

## 3号神戸線の環境対策（高架裏面吸音板）

工務部 設計課 古池 正 宏  
大阪管理部 大阪第二維持事務所 上 中 勝  
神戸第一建設部 調査課 今 井 康 行

### 要 旨

「国道43号・阪神高速道路騒音排気ガス規制等請求事件」（以下国道43号等訴訟という）における最高裁判決（平成7年7月7日）の受忍限度（騒音）を満足させるべく「国道43号・阪神高速神戸線環境対策連絡会議」（以下連絡会議という）を設置し、総合的な観点から環境対策の検討を進めている。公団においても道路構造対策として、阪神大震災の震災復旧に併せ、新型遮音壁や高遮音壁の設置、低騒音舗装の敷設などを実施するとともに3号神戸線全線開通後は、国道43号の3車線化や遮音壁の設置と並行しながら、高架裏面吸音板の設置を鋭意行い、平成10年3月末に完成した。

今回設置した「高架裏面吸音板」とは、3号神戸線と国道43号のように高架道路が平面道路に併設されている場合などにおいて、下層道路を走行する自動車騒音が高架裏面に反射して道路沿道の騒音を増幅させる反射音に対して、高架裏面に吸音板を設置して反射音を減音させる騒音対策工法である。公団においては他に先がけ従前から試験施工を実施するなど永年に渡り委員会等を通じて調査研究を行い、設置効果を確認してきたもので今回、3号神戸線の環境対策にあたり採用したものである。

本稿文は、高架裏面吸音板設置の背景、吸音板の開発経緯、対策内容、製品規格及び設置効果等について報告するものである。

キーワード：最高裁判決、受忍限度、高架裏面反射音、高架裏面吸音板、吸音性能試験、効果測定

### 1. はじめに

自動車騒音の道路構造対策としては、騒音の伝搬経路において、遮音壁の設置により音を回折減衰させたり、沿道に環境施設帯を設置して距離減衰させたりする対策や、騒音の発生源に空隙の多い多孔質な低騒音舗装（排水性舗装）によって舗装とタイヤの摩擦音を軽減させたり、ノージョイント化によりジョイント音を無くしたりするなど様々な対策がある。

しかし、高架道路と平面道路が併設している場所や、高架道路が二層構造となっている場所などでは、下層道路を走行する自動車の騒音が高架裏

面に反射して生ずる高架裏面反射音がある。特に下層道路に遮音壁が設置されている場合や、下層道路が盛土部になり受音点から見て段差構造となっている場合は、自動車からの直達音が抑えられるため、相対的に高架裏面反射音がより影響を持つことがある。公団では、この対策として昭和59年～平成5年にかけて模型実験により検討を進めながら約1.2kmの試験施工を実施してきた。

今回、国道43号等訴訟の最高裁判決を受け、受忍限度を満足すべく可能な限りの道路構造対策の一つとして、国道43号と3号神戸線（兵庫県）が併設している区間で、国道43号に遮音壁が設置される区間において高架裏面吸音板を約20kmに

わたり設置したので、その概要を報告する。

## 2. 最高裁判決について(受忍限度の考え方)

平成7年7月7日に下された国道43号等訴訟の最高裁判決は、騒音問題で道路管理者が被告となっている訴訟としては国内で最初の結審であった。

最高裁判決における受忍限度は、環境基準等で用いられている統計量の中央値 $L_{50}$ ではなく、国際的に騒音レベルの評価量として用いられている等価騒音レベルの $L_{eq}$ が採用された。その要旨は、居住地における屋外 $L_{eq}$ を主要な基準とし、本件道路端(注)と居住地との距離を補助的な基準としている。(表-1)

表-1 最高裁判決の受忍限度

<p>①居住地における屋外等価騒音レベル<math>L_{eq}</math>が65dB以上の騒音に暴露された者は、本件道路端と居住地との距離の長短に係わらず受忍限度を超えていると判断。</p> <p>②本件道路端と居住地の距離が20m以内の者は、</p> <ul style="list-style-type: none"><li>・その全員が排ガス中の浮遊粒子状物質により、受忍限度を超える被害を受けた。</li><li>・騒音及び排ガスによる被害以外の心理的被害等を併せて考えると、屋外<math>L_{eq}</math>が60dB以上の場合に受忍限度を超える被害を受けた。</li></ul> <p>と判断。</p>
---

