

新たな地上設備の 開発による新幹線の 騒音低減



田原 孝*



櫻井 一樹**



森 圭太郎***



柳沼 謙一*



増田 達*

新幹線高速化に対応する地上設備による騒音対策として、既設の直立型防音壁の上部に設置する騒音低減装置を開発した。この装置は、音の回折と干渉現象を利用することで騒音低減量を向上させるものである。騒音低減装置は、まず数値解析で形状を検討し、その結果に基づき製作した実物大模型によるスピーカー実験で検証を行った。続いて、既設の直立型防音壁に騒音低減装置を取付けて、低減効果を確認した。

●キーワード：騒音低減装置、回折、干渉、防音壁、新幹線騒音

1. はじめに

新幹線の速度向上に伴い、騒音は増加するため、騒音対策が高速化に関する技術的な課題の一つとなる。地上設備による新幹線の騒音対策は、防音壁の壁高を高くする「嵩上げ」が一般的な方法である。嵩上げは、コンクリート板やポリカーボネート板を防音壁の上部に継ぎ足した構造で、1mの嵩上げは、軌道中心から25m離れた地上1.2mの点（以下、25m点）において、約2dBの騒音低減効果があるとされているが、新幹線の高速化を実現するためには、さらに大きな騒音低減効果が得られる対策が期待されている。

新幹線の騒音対策としては、防音壁の嵩上げのほかに音の干渉現象を利用した図1の騒音低減装置が一部区間の防音壁に設置されているが、この装置は、防音壁面から民家側へ800mm以上張り出すため、高架橋下に用地の余裕が無い場合、設置できない問題点があった。

道路の騒音対策としては、音を多重に回折させる効果および防音壁上部で入射音と反射音とを干渉させる効果を利用して騒音を低減する仕組み（以下、多重回折・干渉型）の防音壁が研究され、実用化されているが、新幹線騒音は道路騒音に比べると、騒音源がレール付近やパンタグラフ付近など複数あることや、車両壁面と防音壁面との狭い領域で音が多重反射するなどの特長があるため、道路用の防音壁が新幹線の騒音低減に効果を発揮するか、これまで未解明であった。

そこで、新幹線騒音に対する道路用の多重回折・干渉型防音壁の騒音低減効果を検証するとともに、新幹線沿線の直立型防音壁を対象として、嵩上げよりも大きな騒音低減効果が得ら



図1 干渉型騒音低減装置

れ、かつ、スペースの問題に拘束されない新たな騒音低減装置を開発することを目的として取組んだ。

2. 既存多重回折・干渉型防音壁の効果確認試験

まず初めに、道路用騒音低減装置としてすでに実用化されている多重回折・干渉型騒音低減装置の効果を確認するために、新幹線高架橋の直立型防音壁の上部へ図2に示す装置を取付け、新幹線騒音に対する低減効果を検証した。装置は延長200mに設置し、また、同装置との比較対象とするため、別の防音壁の側壁面200mに、新幹線の防音壁用吸音材として一般的に使用されているポリエステル系吸音材を取付けた。

多重回折・干渉型騒音低減装置を取付けた箇所、吸音材を取付けた箇所、いずれも取付けていない箇所のそれぞれにおいて、25m点の音圧レベルを聴感補正したA特性音圧レベル（以下、騒音レベル）を測定した。

測定の結果、各箇所とも列車の速度が上昇するにつれて、騒音レベルは大きくなった。しかし、多重回折・干渉型騒音低減装置を取付けた箇所は、側面吸音材を取付けた箇所よりも、速度の上昇に伴う騒音レベルの増加量が小さいことを確認できた。このことは、多重回折・干渉型騒音低減装置が側面吸音材よりも速度依存性が小さいことを示している。240km/hでの列車走行時における多重回折・干渉型騒音低減装置騒音による騒音ピーク値の低減効果量は1.5dBを記録した。¹⁾

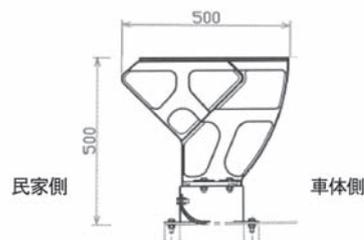


図2 多重回折・干渉型騒音低減装置

3. 防音壁上部形状の数値解析

新幹線騒音をより効果的に低減するため、防音壁の上部形状を変えて、図3に示す簡略化したモデルで2次元境界要素法に基づいて数値解析を行った。騒音低減装置の大きさは、車窓からの景色が阻害されにくい高さおよび、防音壁脇の通路

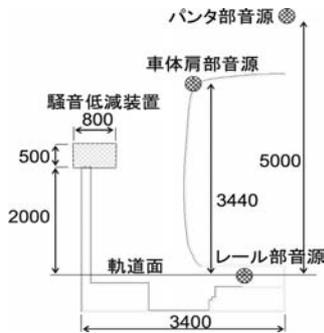
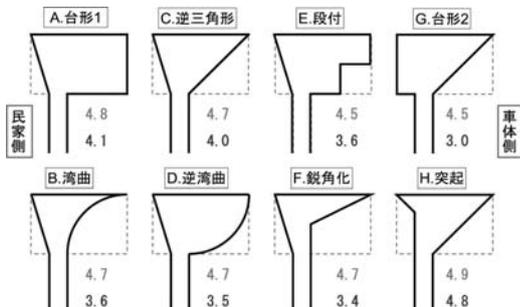


