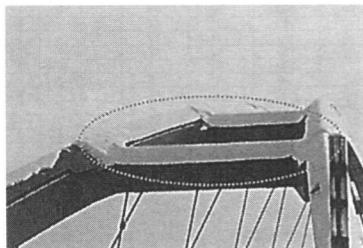


橋梁の着雪・冠雪対策に関する研究

北海道開発土木研究所 道路部 維持管理研究室 ○布施 浩司
岳本 秀人

1. はじめに

積雪寒冷地である北海道の道路構造物のうち、アーチ・トラス橋梁の上弦材のような道路を横断した形式で設置されている構造物に於いて生じる着氷雪（参照 写-1）が、通行車両の振動や気温の上昇により落下する事故が報告されている。最近、こうした事故等を防止するために様々な対策がなされており、また雪下ろしといった維持作業（参照 写-2）が行われているが、通行規制等の利用者の影響を伴う。そこで本論では、橋梁の着氷雪観測調査、着氷雪対策箇所実体調査及び屋外での着落雪実験結果をもとに、着氷雪対策の特性と適用効果について報告する。



写-1 橋梁の着氷雪状況



写-2 着氷雪の除雪状況

2. これまでの着氷雪対策の特徴

2.1 ヒーティング工法

ヒーティング工法は橋梁の着雪・冠雪の発生する箇所を熱エネルギーで強制的に融雪し、落雪を防ぐもの工法である。

2.2 構造面の対策工法

橋梁各部を滑雪性の高い塗装で処理したもの及び、部材そのものを滑雪性の高い材質に変える、着雪・冠雪箇所に落雪カバーを取り付ける等の対策により、着雪及び冠雪量を抑えてその滑落を促そうとするものである。

2.3 除雪工法

最も、多く用いられている方法であるが、高所作業であり全面通行止めを行わないと作業が出来ない等の問題が上げられる。

3. 研究方法

3.1 従来の着氷雪対策の効果実験

従来の対策工法の効果の確認のため、屋外モデル実験及び実橋梁対策の観測試験を行い、その評価と新対策工法の提案をもとに、着氷雪対策の適用検討を行う。

(1) パネルヒーター試験

①実験概要

実験は、写-3のようなパネルヒーターを使用して行った。試験のパネルの概要を表-

1に示す。これらの試験体を用いて通電時及び非通電時の観測実験を行った。

④実験結果

通電時の融・滑雪状況結果を表-2に非通電時の滑雪状況結果を表-3に示す。なお、表による着雪率は各パネルに着雪状況を面積比で表している。通電時の融・滑雪状況は、つらら防止ヒーターを設置した②～④のパネルについては融雪に伴い着雪が滑り落ちており、特に形状が曲線型の④のパネルは、ほとんど着雪状況が見られなかった。一方、つらら防止ヒーターを設置していない①のパネルについては、着雪率がもっと多くなっていた。また、非通電時の滑雪状況は、①～③のパネルは冠雪状態が大半を占めたが、④のパネルに於いては、曲面が急勾配の箇所に於いては頻繁な落雪状況が見られた。



写-3 パネル配置状況

表-2 通電時融滑雪実験結果

着雪日	試験体着雪率 %				気温 ℃	風速 m/s	風向	日照
	①	②	③	④				
2月15日	34	31	22	22	-12	2	SE	あり
2月18日	25	22	22	—	1	5	NW	なし
2月19日	39	—	—	-1	6	N	なし	
2月22日	56	22	—	—	0	7	NW	なし
2月23日	56	31	—	—	-2	5	ESE	なし

表-1 試験パネル概要

No.	1	2	3	4
モデル	平面45°	平面45°	平面30°	曲面R
先端形状		曲面R型		
つらら防止ヒーター	なし	有り	有り	有り

表-3 非通電時滑雪実験結果

着雪日	試験体着雪率 %				気温 ℃	風速 m/s	風向	日照
	平面45°	平面45° (端部R)	平面30°	曲面R				
1月24日	86	70	94	38	-3	5	W	なし
1月25日	100	100	100	75	-3	0	なし	
1月27日	100	100	100	69	-3	2	N	なし
1月28日	100	100	100	50	-2	4	N	なし
1月31日	100	100	100	88	-4	1	ESE	なし
2月2日	100	100	100	50	-1	2	W	なし
2月2日	100	100	100	25	-1	3	W	なし
2月2日	100	100	100	38	-1	2	W	なし
2月8日	100	100	0	0	1	5	W	なし
2月9日	88	98	100	50	0	7	WNW	なし
2月9日	84	77	84	89	-7	8	W	なし
2月13日	100	100	100	75	-6	2	N	なし
2月14日	100	88	100	53	-14	1	SE	なし
2月14日	100	88	100	0	-4	2	WNW	なし

