

愛媛大学工学部 正会員 大賀 水田生
愛媛大学大学院 学生員 ○濱 西 将之

1. はじめに

本研究では、2枚の鋼材間に粘性ゴムを数枚挿入した合成断面構造の振動減衰効果の基本的性質を明らかにするため、鋼材のみのモデル(図-1(a): Model 0)および合成断面構造モデル(図-1(b~k): Model 1~10)についての実験的および理論的な研究を行った。

2. 動的応答実験

実験モデル 動的応答実験に用いるモデルは、図-1に示す Model 0~10の11種類とした。Model 0は鋼材(長さ: 73.0cm(下端の固定部分を含む)、幅: 3.8cm、厚さ 0.6cm)のみの材料とした。Model 1~10は2枚の鋼材(長さ: 73.0cm、幅: 3.8cm、厚さ 0.3cm)の間に粘性ゴム(長さ: 7.0cm、幅: 3.8cm、厚さ 0.6cm)を数枚挟んだ3層サンドイッチモデルとした。動的応答実験では、各実験モデルの下端部分を振動台に固定して片持梁形式とするとともに、各実験モデルの自由端に質量 0.5kg(Model 0)、質量 1.0kg(Model 1~10)の質量を付加した。

外力の入力条件 本研究での動的応答実験は次の2種類の入力外力、1)Input.1: 振動台に衝撃変位(図-2)が作用した場合、2)Input.2: 振動台に強制変位が短時間作用した場合について行った。動的応答実験では、これらの2種類の入力条件を与えた場合の振動台の変位および実験モデル先端の応答変位を変位計測器を用いて測定した。

減衰特性の検討 図-3に Input.1(図-2)を与えた場合の Model 0 と Model 1 の応答波形の比較を示している。Model 1での応答波形は、Model 0に比較して非常に大きな減衰効果が現れており、Model 0の最終段階($t=4.675\text{sec}$)での応答変位は最大変位に対して3.5%減少しているのみであるのに対し、Model 1での応答変位は $t=1.515\text{sec}$ ですでに最大変位に対して32%減少しており、 $t=4.43\text{sec}$ 以降はほとんど変形が生じていない。また図-4に各モデルに対する固有周期と減衰定数の関係を示している。粘性ゴムの枚数の増加に伴い、固有周期は減少し、一方減衰定数は増加するという傾向が確認できる。

3. FEM 動的応答解析

動的応答解析法 動的応答解析に用いたモデルは図-1に示す Model 0~10の11種類とした。FEM 応答解析では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いており、各解析モデルを幅方向に1要素、長さ方向に10要素、さらに厚さ方向に3要素(鋼材、粘性ゴム各1層)に分割した。応答実験モデルで自由端に取り付け

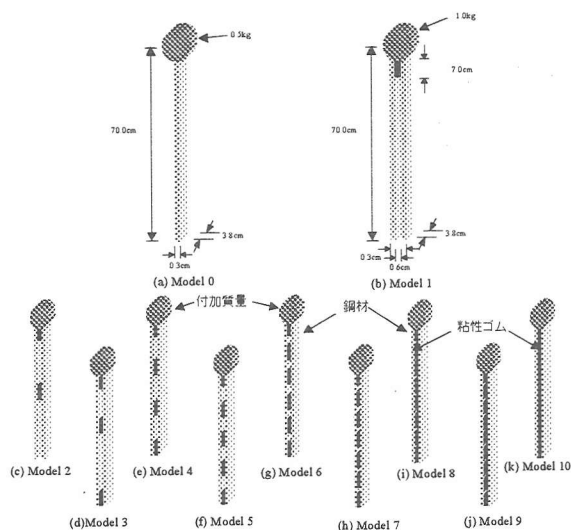


図-1 実験モデル

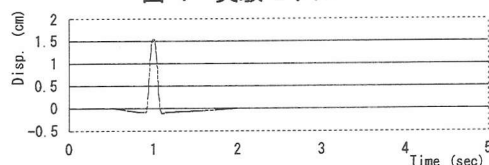


図-2 入力外力 (Input.1)

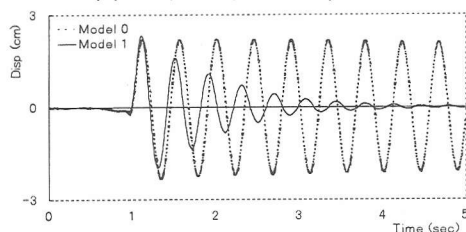


図-3 応答波形の比較

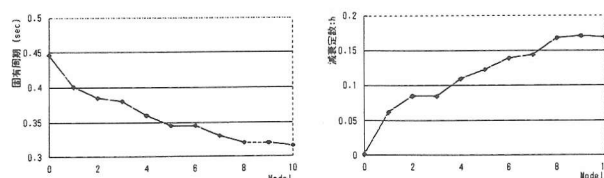


図-4 各モデルの固有周期、減衰定数の比較

た付加質量は解析モデルの先端節点に付加質点として加えることにより取り扱った．また，動的応答解析には Newmark β 法を用いているが，本法でのパラメータは $\beta=1/4$ および $\gamma=1/2$ とした．

動的パラメータの同定 本研究の動的応答解析ではレイリー型減衰 $C=\alpha M+\beta K$ を用いており，減衰パラメータ α は鋼材のみに， β は粘性ゴムのみに依存するものとして Model 5 を用いて同定を行った．動的応答実験より得られた応答波形の固有周期，減衰定数および応答振幅に着目して同定した各パラメータ値(鋼材の動弾性係数，粘性ゴムの動弾性係数，動せん断弾性係数，減衰パラメータ α, β)を用いた動的応答解析から得られた応答波形は動的応答実験により得られた応答波形とよく一致した．(図-5，表-1，2)

