Vibration Control of a Framework Structure Model by Various Dampers

○学 大野 知彦 (明治大院)

学 若林 信宏 (明治大院)

正 大亦 絢一郎 (明治大)

Tomohiko Ohno, Meiji University, 1-1-1 Higashimita, Tama-ku, 214-8571 Kawasaki

Nobuhiro Wakabayashi, Meiji University

Kenichiro Ohmata, Meiji University

Key Words: Framework Structure, Viscoelastic Damper, Oil Damper, Seismic Response

1. まえがき

兵庫県南部地震以来, ダンパによる戸建て住宅の制振に関する研究が盛んになり, 一部実用化されている⁽¹⁾⁽²⁾. 本研究では, 柱とはり固定されたタイプおよびピン止めされたタイプの一層建物モデルについて, 筋交いまたは仕口部に直線型または回転型の粘弾性ダンパおよびオイルダンパを取り付けたときの制振効果を, 地震応答解析とモデル実験によって検討する.

2. 解析モデルと運動方程式

本研究で用いた建物モデルの解析・実験モデルを図1に示し, その諸元を表1に示す. 図1において, (a)は柱とはりを剛体と考え, 柱とはりおよび柱と床の結合部を回転ばねと回転減衰で表したタイプである. ダンパを柱とはりの各中間部に取り付けた場合を考えると, 運動方程式は次式で与えられる.

$$m\ddot{u} + \frac{2}{L^2} \{ (C_1 + C_2)\dot{u} + (K_1 + K_2)u \} + \frac{2l^2 h^2}{L^2(l^2 + h^2)} (c_e \dot{u} + k_e u) = -m\ddot{Z} \quad (1)$$

ここで, u は集中質量 m の水平相対変位, $\ddot{Z}$ は入力加速度, C_1, C_2 はねじりの減衰係数, K_1, K_2 はねじりのばね定数, c_e は粘弾性ダンパの等価減衰係数 (またはオイルダンパの減衰係数), k_e は粘弾性ダンパの等価ばね定数を表し, L, l, h は図1に示す寸法を表す. また, 図1(b), (c), (d)は柱とはりを弾性棒と考えた場合で, (b)は柱とはりをピン止めして筋交いダンパを取り付けた場合, (c)は柱とはりをピン止めして仕口部に回転型ダンパを取り付けた場合であり, (d)は柱とはりをL字形金具で固定して筋交いダンパを取り付けた場合である. 本研究では, 図1(b)~(d)のタイプの平面骨組み構造にダンパを取り付けた場合と取り付けない場合について, 有限要素法ソフト (ANSYS) を用いて地震応答解析を行った. 実験と計算に用いた粘弾性ダンパはアクリル系粘弾性材を用いたせん断型ダンパであり, 解析に際しては, 粘弾性材を Voigt モデルと Maxwell モデルを並列に結合した四要素モデルで表した.

試作した直線型粘弾性ダンパの一端をロードセルを介して反力壁に固定し, 他端を水平振動台に取り付け, 振動台に振幅 5, 10 mm で, 周波数 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5, 3 Hz の正弦波状変位を与えて抵抗力を測定した. 実験結果の履歴曲線を図2に示す. 表1中の粘弾性ダンパの諸元は, 図2を用いて求めたものである.

Fig.1 Analytical models

Table 1 Experimental conditions of the structure model and the dampers

Structure model	Length L	800 mm
	Length H	800 mm
	Mass m	60 kg
	Section of beam	50 ^b × 15 ^t mm
	Section of column	50 ^b × 12 ^t mm
	Young's modulus E	205.8 GPa
Viscoelastic damper	Density ρ	7800 kg/m ³
	Spring constant k_1, k_2	2700, 2200 N/m
Oil damper	Damping coef. c_1, c_2	200, 400 N·s/m
	Damping coef. c	1000 N·s/m
Rotary oil damper	Torsional damping C	1000 N·m·s/rad

Fig.2 Resisting force characteristics of the viscoelastic damper

3. 地震応答解析

下に示す Case A~Case H の場合について、建物モデルが基礎部の水平方向に、最大加速度を 1, 2, 4 m/s^2 に基準化した Imperial Valley 地震(1940) El Centro NS 成分を受けたときの集中質量 m の絶対加速度 $\ddot{x}$ ($=\ddot{u}+\ddot{Z}$) と相対変位 u を計算した。計算に際して、粘弾性ダンパの諸元は、表 1 の 4 倍の値を持つものと仮定した。

- Case A : ダンパなし (ピン止め)
- Case B : 筋交い粘弾性ダンパ取付け (ピン止め)
- Case C : 粘弾性ダンパ中間取付け (ピン止め)
- Case D : 筋交いオイルダンパ取付け (ピン止め)
- Case E : 回転オイルダンパ取付け (ピン止め)
- Case F : ダンパなし (金具固定)
- Case G : 筋交いオイルダンパ取付け (金具固定)
- Case H : 回転オイルダンパ取付け (金具固定)

応答加速度と相対変位の最大値をまとめて表 2 示し、4 m/s^2 に基準化した El Centro NS 成分入力時の加速度応答波形を図 3 に示す。表 2 および図 3 より、上部ピン止め構造で粘弾性ダンパまたはオイルダンパを取り付けると、取り付けない場合に比べて最大加速度が 0.6 倍程度に低減することがわかる。

4. 地震応答実験

建物モデルを永久磁石式振動台に取り付け、試作した粘弾性ダンパを取り付けた場合と取り付けない場合について、水平方向に El Centro (1940) NS 成分を入力し、集中質量 m の絶対加速度 $\ddot{x}$ と相対変位 u を測定した。実験結果を計算結果と併せて図 4 に示す。図 4 から、粘弾性ダンパを取り付けると取り付けない場合に比べて最大加速度が 2/3 程度に低減すること、および計算結果は実験結果に似た傾向を持つことがわかる。

5. まとめ

一層平面骨組み構造において、筋交いダンパまたは仕口ダンパを用いると最大加速度が 0.6 倍程度に低減すること、およびはりと柱を固定するよりもピン止めした方が制振効果は高くなることがわかった。

Fig.3 Response waves (El Centro NS 4.0 m/s^2)

参考文献

- (1)Phocas, M.C., Pocanschi, A.: Earthquake Engng Struct. Dyn., 32(2003), 811-825.
- (2)上山耕平: 建材試験情報, 6(2005), 11-18.

Table 2 Maximum responses

	$\ddot{Z}$ [m/s^2]				$\ddot{x}$ [m/s^2]			u [mm]		
	0	5	10	15	0	50	100	0	50	100
1.0										
2.0										
4.0

Fig.4 Response waves (El Centro NS 4.0 m/s^2)