

# 技術開発成果報告書

事業名 住宅等の安全性の向上に資する技術開発	課題名 靱性確保型低層鉄骨造の大規模地震時の損傷抑制用 DIY 制震補強に関する技術開発
---------------------------	--

## 1. 技術開発のあらまし

### (1) 概要

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構造の素人が設計・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。そこで、構成員らは建築物所有者に直接訴求できる低層鉄骨造用DIY制震補強工法の技術開発を行った。

#### (1) DIY制震補強工法に関する技術開発

##### 1) DIY接合について

DIY用の接合調査から、専門技能がなくても接合できる方法として、①ドリルねじ、②接着剤、③ワンサイドボルト、④クランプ（挟締金物）を選択し、接合部試験体製作および局部強度実験を通して、②接着剤接合、③ワンサイドボルト接合が確実にしかも比較的簡易に接合が可能であり、④クランプは2次的なセーフティ機構として用いることが有効であることが分かった。



① ドリルねじ

② 接着剤

③ ワンサイドボルト

④ 挟締金具

図1 簡易接合案の施工状況

さらに、実際の建築物を用いた2回の施工実験からは、接着剤による接合が素人によるDIY接合として施工性に優れていることが分かった。ただし、本補強を多数行なうリフォーム業者等の施工者であれば、専用工具を用いたワンサイドボルト接合も選択肢に入るであろう。

尚、接着剤による接合は、接合部局部実験と接着剤メーカーヒアリングにより、構造性能はメーカー公称耐力からばらつきがほとんどないこと、水、温度、光、紫外線、クリープおよび薬品に対する耐久性は、本工法の使用状態から問題とならないことを確認した。設計ではメーカー公称耐力に安全率3を見込んで設計するものとする。

##### 2) ダンパーを組み込んだ構面の動的性能について

3回にわたる実大の慣性力載荷実験と、2回にわたる実大の振動台実験を通して以下のことが分かった。尚、建築物の使用勝手に影響が少ないよう、ダンパーは柱梁仕口部に方杖状に配置している。

- ダンパーにはオイルダンパー、粘弾性ダンパー、摩擦ダンパーを用いたが、いずれも設置しない場合よりも応答抑制効果がある。また、この結果は解析で照合できる
- 躯体が塑性域に達する実験では、ダンパー設置により過大な躯体の塑性化を防ぎ、全吸収エネルギーの半分をダンパーが負担していた
- 摩擦ダンパーは剛性が高くなること、オイルダンパーは加速度低減効果と残留変形抑制効果が高いことから、摩擦ダンパーは単独でなく、粘性系ダンパーと併用して用いると良い
- 接着剤による接合は、この実験の範囲であるが、その構造性能が立証された
- 施工のばらつきを考慮して、所定の位置より20mm程度ずらした実験も行ったが、この程度

では応答性状に影響はなかった

- 平面的に極端にダンパーを偏心配置した実験を行ったが、ねじれ挙動が少し励起されるものの、配置しない場合に比べ、ある程度の応答低減効果が得られる

以上により、低層鉄骨造の柱梁仕口部に方杖状にダンパーを配置する制震補強工法として、接着剤およびワンサイドボルト接合による工法が実用化技術として開発された。

## (2) DIY用マニュアル整備に関する技術開発

### 1) 設計マニュアル

低層鉄骨造の調査・検討で求めた想定断面組合せごとに、必要ダンパー量を組み込んだDIY用の設計マニュアルを作成した。建築物所有者は、予測される震度と、想定する損傷の程度に応じてフローに従いダンパーの容量・配置を決めることができる。取付け金物など周辺部材は、ダンパー最大荷重により設計されている。



図2 マニュアル

### 2) 施工マニュアル

2回にわたる施工実験を通じて、接着剤による接合を主とした施工マニュアルを作成した。構造の素人でも分かるよう、写真・挿し絵を多用し、注意事項、チェックリストも用意して、安全確実な施工ができるよう配慮している。

