

第 4 章 計算方法の検証

4. 1 平面道路における検証

4.1.1 実測データによる検証

2. 4では遮音壁が設置されていない平面道路の沿道市街地における $\overline{L_{\text{builds}}}$ の簡易計算方法を2種類示した。ここでは、これらの方法の妥当性を、3. 3で示した全国33箇所における現地調査結果を用いて検証する。

(1) 個別箇所における測定データとの比較

図4-1に現地調査箇所4例における街区の設定及び測定地点の配置状況、並びに提案式と実測値との比較結果を示す。(a)~(c)の例は街区全体の建物密度 β_{all} の差異が大きく、建物立地のパターンも異なる3種類を抽出した。一方、(d)は計算値と実測値の整合があまりよくない例であり、その理由を示すために選定した。なお、全箇所における比較結果については補足資料4を参照されたい。

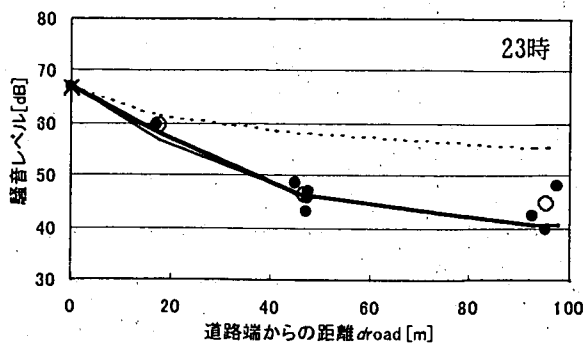
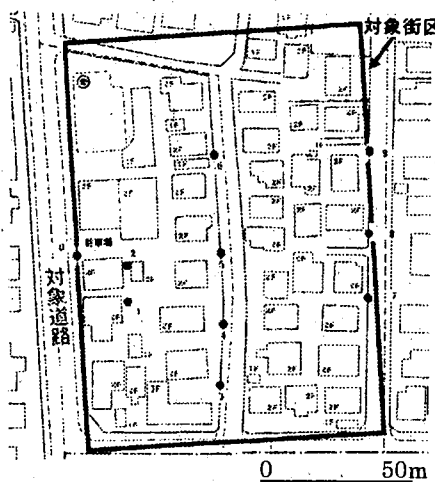
地図上の●印は測定点(高さ1.2m)を示している。道路端の測定点の他、街区中には区画道路上を基本として最大で9の測定点を設置した。測定点を設置する区画道路はできるだけ対象道路と平行になる(図4-1(c)のような例外もある)ものを選定し、複数の測定点をほぼ等間隔で配置した。また、測定点は、建物の背後(陰になる部分)だけでなく、隣接する建物との間隙の背後にも設置するように配慮した。

また、騒音レベルの距離減衰図において、●印は個別の測定点における L_{Aeq} の測定値を示す。一方、○印は1つの評価区間上にあるとみなした複数の測定点の L_{Aeq} から(2.2)式を用いて求めた $\overline{L_{\text{Aeq}}}$ の測定値である。ただし、 $\overline{L_{\text{Aeq}}}$ の計算に用いた複数の測定点は必ずしも道路端から等距離ではないため、それらの距離の平均値を用いて○印を距離減衰図にプロットしている。

さらに距離減衰図における太実線は方法1((2.3)・(2.4)・(2.7)・(2.20)式)により計算した。一方、細実線は方法2((2.3)・(2.4)・(2.7)・(2.21)式)より求めた。ここで、交通条件は対象道路の上下車線別に与え、線音源は対象道路の上下車線の中心に設定した。ただし、(2.4)式から求めた上下車線別の $\overline{L_{\text{Aeq}}(\text{RN})}$ を、合成して得られる対象道路全体からの $\overline{L_{\text{Aeq}}(\text{RN})}$ の計算値は、道路端での測定値と一致するように補正した。その後(2.3)式により $\overline{L_{\text{Aeq}}(\text{BN})}$ (昼間45dB, 夜間40dB)を合成した。なお、道路端の×印は、補正前の計算値を示している。また、点線は建物群が存在しないと仮定した場合の距離減衰を示している。

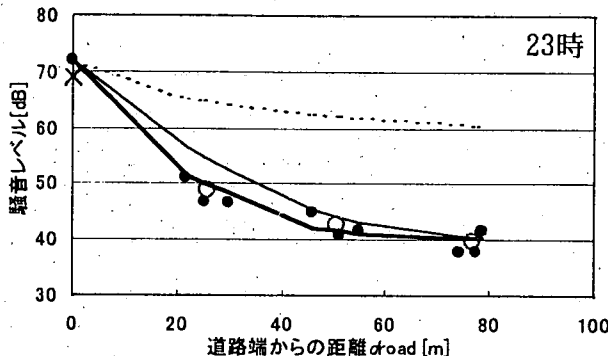
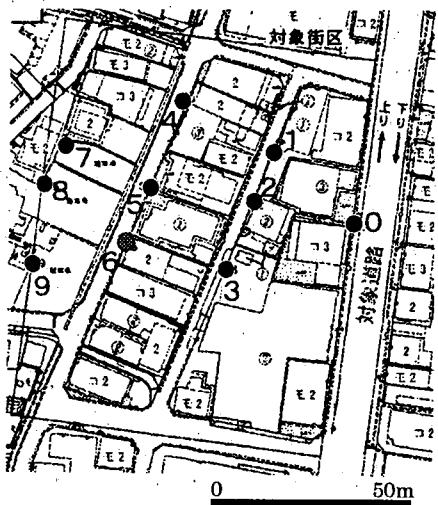
方法1の計算結果は(a), (b), (c)において実測値とおおむね一致している。一方、方法2による計算結果は(a)や(c)では実測値とおおむね一致しているが、(b)のように道

(a) 中密度で建物がほぼ均一に立地。



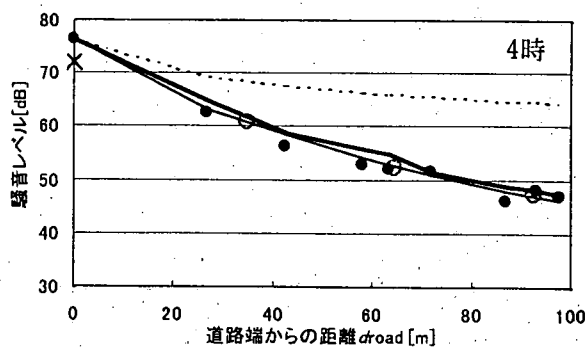
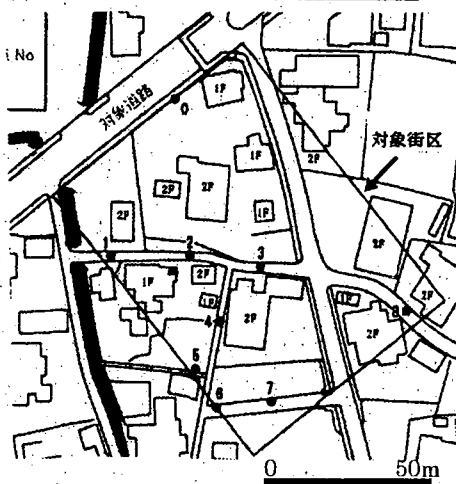
$\alpha=0.53$
 $\beta_{all}=0.32$
 交通量 (台/h)
 (近車線) 222
 (遠車線) 137
 大型車混入率 (%)
 (近車線) 2.7
 (遠車線) 2.2

