

# 吸音材つき道路用防音塀の効果

真藤利孝 平野 滋  
多田克巳

## Noise Reduction by Screen for Traffic Noise

Toshitaka Shindo Shigeru Hirano  
Katsumi Tada

### Abstract

Automobiles and trains when moving produce noises and there is no way to reduce these noises but to surround the road or railway by a tunnel or to lower the noise levels themselves. However, since it is difficult economically to make tunnel for all roads or railways. Screens set on the road for noise reduction were investigated, but since screens cannot be built too high due to such problems as obstruction of vision, traffic accidents, etc., noise had to be reduced as much as possible with a limited screen height. The effects of screens for noise reduction were investigated through experiments with models and field tests on roads, with which we confirmed the effect of screens.

### 概 要

これまで問題となりながらも野放し状態にあった道路の自動車による騒音、鉄道線路からの騒音のような交通騒音に対してもようやく騒音対策が考えられるようになりつつある。交通騒音は音源が移動するので音源レベルを下げるか、移動範囲（道路や線路）をトンネルで囲んでしまうことしか完全な対策はない。しかし現状はこのような完全な対策が実施できるのは限られた場合で、ほとんどの場合は現在の騒音をいくらかでも減音する対策が要求される。こうした要求から鉄道においても道路においても防音塀が検討されているが塀の高さが衝突事故や視野の問題から限定されるので、限られた塀の高さで1ホンでも2ホンでも効果の良い塀が望まれる。ここでは吸音材の効果を主眼に道路用の防音塀の効果を模型実験で検討しさらに実際の道路に防音塀を実験的に設置し、その効果を確認した結果である。なおここで使用した吸音材は日本碍子㈱と当研究所で製作検討した屋外用吸音材、セラミックタイルを使用し、実際の道路の実験は、日本碍子の企画のもとに、熊谷組が施行を担当し、三者の共同により実施したものである。

## 1. 模型実験による検討

後記する実物道路における実験は一般道路についての報告であるが模型実験は高架道路を想定したため、条件が異なるが（車の台数、位置、受音点の位置等）今回の実物実験に相似したものについて、その結果を示してみる。

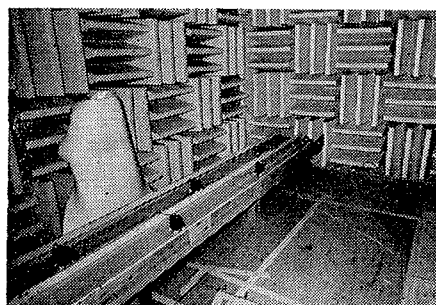
### 1.1. 実験方法

道路は高架道路を考え、道路幅19m（4車線相当）道路面高さは地上より11m、高欄高さ1mを想定した。

一般に高架道路は4車線で高さ1mの高欄がついているのが普通であるのでこの場合を基準にし、この場合の距離による音圧レベルの減衰値を測定し、次に高欄上に1mと2mの防音塀を設置し、同様に音圧レベルを測定してそれぞれの差を塀の減衰値として求めた。

模型は縮尺1/32のものを使用し、音源としてはツイーター（コーンの直径5cm）を下向きに浮かして設置し、（道路面から実物換算で60cm）、間隔は実物換算で30m間隔に上下線に並べた。（写真一参照）

音源の指向性は道路面に対してほぼ半球状の指向性



写真一 道路用防音塀の模型実験

が得られ、自動車が発する騒音の指向性に近似している。

測定点は道路に対して直角方向に、道路端より5m, 10m, 20m, 40m, 80mの距離で、高さは地上2.5m, 10m, 15m, 20mについて測定した。

