

一般国道 241 号十勝大橋における落雪防止対策の検討事例について

渡邊修一*1、結城哲哉*2、村上恵介*3

1. はじめに

一般国道 241 号は、北海道上川郡弟子屈町を起点とし、同帯広市へ至る全長 151.2km の一般国道であり、十勝大橋は十勝平野を流れる 1 級河川十勝川に架かる橋梁である（写真 1・図 1 参照）。現橋は、旧橋の架替えとして橋長 501m、幅員 32.8m、1 面吊 3 径間連続 P C 斜張橋で計画され、平成 8 年度に全面供用している（図 3 参照）。供用後から、斜材ケーブルに付着した雪や氷が落下して通行車両に影響を与える事象が発生していることから、平成 14 年度からは、斜材ケーブルへの着雪に対して新たに開発したスレーパー除雪装置により、ケーブルの雪落としを行っている。本稿では、落雪対策検討経緯、維持管理上の課題、新たな落雪対策手法等の検討状況について報告する。

1. 1 橋梁形式の選定経緯

橋梁形式は、3 径間連続 P C 斜張橋で、道路条件（桁下制限）、河川条件（基準径間長）、施工性（施工時の河積阻害）等の他に、景観性を考慮して一面吊り形式を採用し、主塔形状は独立 1 本柱となっている（図 2 参照）。



