

# 掘割スリット構造の道路交通騒音模型実験

山崎幹夫<sup>1</sup>・山岸将人<sup>1</sup>・松崎暁<sup>1</sup>

<sup>1</sup>正会員 日本道路公団 東京建設局 千葉工事事務所 (〒261-0014 千葉県美浜区若葉二丁目9番3号)

外かん千葉区間の掘割構造は他路線の掘割構造と違い、開口幅が狭く張り出しが長い。このため、一般的な騒音予測手法 (ASJ RTN-Model) による等価騒音レベルでの騒音の予測において、スリット法による計算法では適用範囲外であり、指向性点音源モデルを仮定した簡易計算法では適用するパラメータがない。よって、精度の良い予測計算が必要なため、1/20スケールの大型模型を製作し騒音予測模型実験を行った。この結果を用いて、模型実験結果とASJ RTN-Modelの計算結果とを比較した。これにより、模型実験と予測手法との精度の比較・関連性、当該区間の効果的な対策工を導き出すことが出来た。さらに当初想定している対策工よりも大幅なコスト縮減を見込むことが出来た。

**キーワード:** 騒音模型実験, 道路交通騒音予測

## 1. はじめに

東京外環自動車道 (千葉県区間 (以下、外かん)) は、首都圏の幹線道路計画「3環状9放射」の1部、東京外環自動車道の千葉県内を走る区間で、松戸市から市川市を南北に通る都市内道路として計画されている。

当該道路が通過する地域は、住宅密集地であることから、環境及び景観へ配慮する観点から、掘割スリット構造と呼ばれる半地下構造で計画されている。本構造の最大の特徴として、開口幅が8mと狭く、中柱が等間隔に存在する (2.5m間隔) という特徴がある (図-1,2)。

このため、一般的な騒音予測手法 (ASJ RTN-Model) による等価騒音レベルでの騒音の予測において、スリット法による計算法では適用範囲外であり、指向性点音源モデルを仮定した簡易計算法では適用するパラメータがない。

よって、精度の良い予測計算が必要なため、最適な騒音予測手法について検討し、騒音予測計算、評価を行うこととした。

## 2. 外かんの騒音予測手法の検討

等価騒音レベル ( $L_{Aeq}$ ) を求める騒音予測手法には、標準的な手法として音響学会が発表している ASJ RTN-Model という音の伝搬理論に基づく数学的な予



図-1 外かん千葉県区間位置図

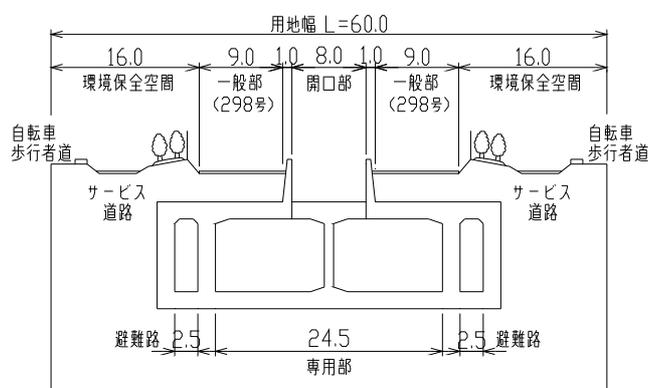


図-2 外かん掘割スリット構造断面図 (単位, m)

測式があり、道路構造が複雑な場合には、予測手法として模型実験がある。模型実験は、標準的な予測式と違って、実際の構造形式で計測することにより、複雑な構造でも騒音予測計算が可能である。掘割構造における騒音予測手法は、これまで ASJ RTN-Model を使用し、簡略化してモデル化した条件の下で予測する手法が主となっている。

模型実験で様々なケースでの予測計算を行うには工期・工費的に厳しいものとなるため、従来は前述のような計算による方法で試算が行われた。しかしながら当該構造物の場合、縦断方向、横断方向等様々な角度から反射・回折して受音点に音が到達するであろう複雑な構造であることから、前述の予測手法では仮想されている条件が多く、その予測結果を検証する必要性があった。

また、ASJ RTN-Model には最新の ASJ RTN-Model 2003 の以前、ASJ Model 1998 まで、外かんのような張り出しのある掘割構造の予測手法は明記が無く、模型実験のような手法によるものは無かった。

ASJ RTN-Model 2003 では、「指向性点音源モデルによる簡易計算法」という、模型実験結果のデータを基にした、張り出しのある掘割構造にも対応した予測計算手法が記された。しかしながら、この手法と外かんの構造条件に多少なりとも違いがあることから、模型実験の結果と照合してみる必要がある。