(注) 本件道路端は車道部端からの距離により行われている鑑定を基に判決が出されており、実質的には車道部端を意味するものと解される。

## 3. 最高裁判決の対応(連絡会議の設置)

最高裁判決を受け、総合的な観点から騒音対策の一層の推進を図るために各関係機関(近畿通産局、近畿運輸局、兵庫県、兵庫県警、神戸市、尼崎市、西宮市、芦屋市、近畿地方建設局、阪神高速道路公団)により「国道43号・阪神高速神戸線環境対策連絡会議」を平成7年8月2日に設置した。

その基本認識は沿道環境対策については、道路

の構造面でできる限りの対応を行うものとするが、これに加えて、沿道の活力を生かした幹線道路と調和したまちづくりを行うことが望ましいこと、道路利用のあり方にも配慮を求める世論が高まっていること等に鑑みれば、沿道対策や交通流対策等の各種施策を総合的に講じていくことの重要性が、これまで以上に強く認識されなければならない。

### 3-1 道路交通騒音対策(「中間とりまとめ」)

連絡会議では、国道43号及び阪神高速神戸線に係る道路交通騒音対策として、平成7年11月15日に記者発表された「中間とりまとめ」の中で、自動車単体対策、道路構造対策、交通流対策、沿道対策及び環境調査の5分野に区分し施策の具体化の検討を示している。

### 3-2 公団の道路構造対策

連絡会議の「中間とりまとめ」を踏まえ、公団が3号神戸線(兵庫県域)に実施した道路構造対策は以下のとおりである。

#### (1) 新型遮音壁の設置

住居が連担する地域等の騒音対策が必要な区間に設置。

#### (2) 高遮音壁の設置

国道43号沿道の高層住宅に面する区間に必要に応じて設置。

#### (3) 高架裏面吸音板の設置

国道43号に遮音壁が設置される予定の区間に設置。

#### (4) 低騒音舗装(排水性舗装)の敷設

3号神戸線(兵庫県域)の全線に敷設。

#### (5) その他

連続桁の採用、既設桁の連結、高架裏面吸音板の設置されない区間の裏面及び側面に化粧板の設置、橋脚の明彩塗装の実施、環境防災緑地の整備。

### 3-3 対策効果の試算

3-2に示された公団の対策及び建設省が実施した国道43号の3車線化及び低騒音舗装や高さ5mの遮音壁設置の対策効果としては、国道の沿道土地利用のため遮音壁を10mピッチに設置した時、10mの開口部の中央でかつ官民境界の高さ1.2

mの図-1の地点では、震災前の現況値(計算値)に比べると $L_{eq}$ の一日平均値で6～7dBの低減効果があると試算された。

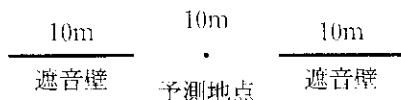


図-1 予測地点位置図

#### 4. 高架裏面吸音板の開発経緯

震災前まで公団では、「阪神高速道路騒音対策検討委員会」(昭和62年度～平成元年度)などを通じて裏面反射音の実態調査や模型実験等の検討結果より裏面反射音の影響が大きく、対策が有効と考えられる神戸線の3地区について高架裏面吸音板を試験的に設置した。その概要を以下に示す。

##### 4-1 武庫川地区

公団として最初の設置箇所、大阪西宮線供用(昭和56年6月27日)の前後に二層構造区間で騒音測定を行った結果、反射音の影響と思われる増加が見られた。そこで、昭和59年度に吸音材をアルミ製の枠材で挟み込んだ平板型の吸音板(図-2)を約460mにわたり設置した。これにより設置前後の減音効果は $L_{50}$ で2～5dBであった。

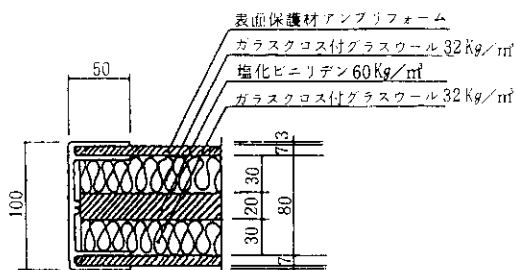


図-2 吸音板断面図

##### 4-2 道意地区

武庫川地区の試験施工結果を踏まえて実施した模型実験より、平板型の吸音板に比べ吸音面積を大きく持つ円筒型の方が吸音力が大きく、減音効果も大きいことがわかった。そして平成4年度に国道43号に遮音壁が設置され直達音が遮断されて

