

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4- 既存2層鉄骨造建物に対するDIY制震補強工法の施工実験

正会員
同

曾田五月也*¹ 花井勉*²
皆川隆之*³ 宮津裕次*⁴
丸野悟司*⁵ ○佐藤剛生*⁶

低層鉄骨造
摩擦ダンパ
DIY
振動測定実験
制震補強
時刻歴応答解析

1. はじめに

本報告では、初めに既存の2層鉄骨造建物のDIY補強実験を実施し、施工の手順と作業をして得られた知見について報告する。なお柱梁と取付け金物の接合には、既報¹⁾(その1)で作業性が優れていた接着剤接合と一般的に信頼性の高いワンサイドボルト接合を用いた。また補強前後に実施した振動測定実験の結果と、地震動に対する補強効果を時刻歴応答解析により検討した結果を述べる。

2. 対象建物の概要と補強方法

補強対象とした建物は、2階建ての鉄骨造の事務所で、1階は鉄骨ラーメン構造、2階はピンブレース構造である。写真1には対象建物の外観を示す。ダンパには50kN級リング摩擦ダンパを使用した。図1には摩擦ダンパに載荷速度200mm/minで5サイクルの繰り返し載荷試験を行って得た荷重変形関係を示す。図2には対象建物の伏図、軸組図とダンパ設置個所と適用した接合方法を、表1には接合部の強度を、図3には取付け金物の詳細図を示す。なお接着剤はその3で使用したものとする。

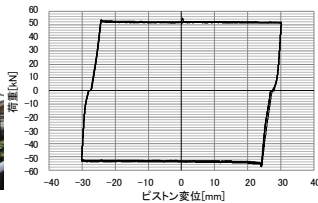


写真1 対象建物外観 図1 摩擦ダンパの荷重変形関係

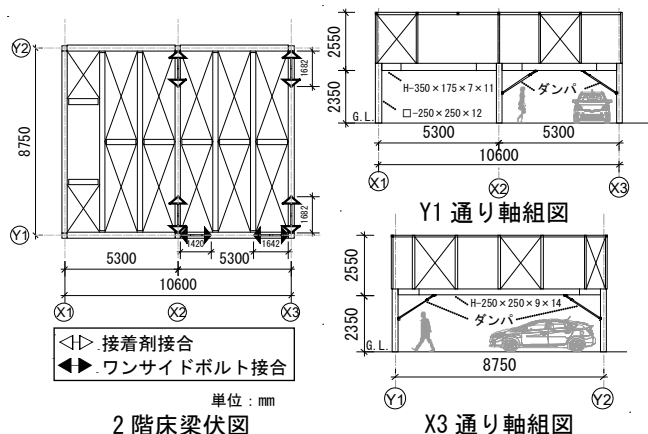
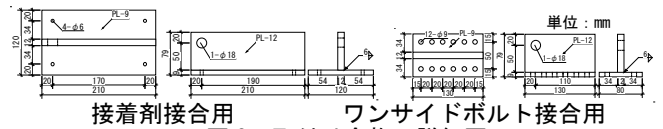


図2 補強対象建物の伏図と軸組図

表1 接合部の強度

	メーカー公称の引張接着強度	メーカー公称の引張せん断接着強度	接着面積使用本数	接合部の引張強度	接合部のせん断強度
接着剤接合	8.0 N/mm ²	15.7 N/mm ²	120 × 210 = 25200 mm ²	202 kN	396 kN
ワンサイドボルト接合	39.7 kN/本	25.5 kN/本	12 本	476 kN	306 kN



3. 施工手順と作業性の検証結果

施工手順を写真2に示す。まずダンパを設置する仕口周辺の躯体表面および取付け金物の接合位置を確認し、梁が天井に隠れている場合は仕口から接合位置までの天井パネルを取り外した。また、取付け金物の位置が梁のジョイント部に干渉する場合は接合位置を調整した。次に、取付け金物の接合位置の墨出しを行い、ワンサイドボルト接合の場合は先穴の開孔を、接着剤接合の場合は、接着面の塗装と黒皮を落とすため、市販の溶剤とサンダーにより表面処理を行った。続いて、取付け金物を各接合方法により柱梁に接合した。なお、ワンサイドボルト接合では梁への先穴の開孔が上向きの姿勢となり時間を要したが、接着剤接合は素人にも施工が容易であった。なお、接着剤接合の取付け金物の仮固定方法には、柱側はドリルねじ、梁側はクランプを使用した。接着剤の養生後、専用ピンでダンパと取付け金物をピン接合した。なお、ピン孔の微小なずれには、ダンパに設けた長さ調節ねじにより対応した。最後に、天井パネルの仕上げのみは内装業者に依頼し補強完了となった。ダンパの取付け作業は、素人が5人で行うことで、実質作業時間は8時間程度、接着剤の養生時間24時間を含めて2日間で完了した。



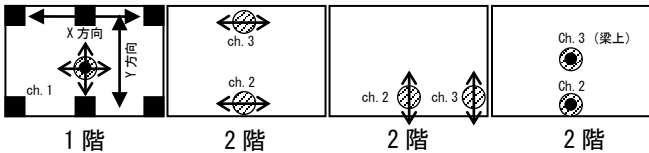
写真2 各手順の施工状況

4. 補強前後における建物の振動性状の検証

補強による建物の振動性状の変化を確認するために実施した振動測定実験の概要を表2に示す。図4には速度計の配置状況を示す。

表2 振動測定の概要

測定方法	計測器	計測方法	サンプリング周波数[Hz]	計測時間×回数
常時微動	速度計	X、Y、上下方向	200	10min×2回
人力加振	速度計	X、Y方向	200	2回
歩行振動	速度計	上下方向	200	2人×1回



