

住宅密集地における在来鉄道の騒音分布

環境工学研究部 騒音解析
副主任研究員 田中慎一郎

1 背景と目的

大都市圏における在来鉄道は、住宅密集地を走行するケースが多く、その場合、在来鉄道騒音の音源を正しく評価する、あるいは騒音レベルを面的に評価するためには、家屋による音の反射や音源の遮蔽の影響を評価する必要がある。これまで在来鉄道の住宅密集地における騒音伝搬については、中小家屋群による過剰減衰量を表す実験式が提案されている¹⁾。この実験式は家屋密度と高架高さをパラメータとして過剰減衰量を表したものであり、家屋群の影響を平均的に評価するには有効である。しかしこの方法では、個々の家屋による音の反射や音源の遮蔽の影響を求めることはできない。これらの影響を定量的に把握する際、側方、背後の家屋壁面とマイクロホンの距離、家屋による音源の遮蔽割合等のパラメータを自由に設定することは現車試験では難しいため、模型試験による検討が有効となる。そこで、本報告では、現車試験と模型試験それぞれによる在来鉄道騒音分布の結果を比較して、現車試験結果を再現できる妥当な模型試験方法の検討を行う。さらに、騒音分布に対する家屋の影響を模型試験で調べた結果についても述べる。

2 現車試験と模型試験の概要

住宅密集地における騒音レベル分布を模擬するための模型試験方法について検討するため、在来鉄道沿線における代表的な構造物条件として、平地区間（レールレベルから地面までの高さ＝約 1m）と高架橋区間（レールレベルから地面までの高さ＝約 9m）を選定し、それぞれの区間について現車試験と模型試験を実施した。

2.1 現車試験

(1)測定区間および測定点

在来鉄道の平地区間、および高架橋区間における住宅密集地域の騒音分布を測定した。図 1 に平地区間における現車試験の様子を示す。測定点数は、近接軌道中心からの離れ 50m 程度以内において、平地区間 21 点、高架橋区間 26 点とした（両測定区間における測定点位置は、図 3、図 4 参照）。測定点位置の選定においては、線路の見通し角度や背後・側面における住宅壁面からの距離等のパラメータについて多くの条件でデータが取得できるように配慮した。また、測定点の地面からの高さは 1.2m とした。なお、騒音計台数の都合により、測定は両区間とも 3 回に分け、1 回目は測定点 A-*、2 回目は測定点 B-*、3 回目は測定点 C-*（*は測定点番号）において実施し、測定点 D については 3 回とも測定を実施した。

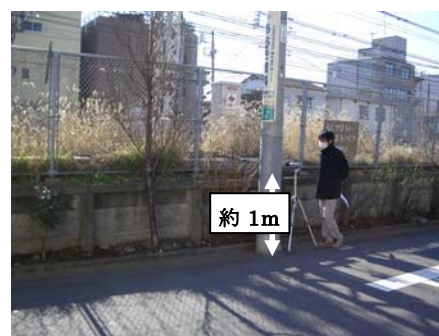


図 1 現車試験の様子
(平地区間 測定点D)

(2)騒音測定およびデータ整理

騒音測定においては、普通騒音計（リオン製、NL-21）を用いて、時間重み付け特性 S の騒音レベルを時間間隔 0.1 秒でサンプリングし、1 列車通過時の騒音レベルの最大値 $L_{A,Smax}$ と単発騒

音暴露レベル L_{AE} を求めた。それぞれの測定点における騒音レベルは、測定点 D に対する相対レベルとして求めた。測定対象列車は、各測定点において近接側軌道通過列車 10 本程度とし、列車速度はストップウォッチで計測した通過時間から算出した。また、後述の模型試験結果を現車試験での騒音レベルに換算するため、平地区間での測定点 C-3、高架橋区間での測定点 D（以下、基準点）においては、周波数スペクトルの測定も行った。

