

鉄道沿線騒音に対する建物壁面等反射音の影響評価

斎藤 英俊* 小方 幸恵 長倉 清 (鉄道総研)

Influence of nearby the Building walls on wayside railway-noise

Hidetoshi Saito*, Yukie Ogata, Kiyoshi Nagakura (Railway Technical Research Institute)

In the densely populated area along the railway-tracks, nearby building walls affect the railway-noise propagation. Behind the building, usually, railway-noise is decreased by the shielding effects of the walls. However, it can increase according to condition of the building location. Therefore, in this study, the model experiment where parameters such as length of building walls are changed is conducted to evaluate the effect of reflection or shielding by the walls. The result shows that noise level can increase about 3dB according to the condition of the building location.

キーワード：鉄道沿線騒音、住宅密集地域、反射、遮蔽

(Railway-noise along the railway-tracks, densely populated area, reflection, shielding)

1. はじめに

鉄道沿線の住宅密集地域には、建物やその他の騒音伝搬の障害となるものが存在する。このような住宅密集地域の騒音伝搬に関して、これまで模型実験による実測値との比較¹⁾や中小家屋群による過剰減衰量を表わす実験式²⁾が提案されている。後者の実験式は、ある面積内の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わしたもので、家屋群の騒音伝搬に対する影響を平均的に評価するには有効である。しかし、建物の個々の立地条件によっては、反射により局所的に騒音レベルの増大をもたらす箇所が存在することも考えられる。そこで、住宅密集地域における建物壁面等による反射や遮蔽の影響を定量的に評価する手法の提案を目的に、測定点から建物壁面までの距離や線路の見通し角、建物壁面の角度等の条件を変化させた模型実験を実施した。本稿では実験結果について報告する。

2. 実験の概要

模型実験に際しては、模型の縮尺比に対し、全ての物理量について実物と模型に相似則が成り立つと仮定した。

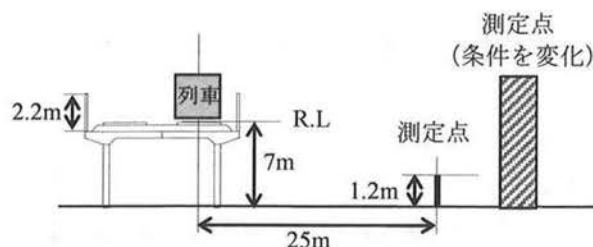


図 1 騒音測定点の概略図 (実寸換算)

縮尺 1/25 の高架構造および車両の模型を無響室内に設置し、無響室の床面をアクリル板で覆い地面を再現した。以下、実物換算をした値で検討する。測定点は近接側の軌道中心から 25m、地上高さは 1.2m の点とし、軌道高さは高さ 7m の高架、防音壁高さは 2.2m としている。実際の騒音測定現場でよく見られる状況に基づき、建物模型の立地条件を様々に変化させ、建物の影響による騒音レベルの増加量を確認した。なお、車両模型の車両長は無響室内の寸法の制約から 100m とし、連結部が無い均一な長方形断面としている。図 1 に測定の概略図を示す。

2.2 音源

使用する音源は、圧縮空気によるエアジェット一様有限長線音源 (実物で直径 20mm) で、これを車両模型の下部に車両模型の全長にわたり設置する。後述する全ての実験条件において、車両模型 (線音源装置) を近接軌道中心に設置し、実験を行う。近接軌道中心から 25m 地点における線音源の周波数特性を図 2 に示す。

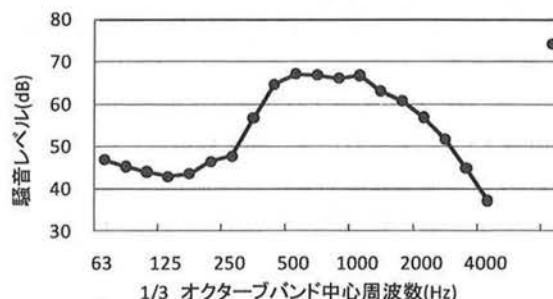


図 2 線音源装置の周波数スペクトル

2.3 マイクロホンの設置方法

線音源から発生した音を 1/4 インチマイクロホン (リオン製 UC-29[グリッド無し]: 測定周波数範囲 20Hz ~ 100kHz) を用いて測定した。本実験では音源からの直接音以外に、側方や後方に位置する建物壁面からの反射音を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、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。そこで、マイクロホンの水平方向の感度の等方性を重視して、マイクロホンを鉛直上向きにして測定を行った。図 3 に実験状況を示す。

