

車体下部音の吸音対策



井門 敦志* 栗田 健* 堀内 雅彦*

高速試験車両の騒音低減のためには、低騒音パンタグラフの開発等により集電系音が低減したことにより、相対的に寄与が大きくなっている車体下部騒音の低減対策も重要である。これまでの研究開発では、模型実験¹⁾およびE2系新幹線電車での現車試験により、車体下部に取り付けた吸音パネルによる騒音低減効果を確認した。高速試験車両においては更なる騒音低減が必要であるので、吸音性能の向上を目指して開発した複数の吸音材について、実物大模型音響実験により吸音性能を評価し、高速試験車両に搭載する吸音材を選定した。また、吸音面積の拡大を高速試験車両の設計に反映させるために、吸音面積増加と騒音低減効果との関係を明らかにした。高速試験車両の設計を進める過程で、高速試験車両に搭載しうる強度を持った側スカート、床下フサギ板（吸音パネル）を設計、製作し、実物大模型音響実験により吸音性能を評価した。

●キーワード：騒音低減、車体下部騒音、吸音材、実物大模型音響実験

1 はじめに

高速試験車両の騒音低減のためには、車体下部騒音の更なる低減が求められている。吸音による車体下部音の低減効果を高めるためには、吸音パネルの吸音性能を向上させることおよび吸音面積を拡大することが必要となる。そこで、実物大模型音響実験により、開発した複数の吸音材の吸音性能を評価するとともに吸音面積拡大による吸音性能評価を行った。高速試験車両の設計を進める過程で、車両に搭載しうる強度を持った側スカート等（吸音パネル）を製作し、騒音低減効果を評価した。

車体下部騒音には、車輪およびレールから発生する転動音や台車空気音等の車体下部空気音がある。音響実験においては、これらの音源をスピーカにより模擬する。音源が車輪位置にある場合を「車輪位置音源」、音源がレール位置

2 実物大模型音響実験

2.1 実験装置

車体表面に取り付けた吸音材の効果を評価するためには、沿線騒音の低減に寄与する効果を定量的に把握することが重要となる。そのために、車体の模型と防音壁を持つ実物大模型音響実験装置を開発し、吸音性能の評価実験を行う。実物大模型音響実験装置の概略図、音源、測定位置を図1に示す。実験装置は、台車部1ヶ所分を含む新幹線の実物大車両模型のカットモデル（長さ6m）とコンクリート製の長さ5mの防音壁で構成されている。図1中の吸音壁および地面の吸音材は、隣接する建物および地面からの反射音を抑制するために設置したものである。

