

レール継目用防音材の騒音低減性能の向上

材料技術研究部 防振材料研究室

室長 半坂 征則

1. はじめに

ロングレール区間における絶縁継目では一般にその前後の非継目箇所より大きな騒音が発生し、車両高速化の制約となるケースが増えつつある。こうした継目部に対する従来の騒音対策はいずれも防音壁を設置するなどの大規模施工を伴うか、レール削正などを継続的に実施することが必要な対策であって、簡単に施工できる恒久的対策は見出されていない。これに対し継目部近傍に吸音・遮音材料を配置することによって継目部で発生する騒音を低減できると考え、レール継目用防音材（以下、継目用防音材とする）の検討を行ってきた。検討の初期段階において粒径1~5mm程度の無機質粒子を結合した無機質材を主材とする防音材を試作（以下、初期品とする）し、在来線の有道床軌道で効果検証試験を行ったが、騒音低減性能が目標値（レール近傍点で約3dB低減）に達しなかった。

初期品の性能試験データを解析した結果などを踏まえ、主材の吸音性能や遮音性能を高めるなどの継目用防音材の改良を行うとともに、さらなる騒音低減性能の向上を目指して、先に継目部以外の目的のもとに開発した2種類の材料（軌道面吸音材と一般用レール防音材）を併用することとした。その3種類の材料について、在来線のスラブ軌道で効果検証試験を行った結果、電動（M）車通過時、付随（T）車通過時ともに、目標値を満たす騒音低減が得られた。以下に、これらの材料の改良過程と効果検証試験の概要について報告する。

なお、本稿では「継目」は原則として「絶縁継目」を示すこととする。

2. 性能・構造上の条件

継目用防音材で要求される基本的な条件として以下のことが考えられる。

- ①建築限界を満たす構造とすること。
- ②軌道のメンテナンスに対応した構造とすること。

継目部では、頻繁に（大都市線区では、標準的に2週間に1度程度）レールや継目部材を目視点検するなどのメンテナンス作業が実施されている。このため、継目用防音材では設置後もこうした基本的なメンテナンス作業に支障しないことが求められる。

- ③高い防音性能を有すること。

当面の目標として、レール近傍点（近接側軌道中心から約2m離れ、レールレベル上約45cm）で騒音が3dB低減することとする。

- ④電気絶縁性を有すること。

継目部の電気特性に支障を与えない程度の電気絶縁性を有する必要がある。

- ⑤一定の強度を有すること。

実軌道では本防音材上に保守作業者が乗る場合も想定されるため、本防音材は少なくともその上に人（当面成人2名を想定）が乗っても壊れない程度の強度を有する必要がある。

- ⑥長期耐久性を有すること。

一般に、軌道敷設物は長期間（標準的に10年間以上）敷設することが求められるため、屋外での長期使用に耐え得る耐久性を有する必要がある。

3. 初期品の試作とその効果

まず、検討の初期に試作した初期品について述べる。初期品は、粒径1~5mmの無機質の細粒子を4重量%程度の樹脂で結合した無機質粒径結合材を逆L字型に成型したものである。無機質粒径結合材は軌道面吸音材として開発したもので、吸音材としては良好な電気絶縁性と耐久性および高い強度を持つ。初期品に対し在来線有道床区間で効果検証試験を行った結果、T車通過時でも騒音低減量は2dBと目標値に達せず、材料と構造の改良が必要であることが判断された。

