

# 論文 新幹線実物大模型を用いた効果的な防音壁吸音板の開発と検証

明見 正雄<sup>1</sup>・栗林 健一<sup>1</sup>・斎藤 岳季<sup>1</sup>  
萩原 徹<sup>2</sup>・森岡 則雄<sup>2</sup>・日向 準<sup>2</sup>

<sup>1</sup>正会員 東日本旅客鉄道株式会社 研究開発センター フロンティアサービス研究所  
(〒331-8513 埼玉県さいたま市北区日進町 2-479) E-mail: myouken@jreast.co.jp

<sup>2</sup>積水樹脂株式会社 交通景観事業部  
(〒105-0022 東京都港区海岸 1-11-1) E-mail: hagiharat@sekisuijushi.co.jp

新幹線の高速化を検討するに当たり、騒音対策は重要な課題の一つである。さらなる高速化に対応するには、より騒音低減効果の高い騒音対策が必要となっている。騒音対策工の性能評価は、現地に試験体を取付け騒音計測を行う現地試験が考えられる。しかし、現地試験は、気象や車両の走行状態の影響で統一的な条件で対策効果を求めることが難しい。また、仮設工事や測定機器設置など大規模な試験となり条件ケースが制限される。これらを克服するため、騒音対策工の評価用の実物大模型を構築した。

今回、新幹線高架橋を対象とし、新たな吸音板を試作し実物大模型試験により騒音低減効果を検証した。また、開発した吸音板と先端改良型防音壁との組み合わせの最適化を行った。

**Key Words:** High-speed railway, Noise, Mock-up, Sound absorption panel

## 1. はじめに

新幹線の高速化を検討するに当たり、騒音対策は重要な課題の一つである。地上設備による騒音対策として、一般的には防音壁の設置が行われてきた。防音性能を向上させるためには、騒音発生源と受音点の回折距離を多くとることや車両上部からの空力音を遮蔽するため、防音壁のかさ上げが有効である<sup>1)</sup>。防音壁の嵩上げには高架橋の補強が必要となるケースや、車両からの眺めの悪化などのサービスの低下といった問題がある。防音壁のかさ上げ以外の方法では、防音壁の形状の変更や吸音板の設置が行われている<sup>2)</sup>。防音壁の形状では、防音壁の先端に干渉型防音壁を設置すること<sup>3)4)</sup>や逆 L 型の防音壁<sup>5)</sup>とすることで、下部音源に対して騒音低減効果が得られるとされている。また、防音壁内側に吸音板の貼り付け面積を増やすと騒音低減効果が高まるとされている<sup>6)</sup>。さらなる高速化に対応するには、より騒音低減効果

の高い吸音板の開発や吸音板と防音壁先端に取付ける先端改良型防音壁との組み合わせの最適化などとの併用により、既往の対策より効果を高めることが必要となっている。

騒音対策工の性能評価のためには、営業線に試作品を取付け列車通過時の騒音計測を行う現地試験が行われている。しかし、現地試験での測定データは、試験時の周辺の気象条件やレール・車輪の状態等の影響を受けることや膨大なコストがかかることから試験ケースを増やすことは難しい。そこで、試験の自由度も向上し、統一的な条件での騒音対策工の比較評価を行うために、実物大の高架橋防音壁と新幹線車両の模型を構築している。

今回、新幹線高架橋における騒音対策を対象とし、より吸音効果が高い新たな吸音板を試作し実物大模型試験により騒音低減効果を検証した。また、騒音対策工の一つである先端改良型防音壁と組み合わせた場合の効果を明らかにした。

## 2. 新幹線の騒音特性を踏まえた吸音材の検討

### (1) 吸音板の設置状況

現在、新幹線高架橋の一部に、騒音対策として防音壁内側に吸音板を設置している（図-1）。吸音板は、外側ケースと内部の吸音材で構成されている。吸音板の性能は、騒音を吸音材で吸音させるため、吸音材の吸音特性に大きく依存する。



図-1 吸音板設置状況

### (2) 吸音材の検討

新幹線が走行するときの沿線騒音は、列車速度や周辺環境で異なる。吸音材を検討する際の騒音特性は、一般的な高架橋区間で騒音を実測した結果をもとに設定した。高架橋を列車速度 315km/h で新幹線が走行した際の騒音測定の例を図-2 に示す。

