

氏 名	飯 星 力
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	工 博 第 2460 号
学位授与の日付	平 成 17 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研究科・専攻	工 学 研 究 科 環 境 地 球 工 学 専 攻
学 位 論 文 題 目	低剛性・高破断歪を有する新材料を用いて横補強した RC 部材の力学的 性状に関する研究

論文調査委員	(主 査) 教 授 田 中 仁 史	教 授 渡 邊 史 夫	教 授 宮 川 豊 章
--------	----------------------	-------------	-------------

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、PAF 補強した RC 部材を通して、これまで明らかでなかった低剛性で横拘束されたコンクリート部材の、特に高歪領域の力学的挙動を明らかにしようとしているもので、第1章～第4章および全体のまとめからなっている。

第1章は序論であり、研究の目的及び背景が述べられている。

第2章では、PAF を用いたコンファインドコンクリートについて、軸圧縮実験を行いその性状を確認した。鋼材や高弾性繊維材料など既往の材料では不明であった比較的低い拘束圧のパッシブコンファインメントを受けるコンクリートの高歪領域を包含する挙動を明らかにした。その結果、横補強材の剛性が低く、補強断面が小さいほど（膜剛性が小さいほど）大きい周歪みを発生し、見かけのポアソン比が大きくなる事を確認した。低剛性・高靱性の PAF で横補強する事によりコンクリートの最大強度および靱性を向上させる事ができた。最大で6%の軸圧縮歪まで圧縮強度が上昇し続け、無補強に対して約2.7倍の強度増加を示した。最大強度の上昇率に関しては、膜剛性との相関は極めて低く、繊維が引張強度に達すると仮定した時の拘束圧と高い相関があった。PAF コンファインドコンクリートの軸圧縮に対するエネルギー吸収能力は、コンクリート強度とは関係なく、補強繊維のエネルギー吸収能力に依存する事が分かった。本論文では、PAF を用いた場合のエネルギー吸収能力の評価式を提案している。

コンファインドコンクリートの軸応力-軸歪一周歪関係について、AIJ および Fam & Rizkalla の方法による実験結果の評価を行ったが、実験との乖離が大きかった。そこで、新規モデルを提案し、実験との対応を改善している。

第3章では、帯筋および中子筋として PAF フィラメントを、樹脂を含浸せずに直接主筋に巻き付けて内部的に横補強した RC 部材について、キャンティレバー型試験および柱の曲げせん断実験を行い、力学的特性を明らかにしている。特に、既往の研究で検討が不足していた付着強度と、変形性能について重点的な検討が行われている。キャンティレバー型実験の結果、PAF フィラメントおよび PAF シートが、主筋の付着割裂強度を増大させる事が分かった。横補強筋の歪挙動は、補強材の剛性のみならず配筋位置により影響を受ける。PAF 筋筋の歪は肋鉄筋より大きく、同様に、PAF 中子筋に発生する歪は、PAF 肋筋より大きい傾向が見られた。本実験および既往の研究に基づき、横補強筋の剛性と付着割裂時の歪の関係を明らかにすることで、補強材の剛性および配筋位置を考慮した設計法を提案した。

PAF シートで補強した場合の付着強度については、せん断耐力に対するシートの有効係数を用いた評価式を提案している。これら内部補強筋およびシート補強それぞれに対する付着強度式は、本実験に加えて既往の実験結果を用いて検証された。その結果、双方の評価式は、それぞれ既往の評価式に対する改善が見られ、鉄筋群としての平均付着強度だけでなく、個々の主筋付着強度に対しても適切に評価できるものとなった。横補強筋に対する本設計法は、PAF 以外の繊維材料にも適用可能である事を、既往の実験との検証により確認している。また、副補強筋の効果を従来慣用の藤井・森田式より高く評価するため、副補強筋を有する純 RC 部材の付着割裂強度を過小評価するという従来の問題点を改善できる可能性を示した。

主筋の付着割裂破壊時のせん断耐力は、トラス・アーチ機構によるマクロモデルを用いて、トラスストラットの角度を下

界定理により導く事で適切に評価できる事を示し、渡辺・藤井らによる仮定の理論的裏付けを行っている。

Pauley & Priestley の考え方を拡張し、斜めせん断ひび割れの角度を変数とした tension shift モデルの検討を行い、部材角が増大し横補強筋により伝達されるせん断力が大きくなるに従い、tension shift が小さくなり、部材端の主筋付着力が大きくなる事を示している。これは塑性域での実現象と矛盾することを示し、また、本モデルでは、ひび割れの材軸直交方向に対する角度が小さいほど tension shift は大きくなり、横補強筋によるせん断力分担に対して敏感になるとしている。

