和田山八鹿道路の大屋川橋（ﾆｰﾙｾﾝﾛｰｾﾞ桁橋）に施工した落雪防止対策の開通後の検証について

前中　遼[1]・板　真二[2]

[1]近畿地方整備局　豊岡河川国道事務所　道路管理課　（〒668-0025 兵庫県豊岡市幸町10-3）

[2]近畿地方整備局　豊岡河川国道事務所　工務第二課　（〒668-0025 兵庫県豊岡市幸町10-3）.

大屋川橋は，2012年11月24日（土）に供用開始し，供用から4年目を迎える北近畿豊岡自動車道　和田山八鹿道路（延長13.7㎞）の養父ICに隣接する大屋川に架かるニールセンローゼ桁橋である．本橋は降雪地帯に位置し，同地帯のアーチ橋に見られる，左右のアーチリブ及びそれを繋ぐ横支材に積もった雪が落下して本線上の走行車両に損傷を与える事象を防ぐために，落雪対策構造を検討・施工したものである．

今回は，開通後3年4ヶ月を経て発生した落雪事故を受け，その対策方法と今後の維持管理について検討を行うものである．

キーワード　ニールセンローゼ桁橋　下路橋　落雪　落雪防止装置　ヒーター　光触媒防汚フィルム

1. 橋梁概要

本橋は，路面が主桁の下部にあるニールセンローゼ桁橋で、支間長122.5m，アーチライズが21mの平行弦，及び5本の横支材を有している．左右合わせて40本の斜めケーブルで支持されるアーチリブの断面は，幅1.1m，高さ1.4mで，横支材にはφ850mの鋼管を用いている．使用鋼材は耐候性鋼材で、路面から高さ2m以下のアーチリブ部，及び補剛桁の外面は融雪剤の散布影響を考慮し、錆び安定化処理を施している．

大屋川橋の諸元を表-1に，一般図を図-1に示す.

表-1　諸元

項　目	諸　元
橋梁形式	鋼ニールセンローゼ橋
橋長	124．5m
支間長	122．5m
アーチライズ	21．0m
補剛桁間隔	13．0m
総幅員	11．150m
道路線形	R ＝ 6000m
斜角	A1側 72° 06′ 15″
	P1側 73° 17′ 35″
ケーブル本数	20本×2 ＝ 40本
横支材	5本 鋼管（φ850）製
床版形式	合成床版 t=270mm
使用鋼材	耐候性鋼材

2. 周辺環境

架橋位置の周辺環境は、近隣の気象データによると、架設までの過去5年間の最大日降雪量は，51㎝/日，各年度の平均日降雪量が24㎝/日で、最低気温は-7.3℃である．

