

再生 CFRP フープ筋を帯鉄筋とする RC 柱の正負交番載荷実験

(株)大林組 正会員 ○佐々木智大 非会員 萩尾 浩也
正会員 平田 隆祥 フェロー 野村 敏雄

1. はじめに

燃焼時に温室効果ガスを排出する化石燃料に変わるエネルギー源として水素に注目が集まっている。自動車では、水素と酸素を化学反応させて直接電気を発電する水素燃料電池車 (FCV) が開発され、すでに市販されている。この FCV には、発電に使用する水素を貯蔵するための水素タンクが搭載される。限られたスペースにできる限り多くの水素を貯蔵することが求められ、70MPa にも達する高圧の水素が貯蔵できる CFRP 製の高圧タンクが用いられる。この高圧タンクは、高圧ガス保安法の制限により、基本的には損傷・劣化がない状態でも 15 年で使うことができなくなるため、適正な処理が必要になる。そこで、本研究では、廃棄予定のタンクをそのまま輪切りにしてフープ状に加工した再生 CFRP フープ筋が鉄筋の代替として循環利用できないかについて検証するため、再生 CFRP フープ筋を有する RC 柱の正負交番載荷実験を行い、その曲げ耐力と変形性能について確認した。

2. 試験体と載荷方法

図-1 に本実験に用いた試験体を示す。試験体は 2 体製作した。いずれも $\phi 400$ mm の円形断面を有し、載荷点高さ 1350mm の RC 柱である。このうち 1 体は後述する CFRP フープ筋を帯鉄筋とした CF 試験体であり、残りの 1 体は比較用として通常の異形鉄筋 D16 を帯鉄筋に用いた RC 試験体である。軸方向鉄筋には径 19mm の異形鉄筋 SD345 を用いた。CFRP フープ筋は、FCV 用水素タンクを模擬する内径 270mm、厚み 21mm の CFRP 製円筒パイプを製作してから、これを切断して製作した。CFRP 製円筒パイプには、引張強度 4900MPa、弾性係数 230GPa の炭素繊維とエポキシ樹脂を使用し、繊維量は体積の 60%とした。また、炭素繊維の巻き付け方向は、部材軸に対して 18 度、33 度、50 度、90 度とした。これらの巻き付け方向のうちフープ筋の強度に直接寄与する 90 度方向に巻き付けた有効炭素繊維量は、事前に実施した繊維方向の直交異方性を考慮する FEM 解析に基づき、全体の 37%とした。CFRP フープ筋の切断幅は、D16 と同等の断面積となるように 10mm とした。

コンクリート強度は 41.0~46.6MPa であり、軸方向鉄筋の降伏強度は 392MPa である。図-2 に帯鉄筋に用いた CFRP フープ筋と D16 異形鉄筋の引張試験により得られた応力～ひずみ関係を示す。CFRP フープ筋の破断時荷重を断面積で割って求めた引張強度は 470MPa であり、RC 試験体に用いた D16 帯鉄筋の降伏強度は 388MPa

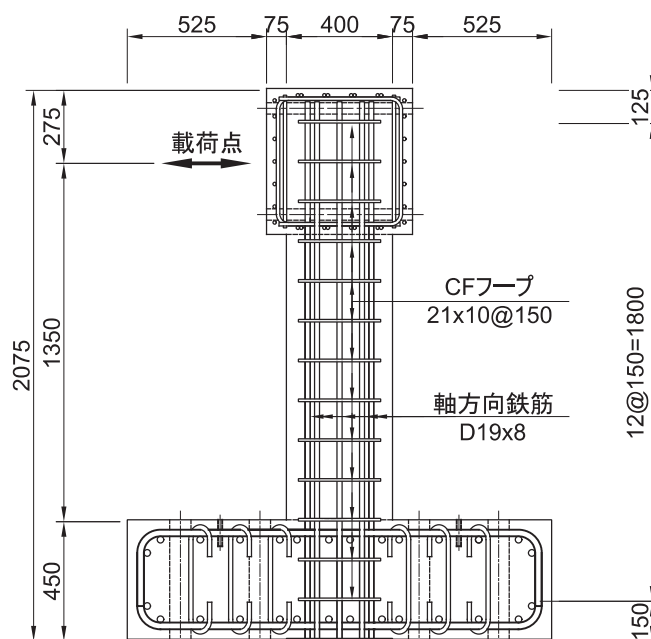


図-1 配筋図 (CF 試験体)

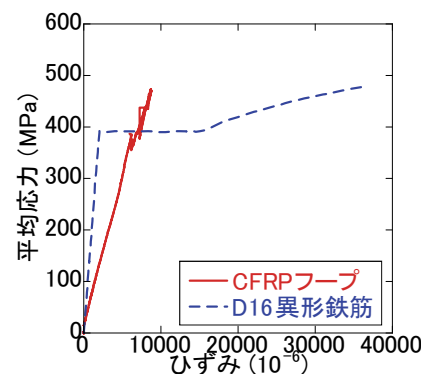


図-2 帯鉄筋の引張試験結果

キーワード CFRP, リサイクル, RC, 正負交番載荷, 変形性能

連絡先 〒204-8558 東京都清瀬市下清戸 4-640 (株)大林組技術研究所構造技術研究部 TEL 042-495-1013

である．図-2 より明らかなように，CFRP フープ筋の初期剛性は 52.3GPa と小さく，異形鉄筋の $1/4$ 程度であった．

試験体は載荷点高さの 0.5% に相当する水平変位 6.75mm を基準として，これの整数倍の変位振幅を漸増させながら繰り返して与えた．また，ある変位振幅における繰返し回数は 3 回としている．なお，本実験では軸力は導入していない．

