

レール継目用防音材の防音効果

材料技術研究部 防振材料研究室

副主任研究員 間々田 祥吾

1. はじめに

鉄道騒音では車輪とレールの接触によって発生する転動騒音が高い比重を占める。特にレール継目ではレールとレールの隙間を車輪が通過する際に、概して一般区間よりも大きな騒音が発生する。これに対してロングレール化等の対策が実施されているが、接着絶縁継目（以下、絶縁継目と称する）は軌道回路を形成するために必要であり、対策上の課題となることが多い。

筆者らはこれまでに一般区間において、レール近傍に吸音および遮音材料を設置することによって転動騒音の沿線への伝搬量を低減できることを見出しており、絶縁継目においても同様の方法によって継目からの発生音の沿線への伝搬量を低減することが可能と考えた。一方、絶縁継目では確実に電気絶縁性を保持することや一般区間より頻繁に保守点検作業が行われるなど一般区間よりも要求条件が多い。そこで、これらも考慮した上でレール継目用防音材を試作した。

本発表では、試作したレール継目用防音材の概要を述べるとともに、実際の営業線（有道床区間の絶縁継目）で実施した効果確認試験の結果について報告する。

2. レール継目用防音材の構造および材料構成

2.1. 要求条件

レール継目用防音材に要求される構造上および材料上の主な条件は以下の通りである。

① 建築限界を満たす構造とする。

② メンテナンスに対応した構造とする。

絶縁継目は頻繁に（大都市近郊の有道床線区では、標準的に2週間に1度程度）目視点検がなされ、必要に応じて継目板固定ボルトの増し締めなどのメンテナンス作業が実施されている。これに対応して防音材の設置後も継目を点検作業できる構造とする必要がある。

③ 電気絶縁性を有する。

絶縁継目を対象とするため、目安として $3 \times 10^3 \text{M}\Omega$ 以上とする。

④ 一定の強度を有する。

点検作業中の作業員が防音材を踏みつける可能性を考慮し、耐荷重を約3kN以上とする。

⑤ 長期耐久性を有する。

軌道材料の敷設状況を考慮し、当面の目標として10年間の敷設を可能とする。

以上の条件を考慮して構造の設計および構成する材料の選定を行った。さらに、構造上および材料状の条件を満足した上で、高い防音性能を有する必要がある。ここでは、過去の騒音対策の実績等を考慮して、レール近傍（軌道中央から2m離れ、レールレベルから450mm上方）において騒音レベルが3dB低減することを目標とした。

2.2. 構造

試作したレール継目用防音材の構造を図1に示す。試作品の構造は条件①を満たす。また、有

道床軌道用およびスラブ軌道用ともに設計したが、ここでは、効果確認試験を実施した有道床軌道用を示す。両者は固定方法が若干異なるものの防音材本体の構造、材料構成はほぼ同様である。さらに、条件②を考慮して防音材をレールから 100mm 離れた位置に設置する構造とした。一方、まくらぎの振動が防音材に伝達されてその振動が励起されると防音材自体が騒音発生源になるため、防音材は防振ゴムを介して固定する構造とした。

2.3. 材料構成

試作したレール継目用防音材の材料構成は以下の通りとした。

主材は継目からの放射音の吸音を主目的として粒径 1~5mm のケイ砂等の無機質粒子を少量（約 4wt%）のエポキシ樹脂で結合した無機質粒子結合材とし、この中にグラスウールおよび鋼粉混合ポリ塩化ビニルの膜材（以下、遮音膜と称する）を配置した（図 2）。無機質粒子結合材は良好な吸音性能、電気絶縁性能、耐久性および高い強度があり、この材料構成は③~⑤の要求性能を概ね満たすことを室内試験等により確認している。また、内部にグラスウールおよび遮音膜を配置した理由は以下の通りである。

