道路騒音の測定

小 西 一 生*

はじめに

道路騒音の特徴は時々刻々不規則で大巾な変動をする点にある。変動の要因は車種及び車速で代表される音源条件と、吸音・反射・回折の現象が生じる伝搬条件といえる。

これらの諸条件のうち、通常の測定の対象とされているものは、車の種類、台数及び車速、道路と受音点の位置関係、防音塀や家屋など騒音の伝搬に大きな影響をもつものの寸法、形状、音響性能などである。

騒音レベルと諸条件の関係の解明は、例えば、小型車のパワレベルが車速の関数として精度よく説明されるのに対し、大型車のパワレベルは、車速や総重量やタイヤの影響が複雑で充分説明できるまでには到っていない¹⁾。このように、道路騒音の測定が実施されだして長い年月が経っているにも拘らず道路騒音と諸条件の関係はあまりにも複雑なために殆んどが未解明な状態であるといつてよい。

このような理由で、道路騒音の問題の多くは実測値によらざるを得ない面が強く、事ある毎に実測を行なう習慣が定着したように思われる。

道路騒音を実測する最終の目標の一つは云うまでもなく、沿道環境の騒音レベルの低減のためであるのに、多くの測定値が極く限られた目的に使われた後、検討される事もなく棄てられたりお蔵入りになっている。

現在の道路騒音の測定はデータ処理などの部分で集約的な機器の導入がなされるようになってきているが、全体としては、あらゆる工程に人の手が必要で、10年前と大差がない。このことは、道路騒音の実測値がいかに高価なものであるかを示している。

実測値を最終目標に利用するシステムの確立ができれば、高価なデータを充分活用することができるが、現在の実測値は、極く限られた目的にしか利用されないために、人材をできるだけ投入しないで済ますやり方で定着しそうである。

これでは、新しいシステムの確立など考えられる訳がないし、反対に、音響技術の発展を信じている人々の支持すら得られなくなるだろう。

以下は、道路騒音の測定を業とする者として、現場から得た雑感を何かのお役に立てばとまとめたものである。

図-1 加速走行試験マイクロホン位置(JIS D-1024)

図-2 予測計算時の音源受音点の関係

*Kazuo Konishi 株式会社ケンオンエンジニアリング
KEN-ON ENGINEERING INC.

図-3 地面の影響による過剰減衰値

図-2による位置関係で地面（アスファルト）の反射係数を100Hzで $(250+i250)\rho C$ 1000Hzで $(100+i80)\rho C$ として計算したもの。

1. 自動車の加速走行騒音の測定

自動車から発生する騒音の測定方法がJIS1024に定められている。この方法は「自動車騒音の大きさの許容限度」（昭50・9）環境庁告示に定めた測定方法と全く同じである。

図-1はこの方法による測定点などの配置を示したもので、テストを受ける自動車はラインAまで50km/hで接近し、ラインAからラインBまでの測定区間を加速ペダルを一杯に踏込んで進み、ラインBを過ぎるとできるだけ早く加速を終える。騒音の測定点は自動車の進行軸の両側7.5mでラインABの中間点で地上高さは1.2mである。

この測定方法で、自動車の加速騒音がどのような特性で測定されるのかを計算で予測し、現実に実測した値と照合してみる。

加速時の自動車からの騒音の主成分をエンジンによるものとし、地上50cmの高さにある点音源と仮定すると、測定点に最接近した音源と測定点との関係は図-2に示す関係となり、直接音Dと地面による反射音Rの

図-4 小型乗用車の加速走行時の周波数特性

○—○ 図-1の方法による実測値
 …… トンネル内走行の実測値¹⁾

合成値を測定することになる。

計算の簡便さのために、音源の周波数特性が平坦であるとし、Rudnick²⁾やIngard³⁾が提案した球面波の反射理論による“数値距離”を用いて計算した。計算に用いた地面の反射係数はアスファルトのもので文献⁴⁾による値から決定した。

図-3が計算結果である。この結果によると、おおよそ600Hzから1600Hzまでの周波数帯が極端に過少評価されることを示している。この周波数帯域は自動車エンジン騒音の主成分があるといわれているだけに、この測定方法には重大な問題があるように思われる。

同じ車種の車を別の方法で測定し比較したものを図-4に示す。JISによった方法には明らかに地面の反射の影響がみられるが、図中破線で示した測定値には見られない。この測定値は道路用トンネルを利用した方法¹⁾によるもので、残響室内での発生パワーの周波数特性の試験を行なったのとは、等価と考えられる。

