

第2章 沿道市街地における騒音レベルの予測・評価方法

2.1 騒音レベルの区間評価^{8) 9) 10) 12)}

従来、道路交通騒音の評価は、評価区間の騒音の状況を代表する地点を選定して行われてきた。これは、評価地点が道路端であったことによる。この場合、評価区間における道路構造と交通条件が一定であれば、その区間における騒音レベルもほぼ一定とみなせ、代表地点の選定が比較的容易であった。しかし、1.1で述べたように、環境基準改訂により沿道の建物群背後で複雑に変化する騒音レベルを予測・評価する必要が生じている。

図2-1①のように、地方部等において複数の建物が十分な間隔をおいて立地している場合は、原理的には特定地点での騒音予測が可能である。一方、図2-1②のように受音点から音源を見通せないほど建物が密集すると、特定地点での L_{Aeq} 計算は事実上不可能に近い。これは第1に建物群による多重回折、散乱の影響を計算することが困難なこと、第2に計算に必要な建物の形状、表面性状を多数の建物を対象に調査、設定するのが現実的でないことによる。

さらに、仮に特定地点での騒音予測ができたとしても、建物群背後の L_{Aeq} は評価点位置により複雑に変化するため、評価区間の代表地点を選定して予測・評価することが困難である。したがって、評価地点を特定せずに評価区間全体の騒音の状況を代表できる指標が有効となる。

ここでは、その指標として、道路と平行な一定高さの評価区間の L_{Aeq} のエネルギー平均値を用いることとし、それを区間平均等価騒音レベル (Spatially averaged equivalent continuous A-weighted sound pressure level, $\overline{L_{Aeq}}$) と呼ぶ。

区間平均等価騒音レベル [dB] は、次式で定義される。

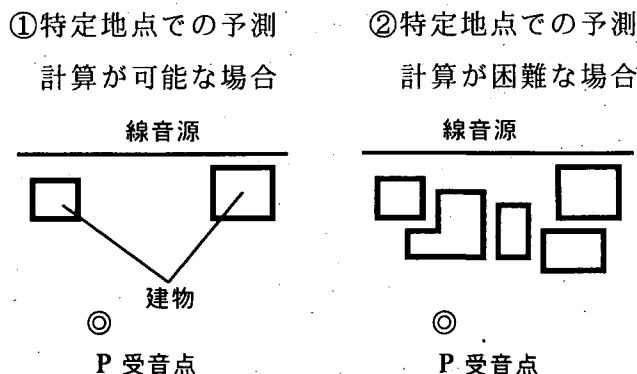


図2-1 建物群背後の特定地点での騒音予測^{8) 9) 12)}

$$\begin{aligned} \overline{L_{Aeq}} &= 10 \log_{10} \left(\frac{1}{x_2 - x_1} \int_{x_1}^{x_2} 10^{L_{Aeq}(x)/10} dx \right) \\ &= 10 \log_{10} \left(\frac{1}{x_2 - x_1} \cdot \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{x_1}^{x_2} \int_{t_1}^{t_2} \frac{p_A^2(t, x)}{p_0^2} dt \cdot dx \right) \end{aligned} \quad (2.1)$$

t_1, t_2 : 対象とする時間範囲の始まりの時刻, 終わりの時刻

x_1, x_2 : 評価区間の始まり点, 終わりの点

$p_A(t, x)$: 時刻 t , 評価点位置 x における A 特性音圧 [dB]

p_0 : 基準音圧 (20 μ Pa)

この指標の物理的意味は, 評価区間が一定時間に受ける音のエネルギーを, 時間的かつ空間的に平均化した場合の騒音レベルである。

なお, 騒音に係る環境基準では, 道路に面する地域の環境基準の達成状況の評価は, 地域内の住居等のうち基準値を超過する戸数および超過する割合を把握して行うとされている。環境基準の達成状況を沿道の広い地域においてマクロに把握することを目的とする場合, 本指標は特に有効であると考えられる。

また, $\overline{L_{Aeq}}$ を測定で求める場合は, 等間隔に配置した n 箇所の測定点での $L_{Aeq}(i)$ から, 次式により計算する。

$$\overline{L_{Aeq}} = 10 \log_{10} \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{L_{Aeq}(i)/10} \right) \quad (2.2)$$

また, 建物群による減音効果を表す指標として, それらの有無による $\overline{L_{Aeq}}$ の差である区間平均挿入損失 (Spatially averaged Insertion Loss, $\overline{IL_{builds.}}$) を用いる。

2.2 沿道市街地のモデル化と騒音レベルの基本的計算方法

2.2.1 建物群背後における $\overline{L_{Aeq}}$ 計算の基本的考え方

建物が密集した市街地では騒音の距離減衰が大きいので, 広域的な騒音レベルの計算においては暗騒音補正を行うことが望ましい。ここでは, 道路から一定距離隔たった一定高さの評価区間の $\overline{L_{Aeq}}$ を, 道路交通騒音 (Road Traffic Noise) の寄与による $\overline{L_{Aeq}(RN)}$ と暗騒音 (Background Noise) の寄与による $\overline{L_{Aeq}(BN)}$ とを合成した次式で求めることとする。

$$\overline{L_{Aeq}} = 10 \log_{10} \left(10^{\overline{L_{Aeq}(RN)}/10} + 10^{\overline{L_{Aeq}(BN)}/10} \right) \quad (2.3)$$

$\overline{L_{Aeq}(RN)}$ は, 建物群が存在しないと仮定し半自由空間での幾何減衰を考慮して計算される等価騒音レベル $L_{Aeq}(RN, \text{without builds.})$ から, 建物群による $\overline{IL_{builds.}}$ を差し引いて求める。なお, ここでは地表面効果は無視する。

$$\overline{L_{Aeq}}(\text{RN}) = L_{Aeq}(\text{RN, without builds.}) - \overline{IL}_{\text{builds.}} \quad (2.4)$$

$L_{Aeq}(\text{RN, without builds.})$ を交通条件から算出する場合、一般的に文献8)の方法で計算できる。特に遮音壁が設置されていない十分長い直線の平面道路の場合は、文献8)の方法を無限線音源に適用した次式を用いることができる。

$$L_{Aeq}(\text{RN, without builds.}) = L_{WA} - 3 - 10\log_{10}d - 10\log_{10}(1000V/N) \quad (2.5)$$