- 1) 遮音膜の封入により遮音性能を向上させる。
- 2) グラスウールの封入により全体を軽量化する。
- 3) 無機質粒子結合材は水抜けが良いのに対してグラスウールは水抜けが悪く、水を含んだ後に吸音性能が低下し、その回復に時間を要するため、外側に遮音膜を配置することでグラスウールに直接雨水が触れない構造とする。

1)については、図 3 に示すようにグラスウールおよび遮音膜の導入によって防音材の遮音性能が向上し、2)については、全体を無機質粒子結合材とするよりも重量が約 50%軽減する。また、3)については、遮音膜が水を透過しないことを確認している。

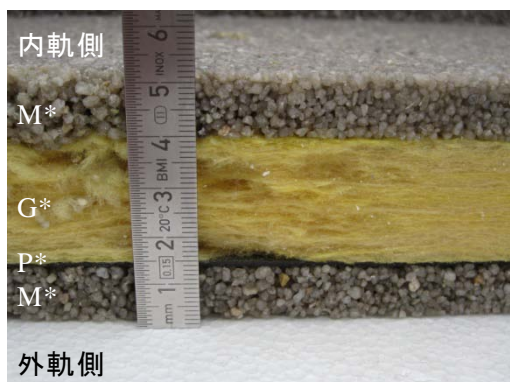


図 2 無機質粒子結合材の内部構造

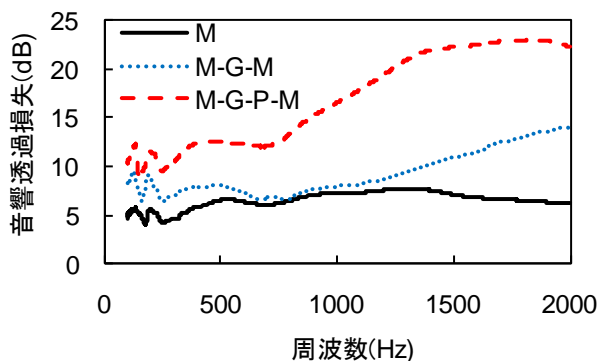


図 3 音響透過損失の比較

*) M：無機質粒子結合材、G：グラスウール、P：遮音膜

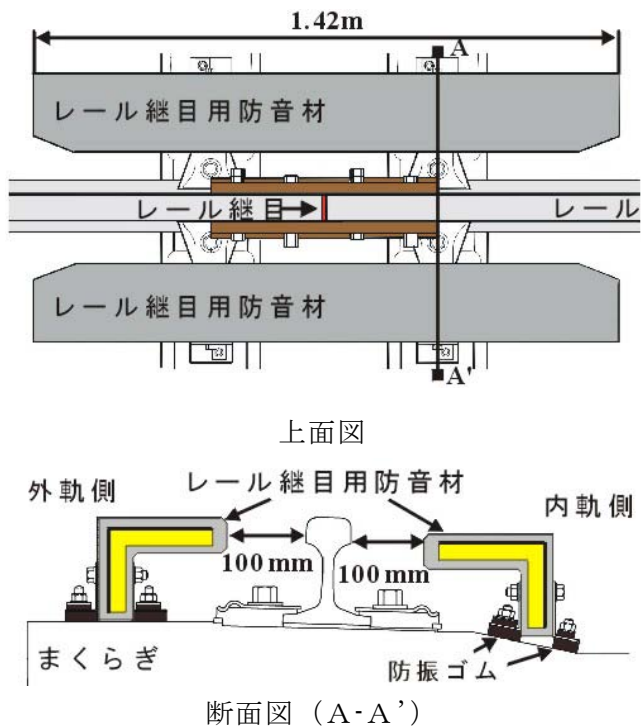


図 1 レール継目用防音材の構造

3. レール継目用防音材の効果確認試験

3.1. 試験概要

試作したレール継目用防音材における要求条件③に示した防音効果を確認するため、営業線の有道床区間の絶縁継目を対象として騒音測定を実施した。設置状況を図4に示す。

ここで、車両走行時のレール振動は長手方向に伝搬するため、継目直近に騒音測定点を設置しても継目の前後のレール振動に起因する騒音の混入が想定される。本試験の目的は継目から発生する放射音のレール継目防音材による低減効果を評価することであるため、継目の前後で発生する音の影響を極力減らす必要がある。そこで、継目の前後約5mに一般区間用のレール防音材を敷設した。また、レール継目用防音材の設置時に絶縁継目における電気絶縁性に支障しないことを確認している。

