヤー	緩み、破断 腐食	●	●	●				●	
	枠組み(ベースプレート)	変形、破損 腐食	●	●					●	
	アンカー	引き抜け、移動 浮き上がり、沈下	●	●					●	
	結合部	ボルトの緩み、脱落 腐食	●	●	●					●

表3 吊枠の損傷とその要因

吊枠の例			損傷等の要因となる現象							
施設種類	部位	着目すべき損傷等	雪圧(大雪、雪崩)	落石・地すべり・土砂等の堆積(大雨、台風)	流水(大雨、台風)	疲労(強風、台風)	水の浸透・凍結	経年劣化	地震	その他
			吊枠	全体	傾き、移動、転倒、変形 変形、破損	●	●			
	枠組み	腐食						●		
	ワイヤー	緩み、破断 腐食	●	●					●	
	アンカー	引き抜け、移動 浮き上がり、沈下	●	●					●	
	結合部	ボルトの緩み、脱落 腐食	●	●	●					●

表4 予防杭・減勢杭の損傷とその要因

予防杭の例			損傷等の要因となる現象							
			雪圧(大雪、雪崩)							
			落石・地すべり・土砂等の堆積(大雨、台風)							
			流水(大雨、台風)							
			疲労(強風、台風)							
			水の浸透・凍結							
			経年劣化							
			地震							
			その他							
施設種類	部位	着目すべき損傷等								
予防杭	支柱・支柱	変形、破損	●	●					●	
		腐食								●
減勢杭	基礎	移動、浮き上がり、沈下	●							●
		基礎周りの洗掘		●						
	結合部	ひび割れ、欠損	●			●				
		ボルトの緩み、脱落	●	●						
		腐食						●		雨水等が溜まりやすい

表5 スノーネットの損傷とその要因

スノーネットの例			損傷等の要因となる現象								
			雪圧(大雪、雪崩)								
			落石・地すべり・土砂等の堆積(大雨、台風)								
			流水(大雨、台風)								
			疲労(強風、台風)								
			水の浸透・凍結								
			経年劣化								
			地震								
			その他								
施設種類	部位	着目すべき損傷等									
スノーネット	全体	移動、転倒、変形	●	●					●		
		支持面の着しい変形		●						●	植生絡まり・土砂堆積
	ネット	変形、破損	●	●							
		腐食							●		
	支柱	変形、破損	●	●							
		腐食							●		
	基礎(台座)	移動	●	●						●	
		浮き上がり、沈下	●								
		ワイヤー	ひび割れ、欠損	●			●				
			緩み、破断	●	●		●				
	アンカー	腐食						●			
		引き抜け、移動	●	●						●	
結合部		浮き上がり、沈下	●								
		ボルトの緩み、脱落	●	●		●					
		腐食						●		雨水等が溜まりやすい	

対しては、部材として鋼構造部、部位として接合部の損傷等に着目すればよく、同様にコンクリート基礎に対しては、コンクリート構造部と基礎構造部の損傷等に着目すればよいと考えられる。

なお、雪崩対策施設のうちスノーシェッドについては、今回の調査ではあまり多くの損傷事例を収集することができなかったが、「新潟県シェッド・シェルター定期点検要領¹⁰⁾」で詳しくまとめられている。

3.4 損傷等による施設部位の変状レベルの判断について

次に、3.3.で示した損傷等による施設の部位・部材の変状レベルの判断について整理した。雪崩対策施設の修繕等の対策を行う際には、点検によって対策施設の部位の損傷等の状態を把握し、その状態や程度に応じて施設の健全度を評価して対策を行う必要がある。雪崩対策施設の健全度評価に関しては、「新潟県防災防雪施設点検要領(案)⁹⁾」やオーストリ

表6 減勢柵・防護柵の損傷とその要因

減勢柵の例			損傷等の要因となる現象							
			雪圧(大雪、雪崩)							
			落石・地すべり・土砂等の堆積(大雨、台風)							
			流水(大雨、台風)							
			疲労(強風、台風)							
			水の浸透・凍結							
			経年劣化							
			地震							
			その他							
施設種類	部位	着目すべき損傷等								
減勢柵(枠組工)	全体	ずれ、変形	●	●					●	
		構造の悪い変化(機能低下)								●
	水平梁材、横板、上弦材	変形、破損、脱落	●	●						
		腐食							●	
誘導柵	支柱・支柱	変形、破損	●	●						
		腐食							●	
防護柵	基礎	移動、浮き上がり、沈下	●	●						●
		基礎周りの洗掘							●	
	結合部	ひび割れ、欠損	●							
		ボルトの緩み、脱落	●	●		●				
		腐食						●		雨水等が溜まりやすい

