

集電系音の抑制



栗田 健* 原 正明* 堀内 雅彦*

新幹線騒音低減のためには寄与の大きい集電系音を抑制することが必須となる。集電系音低減のために、E2系1000番代に搭載しているPS207形パンタグラフの改良型である「くの字」主枠型パンタグラフと、さらに中間ヒンジをなくした「一本」主枠型パンタグラフの2種類のパンタグラフの開発を行い、風洞試験によりその低減効果を確認した。またパンタグラフ遮音板の回折減衰効果向上と1編成1パンタグラフ走行によりさらに低減を図った。特に1パンタグラフ走行に必要な架線への追従性能向上のために多分割すり板を開発した。

●キーワード：新幹線、騒音、パンタグラフ、パンタグラフ遮音板、集電系音、空力音響

1 はじめに

新幹線走行時の騒音源は、図1に示すようにその発生源別に集電系音(架線・パンタグラフ系から発生する音)、先頭部空力音、車両上部音(車間部等の空力音など)、車両下部音(転動音、台車周りの空力音など)、構造物音(高架橋等からの振動放射音)に大別できるが、集電系音は其中でも寄与の大きいものの一つである。



図1 新幹線の騒音源

集電系音にはパンタグラフの空力音、離線によるスパーク音、架線とすり板間の摺動音が含まれるが、離線が少なければ、そのほとんどがパンタグラフ(碍子を含む)の空力音であると考えてよい。そこでE2系1000番代に搭載しているPS207形パンタグラフ(以下、PS207)(図2)の音源を明らかにし、その改良型である「くの字」主枠型パンタグラフと、さらに中間ヒンジをなくした「一本」



図2 PS207形パンタグラフ

主枠型パンタグラフの2種類のパンタグラフの開発を行い、風洞試験によりその低減効果を確認した。さらにパンタグラフ遮音板の回折減衰効果を向上させることによりパンタグラフ周りの騒音低減を図った。また搭載している2つのパンタグラフのうち1つを折りたたみ、パンタグラフ遮音板で測定点から見通せないようにすることによる騒音低減効果をねらい、1編成1パンタグラフ集電走行を行うこととし、1パンタグラフ走行でも良好な集電状態を確保するための多分割すり板についても同時に開発を行った。

2 低騒音パンタグラフの開発

2.1 PS207の音源探査

(財)鉄道総合技術研究所の大型低騒音風洞において、Xアレイマイクロホン(図3)によりPS207の音源探査を行ったところ、図4に示すとおり、音源として特に目立つのが台枠中央部であった。この部分は左右に分かれた台枠風防カバー間に位置し、台枠を構成する角パイプが前後に2本露出している。その他にもパンタグラフの主枠を支持するリンク機構等、複数の棒状の部材が配置されている箇所であり、2つに分かれた



図3 Xアレイマイクロホンによる測定

台枠風防カバー間の増速流のため強い音源となっていると考えられる。また上枠と下枠の中

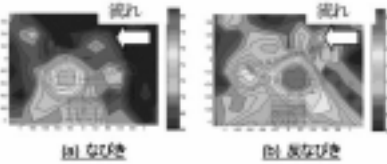


図4 音源探索結果(1kHz)

間に位置する中間ヒンジ部も大きい音源となっている。

2.2 「くの字」主枠型パンタグラフ

PS207では主ばね、ダンパー、下げシリンダー等のパンタグラフの機構部分を左右の台枠風防カバー内部に振り分けて配置している。前節で述べたようにPS207の最も大きい音源は台枠中央部であり、これらパンタグラフの機構部分を全て片側に集約し、風防カバーで覆うことにより、これまで音源となっていた台枠の角パイプを露出しないようにした。またPS207では主軸とは別に釣り合い棒の取り付けブラケットも台枠中央部に露出していた。そこで主軸と釣り合い棒ブラケットを固定する部材を同軸とし、風防カバー外に露出する部材が見かけ上1つとなるように構成した。さらに低騒音化を図るため、PS207では台枠中央部に配置しているカギ装置を風防カバー内に収め、主軸に対してカギのかかる構造とした。そのため、従来上枠部に取り付けてあったカギ用の突起も省略することができた。PS207から前述の点を考慮して開発した「くの字」主枠型パンタグラフ(PS9037)を図5に示す。