L_{WA} : 走行車両のA特性パワーレベル[dB]

d : 線音源(音源を設定する車線)から評価区間までの距離[m]

V : 車両の平均走行速度[km/時]

N : 交通量[台/時]

ここで、上下車線別などに仮想線音源を複数設定する場合は、(2.4)・(2.5)式により各音源からの $\overline{L_{Aeq}}(\text{RN})$ を求め、それらを合成することにより対象道路全体による $\overline{L_{Aeq}}(\text{RN})$ を算出する。

2車種分類の L_{WA} は、一般道路の非常区間では次式となる⁸⁾。

$$\begin{cases} \text{大型車類: } L_{WA} = 88.8 + 10\log_{10}V \\ \text{小型車類: } L_{WA} = 82.3 + 10\log_{10}V \end{cases} \quad (2.6)$$

(2.5)式、(2.6)式より、非常区間では車両の平均走行速度が変数から除かれた次式が得られる。

$$\begin{cases} \text{大型車類} \\ L_{Aeq}(\text{RN, without builds.}) = 55.8 - 10\log_{10}d + 10\log_{10}N \\ \text{小型車類} \\ L_{Aeq}(\text{RN, without builds.}) = 49.3 - 10\log_{10}d + 10\log_{10}N \end{cases} \quad (2.7)$$

また、2車線道路など幅員の小さい道路で、かつ上下車線の交通条件がほぼ均一の場合は、道路中央に一つの線音源を設定して計算することも可能である。この時、道路端などでの測定値 $L_{Aeq}(\text{RN, measured})$ が得られている場合は、次式により $L_{Aeq}(\text{RN, without builds.})$ を求めることができる。

$$L_{Aeq}(\text{RN, without builds.}) = L_{Aeq}(\text{RN, measured}) - 10\log_{10}(d/d_0) \quad (2.8)$$

d_0 : 線音源(道路中心)から測定点までの距離[m]

一方、 $\overline{L_{Aeq}}(\text{BN})$ は、箇所毎に測定して設定することも可能であるが、本研究では騒音に係る環境基準¹⁾でいう昼間、夜間に対して、各々45dB、40dB(文献9)10)では昼間の $\overline{L_{Aeq}}(\text{BN})$ を50dBとすることを提案していたが、これを改める)とする。これは、後述する33箇所の実測結果(図3-12参照)に基づくものである。

なお、 $\overline{IL}_{\text{builds.}}$ の計算方法については2.2.3で後述する。

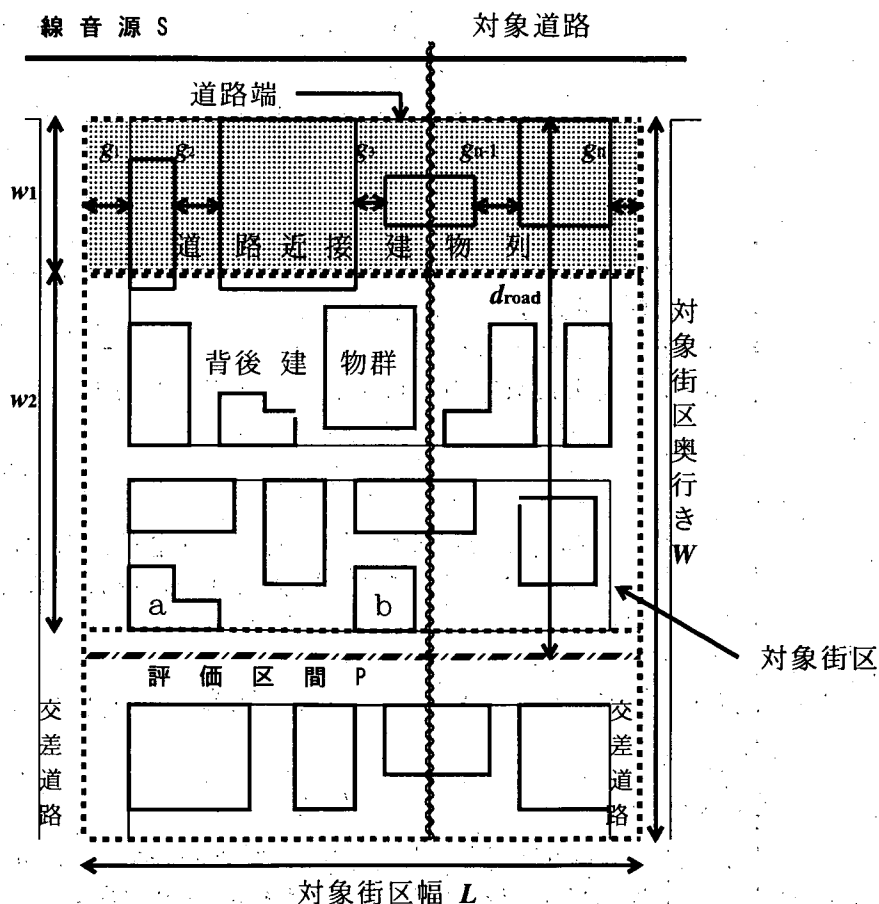
2.2.2 沿道市街地のモデル化と建物パラメータ

沿道市街地における騒音レベルの予測・評価にあたり、まず予測・評価の対象とする街

区（以下「対象街区」という。図2-2参照）を設定する。対象街区は、原則として対象道路およびそれと交差する道路で囲まれた地域とする。ただし、沿道市街地において区画道路や建物が無秩序に配置されている場合は、交差道路にかかわらず対象道路を一辺とする長方形の街区（図4-1(c)参照）を設定する。

なお、音源は対象道路上にのみ線音源 S を想定し、交差道路からの発生音は考慮しない。

次に対象街区に存在する建物群を、道路に直面して立地する建物の列（以下、「道路近接建物列」という）とその背後の建物群（以下、「背後建物群」という）とに分類する。そして、それらに対し \overline{IL}_{builds} の計算に必要な建物パラメータ（表2-1参照）を与える。これらの建物パラメータには文献 8)9)10)と同じものも含まれているが、その設定ルールを明確にするため、より具体的に定義した。なお、表2-1において w_1 を $w_1 \leq 15$ となるように定義した理由、並びに β_{all} を用いた計算式については、「2.4 平面道路を対象とした簡易計算方法」において示す。



