

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3- 方杖状にダンパを設置した実大鉄骨柱梁部分架構の振動台実験

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

低層鉄骨造 DIY 制震補強
振動台実験 摩擦ダンパ オイルダンパ

1. はじめに

本報告では、接着剤接合によりダンパを方杖状に設置した実大鉄骨柱梁部分架構の振動台加振実験を実施し、方杖状にダンパを設置する工法が極めて強い地震動の入力に対する応答の低減に有効であることを検証する。また、接着剤接合部の動的荷重に対する安全性についても検証する。

2. 実験概要

2.1 試験体の概要と実験システム

図1には、振動台への試験体の設置状況を示す。試験体はL型の部分架構とし、リニアガイド上に設置した付加質量(10.7t)により試験体への荷重を行った。部材断面は一般的な2階建て鉄骨ラーメン造を想定して、柱を□-200×200×9、梁をH-250×125×6×9とした。設置するダンパは最大抵抗力が15kN程度となるリリーフ機構付きの圧効きオイルダンパ(以下、オイルダンパ)と既報¹⁾で用いた摩擦荷重15kNのリング摩擦ダンパ(以下、摩擦ダンパ)の2種類とした。何れのダンパも鋼管を接続することで長さを調節し、2基を並列に設置した。なお、取付け金物と躯体との接合には接着剤(構造用接着剤メタルグリップ 住友スリーエム株式会社)を用いた。接着剤のメーカー公称の引張接着強さは8.0N/mm²、引張せん断接着強さは15.7N/mm²であり、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3倍となるように接着面積を決定した。

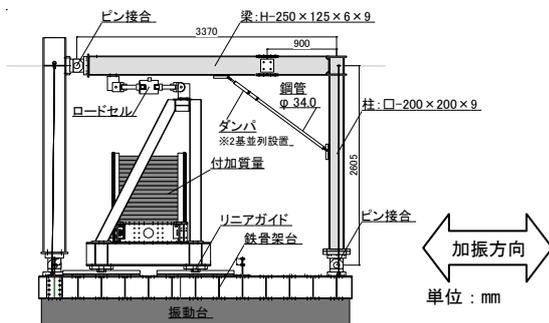


図1 振動台に試験体を設置した状況

2.2 ダンパの仕様詳細

DIY工法では、小型でハンドリングの良いダンパを用いることが施工性の観点から望ましいが、一般的に普及しているオイルダンパは容量、重量共に大きいものが多

いため、本実験では木造住宅用の小型の圧効きオイルダンパを用いた。図2に使用する圧効きオイルダンパの外形を示す。シリンダーの外形は38mm、ロッドの径は12.5mmであり、両端には取付け金物に接続するためのピン孔を設けている。ピストンが中立位置にあるときのピン孔の中心間長さは350mm、ピストンストロークは±25mm、重量は9.8Nである。図3には、正弦波による動的載荷実験で得たダンパのピストン変位荷重関係を示す。

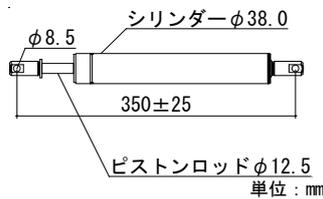


図2 圧効きオイルダンパ外形

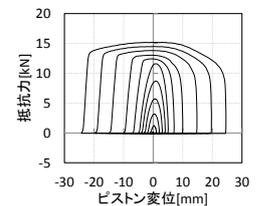


図3 荷重変形関係

2.3 加力方法

振動台による入力波形は、1940年 Imperial Valley 地震 El centro 観測波南北成分(以下、El_nsと略記)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(以下、Kobe_nsと略記)を任意のレベルに基準化した地震動とした。加振スケジュールを表1に示す。まず無補強状態で弾性域の加振を行った後、オイルダンパ及び摩擦ダンパを設置した状態で弾性域及び塑性域の加振をそれぞれ行った。その後、無補強状態で塑性域の加振を行った。また、各地震動入力前後には適宜、試験体の損傷状況を確認することを目的として最大加速度5~60gal、振動数0.1~20Hzのホワイトノイズを入力し、低レベルの振動での試験体の固有振動数及び減衰定数を求めた。部材の塑性化の程度については、毎加振後に柱梁材の各部に貼付したひずみゲージの計測値から判断した。なお、すべての加振において試験体は共通である。

表1 加振スケジュール

試験体状態	No.	波形	入力レベル	応答レベル	
ダンパなし	1,2	El_ns	20,40%	弾性域で応答	
	3,4	Kobe_ns	5,10%		
ダンパの設置					
オイルダンパ設置	5~7	El_ns	20,30,40%		
	8~10	Kobe_ns	5,10,15%		
ダンパの取り換え					
摩擦ダンパ設置	11~13	El_ns	20,30,40%		
	14~16	Kobe_ns	5,10,15%		
	17~20	El_ns	60,100,140,200%		
ダンパの取り換え					
オイルダンパ設置	21,22	El_ns	100,140%	塑性化する場合もあり	
	23	Kobe_ns	60%		
ダンパの取り外し					
ダンパなし	24~27	El_ns	60,100,140,200%		
	28	Kobe_ns	60%		

3. 実験結果と考察

3.1 ダンパによる応答低減効果の検証

図 4.5 には、Kobe_ns60% 基準化波及び El_ns200% 基準化波を入力した際の、架構全体およびダンパの荷重変形関係をそれぞれ示す。図 4.5 中の左上に示す数値は、残留変形量である。図 6 にはダンパを設置した架構の累積吸収エネルギー量の時刻歴を示す。図中に実線で示すのは架構全体への入力エネルギー、破線で示すのはダンパの履歴吸収エネルギーである。極めて強い地震動の入力に対し、ダンパを設置していない場合は躯体の塑性化によりエネルギーを吸収しているが、ダンパを設置した場合には入力エネルギーの 50% 程度をダンパが吸収することで躯体の塑性化を抑制し、最大変形及び残量変形量を大きく低減している。

