

(様式第3号)

論文要旨

論文題目

合成接合技術を用いて枠付き鉄骨ブレースを増設した RC 造骨組みの耐震性能とその性能評価法に関する実験的研究

1995年1月に発生した兵庫県南部地震による被害を受け、旧耐震基準で設計された建築物において、耐震性能に問題ありと判断された既存不適格建築物の耐震安全性の向上が社会的課題となった。そこで、同年12月には既存不適格建築物の耐震性に関する安全性確保を目的とし、耐震診断及び耐震改修を促すための「建築物の耐震改修の促進に関する法律」が制定された。これを受け、子供たちの教育施設で、かつ災害時の地域避難施設である学校施設を中心に積極的な耐震診断、耐震改修が行われるようになり、その実施事例はかなり増加してきた。2011年3月11日に発生した国内観測史上最大の東北地方太平洋沖地震(M=9.0)では建築物や道路、橋梁といった土木構造物にも多大な被害を被った。しかしながら、局部的に震度7を記録した地域があるにも係らず、地震動によるRC造建築物の被害は少なく、被害を受けたRC造建築物の多くは津波による被害、あるいは1981年以前の旧耐震基準で設計された建築物であると言われている。一方、1981年に施行された新耐震設計法で設計された建築物、旧耐震基準で設計されているが耐震補強が施された建築物の大部分は小さな被害レベルに留まり、強い地震動を受けながらも被害が少なかった。このことから、耐震改修の必要性、妥当性が広く認識されるようになった。

既存RC造建築物を対象とした耐震補強法の1つに、(財)日本建築防災協会により提案されている間接接合法を用いて枠付き鉄骨ブレースを増設する工法が多く採用されている。間接接合法は既存躯体と枠付き鉄骨ブレースとの接合に頭付きスタッドとあと施工アンカーを用い、その隙間を無収縮グラウト材で充填して既存躯体と枠付き鉄骨ブレースを一体化する工法である。間接接合法は、鉄骨枠にあらかじめ溶接された頭付きスタッドに合わせて多くのあと施工アンカーを必要とする。そのため、補強工事に伴って、振動や騒音、粉塵が発生し、周辺環境への障害が懸念される。昨今、学校や病院施設といった実質的に利用者(患者)の移動が困難な用途の建築物の耐震補強工事は居ながら補強を前提に低振動、低騒音といった配慮も求められる。

本研究では既存RC造骨組みを鋼板、PC鋼棒及び無収縮グラウト材で巻き立て補強すると同時に、枠付き鉄骨ブレースを接合する新たな耐震補強工法を提案した(以下、合成接合法と称する)。合成接合法を用いて枠付き鉄骨ブレースを増設したRC造骨組みの耐震性能及び構造特性を把握し、その性能評価法を確立することを主な研究目的としている。補強後のRC造骨組みの耐震性能及び構造特性を把握するため、実スケールの約1/3の試験体を製作し、正負繰り返し水平加力実験を行った。また、合成接合法により枠付き鉄骨ブレースを増設したRC造骨組の耐震性能を、間接接合法のそれと定量的に比較検証する。そして、現行の耐震改修を前提として現行基準に基づいて終局耐力、靱性を評価し、それぞれの接合方法により枠付き鉄骨ブレースで補強されたRC造骨組の耐震性能を比較し、その妥当性を調べることで合成接合法の有用性を検証した。

氏名 前田 興輝



(様式第5-2)