※評価区間は対象道路と平行で、区間長は対象街区幅 L と等しい。

道路端～評価区間の水平距離を d_{road} と定義する。

図2-2 沿道市街地のモデル化（平面図）

表 2-1 建物パラメータの定義

<p>w_1</p>	<p>道路端から道路近接建物列の平均後面位置までの水平距離[m]。ある建物の後面位置が道路端より 15m 以上の場合は、道路端より 15m として計算する。したがって、$w_1 \leq 15$ となる。</p> <p>ただし、建物群上方の伝搬音（図 2-3 のパス 2，パス 3 に相当）をより正確に計算する場合は、図 2-4，図 2-6 の上方回折点 X を道路近接建物列の平均前面位置上に設定する。この場合 w_1 は道路近接建物列の平均奥行きを表すことになる。</p>
<p>w_2</p>	<p>道路近接建物列の平均後面位置から評価区間の直前の建物（図 2-2 では建物 a，b が相当する）の後面位置までの水平距離[m]。背後建物群の奥行きを表す。</p>
<p>α</p>	<p>道路近接建物列の間隙率。次式で定義される。</p> $\alpha = \left(\sum_{i=1}^n g_i \right) / L \quad (2.9)$ <p>L は対象街区幅[m]を、g_i ($i = 1 \sim n$) は道路近接建物列の i 番目の建物間隔 (gap) を表す。</p> <p>ここで、g_1, g_n は、評価区間の両端（一般的には、市街地外周の交差道路の中心線）から最も近い建物側壁面までの距離を示す。また、$g_2 \sim g_{n-1}$ は隣接する建物間の最短距離とした。</p>
<p>β</p>	<p>背後建物群の建物密度。次式で定義される。</p> $\beta = \frac{A_2}{w_2 L} \quad (2.10)$ <p>$A_2 [m^2]$ は背後建物群中の建物の建築面積の和を表す。β は同一街区でも評価区間位置 (d_{road}) により異なる。</p>
<p>β_{all}</p>	<p>対象街区全体の建物密度。次式で定義される。</p> $\beta_{all} = \frac{A_{all}}{WL} \quad (2.11)$ <p>$W [m]$ は対象街区全体の奥行きを表す。$A_{all} [m^2]$ は対象街区に存在する建物の建築面積の和を表す。β_{all} は同一街区では一つの値となる。</p>
<p>h</p>	<p>道路近接建物列及び背後建物群の平均高さ[m]</p>

ここで建物パラメータとして、道路近接建物列に α 、背後建物群に β を与えた理由は次のとおりである。

- 1) 道路近接建物列は、道路から市街地内へ伝搬する騒音を遮蔽する役割を有している。それが間隙を有する場合、市街地内へ伝搬する音のエネルギーの比率は α で表せると考えた。
- 2) 背後建物群による超過減衰量の計算では、建物群による多重回折、散乱の影響を考慮する必要がある。この場合、建物密度がパラメータとして有効であることが従来の研究^{3) 4) 7)}で明らかとなっている。

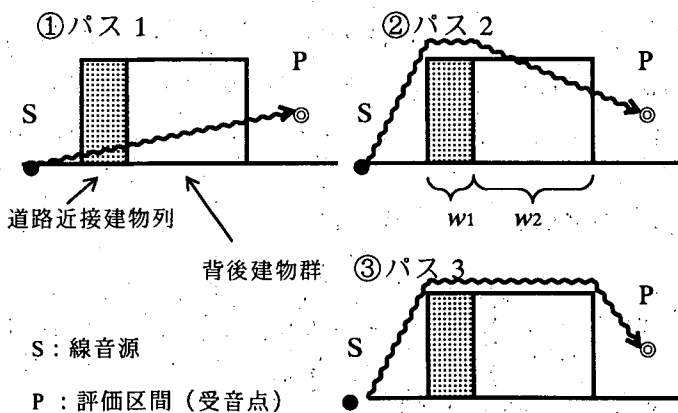
また、 h というパラメータは、評価区間が高い場合や道路から離れている場合に、特に重要となる。なお、基本的には、道路近接建物列と背後建物群の平均高さがほぼ同一の場合を想定して議論を進め、両者が異なる場合の取り扱いについては、2.2.3(3)で述べる。

2.2.3 沿道市街地における \overline{IL}_{builds} の計算方法

(1) 平面道路を対象とする場合

まず、遮音壁が設置されていない平面道路を対象に、建物群による \overline{IL}_{builds} の計算方法を示す。

今、線音源 S から発生し市街地を伝搬する音の経路（パス）として、図 2-3 に示す 3 つを考える。ここで、パス 1、パス 2、パス 3 による音の寄与（Contribution, エネルギー量）を C_1, C_2, C_3 とし、建物群が存在しない場合の音の寄与を C とすると、 \overline{IL}_{builds} は以下の式で与えられる（図 2-4 参照）。



- ①パス 1: 道路近接建物列の前面及び上面の間隙から入射し、背後建物群中を伝搬する音を表すパス
- ②パス 2: 背後建物群の上面の間隙から入射し、背後建物群中を伝搬する音を表すパス
- ③パス 3: 道路近接建物列および背後建物群の上方を伝搬する音を表すパス

図 2-3 沿道市街地における音の伝搬パス

$$\overline{IL}_{builds.} = -10 \log_{10}(C_1/C + C_2/C + C_3/C) \quad (2.12)$$

$C_1/C \sim C_3/C$ は次式で計算する。

$$\begin{cases} C_1/C = \alpha (1 - 10^{-IL^{(LS)}_{SXYP}/10}) 10^{-\Delta L(\beta, d_1)/10} \\ C_2/C = (1 - \beta) (10^{-IL^{(LS)}_{SXYP}/10} - 10^{-IL^{(LS)}_{SXZP}/10}) \times 10^{-\Delta L(\beta, d_2)/10} \\ C_3/C = 10^{-IL^{(LS)}_{SXZP}/10} \end{cases} \quad (2.13)$$