塀は12mm厚の合板で、吸音材は10mm厚のモルトプレんで、8kHzと16kHz(実物換算250Hz, 500Hz)で吸音率0.70程度のものを使用した。

これは後記するが屋外用吸音材セラミックタイルの吸音率にあわせたものである。

測定周波数は自動車騒音のA特性レベルの主成分である250Hzと500Hzに相当する8kHzと16kHzを中心周波数とする1/3オクターブバンドノイズで行なった。

## 1.2. 測定結果

高欄1m付きのものを基準として1m塀, 2m塀の

吸音材のあるときとないときの4種類について各測点のレベルを相対レベルで示すと図一1, 2のようになる。(高欄には吸音材ははらない)

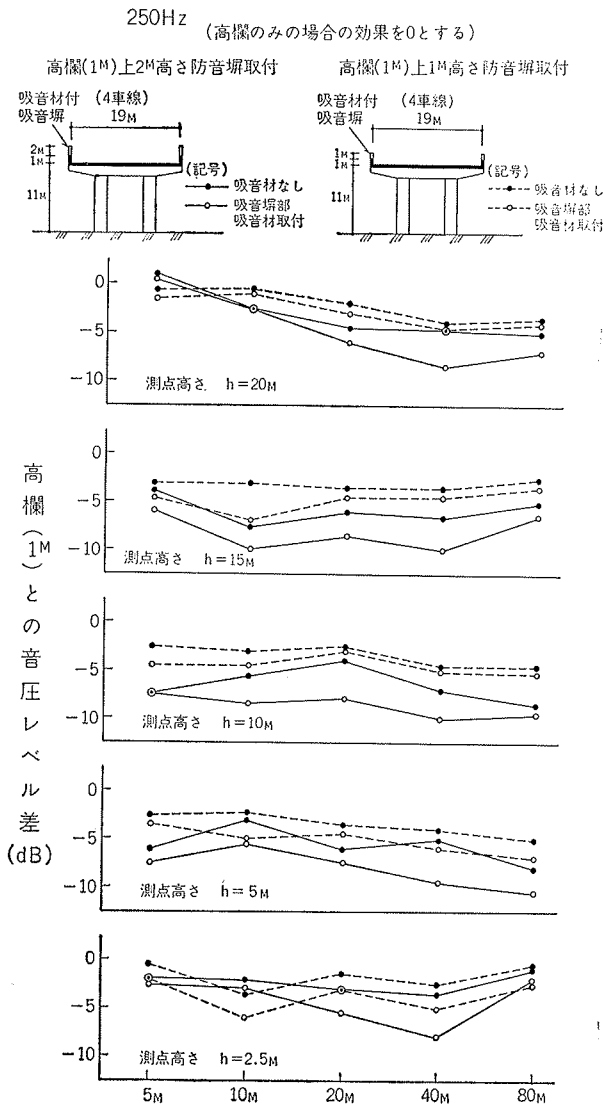
この結果を見ると受音点が高い位置と低い位置の塀による減音量が小さいが、これは高い位置については音源が見通せるため、塀の効果は小さく、吸音材のない場合は塀による反射音により、塀のない場合より音圧が上昇するところも見られる。また低い位置については受音点が道路面よりかなり低く、道路面による遮へい効果が最初からあるためである。

