

EPS吸音板の鉄道音低減への適用

田端淳・小林信明・長瀬公一・久保田浩・三桶達夫

Keywords: expanded poly styrene, sound absorptive barrier, railway noise

発泡スチロール，吸音壁，鉄道音

1. 序

当社では，環境保護と資源の有効活用の観点から，使用済発泡スチロール（Expanded Poly Styrene：以下EPSと記す）を建設分野で再利用する技術の開発を進めている．EPS吸音板は，軽量土工法¹⁾，屋上緑化用人工地盤と併せて，共通のEPS骨材を利用する「テプサム」シリーズとして位置付けられている．筆者らはこれまでに，EPS吸音板を建築仕上げ材として実施適用してきた²⁾．今回，土木分野の適用実績として鉄道音に対してEPS吸音板を適用したので，報告する．

2. 鉄道音と低減対象

一般に鉄道音は図-1に示すように，発生部位，メカニズムにより，大きく5つに分類できる．

(1)車輪・レール系音：この種の音としては，レール上を鉄製の車輪が転がることによって生じる「転動音」，レールの継ぎ目を車輪が通過する際に生じる音，急カーブを走行時に車輪のフランジとレールの側面がこすれて生じる「きしり音」などがある．転動音は，500～1kHz帯域（1/1オクターブバンド）にピークをもつ音であるのに対し，「きしり音」は，4kHz帯域（同）にピークがある，高い音である．継ぎ目で生じる音は，衝撃性の音であり，広帯域の周波数成分を含む．

(2)モーター音等：列車の走行に伴い，列車自体が発生する音であり，モーターの回転音に代表される音である．近年は車両の改良により，この類の音の影響は少なくなっている．

(3)集電系音：パンタグラフと架線の摺動による音，離線によるアーク音がこれに相当する．時速100km程度の列車ではそれほど大きくはないが，速度が速くなると問題になる．

(4)車両空力音：新幹線などの超高速列車で問題となる音であり，在来線程度の速度では他の音よりも小さい．

(5)構造物音：コンクリート高架橋等を走行時に，レールの振動がまくら木などを介して構造物に伝搬し，音として放射される音である．

今回，開発した吸音壁は，軌道の近傍に設置もしくは，コンクリート高欄等の内側に貼り付けることにより，「車輪・レール系音」と「モーター音等」を発生源近傍で吸音することにより鉄道音の低減を図ろうとするものである．

3. 吸音壁

開発した吸音壁は，地平部の軌道傍に自立設置する防音壁タイプと，高架部のコンクリート高欄へ貼り付けるタイプの2種類である．表-1に製品の仕様を，以下に概要を示す．

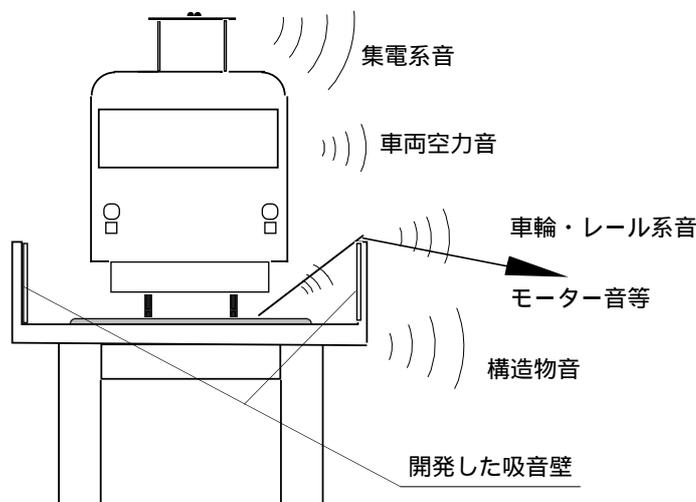


図-1 鉄道音の概要と開発した吸音壁
Railway noise and absorptive wall

3.1 防音壁タイプ

地平部の軌道傍等に自立して設置するタイプの吸音壁は、それ自体に防音壁としての機能が要求される。図-2に構造を示すが、防音壁タイプの吸音壁は、テプサム吸音板（EPS吸音板）と背後空気層、遮音鉄板で構成される。背後空気層は、想定した発生音の周波数特性に合わせた吸音特性を確保するためのものである。遮音鉄板は、防音壁としての遮音性能を確保するためのものであり、吸音壁の透過音が吸音壁上部の回折伝搬音よりも小さくなるように厚さを決定した。