(全計測共通) (X方向計測時) (Y方向計測時) (上下方向計測時)
図4 微動計配置状況

表3には常時微動測定において2階で計測したデータ(ch.2)のフーリエ振幅を1階で計測したデータのフーリエ振幅で除した伝達関数より得られた1次固有振動数を示す。両方向とも1次固有振動数が増加し、建物の剛性が上昇したことが認められる。

表3 固有振動数の評価

	1次固有振動数[Hz]					
	X方向			Y方向		
	1回目	2回目	平均	1回目	2回目	平均
補強前	4.43	4.58	4.51	4.53	4.56	4.55
補強後	4.96	5.00	4.98	4.79	4.81	4.80

図5には常時微動測定で得られた上下方向(ch.3)の振動の伝達関数を示す。補強後は1次固有振動数が増加しピークが低減されていることから、方杖状に設置したダンパは上下振動に対しても振動低減効果があると考えられる。

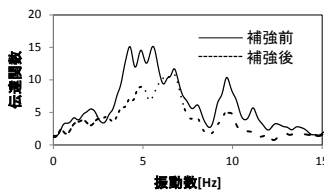


図5 上下方向の伝達関数

表4には、人力加振実験で得られた自由振動波形から対数減衰率により算出した減衰定数を示す。各方向共に補強後には減衰定数が増加していることが分かる。図5には歩行振動実験で計測した振動波形に対して1/3オクターブバンド分析により算出した応答加速度を示す。補強後は応答加速度が低減しており、ダンパが歩行による床振動の低減にも寄与していると考えられる。

表4 減衰定数の評価

		減衰定数[%]		
		1回目	2回目	平均
		X方向	補強前	3.80
	補強後	3.82	4.87	4.34
Y方向	補強前	4.56	4.51	4.53
	補強後	4.79	4.65	4.72

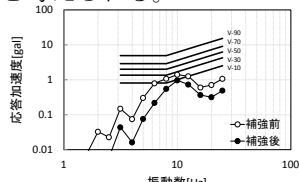


図6 床の上下振動に関する性能曲線

5. 時刻歴地震応答解析による制震補強効果の検証

図7には立体解析モデルを、表5には解析モデルの諸元を示す。入力地震動は、限界耐力計算用の第2種地盤上での極めて稀に発生する地震動の加速度応答スペクトルに適合する模擬地震動とし、X方向とY方向の2方向入力とした。主構造の減衰は瞬間剛性比例型の2%とし、数値積分方法にはNewmarkβ法(β=0.25)を用い、計算の刻み時間は0.001sとした。表6には解析により得られたX1構面とX3構面の最大応答変形を示す。補強前にはX3構面の変形が大きいが、補強後は各構面の変形バランスが改善され、最大応答変形も低減出来ている。図8には各層各方向の重心位置の荷重変形履歴を示す。なお、縦軸は層せん断力を示している。補強後において、1層の層間変形をX方向では91%に、Y方向では70%に低減出来ている。2層はわずかに低減出来ているが、1層と比較し補強前後の差は小さかった。図9には重心位置における各層各方向の最大応答加速度を示す。X方向では補強前後の差は小さいが、Y方向では82%に低減出来ている。

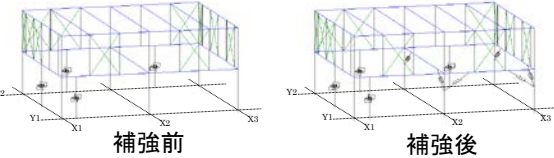


図7 立体解析モデル

表5 解析モデルの諸元 表6 X1、X3構面の最大応答変形

	質量[t]		1次固有振動数[Hz] (ダンパなしの場合)
	1階	2階	
	51.54	14.58	3.06

	最大応答変形[mm]	
	X1構面	X3構面
補強前	33.3	46.8
補強後	29.2	27.0

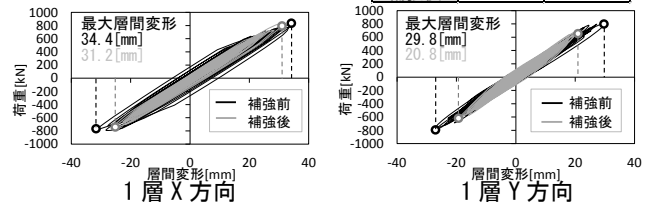


図8 各層各方向の重心の荷重変形関係

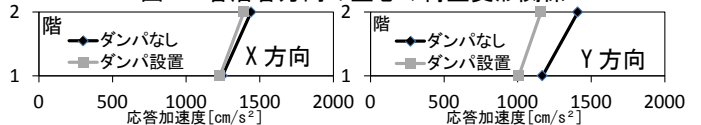


図9 各層の重心の最大応答加速度の比較

6. まとめ

施工実験により、提案する制震補強は少人数かつ短期間で施工可能であることを示した。特に、接着剤接合は鋼材への開孔作業が無く簡易であり、施工性は極めて高かった。振動測定実験および地震応答解析により、補強による振動低減効果を示した。

【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1)日本建築学会大会学術講演梗概集,C1,pp.1003-1004,2012.9

*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)

*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.