

# 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

森本 聡<sup>1</sup>

<sup>1</sup>近畿地方整備局 豊岡河川国道事務所 和田山監督官詰所

大屋川橋は北近畿豊岡自動車道和田山八鹿道路(延長13.7km)のうち、養父ICに隣接するニールセンローゼ桁橋である。本橋のように降雪地帯に位置するアーチ橋は、左右のアーチリブを繋ぐ横支材に積もった雪が落下して走行する自動車に損傷を与える事例が見られる。

大屋川橋では当初、雪が積もりやすい横支材とアーチリブの上面に屋根型の傾斜板を取付けて大きな塊で落雪しない構造で計画されていたが、他機関により実施されている落雪対策を参考にしてより効果的な落雪構造を検討・実施した。

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

本大屋川橋は、北近畿豊岡自動車道本線に掛かる支間長124mのニールセンローゼ桁橋で、アーチライズが21mの平行弦、5本の横支材を有している。アーチの断面は、幅が1.1m、高さが1.4mで、横支材にはφ850mmの鋼管を用いている。使用鋼材は耐候性の裸仕様で、融雪材の散布を考慮して路面から高さ2m以下のアーチリブ部、および補剛桁の外面は錆び安定化処理を施している。橋梁諸元を表-1に一般図を図-1に示す。

## 2. 周辺環境

架橋位置は、スキー場が半径15km圏内にあり、近くの気象データによると、過去5年間の日降雪量の最大が51cm/日、各年度の最大日降雪量の平均が24cm/日ある近畿圏では有数の降雪地帯である。また、過去5年間の最低気温は-7.3℃、各年度の最低気温の平均が-5.4℃である。風についての気象データは無いが、冬季の架設時に鑑みると河川上に架橋されていることもあり、風速10m/sec以上の風が吹くことも度々である。

## 3. 落雪防止装置の調査

本橋のような降雪地帯に架橋された下路橋では、道路上の構造物に着雪して塊となった雪が落下し、通行中の車両を損傷する事例が起きている。この対策としては、高所作業車を用いて人力で雪落としを行う方法が行われている。しかし、交通規制が必要であることや、冠雪を確認してから作業となるので作業までに落下してしまう危険性や、作業員の安全性を考慮すると、構造物に着雪や積雪させない方法が望ましいことは言うまでもない。橋梁上に積雪した雪塊を落雪させない方法としては、

①積雪する前に雪を滑雪させる

②融雪する

③積雪を留めて落下しないようにする

が挙げられ、研究論文として報告されている<sup>1)2)</sup>。本論文によると①の滑雪方法は、滑雪板の表面をフッ素系の塗料で塗装して傾斜角を60°とすると比較的良好であるが、低い外気温度や降雪が続くと積雪すること、滑雪面の経年の劣化や汚れで滑雪効果が低減すること

表-1 橋梁諸元

項目	諸元
橋梁形式	鋼単純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
横支材	5本 鋼管(φ850)製
斜角	A1側 72° 06' 15" P1側 73° 17' 35"
総幅員	11.150m
道路線形	R=6000m
床版形式	合成床版 t=270mm
ケーブル本数	20本×2 = 40本