2. 2 模型試験

(1)音源および模型の設置方法

現車試験を実施した 2 つの区間を 1/20 縮尺で模擬し、無響室において模型試験を実施した（図 2）。無響室内に地表面に相当する反射性の床を設置し、床上に現車試験実施区間と極力同じになるよう住宅模型を配置した。家屋は住宅地図と現車試験時の調査をもとに発泡スチロール製の直方体でモデル化し（1 階あたりの高さを実寸換算 3m に統一）、音の吸収を避けるため、表面をアルミ箔で巻いた。その上で、在来鉄道車両を 1/20 縮尺した模型（長さ 4m、実寸換算 80m）を近接側軌道中心位置に設置し、車両模型下部（在来線鉄道の主要な音源である転動音や主電動機ファン音を模擬）にジェットノイズを用いた線音源装置を配置した。なお、車両模型の長さが実際の車両よりも短いことによる影響をできるだけ取り除くため、車両模型の中心付近に測定点が位置するように、住宅模型位置を線路方向にずらしながら数回に分けて測定を実施した。また、家屋の有無による影響を把握するために、住宅模型を配置しない場合の測定も実施した。

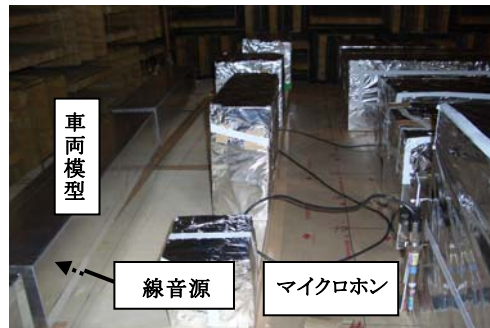


図 2 模型試験の様子(平地区間)

(2)マイクロホンの設置方法

線音源装置から発生した音を、現車試験時の受音点に相当する位置で、1/4 インチマイクロホン（リオン製 UC-29（グリッドなし）：測定周波数範囲 20～100kHz）を用いて測定した。本試験では音源からの直達音以外に、側方や後方からの反射音、建物の上方を乗り越えて伝搬する音、地面反射音等も測定する必要があるが、高周波数域では音波の入射角によってマイクロホンの感度が変わるため（例えば 25kHz では、入射角 180 度では 0 度と比べて 5dB 程度感度が落ちる）、全方向からの音波を同一の感度で測定することはできない。本試験では、マイクロホンを設置するスペース上の制約、および平面内における感度の等方性を重視して、地面マイクロホンを鉛直下向きに向けて測定を行った。この場合、側方や背後からの反射音については直達音とほぼ同等の感度で測定することができるが、家屋の上方を乗り越えて伝搬する音については、直達音とは感度が異なることに注意する必要がある。

(3)データ整理方法

測定された騒音について、FFT アナライザを用いて周波数分析（1/3 オクターブバンドで 1.25k～100 k Hz バンド，実寸換算で 63～5 k Hz バンド）を行った。模型試験での測定データは、以下の手順により現車試験での騒音レベルに換算した。

- ① 模型試験の結果における 1/3 オクターブバンド周波数を 1/20 倍する。
- ② 基準点における現車試験と模型試験との 1/3 オクターブバンドごとのレベル差 Δ_i を算出する
- ③ 模型試験で得られた i 番目の 1/3 オクターブバンドレベルに Δ_i を加える。
- ④ 各測定点での補正した 1/3 オクターブバンドレベルについて 63～5000Hz バンドまでのパワー和

をとることにより、オーバーオールレベル（換算値）を算出する。

3 現車試験および模型試験結果の比較および考察

3.1 現車試験結果と模型試験による換算値の比較

近接側軌道を走行する列車のうち、90km/h程度で走行する列車（10両編成）の現車試験結果（以下、実測値）と模型試験による換算値（以下、換算値）の差を、 $L_{A,Smax}$ と L_{AE} についてそれぞれ計算した。なお、 $L_{A,Smax}$ と L_{AE} の結果に大きな差はなかったため、以下では L_{AE} での結果を用いて考察する（各測定点における、 L_{AE} の〔実測値－換算値〕の値を平地区間は図3、高架橋区間は図4に示す。）

