

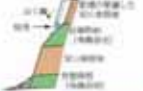
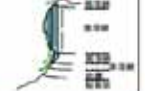
表1 総合的な岩盤・斜面調査手法総括表

地質年代					古第三紀～白亜紀	
地質分類					変成岩	
崩壊形態					転倒・滑動型	滑動型(くさびすべり)
地質名					ホルンフェルス	片麻岩
区分	評価内容	調査方法	従来からの改善内容等	適用区分	R336(えりも)	R336(観瀨)
地形	H8防点	斜面性状(傾斜、高さ、斜面型、連急線)	地形図読取り		◎	◎
	従来技術	同上	空中写真判読(垂直、斜め)		◎	◎
		同上	切峰面図、起伏量図		△	△
	新技術、新発見等	同上	デジタル地形図作成、判読	(定量評価)	◎	◎
		同上	デジタル陰影図、地上開度図等	(定量評価)	△	△
	尾根頂部までの斜面評価	空中写真、地形図等読み取り	検討範囲の拡大		◎	◎
	H13日本海	浅海地形の幅	海底地形読取り	検討範囲の拡大	○	○
地質	H14北臨	緩斜面(付加体等)		注目地形の追加	△	△
	H16えりも	出尾根地形		注目地形の追加	◎	◎
		地形解析(時系列)	古い地形図、写真等読取り	検討期間の拡大	△	△
	H8防点	地表岩盤性状(開口亀裂、硬軟、亀裂間隔、地層傾斜等)	地表踏査		◎	◎
	従来技術	地中岩盤性状(μ)	ボーリング、孔内検層、BHTV等	精	◎	◎
	新技術、新発見等	地表岩盤性状(μ)	グライディング調査	検討範囲の拡大	精	◎
			ラジアー近接撮影	検討範囲の拡大	精	◎
H13日本海	火砕岩の岩種細分	踏査等	注目地質の追加			
	岩盤生成過程、地形発達過程	地形地質の総合評価	観点の追加		◎	◎
	H14北臨	岩石構造(風化、脈)	薄片観察	観点の追加	精	△
	H16えりも	岩石構造(粘土鉱物)	X線回折	観点の追加	精	○
	H8防点	小崩壊・落石等履歴	踏査、点検記録		◎	◎
	新発見	斜面脚部の岩塊分布			◎	◎
		地震履歴			○	○
水理地質	H8防点	表層の性状(凍結融解、湧水、水柱)	地表踏査		◎	◎
	従来	気温、降水量	計測or資料収集		◎	◎
			地下水位	精	○	○
			間隙水圧	精	○	◎
	H13日本海	内部の地下水性状	湧水量(地表、孔内)	精	○	◎
			水質分析等	精	○	○
	新発見等	熱赤外線	湧水による温度変化	精	○	○
工学特性		凍上(凍結)深度	表層孔内温度計測	精	○	○
	H16えりも	物理特性	比重、含水比、吸水膨張率など	地質工学的評価	精	◎
		力学特性	圧縮、引張強度	地質工学的評価	精	◎
		経年劣化(乾湿)	乾湿繰り返し試験	地質工学的評価	精	◎
		経年劣化(凍結融解)	凍結融解試験	地質工学的評価	精	△
シミュレーション		極限平衡解析		精		
		2次元FEM		精		
		3次元FEM		精		
		その他		精		

適用区分: 狭い範囲の精査の場合「精」と表示

予備調査段階

本調査段階

◎:実績が多い ○:よく使われる △:少ない					
地質年代	鮮新世～中新世			第四紀	備 考
地質分類	火成岩			火成岩	
前傾形態	前傾型			滑動型・崩落型・転倒型	
地質名	溶岩(層状)	水成岩砕岩(塊状)	水成岩砕岩(層状)	溶結凝灰岩(層状)	
区分	R231(ガマタ・タンバケ) 	R5(忍路) 	R278(立岩) 	R39(層岩峽) 	
地形	H8防点	◎	◎	◎	
	従来技術	◎	◎	◎	
	新技術、新発見等	△	△	△	(デジタル地形解析に移行)
	H13日本海	◎	◎	◎	活用ノウハウの蓄積が必要
	H14北限	◎	◎	◎	活用方法の研究が必要
	H16えりも	△	△	△	
	H16えりも	△	△	△	大規模前傾との相関関係の評価が必要 (付加体特有の地形) (えりも特有の地形) (最古の空中写真は米軍撮影(60年前)であり、精度が悪い)
地質	H8防点	◎	◎	◎	
	従来技術	◎	◎	◎	亀裂の位置・性状・充填物・開口度等についても調査する。亀裂とリニアメントとの関連性を整理
	新技術、新発見等	◎	◎	◎	足場仮設が可能で落石等の危険を防止できれば非常に効果的。ポアホールカメラの亀裂は、地表面で確認されたものとの対比による解釈が必要
	H13日本海	◎	◎	◎	デジタルマッピングと兼用も可能
	H14北限	◎	◎	◎	(火砕岩に適用)
	H16えりも	△	◎	◎	
	H16えりも	◎	◎	◎	微細亀裂の抽出、X線回折では不明瞭な粘土鉱物の判定 サンプリング箇所要注意
履歴等	H8防点	◎	◎	◎	
	新発見	◎	◎	◎	基礎情報として要蓄積
	新発見	◎	◎	◎	基礎情報として要蓄積
水理地質	H8防点	◎	◎	◎	
	従来	◎	◎	◎	前傾と気象条件の関係が不明瞭なものもある(えりも、R109奈良)
	H13日本海	◎	◎	◎	
	H13日本海	◎	◎	◎	
	H13日本海	◎	◎	◎	
	新発見等	◎	◎	◎	
	新発見等	◎	◎	◎	
工学特性	H16えりも	◎	◎	◎	引張試験はせん断強度の推定と数値解析の入力定数として必要
	H16えりも	◎	◎	◎	
	H16えりも	◎	◎	◎	
	H16えりも	△	◎	△	
シミュレーション					
					事例少ない。部会としての対応を検討中

