

山梨大学大学院 学生員 五味 幸仁  
 山梨大学工学部 正 員 杉山 俊幸  
 山梨大学工学部 正 員 深沢 泰晴

## 1. はじめに

鉄道騒音問題は、東海道新幹線開通後のいわゆる「新幹線公害」の発生によって注目され始めた。そのため環境庁では新幹線騒音に関する環境基準を設定し、国鉄ではこの基準を達成すべく努力がなされてきた。しかしながらその目標達成にはほど遠い状況にあることが昨年10月に同庁より報告され、鉄道騒音対策の難しさを改めて認識させられている。一方在来線においても、無道床のプレートガーダー橋の場合にはかなり高い騒音が発生しており深刻な社会問題となっている。近年開通した東北・上越新幹線では、騒音に対する配慮がなされ現時点では社会問題にまで発展していないが、振動・騒音の発生メカニズム等は必ずしも明らかにされていない。鉄道騒音対策を考える場合に最も重要なことは、騒音発生メカニズムを解明することである。その第一段階として著者らは既に実測結果に基づく無道床鉄道橋プレートガーダーの振動・騒音特性の把握を試みている<sup>1),2)</sup>。本研究では、その結果を踏まえて、プレートガーダー橋腹板の実測振動加速度レベルから音響放射効率(振動と騒音とを結びつける無次元量)を用いて騒音レベルを算出し、実測された騒音レベルと比較することによって両者の関係を把握することにする。また、列車速度および列車重量と振動加速度レベルとの相関性についても検討を加える。

## 2. 振動加速度レベルと騒音レベルの関係

鋼板から放射される音は様々な周波数成分をもっている。本研究で取り扱う騒音レベルの実測値は1/3オクターブバンドを用いて処理されているため、遮断周波数間の騒音レベルは1つの中心周波数に代表されている。板があるモードで振動する場合そこから放射される音の周波数成分は1つであると考えられるから、中心周波数の音響出力は遮断周波数間にある様々な周波数成分による音響出力を加え合わせたものになる。従って振動加速度と騒音レベルとの関係は次式で表されることになる。

$$SPL = AL + 10 \log_{10} \left( \sum_{i=1}^n b_i k_i / f_i^2 \right) + 22.3 + 10 \log_{10} \psi$$

ここで、SPLは騒音レベル、ALは振動加速度レベルである。第2項の $b_i$ については、代表される振動加速度レベルと各々の振動加速度レベルとの関係をつける値で、 $b_i = a_{mn} / (\lambda^2 \cdot m^2 + n^2)^2$  [ $a_{mn} = 160 / \pi^2 m n$ ,  $\lambda = 1.25$ ,  $C$ :比例定数]で表され、遮断周波数間の周波数をもつ幾つかの振動モードのうち最大となるモードの $b_i$ を1にして各々計算した。 $k_i$ は第 $i$ モード( $(m, n)$ モード)の振動に対する音響放射効率である。また第4項はパネルと騒音測定地点の距離による補正の項である。

## 3. 騒音レベルの計算値と実測値の比較

実測を行った無道床プレートガーダー鉄道橋の諸元を図-1に示す。比較を行ったパネルは、スパン中央区画パネル(8)、支承受近区画パネル(2)、支承上区画パネル(1)の3つである。また、パネルの支持条件を四辺単純支持、二辺単純二辺固定支持と変えて計算した音響放射効率を用いて比較を行った。その結果を示したのが図-2, 3, 4である。なお、通過列車の種類と速度は図中に示してある。まずスパン中央区画パネルであるが、四辺単純支持では31.5Hzと40Hzの周波数でそれぞれ6dB, 7dB計算値が小さく、630Hz, 1000Hz, 1250Hzでは5dBほど計算値が大きい。他の周波数では