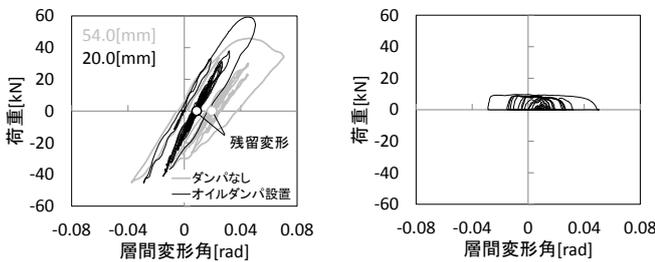


図 4 Kobe_ns60%基準化波入力 (左: 架構 右: ダンパ)

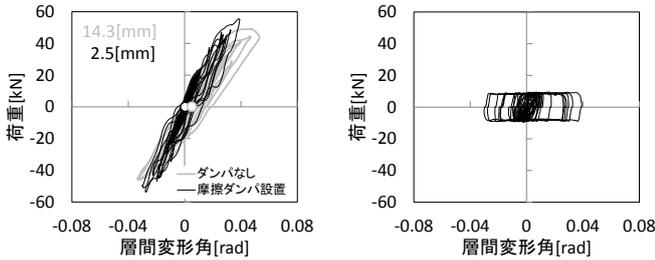


図 5 El_ns200%基準化波入力 (左: 架構 右: ダンパ)

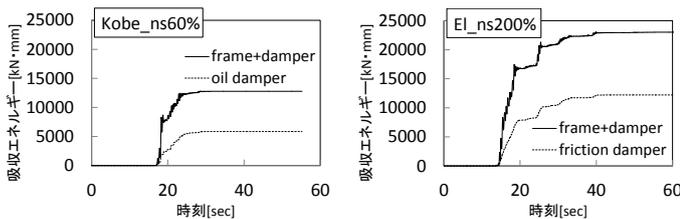


図 6 累積吸収エネルギーの時刻歴

図 7 には El_ns20,40,100,140% 基準化波を入力した際の最大応答変形と最大応答加速度について、ダンパを設置した場合の設置しない場合に対する比を示す。何れの地震動レベルにおいても変位応答低減が認められ、特にオイルダンパを設置した場合には、加速度応答の増加を抑制できていることがわかる。

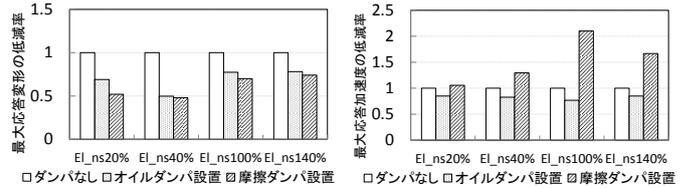


図 7 最大応答変形及び最大応答加速度の低減率

3.2 固有振動数と減衰定数の推移、接合部の損傷状況

図 8 にはホワイトノイズ入力の結果から評価した弾性域加振前及び塑性域加振後の固有振動数と、RD 法により同定した減衰定数を重ねて示す。固有振動数については、摩擦ダンパを設置することで増加する傾向があることを確認した。また、減衰定数の推移より、ダンパの設置によって減衰定数が増加することが認められた。図 9 には、各地震動入力に対するダンパ取付け金物の最大滑り変位と最大浮き上がり変位を示す。表 2 には、接着剤の接着強さと、実験時に接合部に生じた最大せん断応力と最大引張応力を示す。メーカー公称の接着強さに対する最大応力は 30% 以下であり、全ての加振で取付け金物接合部の変形は極めて小さく、損傷は見られなかった。

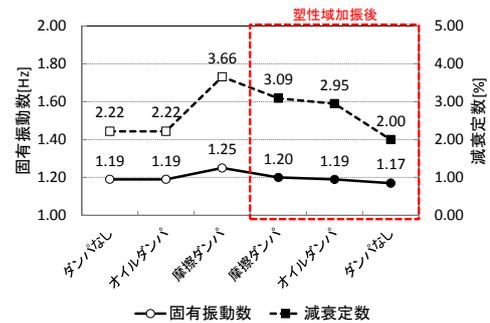


図 8 固有振動数と減衰定数の推移

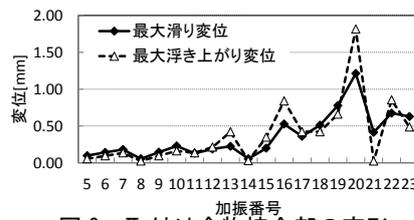


図 9 取付け金物接合部の変形

表 2 接着接合部の接着強さと最大応力

	引張	せん断
メーカー公称の接着強さ[N/mm ²]	8.0	15.7
接合部に生じた最大応力[N/mm ²]	2.1	1.4

4. まとめ

極めて強い地震動入力に対しても、ダンパを方杖状に設置することで応答変形を大幅に低減でき、特にオイルダンパを用いた場合は応答加速度の低減にも有効であることを示した。また、接着剤による取付け金物接合部が安定した性能を有することが認められた。

【参考文献】

- 1) 曾田五月也、他：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 2 鉄骨柱梁接合部の慣性力載荷実験, 日本建築学会大会学術講演梗概集, C1, pp.1005-1006, 2012.9

*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)

*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.