

# 高架道路床版裏側での反射音の影響

— 日本音響学会式の準用と建物に囲まれた地域での影響 —

今井章久 今泉信夫  
(非常勤研究員)

## 1 まえがき

現在、道路交通騒音の予測手法として、我が国では、日本音響学会式<sup>1)2)</sup>が専ら用いられている。これは速度、大型車混入率から1台あたりの平均音響パワーレベルを、車頭間隔と車線から受音点までの距離から騒音レベルの中央値を、道路端の遮音壁についてはそれによる減音量を、そして道路構造に応じた補正值を求めることを行っている。しかし近年、市街地に新設される高速道路などでは、限られた空間の有効利用などのために、在来道路上の高架道路として、更に、2層の高架道路として建設される場合が多い。この場合、上部に存在する道路床版による反射音の影響を受ける。この反射音について、いくつかの検討を行ってきた<sup>3)</sup>が、ここでは日本音響学会式を用い、上部道路床版による虚音源を設定して、その音源に対しても日本音響学会式を適用することによって、第1次反射音までを考慮した騒音レベルの予測を試みた。また、これとは別に、このような道路の両側が建物によって囲まれている場合の騒音レベルについて簡単なモデルによる検討を行った。

## 2 対象とする道路構造

図1に示すような、在来道路上の高架道路あるいは2層構造の高架道路を対象とし、1次反射音、即ち上部道路床版に対する虚音源までを考慮し、道路に垂直な断面の騒音レベル分布を求めた。実音源に対する扱いは日本音響学会式のもの、即ち在来道路は平坦、高架道路は高架(中分閉)とするが、虚音源に対してはすべて高架道路(中分閉)として扱った。

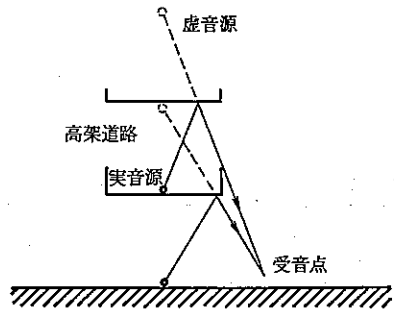


図1 上部道路床版による虚音源

## 3 回折による補正值

上部に高架道路が存在しない場合、遮蔽による減音は遮音壁など、音線の下側の障害物によってだけ生じるが、上部に高架道路がある場合には、音線より上側にあるこれらによる減音をも考慮する必要がある。ここでは、上下に遮蔽物がある場合の回折による補正值は、それぞれの補正值 $\alpha_d$ <sup>1)</sup>を近似式、

$$\begin{aligned}
 \alpha_d &= 0 && [\text{dB}], \\
 &= 10 \log(1 - 5\delta) - 3 && \delta < -2 [\text{m}] \text{ の時} \\
 &= -10 \log(1 + 10\delta) - 3 && -2 \leq \delta < 0 \quad [\text{m}] \text{ の時} \\
 & && 0 \leq \delta \quad [\text{m}] \text{ の時}
 \end{aligned}$$

(1)

によって単独で求め、それらを加算した値とした。なお、 $\delta$ は車線から受音点までの直線距離と障害物の端を經由する音線の長さとの差であり、受音点から車線を見通せる場合には負の値とする。

## 4 距離による補正值

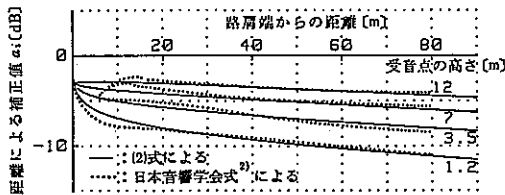
使用した補正值は平坦、高架(中分閉)道路構造に対するものである<sup>2)</sup>が、計算機による算出が容易となるように、平坦に対しては(2)式、

$$\alpha_i = (3 \log(x+1)+1)(\log(h)-1) - 3 - 0.025x \text{ [dB]} \quad (2)$$

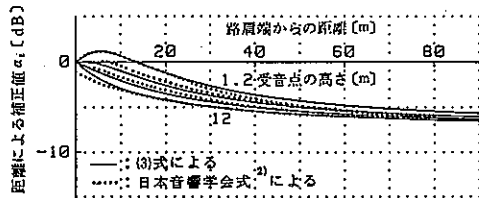
高架(中分閉)に対しては(3)式

$$\alpha_i = -8 \{ (\log(h)-1) / \sqrt{5 + (x/10 - 10/x) - x/(20+x)} \} \text{ [dB]} \quad (3)$$

