

制振手法による既存建造物の耐震性能向上 -連結制振構造の捩れ応答性状-

Improvement of Seismic Performance of Existing Structures Using Response Control Method
 - Torsional Response Characteristics of Coupled Vibration Control Structures -

山崎 真司 (教授) 見波 進 (助手) 田原 健一 (修士課程)
 Shinji YAMAZAKI (Prof.), Susumu MINAMI (Res. Assoc.)
 and Kenichi TAHARA (Master Course)

ABSTRACT

A coupled vibration control method is effective for the improvement of the earthquake-resistant capacity of existing buildings. For a ground motion component perpendicular to the direction of the connecting of the centers of gravity of two buildings, a torsional vibration is excited. In this study, the torsional vibration characteristics of coupled vibration control structures are investigated through carrying out shaking table tests.

キーワード: 連結制振構造, 捩れ応答, 振動台実験 keywords: coupled vibration control structures, torsional response, shaking table test

1 はじめに

制振手法は既存建築物の耐震性能向上に対して有効な方法である。制振手法のひとつである連結制振は、周期の異なる二つの建物をダンパーを用いて連結することにより地震応答を低減させる手法である。一般に、連結した二つの建物の重心を結ぶ方向に直交する方向の地動成分に対して捩れ振動が励起される。本研究では、振動台実験に基づき連結制振構造の捩れ振動性状について考察する。

2 実験概要

2.1 振動模型

図 1, 図 2 に実験装置概要を示す。建物モデルは、質量調整のための錘、4 本のみがき棒鋼 (丸棒) を用いたばね、連結部、およびその他の治具からなる。建物ばねに用いる丸棒の直径と、積載する錘の量を変えることで剛性と周期を調節する。なお、建物の並進振動モードと捩れ振動モードの周期がほぼ等しくなるように調整する。

建物の重心を結ぶ方向を X 軸とし、直角をなす方向を Y 軸とする。入力は Y 方向に行う。各棟は連結していない場合、X 軸方向、Y 軸方向ともにほぼ無偏心であるが、連結した場合、Y 軸方向は偏心となる。

二棟の建物の組合せは、表 1 に (1)~(4) で示すような周期や質量、剛性の異なる 4 通りを用いる。各建物組合せの関係を図 3 に示す。また、各棟の諸元とそれらの比は以下のように表す。

棟 n の周期: T_n , 棟 n の剛性: K_n , 棟 n の質量: M_n

周期比: $t = \frac{T_2}{T_1}$, 剛性比: $k = \frac{K_2}{K_1}$, 質量比: $m = \frac{M_2}{M_1}$

連結部は、建物の重心を結ぶ線に線対称な二箇所にてダンパーを設置する (図 2 参照)。ダンパーは鋼製丸棒を用

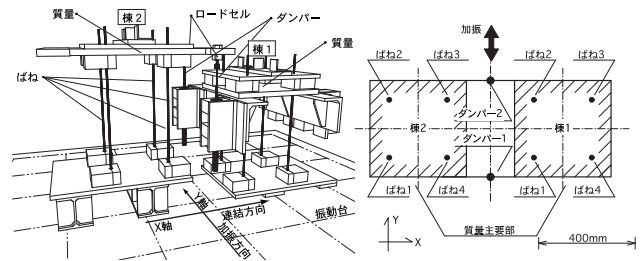


図 1 振動模型

図 2 振動模型伏図

表 1 建物組合せ

	t	m	k
(1)	0.5	0.5	2.0
(2)	0.7	1.0	2.0
(3)	0.5	1.0	4.0
(4)	0.35	0.5	4.0

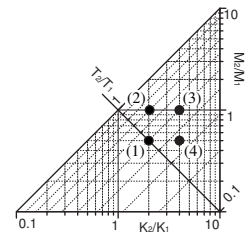


図 3 建物組合せ

表 2 ダンパー

	$D \times L$ [mm]	K_e [N/mm]	Q_p [N]
(a)	3×80	19.1	67.5
(b)	5×120	43.7	208
(c)	5×80	147	313

