

## 炭素繊維集成板(CCFP)のコンクリート梁への耐疲労効果について

摂南大学大学院 学生会員 ○毛戸 久仁 伸栄開発(株)  
 摂南大学工学部 正会員 平城 弘一 inai conex(株) 正会員

小柴 俊一  
 弓倉 啓右

**1. まえがき** CCFP はコンクリート部材の補修・補強材として、(1)施工場所を選ばない、(2)錆びることがないので維持管理が容易である、(3)工期短縮が望める、などの利点に着目されて施工実績を伸ばしつつある。著者らは、既に CCFP で補強されたひび割れを有する RC 床版の静的載荷試験結果を報告し、ひび割れた RC 床版に対する CCFP の補強効果を実証している<sup>1)</sup>。橋梁構造物においては、交通車両の走行が対象となるため、設計においては疲労強度が支配的になる。そこで本研究では、CCFP で補強されたコンクリート梁の曲げ疲労試験を実施し、無補強のコンクリート梁の試験結果との比較から、耐疲労効果を明らかにしようとした。

**2. 試験体の概説および試験方法** 用意された試験体数は、静的試験に4体(無補強:2体+補強:2体)、疲労試験に14体(無補強:7体+補強:7体)の18体である。試験体の形状寸法は図-1に示すとおりで、試験時のスパン長は750mmである。コンクリート内にはD6mmの主鉄筋(4本)とφ5mmのスターラップ筋(8本)が配置されている。なお、これらの鉄筋はD6mmとφ5mmとのメッシュ筋(交点が抵抗溶接されている)を折り曲げて製作されている。表-1と表-2に、本研究で使用した CCFP の特性と接着剤の種類と混合比を、それぞれ示す。コンクリート面への CCFP の接着は、まず、接着するコンクリート面をダイヤモンド刃でケレンして、接着剤を塗布したのち CCFP を上から押し付けて行った。

使用コンクリートの実測圧縮強度は39.6N/mm<sup>2</sup>、ヤング係数は30.2×10<sup>3</sup>N/mm<sup>2</sup>、引張強度は3.36N/mm<sup>2</sup>であった。試験は静的および疲労とも3点曲げ載荷で行った。計測は静的ではスパン中点の変位計と所定の位置に貼付したひずみゲージ、疲労では所定位置に貼付したひずみゲージを用いて行った。載荷方法は静的では漸増繰返し、疲労では下限荷重(5kN)を一定とし、上限荷重を種々変化させて行った。

### 3. 試験結果および考察

**3.1 静的試験** 表-3に静的試験結果を示す。この表より明らかなように、コンクリート梁をCCFPで補強することにより、静的耐力では約2.2倍、たわみ剛性では約1.2倍向上することが確認できた。破壊形式は無補強のほうが曲げ破壊で、CCFPで補強したほうが CCFP の剥離を伴う曲げ破壊であった。なお、疲労試験の打ち切り限界(N=1000万回)を超えた試験体の静的破壊形式は CCFP の剥離破壊を伴わない斜めせん断破壊であった(F-RCC-6)。図-2と図-3に、無補強(CCFPなし)と補強(CCFPあり)の試験体の荷重-たわみ関係を示す。これらの図より明らかなように、コンクリート梁を CCFP で補強することにより、変

表-1 CCFP の特性

品番	TYPE-S
繊維特性	高強度品
幅 (mm)	25
厚 (mm)	1.2
引張強度 (N/mm <sup>2</sup> )	2350
引張弾性率 (N/mm <sup>2</sup> )	1.52×10 <sup>5</sup>

表-2 接着剤の種類と混合比

	主剤	硬化剤
主成分	エポキシ樹脂	ポリアミドアミン複素環状ジアミン変性物
外観	灰色パテ状	灰色パテ状
混合比	主剤：硬化剤＝2：1(質量比)	
備考	施工時の温度によりMS、MWを使い分ける	