図3,4から実測値と換算値の差が $\pm 1.5\text{dB}$ 以内に収まるのは、平地区間は21点中15点、高架橋区間では26点中12点であり、高架橋区間の方が実測値と換算値の差がやや大きい傾向にある。これは、高架橋区間では、音源が上方から到達するため模型の高さ方向の精度が必要なこと、今回の試験では模擬していない構造物音の影響を受けること等が原因としてあげられる。

平地区間のB-3、D、高架橋区間のA-9、B-2、B-3、C-1、C-2、C-7では、比較的大きな $\pm 3\text{dB}$ 以上の差が生じており、以下その原因について考察する。

〔平地区間〕 現車試験において、B-3は家屋によって、Dは線路敷地と道路の境目にある約1mの段差（図1参照）によって音源が見えるか見えないかのぎりぎりの位置であった。このような位置では模型試験の際、マイクロホン位置や家屋の位置、大きさがわずかに変化するだけで音源の遮蔽割合が大きく変化するため、現車試験時と模型試験時のこれらの配置の微妙な違いにより実測値と換算値に大きな差が現れたと考えられる。

〔高架橋区間〕 A-9、B-2、B-3は、観測点前方に位置する家屋模型（図4中の（ア）：住宅地図を元に寸法を決定）が実物よりも大きく、音源の遮蔽度合が現車試験時よりも大きくなったため、実測値よりも小さな換算値になったと考えられる（模型と実物の寸法のずれは、模型試験終了後に住宅地図と航空写真および現地調査の写真を比較することにより判明した）。C-7は、測定点左側の家屋との位置関係が現車試験と模型試験でやや異なっていたこと、C-1、C-2は高架橋に近接

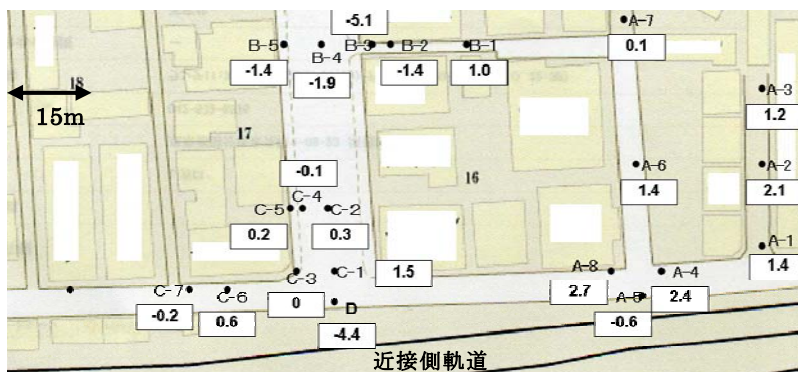


図3 各測定点における実測値と換算値の L_{AE} の差(平地区間)
正の値は、実測値の L_{AE} の方が大きいことを示す [dB]

