

I-361

平板の面外振動による音響放射に関する基礎研究

山梨大学工学部 正会員 杉山 俊幸
 山梨大学工学部 正会員 深沢 泰晴
 山梨大学工学部 池沼 光徳
 東京電力㈱ 正会員 中原 和彦

1. はじめに

本州四国連絡橋瀬戸大橋に見られるように、鉄道橋の振動により発生する騒音は現在大きな社会問題となつてきている。この騒音問題に的確に対処するためには、その発生メカニズムを解明する必要があるが、現時点では必ずしも明らかにされていない。そこで本研究では、鉄道橋のプレートガーダー腹板より生じる振動と騒音を結び付けるための基本となる、長方形平板の振動及びその振動により放射される騒音の関係を解析的に導くことにする。そして、模型平板による振動実験を行い、算出した解析値の有効性を確めた。なお理論解析においては騒音発生源を複数の点音源の集まりと考え、空間的な音の干渉を考慮している。

2. 平板から発生する騒音

2.1 4辺単純支持板から放射される音圧レベルの算出¹⁾

縦A, 横Bの大きさの4辺単純支持平板を $n \times m$ 個のmonopole音源の集まりと考えて解析する。要素 ih ($i=1 \sim n, h=1 \sim m$)の振動速度 V_{ih} は、

$$V_{ih} = V \cdot \sin \left\{ \frac{K\pi((i-1) \cdot A/n + A/2n)}{A} \right\} \cdot \sin \left\{ \frac{K\pi((h-1) \cdot B/m + B/2m)}{B} \right\}$$

ただし、 K :振動モード、 V : K モードの基準座標の速度振幅(振動形解析法を適用して算出)となる。 r_{ih} 離れた点Qでの音源 ih による音圧の実効値を求めると、

$$P_{ih \cdot rms}(r_{ih}) = \frac{1}{T} \int_0^T \left\{ \frac{j\rho Ck}{2\pi r_{ih}} (V_{ih} \cdot dS) \exp(j\omega t - kr_{ih}) \right\}^2 dt$$

ただし、 $dS = A \cdot B/m/n$ (音源の面積)、 $r_{ih} = \sqrt{(X - ((i-1) \cdot A/n + A/2n))^2 + (Y - ((h-1) \cdot B/m + B/2m))^2 + Z^2}$ となる。平板上の $n \times m$ 個の全てのmonopoleに対して、点Qにおける音圧を重ね合わせ、その実効値 P_{rms} を算出すると次式となる。

$$P_{rms} = \frac{1}{T} \int_0^T \sum_{i=1}^n \sum_{h=1}^m P_{ih}(t, r_{ih}) dt \quad (1)$$

2.2 計算結果及び考察

図1～図3に4辺単純支持板の(1,1), (2,1), (1,3)モードの平板上30cmの空間での音圧レベル分布図を、最大値を0dBとして1dBごとに示す。図2から平板の振動形の節になる部分で音圧レベルは減少することが判る。しかし、(1,3)モードの音圧レベルは、(1,1)モードに近い音圧分布を示している。これは、平板の縦と横の比が1に近いために縦横両方向で音の干渉が生じたためであると考えられる。そこで、図4に縦と横の比を変化させて(1,3)モードの音圧レベル分布を調べた結果を示す。平板は干渉の影響を大きく受けることが判る。

