

三つの構造物の相互連結による減衰性能向上法の実験的検証

會田忠義 (社会建設工学科) 麻生稔彦 (社会建設工学科)

森桂一 (社会建設工学専攻) 藤井俊行 (三菱重工業)

Experimental Verification of Improvement of Damping Performance of Three Structures by Interconnection

Tadayoshi AIDA(Dept. of Civil Eng.) Toshihiko ASO(Dept. of Civil Eng.)

Keiichi MORI(Grad. Stud., Civil Eng.) Toshiyuki FUJII(Chief Eng. Mitsubishi Heavy Industry)

Interconnection of the neighboring structures using members, consisting of a spring and a damper, is an improvement method of damping performance of structures. When the first mode displacement of structures is adopted as the displacement in free vibrating state, interconnected structure system consisting of three structures is become a three-degrees-of-freedom (3DOF) system with three masses and five springs connected in series. The maximizing method of damping performance of the above 3DOF system can be used for maximizing the damping performance of the structures interconnected. In this study, a rigid frame with one story was adopted as a structural model. The theoretical tuning method of a connecting member, by which damping performance of rigid frames is maximized, was verified experimentally and the effectiveness of tuning method became clear.

Key Words: Free vibration, Damping, Vibration control, Structure, Interconnection, Experiment

1. まえがき

減衰性能の低い構造物を減衰性能の高い構造物と減衰性能を有する部材で連結して、共に減衰性能を向上させる方法がある。1,2)三つの構造物を相互に連結(Fig.1.1 参照)するとき、この連結構

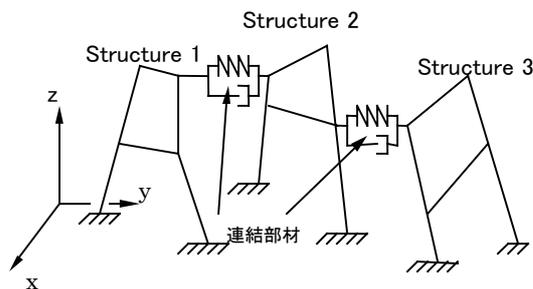


Fig. 1.1 Interconnected three structures
構造物は、各構造物の1次モードのみに注目すると直列に連結された Fig.1.2 に示した3質量5ばねからなる3自由度系に置換されることから、各構造物の減衰性能を共に等しく最大にするための連結部材の調整法に、Fig.1.2 に示した3自由度系の減衰性能を等しく最大にする中間ばね・ダン

パーの調整法を適用することが出来る 3,4)。

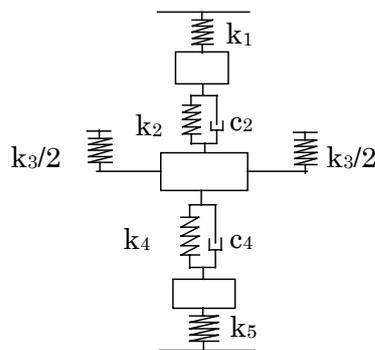


Fig. 1.2 Three-degrees-of-freedom system with three masses and five springs

Fig.1.2 に示す直列に配置された3質量5ばね系において、3つのモードの減衰性能が等しく最大にする中間ばね・ダンパーは、この3自由度系の3つのモード減衰比が等しく、かつ3つの固有円振動数が等しい時に与えられることは、すでに理論的に明らかにされている 3,4)。本研究はせん断変形する3つの1層ラーメンを用い、これら

を Fig. 2.1 に示すように連結するとき、連結ラーメンの減衰性能を等しく最大にする連結要素(ばね・ダンパー)の調整法を実験的に検証しようとするものである。実験方法は著者らが先に行った2つの構造物の相互連結に対する模型実験の方法²⁾を踏襲した。すなわち、連結ばねには板ばねを、ダンパーにはシリコンオイル中に平板を運動させ、これによってエネルギーを消散させる装置を用いた。振動は、はじめに初期変位を与え自由振動させ、このとき両ラーメンの振動挙動(加速度)を計測することにより、3つの固有円振動数とモード減衰比を求めた。この実験値と理論値を比較することにより最適連結ばね・ダンパーの解析理論の妥当性を明らかにした。

