

3号神戸線における高架裏面吸音板の設計・施工と騒音低減効果

大阪建設局 工事部 工事管理課 高田 晴 夫
神戸管理部 神戸第一維持事務所 毛利 壮 志
神戸第二建設部 工事第一課 木 下 義 康

.....

要 旨

高架裏面吸音板は、高架道路の3号神戸線と平面道路の国道43号とが併設され、国道43号に遮音壁が設置されている区間（尼崎市東本町～神戸市灘区大石南町：19.7kmのうち15.5kmが裏面吸音板設置区間）において平成9年度以降に設置されたものである。これは、平成7年7月の国道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）の最高裁判決を受け、判決に示された受忍限度を達成するために実施した環境対策の1つである。高架裏面吸音板は、高架道路が平面道路に併設されている場合に、平面道路を走行する自動車の騒音が高架裏面に反射して道路沿道に到達する高架裏面反射音に対して、高架道路裏面に吸音板を設置して高架裏面反射音を低減させる有効な騒音対策工法である。当公団では、以前から3号神戸線で試験施工^{1),2)}を実施するなど、調査研究を行っており、設置効果ならびに基本構造の検討がなされてきたが、今回さらに過去の検討結果を踏まえて足場機能付き高架裏面吸音板を開発し、国道43号および3号神戸線に係る道路交通騒音対策の一環として本格的かつ大規模に採用した。

本報告は、裏面吸音板設置に際して、高架裏構造物の維持管理面から設計上考慮した構造概要、景観への配慮および騒音低減効果について述べるものである。

キーワード：高架裏面反射音、高架裏面吸音板、維持管理、景観、騒音低減効果

まえがき

高架裏面吸音板は、高架道路が平面道路に併設されている場合や、高架道路が2層構造となっている場合に、下層の道路を走行する自動車の騒音が高架裏面に反射して、道路沿道に到達する高架裏面反射音を低減させる騒音対策工法である。この高架裏面吸音板を3号神戸線と国道43号線とが併設されている区間で全線にわたって設置した。

本高架裏面吸音板の設置にあたっては、最重要となる吸音性能を確保するだけでなく、設計・施工においても様々な配慮を行った。特に、国道43号の3車線化に伴い、構造物点検や維持補修のた



写真-1 高架裏面吸音板設置前後の状況

めの足場設置が困難となるため、足場機能を併せ持った構造とした。また、高架裏面吸音板は桁裏面の中央部に円筒型、両端部に平板型を配置し、さらに桁側面をラミネート板で覆うことにより景観にも配慮を行った（写真-1）。

本報告は、国道43号等訴訟の最高裁判決を受けて実施した3号神戸線における環境対策の一つである高架裏面吸音板について、構造概要、景観への配慮および騒音低減効果について述べるものである。

