

超高強度材料を使用した RC 柱部材の繰り返し載荷実験による耐力および損傷状況

九州大学大学院 学生会員 ○牟田 諒平
(株) エスイー 正会員 野澤 忠明
九州大学大学院 正会員 崔 準祐 (株) 大塚社会基盤総合研究所 フェロー 大塚 久哲

九州大学大学院 学生会員 服部 匡洋
九州大学大学院 正会員 山崎 智彦

1. はじめに

近年、部材断面縮小による死荷重の低減，施工の省略化，建設コストの削減を目的とし，高強度材料を使用して構造物を設計する事例が増えつつある．しかし，高強度コンクリートや高強度鉄筋を使用した RC 柱部材に対する実験事例は少なく，特に超高強度材料を使用した部材の耐力および損傷状況に関して不明な点が多い．そこで本研究では，超高強度材料を使用した RC 柱部材の耐力および変形性能を把握することを目的とし，普通コンクリート，超高強度繊維補強コンクリートの一種である PVA-UFC（以後，PVA-UFC），普通鉄筋の SD345，超高強度鉄筋の USD685 を組み合わせた 5 体の RC 柱部材に対して正負交番載荷実験を実施した．

2. PVA-UFC の特徴

本実験で用いた PVA-UFC には，低熱ポルトランドセメントをベースにシリカフュームを添加したプレミックスセメントを使用している．混和剤にはポリカルボン酸系の高性能減水剤を使用している．また，補強繊維として，ポリビニルアルコール系の PVA 繊維を添加しており，これらの材料を十分に混練し，蒸気養生を行うことで圧縮強度が約 150N/mm²，曲げ引張強度が約 20N/mm² という超高強度が発揮される．

3. 実験概要

実験供試体のセットアップ状況を図-1 に示す．供試体は鉄筋コンクリート（RC）製であり，基部フーチング，柱部分，頭部フーチングより構成されている．柱部の長さは 1600mm であり，その断面は図-2 に示す 400mm×400mm の正方形断面とした．次に実験検討ケースを表-1 に示す．本検討では，コンクリートと鉄筋に対し，普通材料及び超高強度材料で組み合わせた計 5 体の供試体を用い，文献 1)に示す載荷パターンに則り，正負交番載荷実験を実施した．

4. 実験結果と考察

図-3 に各ケースの水平荷重-水平変位履歴を示す．No.1 と No.2 の比較では，No.2 の方で降伏点剛性が 3.0kN/mm 程度，最大耐力が 28kN 程度大きくなっている．No.1 と No.3 の比較では，No.3 の方で最大耐力が 86kN 程度大きくなっている．また，No.1 と No.4 の比較では，No.4 の方で降伏点剛性が 2.0kN/mm 程度，最大耐力が 120kN 程度大きくなっており，PVA-UFC および超高強度鉄筋を使用することで RC 柱部材の降伏点剛性，最大耐力が向上することがわかった．また，No.4 と No.5 の比較では，No.4 の方で降伏点剛性が 1.0kN/mm 程度，最大耐力が 57kN 程度大きくなっており，主鉄筋比を大きくすることで降伏点剛性と最大耐力が向上することが確認できた．

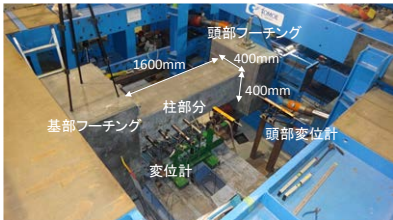


図-1 実験供試体のセットアップ状況

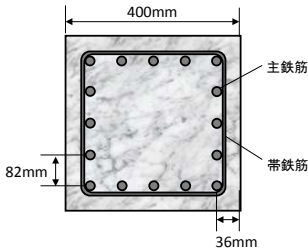


図-2 供試体断面

表-1 実験検討ケース

実験ケース	コンクリートの種類	主鉄筋の種類(鉄筋径)	主鉄筋比	帯鉄筋の種類
No.1	普通コンクリート	SD345(D19)	2.87%	SD345
No.2	PVA-UFC	SD345(D19)		
No.3	普通コンクリート	USD685(D19)		
No.4	PVA-UFC	USD685(D19)		
No.5	PVA-UFC	USD685(D16)		
			1.99%	

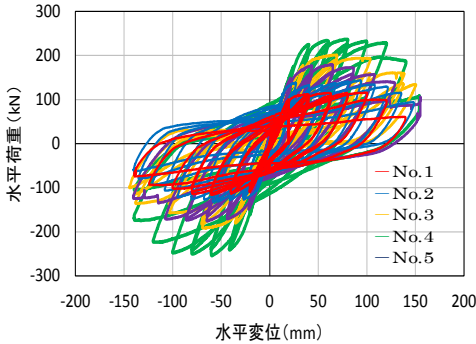


図-3 水平荷重-水平変位履歴

キーワード 超高強度繊維補強コンクリート，超高強度鉄筋，RC 柱部材，交番載荷実験，耐力，損傷状況
連絡先 〒819-0395 福岡県福岡市西区元岡 744 番地 TEL 092-802-3374