(伊東佳彦・北海道における岩壁斜面の調査・対策の現状・自動車技術・Vol. 61・No. 5・2007)に加筆

平成 12 年 3 月 31 日に有珠山が 23 年ぶりに噴火した。噴火口は国道 230 号の直近に現れ、火山灰や火山弾などにより温泉街や多数の住宅が被災した。また、周辺地盤は広範囲に変状し、国道のみならず、高速道や町道、JR 室蘭本線にも大きな被害をもたらし長期間の通行止めを余儀なくされた。

湖島湖

原子工場

湖島湖

湖島湖

図1 平成12年の有珠山噴火と
国道230号

1. 1 活火山の活動度

危険度 ランク	解 説
▲A	過去100年以内に数回以上噴火した火山と、過去1万年以内に広い範囲に被害を与える大噴火があった火山

図2 活火山位置図
と危険度ランク

図 3 に常時観測 5 火山の噴火履歴を示す。最近 100 年では、いずれの火山も複数回の噴火が見られる。

	小笠原諸島を襲った噴火			小笠原諸島 1600年
加阿本岳	?	?	?	1600年 1900年 1900年
十勝岳	噴火 1600年 1600年	噴火 1600年 1600年	噴火 1600年 1600年	噴火 1600年 1600年
梅前山	噴火 1600年 1600年	噴火 1600年 1600年	噴火 1600年 1600年	噴火 1600年 1600年
有珠山	噴火 1600年 1600年	噴火 1600年 1600年	噴火 1600年 1600年	噴火 1600年 1600年
北海道 阿久根岳	噴火 1600年 1600年	噴火 1600年 1600年	噴火 1600年 1600年	噴火 1600年 1600年

西暦 1600年 1700年 1800年 1900年 2000年

火山図による作成

研究報告書など

図3 常時観測火山の噴火履歴
(北海道釧路土木現業所、雌阿寒岳、2000)

2 噴火時の道路被害範囲想定

有珠山を除く4つの火山について、活動現況、ハザードマップ、監視体制、周辺国道の位置関係などを調査した。ここでは、十勝岳の例について述べる。

2.1 道路被害想定に関わる情報整理

(1) ハザードマップと道路構造物

十勝岳のハザードマップは、融雪泥流で大災害を起こした1926（大正15年）噴火に基づき1987年に美瑛町、上富良野町によって作成されている。その泥流流下範囲と国道237号の道路構造物との位置関係を図4に示す。



図4 泥流ハザードと道路構造物

(2) 道路標示板の設置状況

道路ユーザに避難情報等を周知する手段として情報板は重要なソフト対策である。十勝岳周辺国道の設置状況を図5に示す。（図中、ゲートマークが情報板を示す）



図5 道路情報板の位置情報

(3) 山腹沢部における砂防対策状況

十勝岳の火山砂防は、美瑛川、富良野川上流の治山ダム群と中流域の砂防ダム群によって対策

が実施されている。

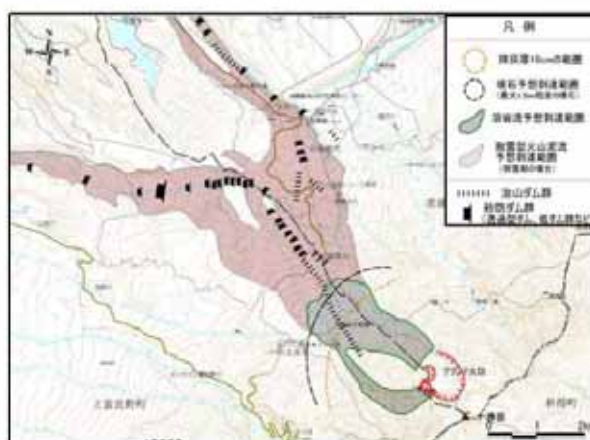


図6 十勝岳山腹における火山泥流対策状況

2.2 道路被害想定と復旧拠点候補地

図4によれば、道路施設への被害は、美瑛川、富良野川に架かる橋梁に集中することが予想される。その場合の影響区間は、最大で東神楽～富良野市間の約30kmである。また、復旧拠点の条件として、a)これまで被害を受けていない、b)複数箇所道路とアクセスできる、などの条件から図7に示す箇所が候補地として挙げられる。



図7 復旧拠点候補地

■本研究テーマの掲載報告書

道路管理技術委員会活動報告書（その3）

（平成16年度～平成18年度）

発行：財団法人 北海道道路管理技術センター

構造部会 (H15～H17)

6. 橋梁点検に関する技術向上

北海道開発局では現在、約 3,300 橋(図 1)を管理している。大量に整備された橋梁は、20 年後には 60%が老朽化(50 年以上経過)となるため、橋梁点検・診断に基づく予防的修繕が進められている。本部会では、傷が原因で架け替えられた橋梁の損傷原因として、塩害、RC 床版と損傷の判断が難しい耐候性鋼材(腐食)に着目し、橋梁点検・診断技術の向上を目的とした検討を行った。

