

北見工業大学 正員 大島俊之
北見工学部 正員 能町純雄
同 正員 角田史健

1. まえがき

近年、高速道路等において橋梁・床版が走行荷重によつて、たわみ振動をもち、低周波空気振動(20 Hz以下)を発生し、橋梁周辺住民に環境問題をひきおこす例がいくつもあり、この種の現象の定量的予測のための評価法の確立が必要となつてゐる。

著者は文献¹⁾において、橋梁の中一層空気振動をひきおこしやすい構造形式といわれるトラス橋を対象として、パワースペクトル解析を行つたが、本研究では、床版中央が縦桁で支持された構造を対象として数値解析した結果、低周波領域の音圧の減少に効果がある結果が得られたことを報告する。

2. 理論式

図1に示す構造および線荷重を対象として、床版と縦桁には動的帯板要素式を適用し、主構・Cross Diagonalを有するトラスには軸力部材として、Consistent massを考慮した動的変位と節点力の関係式を用いて、構造全体の動的基礎式を求める。縦桁の上下フラニジはウェブ上下縁に集中する断面積として考慮し、また橋軸直角方向変位は無視した。構造および荷重の対称性を考慮して、基本式は

$$(Gh\lambda \nabla_p^2 [K] + \rho h \lambda \frac{\partial^2}{\partial t^2} [M]) \{u\} = \{P\} \quad (1)$$

ただし、 $[K]$ 、 $[M]$ は (9×9) の剛性マトリックス、質量マトリックス、 G = 床版のせん断弾性係数、 h = 床版厚、 λ = 格間長、 $\nabla_p^2 = 2/(1-\nu)$ 、 ρ = 密度、 ν = ポアソン比、 $\{u\}$ は変位ベクトル、 $\{P\}$ は荷重ベクトルを示す。

(1)式の応答解析をするに当つては、トラスの格間数と帯板要素に関連するフーリエ級数の項数とが等しいといひ、有限フーリエ変換²⁾とフーリエ変換を結合して解を求めた。

粒子速度パワースペクトルの計算にありては、床版の粒子速度 $\dot{w}$ は $0 \leq t \leq T$ ($T = \frac{2}{\omega}$)のとき存在し、 $t > T$ のとき存在しないとして、この区間について、フーリエ積分し、パワースペクトルを求めた。

音響パワーレベルは $I_0 = 10^{-16} \text{ W/cm}^2$ とし

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

さらに $I = p_a c_a S(\omega)$, $S(\omega) = \frac{2}{T} |\dot{w}(i\omega)|^2$: パワースペクトル密度関数。

$p_a = 1.205 \times 10^{-3} \text{ g/cm}^2$, $c_a = 3.437 \times 10^9 \text{ cm/sec}$ (1気圧 20°C)

$\dot{w}(i\omega)$ は粒子速度 $\dot{w}$ のフーリエ振幅。

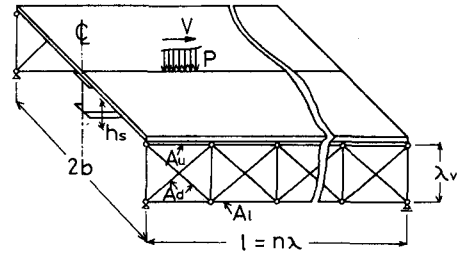


図1. 縦桁を有する Cross Diagonal Truss
で補剛された床版。

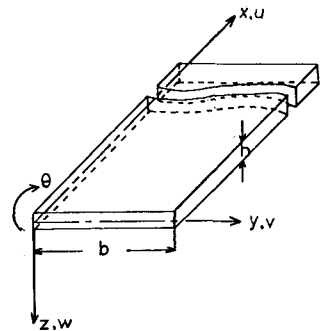


図2. 帯板要素。

3. 数値計算結果

以上のようにして、音圧レベルを評価する手法により、以下の構造諸元について、鉄筋付がある場合 (Case A) と鉄筋付がない場合 (Case B) について比較したものが、図3 ($V=75 \text{ km/hr}$) と図4 ($V=125 \text{ km/hr}$) である。