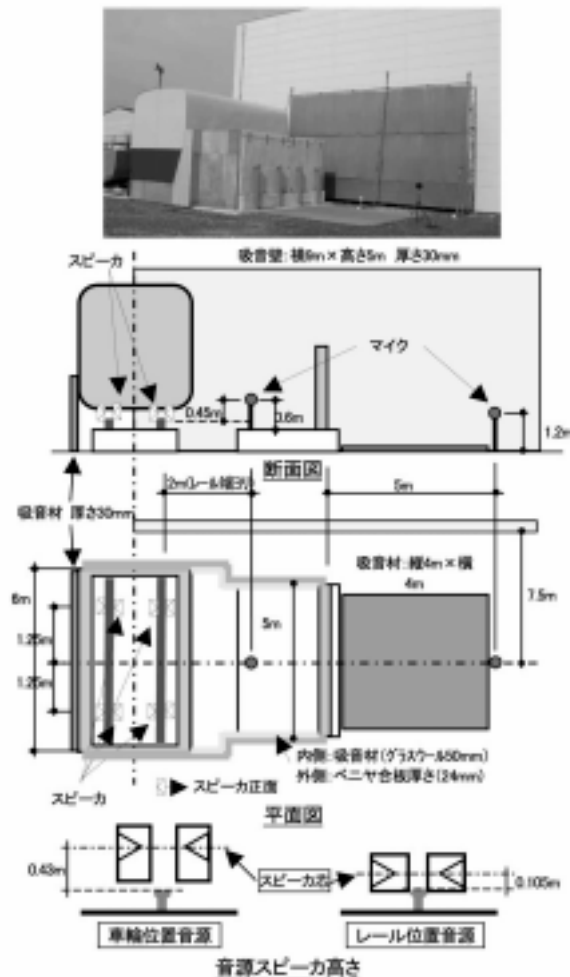


図1 実物大模型音響実験装置

にある場合を「レール位置音源」とする。車輪位置音源を模擬するために、台車の車輪位置4ヶ所(1ヶ所当たりスピーカ2台を背中合わせ)にスピーカを設置した。一方、レール位置音源については図1に示すように、車輪位置音源と同様に台車の車輪位置4ヶ所に設置した。

防音壁内のマイクは、現車測定時のレール近傍音測定位置に設置した。防音壁外の測定点は、新幹線騒音の評価点である25m位置は取れないので、防音壁から5m離れた位置で高さ1.2mとした。車両模型下部に設置されたスピーカ群から、ピンクノイズ信号を出力し、防音壁内および外のマイクで騒音測定を行った。

2.2 吸音材取付け位置

図2に車体下部への吸音材の取り付け範囲について示す。吸音材の取り付け部位は、台車部内側、床下フサギ板、側スカート、構体下部側面である。構体下部については、駅ホーム高さ(レールレベルより1300mm)までの取り付けとした。吸音面積比を考える場合の全面積とは、この高さ

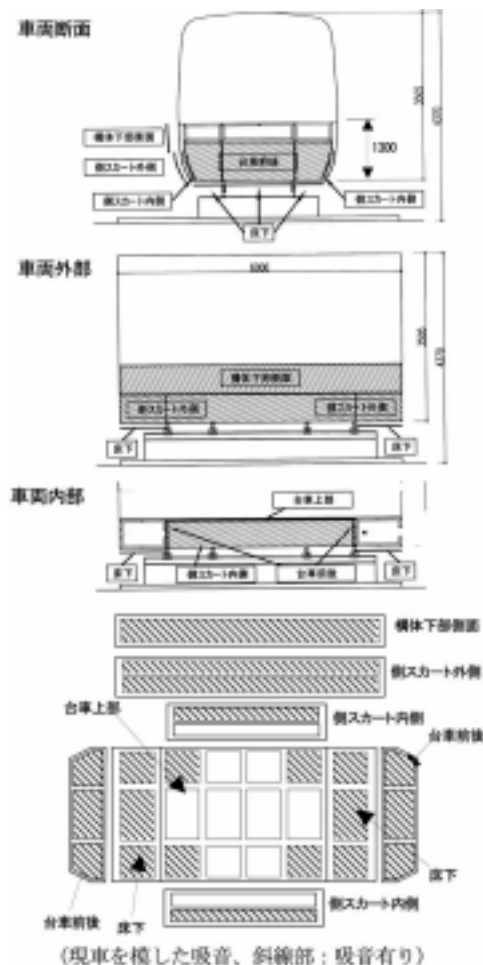


図2 吸音材取り付け範囲

までの車体表面の面積である。車両への吸音材の取り付けは、吸音材を組み込んだ床下フサギ板、側スカート等(吸音パネル)を取り付けることにより行う。本実験装置において、吸音材がない状態とは、吸音パネル表面をベニヤ板またはアルミ板で覆った状態である。吸音パネルの縁には吸音材を取り付けることができないので、全ての吸音パネルを取り付けた場合でも、その吸音面積比は約76%である。マイクと反対側の側スカート外側および構体下部側面については、吸音性能には影響しないと考えられるので吸音材を取り付けていない。