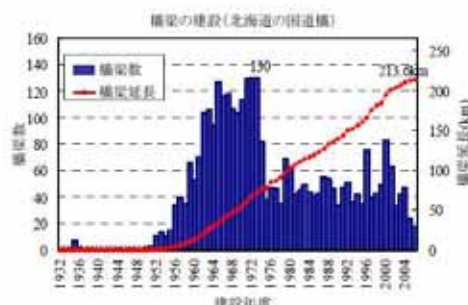


図 1 北海道開発局の管理橋梁

1 塩害

1. 1 検討の背景と目的

塩害は外観にひび割れ等の症状が発見された場合には、補修・補強の難易度が高くなり、費用的負担も大きくなるばかりでなく、安全性の問題も生じることのある重大な損傷である。本検討では、海道開発局が 16～H17 に実施した塩害特定点検(137 橋)の調査結果から、海岸線からの距離、建設年次、地域(日本海側、日本海沿岸以外)などと塩化物イオン濃度の相関、橋梁点検による近接目視点検による評価結果と塩化物イオン濃度との相関を検討するとともに、道外の塩害対策事例調査を行い、橋梁点検・診断における参考資料を作成することを目的として実施した。

1. 2 検討結果

H16～H17 に実施した塩害特定点検の対象橋梁の属性を図 2 に示す。

検討結果の 1 例として、図 3 に鉄筋かぶり別の(実測)塩化物イオン濃度と海岸線からの距離(離岸距離)を示す。

鉄筋かぶり 70mm 以上の場合は日本海沿岸部でも海岸線に近接した橋梁のみが発錆限界を超え、日本海沿岸以外では発錆限界を超えない。鉄筋かぶりが 50～70mm では、離岸距離が 100m 以内にある橋梁では発錆限界を超える。鉄筋かぶり 50mm 以下の場合には地域性にかかわらず、離岸距離が 200m を超えても高い濃度の塩化物イオン



図 2 海岸線からの距離別橋梁数

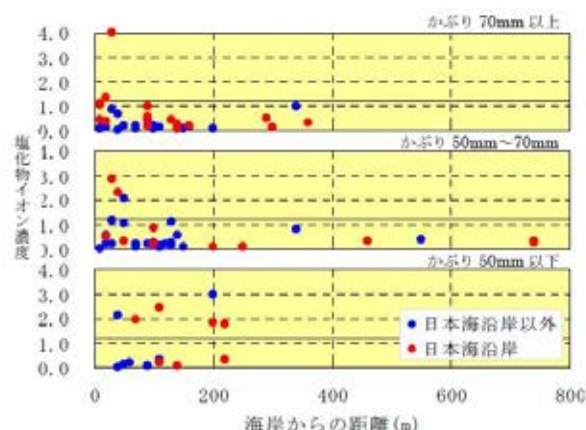


図 3 かぶり(50mm 以下)の塩化物イオン濃度

が測定されている。

検討の結果から、経年が長い橋、海岸線に近い橋ほど塩化物イオンが高濃度の傾向であったが、橋梁点検結果と塩化物イオン濃度には有意な相関は認められなかった。塩化物イオン濃度が低くても、かぶり不足が原因で塩害や凍害との複合劣化として現れているものや、外観は健全でも塩化

物イオン濃度が高い場合があり、橋梁点検（目視）だけでは塩害を評価するのは困難と言える。

以上の結果はH16～H17年の2ヶ年のデータで、離岸距離が200m以上にある橋梁のデータが少ないことから、今後もデータの蓄積・分析により精度を高めていく必要がある。

2 RC床版

2.1 検討の背景と目的

RC床版の損傷（劣化、疲労）は、最終段階には床版コンクリートが抜け落ちることのある重大な損傷であり、橋梁点検とこれに基づく適切な対策が重要である。RC床版は、輪荷重走行試験等の試験・研究により損傷の最終段階には急激にひび割れが増加してコンクリートが抜け落ちることが明らかとなっている。一方で目視調査を基本とする橋梁点検において、ひび割れの密度（延長）の増大を定量的に把握することが困難な場合が多い。そこで、ひび割れ密度の簡易な測定方法として寒地土研・ニコシステムで開発された床版劣化判定システム（デジタル写真を利用）を応用し、デジタル画像を用いてひび割れ密度の経時変化を把握することを目的として検討を行った。

2.2 検討結果

図4に示すような実際に劣化した床版のひび割れについて、①現地で足場を設置してひび割れ密度を実測し、一方で②地上から床版下面（約10mの高低差）を複数枚写真撮影（デジタル）して室内作業で合成・ベクトル化した図面からひび割れ密度を自動測定して、両者の比較を行った。

本方法（②）によれば、①の実測値の約80%のひび割れ密度を認識し、0.2mm程度のひび割れも測定可能であった。また、ひび割れ密度測定までの時間は①で5時間、②では現場作業10分程度と室内作業50分程度となり、短時間にひび割れ密度計測と図化が可能であった。よって、写真撮影によって容易に進行度を把握するのめ有効な方法であると言える。