2.3 「一本」主枠型パンタグラフ

主枠を片持ち支持するのに加え、中間ヒンジから発生する騒音の対策も考慮して、中間ヒンジ以下を風防カバー内に収め、見かけ上一本の主枠のみが外に露出した形状としてさらに低騒音化を図った「一本」主枠型パンタグラフ(PS9038)を図6に示す。

中間ヒンジ以下を風防カバー内に収めるには、上枠を従来のパンタグラフよりも長くする必要はあるが、長すぎれば、舟体頂点における慣性力が大きくなり、追従特性



図5 「くの字」主枠型パンタグラフ(PS9037)



図6 「一本」主枠型パンタグラフ

が悪化する可能性があるため、必要最小限の長さとしなければならない。検討を行った結果、主枠長さを1,800mmとし、主枠と下枠の長さの比は7.2:1とした。また追従特性の観点から、主枠をCFRP製とし軽量化を図った。

2.4 風洞試験

開発したパンタグラフの騒音性能を調べるため、大型低騒音風洞において風洞試験を実施した。普通マイクロホンの配置は図7に示すとおりである。

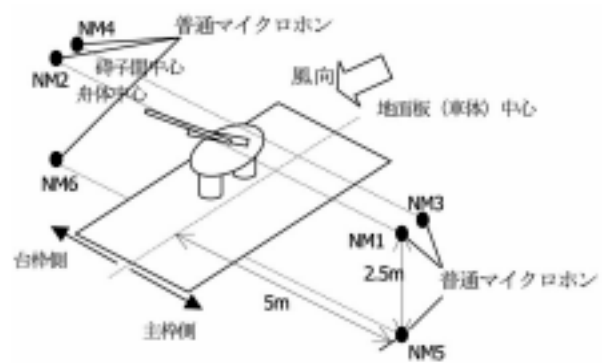


図7 測定概要図

測定結果および騒音のスペクトル比較をそれぞれ表1、図8に示す。いずれのパンタグラフについても、左右の差が見られる。これは主枠を片持ち支持したことにより、左右非対称になったことに起因するが、主枠の見える側(主枠側)の騒音レベルの方が主枠が台枠カバーに隠れる側(台枠側)よりも騒音レベルは大きい。また全体として「一

表1 騒音測定結果(PS207基準)(風速100m/s) (単位dB)

パンタグラフ		測定マイクロホン					
		NM1	NM2	NM3	NM4	NM5	NM6
PS9037	なびき	-2.2	-3.0	-2.0	-2.6	-1.1	-1.2
	反なびき	-3.1	-2.5	-2.7	-1.8	-1.3	-1.2
PS9038	なびき	-1.7	-4.7	-2.3	-4.7	-1.4	-2.4
	反なびき	-4.4	-3.7	-3.4	-2.3	-2.1	-1.6

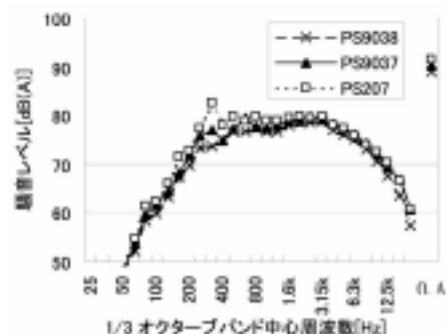


図8 周波数分析結果比較(測定マイクロホン:NM6)

本]主枠型パンタグラフの方が「くの字」主枠型パンタグラフよりも低騒音である。実際の新幹線騒音の地上測定点に対応するマイクロホンNM6の結果で比較すれば、PS207に比べ、「くの字」主枠型パンタグラフは12dB、一本主枠型パンタグラフは2.4dBの騒音低減効果があることがわかった。

3 パンタグラフ遮音板の開発

前章の低騒音パンタグラフの開発は音源対策に相当するが、さらに集電系音の伝播対策として、平板タイプのパンタグラフ遮音板(以下、遮音板)を追加設置することが有効であることをすでに確認しており、遮音板断面形状の最適化により、さらなる集電系騒音の低減が期待できる。そこで遮音板の断面形状変更による遮音効果を音響シミュレーションにより検討し、また遮音板の取り付け長さとも遮音効果の関係を1/5模型音響実験により測定した。

