

# 論文 開床式高架橋において沿線騒音を低減する対策工の提案

村田 香<sup>1</sup>・北川 敏樹<sup>1</sup>・宇田 東樹・小方 幸恵・青柳 広樹<sup>2</sup>

<sup>1</sup>正会員 鉄道総合技術研究所 環境工学研究部 騒音解析 (〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38)  
E-mail: murata.kaoru.93@rtri.or.jp

<sup>2</sup>正会員 鉄道建設・運輸施設整備支援機構 北海道新幹線建設局 (〒060-0002 札幌市中央区 北 2 条西 1-1)  
E-mail: hir.aoyagi@jrtr.or.jp

北海道新幹線では、降積雪対策として床版に開口部を設け、雪を下に落とす構造の高架橋（開床式高架橋）を一部の区間で採用する計画である。しかし、開床式高架橋は車両下部から発生する騒音が高架橋の開口部から放射されるため、新幹線の沿線環境に大きな影響を与えることが懸念される。そこで、開床式高架橋の開口部から放射される騒音（以下、開口部放射音）の対策として吸遮音板を筒形に組み合わせた対策工を考案した。この対策工を開床式高架橋の線路長手方向の 50m にわたって設置し、沿線騒音を測定した。その結果、近接側軌道中心から 25m 離れ、地上 1.2m 高さの測定点で、対策工の有無によって 6dB 程度の低減効果が得られた。また、現車試験と同じ条件で縮尺音響模型試験を実施したところ、両者の結果がほぼ同じになることを確認した。

**Key Words:** viaducts with opening for dropping snow, wayside noise, sound absorbing board, counter-measures, field tests, scale model experiments,

## 1. 背景

北海道新幹線新函館北斗・札幌間の一部区間では、開床式高架橋の採用が検討されている。この開床式高架橋は、降積雪対策として高架橋の開口部から雪を下に落とすことができる構造を有する。しかし、車両下部から発生する騒音が高架橋の開口部から放射されるため、新幹線の沿線環境に大きな影響を与えることが懸念される。

開床式高架橋の騒音対策として、開口部下側に傾斜角度を付けて防音壁を設置する方法が提案されている<sup>1)</sup>。また、高架橋下側に遮音板を設置する方法も考えられる。これらの場合には、沿線の景観や風荷重等の問題について考慮する必要がある。そこで、これらを考慮した、開床式高架橋の開口部下部に施工可能な構造の対策工を考案した。本報告では、この対策工を設置したときの新幹線走行時の沿線騒音の低減効果について評価する。騒音評価では、開床式高架橋の線路長手方向の 50m にわたって対策工を設置した区間と、対策工を設置していない開床式高架橋区間で新幹線走行時の沿線騒音を測定した。また、現車試験と同じ条件で模型試験を実施し、模型試

験と現車試験における結果の整合性を確認した。

## 2. 現車試験概要

### (1) 測定区間

開床式高架橋に設置した対策工による沿線騒音に対する低減効果を調査するために、北海道新幹線（新青森～奥津軽いまべつ間）に 2 つの測定区間を設定した。測定区間の概要は次の通りである。

#### a) 測定区間 1 (図-1.1, 対策工非設置区間)

軌道条件：スラブ軌道

高架橋条件：開床式高架橋, G.L.~R.L.=8.9m

防音壁：直型, R.L.+2.0m

対策工：非設置

#### b) 測定区間 2 (図-1.2, 対策工設置区間)

軌道条件：スラブ軌道

高架橋条件：開床式高架橋, G.L.~R.L.=8.1m

防音壁：直型, R.L.+2.0m

対策工：レール長手方向に 50m 長さ にわたって設置。



図-1.1 測定区間1 (対策工非設置)



図-1.2 測定区間2 (対策工設置)

## (2) 開口部対策工の構造

開口部対策工（以下、対策工）は、高速道路等で用いられている統一型防音壁（500mm×1960mm×95mm、重量 26kg/枚、ポリエステル繊維吸音材  $t=50\text{mm}$ ）を組み合わせて構成され、対策工内部全面が統一型防音壁の前面側（吸音材側）に対応するように設置されている。また、統一型防音壁は工事用の足場を利用して高架橋直下の地面から押し上げられ、高架橋に対して圧着されている。統一型防音壁の組み合わせが開床式高架橋開口部の大きさと合わない場合には、スチレンボードなどを利用して間隙部が塞がるように調整されている。対策工の設置状況を図-2に示す。



