

1. はじめに

低周波音による公害が近年、土木構造物である道路橋などにおいてもクローズアップされ、多くの研究報告がなされるようになってきた。橋梁より放射される低周波音の対策を実施する場合にその基本的な性状を把握しておくことは重要と思われる。本報告は矩形振動板より放射される超低周波音の基本的な性状をとらえるため、有限要素法により三次元数値解析を行い考察した。

2. 計 算

音場の支配方程式は(1)式で示めされる。

$$\nabla^2 \phi = \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \phi}{\partial t^2} \quad (1)$$

ただし、 c は音速である。 ϕ が $e^{i\omega t}$ の形で時間的に調和振動していると仮定すれば、Helmholtz の方程式が得られ、この方程式をガラーキン法により定式化し、一要素20節点のアイソパラメトリック要素モデルにより数値解析を行った。この場合、音響放射の問題は最終的に渡素連立一次方程式を解くことに帰着される。解析領域は、振動板の加振周波数の1波長の領域とし、その点で平面進行波とする放射境界条件を設けた。図-1に要素分割の一例を示す。振動板の形状は、長さ $l = 92\text{cm}$ 一定とし、幅 b を40, 80, 120, 160 cmと変えた。さらに、振動板の振動速度を一定として、振動周波数を5, 8, 10, 12.5, 16, 20 Hzと変化させ、振動板の形状と放射パターンおよび放射音圧レベル、周波数特性等の基本的な関係について数値解析した。

3. 結 果

図-2は振動板に最も近接した中央点の法線方向での放射音圧レベルの変化を示めたものである。周波数の上昇とともに振動板の振動加速度レベルが大きくなることから、いずれの振動板においても音圧レベルは増大する。

図-3は、振動速度 $v = 1\text{ cm/sec}$ と一定のときの振動板の振動周波数と放射効率を示す。振動板の振動周波数が低く、面積も小さいときはかなり放射効率は悪いが、周波数および面積の増大に伴い直線的に放射効率も増大している。

図-4は、振動板中央法線方向に放射される音圧レベルの変化を示めたものである。遠方においては周波数の相違によって若干音圧レベルの差は認められるが、全般的に周波数の変化にかかわらずほぼ同様な距離減衰を示し、振動板の近点においては距離減衰が少なく-3 dB/倍距離程度であり、遠点では急激に距離減衰が大きくなり-10 dB/倍距離となる。特に、遠点での距離減衰は二音源間の距離が短い場合の正負二重音源からの距離減衰と類似した傾向を示す。

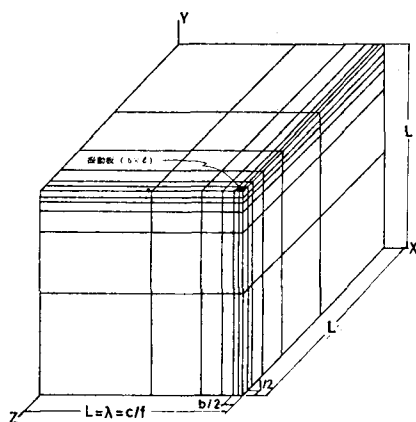


図-1 要素分割

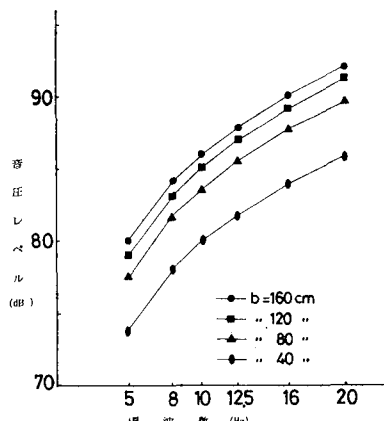


図-2 振動板中央での音圧レベル

図-5は、振動板と平行する水平方向の音圧レベルの変化を示めたものである。周波数の相違による音圧レベルの変化は板の法線方向の場合と同様に遠点で若干認められる程度であり、ほぼ同様な距離減衰を示す。また、振動板に近い所ほど音圧の位相差による影響を受けるため急激な減衰を示し、遠点では比較的距離減衰は少ない。

