

愛媛大学工学部 正 員 大賀 水田生  
(株) 飛鳥建設 正 員 濱 西 将 之  
愛媛大学大学院 学生員 ○楠 本 裕 樹

## 1. はじめに

橋桁と支承間に粘性ゴムや積層ゴムを挿入した分散支承や免震支承は、大規模な地震力のような外力に対して非常に有効であることが明らかになり、新設の比較的大規模な橋梁のほとんどで採用されている。しかしながら、既存橋梁の橋桁と支承間に粘性ゴムや積層ゴムを挿入することは容易ではなく、既存橋梁の補強対策としては技術的には問題がある。そこで本研究では、既存橋梁の補強対策として橋桁の両サイドに粘性ゴムを取り付けた減衰装置を考え、この減衰装置の振動特性を実験的・解析的に検討するとともに、橋桁と支承間に粘性ゴムを挿入した従来の分散支承と比較することにより、本装置の有効性を検討した。

## 2. 動的応答実験

**実験モデルおよび試験方法** 動的応答実験に用いるモデルは、図-1 に示す 3 種類とした。いずれのモデルも断面諸量は等しくしており、橋脚 A を可動支承、橋脚 B を固定支持としたモデルを Free、橋脚 A 支承部に粘性ゴムを挿入し従来の分散支承としたモデルを Rubber1、橋桁の両サイドに粘性ゴムを取り付け、橋脚 A と固定された鋼材で連結したモデルを Rubber2 とした。なお、Rubber1、Rubber2 とでの導入した粘性ゴムの体積および接地面積を等しくしている。これらのモデルに対して種々のサイン波を与え動的応答実験を行い、橋桁端部、橋脚 A 上端および振動台の応答変位をレーザ変位センサを用いて測定している(図-1(a))。

**振動特性の実験的検討** 図-2 に入力外力として振動数 3.0Hz、振幅 1.33cm のサイン波を 1.5sec 与えた場合における各モデルの橋桁の橋脚に対する相対変位の時刻歴を示している。粘性ゴムを導入したモデルである Rubber1、Rubber2 は可動支承である Free と比較して相対変位の低減が顕著に表れており、橋桁の両サイドに粘性ゴムを取り付けた Rubber2 での相対変位は Free と比較して約 40% となっている(表-1)。また、Rubber2 での相対変位は Rubber1 より若干小さくなっており、本装置を用いた場合の減衰効果が従来の分散支承を用いた場合とほぼ同程度であることが確認できる。

## 3. FEM 動的応答解析

**動的応答解析法** 本研究の FEM 動的応答解析には 20 節点を有するアイソパラメトリックソリッド要素を用

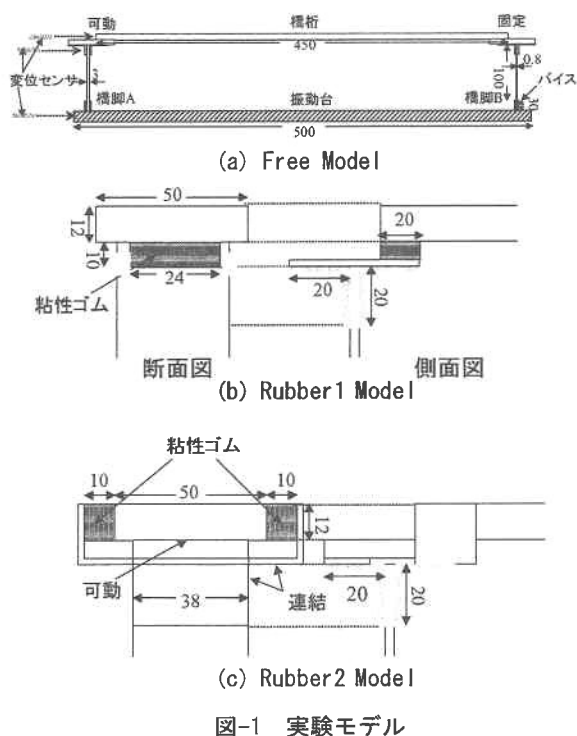


図-1 実験モデル

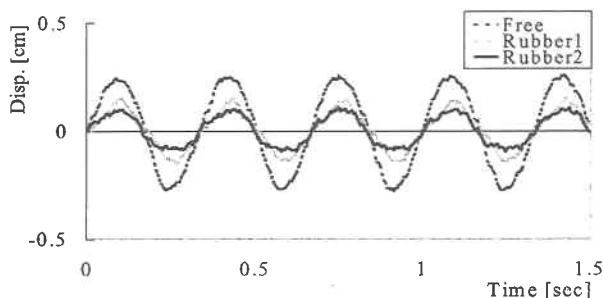


図-2 橋桁の橋脚に対する相対変位の時刻歴 ( $\phi = A \sin 2\pi ft$  :  $f = 3.0\text{Hz}$ ,  $A = 1.33\text{cm}$ )

表-1 橋桁の橋脚に対する相対変位

| Model   | y[cm] | y/y <sub>Free</sub> |
|---------|-------|---------------------|
| Free    | 0.278 | 1.000               |
| Rubber1 | 0.156 | 0.561               |
| Rubber2 | 0.112 | 0.403               |

いており、図-3 に動的応答実験で取り扱った Rubber2 に対する解析モデルの要素分割を示している。また、解析モデル Free, Rubber2 の可動支承部において摩擦を考慮するための要素(以下、摩擦要素)を用いている。

