

疲労荷重を受ける一方向 RC 版の炭素繊維シートによる補強効果に関する研究

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 原田 哲夫

長崎大学生産科学研究科

学生会員 久保田 慶太

ショーボンド建設(株)

正会員 岳尾 弘洋

1. はじめに

現在、道路橋床版では、炭素繊維接着工法による補強が実施されているものの、補強効果についてはあまり明確になっていないように思われる。一方、炭素繊維シート(以下 CFS と略記)による補強に関する研究の多くはひび割れが発生していない試験体を対象としている。そこで、本研究ではあらかじめ、疲労ひび割れを発生させた一方向 RC 版を用い、CFS で接着補強した後、疲労荷重を作用させた場合にひび割れ幅やたわみがどの程度改善されるのか、また CFS の剥離進展について実験的な検討を行った。

2. 試験体と実験概要

図-1 に示すように、試験体は、引張鉄筋比を 0.704% (4・D13) としたスパン 2000mm の単純支持一方向 RC 床版である。等曲げ区間 400mm の 2 点載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。荷重振幅と繰返し回数を表-1 に示す。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 300g/m^2) をエポキシ樹脂含浸接着剤により接着した。昨年度行った静的載荷試験のデータを参考に荷重振幅を決定するため、FRC-2~4 の CFS 補強は幅 160mm とした。T 字型補強は、CFS の急激な剥離を抑制する効果があるため、危険防止の目的で施した。なお、補強前後のひび割れ開口幅変化を測定するために、ひび割れへの樹脂注入は行っていない。

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、スパン中央部の鉄筋ひずみとたわみ、 π ゲージによるひび割れを含む 10cm 区間の伸び(以後ひび割れ幅の変化と略称する)、スパン方向各点の CFS 表面のひずみを測定した。

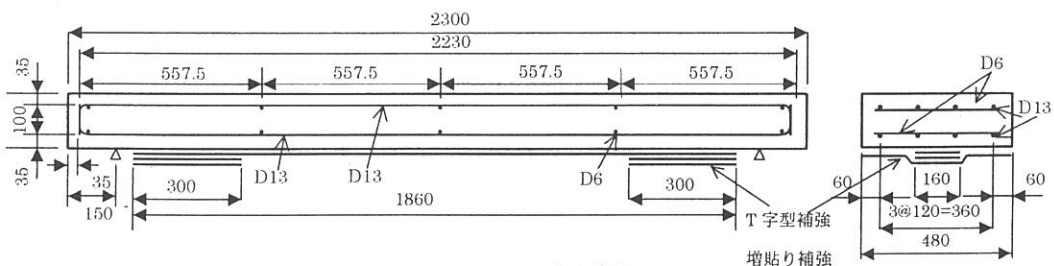


図-1 試験体図

表-1 試験体ごとの荷重振幅、繰返し回数、CFS 貼付形状

	補強前		CFS貼付形状			補強後	
	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)
FRC-1	1.3-16	60	全面	2層	なし	8.0-31.7 1.5-50	200 400
	2.2-24.3	100					
	8.0-31.7	40					
FRC-2	1.5-36.7	100	幅160mm	2層	T字, 増貼り	1.5-36.7	200
FRC-3	1.5-36.7	60	幅160mm	2層	T字, 増貼り	1.5-45.9	195.8267(CFS剥離)
FRC-4	1.5-36.7	60	幅160mm	2層	T字, 増貼り	1.5-55	123.6541(CFS剥離)