1. 構造概要

1-1 桁裏面構造

(1) 主桁部への取付け構造

主桁部への取付け構造は、I桁タイプと箱桁タイプの2タイプに分類できる（図-1）。I桁タイプ

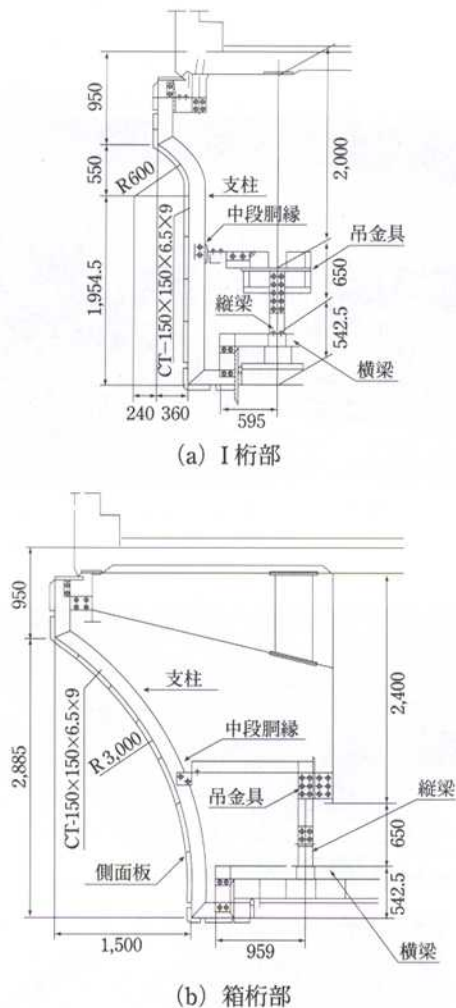


図-1 主桁部への取付け構造

は、下フランジ部分に吊金具を挟み込む方法で、また、箱桁タイプは桁を穿孔して、桁と吊金具を高力ボルトで締付ける方法で、主桁部に取り付けている（写真-2）。

吊金具の設置間隔は、最大3.5mまでとした上で、吊金具下端に縦梁を設置し、縦梁に直交するように裏面板の受梁となる横梁を設置した。また、吊金具の長さは、橋梁本体の維持点検の空間として、主桁下フランジから横梁上面までのクリアランスを650mm確保するように設計している³⁾。



(I桁部)



(箱桁部)

写真-2 主桁部への取付け状況



(桁下空間が確保できない場合)

写真-3 主桁部への取付け状況

しかし、桁下の歩道橋等の建築限界を確保する必要がある箇所では、部分的ではあるが維持管理空間を確保せずに縦梁と横梁を直接主桁に設置している。このような箇所については、今後塗装の塗り替え等が困難なことから、下フランジに耐久性が高いふっ素樹脂塗料を使用した（写真－3）。

また、今回の施工では、縦梁および横梁に軽量H型鋼を使用して、自重の軽減を図っている。

（2）縦梁・横梁の割付け

縦梁の基本的な配置は、I桁については主桁の下フランジ直下に、また箱桁については腹板の側面および中縦桁の直下に設置している。なお、縦梁端部については、桁本体の伸縮等があることから橋脚および付属物から150mmの離隔を確保している。

桁支間中央付近においては、橋軸直角方向に維持管理用の通路（幅0.6m以上）を確保するために、横梁間隔（2.0m）内で吊り点より0.5mずつ離隔をとった範囲（ $2.0\text{m} - 0.5\text{m} \times 2 = 1.0\text{m}$ ）の縦梁を切断している。これにより桁支間中央部においては、橋軸直角方向に桁下空間650mmを確保している（図－2、写真－4）。

横梁の割付けは、吸音パネルの製品（標準品）の大きさに合わせて、2m間隔で縦梁に直交した配置とした。

1-2 側面構造

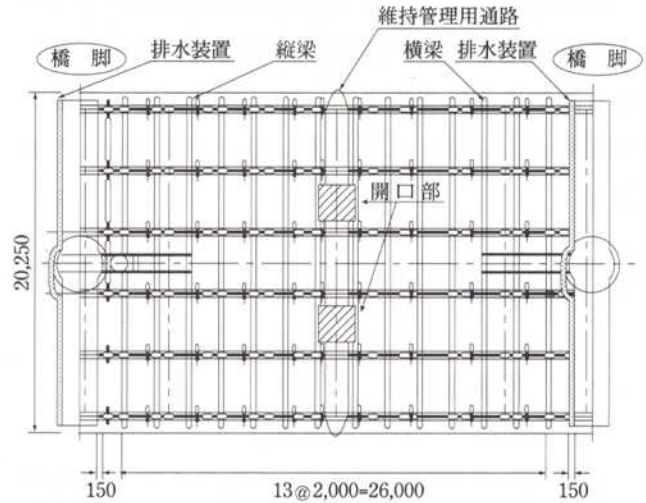
（1）側面板支柱取付け構造

側面板支柱取付け構造についても、図－1に示すようにI桁タイプと箱桁タイプに分類できる。I桁タイプでは、支柱の取付けについては床版にアンカーを打ち込んで取付け金具を出して取付け、箱桁タイプでは側縦桁に穿孔し取付け金具を高力ボルトで締め付けて取付ける構造となっている。どちらも上部、中部（主桁部からの取付け金具）、下部（縦梁からの取付け金具）の3点で、取付けを行っている（写真－5）。

しかし、床版の張出し長さが950mm以下のところについては、張出し部の維持管理のために側面にR形状をつけずに直線形状とし維持管理空間を確保している。また、桁支間中央付近に設置した

