

建設省 土木研究所 正員 足立義雄
大阪工業大学 正員 岡村宏一
東洋技研コンサルタント 正員 島田 功

1. まえがき: 最近, 土木の分野においても, 構造物から発生する騒音の問題が, 環境問題の1つとして注目されており, 今後, この分野の研究の必要性が増大するものと思われる。従来, 走行車両による橋梁床版の所定のほとんどのものは, 主として強度的な観点に立っており, 音響制御的な観点に立ったものは数少ない。

音響制御的な観点に立って道路橋床版の振動性状をとらえようとすれば, せよの解析上の既述の如く味されねばならない。たとえば, 特に低周波音域においては, 橋梁の伸縮継手から誘発される振動の問題になる場合もあり¹⁾, 従来の解析例に見られるような単純支持などの簡単な条件の導入が許されず, また, 床版と結合している骨組構造の制約条件が十分に考慮されねばならないことである。本報告は, 以上のような観点を踏まえ, 合成桁橋と上路トラス橋の2橋について, 伸縮継手の光下, 床版と桁組の有機的関連, またトラス橋の場合には主構部のせん断変形などを考慮した立体解析によって床版の固有振動のモードを詳細に求め, つぎに, モーダルアナリ

シスによって走行車両による床版の低周領域における振動性状を解析し, 騒音体としてのスラブの振動性状を探究したものである。

2. 自由振動の立体解析:

桁組と結合される床版の自由振動の方程式は, 面内方向の慣性力を無視するとき次のようにあらわされる。

$$D \left(\frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} \right) - \rho h \omega^2 w = -p_u + \frac{h}{2} \frac{\partial s_u}{\partial x}, \quad h \left(\frac{\partial^4 \phi}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4 \phi}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 \phi}{\partial y^4} \right) = \nu \frac{\partial s_u}{\partial x} - \frac{\partial^2}{\partial y^2} S_{du}$$

ここに, D は床版の曲げ剛度, ν はポアソン比, h は床版厚, ρ は床版の質量, w はたわみ, ϕ は面内力の応力関数, ω は円振動数である。本解法では, 図-1に示すように, 床版と桁の相互間に作用する不静定力の分布を, 細かく分割された区間で等分布する垂直力と水平力の重畳合わせによって与える。さらに, 伸縮継手の境界条件を作り出すための調整力として, 床版に設けた解析上の補助領域内の小さい分割区間に, 張力 k_r , せん断荷重と張力要素を作用させる。このようにして相対2辺自由, 2辺単純支持の単一板から, 端部の境界に採った選点では曲げに於いて自由な条件を, さらに主桁との合成面上に採った選点では, 桁組構造としての桁組との連続条件を与える。

る。このようにして形成した行列式を零にする円振動数 ω を選点し, 固有モードを求める。

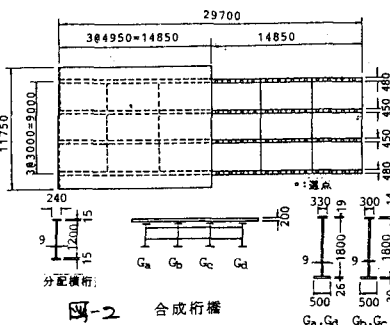
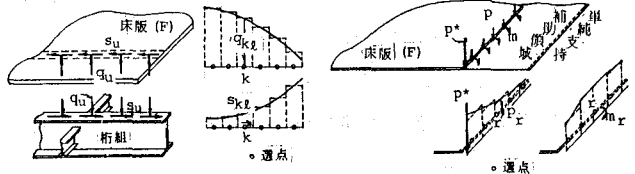


図-2 合成桁梁



(a) 不静定力と境界調整力

(b) 不静定力の分布

(c) 境界調整力の分布

図-1 床版に作用する力

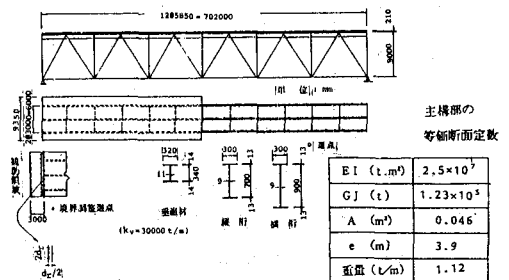


図-3 上路トラス橋

主構部の
等価断面定数

EI (t.m ³)	2.5×10 ⁷
GJ (t)	1.23×10 ⁴
A (m ²)	0.046
e (m)	3.9
重量 (t/m)	1.12

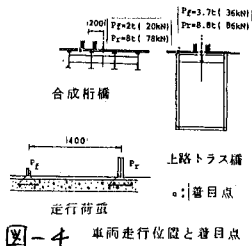


図-4 車両走行位置と観測点

3. 道路橋床版の動的応答:

図-2, 3に計算の対象とした橋梁を示す。解析による基本振動数は、桁橋で3.7Hz, 上路トラス橋では2.0Hzであった。これに対し、実測値はそれぞれ3.9Hz, および2.5Hzであった。軸荷重の大きさ, 走行位置, および応答解析の観測点を図-4に示した。図-5は、桁橋のスペン中央の応答波形である。上路トラス橋の応答波形を図-6に示す。図-7, 8は、両橋の周波数分析結果で、実測データも併記した。なお、分析のサンプリング区間は、後輪が観測点を通過する0.5秒間である。

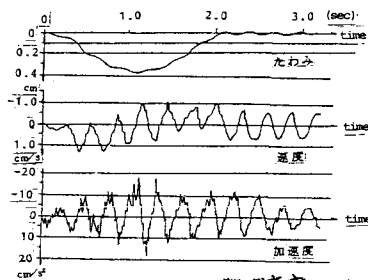


図-5 桁橋(支間中央)

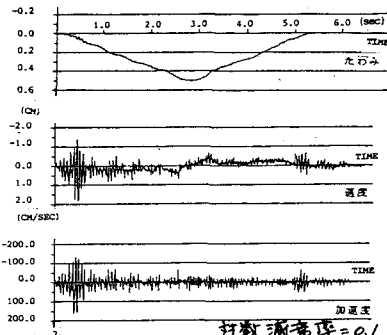
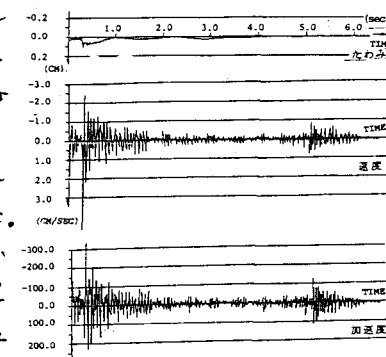


図-6 (a) 支間中央 (B点)

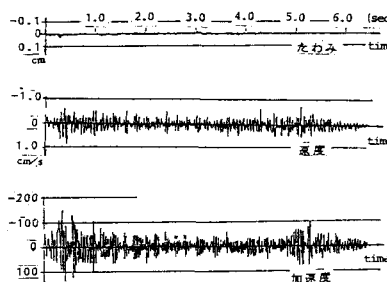


図-6 (c) 進入側伸縮継手主橋上 (A'点)

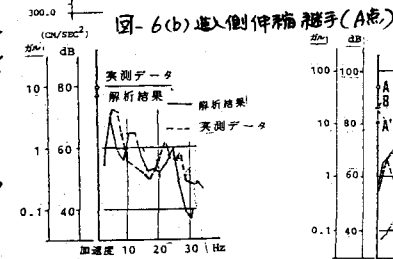


図-7 合成桁橋(伸縮継手)

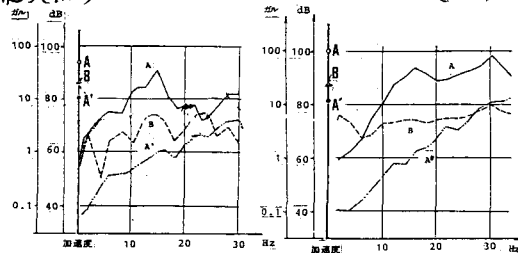


図-8 (b) 実測データ

4. まとめ: 得られた結論の主なものはつぎのとおりである。図-8 (a) 解析結果 上路トラス橋

①大型車両の走行による加速度レベルは、支間30mの桁橋で90dB程度となった。一方、支間20mの上路トラス橋では90dB前後となり、特に伸縮継手に車両が進入した時に大きくなり、反対側の端部に進むに従って減少する傾向が見られる。

②単軌支持形式として扱った桁橋の応答波形は、約3.5の基本振動モードが卓越する。一方上路トラス橋では、支間中央走行時には、2Hzの基本振動モードのほか、1.5Hz, 2.5Hzが卓越し、また車両が伸縮継手を通過する際には、1.5Hz, 3.0Hzが卓越する。

③上路トラス橋では、車両が伸縮継手を通過すると、衝撃的な波形が現れ、これが橋軸方向に伝播している。したがって、このような橋梁の振動にともなう空気振動は、橋梁全体から放射される結果になると考えられる。

④トラス橋の橋軸垂直方向の振動について見ると、車両が伸縮継手を通過する時、橋員の中央での振動レベルが高く、主橋上では低くなることから、床版の曲げ振動が発生していることがわかる。これは③に示した事実は、継手部、ならびに中間部の横桁による補強の有効性を示唆するものといえる。

土木における音響制御の分野の問題は、建築などの分野と異なり、やはり土木固有の構造物にかかわる問題であり、今後さらに検討されるべき課題といえる。

- 1) Kaneyasu, K., Adachi, Y., Koyasu, M. and Shimizu, S.: Investigations on the radiation of low frequency sound from highway bridge, Inter-noise 81, Amsterdam, Holland, pp.321-324 (1981).
- 2) 足立, 岡村: 橋梁振動にともなう空気振動の解析, 第36回年次学術講演会概要E-189, 土木学会 (昭 56),