このような検討を行なった理由の一つは図-5にある⁷⁾。

自動車騒音の大きさの許容限度が数度に亘り下げられた効果を調べるために、同じ道路の同一測定点で

図-5 自動車騒音の大きさの許容限度規制の効果

効果の算出法は昭和55年の実測値一昭和52年の実測値としたもの、Aは専用道路の路肩端、Bは平面道路の官民境界から10mの地点、Cは同じく40mの地点。

の昭和52年と昭和55年の実測値の差を換算交通量で整理して示したものである。〔A〕は高架専用道路の高欄上のものであり、〔B〕〔C〕は合計8車線の道路端から10m、40m離れた点の値である。この図によると自動車騒音の低減の効果は道路端では期待できるが、道路から少し離れた地点ではあまり期待できないことを示している。一見、非線形と見える現象であるが、前述したような検討を加えてみると、全く合理的なものであることが判明し、問題のありかが明らかになったといえる。

2. 予測計算と実測値

2.1 L_{50} の予測

日本音響学会の提案した道路騒音レベルの予測計算法⁸⁾は理論の単純さと作業の簡便さで普及している。この方法は、音源を点音源の一系列間隔モデルとし、沿道地域に建築物等による伝搬上の障害物がないものとして計算し、道路構造別に補正を行なう方法である。

この補正値が α_i と呼ばれているもので、音源条件及び伝搬条件の違いによって生じるものと解釈されている。

図-6はある幹線道路端で高さ1.2mの測定点の実測による騒音レベルと交通条件から算定した α_i である。

図には、道路及び周辺の断面構造がおおよそ相似な8ヶ所のものが示されている。 α_i の回帰線に対するバラツキの80%信頼区間は ± 2.8 dBで、この中は音響学会が示しているもの(± 3.2 dB)より幾分小さく、この種の道路騒音の予測値の精度を示しているといえる。

このような実測は数多く行なわれており、データの蓄積も十分にあると考えられるが、新しい道路計画の予測計算に実測による α_i を用いるのは同一組織内でもまれで、他の組織のデータが利用されることはまず考えられない。利用しない理由として考えられること

図-6 実測値から求めた α_i

回帰式 $Y = 1.4 \log N - 8.4$

80%信頼区間 ± 2.8 dBA

は、

1. 予測区間に酷似した道路での実測値が少ない
 2. 学会が示している α_i にくらべると信頼度が低い
- などであり、学会式を作られた学者の気持ちとはうらはらに、実測データによる予測計算精度向上のためのフィードバックが行なわれないから、何年経っても予測精度に向上はのぞめない。そればかりか、いつまで待っても同じこととしかしない音響技術に世間は失望して不信感を抱く結果を招きかねない。

とに角、実測データをフィードバックさせるシステムを作ることが必要で、システムが動く過程で α_i に含まれている音源条件や伝搬条件が徐々に解明されるだろうし、測定法にも改良が必要となってくるだろう。

2.2 Leq による評価

測定法の改良の一つとして騒音レベルの測定方法(JIS Z 8731)の改正案⁵⁾に等価騒音レベル Leq が採用されたことが掲げられる。

図-7は、ある幹線道路の官民境界線上の測定点での24時間測定の結果を換算交通量で整理したものである。

測定点〔A〕の Leq の実測値は殆んどバラツいていないが、 L_{50} の方は換算交通量が1000台を下回る範囲で大きく折れ曲っている。測定点〔B〕では両者とも直線で帰することが出来る。

これまでは、〔A〕点の L_{50} のようなデータは測定上の問題で生じたのか、交通条件によって発生したのかを解明する事が困難であったが、 Leq という評価法の導入により、直ちに交通流の影響であることが予測できるようになるから、次に交通流の解明をすればよいことが分る。

図-7 測定点の違いによる Leq と L_{50} の関係

図-8 発進・加速・定常走行のパワーレベル
(大型自動車)

3. 信号による交通流と騒音レベル

信号のある交差点から 100m ほど離れると交差点があることによる影響はほとんどなくなるといわれている。図-8は交差点での大型車の停車，発進，加速から定常走行にいたるパワーレベルと車速の実測値⁶⁾であり，そのことを示している。

道路の方向以外からの進入の少ない信号のある交差点の連続する道路の騒音レベルは，上記の事実と反して，信号機から十分離れた地点でも信号機の影響が大きく現れることがある。すなわち，交通量がある程度減少した時間帯では，自動車の自由な走行を妨げるものは信号機だけとなる，言い換えれば，信号機によるダンゴ運転が発生する訳である。

この状態は道路の上り側，下り側で発生するが，丁度このダンゴが同時に到着するような地域での L_{50} は 2.2 に記したように，著しく異状な値を示す。

こういう現象が生じた実測値を図-9に示したが，この測定点は約 600m はなれている交差点間の約 1 : 5 の位置にある。この測定点ではある時間を境に急に 6 dB も L_{50} の値が小さくなった為，一時は計測器の異状と考えられたが，レベルレコーダによる記録波形の詳細な検討や， L_{eq} の算出により，明らかに交通流による原因により生じたことが確認できた。今後はこのような状況を予測する手法の開発を進める必要がある。

