

レール近接位置の低防音壁による騒音低減効果

環境工学研究部 騒音解析研究室

主任研究員 小方幸恵

1. はじめに

鉄道沿線に存在する高層建物等の高所空間では、音源を直接見通すことができることから、従来型の防音壁では騒音対策が難しい。そこで、車両下部からの発生音に対する吸遮音対策の一つであるレール近接位置の低防音壁（以下レール近接防音壁）に着目し、高さ、形状、吸音材の有無等種々の条件における騒音低減対策を、音響模型試験および現車試験の結果¹⁾²⁾から検証する。

2. 音響模型試験によるレール近接防音壁の効果

2.1 音響模型試験の実施概要

本試験では、無響室内に軌道・構造物と車両の模型、音源およびマイクロホンを設置して、在来鉄道の電車の走行状況を模擬し、レール近接防音壁を設置した際の沿線騒音の変化を検証する。レール近接防音壁の条件を表すパラメータは、レールからの離れ、高さ、吸音材の有無である（図1,表1）。吸音材料は、実車でのグラスウールに近い吸音特性を持つものを選択した。騒音測定は、軌道に垂直な断面内にて実施した（図2）。試験の実施概要は表1の通りである。

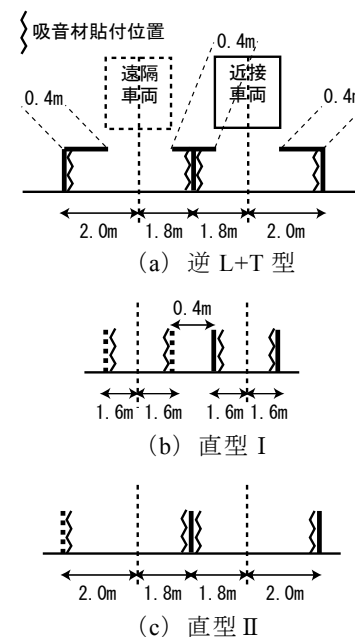


図1 レール近接防音壁の模型条件(現車スケール)

表1 音響模型試験の実施概要

| |
|--|
| (1)試験場所：鉄道総研音響実験室内無響室 |
| (2)縮尺模型：1/20縮尺（以下現車スケール），在来鉄道複線高架橋，従来型防音壁あり・なし（直型，吸音材なし，高さR.L.+2m），スラブ軌道（反射性の軌道面），車両3両60m分 |
| (3)音源装置：エアジェット一様有限長線音源 ³⁾ ，車両下部音の音源として車両模型の下（軌道中心，レールレベル高さ）に設置 |
| (4)レール近接防音壁条件（図1）：形状：逆L+T型，直型Ⅰ，直型Ⅱ，高さ：R.L.+0.5m，R.L.+0.9m，吸音材：モルトプレーン実寸5mm厚 ³⁾ （あり，なし），貼付位置は直立部の内側 |
| (5)測定：水平方向は近接軌道中心から離れが25mまで，高さ方向はR.L.+20mから-5mまで（図2），1/4インチマイクロホンにて測定 |
| (6)データ解析方法：模型試験で得られた測定データ（1/3オクターブバンドで800Hz～100kHz）から，周波数を1/20倍した後，模型試験に用いた音源の周波数スペクトルと現車（在来鉄道の電車，V=80km/h）の周波数スペクトルの差を考慮することにより現車対応の1/3オクターブバンドレベルを求め，さらにそれらのパワー和からオーバーオールレベルを算出する。 |

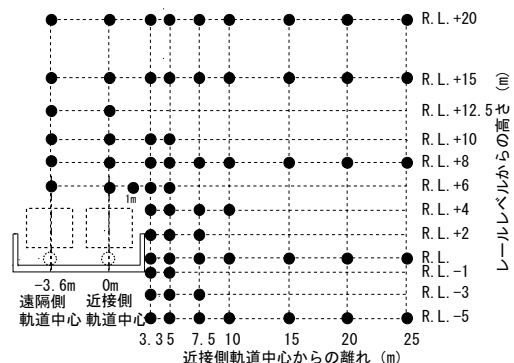


図2 模型試験の騒音測定点（現車スケール）

2.2 音響模型試験の結果

本節では、従来型防音壁ありの条件での結果について述べる。高所空間の代表点

(12.5m離れ, R.L.+10mおよび20m)におけるレール近接防音壁の条件毎の騒音レベル(現車換算値)を表2に示す。本試験から得られた主な結果は次の通りである。