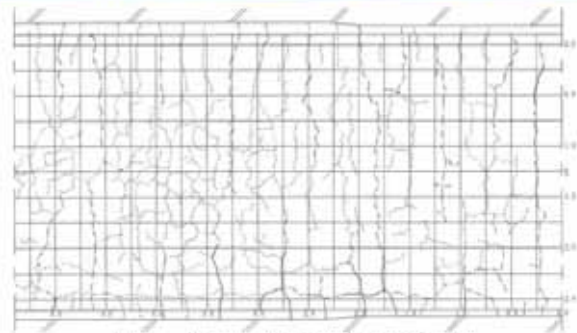


図4 劣化した床版のひび割れ図

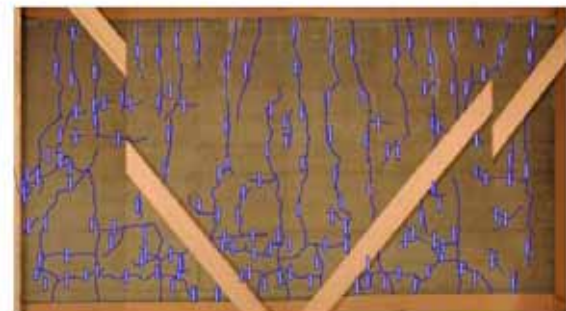


図5 CCDカメラ撮影及びベクトル化

3 耐候性鋼材の劣化判定

耐候性鋼材橋梁は、保護性さびであるか腐食として判定するかが非常に難しいとされている。これまでも評価方法として、土木研究所の評価法によっていたが、寒地土研では室蘭新道5橋の外観調査に加えて、さび膜厚測定、断面観察、これらの関連付け、および評価基準を提案している。

表1 寒地土研の評価基準（案）

劣化評価点	外観調査		さび膜厚測定				
	さび面積率 (%)	外観による分類 さび膜厚 (μ)	さび膜厚による分類 (μm)				
			5	4	3	2	1
		被覆やさびの状態	< 200	< 500	< 400	400~800	> 800
A	< 0.3	被覆にさびが見られない	A5	A4	A3	A2	A1
B	< 0.3	被覆の中にさびが見られる	B5	B4	B3	B2	B1
C	C1	< 3	C1-5	C1-4	C1-3		
	C2	< 30	C2-5	C2-4	C2-3		
	C3	30以上	C3-5	C3-4	C3-3		
D	D1	< 3	・外観的に5~25mm程度のさび			D1-2	D1-1
	D2	< 30	・この状況のさび			D2-2	D2-1
	D3	30以上	・この状況のさび(小)			D3-2	D3-1
E	E1	< 3	・層状剥離さび			E1-2	E1-1
	E2	< 30	・この状況のさび(大)			E2-2	E2-1
	E3	30以上				E3-2	E3-1

橋梁点検・診断時での適正な評価のため、実橋梁の表面状態写真と評価結果、評価の判断理由等の解説を入れた評価事例を作成した。

■本研究テーマの掲載報告書

道路管理技術委員会活動報告書（その3）
（平成16年度～平成18年度）

発行：財団法人 北海道道路管理技術センター

構造部会（H16～H20）

7. 長大橋の耐震性能評価の検討

耐震補強設計において、現行の設計基準（道路橋示方書）に準拠した補強を実施することが設計上困難であったり、工費が莫大になるなど、耐震補強上の課題を有する橋梁が長大河川橋梁等に代表されるような大規模な橋梁で数多く存在している。このため、既設構造物としての実際の挙動や強度特性などを考慮した耐震性能評価手法、各橋梁の地域特性、重要度を考慮した維持管理手法についての検討が必要となっている。

このため本部会では、北海道内における耐震補強上の特殊性を有する橋梁として、一般国道336号十勝河口橋、一般国道231号石狩河口橋、一般国道275号新石狩大橋の3橋を選定し、実挙動と設計の相違を踏まえた耐震性能評価の手法および維持管理手法に関する検討を行った。

1 北海道における長大橋梁の耐震補強上の課題

北海道内における橋長200mを超える長大橋梁は、全国道橋の約3,300橋のうち208橋と全体の約7%を占めている。（図1：上下線、本橋、歩道橋等をそれぞれ1橋として計上）

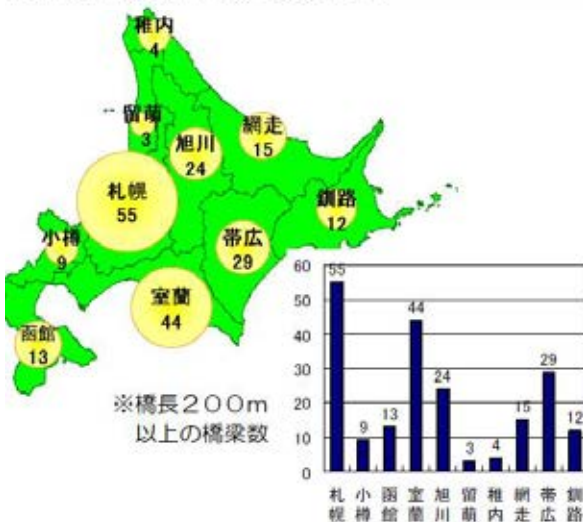


図1 北海道における長大橋梁数（開建別）

長大橋梁に対する耐震補強上の課題を挙げると以下のような項目が挙げられる。

- 河川橋梁で現況の河積阻害率が厳しい場合には、橋脚の増厚補強が困難である。
- 耐震補強が非常に大規模（コスト、工事規模）となり、現実的に対応が困難である。
- 被災時における緊急迂回路（仮橋等）の対応が

困難である。

- 昨今の社会情勢を考慮すると、近い将来における架け替えは困難である。
- 各橋梁の特性（地域性、重要度、迂回路、その他）に応じた対策が必要である。
- 道路橋示方書【耐震設計編】では、新設橋と既設橋の補強に対する区分がなく、より実際に近い挙動の評価手法が確立されていない。