そこで考察は測点の高さ5~15mについて行なう。

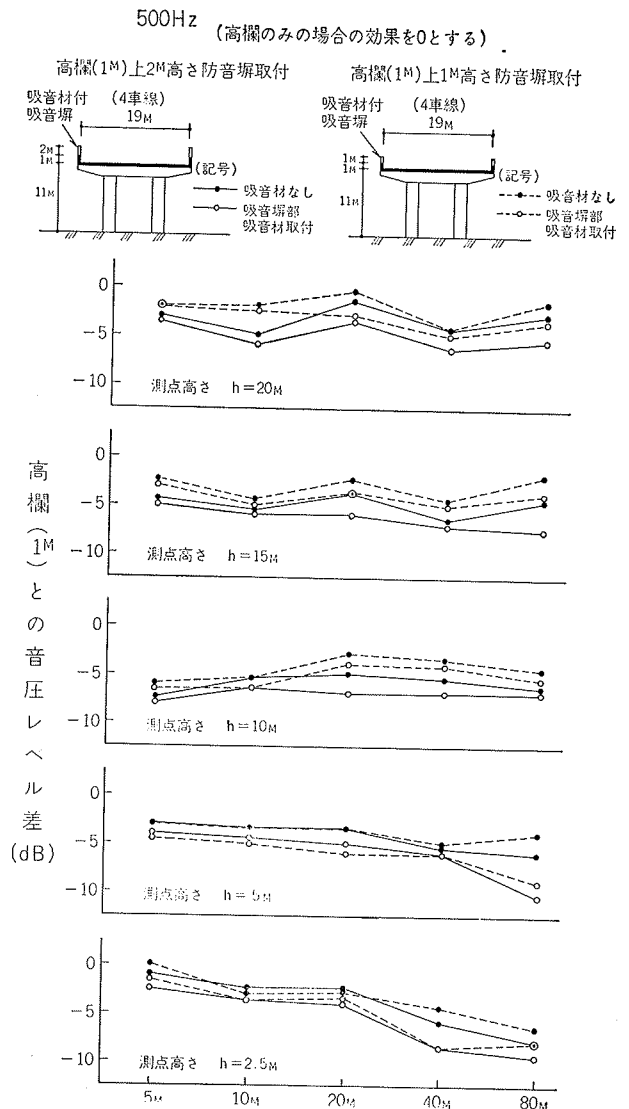
## 1.3. 考察

### 1m 防音塀の効果

高欄1mに防音塀1mをつけたものを高欄のみの場合と比較すると、250Hzで3dB, 500Hzで3~4dBの減音が得られている。防音塀に吸音材を貼った場合



図一1 高欄上高さ1m, 2m 防音塀の効果 (250Hz)



図一2 高欄上高さ1m, 2m 防音塀の効果 (500Hz)

は250Hz, 500Hzとも5dB程度の減音となっているから、吸音材の効果は2dB程度である。

### 2m 防音塀の効果

高欄1mに防音塀2mをつけたものを高欄のみの場合と比較すると、250Hz, 500Hzで5~6dBの減音が得られている。吸音材を貼った場合は250Hzで7~9dB, 500Hzで6~7dBの減音が得られており、吸音材の効果は2~3dBである。

以上の結果から高架道路の防音塀は高欄上に1m設置し、(道路端からは2mの高さとなる)塀の部分に吸音率0.7程度の吸音材を貼ると、5ホン程度の減音が得られるであろう。同様に高欄上に吸音材付きの2mの塀を設置すれば5~10ホン近くの減音が得られるであろう。(道路面から上下約5mの高さで距離が100m程度の範囲)

## 2. 実物道路における実験検討

模型実験と同条件において実物実験を行えば最も良く対応するが、実物道路においては条件がなかった場所を使用することも測定も困難であるため、一般道路で道路幅は同一とし、周囲に反射音の影響を与えるような障害物がない場所を選定し実験を行なった。

### 2.1. 実験方法

実験場所は名古屋市昭和区天日町の道路で行ない、深夜実験車を走行させ測定した。実験車は普通乗用車2台(車間距離11m)と4トントラック1台を60km/hで図-3に示すように2車線道路の中央を走行させ、塀の位置(車より約4.5m)と塀から5m, 10m, 20