ここで $IL^{(LS)}_{SXYP}$ および $IL^{(LS)}_{SXZP}$ は、線音源 (Line Source) に対する無限長の連続した反射性厚み障壁^{9) 13)} (表面が完全反射の厚みのある障壁のこと。以下、同じ) による挿入損失を表す。すなわち、図 2-5 に示すように道路近接建物列または建物群全体を間隙のない反射性厚み障壁とみなすことにより、建物群上方の伝搬音を計算することとした。 $IL^{(LS)}_{SXYP}$ および $IL^{(LS)}_{SXZP}$ は、文献 9), 12) で示された点音源に対する反射性厚み障壁による減音量 $\Delta L(RW)$ の計算式を用いて、障壁の有無によるユニットパターン⁸⁾ (1 台の自動車に見立てた点音源が仮想車線上を移動する場合における音圧レベルの時間的変化のこと) の積分値の差として求められる。

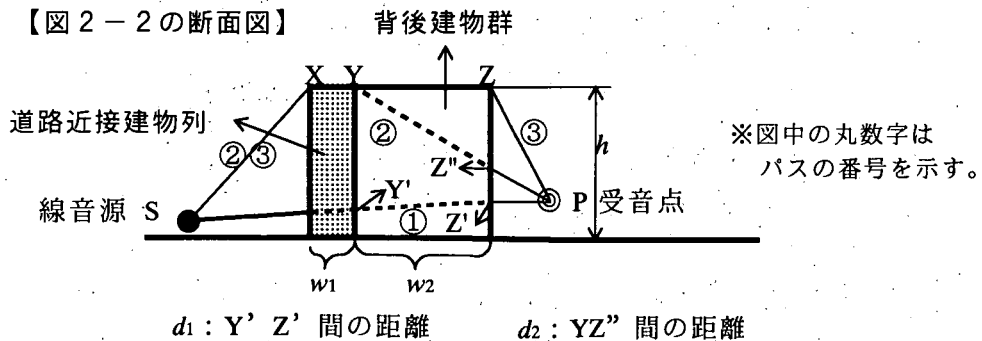
また、 $\Delta L(\beta, d_i)$ は、パス i ($i = 1, 2$) が背後建物群を通過する際の超過減衰量 [dB] を示し、 β および d_i の関数 ((2.18) 式参照) である。ここで d_i はパス i の背後建物群中の通過距離を示し、図 2-4 で定義される。

(2.13) 式導出の考え方を示す。まず、図 2-5 のようにエッジを X, Y または X, Z とする反射性厚み障壁の上方回折音の寄与を、各々 C_0, C_3 とすると、

$$C_0/C = 10^{-IL^{(LS)}_{SXYP}/10}, \quad C_3/C = 10^{-IL^{(LS)}_{SXZP}/10}$$

が得られる。

C_1 の算出では、道路近接建物列の間隙を通過する音の寄与を $\alpha(C - C_0)$ とし、それに背後建物群を通過する音の寄与の減少割合を乗じた。 C_2 の算出では、同様の考え方において、背後建物群上面の間隙から入射する音の寄与を $(1 - \beta)(C_0 - C_3)$ で表した。これらを C で除すことにより、(2.13) 式の C_1/C および C_2/C に関する式が得られる。



(注) 受音点 P が Z より高くなり、SP が \overline{YZ} と交わるときは、交点を Z' とし $d_2 = 0$ とする。

さらに P が高くなり、SP が Y の上を通過するときは、 $d_1 = d_2 = 0$ とする。

図 2-4 平面道路を対象とする場合の音の伝搬パスと d_1, d_2 設定の考え方

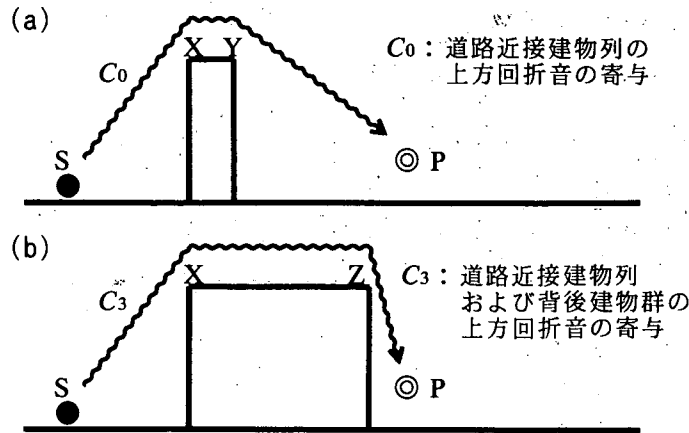


図 2-5 建物群を連続した反射性厚み障壁とみなすことによる上方回折音の計算

なお、道路近接建物列直後の評価区間の $\overline{IL_{builds}}$ を計算する時は、(2.13)式に $\beta = 0$ を代入した場合の(2.12)式である次式で求める。

$$\overline{IL_{builds}} = -10 \log_{10} \{ \alpha (1 - 10^{-IL^{(LS)}_{SXYP}/10}) + 10^{-IL^{(LS)}_{SXYP}/10} \} \quad (2.14)$$

(2) 遮音壁のある道路を対象とする場合

高さが一定の連続した遮音壁が設置された道路を対象とする場合は、遮音壁(barrier)及び建物群(buildings)による挿入損失の空間的エネルギー平均値である $\overline{IL_{bar.+builds}}$ を求めることになる。 $\overline{IL_{bar.+builds}}$ は(2.12)式、(2.13)式の考え方を応用した次式で計算する。(図 2-6 参照)。この場合、(2.4)式の $\overline{IL_{builds}}$ は $\overline{IL_{bar.+builds}}$ に読み替える。

$$\overline{IL_{bar.+builds}} = -10 \log_{10} (C_1/C + C_2/C + C_3/C) \quad (2.15)$$

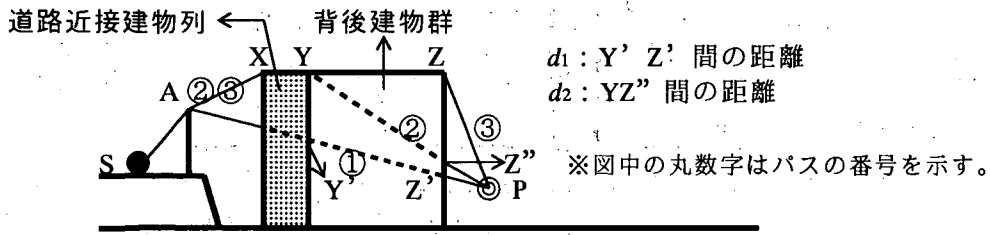
$$\begin{cases} C_1/C = \alpha (10^{-IL^{(LS)}_{SAP}/10} - 10^{-IL^{(LS)}_{SAXYP}/10}) \times 10^{-\Delta L(\beta, d_1)/10} \\ C_2/C = (1 - \beta) (10^{-IL^{(LS)}_{SAXYP}/10} - 10^{-IL^{(LS)}_{SAXZP}/10}) \times 10^{-\Delta L(\beta, d_2)/10} \\ C_3/C = 10^{-IL^{(LS)}_{SAXZP}/10} \end{cases} \quad (2.16)$$