上述の騒音特性に対して効果的な吸音性能のとするために、ポリエステル繊維（A-Type）とメラミン樹脂を用いたもの（B-Type）、ポリエステル繊維を改良したもの（C-Type）を製作した。A-Type、B-Type は、広い周波数帯で吸音効率を高めることを目的に開発を行った。A-Type ではポリエステル吸音材部の厚みを増し、B-Type は材料にメラミン樹脂を用いた。C-Type は高周波に対応するために他の吸音材より低密度のポリエステルを使用した。各試験体の材質と後述する垂直入射吸音率の測定結果の平均値(50Hz～3150Hz)も併せて表-1 に示す。各試験体の吸音材の垂直入射吸音率は図-3 に示すとおりである。測定は方法は垂直入射吸音率法（JIS A1405）に基づき測定した。比較のため、現在使われているポリエステル繊維を原料とした吸音材（従来-Type）の結果も合わせて示している。A-Type と B-Type の吸音性能は 315Hz 以下で吸音率が高い。C-Type は、従来-Type をベースに高周波域の吸音性を高めたものであり、従来-Type と似た特性であるが、1000Hz 以上の音域で吸音率が高くなっている。なお、いずれの試験体も厚さは 50mm から 100mm で、設置の際は背後空気層を確保する構造である。

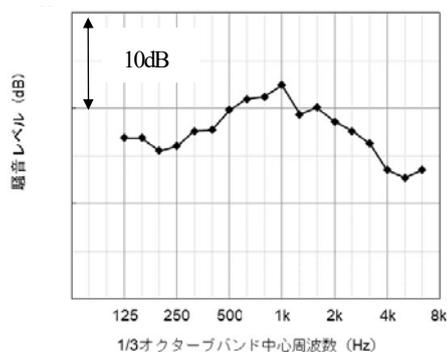


図-2 25m点における騒音測定例

表-1 各試験体の材質及び吸音率の平均

試験体名称	吸音材材質	吸音率の平均
A-Type	ポリエステル短繊維	0.71
B-Type	メラミン樹脂	0.70
C-Type	改良ポリエステル繊維	0.61
従来-Type	ポリエステル繊維	0.60

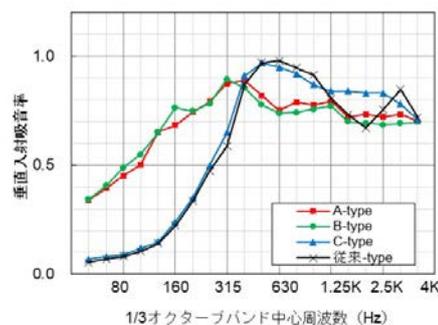


図-3 各試験体の垂直入射吸音率

## 3. 実物大模型設備

### (1) 実物大模型設備の概要

各騒音対策工の評価を行うため、各吸音板に対し音響試験用新幹線実物大模型（図-4）を用いた評価を行った。実物大模型は高架橋スラブ部より上部を実際の新幹線高架橋の寸法をもとに線路方向に 10m 再現している。防音壁部分は防音壁高さ 0m から任意の高さに設定できるよう H 鋼柱に中空コンクリート板を落としこむ構造とし、車両は E5 系新幹線車両の断面を模擬して製作した。また、端部は線路直角方向に塞込み、厚さ 50mm のポリエステル吸音材を設置した。

### (2) 試験方法

#### a) 音源設備

音源は、新幹線車両から発生する騒音を集電系音、車両上部空力音、車両下部音に分離し、模擬騒音としてスピーカーからホワイトノイズを発生させた。ホワイトノイズは 2 秒間発生させた後、2 秒間停止することを 5 分

間連続し、2回繰り返しデータを取得した。車両上部空力音、集電系音の音源は多面体スピーカーを使用し、中央部に1台設置した。車両下部音はボックス型スピーカーを使用し、車両を想定した模型の内角から1m程度離し、2台対置した。なお、スピーカー近傍に設置した受音点を参照点とし、各音源に対して1/3オクターブバンドごとの騒音レベルを新幹線騒音の各音源のパワースペクトルに補正することとした。

#### b) 受音設備

想定する高架の高さを3m、6m、9mの3水準とした。音源および受音位置を図-4に示す。受音位置は、上記の高架橋高さに対して防音壁頂部での音の回折角が等しくなる直線上に設定した。軌道中心からの離れは10mと12.5mの2点で列として、受音側に合計6箇所のマイクロフォン(精密騒音計)を設置した。以下の結果整理では、各高架橋高さに対応する2点の受音点の測定値から同じ高さの直壁(無対策)に対する騒音低減量を算術平