橋軸直角方向の維持管理用通路（縦梁切断部）に合わせた形で、側面支柱の中段胴縁を一部切欠く構造とし、桁の張出し部へ出入りできる構造としている。

（2）側面板板厚について



図－2 縦梁・横梁の割付け状況（I桁部）



写真－4 維持管理用空間



写真－5 側面板取付け状況（箱桁部）

側面板は1.2mmのラミネート板を使用している。板厚を1.2mmとすると、表-1に示すとおり高架裏面吸音板と同等である10dB以上の挿入損失が確保できる。また、風等の振動で側面板取付け孔の破損を防ぐことにも配慮している。

1-3 細部構造

表-1 側面板の厚さによる挿入損失計算値
(裏面吸音板の足場面が吸音性の場合)

側面板の厚さ (mm)	挿入損失 (dB)
0.6	7
1.2	11
1.6	13

(1) パネル開口部

維持補修用として桁支間中央付近に設置した通路内に、2m×2m程度の開口部を設けている。開口部は内部から裏面パネルを取り外しできる構造となっており、上下線の径間中央付近(国道43号線の追い越し車線側)にそれぞれ1箇所ずつ設けている(図-2、写真-6参照)。

(2) 側面開口部



写真-6 開口パネルの設置状況

側面化粧板部に1径間当たり4箇所の開口部を設けている。この開口部は、桁塗装もしくは橋脚塗装用の換気口として設置しており、各橋脚よりの側面板下段に270mm×1,030mmの開口部を設けている。

(3) 橋脚周りの遮音ゴム

桁内部からの音(ジョイント音等)の漏洩対策として、桁本体の伸縮のために開けた150mmの隔離をゴムシートで塞いでいる。全体構造として考

えれば、桁全体を吸音パネルと側面板で包み込む構造となっており、その隙間をゴムシートで遮蔽し音が漏れない密閉空間を作る構造としている。また、ゴムシートで隙間を埋めることによって防鳩効果にも役立っている(写真-7)。



写真-7 橋脚周りの遮音ゴム設置状況

2. 景観への配慮

2-1 吸音パネル形状と配置

吸音パネルは、景観に配慮して平型と馬蹄型を組合わせた配置としている⁴⁾。裏面吸音板パネルの割付けは、図-3に示すようにI桁タイプと箱

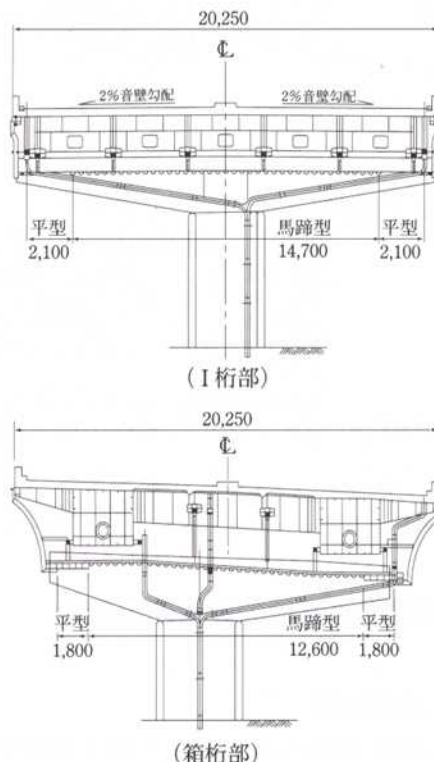


図-3 裏面吸音板パネルの割付け

桁タイプに分類できる。また、非常駐車帯やランプ等の部分的な拡幅部については平型を用いており、景観としては馬蹄型が一つの帯状になり国道43号上を走っているようになっている。

2-2 側面景観

(1) R形状について

桁側面は景観に配慮して、R形状を持った側面化粧板を設置している。形状は、維持管理空間を確保するため、I桁タイプは $R=600$ 、箱桁タイプは $R=3,000$ としている(図-1)。また、桁高が変化している桁の場合には、R形状および桁下空間を確保したため、桁高変化に対応した形状としている。

(2) 高欄塗装について

高欄化粧板の設置がなされていない区間については、美装化を目的として側面化粧板に近い色彩(N-7)で高欄外面に塗装を行った。なお、塗装については、試験施工の位置づけで低汚染型塗装を使用している(表-2)。