(b) 高密度で建物が立地。 α が特に小さい。



$\alpha=0.14$
 $\beta_{all}=0.46$
 交通量 (台/h)
 (近車線) 200
 (遠車線) 261
 大型車混入率 (%)
 (近車線) 6.0
 (遠車線) 10.3

(c) 低密度で建物が不規則に立地。



$\alpha=0.78$
 $\beta_{all}=0.24$
 交通量 (台/h)
 (近車線) 126
 (遠車線) 210
 大型車混入率 (%)
 (近車線) 81.0
 (遠車線) 71.4

凡例	● 実測値 L_{Aeq} 開放状態	—— 方法1
	○ 実測値 \bar{L}_{Aeq}		—— 方法2

図4-1 現地測定箇所の例と計算値、実測値の比較 (1)

(d) 計算値と実測値の整合がよくない。

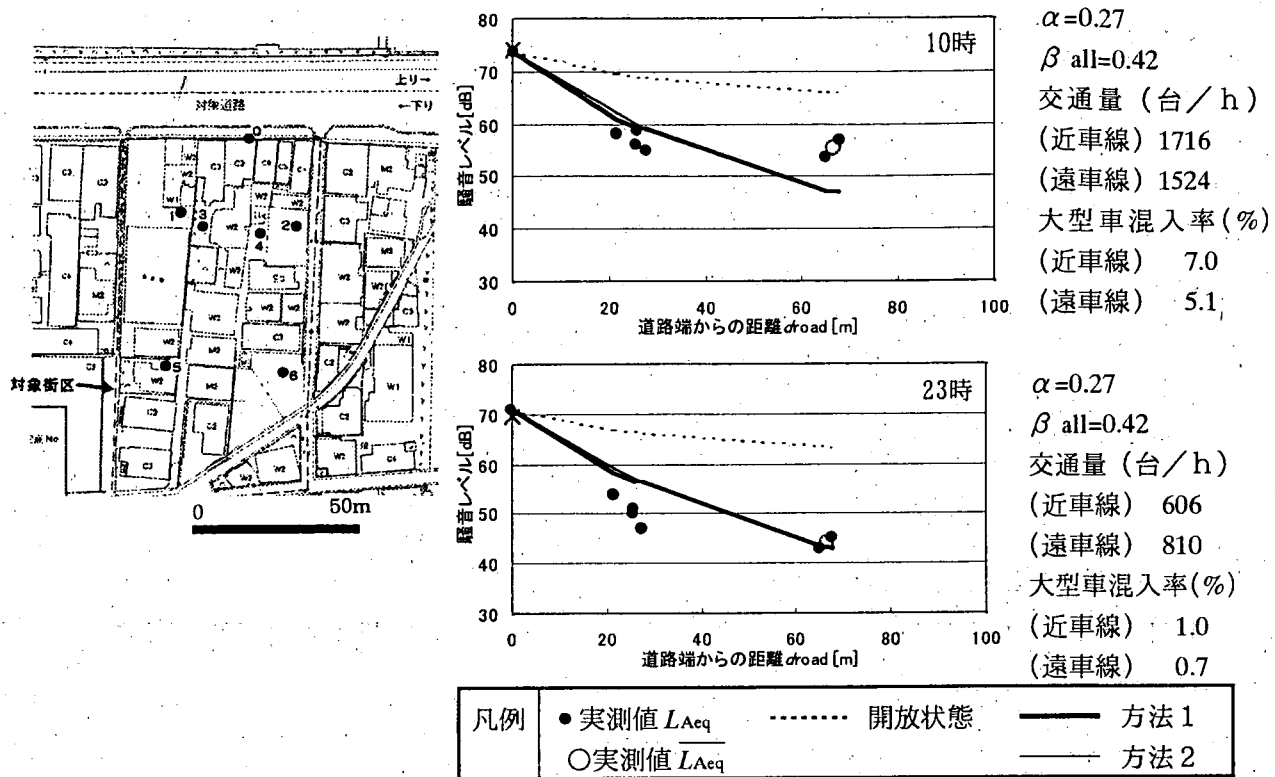


図4-1 現地測定箇所の例と計算値，実測値の比較(2)

路近接建物列の密度が街区全体に比べて大きい場合は、道路近接建物列の背後近傍において実測値よりやや過大となっている。

一方、(d)23時(夜間)の道路端からの距離21～28mの騒音レベルが計算レベルを下回っているのは、すべての測定点が建物の陰になるところに設置されたことによると考えられる。これは測定点の設置が不適切であったと言える。したがって、この例も含め測定点の設置が明らかに不適切であったとみなせる測定データは、図4-3における $\overline{IL_{builds}}$ 実測値や図4-4における $\overline{L_{Aeq}}$ の実測値算出においては除外することとした。

また、(d)10時(昼間)が夜間より実測値の距離減衰が小さいのは、暗騒音が計算において設定した45dBを上回った(55dB程度)ためと考えられる。

(2)全箇所の測定データとの比較

図4-2に、方法1による評価区間の平均的な挿入損失 $\overline{IL_{builds}}$ の計算値と、街区内の個別の測定点における挿入損失 IL_{builds} の実測値を比較して示した。ここで、 $\overline{IL_{builds}}$ の計算においては $\overline{L_{Aeq}(BN)}$ を昼間45dB、夜間40dBとした。一方、 IL_{builds} の実測値は、道路端と街区内の測定点における L_{Aeq} の測定値の差異から、線音源からの幾何減衰分を差し引いて算出した。昼間、夜間とも、計算値と実測値の平均値はよく一致しているものの両者の差のばらつきは大きい。これは同じ評価区間内の測定点でも、建物の陰になる部分とならない部分で騒音レベルの差異が大きいためと考えられる。

