

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 既存 RC フレームに合成接合される枠付き鉄骨ブレースを用いた耐震補強法に関する技術開発
<p>1. 技術開発のあらまし</p> <p>(1) 概要 耐震補強法の一つとして枠付き鉄骨ブレースを既存の RC フレームに取り付け、一体化を図る在来工法は大きく 4 種類に分類される。すなわち、① あと施工アンカーを多量に用いた間接接合、② エポキシ樹脂などを用いた接着接合、③ 目荒らしやコッターに加えて無収縮モルタルを用いた摩擦接合、④ ボルト・ナット等を用いた直接接合などが提案されている。中でも① のあと施工アンカーを用いた間接接合が一般的に広く多用されている。耐震補強に関する本技術開発の成果として、これらの在来工法とはまったく別の発想で鋼板とグラウト材を用い、枠付き鉄骨ブレースを PC 鋼棒で側柱に緊結合し、一体化を図る耐震補強工法を「合成接合法」として新規に提案した。そのため、あと施工アンカーの使用が激減し、側柱が鋼板補強され、かつ現場工事環境の改善と現場工事期間も短縮され、コストも下がった。</p> <p>(2) 実施期間 平成 21 年度～平成 23 年度</p> <p>(3) 技術開発に係った経費(3 年間の合計) (技術開発に係った経費 75,951 千円 補助金の額 35,342 千円)</p> <p>(4) 技術開発の構成員 琉球大学 (工学部環境建設工学科教授 (現在、琉球大学名誉教授) 山川哲雄) 株式会社 仲本工業 (代表取締役 仲本豊) 有限会社 長嶺総合設計 (代表取締役 長嶺安一) 株式会社 建造設計 (代表取締役 山盛善貴)</p> <p>(5) 取得した特許及び発表した論文等 取得した特許 1. コンクリート構造物の耐震補強構造 (特許第 5227815 号)</p> <p>発表した論文 1. 平成 25 年 3 月 日本コンクリート工学会 (琉球大学名誉教授 山川哲雄) タイトル: Retrofitting of RC Frames by Steel Braced Frames Utilizing a Hybrid Connection Technique 2. 平成 24 年 8 月 日本建築学会 (琉球大学名誉教授 山川哲雄) タイトル: 合成接合法及び間接接合法により枠付き鉄骨ブレースで補強された RC 造骨組の耐震性能の比較検証 3. 平成 22 年 5 月 日本建築学会 (琉球大学工学部教授 山川哲雄) タイトル: Capacity-Based Analytical Evaluation of Retrofitted RC Frames - A New Hybrid Connection for Installation of a Steel Braced Frame inside a RC Frame (Part 2) - 4. 平成 21 年 8 月 日本建築学会 (琉球大学工学部教授 山川哲雄) タイトル: Cyclic Loading Tests on Retrofitted RC Frames - A New Hybrid Connection for Installation of a Steel Braced Frame inside a RC Frame (Part 1) -</p>	

2. 評価結果の概要

(1) 技術開発成果の先導性

耐震補強は平成 23 年 3 月の東日本大震災（M=9.0）においてもその有効性が確認された。一方、政府は地震国である日本国土の強靱化を目指して、平成 18 年 1 月に施行された「改正耐震改修促進法」の二度目の改訂が平成 25 年 5 月に行われ、耐震診断及び耐震改修の努力義務の対象となる建物の範囲拡大（旧基準によるすべての建物が対象）や、大規模建物所有者に耐震診断の義務化とその結果の公表を課した。このように、社会の動きは今後見舞われるであろう大地震に備えて、建物の耐震診断・改修が一段と加速されることになった。本研究はこのような社会の動きとニーズを先取りし、社会の期待に応えるべく、平成 7 年 1 月に起きた阪神淡路大震災直後の 4 月から、耐震補強工法の技術開発に取り組んできた。これらの継続した研究の積み上げの過程で、同じ枠付き鉄骨ブレースであっても、これを既存 RC フレームに取り付け、一体化する合成接合技術を新規に開発した。この合成接合技術は在来の補強工法にない新しい補強技術であり、本技術開発の主要な成果である。本合成接合技術は門形枠付きで、内付けであればどんなブレースであれ、耐震補強要素として適用可能な一般性と先導性を有する。

(2) 技術開発の効率性

既存 RC フレームに組み込まれ、一体化された枠付き鉄骨ブレースに関する 1/3 前後の縮小模型試験体を製作して、一定軸圧縮力下の正負繰り返し水平加力実験を琉球大学で継続的に行ってきた。また、施工実験に当たり既存 RC 造建物の耐震診断、補強計画・設計に加えて設計・施工管理マニュアル等を本事業の構成員である構造設計事務所 2 社が担当した。施工実験は施工マニュアルの作成とともに、枠付き鉄骨ブレースの製作を本事業の構成員で、ファブを有する地元施工会社をお願いした。その結果、大学、構造設計事務所、施工会社・ファブの 3 グループがそれぞれ実験、設計、施工の分野から協力・連携体制を構築し目的や目標を共有しつつ、一体となった効率の良い技術開発を行うことができた。

