

新幹線着落雪対策の開発

○ [機] 堀川 重成 [機] 我妻 徹 [機] 藤野 謙司 (東日本旅客鉄道株式会社)

Development of Countermeasures Against Snow Accretion and Dropping Off of the Shinkansen Vehicle

○ Shigenari Horikawa, Toru Azuma, Kenji Fujino (East Japan Railway Company)

Countermeasures against snow were tested by using FASTECH360 Shinkansen high-speed test trains to secure safety in snow and prevent damage caused by snow dropping off from the car body, aiming to speed up the Shinkansen vehicle. In terms of the measures against snow accretion and dropping, we have confirmed that snow melting heaters are effective for the bogie end covers to which much snow adheres. We have also confirmed that snow could be melted by air conditioner exhaust leaded to the bogie end covers. Then, we have verified the reliability and durability of melting heaters using series E3 in commercial service. We have confirmed the snow melting effect of heaters by the running tests, and those were equipped on series E6 prototype.

キーワード：新幹線，着落雪，融雪ヒータ，空調排風，PTC ヒータ

Key Words：Shinkansen vehicle, Snow accretion and dropping, Snow melting heater, Air conditioner exhaust, PTC heater

1. はじめに

JR 東日本の新幹線車両は、降雪地帯を走行することから台車部分や車両の連結面への着雪量が多く、この雪が高速走行中に落下することが原因で、バラストの飛散や車両窓ガラスの破損などが発生している。

また新在直通車両については、在来線区間を走行するために着雪量が特に多く、これを新幹線区間に持ち込まないようにするために、盛岡駅や福島駅で人手による雪落とし作業を行っている。新幹線車両には、これまでも防雪ダミーと呼ばれる着雪対策や、コーティング剤やヒータなどによる様々な着雪対策の検討を実施してきた。

さらなる高速化に伴う安全性の確保と、落雪による被害を防止するため、新幹線高速試験電車 FASTECH360Z で走行試験による検証を行った¹⁾。また、効果の大きかった融雪ヒータに関して改良を加え、E3 系営業車および E6 系量産先行車に搭載し耐久性、信頼性の確認を実施することとした。

2. FASTECH360Zを使用した開発

2.1 事前検討

走行中の着雪防止に対策として、コーティング剤とヒータによる検証を実施した²⁾。その結果、ヒータの融雪効果が大きいことを確認できたが、信頼性、メンテナンス性の課題は残った。また当時使用したコーティング剤については、実環境下での着雪防止効果は確認できなかった。

2.2 FASTECH360Z 着雪評価試験の目的

新在直通車の台車周辺部は、在来線区間走行時に列車走行風による雪の巻き上げなどにより台車端部フサギ板に多く着雪する。また新幹線区間に乗り入れ、東北地方から南下してくるに従い、この雪が気温の上昇やトンネル区間の通過を繰り返すことにより溶けて落下しやすくなる。このため、台車周辺部の着雪対策について重点的に開発を行うこととした。そして、融雪効果や実用性を同一の実環境下で比較検討するために、新在直通試験車 FASTECH360Z を使用して着雪評価試験を実施することとした。

2.3 開発概要

事前検討で効果の確認できたヒータの開発を進めると同時に、ヒータに頼らない融雪方法についても新たに検討し開発を行うこととした。ヒータに頼らない着落対策として、付着した雪を取り除く方式（着雪除去法）として空調調和装置の排風利用等、また雪を付着させない方式（難着

雪法) については、台車端部フサギ板形状変更等の開発をおこなった (図 1 参照)。

着雪除去法・・・付着した雪を取り除く

- ・融解除去
 - 融雪ヒータ
 - 空気調和装置排風利用
 - 主電動機排風利用
 - デフロスタ温風+圧縮空気
- ・機械的除去
 - 空気圧膨張ブーツ
 - 振動発生装置