騒音測定点は、レール継目中心の軌道中央から2m離れ、レールレベルから450mm上方とし、普通騒音計NL04（リオン(株)製）を用いて周波数重み特性A、時定数FASTで測定した。また、絶縁継目直近のレールの振動加速度を圧電型ピックアップPV94（リオン(株)製）により測定した。

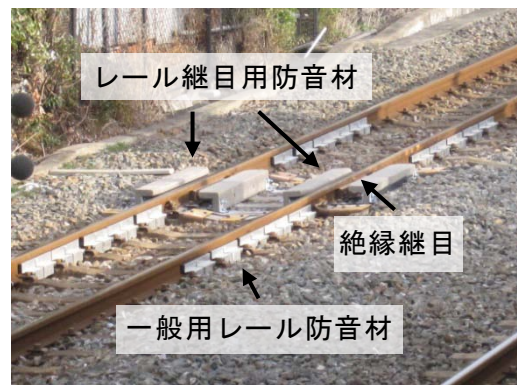


図4 レール継目用防音材の設置状況

3.2 測定結果

レール継目用防音材の設置前後における車両通過時の騒音レベル変動を図5に示す。図は設置前後ともに同一車両形式および同一車両速度（81 km/h）における比較である。

レール継目用防音材の設置により、車両通過時全体的に騒音レベルが低減している。同時に測定した継目直近のレールの振動加速度レベルは防音材の設置前後で大きく変化していないことから、騒音レベルの低減はレール継目用防音材の効果を反映していると考えられる。その一方で、騒音レベル変動を詳細にみると、防音材設置に伴う騒音低減量は概して車軸の通過時以外の時間帯（波形の谷の部分）や付随車（T車）通過時で大きく、電動車（M車）通過時で小さくなっている。この理由として次のことが考えられる。

レール継目防音材は原理的には継目のレール部材からの放射音に対してのみ効果を発揮する。一方で、M車通過時には駆動装置など車両機器からの騒音の寄与も大きく、防音材の効果が弱められると考えられる。発表においては、M車の解析結果についても詳細に述べるが、ここではT車通過時の防音材の騒音低減効果に関する解析結果を述べる。

T車通過時の騒音について、図6にレベルピーク値の車両速度依存性、図7に1/3オクターブバンド分析結果（80km/h）を示す。

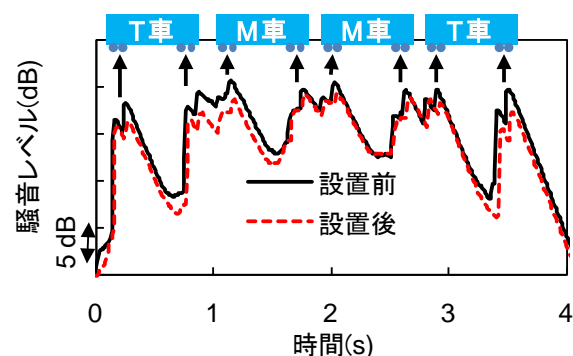


図5 騒音レベル変動
(M車：電動車、T車：付随車)