写真 1 十勝大橋全景写真



図 1 架橋位置図

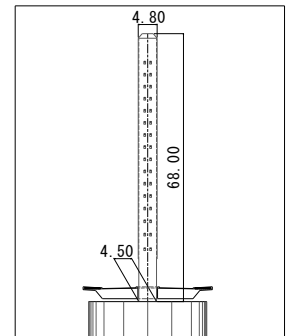


図 2 主塔断面図

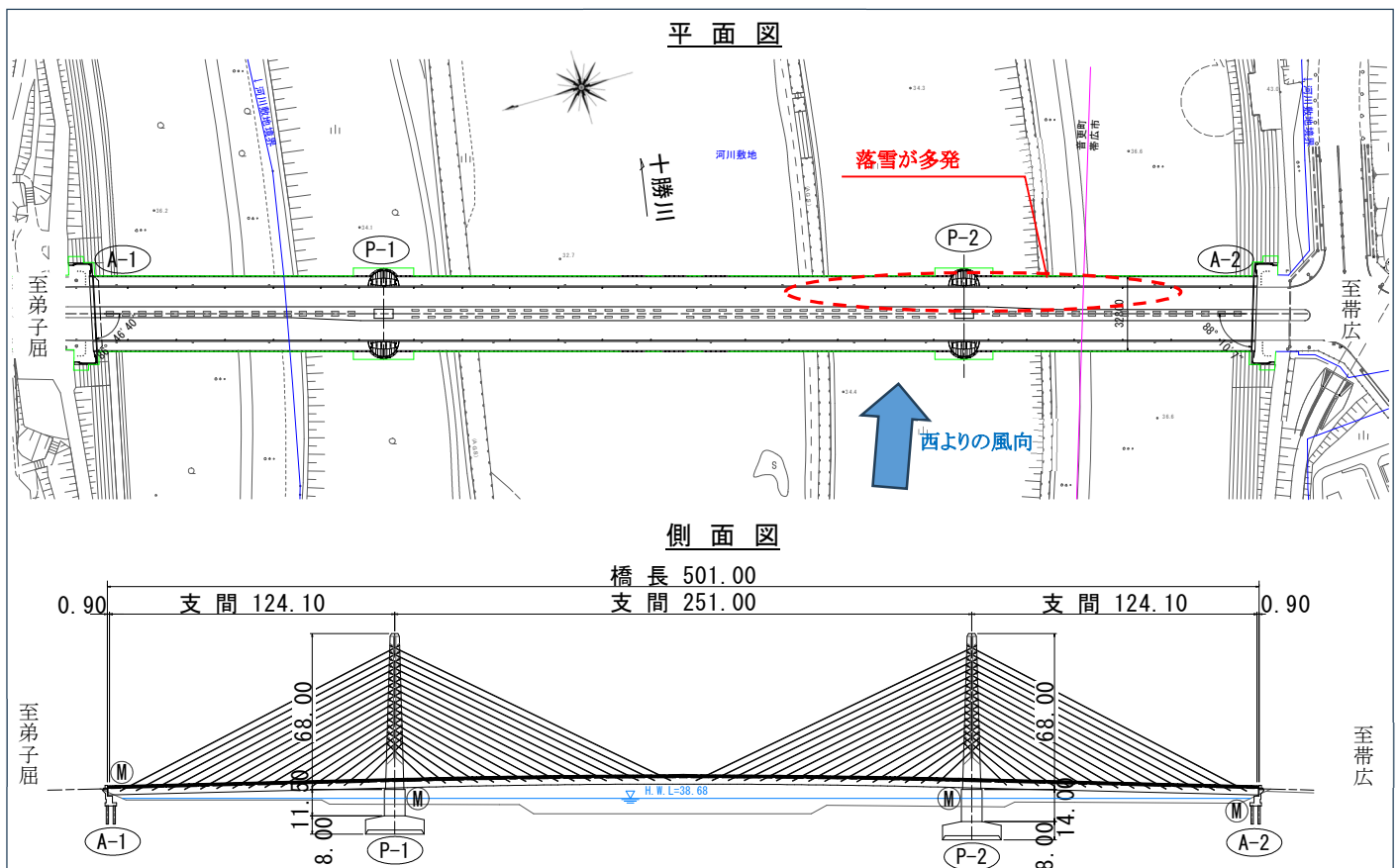


図 3 十勝大橋一般図

*1 北海道開発局 帯広開発建設部 道路設計専門官 *2 北海道開発局 帯広開発建設部 上席道路設計専門官、

*3 北海道開発局 帯広開発建設部 道路整備保全課 課長補佐

1. 2 ケーブル着雪発生時の気象特性

十勝地方では、北海道の南を通る低気圧が発達した時に大雪になる傾向がある。十勝大橋では、このような気象条件において斜材ケーブルへの着雪・落雪が発生し、冬期の道路管理における課題となっている。着雪時の気象条件は、降雪量：1cm以上、最低気温：0℃以下、最小風速：1m/s以下であり、落雪時の気象条件は、気温が0℃以上で風速が2m/s以上、気温が低くても日中に日射が多く風速7m/s以上で落雪している。（表1参照）

表1 着雪と落雪の気象条件

事象	気温	風速	降雪量
着雪	最低0℃以下	最小1m/s以下	1cm以上
落雪	0℃以上	2m/s以上	
	0℃未満	7m/s以上	

※着雪 2003～2004年・落雪 1997～2004年の事例より整理

1. 3 第三者被害状況

十勝大橋の斜材ケーブルからの落雪により、過去には第三者被害が発生している。第三者被害は、帯広側のP2橋脚付近の左側車線で多く発生している。十勝大橋近傍の気象データでは、西寄りの風が卓越しており、道路左側に多く落雪する傾向がある（図3参照）。

2. これまでの落雪対策検討の経緯について

平成15年度～平成16年度には、十勝大橋斜材ケーブルの着雪に関する検討会『十勝大橋雪氷対策技術検討会』が開催され、表2に示す対策案が検討されている。

また、平成15年度には長岡雪氷防災研究所新庄支所（現 雪氷防災研究センター新庄雪氷環境実験所）の低温実験室において着雪・落雪防止対策にかかる各種実験（○滑雪塗料に関する基礎実験 ○滑雪塗料、膜材及び格子フェンスを用いた現地実験 ○斜材ケーブルへの雪の付着や落雪状況及び気象条件に対する現地調査 等）が行われている。

2. 1 平成16年度の検証実験（4案）

平成16年度には、前年度の検討結果を踏まえて、表3に示す②～⑤の4案について対策案の効果を確認するため十勝大橋近傍の河川敷で検証実験を行っている。

2. 2 除雪スクレーパーの改良経緯

落雪による第三者被害の防止に向けて平成14年に製作した鋼製の単胴スクレーパー（写真2参照）については、主塔頂部に巻き揚げウインチを設置して斜材ケーブルの除雪を行ったが、斜材ケーブル除雪時間が約6時間も要することが課題であった。