平成24年 2月 6日

琉球大学大学院
理工学研究科長 殿

論文審査委員

主査 氏名 山川 哲雄

副査 氏名 森下 陽一

副査 氏名 松井 千秋



学位（博士）論文審査及び最終試験の終了報告書

学位（博士）の申請に対し、学位論文の審査及び最終試験を終了したので、下記のとおり報告します。

記

申請者	専攻名 生産エネルギー工学 氏名 前田興輝 学籍番号 XXXXXXXXXX
指導教員	山川 哲雄
成績評価	学位論文 <input checked="" type="radio"/> 合格 <input type="radio"/> 不合格 最終試験 <input checked="" type="radio"/> 合格 <input type="radio"/> 不合格
論文題目	合成接合技術を用いて枠付き鉄骨プレースを増設したRC造骨組みの耐震性能とその性能評価法に関する実験的研究
審査要旨（2000字以内）	<p>RC造学校校舎の耐震補強には、在来の間接接合法を用いた枠付き鉄骨プレースが多用されている。一方、2011年3月11日に起きた東日本大震災においては、耐震補強・改修した建物には無損傷か軽微な損傷しか生じておらず、耐震補強・改修した多くの建物が安全であったことが確認されている。このことから、1981年以前の旧耐震設計基準で設計された既存建築物の耐震診断・補強が、大地震に極めて効果的であることが広く認識されるようになってきた。したがって、経済的で効果的な新しい耐震補強技術の提案や普及は、社会的にも関心の高い課題でもある。そのような状況下において、著者は同じ枠付き鉄骨プレースを合成接合法という今までにない新規で合理的な工法で、既存RC造フ</p>

(次頁へ続く)

レームと一体化する技術を提案している。この工法によると、同じ枠付き鉄骨ブレース補強法でも合成接合法を採用することによって、主に以下の4点が改善、ないしは可能となることを著者は強調している。

(1) 補強後の耐力と靱性の同時向上が可能、(2) あと施工アンカー使用本数と穿孔数の大幅削減が可能、(3) (2)により、騒音、震動、粉塵などの激減が可能となり、工事現場における仕事環境や居ながら補強が改善され、(4) 既存のRC造柱や梁も同時にせん断補強が可能となる。

以上のことを検証し、在来の間接接合法に代わって、合成接合法を用いた枠付き鉄骨ブレース補強法を新規に提案するために、4つの代表的破壊モードごとの耐震加力実験を行った。すなわち、圧縮ブレースが塑性座屈し、引張ブレースが引張降伏するタイプⅠ、頂部が側柱のパンチングシア破壊を伴いながら、梁との合成接合部がせん断すべり破壊するタイプⅡ-1、脚部が側柱のパンチングシア破壊を伴いながら、アンカープレートのアフター施工アンカー部がせん断すべり破壊するタイプⅡ-2、さらに合成接合法で枠付き鉄骨ブレースが一体化されたRC骨組みが全体曲げ降伏するタイプⅢの実験を行っている。これらの4つの代表的な破壊モードのなかで、タイプⅠが耐力と靱性の両方とも期待できる強度・靱性タイプであり、耐震補強設計上最も望ましい破壊モードであることを確認した。

著者は次いで、これらの代表的な破壊モードの評価式を強度寄与係数、強度と靱性に関して在来の評価式を参考に、定式化した。その結果、実験結果の範囲内ではタイプⅡの水平耐力をタイプⅠの水平耐力で除して求めるせん断余裕度が1.28以上で、鉄骨ブレース節点間の細長比が58以下であれば、耐力と靱性に富んだタイプⅠの破壊モードが確実に期待できることを明らかにしている。

さらに、著者は本提案の合成接合法と比較検証するために、在来の間接接合法でも耐震加力実験を行っている。その結果、在来の間接接合法による補強は現行基準で概ね評価できることを示している。しかし、実験では細長比が58以下を満足し、せん断余裕度が1.1以上あっても、変形が進行すると間接接合部がせん断滑り破壊を起こしている。この事実を踏まえて、著者は強度・靱性型のタイプⅠであっても、在来の間接接合法による枠付き鉄骨ブレース補強法の靱性指標は、最大 $F=1.5$ に抑えたほうが望ましいことを提案している。

以上のことから、本提案の合成接合法を用いた枠付き鉄骨ブレース補強技術は、耐震性能が不足している既存不適格中低層RC造建築物に広く利用される可能性を有する。本技術は強度と合わせて靱性も同時に持ち合わせているので、特に、ピロティ建築物の耐震補強に有効に活用されると同時に、補強・改修工事現場の仕事環境や居ながら補強が騒音、振動、粉塵などの軽減化に伴い、格段に改善されるものと期待される。

したがって、本研究成果は工学的に有用であり、提出された学位論文は博士の学位論文に相当するものと判断し、学位論文の審査を合格とする。また、論文発表会における発表ならびに質疑応答において、申請者は専門分野および関連分野の十分な知識ならびに琉球大学大学院理工学研究科博士後期課程修了者として、十分な研究能力を有していることが確認できたので、最終試験を合格とする。