そこで今回、縮尺 1/20 の大型模型を製作し、精度の高い騒音模型実験を行うこととした。写真 1、写真 2 に概観を示す。受音点を図-3 のように配置した。この騒音模型実験では、ASJ RTN-Model での試算結果との比較を行うことで、予測結果にどの程度の差があるのか把握し、追加対策を施さずに環境基準をクリアできるのか確認すること、及び現在考えられる対策工について実験を行い、外かんの特殊な掘割構造における効果的な対策工の検討材料を得ることを目標とした。

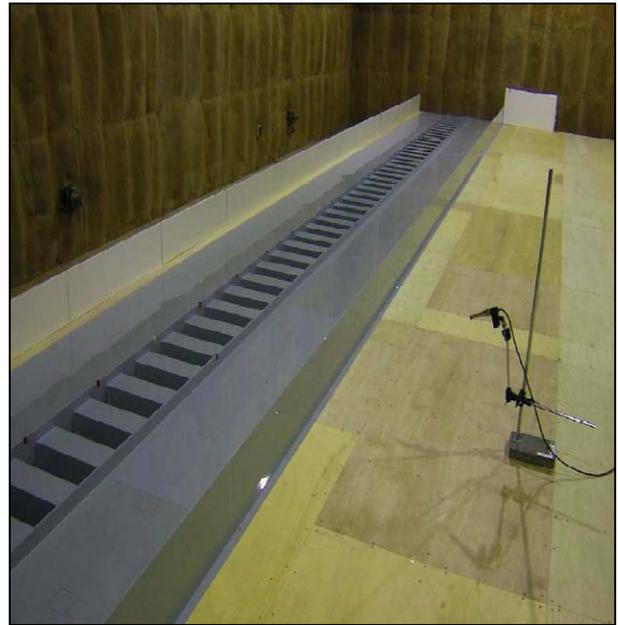


写真 1 模型全体写真

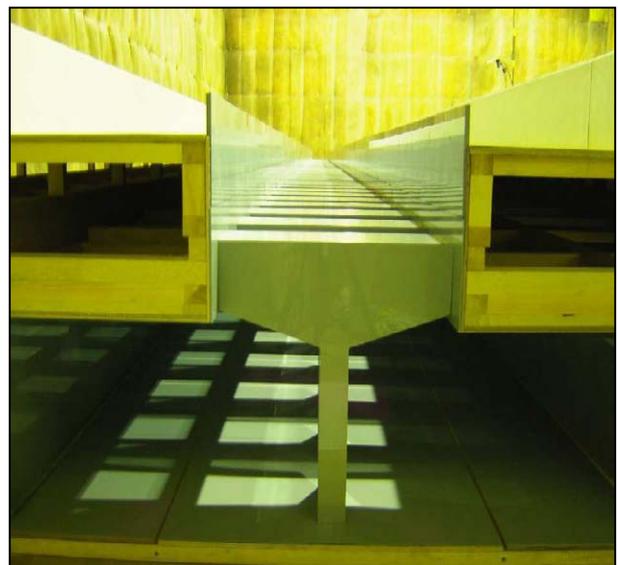


写真 2 模型写真（横断面）

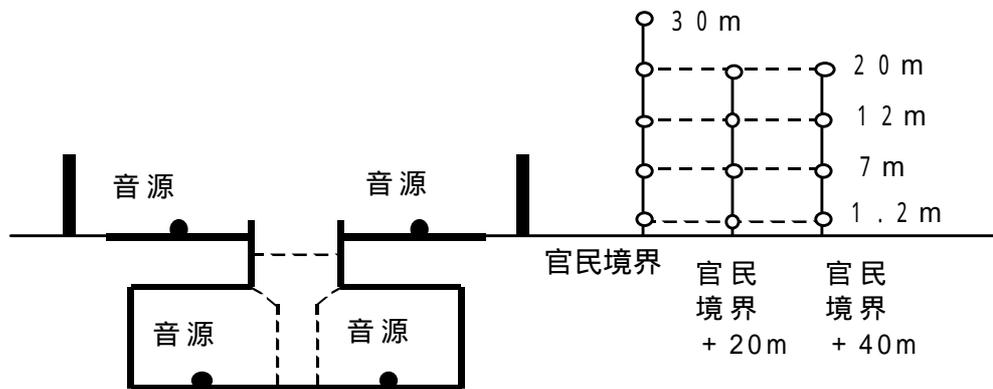


図-3 音源受音点配置図

### 3. 実験の流れ (予測式との関係)

等価騒音レベル (LAeq) を求めるに当たって, ASJ RTN-Model の考え方に沿って行った. 具体的には, 音源のパワーレベルと受音点での測定値の差が減衰量であり, これは模型実験の測定結果から求めることができる. 実験で導き出した減衰量を予測式の中に入れることで, ユニットパターンが導き出され, 等価騒音レベルの計算が出来るしくみである (図-4 参照). なお, パワーレベルは, 測定値を分かりやすいものとするために, 大型車が高機能舗装を速度 100km で走行したときのパワーレベル “109.4dB” となるように仮に設定した.