次に図4-3には、方法1及び方法2により計算した $\overline{IL_{builds}}$ と、実測値から算出される $\overline{IL_{builds}}$ を比較して示した。この結果、次のことがいえる。

- (1)方法1による計算値と実測値の差のばらつきは、図4-2に比べかなり小さくなっている。
- (2)方法1、方法2とも計算値と実測値の平均値はよく一致している。
- (3)方法1が方法2に比べて計算値と実測値の差のばらつきは小さい。
- (4)夜間が昼間に比べて計算値と実測値の差のばらつきは小さい。

さらに、図4-4には、道路交通条件のみ(道路端で計算値と実測値を一致させるための補正は行っていない)を用いて、方法1及び方法2により計算した $\overline{L_{Aeq}}$ と、実測値から算出される $\overline{L_{Aeq}}$ を比較して示した。この図では道路端及び建物背後のデータを併せてプロットしている。ただし、回帰式並びに計算値と実測値の差の標準偏差 s は、建物背後のみのデータを対象に計算されたものである。図4-4からも図4-3の結果と同様のことがいえる。

また、夜間における計算値と実測値の差の標準偏差は、方法1では3.7dB(図4-3の $\overline{IL_{builds}}$ では3.2dB)であり、道路端での同様の標準偏差(ASJ Model 1998で計算)の2.9dBをやや上回る程度であった。