2. 連結された1層ラーメンの減衰性能向上のための最適連結ばね・ダンパーの理論特性値

2.1 自由振動の運動方程式と固有値解析

Fig.2.1 に示した曲げ剛性が大きい水平材をもつせん断変形するラーメンを採用する。

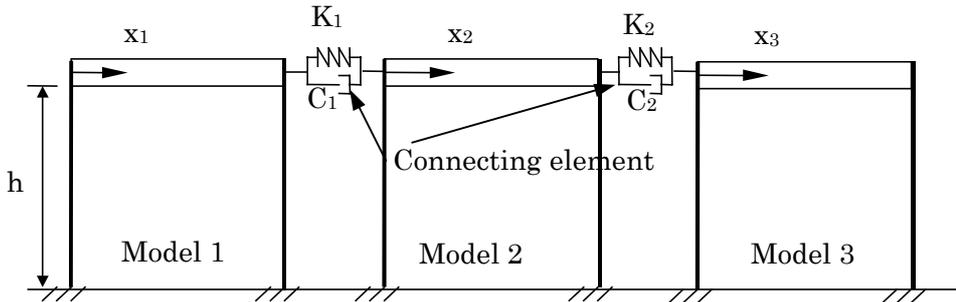


Fig. 2.1 Interconnected three rigid framed models

運動方程式は次式で表される。

$$\begin{aligned}
 M_1 \ddot{x}_1 + k_1 x_1 + C_1 (\dot{x}_1 - \dot{x}_2) + K_1 (x_1 - x_2) &= 0 \\
 M_2 \ddot{x}_2 + k_2 x_2 + C_1 (\dot{x}_2 - \dot{x}_1) + K_1 (x_2 - x_1) &+ C_2 (\dot{x}_2 - \dot{x}_3) + K_2 (x_2 - x_3) = 0 \\
 M_3 \ddot{x}_3 + k_3 x_3 + C_2 (\dot{x}_3 - \dot{x}_2) + K_2 (x_3 - x_2) &= 0
 \end{aligned} \tag{2.1}$$

ここで、

M_1, M_2, M_3 : Model 1, 2 および 3 の水平材の質量

x_1, x_2, x_3 : Model 1, 2 および 3 の水平変位

k_1, k_2, k_3 : Model 1, 2 および 3 の柱の換算ばね係数

$$k_i = 24EI_i / h^3 \quad (i=1,2,3) \tag{2.2}$$

I_i : 柱材の断面2次モーメント、

h : 柱材の高さ

K_1, K_2 : 連結ばねのばね係数

C_1, C_2 : 連結ダンパーの減衰係数

式(2.1)をマトリックス表示すると次式で表される。

$$\mathbf{M}\ddot{\mathbf{x}} + \mathbf{D}\dot{\mathbf{x}} + \mathbf{K}\mathbf{x} = \mathbf{0} \tag{2.3}$$

ここで

$$\mathbf{M} = \begin{bmatrix} M_1 & & \\ & M_2 & \\ & & M_3 \end{bmatrix}, \quad \mathbf{D} = \begin{bmatrix} C_1 & -C_1 & 0 \\ -C_1 & C_1 + C_2 & -C_2 \\ 0 & -C_2 & C_2 \end{bmatrix},$$

$$\mathbf{K} = \begin{bmatrix} k_1 + K_1 & -K_1 & 0 \\ -K_1 & K_1 + k_2 + K_2 & -K_2 \\ 0 & -K_2 & K_2 + k_3 \end{bmatrix}, \quad \mathbf{x} = \begin{Bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{Bmatrix} \tag{2.4}$$

運動方程式(2.3)の変位ベクトルの特性指数を λ とするとき、特性方程式は次式で表される。

$$|\mathbf{A} + \lambda \mathbf{I}| = 0 \tag{2.5}$$

ここで、 \mathbf{I} は単位ベクトルで

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} \mathbf{0} & \mathbf{I} \\ -\mathbf{M}^{-1}\mathbf{K} & -\mathbf{M}^{-1}\mathbf{D} \end{bmatrix} \tag{2.6}$$

式(2.5)を満たす λ は次式で与えられ、

$$\lambda_i = \alpha_i \pm i\beta_i \quad (i=1,2) \tag{2.7}$$

固有円振動数 ω およびモード減衰比 ξ がそれぞれ次式で表される。

$$\omega_i = \sqrt{a_i^2 + b_i^2}, \quad \xi_i = \frac{-a_i}{\sqrt{a_i^2 + b_i^2}} \tag{2.8}$$

2.2 連結ばねの最適ばね係数と連結ダンパーの減衰係数

連結系の減衰性能が最大となる連結ばねのばね係数とダンパーの減衰係数は、この系の3つのモード減衰比が等しく、かつ3つの固有円振動数が等しいときに与えられる。振動数方程式の解