難着雪法・・・雪を付着させない

- ・形状変更
 - 台車端部フサギ板下部形状変更
 - 台車カバー形状変更

図 1 FASTECH360Z試験項目

2.4 着雪評価試験概要および結果

2006 年度から 2007 年度にかけ、秋田・盛岡間の在来線区間を走行し、車両基地や主要駅で開発品搭載箇所の着雪状況を確認した。

(1) 融雪ヒータ

融解による除去方法として、課題は残るもののヒータによる効果は確認できていた。そのため、実際に車両に搭載することを想定した電源の確保や、ヒータ配線を取付けることによるフサギ板の着脱作業性の考慮した効率的なヒータの選定や配置の検証等を目的とした。

台車端部には、事前検討で効果の確認できた 2 種類のヒータをフサギ板裏部に電気容量として $600\sim 800\text{W/m}^2$ 相当分を設置し、比較できるようにした (図 2 参照)。

また高速化の進む新幹線車両には、台車カバーが必須と考えられたため、台車端部のほかにも、台車カバー内側にもヒータを配置して融雪効果を確認することとした。

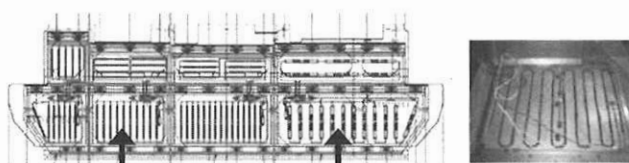
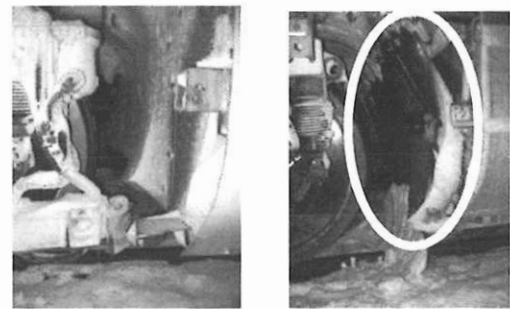


図 2 台車端部ヒータ

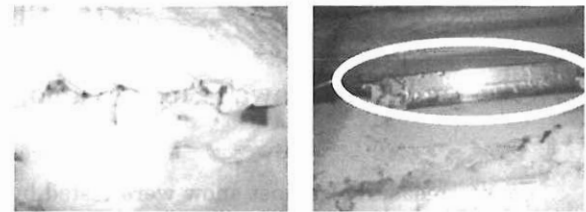
着雪評価試験の結果、台車端部フサギ板に設置したヒータについて十分な融雪効果を再確認することができた (図 3 参照)。ただし、ヒータの種類 (半導体および遠赤外線) による優位差は確認できなかった。また、ヒータ関連部品の信頼性、長期間の使用による耐久性の確認について、検討の余地が残った。

台車カバー内側に設置したヒータは、ヒータ設置箇所については、融雪効果を確認できた。ただし補強用アングルなどによりヒータを配置できない箇所は融雪できなかった (図 4 参照)。台車カバーの強度を確保しつつヒータを配置する方法や、配線の引き回し方法をさらに検討する必要がある。



ヒータなし ヒータあり

図 3 台車端部ヒータ試験結果



ヒータなし ヒータあり

図 4 台車カバー内側ヒータ試験結果

(2) 空気調和装置排熱利用

ヒータに頼らない融解除去法として、空気調和装置の排風を熱源として、融雪を行うシステムを開発した。客室内の空気は、空気調和装置の換気装置により車外に排気される。客室内はお客さまが快適に感じる温度設定となっているため、冬季間は外気温より高くなる。空気調和装置と台車端部フサギ板間にダクトを設けて排風を通し、端部フサギ板に設けた空気室に排風を吹出し、融雪をする仕組みとした (図 5 参照)。