(3) 実用化・市場化の状況

本技術を HC 工法（合成接合法を用いた門形枠付き鉄骨ブレース増設補強）と呼称し、この HC 工法を市場化するために日本建築総合試験所（GBRC）より、平成 25 年 1 月に建築技術性能証明書（GBRC 性能証明第 12-29 号）を取得した。さらに、特許庁より平成 25 年 3 月特許第 5227815 号（コンクリート構造物の耐震補強構造）が HC 工法として登録された。同年 5 月に HC 工法の設計・施工マニュアルを作成、印刷製本し、そのうち 100 部程度を構造設計事務所などに配布した。次いで、HC 工法研究会を発足させ、その会則と HC 工法研究会参加申込書を平成 25 年 8 月に作成し、現在、参加企業及び参加者を募っている最中である。

(4) 技術開発の完成度、目標達成度

門形枠付き鉄骨ブレースを耐震補強として既存 RC フレームに取り付け、一体化する合成接合技術の完成度は、施工実験も終了し、設計・施工マニュアルが整備されているので概ね 100% に近いと言える。さらに、平成 24 年 5 月から約 3 ヶ月費やして、ブレースが引張応力を受けた時、鋼板や緊結ボルトに生じる応力の範囲を実験で検証し、鋼板や緊結ボルトの設計式を作成し、設計・施工マニュアルに反映させた。本技術は門形枠付き鉄骨ブレースをいかにして既存 RC フレームに内付けし、一体化するかが技術開発のポイントである。すなわち、合成接合技術の確立が最重要課題である。この技術が確立されれば、内付けの門形枠付きブレースにはどのようなブレースであれ耐震補強要素として効果的に、かつ広範囲に活用することが可能となる。今後広く利用していただくために、K 形やマンサード形のみならず、X 形をはじめ、各社の枠付き鉄骨フレームを利用した各種ブレースが採用できるようにならなければならない。このようにして、合成接合技術が実際の建物の耐震補強工事に広く活用されて、初めて目標達成度が 100% に達したことになると考えている。

(5) 技術開発に関する結果

・成功点

- 1) あと施工アンカーを用いないで枠付き鉄骨ブレースの枠材を既存 RC フレームに、鋼板、緊結ボルト・ナットおよびグラウト材で取り付け、一体化する合成接合法を具現化した。
- 2) 従来の枠フレームが門形フレームで可能であり、下枠が不要である。
- 3) 枠付き鉄骨ブレースの枠材を合成接合法により既存 RC 柱に取り付け、一体化するので側柱が鋼板巻き立て補強と類似の補強となり、軸耐力の増大に加え、高せん断補強効果と高靱性を期待できる。
- 4) 合成接合法の採用により、現場作業期間の短縮とコストの削減が期待できる。
- 5) あと施工アンカーの使用が大幅に減少し、低騒音、低振動、低粉塵が期待でき、工事現場環境を一段と改善することができた。

・残された課題

- 1) 各社の枠材付きブレースに関して、本技術開発で新規に提案した合成接合法の適用実験・解析・設計的検討を関係各社と連携・協力して行う。そのうえで、これらの耐震補強性能を確認し、本合成接合法の活用を図る。
- 2) 既存 RC 柱の側面に袖壁や耐震壁が付随しても、本技術である門形枠材を用いた鉄骨ブレースに合成接合法を適用可能か。
- 3) 1本の既存 RC 柱に X 方向と Y 方向の直交する 2 方向同時に、本技術である門形枠材を用いた鉄骨ブレースによる合成接合法を適用可能か。

3. 対応方針

(1) 今後の見通し

本技術に関してはすでに述べたように、日本建築総合試験所 (GBRC) の建築技術性能証明書 (GBRC 性能証明 12-29 号) を取得し、かつ特許庁に特許第 5227815 号 (コンクリート構造物の耐震補強構造) が登録されている。本技術の特長は枠付きブレースを既存 RC フレームに取り付け、その接合部が鋼板、緊結ボルト・ナットで構成され、その際に生じた空隙をグラウト材で完全に充填し、一体化することにある。

この新しい技術が合成接合法 (Hybrid Connection) と呼ばれるのにふさわしいので、HC 工法と呼称することにした。この HC 工法を普及させるために、HC 工法研究会を立ち上げた。この小さな組織を母体に、HC 工法が耐震補強を必要とする中低層 RC 造建築物に広く採用してもらえるように、技術営業活動をさらに強化しなければならないと考えている。そして、HC 工法の採用実績を少しずつ積み上げていくことがなによりも重要である。と同時に、各社の枠付きブレースがこの HC 工法で既存 RC フレームに取り付けられ、容易に一体化が図れるとともに、耐震補強工法として経済的で、効果的であることを実証し、本技術のさらなる普及を目指す予定である。

各社の枠付きブレースに関して、本技術開発で新規に提案した HC 工法の適用実験・解析・設計的検討を関係各社と連携・協力して行う。そのうえで、これらの耐震補強性能を確認し、HC 工法 (合成接合法) の活用を図ることを考えている。