

立命館大学大学院 学生員 ○高井 智康
立命館大学理工学部 正会員 伊津野 和行

1. はじめに

橋梁免震ゴム支承としては、鉛プラグ入り積層ゴム支承（LRB）や高減衰積層ゴム支承（HDR）がよく利用されている。これらの支承は、地震時に15%以上の等価減衰を与えることができ、橋梁の耐震性向上に役立っている。

一方、免震ゴムの常時振動特性については、その地震時特性ほど詳細には検討されていない。交通振動レベルの揺れに対する減衰特性も、明確な実験結果が少ない。また、金属支承とゴム支承とでは常時荷重に対する挙動や特性が異なるため、支承交換によって振動苦情の内容や発生場所分布が変化することも十分に考えられる。最近では詳細な有限要素解析手法が提案され、大変形のみならず微小振動に対しても、その特性をある程度予測することができるようになってきたが、実験的に検討した例は少ない。

本研究では、鉛プラグ入り積層ゴムの簡易打撃試験を行うことにより、交通振動レベルの揺れに対する固有振動数と減衰特性とを明らかにしようとした。

2. 実験概要

供試体はせん断弾性係数 $G=1\text{Mpa}$ 、 $\square 400\text{mm}$ の鉛プラグ入り積層ゴム支承であり、無負荷状態、死荷重反力相当の 640kN （ 4N/mm^2 ）および最大反力 1280kN を載荷した状態で、それぞれインパルスハンマーによる打撃を行った。打撃力はインパルスハンマーからの出力を加速度計で計測した結果をモニターしつつ、最大値 $100\sim 200\text{gal}$ 程度になるよう調整して水平方向に打撃した。同条件で5回ずつ繰り返して平均をとることとし、3軸加速度計を用いて 200Hz でサンプリングした。計測された水平加速度波形の例として、図-1に無負荷状態での打撃結果、図-2に死荷重相当の載荷状態での打撃結果を示す。波形から計算される減衰定数は、表-1のようになった。用いたLRBの地震時に期待される減衰定数は15%以上だと考えられるため、それと比較すると5~6%という小さな減衰定数が得られた。減衰定数が6%だとし、減衰曲線 $\exp(-2\pi\eta t)$ を図-1の波形に書き込んだグラフを図-3に示す。また、それぞれのケースでのフーリエスペクトルは図-4および図-5であり、無負荷状態での卓越振動数は約 43Hz であった。

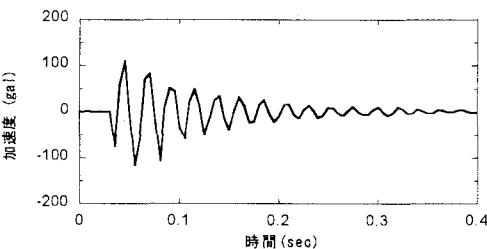


図-1 計測された振動波形の例（無負荷）

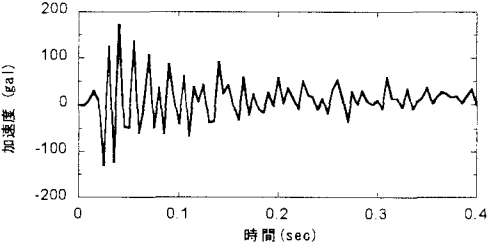


図-2 計測された振動波形の例（鉛直荷重 640kN）

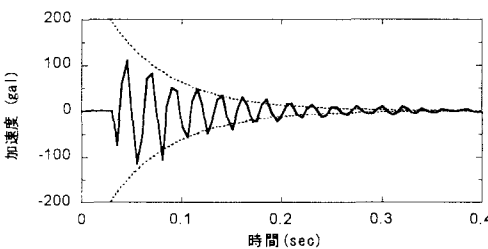


図-3 計測値と減衰曲線との比較

表-1 減衰定数の測定値

無負荷状態				
1回目	2回目	3回目	4回目	5回目
0.059	0.046	0.046	0.073	0.084
平均 0.06				
鉛直荷重640kN				
1回目	2回目	3回目	4回目	5回目
0.044	計算不可	0.088	0.041	0.041
平均 0.05				