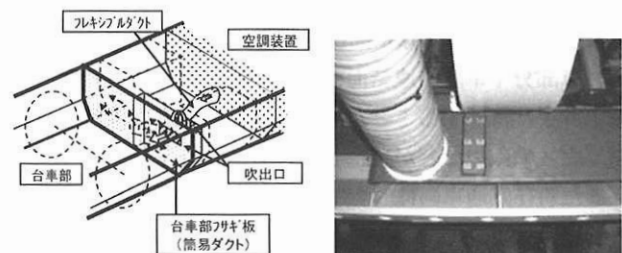


図 5 空気調和装置排風利用 (右: フサギ板裏側空気室)

着雪評価試験の結果、空気調和装置の排風による融雪効果は確認できた。ただし電源が不要でコスト面も有利である一方、機装上、空調装置などの排風を吹出す機器が端部フサギ板から離れていた場合、ダクトが長くなり融雪効果は低下した。そのため、搭載箇所は限定されることが分かった。

(3) 主電動機排熱利用

主電動機は熱を持つため、送風機により冷却を行っている。主電動機のある台車部分は形状が複雑でヒータなどの設置が困難であり、着雪量も多い。そこで、主電動機の排

風をダクトで台車部分まで通し、排風熱による着雪防止を図った (図 6 参照)。

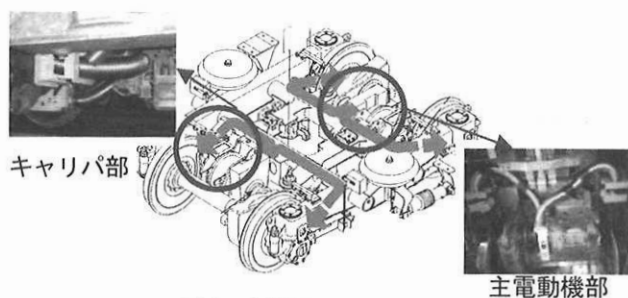


図 6 主電動機排熱利用

排風を吹き付けることにより、外気温より約 10℃程度温度が上昇し融雪効果は確認された。ただしダクトの構成が難しく、営業車両への採用は困難との結果になった。

(4) デフロスタ温風と圧縮空気

新幹線車両の先頭車両の先頭部床下には、地上からの信号を受ける車上子が搭載されている。車両は、この信号受信を妨げないように、車上子から一定範囲内には金属物を配置しないように設計されている。このため、先頭部の台車端部フサギ板にはヒータが設置できないことが想定されたため、ヒータに代わる着落雪対策として、デフロスタ温風と圧縮空気による融雪装置を開発した (図 7 参照)。温風源としてデフロスタを使用し、圧縮空気と組合せることにより融雪効果の増大を狙った。

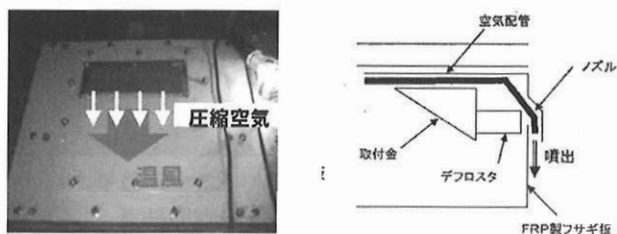


図 7 温風と圧縮空気

温風吹出しによる融雪効果は、端部フサギ板が走行時前側に位置した場合には確認されたが、後側に位置した場合は着雪があり、融雪効果があるとは認められなかった。また圧縮空気を付加しても融雪効果が増大させることはできなかった。

(5) 空気圧膨張ブーツ

機械的に力を加えることで着雪除去を行う方法として、航空機で使用されているデアイサーブーツを台車端部に設置できるように改良した (図 8 参照)。着雪状態に合わせて落雪させたい場所でブーツを膨張・収縮させ、着雪した雪を落雪させる。

