

北見工大 正員 大島俊之
北工学部 正員 能町純広
北見工大 正員 三上修一

1. まえがき

橋梁上を重量交通が通過する際に、橋梁から発振される低周波空気振動に関する研究は、約7年ほど前から進められてきたが、この現象の定義、発振状況の把握などについて、現在のところまだ正確な内容について、明確になっていない。橋梁を設計、建設し、維持、管理するわが国土木技術者には、この問題に対する確立された設計資料を早急に作成する必要にせまられているが、今のところ、根本的な解決策は見つかっていない。

本研究においては、著者らが行なった単純合成けた橋に対する実橋走行試験の実験結果^{(1),(2)}と、帯極要素法によりモデル化した構造に対する理論的計算結果の比較を示すとともに、さらに数値的に床版厚、主桁間隔、などを変化させて計算した場合、予測音圧がどのように変化するかを、バウストリクに解析したものを報告する。

2. 発振音圧評価の手法

(1) 帯極要素法によるモデル化

解析対象の橋梁は片側に歩道を有する4主桁の非対称構造なので、図1のように10枚の帯極要素に分割し、各要素に帯極要素の関係式を適用する。なお、荷重は簡単のため主桁上にとめて単一荷重として作用するものとする。このように帯極要素の関係式は、中村⁽³⁾が誘導したもの、主桁相互の不連続下も含めて、断面変形を考慮した解析に有効に用いられているものである。なおこの解析では構造の減衰は無視している。また車両の路面凹凸による連成振動の影響も無視している。

以上の仮定のもとに、全構造系に対する動的力つりあいを求め、基本振動方程式が得られる。

(2) 動的応答解析

全構造系に対する動的応答解析は、荷重が増加直行するものとみなし、構造がそれにともない、調和振動するものと仮定する。

初期条件として、 $t=0$ の変位と振動速度はゼロととし、Modal Analysisにおける未知定数を決定して、動的応答変位を求め、さらに動的応力、振動速度などを計算する。

(3) 発振音圧の評価

橋体の振動により発振される橋体表面付近の空気振動においては、空気振動の粒子速度は橋体表面の振動速度に等しいとみなすことができるので、動的応答解析から得られた構造各部の振動速度 $\dot{u}$ を用いて、低周波音の音響エネルギー I は次式で表わされる。

$$I = \rho c \dot{u}^2 \quad \text{--- (1)}$$

ただし、 ρ , c はそれぞれ空気密度、音速を表わす。

したがって音圧レベルは

$$IL(dB) = 10 \log(I/I_0) \quad \text{--- (2)}$$

ただし $I_0 = 10^{-12} \text{ Watt/m}^2$ 。

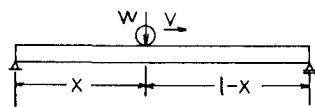
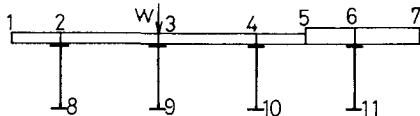


図1 解析モデル

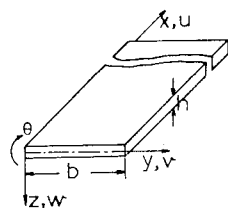


図2 帯極要素

3. 数値計算による発振音圧の検討

先に述べた実験結果の加速度、振動速度、音圧の原波形と理論計算結果を比較して示したものが、図3(加速度)、図4(振動速度)、図5(音圧)である。==で図4の振動速度の実験結果の波形は図3の加速度波形を台形公式の積分フィルターで数値的に計算して求めたものである。