表-2 低汚染型塗装の仕様

工法仕様		低汚染型塗装
性能の種類		
耐アルカリ性		水酸化カルシウムの飽和溶液に30日間浸漬しても外観変化あるいは塗膜にふくれ、われ、はがれ、軟化、溶出のないこと。
一体性(気中) (N/mm ²)		1以上
一体性(水中・半水中) (N/mm ²)		0.7以上
非吸水性 (g/m ² ・日)	脚	2.5以下
	高欄	2.5以下
耐汚染性		指定された暴露試験地点での1年間の試験後の評価点が2以下程度で、水洗後の評価点が1以下程度であること。あるいは促進試験によって10サイクル試験後の評価点が2以下で、水洗後の評価点が1以下程度であること。
耐候性(促進耐候性)		促進耐候性試験を300時間行った後、自亜化はほとんどなく、塗膜にわれ、はがれのないこと。
耐候性		色差1.5以下 光沢保持率90%以上

3. 高架裏面吸音板の設置効果調査

3-1 調査場所

高架裏面吸音板の設置前後における騒音低減効果を把握するため、表-3に示す6箇所につ

いて調査を実施した。

測定点は、国道43号の中央分離帯の高さ3.5mの地点に基準点を配置し、沿道側では官民境界を中心として高さ1.2mおよび5mに測定点を配置した。また、平面的には、国道43号の遮音壁で直接音が遮蔽される範囲が広いほど高架裏面吸音板による対策効果は大きいと考えられるため、各測定箇所では遮音壁の中央部や端部に測定点を設置した(図-4参照)。

表-3 騒音低減効果調査場所

調査場所	国道43号遮音壁	道路構造	
		国道43号	3号神戸線
①	不連続	平面	標準6車線
②	連続	平面	上下分離6車線
③	連続	平面	標準4車線
④	連続	段差	上下分離4車線
⑤	連続	平面	標準4車線
⑥	連続	段差	標準4車線

注)「連続」は、国道43号の遮音壁が50m以上連続して設置されている場合

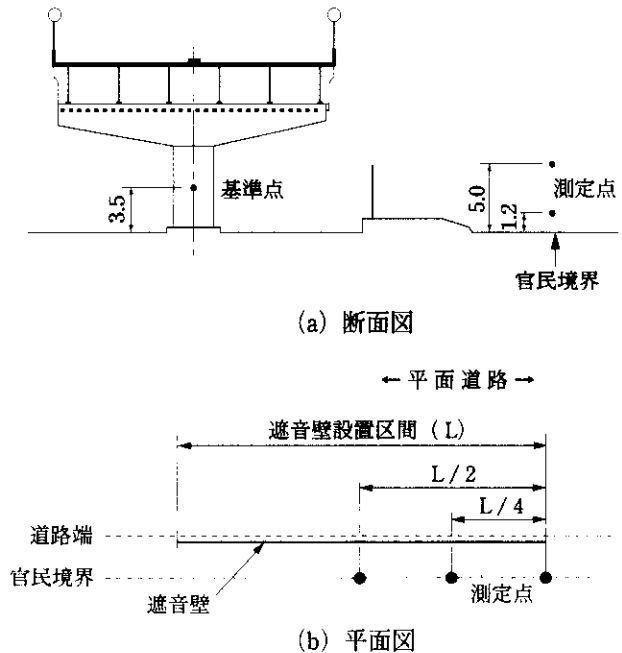


図-4 測定点の配置状況図

3-2 調査時の状況

高架裏面吸音板設置前後の調査時の状況をまとめたのが、表-4である。調査は、高架裏面吸音板以外の環境対策が全て完了した状態の設置前(平成9年8月~平成10年1月)と設置後(平成

10年1月～4月)の2回実施した。ただし、対策前の調査は、工事工程上から高架の裏面に足場が設置された状態で実施した。

表-4 調査時の環境対策状況一覧

道 路	騒音対策	騒 音 調 査	
		対 策 前	対 策 後
国道43号	車 線	6車線(車線削減完了)	
	舗 装	低騒音舗装	
	遮 音 壁	5m遮音壁設置	
3号神戸線	舗 装	低騒音舗装	
	遮 音 壁	新型遮音壁	
	高架裏面	工所用足場	高架裏面吸音板

