

〔要 旨〕

鉄道騒音防止試験工事として、日本鉄道建設公団が、新施工法により、無道床防じんばんだ路鋼はんげた（レール継目なし）に施工して、一応の成果を挙げたものである。なほ、本工法は電車床面が主げたUpper Flange 面より高い状態で遮音板閉工法（通称ダンブレ工法）を施工せずに、また、橋側歩道高らん塀をも取付けずに、日照権、通風問題を兼ね合せて、騒音を低減した新しい施工例である。

〔概 要〕

本工法は、直接的騒音低減工法とも言えるもので、昭和48年11月より、昭和49年1月にかけて、国鉄根岸線本郷台～大船駅間、19K546M、宮の前第2架道橋（無道床防じん鋼張板付・無塀高らん付橋側歩道・1×2.2M・斜角28度・3線4主下路鋼はんげたの菱形・けた下空頭4M700限界道路・谷間地形・人家密集）に施工したものである。

作業としては、線路内は原則として、終電初電間、道路内は昼間片側通行により施工した。なほ、防振吸音レール工法等軌道に直接関係ある工事は、日本国有鉄道東京南鉄道管理局に依託施工したものである。鉄げたウレタン注入工法については、当公団総裁及び筆者外関係者により、特許出願中のものである。防振吸音レール工法のゴムも、実用新案出願中のものである。（図-1）

〔施工法〕……………施工順種別

第1次工法（ゴムアスファルト工法）

(1) 二層防水式ゴムアスファルトモルタル工法

本工法は、防じん鋼張板上面に施工し、振動騒音を低減させる工法である。鋼板の耐腐蝕、アスファルトの耐亀裂に重点をおいた。（表-1～4）

（表-1）

| 施工順序 | アスファルト2層防水   |
|------|--------------|
| 1    | アスファルトプライマー  |
| 2    | ブローンアスファルト   |
| 3    | ヘッマンクロス      |
| 4    | ブローンアスファルト   |
| 5    | ヘッマンクロス      |
| 6    | ブローンアスファルト   |
| 7    | ゴムアスファルトモルタル |
| 8    | ゴムアスファルト塗布   |

表-2 工場製アスファルトモルタル200Kg当りに加える

| ゴムアスファルト | 20ℓ | 加熱温度     |
|----------|-----|----------|
| タ ル ク    | 6ℓ  | 130～150℃ |

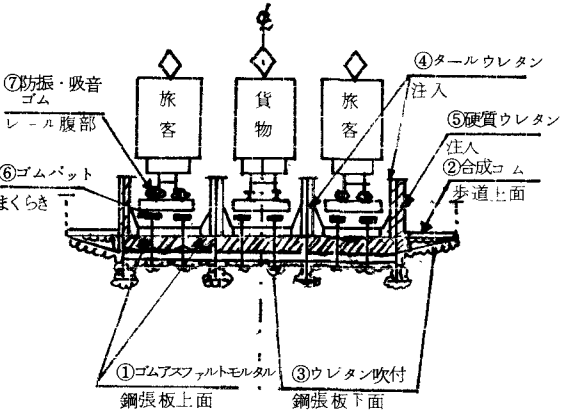
表-3 標準使用量及び出来上り厚み（1m<sup>2</sup>当り）

| 項目           | アスファルトプライマー         | ブローンアスファルト           | ヘッマンクロス                           | 出来上り寸法 |
|--------------|---------------------|----------------------|-----------------------------------|--------|
| 2層防水工        | 0.3ℓ/m <sup>2</sup> | 6.5Kg/m <sup>2</sup> | 2.4m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> | 5mm以上  |
| ゴムアスファルトモルタル |                     |                      |                                   | 60 #   |

表-4 ゴムアスファルト（フジソール）

| ブローンアスファルト | 65% | 比 重 | 針入度   | 軟火点    | フ ロー |
|------------|-----|-----|-------|--------|------|
| 生ゴム（粉末）    | 30% | 11  | 20～30 | 115℃以上 | 0    |
| 安 定 剤      | 5%  |     |       |        |      |