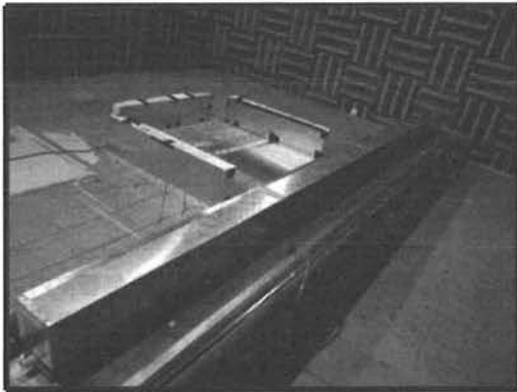


図 3 実験状況

2.4 データの整理方法

精密騒音計 (NA-42) の設定は、周波数重み付け特性を Z (FLAT) とする。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 1.6kHz ~ 100kHz バンド、実寸換算で 63Hz ~ 4kHz バンド) を行い、実験条件毎に現車対応の相対騒音レベルに換算する。換算方法は以下に示すとおりである。

- ① 模型実験の結果における 1/3 オクターブバンド中心周波数を縮尺倍 (1/25 倍) する。
- ② 近接軌道中心から 25m 地点における現車試験結果と模型実験の 1/3 オクターブバンド中心周波数スペクトルのレベル差を求める。
- ③ 模型試験で得られた 1/3 オクターブバンド音圧レベルに②で求めたレベル差を加え現車対応の相対騒音レベルに換算する。
- ④ 補正した 1/3 オクターブバンドレベルについて 63 ~ 4000Hz バンドまでのパワー和を取ることで、オーバーオール値を算出する。

こうして求めた各実験条件の相対騒音レベル L_1 と建物壁面を配置しない場合の相対騒音レベル L_0 との差を、建物壁面等の実験条件による騒音増加量 $\Delta L (= L_1 - L_0)$ とする。

3. 実験結果

3.1 測定点の背後にある建物壁面による反射の影響

測定点背後にある建物の壁面幅や測定点までの距離を変化させ、建物の反射による騒音増加量への影響を調べた。

図 4 に示す様に、測定点を建物中央の前面に配置し、測定点と建物の距離 d を 1m、2m、3.5m、5m、10m、15m、20m、25m に変化させ、それぞれの d に対して、建物の壁面幅 w を 5m、10m、15m、20m、30m、40m、50m に変化させた。建物高さが 6m と 25m の場合について行った。

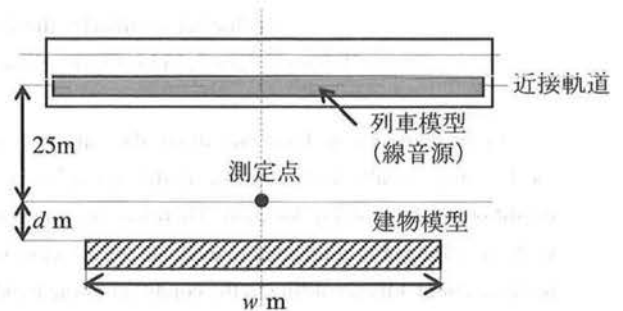


図 4 測定点の背後にある建物壁面

図 5 に騒音増加量 ΔL と測定点と建物壁面の距離 d の関係 (建物高さ 6m の場合) を示す。図 5 より、測定点と建物壁面の距離が最も小さい $d=1$ の場合、 ΔL は、いずれも 3.0dB 弱となり、 d が増加するにつれて減少している。これは、測定点背後にある建物壁面からほぼ完全反射する騒音の距離減衰によるものであると考えられる。