いる箇所に円筒型のアルミ発泡材の中にグラスウールを組み込んだ吸音板(図-3)を約270m設置した。これにより設置前後の減音効果は $L_{50}$ で2～5dBであった。

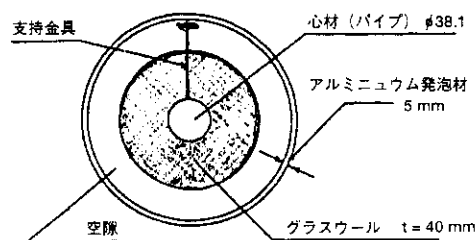


図-3 吸音板断面図

##### 4-3 夙川地区

道意地区と同様に平成4年度に円筒型のアルミ繊維材の中にグラスウールを組み込んだ吸音板(図-4)を約470m設置した。これにより設置前後の減音効果は $L_{50}$ で2～5dBであった。

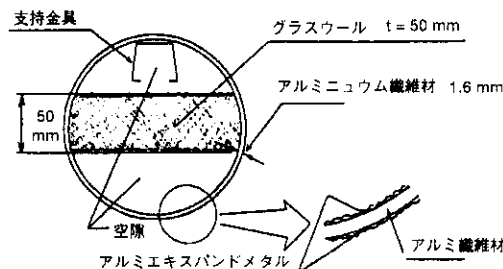


図-4 吸音板断面図

#### 5. 吸音板の品質仕様(吸音性能)

今回の吸音板の仕様については重量の軽減や耐候性、施工性、景観等に配慮すると共に国道43号の3車線化に伴い、構造物の点検及び維持補修作業のための足場設置等の路下規制が困難となるため、高架構造物音にも配慮した足場併用型の構造とした。また吸音性能については、試験施工時に定めた残響室法吸音率の規定値と新たに斜入射吸音率及び挿入損失の規定値を以下の手法に基づいて設定した。

##### 5-1 残響室法吸音率(力)

JIS A1409に準じた測定であり、室内に用いら

れる吸音材料の吸音性能を把握するために一般的によく用いられている。

道意地区及び夙川地区の試験施工における吸音材料にも適用している。

### (1) 測定方法

残響室内に供試体 $12\text{m}^2$  ( $3\text{m} \times 4\text{m}$ ) を図-5のように設置し、供試体がある場合と無い場合の音の残響時間を測定し、吸音率を測定した。

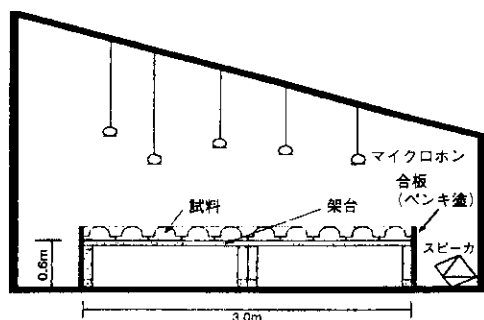


図-5 残響室法吸音率測定配置図 (参考)

### (2) 規定値

試験施工時と同様に道路交通騒音の周波数特性を考慮し、表-2のとおりとした。

表-2 残響室法吸音率規定値

周波数 (Hz)	吸音率
250	$0.6\text{m}^2/\text{m}^2$ 以上
500	$0.8\text{m}^2/\text{m}^2$ 以上
1000	$0.9\text{m}^2/\text{m}^2$ 以上
2000	$0.8\text{m}^2/\text{m}^2$ 以上

## 5-2 斜入射吸音率

残響室法吸音率(力)は、面積効果などにより吸音材料を過大に評価する傾向がある。実際の現場では、様々な角度から入射する騒音に対処するため、吸音板の放線方向に対する入射角に応じた吸音率から吸音性能を評価しなければならない。これまでJISなどで確立された測定方法がなかったが、今回は建設省の「平成7年度建設技術評価の課題(騒音低減効果の大きい吸音板の開発)」(以下、評価制度という)で定められた測定方法に準じた。