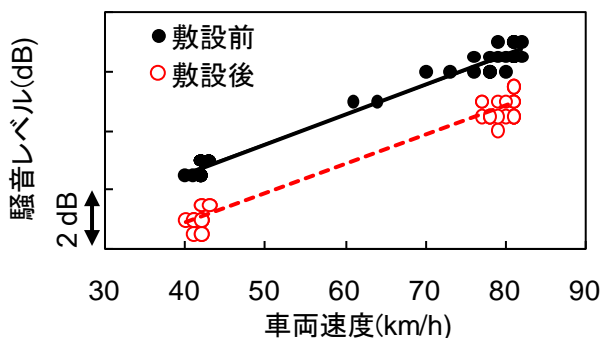


図6 レベルピーク値の車両速度依存性

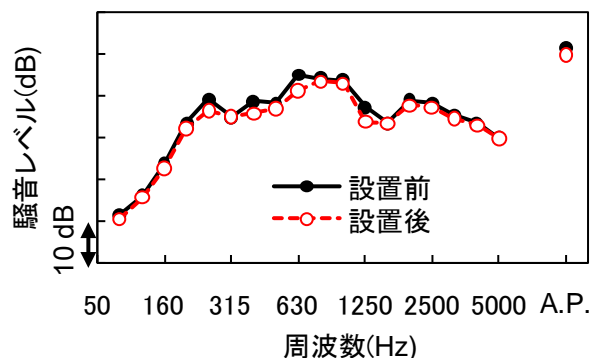


図7 1/3 オクターブバンド分析結果

防音材設置に伴って速度約 40km/h、約 80km/h とともに騒音レベルが 2dB 程度低減している。また、周波数では 200Hz から 1.25kHz の範囲で低減している。設置前の周波数分析結果では 1kHz 周辺の値が大きい。この周波数周辺はレール部材からの放射音の寄与が大きいと考えられ、設置後にこの周波数周辺の騒音が低減したことが騒音レベルの低減につながったと考えられる。

以上のように、レール継目用防音材の設置によって T 車通過時に概ね 2dB 程度の騒音低減効果が確認された。ただし、この低減量は目標とした 3dB（要求条件⑥）に満たなかった。騒音低減性能が不十分であった主な理由として次のことが考えられる。

- 1) 絶縁継目からの放射音の吸音を主目的に吸音材で主材を構成し、遮音膜を内封して遮音性能の向上を図ったが、防音材全体としての遮音性能が不十分だった。
- 2) 絶縁継目でメンテナンスを考慮してレールから離して設置する構造としたが、レールと防音材の隙間から漏れる放射音の寄与が大きかった。
- 3) まくらぎの振動が防音材に伝達して防音材が振動すると、防音材が騒音源となる可能性があり、それを考慮して固定部に防振対策を講じたが、その性能が不十分だった。

以上のことを考慮して現在、防音材の改良を進めている。特に、2)については防音材をレールに可能な限り近く設置し、メンテナンス時に防音材を簡便に開放できる構造も検討している。

4. まとめ

絶縁継目から発生する騒音の低減を目的として、求められる要求条件を設定し、レール継目用防音材を試作した。試作したレール継目用防音材の営業線の有道床区間の絶縁継目で効果確認試験を行った。その結果、以下の知見を得た。

- (1) 試作したレール継目用防音材の構造および設置条件が要求性能を満たすことを確認した。
- (2) 材料として選定した無機質粒子結合材およびその中にグラスウールおよび塩化ビニルによる遮音シートを封入した構成が要求性能を満たすことを確認した。
- (3) 効果確認試験の結果、レール継目用防音材の設置に伴って絶縁継目近傍における列車の絶縁継目通過時の騒音が低減した。一方で、その低減量は客車（T 車）通過時の方が電動車（M 車）通過時より大きい。
- (4) 効果確認試験の結果、レール継目近傍において T 車通過時に概ね約 2dB 騒音が低減した。

以上のように T 車通過時ではレール継目防音材の騒音低減効果が確認されたが、その低減量は目標とした 3dB に満たないため、現在防音材の改良を進めている。