図-6は、矩形振動板の $b=40\text{ cm}$ で $g/b=1.0$ における水平方向の距離減衰を、合成桁橋（支間 24.5 m 、幅員 7 m ）、床版橋（支間 12.5 m 、幅員 15.8 m ）三径間連続トラス橋（ $59.1\text{ m}+98.5\text{ m}+59.1\text{ m}$ 、幅員 10.5 m ）の3例において、地上より 1.2 m の箇所で実測された水平方向の距離減衰と比較したものである。矩形振動板の計算値と実測例における値はほぼ類似した距離減衰を示していることが認められ、 b/l と g/b を考慮することにより実橋におけるおおよその傾向は矩形振動板の減衰より予測できるものと思われる。

図-7は、振動板の $b=40\text{ cm}$ の場合の正負二重音源による放射パターンを示めたものである。矩形振動板より放射される音圧のパターンは音圧レベルに相違はあるものの類似した傾向を示めているのがわかる。

4. むすが

矩形振動板より放射される超低周波音は、振動板の放射面積や振動周波数の増大により音圧レベルが上昇すること。距離減衰は、振動板の中央法線方向においては、近点で減衰が少なく、遠点で減衰が増大すること。振動板と平行な水平方向においては、近点で急激な減衰を示し、遠点ではおおよそな減衰を示

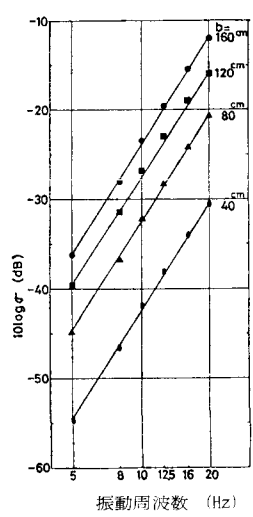


図-3 放射効率

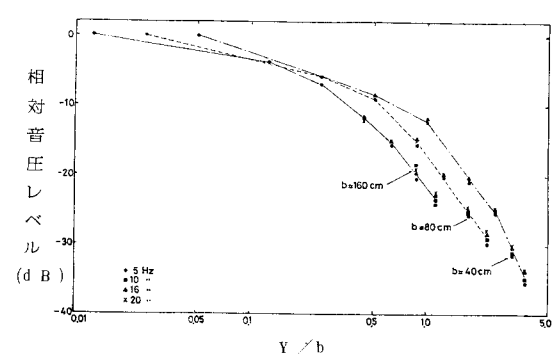


図-4 Y方向距離減衰

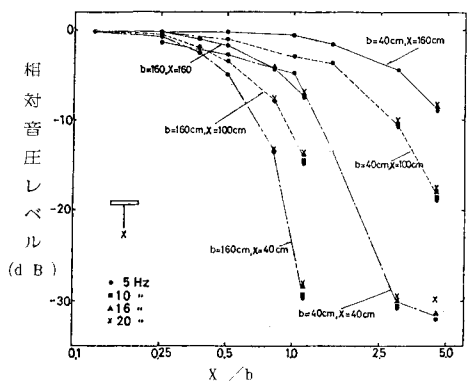


図-5 X方向距離減衰

すことが認められた。特に、近点での距離減衰は、道路橋の実測例と類似した特性を示めていることが認められた。

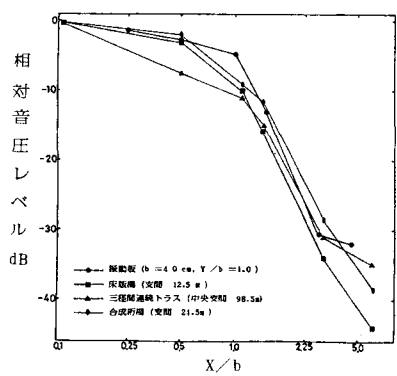


図-6 X方向距離減衰（実測例との比較）

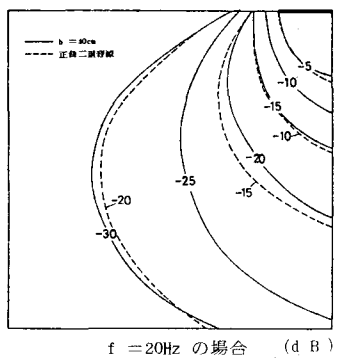


図-7 放射パターン