### (1) 測定方法

十分な広さと高さを持つ室内において、図-6に示すように、鋼床の表面から半径3mの円周上に音源(スピーカー)と受信点(マイクロホン)を配置した。試験音の入射角は反射面の法線に対して、 $0^\circ$ (垂直入射)、 $15^\circ$ 、 $30^\circ$ 、 $45^\circ$ とした。なお、入射角 $0^\circ$ のときは受信点と鋼床の距離を2.5mとした。

この状態で、供試体が無いときの鋼床からの反射音と、供試体 $20\text{m}^2$  ( $4\text{m} \times 5\text{m}$ ) を配置したときの供試体からの反射音を測定した。

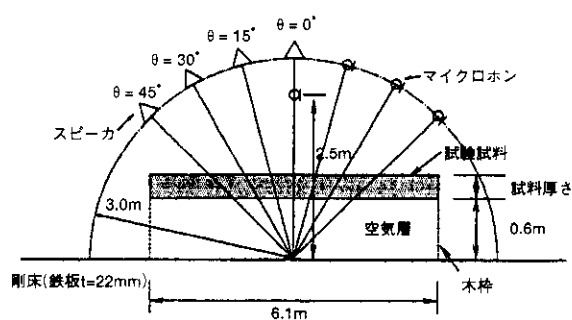


図-6 斜入射吸音率測定配置図

### (2) 規定値

建設省の評価制度より、図-7の入射角別の吸音率について算術平均したものに道路交通騒音の周波数特性を考慮して求められた平均斜入射吸音率が90%以上とした。

## 5-3 挿入損失

高架裏面反射音の吸音だけでなく自動車走行によって、ジョイントの段差部から発生するジョイント音や高架道路の構造物が加振されて発生する構造物音の対策についても考慮した。

### (1) 測定方法

図-7に示すように残響室を音源室とし、半無響室との間の開口( $2000\text{mm} \times 2000\text{mm}$ )に供試体を設置したときと、設置しないときの透過音を音響インテンシティ法により測定した。透過音の測定点は、開口の中央 $900\text{mm} \times 1000\text{mm}$ の範囲を $100\text{mm}$ 間隔で区切ったメッシュの交点とした。供試体からの距離は $500\text{mm}$ とした。

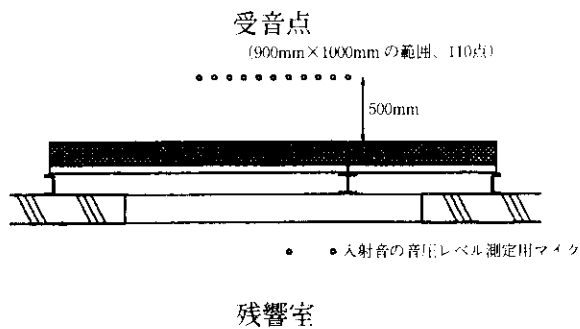


図 7 挿入損失測定配置図

## (2) 規定値

供試体が無いときとあるときの透過音の音響インテンシティレベルに高架構造物音の周波数特性をそれぞれ考慮して求めた挿入損失に対し、沿道の道路交通騒音に占める高架構造物音の影響が無視できる程度のレベルとして10dB以上とした。なお、高架構造物音の周波数特性等については国道43号が通行止め（六甲ライナー架設時）の時に実施した3号神戸線の騒音測定結果を用いた。

## 6. 応募製品

公団が提示した吸音部材の製品仕様に対し、民間により開発された吸音板は35製品であり、その内製品仕様を全て満足していたのは足場分離型3製品と足場一体型16製品の合計19製品であった。その結果は図-8のとおりである。