4. 材料と構造の改良

4.1 継目用防音材の改良

2章の基本条件に加え、初期品の性能分析結果などを踏まえ、材料と構造を改良した試験品（以下、改良品とする）を試作した。その構造を図1に示す。

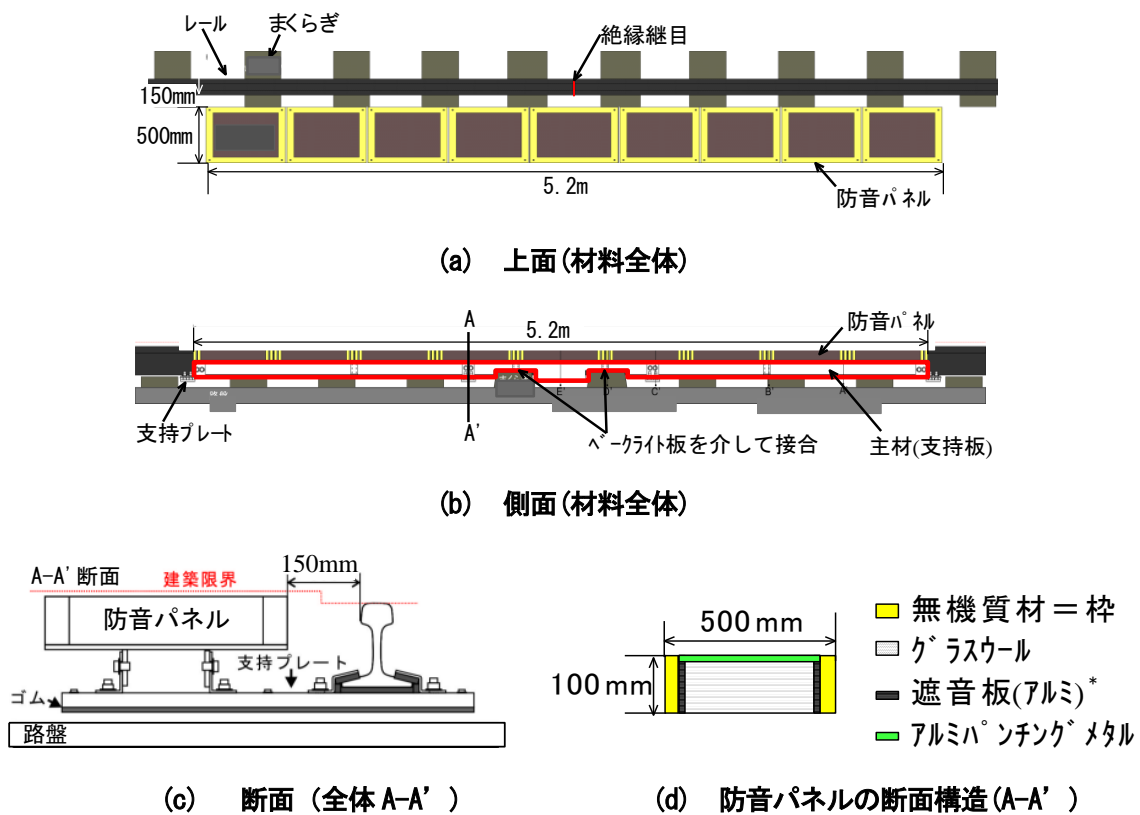


図1 改良品の構造

*) 上面吸音材部でも遮音性能を付与するために導入したもののだが、レール側ではレール放射音に対する吸音効果を得るため、約60mm×約80mmの角状孔を開口率約55%で設けた。

改良品の構造の特徴は次のとおりである。

- (1)主材（支持板）に厚さ約10mmのアルミ板を用い、 π 型（断面形状）に接合した。
- (2)主材の上面に厚さ約100mmの吸音材（防音パネル）を線路方向幅約500mm×防音材全長の面積で貼付した。
- (3)主材は全部で5つの部品を連結した構造とし、全長を約5.2mとした。主材の部品の一部はベークライト板を介して連結した。
- (4)主材は支持プレートを介してレールに取り付ける構造とし、支持プレート／レール間には振動お

よび電気の絶縁を目的として軌道パッド(15MN/m タイプ) を挿入した。

(5) 防音材は軌間外側においてレールから約 150mm の位置に設置することとした。

(1)について、継目用防音材では主材がレール放射音の直接伝播を遮ることにより放射音が回折し減音されるが、この効果は主材の遮音性能の増加に伴い増加すると考えられる。このため、主材には無機質材より遮音性能の高いアルミ板(厚さ 10mm) を適用した。

(2)の防音パネルは、無機質粒径結合材を枠型に成型した中にグラスウールを封入したものである。内部のグラスウールは軽量化および吸音性能の向上のために適用した。吸音材の厚さについて、初期品(全体が吸音材)では軌道面吸音材に準じて約 50mm とした。これに対し、継目部の騒音特性を解析した結果、500Hz~1kHz の従来想定していたより低い周波数帯域で騒音値が特に大きい場合が多く、この範囲に対する吸音性能を高める必要が認められたため、吸音材の厚さを約 100mm まで増大させた。一般に、繊維系吸音材では厚さの増加に伴って吸音性能の高い範囲が低周波側に拡大する。

(3)について、継目部でも想定した以上にレールの長手方向から発生する放射音の寄与が大きいことが考えられたため、初期品では 1.4m であった防音材長さを 5.2m まで延長した。

(5)について、前章の条件②に対して現状の技術で対応できる方法として、防音材をレールから 100mm 以上離して設置することとしている。これにより防音材設置後もレール点検等基本的なメンテナンス作業が可能になるが、予備的に行った衝撃加振試験の結果、100mm 以上の範囲で防音材の騒音低減性能が最も大きかった距離として 150mm が求められた。

改良品も建築限界を満たしている。この他、材料の強度、電気絶縁および耐久性は室内試験および後述する効果検証試験等において 2 章の条件を満たすことを確認している。

4.2 騒音低減性能向上のための先行開発品の併用

さらに、一層の騒音低減性能の向上を目指して、改良品に加えて次の 2 種類の試験品も併用することとした。

(a) 継目部でも車両機器音等レール以外の音源による騒音の寄与が想定より大きかったことが考えられる。レール以外の音源の騒音に対する性能向上策として、軌間内側および防音材の外側に軌道面吸音材を設置する。