3-3 調査項目

調査項目は、騒音レベル(L₅₀, L_{Aeq})で、毎正時から600秒間の24回測定とした。また、騒音測定に併せて、国道43号の上下方向別・2車種分類別交通量と平均走行速度を測定した。

4. 騒音低減効果

4-1 交通量の影響

対策前と対策後の調査時点で国道43号の交通量が異なることから、騒音レベル(L₅₀, L_{Aeq})と国道43号の換算交通量との関係に着目して交通量の違いによる影響を消去した。具体的には、高架裏面吸音板設置前後について、L₅₀およびL_{Aeq}と国道43号の換算交通量との関係を1次回帰により求め、その回帰式に調査時の国道43号の日平均小型車換算交通量(以下、規準化交通量という)を当てはめ、高架裏面吸音板設置前後の騒音低減効果を推定した。対策効果は、ISO/DIS10847“Acoustics-in-site determination of insertion loss of outdoor noise barriers of all types”の直接法を参考にして以下のように求めた。

$$DL_A = L_{i, \text{Before}} - L_{i, \text{After}}$$

DL_A : 対策効果の推定値 (dB)

L_{i, Before(After)} : 回帰式に規準化交通量を当てはめて算出した測定点iの対策前(後)の騒音レベル推定値 (dB)

$$L_{i, \text{Before(After)}} = A_{i, \text{Before(After)}} + B_{i, \text{Before(After)}} \times \log_{10}(X_{\text{After}})$$

A_{i, Before(After)} : 測定点iの対策前(後)の回帰式の切片
 B_{i, Before(After)} : 測定点iの対策前(後)の回帰式の傾き
 X_{After} : 対策後の日平均換算交通量(規準化交通量)

等価騒音レベル(L_{Aeq})の場合、換算交通量の算出は、以下のとおりとした。

$$X = N_1 + 6 N_2$$

ここに、X : 換算交通量
 N₁ : 小型車台数
 N₂ : 大型車台数

平面道路に設置された遮音壁中央部背後の官民境界(高さ1.2m)における等価騒音レベル(L_{Aeq})と換算交通量との関係を図-5に示す。道路構造および測定点の高さに関係なく、すべての箇所において、騒音レベルと換算交通量とは非常に高い相関が認められた。

また、遮音壁中央部背後の官民境界(高さ1.2m)における周波数特性についての測定結果の一例を図-6に示す。すべての箇所、250Hzより高い周波数帯で騒音低減効果が認められており、高架裏面吸音板の製品としての吸音性能⁴⁾が発揮されたものと考えられる。