表7 誘導擁壁・防護擁壁の損傷とその要因

防護擁壁の例			損傷等の要因となる現象							
			雪圧(大雪、雪崩)							
			落石・地すべり・土砂等の堆積(大雨、台風)							
			流水(大雨、台風)							
			疲労(強風、台風)							
			水の浸透・凍結							
			経年劣化							
			地震							
			その他							
施設種類	部位	着目すべき損傷等								
誘導擁壁	本体	ずれ、傾斜、沈下	●	●					●	
		構造の悪い変化(機能低下)								●
防護擁壁	補助防護柵	ひび割れ、欠損	●	●					●	
		腐食							●	
結合部		ボルトの緩み、脱落	●	●						
		腐食							●	

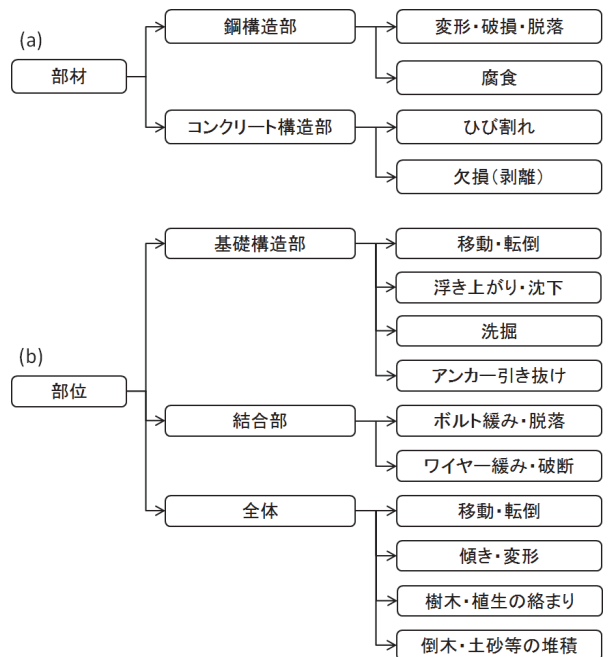


図5 部材と部位で分類した損傷等の種類

アの「ÖNORM-Regel 24807¹²⁾」の他、国土交通省の北陸地方整備局³⁾⁵⁾や東北地方整備局²⁾で先進的な取り組みが行われている。

損傷等の程度や状態について、資料によって損傷程度、損傷ランク、損傷区分などその呼び方は様々であるが、「砂防関係施設点検要領(案)⁸⁾」では、個々の施設の部位あるいは部位グループの損傷等による状態を変状レベルと定義している。また、維持管理のための点検に関する資料では、変状レベルを4段階以上に分類するものが多い^{9)~14)17)~20)}が、本論文では、「砂防関係施設点検要領(案)⁸⁾」準じて3区分を基本とし、これらを「a 対策不要」、「b 経過観察」、「c 要対策」とする。「a 対策不要」は、異常なしまたは軽微な損傷等がある状態、「b 経過観察」は、損傷等があるが現時点では機能低下や性能劣化に至っていない状態、「c 要対策」は、損傷等があり機能低下・性能劣化がある状態である⁸⁾。図6は、部位の変状レベルの判断の考え方を、損傷等の有無と機能低下や性能劣化が生じているか否かを着眼点として、フローで表したものである。ただし、図6のフロー(案)では、「c 要対策」のうち部位の機能低下や性能劣化が著しい場合があることも想定して、「c 要対策」を2区分(cとc+)とした。

表8は、図5で示した損傷等の種類ごとに、該当すると考えられる変状レベルの区分を示したものである。部位の変状レベルの判断が2区分になる場合と3区分になる場合がある。生じるとその施設の機能や性能に大きな影響を及ぼす損傷等に対しては「b 経過観察」の区分はなく、「a 対策不要」か「c 要対策」の2区分となる。このような損傷等には、施設全体の「移動・転倒」と「傾き・変形」、基礎構造部の「移動・転倒」や「浮き上がり・沈降」、「アンカー引き抜け」、接合部の「ボルトの緩み・脱落」、「ワイヤーの緩み・破断」が該当する(表8)。一方、損傷等が生じてもすぐに機能低下や性能劣化とはならない状況が想定される場合は、「a 対策不要」、「b 経過観察」、「c 要対策」の3区分となり、鋼

