

鉄道一般

車両

軌道

構造物

防災

電力

信号通信
情報

材料

環境

人間科学

浮上式鉄道

鉄道騒音の予測手法の適用範囲を拡げる

鉄道沿線における環境影響評価や騒音対策の検討において、鉄道騒音を様々な状況において高い精度で予測する手法が求められています。このような社会的要請に対応して、鉄道総研では在来鉄道および新幹線鉄道の騒音予測手法を開発してきましたが、これらの手法では適用可能な観測点位置が限定されるという問題点がありました。この問題点を解消するための試みとして、ここでは、予測手法の適用範囲をトンネル坑口付近、高層建築物の高層階および住宅密集地にまで拡張した事例を紹介いたします。



長倉 清
Kiyoshi Nagakura
環境工学技術研究部
騒音解析研究室
室長
[専門分野] 鉄道騒音

はじめに

鉄道の新設あるいは大規模改良時における環境影響評価(☞参照)を行う場合、あるいは鉄道騒音の問題箇所において適切な対策を検討する場合、鉄道騒音を様々な状況において高い精度で予測する手法が、強く求められるようになってきています。このような社会的な要請に対応して、鉄道総研では在来鉄道および新幹線鉄道の騒音予測手法^{1),2)}を開発してきました。

これらの予測手法では、鉄道から発生する騒音を音源別にモデル化し、それぞれの音源からの寄与を足し合わせることで沿線の観測点における騒音レベルを予測します(図1)。音源位置とパワーレベルを、音源要素、軌道・構造物条件、車両種別や列車速度ごとに定めているため、様々な状況での騒音レベルの予測が可能です。

☞ 環境影響評価

土地の形状の変更、工作物の新設等の事業を行う事業者が、その事業の実施による環境への影響を予測評価すること。その手続きは環境影響評価法により定められており、鉄道もその対象に含まれています。

一方、これらの予測手法の騒音伝搬モデルにおいては、鉄道沿線に設置されている防音壁を除いて、鉄道構造物や周辺建築物の影響は考慮されておらず、そのため、予測手法が適用可能な観測点位置が限定されるという問題点がありました。この問題点を解消するための試みとして、ここでは、予測手法の適用範囲をトンネル坑口付近、高層建築物の高層階および住宅密集地にまで拡張した事例を紹介いたします。

トンネル坑口付近における騒音予測手法³⁾

鉄道のトンネル坑口付近では、通常の走行音にトンネル内を反響して坑口から放射される音(反響音)が加わるため、通常の明かり区間に比べて騒音レベルが高くなる傾向にあります。トンネル坑口付近での効果的な騒音低減対策の計画をたてるためには、まず、通常の走行音と反響音の寄与を適切に評価することが必要です。