平成15年には各種実験と並行して、着雪除去対策である除雪スクレーパーを単胴式から並行2斜材同時除雪方式に改良し、ウインチ設置場所を橋面上の中央分離帯に移設することにより、除雪時間は約2.5時間に短縮された。また並列同時除雪では、スクレーパーの総重量が80kg以上あり、ケーブル間の移動に苦勞していたが、平成28年には改良型スクレーパー（アルミ製）を製作し、40kg程度まで軽量化を図った（写真3参照）。

表2 平成15年度対策案一覧表


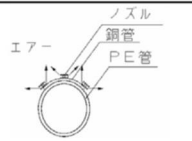
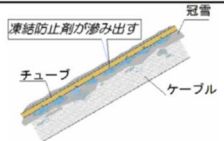

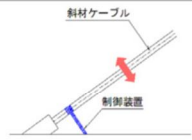


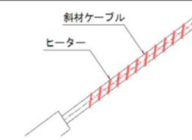
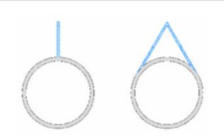
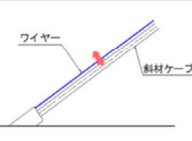
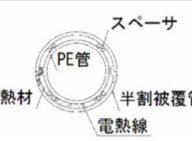
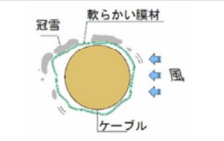
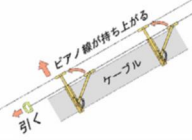
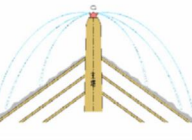


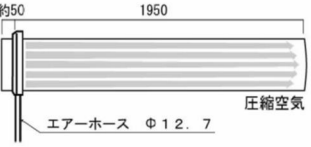
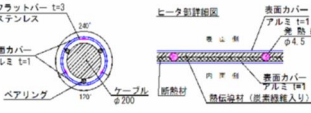
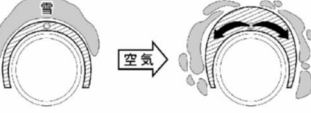

除雪案	① 自走式除雪ロボット		除雪案	⑥ 圧縮空気		融雪案	⑪ 凍結防止剤	
	② 除雪スクレーパー			⑦ 斜材加振			⑫ 滑雪塗料	
	③ 膜材		融雪案	⑧ ヒーター（1） 面状発熱ヒーター		着雪防止案	⑬ 雪切り板	
	④ 除雪ワイヤー（1）			⑨ ヒーター（2） 被覆されたヒーター			⑭ 着雪防止皮膜	
	⑤ 除雪ワイヤー（2）			⑩ 散水装置			⑮ 格子フェンス	

表3 平成16年度対策一覧

対策案	概 要
① 除雪 スクレーパー	スクレーパーを電動ウインチにてケーブル上を移動させて着雪をかき落とす。 
② 圧縮空気	圧縮空気圧を一樣な空気として噴出し除雪、着雪防止を図る。 
③ ヒーター	ケーブルの外側に被覆材で覆われた発熱ヒータを設置することにより融雪させる。 
④ 膜材	ケーブルを膜材で覆い、圧縮空気により膨張収縮させて雪を落とす。 
⑤ 格子フェンス	格子フェンスを用いて橋梁部材の冠雪・着雪を落下するのを防ぐ。 

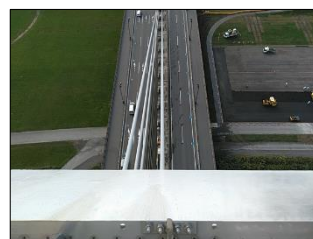


写真5 カメラからの写真



写真6 監視カメラ設置

3. 現在の維持管理上の課題

3. 1 斜材ケーブルの除雪体制

十勝大橋の斜材ケーブル除雪は、4班体制で実施しているが、約2～3時間程度の時間を要しており（スクレーパー除雪速度30m～40m/min）、除雪時間帯は朝夕のピーク時間帯を回避する必要があるため、作業時間の確保が課題となっている。また、除雪作業員の高齢化等により人員確保も課題となっており、作業時間の短縮と合わせて、より効率的な維持管理が求められている。現状の斜材ケーブル除雪実施体制を表4に示す。ウインチは2本のワイヤーで巻き上げているが、乱巻き防止のため2名の作業員による操作を行っている。