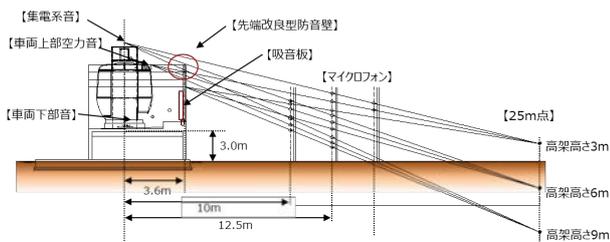


図-4 音響試験用実物大模型の状況と配置図

均した値を各試験体の低減効果量とした。なお、地面反射音の影響を低減するため地面に厚さ100mmのポリエスチレンウールを敷設した。

#### 4. 吸音板評価試験

防音壁高さは2mとし、吸音板試験体(高さ740mm、幅2960mm)を縦2段、線路方向に3列設置した。吸音板試験体の設置状況を図-5に示す。受音点位置12.5m点での車両下部模擬騒音を測定した結果を図-6に示す。なお、音場の条件などの干渉によるディップの影響により、200Hzのバンドレベルが他のバンドレベルより極端に小さな値を示したことから評価から除外した。いずれの高架橋高さにおいても、吸音板なしに比べ吸音板試験体を設置した方が騒音レベルが小さくなり、特に周波数2000Hz以上の高音域でこの傾向は顕著である。各吸音板試験体では、周波数630Hz~2000Hzの帯域におけるレベル差は小さいものの、低音域250Hz~400Hzにおいては、A-TypeとB-Typeが従来-TypeやC-Typeと比べ大きな効果となった。これは、吸音材の吸音率が広い領域で高くなっているA-TypeとB-Typeの吸音特性が寄与したものと考えられる。

新幹線が走行した場合の25m点での低減量を評価するために、車両下部音、車両上部空力音、集電系音の音源別寄与を考慮した各吸音板試験体の低減量を算出した。防音壁区間における新幹線騒音を予測する手法として、長倉ら<sup>8)</sup>は新幹線騒音源を音源要素(集電系騒音・上部空力騒音・車両下部騒音・構造物騒音)に分類し、それぞれモデル化することによって騒音を予測する手法を提案している。本検討では、直壁2mにおける列車速度315km/hでの音源別寄与(表-2)、および各試験体の低減効果から各音源に対する騒音レベルをそれぞれ求め、式-1より各音源の騒音レベルを合成し、直壁2mを基準とした低減量を求めた。そのため25m点での距離減衰を考慮している。なお、集電系音源と車両上部音源については、音源から受音点が見通せ、吸音板の有無が騒音低減量に影響しないと考えられるため、吸音板による騒音低減量を0としている。同じ高さの直壁(2m)に対する吸音対策の効果の比較を図-7に示す。図中の数字は、各試験体における高架橋高さ3m、6m、9mに対する低減量の平均値である。

$$L_e = 10 \log_{10} \left( 10^{\frac{L_{Sw}}{10}} + 10^{\frac{L_{Sb}}{10}} + 10^{\frac{L_{Sp}}{10}} \right) \quad \text{式-1}$$

$L_{Sw}$  : 車両下部音による騒音レベル[dB(A)]

$L_{Sb}$  : 車両上部音による騒音レベル[dB(A)]

$L_{Sp}$  : 集電系音による騒音レベル[dB(A)]

直壁（無対策）と比較して、B-Type, A-Type, C-Typeの順で騒音低減量が大きくその差は 0.7dB 程度であり、吸音板の改良による効果が得られる。また各試験体の低減量は従来-Type より大きい結果となった。

表-2 地上 25m 点における音源別寄与(直壁 2m) (dB)

