

低層鉄骨造の損傷抑制用DIY制震補強に関する技術開発

-その6- 粘弾性ダンパを設置した偏心/非偏心鉄骨架構の振動台実験

正会員 曾田五月也*¹ 花井勉*²
同 皆川隆之*³ 宮津裕次*⁴
丸野悟司*⁵ ○佐藤高明*⁶

低層鉄骨造
振動台実験

DIY
粘弾性ダンパ

制震補強
偏心

1. はじめに

本報告では、その3で用いた接着剤のみにより粘弾性ダンパを方杖状に設置した1層1スパン立体鉄骨架構の振動台加振実験を実施し、建物使用期間中に予想される以上の繰り返しの地震動入力に対する接着剤接合部の安全性を検証する。なお、既存建築物の制震補強においては既存壁の配置や建物の利用上の制限によりダンパを理想的な位置に配置することが困難な場合や建物が偏心している場合もあるため、偏心を有する試験体についても同様の実験を行った。

2. 実験概要

2.1 試験体の仕様詳細

試験体は1層の鉄骨ラーメン架構とし、柱には150×150×9の角型鋼管、梁には250×125×4.5×9のH型鋼を用いた。試験体の高さは2870mm、幅は3050mmである。試験体の上面には2層の重量を想定して、合計74.24kNの鋼板を設置した。なお試験体は、剛心と重心が一致する無偏心試験体と、鋼板の配置を調整することで重心のY座標のみを移動した重量偏心試験体の2通りとした。重量偏心試験体の偏心率は0.42である。図1、2には両試験体のパースを示す。設置するダンパは粘弾性ダンパとし、ダンパの取付け金物と柱梁の接合には接着剤接合を用いた。なお、養生時には接着剤層の厚さが適切かつ均一となるように一定の面圧をかけて仮固定した。また、接着面の接着強さがダンパの最大荷重発揮時に生じる応力の5倍となるように接着面積を決定した。図3にダンパを設置する構面の軸組図とダンパの取付け金物の仕様を示す。

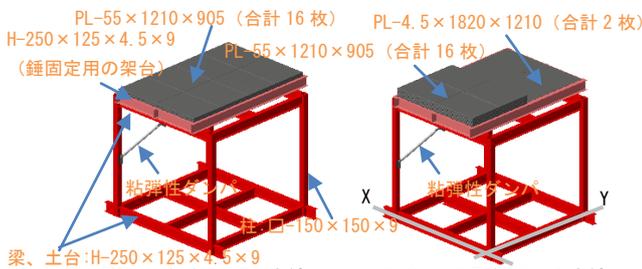


図1 無偏心試験体 図2 重量偏心試験体

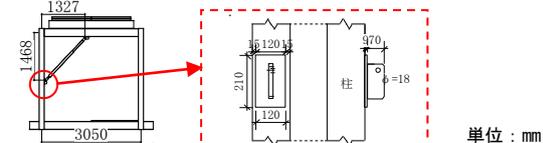


図3 ダンパ設置構面の軸組図と取付け金物の仕様詳細

2.2 実験システム

試験体は、振動台上面に設置した鋼製治具に試験体の柱脚および土台梁をボルトにより接合することで振動台上に固定した。試験体を振動台上に設置した状況を図4に示す。なお、加振方向に平行で、ダンパを設置する構面を構面①、ダンパを設置しない構面を構面②と定義する。

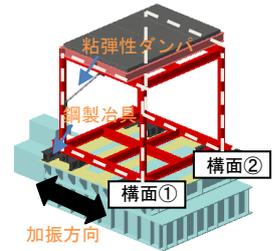


図4 実験システム

2.3 粘弾性ダンパの仕様

図5に本実験で使用した粘弾性ダンパの外形を示す。本体の鋼管は外形が60.5mm、厚さが5.5mm、本体の丸鋼はM20である。粘弾性体はジェン系の材料を用いており、長さは800mm、せん断厚さは14.75mmである。また、ダンパはM20の丸鋼と外形が48.6mm、厚さが5.1mmの座屈防止鋼管を用いて、長さを延長している。ダンパ中立位置でのピン孔の中心間長さは1760mmである。ダンパの抵抗力は、温度10℃、振動数2.0Hz、ひずみ振幅250% (±37mm)の加振に対して、変位原点で約28kN、最大変形点で約53kNである。