本橋路面下には、本橋と直交する一般道と養父ICのチェーン着脱場がある．

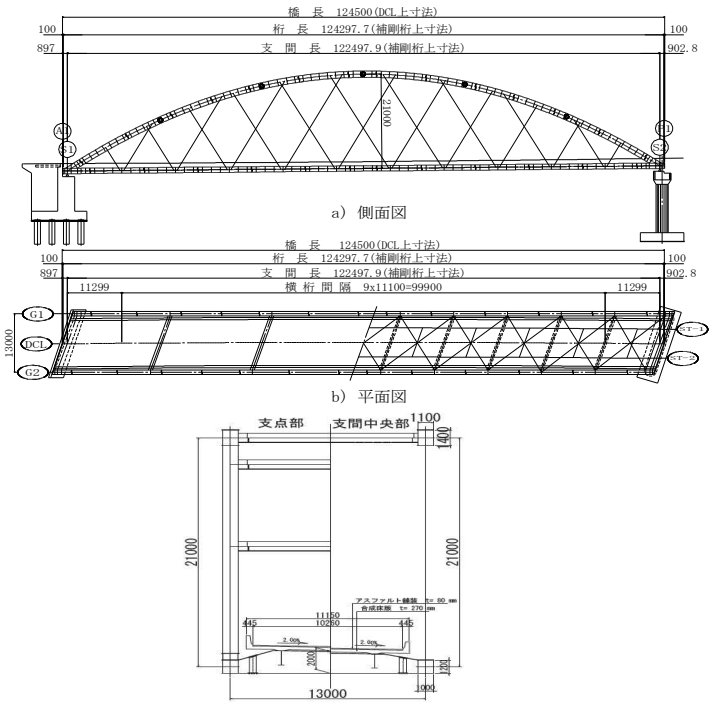

図-1　一般図

3. 落雪防止装置

豊岡河川国道事務所管内においても、一般道である国道9号の池田橋（2010年に撤去）で2004年1月9日にアーチリブを繋ぐ横支材から落雪し，通行車両が損傷する事例が発生している．この対策として，高所作業車を用いて人力で雪落としを行っていた．しかし，当該路線は，自動車専用道路であり，交通規制が必要であることや冠雪を確認後の作業となるため落雪が起きてしまう危険性が考えられる．本橋では，これらの課題を解決するために，他機関により実施されている落雪対策を参考にし，効果的な落雪防止対策として，「融雪させたうえで滑雪させる工法」を検討し施工した．

落雪防止装置として、幅1160㎜，長さ2200㎜の雨樋型形状をしたステンレス鋼材の落雪防止パネルを設置した．また，融雪及び滑雪をさせるため，パネル表面に光触媒防汚フィルムを，写真に示すように、アーチリブ上方にヒーターをそれぞれ取り付けた。

パネルの形状は，アーチリブにおいて，本橋と交差する一般道への落雪を防ぐために，雨樋型を採用した．そして，横支材においては，アーチリブへ滑雪させることが構造上、困難であることから，光触媒防汚フィルムにより滑雪させるよう、屋根型パネルを設置した．

写真-1に落雪防止装置取付後を示す。

(1) ヒーターによる融雪

融雪には、制御・管理のしやすい電気式の線状ヒーターを用い，電気受電施設及び経済性を考慮し，設置する範囲をアーチリブ上方とした．これは、アーチリブ上方で解けた雪が下方に滑雪し，そこに積もった雪を併せて取り除くような構造を想定したものである．また，ヒーターによる熱を少しでも逃がさないために，パネルの裏側に，20㎜厚の保温材を設置した．

ヒーターの制御に関しては，降雪センサを用いて，自己制御で行えるようにし，外気温が5℃以下であることと降雪センサが水分を検出したことの2つの条件がそろったときにヒーターが作動する構造とした．

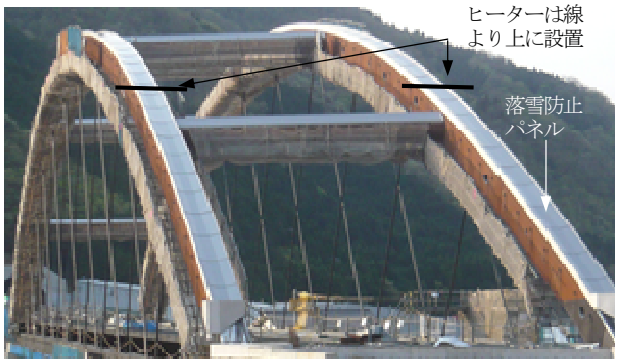

写真-1 落雪防止装置取付後

(2) 光触媒防汚フィルムによる滑雪

光触媒防汚フィルム（以下、フィルム）は，光触媒技術の特徴であるセルフクリーニング効果を利用し、滑雪面の経年劣化や汚れによる滑雪効果の低減を防ぐことができる．その効果とは，光触媒酸化チタンが紫外線に当たることで放出される活性種（活性酸素種）の作用により，フィルムの表面に付着した汚れ等が分解される．その後，表面に水が発生すると，もう1つの効果である「超親水作用」により，水がフィルム表面に一様に広がり，汚れとフィルムの間に水が入り込み，汚れを浮き上がらせて洗い流すという効果である．これによって，滑雪効果を低下させる汚れの付着を防止でき、雪が解ける等で水が発生すれば、汚れとともに滑雪させることができる。

4. 発生した落雪による車両損傷事故

上記で述べた対策を施していたが，2016年3月1日12時35分頃に高さ11mの最も南側に位置する横支材から長さ約3m，幅0.57mの落雪が起きた．走行車両のフロントガラスに直撃し，損傷している．

写真-2,3に落雪時のドライブレコーダの画像，表-2に事故当時の周辺の積雪等気象状況を示す．

写真-2 落雪時のドライブレコーダー（その1）

写真-3 落雪時のドライブレコーダー（その2）

表-2 事故当時の周辺の積雪等気象状況

時刻	気温℃	積雪深cm	風向	風速(最大)m/s
9:00	-0.2	15	無風	0(0)
10:00	3.1	14	東南東	1.1(2.1)
11:00	3.5	12	北	1.2(3.3)
12:00	5	8	南東	1.6(2.5)