(a)対策工の設置状況



(b)開口部内の間隙部調整状況

図-2 開床式高架橋の対策工

## (3) 測定項目

両区間の測定項目は以下のとおりである。

### a) 高架橋内 (図-3.1)

普通騒音計

- ・ レール近傍騒音

R.L.+0.43m 高さ、外軌側レールから 1.4m 離れ

### b) 地上 (図-3.2)

いずれも地面から 1.2m 高さとする。

- ・ 普通騒音計

高架橋直下点騒音：高架橋中央

地上 12.5m 点騒音：近接側軌道中心から 12.5m 離れ

地上 25m 点騒音：近接側軌道中心から 25m 離れ

- ・ アレイ式指向性マイクロホン

近接側軌道中心から 25m 離れ

図-3.1 高架橋内の測定点

図-3.2 地上の測定点

アレイ式指向性マイクロホン（以下、アレイ装置）は列車の長手方向に鋭い指向性を持つ收音装置である。列車がアレイ装置の正面を通過するときに各車間部まわりから発生する騒音をそれぞれピークとして捉えることができる。

## 3. 現車試験結果

### (1) データ整理方法

現車試験の測定データの整理方法を以下に示す。本報告では近接側走行列車についてのみ着目する。データは全体音（O.A.値）と周波数分析によって比較した。周波数分析については、同程度の速度で走行する3本以上の列車に対応する結果を周波数バンドごとに算術平均して整理した。周波数範囲は普通マイクロホンでは 63 Hz~ 8 kHz、アレイ装置では 125 Hz~ 6.3 kHz である。

### a) レール近傍騒音

時間重み付け特性F（FAST）でレベル再生されたピー

ク値のうち、先頭部以外に対応する複数ピークの騒音の  
パワー平均値を求めた。

### b) 地上測定点

- ・普通騒音計

時間重み付け特性 S (SLOW) でレベル再生を行い、  
その最大値を求めた。

- ・アレイ装置

時定数 35ms でレベル再生を行い、通過する車間部の  
ピークのうち、先頭部を除く非集電系対応騒音 (以下、  
LQ レベル) について着目し、それらのレベル値のパワ  
ー平均値を求めた。

## (2) 対策工による低減効果の確認方法

レール近傍騒音は、測定区間 1 と測定区間 2 で車両下  
部から発生する騒音 (以下、車両下部音) パワーレベル  
を比較するためのものである。地上測定点での普通騒音  
計による騒音は、音源から各測定点まで伝搬する際の対  
策工による低減効果の評価に用いる。LQ レベルは、列  
車が正面を通過するときの車両上部から発生する空力音  
(以下、上部空力音) と車両下部音を捉えている。後述  
するように、開床式高架橋区間では車両下部音の寄与が  
上部空力音の寄与を大きく上回っていることから、LQ  
レベルの差は、全区間に対策工を設置した場合の低減効  
果を示す。

### (3) O.A.値の速度特性

図 4.1~図 4.5 に測定区間 1 (対策工非設置) と測定区  
間 2 (対策工設置) における各測定点での騒音の速度特  
性を示す。以下の図ではレール近傍騒音の最大値を 0dB  
として結果を整理した。図中および以下の本文中の V は  
列車速度である。これらの速度特性図から以下の事項を  
導くことができる。

#### a) レール近傍騒音

測定区間 1 (対策工非設置) と測定区間 2 (対策工設  
置) の結果を比較すると、両者はほぼ同等である。これ  
は、両区間の車両下部音の音響パワーがほぼ同等である  
ことを示している。また、両区間ともに、車両下部音の  
速度依存性は  $V^2$  程度である。このことから、レール近  
傍騒音全体において転動音の影響が大きいことが示唆さ  
れる。

#### b) 高架橋直下点騒音

測定区間 1 に対応する結果が測定区間 2 より 5dB 程度  
大きい。また、両区間の速度依存性は、 $V^2$  程度であり、  
これはレール近傍騒音における結果とほぼ同じである。  
したがって、開口部放射音は主に車両下部音で構成され、  
高架橋直下点騒音においてその影響が大きいことを示し  
ている。また、2 つの区間におけるレール近傍騒音はほ  
ぼ同等であったことから、このレベル差は対策工による

