

道路橋を対象とした低周波空気振動解析手法の提案

第一技研コンサルタント	正会員	○村上	郷太
第一技研コンサルタント	正会員	古市	亨
東洋技研コンサルタント	フェロー	島田	功
第一技研コンサルタント	正会員	佐光	浩継
第一技研コンサルタント		田中	昭博

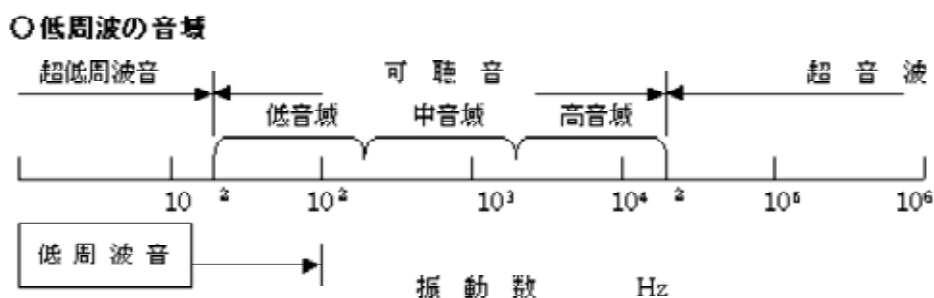
1. 目的

近年、ダムや橋梁近傍で人の耳には聞き取りにくい低い周波数の空気振動（低周波空気振動）がガラス戸窓や戸、障子を振動させたり、人体に影響を及ぼしたりする苦情が発生し、多くのメディアでも取り上げられている。

著者らは、低周波域における発振体としての鉄筋コンクリート床版の床版振動性状を探求し、それに起因して生じる低周波域の空気振動に着目して、走行車両による橋梁床版の時刻歴振動解析と、橋梁床版の振動に伴う時刻歴空気振動解析を連動させて、橋梁の低周波空気振動解析を行っている。その結果、発生原因は橋梁全体の振動にかかわるものと、伸縮継手より誘発される振動にかかわるものの2つのパターンが存在することを確認している。しかし、従来の解析法では複雑な構造、各種境界条件や多径間の大型橋梁には適用できないため、汎用性の高い有限要素法解析プログラムの NASTRAN を使用し、これらの条件にも対応できるような手法へと改良し、その検証を行うこととした。

2. 低周波空気振動とは

一般的に、人の耳に聞こえる音の周波数範囲は一般に20～20,000Hzとされており、低周波空気振動とは100Hz以下の人の耳に感知されにくい範囲の音で図-1



に示される範囲であるとされている。

図-1 低周波空気振動の周波数

3. 従来の解析手法と今回提案する解析手法

従来の解析手法は、床版は板として扱い、格子構造としての桁組が主桁部分で床版の偏心補剛の形で合成されているとして、橋梁振動の関係式を誘導してきた。しかし、従来法は床版と主桁を合成する場合には、床版、主桁の不静定力をそれぞれ厳密解として級数解法にして与え、そこに近似的に不静定力を有限な矩形小領域で一様な分布を持つと仮定する選点法により結合し、釣り合い条件、変位の連続条件を満足させていたため、従来法では複雑な構造、各種境界条件や多径間の大型橋梁への適用は困難であった。

このため、今回の手法では、従来の選点法による橋梁の時刻的振動解析部分を、汎用性の高い有限要素法解析プログラムの NASTRAN を使用することで、前述の各種構造へも対応できると考え、提案する手法の検証を行うこととした。

4. 低周波空気振動の解析

空気振動応答解は橋梁床版振動の低周波域に対して式-1に示す波動方程式を数値解析することにより得

キーワード 低周波空気振動、有限要素法、波動方程式、差分法、選点法、床版振動

連絡先 〒556-0005 大阪府大阪市浪速区日本橋4-5-21 第一技研コンサルタント(株) TEL06-6645-4752

$$\rho \left(\frac{\partial \dot{u}}{\partial x} + \frac{\partial \dot{v}}{\partial y} + \frac{\partial \dot{w}}{\partial z} \right) = - \frac{\partial \rho}{\partial t} \quad \dots\dots\dots \text{式 - 1}$$

られる。橋梁振動を起振力とする空気振動は、橋梁の立体振動解析で求まる振動応答に対応した空気の粒子速度を与え、重複反射理論を考慮した波動方程式を数値解析することによって求める。数値解析は図 - 2 に示すような微小領域に分割して橋面と有限の点で連結された空気層の境界接続問題として、空気層内の着目位置における音圧(dB)と3次元音圧分布を差分法により、初期条件と図 - 3 に示すような境界条件を与えて時刻歴として求めることができる。