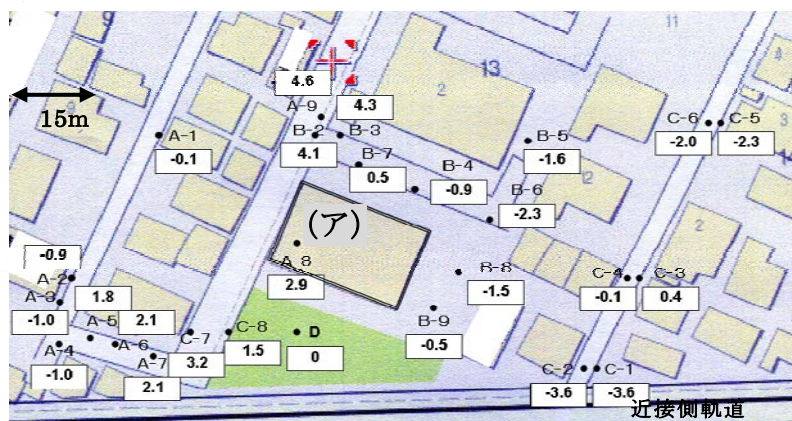


図4 各測定点における実測値と換算値の L_{AE} の差(高架橋区間)
正の値は、実測値の L_{AE} の方が大きいことを示す[dB]*実物の家屋(ア)は地図よりも小さく、A-8は屋外に位置する。

した測定点であり、音源を近接軌道中心に設置した線音源だけの模型試験では現車試験時の音源を再現するには不十分であったことが原因として考えられるが、詳細は不明である。

なお、2.2 (2) で述べたマイクロホンの設置方法に関して、家屋の背後では音の入射方向の違いにより高周波数域においてマイクロホン感度の指向性の影響を受けることが懸念されたが、今回の模型試験のオーバーオール値での結果を見る限り、建物の背後にある地点とそうでない地点の間に実測値と換算値との差の傾向に違いは見られなかった。

以上より、受音点位置において音源がぎりぎり見え隠れする箇所の測定位置および、模型寸法・配置に注意して模型実験を実施すれば、模型実験結果と現車試験結果はおおむね一致すると考えられる。

3. 2 家屋の有無による模型試験の結果の比較

前節の結果より、模型試験は現車試験結果をほぼ再現していると考えられる。そこで、家屋の騒音レベルに対する影響を把握するため、模型試験において家屋がある場合とない場合の各測定点における L_{AE} の差（各測定点における、[家屋なし-家屋あり] の値）を平地区間は図 5、高架橋区間は図 6 に示す。この結果から、家屋の背後では遮蔽効果により騒音レベルが大きく減衰すること（平地区間 B-1、B-2 など）、両側に家屋のある道路沿いの測定点では音源の見通し角度が小さくなることにより騒音レベルがやや減衰すること（平地区間 A-2、A-3、高架橋区間 C-3～6 等）、音源を見通すことができる測定点においては、背後や側方からの反射音の影響により、騒音レベルが増大する場合もあること（平地区間 A-8、C-6、高架橋区間 C-1、C-2 等）などがわかる。

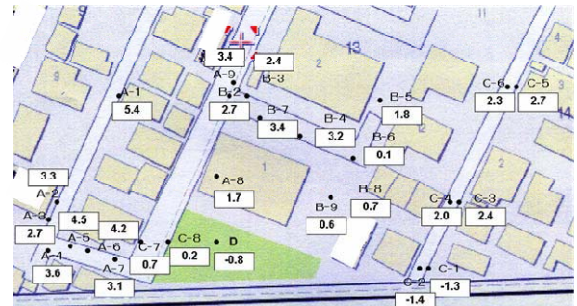


図 5 各測定点における家屋の有無による L_{AE} の差(平地区間)[dB]
正の値は、家屋ありの L_{AE} の方が小さいことを示す

図 6 各測定点における家屋の有無による L_{AE} の差(高架橋区間)[dB]
正の値は、家屋ありの L_{AE} の方が小さいことを示す

4 今後の展望

本研究により、模型試験により現車試験結果をほぼ再現できることがわかった。今後は、家屋密集度、側方、後方の家屋壁面とマイクロホンの距離、住宅による音源の遮蔽割合等をパラメータとした模型試験を実施し、これらのパラメータの騒音レベルへの影響を明らかにしていく予定である。

参考文献

- 1) 石井聖光、子安勝、長裕二、木庭啓紀：在来線高架鉄道からの騒音予測手法案について、騒音制御、Vol. 4、No. 2 (1980)