

## 論文要旨

論文題目 An Experimental Study on Seismic Behavior of Hybrid RC Columns  
Utilizing Square Aramid Fiber Reinforced Polymer Tube

コンクリートを拘束すればコンクリートの強度と靱性を力学的に改善できる事実に注目し、連続繊維シートにエポキシ樹脂を含浸させ、正方形成形管を試作し、鋼管にかわってRC柱の打込み型枠兼横補強材として利用した新しいハイブリッドRC柱の弾塑性挙動に関する実験的研究を行った。本研究の主な目的は、パイロット実験として正方形成形管を用いたハイブリッドRC柱の耐震性能を検証し、今後の研究開発にある程度の見通しを得ることにある。

柱試験体は正方形断面 (250x250 mm)、高さ 750 mm、せん断スパン比  $M/(VD)=1.5$  である。柱試験体は主筋量によって2シリーズに分類される。1シリーズ (シリーズD19) は太径の主筋をやや多めの8-D19 ( $\rho_g=3.67\%$ ) 配筋した柱試験体7体であり、残りの1シリーズ (シリーズD13) は主筋として12-D13 ( $\rho_g=2.44\%$ ) を配筋した柱試験体5体である。12体の柱試験体を用いて一定軸圧縮力下の正負繰り返し水平加力実験を行った。その結果、シリーズD19の試験体は太径の主筋を比較的多量に使用したため、それに見合った横拘束効果が不足し、付着割裂破壊が顕著であった。AFRP管を6層に増加させた上、帯筋量を1.28%とした柱は靱性に富んだ曲げ破壊を示した。一方、主筋径および主筋量を減少させ、かつ帯筋量を増加させて横拘束効果を重視したシリーズD13の試験体は、AFRP管のみで横拘束された柱を除き、すべて曲げ降伏が先行した。AFRP管と帯筋で二重に横補強すると、軸力比0.35はもちろんのこと、高軸力比0.7においても、靱性に富んだ曲げ破壊を示した。

理論的検討においては、ハイブリッドRC柱の曲げ強度は、コンファインドコンクリートの構成則を用いたFiberモデルの解、最外縁の主筋の降伏のみを考慮した慣用の略算解等を計算した。ハイブリッドRC柱のせん断強度を算定するには、AIJ靱性保証型指針式と修正荒川式を採用する。各解を実験結果と比較した結果、fiberモデルによる曲げ強度、およびAIJ靱性保証型指針によるせん断強度が実験結果にほぼ一致していることが分かった。付着割裂破壊したと推定される試験体を抽出して、AIJ靱性保証型指針式と小谷・前田による実験式の付着強度を利用し、AIJ靱性保証型指針における付着破壊時のせん断強度式による計算値を比較した結果、小谷・前田による付着強度実験式の方が、実験結果を精度よく説明できることも分かった。また、設計を考慮して、曲げ強度は慣用の略算解と、せん断強度と付着破壊時せん断強度はAIJ靱性保証型指針式を用いて、実験結果と再検証した。その結果、せん断余裕度と付着余裕度の両方も1.0を超えた試験体は、曲げ降伏が先行していることが分かる。AFRP管で横補強されていない基準RC柱ではかぶりコンクリートの剥落を防止できないので、両余裕度が1.0以上あっても曲げ降伏後の付着すべりを防止できなかったものと推定される。

以上のことから、AFRP管を利用したハイブリッドRC柱の研究開発は、将来的に有望であることが分かった。帯筋で横補強した上にAFRP管で閉鎖的に、かつ二重に横拘束したハイブリッドRC柱においては、AIJ靱性保証型指針式に基づくせん断余裕度と付着余裕度が共に1.0を余裕を持って超えるように設計すれば、高軸圧縮力下においても靱性に富んだ曲げ破壊先行の、いわゆる優れた耐震性能を期待できる可能性があり得ることを明らかにした。ただし、軸圧縮力が大きい場合は横拘束効果が大きいと、略算式では曲げ強度を過小評価する恐れがあるので、両余裕度の評価に当たってはこのことにも配慮が必要である。

氏名 仲 鵬

(様式第 5-2 号)

2001 年 2 月 20 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 大城 武  
副査 氏名 矢吹 哲哉  
副査 氏名 崎野 健治



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ましたので、  
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 仲 鵬 学籍番号 988602J		
指導教官名	山 川 哲 雄		
成績評価	学位論文 (合格) 不合格	最終試験 (合格) 不合格	
論文題目	An Experimental Study on Seismic Behavior of Hybrid RC Columns Utilizing Square Aramid Fiber Reinforced Polymer Tube (正方形アラミド繊維成形管を用いたハイブリッドRC柱の耐震性能に関する実験的研究)		
審査要旨 (2000字以内)	<p>RC柱を帯筋はもちろんのこと、鋼管またはPC鋼棒にプレストレスを導入して横拘束すれば、RC柱の耐震性能が飛躍的に増大することは周知の事実である。特に、弾性横拘束は有効であることが知られている。一方、連続繊維シートがRC柱や橋脚の耐震補強に大量に利用されるようになってきた。新素材に関する最近の研究もこの方面に集中している。優れた性能を有する連続繊維シートをエポキシ樹脂で固めて成形管を製作し、打込み型枠兼横補強材として利用し、新素材とコンクリート・鉄筋からなるハイブリッドRC柱の耐震性能評価と設計法を提案したことに、本研究の特色と新規性がある。</p> <p>本研究で提案するアラミド繊維成形管 (AFRP管) はそれ自身では構造材料</p>		