いた履歴ダンパーとする。

ダンパーは表 2 に (a)~(c) で示す 3 種類とし、直径と長さを変えることで剛性 (K_e) と降伏荷重 (Q_p) を調整する。なお、本モデルは縮小試験体とし、相似則に従い時間軸 1/3, 長さ 1/9, 加速度 1/1 を想定している。

2.2 実験方法

油圧サーボ振動台上に振動模型を設置して加振を行う。入力は Y 方向の一方向振動とし、El Centro 1940 NS (以下 El Centro) および JMA Kobe 1995 NS (以下 Kobe) を、それぞれの最大加速度を 100 cm/s², 300 cm/s², 900 cm/s² に基準化したものを用いる。縮小試験体を用いるので、時間軸を 1/3 に縮小する。

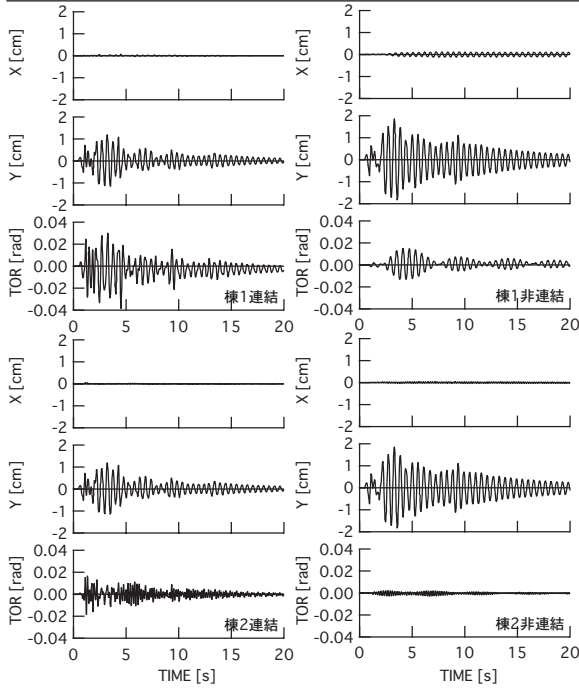


図4 建物重心の変位と回転角の時刻歴

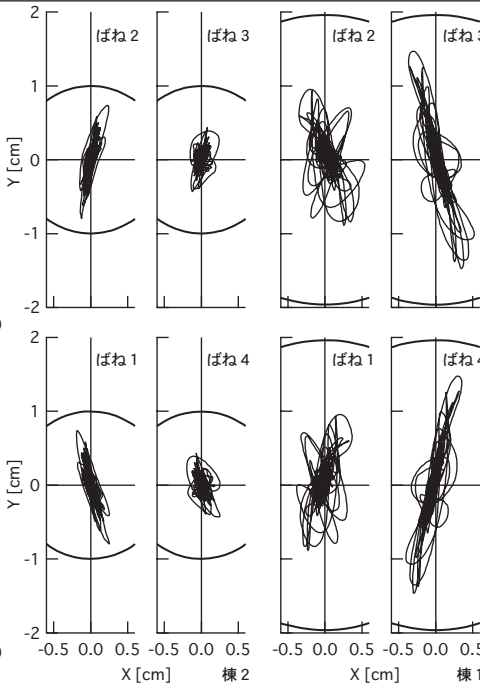


図5 建物ばねの変位の軌跡

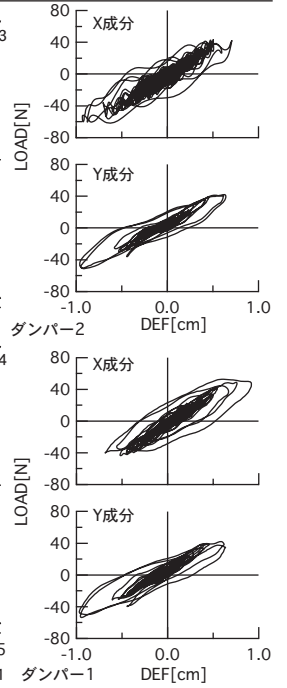


図6 ダンパー荷重変形

3 実験結果

実験結果の例を図4, 5, 6に示す。建物組合せ(3), ダンパー(a), 入力地動はEl Centro, 最大加速度 300 cm/s^2 の場合である。

図4は棟1, 棟2の重心の変位と回転角の時刻歴である。左列の図はそれぞれの建物における連結時の値, 右列の図は非連結時の値を示している。回転角は連結時の方が増大しているが重心の変位は連結時の方が小さい値を示している。図5は棟1, 棟2の柱の変位の軌跡である。図中の太実線の円弧はそれぞれの建物における非連結時の柱の最大変位を半径としたものである。どの柱の変形に関しても円弧の中に収まっており, 連結時のほうが柱の最大応答変位は小さくなっていることがわかる。

