

架線ハンガへの着雪現象の解明による輸送障害防止

金沢支社
金沢新幹線電気区
徳田 一平



金沢支社
金沢新幹線電気区
高桑 謙太



01 はじめに

2014年12月、開業前の北陸新幹線で試運転を行っていた車両のパンタグラフが損傷する事象が発生しました。

原因として、トロッコ線のレール面からの高さを均一に保つために用いる架線ハンガに付着した雪が何らかの原因でトロッコ線

02 事象発生時の気象条件について

このパンタグラフ損傷が発生した日は、沿線で激しい吹雪となっており、電化柱等への着雪が顕著な状況でした。また、ハンガの吊り下げ部(ハンガバー)には「筒雪」の状態で見られている状況が見られました(図1)。また一時的とはいえ日照があり、気温が0℃前後で推移していた状況が、近隣の気象観測点で観測されています。

ハンガへの着雪だけでは、トロッコ線を揺動するパンタグラフを損傷させるとは考えられず、融解など何らかの形で

摺面下に到達し、その箇所をパンタグラフが走行したことで発生したものと推定されたため、ハンガへの着雪現象等のメカニズムについて、風洞実験により検証を行いました。

トロッコ線摺面下に雪氷が到達し、そこをパンタグラフが通過し損傷を受けたものと推定しました。



図1：筒雪の状況

03 ハンガ筒雪生成環境の把握

まずは、ハンガのバー部分に筒雪が生成する気象条件を把握するため、国立研究開発法人防災科学技術研究所雪氷防災研究センターの新庄雪氷環境実験所にある風洞を使用させていただき、試験を実施しました。こちらの実験施設では、人工雪の作成ができ、気温や風速が変えられる風洞で様々な気象条件を再現することができます。複数年にわたり様々な気象条件を模擬して試験を繰り返すことで、おおむね

- ・降雪強度 8 cm h⁻¹以上
- ・気温 0℃～2℃
- ・風速 8 m S⁻¹以上

の気象条件において、1時間程度でハンガバーが筒雪で覆われることが判明しました(図2、図3)。

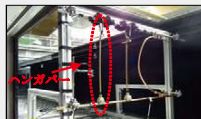


図2：風洞装置内の試験体

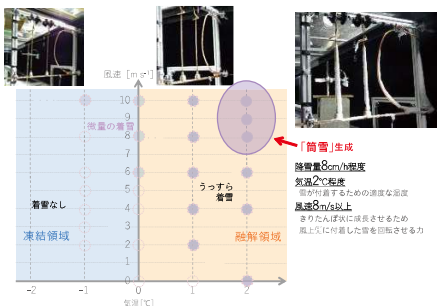


図3：再凍結現象モデルの検証結果

詳細に筒雪の生成状況を観察すると

- ①ハンガバーの風上側に雪が付着
- ②付着した雪が吹き飛ばされることなく風により風下へ回り込み
- ③さらにハンガバーの風上側に雪が付着
- ④風上側に付着した雪が風下側に回り込みという過程の繰返しで筒雪が生成されていくことが判明しました(図4)。

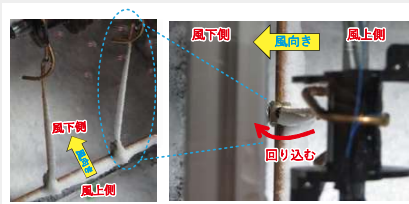


図4：筒雪の発生過程

筒雪が生成される条件である2℃前後の気温では、ハンガバーと付着した雪の界面では水分が多く存在し、風下へ回り込みやすい状態となっています(図5)。また、風上側から風下側へ付着した雪を回り込ませるために、ある程度の強さの風も必要となります。

このことから、例えば気温が氷点下の状況ではハンガバーと雪の界面には水分が介在しないため、いくら雪が降っても雪の回り込みは発生せず、筒雪が形成されないということもわかりました。

04 トロッコ線摺面下へ雪氷が到達するメカニズムの解明

ハンガバーに筒雪が生成したのち、雪氷がトロッコ線摺面下に到達するメカニズムについて、前項と同じく新庄雪氷環境実験所にある風洞を使用して、環境条件を変えながら調査を行いました。

1時間程度かけて、ハンガバー周りに筒雪が生成された状況で降雪と風を止め、気温2～5℃で放置すると、筒雪は表面から融解が始まりどんどん小さくなり、2.5時間程度で消滅してしまいました。また、消滅に至る前に気温を氷点下にするると、筒雪が融解した水分がトロッコ線摺面に凍結しましたが、パンタグラフの走行に支障しない程度のごく小さな氷ができる状況でした。ただし、筒雪が生成される気象条件が継続すると、ハンガバーに付着した筒雪がどんどん大きくなり、2～3時間程度でトロッコ線摺面付近まで到達することがわかりました。

また、生成されたハンガバーの筒雪に、昼間の日射を模擬したハロゲンランプの光を照射したところ、筒雪の融解は、

表面よりも、ハンガバーとの界面から顕著に進行し、融解した水分と筒雪の雪氷が混合した状態でトロッコ線摺面付近に垂下することがわかりました(図5)。

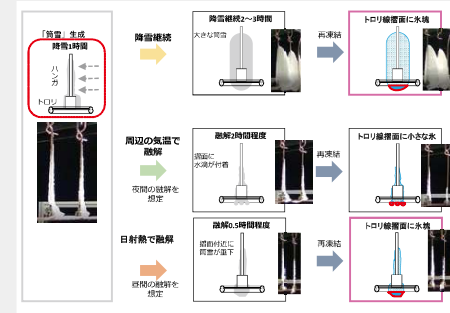


図5：雪氷の状態変化

05 実験結果の活用

北陸新幹線においては、列車運行のない夜間にハンガ筒雪が発生すると、始発列車のパンタグラフを損傷するおそれがあることから、架線に着氷雪が想定される場合、上越妙高・富山間、富山・金沢間に区分して、始発列車の前に低速の「雪払い列車」を走行させ、トロッコ線摺面付近の雪氷を除去しています。

「雪払い列車」を設定する条件として、開業直後は、夜間に一定量以上の積雪が見込まれる場合に「雪払い列車」を設定していましたが、現在は実験結果で得られた筒雪生成のメカニズムを踏まえ、気象予報会社からの降雪量、気温、風速の予測情報をもとにして「雪払い列車」の運行必要性を判断しています。

また、冬期においては実況の気象データをリアルタイムに確認し筒雪発生危険度を算出し、一定以上の点数と

なった場合、沿線カメラなどで現地の状況を確認し、万一「雪払い列車」の設定がない日に筒雪が生成されている場合には初列車徐行の手配をとることにしています。

実況気象データにより筒雪発生アラームが出た際に、沿線カメラで設備を確認したところ、実際の設備においても、年に数回着雪が確認されています(図6)。



図6：自然界での筒雪事例

06 おわりに

架線への着氷雪現象を把握できたことで、営業列車のパンタグラフ損傷をあらかじめ防止することができるようになりました。

さらに予報精度を高めていくこととあわせ、実験で得ら

れた知見をもとに、ハンガバーに筒雪が発生しない設備への改良などを検討し、冬期の北陸新幹線の輸送安定度向上に貢献していきたいと考えています。