に近似した。 $h$ は受音点の高さ[m],  $x$ は受音点の路肩端からの距離[m]である。日本音響学会式では、受音点高さ $h$ は1.2, 3.5, 7, 12mに対してであるが、ここでは1.2m以下および12m以上に対しては1.2mおよび12mにおける値を用いることとした。(2), (3)式による受音点高さ1.2, 3.5, 7, 12mに対する値を図2(a), (b)に示した。これらの値は日本音響学会式において示されているもの(図中の点線)と多少異なるが、1.2mから12mまでの任意の受音点高さに対して連続的に補正値を得ることができる。



(a) 平坦道路に対する補正值



(b) 高架(中分閉)道路に対する補正值

図2 距離による補正値 $\alpha_i$  [dB]

### 5 適用例

在来道路上に、上下2層高架道路として建設が予定されている道路において騒音レベルの予測を行い、反射音の考慮の有無について比較した。

予測を行った道路は、幅9.2m、高架道路は高さ上部22.5m、下部12.5mで、それぞれ高さ1.8m、2.7mの遮音壁が取り付けられ、共に交通量は1500台/h、大型車混入率0.12、車速60km/h、在来道路は上下線合わせた交通量2000台/h、大型車混入率0.10、車速50km/hの仮想車線を道路中央に設定した。なお、車から

発生する平均パワーレベルは65年規制に対して修正した音響学会式を用いた。

図3は実際のこの道路の建設予定区間における騒音レベル予測値の道路に垂直な面上の分布、図4は高さ1.2mにおける距離減衰であり、(a)高架道路床版での反射を考慮した場合の騒音レベルは、(b)反射音を無視あるいは吸音処理を施した場合に比べて、路肩端で3dB、この例では路肩から30mの点で1dB騒音レベルは大きくなる。

図5, 6は同一区間において在来一般道路の交通量を0とした、あるいは環境騒音の小さな地点に高架道路が建設された場合であり、(b)直接音に対しては遮音壁が減音効果を示すが、(a)反射音に対しては遮音壁の効果がほとんど無いために、騒音レベルはこの例では路肩端の地上で10dB程度大きくなっている。

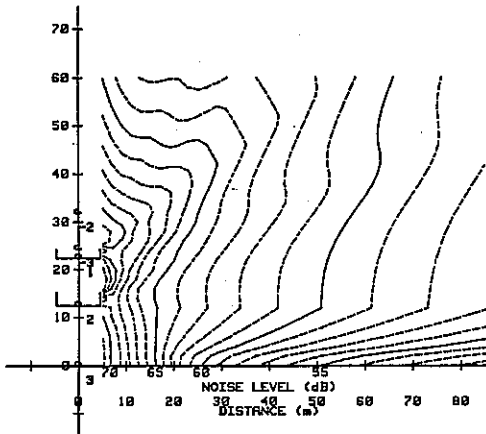
なお、騒音レベルの大きさは交通量、大型車混入率、速度による音源の強さで変化し、また反射音の有無による騒音レベルの差も、遮音壁を含めた道路の形状で異なると共に、図3, 4においては在来道路と高架道路との音源の強さの比で異なる。図3(b)において、等騒音レベル曲線が高さ12mで不連続になっているが、これは平坦道路に対する補正値の、高さに対する変化の不連続さが現われてしまったためである。

図中の番号を付した○印は、それぞれ1:上部, 2:下部高架道路および3:在来道路の車線すなわち音源位置を示し、また負の番号は、高架道路床版裏面での反射によって生じる虚音源を示す。