第4章では、PAF シートで横補強した RC 柱部材の軸力下における曲げせん断性状を実験により明らかにした。PAF 補強により、せん断耐力の上昇および変形性能の大幅な向上が得られ、PAF に高い補強効果がある事を確認している。補強 RC 柱のせん断耐力は、シートの材料強度に提案式による有効係数 η_f を乗じて求めた設計強度を用い、AIJ 終局強度指針式 A 法により安全側に評価できる事を示した。塑性率は、軸力比が30%以下の場合、前記せん断耐力算定式により求めたせん断耐力を用いて、せん断余裕度による評価式で安全側に評価できる。この評価式は、PAF シートが鋼板および他の繊維材料に対して約4倍の変形性能を持つ事を意味しており、PAF の高い伸び性能が、部材の変形能力改善に発揮されたとと言える。仕上モルタルを除去せずに、PAF で補強した場合でも、モルタル無し状態で補強した場合と比べて耐力・変形性能の低下は無かった。耐震改修時にはモルタルを無視して設計する事により、仕上モルタルが健全であれば、これを除去せずに補強することができる。直交壁が付いた柱に、幅10mm程度のスリットを設ける事により、PAF シートの閉鎖型補強が可能であり、独立柱に巻き付けて補強した場合と同等の補強効果が得られる。この程度のスリットであれば騒音・粉塵を抑えた施工を行う事ができる。

第5章は結論であり、本論文で得られた成果について要約している。

論文審査の結果の要旨

本論文の研究目的は、低剛性・高伸度というこれまでに無い特徴を持つ材料、ポリアセタール繊維 (Polyacetal Fiber: PAF) をコンクリート部材の補強材として、その活用を計るものである。補強方法は、PAF 繊維そのものを帯筋として主筋に巻きつけたり、樹脂含浸シートのかたちでコンクリート表面に貼りつけるものであるが、本論文では、同補強方法による鉄筋コンクリート部材の力学的挙動の改善を明らかにし、せん断・曲げ・付着耐力および変形性能の評価法を提案している。PAF のように低剛性の材料で横拘束したコンクリート部材の力学的挙動はこれまで明らかにされていなかったが、本研究では特に高歪領域での力学的挙動を明らかにしている。得られた主な成果は次のとおりである。

1. PAF および PAF シートに関するさまざまな材料特性、施工法、コストについて検討し、PAF の補強材としての可能性を示した。
2. PAF を用いたコンファインドコンクリートについて、軸圧縮実験を行い、その性状を確認した。鋼材や高弾性繊維材料など既往の材料では不明であった比較的低い拘束圧のパッシブコンファインメントを受けるコンクリートの高歪領域を包含する力学的挙動を明らかにした。
3. 帯筋および中子筋として PAF フィラメントを樹脂を含浸せずに直接主筋に巻き付けて内部的に横補強した RC 部材について、キャンティレバー型試験および柱の曲げせん断実験を行い、その力学的特性を明らかにした。
4. PAF シートで横補強した RC 柱部材の軸力下における曲げせん断性状を実験により明らかにした。PAF 補強により、せん断耐力の上昇および変形性能の大幅な向上が得られ、PAF に高い補強効果がある事を確認した。また、補強 RC 柱のせん断耐力は、シートの材料強度に提案式による有効係数 η_f を乗じて求めた設計強度を用い、AIJ 終局強度指針式 A 法により安全側に評価できることを示した。
5. 本実験および既往の研究に基づき、横補強筋の剛性と付着割裂時の歪の関係を明らかにすることで、補強材の剛性および配筋位置を考慮した設計法を提案した。

以上述べたように、本論文は、PAF 補強部材を通して、これまで明らかでなかった低い膜剛性で横拘束されたコンクリート部材の、特に高歪領域の力学的挙動を明らかにし、その設計方法および施工方法を示したもので、学術上、実際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士 (工学) の学位論文として価値あるものと認める。また、平成17年1月21日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。