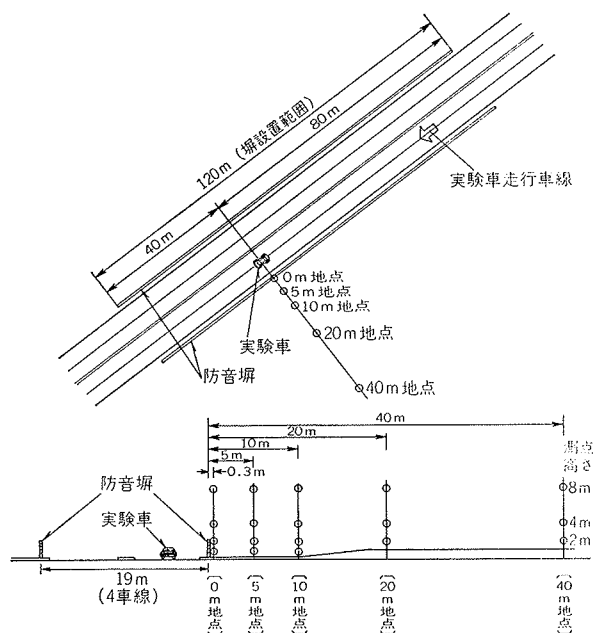


図-3 測定位置図



写真-2 防音塀

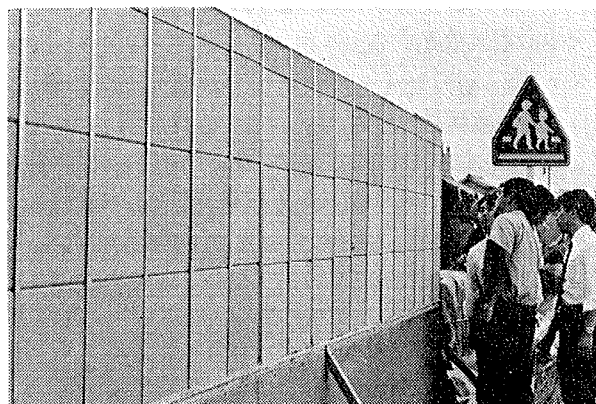


写真-3 セラミックタイル(吸音材)

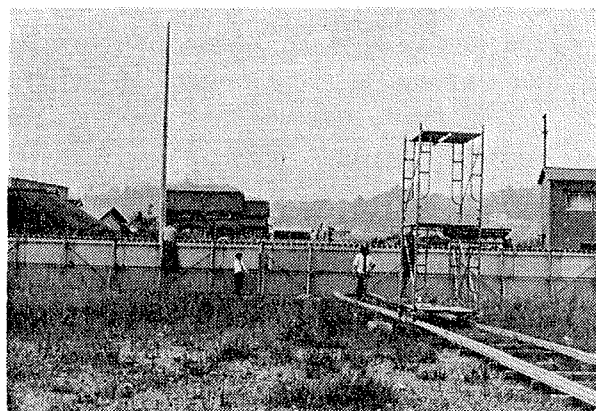


写真-4 測定用足場及び移動用レール

m, 40mの距離で、高さ1m, 2m, 4m, 8mの位置で測定した。ただし高さ1mについては地盤が傾斜しているため、受音点が地面に接近するのでデータは除いた。

### 2.2. 測定方法

測定は高さ方向4点を同時測定とし、測定器は毎回同じものを使用し、測定前にレベル合せを行なった。

試験車は乗用車、トラックとも2回づつ走らせ、測定した。

測定装置のブロックダイアグラムを図-4に示す。

### 2.3 測定日時および防音塀の構造

測定日時と防音塀の構造を図-5に示す。

ここで使用している吸音材はセラミックタイルで、これは日本碍子㈱と当所で共同開発した屋外用吸音材で（耐候性があり水洗いができる）セラミック（陶磁器）製品を粉砕しておこし状に成形し、再焼したものである。セラミックタイルの吸音率を図-6に示す。これは空気層 60mm, 120mm の例であるが塀は100mmの空気層である。