(次項へ続く)

## 審査要旨 (つづき)

になりえないが、鉄筋・コンクリート系と組み合わせてハイブリッド化することにより、耐震性、施工性さらには耐久性に富んだすぐれた構造材になりうる可能性をもっている。このような考えに基づいた研究が本研究も含めて、世界のいくつかの研究機関でそれぞれの研究成果を背景に、たまたま同時に開始されつつあり、一つの流れを形成しようとしている。このような状況下において、本研究は、従来から数多くの耐震加力実験が行われてきた正方形鋼管、または、山川らが中心になって行ってきた正方形鋼管と帯筋で二重に横補強した鋼と鉄筋・コンクリート系の合成RC柱の弾塑性挙動と比較して、新素材と鉄筋・コンクリート系のハイブリッドRC柱の耐震性能が遜色無いことを明らかにし、今までにないこのような新しいハイブリッド構造の具現化を目指している。

柱試験体の形状は正方形断面 (250x250mm)、高さ 750mm、せん断スパン比  $M/(VD)=1.5$  である。柱の形状試験体は主筋量によって2シリーズに分類される。1シリーズ(シリーズ D19)は太径の主筋をやや多めに配筋した8-D19( $\rho_g=3.67\%$ )の柱試験体7体であり、残りの1シリーズ(シリーズ D13)は主筋として12-D13 ( $\rho_g=2.44\%$ )を配筋した柱試験体5体である。12体の柱試験体を用いて一定軸圧縮力下の正負繰り返し水平加力実験を行った。その結果、シリーズ D19の試験体は太径の主筋を比較的多量に使用したため、それに見合った横拘束効果が不足し、付着割裂破壊が顕著であった。しかし、AFRP管を4層から6層に増加させ、かつ帯筋量を1.28%とした柱は靱性に富んだ曲げ破壊を示した。一方、主筋径および主筋量を減少させ、かつ帯筋量を増加させて横拘束効果を重視したシリーズ D13の試験体は、AFRP管のみで横拘束された柱を除き、すべて曲げ降伏が先行した。AFRP管と帯筋で二重に横補強すると、軸力比0.35はもちろんのこと、高軸力比0.7においても、靱性に富んだ曲げ破壊を示した。

解析及び設計上の検討においては、ハイブリッドRC柱の曲げ強度をコンファインドコンクリートの構成則を用いたFiberモデルの解、最外縁または2段目までの主筋の降伏を考慮した慣用の略算解等で計算した。ハイブリッドRC柱のせん断強度を算定するには、日本建築学会(AIJ)靱性保証型指針式と修正荒川式を採用した。各解を実験結果と比較した結果、Fiberモデルによる曲げ強度、およびAIJ靱性保証型指針によるせん断強度が実験結果にほぼ一致していることが分かった。付着割裂破壊したと推定される試験体を抽出して、AIJ靱性保証型指針式と小谷・前田による実験式の付着強度を利用し、AIJ靱性保証型指針における付着破壊時のせん断強度式による計算値を比較した結果、小谷・前田による付着強度実験式の方が、実験結果を精度よく説明できることが分かった。また、せん断余裕度と付着余裕度の両方ともが1.0を超えた試験体は、曲げ降伏が先行していることも分かった。AFRP管で横補強されていない基準RC柱ではかぶりコンクリートの剥落を防止できないので、両余裕度が1.0以上あっても曲げ降伏後の付着すべりを防止できなかったものとその理由を説明している。

以上のことから、帯筋で横補強した上にAFRP管で閉鎖的に、かつ二重に横拘束したハイブリッドRC柱においては、AIJ靱性保証型指針式に基づくせん断余裕度と付着余裕度が共に1.0を超えるように設計すれば、高軸圧縮力下においても靱性に富んだ曲げ破壊先行の、いわゆる優れた耐震性能を期待できる可能性があり得ることを明らかにした。ただし、軸圧縮力が大きい場合は横拘束効果が大きいと、略算式では曲げ強度を過小評価する恐れがあるので、両余裕度の評価に当たってはこのことにも配慮が必要であることも指摘している。

以上、本論文は正方形鋼管に代わって、アラミド繊維正方形成形管を打込み型枠兼横補強材として利用した新しいコンセプトに基づくハイブリッドRC柱の提案、そしてその耐震性能評価と設計法を、耐震加力実験、解析、そして既存の設計法に基づいて提示したものであり、建築耐震構造工学上寄与するところが大きい。よって、本論文は博士(工学)の学位論文に値するものと認め、最終試験も合格と認める。