低減効果に対応すると考えられる。

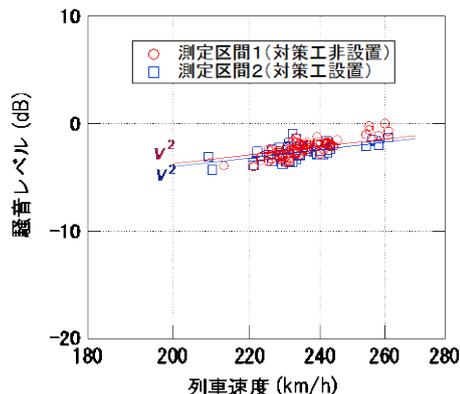


図 4.1 レール近傍騒音の速度特性

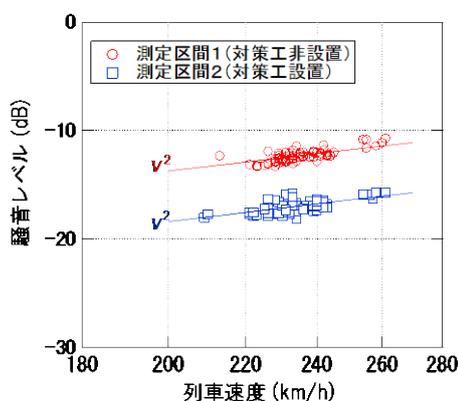


図 4.2 高架橋直下点騒音の速度特性

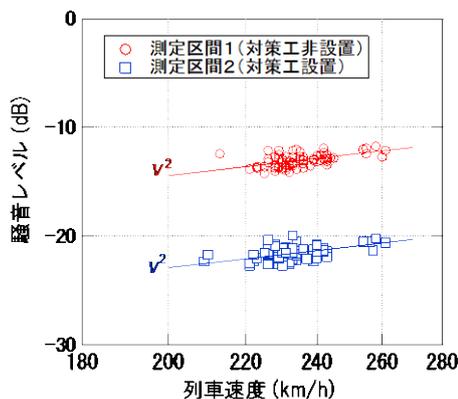


図 4.3 地上 12.5m 点騒音の速度特性

#### c) 地上 12.5m 点

測定区間 1 に対応する結果が測定区間 2 よりも 8dB 程  
度大きい。これも、高架橋直下点騒音と同様、対策工に  
よる低減効果に対応すると考えられる。また、地上  
12.5m 点騒音における対策工による低減効果は、高架橋  
直下点騒音よりも大きい。これは、高架橋直下点騒音で  
は対策工内の吸音板で反射せず直接伝播する音の寄与が  
大きい、地上 12.5m 点騒音に伝播する音は対策工内で

多重反射するため、吸音板による低減効果の影響が大きく受けていることが考えられる。また、その速度依存性は  $V^2$  程度である。これも、車両下部音による影響が大きいことを示している。

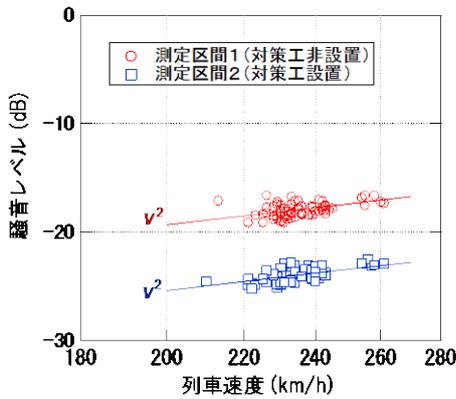


図-4.4 地上25点騒音の速度特性

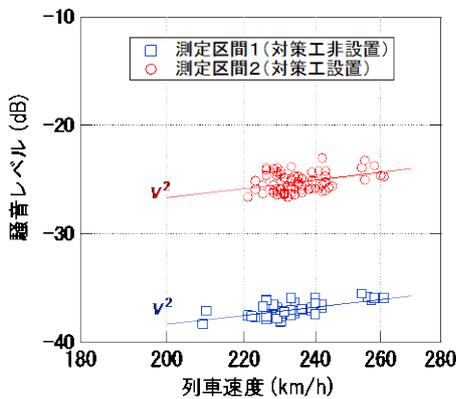


図-4.5 アレイ装置による非集電系対応騒音の速度特性

#### d) 地上25m点

測定区間1に対応する結果が測定区間2よりも6dB程度大きい。このレベル差は地上12.5m点騒音よりも小さい。この原因には、遠方の測定点では、対策区間の見通し角が小さくなり、非対策区間から放射される音による影響が大きくなることが考えられる。