ここで、実験を実施した全ての壁面幅 w 毎に近似曲線を描いた結果、 $\Delta L = -A \ln d + B$ ($1 \leq d \leq 25$) を得た (図 5)。このとき、近似曲線の R^2 値 (決定係数) はいずれも 0.9 以上であった。次に A および B と w の関係 (図 6) から、それぞれ回帰により A 、 B を求めた。

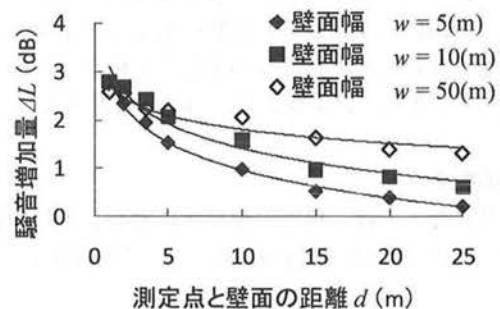


図 5 騒音増加量 ΔL と d の関係 (建物高さ 6m)

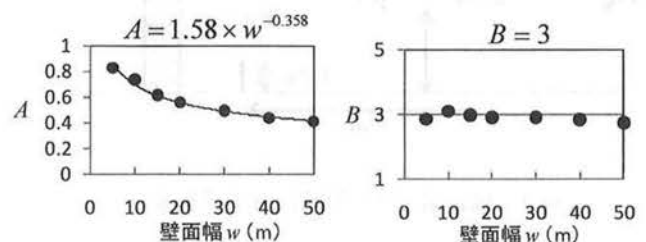


図 6 係数 A 、 B と w の関係 (建物高さ 6m)

以上より、測定点が建物中央の前面に位置する場合の騒音増加量は、測定点と建物壁面までの距離 d と建物の壁面幅 w を変数とした近似式により定量的に推定することができることがわかった。高さ 25m の建物の場合についても同様の近似式で表すことができることを確認した。表 2 に建物の高さ毎に求めた係数 A 、 B の検討結果を示す。

表 2 係数 A 、 B の検討結果

	A	B
高さ 6 m	$1.45 \times w^{-0.32}$	3.0
高さ 25 m	$1.59 \times w^{-0.36}$	3.0

3.2 建物壁面の向きによる反射の影響

測定点まわりの建物壁面の角度を変化させた場合の反射の影響を調べた。図 7 に示す様に、半径 r の円と建物壁面の中心が接するように建物壁面を設置し、測定点から線路への垂線と測定点から壁面への垂線と交わる角度（以下壁面角度という） θ を 15° 、 30° 、 45° 、 60° 、 75° 、 90° に変化させた。半径 r は 1m、2m、3.5m、5m、10m とし、それぞれの r に対して建物の壁面幅 w を 5m、10m、15m、20m に変化させた。実験は、建物は高さが 6m と 25m の場合のそれぞれについて実施した。図 8 に騒音増加量 ΔL と測定点と壁面の角度 θ の関係（高さ 6m、幅 5m の建物の場合）を示す。角度 θ が小さい場合には、建物壁面からの反射の影響が強いため ΔL は大きくなる。一方、角度 θ が大きくなると、建物壁面からの反射の影響は弱くなるため、 ΔL は徐々に小さくなると考えられる。ここで、測

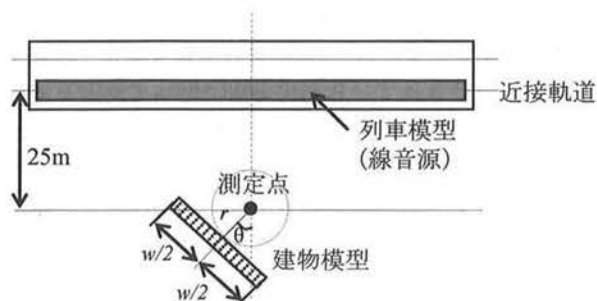
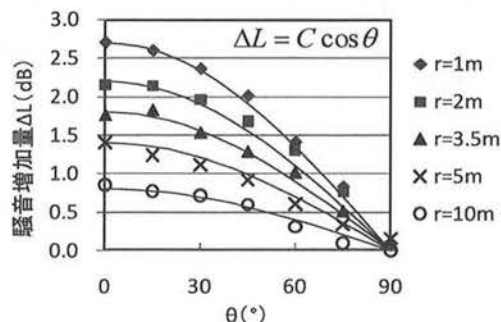
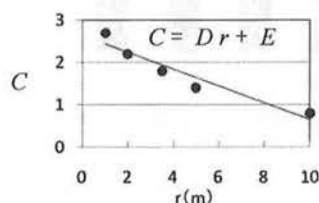