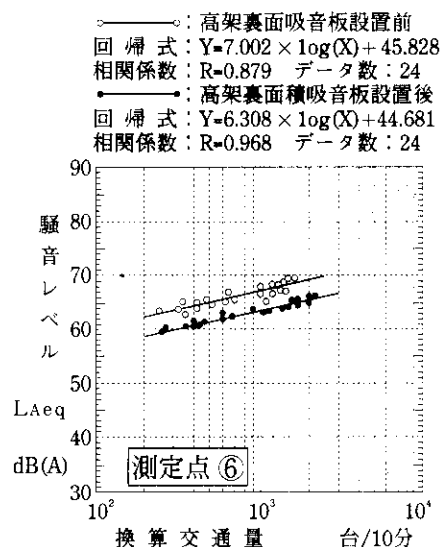


図-5 騒音レベル(L_{Aeq})と換算交通量との関係

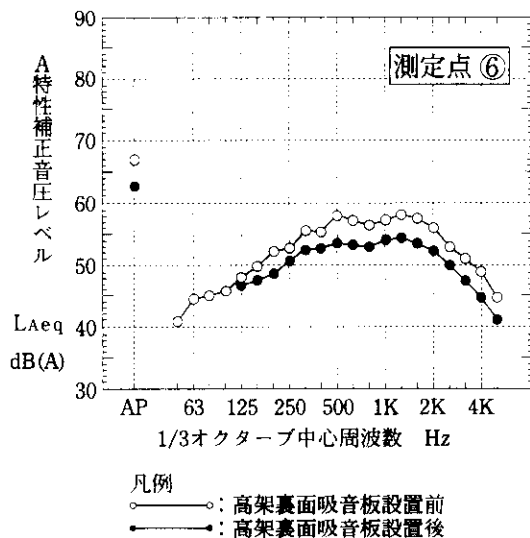


図-6 高架裏面吸音板設置前後の周波数特性

4-2 工事用足場の影響

今回の調査は、前述したように工事用足場が設置された状態を高架裏面吸音板設置前として、これまで対策効果を検証してきた。工事用足場は、桁の下フランジから1.6m下の位置に、高欄から1m外側まで張り出して設置されており、高架裏面吸音板は、下フランジから0.65m下に足場面（上面）が設置されている。このため、工事用足場を設置することにより、高架裏面（反射面）が平坦になるだけでなく、反射面の位置が下がることによる影響が考えられるため、工事用足場の影響を考慮する必要がある。そこで、高架裏面（反射面）の位置や形状が変わったことによる影響について、高架裏面反射音を予測する際に一般的な手法として用いられる境界要素法（BEM）による計算結果をもとにして以下のような検討を行った。

- ① 測定場所近傍の断面を用いて、工事用足場設置前（無対策時）における平面道路の遮音壁が無限に設置された場合と全く無い時の L_{Aeq} を算出する。
- ② 同様に、工事用足場設置時における平面道路の遮音壁が無限に設置された場合と全く無い時の L_{Aeq} を算出する。
- ③ 測定点を中心とした前後100m区間の遮音壁設置部分および未設置部分を測定点から見込む角度を算出し、次式により工事用足場設置前後

の L_{Aeq} を算出する。

$$L_1 = 10 \times \log_{10} \frac{\theta_0 \times 10^{L_{i0}/10} + \theta_5 \times 10^{L_{i5}/10}}{\theta_0 + \theta_5}$$

L_{i0} ：無限長遮音壁未設置時の L_{Aeq} (dB)

θ_0 ：遮音壁未設置区間の見込み角度

θ_5 ：遮音壁設置区間の見込み角度

L_{i5} ：無限長遮音壁設置時の L_{Aeq} (dB)

- ④ 次式により工事用足場の影響（挿入損失）を算出する。

$$IL = L_1 - L_0$$

IL：工事用足場の挿入損失

L_0 ：工事用足場設置前の L_{Aeq} (dB(A))

L_1 ：工事用足場設置後の L_{Aeq} (dB(A))

境界要素法の計算は、波動を取り扱っているため干渉の影響を軽減させるため、250～1kHzの3オクターブバンドを対象周波数帯域とし、その帯域を27分割し1/9オクターブバンドの中心周波数で計算して、道路交通騒音のスペクトルを積み付けしてオーバーオール値を求めた。交通量は高架裏面吸音板設置前後の調査時のH平均値を用いた。

工事用足場の挿入損失（推定値）を、表-5に示す。調査場所②および④で騒音レベルが増加しているのは、3号神戸線が国道43号の遮音壁よりもさらに外にはみ出した位置にあるため、反射音が到達しやすくなったものと考えられる。また、調査場所⑤および⑥では、工事用足場の設置により約2dB騒音レベルが下がっており、工事用足場を設置することにより、反射面が下がり裏面反射音が到達しにくくなったものと考えられる。

表-5 工事用足場の挿入損失推計値

調査場所	挿入損失 (dB)	備考
①	-0.5～-0.7	遮音壁が短い
②	+2.7～+2.8	3号神戸線が遮音壁の外にはみ出す
③	-0.1～-0.4	一般的な高さおよび形状
④	+1.0～+1.1	3号神戸線が遮音壁の外にはみ出す
⑤	-0.4～-2.8	3号神戸線がやや低い
⑥	-0.2～-2.0	3号神戸線がやや低い

4-3 騒音低減効果の考察

高架裏面吸音板の騒音低減効果は、調査時の交通量の違いを補正した騒音レベル(L_{Aeq})に、工事用足場の挿入損失(表-5参照)を補正することにより算出した。高架裏面吸音板の騒音低減効果について考察するために、図-7に示すように各測定点毎に±100m区間の遮音壁を見込む角度の割合(W)を算出し、高架裏面吸音板の騒音低減効果との関係を示したのが図-8である。測定点高さ1.2mおよび5mのいずれの場合においても、遮音壁を見込む角度が大きくなるにつれて、高架裏面吸音板の騒音低減効果は大きくなる傾向があり、高さ1.2mの測定点では約2~5dBの騒音低減効果があると考えられ、これまでの試験施工結果と同様な成果が得られた。

