

(様式第3号)

論 文 要 旨

論 文 題 目

正方形鋼管と帯筋及び緊張PC鋼棒で横補強した合成RC柱の耐震性能に関する研究 (Study on Seismic Behavior of Hybrid RC Columns Confined by Square Steel Tube with Hoops and with PC Bar Prestressing)

我が国は世界で有数の地震国であり、過去に関東大地震(M7.9)、兵庫県南部地震(M7.3)及び今年3月11日に発生した日本国内観測史上最大の東北地方太平洋沖地震(M9.0)等が発生し、その度に建物の倒壊、道路橋梁の被害、その他のインフラ等の被害が伴い、多数の尊い命が奪われている。近年、我が国は首都直下型地震、東海地震、東海・東南海地震の発生が切迫しており、国民の生命・財産を守る社会資本整備が重要課題である。

このような背景のもとで、建物を始め、大地震時における緊急物質の輸送等の重要なライフラインである橋梁等の構造物の耐震設計及び耐震補強に関する研究が重要な研究テーマとなる。

その中で、建物の倒壊のような壊滅的な災害は、建物を支える柱部材の耐震性能に左右されるものと考えられる。そこで、本研究では(1)耐力が大きい、(2)剛性が大きい、(3)靱性及びエネルギー吸収能力に優れた耐震性能のよい合成RC柱部材の開発を主目的とする。

第2章では、鋼管と帯筋で二重に横補強した合成RC柱の提案を行うため、低強度及び高強度コンクリートシリーズの試験体4体ずつの正負繰り返し水平載荷実験を行い、これらの耐震性能を明らかにした。低強度コンクリートシリーズ試験体の破壊モードは付着割裂破壊であったが、高強度コンクリートシリーズの鋼管と帯筋で二重に横補強した合成RC柱の破壊モードは耐震性の優れた靱性タイプの曲げ破壊モードであった。コンクリート強度が少なくとも40MPa程度以上あれば、主筋比が $p_g=4.38\%$ 、せん断スパン比が $M/VD=1.5$ の鋼管と帯筋で二重に横補強した合成RC柱は、優れた耐震性能を有することがわかった。

第3章では、鋼管と緊張PC鋼棒で高横補強した合成RC柱の提案を行うため、基準試験体1体、鋼管とPC鋼棒で高横補強した合成RC柱3体を計画し、正負繰り返し水平載荷実験を行い、これらの耐震性能について検討した。コンクリート強度が少なくとも40MPa程度以上あれば、せん断スパン比が $M/VD=1.0$ で、 $p_g=5.51\%$ の高い主筋比であっても、鋼管と緊張PC鋼棒で高横補強した合成RC柱は優れた耐震性能を有することが分かった。

第4章では、第2,3章で提案した合成RC柱の曲げ強度の評価方法を提案した。提案したファイバーモデル解析による評価方法及び多段配筋柱の曲げ強度略算式をベースにした方法は、本論文で提案した合成RC柱の曲げ強度を適切に評価できることが分かった。

第5章では、第2,3章で提案した合成RC柱のせん断強度に関する評価方法を提案した。本論文で提案した合成RC柱に対する評価結果から、鋼管及び緊張PC鋼棒が合成RC柱の曲げ強度よりもせん断強度に大きく寄与していることが分かった。これはせん断スパン比が小さく($M/VD=1.0\sim 1.5$)、主筋比が大きい($p_g=4.38\sim 5.51\%$)合成RC柱でも優れた耐震性能が確保できる理由と考える。

第6章では、本論文の研究成果の総括を行い、得られた知見及び今後の研究課題等について述べた。本論文の第2,3章で提案した合成RC柱は、コンクリート強度が40MPa程度以上あれば、耐震性能に優れたRC柱部材であることが、本研究で得られた結論である。

氏 名 金田 一男

(様式第5-3)