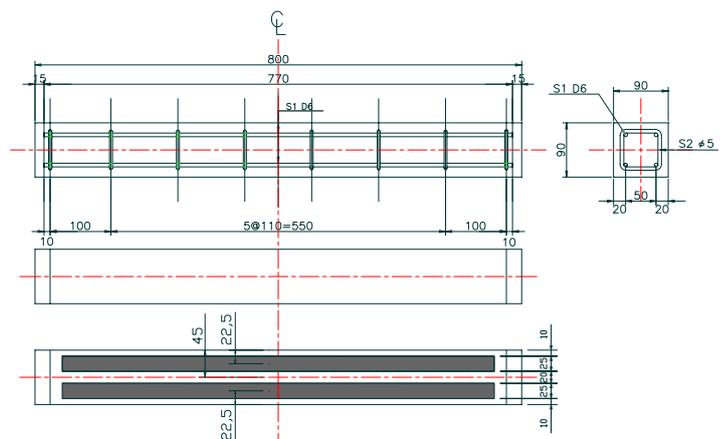


図-1 試験体の形状寸法

キーワード：炭素繊維集成板，RC梁の補強，疲労強度，S-N関係，耐疲労効果

連絡先：〒572-8508 寝屋川市池田中町17-8 TEL 072-839-9127 FAX 072-838-6599

形性能は低下するものの、高い耐荷性能が得られることが分かる。

**3.2 疲労試験** 表-4 に疲労試験結果を示す。疲労試験では、補強のあり・なしに関係なく、全試験体において、引張側主鉄筋(スターラップ筋との交点の溶接部)が疲労破断していた。また、この表より明らかなように、補強なしの試験体の最終的な破壊形式はコンクリートの曲げ破壊、補強ありのものは CCFP の剥離破壊を伴う曲げ破壊の様相を呈していた。図-4 は $(\Delta P/P_u)$ -N 関係を示す。この図より、コンクリート梁を CCFP で補強することにより、疲労強度が大きく向上することが分かる。ちなみに、200 万回の時間強度で比較すると、約 2 倍程度の向上であった。図-5 は $(P_{max}/P_u)$ -N 関係を示す。この図より明らかなように、CCFP 補強のあり・なしに関係なく、 $(P_{max}/P_u)$ -N 関係の回帰線は、ほぼ一本の線で表すことができる。これは、本試験において下限荷重(5kN)を高い値に設定したことによるものである。

**4. 結論** 本試験結果から、CCFP の使用は静的試験結果ではコンクリート梁の耐荷力(約 2.2 倍)とたわみ剛性(約 1.2 倍)を向上させることに効果を発揮し、さらに疲労試験結果では耐疲労効果(200 万回時間強度で約 2 倍)を向上させるのに有効な手段であることが分かった。今後の検討課題として、(1)CCFP の剥離破壊を防ぐため、CCFP 端部の定着度を増す方策を講じた試験、(2)実物大に近い試験体を用いた試験、(3)溶接鉄筋を用いない試験の実施を予定している。

1)平城ほか:土木学会第56回年次学術講演会, I-B110

表-3 静的試験結果

試験体名	ひび割れ発生荷重 $P_c$ (kN)	破壊荷重 $P_u$ (kN)	たわみ剛性 $K$ (kN/mm)	破壊形式
S-RCN-1	5	13.6	42	曲げ破壊
S-RCN-2	5	13.6	48	曲げ破壊
平均	5	13.6	45	-
S-RCC-1	12	31	56.7	曲げ破壊及び炭素繊維集成板剥離
S-RCC-2	11	29.9	52.4	曲げ破壊及び炭素繊維集成板剥離
平均	11.5	30.5	54.6	-
F-RCC-6	12(ひび割れ発生)	21	45	斜めせん断破壊

表-4 疲労試験結果

試験体名	基準荷重 $P$ (kN)	荷重範囲 $\Delta P$ (kN)	破壊に至るまでの繰返し回数 $N \times 10^4$ (回)	破壊形式
F-RCN-1	15	6	15.301	コンクリート曲げ破壊
F-RCN-2		6	14.773	コンクリート曲げ破壊
F-RCN-3		4.2	51.124	コンクリート曲げ破壊
F-RCN-4		4	69.083	コンクリート曲げ破壊
F-RCN-5		3.6	72.722	コンクリート曲げ破壊
F-RCN-6		3.6	102.004	コンクリート曲げ破壊
F-RCN-7		3.6	137.538	コンクリート曲げ破壊
F-RCC-1	30	15	18.972	コンクリート曲げ破壊 及びCCFP剥離
F-RCC-2		14	38.189	コンクリート曲げ破壊 及びCCFP剥離
F-RCC-3		13.4	47.579	コンクリート曲げ破壊 及びCCFP剥離
F-RCC-4		12.8	47.097	コンクリート曲げ破壊 及びCCFP剥離
F-RCC-5		12	131.167	コンクリート曲げ破壊 及びCCFP剥離
F-RCC-6		7	1000万回以上	破壊せず