表4 斜材ケーブル除雪実施体制

除雪作業員	作業車両
<ul style="list-style-type: none"> ・作業員：16名 ・技術員：6名 （合計22名） 	<ul style="list-style-type: none"> ・電光掲示板搭載車：1台 ・トイレ搭載車：2台 ・パトロールカー：1台 ・作業員運搬車：3台 ・高所作業車：1台（トラブル時対応）



写真2 鋼製スクレーパー



写真3 アルミ製スクレーパー

2. 3 主塔頂部の除雪及び着雪監視体制

従前までは斜材ケーブルへの着雪状況の監視は、降雪時における道路維持業者による雪見巡回がメインであったが、平成22年1月に主塔頭頂部へ監視カメラを設置して常時監視を行っている（写真4～6）。

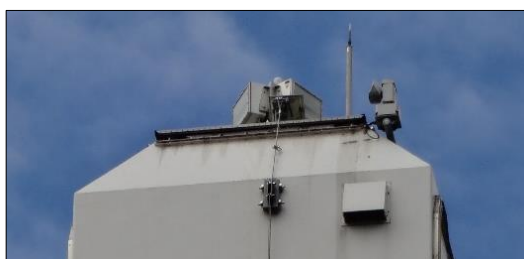


写真4 主塔頂部観測装置状況



写真7 ケーブル除雪作業状況



写真8 スクレーパー除雪状況



写真9 ウィンチ操作状況



写真10 ウィンチ内部状況

表5 ケーブル除雪速度計測結果

主塔	ケーブル	ケーブルNo.	上までの 除雪時間 (分)	下までの 除雪時間 (分)	スクレーパー 移動時間 (分)	合計時間 (分)	備考	ケーブル延長 (m)	ケーブル角度 (°)	上まで除雪速 度 (m/min)	下まで除雪速 度 (m/min)
帯広側	帯広側	4	2	1	11	14		47.3	34	23.65	47.3
帯広側	帯広側	16	10	5	2	17		137.2	27	13.72	27.44
帯広側	帯広側	15	6	5	2	13		129.7	28	21.62	25.94
帯広側	帯広側	14	4	5	1	10		114.5	28	28.63	22.9
帯広側	帯広側	13	5	5	1	11		106.9	28	21.38	21.38
帯広側	帯広側	12	4	5	2	11		99.4	29	24.85	19.88
帯広側	帯広側	11	4	4	2	10		91.9	29	22.98	22.98
帯広側	帯広側	9	3	3	2	8	途中まで	84.3	30	28.1	28.1
帯広側	帯広側	8	3	3	1	7		76.8	30	25.6	25.6
帯広側	帯広側	7	2	2	1	5		69.3	31	34.65	34.65
帯広側	帯広側	6	2	2	1	5		61.7	32	30.85	30.85
帯広側	帯広側	5	2	2	1	5		54.3	33	27.15	27.15
合計			47	42	27	116					
平均			4	4	2	10					

※ケーブルNo.は主塔からのナンバリング

3. 2 斜材ケーブルの着雪・落雪状況

現在のスクレーパーでは構造上の問題で除雪不可能な範囲があり主塔近傍に残雪が発生する（写真12参照）。また下から3本のケーブルについては、落雪による交通への影響が少ないと判断し除雪は実施していない（写真11参照）。

ケーブルの落雪状況は、風上側のケーブルから落雪が始まり、ケーブルを巻き込むように落下しており、ケーブル上部から引きずられるように下方に向かって落下している。ケーブルからの落雪は、車道の中央側の路面上に落下している状況である。（写真13・14参照）