図-1



(2) 合成ゴム変性アスファルトエマルジョン樹脂工法

本工法は、当初、橋側歩道鋼製張板上面に普通の樹脂モルタルを施工したが、亀裂が入ったので本工法に切替えたものである。施工順序としては、ハルコート塗布（10mm厚1回塗り ゴムアスファルトエマルジョン）トップコート塗布（保護層、合成樹脂エマルジョン）を施工した。

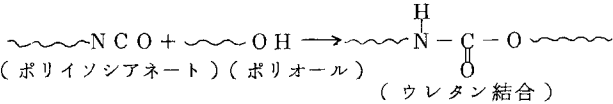
（表-5）

| 種 別 | 名 称        | 比 率             | 摘 要                                                                       |
|-----|------------|-----------------|---------------------------------------------------------------------------|
| 組 成 | 合成ゴムアスファルト | 10部(1Kg/㎡/10mm) | 日本合成ゴムkk<br>JSR ハルコート<br>樹脂 { 合成ゴム<br>(SBR) } アスファ<br>ルトモルタル<br>JSRトップコート |
|     | ソリカ        | 0.4部 (Kg)       |                                                                           |
|     | 硬化剤        | 0.2部 (Kg)       |                                                                           |
|     | 増粘剤        | 0.2部 (Kg)       |                                                                           |
| 成 分 | 合成ゴム       | 40部             |                                                                           |
|     | アスファルト     | 60部             |                                                                           |

以上の2工法施工の結果は、8000Hz dB(C)が少なくなり、高周波から低周波への移動が認められたが低減dB(A)は計画どおりではなかった。

第2次工法（ウレタン工法）

ウレタン工法を概説するまえに、極めて簡単に、ウレタンについて述べると、ウレタンフォームとは、特殊なポリオールを主成分とする液とポリイソシアネートの主成分とする2液の反応により形成され、現場発泡が容易なプラスチックフォームの一種であり、化学反応は次の通りである。



ウレタンフォームの特性その他は（表-6、7、8、9、10、11、12）に示す。

(3) 半硬質ウレタンフォーム（連続気泡型）現場発泡吹付工法

本工法は、橋側歩道鋼ばん下面、防じん鋼張板下面及び同張板下面に位置する主げた、横げた、綾構げたの全部に施工した工法である。吹付厚は30mm以上とし、橋台けた座、同胸壁の空間は、そのまゝの開放状態空間があるが、防じん鋼張板間の空間は、耐水ベニアにより接着剤によるふさが、排水パイプ取付後吹付を実施した。道路は片側通行、作業時間（9時～16時）制限を受けた。ウレタン飛散防止のため天幕囲、小型トラック足場とした。本工法は、鋼床はんげた、合成げた等は勿論、コンクリート高架橋下端、塀等に吹付ける等のことが考えられる。本工法は、微振動制止と最大のねらいは吸音である。型枠費を節約する等長所のある反面、出来上りの美観が余りよくない短所がある。橋りょう下部の騒音低減効果は、かなり良好であったと思われる。

(4) 軟質タールウレタンフォーム（連続気泡型）現場発泡注入工法

本工法は、橋側歩道側を除く内側主げた及び横げた腹板に施工した工法である。軟質タールウレタンフォームの特性は、耐候性、吸音性に優れ、しかも比重が高いために制振効果もある。使用条件から考えて、難燃処理をした。施工要領は腹板に、タールウレタンフォームを、厚み50mmとなるように、自己接着発泡させ、表面には、ガラスペーパーを配した。吸音、制振、耐燃、耐候性の向上をねらったものである。本工事は型枠の“バリ”を護輪軌条にとる等の線間作業であるため、終電～初電間の作業となった。なお、前項(3)と同じように、鋼床はんげた、合成げた、高架橋下端、防音壁等に注入工を施工して効果をあげることが考えられる。橋りょう上部についての騒音低減効果は前項(3)工法、防振吸音レベル工法と同程度にかなり良好であったと思われる。