これによると、加速度は減衰を考慮していなければ、振幅に若干増加しているが、振動速度、音圧の結果は本研究のモデル化ともほぼ近い傾向を示していることがわかる。

図6は音圧レベルを縦軸にとり、橋軸には $K = (\text{車両の運動エネルギー}) / (\text{橋の一次固有曲げ振動数}) = \frac{1}{2} W V^2 / f_1$ の対数 $\log_0 K$ とみられたパラメータをとり、車両の速度と重量が変化する実験結果と理論計算結果を一つの図にまとめたものである。図中 Δ , $\triangle$ は実験結果、 $\square$, $\circ$ は理論計算結果、 $\times$ 印は文献⁴⁾の鉄桁橋に対する結果を示している。

この図により実験値の傾向と理論計算結果と一致させることが出来るので、他の走行速度、重量に対しても逆に音圧が推定出来る。

4. 結論

帯域要素法により定式化した構造系の応答解析により得られた振動速度を用いて評価した音圧レベルがほぼ実験結果に近い傾向を示しており、この問題の検討に利用可能であることを示した。この他の振動速度と音圧の相関関係、振動速度の時間変化、数値的パラメトリック解析の結果などは当日発表する。

参考文献

- 1) Nomachi, Ohshima, Kakuta, Kishi: On Infrasound Evaluation Radiating from Freeway Bridge Generated by a Travelling Load; Proc. of the 1980 International Conference on Noise Control Engineering, Miami, USA, Dec., 1980.
- 2) 三上、大島、森、角田、能町: 実橋走行試験による低周波空気振動の発振特性の研究, 土木学会北海道支部論文報告集, 第37号, 1981.2.
- 3) 中村: 断面変形を考慮した薄肉はり1次振動解析, 土木学会論文報告集, 第223号, 1974.3.
- 4) 小川、小野: 橋梁振動に伴う低周波空気振動に関する試験研究, 日本道路公団試験所報告, 第91(50年), 第92(52年).
- 5) 能町、角田、岸: 走行荷重による箱桁の低周波振動評価の一試案, 環境情報科学, 6-4, 1977.
- 6) 昭和54年度科学研究費補助金研究成果報告書; 走行荷重による橋梁構造物の低周波音振動の評価に関する研究, 代表者能町公孝氏, 55年3月.

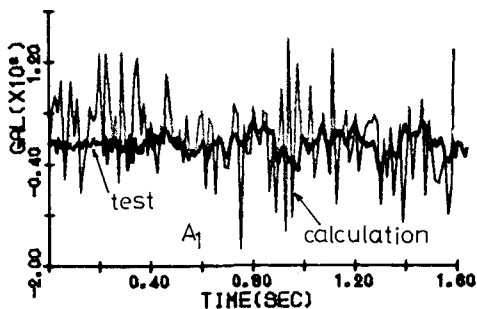


図3 加速度波形の比較

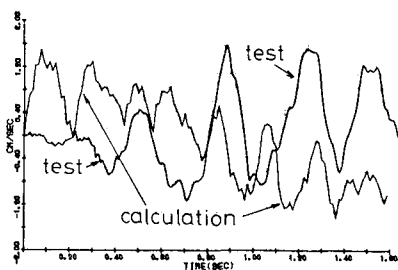


図4 振動速度波形の比較

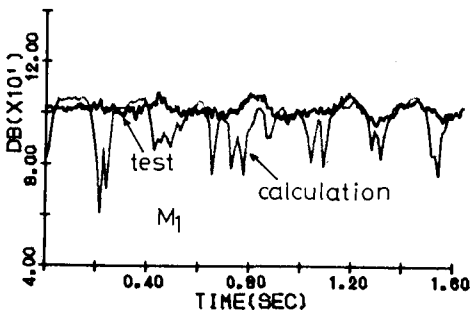


図5 音圧波形の比較

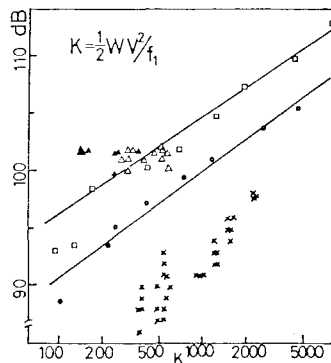


図6 音圧レベルの評価図