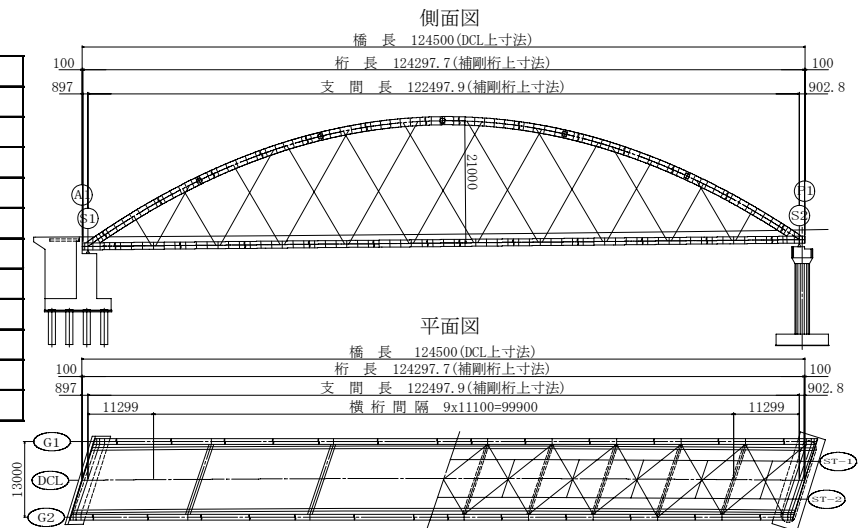


図-1 一般図

が述べられている。②の融雪方法は、融雪させる際の熱源として井戸水を用いる方法が実験されていて、融雪設備の無い自然降雪では気温が上昇する時間帯まで降雪を待たなければならないことに比べると効果的としている。③の積雪を留める方法は、鳥かごのような形状の所に雪を留める方法が実験されていて、少ない降雪では溜めた雪を気温の上昇や日射によって融かすことが出来て良好であるが、降雪量が多くなって留めることが出来る容量を超えるとより大きく冠雪して落雪する危険性があるとしている。

#### 4. 落雪防止装置検討の方向性と解決策

##### (1) 検討の方向性

先の論文より下記を解決することが課題と考えた。

①降雪工法を用いる場合は、滑雪面の経年劣化や汚れにより降雪効果が低減するのでこの解決方法

②効果的とされる融雪工法を用いたためのその熱源とコストの解決方法

次に、本橋特有の条件として本橋の路下約7mに直行する一般の道路があり、一般道から見るとアーチリブ最上部は、約30mもの高さになる。たとえ降雪させた雪塊が小さい場合でも一般道を通行する車両を損傷することも考えられるため留意することとした。

##### (2) 課題の解決策

解決策として下記を検討することとした。

①滑雪面の経年劣化や汚れによる降雪効果の低減には、NETISの登録技術(登録番号 KT-020067)でもある光触媒技術を応用したフィルムを貼ることが有用とならないか検討することとした。

②融雪の方法としては、省エネルギーを第一に考え、容易にきめ細かい制御が可能な電気式のヒーターを用いること、およびアーチ部の形状を活かしてヒーターを設置する範囲をアーチの上部付近として、上部で降雪させた雪の重みでそれよりも下の雪を降雪させることが出来ないか検討することとした。

③アーチ部の降雪については、路下の道路のことを考慮して外側に落とさないよう、アーチの上面に沿って滑らせる方法を検討することとした。具体的には、アーチに設置する降雪パネルの形状を雨樋型とすることで降雪した雪をアーチ下方に誘導することとした。横支材については、雨樋形状として降雪させた雪を下方に誘導させるとすると構造が複雑になり、その複雑な部分で別の降雪構造が必要となってしまうことから、構造の簡単な屋根型のパネルを設置することとした。

#### 5. 落雪防止装置の検討

##### (1) 光触媒防汚フィルム

本光触媒防汚フィルムは、元々道路に設置されてい

る誘導標識などの標識や電光掲示板の表面に貼付けることで汚れの付着防止を目的としてNETIS技術に登録されたものである。貼付ける表面は、標識も電光掲示板も平滑でガラスの様な表面であるのに対して、長期間の使用を目的とした土木構造物では、劣化や耐久性を考えると落雪防止パネルの材質は金属が適していると言わざるを得ず、金属表面への接着性が問題と思われた。また、フィルムは、光触媒による防汚を目的としたものであるため、耐久性と滑雪性について調査する必要があった。

##### ①接着性の確認

落雪防止パネルに使用する金属であるが、橋体と同じ耐候性鋼材は、保護性錆びで表面を覆う必要があり、フィルムを貼る表面として不適切であるので除外した。普通鋼材では、表面に塗装を施すのでフィルムの接着に対しては有利であるが、塗装の塗り替えの度にフィルムの貼り替えが生じ経済的に不利であるので除外した。塗装を施す必要のない金属材料としては、ステンレス、アルミ、チタンなどが考えられたが、経済性、加工性(曲げ、溶接)の観点からステンレスにすることとした。ステンレスは、その表面処理にいくつかの種類がある。フィルムとの接着性を考えると、鏡面のように研磨を施した表面が望ましいと思われるが、研磨したものよりも価格が安く、流通量の最も多い、No.2 Bと呼ばれる表面処理の材料が使用出来ないかフィルムとの接着性試験を行うこととした。試験の結果、貼付け面の洗浄を入念に行った後にフィルムを貼り付けることで、十分な接着性が確保できることが分かった。

