

雪対策



我妻 徹*



堀川 重成*



藤野 謙司*



橋本 克史*

新幹線の高速化に向けて、積雪に対する安全性の確保と、車体からの落雪による被害の防止のため、新幹線高速試験電車FASTECH360を使用した雪対策の各種試験を行った。2006年度は降雪が少なく着落雪対策の評価が十分にできなかったため、2007年度も継続して試験を行った。積雪時の走行安全性を確保するための排雪性能は、自然積雪では320km/hまでの走行に問題がないことを確認した。着落雪対策では、着雪の多い台車端部フサギ板や台車カバーには融雪ヒータが有効であること、空気調和装置の排気風による融雪が可能であることを確認した。

●キーワード：排雪試験、着落雪防止、融雪ヒータ、空調排気風

1. はじめに

JR 東日本の新幹線車両は、降積雪地域を走行している。線路上に積雪している状態では、高速走行時の安全性の確保のために、車両が排雪性能を適切に有することが求められる。

また、降積雪地域を走行するために台車周辺部や車両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。特に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、降雪量が多い場合には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、これまでも車両への着雪状態を模擬した形状の着雪ダミー¹⁾を取付けて着雪を防止する対策や、コーティング剤やヒータなどによるさまざまな着雪対策を行ってきた。

本稿では、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 FASTECH360 で走行試験による検証を行った結果について述べる。

2. 排雪性能

新幹線区間では、レール面上 9cm 以上の積雪がある場合には速度規制を行って安全を確保している。積雪量に対する規制は、現在の営業最高速度である 275km/h までの速度域までしか制定されていないことから、これ以上の高速化に対しては検証が必要となった。

2.1 排雪走行試験

排雪性能は、東北新幹線の仙台～北上間に人工積雪状

態（スノーベット）を設置し、レール面上 9cm×長さ 20m のスノーベット上を通過する時の走行安全性や車体振動、台車部分の強度測定を行うことで評価した。

2006 年 2 月に新幹線専用試験車「FASTECH360S」で、2007 年 2 月に新在直通試験車「FASTECH360Z」でそれぞれ排雪走行試験を行い、自然積雪レール面上 9cm においては 320km/h まで問題がないことを確認した（図 1）。



図1 排雪走行試験

3. 着落雪対策の検討

鉄道車両では、積雪のある区間を走行すると列車走行風などにより雪が巻き上げられ、台車周辺部と車両間連結部へ多く着雪する。この着雪が気温の上昇などにより落雪することが、バラスト飛散、車両の窓ガラス破損などの原因となっている。新在直通車両では、在来線区間で付着した雪を新幹線区間に持ち込まないために、新幹線区間に入る駅で人手による雪落としを行っている。

このため、台車周辺部や車両間の連結部に着雪させないことを目的として開発を行った。

4. 新幹線高速試験電車FASTECH360における開発

新幹線車両に付着した雪氷は、走行中に落下すると沿線や地上設備に損傷を与える可能性がある。その被害は、新幹線車両が高速化すると大きくなるのが想定される。そこで、2006年度から新在直通試験車「FASTECH360Z」を使用し、融雪ヒータや床下機器などの排風熱を利用した融雪、空気圧により膨張するブーツを利用した方法など、着雪対策の開発を行った。

4.1 融雪ヒータ

ヒータは、基礎検討の段階から融雪に効果があることが確認されていた^{2) 3)}。実際に車両に搭載する場合には、ヒータに使用する電源の確保や、取付けられるヒータ配線によるフサギ板の着脱作業性の検討が必要となる。このため、効率的なヒータの選定や配置の検証を新在直通試験車「FASTECH360Z」で行った。

4.1.1 台車端部フサギ板融雪ヒータ

台車周辺部は、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とともに、この雪が気温の上昇などにより落下しやすい場所でもある。また、台車部からの騒音低減のため、吸音材を取付たフサギ板を採用したことから、着雪対策として有効なヒータの選定や配置の検証を行った(図2)。

走行試験の結果、ヒータによる融雪効果は確認できたが、フサギ板表面の融雪状態に差がなかったため、ヒータの種類(半導体および遠赤外線)による優位性は確認できなかった。また、長期間の使用による耐久性の確認やコスト面での課題が残った。