(5) 硬質ウレタンフォーム（独立気泡型）現場発泡注入工法

本工法は、橋側歩道側主げた腹板（外側）に施工した工法で、制振・遮音をねらった。硬質ウレタンフォームの特性は、遮音性に優れ、しかも発泡時において、自己接着性に優れているので、本箇所の施工には適した工法と考えられる。遮音、橋りょう美観、耐燃性、耐候性を考慮して、型枠兼用表面処理

として波型鋼はんを施し、ペンキ塗装とした。厚みは、50mmとし、作業要領は、前項注入工法と同じである。本工事は、昼間作業が可能であり、その効果は、かなり良好であったと思われる。

ウレタン工法によって海岸地方における塩害や、工場煤煙害等による鋼げたの腐蝕防止も考えられる。

第3次工法（防振ゴム工法）

(6) 縦げた防振ゴムパット工法

本工法は、縦げたを通じての振動を低減させるため、橋まくらぎ下面と、縦げた上面間に、厚み15mm、硬度75±5、のゴム板を挿入した工法である。振動試験をしなかった関係で効果数値は不明である。

（厚み15mm海外文献参考）

(7) 防振・吸音レール工法

本工法は、レール腹部に、防振吸音ゴムを取付ける工法である。理論的にも、現実的にも、列車通過時最高騒音源、振動源を低減させるに役立ち、レールの腹部に、ボルト穴等をあけなくて、短時間施工可能、取付け金具を含め、取りはずし簡易、工費比較的低廉等の特徴、利点が多い。構造は、音の乱反射減衰をねらい、凹凸のエボ状高低型ウレタン系チェラスト吸音材質、本体は天然ゴム硬度55±5、レール腹部と本体ゴム密着のために、ポリウレタンフォームのスポンジゴムシート、押え金具はレール側面に固定させる。当箇所の施工は、最初の試取付のみ終電～初電間施工、他は、昼間電車運行間合に施工した。取付金具を取付けずに、速度80km/h、10輦運転に異状なく、安全のために、取付金具を施工したことも実証できた。騒音低減効果は、かなり良好であったと思われる。（図-2）

表-6 諸材料吸音特性（吸音率）

| 材 料        | 厚みmm  | 低周波  | 中周波  | 高周波  |
|------------|-------|------|------|------|
| 軟質ウレタンフォーム | 25~30 | 0.25 | 0.85 | 0.9  |
| 煉 瓦        |       | 0.02 | 0.02 | 0.04 |
| コンクリート     |       | 0.01 | 0.02 | 0.02 |
| コルク又は木     |       | 0.05 | 0.05 | 0.1  |
| グラスウール     | 25    | 0.2  | 0.7  | 0.9  |
| "          | 50    | 0.3  | 0.8  | 0.75 |
| 木          | 25    | 0.1  | 0.4  | 0.6  |
| "          | 75    | 0.2  | 0.8  | 0.08 |

反射音強さ  
吸音率=1- 入射音強さ

ICI資料（Imperial Chemical Industry資料… 英国）

（花王石鹼株式会社提供資料）

表-8 ウレタンフォームの自己接着性

（密度0.03～0.04g/cm<sup>3</sup>の硬質フォームでの一例）

| 接 着 対 象 物      | 接着力（Kg/cm <sup>2</sup> ） |
|----------------|--------------------------|
| 鉄板（未処理）        | 1.02（せん断）                |
| "（防錆ペイント塗布）    | >1.69（"）                 |
| "（ほこり附着）       | 0.94（"）                  |
| "（錆止油塗布）       | 0.65（"）                  |
| "（水附着）         | 0.28（"）                  |
| ステンレス（未処理）     | 1.25（"）                  |
| アルミニウム（未処理）    | 1.50（"）                  |
| "（脱脂）          | 2.23（"）                  |
| ABS            | >1.55（"）                 |
| FRV（ガラス繊維強化塩ビ） | >1.27（"）                 |
| 段ボール           | 1.41（引張）                 |

