

層構造モデルの同定

日本大学大学院理工学研究科 学生会員 ○大澤 祐太郎
日本大学理工学部 正会員 塩尻 弘雄
日本大学大学院理工学研究科 学生会員 黒岩 雅志

1. 目的

本研究では振動制御の基盤技術の開発を目指して 2 層構造物の簡易な力学的モデルを製作し, 系の各種 同定実験により振動特性を検証し, 固有振動数から 構造物の同定を行う.

2. 実験モデル

対象とするモデルは図-1に示すように高さ 306mm, 床部合計重量 1.36kg, 床の寸法は 217×144×8.3mm, 板バネの厚さ 2mm である.

磁気ダンパーは, 図-2に示すように高さ 145mm, 幅 120mm, 奥行 116mm, 上部重量 0.543kg, 下部重量 0.926kg である.

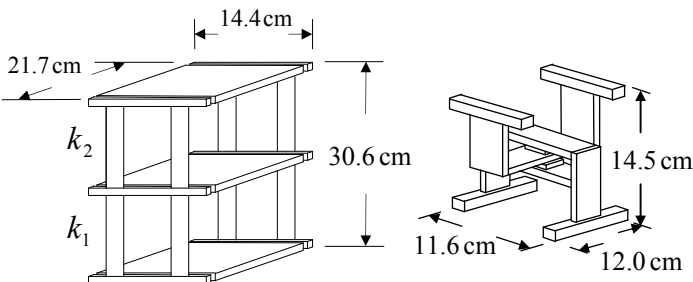


図-1 2 層構造モデル

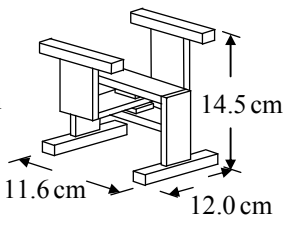


図-2 磁気ダンパー

3. 実験方法

測定には, 電圧で計測する加速度計・レーザー変位計とハイスピードカメラによる動画解析の3種類を用いた. 静的試験治具により板バネの静的剛性 k を求め, モデルにインパルス振動を与えることで減衰係数を算出する. その後, 2 層目に磁気ダンパーを取り付け, 同様に減衰係数を算出し, 減衰係数を比較する.

4. 静的载荷実験

実験模型は, 各バネにのみ荷重が载荷するように設置し, 荷重をかけ, 荷重と変位を測定し, 最小 2 乗法で剛性 k を求めた. 求めた剛性を表-1 に示す.

表-1 剛性

k_1	7.99	N/mm
k_2	7.20	N/mm

5. インパルス実験

特性を把握するために, 全ての振動モードが出やすい 2 層目の床部にインパルス振動を与え, 加速度を加速度計, 変位をレーザー変位計とハイスピードカメラからの画像処理により求めた.



a)加速度計 b)レーザー変位計 c)ハイスピードカメラ

図-3 計測機器

(1) 実験結果

ダンパー有り, ダンパー無しそれぞれのインパルス応答をフーリエ変換して図-4, 5 に示す. 表-2 にフーリエ振幅のピークの位置から求めた固有振動数を示す.

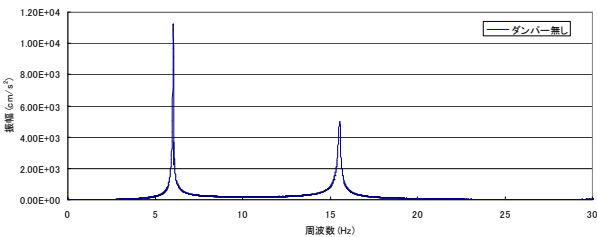


図-4 加速度応答フーリエスペクトル(ダンパー無)

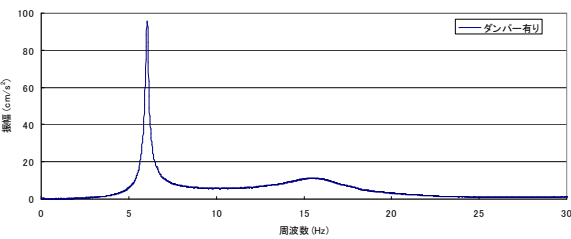


図-5 加速度応答フーリエスペクトル(ダンパー有)