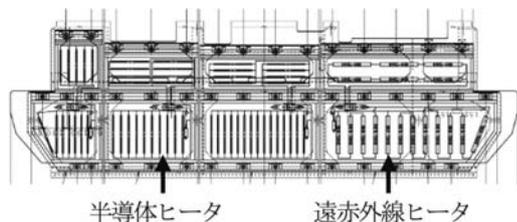


図2 台車端部フサギ板融雪ヒータ

4.1.2 台車カバー融雪ヒータ

台車カバーは、台車部からの騒音低減対策として有効であるが、レール上に積雪のある状態での走行ではカバー内に着雪し、雪を抱き込むことになる。車両を高速化するうえでも、台車カバーは必要な装備である。

そこで、台車カバーでもヒータによる融雪効果の確認を行った。カバーには補強用のアングルなどがあるため、そのアン

グルに棒状のヒータを取付けて走行試験を行ったが、ヒータ取付部の局所的な融雪効果は確認できたが、ヒータの周辺部までは融雪できなかった(図3)。

以上のように、ヒータ取付部の融雪効果は確認できたが、台車カバーの強度確保と効果的なヒータ配置を両立させるという課題が残った。



図3 台車カバー融雪ヒータ

4.1.3 側引戸の融雪ヒータ

現行の新幹線車両では、お客さまが乗降車する側引戸が凍結することにより開扉できず、運行に障害が発生することがある。新在直通試験車「FASTECH360Z」では、側引戸周辺の構体にヒータを設置して融雪効果の検証を行った(図4)が、融雪に適した温度にヒータを制御することが困難であることがわかった。



図4 側引戸のヒータ取付位置

4.2 排風および温風による融雪

融雪ヒータの効果は走行試験でも確認されたが、電源の確保やメンテナンス作業性、コスト面の課題があることから、ヒータに頼らない融雪方法についても開発を行った。

4.2.1 空気調和装置の排風による融雪

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。この排風を熱源として、融雪を行うシステムを開発した。

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すことで着雪防止を行った(図5)。空気調和装置の排風による融雪効果は確認できたが、本方式は電源が不要でコスト面も有利である一方、空調装置などの排風を吹出す機器が端部フサギ板の直近にあり、適切な長さのダクトが構成できるスペースがあるといった設置条件があり、適用箇所は限定される。

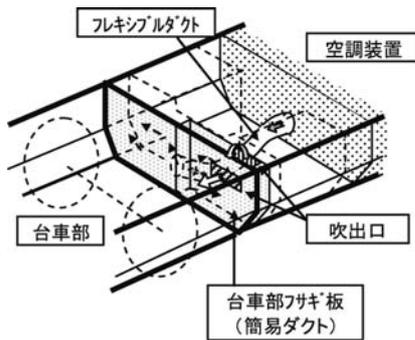


図5 空調装置の排風利用

4.2.2 主電動機の排風による融雪

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、主電動機の排風を台車内で着雪量が多い部分までダクトで導き、排風熱による着雪防止を行った (図6)。

排風による融雪効果は確認されたが、ダクトの構成が難しく、営業車両への採用は困難であるとの結論を得た。

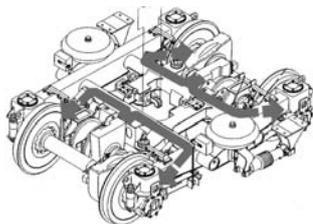


図6 主電動機の排風利用

4.2.3 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るため、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吹出しによる融雪効果を検証した (図7)。

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。温風吹出しによる融雪効果は、端部フサギ板が走行時前方に位置した場合には確認されたが、後方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。

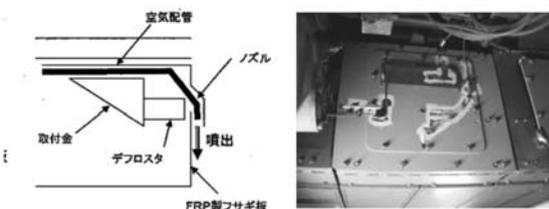


図7 温風と圧縮空気による融雪

4.2.4 空気調和装置の室内温風による側引戸凍結対策

側引戸周辺の構体にヒータを設置する開発は前述したが、ヒータから発する熱の多くは車体構体に逃げてしまうため、ヒータに代わる側引戸凍結対策を開発した。

側引戸戸袋内部に空気調和装置の温風を導き、戸袋内全体を暖めることで凍結防止を狙った (図8)。しかし、試験時はすべての側引戸で凍結が発生しなかったため、空調装置温風の戸袋部吹出しによる差は認められなかった。しかし、側引戸戸袋部の温度上昇は確認できなかったため、効果は少ないと考えられる。

