

論 文 要 旨

論 文 題 目 緊張力を導入したPC鋼棒と鋼板を用いたせん断損傷RC柱の応急補強に関する研究

阪神大震災後、鉄筋コンクリート構造物を対象に多くの耐震補強が行われてきている。兵庫県南部地震などのような大地震に備えるためには、地震発生に対して被害を極力小さくし、かつ地震被害による建物損傷に、迅速に対応できるような対策を立てておくことが必要不可欠である。すなわち、震前と震後の地震対策が必要である。阪神大震災以降、大地震に対して崩壊・倒壊の恐れのある既設の構造物は、公共施設を中心に耐震補強が行われてきている。しかしながら、施工困難な場所や崩壊・倒壊までには至らないまでも、地震の規模によっては、大きな被害となると予想される構造物は多く存在する。

地震による構造物の被災時の損失には、復旧にかかる費用、施設等が運休している期間における事業者損失および利用者損失があり、その損失は莫大となることから、1日も早く復旧し、供用再開が求められる。また、震災後における構造物の解体・復旧においては、大量の廃棄物が発生することから、震災を受けた構造物に対して補修・補強を施し、極力再利用することが公害対策および環境負荷の低減の面から重要となる。さらに、住宅などでは応急補強を行うことにより、避難所や仮設住宅での仮住まい生活ではなく、住み慣れた家に住みながら、じっくり今後の対策が立てられることが可能となる。すなわち、被災した構造物に対し、簡便で迅速に対応できる応急復旧は必要不可欠である。

本研究は、せん断損傷RC短柱を対象に実施した応急補強に関する研究成果をまとめたものである。本研究では、損傷脆性柱を対象に、緊張力を導入したPC鋼棒により鋼板を圧着する応急復旧法の耐震性能に関して実験と解析の両面から検討した。実験では、帯筋量の少ない試験体を用いて一定軸圧縮力下の正負繰返し水平加力実験によるせん断実験および応急補強実験を行った。せん断実験では、緊張PC鋼棒のせん断補強効果を直接検討するために、PC鋼棒の横補強間隔を大きくして、すなわち横補強量を少なくして、PC鋼棒への導入緊張量をパラメータとした。せん断実験の結果、緊張力導入量が多いほど、せん断強度は高く、劣化勾配も緩やかであることが確認できた。一方、応急補強実験では一度せん断破壊させ、その損傷した試験体に応急補強を施し、再度交番載荷実験を行った。同時に、損傷した柱試験体の残存軸耐力および応急復旧を施した修復軸耐力の確認を目的とした鉛直載荷実験を行った。また、試験体の損傷度を変化させ、応急補強による回復可能な損傷度の限界点を確認した。応急補強実験の結果、緊張力を導入した応急補強は、柱の損傷が限界と思われるレベルにおいて、変形性能の向上だけでなく、曲げ強度の回復にも効果的であり、応急復旧法として十分に利用できることが確認できた。さらに、解析では、緊張力の導入による能動的拘束効果、および帯筋およびPC鋼棒による受動的拘束効果を考慮したファイバーモデル解析を行った。柱の損傷度とコンクリート強度との関係に着目することにより、補強効果の評価を行った。

本研究では、実験および解析による耐震性の検討・評価により、損傷RC柱に対してPC鋼棒への緊張力がせん断耐力、圧げ耐力および変形性能等の耐震性能に及ぼす効果を明らかにした。

氏 名 宮城 敏明

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 津田 恵吾



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 宮城 敏明 学籍番号 [REDACTED]
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	緊張力を導入したPC鋼棒と鋼板を用いたせん断損傷RC柱の応急補強に関する研究
審査要旨（2000字以内）	
<p>兵庫県南部地震などのような大地震に備えるためには、地震発生に対して被害を極力小さくし、かつ地震被害による建物損傷に、迅速に対応できるような対策を立てることが必要不可欠である。すなわち、震前と震後の地震対策が必要である。特に地震被災後の応急復旧においては、簡便で迅速な対策が要求される。</p> <p>そのような状況の中、山川らによってPC鋼棒によりプレストレスを導入した単独RC柱の靱性型耐震補強法が、すでに提案されている。本耐震補強法は、柱四隅に配置したコーナーピースを介してPC鋼棒を同一平面上で外帯筋状に架け渡した上で、これらの</p>	

