

交通荷重下における免震橋上部構造の応答特性

山梨大学大学院	正会員	吉田純司
山梨県県庁	非会員	津金和貴
山梨大学大学院	正会員	杉山俊幸

1. はじめに

1995 年兵庫県南部地震により社会基盤施設が甚大な被害を受けて以来、積層ゴム支承に代表される免震デバイスを採用する橋梁が増加してきている。積層ゴム支承はその柔軟性から、小さな外力に対して揺れやすく振動を生じやすい。このことが交通荷重下における桁の応答に影響し、ジョイント部での騒音の発生や部材の疲労を促進する可能性を有している¹⁾。そこで本研究では、交通荷重下における免震橋梁の応答特性を解析的に検討することを目的とする。具体的には、大型車両が走行することを想定した免震橋梁の 2 次元応答解析を行い、免震橋梁上部構造の応答特性を明らかにする。次いで、橋梁の応答により発生する音圧レベルを算出し、積層ゴム支承を採用することにより橋梁周辺に発生する騒音について考察する。

2. 応答解析手法

ここでは、最も単純なケースとして図-1 に示すように積層ゴム支承あるいは金属支承(固定支持と呼ぶ)に両端が支持された 1 径間の橋梁を対象として解析を行った。ただし、桁は、剛性 $EI = 3.23 \times 10^8 [\text{kgf} \cdot \text{cm}^2]$ 、断面積 $A = 1.54 \times 10^4 [\text{cm}^2]$ を有する鋼桁であるものとする。橋梁上部構造は 2 次元の梁要素を用いて有限要素法によりモデル化し、また、車両は大型車両(20tonf)を想定して図-2 に示すような 4 自由度モデル²⁾を用いた。これらを統合した車両-橋梁系の応答解析では、図-3 に示すような解析手法を用いている。なお、橋梁に想定した積層ゴム支承は、表-1 のような構造でありバネ要素によりモデル化している。ただし、支承の水平、鉛直、回転剛性は、文献 3) で提案されている簡易式を用いて算出した。数値計算上では、後述する音圧の計算に十分な精度を有するように、時間刻みを 0.001 [sec] とし、桁は梁要素により 100 分割している。

図-4 に桁の中央部における鉛直方向の時刻歴応答を示す。図-4 (a) の変位応答をみると、支持形式の違いにより応答に差はほとんどみられない。一方、図-4 (b) の加速度応答をみると、積層ゴム支承で支持されている橋梁では、車両が支承部を通過する際にスパイク的な応答がみられる。このような加速度応答は、慣性力としてドライバーに認識されるものと考えられる。

3. 音圧レベルの算出

微小面積 ds を有する円形断面が振動数 f_j 、振幅 V の速度で調和振動している点音源において、音源から距離 r にある受音点での音圧 P は次式のように表される⁴⁾。

$$P(f_j, t) = \frac{i\rho c}{2\pi r} \{V \cdot ds\} \exp i(2\pi f_j t - K_j r) \quad (1)$$

ここに t は時刻、 i は虚数単位、 ρ は空気の質量密度、 c は音速、 K_j は音波の波数である。ここでは、式(1)を利用して以下の手順により橋梁の応答により生じる音圧を算出する。

- 解析対象の橋梁の橋面を橋軸方向に n 等分割、幅員方向に m 等分割し、それぞれの要素を微小な点音源とみなす、
- 点音源での速度応答をフーリエ変換により周波数に分解する、
- 周波数ごとに式(1)を適用して音圧を計算する、
- 各点音源で b), c) の操作を繰り返し、すべての点についての音圧を周波数ごとに重ね合わせる、

この a) ~ c) の手順を、上述した橋梁の応答に適用し音圧レベルを計算した。免震橋梁から発生する音圧レベルと、固定支持された橋梁から発生する音圧レベルの比較を図-5 示す。図-5 より、積層ゴム支承で支持された橋梁は、固定支持の橋梁と比較すると、低周波域において同様の音圧レベルを示し、8[Hz]以上の高周波域において大きな音圧レベルを示していることがわかる。このことは免震橋梁では、固定支持の橋梁よりも騒音が発生しやすいことを意味している。次いで表-1 の支承と同一の平面寸法およびゴム総厚を有し、1 次形状係数が異なる積層ゴム支承を採用した場合に、同一の解析を行って得られた音厚レベルを図-6 に示す。図-6 をみると 1 次形状係数が異なる支承を採用した場合でも、高周波域の音圧レベルはそれほど低減されていないことがわかる。

4. まとめ

本研究では、積層ゴム支承を用いた免震橋上部構造を対象として、交通荷重下での応答特性について解析的に検討した。その結果、免震橋梁では、固定支持の橋梁と比較して、加速度応答が著しく増加することがわかった。このことはドライバーが不快感を感じる可能性があることを意味している。また、免震橋梁では、固定支持の橋梁と比較して 8[Hz]以上の高周波域の音圧レベルが増幅されることがわかった。

キーワード：交通荷重、免震橋、積層ゴム支承、音圧レベル、騒音

連絡先：〒400-8511 山梨県甲府市武田 4-3-11 TEL:055-220-8521 FAX:055-220-8773

参考文献： 1) 深田幸史：橋梁の動的な性能照査のための立体解析モデルの確立に関する研究，博士論文，金沢大学自然科学研究科，1999. 2) 橋梁振動研究会編：橋梁振動の計測と解析，技報堂出版，1993. 3) 吉田純司，阿部雅人，藤野陽三：高減衰積層ゴム支承の3次元有限要素解析法，土木学会論文集，No.717/I-61，pp.37-52，2001. 4) 深沢泰晴，杉山俊幸，中原和彦，水上浩之：車両走行時に道路橋から放射される低周波音の基本特性，構造工学論文集，Vol.37A，pp.945-956，1991.