$$\lambda = a \pm ib \tag{2.9}$$

の a および b、連結ばねのばね係数、ダンパーの減衰係数を含む下記の量

$$X_1 = 2h_1v_1, X_2 = 2h_2v_5, Y_1 = f_2^2, Y_2 = f_4^2 \tag{2.10}$$

の合計6個を未知数とした式(2.11)の連立方程式を解くことにより、減衰性能を最大にする最適ばね係数と減衰係数は求められる。

$$\begin{aligned} F_1 &= X_1(1 + \mu_1) + X_2(1 + \mu_2) + 6a = 0 \\ F_2 &= (1 + \mu_1 + \mu_1\mu_2)X_1X_2 + v_1^2\{1 + (1 + \mu_1)Y_1 \\ &\quad + f_3^2 + (1 + \mu_2)Y_2 + f_5^2\} - 3(5a^2 + b^2) = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_3 &= X_1v_1^2\{1 - \mu_2Y_1 + \mu_1(Y_1 + f_3^2 + \mu_2Y_2) \\ &\quad + \mu_2f_3^2 + (1 + \mu_1)(Y_2 + f_5^2) + X_2v_1^2\{1 \\ &\quad + \mu_2(1 + \mu_1Y_1) + (Y_1 + f_3^2) + \mu_2f_5^2\} + 4a(5a^2 \\ &\quad + 3b^2)\} = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_4 &= X_1X_2v_1^2\{1 + (\mu_1 - \mu_2)Y_1 + \mu_1f_3^2 \\ &\quad + \mu_1\mu_2f_5^2\} + v_1^4[-\mu_2(Y_1^2 + Y_2^2) + (1 + \mu_1Y_1) \\ &\quad \times (Y_1 + f_3^2 + \mu_2Y_2) + \{1 + (1 + \mu_1)Y_1 + f_3^2 \\ &\quad + \mu_2Y_2\}(Y_2 + f_5^2)] - 3(a^2 + b^2)(5a^2 + b^2) = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_5 &= X_1v_1^4[\{1 - \mu_2Y_1 + \mu_1(Y_1 + f_3^2 + \mu_1\mu_2Y_2)\} \\ &\quad \times (Y_2 + f_5^2) - \mu_1\mu_2Y_2^2] + X_2v_1^4\{(1 + \mu_1Y_1) \\ &\quad \times (Y_1 + f_3^2 + \mu_2f_5^2) - \mu_2Y_1^2\} + 6a(a^2 + b^2)^2 = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_6 &= v_1^6\{(1 + \mu_1Y_1)(Y_1 + f_3^2 + \mu_2Y_2)(Y_2 + f_5^2) \\ &\quad - \mu_2Y_1^2(Y_2 + f_5^2) - \mu_2Y_2^2(1 + \mu_1Y_1)\} \\ &\quad - (a^2 + b^2)^3 = 0 \end{aligned}$$

(2.11)

式(2.10)および(2.11)中の記号は下記の通りである。

$$f_2 = \frac{v_2}{v_1}, f_3 = \frac{v_3}{v_1}, f_4 = \frac{v_4}{v_1}, f_5 = \frac{v_5}{v_1} \tag{2.12}$$

$$\begin{aligned} \mu_1 &= \frac{M_2}{M_1}, \mu_2 = \frac{M_3}{M_2}, v_1^2 = \frac{k_1}{M_1}, v_2^2 = \frac{K_1}{M_2}, \\ v_3^2 &= \frac{k_2}{M_2}, v_4^2 = \frac{K_2}{M_3}, v_5^2 = \frac{k_3}{M_3}, a_2 = \frac{C_1}{2M_2}, \\ a_4 &= \frac{C_2}{2M_3}, h_1 = \frac{a_2}{v_1}, h_2 = \frac{a_4}{v_5} \end{aligned}$$

(2.13)

3. 減衰振動実験とその結果

水平はり部分の剛性および質量が柱部分のそれらと比べて極めて大きい、せん断変形が卓越する3つのラーメンを採用した。3つのラーメンを連結するばねに板ばねを用い、連結ダンパーには、シリコンオイル中を運動する平板によるエネルギー消散機構を採用した。本実験で用いた模型ラーメン、板ばねおよびシリコンオイルを用いた減衰装置の詳細とともに実験の手法と実験結果を以下に示す。

3.1 実験モデル要素の諸元と特性

3.1.1 1層模型ラーメンの諸元

Fig.3.1 と Table3.1 に示す諸元を持つラーメンを用いた。

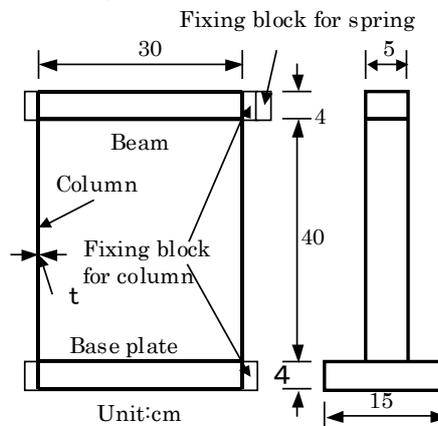


Fig. 3.1 Structure of model rigid frame

Table 3.1 Thickness of columns

	Model 1	Model 2	Model 3
柱厚さ(t)mm	1.5	1.0	2.0

模型ラーメンの水平はり部の重量(質量)は下表の通りである。

Table 3.2 Weight of horizontal elements of models

要素重量(g)	Model 1	Model 2	Model 3
水平はり部	4619.9	4615.5	4592.9
柱固定金具	301.4 +300.7	299.2 +299.0	299.9 +300.2
ばね固定金具	163.7	163.6 +163.9	164.5
合計：重量(g)	5385.7	5541.2	5357.5
質量(kg)	5.3857	5.5412	5.3575