#### e) アレイ装置による非集電系対応騒音 ( $L_Q$ レベル)

220km/h以上の速度において、測定区間2の結果が測定区間1よりも10dB以上小さい。このレベル差は、対策工による低減効果によって生じたと考えられる。また、両区間で得られた結果における速度依存性は  $V^2$  程度である。これは、レール近傍騒音の結果と一致することから、車両下部音による影響が大きいことを示している。

#### (4) 周波数分析結果

図-5.1~図-5.5に測定区間1と測定区間2における各測定点の列車速度260km/hの場合の騒音の周波数分析を示す。以下の図ではレール近傍騒音のO.A.値を0dBとして結果を整理した。これらの周波数分析結果から以下の事

項が示される。

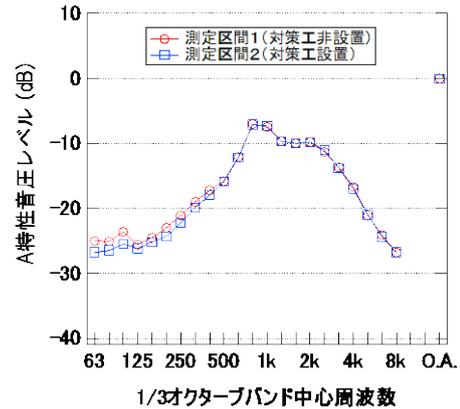


図-5.1 レール近傍騒音の周波数分析

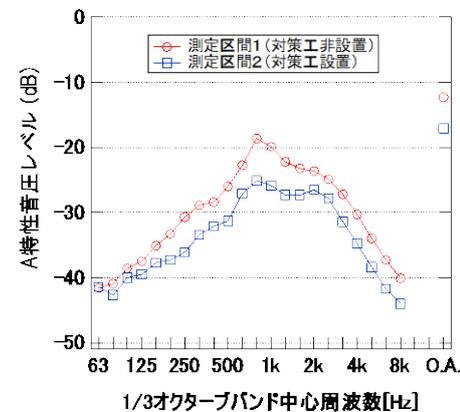


図-5.2 高架橋直下点騒音の周波数分析

#### a) レール近傍騒音

測定区間1と測定区間2に対応する結果はほぼ同等である。このことから、両区間の車両下部音がほぼ同等であることが示される。また、レール近傍騒音全体に対して630Hz~3.15kHzの周波数成分が与える影響が大きく、特に800Hz~1kHzではピークを形成する。

#### b) 高架橋直下点騒音

80Hz以上の周波数域において測定区間2に対応する結果が測定区間1よりも小さい。特に、250Hz~1.6kHzの周波数域においては、その差は5dB程度である。また、測定区間1では、高架橋直下点騒音に対応する周波数スペクトルの形状はレール近傍騒音の結果と同様であり、630Hz~3.15kHzにおける周波数成分の寄与が大きい。これらは、対策工非設置区間では車両下部音による影響が大きいこと、開口部放射音が車両下部音で構成されること、開口部放射音の主要な成分に対して対策工による低減効果が有効的に作用したことを示している。

#### c) 地上12.5m点騒音

160Hz以上の周波数域において、測定区間2の結果が測定区間1よりも小さく、対策工による騒音低減効果が現れている。特に、250Hz以上の周波数域では、測定区

間2と測定区間1の結果には10dB程度のレベル差を生じている。このレベル差は、高架橋直下点騒音の結果よりも大きい。測定区間1における地上12.5m点騒音に関しては、その周波数スペクトルの形状がレール近傍騒音の結果とほぼ同様であり、630Hz～3.15kHzにおける周波数成分が全体音に与える影響が大きい。これらの結果からも、測定区間1では車両下部音による影響が大きいこと、測定区間2では対策工が開口部放射音の主要な成分を効果的に低減したことが示される。