そこで、トンネル坑口付近での騒音レベルを予測するための手法として、道路交通騒音の分野で提案されているトンネル坑口音予測手法(☞参照)に

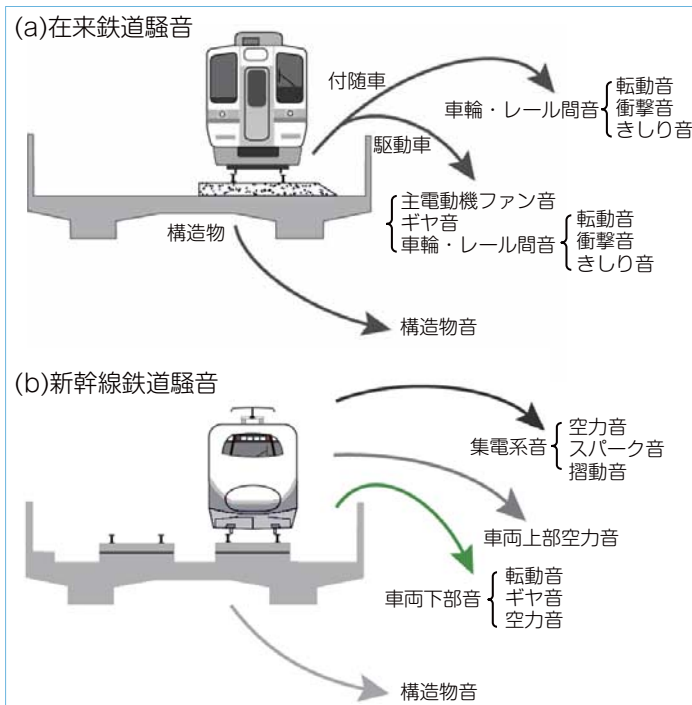


図1 鉄道騒音予測手法における音源の分類

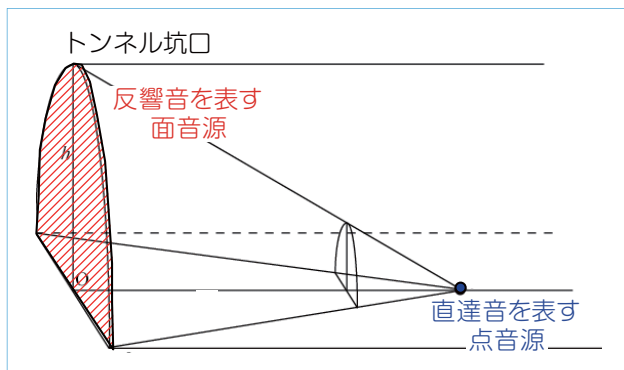


図2 トンネル坑口音の音源モデル

鉄道総研で開発した新幹線騒音予測手法での音源モデルを組み合わせた手法を開発しました。この手法では、坑口付近の騒音を、トンネル内壁を反射せずに到達する音(直達音)と反響音に分離することによって予測します。直達音を実際の音源がある位置(台車部など)に設置した点音源、反響音を坑口に設置した面音源でモデル化しま

道路交通騒音の予測モデル

日本音響学会が提案している予測モデルが広く使用されています。最新のものでは“ASJ RTN-Model 2008”であり、道路一般部および道路特殊箇所(トンネル坑口周辺部、掘割・半地下部など)での騒音予測が可能です。

す(図2)。面音源の音響パワーをトンネル内の音源位置、トンネル坑口の大きさ、トンネル壁面の吸音パラメータの関数として与えることにより、列車の移動により時々刻々と変わるトンネル反響音の音響パワーを、様々なトンネル条件において推定することが可能です。実測値と本手法による予測値を比較した結果、両者のレベル変動の傾向が定性的によく一致し(図3)、騒音レベルの最大値についても、実測値と予測値が定量的によく一致しました(図4)。

本手法を用いることにより、坑口騒音対策として、坑口付近の防音壁嵩上げやトンネル内壁吸音の対策効果が予

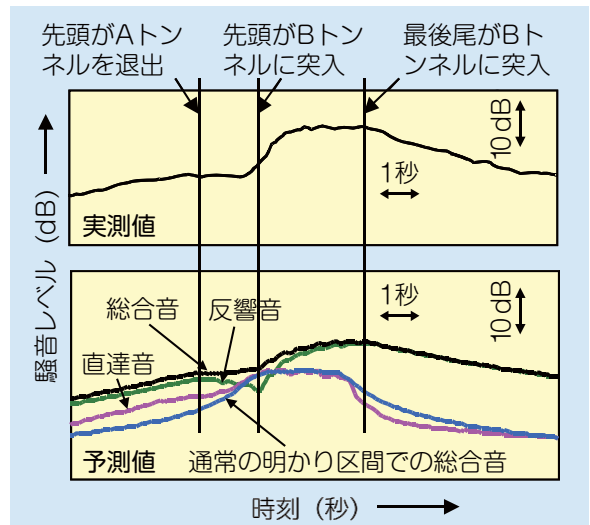


図3 実測値と予測値の騒音レベル変動の比較 (A, Bトンネル間のまばたき区間, Bトンネル坑口付近の測定点, スラブ軌道, 6両編成列車, 速度: 219km/h, 時間重み付け特性F)

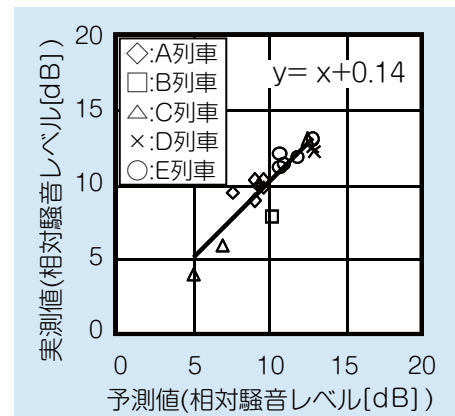


図4 トンネル坑口付近の騒音に関する予測値と実測値との比較

測できるようになり、効率的な対策の策定に寄与しています。

高所空間における騒音予測手法⁴⁾

近年、鉄道沿線の高層住宅における騒音が問題になりつつあり、これらの場所における騒音を精度よく予測する手法の確立が求められています。これまでに公表されている鉄道騒音の予測手法は、主に地上高さ付近で測定された騒音データをもとに構築されており、線路に近接した建物の高層階などの高所空間における精度は十分に検証されているとはいえません。また、高所空間においてはこれらの予測手法では考慮されていない音源の線路直交断面内

