

## 論文要旨

論文題目：外帯筋状に配置した高強度緊張材による能動および受動的横拘束効果を考慮したコンクリートの応力-ひずみ関係

日本では、大地震の度に尊い多くの命を犠牲にして設計基準を書き換え、耐震設計は進歩してきた。そして、壊滅的な被害を与えた兵庫県南部地震が我々に残した教訓は、既存不適格建築物に対して耐震診断・耐震補強を促進することである。このような中で、高強度横補強材を外帯筋状にRC柱に周回させ、緊張力を導入し、RC柱を高横拘束する靱性型耐震補強法が提案された(外部横補強と称する)。この補強法は1)せん断補強効果、2)能動的横拘束効果、3)受動的横拘束効果の3つの補強効果を期待できる上に、重機不要の乾式工法である等施工上の利点も有する。コンクリートを横拘束すれば圧縮強度が上昇し、応力下降域を改善できることは周知のことであり、これまでの鋼管横補強や連続繊維による横補強は、載荷中拘束材が負の仕事(圧縮を正とした場合)をする受動的な横拘束効果のみが期待されていた。一方、本外部横補強は高強度材料に導入する緊張力を利用し、RC柱にあらかじめ能動的な側圧を与え得るところに従来にない力学上の大きな特徴を有する。本研究では、外部横補強の上記3つの補強効果のうち、「能動的横拘束効果」と「受動的横拘束効果」に焦点を当て、これらの横拘束効果を多数の中心圧縮実験により明らかにし、外部横補強されたコンファインドコンクリートの応力-ひずみ関係を定式化することを主な研究目的とする。

本論文第2章では、緊張PC鋼棒で外部横補強(PC横補強)されたRC柱の中心圧縮実験を主筋量、PC鋼棒の体積比、初期緊張ひずみを実験変数として総数35体行った。その結果、PC鋼棒に導入する緊張力によりコンファインドコンクリートの圧縮強度が上昇する、強度上昇には上限が存在する、圧縮靱性能が改善される、応力下降域はPC鋼棒体積比と強い相関がある、圧縮強度時のPC鋼棒ひずみは緊張ひずみにひずみ増分を加えることで評価できる、提案した応力-ひずみ関係式は精度良く実験結果を評価できる等の結論を得た。

第3章では、緊張アラミド繊維ベルト(以下、ベルトと略称)で外部横補強(アラミド横補強)されたRC柱の中心圧縮実験を主筋量、ベルトの体積比、緊張ひずみを実験変数として44体行い、その結果、能動的な外部横拘束は圧縮強度を上昇させる、強度上昇には上限が存在する、応力下降域は拘束効果係数にて評価できる、提案した応力-ひずみ関係式は実験結果を精度良く評価できる等の結論を得た。

第4章では、コンファインドコンクリート強度の評価の基準となる、外部無拘束柱の圧縮強度が寸法効果係数を満足しない原因を、コア、シリンダーおよび外部無拘束柱の圧縮強度を比較することで明らかにした。また、PC横補強とアラミド横補強の圧縮性状を比較検討した。

第5章では、中間主筋を拘束できないというPC横補強の弱点を高軸力下の曲げせん断実験で明らかにし、弱点を克服するための補強法を提案した。同時に、提案した補強法は、実験で観察された拘束機構を適切にモデル化し、第2章で提案した応力-ひずみ関係式を使用すれば精度良く評価できることを示した。

第6章では得られた研究成果を総括し、今後の研究課題を述べた。本研究は基礎研究であり、得られた知見は本外部横補強法を確立する上で必要となる、曲げ強度やせん断強度のより正確な評価につながる基盤的な成果であると同時に、ほとんど研究の行われていない能動的横拘束効果を実験的に明らかにし、能動および受動的横拘束効果を同時に考慮する応力-ひずみ関係を定式化したところに本研究の知見は集約される。

(様式第5-3)

20年 8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 印  
副査 氏名 山田 義智 印  
副査 氏名 森下 陽一 印  
副査 氏名 河野 昭彦 印