図3 簡略化した数値モデル

の歩行に支障のない幅を考慮し、最大で高さ500mm、幅800mmとした。さまざまな上部形状に対する騒音低減効果量を比較する点として、代表評価点を設定した。代表評価点の位置は、標準的な高さの高架橋を想定して、軌道中心から25m離れた軌道面から-8m（地上から1.2m）の点とした。

数値解析では、新幹線の高速走行試験で騒音測定した地点における騒音レベルのピーク値の周波数特性と、図3のモデル内で同じ測定地点において計算された周波数特性とが一致するようにした。解析は、5Hz刻みにした周波数ごとで計算し、オクターブバンドごとに足し合わせて、オーバーオール値で評価した。



※図中の数字は直壁対比、軌道中心から25m離れたR.L-8m点での効果量(dB)
上段が車体肩部音源、下段がレール部音源

図4 輪郭形状例と効果量

防音壁の上部形状としては、図4の8つの輪郭形状について数値解析を行った結果、以下のことが確認できた。

- (1) 車体側形状の異なるA～Fを比較すると、車体側形状はレール部音源に対して鉛直形状Aと傾斜形状Cが効果的で、ほぼ同程度の効果量である。
- (2) 民家側形状の異なるC・G・Hを比較すると、民家側形状は先端の小さな突起形状Hが効果的である。

以上から、騒音低減に有利である輪郭形状は、民家側は先端に小さな突起がついた形状H、車体側は鉛直形状Aもしくは傾斜形状Cであると推測した。また、車体側は、防音壁脇の通路を歩行するときの圧迫感を考慮して、傾斜形状

Cがよりよい形状と考えた。

続いて、上部形状の内部空間の形状を検討した。民家側突起形状について数値解析を行ったところ、Y字の先端が折れた五角形形状が最も効果があることを確認した。

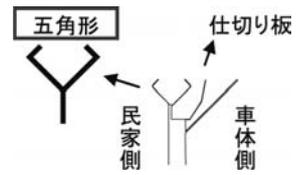


図5 数値解析による最適形状

次に車体側突起形状について数値解析を行った結果、民家側の五角形形状の突起と車体側の傾斜板との間に仕切り板を有する図5に示す形状が最も効果があることを確認した。²⁾

4. 実物大模型実験による騒音低減効果の検証

数値解析の結果から得られた最適形状の実物大の騒音低減装置を試作した(図6)。高さ約500mm、幅約800mm、長さ5m、材質は厚さ1.6mmの亜鉛メッキ銅板である。

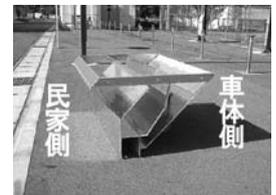


図6 試作した騒音低減装置

実物大車両・防音壁模型を使用して、この騒音低減装置の実物大模型実験(以下、実物大実験)を行った。この装置の車体側の傾斜板面には吸音材(厚さ40mm、密度70kg/m³のポリエステル系)が取り付けられるような工夫を施した。実物大実験を行った主なケースを図7に、実験の状況写真と測定点配置を図8に示す。

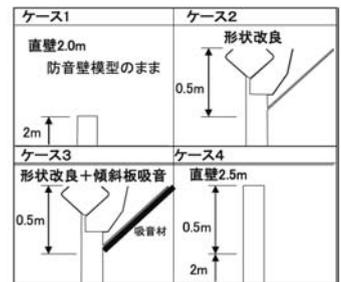


図7 実物大模型実験実施例

音源は、パンタ部音源、車体肩部音源、レール部音源の3つを設定し、車両模型の各位置にスピーカーを設置した。測定点は、図8に示す範囲内の格子交点に計30点を設け

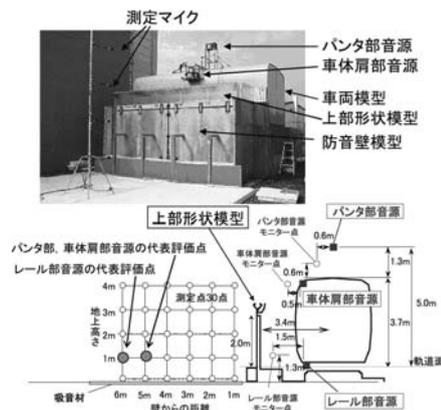


図8 実物大模型実験の状況写真と配置図

た。いづれかのスピーカーからピンクノイズを発生した時の騒音レベルを各測定点で

表1 音源別騒音低減効果量 (dB)