ここで、 $IL^{(LS)}_{SAP}$ は線音源に対する遮音壁による挿入損失を表し、点音源に対する半無限障壁による減音量の計算式^{14) 15)}を用いて求める。また、 $IL^{(LS)}_{SAXYP}$ は無限線音源に対する半無限障壁(エッジ A)と反射性厚み障壁(Reflective Wide Barrier, エッジ X,Y)による二重回折による挿入損失を示す。その算出には、点音源に対する半無限障壁(Single Barrier)および反射性厚み障壁による二重回折の減音量 $\Delta L(D,S-RW)_{SAXYP}$ の計算が基本となるが、これを次式で求めた。

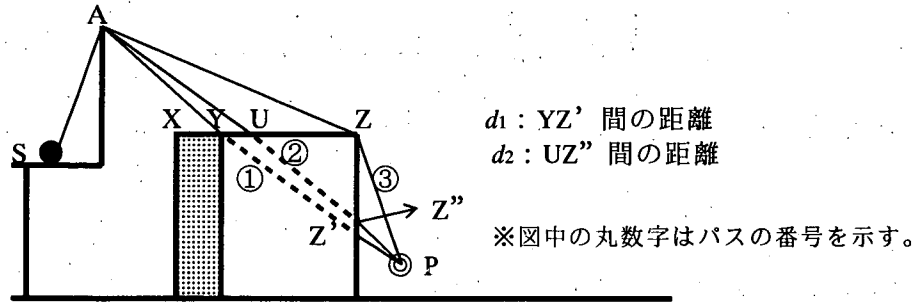
$$\Delta L(D,S-RW)_{SAXYP} = \Delta L_{SAP} + \Delta L(RW)_{AXYP} \quad (2.17)$$

この式では、障壁間隔が大きい二重障壁による減音量の計算方法^{9) 16)}を応用した。すなわち、半無限障壁による減音量を基本とし、さらにエッジ A 上に仮想音源を想定して反射性厚み障壁による減音量を加えた。

(a) APがYの下を通過する場合



(b) APがYの上を通過する場合



(注)さらに A が高くなり、AP が Z より上を通る場合は $d_2 = 0$ とする。
 一方、P が Z より高い場合の扱いは、図 2-4 (注) を参照されたい。

図 2-6 遮音壁のある道路を対象とする場合の音の伝搬パスと d_1 , d_2 設定の考え方

(3)道路近接建物列が背後建物群より高い場合の $\overline{IL_{builds}}$ の近似計算方法

(1), (2)において、道路近接建物列の平均高さが背後建物群より高い場合は、近似的には(2.12)式の C_2/C , C_3/C を、各々、 $\alpha C_2/C$, $\alpha C_3/C$ に改めればよい。この場合は、道路近接建物列の上方を伝搬する音の寄与は無視できるほど小さいと仮定している。

2.3 背後建物群を通過する音の超過減衰式の検討

背後建物群における $\overline{LA_{eq}}$ を計算するためには、(2.13)式および(2.16)式において、 $\Delta L(\beta, d_i)$ を求める必要がある。

ここでは、背後建物群を通過する音の超過減衰量 $\Delta L(\beta, d_i)$ を表す実験回帰式を作成するため、無響室において縮尺比 1/40 の音響模型実験を行った。なお、本章では、模型実験に関する数値は、「原寸」とことわらない限り実物換算で示す。

2.3.1 模型実験の方法

(1)実験方法

模型実験の配置および実験ケースを図 2-7 に示す。この図において、「建物列数」とは実際に配置した列数を表し、「受音点位置 i ($i = 1 \sim 4$) 列目背後」とは、 i 列の建物

を配置したと仮定した時に、その最後列の建物の受音点側の壁面から 5m 離れた位置を指す。また、各々の受音点位置において、建物が存在しない場合の音圧レベルも測定した。

直方体の建物模型の大きさは、建築面積 80 m^2 (間口 8m, 奥行き 10m) で、高さは建物上方の回折音を無視できると考えられる 18m とした。この模型を、ジェットノイズの線音源⁴⁾ (延長 320m, 半径 = 音源高さ 0.4m) に沿って 320m 以上の延長で整列させた。

建物列数、音源から 1 列目の建物 (道路近接建物列) の間隔 g と 2 列目以降の建物群 (背後建物群) の前後左右の間隔 t を実験ケースのように変化させて、等間隔に配置した受音点 P1 ~ P11 (高さ 1.2m) で音圧レベルを測定した。測定は、1/4 インチタイプのマイクロホンを移動させて行った。そして、各マイクでの音圧レベル (L_{Aeq} 相当) から、(2.2) 式により建物群設置前後の $\overline{L_{Aeq}}$ を算出し、その差分を $\overline{IL_{builds}}$ とした。なお、対象周波数は、200 ~ 1250Hz とし、1/3 オクターブバンド毎に分析を行った。

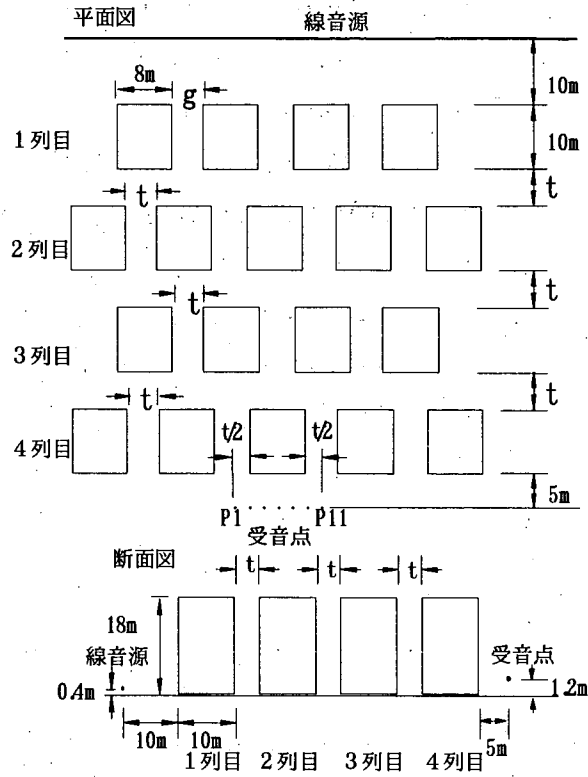
本実験では、 t を等間隔として建物を配置した。これは、建物密度が同じであれば建物配置が異なっても $\overline{IL_{builds}}$ の差異は小さいことが、加来らの実験結果⁴⁾ において明らかとなっているためである。