図-4 は、図-3 の水平荷重-水平変位履歴を基に包絡線を描き、その包絡線上に各イベントをプロットしたものである。No.1 と No.2 の比較では、No.2 は No.1 に比べて、多数の主鉄筋が降伏してすぐにはかぶりコンクリートが剥離していないことがわかる。これは、PVA-UFC に含む合成繊維によって剥離が抑制されていることが考えられる。No.1 と No.3 の比較では、No.3 の方でかぶりコンクリートが剥離した後に耐力が早く低下することが確認された。これは、超高強度鉄筋の降伏ひずみが大きいため、主鉄筋降伏以降のかぶりコンクリートの剥離が激しくなったことが原因と考えられる。また、No.1 と No.4 の比較では、No.4 は最大耐力を迎えても No.1 より大きな変位領域までほぼ荷重を保ち続けていた。なお、終局変位については、全てのケースにおいて大きな変化はみられなかった。

図-5 に水平荷重と塑性率の関係を示す。ここで示す塑性率は、鉄筋が降伏に到達したときの変位を基準として算定した。No.1 と No.2 の比較では、No.2 の方で耐力の低下および終局耐力を迎えるのが遅くなり、塑性率の観点からみると普通コンクリートより PVA-UFC の方で耐力を保持でき、靱性が大きいことがわかる。一方、No.1 と No.3 の比較では、No.3 の方で耐力の低下や終局耐力を迎えるのが早くなり、超高強度鉄筋を使用すると普通鉄筋より靱性が乏しいことがわかった。No.4 と No.5 の比較では、No.4 の方で耐力の低下および終局耐力を迎えるのが遅くなっていることがわかる。これより、主鉄筋比が変わることによって、耐力の低下および終局耐力を迎える時期が変わることが考えられる。

写真-1 に各ケースの最終載荷時の損傷状況を示す。かぶりコンクリートの剥離と剥落について、PVA-UFC を用いた No.2, No.4, No.5 では、普通コンクリートを用いた No.1, No.3 に比べて、かぶりコンクリートの剥離と剥落が抑制されていることがわかった。また、主鉄筋の破断について、No.1～No.3 では主鉄筋の破断は生じなかったが、No.4 では4本、No.5 では3本の破断が確認された。No.4 と No.5 で鉄筋の破断が生じたのは、かぶりコンクリートの剥落後に主鉄筋が負担する水平荷重が大きかったことが原因と考えられる。

5. 結論

本実験により、PVA-UFC を使用することで降伏点剛性および最大耐力が向上すること、合成繊維によってかぶりコンクリートの剥離が抑制され、耐力の低下が遅延できることが確認された。また、超高強度鉄筋を普通コンクリートと併用すると最大耐力の向上が可能になるが、耐力の低下が早く生じており、靱性に乏しいことが明らかとなった。しかし、超高強度鉄筋は PVA-UFC と併用することで靱性の改善が確認され、超高強度鉄筋の使用にあたっては高強度コンクリート材料との併用が望まれる。

参考文献

- 1) (独) 土木研究所 耐震グループ耐震チーム：橋の耐震性能の評価に活用する実験に関するガイドライン (案) (橋脚の正負交番載荷実験方法及び振動台実験方法), 土木研究所資料 第 4023 号, 2006.

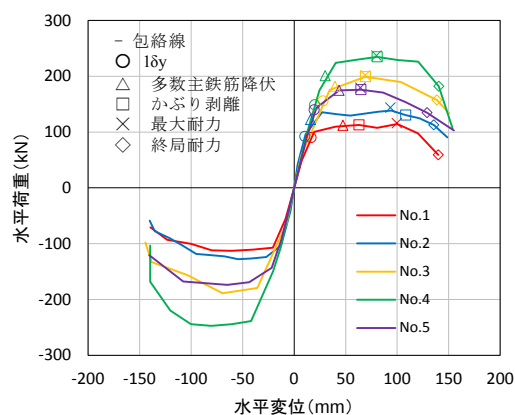


図-4 包絡線と各イベント

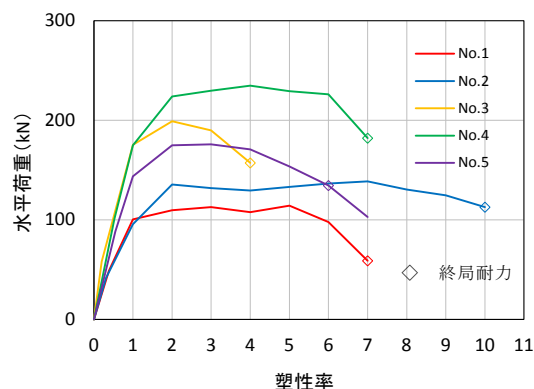


図-5 水平荷重と塑性率の関係

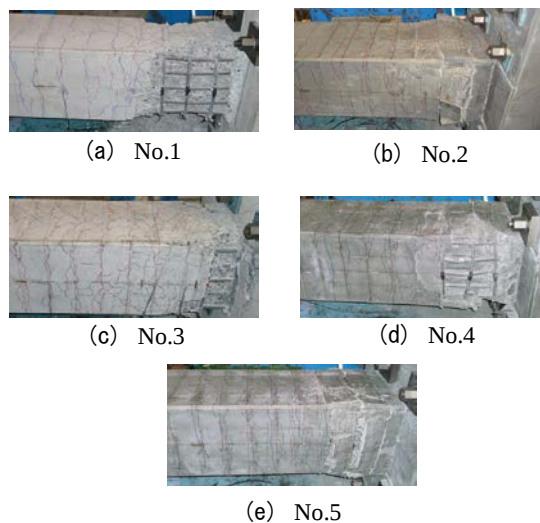


写真-1 各ケースの最終載荷時の損傷状況