

一方向 RC 版の炭素繊維シートによる疲労挙動の改善に関する研究

長崎大学生産科学研究科

学生会員 山下 祥蔵

長崎大学生産科学研究科

学生会員 平井 陽一郎

長崎大学工学部

正会員 永藤 政敏

長崎大学工学部

正会員 原田 哲夫

1. はじめに

炭素繊維シート（以下 CFS と略記）接着工法の補強効果に関する研究は多くなされているが、CFS 補強の前後を通した補強効果の定量的評価は未だ十分とは言えない。そこで本研究では、疲労ひび割れを発生させた一方向 RC 版に CFS の接着補強を施した後、疲労荷重を作用させた場合における、たわみ、鉄筋ひずみなどの増加量の抑制程度の定量化を目的として実験的な検討を行った。

2. 実験概要

図-1 に示すように、試験体は引張鉄筋比を 0.621% (4-D13) とした、スパン 2000mm の単純支持一方向 RC 床版である。試験体一覧を表-1 に示す。試験体には、等曲げ区間 400mm での 2 点定荷方式での一定振幅疲労荷重により劣化させた後、CFS 補強を施した。補強前の疲労繰返し回数の設定は、どの試験体もスパン中央引張鉄筋の残留ひずみが 500μ となるまでとした。試験体の接着面をディスクサンダーで表面処理した後、エポキシ樹脂プライマーを塗布し、CFS（目付け量 $300\text{g}/\text{m}^2$ ）をエポキシ樹脂含浸接着剤により接着した。なお、曲げひび割れへの樹脂注入は行っていない。

試験体端部には、CFS の急激な剥離を抑制するために増貼り定着と T 字型定着を施してある。CFS 貼付後、1 週間の養生期間を経て、引き続き一定振幅の疲労荷重を載荷した。適当な繰返し回数ごとに静的載荷試験によって、スパン中央のたわみと鉄筋ひずみ、 π ゲージによるひび割れを含む 10cm 区間の伸び、スパン方向の CFS 表面のひずみを測定した。なお、計測は剥離を生じていない状態で行った。

3. 実験結果と考察

3.1 鉄筋ひずみの挙動

本節では鉄筋ひずみの挙動における CFS による補強効果を評価する。

図-2 に F0 試験体と F2 試験体の上限、下限荷重時鉄筋ひずみを示す。繰返し回数 1~100 万回までは両者とも同じ条件なのでほぼ同様の挙動である。しかし、F1 試験体の上限荷重時の鉄筋ひずみは、CFS 補強直後に CFS 補強直前の 79% に減少した。この鉄筋ひずみ軽減率の、引張側コンクリート無視、平面保持仮定での計算値は 86.6% であり、実験値とほぼ一致する。

CFS 補強の前後における鉄筋ひずみ増加率の変化を確認するため、最小二乗法による対数曲線近似を行っ

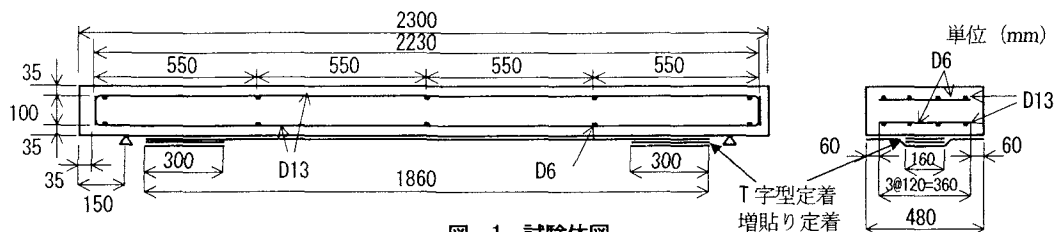


図-1 試験体図

表-1 試験体及び実験結果一覧

試験体名	補強前載荷条件		CFS補強法			補強後載荷条件	
	荷重振幅 (kN)	繰返し回数(万回)	CFS幅	CFS層数	端部	荷重振幅 (kN)	繰返し回数(万回)
F1	1.5-36.7	100	幅160mm	2層	T字, 増貼り	1.5-36.7	200
F2	1.5-36.7	60	幅160mm	2層	T字, 増貼り	1.5-55.0	約90
F3	1.5-36.7	60	幅160mm	2層	T字, 増貼り	1.5-46.0	約196
F0	無補強試験体: 荷重振幅1.5-36.7(kN), 201万回で引張鉄筋の疲労破断により破壊						

※コンクリートの設計基準強度 $30\text{N}/\text{mm}^2$ 、ヤング率 $3.0 \times 10^4 \text{N}/\text{mm}^2$