2.3 現車データによる補正方法

実物大模型音響実験では、車体下部音にピンクノイズを用いており、実験結果を評価するためには、実際の新幹線の測定データを用いて補正を行う必要がある。図1に示す防音壁内側の測定点の実験生データを、レール近傍測定点(実物大模型実験と同じ位置)の現車データ(E2系-1000番代高速走行試験時、速度360km/h、A特性音圧レベル)で補正した。計算方法を以下に示す。

$$L_{cI} = L_I + \Delta L = L_I + (L_{RI} - L_{Iwo})$$

$$L_{cO} = L_O + \Delta L = L_O + (L_{RO} - L_{Owo})$$

$$\Delta L = L_{RI} - L_{Iwo}$$

$$\Delta L: \text{現車データによる補正値}$$

L_{RI} : 近傍点の現車データ[dB(A)]

L_I : 防音壁内音圧レベル生データ

L_O : 防音壁外音圧レベル生データ

L_{cI} : 補正後の防音壁内音圧レベル

L_{cO} : 補正後の防音壁外音圧レベル

添え字 I: 防音壁内 O: 防音壁外 R: 現車データ

c: 補正済みデータ wo: 吸音無し

3 吸音材の選定

実物大模型音響実験装置を用いて、以下に示す3種類の吸音材の吸音性能を評価した。

Type1: アルミ繊維吸音材 + 共鳴構造 50mm厚

Type2: 穴あき板 + (多孔質材料 + ハニカム) 35mm厚

Type3: アルミ繊維吸音材 + 背後空気層 50mm厚

騒音低減効果が大きく現れるように、構体下部側面を除く車体下部全領域にパネルを取り付けた状態での騒音低減効果の比較を行った。図1に示す防音壁内、外の測定点において騒音を測定した。

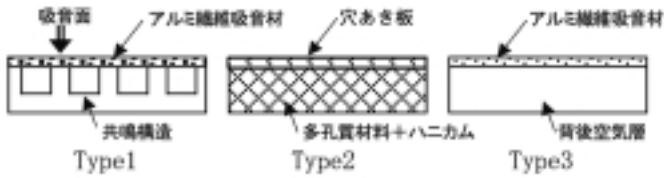
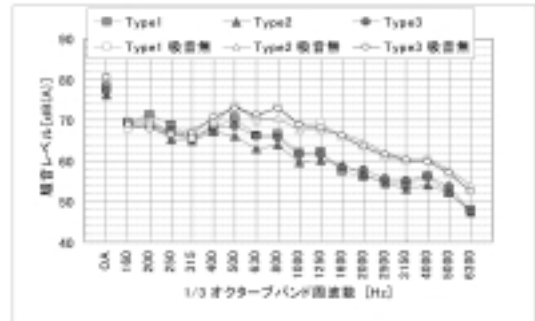
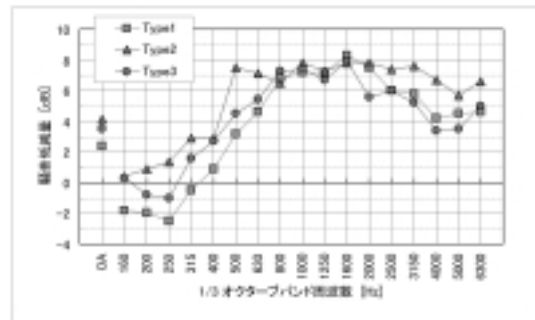


図3 吸音材構造

防音壁外の測定結果を、音源別に図4、図5に示す。レール位置音源では、全ての周波数において、Type2の騒音低減効果が大きく、O.A.値で、Type1、Type3よりも、1.3dB、0.7dB騒音低減効果が大きくなる。車輪位置音源においても、一部の周波数(800Hz、1.6kHz)を除き、Type2の騒音低減効果が大きく、O.A.値で、Type1、Type3よりも、1.8dB、0.7dB騒音低減効果が大きくなる。したがって、吸音材としては、Type2(穴あき板+(多孔質材料+ハニカム))を選定した。以下の実験においては、Type2の吸音パネル(初期型吸音パネル)を用いている。