このタイプの吸音壁は自立型であるため、適切な風荷重を想定し、吸音板の強度、フレームの部材寸法を決定

表-1 テプサム吸音壁の仕様
Specification of Tepsam sound absorptive wall

	防音壁タイプ	貼付けタイプ
材料	テプサム吸音板, 高耐食性鋼板	
吸音板厚さ	35mm	24mm
寸法	750 × 2,000 × 65.5mm	750 × 2,000 × 51.9mm
重量	84kg	67kg

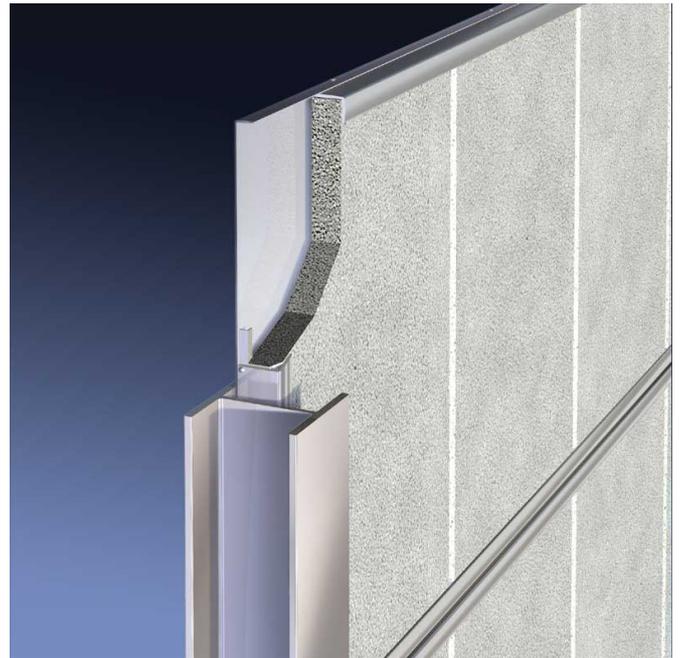
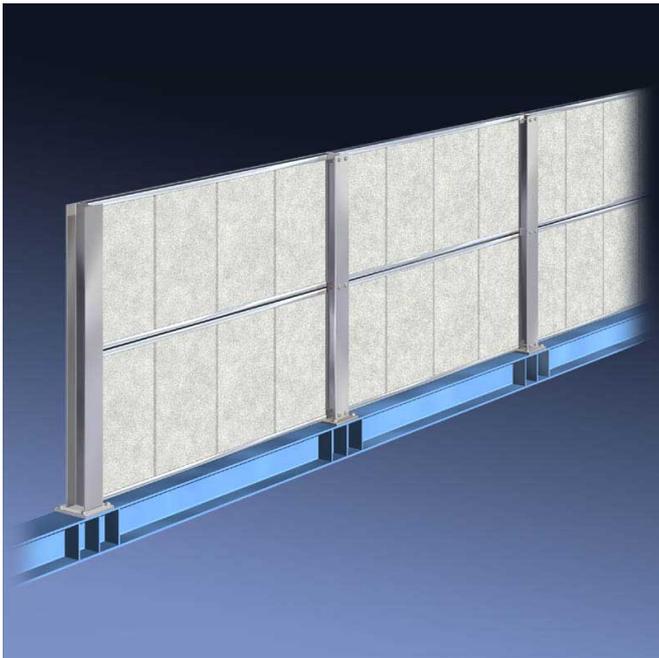