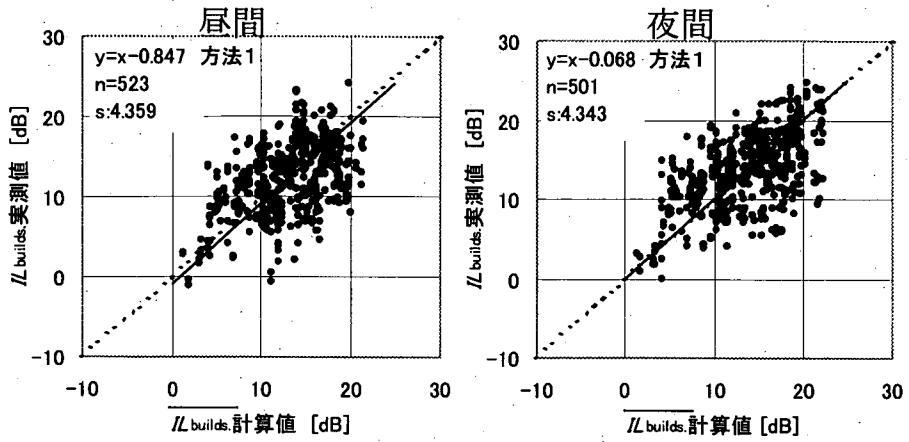


図4-2 IL_{builds} の計算値と IL_{builds} の実測値の比較

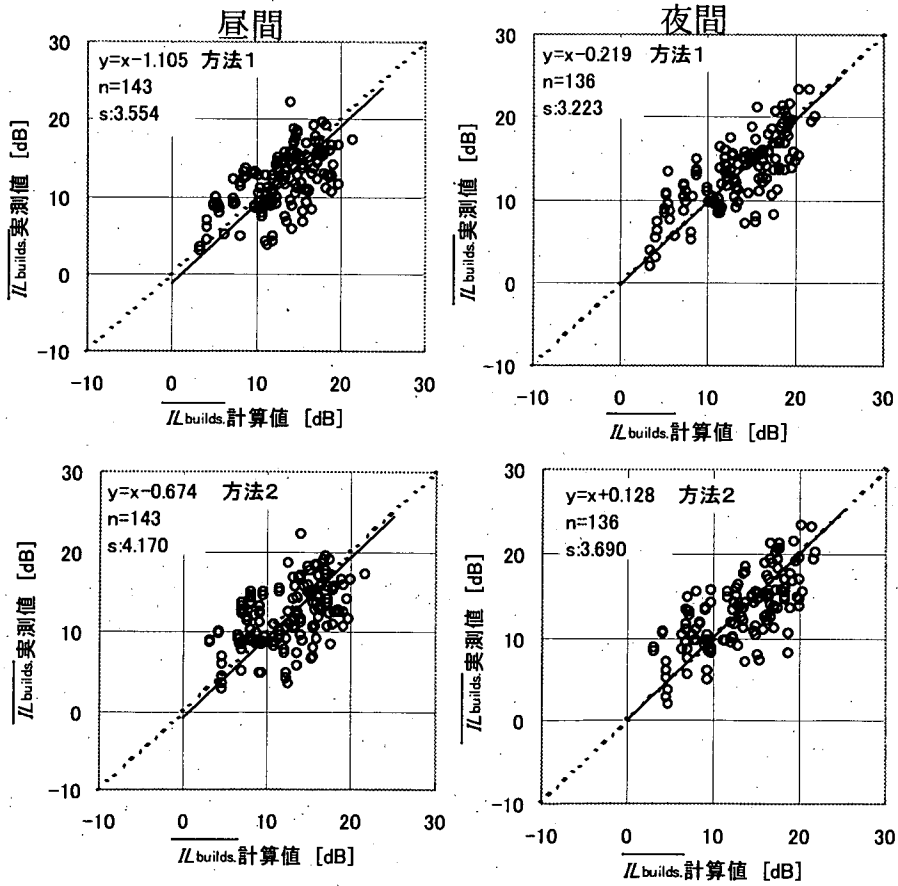


図4-3 IL_{builds} の計算値と実測値の比較

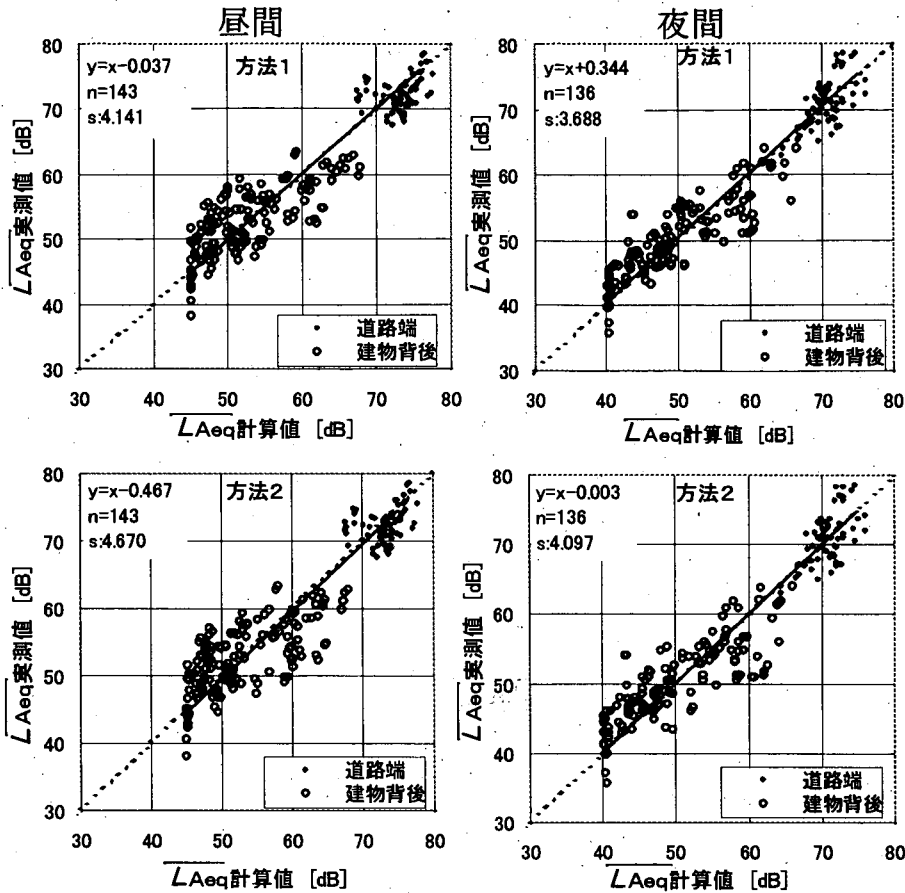


図 4-4 $\overline{L_{Aeq}}$ の計算値と実測値の比較

(3) 考察

図 2-3 におけるパス 1, パス 2, パス 3 の寄与を考慮した従来の計算方法 ((2.12)・(2.13)・(2.18)式を用いる。以下「基本式」という) で算出した $\overline{IL_{builds}}$ の計算値と実測値との比較結果 (夜間) を図 4-5 に示す。ここで, パス 2, パス 3 の寄与の計算に必要な建物上方の回折点の位置については, 現地調査結果から設定 (設定方法については, 補足資料 (補 1) 参照) した。図 4-3 と比較すると, 基本式と方法 1 (パス 1 の寄与のみを考慮) による計算値の実測値との整合性は, 回帰式と s からみて同等であることが分かる。これは暗騒音の影響により, $\overline{IL_{builds}}$ が最大でも 23dB 程度にとどまっていることによると考えられる。

さらに評価区間の高さが 2 階レベル (高さ 4m) の時にも, 方法 1 が適用可能か確認するため, 基本式と方法 1 による計算値を比較した結果を図 4-6 に示す。計算条件は基本的に現地調査と同じとし, 評価区間の高さだけを 1.2m から 4m に変更した。

この図から, 暗騒音の影響を考慮することにより, 2 つの計算結果の差異は縮まることが分かる。両者の差の平均値は 0.30dB (最大値 1.9dB) であった。したがって, 評価区間が 2 階高さの場合の $\overline{IL_{builds}}$ の計算にも, 方法 1 はおおむね適用可能と考える。

なお, 本研究では $\overline{L_{Aeq}}$ を, (2.1) 式のように評価区間の L_{Aeq} のエネルギー平均値として

定義しているが、 L_{Aeq} の算術平均値として定義する考え方もある。そこで、2.3における模型実験値を分析したが、前者は後者より平均で 0.4dB 大きい程度であり、その差は小さかった。

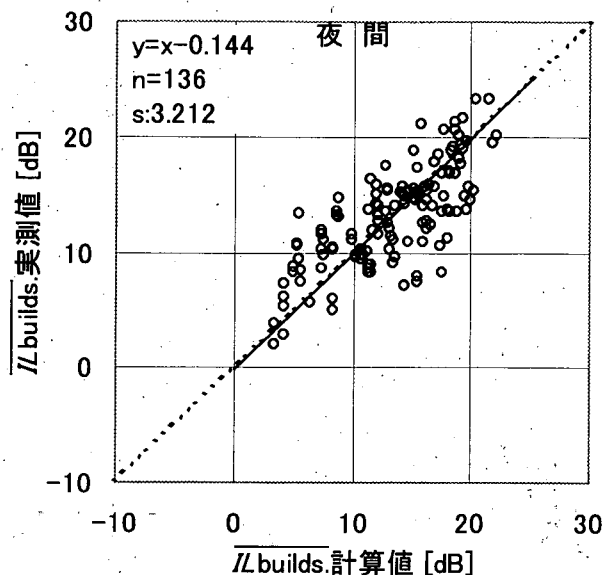
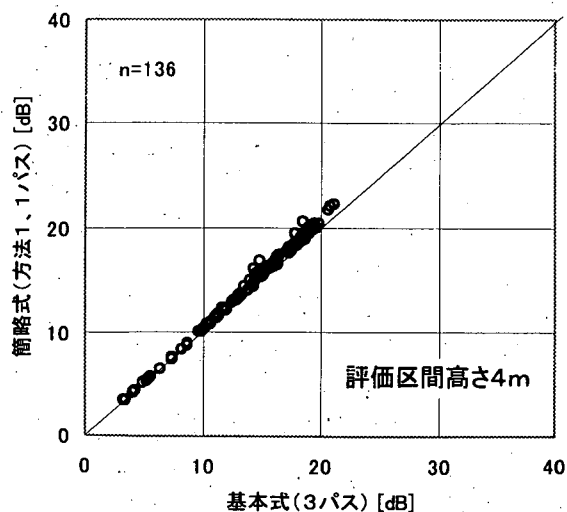
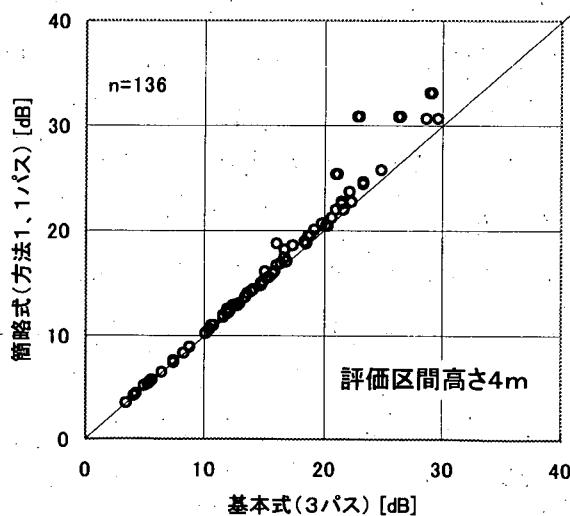