##### ②耐久性

本光触媒防汚フィルムの構造図を図-2に示す。フィルム基材の表面に、中間層と光触媒酸化チタンがコーティングされた構造である。従来の光触媒をコーティングしたフィルムでは、光触媒酸化チタンが放出する活性種と呼ばれる物質が短期間(半年~3年程度)に基材を侵してしまうために耐久性に問題があった。そこでこの問題を解決するために本光触媒防汚フィルムでは、活性種をバリアするための中間層をフィルムと光触媒酸化チタンとの間に設けることと、フィルム基材を高耐候性ポリエチレンテレフタレート(PET)製とすることで、耐久性を15年程度に向上させることを可能にしたものである。

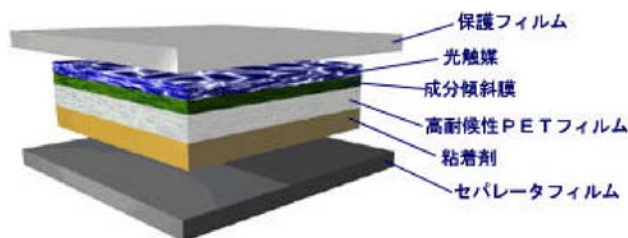


図-2 光触媒防汚フィルム 構造図

### ③滑雪性

光触媒によるセルフクリーニング効果とは、光触媒酸化チタンに紫外線が当たることで活性種が放出され、その活性種の作用で表面に付着した汚れが分解される。その後の降雨により、もう一つの効果である超親水作用により雨水が光触媒酸化チタン膜に一樣に広がり、汚れと膜の間に水が貫入、汚れを浮き上がらせて洗い流すというものである。このセルフクリーニング効果により、滑雪性能を著しく低下させる滑雪面の汚れの付着を防止出来ると考える。

次に、光触媒酸化チタン膜表面の滑雪性能については、膜表面にもある程度の滑雪性能は存在するが、汚れを雪に置き換えて考えれば、雪が少しでも溶けて水が生じれば、超親水作用によって雪と膜の間に水が貫入して滑雪をさらに促すことが期待されるものである。

### 自己制御型ヒーター

#### (2) ヒーター

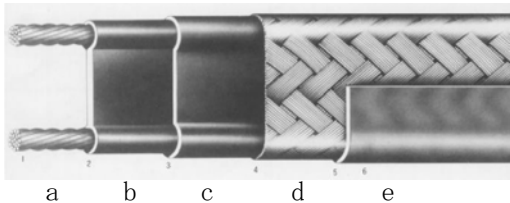
ヒーターは、パネルとヒーターを一体化して新たに製作すると製作費が高いため、パイプラインやタンクなどの保温や凍結防止で全世界に多数の実績がある線状のヒーターを、雨樋パネルの裏側に設置する後取り付けタイプにすることとした(図-3)。設置の方法は、まず、専用の金具でヒーターを固定し、その上から密着性を向上させるため専用のアルミテープをヒーター全線に貼付けて設置するものとした。

ヒーターの熱容量は、架橋位置近くの5年間の気象データより求めた最低気温(-7.3℃)と、ヒーター容量を算出する際に、基準として定められている風速4m/secを考慮して、雨樋パネルの表面温度を凍結しないとされる1℃に保つのに必要な熱量とした。また、ヒーターが発生した熱を少しでも冷まさないように雨樋パネルの裏側には、20mm厚の保温材を設置して省エネルギー対策を行った。

### 自己制御型ヒーター

この線状ヒーターには下記の優れた特長がある。

- ・ヒーター自体が周辺温度を感知して電気量を増減し、熱出力をコントロールする。



- a: 導線
- b: 自己制御性発熱抵抗体
- c: ポリオレフィン系樹脂絶縁被覆
- d: 錫メッキ銅編組(ブレード)
- e: ポリオレフィン系樹脂外層被覆

図-3 線状ヒーター 構造図

### 自己制御型ヒーター

- ・発熱量を発熱抵抗体自体が増減するように作動するので、連続使用しても、耐熱温度以上で作動することがない。

- ・ヒーター本体の構造が、2本の平行線の間が発熱体を有するという構造であるので、ヒーターの長さが変わっても単位長さ当たりの発熱量が変化しない。

ヒーターのオンオフは、自動運転時は、降雪センサを用いて行うこととし、省人力化を図ることとした。なお、この降雪センサは、雪を検出するための水分センサとその場所の外気温度、および融雪したい場所の温度の3種類のセンサを有している。現計画では、それら3種類のセンサが全てオンしてヒーターを作動させる条件としているが、今後、現場での滑雪の状況を踏まえて、作動条件の変更や温度設定の変更で調整が可能である。