音源位置	ケース2	ケース3	ケース4
パンタ部	-0.5	-0.6	-0.2
車両肩部	5.0	5.2	4.8
レール部	6.0	6.7	1.5

200Hz～4kHz帯域を対象として測定した。

また、図8の測定配置図内に示すとおり、各音源別に代表評価点を設定した。この評価点は、短距離の範囲における音の周波数特性の変化は小さいと考え、25m点の周波数特性と最も類似する周波数特性を持つ1点を測定点30点の中から図3の解析モデルにより選定した。

表1は、代表評価点における図7の各ケースのケース1に対する低減量を音源別に示したもので、正値がケース1より低減効果があることを示す。この結果から、次のことが確認できた。

- (1) レール部音源に対しては、騒音低減装置は、嵩上げ(ケース4)よりも低減効果が大きく、ケース3の騒音低減量が最も大きい。
- (2) 車体肩部音源に対しては、ほぼ同じ効果である。
- (3) パンタ部音源に対しては、各ケースとも代表評価点が音源を見通せる位置にあったため、低減効果は見られなかった。

このほか、代表評価点以外の点においても騒音低減効果があること、特に、ケース2とケース3の低減量が大きいことを確認した。²⁾

5. 現地での騒音低減効果の測定

騒音低減装置の効果を確認するため、東北新幹線高架橋の既設の直立型防音壁の上部に延長200m取付け、新幹線高速試験車の走行時に騒音低減効果を測定した。測定箇所はRCラーメン高架橋区間で、下り線の25m点で騒音を測定した。比較のため、騒音低減装置の車体側傾斜板に吸音材を付けた状態、吸音材を付けない状態、騒音低減装置自体を付けない状態の3状態で測定した。³⁾

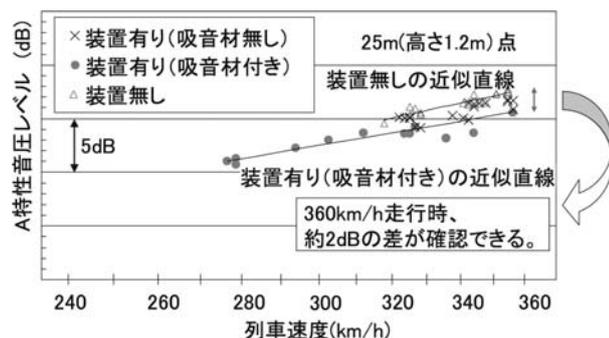


図9 25m点の騒音測定結果

図9は、25m点における新幹線高速試験車の騒音レベルの散布図である。縦軸は騒音レベル値、横軸は列車速度である。騒音低減装置(吸音材付き)と騒音低減装置無しとを比較すると、騒音低減装置(吸音材付き)の方が約2dB騒音値は低くなっている。

6. 嵩上げ防音壁の騒音低減効果の検証

さらに大きな騒音低減を追求するため、防音壁を嵩上げた上に騒音低減装置を設置した場合の低減効果を図8の実物大模型を用いた実験により検証した。主なケースを図10に示す。

代表評価点における騒音レベルを測定し、(財)鉄道総合技術研究所の騒音予測式⁴⁾を用いて算出した25m点の騒音予測値を比較することにより評価を行った。

ケース1を0dBとして、ケース2は-2.7dB、ケース3は-5.4dBとなり、「1.0m嵩上げ板+騒音低減装置」では5dB相当の騒音対策に適用可能であることが検証された。

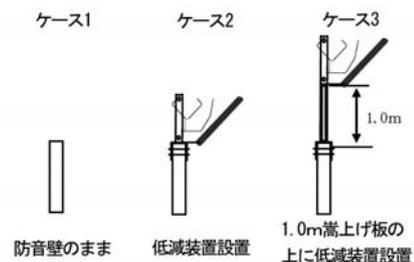


図10 実物大模型実験実施例

7. まとめ

今回、地上設備による騒音低減対策として、音の回折や干渉現象を利用した新幹線用騒音低減装置を開発した。高速走行試験で確認した結果、騒音低減効果は約2dBであった。防音壁の嵩上げと併用することにより、さらに大きな騒音低減が可能である。

参考文献

- 1) 森圭太郎、高桑靖匡、野澤伸一郎、渡辺敏幸、島広志：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G、Vol.62、No.4、pp.435-444、2006.12。
- 2) 森圭太郎、高桑靖匡、野澤伸一郎、渡辺敏幸、島広志：上部形状を改良した鉄道用防音壁の実物大模型実験、平成17年度土木学会全国大会第60回年次学術講演会、7-183、pp.365-366、2005.9。
- 3) 森圭太郎、高桑靖匡、野澤伸一郎、渡辺敏幸、島広志：上部形状を改良した鉄道用防音壁の騒音低減効果確認実験、平成18年度土木学会全国大会第61回年次学術講演会、7-196、pp.391-392、2006.9。
- 4) 長倉清、善田康雄：新幹線沿線騒音予測手法、鉄道総研報告、Vol.14、No.9、pp.5-10、2000.9。