実験作業を具体的に記すと, 走行車線と追越車線の中央を音源位置として点音源を10m間隔で移動させ, ユニットパターンを測定した. 測定は音源から放射される広帯域雑音のスペクトルを1/3オクターブ分析器で測定後, パソコンに取り込み, 高機能舗装の自動車騒音と等しくなるように補正して行った. 実験中は温度・湿度を観測して, 空気吸収の補正を行った.

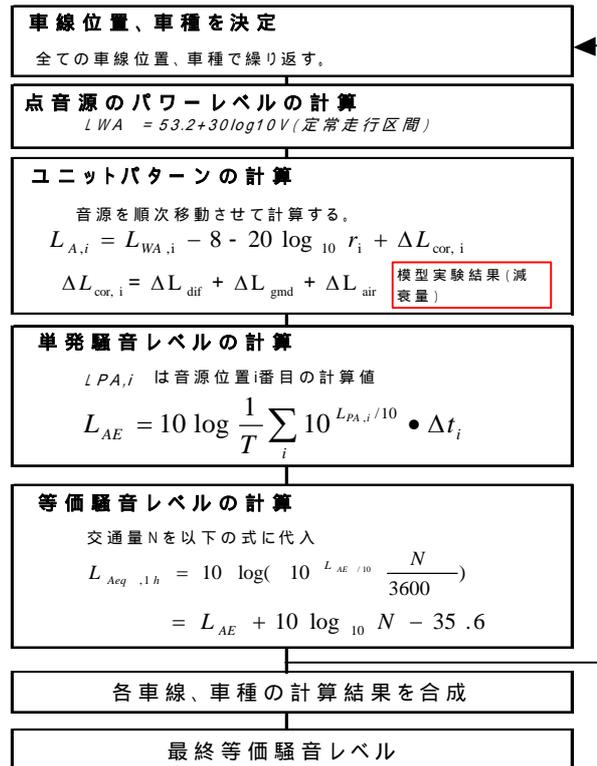


図-4 等価騒音レベル計算の流れ

### 4. 模型実験条件

#### (1) 実験ケース

- a) 外かんの掘割スリット標準断面を用いた実験
- b) 対策工を施した実験 (専用部: ルーバー, 一般部: 遮音壁嵩上げ 3+5R 相当)

#### (2) 模型サイズ, 材料

実験室に入り, 実験が可能な最大限のサイズとして, 縮尺 1/20: 長さ 15m × 幅 5m (実物換算 300m × 100m 相当) の模型を製作した. 使用した材料は, これまでの騒音模型実験の使用実績等から, ラワン合板を基本に製作し, 道路面には塩化ビニル板を貼り付けて製作した. 遮音壁の道路側には統一型遮音壁に相当する吸音率を有する模型実験用吸音材 (模型寸法で 3mm 厚の工業用フェルトにガラスクロスを添付したもの) を貼り付けた.

#### (3) 使用機材

点音源, マイク, アンプ, 1/3 オクターブバンド分析機を使用した (写真3).

そのうち, 音源に関しては, 1/20縮尺模型実験で十分な音量が得られる圧縮空気を利用した点音源を使用した.