試験の結果、多量に付着した雪はブーツの膨張と雪の自重により落雪させる効果が大きかったが、少量の着雪やや

わらかい雪ではブーツの動きに雪が追従してしまい、落雪せずにブーツに付着したまま残る雪が多かった。

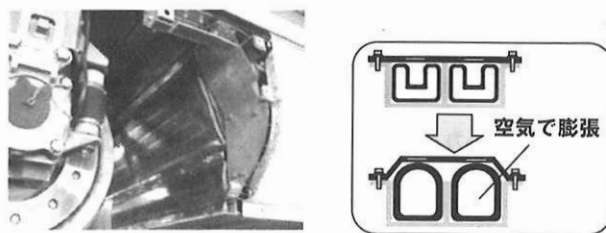


図 8 空気圧膨張ブーツ

(6) 振動発生装置

空気圧膨張ブーツの他の機械的除去方法として、フサギ板裏側に型振動発生装置を取付け、フサギ板自体を振動させることで落雪させる方法を開発した (図 9 参照)。フサギ板の振動数および振幅を変化させることができる。

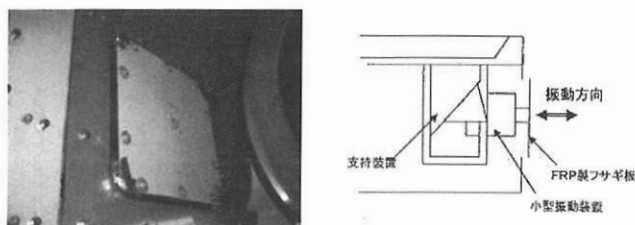


図 9 振動発生装置

試験結果として、フサギ板表面に凍り付き付着した雪を落下させる効果は確認できなかった。

(7) 端部フサギ板下部形状変更

台車端部フサギ板の下部を斜めにするにより、台車部への雪の流れ込み防止や着雪防止を狙った (図 10 参照)。試験の都合上、空気調和装置排風による試験と同箇所での設置となったため、単独での評価はできなかった。

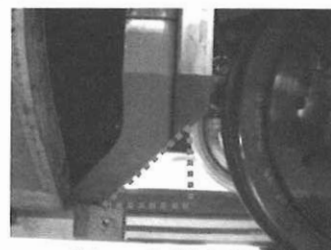
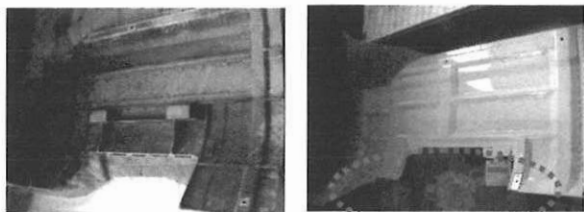


図 10 端部フサギ板下部形状変更

(8) 台車カバー形状変更

沿線騒音対策のための台車カバーは、車外から台車部への雪の侵入を防止する効果がある一方、一度巻き込んだ雪はカバー内部に着雪し、落雪させにくい面もある。騒音低減効果を維持しながら雪の抱え込みを防止するため、台車カバーを短くし (ハーフカバー化) 内部補強の形状も着雪しにくい形状とした (図 11 参照)。

着雪評価試験の結果、改良後の台車カバーも改良前と同様に内面に雪を抱え込んでしまい、ハーフカバー化や内部補強形状の変更による着雪防止効果は確認できなかった。



改良前（フルカバー） 改良後（ハーフカバー）

図 11 台車カバー形状変更

3. 融雪ヒータの開発

FASTECH360Zを使用した着雪評価試験の結果、評価の高かった台車端部融雪ヒータに関して、営業車搭載を視野に入れた開発を進めることとした。

3.1 ヒータの選定

開発当初のプロトタイプは、ステンレスを使用したヒータであった。ただし平板フサギ板のみしか適用出来ない、また温度制御にサーモスタット等の付属部品が必要でありフサギ板表面温度を均一に維持していくことが難しい等の問題点が分かった。

そのため、信頼性およびメンテナンス性を向上させることを目的に、PTCセラミックス素子を使用したヒータに変更した（図12参照）。温度により電気抵抗値が変化する自己電力制御機能を有しているため、温度制御システムが不要であり、フサギ表面温度を精度よく均一に保つことができる。また付属部品削減による信頼性向上が期待できる。