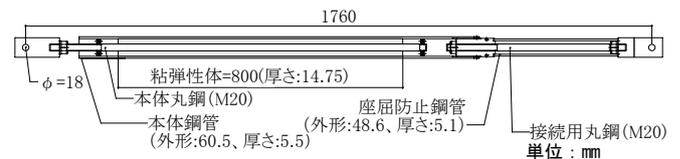


図5 粘弾性ダンパの構造

2.4 加振方法

入力波形は、バンド幅0.05~20Hzで継続時間が約180秒の定常ホワイトノイズと、1995年兵庫県南部地震での神戸海洋気象台観測波南北成分を10%、30%、50%に基準化した地震動(以降 Kobe_ns*%基準化波と表記)とした。加振の順序を表1に示す。

表1 加振スケジュール

加振順	試験体	ダンパ	入力波形	加振順	試験体	ダンパ	入力波形
1	無偏心試験体	なし	定常ホワイトノイズ	9	重量偏心試験体	なし	定常ホワイトノイズ
2			Kobe_ns10%	10			Kobe_ns10%
3			Kobe_ns30%	11			Kobe_ns30%
4			Kobe_ns50%	12			Kobe_ns50%
5		あり	定常ホワイトノイズ	13		あり	定常ホワイトノイズ
6		Kobe_ns10%	14	Kobe_ns10%			
7		Kobe_ns30%	15	Kobe_ns30%			
8		Kobe_ns50%	16	Kobe_ns50%			

3. 実験結果および考察

図6、7には、両試験体において定常ホワイトノイズの入力より得た重心の併進加速度と重心から距離*i*の点の回転による加速度の土台加速度に対する伝達関数を示す。距離*i*は回転半径の長さで、無偏心試験体は*i*=1.27m、重量偏心試験体は*i*=0.88mである。表2には、重心の併進加速度からRD法より求めた1次の固有振動数と減衰定数を示す。粘弾性ダンパを設置することによって、固有周期がわずかに上昇し、減衰定数が大きく増大していることを確認できる。

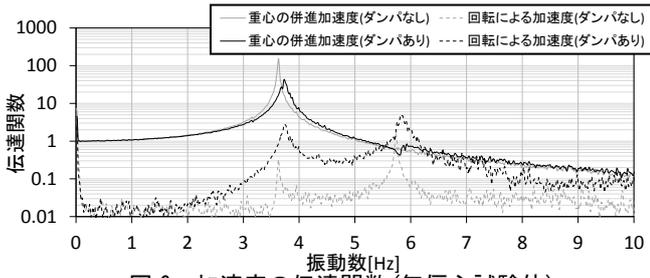


図6 加速度の伝達関数(無偏心試験体)

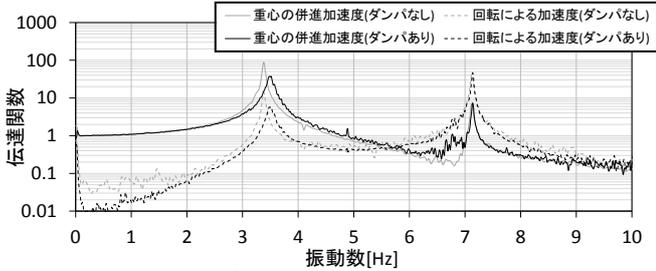


図7 加速度の伝達関数(重量偏心試験体)

表2 RD法より求めた1次の固有振動数と減衰定数

試験体の種類	無偏心試験体		重量偏心試験体	
	ダンパなし	ダンパあり	ダンパなし	ダンパあり
固有振動数[Hz]	3.52	3.62	3.28	3.39
減衰定数[%]	0.20	0.96	0.14	1.31