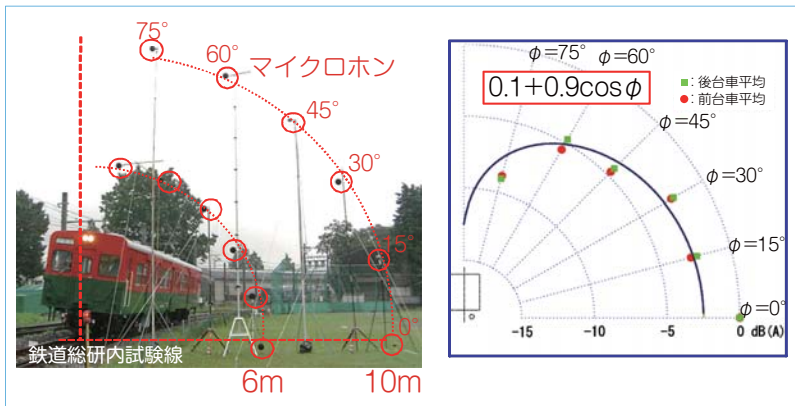


図5 現車試験で得られた車両下部音の指向特性(10m離れ点の結果)

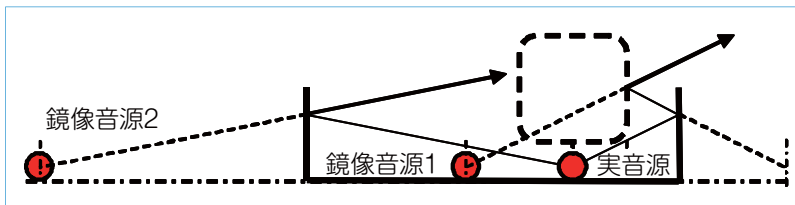


図6 実音源, 鏡像音源1,2の位置

の指向特性や車両, 防音壁による音の反射の影響があると考えられ, 予測手法の精度を向上させるためには, これらの影響を把握し, 予測手法に反映させることが必要です。

そこで, 音源パワーが大きく高所空間において特に問題となると考えられる車両下部から発生する騒音(転動音, 主電動機ファン音など)について, 音源の指向特性を現車試験と模型実験によって調査し, 指向特性を表す実験式を導出しました。図5は鉄道総研内の試験線において, 車両が走行する際の騒音レベルを線路直交断面内の複数の測定点において同時に測定した結果です。図5より, 転動音は鉛直方向に弱く, 水平方向に強い指向特性を持つことがわかり, この実験式を予測手法の音源モデルとして採用しました。

また, 車両, 防音壁による音の反射の影響を考慮するため, 以下の3つの音源から成る音源モデルを導入しました(図6)。

- ① 実音源: 実際の騒音発生源に相当する音源
- ② 鏡像音源1: 観測点側の防音壁と車

両に1回ずつ反射して防音壁と車両の間から漏れてくる音

- ③ 鏡像音源2: 観測点と逆側の防音壁で反射して車両を乗り越えて伝搬してくる音

以上の改良を行った予測手法で得られた騒音レベル分布と模型実験で得られた騒音レベル分布の比較を図7に示します。図7には, 改良前の従来予測手法による騒音レベル分布も示しました。軌道に近接した高所空間に着目すると, 模型実験で観測される音源の指向特性の影響(側方へ大きく上方へ小さい)が従来予測手法では反映されていません。また, 防音壁に近く, 防音壁上端よりも高い位置においては, 防音壁による遮蔽が期待できないため騒音レベルが高くなっていますが, 模型実験の方がより低い位置まで騒音レベルが高い領域が広がっています。この領域は車両側面から防音壁上端を通して斜め上方に向かう方向にあり, 車両側面と防音壁との間を多重反射した音がこの方向に放射される影響と考えられます。一方, 改良した予測手法