5. 現場検証

落雪事故を受け，高所作業車を用いて，現場検証を行った．雪が落下した横支材を高所作業車を用いて，近接目視し，以下の3点を確認した．
①落雪した箇所のフィルムにずれや剥離があること．
②他の横支材にフィルムの無いパネルがあること．
③アーチリブのフィルムに剥離があること．

①の落雪した箇所を写真-4に，③の箇所を写真-5に示す．写真からも分かるように，フィルムがずれ、上部がめくれたことにより，その部分が抵抗となり，雪塊となって落ちてきたと考えられる．

現場検証の際に，工事受注者及びフィルムを施工した業者にも立会を依頼し，現在，フィルムの機能がまだ生きているのか，なぜ，めくれやズレが発生したのかを分析して頂いた．
光触媒の機能については，表面に水を拭きかけたところ，水滴ができず，すぐに流れ落ちたことから親水作用は残っていることは確認できた．
写真-6に落雪箇所での光触媒機能確認試験を示す．
フィルムのはがれ等については，フィルムが全体的に下方にずり落ちていたことや写真-7に示すように，浮きによりフィルムに気泡ができていたことから，パネル接着面のステンレス板との相性の悪さや温度差等の環境の影響が粘着剤にとって悪条件となり，経年劣化が予想よりも進んでしまっている．
以上のことから，フィルムの耐久性は限界に近い状態となっていることが予想され，ずれやはがれが進行すれば，今回同様の落雪事故が発生するリスクがより高まることが考えられる．よって，フィルムをすべて取り外し，新たな落雪防止対策を講じるなどの検討が必要である．
写真-7に、チェーン着脱所を利用した現場検証を示す．

写真-4　落雪した箇所（剥離が発生）

写真-5　アーチリブのフィルムの損傷

6. 今後の対策案の検討

横支材への新たな落雪防止対策として，6つの対策案について検討を行った．

a) 光触媒防汚フィルム

光触媒防汚フィルムは本橋の横支材及びアーチリブに施されており，光触媒の効果は前述したとおりである．しかし，現在，このフィルムを製作しているメーカーが無く，施工するのは困難である．

b) 光触媒塗装

光触媒塗装は光触媒の効果を塗料に用いた施工方法である．今のところ，施工された例はなく，フィルムによる滑雪効果については実証されているが，塗装について，その効果は未知数であり，耐候性についても同様である．

c) ふっ素塗装

ふっ素の撥水効果により滑雪させる工法である．北海道や新潟県，岐阜県の橋梁に用いられており，施工実績が多い．しかし，滑雪の効果は年が経つ毎に激減してし

写真-6　落雪箇所での光触媒機能確認試験

写真-7　チェーン着脱所を利用した現場検証

まい，3年程度で塗り替えが必要となる．

d)ステンレス板

北海道の橋梁に用いており，金属表面のなめらかさにより滑雪させる工法である．汚れの付着等により滑雪効果が低下するため，一定のサイクルで洗浄や研磨が必要である．

e)ヒーター

本橋のアーチリブ上方に用いている電気式ヒーターを用いて融雪する工法である．北海道や新潟県の橋梁でも施工実績がある．本橋の実績により，融雪効果の確実性が高く，現在まで，ヒーターの制御に関するトラブルは報告されていない．

f)散水

水を用いて着雪を防ぎ，融雪する工法である．現在までに施工された実績はなく，電気式ヒーターに比べると，確実性には劣ると考えられるが，未知数である．また，散水融雪設備が必要となるため，設備及びそれを取り付ける施工規模が大きくなることと考えられる．

落雪防止装置としての効果の確実性及び施工性を考慮し，横支材への新たな落雪防止対策としてヒーターを設置することとした．

7. 横支材へのヒーターの設置

アーチリブを繋ぐ横支材への光触媒防汚フィルムに変わる落雪防止対策として，アーチリブの上方に設置している電気式のヒーターを横支材にも施工することを検討した．大屋川橋架設工事でのヒーターの施工業者に横支材パネルへのヒーターの取付に関する依頼し，その内容について，打合せを行った．施工の手順は以下のとおりである．