（花王石鹼株式会社 産業科学研究所資料）

表-10 耐候性試験結果

| 測定項目                          | フォーム種類  | 比重   | ウェザオメーター照射時間 |       |       |
|-------------------------------|---------|------|--------------|-------|-------|
|                               |         |      | 0 hr         | 250hr | 500hr |
| 引張強度<br>（Kg/cm <sup>2</sup> ） | タールウレタン | 0.1  | 1.01         | 2.73  | 1.46  |
|                               | 軟質ウレタン  | 0.05 | 1.50         | 2.30  | 0.49  |
| 引裂強度（Kg/cm <sup>2</sup> ）     | タールウレタン | 0.1  | 0.12         | 0.74  | 0.37  |
| 接着強度（Kg/cm <sup>2</sup> ）     | タールウレタン | 0.1  | 0.90         | 4.56  | 3.84  |

（日本添加剤工業株式会社・日清紡績株式会社）

表-7 連続及び独立気泡の比較（吸音率）

（硬質ウレタンフォーム）

| 周波数<br>（Hz） | 125  | 250  | 350  | 500  | 1000 | 2000 | 4000 | NRC  |
|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 連続気泡        | 0.14 | 0.22 | 0.31 | 0.69 | 0.52 | 0.83 | 0.73 | 0.56 |
| 独立 "        | 0.12 | 0.18 | 0.20 | 0.27 | 0.12 | 0.62 | 0.22 | 0.32 |

（GL BALL<sup>III</sup>, Dr M. SCHWARTZ and Dr J. SLONG  
Official Digest June, 1960）

※ NRC; Normal Reduction Coefficient · 平均  
250, 500, 1000, 2000 Hzでの平均値  
（花王石鹼株式会社提供資料）

表-9 フォーム厚さの吸音特性に対する影響（吸音率）

（軟質スプレーフォーム）

| 試験片<br>厚さ<br>（インチ） | 125  | 250  | 350  | 500  | 1000 | 2000 | 4000 | NRC  |
|--------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| ① 1/4              | 0.14 | 0.18 | 0.21 | 0.30 | 0.67 | 0.37 | 0.78 | 0.38 |
| ② 1/2              | 0.15 | 0.23 | 0.26 | 0.40 | 0.84 | 0.97 | 0.76 | 0.61 |
| ③ 1 1/8            | 0.28 | 0.60 | 0.62 | 0.62 | 0.70 | 0.77 | 0.56 | 0.67 |
| ④ 1 1/8            | 0.29 | 0.61 | 0.64 | 0.61 | 0.71 | 0.78 | 0.55 | 0.68 |

（GL-BALL<sup>III</sup>, Dr M. SCHWARTZ and Dr J. SLONG  
Official Digest, June, 1960）

（注）①②③軟質ウレタンフォーム表面にペイントを塗布しないもの。  
④軟質ウレタンフォーム表面にペイントを塗布したもの。  
（花王石鹼株式会社提供資料）

表 1 1 ウレタンフォーム物性表

| ウレタンフォームの種類                      | 半硬質                    | 軟質 ターレ         | 硬 質                 |
|----------------------------------|------------------------|----------------|---------------------|
| 項目                               | ウレタンフォーム               | ウレタンフォーム       | ウレタンフォーム            |
| 色                                | 淡 黄 色                  | 黒 色            | 淡 黄 色               |
| 比 重                              | 0.08                   | 0.1            | 0.034               |
| 圧 縮 強 度<br>(Kg/cm <sup>2</sup> ) | (25%) 0.3<br>(50%) 0.5 |                | 2.0<br>(発泡方向に対して平行) |
| 引 張 強 度<br>(Kg/cm <sup>2</sup> ) | 1.0~1.2                | 1.01           | 2.2<br>(発泡方向に対して垂直) |
| 伸 び 率 (%)                        | 40~50                  |                |                     |
| 引張強度 (Kg/cm <sup>2</sup> )       | 0.5~0.6                | 0.12           |                     |
| 圧縮永久歪 (%)                        | 5~10                   |                |                     |
| 反発弾性率 (%)                        | 30~40                  |                |                     |
| 接着強度 (Kg/cm <sup>2</sup> )       |                        | 0.9            | 2.0                 |
| 難 燃 性                            | S E<br>(自己消火性)         | N B<br>(自己消火性) | N B<br>(自己消火性)      |
| メ ー カ ー                          | 花王石鹼 K K               | 日清紡績 K K       | 日清紡績 K K            |