図-2 防音壁タイプ
Sound barrier type

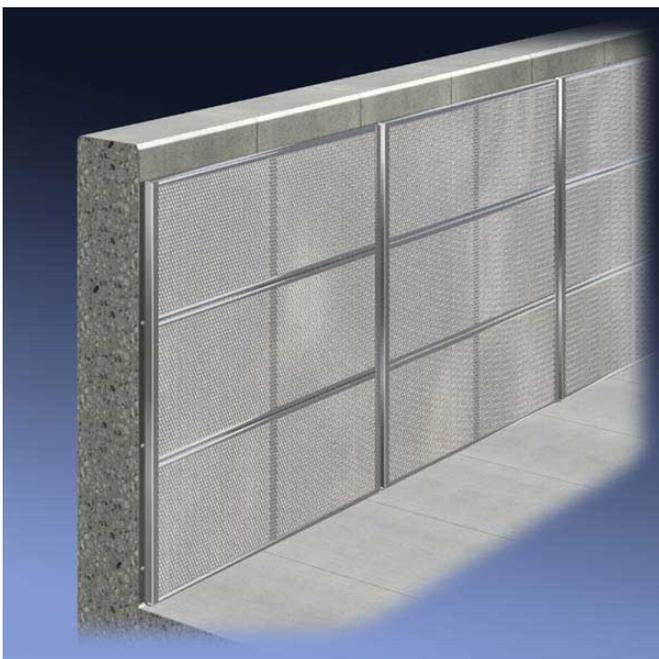


図-3 貼付けタイプ
Hanging type

した。

3.2 貼付けタイプ

コンクリート高欄やボックスカルバートの内側に設置する貼付けタイプの構造を図-3に示す。吸音壁は、テプサム吸音板（EPS吸音板）と格子枠、防護用パンチングメタルから構成される。格子枠は後述する様に対象とする発生音の周波数特性に合せた吸音性能を確保するためのものである。一方、防護用パンチングメタルは、保線等の作業時に対する吸音板の保護用である。これは、吸音壁を設置する軌道傍の建築限界から吸音壁に要求される厚さ（今回開発した製品では約50mm）を実現するため、吸音板の厚さを24mmと防音壁タイプに比べて薄くしたことによるものである。

なお、このタイプの吸音壁は、設置する部位（コンク

リート高欄等）が遮音性能を有する強固な構造体であるため、吸音壁自体には遮音性能を確保するための遮音用鉄板はない。

4. 吸音壁の性能

4.1 吸音板の物性

開発した吸音壁で使用したテプサム吸音板の使用材料および調合を表-2に、材料物性を表-3に示す。試験結果からわかるように、防護用パンチングメタルを使用しない防音壁タイプに使用したテプサムは、貼付けタイプ用テプサムより強度物性を高めている。4,000時間まで行った促進耐候性は、どちらのテプサム吸音板も色差の結果は色相にはあまり差は認められないが明度が大きくなる

表-2 テプサム吸音板の使用材料 (vol.%)
Material of Tepsam sound absorptive board (vol.%)

材料	防音壁タイプ(厚50mm)		貼付けタイプ(厚24mm)
	表層10mm	基層40mm	
普通ポルトランドセメント	11.1	11.1	19.0
骨材 E P S ゼオライト	- 52.0	52.0 (タイプ O) -	38.0 (タイプ E 15.2、タイプ M22.8) -
混和材 シリカフューム フライアッシュ	- -	- -	1.4 1.0
水	10.5	10.5	12.5
補強樹脂液（アクリル系）	1.75	1.75	3.0
補強繊維（ポリビニル系）繊維長3mm	-	0.06	0.10
増粘剤（メチルセルロース）	0.02	0.02	0.03
高性能減水剤	0.3	0.3	1.90
空隙	24.33	24.27	23.07

骨材物性

E P S 骨材

タイプ O (Tepsa:テプサ):温風減容処理骨材 (密度0.2g/cm³、最大粒径2.5mm)

タイプ E:遠赤外線減容処理骨材 (密度0.5g/cm³、最大粒径4.0mm)

タイプ M:フライアッシュまぶし処理骨材 (密度0.16g/cm³、最大粒径2.0mm)

ゼオライト (密度2.3g/cm³、最大粒径3.0mm)

表-3 テプサム吸音板の材料物性
Properties of Tepsam sound absorptive board

材料物性項目	試験体寸法 (cm)	試験方法	防音壁タイプ	貼付けタイプ
単位容積質量	2リットル容器	JIS A 1104に準拠	0.85g/cm ³	0.9g/cm ³
圧縮強度	4×4×16	JIS R 5201に準拠	4.0N/mm ²	3.0N/mm ²
曲げ強度	4×4×16	JIS R 5201に準拠	1.8N/mm ²	1.0N/mm ²
ボード曲げ強度	50×40(厚3)	JIS A 1408に準拠	1.30N/mm ²	0.73N/mm ²
耐衝撃エネルギー	50×40(厚3)	JIS A 1408に準拠	400kg・cm (なす形おもり1kg使用)	100kg・cm (なす形おもり1kg使用)
促進耐候性 4,000時間	15×7(厚3)	JIS A 1415に準拠	色差変化:明度のみやや大 曲げ強度:低下無し	色差変化:明度のみやや大 曲げ強度:低下無し
燃焼性	5×5(厚5)	簡易放射加熱装置による(加熱強度50kw/m ²)	10分間着火せず (準不燃相当)	10分間着火せず (準不燃相当)

傾向に有る。曲げ強度は、暴露前に比べて低下なく、安定している。燃焼性の確認は、輻射熱電気ヒーターを用いた簡易放射加熱装置を使用し、発熱性試験（ISO5660Part1, コーンカロリメーター）の加熱強度（50kw/m²）とほぼ同程度の加熱強度で行った。結果は、両タイプとも準不燃材料の試験時間である10分間において、若干のガス発生は認められるが着火しないことが確認された。