(a) 1/3オクターブバンドレベル

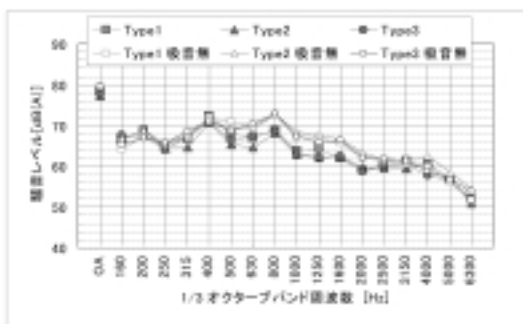


(b) 各周波数での騒音低減量

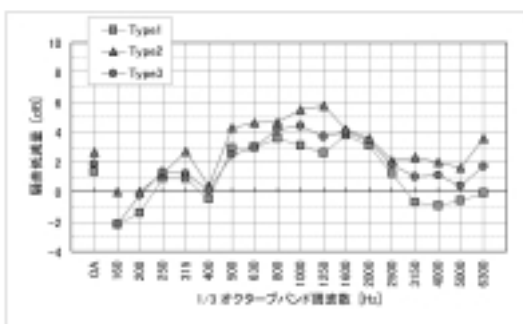
図5 吸音性能比較：防音壁外(車輪位置音源)

4 構体下部側面の吸音材の吸音効果

車体構体下部に吸音パネルを取り付ける場合には、車体構体の大きな変更が必要となる。そこで、車体構体下部吸音パネルの吸音性能を、実物大模型音響実験で評価した。現車データにより補正した防音壁外の結果を、図6に示す。

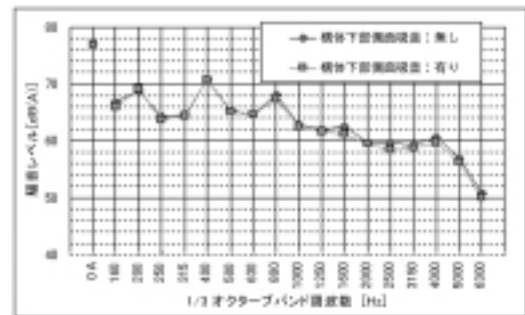


(a) 1/3オクターブバンドレベル

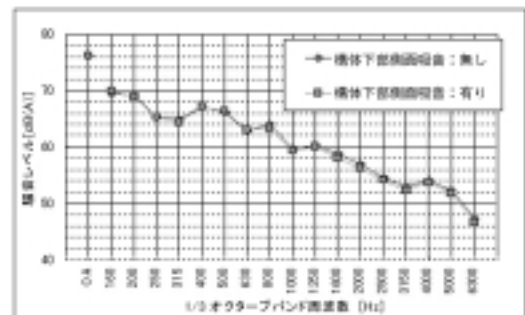


(b) 各周波数での騒音低減量

図4 吸音性能比較：防音壁外(レール位置音源)



(a) レール位置音源



(b) 車輪位置音源

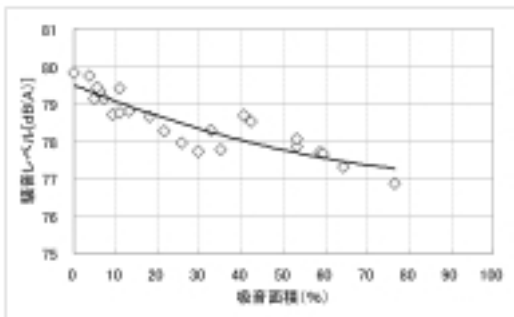
図6 構体下部側面の吸音効果：防音壁外

構体下部側面に吸音パネルを取り付けることにより、僅かではあるが全周波数にわたり音圧レベルが減少する。O.A.値では0.1~0.3dB程度の騒音低減効果が見られ、構体下部側面にまで吸音パネルの取り付け範囲を拡大することにより、さらに防音壁外の騒音が低減されることが確認できた。