## (2) 実施期間

(平成23年度～平成24年度)

## (3) 技術開発に係った経費

(技術開発に係った経費 12,320 千円 補助金の額 6,160 千円)

## (4) 技術開発の構成員

早稲田大学 (創造理工学部建築学科教授 曾田五月也)

(株式会社建築研究所 (代表取締役 花井 勉))

## (5) 取得した特許及び発表した論文等

取得した特許：なし

発表した論文

1. 平成24年9月 日本建築学会大会学術講演梗概集

(早稲田大学創造理工学部建築学科 教授 曾田五月也、他)

タイトル：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, 2,B-3,pp.1003-1006

2. 平成25年8月 日本建築学会大会学術講演梗概集

(早稲田大学創造理工学部建築学科 教授 曾田五月也、他)

タイトル：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3～7,B-3,pp.1357-1366

## 2. 評価結果の概要

### (1) 技術開発成果の先導性

制震補強が有効な靱性確保型の低層鉄骨造の構造躯体に、接着剤等を用いて簡易に後付けでダンパーを設置する工法が提示されたことで、中高層鉄骨造への展開、中低層の木造ラーメン構造、伝統木造工法などへの展開が考えられる。

鉄骨造建築物の耐震（制震）補強の DIY 化により、耐震補強が身近なものとなり、この経験者は専門家でなくても友人の相談に乗ることができるようになる。特に構造を専門としないリフォーム業者が営業項目に耐震補強を掲げられるようになることで、耐震補強の一層の促進が期待できる。

### (2) 技術開発の効率性

構成員間の主たる作業の分担は以下のようになっている。

A.早稲田大学曾田研究室：実験、評価、全体監修

B.えびす建築研究所：調査、実験補助、設計・施工マニュアル作成

A は耐震・免震・制振を専門とする研究室であり、研究の一環としてこれまでの知見をもとにダンパー、接合部の提案から局部実験、構面の動的実験、および振動計測までを大学の実験施設・装置等を使って実施でき、資金も実験用の消耗品費に充てることができたため効率的である。B は設計事務所の特徴を生かし、過去の鉄骨造の実態調査、限界耐力計算法を用いた DIY 用補強設計法の確立、施工実験の手配、およびマニュアル化を経験に基づき作業できた。

### (3) 実用化・市場化の状況

補助終了後の 25、26 年度にはハウスメーカー、プレハブメーカーへの企画持ち込みとともに、ダンパーメーカー、接着剤メーカーと低コスト化を含めた改良開発を継続している。要望により新築への取り付けも視野に入れていく。

### (4) 技術開発の完成度、目標達成度

上記のように補助終了後も低コスト化、DIY としての扱いやすさの観点から改良を行っている最中である。大胆な改良を行っている現時点では目標達成度は 70%位と判断している。

### (5) 技術開発に関する結果

#### ・成功点

一般的な材料の接着剤、クランプ等を、基準法を満足している躯体に耐震・制震性能向上の目的で用いることで、展開の自由度が広がった。

1 階駐車場のピロティ建築物 2 棟に実際に施工実験をさせて頂いたことで、DIY 施工の注意点のほか、心理的を含めた補強効果、現しのままの見栄えの評判など、たいへん有意な情報が得られた。

#### ・残された課題

2、3 層の鉄骨造建築物に見合った容量のダンパーが実際の市場になく、ダンパーメーカーに新規に開発・製造を依頼することとなった。また、今回の要求に最適な接着剤の選定も初めて扱う材料であることから時間がかかっている。

## 3. 対応方針

### (1) 今後の見通し

上記課題に対し、ダンパーメーカーの開発製造に協力するとともに、このコストダウンには販売量が絡むので、ハウスメーカー等の新築への装備を視野に入れることとする。また、接着剤メーカーとともにこの仕様条件下での各種依存性、施工性実験等を繰返し、低コスト最適仕様を見つけていく。