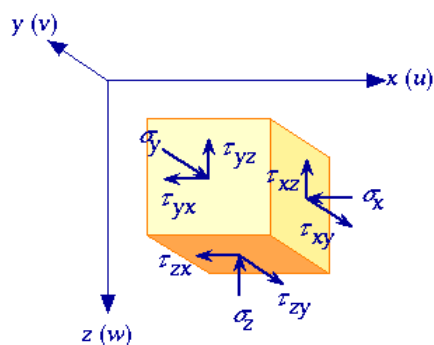


図 - 2 直交座標と微小要素

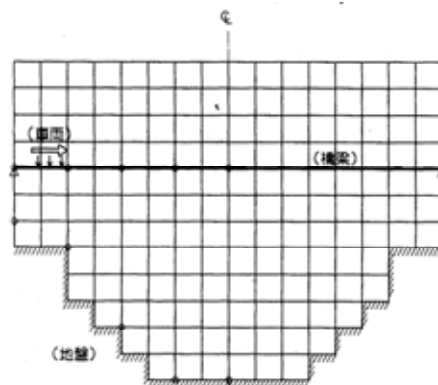


図 - 3 境界のモデル化例

5. 解析モデル

今回提案する解析手法の妥当性を確認するために、従来法による解析値との比較を行うこととした。図 - 4 に解析モデルと着目点位置を示すが、橋長40m、幅員9.2mのトラス橋を解析対象として、トラス橋から10mの位置に着目することとした。なお、橋梁床版の時刻歴振動解析の床版モデルは橋軸方向39.2mを16分割、直角方向9.2mを8分割として解析し、空気振動解析のモデルは橋軸方向100mを40分割、橋軸直角方向50mを20分割、高さ方向50mを20分割として解析を行っているが、橋梁床版の節点と空気振動モデルの節点は一致させている。また、時刻歴応答計算の時刻の刻みは1/500secとし、今回は従来法との比較を行うことを主目的としているため、境界条件については従来法と同様の条件を与えている。

6. 解析結果

橋梁から10m離れた着目点位置での音圧は従来法 99.4dBに対して今回提案する解析手法では99.8dBと約0.4%程度の誤差が発生した。この要因は NASTRAN による分割を従来法と同じにしたため、厳密解を用いている従来法の精度を得るためには分割が荒かったためと推測できる。

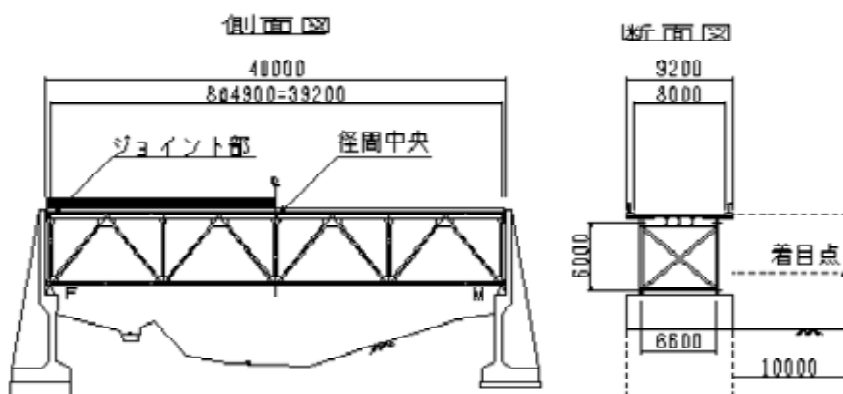


図 - 4 解析モデル

7. まとめ

今回提案する解析手法の妥当性を確認するために、従来法との比較を行ったが、その誤差は0.4%と比較的よく一致しており、本手法の有用性が確認できたと考える。今後は、分割数、境界条件、時刻の刻み等のパラメーター毎に解析を行い、その影響についても分析を行っていく予定である。

参考文献

- ・岡村宏一，吉田公憲，島田功，進藤泰男：道構造物の1つの弾性立体解析法とその系統的応用，土木学会論文報告集 NO.190 昭和47年8月
- ・足立義男，岡村宏一，島田功：道路橋床版の低周波域における振動性状について，土木学会論文報告集 NO.330 昭和58年2月