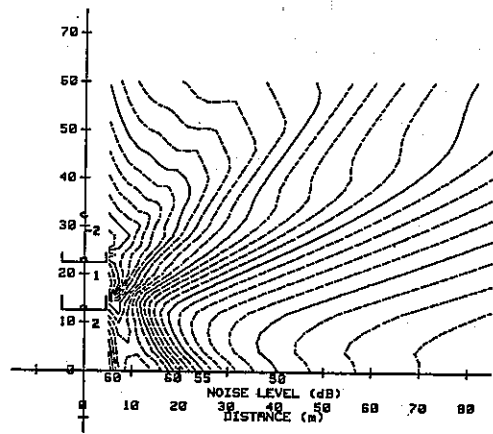
### 6 建物で囲まれた地域での反射音の影響

図7のように建物に囲まれた在来道路上に高架道路が新設された場合、単なる1次反射音だけでなく建物、高架道路、地表とに囲まれた空間内の多重反射によって騒音レベルは大きくなる。この囲まれた空間内を微小高さの水平面内では3次元の拡散をし、垂直方向に減衰しながら伝搬する音場と仮定し、地表面上の拡散音の音響エネルギー密度を $U_0$  [J/m<sup>2</sup>]とすると、地表からの高架道路で反射して1往復した音波の音響エネルギー密度 $U_1$  [J/m<sup>2</sup>]は、

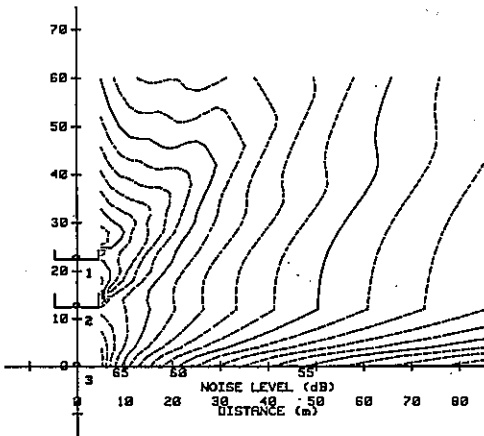
$$U_1 = U_0 \exp\{-2(1-R)h/W_0\} \times R^2 W/W_0 \text{ [J/m}^2\text{]} \quad (4)$$



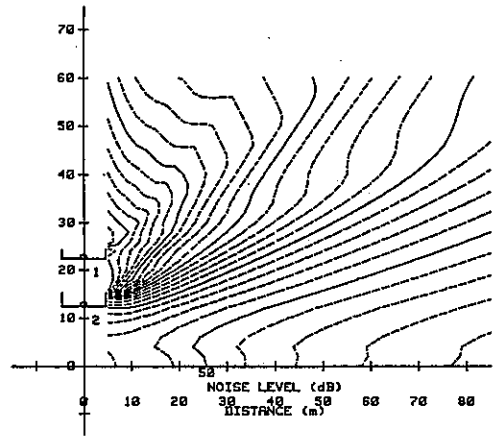
(a) 反射音考慮 (反射率0.9)



(a) 反射音考慮 (反射率0.9)



(b) 反射音無視 (反射率0)



(b) 反射音無視 (反射率0)