4.2 吸音性能

テプサム吸音壁の吸音性能として、残響室法吸音率を図-4に示す。同図中には、今回開発した吸音壁で対象とした「車輪・レール系音」のうち、転動音ときしり音のピーク周波数範囲を示した。

テプサム吸音板のような多孔質吸音板の吸音性能は吸音板と空気層の厚さをコントロールすることにより、吸音性能を変えることができる。本件の場合、対象音のピーク周波数となる500~1kHzでピークを示す吸音率となるようにテプサム吸音板の厚さと空気層厚さを決定した。また、貼付けタイプの空気層に挿入した格子枠は、空気層を確保するための支持材としての機能に加え、吸音性能の向上を狙って設計しており、ピーク周波数で約10%の吸音性能の向上が図られている。

4.3 落書き防止性能

地平部に設置される防音壁では、夜間の列車が運行しない時間に踏切などから軌道に入ることが容易であるため、落書きの被害が多く報告されている。このため、防音壁タイプのテプサム吸音壁では、スプレー塗料による落書きを未然に防止する目的で、吸音板の表面に落書き対策塗料を塗付した。この落書き対策塗料は、落書きに使われるスプレー塗料による着色のしにくさと落書き除去性能を向上させるものである。写真-1に落書き対策を

施したテプサム吸音板と施していないテプサム吸音板に落書きに見立てたスプレー塗料を塗布した直後の状況を示す。落書き対策を施すと、スプレー塗料による着色がしにくいことが分かる。なお、落書き防止対策塗料の塗付による吸音性能の低下は殆どなかった。

5. 実施適用

開発した2タイプの吸音壁のうち、貼付けタイプを小田急電鉄喜多見電車基地出入庫線等〔約3,000m²〕において実施適用した。写真-2に施工後の状況を示す。なお、

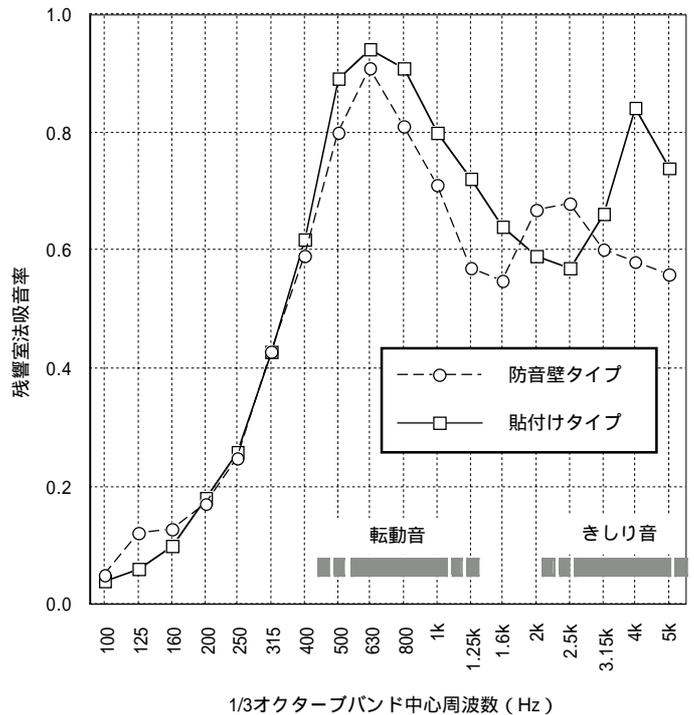


図-4 テプサム吸音壁の残響室法吸音率
Absorptive co-efficient of Tepsam sound absorptive barrier



写真-1 落書き対策試験（左が対策済，右が未対策）
Test of anti graffiti abilities (Left:with precaution, Right:without precaution)

参考として防音壁タイプのイメージを図-5に示す。

鉄株式会社の関係各位に謝意を表する。

6. まとめ

参考文献

使用済EPSを骨材としたテブサム吸音板を用いた吸音壁2種類を開発し、その内の貼付けタイプを実施適用した。今後は、さらなる吸音性能の向上を図るとともに、より軽量の吸音壁として施工性の向上を図る予定である。最後に、実施適用にあたり、ご協力頂いた小田急電

- 1)小林治男, 檜垣貫司, 真島正人, 長瀬公一, 後藤和正, 大畑克三: 使用済み発泡スチロール粒を用いた軽量土工法, 大成建設技術研究所報, 第33号, pp.5-8, 2000.
- 2)田中秀男, 土屋弘志, 長瀬公一, 田端淳, 細萱理子: 廃発泡スチロールを骨材に用いたセメント系吸音材の研究, 大成建設技術研究所報, 第32号, pp.137-140, 1999.



写真-2 貼付けタイプ
Hanging type



図-5 防音壁タイプ
Sound barrier type