## 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 中田 幸造
現住所	
成績評価	学位論文 <input checked="" type="radio"/> 合格 <input type="radio"/> 不合格 学力確認 <input checked="" type="radio"/> 合格 <input type="radio"/> 不合格
論文題目	外帯筋状に配置した高強度緊張材による能動および受動的横拘束効果を考慮したコンクリートの応力-ひずみ関係
審査要旨	<p>PC 鋼棒やアラミド繊維ベルトなど高強度横補強材を外帯筋状に RC 柱に周回させ、緊張力を導入し、RC 柱を高横拘束した場合のコンファインドコンクリートの構成則に関してはまだ未解明である。特に、緊張力を導入した場合の能動的横拘束効果に関する研究は皆無である。これらを用いた高軸力下における RC 極脆性柱の曲げせん断挙動や、試験体のコンクリート強度と、その試験体から抽出したコア強度に対するシリンダー強度に関しても、関心が高い割には究明が進んでいない。</p> <p>本論文では、RC 柱試験体や無筋コンクリート柱試験体を PC 鋼棒やアラミド繊維ベルトで外部横補強した上で緊張力を導入して、中心圧縮実験を行い、コンファインド</p>

(次頁へ続く)

コンクリートの構成則を定式化した。その結果、高強度材で外部横補強した RC 柱の曲げ強度やせん断強度解析が、これらの構成則を用いて可能となった。

著者はまず、緊張 PC 鋼棒と緊張アラミド繊維ベルトで外部横補強した RC 柱の中心圧縮実験を主筋量、PC 鋼棒やアラミド繊維ベルトなどの外部横補強材の体積比、初期緊張ひずみを実験変数として、PC 鋼棒試験体にあつては 35 体、アラミド繊維ベルト試験体にあつては 44 体の中心圧縮実験を行っている。著者は能動的横拘束効果と受動的横拘束効果に焦点を当て、これらの横拘束効果を多数の中心圧縮実験により明らかにし、外部横補強されたコンファインドコンクリートの応力-ひずみ関係を定式化している。それによると、外部横補強材に導入する緊張力によりコンファインドコンクリートの圧縮強度が上昇する、強度上昇には上限が存在する、圧縮靱性が改善される、応力下降域は拘束効果係数にて評価できる、圧縮強度時の外部横補強材ひずみは緊張ひずみにひずみ増分を加えることで評価できることなどを明らかにしている。その結果、著者が提案したコンファインドコンクリートの構成則、すなわち応力-ひずみ関係式は精度良く実験結果を評価できることを示している。

著者はついで、コンファインドコンクリート強度の評価の基準となる、外部無拘束柱のコンクリート圧縮強度について、コア強度とシリンダー強度の比較を行い、3 者のコンクリート強度を比較検討している。その結果コア強度に寸法効果係数を乗じれば、ほぼ外部無拘束柱のコンクリート圧縮強度が得られることを明らかにしている。また、PC 鋼棒横補強とアラミド繊維ベルト横補強の圧縮性状についても比較検討している。

最後に著者は、先に提案したコンファインドコンクリートの構成則を検証すべく、外部横補強材 (PC 鋼棒) と薄鋼板を用いて緊張力を導入した極脆性 RC 柱における、高軸力下の正負繰返し曲げせん断実験を行っている。実験と解析により、コンクリートを閉鎖空間のなかに閉じ込めて高横拘束すれば、コンクリートの強度と靱性が大幅に改善され、靱性に富んだ曲げ挙動が得られることを実験と解析で明らかにしている。先に提案したコンファインドコンクリートの構成則を利用して、実験結果を精度よく検証している。

以上要するに本論文は高強度材料 (PC 鋼棒とアラミド繊維ベルト) を外部横補強材に用い、緊張力を導入した場合のコンファインドコンクリートの構成則を定式化し、これらの材料で外部横補強された RC 柱に関して、精度の高い弾塑性解析を可能にしたものである。これらの研究成果は、中低層 RC 造建築物の耐震補強技術の基盤に寄与するものである。

博士論文提出者による博士論文内容についての発表が行われた後、質疑応答が行われ、各質問に対する回答は適切であったと判断される。さらに、学力確認も和訳と英訳の英語試験により実施し、合格であることを確認した。以上により、学位論文審査委員一同は、本論文は博士 (工学) の学位論文として十分価値あるものと認め、本論文提出者中田幸造は最終試験に合格したものと認める。