

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- 技術開発の概要及びDIY用ダンパ接合部の検討

正会員 〇曾田五月也*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 塑性化 DIY
 ダンパ 施工性

1. はじめに

鉄骨ラーメン造等の靱性変形能力を活かす設計を採用する建築物は、大規模地震時に建築物が倒壊しないことは守られても、躯体の塑性化及び二次部材等の損傷は免れ得ず、特に南海トラフ地震や東京北部地震等の巨大地震の発生が想定される地域では、資源環境、社会活動の観点からも早期に耐震補強すべき構造といえる。しかし、平屋から3階建ての既存建築物は余りにも多く、専門家による対応のみでは、補強実施までにかかる手間や経済的な問題と相まって耐震補強が進まないのが現状であり、DIY手法（本研究では、簡易マニュアルのみで素人が設計・施工を行う手法と定義）も含めた低コストで実現可能な工法が必要であるといえる¹⁾。そこで、著者らは建築物所有者に直接訴求できる低層鉄骨造用DIY制震補強工法を提案する。本稿では、技術開発の概要及びDIY用ダンパ接合部に関する検討結果を報告する。

2. DIY制震補強工法の概要

2.1 低層鉄骨造調査

低層鉄骨造の一般設計物件より、標準的な柱梁断面の組み合わせを整理した。表1には、補強材を取付ける検討用代表断面の一例として1階柱と2階床梁の断面を示す。表2には、構造様式としてラーメン構造をもつハウスメーカーの仕様および柱梁断面を調査した結果を示す。

表1 用途・階数別検討用代表柱梁断面表

用途	階数	1階柱断面	2階床梁断面
住宅、事務所、福祉施設等	1~2	□-200×200×9	H-250×125×6×9
	2~3	□-250×250×12	H-400×200×8×13
	4~5	□-300×300×19	H-600×200×11×17
工場	1~2	H-300×300×10×15	H-300×300×10×15

表2 ハウスメーカーラーメン構造検討用代表柱梁断面表

構造	階数	1階柱断面	2階床梁断面
ユニット	2	□-100×100×4.5	H-150×75×4.5×6
システムラーメン	3	□-150×150×9	H-250×125×4.5×9

2.2 設計クライテリアに関する調査

本制震補強の目的は、躯体の過大塑性変形の防止、二次部材の損傷の抑制にあることから、制震補強によりどの程度に層間変位を抑えるかが重要となる。鉄骨造の応答と損傷の関係を文献調査した結果²⁾、取付け仕様は若干違うものの層間変形角が1/100[rad]を超えると損傷が目立ち始め、1/50[rad]を超えると取り換えが必要なほどの損傷となるようである。したがって、設計クライテリアとして想定する大地震時の層間変形角を1/50[rad]とする。

2.3 ダンパ要求性能検討

今後の簡易な設計マニュアル作成を考慮し限界耐力計算により対象地震動による各階の層間変形をクライテリア内に収めるダンパ量を算定する。対象地震動は予測震度レベルにより基準とする安全限界時地震動の振幅を調整したものとする。建物の特性は断面組合せごとに損傷限界時の最大変形角が1/200[rad]となるよう骨格曲線を設定し、ダンパの効果は減衰定数に見込むこととする。なお、ダンパの設置位置には、空間利用を制限しない方杖型設置を採用し、対象ダンパはオイルダンパ及び摩擦ダンパとする。

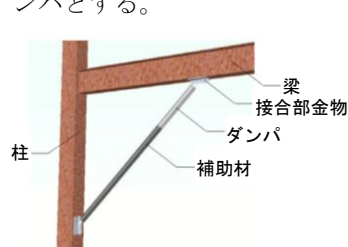


図1 ダンパ設置図

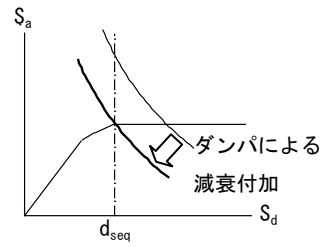


図2 必要ダンパ量の算定

3. DIY用ダンパ接合部の検討

3.1 接合方法案

低層鉄骨造のラーメンフレームに簡易に取り付けられる接合方法としてドリリングタッピンねじ（以下ドリルねじ）、構造用接着剤、ワンサイドボルト、仮設用挟締金具（クランプ）及び磁石を用いた工法について施工面、強度面及び安全面について調査を実施した。調査結果より、磁石による接合は安全上の理由から素人が扱うには困難であると判断した。表3に各工法の特徴を示す。

表3 接合工法の特徴

接合部案	特徴
ドリルねじ	鉄骨下地へのパネル等の取付け用 適用鋼板厚6~12mm ※板厚による制限あり
ワンサイドボルト	市販のインパクトで施工可能 先穴加工が必要 ※板厚による制限あり
構造用接着剤	二液室温硬化型接着剤 専用ガンにより施工
仮設用挟締金具（クランプ）	ボルト締め比べ、施工性が高い ※角型鋼管へは適用不可

3.2 接合部実験

本実験では、調査を実施したそれぞれの接合工法によりダンパ端部の取付け金物を梁母材に接合し、その施工性を検証する。また、接合部に対して直接載荷試験を行いダンパ取付け部の力学性能を確認し、最適な接合方法を策定することを目的とする。

3.3 実験システム

本実験の加力装置には 30kN 級アクチュエータを使用する。試験体は 2 階建ての梁材を想定したフランジ厚 9mm の H 形鋼に、CT 形鋼を用いて製作した取付け用金物を各種の構法により接合したものである。図 3 に示すように、低層鉄骨造の仕口部に方杖状に設置された摩擦ダンパの抵抗力が取付け部に作用することを模擬するため、試験体をアクチュエータの加力軸に対して 34° 傾けて反力台に設置する。取付け金物とアクチュエータの加力部とはピン接合されている。載荷方法は荷重制御の正負交番載荷とし、載荷速度の最大値が 0.5[kN/sec]となるよう設定した正弦波を入力した。図 4 に取付け金物詳細図、図 5 に実験システムを示す。