図 7 建物壁面の向きによる反射の影響

図 8 騒音増加量 ΔL と θ の関係（建物高さ 6m）

定点と壁面の距離 r ごとに近似曲線を描いた結果、 $\Delta L = C \cos \theta$ を得た。次に係数 C と r の関係（図 9）から回帰的に係数 C を求め、 $C = Dr + E$ を得た。以上より、建物壁面の向きを変化させた場合の騒音増加量は、角度 θ と測定点と建物壁面の距離 r を変数とした近似式により定量的に推定することができることがわかった。高さ 25m の建物の場合についても同様の近似式で表すことができることを確認した。壁面幅 w ごとに求めた係数 C の検討結果を表 3 に示す。

図 9 係数 C と r の関係表 3 係数 C の壁面幅 w ごとの検討結果

(a) 高さ 6m の建物			(b) 高さ 25m の建物		
	D	E		D	E
$w=5m$	-0.19	2.63	$w=5m$	-0.22	2.89
$w=10m$	-0.14	2.87	$w=10m$	-0.16	3.13
$w=15m$	-0.13	3.02	$w=15m$	-0.12	3.13
$w=20m$	-0.10	2.90	$w=20m$	-0.09	2.96

3.3 測定点が 3 つの建物壁面に囲まれている場合

図 10 に示す様に、測定点が 3 つの建物壁面に囲まれている状況が騒音増加量に与える影響を調べた。この状況は、実際に新幹線鉄道沿線に散在する公園や空き地に良く見られる。壁面幅 w の建物を測定点の背後に d だけ離れた箇所に設置し、壁面幅 25m の建物を測定点の左右方向にそれぞれ $w/2$ だけ離れた箇所に設置した。 w を 20m、30m、40m、50m に変化させ、それぞれの w に対して、 d を 15m、20m、25m に変化させた。建物の高さは 6m とした。

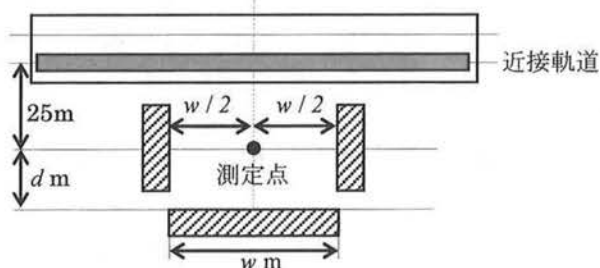


図 10 測定点が 3 つの建物に囲まれている場合

測定点が 3 つの建物壁面（高さ 6m）に囲まれている場合の騒音増加量 ΔL を図 11 に、測定点の両側に建物がない場合（実験結果 3.1 高さ 6m の建物から抜粋）の ΔL を図 12 に示す。図 11 より、測定点が 3 つの建物壁面（高さ 6m）

に囲まれている場合の ΔL は、建物壁面と測定点の距離が25m程度離れていても1.5dB程度となることが確認できる。また、この場合の ΔL は、測定点の背後にのみ建物がある場合と比べて0.4~0.9dB大きくなり、建物壁面からの反射の影響を一層強く受けていることがわかる。

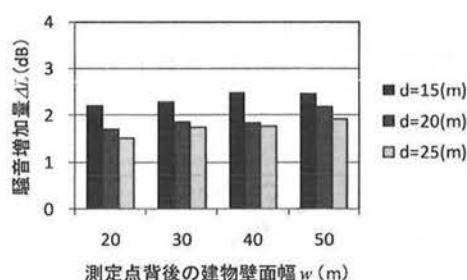


図 11 測定点が3つの建物に囲まれている場合
(高さ 6m の建物)