図-9 信号から離れた道路端（100m，500m）での実測波形，ダンゴ運転の状況があらわれている。

図-10 2階建道路からの騒音伝搬

4. 吸音材による反射音の防止対策の測定

都市内では，2階建，3階建の道路の建設が行なわれるようになってきている。図-10に示したような2階建道路の近くの受信点Aでは，主として上下の道路からくる回折音と，下の道路騒音が上の道路構造に当り反射してくる反射音から成ると予測される。いま上下の道路とも道路端に十分大きな防音塀を取付けていたとすると，A点に到達する回折音は大きく減衰しており，上の道路の下面が反射性であれば，これによる反射音が主なものと考えられる。図10のA点では，この反射音のレベルは回折音より約20dB高いと予測された。

反射音を無くする対策として上の道路の下面に吸音材を取付け，その実測による効果を(1)式で算出すると吸音材の効果＝（吸音材施工前の騒音レベル）

$$- \text{（吸音材施工後の騒音レベル）} \cdots (1)$$

予測値とは無関係に小さい効果しかないような結果を得ることがある。この原因は(1)式の右辺が，

$$\text{右辺} = \text{（吸音材施工前の騒音レベル）}$$

$$- \text{（暗騒音レベル）} \cdots (2)$$

となった為で，吸音材の効果を示す式ではなかった為に生じたミスであるといえる。

このような，馬鹿げたミスが生じるのも，一つには

道路騒音の問題が実測値による処理に偏っている点からきているといえよう。

おわりに

人間の体内の血管にたとえられる道路、道路の果たす役割は益々巾広かつ重要になっているが、公害という動脈硬化を起し易いのも道路の特徴である。

強い精神力と適切な処置が病気を治す道であるように、公害病に罹った道路には先見性のある計画と、技術による支援が必要であろう。現場で得た生のデータにはあらゆる情報が含まれているから、この情報を上手に解明できるシステム作りが必要であり、関係者一同がその目標を明確に意識して、地道な努力を続けるのが急務であると考えている。

—以上—

参考文献

- 1) H. Tachibana, "Sound power levels of road vehicles measured by a new method using a reverberant tunnel," J. A. S. J (E) 2, 117-125 (1981).
- 2) I. Rudnick, "The propagation of an acoustic wave along a boundary," J. A. S. A. 19, 348 (1947).
- 3) K. U. Ingard, "On the reflection of a spherical wave from an infinite plane," J. A. S. A. 23, 329 (1951).
- 4) 川井孝雄・中島立美・日高孝之 "騒音伝搬に及ぼす地表面の影響とそのインピーダンスモデル", 日本音響学会誌 38, 4, 1982.
- 5) 日本建築学会・日本音響学会, "新しい騒音の測定方法をめぐって", 1980.
- 6) 金安・金泉, "道路交通騒音と道路構造に関する研究(1)", 土木研究所報告 145号, 1973.
- 7) K. Konishi, Z. Maekawa, "A PROBLEM ON THE REGULATION OF NOISE EMISSION OF AUTOMOBIL", Proceeding INTER-NOISE 81, vol 2
- 8) 石井聖光, "道路交通騒音予測計算方法に関する研究(その1)", 日本音響学会誌 31, 8, 1975. 等

主 な 既 刊 書

下水・廃水・汚泥処理ガイドブック

〈著者〉松本順一郎 外32名
A 5判1250頁, 定価13,000円

し尿処理ガイドブック

〈著者〉岩井重久 外50名
A 5判 760頁, 定価 9,000円

生活系排水処理ガイドブック

〈著者〉洞沢 勇 外22名
A 5判 480頁, 定価 8,500円

下 水 道 必 携

〈著者〉野中徹一 外24名
B 5判 650頁, 定価 7,500円

悪 臭 防 止 技 術 要 覧

〈編著者〉西田耕之助
石黒 辰吉
B 5判 330頁, 定価 3,300円

汚 泥 研 究 年 報 '81

〈著者〉川島 普 外34名
B 5判 400頁, 定価 8,000円

公害防止のための計測機器概説

〈編著者〉柳沢三郎 外 8 名
B 5判 240頁, 定価 2,800円

わかり易い公害分析計測基礎講座

〈著者〉日色和夫 外 5 名
B 5判 113頁, 定価 1,800円

廃棄物処理技術総集編

〈編著者〉吉田総夫
B 5判 258頁, 定価 4,200円

◆申込み・問合わせ先

環境技術研究会 図書係宛

〒550 大阪市西区京町堀1-14-25(京二ビル)

☎ (06) 443-6445・9027