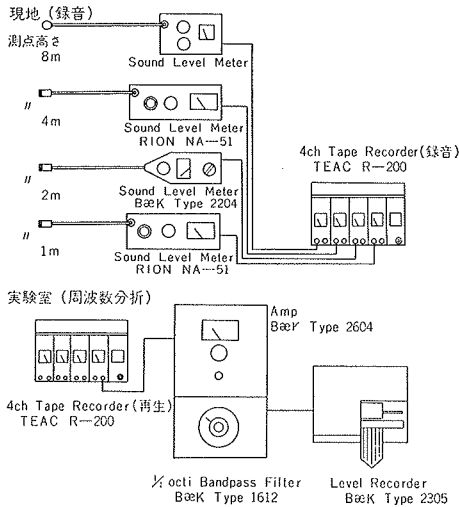


図-4 測定装置

測定日時	塀の構造(道路両側とも同じ)
昭和47年 9月 5日 AM 0:00~5:00	塀なし
昭和47年 9月 7日 AM 0:00~5:00	高欄のみ 
昭和47年 9月 13日 AM 0:00~5:00	高欄+1m塀 (吸音材無) 
昭和47年 9月 14日 AM 0:00~5:00	高欄+1m塀 (吸音材有) 

図-5 塀の構造

### 2.4 測定結果および結果の概要

測定結果は分析を行なったが、ここでは数が多くなり複雑になるので、A特性レベル（測定結果として示したのはすべて試験車2回走行の平均レベル）の1部を図示し、塀の構造による効果の比較については周波数特性も表示する。（図-7、8 表-2、3、4）

塀の構造による効果を見ると、吸音材のない塀を設

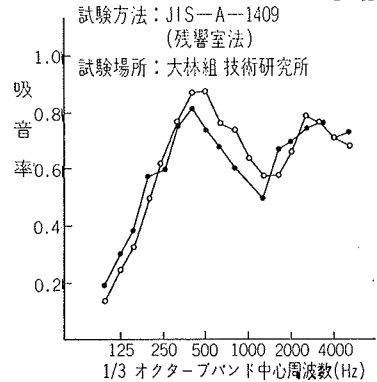
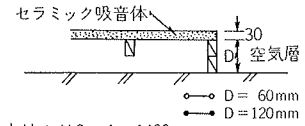


図-6 セラミックタイル 吸音率

置すると塀より高い位置（高さ 4m, 8m の点）で道路に近い所では音圧レベルが上昇し、その大きさは、5dBに達している。これは先の模型実験においても認められた現象で、塀の反射によるものと考えられ、検討を後記する。

塀に吸音材を貼るとこの上昇が押えられ全体に防音効果を高める結果になっている。

吸音材の効果はこの反射の影響を受ける部分では、見かけ上 5dB も得られているが、他の位置では2~3dB であり模型実験の結果と良く一致している。

### 2.5 音線図による反射音の検討

吸音材のない塀を設けると塀より高く、塀に近い所では塀のない場合より音圧が上がる事が判明したがこれを音線図により検討してみる。

実験車（音源）、測定点、塀の位置関係から塀の効果  $E_H$  を求める式は次のように表わせる。

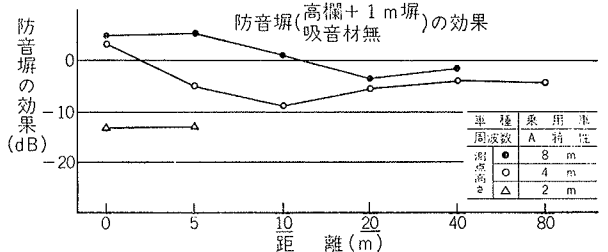
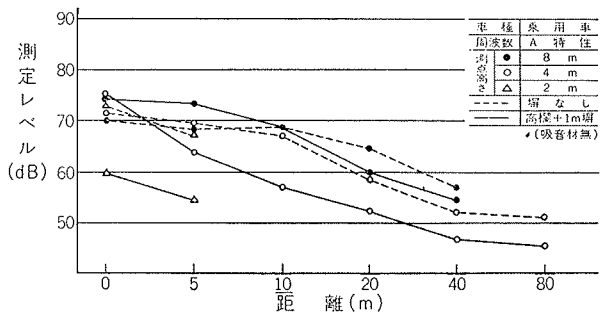