建物模型の材料には発泡スチロールを用いたが、音源からの音が直接入射する 1 列目および 2 列目建物の音源側の面には、厚さ 3mm (原寸) のアクリル板を貼付し透過損失を高めた。また、地面 (床面) は、同じアクリル板を用いて反射性とし、全ての建物模型底面と地面との隙間はシールして塞いだ。

(2) 発泡スチロールの吸音率

模型材料に用いた発泡スチロールを十分広く敷き詰め、その表面から 1m の高さに 10m の間隔で音源と受音点を配置した。その時の周波数別の超過減衰の実測値と波動理論による計算値の比較を図 2-8 に示す。なお、波動理論による超過減衰の計算に当たっては、locally reacting な有限インピーダンス平面上の音伝搬を想定し、球面波に対する音圧反射率は川井の式¹⁷⁾、地表面の音響インピーダンスのモデル式は幹の式¹⁸⁾ を用いた。その結果、計算上の流れ抵抗 σ が $5,000 \text{ kPa} \cdot \text{s} / \text{m}^2$ の時に、計算値と実験値の残差二乗和が最小となり、ピークディップを生ずる周波数も一致した。そこで、発泡スチロールの実効的流れ抵抗 σ を $5,000 \text{ kPa} \cdot \text{s} / \text{m}^2$ とし、その統計入射吸音率を周波数別に推定¹⁹⁾ した。そして、自動車交通騒音の A 特性代表パワースペクトル⁸⁾ で重み付けして求めた 200 ~ 1,250Hz のオールパスの吸音率は 0.12 であった。

我が国では、建物間隙の伝搬音に対する建物壁面の吸音効果に関する研究はほとんど見当たらない。しかし、ドイツ連邦交通省が定めた沿道騒音防音指針 RLS-90 では、平らな建築物正面での反射による吸音効果を 1dB (吸音率 0.2 程度に相当) に設定している。したがって、本実験に用いた発泡スチロールは、模型材料としてほぼ妥当であると判断した。



ケース No	建物列数	1列目の建 物間隔 g(m)	1列目以後 の建物間隔 t(m)	受信点位置			
				1列目背後	2列目背後	3列目背後	4列目背 後
1	1	1			①	②	
2	2	1	1		①		
3	3	1	5			②	
4	1	2				③	
5	3	2	5			③	
6	1	3		○	④	⑤	
7	2	3	3		④		
8	3	3	3			⑤	
9	3	3	5			○	
10	1	5		○	⑥	⑦	⑧
11	2	5	5		⑥		
12	3	5	5			⑦	
13	4	5	5				⑧
14	1	7		○	⑨	⑩	⑪
15	2	7	7		⑨		
16	3	7	7			⑩	
17	4	7	7				⑪

注：(13) 式, (14) 式の算出には, 同じ○数字の実験データの組み合わせを用いた。

図 2-7 模型実験の配置および実験ケース

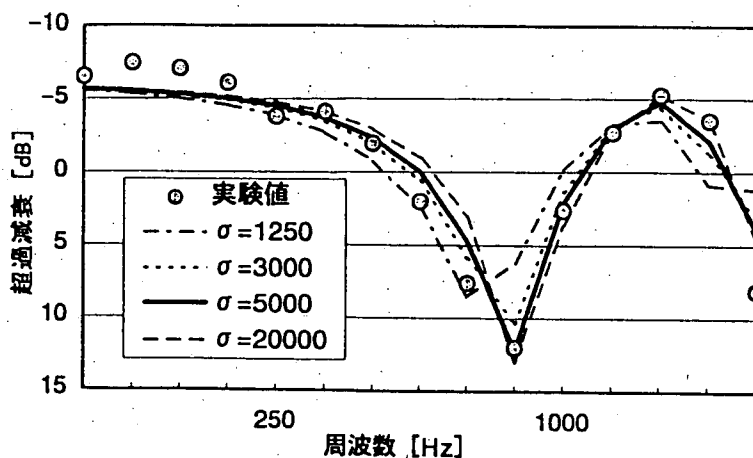


図 2 - 8 周波数別超過減衰の実験値と計算値の比較

2.3.2 α , β , d_i および周波数 f と \overline{IL}_{builds} の関係

図 2 - 9 に、建物列数 3 列、受音点位置 3 列目背後、 $t = 5m$ ($\beta = 0.41$) の場合に、 g を変化させたときの α と \overline{IL}_{builds} の関係を示す。ここで、 \overline{IL}_{builds} は自動車走行騒音の代表パワースペクトル⁸⁾で重み付けした A 特性オーバーオール値として示している (図 2 - 10 も同様)。 g を 2m から 1m に狭くすると、建物群全体での建物密度 β_{all} は、0.51 から 0.53 に変化する程度であるが、 \overline{IL}_{builds} の増加は 3dB をやや上回っている。これは、 α が 1/2 になった影響が大きいと考えられる。したがって、 α は建物パラメータとして重要な役割を果たしていることが分かる。

次に、建物列数を順次増加させ、最後列の建物後方 5m の位置が受音点の時に、パス 1 (図 2 - 3 参照) の建物群全体 (道路近接建物列および背後建物群) の通過距離 $d_{i,all}$ と \overline{IL}_{builds} の関係を図 2 - 10 に示す。建物密度による \overline{IL}_{builds} の差異は、 $d_{i,all}$ の増加とともに大きくなる。 $d_{i,all} = 40m$ の場合には、 $g = t = 3m$ ($\alpha = 0.27$, $\beta = 0.56$) の時が、 $g = t = 7m$ ($\alpha = 0.47$, $\beta = 0.31$) の時より、13dB 程度 \overline{IL}_{builds} が大きい。