表-2 各モードの固有振動数

モード	固有振動数(Hz)	
	ダンパー無	ダンパー有
1	6.04	6.09
2	15.57	15.62

インパルス加速度から得られた各波形に対し，各固有振動数付近にバンド幅 5.0Hz のバンドパスフィルターを用いて単一モード成分を抜き出し，1 自由度系の減衰振動とみなして，減衰定数，固有振動数を求める．減衰振動の式は， α 振幅， h 減衰定数， ω_0 固有角振動数， ϕ 位相として

$$y = \alpha e^{-h\omega_0(t_n - t_{n-1})} \cos(\sqrt{1-h^2}\omega_0 t - \phi)$$

である．目視により固有振動数，減衰値を読み取り，次に上式による非線形最小 2 乗法を適用して h ， ω_0 ，を求めた．その結果を図-6，7 及び，表-3，4，5，6 に示す．

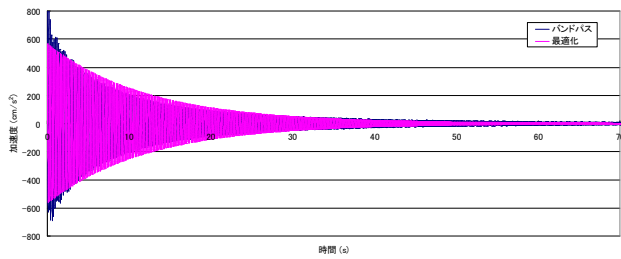


図-6 観測値と同定値からの計算値の比較（ダンパー無）

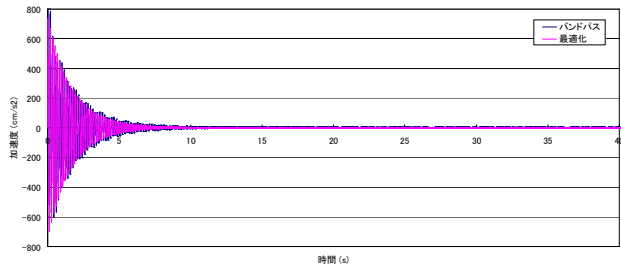


図-7 観測値と同定値からの計算値の比較（ダンパー有）

表-3 モード減衰（ダンパー無）

モード	加速度	変位(変位計)	変位(画像処理)
1	0.0025	0.0023	0.0025
2	0.0038	0.0035	0.0034

表-4 モード減衰（ダンパー有）

モード	加速度	変位(変位計)	変位(画像処理)
1	0.0155	0.0142	0.0146
2	0.0479	0.0485	0.0482

表-5 固有振動数（ダンパー無）

モード	加速度	変位(変位計)	変位(画像処理)
1	6.06	6.08	6.08
2	15.56	15.53	15.53

表-6 固有振動数（ダンパー有）

モード	加速度	変位(変位計)	変位(画像処理)
1	6.11	6.12	6.11
2	15.62	15.18	15.55

より信頼できる結果が得られたと考えられる．

6. 部材の同定

実験の固有振動数，減衰定数をもとに，部材特性の同定を行った．固有振動数，減衰定数の計算値と計測値が一致するように，初期値及び，計測値と計算値の差に対して重みを付けて非線形最小 2 乗法を適用して各部材剛性，固有振動数，モード減衰を同定した．加速度からの同定値の比較結果を表-7，8，9 に，各センサーからの同定値の比較結果を表-10，11 に示す．

表-7 剛性(N/mm)

バネ	ダンパー無		ダンパー有	
	計測値	同定値	計測値	同定値
1	7.99	8.04	7.99	7.98
2	7.20	7.66	7.20	7.32

表-8 固有振動数(Hz)

モード	ダンパー無		ダンパー有	
	計測値	同定値からの計算値	計測値	同定値からの計算値
1	6.04	6.06	6.09	6.07
2	15.57	15.55	15.62	15.59

表-9 モード減衰

モード	ダンパー無		ダンパー有	
	計測値	同定値からの計算値	計測値	同定値からの計算値
1	0.0025	0.0018	0.0155	0.0138
2	0.0038	0.0035	0.0479	0.0481

表-10 同定からの剛性の比較(ダンパー有 N/mm)

モード	加速度	変位(変位計)	変位(画像処理)
1	7.98	7.96	8.00
2	7.32	7.30	7.20

表-11 同定からのモード減衰の比較(ダンパー有 N/mm)

モード	加速度	変位(変位計)	変位(画像処理)
1	0.0138	0.0143	0.0140
2	0.0481	0.0477	0.0485

計測された剛性とダンパー有とダンパー無で同定した剛性にやや差が認められるが，固定条件がやや異なったためと考えられる．各センサーによる計測値からの同定値はほぼ一致した．

7. まとめ

模型実験により，構造同定法の検討を行った．剛性については，静的載荷実験を行い計測した値とインパルス実験による自由振動計測結果から同定した値にやや差が認められたが，観測された固有振動数・減衰 C と同定値を用いて求めた計算値がほぼ一致し良好に同定できたことが確認された．また，各センサーからの同定値はほぼ一致した．