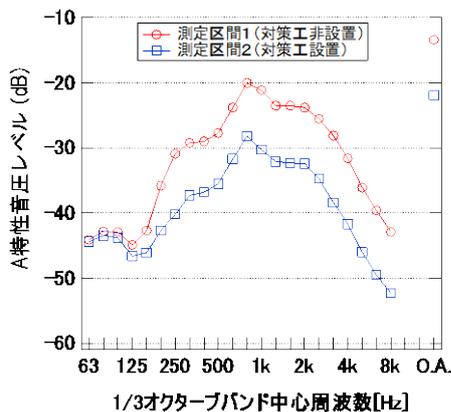


図-5.3 地上12.5m点騒音の周波数分析

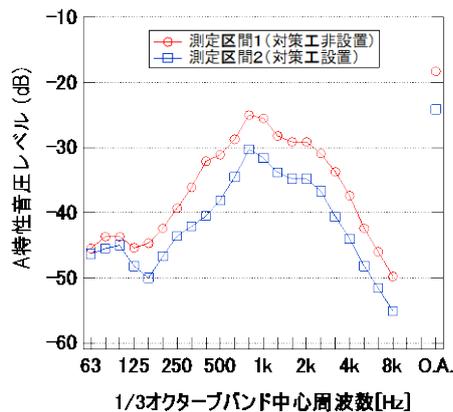


図-5.4 地上25m点騒音の周波数分析

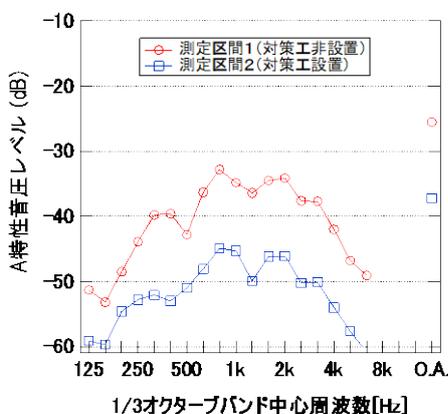


図-5.5 アレイ装置による非集電系対応騒音の周波数分析

d) 地上25m点騒音

315Hz以上の周波数成分において、測定区間2における結果が測定区間1よりも6dB程度小さい。これらは、対策工の騒音低減効果に起因するものである。ただし、この低減効果は、地上12.5m点騒音における結果に比べて小さい。これは、遠方の測定点では、対策区間の見通し角が小さくなり、非対策区間からの放射音による影響が大きくなるためである。

e) アレイ装置による非集電系対応騒音 (L<sub>Q</sub>レベル)

250Hz以上の多くの周波数バンドにおいて、測定区間2の結果は測定区間1より10dB程度小さい。また、測定区間1の場合、全体音に対して630Hz～3.15kHzの周波数域における成分の寄与が大きい。これは、レール近傍騒音とほぼ同じ傾向であることから、車両下部音による影響が大きいことを示している。この結果より、開床式高架橋からの開口部放射音における主要な周波数成分(630Hz～3.15kHz)を対策工が低減したことを示している。

(5) 現車試験のまとめ

現車試験における測定結果から得られた知見を以下にまとめる。

- ・普通マイクロホンによる騒音測定結果から、開床式高架橋の線路長手方向の50mにわたって対策工を設置することによって、地上12.5m点では8dB程度、地上25m点では6dB程度の低減効果が得られる。
- ・対策工を設置しない区間からの騒音の影響を受けないアレイ装置による測定結果から、対策工の有無によって、地上25m点に対する結果で10dB程度の低減効果が得られると考えられる。この差は対策工を全区間にわたって設置したときの騒音の低減量に対応する。

4. 縮尺音響模型試験結果と現車試験の整合性

本節では第3節で示した現車試験での測定結果を縮尺音響模型試験(以下、模型試験)による測定結果と比較し、両者の整合性を確認する。音響模型試験では、1/25縮尺の模型(車両、鉄道構造物、対策工)とマイクロホンを無響室内に設置し、音源から発生した音をマイクロホンによって測定する。音源として、線音源装置を車両模型下部に配置した。音響模型試験に使用した吸音材には、フェルト(模型寸法で3mm厚)を用いた。模型試験の詳細については文献2)に記述する。

以下、模型試験において、測定区間1と2に相当する構造物条件(2.(1)節を参照)で結果を比較する。測定区間2の場合は、現車試験と同様に線路長手方向の50mに対策工を設置した場合と、全区間にわたって設置した場合の両方の条件の試験を行った。模型試験の測定条件を表1にまとめる。