また、高架構造物音に対する遮蔽効果は、高架裏面吸音板の挿入損失で評価した結果、12dBであった。この値は、製品規定を満足しており高架構造物音に対して十分な遮蔽効果があると判断できる。

あとがき

高架裏面吸音板の設置については、大規模な施工実績が無く、今回の3号神戸線での施工実績が今後の裏面吸音板設置の考え方の軸になっていくと思われる。3号神戸線に設置された高架裏面吸音板は、音響面だけでなく耐久性、高架構造物の維持管理さらには景観にも配慮して設計され、騒音低減効果も確認された。

今後の課題として、特殊部における取付け構造や高架裏面吸音板も含めた構造物の維持管理が課題と考えられる。

最後に、本高架裏面吸音板設置に当たりご指導、ご協力を頂きました関係者各位ならびに騒音対策効果の検討に御指導を頂きました「阪神高速道路騒音対策検討委員会(委員長:前川純一神戸大学名誉教授)」の委員および関係者の皆様に深く感謝いたします。

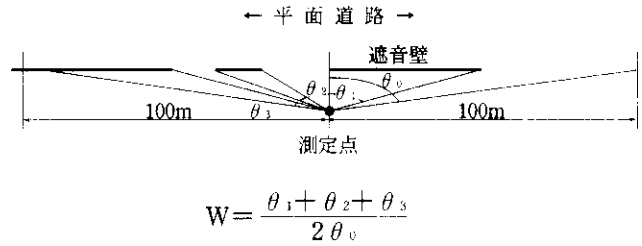
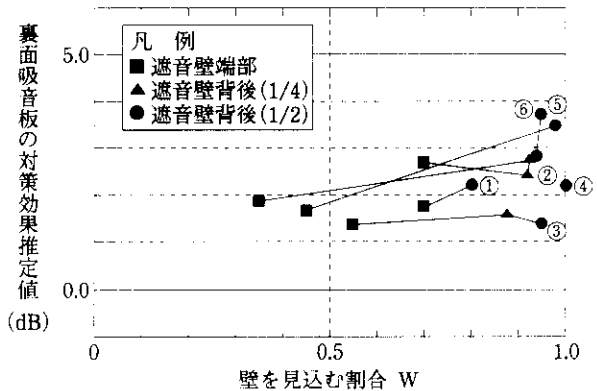


図-7 遮音壁を見込む角度の割合(W)の算出方法

官民境界、h=5mの測定点



官民境界、h=1.2mの測定点

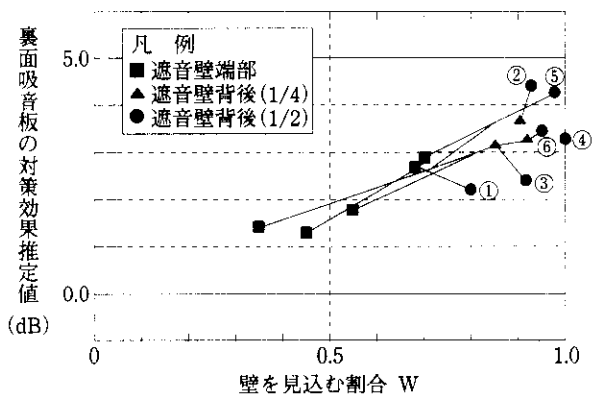


図-8 遮音壁を見込む角度の割合と騒音低減効果

参考文献

- 1) 高橋, 都, 溝淵: 高架裏面反射音対策, 阪神高速道路公団技報第5号, 昭和61年3月.
- 2) 上中, 馬場, 金治: 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回日本道路会議論文集, 平成5年10月.
- 3) 「兵庫県道高速神戸西宮線 裏面板設計マニュアル」阪神高速道路公団・神戸管理部.
- 4) 古池, 上中, 今井: 3号神戸線の環境対策(高架裏面吸音板), 阪神高速道路公団技報第16号, 平成11年1月.