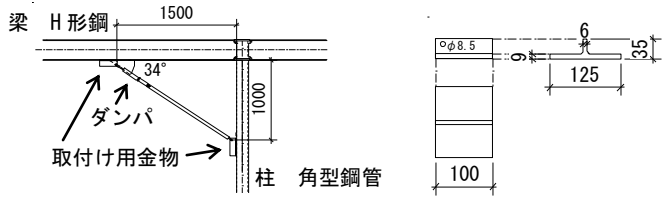


図 3 架構へのダンパ設置方法例 図 4 取付け金物詳細図

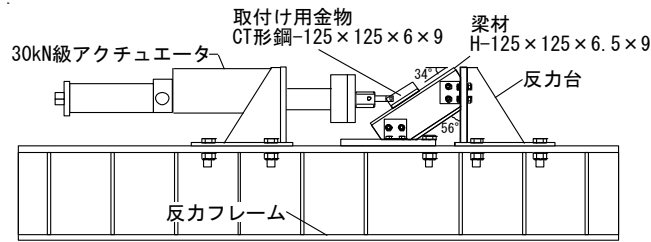


図 5 実験システム

3.4 接合部の仕様詳細

表 4 には接合仕様の一覧を示す。接合部には、2 階建て建物に設置するダンパの最大抵抗力として 15[kN]が作用するとして決定した。図 6 には各試験体の詳細図を示す。

表 4 接合仕様の一覧

構法名	使用材料	必要量	使用工具
ドリルねじ接合	六角ヘックス#5	8本	スクリュードライバー-6801N
接着接合	メタルグリップ	10ml	専用ガン
ワンサイドボルト接合	シュアツイスト SB0823	4本	インパクトドライバー
狭締金具接合	アイアンマン AC45	2個	トルクレンチ

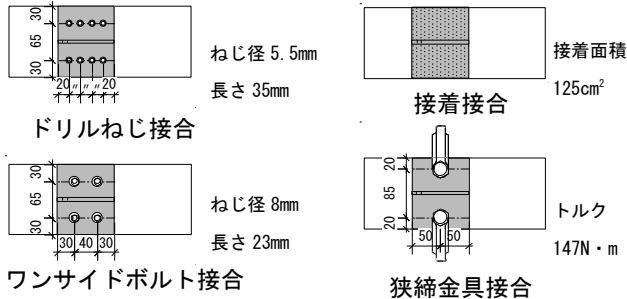


図 6 試験体詳細図

3.5 実験結果と考察

a. 施工性の検証

4 つの接合方法の施工状況を写真 1 に示す。いずれも専門技能がなくとも施工可能で、強度設定も可能であるが、施工の容易さからは母材を加工する必要がない挟締金具、接着剤を用いた接合が適しているといえる。



【ドリルねじ】 施工時間は 1 本 当たり 3~5 分
 【接着剤】 素人にも施工は 容易である
 【ワンサイドボルト】 下穴加工にかかる 時間が主
 【狭締金具】 接合位置の 再調整が可能

写真 1 接合案の施工状況

b. 最大滑り変位、最大浮き上がり変位と荷重の関係

図 7 には各取付け工法での最大滑り変位、最大浮き上がり変位と荷重の関係を示す。最大 18[kN]の静的な載荷に対しても、取付け金物の滑りと浮き上がり変位は微小であり、ダンパの効果に悪い影響を与えることはないといえる。また、繰り返しの載荷に対してもダンパ取付け部の損傷は確認されなかったことから、各工法による接合方法が妥当であることを示した。

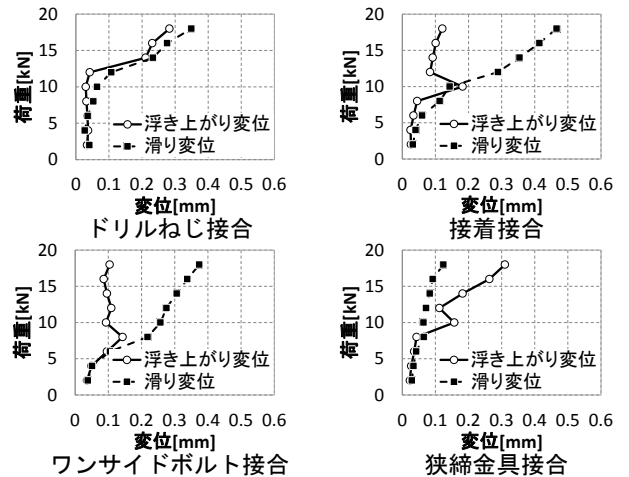


図 7 最大滑り変位、最大浮き上がり変位と荷重の関係

4. まとめ

本報告では、DIY 制震補強工法の概要を示した。また、DIY 用ダンパ接合方法として、ドリルねじ、接着剤、ワンサイドボルト、狭締金具による工法を提案し、接合部実験より、いずれも強度的に十分であることを示した。なお接着接合の耐久性については今後検討が必要である。

【参考文献】

- 1) 曾田五月也：戸建木造住宅の DIY 制振補強法の検討、『STRUCTURE』No.106,pp.8-9,2008.4.
- 2) 花井、他：低層鉄骨造住宅の実大振動実験 その 4 非構造部材の損傷状態、日本建築学会大会学術講演梗概集、B2,pp.1025-1026,1998.9

*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修士課程

*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.