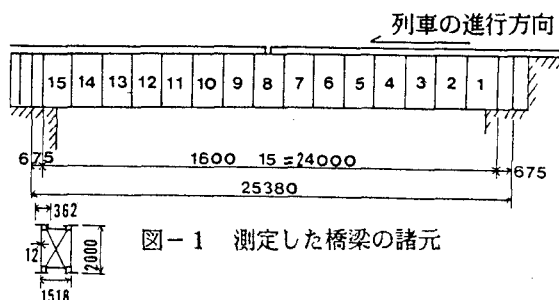


図-1 測定した橋梁の諸元

実測値と計算値がほぼ一致する。二辺単純二辺固定支持では63Hzで11dBほど計算値が小さく125Hz, 160Hz, 630Hz, 1000Hz, 1250Hzでは4dBほど計算値が大きいが他の周波数では実測値とほぼ一致する。支承付近区画パネルでは, 125Hz ~ 800Hzの周波数間では計算値の方が小さく1000Hz ~ 2500Hzの周波数間では実測値より計算値の方が大きくなっており, 3000Hz ~ 4000Hzの周波数間ではふたたび計算値の方が小さくなっている。その差は125Hz ~ 800Hzの間で1 ~ 8dB, 1000Hz ~ 2500Hzの間では1 ~ 6dB, 3000Hz ~ 4000Hzの周波数間では3dBであるが, 全体的に実測値と計算値はよく一致している。支承上区画パネルでは, 四辺単純支持とした場合, 31.5Hz ~ 800Hzでは計算値は実測値を下回り, 1000Hz ~ 2000Hzの間では上回り, 2500Hzで両者は一致し, 3000Hz ~ 4000Hzの間ではふたたび下回る。その差はそれぞれ1 ~ 8dB, 1 ~ 4dB, 2dBである。二辺単純二辺固定支持とした場合50Hz ~ 800Hz, 1000Hz ~ 2000Hz, 3000Hz ~ 4000Hzのグラフ形状は四辺単純支持と同じであるが, その差はそれぞれ1 ~ 14dB, 3 ~ 4dB, 1 ~ 2dBとやや大きくなっている。以上の結果をまとめると, 計算値と実測値にはかなりの一致が見られることから, 騒音(構造音)は音響放射効率と振動加速度を用いて算出することができるといえる。なお, 支持条件の違いによる影響については現在検討中である。

#### 4. 運動エネルギーと振動加速度の関係

3. で述べたように列車の通行によって発生する騒音は振動加速度から算出できよう。そこで次に, 通過列車の速度・重量と発生する振動加速度レベルとの関係を運動エネルギーを用いて調べてみる。列車重量は全重量を車両台数で割って平均した値を用い, 速度については測定時に計測された値を用いる。振動加速度は支承付近区画パネルで実測された値を用い, 各周波数レベルを合成したオーバーオールレベルで考察を行った。その結果を示したのが図-5である。使用したデータ数は必ずしも十分でないが同図より列車の運動エネルギーと振動加速度レベルの間に比例関係があることがわかる。

参考文献: 1) 太田, 深沢, 松本: 鉄道橋プレートガーダーの高周波振動と騒音特性, 第33回土木学会講演概要集, 1 - 250, 昭和53年9月 2) 太田, 深沢, 小池: 鉄道橋プレートガーダーの高周波振動と騒音特性(第2報), 第34回土木学会講演概要集, 1 - 237, 昭和54年10月。

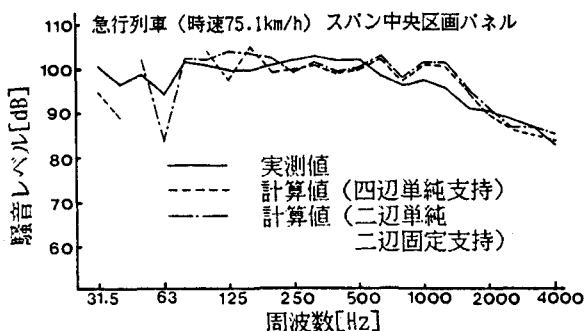


図-2 騒音スペクトルの計算値と実測値の比較

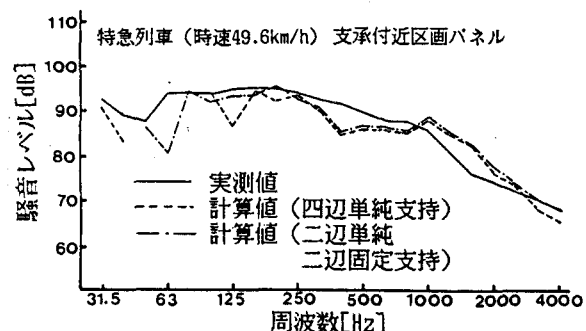


図-3 騒音スペクトルの計算値と実測値の比較

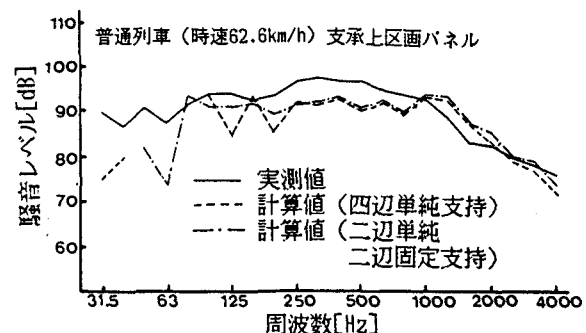


図-4 騒音スペクトルの計算値と実測値の比較

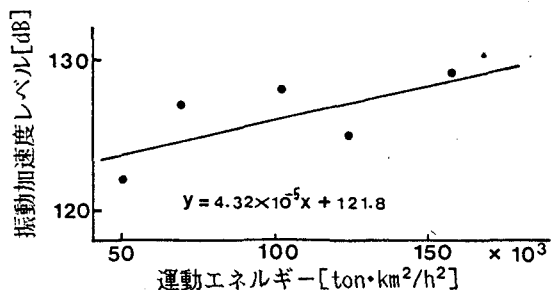


図-5 振動加速度レベルと運動エネルギーとの関係