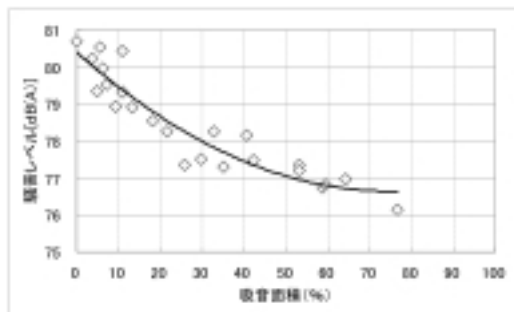
5 吸音面積と吸音性能

吸音面積と防音壁外の騒音低減効果の定量的関係を明らかにするため、吸音パネルの取り付け面積を変更した場合の吸音性能を評価した。

吸音面積を変化させた場合の防音壁外のO.A.値の分布を図7に示す。レール位置音源、車輪位置音源ともに面積が大きくなるほど音圧レベルが下がって吸音効果が得られることがわかる。吸音面積比が50%程度までは、吸音面積の拡大により効果的な騒音低減効果が得られることがわかった。



(a) レール位置音源



(b) 車輪位置音源

図7 吸音面積と吸音性能の関係：防音壁外

6 高速試験車両用吸音パネルの吸音性能

高速試験車両の設計を進める過程で、実物大模型音響実験より選択された吸音材を用いて、高速試験車両への搭載が可能となるように、十分な強度を備えた試験車用の吸音パネルを設計、製作した。その構造を図8に示す。吸音パネルの厚さは、取り付け部位により、35mm、50mmの2種類となる。試験車用の吸音パネルでは、パネル表面の強度を確保するために、表面にパンチングメタル+アルミハニカム+パンチングメタルのサンドイッチ構造を採用した。

実物大模型音響実験により、初期型吸音パネルおよび試験車用吸音パネルの吸音性能を比較した。現実の車両にお

いては、台車や床下機器の騒音低減の関係で吸音パネルを取り付けられない部分があるため、

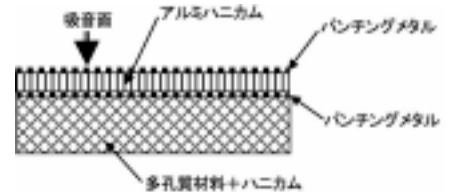


図8 試験車用吸音パネルの構造

現車の状況を模擬した取り付け方法(図2参照、吸音面積51%)で実験を行った。

測定の結果、試験車用吸音パネルの騒音低減量の悪化量は、O.A.値で、0.5dB(レール位置音源)、0.7dB(車輪位置音源)であり、初期型吸音パネルに近い吸音性能を確保することができた。

7 結論

実物大模型音響実験により、車体下部吸音による吸音性能評価を行った結果以下のことがわかった。

- (1) 3種類の吸音材からType2(穴あき板+(多孔質材料+ハニカム))の吸音材を選定した。
- (2) 構体下部側面にまで吸音パネルの取り付け範囲を広げることにより、防音壁外の騒音が0.1~0.3dB程度低減した。
- (3) 吸音面積と吸音性能の関係を調べた結果、吸音面積が50%程度までは、吸音面積の拡大により効果的な騒音低減効果が得られることがわかった。
- (4) 初期型吸音パネルの吸音性能をほぼ維持し、車両搭載可能な吸音パネルを開発することができた。

8 今後の課題

今後は、高速試験車両の走行試験において吸音パネルによる騒音低減効果を評価するとともに、営業車への搭載を目指し、価格や重量等を含め、総合的に優れた吸音パネルの開発を進める予定である。

参考文献

- 1) 村田香、佐藤寿一、佐々木浩一；新幹線の集電系および車体下部音の低減対策, JR EAST Technical Review, No1 Autumn 2002, 113-121, 2002