図 4-5 基本式による $\overline{IL_{builds}}$ の計算値と実測値の比較

(a)暗騒音を考慮しない場合

(b)暗騒音を考慮する場合



※ 評価区間の高さは 4m である。

図 4-6 方法 1 (1パス) と基本式 (3パス) による $\overline{IL_{builds}}$ 計算値の比較

4.1.2 模型実験による検証

4.1.1では評価区間の高さが建物群の平均高さより低い場合における簡易計算式の検証を行った。ここでは、特に評価区間の高さが建物群より高い場合に注目し、基本式((2.12)式・(2.13)式・(2.19)式)の妥当性を検証するため、図4-7に示す縮尺比1/40の模型実験を無響室で行った。建物高さ(6m, 2階建て相当), 受音点高さ(5通り)以外の実験条件は2.3と同様である。

\overline{IL}_{builds} の計算は、200Hz ~ 1250Hzの1/3オクターブバンド毎に行った。背後建物群を通過する音の減衰式には(2.19)式を用い、(2.13)式の中の $\Delta L(\beta, d_i)$ を $\Delta L(\beta, d_i, f)$ に読み替えて(2.19)式を代入した。

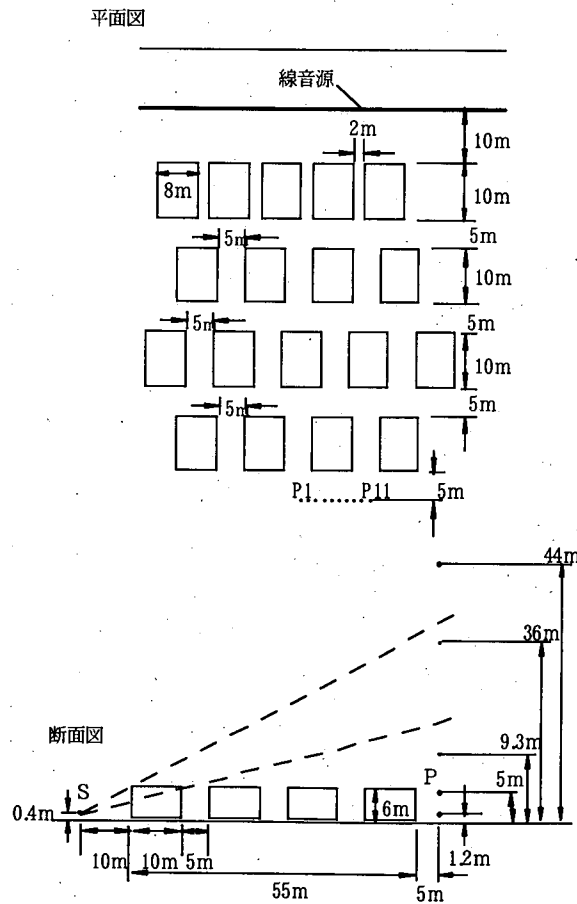


図4-7 模型実験の配置

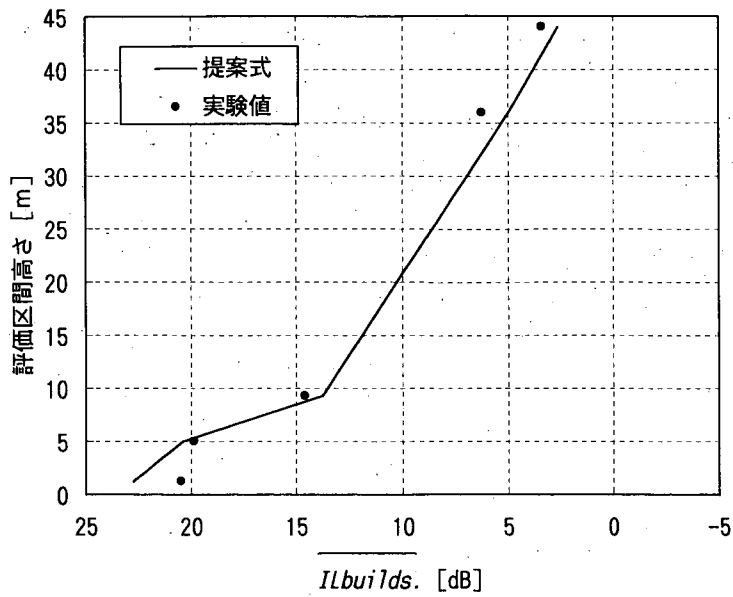


図 4 - 8 評価区間高さと $\overline{IL_{builds.}}$ の関係

図 4 - 8 に評価区間高さ と $\overline{IL_{builds.}}$ の関係を示す。 $\overline{IL_{builds.}}$ 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表している。この図によると、 $\overline{IL_{builds.}}$ の計算値と実験値は、評価区間高さ 1.2m の時に最大で約 2dB の差異が認められるものの、評価区間高さが 5m, 9.3m, 36m, 44m のときは実験値とよく一致している。すなわち、評価区間の高さが建物群の高さより高い場合における基本式の妥当性が検証されたと考える。

4. 2 従来の提案式との比較による高架道路における検証

2.2.3(2)で提案した遮音壁のある道路における $\overline{IL_{bar.+builds}}$ の計算式（本節で「提案式」という）の妥当性を検証するため、高架道路を対象とした加来らの実験式⁴⁾との比較を行う。ここで、提案式での回折計算の基本となる半無限障壁による減音量は、ASJ Model 1998⁸⁾における回折効果の補正量 ΔL_d を符号を替えて用いた。

加来らは幅員 20m、高欄（遮音壁とみなす）高さ 1m の高架道路を想定し、道路中心線上に線音源を設定したモデルを用いて実験式を構築している。また、高架道路高さの適用範囲は 15m 以下とされているので、ここでは路面高さ（=音源高さ）が 10m の場合を対象とした。

また、加来らは、底面積 100 m²、高さ 4m（1階建て相当）の建物と底面積 50 m²、高さ 6.5m（2階建て相当）建物が 1:1, 1:2, 1:4 と混在した場合の超過減衰量の平均値を実験式の検討に用いている。したがって、提案式による計算では、上記の混在比率を 1:2 と考え、建物の平均的な大きさを間口 8.2m、奥行き 8.2m、高さ 6m と設定し、それらが均等に分布している状態を想定した。ここで、受音点位置は前後する建物の隙間の中央とし、その高さは加来らの実験式の条件と同じ 1.2m とした。また、一列目の建物の前面位置を高架道路の道路端と一致させた。