①横支材の屋根型パネルを取り外し，本橋路面下のチェーン脱着場に保管．

②チェーン脱着場で取り外したパネルにヒーターを取付．

③制御盤から横支材に通線．

④チェーン脱着場に保管された屋根型パネルを横支材に取付．

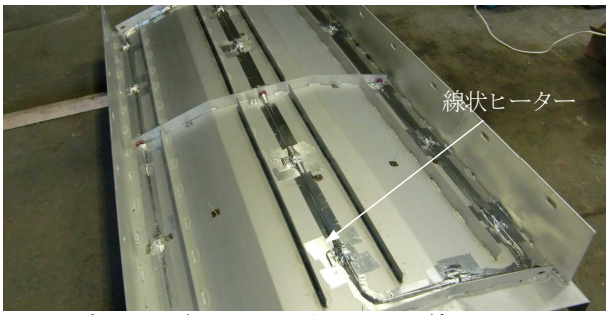

写真-8 パネルに設置されている線状ヒーター

①については，横支材が計5本，1横支材当たりに7枚のパネルがあるため，合計で35枚を取り外す．取り外したパネルは本橋路面下の養父ＩＣのチェーン脱着場に保管する．③については，アーチリブの電線の予備管を用いるため，横支材に近接するアーチリブの雨樋型パネルを取り外し，通線を行う．また，ヒーターを追加するため，制御盤の改造も必要である．

④についても，①の取り外しと同様に，横支材にヒーターを設置した屋根型パネルを取り付ける．

施工手順より，②を除く作業において，全面通行規制が必要である．そのため，年に1度行うリフレッシュ工事期間を利用し，通行規制区間を養父ＩＣから八鹿氷ノ山ＩＣの区間とする10日間の終日全面通行規制が必要である．

写真-8にパネルに設置している線状ヒーターを，表-3にヒーター設置にかかる概算費用をそれぞれ示す．

北近畿豊岡自動車道は今年度に八鹿～日高間の延伸・開通を予定しており，交通量の増加が予測される．降雪時期に今回発生したような落雪事故を起こさないための対策を講じる必要があるが，9月～10月に予定しているリフレッシュ工事期間内で作業を完了しなければならないため，現在，滑雪効果のあるふっ素塗装での暫定的対応を検討している．

8. おわりに

本稿では，供用開始から４年目を迎え，落雪防止装置を施工していたが，落雪事故が発生した．これにより，光触媒防汚フィルムの耐久性が当初想定していたよりも早い段階で限界に近い状態になっていたことが明確となった．

今後の維持管理として，横支材への新たな落雪防止装置の設置について，関係機関との調整及び予算の確保を行い，横支材へのヒーターの設置と今年度の雪寒時期への対策として滑雪効果のある塗装の施工を検討し，迅速に対応を進めていく必要がある．

末尾として，本稿が，橋梁に対する落雪防止装置を検討する際の一助となれば幸いである．

表-3 ヒーター設置にかかる概算費用

設計費	1,900,000
パネル取り外し、取付費	6,800,000
ヒーター材料・設置費	12,200,00
合計（諸経費含む）	30,000,000

謝辞：本落雪防止装置の検討・実験を行う際に有意義な御助言をいただいた、株式会社駒井ハルテック，宇部エクシモ株式会社，株式会社テクノカシワの設計・工事関係者の方々に感謝の意を表します.

参考文献

1)梅田正浩：橋梁部材からの落雪対策の研究，福井県雪対策・建設技術研究所 年報地域技術第 18 号，2005.7
2)梅田正浩：橋梁部材からの落雪対策の研究(その２)，福井県雪対策・建設技術研究所 年報地域技術第 19 号，2006.8
3)森本聡：大屋川橋(ニールセンローゼ桁橋)の落雪防止対策について，平成 23 年度近畿地方整備局管内技術発表会，2011.8
4)山田優：和田山八鹿道路の大屋川橋（ニールセンローゼ桁橋）に施工した落雪防止対策の効果検証について，平成 25 年度近畿地方整備局管内技術発表会，2013.7
5) 小川久志,尾崎敬之,藤川忠弥,中本啓介,林裕也,吉岡夏樹：大屋川橋の架設と落雪防止装置の開発，橋梁と基礎，2013.4