3.1.2 減衰装置の構造と諸元

(1) 減衰材と減衰装置

相互に連結された二つの模型ラーメンの変位の相対速度に比例する減衰を発生させることとし、この方法として粘性液体中を運動する物体の

減衰装置の構造の詳細を Fig.3.3 に示す。

本実験においては、1箇所油槽を2分し、これらの油槽中に必要に応じて1枚の攪拌板を浸漬させた。攪拌板を何枚浸漬させるかにより、また、攪拌板のサイズを変えることによって減衰効果の増減を図った。

ここで Model 1 と 2 の間の装置を”減衰装置 1”、Model 2 と 3 の間の装置を”減衰装置 2”とした。両装置ともサイズは同じである。これらの装置により Model 1、Model 2 および Model 3 のラーメンが運動したとき、発生する変位相対速度により減衰力を発生させた。

(2) 減衰実験における減衰発生状態

本実験においては、シリコンオイル中に攪拌板を浸漬させる深さは 1 cm とし、各減衰装置について次の 2 通りの状態を作り減衰を発生させた。

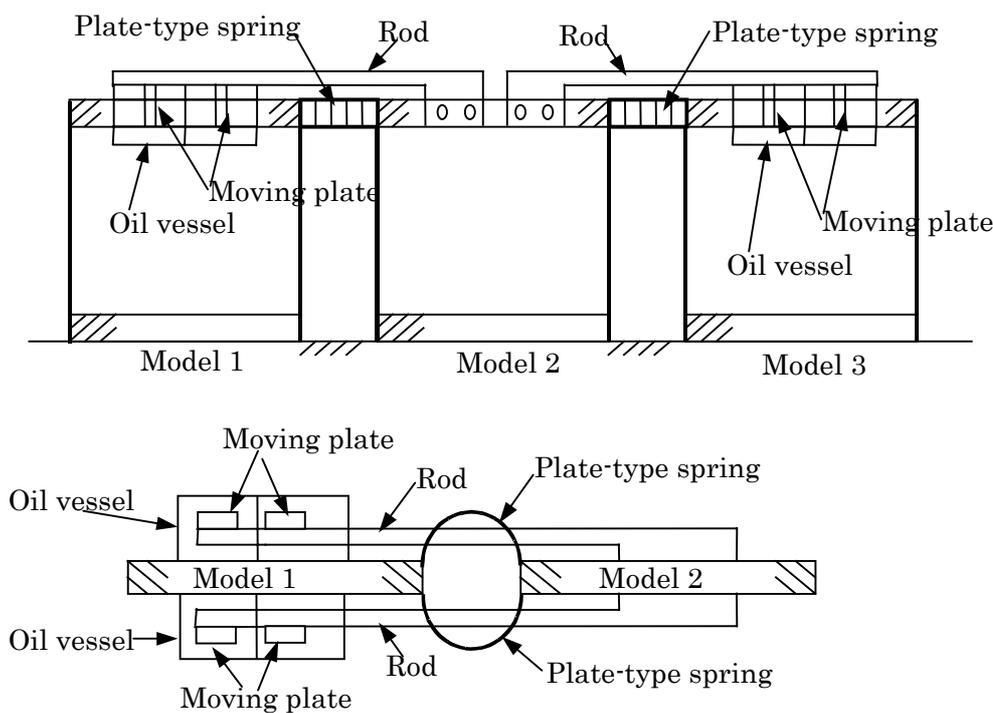


Fig. 3.2 Rigid framed models interconnected with springs and dampers

速度に比例する減衰力を用いた。その具体的方法として、シリコンオイル(信越化学製、KF96-100000(粘度：100000CS)を用い、装置として、Fig.3.2 に示すように Model 1 および 3 に油槽を装着し、油槽にシリコンオイルを装填した。一方、先端に攪拌板を取り付けたロッドを Model 2 に装着し、この攪拌板を油槽中に浸漬させた。

- 減衰装置 1 :
 - 状態 1 : 油中に攪拌板 1 枚(幅 2 cm)を浸漬
 - 状態 2 : 油中に攪拌板 1 枚(幅 1 cm)を浸漬
- 減衰装置 2 :
 - 状態 1 : 油中に攪拌板 2 枚(幅 2 cm)を浸漬
 - 状態 2 : 油中に攪拌板 4 枚(幅 2 cm)を浸漬