(次頁へ続く)

PC 鋼棒に緊張力を導入して柱をせん断・高横拘束する乾式工法である。これまでせん断破壊する柱試験体を対象に、一定軸圧縮力下の正負繰り返し水平加力実験を行い、その補強効果が確認されている。

一方、緊張力を導入する本補強法は、損傷した柱部材のひび割れを閉じさせる効果に加えて、重機を必要としない乾式工法であることから、特に応急補強・復旧において効果的であると考えられた。このことを著者は一定軸力下の正負繰り返し水平加力実験によって、変形性能の向上および損傷前の柱部材と同等レベルまで曲げ耐力が回復できることを確認した。さらに、著者は PC 鋼棒に導入する緊張力を利用して、鋼板 ($t=3.2\text{ mm}$) を損傷した柱 4 面に圧着すると、鋼板のせん断および横拘束効果に加えて、かぶりコンクリートの剥離・剥落を防止し、かつ主筋の座屈防止を期待できることも明らかにした。また、鉛直載荷実験から損傷後の残存軸耐力、および応急補強後の修復軸耐力の確認を行い、本耐震補強により軸耐力も回復することを示した。ただし、本補強法では応急補強後の水平剛性の全面的回復は望めないため、地震で被災した損傷建築物の水平剛性の全面的回復までも期待するものであれば、損傷 RC 柱のひび割れ部にエポキシ樹脂を注入するか、壁やブレースなどを新設する方法などを著者は考えている。

本論文の目的は、地震被災後の損傷 RC 短柱を対象にした応急補強に関するこれまでの研究成果を整理し、(1)損傷レベルと修復可能性、(2)応急補強後の耐震性能に関する修復性、(3)損傷後の RC 短柱の残存軸耐力と残留軸ひずみ、および応急補強後の修復軸耐力と修復軸ひずみ、(4)応急補強における PC 鋼棒による緊張力と鋼板の効果、(5)水平剛性について総合的に検討し、せん断破壊した RC 短柱の応急補強設計法に関してある程度の見通しを得ることである。その結果、著者は下記の結論を得ている。

(1)地震でせん断破壊した RC 柱が長期軸力を支持し、かつ残留圧縮軸ひずみが 0.5% 程度以内に留まるようであれば、応急補強が可能であり、また有効である。

(2)本応急補強法としては鋼板をせん断破壊した RC 柱の 4 面にあて、PC 鋼棒に緊張力を導入した方が効果的である。これは、圧着された鋼板によりせん断および横拘束効果に加えて、主筋の座屈防止が効果的になるとともに、かぶりコンクリートの剥離・剥落が防止され、かつ PC 鋼棒に導入した緊張力によりひび割れが閉じる傾向にあるからと考えられる。このことは水平剛性の回復度に関する観点からも好ましい。

(3)上記の応急補強法を施すことにより、水平剛性の全面的回復を除いて軸耐力の回復、曲げ破壊への移行と変形性能の向上が大幅に期待できる。しかも、健全なコンクリートと同様な曲げ強度までほぼ回復でき、かつ圧縮軸ひずみの進展も防止可能である。

(4)以上のことに加えて、本応急補強法は重機を必要としない乾式工法であることから、地震被災直後の余震対策などに効果的である。

以上要するに、著者は緊張力を導入した PC 鋼棒を用いたせん断損傷 RC 柱の応急補強設計法に関して、実験と解析を行い、その応急補強設計法を最後に提案している。これらの研究成果は、地震被災直後のせん断損傷 RC 柱の応急補強設計に大きく寄与するものである。最終試験では、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、各質問に対する返答は適切であったと判断される。

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な価値あるものと認め、本論文提出者・宮城敏明は最終試験に合格したものと認める。