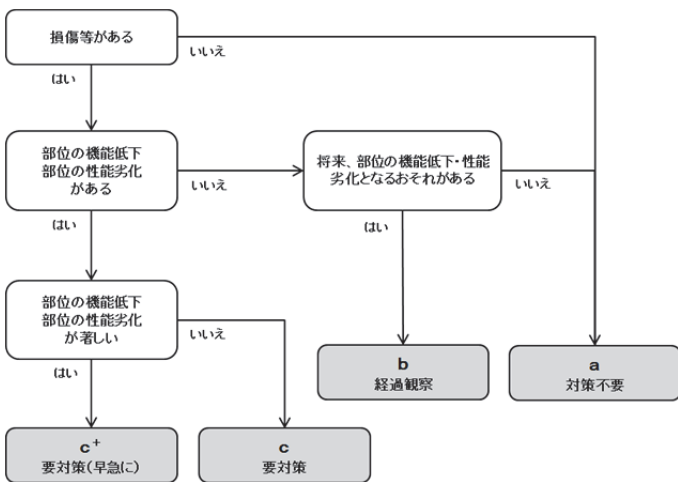


図6 施設部位の変状レベルの判断に関するフロー(案)

構造部の「変形・破損等」と「腐食」、コンクリート構造部の「ひび割れ」と「欠損」、基礎構造部の「洗掘」、施設全体の「樹木・植生の絡まり」と「倒木・土砂等の堆積」が該当する(表8)。

実際の損傷等とそれによる施設部位の機能や性能に対する影響は、施設の種類や部位の施設全体における位置などによって異なることも想定される。また、本論文で整理した基本的な考え方に加えて、損傷等による変状レベルそれぞれの具体的な参考事例⁸⁾があると実用的でわかりやすいが、今後整理していきたいと考えている。

4. 考察

本論文で示した雪崩対策施設の損傷等の種類と分類(表1~表7)は、国内外の事例や資料に基づいて整理したため、考えられる損傷を広く網羅する結果となっている。しかし、地域によっては希にしか起こらない現象もある。今回整理した表1~表7を参考に、各地域の特徴的な現象に即した損傷等の分類を行うことも大切であると考えられる。これらの表を基に点検時期や種類(定期、臨時)に応じて着眼点を絞り込んでよい。また、施設の各部位や部材の損傷等について、写真やイラストを活用して示すと損傷等の具体的なイメージをつかむことができ分かりやすい³⁾⁹⁾¹⁰⁾¹⁴⁾。

また、実際の変状レベルの判断(図6、表8)では、損傷等の程度や状態だけではなく、その損傷等による部位・部材の機能低下や性能劣化も判断しなければいけない。しかし、部位・部材の機能低下や性能劣化の判断は、多種にわたる雪崩対策施設の部位や部材によって異なることや、施設全体の状態や周辺環境などの現場条件によっても異なることがあるため、一義的に決めることは難しいと考えられる。よって、

表8 損傷等の種類と部位の変状レベル(案)

部材・部位		着目すべき損傷等	部位の変状レベル			備考
			a 対策不要	b 経過観察	c 要対策	
部材	鋼構造部	変形、破損、脱落	●	●	●	要対策は、状況により細区分
	コンクリート構造部	腐食	●	●	●	
部位	基礎構造部	ひび割れ	●	●	●	要対策は、状況により細区分
		欠損	●	●	●	
		移動、転倒	●	-	●	
		浮き上がり、沈下	●	-	●	
	結合部	洗掘	●	●	●	
		アンカー引き抜け	●	-	●	
		ボルトの緩み、脱落	●	-	●	
	全体	ワイヤー緩み、破断	●	-	●	
		移動、転倒	●	-	●	
		傾き、変形	●	-	●	
		樹木・植生の絡まり	●	●	●	施設の種類による
		倒木・土砂等の堆積	●	●	●	施設の種類による

既往資料に基づいて本論文で整理した変状レベルの判断は、その基本的な考え方を示すものであり、実際の現場では損傷等が生じた部位の施設全体における位置や施設の状態なども考慮して判断しなければならない場合があることにも留意が必要である。さらに、損傷等による変状レベルそれぞれの具体的な参考事例⁸⁾があると実用的だが、これは今後の課題としたい。

5. おわりに

本論文では、雪崩対策施設の維持管理のための点検における着眼点として、国内の雪崩対策施設の損傷事例と国内外における点検に関する資料を収集し、雪崩対策施設の種類ごとおよび部位ごとに着目すべき損傷等とその要因となる現象、損傷等による部位の変状レベルの判断について整理した。