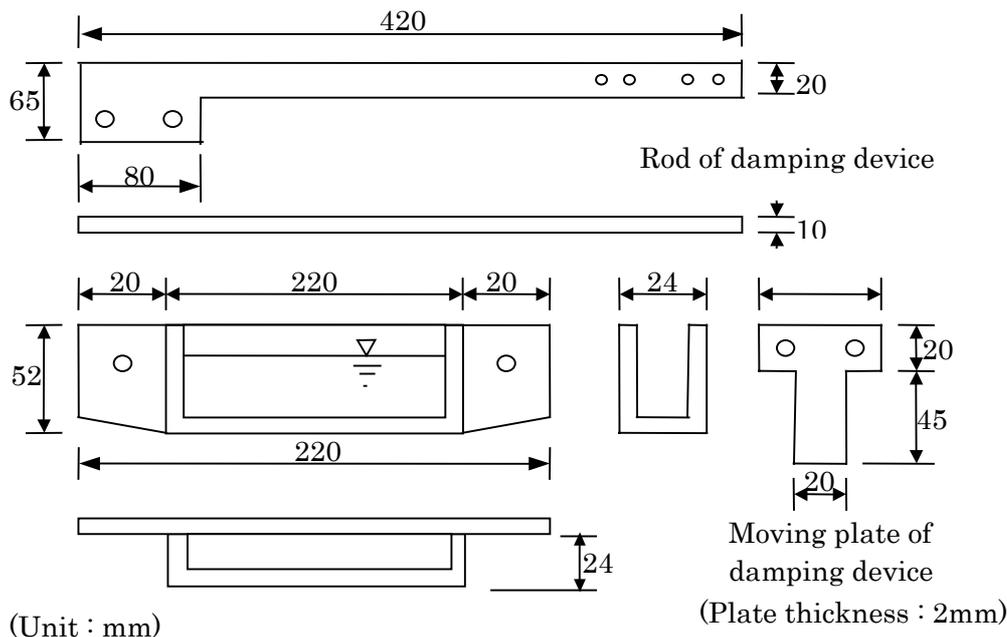


Fig. 3.3 Damping device of model experiment

上記の減衰装置の重量は下表の通りである。実験に当たり、最初から攪拌板をすべてロッドに装着し、必要に応じて油中に浸漬した。したがって、各減衰装置において、すべての状態のロッド部および油槽部の重量は同じである。

Table 3.5 Weight of damping devices

装置	ロッド部 (Model 2 に装着)	油槽部
1	149.13+19.35+19.36	144.73+145.25
	149.54+19.21+19.35	(Model 1 に装着)
	計 : 375.94g	計 : 289.98
2	149.28+19.35+19.40	145.35+141.47
	149.37+19.34+19.33	(Model 3 に装着)
	計 : 376.07g	計 : 286.82g

また、減衰装置装着時の模型ラーメンの水平はり部の質量は Table 3.6 の通りとなった。

Table 3.6 Weight of horizontal elements of models with damping devices

集中質量(kg)	Model 1	Model 2	Model 3
水平はり+	5.3857	5.5412	5.3575
減衰装置	+0.2900	+0.7521	+0.2868
計	5.6757	6.2933	5.6444

3.1.3 連結ばねの諸元とばね係数

本実験で用いた連結ばねは Fig. 3.4 と Table 3.7 に示した形状と諸元を有する 2 種類の板ばねである。

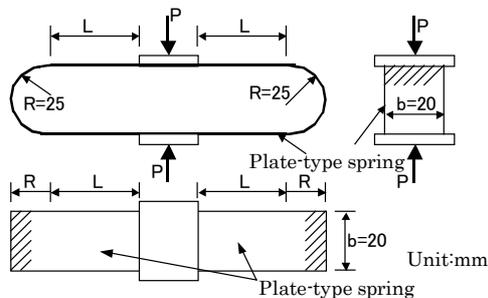


Fig. 3.4 Plate-type spring

Table 3.7 Length of horizontal part of spring

L(mm)	板ばねの種類	
	No. 1	No. 2
板ばね水平長さ L	20	30

静的実験²⁾によりばね係数を求めるとともに、計算²⁾によっても求めた。結果を Table 3.8 に示した。

Table 3.8 Spring constants of connecting springs

N/cm	ばねの種類	
	No.1	No.2
計算値	4.750	2.310
実験値	5.054	2.297

3.2 減衰振動実験の手法と実験結果

3.2.1 減衰振動実験手法

模型ラーメンの Model 1、2 および 3 を自由振動させて、Model の水平はり部の振動加速度を計測することにより振動波形から各 Model の固有円振動数、減衰比、減衰係数を求めた。実験の状況を Photo 3.1 に示す。



