

鉄道構造物騒音の数値計算による予測

—遮音壁構造材料の違いによる放射性状比較—*

山川啓介（四元音響設計事務所），藤原恭司（九大芸工）

1 はじめに

現在，新幹線は更なる高速化に向けて開発が行われているが，これに伴い騒音源のパワーレベルの上昇が懸念される．新幹線騒音は主要な騒音源として，車両下部騒音，構造物騒音，車両上部空力騒音，集電系騒音の4つの音源に分類される[1]．沿線における騒音の影響を低減するための方策として，音源側における様々な対策と共に，既存遮音壁の嵩上げが挙げられる．遮音壁の嵩上げは，遮蔽効果の増加により軌道内の騒音源の寄与が相対的に小さくなる一方で，構造物騒音については放射面積の増加等により，その影響が相対的に大きくなることが考えられる．

構造物騒音の寄与は他の騒音源と比較して小さいため[2]，その放射性状を実測によって把握するのは難しい．そこで筆者らは，鉄道構造物騒音に対して有限要素法（FEM）と境界要素法（BEM）を用いた2次元の数値計算による予測手法を考案した[3]．この手法による構造物騒音の予測結果を新幹線騒音に対する既存予測手法[1]（以後「鉄道総研予測法」と呼ぶ）による計算結果と比較した結果，比較的良好一致が見られた．本報では，この手法を用いて遮音壁の構造材料が異なる場合の構造物騒音の放射性状について解析を行い，構造物騒音とその他の音源の寄与がどのように変化するかについて検討した結果について報告する．

2 放射音場解析

2.1 解析手法の概要

解析手法[3]の概要について述べる．まず，FEMを用いて構造物振動解析を行い，構造物表面の法線方向振動速度を求める．次に，得られた振動速度を境界条件として，BEMを用いて放射音場解析を行い，放射音圧レベルを算出するという手順に従う．対象とする高架構造物はラーメン式のコンクリート高架橋とし，軌道の種類はスラブ軌道とする．解析は2次元で行い，構造物振動解析モデルはFig. 1のように設定する．床版，遮音壁，軌道スラブは梁要素として取り扱い，レール，レール締結装置，車両は質点として扱う．軌道パッド，CAモルタルについてはバネ要素として扱う．また，構造物縦断方向に生じる1スパンの梁の振動速度の2乗平均値を求め，それと同じ速度を生じる1自由度振動系のバネと同等のバネが橋脚の代わりに縦断方向に無限に接続され，床版を支持するものとして取り扱う．このようにして構造物縦断方向の平均的な振動し易さを模擬する．本手法ではこの仮想のバネを「床版支持バネ」と呼ぶ．列車の車輪からレールへ伝えられる加振力については，同相の線加振源に置き換えることにより2次元モデルに適用する．

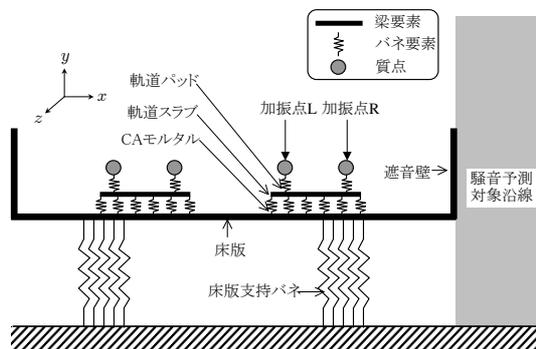


Fig. 1 新幹線構造物振動の2次元解析モデル

2.2 解析モデル

解析はFig. 2に示す3つのモデルに対して行った．160mm厚コンクリート製，R.L.(Rail Level)+1.8m高さの遮音壁が設置されている標準タイプのもをtypeA，既設遮音壁の上部に同じく160mm厚コンクリート製および透光製を有する8mm厚ポリカーボネート製の2m高さの遮音壁を付加したモデルをそれぞれtypeBおよびtypeCとした．床版上面の高さは地面上6m，スパン長は8.6mを想定した[3]．車両形式は500系とし，走行速度は250km/hとした．予測地点はFig. 3に示すように，軌道間中心からの距離が水平方向に12.5m～99.5mの範囲，鉛直方向に地面上～15mの範囲の領域内に1m間隔で設定した．解析周波数は1/15オクターブ間隔で18.2～1096.5Hzとし，A特性の補正をして騒音レベルを算出した．