(1)レール近接防音壁なしの条件では、近接車両より遠隔車両の場合に騒音が大きいですが、レール近接防音壁ありの条件では近接車両より遠隔車両の場合に騒音が小さい。

(2)吸音材なしの条件で直型Iと直型IIの場合を比較すると、後者より前者の場合に騒音が小さく、レール近接防音壁が音源に近いほど騒音低減効果が大きい。

(3)吸音材なしの条件では、レール近接防音壁高さが同じであれば、騒音が最も小さい条件は逆L+T型である。(但し近接車両、評価点10m高さ、防音壁0.9m高さの場合を除く。)

(4)吸音材ありの条件で、逆L+T型の場合の測定結果は、先端位置が同じ条件(直型I)の場合と比較して0.5m高さでやや小さく、0.9m高さで大きい。防音壁高さにより効果の高い形状の順位が異なる理由は、防音壁が低い場合は直型Iの方が、防音壁が高い場合は逆L+T型の方が、車体と近接防音壁の間でより多く反射を繰り返し、吸音材による吸音効果がより強く現れたためと考えられる。12.5m離れ、20m高さの位置でのレール近接防音壁設置による騒音低減効果は、近接車両、0.9m高さの条件で、直型の場合に6.5dB、同逆L+T型の場合に5.5dBである。高所代表点における吸音材の効果は、1~4dB程度である。

3. 現車試験によるレール近接防音壁の効果

3.1 現車試験の実施概要

本試験は、レール近接防音壁の設置による沿線騒音の変化を鉄道総研内の試験線において現車により検証するものである。従来型防音壁はない。騒音は、主として軌道に垂直な面内に設置したマイクロホン群にて測定した。試験を実施したレール近接防音壁の条件は、模型試験の直型IIに相当するものである。現車試験の実施概要は表3の通りである。

表3 現車試験の実施概要

| |
|---|
| (1)試験場所：鉄道総研内試験線、従来型防音壁なし、直線箇所、バラスト軌道 |
| (2)試験車両：気動車1両 約30km/hの惰行走行 |
| (3)レール近接防音壁条件(表4)：測線を中心に全長30m設置、防音壁設置位置は、軌道中心より約2m離れ(模型試験直型IIと同等)、防音壁材料：鉛付ベニヤ板(シナベニヤ5.5mm厚+鉛0.5mm厚)、吸音材：ポリエステル繊維50mm厚(吸音特性はグラスウールとほぼ同等) |
| (4)騒音測定点：軌道中心からの離れが9.3mまで、高さR.L.+5mまでの範囲で13点(図3) |
| (5)データの読み取り：時間重み付け特性Fでの騒音レベルの時間変動からレール継ぎ目音のない部分のピーク値を読み取った。 |

表2 高所定点における騒音(現車換算値)
(従来型防音壁あり 12.5m離れ) 単位：dB(A)

| 吸音材有無 | 近接防音壁条件 | 車両位置：近接 | | 車両位置：遠隔 | |
|-------|-------------|----------|----------|----------|----------|
| | | 評価点高さ | | 評価点高さ | |
| | | R.L.+10m | R.L.+20m | R.L.+10m | R.L.+20m |
| 吸音材なし | 直型I 0.5m高さ | 81.8 | 77.7 | 81.0 | 76.9 |
| | 直型II 0.5m高さ | 82.6 | 78.5 | 81.0 | 77.1 |
| | 逆L+T 0.5m高さ | 81.3 | 77.6 | 80.4 | 75.9 |
| | 直型I 0.9m高さ | 77.4 | 75.9 | 77.1 | 75.2 |
| | 直型II 0.9m高さ | 81.0 | 79.0 | 77.3 | 75.9 |
| | 逆L+T 0.9m高さ | 77.9 | 75.4 | 76.0 | 74.2 |
| 吸音材あり | 直型I 0.5m高さ | 80.0 | 75.9 | | |
| | 逆L+T 0.5m高さ | 80.0 | 75.2 | 78.5 | 74.5 |
| | 直型I 0.9m高さ | 74.5 | 72.2 | | |
| | 逆L+T 0.9m高さ | 75.5 | 73.2 | 71.7 | 70.2 |
| | 近接防音壁なし | 82.6 | 78.7 | 83.2 | 79.0 |