$\lambda=5.1 \text{ m}$, $\lambda_r=7.0 \text{ m}$, $A_u=248.8 \text{ cm}^2$, $A_d=176.4 \text{ cm}^2$, $A_d=A_r=120 \text{ cm}^2$, $\rho_s g=2.5 \text{ t/m}^3$ (床版), $\rho g=7.85 \text{ t/m}^3$ (トラス, 鉄筋付), $h=25 \text{ cm}$, $2b=14 \text{ m}$, $n=16$, $P=10^4$, $h_s=1 \text{ m}$, A_{sf} (鉄筋付の上下フーチン断面面積) $=100 \text{ cm}^2$ 。

以上より、鉄筋付は 75 km/hr の場合 10 Hz 以下, 125 km/hr の場合 20 Hz 以下の周波数に対して、音圧レベルに 5 dB 程度減少させる大きな効果がある。

また鉄筋付をする場合、音圧レベルの最大値が生ずる位置の周波数は増加する傾向にあり、 $V=75 \text{ km/hr}$ の場合 13 Hz , $V=125 \text{ km/hr}$ の場合 23 Hz 付近にそれぞれ 115 dB , 117 dB 程度の最大値レベルが生じている。

鉄筋付を床版に密着して配置して床版の支持間隔を少なくすることにより、音圧レベルを減少させる効果があることがわかる。

4. 結論

橋梁の床版等は橋桁、対傾構、橋構など、多くの部材で補剛され、橋梁全体としての部分的剛性を高めているが、図3. パワースペクトル (75 km/hr)
床版に発生する空気振動の視覚からみれば床版を考えた場合、空気振動をふしやさい構造になつていても多いと思われる。本研究は現在これらの問題について取り組むための実用化の段階には至っていないが、これらの研究を続けることにより、データが蓄積されれば、設計の際の資料が得られるとともに、発生する音圧レベルの予測もある程度可能になると思われる。

本研究において使用した構造モデル、および荷重モデルは実際の構造を最も単純化したものであり、モデルをもつて実際の構造に近づけることにより、さらに良い評価をすることができるようになると思われる。

今後はこれらの問題に取り組みたいと考えている。

参考文献

- 1) 大島俊之, 能町紀雄, 角田与史雄: トラスで補剛された平板の走行荷重による音響パワースペクトル解析; 土木学会北海道支部論文報告集, 第35号, 1979. 2.
- 2) 大島俊之, 能町紀雄: 桁板構造解析による閉りリブ鋼床版の弾性挙動の研究, 土木学会論文報告集, 第278号, 1978. 10.
- 3) 能町紀雄, 大島俊之, 岸徳光: 走行荷重による箱桁のパワースペクトルについて, 土木学会北海道支部論文報告集, 第35号, 1979. 2.
- 4) 能町紀雄, 角田与史雄, 岸徳光: 走行荷重による箱桁の側面剛性評価の一試案, 環境情報科学, 6-4, 1977.
- 5) 日本音響学会編: 音響工学講座④, 騒音, 振動(上), コロナ社, 1978.
- 6) 大崎順彦: 地震動のスペクトル解析入門, 鹿島出版会, 1978.

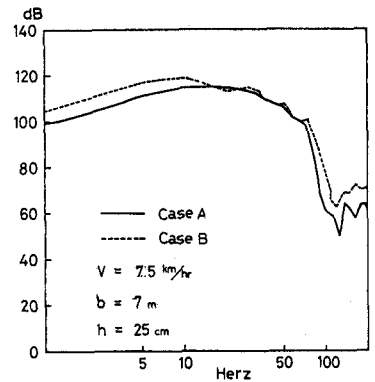


図3. パワースペクトル (75 km/hr)

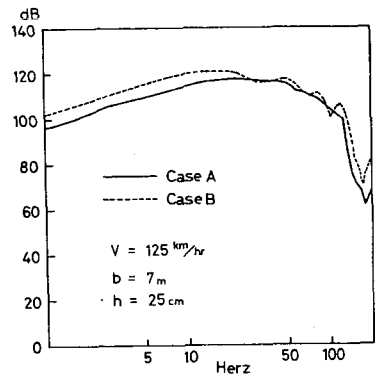


図4. パワースペクトル (125 km/hr)