(2.15)・(2.16)・(2.18)式の提案式と加来らの式の計算結果の比較を行った結果を図 4-9 に示す。ここでいう $\overline{IL_{builds}}$ は、高架道路（すなわち遮音壁）が既に存在する場合に、建物群の有無による挿入損失の空間的エネルギー平均値を表す。道路端からの距離が 100m 以下において、 N (200m × 200m 中の建物の戸数) = 50 (建物群全体での建物密度 $\beta_{all} = 0.084$)、 $N = 100$ ($\beta_{all} = 0.168$)、 $N = 200$ ($\beta_{all} = 0.336$) の時のいずれの場合も、提案式は加来らの式とよく一致している。

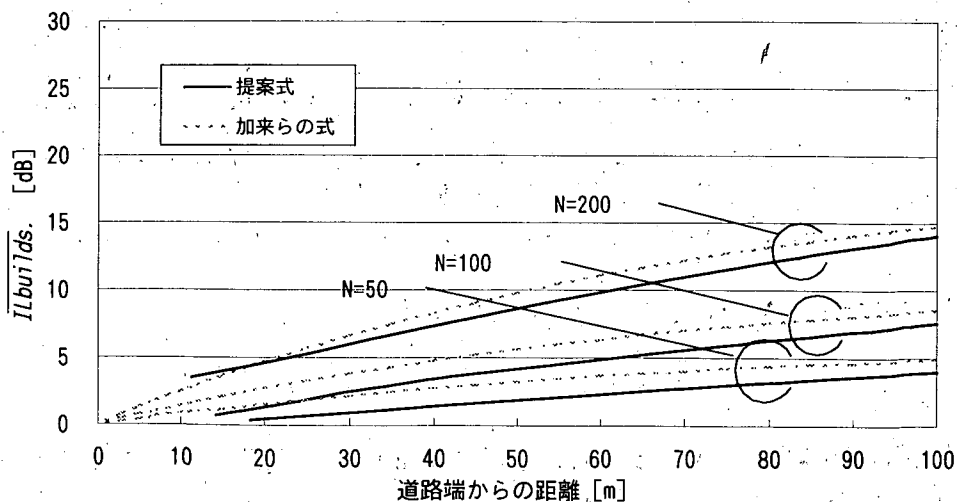


図 4-9 提案式 ((2.15)・(2.16)・(2.18)式) と加来らの式との比較

4. 3 実測データによる盛土道路における検証

2.2.3(2)で提案した遮音壁のある道路における $\overline{IL_{bar.+builds}}$ 計算式の盛土道路への適用性を検証するため、平成12年2月に福島県の国道において現地調査を行った。以下、計算結果と現地調査結果の比較結果を示す。

4.3.1 道路交通条件、沿道条件と騒音測定方法

(1)道路条件

図4-10に現地調査箇所の平面図及び横断図を示す。4車線の対象道路の盛土高さは5.6m、法肩間の幅は27.5mであり、車道の両側に3.7mの歩道が設置されている。法肩には柵のみが設置され、遮音壁は設置されていない。法面の表面は枯れ草が生えている。測定点側の法尻には、側溝を挟んで幅員4.5mの舗装された側道があるが、騒音測定時には通過車両は皆無であった。側道の外側は官民境界で、そこから宅地になっている。

(2)沿道条件

対象道路の沿道市街地において、図4-10に示すように対象街区（幅48m、奥行き65m）及び騒音測定点を設定した。補足資料（補1）による方法で対象街区の建物パラメータ（表2-1参照）を定めた結果を表4-1に示す。今回の現地調査箇所では、盛土高さと同程度であった。

表4-1 対象街区の建物パラメータ

対象街区共通				評価区間別					
				NO.2～3		NO.4～6		NO.7～9	
α	w_1 [m]	β all	h_{all} [m]	w_2 [m]	β	w_2 [m]	β	w_2 [m]	β
0.49	11.0	0.31	5.9	NO.2 : 7.7 NO.3 : 8.2	0.12	33.2	0.24	48.7	0.22