表4 レール近接防音壁の条件

| | |
|-----|-------------------|
| 条件1 | 高さR.L.+0.9m、吸音材あり |
| 条件2 | 高さR.L.+0.9m、吸音材なし |
| 条件3 | 高さR.L.+0.5m、吸音材なし |
| 条件4 | 近接防音壁なし |

3.2 現車試験の結果

現車試験における沿線騒音分布の測定結果を図4に示す。図4から、レール近接防音壁なしの条件(条件4)では高さ方向、離れ方向ともに音源から遠いほど騒音が小さいが、レール近接防音壁設置の条件では遮蔽効果によりその背面の領域で騒音が小さくなり、遮蔽効果は高い位置ほど小さいことがわかる。また防音壁が低いほど低減効果は小さく、吸音材貼付の効果は全領域でほぼ一定で、約1.5dBとなった。

表5に、従来型防音壁なしの条件での音響模型試験結果と現車試験結果におけるレール近接防音壁の騒音低減効果(条件4と各条件の差)の比較を示す。評価点は9.3m離れ、5m高さである。表5では、レール近接防音壁による騒音低減効果は音響模型試験より現車試験で小さい結果となった。また試験結果の分析から、レール近接防音壁による騒音低減量の周波数特性は、一般的な低層遮音壁の回折減衰量として計算される結果⁴⁾と定性的には一致するが、絶対値は一致しないことがわかった²⁾。これらの原因として、模型では音源の幾何学的大きさがレールと車輪の下半分程度に集中しているが、現車では台車部全体に広がっており、レール近接防音壁による音の遮蔽効果が模型試験より現車試験で小さいことが考えられる。

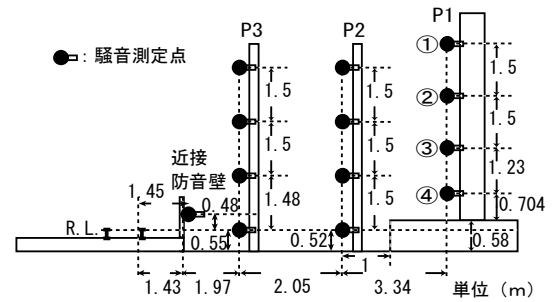


図3 現車試験の騒音測定点

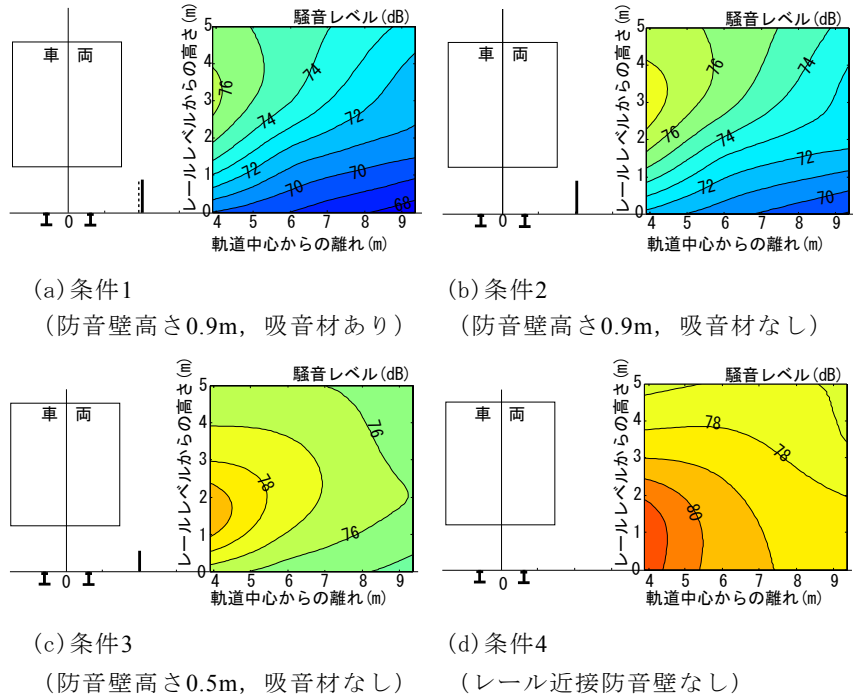


図4 現車試験における沿線騒音分布

表5 音響模型試験と現車試験におけるレール近接防音壁の騒音低減効果の比較(従来型防音壁なし, 評価点: 9.3m離れ, 5m高さ)

| 近接防音壁条件 | 音響模型試験 直型 II | 現車試験 |
|---------|-----------------|-------|
| 条件1 | 8.2dB | 4.3dB |
| 条件2 | 6.6dB | 3.2dB |
| 条件3 | 2.7dB | 1.5dB |