### 〔測定結果〕

本鉄げたの外注測定（6回測定平均値）による最高効果の一例を参考までに挙げてみると、下り線軌道中心より12.5m離れでの最大効果位置はR・Lの高さの位置であって、列車速度70km/h・施工前96.5dB(A)〔実測値平均101.4dB(A)、最高104.3dB(A)〕であったのが、ウレタン工法までの施工で、89.2dB(A)〔実測値平均90.7dB(A)〕防振、吸音レール工法までの施工で80.1dB(A)〔実測値平均80.8dB(A)〕であった。なお周波数分析結果は、施工前軌道中心より6m～25m位置までの8000HzdB(C)が約87～60dB(C)あったが、施工後は読みとれなかった箇所、又約40～60dB(C)程度と、全般的に高周波から低周波への移動と約20dB(A)程度の低減が認められた。さらに参考までに横浜市公害対策局にて測定した近隣の橋りよう碎石道床鉄筋コンクリート単丁げた下り線軌道中心12.5m離れの周波数分析結果数値を挙げてみると8000HzdB(C)は43～55dB(C)で実測値81dB(A)であり、本鉄げたは下り線軌道中心12.5m離れ地上47m（約R・L高さ）列車速度70km/hで8000HzdB(C)は75dB(C)で実測値102～103dB(A)であることが明らかにされている。また横浜市公害対策局測定機器種と鉄道公団測定機器種を同一にし、測定時間帯もほぼ同一とした。防振・吸音ゴム取付関係では、鉄げた中央位置でのレール水平30cm離れの電車通過レール施工前騒音は測定結果から判断して約116～122dB(A)であり、防振・吸音ゴムのレール取付け後は約5～7dB(A)程度低減されたものと推定される。

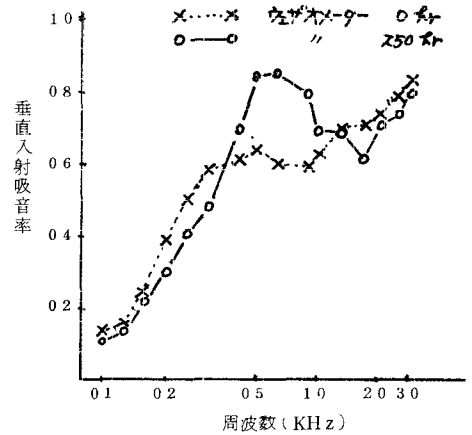
実際の現象としては施工前は、列車通過時においては、会話や電話の通話が不可能であったのが、施工後は可能になったことも参考迄に述べる次第である。

### 〔結 語〕

本施工法のウレタンフォームの耐候性及び鋼材腐蝕等その他に与える影響については、試験片において確認して実施したものであるが、実際に施工したのは、本橋りようがはじめてのものであり、効果の持続性、保守その他の問題については、今後のものとし、現状ではかなり騒音低減の効果があったと思われる。

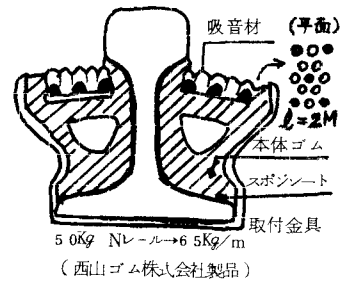
最後に、このたび本試験施行を成し得たこと、公表の機会を得させて頂いたことは、特に私の直接の上司、幹部及び日本国有鉄道関係者、並びに部外関係者の絶大な御指導、御協力、御鞭達のおかげであり、衷心より深謝申し上げる次第であります。

表 1 2 タールウレタンフォームの吸音特性



〔日本添加剤工業株式会社資料〕

図 2



（西山ゴム株式会社製品）