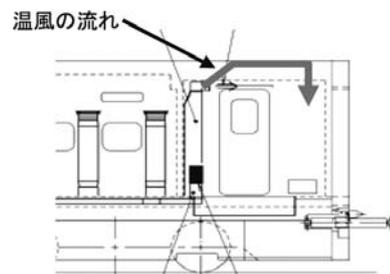


図8 空気調和装置の温風利用

4.3 振動による着落雪対策

これまで記述したヒータや排風の熱を利用した着落雪対策のほかに、融雪や融氷ではなく、フサギ板に着雪した雪を振動により落とす手法を開発し、検証を行った。

4.3.1 空気圧膨張ブーツ

端部フサギ板に空気圧で膨張するブーツを設置し、このブーツを膨張・収縮させ、着雪した雪を落雪させる方法を開発した (図9)。

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9 空気圧膨張ブーツ

4.3.2 振動発生装置

前述のデフロスタ温風と圧縮空気による先頭部台車端部フサギ板の着落雪対策のほかに、フサギ板裏側に小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10）。フサギ板の振動周波数を変化させて試験を行ったが、フサギ板に付着した雪を落下させることはできなかった。

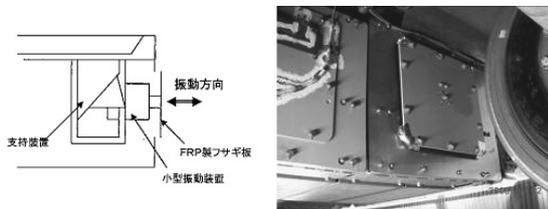


図10 振動発生装置を取付けたフサギ板（右側）

5. 着雪防止形状

空気力学をもとに、雪を巻き込みにくい台車周りの形状を数値流体シミュレーションで検討し、この結果から台車カバーと床下ダミーを併用して取付けることで、台車周りへの雪の侵入を防止できる見込みを得た。実車両により数値シミュレーションの検証を行ったが、風向はシミュレーション結果と現車で一致するものの、フサギ板部の圧力変化の一致は確認できなかった。今後、シミュレーションの精度向上を図る必要がある。

次に、新在直通試験車「FASTECH360Z」では、台車部の着雪対策として、風の流れに着目した着雪しにくい形状を開発し、その検証を行った。

5.1 台車カバー

高速走行時に台車部から発生する騒音を抑えるため、新在直通試験車「FASTECH360Z」にも車体側面の台車部を覆うフルカバーを取り付けている。フルカバーは車両側面方向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、雪を抱え込んでしまう面もある。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、内部補強の形状も着雪しにくい形状としたハーフカバーを取付けて、走行試験で検証を行った（図11）。

ハーフカバーも、フルカバー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。

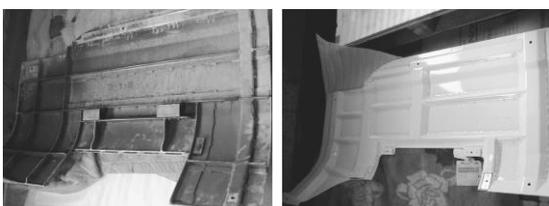


図11 台車カバーの形状変更（左：フルカバー 右：ハーフカバー）

5.2 台車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12）。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12 台車端部フサギ板の形状変更

6. まとめ

融雪ヒータや空調排風利用は、着雪対策として効果があることがわかった。しかし、空調排風利用は、設置箇所が限定されてしまう課題が、また融雪ヒータは、耐久性の確認とともに、ヒータ配線が必要となるためにフサギ板の取付け、取外し作業の容易化が課題として残る。この課題を解決するため、現在営業車両のE3系を使用して融雪ヒータの現車搭載試験を実施している。

台車の着雪対策も重要であり、台車周辺部の雰囲気温度を排熱の活用などにより上げるなどの対策が有効と思われるが、ダクト構成などに課題があり、今後も継続的に開発を進める必要がある。

参考文献

- 1) 白石 仁史、岡本 文明、耐雪性能向上対策
JR EAST R&D REPORT 2003.12 No.24 p.18-20
- 2) 岡本 文明、新幹線床下着雪防止手法の開発
JR EAST R&D REPORT 2003.6 No.18 p.7-9
- 3) 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