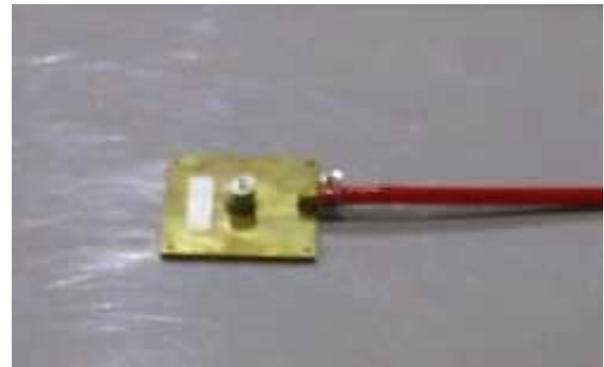


写真-3 機材 (上: 点音源, 下: 1/3 オクターブバンド分析機等, 測定機材)

表-1 予測結果比較表

等価騒音レベル 官民境界(夜) (dB)

受音点高さ(m)	模型実験結果 (環境基準65dB)		
	専用部	一般部	合成値 (LAeq)
30m	62.5	63.0	65.8
20m	61.2	63.7	65.6
12m	60.2	59.5	62.9
7m	50.4	52.3	54.5
1.2m	42.6	45.0	47.0

受音点高さ(m)	ASJRTN- Model	
	98計算値 (LAeq)	03計算値 (LAeq)
30m	67.9	64.4
20m	67.9	64.7
12m	64.0	62.8
7m	54.9	56.3
1.2m	49.4	49.0

環境基準を超過

## 5. 模型実験結果と一般予測手法試算結果の比較

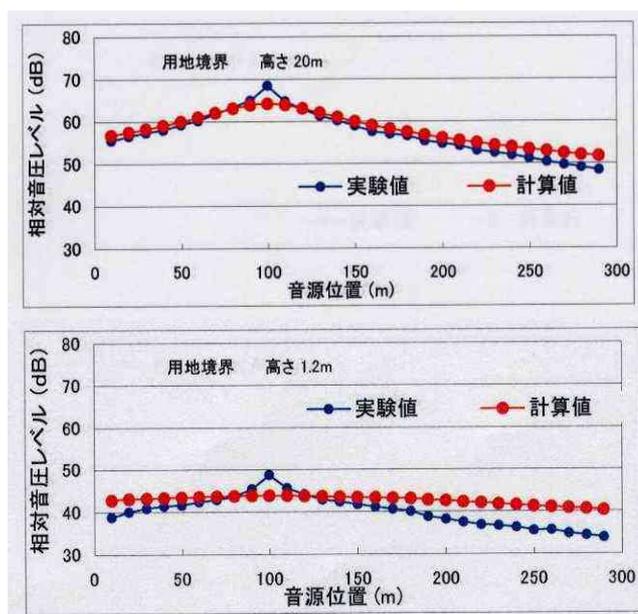
模型実験の結果、当初想定したとおり、地下にある“専用部”よりも、地表面にある“一般部”の方が騒音レベルへの寄与が大きいことが分かった。(表-1参照)

ただし、専用部からの寄与も掘割内部の壁がコンクリートであり非常に反射性が高いことから、それほど減衰せず、図-2,3のような標準断面においては一般部と大きな差はないことが分かった。

模型実験で得られた騒音予測結果と ASJ RTN-Model を用いた予測結果の比較を行った。

ASJ RTN-Model の予測計算について、ASJ Model 1998 での予測計算は、専用部からの等価騒音レベルについては模型実験のデータを用い、一般部は平面構造として計算し、これらのデータを合成することで求めた。また ASJ RTN-Model 2003 での予測計算は、この 2003 モデルから追加された「指向性点音源モデルによる簡易計算法」を用いて計算した。

模型実験と ASJ Model 1998 どちらも受音点高さ 20m 以上で環境基準を超える結果となり、何らかの騒音対策が必要であることがわかった。なお、ASJ



対策工：標準断面（遮音壁 5m）

高さ：地表面からの受音点高さ

音源位置 100m 地点が音源と受音点最近位置

図-5 ASJ RTN-Model 2003 計算値と模型実験値の比較

Model 1998 による計算結果と模型実験の差が 2dB 以上となる箇所があったが、この差は高機能舗装の有無に匹敵する効果であることが推測され、計算ではこの効果が反映できないことが起因する。

ASJ RTN-Model 2003 の計算結果をみると、上記 2つの結果と類似しているものの、環境基準は満足できている。結果を考察すると、全体的に模型実験結果よりも若干低く出る結果となった。

次に 2003 モデルの外かんへの適用性及び信頼性を確認するため、模型実験との違いはどこにあるのか模索する事を目的に ASJ RTN-Model 2003 と模型実験結果、それぞれのユニットパターン図を重ねてみた。(図-5参照)

このユニットパターンは、条件を同じになるようにしたものである。

比較検討から、受音点高さが高い方が（遮音壁に遮蔽されず、直接音が到達する）模型実験値と計算値が近似するようである。受音点高さが低い方は（遮音壁で 1 回折する）音源位置が離れるにつれ、模型実験値と計算値が離れる傾向にある。これは偶然かもしれないが、等価騒音レベルにすると、近似する結果となる。