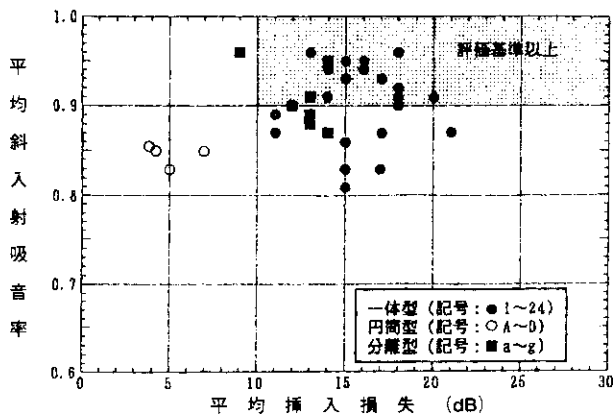
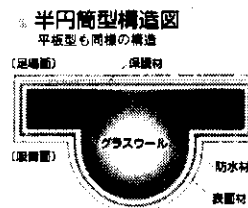


図 8 斜入射吸音率/挿入損失測定結果図

なお、足場一体型には、平板型と半円筒型の2種類がある。(図-9)

開発にあたっては吸音性能の他、耐候性・耐久性にも特に配慮し、吸音材料であるグラスウールの防水対策としてPVFフィルム(21 $\mu$ m)で包み、更に足場面等にはフィルムの破損を防ぐため保護材としてガラスクロス等を用いられ、これにより吸音性能に対する悪影響が考えられたが、フィルムを張りつめずに弛ませるなどの処置を講ずることにより、フィルム面からの反射を軽減し、規定値を満足されている。

### ●半円筒型構造図 (平板型も同様の構造)



表面材/アルミのパンチング板、エクスパンド、発泡材、繊維材、ステンレスのエクスパンド、塩ビ樹脂のパンチング板等  
 吸音材/グラスウール、アルミの発泡材、繊維材  
 保護材/ガラスクロス、ステンレスのメッシュ等  
 防水材/PVFフィルム、ETFEフィルム

図-9 足場一体型吸音材料(例)

表面材/アルミのパンチング板、エクスパンド、発泡材、繊維材、ステンレスのエクスパンド、塩ビ樹脂のパンチング板等  
 吸音材/グラスウール、アルミの発泡剤、繊維材  
 保護材/ガラスクロス、ステンレスメッシュ等  
 防水材/PVFフィルム、ETFEフィルム

## 7. 工事概要

高架裏面吸音板は国道43号に遮音壁が設置され、吸音板の効果が見込まれる区間に対して、図-10のように景観等に配慮して桁裏面の両端は平板型、中央部は半円筒型の足場一体型の吸音板を設置し、桁側面には化粧板を設置した。また、国道43号に遮音壁が設置されていない区間に対しては桁裏面及び側面に高架裏面吸音板との連続性を図るため、図-10と同様の形状で化粧板を設置した。

なお、音漏れ対策のため高架裏面吸音板と橋脚間の隙間を埋めるためゴムプレート等を設置した。

I 桁部

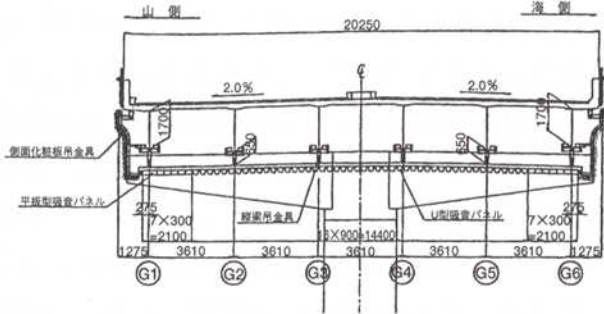


図-10 高架裏面吸音板設置標準図

7-1 吸音性能

工事に際し、吸音板の現場搬入時には工場製品として吸音性能試験を実施する必要がある。残響室法吸音率(力)、斜入射吸音率、挿入損失の3項目について、吸音板の製品毎に試験を行い、20000m<sup>2</sup>を越える毎にさらに1回実施することとした。参考として斜入射吸音率と挿入損失の平均的な結果を図-11に示す。