2 検討結果

2.1 上部工固有振動特性評価

対象橋梁において「強制加振実験」および「常時微動観測」を実施し、主に上部工の「実際の」振動特性を把握した（図2）。

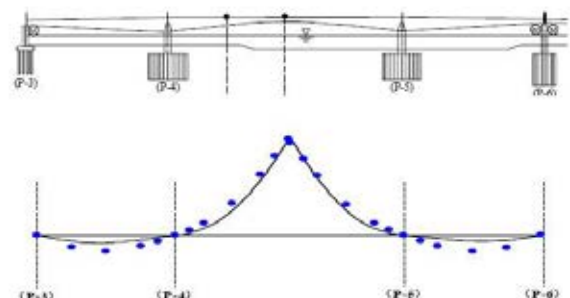


図2 実験結果（常時微動観測）と解析値の比較

橋梁が地震により被災した場合に、通行止め、もしくは交通解放の判断基準が必要となるが、初

期値としてこのようなデータをとっておくことにより、被災後に再測定して振動特性に影響を与えるような損傷の有無を短期間で判断することが可能となる。

2.2 橋脚の耐力評価

道路橋示方書等の計算式を用いた部材の「曲げ耐力」や「せん断耐力」等の各種耐荷力は、一般的には安全側に評価されるように配慮されている。しかし、実際の構造物では、この計算値以上の耐力を有している場合が多い。このような観点から、本項では下部構造（橋脚）に着目して、その耐荷力特性を三次元非線形FEM解析により検証した。図3の例では、道路橋示方書により算出した耐力を上回る耐力を有していることが検証された。

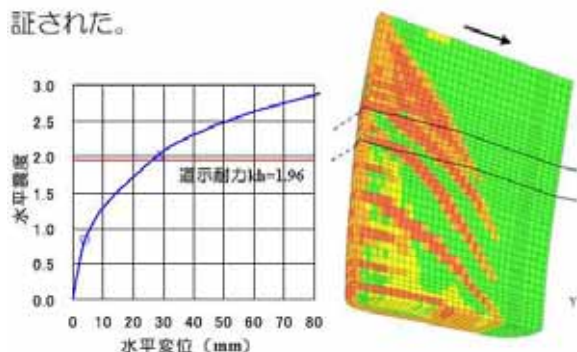


図3 三次元非線形FEM解析による耐力評価例

2.3 構造物・基礎・地盤系の振動特性評価

実構造物の地震時応答は構造物のみではなく、地盤や基礎構造も含めた振動特性を把握する必要がある。三次元FEM解析を用いることにより、この振動特性評価が可能であるが、モデル作成や解析に要する手間が膨大であるため、実用的ではない。このため、より簡便な骨組み解析で精度良く振動特性を評価する手法を検討した。

通常は基礎バネを図4のように集約バネで評価する例が多いが、地盤の影響をより精度よく評価する手法として図5のように構造物・基礎・地盤を骨組みとしてモデル化した「Penzien型モデル」を三次元FEM解析と比較検討した結果、固有値および応答値は概ね一致し、振動特性を精度良く表現可能であることがわかった。



図4 集約バネモデル

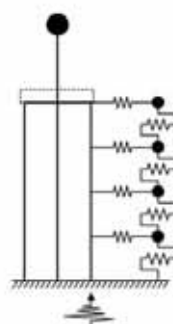


図5 Penzien型モデル例

2.4 長大橋管理への活用

大きな地震を受けた際に、損傷の程度を短期間で把握し、通行止めの要否などを判断しなければならない。現地の目視点検に加え、予め把握した構造物の挙動から重要な箇所の計測値と併せて供用に対する判定フローを作成しておくことによって効果的な管理が可能となる。

図6に本委員会の研究成果を活用した長大橋の管理フロー例を示す。



図6 委員会成果を活用した管理フロー例

■本研究テーマの掲載報告書

道路管理技術委員会活動報告書（その3）
（平成16年度～平成18年度）
道路管理技術委員会活動報告書（その4）【未刊】
（平成19年度～平成21年度）
発行：財団法人 北海道道路管理技術センター

構造部会（H13～H18）

8. トンネル維持管理のための調査・検討

北海道内における道路トンネルは、昭和30年代後半から整備が進み、今や460箇所以上のトンネルが供用中である。トンネルは供用下での改修や改築にかかる費用が高い場合も多く、近い将来、膨大な維持更新費用が発生する可能性もある。限られた予算の中、合理的な維持管理を行っていくためには、トンネルの健全度を精度良く把握し、対策優先順位を決めるなどの維持管理計画検討が必要になる。計画的な維持管理を行うためには、健全度を定量的かつ連続量としてとらえることが望ましいが、一般的には健全度は定性的評価、また、健全度区分はグレーディング法が採用されているため、定量化手法等の確立が望まれている。

本概要では、それを踏まえて平成15年度までに提案された、評点法と点検技術者チェック項目による健全度総合評価手法の適用性検討結果と、検討過程で必要とされた点検・調査手法の高度化に関する調査・検討結果について記述する。

1 健全度総合評価手法の適用性

1.1 概要

トンネル健全度総合評価手法は、覆工の亀裂等の変状を「評点法」（※下記参照）により数値化したものに、評点法では抽出困難な事象と思われる「技術者チェック項目」の有無を加え、トンネルの健全度について定量的・客観的に判定できるかどうかを試みたものである。具体的には、この健全度総合評価手法での判定結果と、実際に、専門技術者であるトンネル点検者が判定した健全度区分を比較し一致するか否かで、本健全度総合評価手法が現場で適用可能かどうか検討した。

※評点法による健全度判定（案）

「評点」＝「変状密度」×「変状種別等による補正係数」（覆工スパンごとに合算）

評点法による健全度判定区分（案）

判定区分	評点範囲	判 定 の 内 容
A	4.0 以上	変状が著しく通行車輛の安全を確保できないと判断され、応急対策を実施した上で補修・補強対策の要否を検討する標準調査が必要な場合。
B	1.0～4.0	変状があり、応急対策は必要としなが補修・補強対策の要否を検討する標準調査が必要な場合。
S	1.0 未満	変状はないか、あっても軽微で応急対策や標準調査の必要がない場合。

