

## 地形を考慮した道路橋の低周波音伝播解析に関する基礎研究

埼玉大学大学院 学生員 加藤誠之  
 埼玉大学工学部 正会員 山口宏樹  
 埼玉大学工学部 正会員 松本泰尚

## 1.背景と目的

道路橋の低周波音問題は、道路橋の交通振動により発生した低周波音が身体に圧迫感を与えたり、家具や建具のがたつきを引き起こすなどして、近隣の住民に不快感を与え、生活環境を害しているというものである。この問題は発生源、伝播、受音点での人間への影響とに分けられ、本研究では低周波音の伝播に着目した。

既存の低周波音伝播解析では、道路橋を点音源などの簡単な音源の集合に置き換え、全体の音圧分布は無限空間中における各音源の解の重ね合わせとして表したものが多く、一般的には地形の影響が考慮されていない<sup>1, 2)</sup>。そこで本研究では、地形が及ぼす低周波音伝播への影響について、有限要素法と境界要素法を基にした音響解析ソフト:SYSNOISEにより解明することを試みた。具体的には、まず、実験室において低周波音の測定を行うと同時に、そのシミュレーションを数値解析により行って、低周波音の基本的な特性及びSYSNOISEによる数値解析の信頼性を確認した。次に、低周波音の測定記録がある道路橋を例として低周波音伝播解析を行い、地形の影響について定性的に考察を加えた。

## 2.実験室における低周波音の測定と数値解析

測定に用いた実験室は、図1のように概ね一辺3mの直方体の形をしており、一方の壁にスピーカーが並べられている。これらのスピーカーから、同出力同位相の純音を発生させ、室内の低周波音を測定した。発生させる純音は、10Hz、20Hz、40Hz、80Hzの四つとし、図1のように設けた測定域で、低周波音レベル計により音圧レベルを測定している。

この実験室内の低周波音場につき、SYSNOISEによる定常音伝播解析を行った。音源はスピーカー毎に点音源とし、同出力同位相の純音を、部屋中央で実験値94dBとなるよう調整して与えている。境界条件は、吸音の強さを表すアドミタンス $A_n$ をパラメーターとして与えた。 $A_n$ の定義を式(1)に示す。

$$A_n = v_n / p \dots\dots\dots (1)$$

ここで、 $v_n$ は境界における法線外方向媒質速度、 $p$ は音圧である。

解析結果を測定値と比較して図2に示す。音圧分布は周波数毎に異なるが、波長の長い低周波ほど、節や腹の比較的少ないなだらかな分布を示すことなど、数値解析の結果は測定のそれとよく一致しており、SYSNOISEによる解析の信頼性が確かめられた。ただし、境界条件の設定が重要で、完全反射としない場合には低周波側で測定と異なった結果が得られた。一般に低周波音は境界で殆ど反射されるといわれて

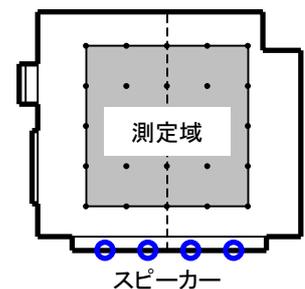


図1 実験室平面図

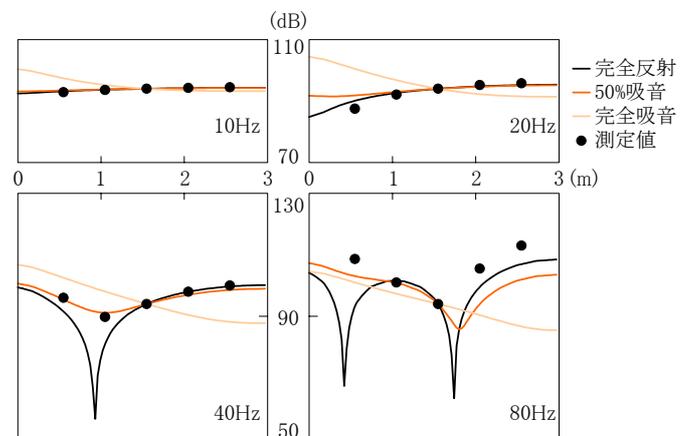


図2 音源からの距離と音圧の変化(図1の点線上、床上1.200m)

キーワード：道路橋、交通振動、低周波音、伝播解析、地形反射

連絡先(338-8570 さいたま市下大久保 255 埼玉大学建設工学科・電話番号 048-858-3552・ファックス 048-858-7374)

おり<sup>3)</sup>,それが数値解析により確かめられたといえる。

### 3.測定記録のある道路橋に対応する低周波音伝播解析

解析対象とした道路橋は、スパン長26.5m,幅員11.1mの鋼床版単純鋼桁橋である。図3に解析モデル及び測定の際の観測点配置を示す。図4には車両走行時に観測点2で計測された音圧レベルスペクトルを示した。幾つかの卓越振動数が存在することが分かるが、数値解析では第一段階として、道路橋の一次固有振動数3.15Hzのみにおいて、その定常伝播解析を行った。