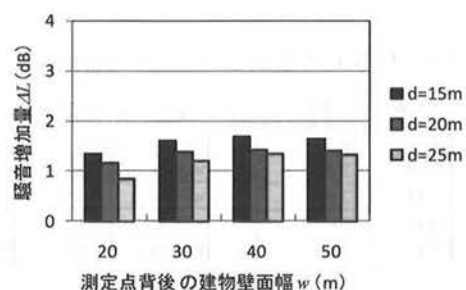


図 12 測定点の両側に建物が無い場合
(測定点の背後にのみ建物がある場合)
(高さ 6m の建物)

3.4 測定点からの線路見通し角の影響

住宅密集地域においては建物壁面からの反射だけではなく遮蔽の影響も存在する。そこで、測定点から線路方向への見通し角を変化させ、建物壁面による遮蔽の影響を確認した。図 13 に示す様に、測定点の両側に同じ寸法の建物(高さ 6m)を高架と平行に測定点から等距離になるように設置した。実験は、測定点と近接軌道中心の距離が 25m と 12.5m の場合について、線路方向への見通し角 ϕ を $40^\circ \sim 150^\circ$ まで 10° 毎に変化させて行った。なお、建物が無い場合に測定点から線路を見通すことのできる角度は、測定点距離が 25m の場合で 126° 、測定点距離が 12.5m の場合で 152° となる。

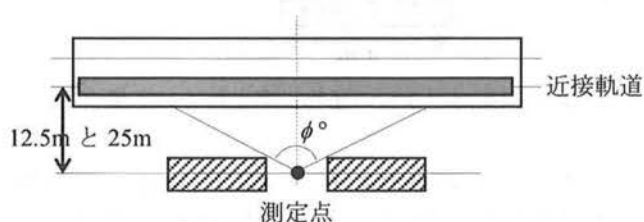


図 13 線路見通し角を変化させる場合
(高さ 6m の建物)

図 14 に測定点から線路方向への見通し角 ϕ を変化させた場合の騒音増加量 ΔL と ϕ の関係を示す。図 14 より、測定点距離が 12.5m、25m のいずれの場合についても、 ϕ が 120° 以上の場合に、建物壁面による遮蔽の影響がほぼなくなることが確認できる。

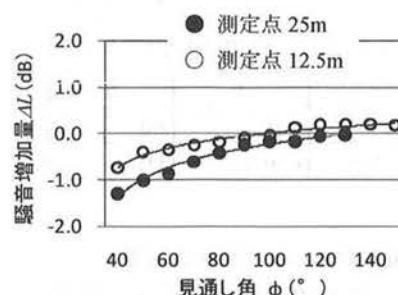


図 14 騒音増加量 ΔL と見通し角 ϕ の関係

4. おわりに

建物の立地条件により局所的に変化する騒音増加量を定量的に確認することができた。鉄道沿線騒音の測定・評価は、統一的な手法で行われることが必要であり、これを目的に環境省は、騒音測定・評価の標準的な手法として「新幹線鉄道騒音測定・評価マニュアル」を平成22年5月に公表した。同マニュアルには、マイクロホンを地表面以外の反射物から原則 3.5m 以上離れた位置に設置すること、建物密集地では、測定点として新幹線鉄道の線路を出来るだけ見通せる地点を選定し、大きな建物等に近接する地点は避けることと記載されている。

これらの実験結果から、「新幹線鉄道騒音測定・評価マニュアル」に記載されている測定方法に則って測定を実施しても、建物の立地条件によっては建物が無い場合と比べて騒音を過大に評価する可能性があることがわかった。今後は、本実験により得られた知見を基に適切な騒音評価を行うために測定点が満たすべき条件をとりまとめていく予定である。

参考文献

- 1) 田中慎一郎:住宅密集地における在来鉄道の騒音分布、第 235 回鉄道総研月例発表会、2010
- 2) 石井聖光、子安勝、長祐二、木庭紀之: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