平成23年 8月 5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 伊良波 繁雄

副査氏名 森下 陽一

副査氏名 崎野 健治



学位（博士）論文審査及び学力確認終了報告書

学位（博士）の申請に対し、学位論文の審査及び学力確認を終了したので、下記のとおり報告します。

記

申請者	氏名 金田 一男		
現住所			
成績評価	学位論文	合格 不合格	学力確認 合格 不合格
論文題目	正方形鋼管と帯筋及び緊張PC鋼棒で横補強した合成RC柱の耐震性能に関する研究		
審査要旨	<p>日本列島には4個のプレートが交錯し、自然の震動台、あるいは地震列島といわれるほど地震が際立って多く、日本及びその近海でマグニチュード6以上の地震が世界の約20%発生していると言われていた。それほどまでに日本は世界で有数の地震国であり、過去に1923年の関東大地震(M7.9)、1995年の兵庫県南部地震(M7.3)及び2011年3月11日日本国内観測史上最大の東北地方太平洋沖地震(M9.0)等が発生し、その度に建物の倒壊、道路橋梁の被害、その他のインフラ等の被害を伴い、多数の尊い命が奪われている。特に、東北地方太平洋沖地震では津波による被害が90%以上を占め、際立っていた。近年、我が国は首都直下型地震、東海地震、東海・東南海地震等の発生が切迫しており、国民の生命・財産を守る防災・減災対策が重要、かつ社会的課題である。</p>		

(次頁へ続く)

このような背景のもとで、建物を始め、大地震時における緊急物資の輸送等の重要なライフラインである橋梁等の構造物の耐震設計及び耐震補強に関する研究が重要な研究テーマとなる。そのなかでも、鉛直荷重を常時支え、地震荷重としての水平荷重に抵抗する柱部材の研究は極めて重要である。すなわち、建物の倒壊のような壊滅的な被害は、建物を支える柱部材の耐震性能に左右されやすい。そこで、(1)耐力が大きい、(2)剛性が大きい、(3)靱性及びエネルギー吸収能力に優れた耐震性能のよい RC 柱部材の具現化が期待されている。一方、コンクリートと鋼を併用した合成構造が近年注目されるようになってきた。合成構造柱は、コンクリートと鋼が有する弱点をお互いに補うと同時に、お互いの相互作用により耐震性能を大幅に改善できる可能性のある柱である。

本論文は上記の観点から合成構造に立脚し、鋼管と帯筋で二重に横補強した合成 RC 柱と、鋼管と緊張 PC 鋼棒で高横補強した合成 RC 柱を基本に、これらの弾塑性挙動を実験と解析の両面から解明し、耐震性能の大幅な改善を目的としたもので、主な研究成果は次のとおりである。

まず、一定軸圧縮力下の正負繰り返し水平加力実験から、著者は高横補強を施した合成 RC 柱といえども普通強度コンクリート (21MPa) では付着割裂破壊を起こすが、40MPa 以上の高強度コンクリートであれば、合成 RC 柱は曲げ挙動が卓越した優れた耐震性能を示すことを見出した。このことは、主筋を多量に配筋 (主筋比 $\rho_g=4.38\%$ から 5.51%) する場合には、横補強材の配置のみならずコンクリート強度も一定値以上の強度を確保しなければならないことを示唆している。次いで、この曲げ挙動をファイバーモデルで解析するとともに、多段配筋柱の曲げ強度略算式を用いた計算も行い、著者が提案した合成 RC 柱の曲げ強度を適切に評価できることを示している。さらに、せん断強度に関しては本実験では確認できないことから、日本建築学会 (AIJ) で提案されている靱性指針式の適用性を検証している。すなわち、本研究では合成 RC 柱のせん断破壊に関する実験結果がないので、せん断強度の計算精度を実験で直接的には検証できない。しかし、靱性指針式で求めたせん断強度の計算値は曲げ強度計算値よりも確実に大きく、実験結果でもせん断破壊は生じていないことから、せん断強度を計算によりほぼ推定できるとしている。最後に、鋼管と帯筋、および鋼管と緊張 PC 鋼棒による高横補強が、曲げ強度よりせん断強度の増大に大きく寄与することも明らかにしている。

以上要するに、著者は、本研究で提案した合成 RC 柱はコンクリート強度が 40MPa 程度以上あれば、耐震性能に優れた RC 柱部材になりうることを一定軸圧縮力下の正負繰り返し水平加力実験と、曲げ、及びせん断強度に関する計算から明らかにし、合成 RC 柱の設計指針を与えている。特に、鋼管と緊張 PC 鋼棒で高横補強した合成 RC 柱は横補強効率が最も高く、耐震性能も極めて高いことを実験と解析の両面から示している。

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。そして、学力確認のための外国語の試験では優秀な成績を収めており、学力試験を合格とする。