さらに図 2 - 11 には、建物列数 3 列、受音点位置 3 列目背後の場合に、周波数 f と \overline{IL}_{builds} の関係を示す。建物密度が大きくなるにつれ、 f の増加とともに \overline{IL}_{builds} が増加する傾向が顕著となる。

2.3.3 背後建物群を通過する音の超過減衰式

2.3.2 の検討結果を踏まえて重回帰分析を行い、伝搬音が背後建物群を通過する際の超過減衰量を表す実験回帰式を作成した。なお、分析にあたっては、図 2 - 7 の下注に記した模型実験ケースの組み合わせにより、1 列目の建物がある状態で、さらに 2 列目以降の建物を追加した場合の \overline{IL}_{builds} を測定した。

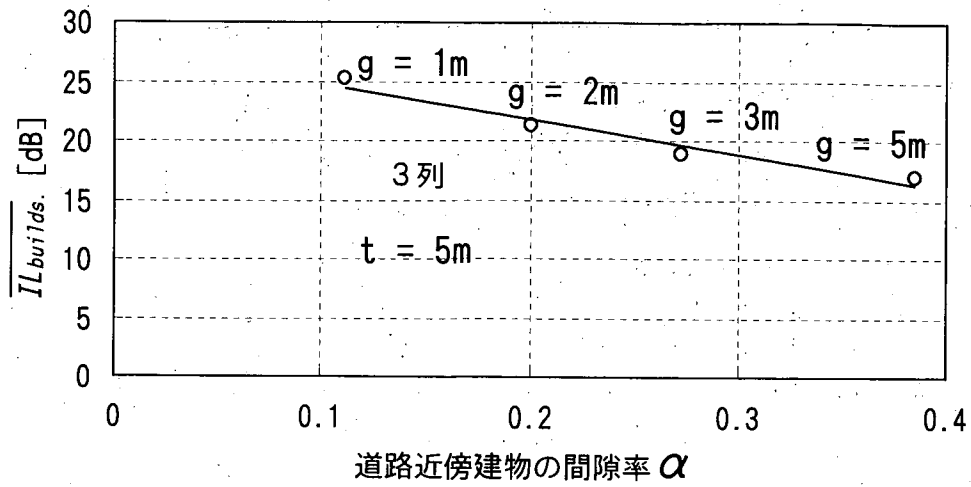


図 2 - 9 α と \overline{IL}_{builds} の関係

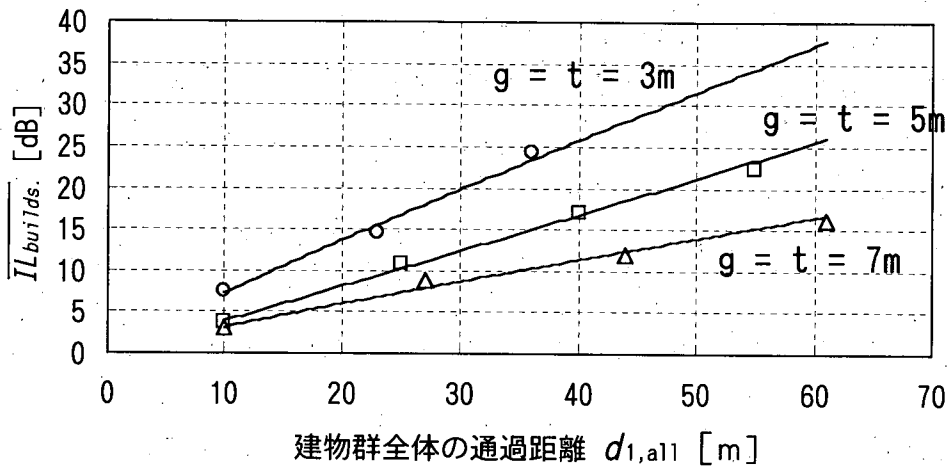


図 2 - 10 パス 1 の建物群全体の通過距離 $d_{1,all}$ と \overline{IL}_{builds} の関係

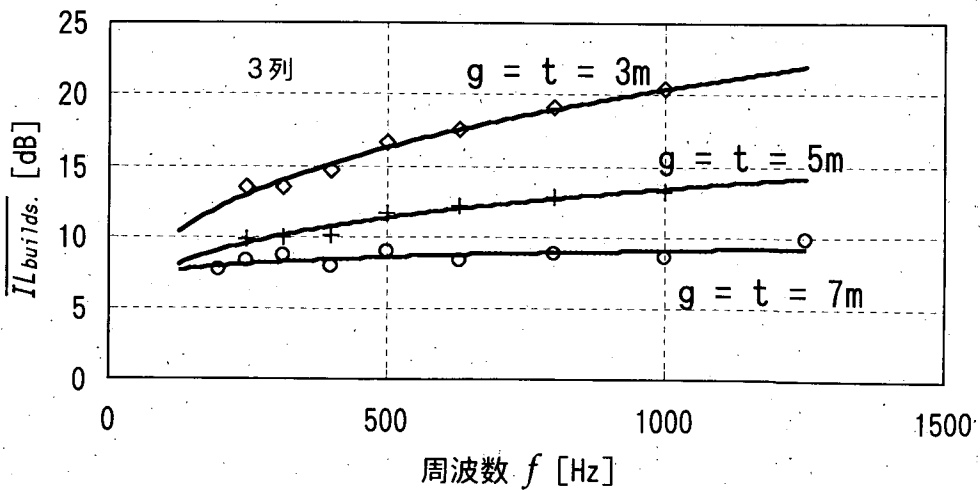


図 2 - 11 周波数 f と \overline{IL}_{builds} の関係

まず、 β 、 d_i を説明変数とした場合の式を示す。

$$\Delta L(\beta, d_i) = 0.775\{\beta/(1-\beta)\}^{0.630} \times d_i^{0.859} \quad (2.18)$$