2.3 解析結果

typeB，typeCに対する騒音レベル計算値とtypeAに対する計算値の差の空間分布をFig. 3に示す．このようにtypeAの計算値を下回っている領域もあるが，半分以上の領域ではtypeAの計算値を上回っている．どちらのケースでも軌道間中心からの距離がおよそ12.5m～30m，地面上およそ2.5m～5mの同じような領域において，局所的にtypeAの予測値を6dB以上，上回る領域が存在するという結果が得られた．この領域は新幹線騒音の評価地点の1つである水平距離25mの断面（原則，地上1.2m高さ）を含んでいる．評価地点の2階窓面付近に当る高さにおいて，構造物騒音の寄与がこのように大きく上昇する可能性があるということは，他の騒音源を含む新幹線騒音全体を評価する際に注意を要する．

構造物騒音の放射パワーおよび放射指向特性に関する検討を行った結果，この現象は，放射パワーの増加よりも放射指向特性が変化したことによる影響が大きいものと判断された．

* Numerical estimation of railway structural noise. —Comparison of radiation characteristics by difference of structure and material of noise barrier.— by YAMAKAWA, Keisuke (Yotsumoto Acoustic Design Inc.), FUJIWARA, Kyoji (Kyushu Univ.)

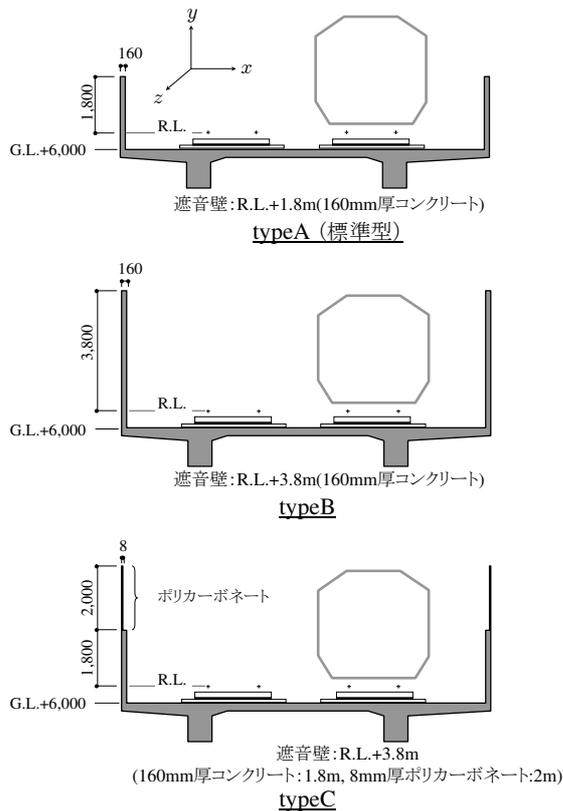


Fig. 2 構造物騒音解析モデル

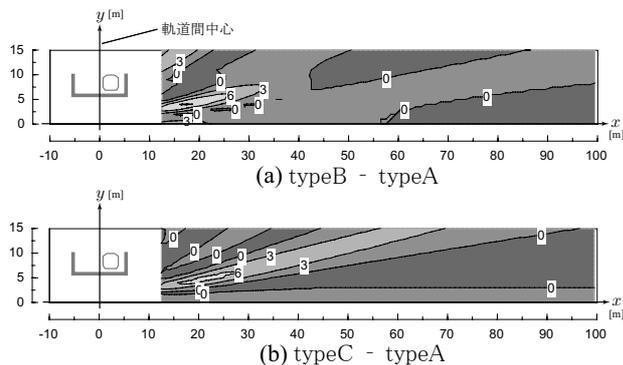


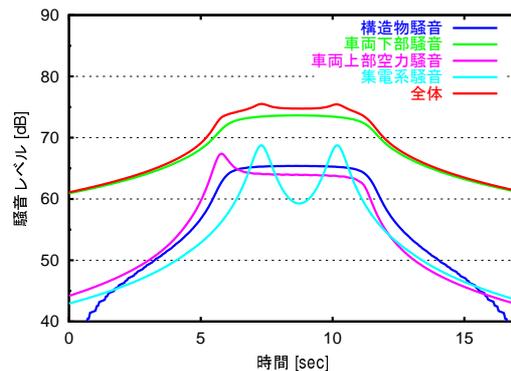
Fig. 3 typeB, typeC に対する騒音レベル計算値と typeA に対する計算値の差の空間分布