雪崩対策施設の点検について、その着眼点や客観的な判断を助ける項目の整理が行われている地域もあるが、各地域および各分野で取り組まれている雪崩対策施設の点検の考え方と着眼点を共有することは、これから雪崩対策施設の点検について整理しようとしている地域において大変有用であると同時に、すでに整理している箇所においても地域による多様性を見せる雪崩対策について他地域の取り組みを知ることは重要であると考えられる。

今後は、さらに健全度評価に関する考え方を整理した上で、本論文で示した結果をまとめ、無雪期における雪崩対策施設の維持管理に関する点検の考え方と着眼点について、「砂防関係施設点検要領(案)⁸⁾」を雪崩対策施設の点検に関して補完するという観点で整理していく予定である。これにより、どのタイミングで、どのような損傷等に着目し、そしてどのような対策(修繕、改善等)を行うことが効率的で効果的かの判断に寄与する資料を作成したいと考えている。

謝辞

雪崩対策施設の損傷事例の収集にあたり、国土交通省水管理・国土保全局砂防部保全課と各道府県の雪崩対策事業担当部署にご協力をいただきました。また、雪崩対策施設の点検に関する資料について、国土交通省北陸地方整備局から資料を提供していただきました。ここに記して感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 町田 誠(2009)：雪崩対策施設の機能と効果を持続するための維持管理、日本雪工学会誌、Vol. 25、p. 276-279
- 2) 嶋津君雄・石川 功・阿部 力(2010)：「雪対策施設点検要領」の策定について、ゆきみらい研究発表会論文集、p. 260-263
- 3) 八橋義昭・小越範夫・松本喜裕(2010)：雪崩対策施設点検要領について、ゆきみらい研究発表会論文集、p. 294-

- 4) 田嶋史人(2014)：最近の道路雪害対策への取組について、平成26年度北陸地方整備局事業研究発表会
- 5) 窪 宗昭・中村圭弘(2015)：長岡国道事務所における防雪対策事業の取り組みについて、ゆきみらい研究発表会論文集(応募論文)
- 6) 桂 真也・秋山一弥(2014)：道府県による集落雪崩対策施設設置斜面の点検に関する実態調査結果について、平成26年度北陸地方整備局事業研究発表会
- 7) 国土交通省水管理・国土保全局砂防部保全課(2014)：砂防関係施設の長寿命化計画策定ガイドライン(案)
- 8) 国土交通省水管理・国土保全局砂防部保全課(2014)：砂防関係施設点検要領(案)
- 9) 新潟県土木部道路管理課(2013)：新潟県防災防雪施設点検要領(案)、pp. 40
- 10) 新潟県土木部道路管理課(2014)：新潟県シェッド・シェルター定期点検要領、pp. 106
- 11) Margreth, S., (2007)：Defense structures in avalanche starting zones, Technical guideline as an aid to enforcement, Environment in Practice No.0704, Federal Office for the Environment, Bern; WSL Swiss Federal Institute for Snow and Avalanche Research SLF, Davos, Switzerland, pp. 134
- 12) ÖNORM-Regel 24807 (2010)：Permanenter technischer Lawinenschutz -Überwachung und Instandhaltung, Ausgabe: 2010-06-01, (in German)
- 13) Rudolf-Miklauer, F., S. Sauer Moser and A. Mears (eds.) (2015)：The Technical avalanche protection handbook, Ernst & Sohn, pp. 408
- 14) 国土交通省道路局国道・防災課(2014)：橋梁定期点検要領
- 15) 一般社団法人日本鋼構造協会(2013)：土木鋼構造物の点検・診断・対策技術(2013年度版)、pp. 371
- 16) 国土交通省道路局(2013)：総点検実施要領(案)【道路のり面工・土工構造物編】(参考資料)、pp. 32
- 17) 財団法人鉄道総合技術研究所(2007)：鉄道構造物等維持管理標準・同解説(構造物編 鋼・合成構造物)、丸善出版株式会社、pp. 208
- 18) 財団法人鉄道総合技術研究所(2007)：鉄道構造物等維持管理標準・同解説(構造物編 コンクリート構造物)、丸善出版株式会社、pp. 291
- 19) 財団法人鉄道総合技術研究所(2007)：鉄道構造物等維持管理標準・同解説(構造物編 基礎構造物・抗土圧構造物)、丸善出版株式会社、pp. 218
- 20) 国土交通省港湾局(2014)：港湾の施設の点検診断ガイドライン