3. 調振動実験

実験には、縦50cm, 横40cm, 厚さ2mmの鋼性平板を使用した。また、溶接による初期歪を避けるため、

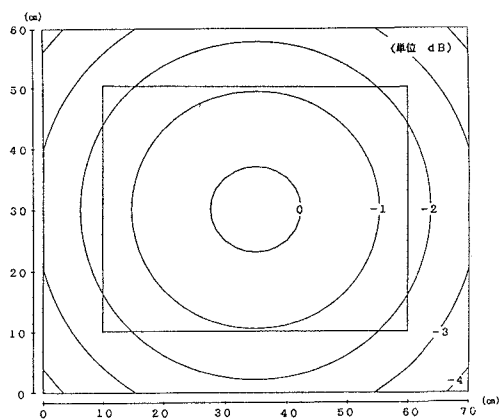


図1 (1,1)モードの音圧レベル分布

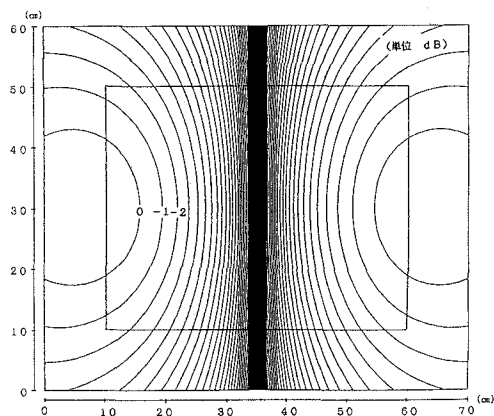


図2 (2, 1) モードの音圧レベル分布

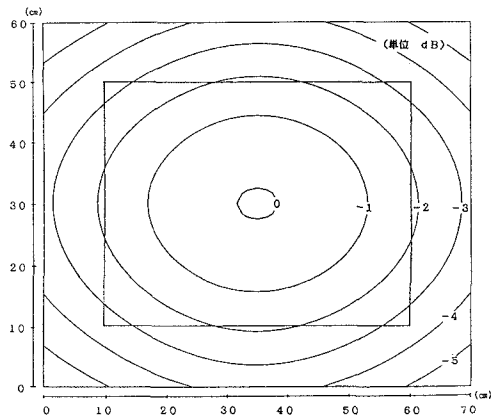


図3 (1, 3) モードの音圧レベル分布

全ての接合箇所をビスによる結合にした。実験は、模型板の支点上加振器で強制変位を与え、模型板の振動速度、騒音音圧レベル、および模型板支持辺の変位を同時に測定した。測定データは、直接A-D変換し、フーリエ変換による周波数解析を行った。また、等音圧線図の有効性を調べるために、実験でモードが確定した振動形に対して、騒音計の位置を移動させて音圧分布を調べた。

表1は、前節で求めた音圧レベル分布図の有効性を調べるために表右に示す9地点での騒音の測定値と解析値を比較したものである。解析値と測定値はよく一致していることが判る。

図5は、縦軸に音圧と振動速度の比を取り解析値と測定値を比較したものである。この図より、解析値、実験値共に120から130の領域に入っており、両者がほぼ一致していることがわかる。

4. まとめ

平板を複数の点音源の集まりと考え、空間的な音の干渉を考慮して算出した騒音の解析値は、実験値値とよく一致しており、本解析手法の有効性が確かめられた。

〈参考文献〉1) 日本音響学会：音響工学講座④騒音・振動（上）、コロナ社

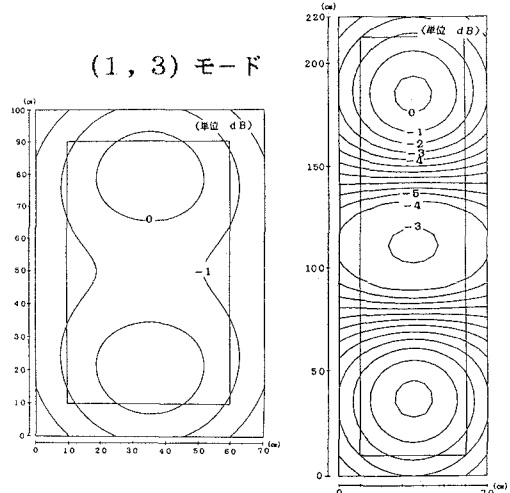


図4 縦横比の違いによる音圧レベル分布の変化

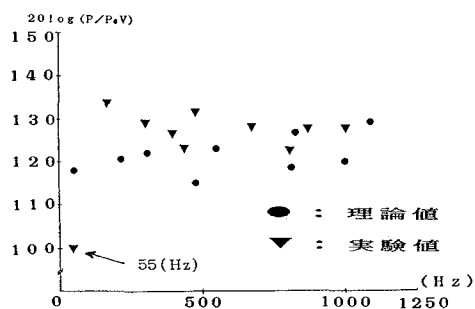


図5 調和振動実験結果と解析値の比較

表1 音圧分布の解析値と実験値の比較 (単位: dB)

測定点	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨
解析値	90	87	88	87	88	87	88	87	88
実験値	90	87	87	85	88	87	88	86	88