た。すると、上限荷重時におけるひずみの絶対値は減少しているものの、ひずみの増加率に顕著な変化は見られなかった。

図-3にF1試験体の荷重-鉄筋ひずみ履歴を示す。まず、各繰返し回数における除荷過程を直線で近似すると、細実線で示すように、ひびわれ発生荷重のマイナス値を指向しているようである。その細実線の勾配は、繰返し回数とともに減少し、補強前1回目と100万回目を比べると、100万回目は1回目よりも約32%減少していた。これは繰返しに伴うテンションステイフニング効果の消失を意味すると考えられる。次に、補強前100万回目と補強後1回目を比較すると、補強後1回目の勾配は補強前100万回目よりも約31%増加していた。CFS補強を施すことにより見かけ上テンションステイフニング効果が回復した状態になったと考えられる。¹⁾また、補強後1回目から200万回目の挙動にはほとんど変化がなく、その勾配は補強前2回目とほぼ一致した。

3.2 CFS補強による長寿命化

鉄筋の疲労破断を試験体の終局とした場合、CFS補強の鉄筋ひずみ振幅抑制効果によって寿命の長さなどにどのような影響が現れるのかについて、表-1から推定した。F0試験体は、無補強で200万回の繰返し回数で引張鉄筋破断を起こした。F1試験体は、無補強で100万回、CFS2層1/3幅補強を施した後、さらに200万回の繰返しに耐えた。その後荷重振幅を125%に上げると90万回で引張鉄筋破断が起り、CFSの剥離が発生した。F2試験体は、無補強で60万回の繰返し載荷後にCFS補強、荷重振幅を125%に上げると補強後196万回で引張鉄筋破断、CFSの剥離が発生した。これらから、マイナー則を用いてCFS補強を施した場合の疲労寿命を推測した。無補強で100万回載荷後であることを考慮すると、CFS補強を施した上で荷重振幅が変化しない場合、本研究においては、無補強のままの約3倍に寿命が延びると推測される。

次に、図-4に示すコンクリート標準示方書に規定されている本研究で用いた異形鉄筋のS-N線図から、CFS補強した試験体の疲労寿命を推測する。無補強試験体F0は計算上約100万回の疲労寿命であるが、実際は約200万回で破壊した。CFS補強を施すと、補強量に応じて鉄筋応力が軽減される。¹⁾そのことを考慮し、図-4からF1試験体の疲労寿命を算定すると、約

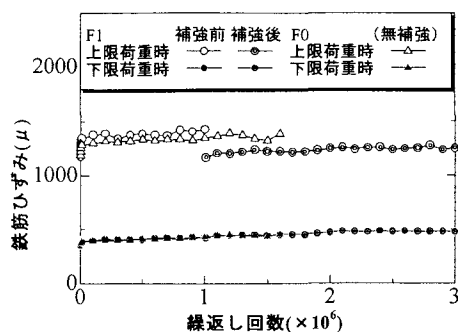


図-2 F0, F1 上限, 下限荷重時
鉄筋ひずみ

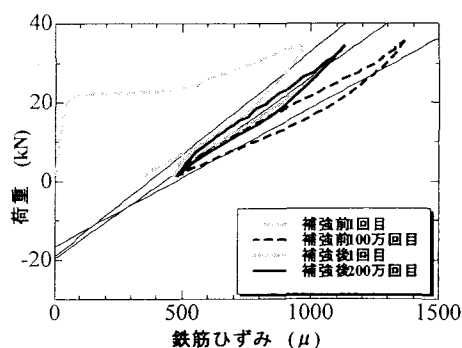


図-3 F1 荷重-鉄筋ひずみ

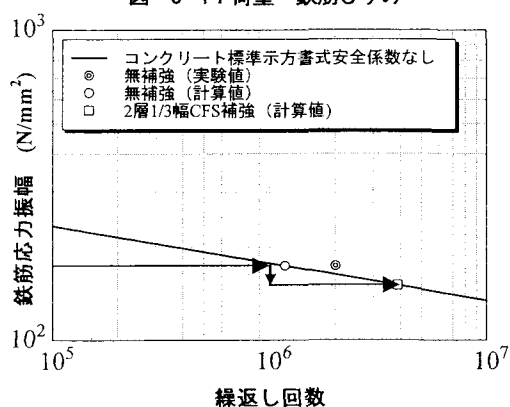


図-4 S-N 線図

390万回であった。つまり、無補強状態の寿命の約3.9倍になると推測される。

4. まとめ

CFS補強を施すことで、見かけ上の引張り剛性が回復する。また、鉄筋ひずみの絶対値の低下、増加量の抑制を確認した。しかし、補強効果の定量化には至っておらず、更なる実験、検討を要する。

参考文献

- 1) 第三回コンクリート構造物の補修、補強、アップグレード論文報告集、平井、原田、永藤、岳尾、2003