(注1) ここでは建物群上方の伝搬音を計算するため、 w_1 は道路近接建物列の平均奥行きとして求めた（表2-1、補足資料（補1）参照）。

(注2) α は実測により算出した。その他の建物パラメータは1/1500の住宅地図より読みとった。

(注3) 本節では、 β all は計算には用いていない。

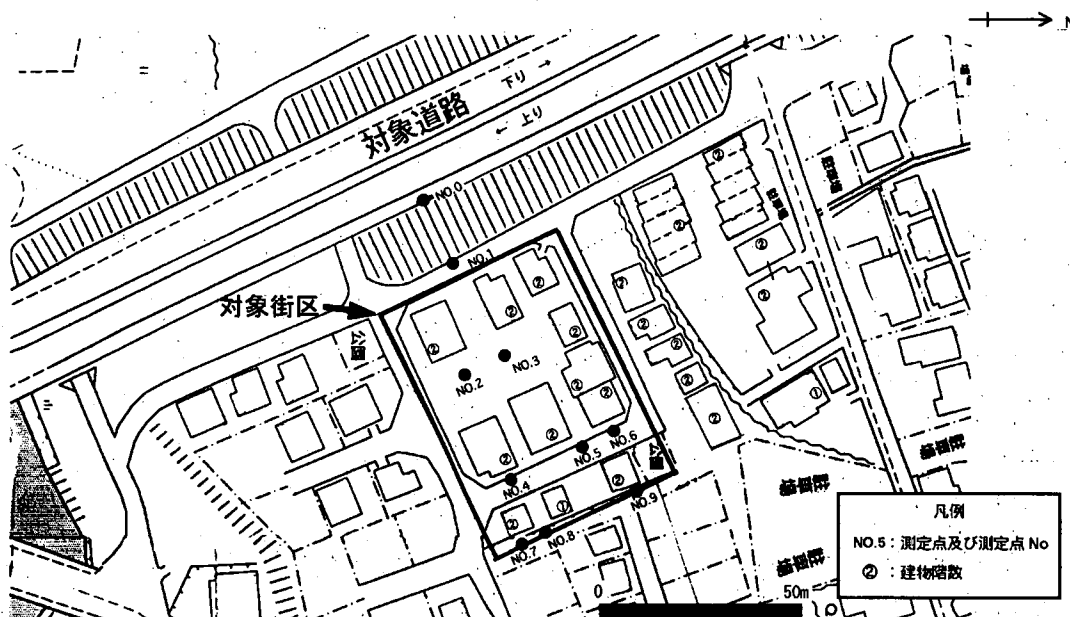
(3)交通条件

交通条件の測定は騒音レベルと同時に、昼間に2回、夜間2回、計4回行った。交通条件の調査方法は、3.2.1(2)と同じである。調査結果を表4-2に示す。

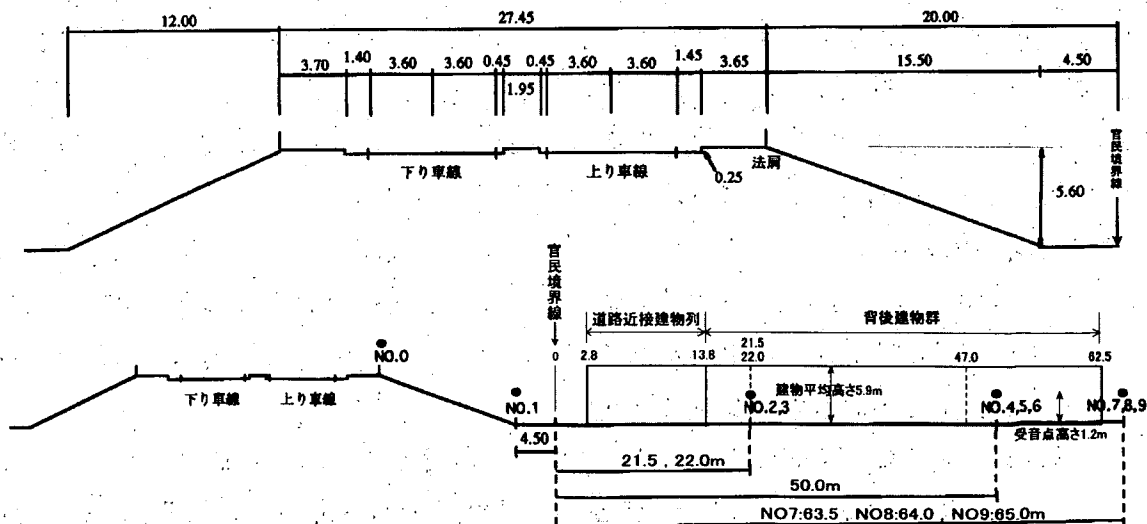
表 4-2 騒音測定時の交通条件

測定時刻	上り(近車線)交通条件			下り(近車線)交通条件			測定時間(分)
	時間交通量(台/h)	大型車混入率(%)	平均速度(参考)(km/h)	時間交通量(台/h)	大型車混入率(%)	平均速度(参考)(km/h)	
15時	1632	25.0	49.3	1956	29.8	53.7	10
16時	1164	22.2	52.1	1944	26.9	56.4	10
22時	660	41.8	52.3	594	41.4	61.4	10
24時	498	65.1	46.4	582	74.2	56.4	10

(1) 平面図



(2) 横断面図



(注) 測定点(評価区間)前の点線は、各々の評価区間に対応した背後建物群の後面位置を示す。

図 4-10 現地調査箇所の概要と対象街区、騒音測定点の設定状況

(4)騒音レベルの測定方法

図4-10に騒音測定点の配置を示す。法肩 (NO.0) , 法尻 (NO.1) の他, 対象街区内に NO.2 ~ NO.9 の測定点 (地上高さ 1.2m) を設け, L_{Aeq} (参考値として L_{95} も測定) の同時測定を昼間, 夜間 2 回ずつ行った。各々の測定時間は 10 分間であった。

4.3.2 計算結果の検証

(1)計算方法

まず(2.4)・(2.15)・(2.16)式を用いて, 盛土道路の沿道市街地における $\overline{L_{Aeq}}$ の計算を行った。(2.4)式では $\overline{IL_{builds}}$ を $\overline{IL_{bar.+builds}}$ に読み替えた。また, (2.4)式の L_{Aeq} (RN, without builds.) は, 盛土の法肩での回折も建物群による減衰もないと仮定した場合の等価騒音レベルとして, ASJ Model 1998⁸⁾ を用いて求めた。その際, 音源は上下車線の中央に 10m 間隔で延長 4km (音源から最遠の予測地点までの距離 l は約 100m であり, $\pm 20l$ で求めた) にわたって配置した。また, 測定点 NO.0 から 190m の距離に信号交差点があり, 加減速している車両が観測されたため, 走行車両のパワーレベルは(2.6)式により与えた。

盛土には遮音壁が設置されていなかったため, $\overline{IL_{bar.+builds}}$ の計算式 ((2.15)・(2.16)式) の適用にあたり, 図2-6で示された遮音壁のエッジ A に替えて盛土の法肩を回折点として計算した。また, 回折計算の基本となる半無限障壁による減音量は, ASJ Model 1998 における回折効果の補正量 ΔL_d を符号を替えて用いた。

ここで, 法面及び地表面で超過減衰は無視して計算し, 法尻の測定点 NO.1 における計算値と実測値が一致するように, 全ての計算値に一定の補正を加えた。これは, ①上述の法肩における回折計算で鈍角ウェッジをナイフエッジとみなして計算していること, ②音源が遠車線側にある場合, 中央分離帯, 法肩ウェッジでの二重回折と地表面効果の両方を考慮した伝搬計算方法が確立していないこと, ③今回の計算方法の検証では, 特に建物群による減衰量に関する計算値と実測値の比較が重要であること, による。

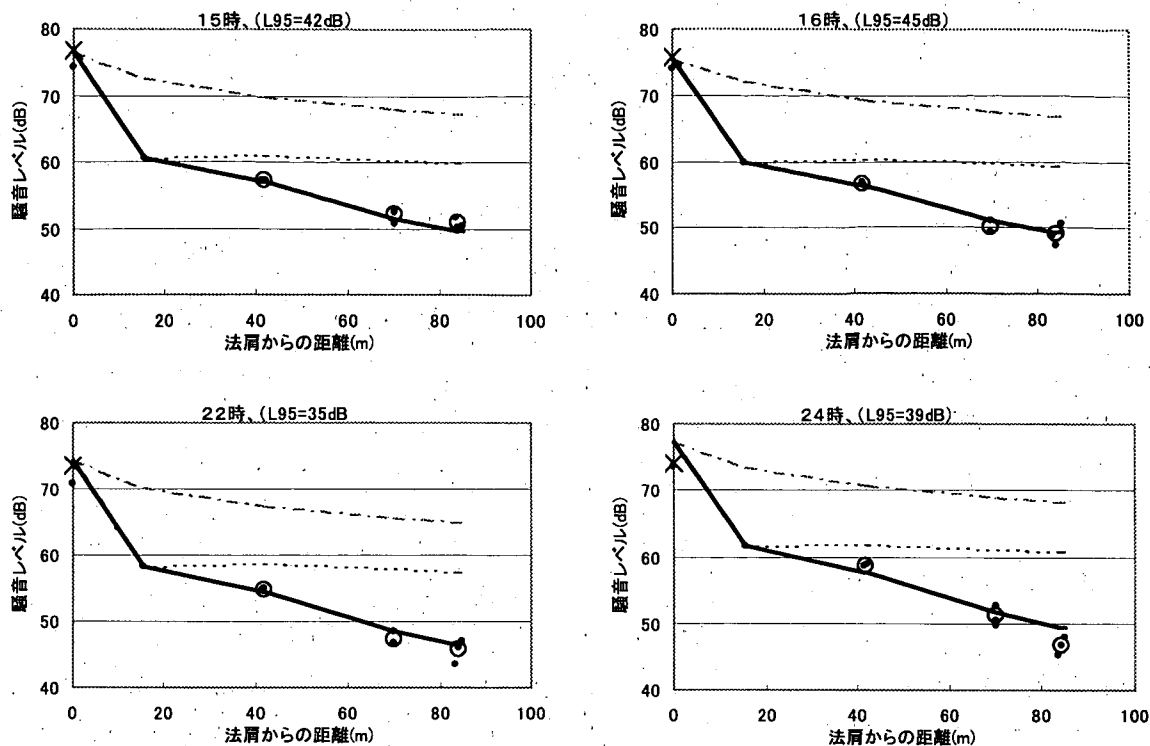
最後に, (2.3)式において $\overline{L_{Aeq}}(BN)$ を昼間 (15 時, 16 時) は 45dB, 夜間 (22 時, 24 時) は 40dB として, 暗騒音補正を行った。