実験値との比較・検討 Model 5 を用いて同定した鋼材および粘性ゴムの動弾性係数および減衰パラメータの妥当性を検討するため，これらの値を用いて他のモデルに対する FEM 動的応答解析を行った．得られた応答波形の比較を図-6(b)に示しているが，両波形にかなりの誤差が見受けられた．

換算減衰パラメータ式の導入 そこで各モデルの固有周期(実験値)に着目して次式のような換算減衰パラメータ式の導入を試みた．

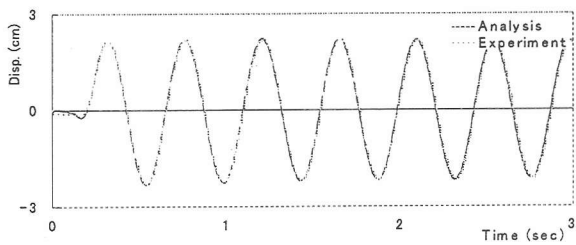
$$\beta_i' = \beta_5 \times (T_i / T_5) \tag{1}$$

ここで β_i' : 各モデルの換算減衰パラメータ， $\beta_5 (=0.035)$: Model 5 での同定減衰パラメータ， T_i : 各モデルの固有周期， $T_5 (=0.345)$: Model 5 の固有周期を示している．

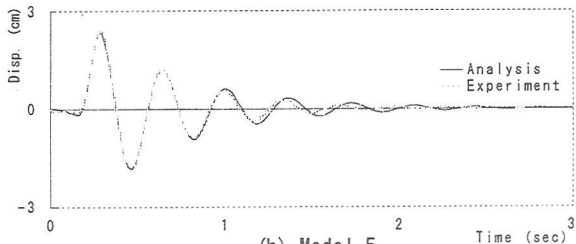
換算減衰パラメータの妥当性 (1)式を用いて得られた換算減衰パラメータの妥当性を検討するため，これらの値を用いて各モデルに対する FEM 動的応答解析を行った．図-6(a)に Model 10 における応答波形の比較を示している．図-6 より明らかなように換算式を導入することにより応答波形の精度の向上を図ることができ，最大応答振幅に関する誤差は 14%から 3.7%と大きく低下している．また，図-7 に各同定法による実験値との誤差を示しているが，全てのモデルに関して精度の向上を確認できた．

4. 結論

本研究では，振動エネルギーの吸収機構としての機能を果たすダンパとして，2枚の鋼材間に粘性ゴムを数枚挿入した合成断面構造モデルの減衰特性について実験的および理論的考察を行い，FEM 動的応答解析モデルの減衰パラメータの同定法について2,3の考察を行った．



(a) Model 0



(b) Model 5

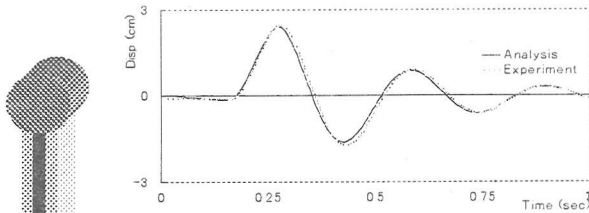
図-5 応答波形の比較

表-1 動的パラメータの同定値 (Steel)

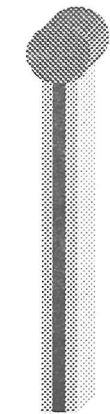
Model		T (sec)	h	A _{max} (cm)	E _s (GPa)	α
0	Analysis	0.444	1.125×10^{-2}	2.176	168.854	0.042
	Experiment	0.445	1.126×10^{-2}	2.186		
	Error(%)	0.225	8.881×10^{-2}	0.457		

表-2 動的パラメータの同定値 (Rubber)

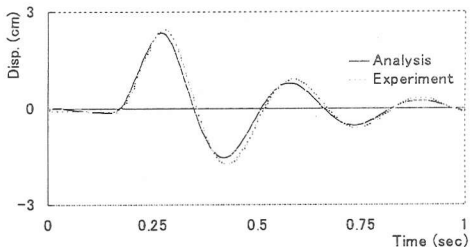
Model		T (sec)	h	A _{max} (cm)	E _{rd} (MPa)	β
5	Analysis	0.360	1.045×10^{-1}	1.177	1.029	0.035
	Experiment	0.345	1.218×10^{-1}	1.184		
	Error(%)	4.348	14.207	0.591		



(a) $\beta=0.0406$ (換算式を導入)



Model 10



(b) $\beta=0.035$

図-6 応答波形の比較 (Model 10)

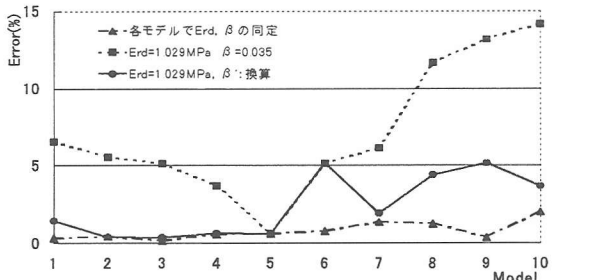


図-7 各同定法による実験値との誤差(最大応答振幅)