この受音点位置が低い方のユニットパターンの違いは、遮音壁の回折の影響、音源位置よりも受音点

位置が若干低いことから、このような違いが生じたのではないかと推測する。

模型実験は、構造を忠実に再現するので、精度の高い騒音予測を行えるが、反射、回折点を設定して計算を行う ASJ RTN-Model では、音源の位置、パワーレベルを仮想した中での設定となることから、この結果の違いが生まれたのではないかと考察する。

以上、模型実験で予測することにより、複雑な構造で音の回折点、反射パターン・回数等が想定できない外かん自動車道の掘割構造の騒音規模、対策の必要な場所（高層階）、目標値を把握することが出来た。

さらに、この比較結果から、外かん千葉県区間では、詳細な対策工検討を行うための材料として、精度の高い騒音予測を行う必要があることから、騒音模型実験の必要性が大きいことを確認できた。

## 6. 騒音対策工実験

実験結果において環境基準を超過したことを受け、現在想定している対策工を施して実験を行った。（写真-4,5, 図-6参照）

対策工は、高層階への対策を考慮し、一般部は遮音壁の嵩上げ（3+5R 想定）、専用部はルーバーを用いることとした。その結果表-2 の様に、高さ 12m 地点までは大きな効果をあげ、また高層階（20m, 30m）でも環境基準を満足し、これ以上の対策工は必要無いことがわかった。さらに、受信点高さ 30m で、遮音壁嵩上げだけでルーバーを設けない場合、専用部 62.5dB、一般部 60.9dB、合成値 64.8dB になる。したがって、ルーバーは必要がないことがわかる。

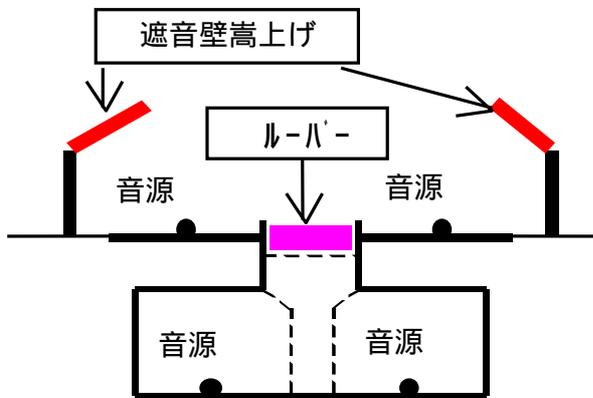


図-6 対策工実験断面図



写真-4 対策工実験模型全体写真

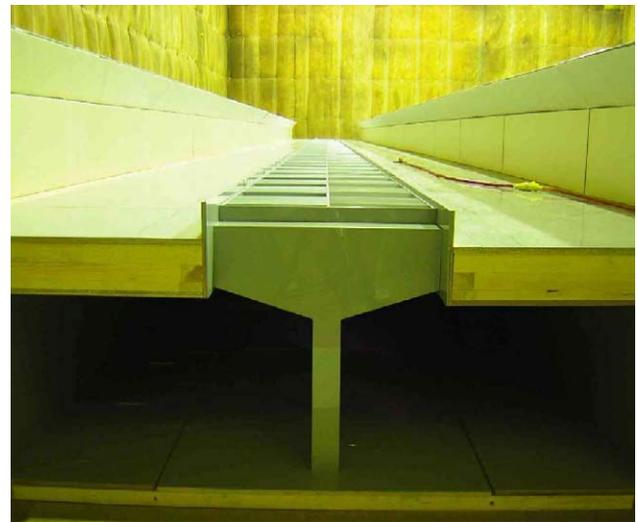


写真-5 対策工実験写真（横断面）

表-2 対策工実験結果・効果 (dB)

受信点 高さ (m)	標準型			標準型(対策工)		
	専用部	一般部	合成値 全体	専用部	一般部	合成値 全体
30m	62.5	63.0	65.8	61.1	60.9	64.0
20m	61.2	63.7	65.6	60.0	60.2	63.1
12m	60.2	59.5	62.9	49.6	54.3	55.6
7m	50.4	52.3	54.5	43.8	47.2	48.8
1.2m	42.6	45.0	47.0	42.1	44.7	46.6