(2) 表面加工による対策の評価実験

④実験概要

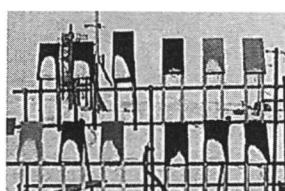
実験は、6種類の塗装鋼板と4種類のシート貼り付け鋼板およびアルミ板、ステンレス板およびチタン板の金属板を用いて、室内試験と屋外試験を行った。

屋外実験：写-4のように試験板を並べて設置し、着雪・冠雪状況及びその滑落状況を、試験板の勾配を60°・45°・30°と3段階に変更し観測。

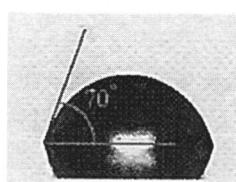
室内実験：試験板ごとに表面の撥水性を表す接触角（写-5）を測定。

④実験結果

屋外試験で測定した着氷雪の落雪回数と室内試験での接触角測定値及び平成12年度から13年度にかけての低下率を表-4に示す。屋外実験において、塗装系試験板で、鋼製ボックス（標準塗装）及び保護塗装鋼板が、シート系では滑雪性塗装鋼板が12～13回と落雪回数が多くなっており、試験板の勾配の違いによる落雪回数は設置角度60°の場合で比較的落雪回数が多くなっている。滑雪性塗装鋼板、一方、金属系の試験板では、アルミ板（表面加工あり）が勾配60°で6回落雪したが、45°及び30°では優位性は確認できなかった。また、接触角は平成13年度に測定した値は平成12年度の80%前後と低下していた。



写-4 試験板配置状況



写-5 接触角測定例

表-4 実験結果（落雪回数・接触角）

試験板 No.	名称	落雪回数(回)			接触角(°)	低下率 (%)
		60°	45°	30°		
1	通常塗装鋼板	4	3	4	86	66.6
2	断熱性塗装鋼板(両面)	2	3	2	109	92.6
3	鋼製ボックス(標準塗装)	6	2	5	—	—
4	FRP貼付鋼板	2	3	3	76	80
5	ゴム貼付鋼板(裏)	2	3	2	86	73
6	ポリカーボネート貼付鋼板	2	2	2	86	83.1
7	滑雪性塗装鋼板	6	4	2	147	122
8	断熱性塗装鋼板(片面)	2	1	1	—	—
9	断熱性塗装鋼板(片面)	4	3	6	88	70
10	アルミニウム(表面加工なし)	6	3	1	83	67
11	ステンレス板	2	3	3	88	70
12	チタン板	2	2	1	92	43
13	ゴム貼付鋼板	1	2	1	—	—
14	アルミニウム(表面加工なし)	3	3	2	—	—

(3) 実橋梁での調査

①実験概要

ニールセンローゼ橋である一般国道 38 号豊頃町豊頃大橋の各部位を滑雪性に優れた塗装を、またアーチ橋である一般国道 452 号三笠市桂沢大橋に於いてアーチリブを接触角の大きいフッ素系の塗装を行う塗装工法と横門構と横構交差部にカバーを取り付ける落雪カバー工法を試験施工して観測調査を行った。

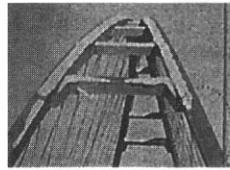
②実験結果

豊頃大橋：

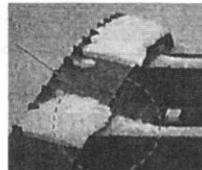
アーチリブの滑雪状況は写-6 左側に示すように、急勾配箇所では頻繁の滑雪が観測されていたが、緩勾配箇所では、滑落しない箇所があった。また、写-6 右側アーチリブと橋門構が交差している箇所では、橋門構が滑落を阻害している状況も見られた。

桂沢大橋：

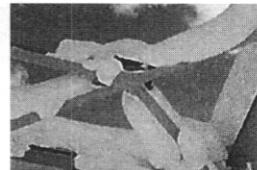
桂沢大橋のアーチリブでは写-7 左側のように冠雪が多い状況にあり、冠雪が 20cm 前後にまで達した例もあった。また、橋門構のカバー工法についても、大雪等の異常気象時では、写-7 右側のように雪庇が発生している状況にあった。



