

北見工業大学 正員 大島 俊之
同 同 森 弘
北大工学部 同 能町 純雄

1. まえがき

本研究は、支間中央より放射される低周波空気振動の音圧レベルの評価を目的として、橋体と走行車両との連成振動を考慮した計算を行なって得られた橋梁振動の振動速度を用いて、放射音のエネルギーを評価し、音響学の理論にしたがって解析する。

本研究では、主として先に著者らにより実施された実橋走行試験の結果と、種々の理論解析モデルによる計算結果との比較を通じて、それぞれの解析モデルの特性を明らかにし、低周波音の評価のためのモデルとして、どのようなモデルが最も適切かを検討する。

著者らはこれまでに理論解析モデルとして、走行車両と橋梁との連成振動を無視した(1)帯板要素法による解析、(2)初等はり理論による解析、また走行車両との連成を考慮した場合として(3)積分方程式による解法などを発表してきたが、ここでは(4)Newmarkの β 法($\beta = 1/6$)による解析も行ない、これらについて総合的に考察する。

2. 解析理論

実橋走行試験の橋梁の諸元は次のとおりである。活荷重単純合成げた橋、1等橋、活荷重はTL-20、支間24.1m、4本主げた、主げた間隔3m、主げた高130cm、腹板厚0.9cm、車道幅員7.5m、歩道自転車道幅員3m、床板厚21cm、支点伸縮継手部の段差0.4cm、また試験車両は重量10t(空車)、22t(砂利満載時)、前輪トレッド200cm、後輪トレッド186.5cm、ホイールベース450cm。

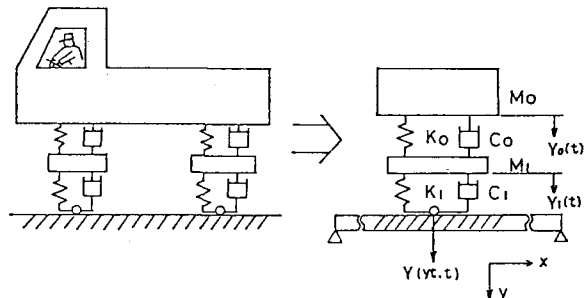


図1. 走行車両モデル

データの解析にはKYOWA-DAAS-500ASを用い

、磁気テープからデータ：1024点をデジタル化して読み込んで、積分フィルター、FFTなどのサブルーチンを用いて処理し、理論解析結果とともにXYプロッターにより図化する。

図1のように走行車両モデルは、式(1)～(3)のようにSprung-Massにモデル化したものを考える。

またこれらを解いて得られる接地圧 $P(t)$ の結果を橋梁の動的応答をモデル化した式(4)に代入すると、連成を考慮した橋梁の動的応答の基礎方程式が得られる。

$$M_0 \ddot{Y}_0(t) + C_0 \{\dot{Y}_0(t) - \dot{Y}_1(t)\} + K_0 \{Y_0(t) - Y_1(t)\} = 0 \quad (1)$$

$$M_1 \ddot{Y}_1(t) - C_0 \{\dot{Y}_0(t) - \dot{Y}_1(t)\} - K_0 \{Y_0(t) - Y_1(t)\} + C_1 \{\dot{Y}_1(t) - \dot{Y}(vt, t)\} + K_1 \{Y_1(t) - Y(vt, t)\} = 0 \quad (2)$$

$$P(t) = (M_0 + M_1)g + C_1 \{\dot{Y}_1(t) - \dot{Y}(vt, t)\} + K_1 \{Y_1(t) - Y(vt, t)\} \quad (3)$$

$$y(x, t) = \frac{2}{\rho A l} \sum_s \frac{1}{n_s} \int_0^t P(\tau) \sin w_s \tau \cdot \sin n_s(t - \tau) d\tau \cdot \sin \frac{\pi x}{l} \quad (4)$$

	2自由度	1自由度
V	62	62
M ₀	7	10
M ₁	3	
K ₀	4000 (15000)	10000
K ₁	8000 (14500)	
C ₀	0.033	0.0216
C ₁	0.066	
Z ₀	0.4	0.4

表1 車両モデルの諸元

ただし、 $w_s = s\pi v/\ell$, $n_s^2 = \frac{EI}{\rho A} \left(\frac{s\pi}{\ell} \right)^4$, V = 走行速度 , ℓ = 支間長 , EI = 曲げ剛性 , ρ , A = 梁の密度と断面積

3. 理論解析結果と実験結果との比較 および考察

表1の理論計算に用いた荷重モデルの諸元を示す変数名はそれぞれ、 V (Km/h) : 車両走行平均速度、 M_0, M_1 (t) : 上下車両重量、 K_0, K_1 (kg/cm) : バネ定数、 Z_0 (cm) : 初期変位、 C_0, C_1 (kg/cm・sec) : 粘性係数を表わす。