1.2 総合評価手法適用性の検討

実際の点検データを用いて、机上でのシミュレーションによる検討を行った。検討したトンネル数は47、覆工スパン数は617である。まず、評点法のみでどの程度、トンネル点検技術者の判定と一致するか比較した(図1)。

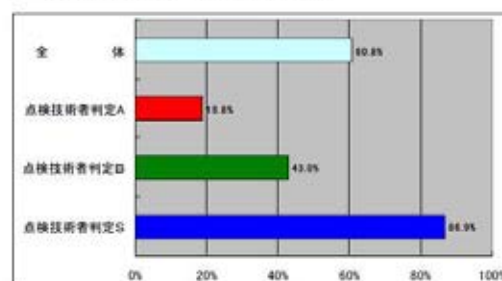


図1 評点法と点検技術者の判定が一致した割合

健全度区分が悪くなるほど、一致率は大幅に低下することから、変状の進んだトンネルでは、評点法だけで健全度判定を行うことは困難なことがわかった。次に、技術者チェックの有無により補正できるか検討を行った(表1)。

表1 評点法の判定と技術者チェックの有無の関係(スパン数)

評点法の判定 技術者チェック有無	判定区分 A	判定区分 B	判定区分 S
有	38	158	156
無	3	29	233
合 計	41	187	389

評点法の判定区分と技術者チェックの有無に明確な相関は認められず、総合評価法によるトン

ネル健全度の客観的な判定は困難であるものとした。ただ、技術者チェックの有無は、トンネル点検技術者の判定と相関がよく、健全度判定に大きく関与していると思われることから、点検時の最重要項目として用いることは有効と考えられる。評点法についても、健全度判定は困難なものの、変状の程度を数値で与えてくれることから、同一トンネル内の覆工相互の比較や特定区間の経時的な比較を相対的に行うことより、①重点箇所抽出や補修検討がより簡便になる、②健全度（老朽度）の経時変化の監視がより容易になる、など維持管理計画に利用出来る可能性もあり、今後蓄積されたデータによる検討が期待される。

2 トンネル点検・調査手法の高度化に関する調査・検討

2.1 概要

前述の健全度総合評価手法の適用性検討を行う中で、現状の定期点検は、点検技術者が行う近接目視と打音検査点検を主としているため、点検者は、作業性の悪さを解消するよう、省人化等の効率化に期待を寄せているのがわかった。そこで、今後の点検作業の一助となるよう、トンネル点検、調査手法の高度化に関わる最新技術について、動向を調査したので、その結果を記述する。

2.2 最新点検・調査手法の事例収集

定期点検の効率化、精度向上の検討および詳細調査時の手法選定の資料作成を目的に、最新点検・調査手法の事例収集を行った。関連する文献・カタログ・ホームページ・NETIS から、各手法の目的・概要、精度、適用範囲、標準単価、作業性、特許登録状況の情報収集を行った。また、適用に当たっての留意点を確認するため、上記情報に対し、開発者にヒアリングを実施した。

各手法は、調査目的別に各情報を一覧表形式としたほか、比較しやすいよう、同一書式で個別にとりまとめた（図2）。収集した手法は、全20手法である。



図2 個別調査票

（例 デジタルカメラによる覆工クラック調査手法）

2.3 定期点検の効率化・精度向上への適用可能性検討

収集した調査・点検手法の事例から、定期点検の調査目的別に効率化・精度向上に着目し適用の可能性を検討した。

① 覆工クラック調査および覆工打音調査

専用の調査機を用いるのが主体となっており、省人化・作業スピードなどに対する効率化が期待できる。精度については、覆工クラック調査は実績数も多数あることから、十分確保されていると判断され、実用レベル段階に入っている。

② 覆工打音調査

実績数が少なく、従来の打音調査に比べ同等程度以上の精度が確保されるか、点検結果との比較を行い検証する必要がある。第三者被害に直結する「うき・はく離」はその大部分が打音調査で発見されることから、採用に当たっては十分な注意が必要である。

③ 背面空洞調査等、その他の調査法

詳細調査を実施する場合に適用するのが望ましく、手法によっては、調査に時間がかかる、一度の調査範囲が狭い、など効率性が悪く定期点検への適用性は劣ると考えられる。

■本研究テーマの掲載報告書

道路管理委員会活動報告書（その3）

（平成16年度～平成18年度）

発行：財団法人 北海道道路管理技術センター

道路・情報部会（H12～H21）

9. 道路雪崩災害の実態と対策

切土法面や稜線、沢で発生し、道路に被害をもたらす雪崩を道路雪崩と呼んでいる。これまで雪崩の履歴のある個所や、稜線や沢からの規模の大きな雪崩の危険が予測される個所を中心に対策施設が整備されており、これにより規模の大きな雪崩や特に融雪期の全層雪崩は減少してきた。しかし、気候変動による降雪の質や量の変化によって、それまでまとまった雪が積もることがなかった急斜面からの雪崩や、既存の対策施設が機能しない新しいタイプの道路雪崩が発生している。

本研究は、道路雪崩の実態把握、および雪崩対策施設や雪崩管理による対応の問題点とその対応策について検討したものである。

1 道路雪崩の実態

道路雪崩が発生すると、道路雪崩災害調査シートが道路管理者から道路管理技術委員会に提供される。雪崩は8種類に分類（日本雪氷学会）されているが、調査シートによると道路に被害をあたえたのは5種類であり、その内の3種類だけで全体の95%を超える。