図8、9には両試験のKobe_ns50%基準化波による加振でのダンパを設置しない場合とダンパを設置した場合を重ねた架構の荷重変形関係とダンパの荷重変形関係を示す。また図中の左上に示す数値は最大層間変形角であり、カッコ内にはダンパを設置しない場合に対するダンパを設置した場合の最大層間変形角の比を示す。無偏心試験体では、ダンパにより構面②の最大変形を増大させることなく、構面①の最大変形を80%程度まで低減していることが認められる。重量偏心試験体においては、ダンパにより両構面とも最大変形が70%程度に低減されている。なお、両試験体とも、ダンパは安定した履歴を描いており、最大荷重は約44kNであった。

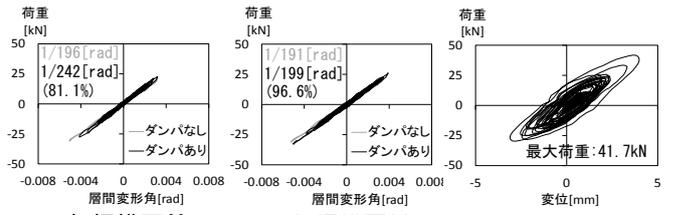


図8 無偏心試験体の荷重変形関係

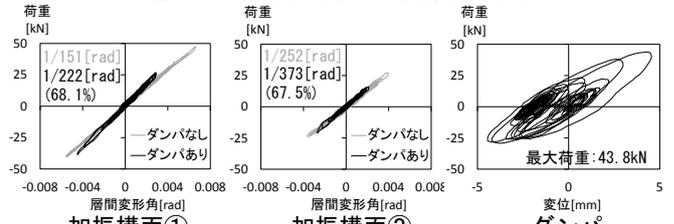


図9 重量偏心試験体の荷重変形関係

表3には、Kobe_ns50%基準化波の加振において、構面①と構面②の梁上で計測した最大応答加速度を示す。ダンパを設置することで、無偏心試験体の構面②においてわずかに増大しているものの、他の場合は低減されている。

表3 最大加速度(単位:gal)

試験体	構面	ダンパ		ダンパによる 応答低減[%]
		なし	あり	
無偏心試験体	加振構面①	772	692	89.6
	加振構面②	781	819	104.9
重量偏心試験体	加振構面①	894	726	81.2
	加振構面②	827	519	62.8

表4にはKobe_ns50%基準化波による加振で取付け金物に生じたせん断応力と引張応力の最大値と、滑り変位および浮き上がり変位を、図10には滑り変位と浮き上がり変位の計測位置を示す。メーカー公称の接着強さに対し、せん断応力は8%、引張応力は16%程度であり、滑り変位および浮き上がり変位とも0.05mm以下と非常に小さく、接着接合部の剛性が十分に高いことが認められる。また、一連の加振終了後も接着接合部の損傷は見られなかった。

表4 接合部に生じた最大応力度および滑りと浮き上がり

入力波	Kobe_ns50%基準化波	
	無偏心試験体	重量偏心試験体
最大せん断応力[N/mm ²]	1.4	1.4
最大引張応力[N/mm ²]	1.2	1.3
最大滑り[mm]	0.021	0.021
最大浮き上がり[mm]	0.042	0.034

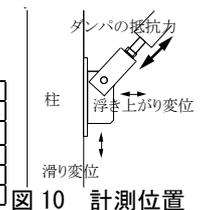


図10 計測位置

4. まとめ

一連の加振後も接着剤接合部には損傷はなく、ダンパと柱梁材の接合方法として有用であることを明らかにした。また、粘弾性ダンパを1構面にのみ設置した場合でも1次減衰定数は増加し、最大層間変形および応答加速度を低減できることを示した。

*¹ 早稲田大学創造理工学部建築学科教授 工博

*² えびす建築研究所代表取締役 博士(工学)

*³ えびす建築研究所

*⁴ 早稲田大学理工学研究所次席研究員 博士(工学)

*⁵ 早稲田大学創造理工学研究科建築学専攻 (現 三菱地所設計)

*⁶ 早稲田大学創造理工学研究科建築学専攻

*¹ Prof., Dept. of Architecture, Waseda Univ., Dr. Eng.

*² President, Ebisu Building Laboratory Co., Dr. Eng.

*³ Ebisu Building Laboratory Co

*⁴ Junior Researcher, RISE, Waseda Univ., Dr. Eng.

*⁵ Graduate Student, Waseda Univ.

*⁶ Graduate Student, Waseda Univ.