### 6. 落雪防止装置の確認実験

実物と同じ落雪防止パネルを製作して現場に搬入し、実際の降雪で滑雪の確認実験を行った。

#### (1) 確認実験の概要・目的

実験に用いる落雪防止パネルは、実物と同じヒーターを取り付けた雨樋形のパネルで、大きさが幅1.1m長さ2.3mで、材質はステンレス製、滑雪面の表面には光触媒防汚フィルムを貼ったものである。実験する際のパネルの傾斜は、本橋のアーチ部の平均勾配である15°として、実際の降雪で滑雪するか確認を行った。

#### (2) 実験の結果・考察

15°という緩い傾斜ながら、ヒーターをOFFの状態でもパネルの上部の一部で滑雪が確認出来た。(写真-1)その後、ヒーターをONしたところ、約30分でパネルに積雪した雪が全て滑雪した。(写真-2、写真-3)

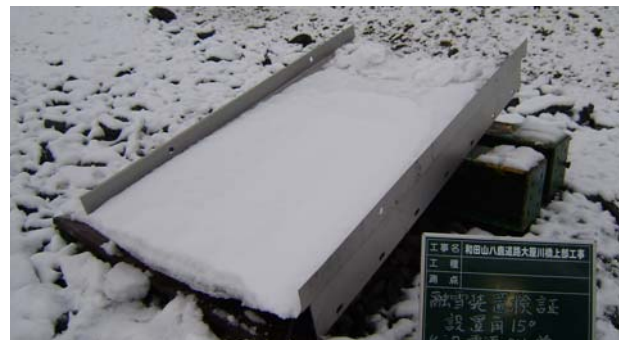


写真-1 確認実験(ヒーターOFF)

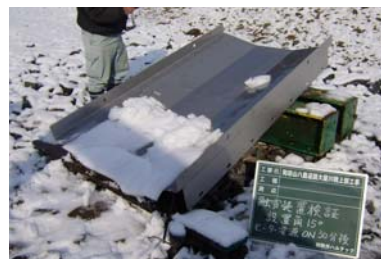


写真-2 確認実験  
(ヒーターON 20分後)



写真-3 確認実験  
(ヒーターON 32分後)



これらのことから、下記が確認出来たと考える。

- ①ヒーターを OFF 状態でも、ある程度の勾配があれば滑雪する。
- ②ヒーターを ON 後、全てが融雪する前に滑雪したことから、超親水作用による滑雪の向上が確認出来た。

### (3) 結論

実験の結果より、光触媒防汚フィルムの滑雪性とヒーターを一部区間に設置するという考えの妥当性を確認出来たと考え、計画どおりに落雪防止装置システムを構築することとした。

## 7. 落雪防止装置の製作および取付け

落雪防止パネル本体の製作状況を写真-4 に、ヒーターの取り付け状況を写真-5、写真-6 に、保温材を写真-7 に、光触媒防汚フィルムの貼付け状況を写真-8 示す。



写真-4 落雪防止パネル 製作状況(写真は裏面)



写真-5 落雪防止パネル 線状ヒーター配置(裏面)



写真-6 落雪防止パネル 線状ヒーター固定(裏面)



写真-7 落雪防止パネル 保温材(裏面)

また、現場での取り付け後を写真-9、写真-10 に示す。



写真-8 落雪防止パネル 光触媒防汚フィルム(表面)



写真-9 落雪防止パネル 取付け後(アーチ上部)



写真-10 落雪防止パネル 取付け後(全景)

## 8. おわりに

本稿では、従来からの課題に対処した落雪防止装置を紹介した。効果のほどは、残念ながら実物パネルを用いた確認実験に留まったが、有益な効果が出るものと考えている。今後、実橋における効果を検証し、後に報告したいと考える。本稿が、落雪防止装置を検討する際の助成となれば幸いである。最後に、2011年4月1日付けで兵庫国道工事事務所 明石維持出張所に異動となったことを記しておく。

**謝辞:** 本落雪防止装置の検討を行う際に有意義な御助言をいただいた、近畿地方整備局豊岡河川国道事務所の迫副所長、井上工務第二課課長、佐々木工務第二係長。その他、工事に関係したすべて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