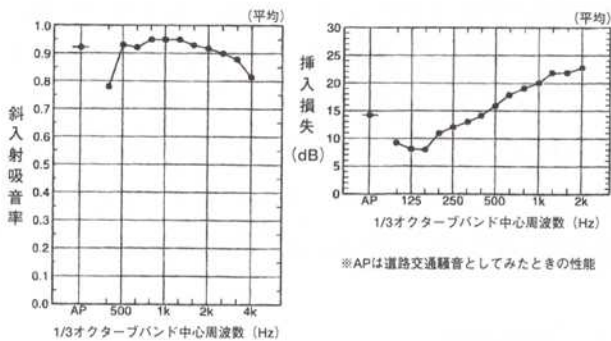


図-11 斜入射吸音率及び挿入損失測定結果

7-2 施工手順

足場の架設から取付材、吸音板及び側面化粧板の設置、足場の撤去に至る施工フローを図-12に示す。

7-3 施工数量

高架裏面吸音板の施工数量は約300000m<sup>2</sup>(延長約16km)であり、完成写真を以下に示す。

7-4 工程管理

国道43号の3車線化工事等との工程調整、高欄や桁の塗装の追加工事、約20kmにわたる膨大な

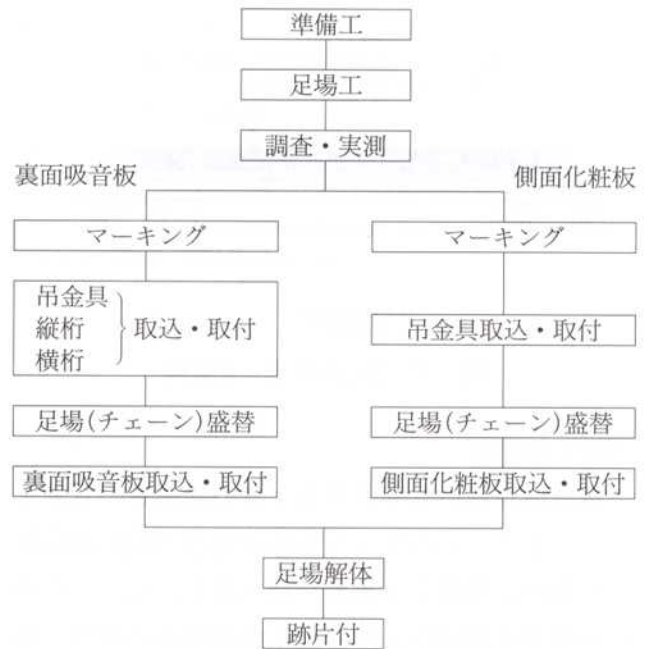


図-12 施工フロー

写真-1 完成写真



設計量、大量かつ多種寸法の吸音板及び側面板の製作などの様々な問題があったが、関係者の協力を得て無事完了することができた。設置工事(10000m<sup>2</sup>当たり)の標準工程表を表-3に示す。

表-3 標準工程表(日)

	30	90	150	210	270
設計					
製作		—	—	—	—
足場設置	—	—			
部材取付			—	—	—
足場解体					—

## 8. 対策効果の測定

### 8-1 測定方法

高架裏面吸音板の設置前後の対策効果を把握するため、測定点は沿道状況を考慮しながら図-13のような配置を基本とし国道43号の遮音壁の背後や端部にも配置した。基準点については国道43号の中央分離帯の柵を利用して高さ3.5m地点に配置した。公団測定断面は6断面であり測定項目は、それぞれ騒音レベル( $L_{ep}$ ,  $L_{50}$ 等)について毎正時から600秒間の24回測定で、図-14において基準点の測定点1と国道43号の遮音壁背後の測定2, 5及び遮音壁端部の測定点2については周波数分析も行った。また、これらと併行して交通量の測定と騒音対策の実施状況等の調査も行った。

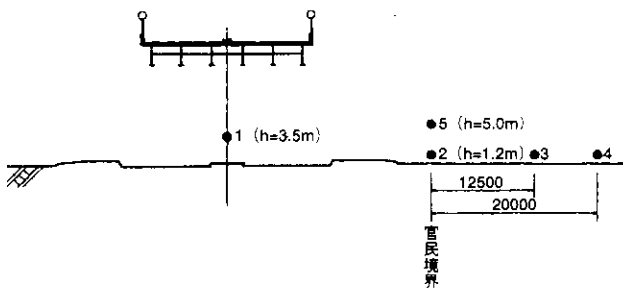


図-13 測定点の基本配置

### 8-2 対策効果の算出

$L_{ep}$ 及び $L_{50}$ について対策効果を算出した。調査時の交通量が対策前後で異なるため、 $L_{ep}$ あるいは $L_{50}$ と国道43号の小型車換算交通量との関係に対策前後について回帰により求めた。これにより得られた回帰式に高架裏面吸音板設置後の調査時の国道43号の小型車換算交通量の日平均値(以下、基準化交通量という)をあてはめ、設置前後の対策効果を推定した。対策効果の算出方法を以下に示す。

$$DL = L1 - L2$$

DL: 対策効果の推定値 (dB)