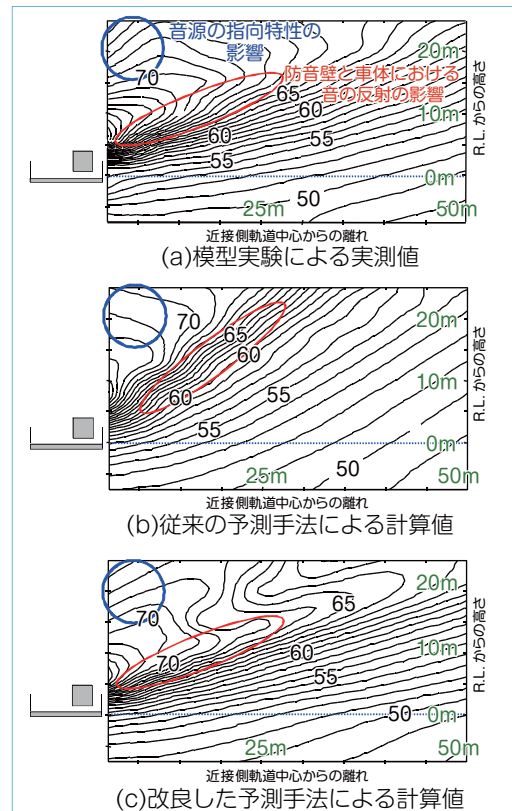


図7 模型実験と予測手法による騒音レベル(相対レベル)分布の比較(単位: dB, 防音壁高さ: 3m)

による騒音レベル分布の傾向は, 模型実験結果の傾向と良く一致しており, 高所空間における予測精度が改善されました。

住宅密集地における騒音予測⁵⁾

鉄道沿線の住宅密集地域には, 建物やその他の騒音伝搬に影響を与えるものが存在します。住宅密集地域で騒音測定を行う場合, 鉄道からの騒音発生源がほぼ同じ場合でも, 建物による反射や遮蔽の影響によって騒音測定値は局所的に異なり, 騒音レベルの適切な評価が行われていない場合もあると考えられます。これまで, 建物などによる反射・遮蔽の影響は定性的には認知されていましたが, その影響を定量的に評価する手法は提案されていませんでした。そこで, 建物の立地条件を様々に変化させた縮尺(1/25)模型実験を実施し, 住宅密集地域における建物壁面などの影響を定量的に評価しました。本模型実験では, 高架区間を走

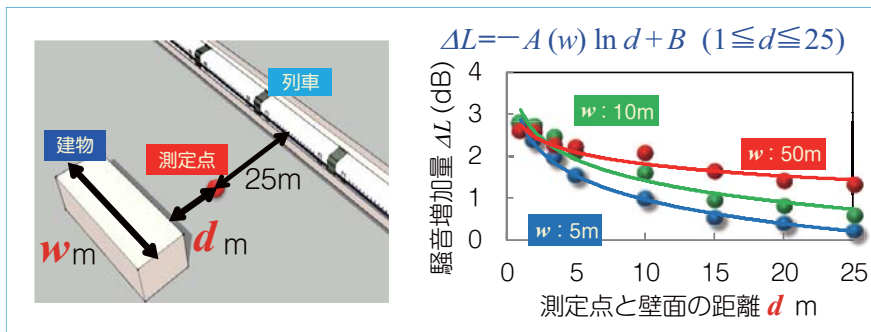


図8 測定点の背後に建物がある場合の騒音増加量 (建物高さ=6m)

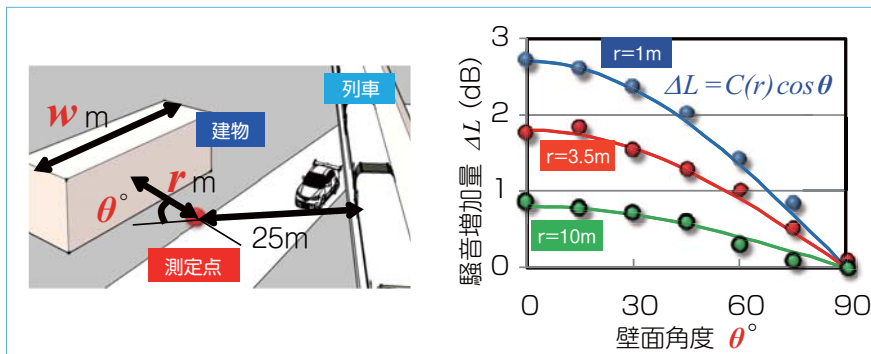


図9 線路に対して斜めに立地している建物による騒音増加量 (建物高さ=6m, 壁面幅=5m)