図3 在来道路と高架道路の騒音レベル分布

図5 高架道路の騒音レベル分布

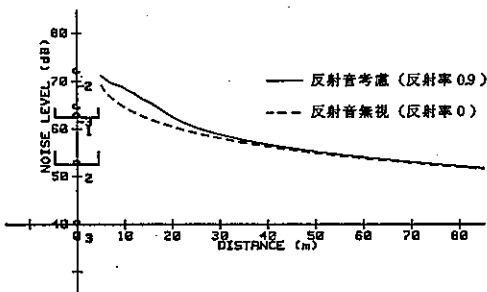


図4 在来道路と高架道路の騒音レベル距離減衰

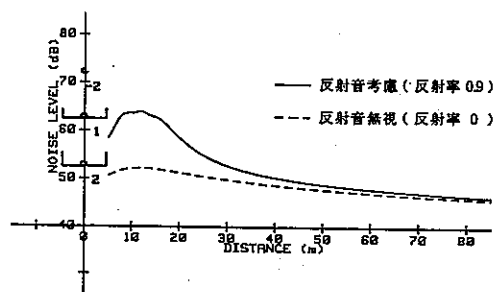


図6 高架道路の騒音レベル距離減衰

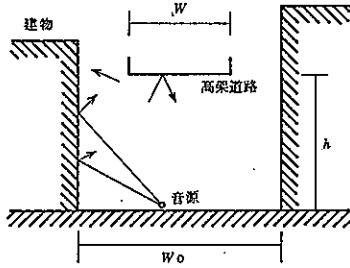


図7 建物と高架道路に囲まれた音場

N往復した音波では、

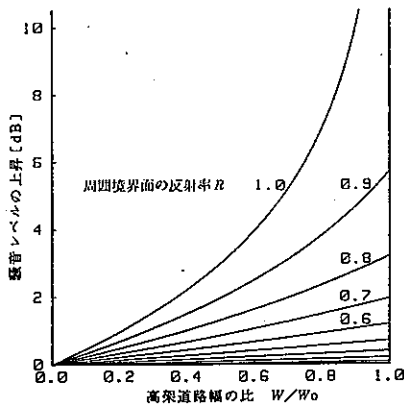
$$U_N = U_0 \left[ \exp\{-2(1-R)h/W_0\} \times R^2 \right. \\ \left. W/W_0 \right]^N \quad [\text{J/m}^2] \quad (5)$$

となり、全音響エネルギー密度  $U [\text{J/m}^2]$  は

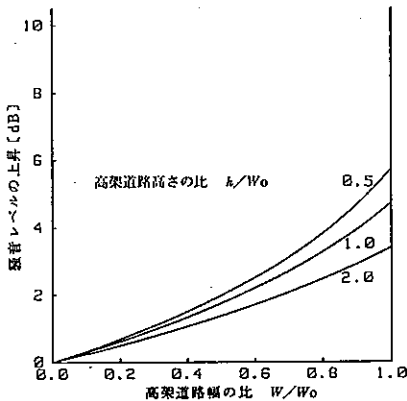
$$U = U_0 + U_1 + \dots + U_N + \dots$$

$$= U_0 / [1 - \exp\{-2(1-R)h/W_0\} \times R^2 \\ W/W_0] \quad [\text{J/m}^2] \quad (6)$$

となる。高架道路が無い状態での全音響エネルギー密度は  $U_0 [\text{J/m}^2]$  であるので、高架道路による拡散音のレベルの増加は  $10 \log (U/U_0) [\text{dB}]$  となる。図8(a)に  $h/W_0 = 0.5$  における周辺反射面の音の強さの反射率に対して、(b)には反射率  $R = 0.9$  の場合の高架高さに対して、それぞれ高架道路幅の在来道路幅との比による変化を示した。拡散音のレベルの上昇量は周辺反射面の反射率と高架道路幅の比で大きく変わるが、高架道路高さではあまり変わらない。高架道路高さを在来道路幅  $0.5 \sim 2.0$  倍、反射率を  $0.9$  とすると、高架道路による騒音レベルの上昇は、道路幅の比が  $0.5$  で  $2 \text{ dB}$ 、 $0.8$  では  $2 \sim 4 \text{ dB}$  となる。



(a)  $h/W_0 = 0.5$



(b)  $R = 0.9$

図8 高架道路による騒音レベルの上昇

### 7 あとがき

道路交通騒音予測のための日本音響学会式を高架道路床版裏面での反射音にも準用し、その影響を考慮した予測を試みた。遮音壁がなく、あるいはあっても音源が見通せる受音点では反射音による騒音レベルの上昇は  $3 \text{ dB}$  以内であるが、遮音壁によって音源が隠されている受音点でも、虚音源が見通せる場合には遮音壁の効果は全く無くなってしまい、反射音を考慮した場合の騒音レベルはほぼ遮音壁の効果分大きくなる。

周辺を建物に囲まれた道路上に高架道路が新設されると、それらに囲まれた空間内の拡散音のレベルは、特に吸音処理を行わない場合、高架道路幅の比が  $0.5 \sim 0.8$  に対して  $2 \sim 4 \text{ dB}$  増加する。

反射音に対する日本音響学会式の準用について、そして拡散音レベルと直接音、1次反射音との関係などについては更に詳細な検討が必要であり、また日本音響学会式における距離による補正值の近似式についても、更に近似の良い、簡潔な式表現が可能であると考えられる。

### 参考文献

- 1) 石井聖光：道路交通騒音の予測計算方法に関する研究(その1)，日本音響学会誌，31，507(1975)
- 2) 石井聖光：道路交通騒音予測計算方法に関する研究—高さ別補正值  $\alpha_i$  について—，日本音響学会誌，33，426(1977)
- 3) 今井章久他：簡易計算機シミュレーションを用いた高架道路裏面反射音の影響，東京都公害研究所年報，200(1985)