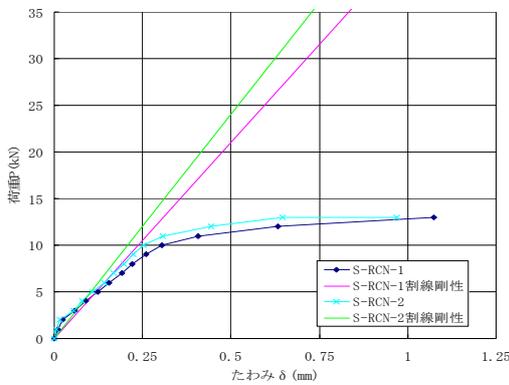


図-2 荷重とたわみ関係(CCFP なし)

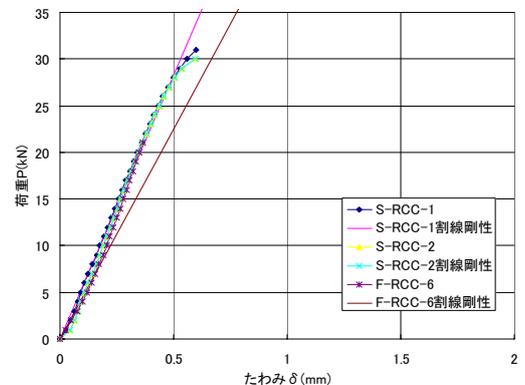


図-3 荷重とたわみ関係(CCFP あり)

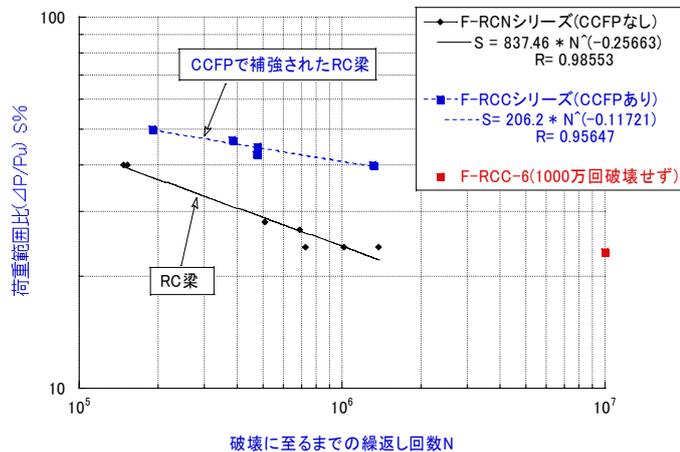


図-4  $(\Delta P/P_u)$ -N 図

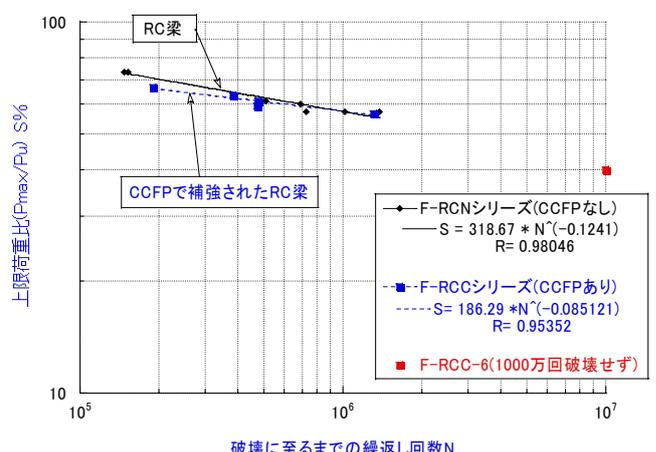


図-5  $(P_{max}/P_u)$ -N 図