3.1 断面形状最適化

断面形状の検討にあたっては、車両限界およびパンタグラフからの絶縁離隔を考慮する必要があるため、高さや幅の大きな拡大はできない。そこで、その制約の中で回折効果が高いと考えられる断面形状を提案し、パンタグラフ音源を点音源として、2次元音響シミュレーションによる遮音効果の検討を行った。図9に検討した断面形状の一部、図10に解析範囲と評価点、図11にシミュレーション結果を示す。

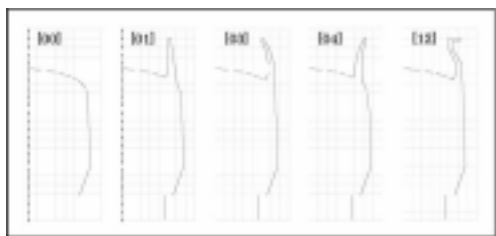


図9 断面形状案

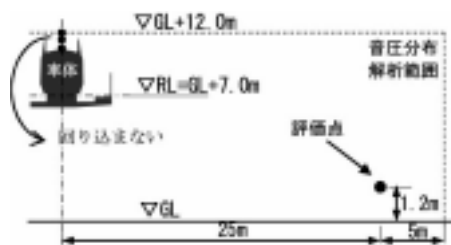


図10 解析範囲と評価点

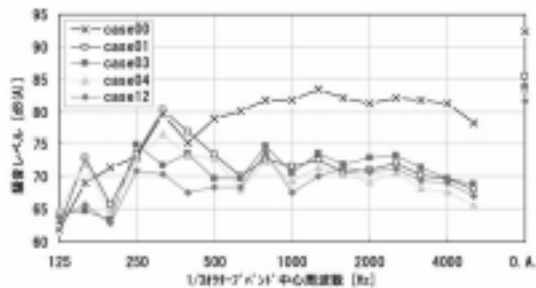


図11 評価点における周波数分布

遮音板の断面形状によらず、すべての断面形状において遮音板無しの場合[00]に対して500Hz以上の周波数域で大きく低減しているが、従来の平板タイプ(case[01])では左右遮音板間の定在波と考えられる影響によって315kHz付近で十分な遮音性能が得られていない。遮音板が内側や外側に湾曲したcase[03]やcase[04]では遮音板間の定在波による影響が小さくなり、遮音性能が向上した。左右遮音板間での定在波を考慮しつつ、高く外側に回折点が位置する形状としてcase[12]を解析した結果、case[03]、case[04]を超える効果が得られ、4dB程度の低減効果となった。高速試験車の遮音板はこの断面をベースに設計している。

3.2 取り付け長さの検討

模型音響実験の測定点を図12、騒音レベル測定結果を図13に示す。パンタグラフの正面に位置するP1点においては、改良型(3m)の騒音レベルが他の長さの遮音板に対して高い。これは遮音板前後の端部から回折した音による影響と考えられ、3mの長さでは不十分であるといえる。また改良型(3m)ではP4点で騒音レベルが高くなってい