図2～4には実験から得られた支間中央の振動速度と音圧の波形(実線)と、理論計算結果(破線)を示している。

図2で積分方程式による結果とNewmark法による結果との比較では、両者は全走行位置の範囲でほぼ一致している。また実験結果との比較では中央の位相に理論と実験で多少のずれがみられるが、理論値は実験結果をほぼ表現していると思われる。

図3にはNewmark法の一自由度と二自由度の二つのモデルについて、表1の諸元で比較した結果を示している。これによると一自由度の方がピーク値で二自由度の結果よりやや振幅が大きくなる結果となるものの、全体としてはほぼ一致する。

図3にはこれらにより得られた振動速度から計算した音波の理論計算結果と実験結果を比較しているが、包絡線的にみて音圧レベルが一致している。

参考文献

- 1) 大島・能町：走行車両により橋梁から放射される低周波空気振動の解析，日本音響学会誌，第39巻，第1号
- 2) Nomachi・Ohshima・Kakuta・Kishi：On Infrasonic Evaluation Radiating from Free Way Bridge Generated by a Travelling Load, INTERNOISE 80, Miami, USA, 1980
- 3) 月田：不規則不陸と初期段差が橋の移動荷重応答に及ぼす影響について，北大大学院修士論文，1983．3
- 4) 小堀為雄：応用土木振動学，森北出版

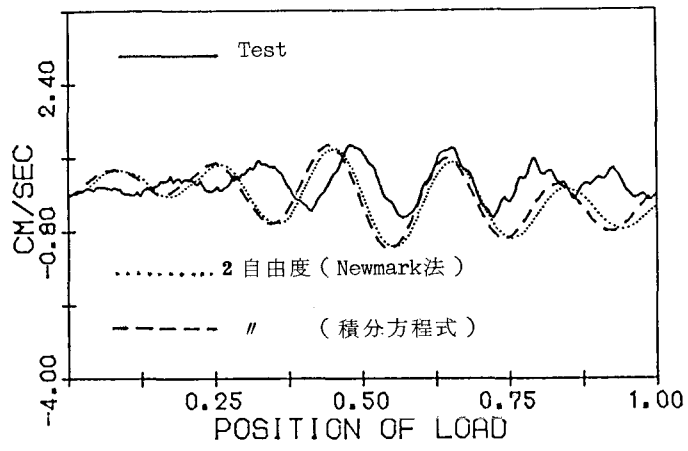


図2 Newmark法と積分方程式法の比較

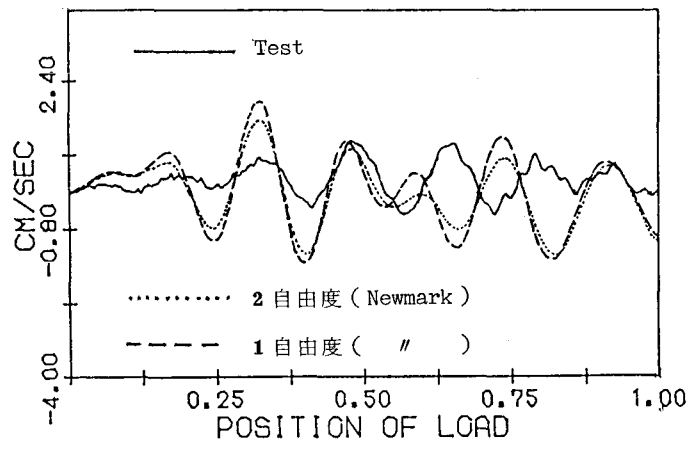


図3 1自由度と2自由度の比較

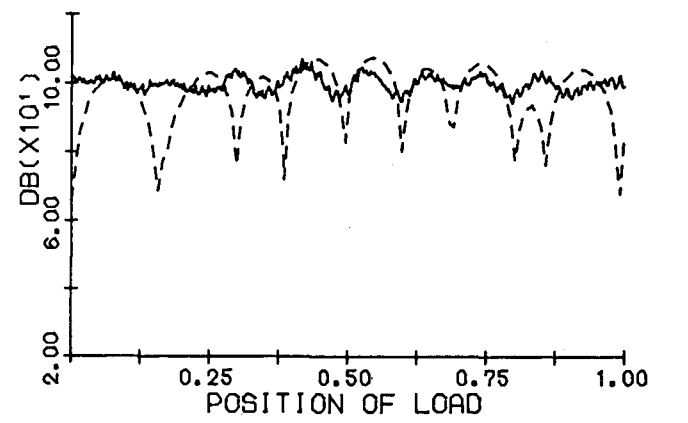


図4 音波波形の比較(積分方程式)