乾いた雪が崩れる表層・全層を合わせた雪崩が81.8%に達し、残りは大雨や融雪による雪崩である（図1）。主な発生要因（起因）は、短時間（24時間以内）に大量に積もる新雪（30cm以上）が崩落し流れ落ちる面発生乾雪表層（全層）雪崩（別称、新雪雪崩）が多く、表層と全層を合わせた新雪雪崩は61.4%となっている。また、最近では稜線や斜面に形成された吹きだまりが崩落する雪崩も多く（18.2%）、発生個所が道路から見えないことと、発生規模が大きいものがあるため注意が必要である。新雪雪崩と吹きだまり起因の雪崩は雪崩予防柵をすり抜けて道路に達することもあり、「すり抜け雪崩」とも呼ばれている。道路の地形的特徴からか、冬山登山で最も遭遇することの多い弱層起因の雪崩は2.2%と意外に少ない。

湿雪雪崩としては、降雨や気温上昇時に、地面と積雪の間に入り込んだ水が潤滑の役目を果たして、積雪が地面を滑り落ちる全層雪崩が多い（図2）。

また、切土法面からの雪崩は雪崩予防柵の整備

によって少なくなっているが、道路直近の柵下から発生する小規模な全層雪崩も少なくない。

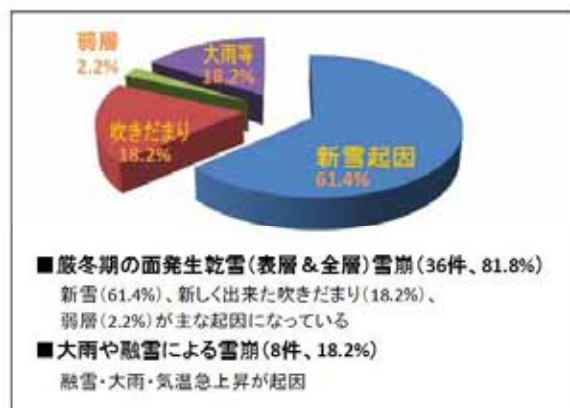


図1 道路雪崩の発生要因（1995-2008）



図2 面発生湿雪全層雪崩の例

2 雪崩対策工と課題

雪崩対策では、計画段階での危険個所の回避や雪崩予防柵等による発生防止工、覆道や防護工による道路への雪崩侵入防止などが行われてきた。

しかし、これらの施工個所での雪崩による被害発生は少なくなく、自然の力に対するこれまでの雪崩対策施設の限界が見られる。今後は、過去の教訓を生かしつつ、雪に対する理解を深め、雪崩の実態に即した雪崩対策施設の選定や防雪容量の設計を進めていく必要がある。

また、最近の気候変動に対応するように、対策施設の防雪容量を超えた降雪量や、普段は積もりにくい急斜面に大量に積もることによって発生する雪崩、そのほか雪崩予防柵の柵間や柵支持面の隙間から流下し道路に達する「すり抜け雪崩」もある。雪崩予防柵のすり抜け抵抗を大きくするため、エキスパンドメタルのようなメッシュ張りや、空隙の小さい柵も工夫されるようになってきた。こうした対策は、現行の設計指針には無い、雪崩の実態に即した新しい試みであり追跡調査が必要である。

現在、問題になっている柵にできる雪底の崩落や、最下段の柵からの全層雪崩対策には、積雪深より低い柵高が有効であるという実験結果もある。柵高や柵の列間距離など、雪崩柵に関しては、景観との調和の他、経済性も含めた研究が必要である。自然の力に抗しえない場合に、予め交通規制によって被害を未然に防ぐ方策が次に述べる雪崩管理である。

3 雪崩に対する通行規制について

北海道の中央部、大雪山系にある層雲峡や石北峠、三国峠を含む一般国道 39 号、273 号の上川管内では、過去の道路雪崩事例と気象条件から、乾雪雪崩を対象に事前規制を可能にする目安が作られている（図 3）。

現地では、管内 4 カ所の道路気象テレメータの内、1 カ所でも降雪深が 24 時間で 30cm になると雪崩監視体制に入る。道路巡回により、雪崩の発生を確認した場合に通行止めとするほか、1 時間毎に平地積雪深を確認し、24 時間降雪量が 50cm を超えた場合には、雪崩発生の有無に関わらず通行止めとする。通行止め実施後は、現地の安全を確認した上で通行止めを解除する。雪崩が発生し

た場合には、時間降雪深 1cm 以下が 6 時間以上継続したかどうかを目安に通行止めを解除する。

こうした事前規制が可能となったのは、道路沿いに見える所からの雪崩であり、また、内陸で標高が高く気温が低いため局地的な冬の大雨事例が少ないからである。この管内は北海道中央部に位置し、東風でも西風でも雪が降り吹雪の影響を受けるが、幸い、道路から見えない所からの雪崩履歴は無い。しかも、見えないところの安全性は、晴天時、ヘリコプターからの観察で確かめられているなど、雪崩危険度を判断できる条件に恵まれているといえる。