4 制振効果の考察

建物ばねの最大変形を制御対象とし, 以下に示す d により制振効果を評価する。

$$d_n = \frac{\text{棟 } n \text{ の連結時の } \max_{j=1..4} (\delta_j \max)}{\text{棟 } n \text{ の非連結時の最大応答変位}}$$

$\delta_j \max$: ばね j の最大変形

また, ダンパー耐力は以下のように無次元化する。

$$\alpha = \frac{Q_p}{(M_1 + M_2) \times \ddot{x}_{0\max}} \quad \ddot{x}_{0\max}: \text{入力最大加速度}$$

図7は, 本実験における α と d の関係を表している。特に棟2では α と d には必ずしも相関が認められない。建物組合せ(3)(4)のKobe入力時の棟1を除く全ての場合で, 入力の大きさによらず(a), (b), (c)のいずれかのダンパーを用いることで, 応答を非連結時と比べて低減

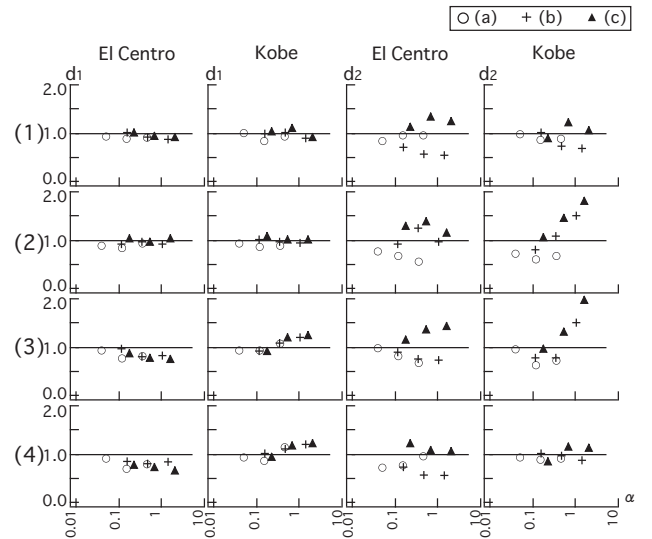


図7 制振効果とダンパー耐力

することが出来ることが分かる。また, 全体的な傾向としてダンパー(c)は制振効果が悪く, ダンパー(a)が3種類のダンパーの中では最適となっている場合が多い。

5 まとめ

1. 実験で対象とした建物組合せに関しては, 振れ振動を励起するような方向の入力に於いても, 非連結時より柱の変形を低減させることが出来る。
2. 並進振動の場合と異なり, 振れ振動の場合はダンパーの降伏耐力と制振効果の間に必ずしも強い相関が認められない。
3. 並進振動に対して最適なダンパーは振れ振動に対しても概ね効果がある。