図-7 高欄+1m 塀 (吸音材無) 測定結果

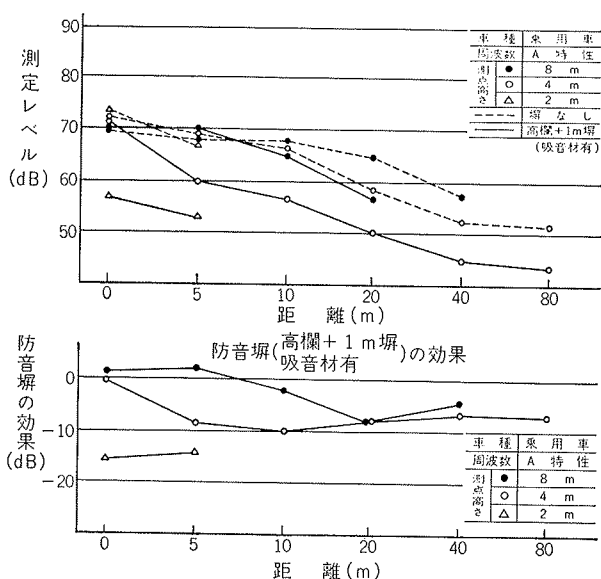


図-8 高欄+1m 塀 (吸音材有) 測定結果

$$E_H = SPL_H - SPL_O$$

$$= \{ (SPL_O + E_{HO}) + (SPL_R + E_{HR}) \} - SPL_O$$

$$= E_{HO} + SPL_R + E_{HR}$$

但し、 $SPL_H$  : 塀ありの場合の P 点の音圧レベル  
 $SPL_O$  : 塀なし " " "  
 $SPL_R$  : 塀の反射による " " "  
 $E_{HO}$  :  $SPL_O$  に対する塀の効果  
 $E_{HR}$  :  $SPL_R$  " " "

上式における  $E_{HO}$  は図-9 より得られる。

次に  $SPL_R$  であるがこれは図-10 に示すようにくさび形の部分で反射音が直接到達する。

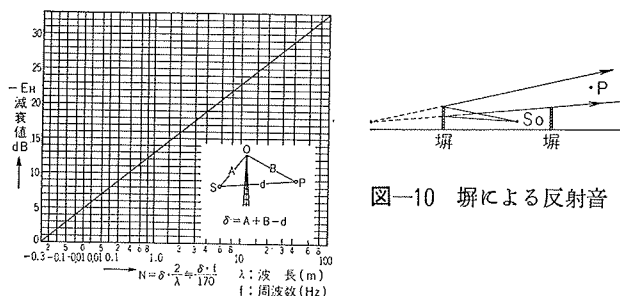


図-9 障壁による減衰値

自動車の音源の高さは定常走行時で乗用車0.2m と報告されているのでこれを用いて音線図を描くと図-11になる。また音源から測定点に到達する音を直接音、反射音、回折音に分類して表-1に示す。但し、音源から見通しのきく範囲を「直接音の範囲」あるいは、「反射音の範囲」、見通しのきかない範囲を「回折音の範囲」としてある。この表より次のことがいえる。  
 ○音源に近く高い測点の音圧レベルは、塀のある場合の音源  $S_1, S_1', S_0, S_0', S_2, S_2', S_3, S_3'$  の回折音

のため塀のない場合より大きくなる。

○このような測点の音圧レベルはけっきょく塀による反射音が影響している、従って塀の吸音率が大きいと音圧レベルは小さくなる。

さらに自動車の車体と塀との間の反射音成分や、2次、3次の反射音等が加わってくる。

### 3. 結語

道路用防音塀の効果を理論的に計算することは、現時点においては困難である。これは自動車音源の位置、吸音材の斜入射吸音率、塀および塀と自動車間の反射音の影響、これらの回折音レベルの計算などに問題があるからである。

しかし道路両側に吸音率が1に近い吸音材をとりつけた場合、塀による反射音成分は無視でき、この塀の効果は片側しかない防音塀の道路側に吸音材をとりつけた場合の効果とみなせる。