この地域以外に支笏湖周辺の国道でも、事前規制の目安が作られ、道路管理に使われている。

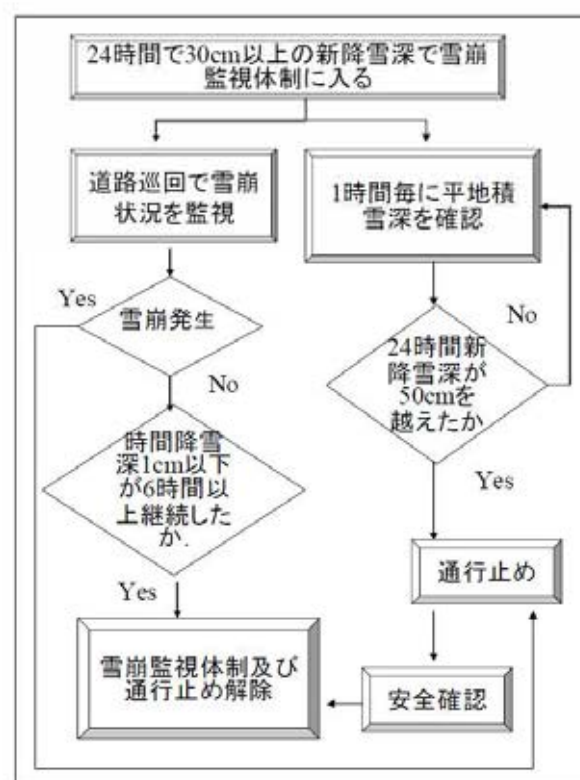


図3 石北峠、三国峠の上川側で新雪雪崩の危険度の目安に使われている判断の流れ

■本研究テーマの掲載報告書

道路管理技術委員会活動報告書（その3）
（平成16年度～平成18年度）
道路管理技術委員会活動報告書（その4）【未刊】
（平成19年度～平成21年度）
発行：財団法人 北海道道路管理技術センター

道路・情報部会（H14～H19）

10. 冬期路面管理データの活用に関する検討

本検討は、今後の効果的・効率的な冬期道路管理に資するため、冬期道路に関して路面性状データのモニタリング、冬期道路気象データのストック等について実践的な手法を策定するとともに、データの活用について提言することを目的として実施したものである。

- ① CCTV カメラ画像による路面判別フローの検討（H16～H17）
- ② 道路テレメータデータの活用検討（H17～H21）
- ③ 道路巡回データの活用検討（H17～H18）

1 CCTV カメラ画像による路面判別フローの検討

1. 1 概要

冬期の路面性状の判定では、道路巡回時における目視とともに、近年、整備が充実してきているCCTV カメラ画像を参考に判断している実態がある。そのため、カメラ画像を主とした路面判別方法を一定の判断基準で定め、「路面判別フロー」として作成した。本フローを用いることにより、統一性のある路面性状データが収集可能となる。

1. 2 路面判別フロー

路面判別フローは4種類あり、それぞれの種類と適用は表のとおりである。昼間時で路温情報ありの場合の判別フローを図2に示す。

表1 路面判別フローの種類と適用

フローの種類	路面状態判別地点	
	路面温度観測あり	路面温度観測なし
①昼間用・路面温度判定あり	○	
②夜間用・路面温度判定あり	○	
③昼間用・路面温度判定なし		○
④夜間用・路面温度判定なし		○



図1 CCTV 画像の例



図2 路面判別フロー（昼間・路温あり）

図1の画像を図2の判別フローで判定すると、「走行箇所に雪がある」→「飛び散りなし」→「トレッド跡なし」→「黒っぽい」という判別から路面性状は「凍結・積雪」となる。

2 道路テレメータデータの活用検討

2. 1 概要

道路気象を把握するデータとして、主として「アメダス」と「道路テレメータ」があるが、アメダス観測所は平野部に設置されているのに対し、道路テレメータは峠や山間部、海岸部など、より気象の厳しい箇所に設置されており、道路気象の把握に極めて重要なデータとなっている。しかし、

道路テレメータは、アメダスのように過去のデータが整理されていないため、道路気象災害把握や道路施設設計においてはアメダスに頼らざるを得ない状況となっている。

そのため本研究では、道路テレメータデータを十分に活用するため、利用ガイドを作成するとともに、活用に関する総合的検討を行った。

なお、利用ガイドは、平成 17 年度から 20 年度までに、通行規制区間や道路気象災害発生区間等を中心に全 211 地点のテレメータのうち、優先度の高い 25 地点の利用ガイドを作成した。

2. 2 利用ガイドの内容

①基本情報

位置情報、観測要素など観測所諸元

②気象統計値、参考値

そのまま活用できる気象統計値、既往の統計値・概略把握できる気象経過

③設置環境とデータ利用上の留意点

観測所写真（非積雪期、積雪期）、設置環境に関わるデータ利用上の留意点（図 3 参照）

④特筆すべき問題点・課題の明記

特に留意すべき観測要素に関わる詳細な注意事項、問題点や課題が明確に理解できる写真



図 3 「③設置環境とデータ利用上の留意点」記載例

3 道路巡回データの活用検討

3. 1 概要

本検討は、日常の道路管理に用いられている道路巡回日誌の路面性状情報等を、路面管理水準等に係わる基礎的統計データとして活用できるよう、統計データとしての活用可能性とデータベース化に向けた基礎的条件について整理することを目的に実施したものである。

3. 2 検討内容

①道路巡回日誌データの現状と課題整理

北海道開発局の道路事務所・事業所等の道路巡回日誌記録の現状、および巡回データの日常管理への活用に向けた課題について整理した。



図 4 各事務所の路面性状分類の採用状況

②路面性状と気象のデータ分析による活用検討

③新路面性状分類、新記載方法の提案

巡回日誌データを路面管理に活用するための基礎条件として、記載分類を統一するための新たな路面性状分類と記載方法を提案した。

表 2 提案した新路面性状分類（3 分類）

新路面性状分類	含まれる従来の 13 分類
1 凍結	氷膜、氷板
2 圧雪	圧雪
3 積雪	こな雪、つぶ雪
4 シャーベット	シャーベット
5 湿潤	湿潤
6 乾燥	乾燥

■本研究テーマの掲載報告書

道路管理技術委員会活動報告書（その3）

（平成 16 年度～平成 18 年度）

発行：財団法人 北海道道路管理技術センター