3 構造物騒音と他の騒音源の寄与の比較

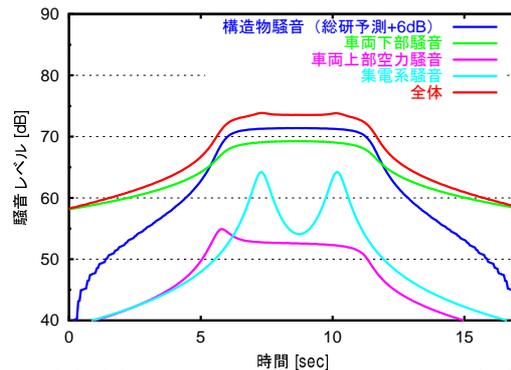
そこで, typeB, typeC に対する予測値が typeA の予測値を 6dB 以上, 上回る領域において, 遮音壁の高さが増すことにより構造物騒音とその他の騒音源による寄与の割合がどのように変化するかについて検討した. 手法は, 構造物騒音以外の騒音源についても取り扱うことのできる鉄道総研予測法を用いた. 鉄道総研予測法はエネルギーベースの予測手法で, 移動する無指向性点音源列による騒音レベルの時間波形が得られる. 予測地点は前述の領域の代表地点として, $(x, y) = (25, 5)[m]$ とした. 計算結果を Fig. 4 に示す. 横軸は時間 [sec] で 1 号車の先端が構造物に進入する瞬間を 0 とした.

各騒音源の寄与とレベルの最大値に着目すれば, 遮音壁の高さが R.L.+1.8m の場合 (a), 車両下部騒音の寄与が最も大きい. これに対し, 遮音壁の高さが 2m 高くなった場合 (b), 他の騒音の寄与が低下する一方

で, Fig. 3 の結果を踏まえて構造物騒音が 6dB 上昇するものとすれば, 構造物騒音の寄与が最も大きくなる. 新幹線騒音全体の最大値に着目すると, Fig. 4(a) では 75.5dB である. 掲載を省略するが, 構造物騒音の寄与が変わらなければ遮音壁を 2m 高くすることにより, 最大値は約 4dB の低減が見込まれていたのに対し, Fig. 4(b) では 73.9dB と, 2dB 弱しか低減されないことになる. このように遮音壁の高上げを行っても, 地点によっては指向性の変化により構造物騒音の寄与が上昇し, 新幹線騒音全体が効果的に低減しない可能性があることが示された.



(a) 遮音壁高: R.L.+1.8m (typeA に相当)



(b) 遮音壁高: R.L.+3.8m (typeB, typeC に相当). Fig. 3 の結果を踏まえ, 構造物騒音に対してのみ鉄道総研予測法による計算値に 6dB を加えた.

Fig. 4 鉄道総研予測法による各騒音源の寄与の予測結果: $(x, y) = (25, 5)[m]$, 橋長 800m, 500 系車両, 250km/h 走行時

4 まとめ

鉄道高架構造物上に設置されている遮音壁の構造材料が異なるときの構造物騒音の放射性状について数値計算により検討を行った. その結果, 遮音壁の高上げがなされた場合, 構造物騒音の放射指向特性が変化して, 地点によってはその寄与が大きく上昇することがあり, 軌道内の他の騒音源の寄与が下がっても, 新幹線騒音全体が効果的に低減しない可能性があることが示唆された.

参考文献

- [1] 長倉他, 音響学会騒音振動研資, N-2000-01, 2000.
- [2] 長倉, 音響学会誌, 60(5), 284-289, 2004.
- [3] 山川, 藤原, 音響学会誌, 62(4), 297-305, 2006.