高架橋高さ	車両下部	車両上部	集電系
3m	78.1	72.4	68.2
6m	76.7	72.1	67.9
9m	75.4	71.4	67.5



図-5 吸音板試験体の設置状況

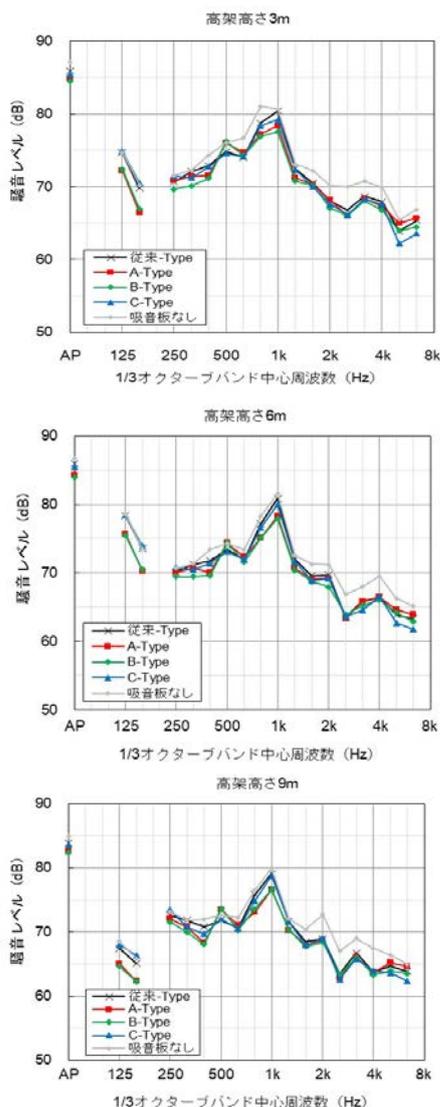


図-6 車両下部音に対する試験結果 (周波数特性)

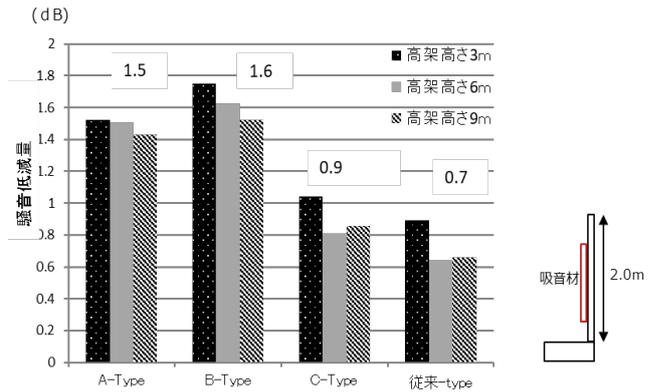


図-7 同じ高さの直壁(無対策)に対する騒音低減量

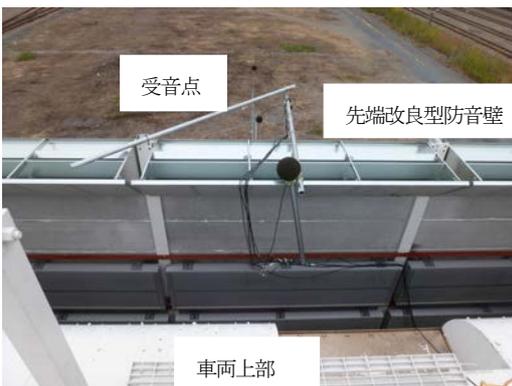
## 5. 吸音板と先端改良型防音壁組み合わせ試験

現在、新幹線高架橋において、騒音対策箇所には干渉型の防音壁先端騒音低減装置<sup>4)</sup>(以下、先端改良型防音壁)が設置されている。実構造物での設置を想定した場合、直壁防音壁箇所だけでなく先端改良型防音壁設置箇所においても吸音板の設置が考えられるため、先端改良型防音壁に吸音板が設置されているケースを対象とし、4章で騒音低減量が大きかった A-Type, B-Type と比較のため従来-Type について試験を行った。

防音壁高さは 3.5m (直壁高さ 3.0m, 先端改良型防音壁高さ 0.5m)とし、吸音板試験体は縦 2 段、線路方向に 3 列設置した。設置状況を図-8 に示す。先端改良型防音壁は、車両上部音や集電系音に対しても効果が認められるため<sup>4)</sup>、音源は車両下部音、車両上部音と集電系音で測定を行なった。受音点位置 12.5m 点、高架橋高さ 6m での各音源ごとの測定結果を図-9 に示す。集電系音では、音源と受音点が見通せるため、全帯域でほぼ騒音低減効果は見られない。車両上部音では、同じ高さの直壁(無対策)と比べて先端改良型防音壁の効果は大きい、吸音板の有無による差はほとんどなく、吸音板による騒音低減量は小さい。車両下部音は、125Hz から 2000Hz の広い周波数帯において、吸音板試験体を設置すると騒音レベルは小さくなる。また、吸音板試験体は B-Type, A-Type, 従来-Type の順で騒音低減量が大きく、これは 3 章の吸音板単体での試験結果と同じ傾向である。