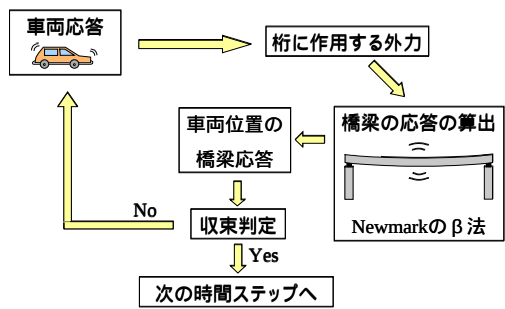
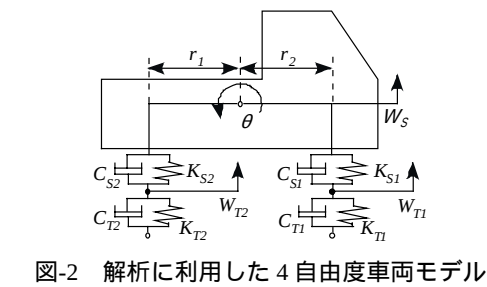
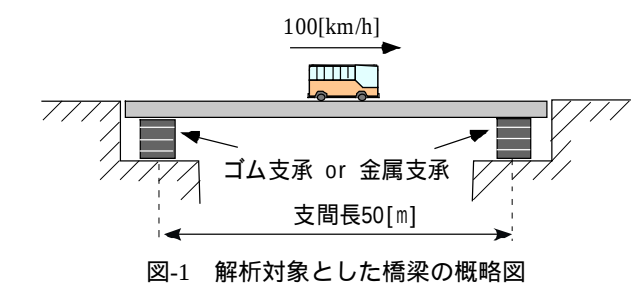


表-1 積層ゴム支承の構造諸元

平面寸法 [cm]	77.46×77.46
設計面圧（死荷重） [kgf/cm ²]	40
せん断弾性係数 [kgf/cm ²]	10
ゴムの体積弾性係数 [kgf/cm ²]	1600
ゴム1層の厚さ [cm]	2.77
ゴムの層数	7

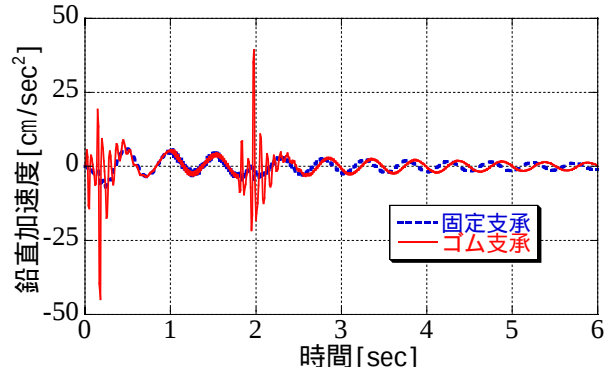
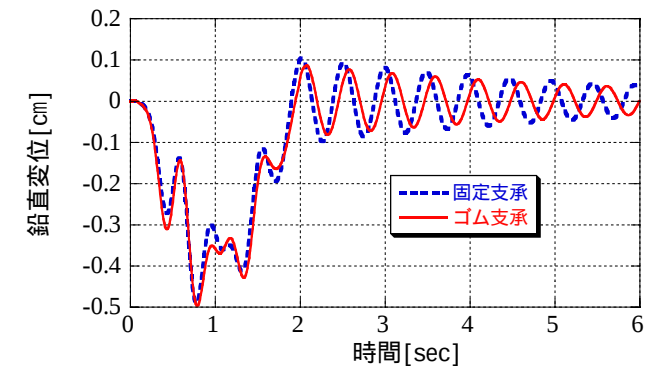


図-4 免震橋梁の応答とピン支持された橋梁の応答との比較

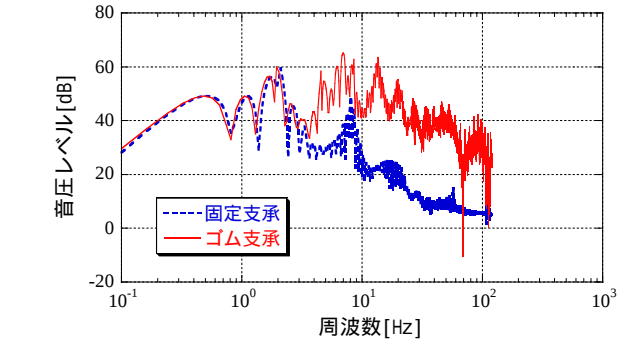


図-5 支持形式の違いによる音圧レベルの比較

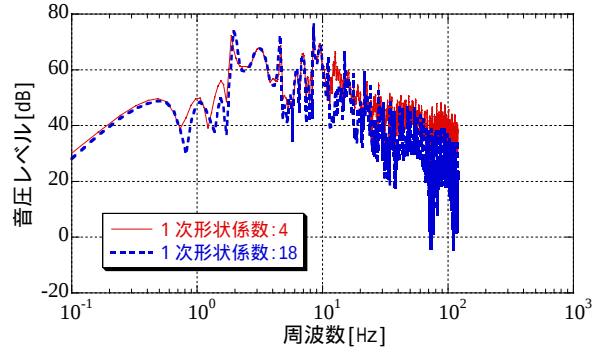


図-6 形状係数異なる積層ゴム支承で支持された橋梁での音圧レベル