Photo.3.1 Experiment state

本実験の振動問題は微小振動問題と考えるため、自由振動はラーメンの水平はり部を水平に 2cm 初期変位を与え、これを開放することにより振動発生させた。実験手順は以下の通りである。

- ① Model 2 に減衰装置の攪拌板を装着したロッドを固定し、Model 1 および 3 にシリコンオイルを充填した油槽を装着する。
- ② ①の状態について、減衰装置の攪拌板をオイル中に浸漬させずに Model が単独な状態での自由振動実験を行う。両 Model の固有円振動数および減衰係数を測定する。
- ③ ①の状態について、攪拌板をオイル中に浸漬させ、Model 2 を固定して Model 1 および Model 3 の自由振動実験を行う。これより減衰装置の減衰係数の計測を行う。
- ④ 最後に、各 Model が減衰装置と板ばねで連結された状態にして減衰自由振動実験を行

う。この場合、はじめに Model 1 に初期変位を与えて、Model 1、2 および 3 の振動加速度を計測し、次いで Model 2 に初期変位をあたえ、これを開放して Model 1、2 および 3 の振動加速度を計測する。さらに、Model 3 に初期変位をあたえ、これを開放して Model 1、2 および 3 の振動加速度を計測する。

以上の手順から各段階における諸量が求められる。すなわち

1.②と③の計測結果より、減衰装置の固有の減衰係数が求められる。

2.④の計測結果より、板ばねおよび減衰装置により連結されたときの固有円振動数と減衰比が求められる。

記述のように、減衰装置の油槽のオイル中に浸漬した攪拌板の枚数を変化させることによって連結減衰要素としての減衰係数を変化させた。また、連結要素のばね係数については、Model 1 と 2 を連結するばねには No.2 の板ばねを、Model 2 と 3 を連結するばねには、No.1 の板ばねを用いた。

3.2.2 減衰振動実験の実験結果

(1) 減衰装置装着時の非連結状態の模型ラーメンの固有円振動数と減衰係数

手順②に従って、板ばねを装着せず減衰装置装着時の非連結状態の模型ラーメンの固有円振動数と減衰係数を求めた結果は Table 3.9 の通りである。

Table 3.9 Natural circular frequencies and damping coefficients of individual models with damping devices

	固有円振動数 ω :rad/sec	減衰係数 c :Nsec/cm
Model 1	ω_1 :11.78	0.00406
Model 2	ω_2 :3.64	0.00312
Model 3	ω_3 :19.50	0.00206

(2) 減衰装置の最適連結ばね係数と最適減衰係数

Model 1、2 および 3 の質量 M_1 、 M_2 および M_3 は Table 3.6 より、固有円振動数 ω_1 、 ω_2 および ω_3 は Table 3.9 より下記の通りである。

$$M_1 = 5.6757, \quad M_2 = 6.2933, \quad M_3 = 5.6444(\text{kg})$$

$$\omega_1 = 11.78, \quad \omega_2 = 3.64, \quad \omega_3 = 19.05(\text{rad / sec})$$

したがって、式(2.10)を解くことにより算定され、

K_{1opt} , K_{2opt} , C_{1opt} および C_{2opt} は下記のように与えられる。

$$K_{1opt} = 2.756 N/cm, \quad K_{2opt} = 3.429 N/cm$$

$$C_{1opt} = 0.1000 N \cdot sec/cm, \quad C_{2opt} = 0.6368 N \cdot sec/cm$$

(3) 減衰装置の減衰係数の計測

手順③に従って、板ばねを装着せず減衰装置により連結した状態において、Model 2 を動かないように固定し、Model 1 と 3 の自由振動実験を行い、Model 1 と 3 の固有の減衰と減衰装置の減衰が加わった状態の減衰係数を求めた。結果を Table 3.10 に示す。この場合、シリコンオイルは温度により粘性が変化するため減衰装置の減衰係数を測定すると同時に減衰装置連結時のすべての振動測定を行った。

Table 3.10 Damping coefficients of models constrained by a couple of damping device

(a) Model 1

減衰装置の状態	Model +減衰装置	Model	減衰装置	C_1/C_{1opt}
状態 1	0.2109	0.00406	0.2067	2.067
状態 2	0.0943	0.00406	0.0902	0.902

(b) Model 3

減衰装置の状態	Model +減衰装置	Model	減衰装置	C_2/C_{2opt}
状態 1	0.2544	0.00206	0.2523	0.396
状態 2	0.5267	0.00206	0.5247	0.824

表には Model 1 と 3 の固有の減衰係数 (Table 3.9 中の値) も示し、この値を本測定値から差し引くことにより、減衰装置の減衰係数を求め表示した。また、表には減衰装置の減衰係数 C と連結要素の最適減衰係数 C_{opt} の比 (C/C_{opt}) も示した。