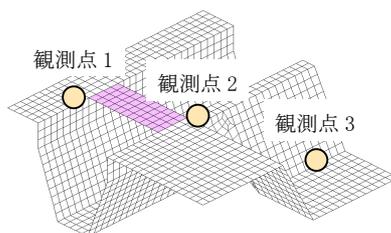


図3 解析モデルと観測点の配置

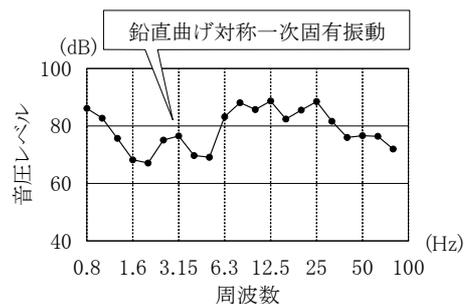


図4 走行時の音圧レベルスペクトル

るが、数値解析では第一段階として、道路橋の一次固有振動数3.15Hzのみにおいて、その定常伝播解析を行った。

解析での音源の条件は、道路橋を矩形面音源の集合とし、全体で半波長正弦波形の一次モード形状を表すよう各要素に振幅を与えた。例示的な解析のため、道路橋中央の速度振幅は単位の大きさの1m/sとしている。地形による影響を考察するために、完全反射の地形を考慮した場合と無視した場合について、それぞれ解析を行った。

各観測点を結んだ鉛直面上における音圧分布の解析結果を図5に示す。地形を無視した場合、面音源の指向性が如実に現れているが、地形を考慮した場合には、地形による反射の影響で、音圧分布が平坦化されて無指向的になる上、無視した場合に比べて同じ音源出力でも大きな音圧レベルとなること分かる。

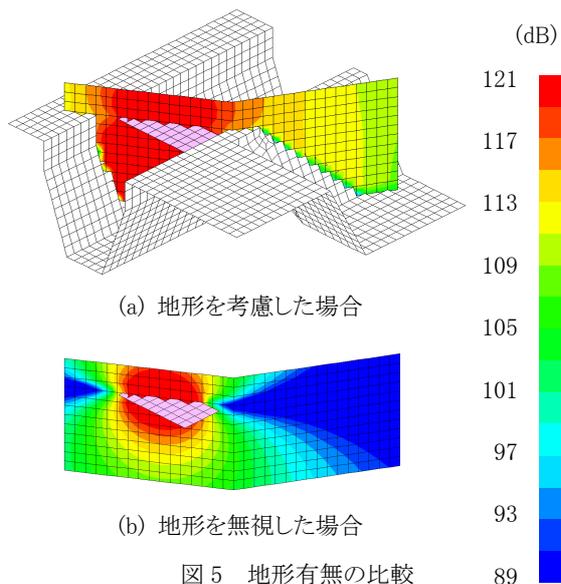


図5 地形有無の比較

音圧分布に及ぼす地形の影響をより詳しく考察するため、各観測点について、観測点1の音圧レベルとの差をとり、測定記録と比較したその結果を図6に示す。測定記録は、観測点1に比べ、観測点2の音圧レベルが大きく、観測点3では逆に小さくなっている。地形を無視した場合にこのような傾向は全く認められないが、地形を考慮した場合には測定と同じ傾向を示しており、地形は音圧分布の傾向を左右する大きな要因となっている可能性が示された。

### 4.結論

実験室における低周波音の測定と数値解析からSYSNOISEによる解析の信頼性を確認し、境界条件設定の重要性及び音圧分布の周波数依存性を示した。更に、測定記録のある道路橋に対応した低周波音伝播解析を行って音圧分布の地形依存性を指摘した。

以上により、道路橋の低周波音伝播解析において、地形考慮の重要性を示すことができたと考える。

### 参考文献

- 1) 謝旭ほか:単純鋼橋から放射される低周波音に関する一考察,土木学会橋梁振動コロキウム'01,2001年10月.
- 2) 水上浩之:車両走行により道路橋から放射される低周波音の特性に関する研究,山梨大学修士論文,1992年3月.
- 3) 飯田一嘉ほか:現場実務者と設計者のための実用騒音・振動制御ハンドブック,エヌ・ティー・エス,2000年10月.

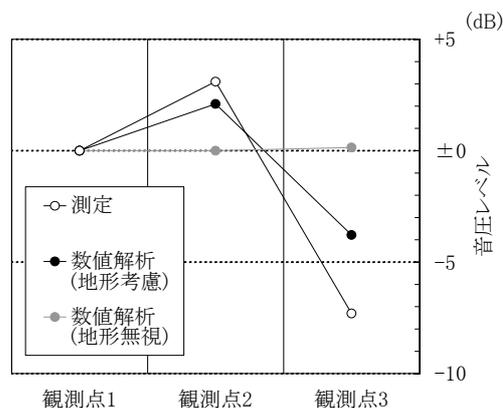


図6 観測点1との音圧レベル差