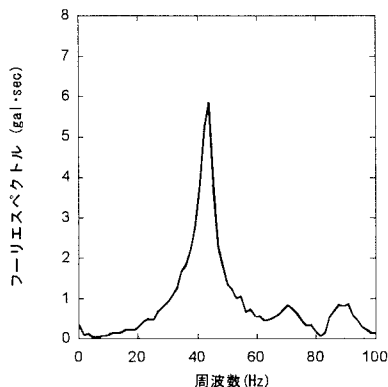


図-4 観測波形のフーリエスペクトル（無負荷）

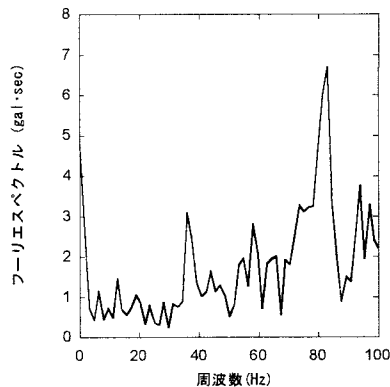


図-5 観測波形のフーリエスペクトル（鉛直荷重640kN）

3. 数値解析概要

支承部の微小振動に対するゴムの減衰定数が異なる場合、桁の振動特性にどのような影響を及ぼすのか、数値解析によって検討した。市販の有限要素法ソフトウェア MSC.visualNastran for Windowsを用い、1支線上に5つのゴム支承（□400mm、ゴム層厚17mm×4層）によって支えられるスパン25m、幅17.6mの単純桁をモデル化した。桁は簡

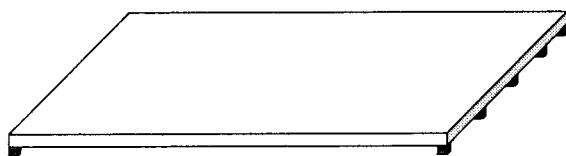


図-6 桁のモデル化

単のため直方体によってモデル化し、1次固有振動数が約1Hzになるように曲げ剛性を調整した。数値解析モデルを図-6に示す。図-7および図-8は、桁に正弦波加振を行った場合、支承部下面から橋脚へ伝達される荷重の時刻歴応答波形である。25t車が走行車線中央に存在することを想定し、スパン中央に最大245kNの正弦波外力を載荷した。正弦波の周波数を1Hz、10Hzに変化させて、1秒間の強制加振を行った。今回は計算機環境の制限より1秒で打ち切っている。ゴムの減衰定数を5%と15%として比較したが、1Hz加振では最大8%の値が異なった。10Hz加振では最大7%の違いが生じた。いずれのケースにおいてもゴムの減衰のみを大きくしても、橋脚に伝達される力はあまり小さくならない。これは応答速度が小さいため、粘性減衰効果があまり期待できないことによる。

4. おわりに

本研究では、免震ゴム支承の常時振動特性について実験および数値解析から検討を行った。打撃試験から得られた減衰定数は5～6%と、地震時に期待される減衰より小さな値を示した。また、交通振動に対する動特性の改善を検討するため、汎用有限要素法ソフトウェアによる数値解析モデルを作成し、加振シミュレーションを試みた。地震時特性のみではなく、常時特性にも優れた支承システムについて、今後とも検討していく予定である。

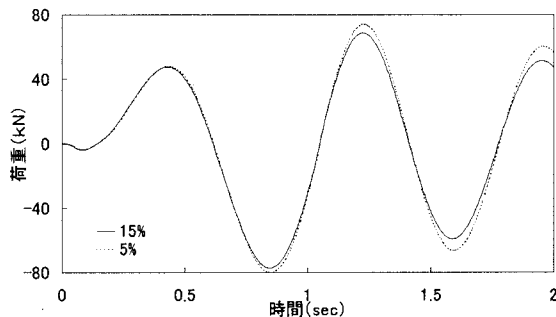


図-7 支承部下面に伝達される荷重（1Hz）

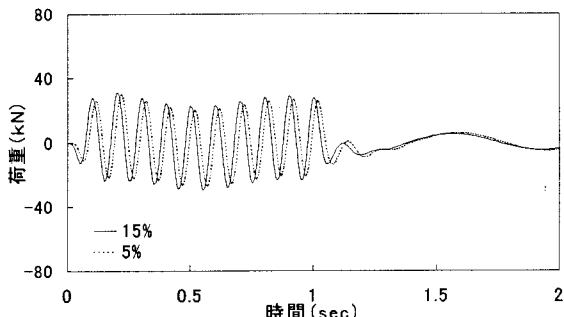


図-8 支承部下面に伝達される荷重（10Hz）