本実験では、自由振動波形から減衰係数を算出する際、振動波形が多数計測されれば、結果は良い精度を有すると考えられるが、減衰力が大きく計測波形が少ないので波形からの算出には多くの誤差が含まれると考えられる。従って減衰装置の減衰係数の算出は計測から得られた波形にフィットする 1 自由度系の波形をシミュレーションにより求め、このときの減衰係数を減衰装置の

減衰係数とした。

(4) 連結状態の固有円振動数

とモード減衰比

連結状態の減衰振動実験は、各減衰装置の状態を次に示す 3 つの組み合わせについて行った。

Case 1 :

“減衰装置 1”の状態 1 + “減衰装置 2”の状態 1

Case 2 :

“減衰装置 1”の状態 1 + “減衰装置 2”の状態 2

Case 3 :

“減衰装置 1”の状態 2 + “減衰装置 2”の状態 2

以下に Case 1、Case 2 および Case 3 における固有円振動数とモード減衰比の計測結果を Table 3.11、3.12 および 3.13 に示した。表中、理論値を下段の括弧内に示した。

Table 3.11 Natural circular frequencies and modal damping ratios of models interconnected by plate-type spring and damping device in Case 1

\Mode	1st mode	2nd mode	3rd mode
固有円振動数 ω	9.82 (9.93)	12.89 (13.76)	20.86 (21.35)
モード減衰比 ξ	0.146 (0.124)	0.151 (0.148)	0.157 (0.143)

Table 3.12 Natural circular frequencies and modal damping ratios of models interconnected by plate-type spring and damping device in case 2

\Mode	1st mode	2nd mode	3rd mode
固有円振動数 ω	10.43 (10.49)	12.27 (13.74)	19.02 (19.44)
モード減衰比 ξ	0.198 (0.136)	0.152 (0.221)	0.395 (0.311)

Table 3.13 Natural circular frequencies and modal damping ratios of models interconnected by plate-type spring and damping device in case 3

\ Mode	1st mode	2nd mode	3rd mode
固有円振動数 ω	10.43 (11.35)	12.89 (13.43)	18.41 (19.14)
モード減衰比 ξ	0.194 (0.161)	0.130 (0.385)	0.281 (0.275)

括弧内の値で示す理論値は連結ばねのばね係数は Table 3.8 に示す静的ばね係数(実験値)をとり、連結ダンパーの減衰係数は Table 3.10 に示した値をとる 3 自由度系の固有円振動数とモード減衰比を複素固有値解析により求めたものである。

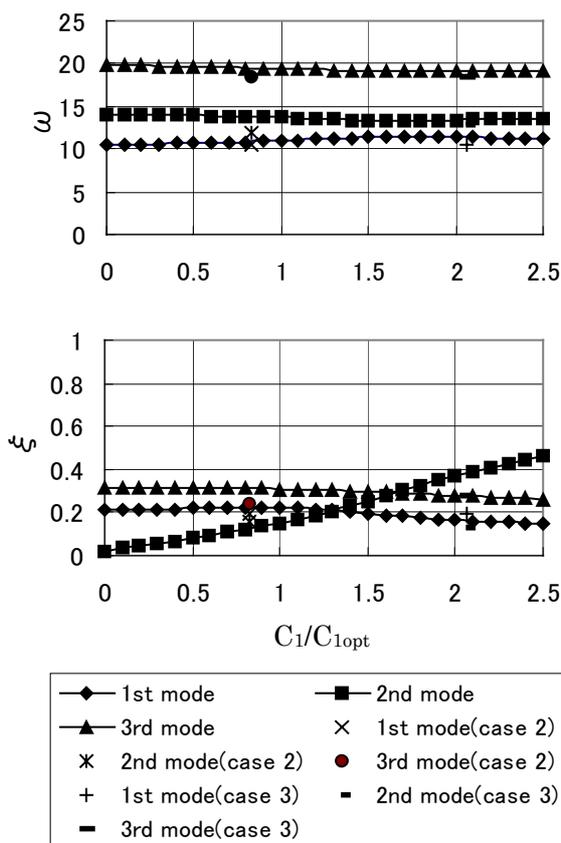


Fig4.1 Natural frequencies and modal damping ratios of interconnected frames with plate-type springs “No.1” and No.2 and damping device under condition of Cases 2 and 3