新幹線が走行した場合の 25m 点での低減量を評価するために、4章と同様の方法で直壁高さ 3.5m, 列車速度 315km/h での音源別寄与(表-3), および各試験体の低減効果から各音源に対する騒音レベルをそれぞれ求め、式-1 より各音源の騒音レベルを合成し、直壁 3.5m を基準とした低減量を求めた。同じ高さの直壁 (3.5m) に対する吸音対策の効果の比較を図-10 に示す。図中の数字は、各音源の寄与を合成した騒音レベルに対する低減量

を合計した値である。先端改良型防音壁単体と吸音板を付けた場合を比較すると、車両下部音における騒音低減量が大きく、0.5dB～1dB程度低減効果がある。これは、車体と直壁の間で生じる多重反射音に対し、吸音板が吸音したためと考えられる。すなわち、車体下部音に対しては、吸音板の設置が効果的な騒音対策であることを示唆している。また吸音板の違いによる差は0.5dB程度であり、吸音板を改良することで効果がある。車両上部音と集電系音に対しては、吸音板の設置による騒音低減効果はほぼない。



先端改良型防音壁模式図  
側面図

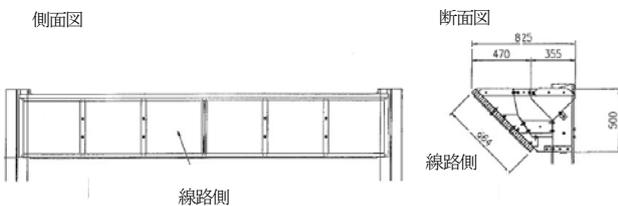


図-8 吸音板試験体・先端改良防音壁の設置状況

表-3 地上25m点における音源別寄与L=3.5m (dB)

高架橋高さ	車両下部	車両上部	集電系
6m	73.0	63.4	64.3

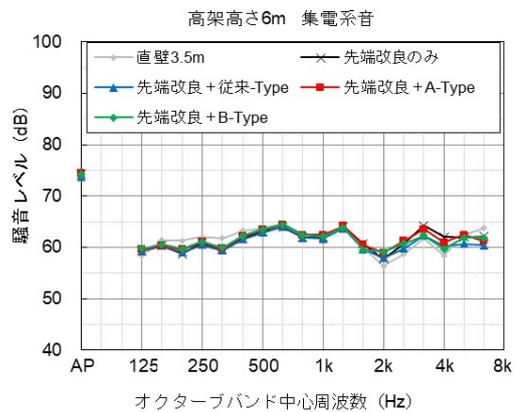
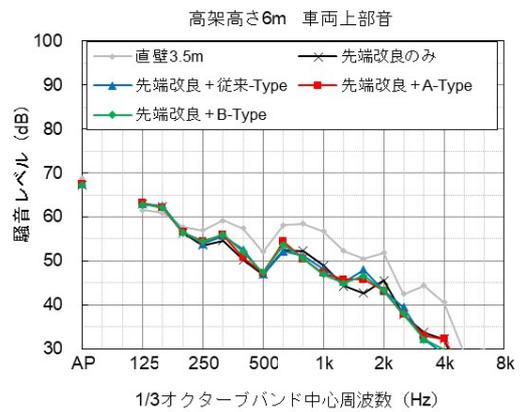
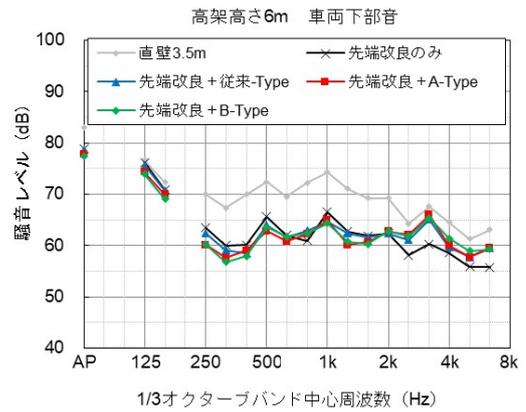


図-9 各音源に対する試験結果 (周波数特性)