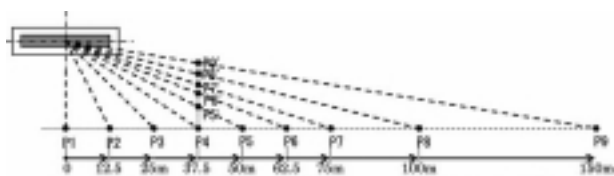


図12 軌道中心から25m離れにおける測定点配置

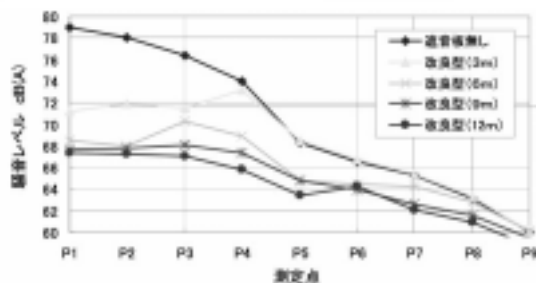


図13 遮音板の取り付け長さの違いによる騒音測定結果

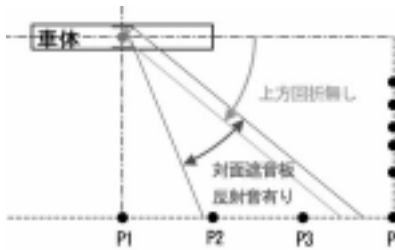


図14 改良型(3m)の平面音線図



図15 PS207のすり板体構造



図16 多分割すり板の構造

る。これは図12に示すように、直接音が到達する範囲と奥に位置する遮音板に反射した音が到達する範囲が重なる点がP3点とP4点の間にあり、この影響によって騒音レベルが上昇したと考えられる。改良型(6m)の場合、重なる位置がP6~P7となるため、レベルの上昇は改良型(3m)に比べ僅かであるが、その影響が確認できる。

以上の結果から、6mまでの遮音板では前後端部の回折や奥の遮音板による反射の影響があるものの、10m程度までは長さを増すことによる遮音性能の向上が期待できる。最終的に高速試験車では、同一車両内にぎ装可能な長さとしてパンタグラフ舟体中心から車端までの長さの2倍にすることとし、新幹線専用車では7m、新在直通車では5mの遮音板を搭載している。

4 多分割すり板の開発

1編成1パンタグラフ走行するためには、架線への追従性能の大幅な向上が必要であり、そのための多分割すり板の開発を行った。

PS207のすり板体(すり板がチタン合金製板ばね上に配置されている)(図15)は両端をピンで支持され、中央部はストロークするが、端部はストロークしない。また中央部においても、ばねのストローク $\pm 5\text{mm}$ を確保しているが、ばね定数が大きい実用上のストロークは小さいと考えられる。

そこで、可動すり板構造であることに変わりはないが、ストロークの確保および最も架線への追従性能向上に効果のある可動質量低減を実現できる構造として図16に示す多分割すり板を開発した。また構造の詳細は図17に示すとおりである。PS207では4分割していた主すり板を、10分割とし、すり板とすり板の間にばねを配置した。ガラス繊維入り強化シリコンゴムの上にすり板、下側に銅板と

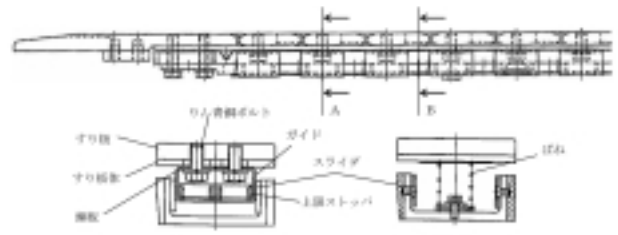


図17 多分割すり板の構造詳細

ガイドがあり、これらはいん青銅のボルトで締結されてすり板体を構成している。これによりすり板が柔軟に結合され、架線との接触点付近のすり板のみが動くため可動質量が小さくなり、追従性能を向上させることができた。

この多分割すり板をPS207の枠組みと組み合わせ、2003年3月~5月に実施したE2系1000番代の360km/h走行試験に供したところ、平均離線率2%前後と非常に良好な集電性能を示し、1パンタグラフ高速集電走行に目処をつけることができた。

5 おわりに

2005年6月から走行試験を開始したE954形式新幹線高速試験電車には、ここで述べた集電系音抑制のための開発成果をすべて盛り込んでいる。今後の走行試験の中で、これらの集電系音の抑制効果を評価していくことになるが、これまでところパンタグラフ遮音板後流の剥離渦によるものと考えられる空力音が大きい等の新たな課題も出てきており、さらなる改善を行っている。

参考文献

- 1) 原 正明, 栗田 健, 堀内雅彦, 佐藤仁志, 四釜敏男; 低騒音パンタグラフの開発(空力騒音の低減), 日本機学会会第14回交通・物流部門大会講演論文集, No.05-52, pp.103~104, 2005.12
- 2) 若林雄介, 栗田 健, 堀内雅彦, 藤本卓也, 藤田啓晴; シミュレーション及び模型実験によるパンタグラフ遮音板形状の検討, 第11回鉄道技術連合シンポジウム(J-RAIL2004)講演論文集, pp.331~332, 2004.12