**動的パラメータの同定** 動的応答実験より得られた応答波形の振動数および応答振幅に着目して、橋脚部の鋼材、粘性ゴムおよび摩擦要素の動弾性係数の同定を行った。なお、橋脚部の鋼材および摩擦要素の動弾性係数の同定には Free モデルを使用し、粘性ゴムの動弾性係数の同定には Rubber1 モデルを使用した。同定した各パラメータ値を用いた場合の動的応答解析により得られた応答波形と動的応答実験により得られた応答波形との比較を図-4, 5 に示す。

同定した各パラメータ値の妥当性を検討するため、他の解析モデル(Rubber2)および入力外力に対して FEM 動的応答解析を行い、実験値と比較した。いずれの場合も実験および解析により得られた応答波形はよく一致しており、同定した各パラメータ値の妥当性が明らかとなった(図-6(a),(b))。

**振動特性の解析的検討** 入力周波数を種々変化させた場合における、各モデルの橋桁の橋脚に対する相対変位の比較を図-7 に示している。粘性ゴムを導入することによる相対変位の低減が顕著に表れているが、固有振動数の変化に伴い、相対変位が逆転してしまう場合もあり、粘性ゴムが構造物の固有振動数に及ぼす影響も同時に考慮する必要があることが明らかになった。また、入力振幅を種々変化させた場合における各モデルの橋桁の橋脚に対する相対変位の比較を図-8 に示している。いずれのモデルとも振幅の増加に伴い、相対変位もほぼ線形に増大しているが、その増分は可動支承である Free と比較して粘性ゴムを導入したモデルである Rubber1, Rubber2 では緩やかとなっている。

#### 4. 結論

本研究では、既存橋梁の補強対策として橋桁の両サイドに粘性ゴムを取り付けた減衰装置を考え、この減衰装置の振動特性を実験的・解析的に検討するとともに、橋桁と支承間に粘性ゴムを挿入した従来の分散支承と比較することにより本装置の有効性についての考察を行った。その結果、本装置を用いることにより、従来の分散支承と同程度の減衰効果が得られることが明らかとなった。

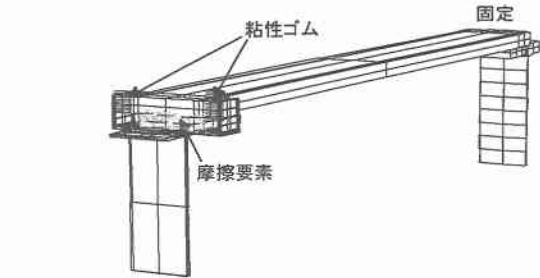


図-3 解析モデルの要素分割

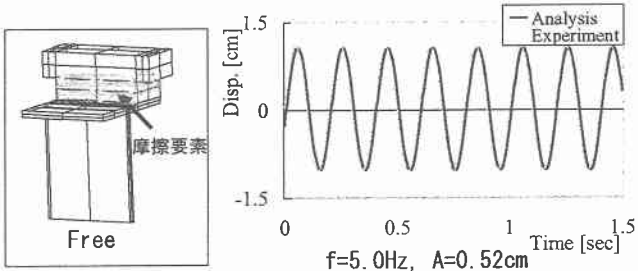


図-4 同定時における応答変位の時刻歴 (Free)

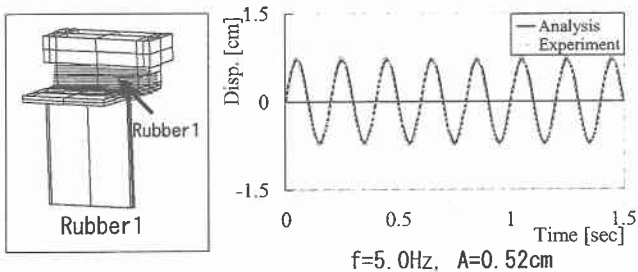


図-5 同定時における応答変位の時刻歴 (Rubber1)

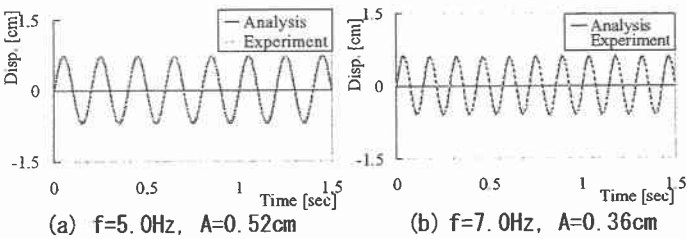


図-6 応答変位の時刻歴 (Rubber2)

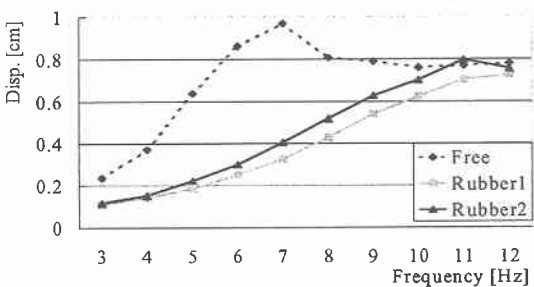


図-7 入力周波数による相対変位の最大値  
( $\phi=Asin2\pi ft$ :  $A=0.5cm$ )

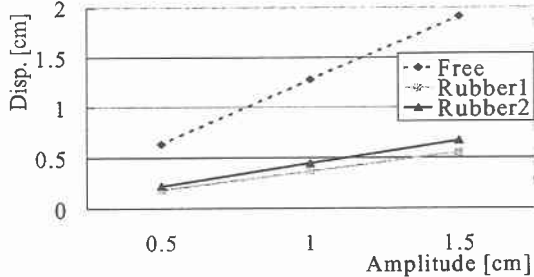


図-8 入力振幅による相対変位の最大値  
( $\phi=Asin2\pi ft$ :  $f=5.0Hz$ )