受信点 高さ (m)	対策の効果		
	専用部	一般部	合成値 全体
30m	-1.4	-2.1	-1.7
20m	-1.1	-3.5	-2.5
12m	-10.6	-5.2	-7.3
7m	-6.6	-5.1	-5.6
1.2m	-0.5	-0.3	-0.4

■:環境基準を超過

## 7. 対策工のさらなる模索、経済的效果

この模型実験を通して得られた経済的效果について、官民境界から 20m 離れた箇所の高層階を例にとって述べる。ここでの環境基準値について、官民境界から 20m 離れると、環境基準値は昼 60dB、夜 55dB になる。この箇所の予測結果は、環境基準を若干超える結果となった。

模型実験の結果を各音源毎にその寄与分を比較した結果、一般部の音源が大きく寄与することがわかり、これに着目した追加対策が効果的であることがわかった。

よって、音源の追加対策として、中央分離帯に遮音壁を設置することを考え、ASJ Model 1998 で試算したところ、高さ 3m のものを設置した場合で約 7dB の効果があり、これにより、環境基準をクリアできることになった。（図-7、表-3 参照）

全線に渡り 3m 高さの追加対策を確保する必要は無いと思われるが、いずれにせよ、中央分離帯上に遮音壁を設置することは非常に効果的であることが判った。

さらに、対策工は当初遮音壁嵩上げ+ルーバーを想定していたが、遮音壁嵩上げ+中央分離帯上遮音壁となり、大幅なコスト削減が見込めることとなった。

## 8. まとめ

この騒音模型実験で得られたことは、一般的な騒音予測手法では予測が困難な構造での騒音予測結果を得られたこと、またその中で経済的な方向での結果が得られ、本路線での対策工の必要性・効果の確認が出来たことである。特に、今回の実験は、騒音予測手法における特殊な掘割構造（開口幅が狭い、中柱、ストラットがある等）の予測モデル確立の足がかりとなる資料の一つとなるものと考えられる。この実験結果を活かし、外かんの最適な周辺環境保全を図ることとしたい。

## 参考文献

- 1) 日本音響学会 道路交通騒音調査研究委員会：道路交通騒音予測法 ASJ Model 1998，日本音響学会誌．1999 年
- 2) 日本音響学会 道路交通騒音調査研究委員会：道路交通騒音予測モデル ASJ RTN-Model 2003，日本音響学会誌．2004 年

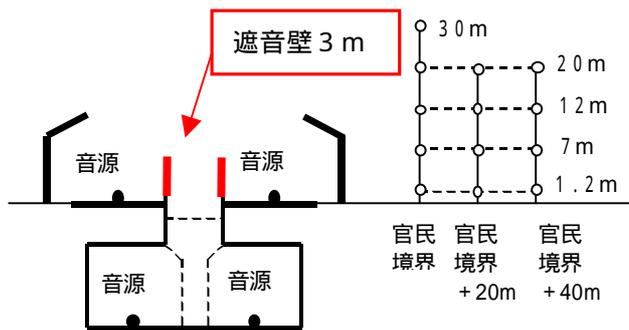


図-7 中央分離帯上 遮音壁設置概略図

表-3 中分側対策工実験結果・効果

等価騒音レベル実験結果(外側遮音壁有)官民境界+20m 高さ20m

		等価騒音レベル		等価騒音レベル	
		専用部 大型車	専用部 小型車	専用部 大型車	専用部 小型車
昼間	無対策	47.8	44	47.6	43.8
	中分遮音壁 設置(3m)	47.8	44	47.6	43.8
夜間	無対策	44.7	39.1	44.5	39
	中分遮音壁 設置(3m)	44.7	39.1	44.5	39

		等価騒音レベル		等価騒音レベル	
		一般部 大型車	一般部 小型車	一般部 大型車	一般部 小型車
昼間	無対策	44.3	42.6	56.1	54.4
	中分遮音壁 設置(3m)	44.3	42.6	48.8	47.1
夜間	無対策	40.9	37.5	52.6	49.2
	中分遮音壁 設置(3m)	40.9	37.5	45.3	41.9

		合成値		
		専用部	一般部	合成値 全体
昼間	無対策	52.2	58.6	59.5
	中分遮音壁 設置(3m)	52.2	52.3	55.3
夜間	無対策	48.7	54.5	55.5
	中分遮音壁 設置(3m)	48.7	48.3	51.5

：環境基準を超過(環境基準60dB(昼)、55dB(夜))

- 3) 日本道路公団 試験研究所：模型実験の手法について 昭和 52 年 10 月