L1(2): 回帰式に基準化交通量をあてはめて算出した対策前(後)の騒音レベルの推定値 (dB)

基準化交通量を用いた換算交通量の算出にあたり、大型車の小型換算係数は、予測におけるパワーレベルの設定式が $L_{50}$ については大型車1台が小型車5台に、 $L_{ep}$ については大型車1台を小型車6台に換算する形に与えられることから、以下の通り設定した。

$$L_{50}: X = N1 + 5N2$$

(日本音響学会式のパワーレベル設定式より)

$$L_{ep}: X = N1 + 6N2$$

(土木研究所提案式のパワーレベル設定式より)

X: 換算交通量    N1: 小型車台数

N2: 大型車台数

### 8-3 測定結果

騒音レベル $L_{ep}$ または $L_{50}$ と換算交通量との回帰式に基準化交通量を当てはめて求めた対策効果は測定箇所及び測定点によりバラツキがあるが、 $L_{ep}$ では1~7dB、 $L_{50}$ では1~6dB程度の効果があり、事前に試算された結果と概ね一致した。効果の大きい箇所としては、3号神戸線の構造物が国道43号の道路端より張り出した箇所や国道43号の遮音壁中央部であった。

周波数特性については、200~315Hzより高い周波数帯域で対策効果が大きい場合が多かった。その例を図-14に示す。

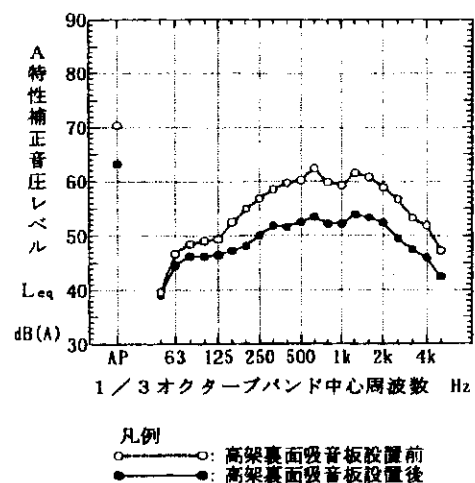


図-14 周波数特性(例)

この効果測定の実施にあたり、設置前の測定については国道43号の遮音壁の設置などの工事が全

て完了し、高架裏面に足場が無い状態での測定が理想であったが、現場工程との関係もあって設置前の調査が足場有りの状態での測定を行っている。今後このような条件等を加味しデータの解析を行うこととしている。

## 9. おわりに

高架裏面吸音板は、他公団等においても二層構造となった場所への裏面反射音対策として実施されつつある。3号神戸線の適用にあたり、公団では、平成8年度に「騒音対策検討委員会」(委員長：前川純一神戸大学名誉教授)を設立し、吸音材板の開発にあたってきたが、委員の方々のご指導を得て、これまで以上に優れた吸音板を設置できた。高架裏面吸音板の設置により、国道43号の道路構造対策はほぼ完了したが、騒音値の $L_{50}$ では大幅な減少が見られるものの、 $L_{ep}$ では受忍限度を超過している場所もあり、今後連絡会議の場で更なる対策として交通流対策や沿道対策等の検討が推進され、実施されることとなろう。

今回の研究成果が、新たな吸音板の開発に大きく貢献することを確認している。

最後に今回の3号神戸線の設置にあたり、ご指導、ご協力を頂いた関係各位に深く感謝いたします。

## 参考文献

- 1) 高橋文治, 都 良伸, 溝渕修治: 高架裏面反射音対策, 技報第5号, 1985.
- 2) 米倉 徹, 若林繁充, 丸山 悟: 円筒型裏面吸音材の設計, 技報第12号, 1992.
- 3) 上中 勝, 馬場 茂, 金治英貞: 高架裏面反射音対策における円筒型吸音材開発と効果, 第20回日本道路会議, 1993.