(2)計算値と実測値の比較

図4-11に4回の測定時間帯における騒音レベルの距離減衰の計算値と実測値の比較結果を示す。図の横軸は法肩からの水平距離を表している。さらに, 図4-12には全時間帯における $\overline{L_{Aeq}}$ 計算値と実測値の比較結果を示した。

両図に示されるように, 4時間帯とも建物群背後における $\overline{L_{Aeq}}$ の計算値は実測値とよく一致している。したがって, 2.2.3(2)で提案した遮音壁のある道路における $\overline{IL_{bar.+builds}}$ 計算式は, 盛土道路へも適用できると考えられる。

ただし, 図4-11において, 15 時, 22 時, 24 時には法肩と法尻間の減衰量の計算値は, 実測値を 2 ~ 3dB 程度上回っている。この理由は今回の数少ないデータでは十分解明でき



【凡例】●：個別の測定点における L_{Aeq} 測定値。

○：1つの評価区間上にあるとみなした複数の測定点の L_{Aeq} 測定値から(2.2)式を用いて求めた $\overline{L_{Aeq}}$ 。

ただし、 $\overline{L_{Aeq}}$ の計算に用いた複数の測定点は必ずしも法肩から等距離ではないため、それらの距離の平均値を用いて○印を距離減衰図にプロットしている。

—— 法肩及び建物群を考慮した $\overline{L_{Aeq}}$ 計算値。 - - - - 法肩での回折だけを考慮した L_{Aeq} 計算値。

..... 法肩も建物群も存在しないと仮定した場合の L_{Aeq} 計算値。

これらの計算値は法尻の測定点 NO.1 (法肩からの距離 15.5m) で実測値と一致するように補正した。

なお、法肩の×印は、補正前の計算値を示す。

図 4-11 個別の時間帯における $\overline{L_{Aeq}}$ の計算値と実測値の比較

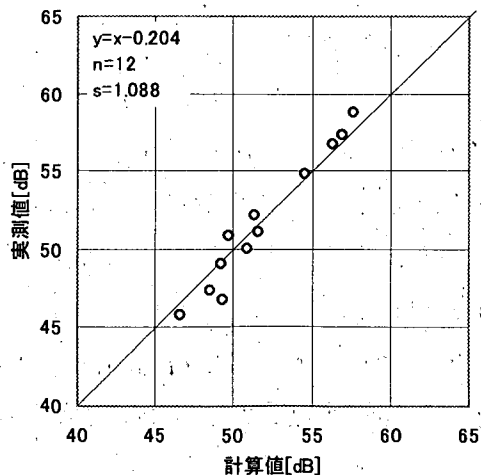


図 4-12 全時間帯における $\overline{L_{Aeq}}$ の計算値と実測値の比較

なかった。今後、盛土道路における実測値の集積を通じて検討する必要があると考える。

4. 4 まとめ

本章では、第2章で提案した各種予測計算式の検証を行った。

4. 1では、遮音壁の設置されていない平面道路を対象とした。

まず、4.1.1では、2. 4で示した評価区間の高さが建物群の平均高さより低い場合の2種類の簡易計算式の妥当性を、全国33箇所における現地調査結果との比較により検証した。簡易計算式は、道路近接建物列の間隙率及び背後建物群の建物密度、奥行きをパラメータとして計算する方法（方法1）と、対象街区全体の平均的な建物密度をパラメータとして計算する方法（方法2）である。その結果、以下の点が明らかとなった。

- (1)対象街区全体の建物立地密度が0.16～0.68、道路端～評価区間の距離100m以内、評価区間の高さ2階以下の場合、方法1による計算値と実測値の平均値はよく一致する。また、計算値と実測値の差のばらつきは、街区内においても道路端と大差はなかった。
- (2)方法2による計算値と実測値の平均値もよく一致する。ただし、道路近接建物列の建物密度が街区全体に比べて大きい場合、道路近接建物列の背後近傍で計算値と実測値の差異が方法1に比べてやや大きくなる。

したがって、特定の街区を対象としたより精度の高い計算には方法1が有効であると言える。しかし、広範な沿道地域での騒音推定や環境基準達成状況のマクロ評価などには、方法2も十分活用できると考える。方法2の場合、GIS等を利用してパラメータを設定することができれば、その簡易性はさらに増すであろう。

次に、4.1.2では、評価区間の高さが建物群の平均高さより高い場合を対象に、2.2.3(1)で提案した基本式（建物群の間隙及び上方を伝搬する音の3つのパスの寄与を合成するもの）による計算値と模型実験値との比較を行った。その結果、基本式の妥当性が検証された。

4. 2では、2.2.3(2)で提案した遮音壁のある道路における基本式の妥当性を検証するため、高架道路を対象に従来の実験式との比較を行った。その結果、道路端から100mの範囲において、基本式と従来の実験式との計算結果はほぼ一致することを確認した。

4. 3では、上記の遮音壁のある道路における基本式を盛土道路に適用した場合の妥当性を実測データに基づき検証した。その結果、基本式は、盛土道路に面した市街地においても適用できることが明らかとなった。

以上、4. 1～4. 3の結果により、本論文で提案した沿道市街地における道路交通騒音の予測・評価方法は、平面道路、高架道路および盛土道路に適用できることが明らかとなった。