写-6 冠雪状況（豊頃大橋）



写-7 冠雪状況（桂沢大橋）



3.2 着氷雪対策新工法の提案と効果実験

従来工法の試験結果を基に、新たな着氷雪対策の提案とその効果実験について報告する。なお、今回提案した工法の特徴を以下に示す。

- ・格子フェンス工法：従来の着氷雪の滑落の促進、ヒーティングによる融雪等と違い、着氷雪を落下させないことによる対策工法。

- ・落雪カバー工法（雪切り板設置）：従来のカバー工法の頂上部分の垂直方向に雪切り板をつけることで、着氷雪を分離しやすくさせ、滑落を促進させる工法

①実験概要

実験は、写-8 のようなモデルを作成して、一定期間の屋外暴露実験を行った。試験モデルの概要を表-5 に示す。新工法としてはニールセンローゼ橋の内向き勾配(3°) やローゼ橋等の水平面を想定したものに格子フェンスを取り付けた試験体を作成しており、また従来工法の改良として、三角断面形状の落雪カバー、雪切り板を設置した落雪カバー、およびスリット状の落雪カバーの試験体を屋外に設置して行った。

②実験結果

格子フェンスと無対策工法を比較したところ、写-9 のように格子フェンスは今回の実験期間中には冠雪の滑落を完全に防止しており、下層が氷板化した冠雪の滑落を防止することに対して有効であることが明らかになった。一方無対策の工法については勾配があるモデルは 3 回落雪しており、勾配のないモデルについても、雪庇が発生していた。

また、落雪カバー工法の比較については、雪切り板が無い三角断面の従来カバーでは頂部を跨いで冠雪し、頂部雪の結合力で滑落を阻害するため、冠雪の滑落は部分的なもので

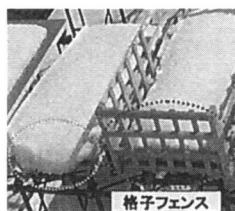
あった。これに対して雪切り板を設置した落雪カバーは、頂部の雪を切断していることから全面にわたって滑落し、雪切り板の有効性が明らかになった。一方、スリット工法については、比較的早い落雪が観測されていたが、今回の試験では、スリットとスリットの間にある水平部の冠雪が発達してカバーアンダーベンダーで雪が繋がり、この雪の結合力によって滑落を阻害されている状況にあった。(参考 写-10)



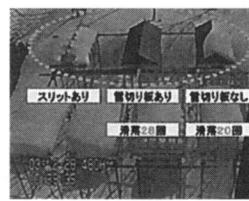
写-8 モデル配置状況

表-5 着氷雪モデル概要

NO.	試験モデル種類	勾配
1	落雪カバー	—
2	落雪カバー(雪切り付き)	—
3	スリットカバー	—
4	格子フェンス	無し
5	格子フェンス	有り
6	対策無し	無し
7	対策無し	有り



写-9 格子フェンスの状況



写-10 落雪カバー状況比較

4. まとめ

・ヒーティング工法：

観測実験の結果から、つらら防止ヒーターを設置することにより、ヒーティングの融雪性能は向上した。しかし完全融雪を行うには、ヒーティングの設計条件を通常より厳しくする必要があるため、部材の形状を急勾配にすることにより、省エネルギー化を図ることが望ましい。

・表面加工対策工法：

屋外及び室内試験及び実橋梁観測の結果から、塗装及びシート、金属部材の一部において頻繁な滑落が確認されたが、急勾配箇所で効果を発揮している状況にあった。さらに、接触角の低下が著しいことから、年月が経過するまでの機能低下を考慮する必要がある。また、カバー工法は、異常気象時には対応できない為、ヒーティング工法等との併用が必要であると考えられる。

・格子フェンス：

観測実験の結果から、着氷雪の落下を完全に防止しており、雪庇も発生していないことから、新たな着氷雪対策工法として期待できる。今後は、詳細な設計条件及び実橋梁に設置するためのデザイン等の研究が必要であると考えられる。

・落雪カバー工法（雪切り板設置）

観測実験の結果から、落雪カバーに雪切り板を設置することで、比較的早い段階で滑落することが確認されており、カバー工法を行う際には雪切り板を設置することが望ましいと考えられる。

参考文献

- 1)平成9年「道路付属物における着氷雪対策に関する調査研究」