(b) レール長手方向の騒音に対する性能を高めるために、改良品の前後に一般用レール防音材を設置する。

(a)は粒子が約 1~5mm の 7 号碎石を適当な目荒さで織り込んだポリエステル繊維製袋に詰めたものを用いる。

(b)は継目部でない一般のレール用に先行開発したもので、内側に発泡エチレンプロピレンゴム(厚さ約 30mm)、外側に亜鉛めっき鋼板(厚さ約 1mm) を積層した構造からなり、2 体 1 組でレールの腹部と底部を被覆する。継目部では様々な干渉物があるなどの理由から一般用レール防音材は設置できない一方で、継目部から離れた箇所では設置可能で、継目用防音材をさらに長くするより低コストである。一般用レール防音材の敷設距離は改良品の前後ともに約 10m とした。

以上の 3 種類(継目用防音材改良品、軌道面吸音材、一般用レール防音材)の試験品の軌道への設置状況を図 2 に示す。

5. 効果検証試験

継目用防音材および併用した騒音低減材料の効果を検証するために、在来線の弾性直結スラブ軌道の電化複線区間(直線、ほぼ平坦)の接着絶縁継目箇所で効果検証試験を行った。

5.1 試験の概要

本稿ではレール近傍点における騒音の結果について述べる。騒音は普通騒音計 NL21（リオン(株)製）を用い、時定数 Fast, 周波数重み付け特性 A で測定し、多チャンネル分析処理器 SA-01（リオン(株)製）を用いて指定した M 車, T 車の通過時での騒音レベルのパワー平均値（以下、この値をレベル値とする）を求めた。

5.2 測定結果

図 3(a)にレール近傍点の M 車通過時の騒音レベル値の測定結果を示す。この結果、いずれの試験品に関しても設置後の騒音低下は有意であることが確認された。試験品設置に伴う騒音低下量は試験品の種類の増加に伴い増加する。T 車通過時でも同様の傾向を確認している。

図 3(b)に、105km/h 付近の代表車種の試番について騒音レベル値をパワー平均した値から求めた騒音低減量を示す。この図により、騒音低減量は試験品の種類の増加に伴い増加することが定量的に示された。そして、3 種類の試験品の設置により、M 車で約 3dB, T 車で約 3.5dB の騒音低減が確認された。80km/h 以上の全車種の値をパワー平均した場合でも、M 車, T 車ともに騒音低減量は 3dB 程度であることを確認している。

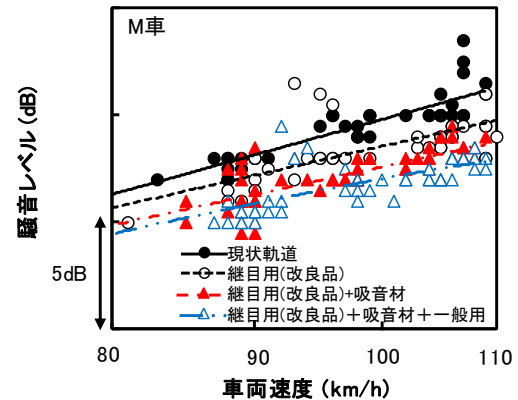
6. 結論

主としてロングレール区間の絶縁継目を対象に、簡単に施工できるレール継目用防音材（継目用防音材）の開発を行っているが、検討初期に試作した初期品では実軌道で十分な騒音低減効果が得られなかった。その性能解析に基づき材料の改良を行った上で、効果検証試験を行った結果、以下の知見を得た。

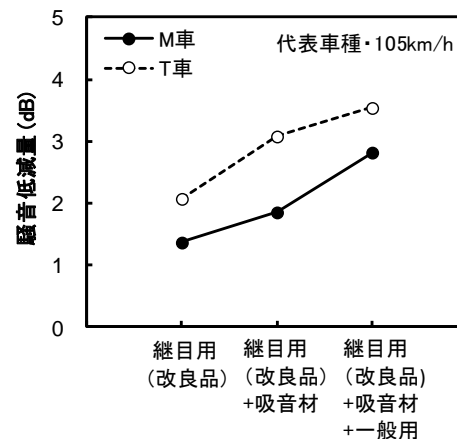
- (1) 主材に無機質材より遮音性能の高いアルミ板（厚さ 10mm）を適用した上で上面に厚さ 100mm の防音パネルを貼付するなどの改良を加えた試験品（改良品）を試作した。
- (2) 改良品に加えて軌道面吸音材および一般用レール防音材を併用することを検討した。
- (3) 効果検証試験の結果、M 車, T 車通過時ともに 3 種類（継目用防音材改良品, 軌道面吸音材, 一般用防音材）の試験品のいずれも有意な騒音低減性能を持つことが確認された。また、騒音低減量は試験品の種類の増加に伴い増加することが確認された。
- (4) 効果検証試験の結果、3 種類の試験品の設置により、レール近傍点での騒音について M 車で約 3dB, T 車で約 3.5dB 低減することが確認された。



図 2 試験品の設置状況



(a) 車両速度依存性 (M 車)



(b) パワー平均値

図 3 効果検証試験結果