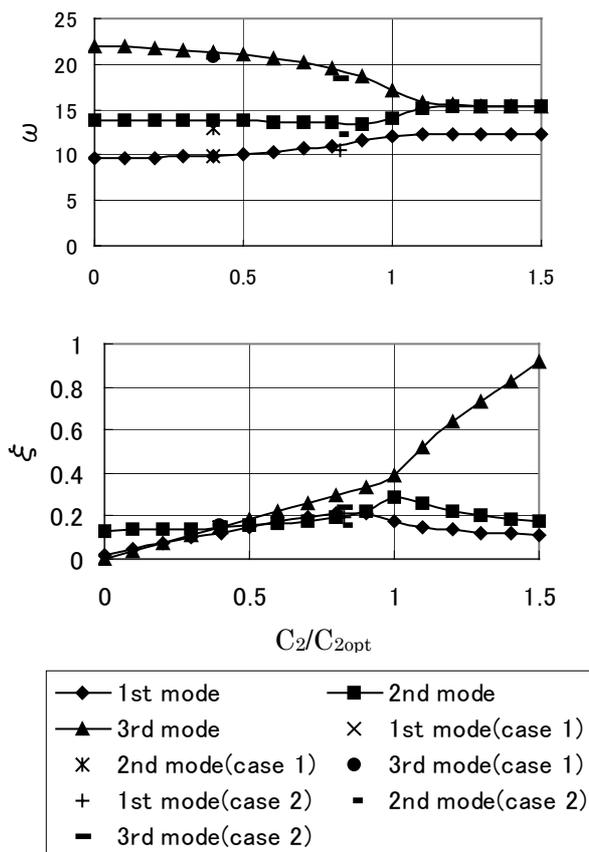


Fig4.2 Natural frequencies and modal damping ratios of interconnected frames with plate-type springs “No.1” and No.2 and damping device under condition of Cases 1 and 2

4. 実験値と理論値との比較検討

本実験で用いた連結ばね(板ばねのばね係数)を有する 3 自由度系において、連結ダンパーの減衰係数の変動に伴う固有円振動数およびモード減衰比の理論的挙動(既述の計算方法による)と共に、実験に使用した減衰装置の状態の組み合わせ Case 1、Case 2 および Case 3 についての固有円振動数とモード減衰比の実験結果を以下に示した。

Fig.4.1 は連結ばね係数 $K_1=2.297\text{N/cm}$ 、(板ばね No.2)、 $K_2=5.054\text{N/cm}$ 、(板ばね No.1)、連結減衰係数 $C_2=0.5247\text{Nsec/cm}$ (減衰装置 2 の状態 2)として、 C_1 変化するときの 1 次、2 次および 3 次の固有円振動数とモード減衰比の理論曲線と C_1 が 0.2067Nsec/cm (減衰装置 1 の状態 1)と 0.0902Nsec/cm (減衰装置 1 の状態 2)の時の実験値をプロットしたものである。

Fig. 4.2 は、連結ばね係数 $K_1=2.297\text{N/cm}$ 、(板ばね No.2)、 $K_2=5.054\text{N/cm}$ 、(板ばね No.1)、連結減衰係数 $C_1=0.2067\text{Nsec/cm}$ (減衰装置 1 の状態 1) として、 C_2 が変化するときの 1 次、2 次および 3 次の固有円振動数とモード減衰比の理論曲線と C_2 が 0.2523Nsec/cm (減衰装置 2 の状態 1) と 0.5247Nsec/cm (減衰装置 2 の状態 2) の時の実験値をプロットしたものである。

これらの図から理論曲線と実験値の完全な一致は見られなかったが、これは近い値を示し、挙動において良くその傾向を示していることが明らかになった。

5. 結論

せん断振動が卓越する 3 つの連結された模型ラーメンについて、連結ばねには板ばねを、連結ダンパーにはシリコンオイル中を運動する平板を用いて、連結された 3 つの 1 自由度系構造物としての固有円振動数とモード減衰比を調べた。その結果、相互連結法の基本となる、連結された 3 自由度系構造物の 3 つの固有円振動数が等しく、3 つのモード減衰比が等しくなるような連結要素のばね係数と減衰係数を有するとき、3 つの構造物の減衰性能を等しく最大にする理論的裏付けを確認することが出来た。

謝辞

本研究は文部省科学研究費補助金(基盤研究(C)(2),N0.11650487)を受けて実施されたものである。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 會田忠義、麻生稔彦、森桂一、藤井俊行：二つの構造物の相互連結による減衰性能向上に関する研究、山口大学工学部研究報告、第 51 巻、第 1 号,pp. 13~23 (2000 年 10 月)
- 2) 會田忠義、麻生稔彦、森桂一、藤井俊行：相互連結による構造物の減衰性能向上法の実験的検証、山口大学工学部研究報告、第 51 巻、第 1 号,pp. 1~12 (2000 年 10 月)
- 3) 會田忠義、麻生稔彦、森桂一、藤井俊行：三つの構造物の相互連結による減衰性能向上に関する研究、第 51 巻、第 2 号, pp.47~57 ,(2001 年 3 月)
- 4) 森桂一、會田忠義、麻生稔彦：三つの構造物の相互連結による減衰性能の向上手法について、土木学会第 55 回年次学術講演会講演概要集、第 1 部 (B) 、744-745(2000 年 9 月)

(平成 12 年 12 月 26 日受理)