3.3 レール近接防音壁による騒音低減効果の予測手法

図5に現車試験の条件2でのレール近接防音壁の騒音低減効果(実測値: 防音壁あり-防音壁なし)を示す。図5から、地面での反射音の影響を受けない領域(レールレベルから約2m以上)では、レール近接防音壁による騒音低減効果は、防音壁上端から0.5mの高さの点を中心とした放射線上にほぼ等しい値を持つことがわかる。そのためレール近接防音壁の騒音低減効果を、この点を中心に水平方向からの仰角 θ の関数として近似できる。図5の防音壁の例では、防音壁上端から0.5mの高さの点を中心とし、そこからの仰角 θ の関数として騒音低減効果 ΔL (dB)を

$$\Delta L = 0.0011\theta^2 - 0.1745\theta + 6.6705 \quad (1)$$

と近似できる（但し $0^\circ < \theta < 60^\circ$ ）。式(1)の計算結果を図6に示す。レール近接防音壁がある場合、車両下部音の騒音レベルに対する低減効果は、従来の騒音予測法（たとえば文献5）などによる予測式において式(1)の値を加えて修正することにより、求めることができると考えられる。評価点の範囲が図5より広い場合や従来型防音壁を併設した場合の検証、および他条件での実験式の導出は今後の課題である。

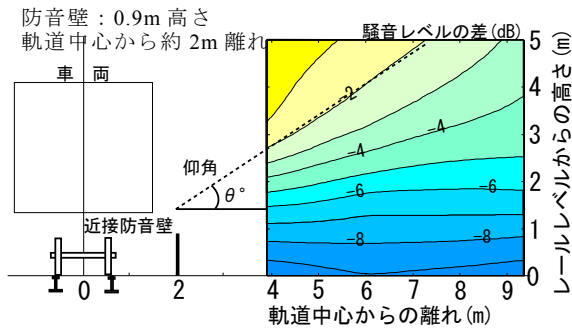


図5 レール近接防音壁の騒音低減効果
(現車試験, 条件2)

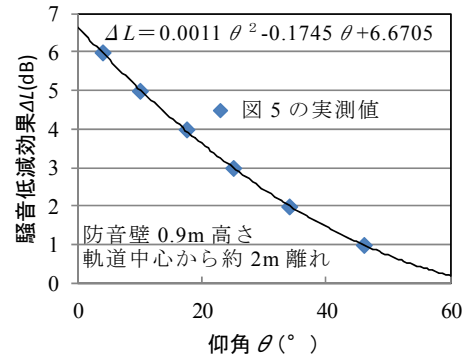


図6 仰角 θ を用いたレール近接防音壁による騒音低減効果の予測例

4. まとめ

車両下部音が沿線の高所空間に伝播することを防ぐ対策法のひとつとしてレール近接防音壁に着目し、高さ、形状、吸音材の有無をパラメータとした種々の条件における騒音低減効果を音響模型試験および現車試験の結果から検証した。音響模型試験の結果から、その騒音低減効果は、レール近接防音壁が高いほどまた音源に近いほど大きいこと、吸音材なしで防音壁高さが同じであれば逆L+T型が最も大きいことがわかった。現車試験の結果から、レール近接防音壁による騒音低減効果は、模型試験の結果より小さいことがわかった。また試験結果から、レール近接防音壁による騒音の低減効果を表す実験式を示した。

参考文献

- 1) 小方, 長倉: 鉄道沿線騒音に対するレール近接防音壁の効果の検証, 日本騒音制御工学会2010年秋季研究発表会論文集, pp.131-134, 2010
- 2) 小方, 長倉: レール近接位置の低防音壁による騒音低減効果, 総研報告, Vol.25, No.11, pp.11-16, 2011
- 3) 時田他: 音の環境と制御技術, 第II巻, 株式会社フジ・テクノシステム, p.411, 1999
- 4) 日本音響学会道路交通騒音調査研究委員会: 道路交通騒音の予測モデル“ASJ RTN-Model 2008”, 日本音響学会誌, Vol.65, No.4, pp.179-232, 2009
- 5) 森藤, 長倉, 立川, 緒方: 在来鉄道騒音の騒音予測評価手法について, 騒音制御, Vol.20, No.3, 1996