3. 実験結果

図-3 に RC 試験体の損傷進展状況を，図-4 に CF 試験体の損傷進展状況を示す．また，図-5 に実験の結果得られた荷重～変位関係を示す．図-5 中には，比較のため，道路橋示方書に基づき評価した骨格曲線を示している．なお，CF 試験体の骨格曲線は，CF 試験体は変位 10.9mm (変形角 0.8%) で軸方向鉄筋が降伏し，その後安定した履歴ループを描きながら，載荷変位 40.5mm (変形角 3.0%) でかぶりコンクリートが剥落しはじめ，載荷変位 67.5mm (変形角 5.0%) で基部の鉄筋が座屈する．その後，載荷変位 94.5mm (変形角 7.0%) で鉄筋が破断し実験を終了した．一方，RC 試験体は載荷変位 67.5mm (変形角 5.0%) で基部鉄筋が座屈し始めるところまではほぼ同じ挙動を示し，得られた履歴ループもほぼ同等である．基部鉄筋が座屈した後は，CF 試験体よりも急激に耐力が低下し，載荷変位 87.8mm (変形角 6.5%) で鉄筋が破断して実験を終了した．

実験により得られた荷重～変位関係の包絡線は道路橋示方書に基づき評価した骨格曲線とおおむね一致する．また，道路橋示方書に基づく終局変位は CF 試験体で 61.5mm ，RC 試験体で 60.9mm であり，概ね基部の軸方向鉄筋が座屈し，耐力が大きく低下し始める直前の変位に相当する．

4. まとめ

CFRP 製高圧タンクから切り出した CFRP 製フープ筋を帯鉄筋とする RC 柱 (CF 試験体) の正負交番載荷実験を実施した．従来の D16 異形鉄筋を帯鉄筋とする RC 柱 (RC 試験体) と比較した結果，軸方向鉄筋が座屈するまでは CF 試験体と RC 試験体はほぼ同じ損傷状況であり，同等の荷重～変位関係が得られた．また，その包絡線は道路橋示方書の手法で評価した骨格曲線とおおむね一致することがわかった．

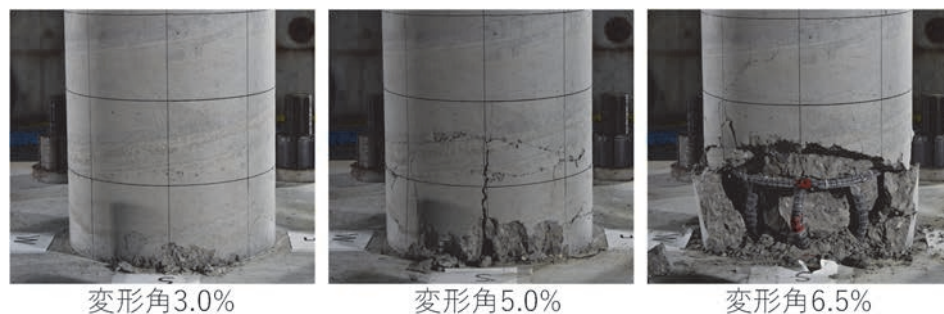


図-3 RC 試験体の損傷進展状況

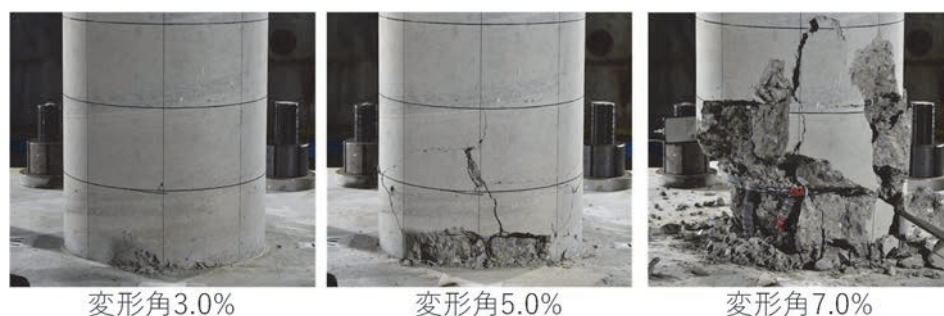


図-4 CF 試験体の損傷進展状況

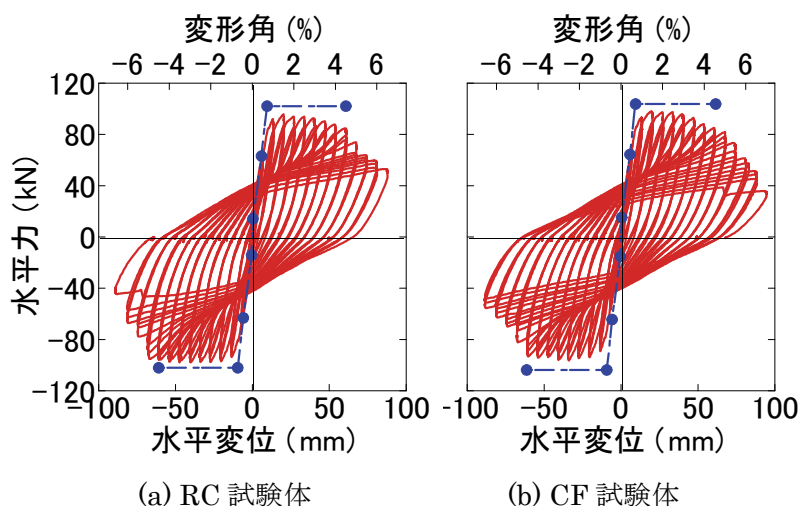


図-5 荷重～変位関係