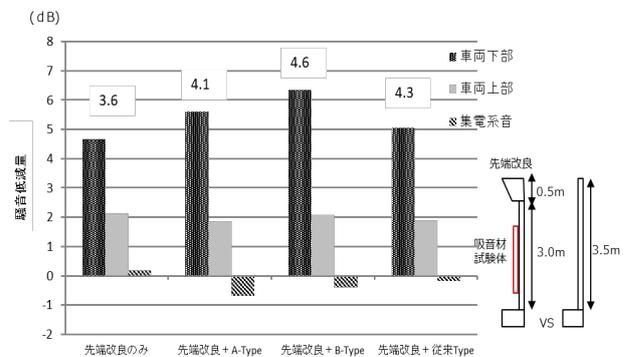


図-10 同じ高さの直壁(無対策)に対する騒音低減量

## 6. まとめ

新幹線高架橋における騒音対策を対象とし、より吸音効果が高い新たな吸音板を試作し、実物大模型試験により騒音低減効果を検証した。その結果、広い周波数帯で吸音効率を高めることを目的に開発した **B-Type** が効果が高かった。また、実物大模型試験により、先端改良型防音壁と吸音板試験体を組み合わせた場合の吸音板による騒音低減効果を明らかにした。結論は下記のとおりである。

- ・防音壁に吸音板を設置することで、騒音が低減し、その程度は、吸音材の周波数 400Hz 以下の低域で垂直入射吸音率が高い試験体が騒音低減量が大きかった。
- ・先端改良型防音壁に吸音板を設置した場合、車両下部音に対して騒音低減効果があり、その傾向は吸音板単体での試験結果の傾向と概ね一致する。

実物大模型試験の結果はともに吸音板の特性と良い対応関係にあり、比較的精度よく計測できていると考える。今後、実際の走行状態を考慮した騒音低減量などの調査研究が必要である。

**謝辞**：本研究では、公益財団法人 鉄道総合技術研究所 環境工学研究部「モックアップを用いた騒音試験に関する技術指導」(2014 年度指定課題)により試験条件等の有益な助言をいただいた。また、測定の際には JR 東日本 コンサルタント石川氏、小林理学研究所廣江氏に、試験体の製作ではビーエステクノ小幡氏、佐藤氏にご協力や助言をいただいた。この場をかりて御礼申し上げます。

## 参考文献

- 1) 前川 純一：障壁(塀)の遮音設計に関する実験的研究、日本音響学会誌 vol8, pp. 187-196, 1962
- 2) 長倉 清：鉄道騒音問題への取り組み、日本音響学会誌 66(11), pp. 571-576, 2010.11.1
- 3) 村田 香, 長倉 清, 北川 繁樹, 田中 慎一郎：Y 型形状をベースとした新幹線用防音壁の遮音効果、鉄道総研報告 20(1)pp11-16, 2006.1
- 4) 森 圭太郎, 高桑 靖匡, 野澤 伸一郎, 島 広志, 渡辺 敏幸：鉄道用新型騒音低減装置の効果検証実験、土木学会論文集 62(4), pp. 435-444, 2007.1.20
- 5) 森 圭太郎, 高桑 靖匡：高性能逆 L 型防音壁の開発、JREA VOL.47 No9 pp30317-30319, 2004
- 6) 松沼 政明, 栗林 健一, 齊藤 岳季：新幹線高架橋防音壁における内張り吸音材の張り付け面積の影響について。鉄道工学シンポジウム, 2017.7.
- 7) 松沼 政明, 栗林 健一, 齊藤 岳季：より静かな新幹線高架橋のために～音響試験用の実物大模型～, JR EAST Technical Review-No.60, pp39-42, 2017.12
- 8) 長倉 清, 善田 康雄：新幹線沿線騒音予測手法, 鉄道総研報告 14(9), pp.5-10, 2000.9.

(2018.4.6 受付)

## Full-size model of Shinkansen and sound proofing walls tested noise decreasing effect of developed noise absorbing material

Masao MYOKEN, Kenichi KURIBAYASHI, Takeki SAITO  
Tohoru HAGIWARA, Norio MORIOKA, Jyun HINATA

Considering speed increase in the future, noise prevention is a major issue for railway enterprises. The faster the high-speed train travels, the louder the passing noise becomes. In general, railway enterprises build higher sound proofing walls as a countermeasure to increased noise. However, wall height is restricted due to external load, namely wind pressure and blasting snow. Moreover, walls too tall provide bad view from the window of train for passengers.

Thus railway noise countermeasure is noise absorbing material applied to sound proofing walls on viaducts and upper shape of existing sound proofing wall.