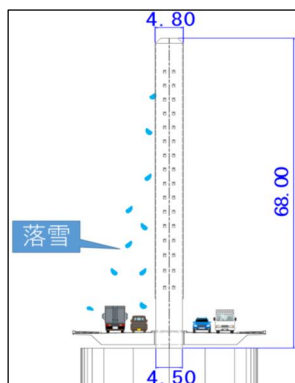


図4 落雪イメージ



写真11 未除雪ケーブル

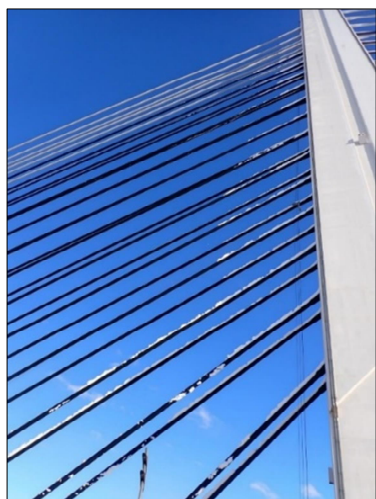


写真12 主塔近傍の残雪状況



写真13 路面への落雪状況



写真14 路面上の落雪痕

4. 新たな落雪対策手法の検討

4. 1 試験施工方法

前章までに述べたスレーパーによる落雪対策作業の課題を以下に整理する。

課題①スレーパーでは構造上、除雪不可能な範囲がある。

課題②朝夕のピーク時間を回避した作業時間の確保。

課題③除雪作業員の高齢化等による人員確保。

以上の課題を解消するため令和5年度は、過年度までの検討案（表2参照）の内、今まで試験施工されていない、⑬雪切板、⑭新素材である着雪防止塗装の2ケースについて、実橋で試験施工による効果検証を行った。試験期間は、令和5年11月29日～令和6年3月22日、観測時間帯は24時間である。除雪されていないケーブルの左右に設置したインターバルカメラ（30分）で着雪及び落雪状況を観測した（写真17参照）。

⑬雪切板：塩ビシートを加工し高さ10cm、形状は三角形（図5・写真15参照）

⑭着雪防止塗装：塗装表面にせん断力を集め、氷の表面に無数のクラックを発生させる。
（写真16参照）

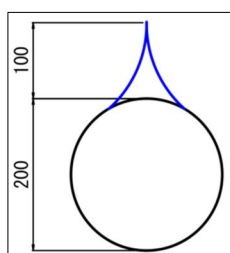


図5 雪切板設置断面図



写真15 雪切板の設置状況

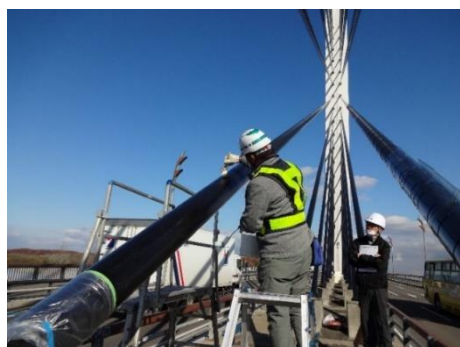


写真16 着雪防止塗装の施工状況

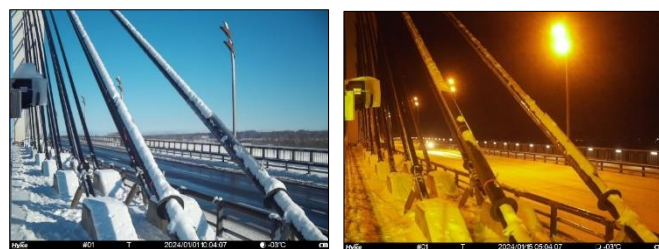


写真17 インターバルカメラからの画像

4. 2 試験施工結果の整理

試験施工期間中に、雪切板、着雪防止塗装の両方に着雪が発生した（写真18～19参照）。一方で確認された全7回の内、落雪時間が最も短い回数は、雪切板が4回、無対策が2回、着雪防止塗装が1回となり、雪切板の落雪時間が短い結果となった。なお着雪防止塗装は、今回の試験ではあまり効果が確認出来なかったが、塗装時期の問題で表面にベトつきが残ったことが原因と考えられ、改善の余地があると思われる。（表6・図6参照）