行している新幹線車両を想定し、建物の壁面幅や壁面までの距離などの立地条件を様々に変化させ、近接側軌道中心から25m地点に相当する観測点での騒音の建物の影響による増加量を調べました。主な結果を以下に示します。なお、ここでは一戸建て住宅を想定した建物高さ6mの場合の結果を示しますが、中高層集合住宅を想定した建物高さ25mの場合も、ほぼ同様の結果が得られています。

(1) 測定点の背後に建物がある場合

測定点の背後に建物が存在する場合(図8)について、建物の壁面幅 w および測定点と壁面の距離 d を変化させ、建物壁面からの騒音反射による騒音測定値への影響を調べました。その結果、 d が小さくなるほど、また、 w が大きくなるほど騒音増加量は大きくなることがわかりました。また、騒音増加量の評価手法として、 d と w を変数とした実験式を提示しました。

(2) 線路に対して斜めに立地している建物の場合

鉄道高架橋と斜めに交差する道路沿

いに建物が立地している場合(図9)について、建物壁面からの騒音反射による騒音増加量を調べました。実験は、測定点から線路への垂線と測定点から壁面への垂線が交わる角度 θ (以下、壁面角度)ならびに測定点と壁面の距離 r 、壁面幅 w を変化させて行いました。その結果、建物壁面が線路に対して垂直となる場合($\theta = 90^\circ$)に、反射の影響はほぼなくなることがわかりました。また、騒音増加量の評価手法として、 r 、 θ および w を変数とした実験式を提示しました。

(3) 測定点が複数の建物に囲まれている場合

鉄道沿線に散在する公園や空き地などを想定し、図10に示すように、測定点が複数の建物に囲まれている場合の騒音増加量を調べました。その結果、この場合の騒音増加量は最大で3dB以上となり、建物高さ、壁面角度、壁面と測定点の距離にかかわらず、騒音反射の影響を強く受けることがわかりました。

これらの結果により、建物などの周

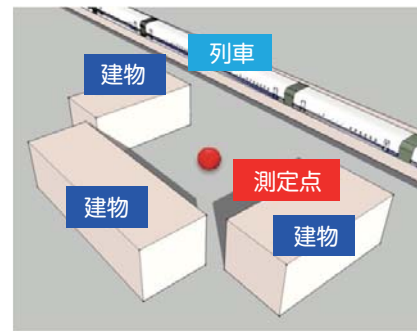


図10 測定点が複数の建物に囲まれている場合

辺条件が騒音測定値に与える影響を定量的に評価することが可能になりました。また、これらの結果を用いれば、建物などの周辺条件の影響を除去した騒音評価を行うために測定点の選定方法を得ることも可能です。

まとめ

鉄道騒音の予測手法およびその適用範囲の拡張事例を紹介しました。これらの予測手法の構築にあたっては、数多くの現車試験、模型実験およびシミュレーションによる検討が行われてきました。鉄道騒音予測手法のさらなる精度向上および適用範囲の拡張のためには、鉄道騒音の発生・伝搬に関わる現象に対する理解を深めることが不可欠であり、今後も継続的な取り組みを実施していく予定です。RRR

文献

- 1) 北川敏樹, 長倉清, 緒方正剛: 在来鉄道における騒音予測方法, 鉄道総研報告, Vol.12, No.12, 1998
- 2) 長倉清, 善田康雄: 新幹線沿線騒音予測手法, 鉄道総研報告, Vol.14, No.9, 2000
- 3) 長倉清: トンネル坑口騒音の予測と対策, 鉄道総研報告, Vol.17, No.11, 2003
- 4) 長倉清, 安部由布子, 北川敏樹, 小方幸恵: 鉄道沿線における高所空間に適用可能な騒音予測手法, 鉄道総研報告, Vol.23, No.7, 2009
- 5) 斎藤英俊, 小方幸恵, 長倉清: 建物の立地条件が騒音レベルに与える影響の定量評価, 鉄道総研報告, Vol.25, No.11, 2011