表-1 模型試験の測定条件

	条件1	条件2	条件3	条件4
高架橋種別	開床式	開床式	開床式	閉床式
対策工	なし	あり	あり	なし
対策工区間	—	50m	全区間	—
現車試験との対応	測定区間1	測定区間2	—	—

(1) 評価点

両者の整合性を比較する評価点を以下のとおり定める。評価点は現地試験における地上 12.5m 点と地上 25m 点に相当する地点である。

a) 評価点 1

近接側軌道中心からの離れ：12.5m

b) 評価点 2

近接側軌道中心からの離れ：25m

RLからの離れは、どちらの評価点とも、条件1の場合は鉛直下側方向に 7.8m (G.L. ~ R.L. = 9m に相当)、条件2, 3, 4 の場合は 6.8m (G.L. ~ R.L. = 8m に相当) である。

(2) O.A.値による比較

図-6.1~図-6.2に列車速度が260km/hの場合の模型試験による騒音予測結果を示す。これらは、条件4の閉床式高架橋での騒音予測結果を基準とした時のレベル差である。なお、模型試験では車両下部音だけを評価しているため、文献3)に示される新幹線騒音予測法に則り、構造物音、車両上部空力音、集電系音の寄与を模型試験結果に加えて地上測定点での全体音として予測値を算出した。

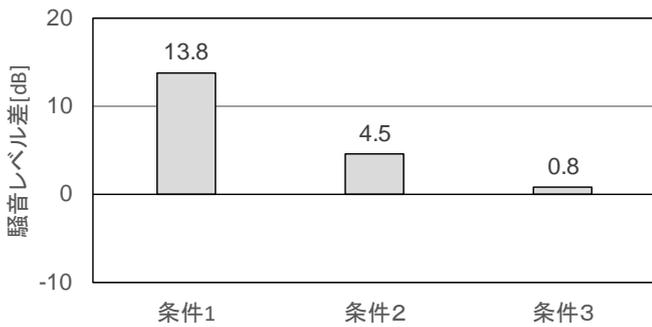


図-6.1 閉床式高架橋との騒音レベル差 (評価点1)

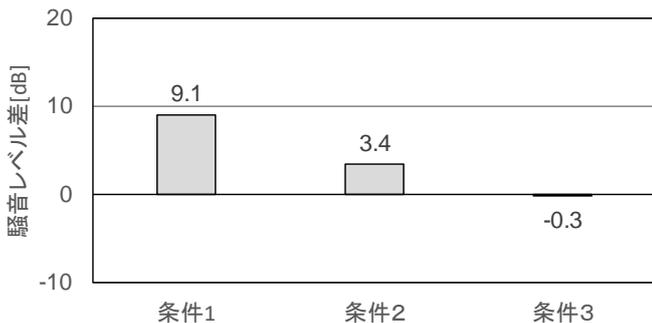


図-6.2 閉床式高架橋との騒音レベル差 (評価点2)

図-6.1~図-6.2より、模型試験において対策工を50mにわたって設置した場合(条件2)は、設置しない場合と比較し評価点1では9dB程度、測定点2では6dB程度騒音が低減効果が現れている。この結果は図-4.3、図-4.4に示した普通マイクロホンによる騒音測定結果とほぼ一致する。模型試験において全区間に対策工を設置した場合は、地上25m点で10dB程度騒音が低減する。この結果は図-4.5に示したアレイ装置による騒音測定結果とほぼ一致する。また、この場合は閉床式高架橋における騒音とはほぼ同程度となる。以上の結果から、全体音については模型試験と現車試験の結果は整合性があると考えられる。

(3) 周波数分析による比較

図-7.1、図-7.2に模型試験と現車試験における地上12.5m点、地上25m点の周波数分析結果を比較する。図-5.1~図-5.4と同様、これらの図はレール近傍騒音のO.A.値を0dBとして整理した結果である。なお、模型試験における結果は各条件の車両下部音の結果である。現車試験は図-5.3、図-5.4に示した結果を1/1オクターブバンドに変換して再掲したものである。