写真18 雪切板の落雪状況（右側）



写真19 着雪防止塗装の落雪状況（左側）

表6 試験施工結果一覧表

降雪No	降雪日時	降雪量 (cm)	対策工	消雪(落雪) 時間	気温 ℃	降雪時の 最多風向	降雪時の 最大風速 (m/s)	日照 有無	降雪後の 経過時間	消雪(落雪)時間の比較図
3	12/15/20:00 ～12/16/23:00	7	無対策	12/17/11:30	2	NE	1.7	有り	12:30	
			着雪防止塗装	12/17/10:30	3				11:30	
			雪切板	12/17/9:30	2				10:30	
5	12/31/1:00 ～1/31/23:00	13	無対策	1/1/14:00	-1	NNE	1.4	有り	15:00	
			着雪防止塗装	1/1/17:00	-5				18:00	
			雪切板	1/1/10:00	-3				11:00	
8	1/14/22:00 ～1/14/23:00	9	無対策	1/15/7:00	-5	WNW	1.7	無し	8:00	
			着雪防止塗装	1/15/5:00	-3				6:00	
			雪切板	1/15/8:00	-5				9:00	
10	1/22/18:00 ～1/23/12:00	27	無対策	1/23/15:30	3	NNW	2.1	有り	3:30	
			着雪防止塗装	1/23/16:30	0				4:30	
			雪切板	1/23/14:00	4				2:00	
12	2/15/19:00 ～2/16/6:00	25	無対策	2/16/9:30	-2	NE	3.3	有り	3:30	
			着雪防止塗装	2/16/12:00	4				6:00	
			雪切板	2/16/11:00	1				5:00	
13	2/26/2:00 ～2/27/4:00	33	無対策	2/27/11:30	3	NNE	3.1	無し	7:30	
			着雪防止塗装	2/27/13:30	3				9:30	
			雪切板	2/27/12:00	3				8:00	
14	3/1/13:00 ～3/2/4:00	15	無対策	3/2/10:00	-2	SSW	2.4	有り	6:00	
			着雪防止塗装	3/2/11:30	-2				7:30	
			雪切板	3/2/9:30	-2				5:30	

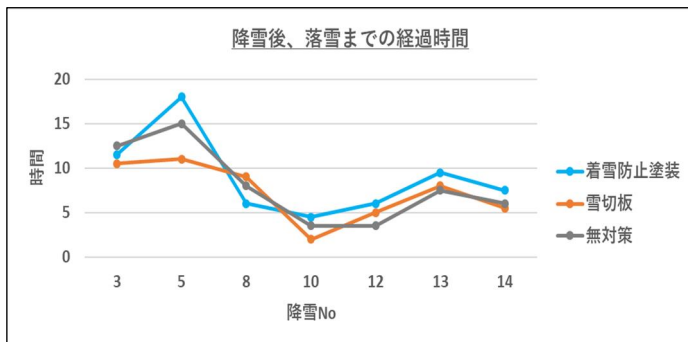


図6 落雪までの経過時間グラフ

5. 今後の十勝大橋の冬期維持管理について

5. 1 雪切板改良案(形状変更)

令和5年度の試験施工で使用した雪切板は、高さ10cmの曲線形であったことから、曲線部に残雪が発生し、着雪防止効果を妨げたものと考えられる。そのため今後は直線形への改善を含めて検討していく予定である(図7参照)。

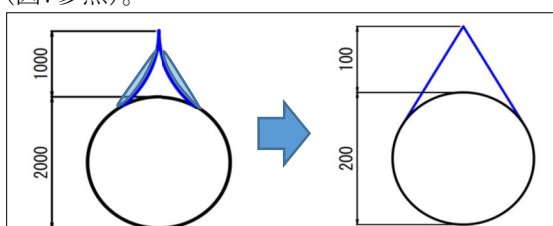


図7 雪切板改良案

6. おわりに

本稿は、十勝大橋の落雪に関する課題とそれに対する対策検討状況について述べた。特に、斜材ケーブルの除雪に関しては、作業員の高齢化や人員確保が課題であり、今後も除雪時間短縮や除雪装置の更なる改良等による安全で効率的な除雪手法の確立とともに、並行して着雪防止対策についても引き続き検討していく予定である。

〈参考文献〉

- 1) 佐藤、葛西、花田、井上「十勝大橋」、コンクリート工学 Vol. 31, No. 11, 1993. 11
- 2) 中山、浅野、森田「十勝大橋・豊頃大橋における落雪対策について-現地実験結果の報告-」平成17年度北海道開発技術研究発表会