次に、説明変数として、周波数 f も加えた回帰式を示す。

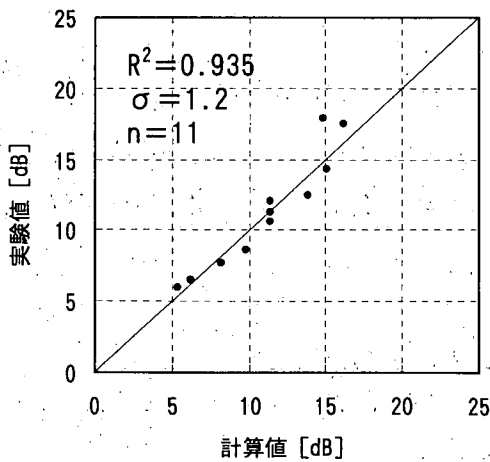
$$\Delta L(\beta, d_i, f) = 0.235\{\beta/(1-\beta)\}^{0.646} \times d_i^{0.833} \times f^{0.201} \quad (2.19)$$

これらの式では、超過減衰量が、 $\beta = 0$ の時に0となり、 $\beta = 1$ の時に無限大となるように配慮した。

なお、(2.18)式は、自動車走行騒音の代表パワースペクトル⁸⁾で重み付けしたA特性オーバーオール値(200Hz ~ 1250Hz)としての実験値から求めた回帰式である。一方、(2.19)式は、1/3オクターブバンド毎の実験値から求めた回帰式である。ただし、回帰式検討にあたっては、S/N比10dB以上のデータを選定した。

図2-12(a)、(b)に、(2.18)式、(2.19)式による計算値と実験値の関係を示す。両式の決定係数 R^2 は、各々0.935、0.939であり、両式の場合とも重回帰分析の精度は非常に高い。また、(2.19)式において、 β 、 d_i 、 f の偏相関係数は、順に、0.86、0.82、0.58であり、 β 、 d_i と $\Delta L(\beta, d_i, f)$ の相関が特に高い。

(a)(2.18)式による計算値との比較



(b)(2.19)式による計算値との比較

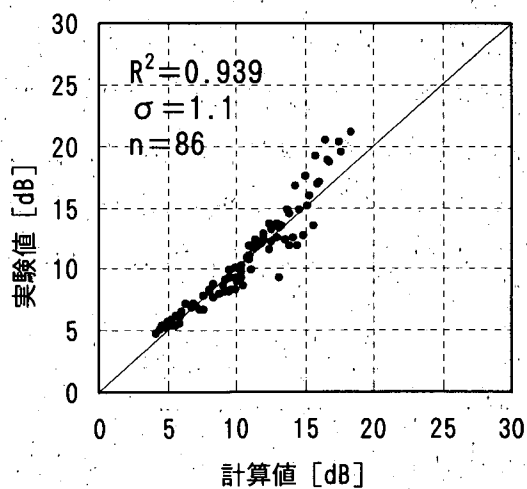


図2-12 背後建物群における超過減衰量の計算値と模型実験値の比較

2. 4 平面道路を対象とした簡易計算方法

2.2.3(1)では、遮音壁が設置されていない平面道路を対象に \overline{IL}_{builds} の計算方法を示した。この方法では、3つの騒音伝搬パス（図2-3参照）の寄与を合成して騒音レベルを算出するため、評価区間の高さにかかわらず適用が可能であり非常に適用範囲が広い。しかし、1.2で述べたように、限られた計算条件下では伝搬パスの数を減らして計算することが実用的である。また、計算に用いる建物パラメータの数を減らすことができれば、パラメータ設定に必要な調査の労力を軽減することができる。

ここでは、評価区間の高さが建物群の平均高さより低い場合を想定し、建物群上方の伝搬音の寄与は無視し建物群中の伝搬パス（図2-3のパス1）の寄与のみを考慮した2種類の簡易計算式（表2-2参照）を提案する。道路近接建物列と背後建物群を分類して建物パラメータを設定する方法（方法1）と分類しない方法（方法2）である。方法1では、両者を物理的に明確に分類できない場合においても、表2-1に基づけば w_1 , w_2 , α , β を一意的に定めることはできる。一方、方法2では、 β_{all} だけを計算に用いるため、建物パラメータの調査は大幅に簡略化できる。

なお、表2-1において w_1 を $w_1 \leq 15[m]$ となるように定義し、表2-2の方法2で $w_1 = 15[m]$ に設定している理由は以下のとおりである。

- (1) わが国の一戸建て住宅の奥行きは、10～12m程度が多い。
- (2) 騒音に係る環境基準では、幹線道路近接空間は対象道路の車線数が2車線以下の場合 $d_{road} \leq 15[m]$ 、車線数が2車線を超える場合 $d_{road} \leq 20[m]$ の範囲とされ、背後地はそれ以遠とされている²⁾。したがって、 w_1 を $w_1 \leq 15[m]$ に設定すれば、対象道路の車線数によらず背後地全域で(2.20)式、(2.21)式が適用できる。

表2-2 建物パラメータの設定と \overline{IL}_{builds} の計算方法

方法1	w_1, w_2, α, β のすべてを調査して設定する方法 $\overline{IL}_{builds} = -10 \log_{10} \alpha + 0.775 \{ \beta / (1 - \beta) \}^{0.630} \times w_2^{0.859} \quad (2.20)$ <p>(注) 表2-1から明らかなように w_1 を設定しないと w_2 も設定できない。</p>
方法2	$w_1 = 15m$ (一定値) とした上で、 β_{all} のみ調査して設定する方法 $\overline{IL}_{builds} = -10 \log_{10} (1 - \sqrt{\beta_{all}}) + 0.78 \{ \beta_{all} / (1 - \beta_{all}) \}^{0.63} \times (d_{road} - 15)^{0.86}$ <p style="text-align: right;">($d_{road} \geq 15[m]$ の場合) (2.21)</p>

最後に、(2.20)式、(2.21)式の導出過程について説明する。まず、(2.12)式において $C_2 = C_3 \doteq 0$ とみなし、さらに(2.13)式において $10^{-IL^{(LS)}_{skyp}/10} (= C_0/C) \doteq 0$ (C_0 は図2-5参照) とみなす。その結果、(2.12)式、(2.13)式、(2.18)式より次式が導かれる。

$$\overline{IL_{builds}} = -10 \log_{10} \alpha + 0.775 \{ \beta / (1 - \beta) \}^{0.630} \times d_1^{0.859} \quad (2.22)$$

ここで、簡略化のため $w_2 \doteq d_1$ とすると(2.20)式が得られる。

次に、対象街区全体において建物の立地密度が均一と仮定すると、 $\alpha \doteq 1 - \sqrt{\beta_{all}}$ とみなすことができる。これを(2.20)式に代入すると(2.21)式が得られる。