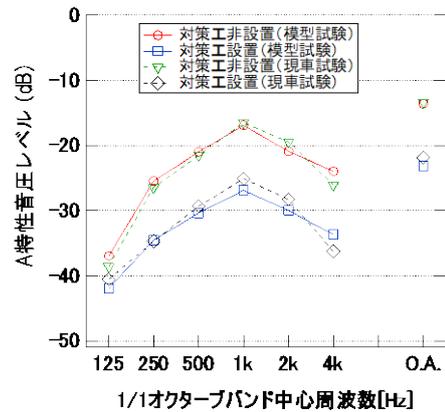


図-7.1 地上12.5m点騒音の周波数分析 (模型試験と現車試験の比較)

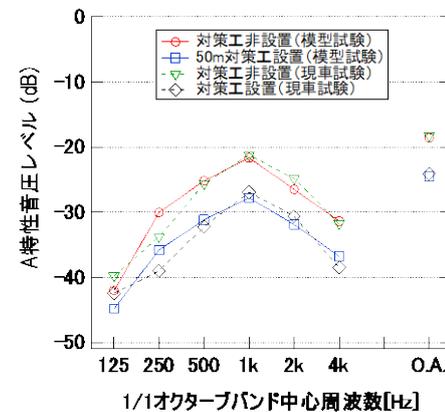


図-7.2 地上25m点騒音の周波数分析 (模型試験と現車試験の比較)

図-7.1～図-7.2より、地上12.5m点、地上25m点ともに、対策工の有無にかかわらず現車試験と模型試験の周波数スペクトルの形状はほぼ同じ傾向を示している。現車試験の騒音は車両下部音の寄与が大きいことから考えると、模型試験と現車試験の結果は概ね一致する。この結果から、開床式高架橋の全区間に対策工を設置した場合は地上25m点において10dB程度の低減効果が得られると考えられる。

## 5. まとめ

開床式高架橋の開口部から放射される騒音の低減対策として、吸遮音板を組み合わせた筒型形状の対策工について、現車試験を通じて沿線騒音に対する低減効果を評価した。また、現車試験結果と同じ条件の音響模型試験の結果を比較し、両者の整合性を調べた。その結果を以下にまとめる。

- (1) 開床式高架橋に、対策工を線路長手方向に50mにわたって設置し、普通マイクロホンで新幹線通過時の騒音を測定した。その結果、対策工の有無によって、地上12.5m点では8dB程度、地上25m点では6dB程度騒音が低減した。

- (2) アレイ装置による測定結果から、対策工の有無によって、地上25m点に対する結果で10dB程度の低減効果が得られると考えられる。この差は対策工を全区間にわたって設置したときの騒音の低減量に対応する。
- (3) 同一条件の現車試験と模型試験の結果を比較し、地上12.5m点と地上25m点で両者の傾向がほぼ一致した。このことから、模型試験と現車試験の結果は概ね一致することを確認した。この結果から、開床式高架橋の全区間に対策工を設置した場合は地上25m点において10dB程度の低減効果が得られると考えられる。

## 参考文献

- 1) 近藤正二, 井口光雄: 開床式高架橋における雪害対策を考慮した下側防音壁に関する基礎研究, 土木学会第59回年次学術講演会, 2004.9
- 2) 北川敏樹, 村田香, 宇田東樹, 小方幸恵, 青柳広樹: 開床式高架橋の沿線騒音を低減する効果的な対策工の形状の検討, 第23回鉄道工学シンポジウム, 土木学会, 2019.7.
- 3) 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, 2009.9

(2019.4.5受付)

## PROPOSAL OF COUNTERMEASURES TO REDUCE PASS-BY NOISE ALONG VIADUCTS WITH SNOW-REMOVING OPENINGS

Kaoru MURATA, Toshiki KITAGAWA, Toki Uda, Yukie OGATA and Hiroki AOYAGI

In some sections of Hokkaido Shinkansen railway line, the construction of viaducts with snow-removing openings is planned. However, noise generated from the lower part of Shinkansen cars is mainly radiated from the openings, and pass-by noise along the viaduct will be greater than that along the viaduct without the openings. Therefore, in this paper, the countermeasure is proposed to reduce the noise radiated from the openings. The countermeasure was set up over 50 m in the longitudinal direction of the viaduct, and the noise measurement was carried out along the viaduct. It is found that the wayside noise was reduced by about 6 dB by the countermeasure at the measurement point of 1.2 m on the ground, 25 m away from the center of the near side track. In addition, it is also found that the results of the field tests and of the scale model experiments under the same conditions as the field tests show good agreement.