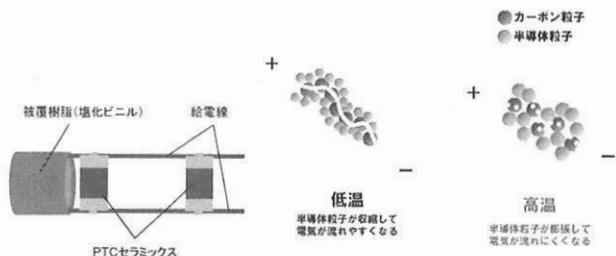
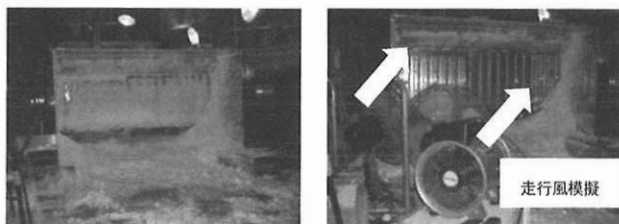


図 12 PTCヒータ

3.2 定置試験およびE3系営業車による検証

新たに採用したPTCヒータの融雪性能を確認するため、低温試験室内にて実際の端部フサギ板にヒータを設置し着雪評価を実施した（図13参照）。走行風を模擬した風を当てるなど、実環境を再現した条件下で融雪効果があることを確認した。



ヒータ稼動前

ヒータ稼動後

図 13 低温試験室での融雪性能確認

またE3系営業車に搭載し、耐久性および融雪性能の評価を実施した。E3系営業車に2シーズンに渡りヒータを搭載した結果、融雪性能および耐久性について問題ないことを確認した。

3.3 E6系量産先行車による検証

E3系営業車で確認したプロトタイプのヒータの組立構造を、E6系量産先行車に搭載する際に改良を施した（図14参照）。ケーシングにはめ込むことにより取替え作業を簡略化しメンテナンス性を向上、また断熱材との間に空気層を設ける構造とし保温性も向上させた。

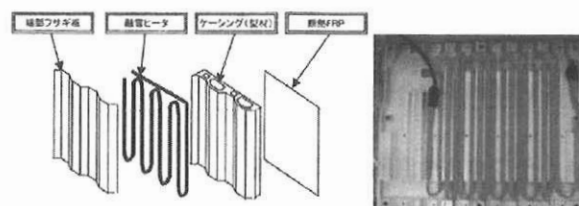


図 14 E6系量産先行車による試験結果

また走行試験による着雪評価試験を実施した（図15参照）。融雪性能が高いことが確認でき、現在も耐久性および信頼性の確認のため、継続してE6系量産先行車に搭載して検証を続けている。

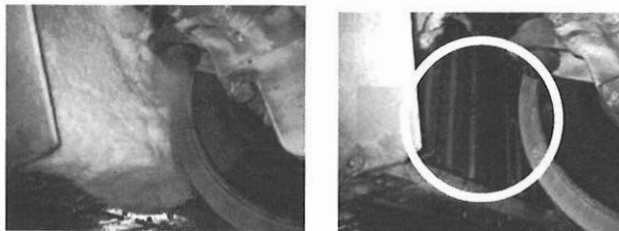


図 15 E6系量産先行車による試験結果

5. まとめ

FASTECH360Zを使用した試験により、融雪ヒータおよび空調排風利用は、着落雪対策として効果があることを確認した。ただし空調排風利用は、設置箇所が限定される。融雪ヒータは継続して開発を進め、自己電力制御機能を有するPTCヒータを採用、定置試験およびE3系営業車に搭載して融雪性能、耐久性を確認した。さらにメンテナンス性等を向上させたヒータをE6系量産先行車へ搭載し、今後も引き続き、耐久性、信頼性の確認を実施していく。

参 考 文 献

- 1) 我妻徹、堀川重成、藤野謙司、橋本克史；雪対策、JR EAST Technical Review No.31 Spring 2010 p31-34
- 2) 木村昌敏；新幹線床下着雪防止手法の開発、JR EAST R&D REPORT 2005.1 No.37 p.9-10