また音線図から明らかに、吸音材は塀の上端からできるだけ低い位置まで取り付けの方が効果的である。

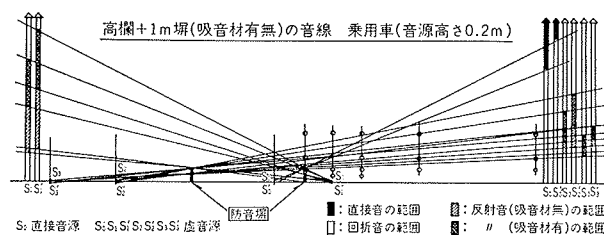


図-11 高欄+1m 塀の音線図

高さ (m)	音源															
	S1	S1'	S0	S0'	S2	S2'	S3	S3'	S1	S1'	S0	S0'	S2	S2'	S3	S3'
0m地点	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
塀なし	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
高欄のみ	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
高欄+1m 塀 (吸音)	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
" (吸音)	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
5m地点	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
塀なし	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
高欄のみ	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
高欄+1m 塀 (吸音)	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
" (吸音)	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
10m地点	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
塀なし	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
高欄のみ	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
高欄+1m 塀 (吸音)	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
" (吸音)	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
20m地点	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
塀なし	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
高欄のみ	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
高欄+1m 塀 (吸音)	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
" (吸音)	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
40m地点	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
塀なし	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
高欄のみ	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
高欄+1m 塀 (吸音)	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
" (吸音)	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

表-1 音線図による到達音の分類

吸音材つき道路用防音塀の効果・真藤・多田・平野

車種 および 測定位置	高さ(m) 周波数(Hz)	8					4					2				
		250	500	1K	A	C	250	500	1K	A	C	250	500	1K	A	C
乗用車	0m地点	+6.0	+6.0	+4.0	+4.5	+6.0	+1.0	0	0	+2.5	-0.5	-6.5	-11.5	-14.0	-13.5	-7.0
	5m地点	+2.5	+6.0	+7.0	+5.0	+5.5	-4.5	-7.5	-5.0	-7.0	-4.0	+3.5	-5.0	-5.5	-7.5	-1.0
	10m地点	+2.0	+0.5	+1.0	+1.0	+0.5	-5.5	-8.0	-4.5	-5.5	-8.0					
	20m地点	+1.5	-0.5	-1.0	-1.0	-1.5	-5.0	-6.0	-3.0	-3.0	-7.0					
	40m地点	-1.0	+1.0	-1.5	+1.0	+2.5	-4.5	-6.0	-3.5	-3.0	-4.5					
トラック	0m地点	+6.0	+3.5	+3.5	+4.5	+3.5	-1.0	+2.5	-0.5	+1.0	-1.0	-7.5	-14.5	-13.5	-11.0	-5.5
	5m地点	+2.5	+1.5	+1.5	+1.5	0	-6.5	-9.0	-7.0	-5.5	-3.0	-4.0	-10.0	-9.0	-9.0	-9.0
	10m地点	+0.5	-1.0	-1.5	-1.0	+1.5	-8.0	-9.0	-8.0	-7.5	-8.5					
	20m地点	-4.0	-2.0	-1.5	0	+1.5	-3.0	-5.0	-4.5	-4.0	-7.0					
	40m地点	+1.0	-1.0	-0.5	-1.0	-1.5	-5.0	-6.0	0	-0.5	-5.5					

㊤：高欄のみの塀の効果    ㊦：高欄+1m塀（吸音材無）の塀の効果    ㊧：+1を超える正值を示す。

表-2 塀の構造の違いによる効果比較㊦-㊤

車種 および 測定位置	高さ(m) 周波数(Hz)	8					4					2				
		250	500	1K	A	C	250	500	1K	A	C	250	500	1K	A	C
乗用車	0m地点	0	+1.0	0	+1.0	+1.0	-1.5	-4.0	-2.0	-1.0	-4.0	-11.5	-14.0	-15.0	-6.0	-11.0
	5m地点	-2.0	+1.5	+3.5	+1.5	+1.0	-6.5	-8.0	-7.0	-10.5	-8.5	-1.0	-7.0	-8.0	-9.0	-2.0
	10m地点	-0.5	-1.5	-2.5	-2.0	-2.0	-5.0	-5.5	-6.5	-6.0	-7.0					
	20m地点	-1.0	-3.0	-5.0	-4.5	-4.5	-4.0	-4.5	-6.5	-5.0	-8.0					
	40m地点	-1.5	0	-2.0	-1.0	-0.5	-5.5	-5.0	-4.5	-4.5	-3.5					
トラック	0m地点	+3.0	+1.0	+1.5	+2.0	+1.0	-3.0	-3.0	0	-1.0	-2.0	-10.0	-13.5	-11.0	-13.5	-7.5
	5m地点	+1.0	-1.0	-1.0	-1.5	-1.5	-5.0	-10.5	-8.5	-8.5	-7.0	-4.0	-9.5	-8.5	-9.5	-11.5
	10m地点	-2.0	-2.0	-2.0	-1.5	-2.0	-7.5	-8.0	-8.0	-8.5	-9.0					
	20m地点	-1.0	-3.5	-4.0	-3.0	-2.0	-6.0	-3.0	-7.0	-6.0	-8.0					
	40m地点	-3.0	-2.5	-1.0	-1.5	-3.5	-8.0	-6.5	-3.5	-6.0	-8.5					

㊤：高欄のみの塀の効果    ㊦：高欄+1m塀（吸音材有）の塀の効果    ㊧：+1を超える正值を示す。

表-3 塀の構造の違いによる効果比較㊦-㊤

車種 および 測定位置	高さ(m) 周波数(Hz)	8					4					2				
		250	500	1K	A	C	250	500	1K	A	C	250	500	1K	A	C
乗用車	0m地点	-6.0	-5.0	-4.0	-3.5	-5.0	-2.5	-4.0	-1.0	-4.5	-3.5	-5.0	-2.5	-1.0	-2.5	-4.0
	5m地点	-4.5	-4.5	-3.5	-3.5	-4.5	-2.0	-0.5	-2.0	-3.5	-4.5	-3.0	-2.0	-2.5	-1.5	-1.0
	10m地点	-2.5	-2.0	-3.5	-3.0	-2.5	+0.5	+2.5	-2.0	-0.5	+1.0					
	20m地点	-2.5	-2.5	-4.0	-3.5	-3.0	+1.0	+1.5	-3.5	-2.0	-1.0					
	40m地点	-2.5	-1.0	-0.5	-2.0	-3.0	-1.0	+1.0	-1.0	-1.5	-1.0					
トラック	0m地点	-3.0	-2.5	-2.0	-2.5	-2.5	-2.0	-0.5	-0.5	-2.0	-1.0	-2.5	+1.0	+2.5	-2.5	-2.0
	5m地点	-1.5	-2.5	-2.5	-3.0	-1.5	+1.5	-1.5	-1.5	-3.0	-4.0	0	+1.5	+0.5	-0.5	-2.5
	10m地点	-2.5	-1.0	-0.5	-0.5	-3.5	+0.5	+1.0	0	-1.0	-0.5					
	20m地点	-5.0	-1.5	-2.5	-3.0	-2.5	-3.0	+2.0	-2.5	-2.0	-1.0					
	40m地点	-4.0	-1.5	-0.5	-0.5	-2.0	-3.0	-0.5	-3.5	-5.5	-3.0					

㊤：高欄+1m塀（吸音材無）の塀の効果    ㊦：高欄+1m塀（吸音材有）の塀の効果    ㊧：+1を超える正值を示す。

表-4 塀の構造の違いによる効果比較㊦-㊤