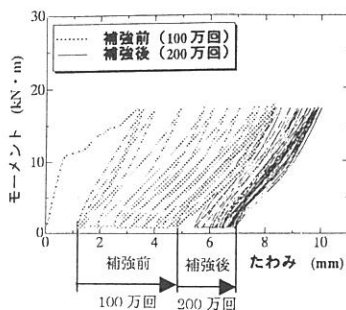


図-2 モーメント-たわみ履歴

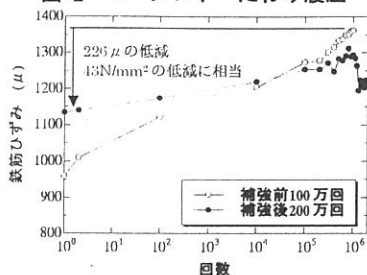


図-5 FRC-2 の上限荷重時の鉄筋ひずみ

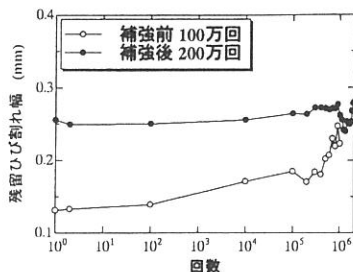


図-3 残留ひび割れ幅

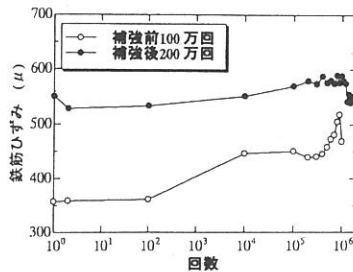


図-4 残留鉄筋ひずみ

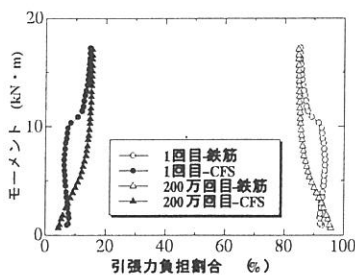


図-6 FRC-2 の鉄筋-CFS 引張力負担割合

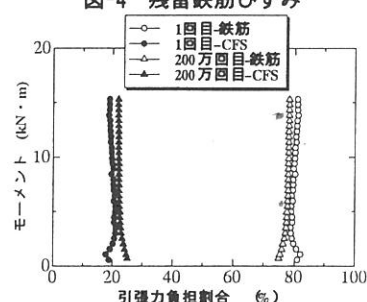


図-7 FRC-1 の鉄筋-CFS 引張力負担割合

3. 実験結果と考察

3.1. 疲労劣化の進行とその抑制

CFS 補強の前と後において荷重振幅に変更が無い FRC-2 試験体について、補強前と後のモーメント-たわみ履歴、残留ひび割れ幅の変化、残留鉄筋ひずみの変化をそれぞれ図-2、図-3、および図-4 に示す。補強後は補強前の 2 倍の繰返し载荷回数を経たにもかかわらず、残留たわみ、残留ひび割れ幅、残留鉄筋ひずみの増加速度は载荷 1 回あたりにおいてそれぞれ 20.4%、11.1%、8.9% に低下したことが分かった。このことは、各グラフにおいて同繰返し回数での曲線の傾きは明らかに補強前の方が補強後よりも大きいことから読み取れる。

図-5 に FRC-2 試験体の上限荷重時の鉄筋ひずみを示す。FRC-2 試験体の補強後は最大鉄筋ひずみが補強前のそれを超えることが無かった。補強前 200 万回と補強後 1 回目の鉄筋ひずみの差は 226 μ で、これは応力に換算して 43 N/mm^2 の軽減となる。図-6 に示すように、鉄筋と CFS は、作用するモーメントと疲労劣化度に関係なくほぼ一定の引張力負担割合を保つ。この割合で鉄筋は負担応力を軽減され、また、図-7 に示すように、CFS の補強量に比例して鉄筋応力は軽減される。

3.2. CFS の剥離

FRC-1 と FRC-2 試験体は、繰返し载荷回数が 200 万回に達しても剥離を一切生じなかった。一方、FRC-3 と FRC-4 試験体は、スパン中央から片方の端部へ進展する剥離を生じた。端部の剥落をもって実験終了とした後、スパン中央に入ったひび割れ近辺の下面コンクリートをはつと、両試験体とも引張鉄筋が全て疲労破断していた。このことから、鉄筋の破断により図-6 に示す鉄筋と CFS の引張力負担割合が崩れ、CFS が負担する引張力が増加したことを原因として剥離が発生したと考えられる。

4. まとめ

CFS 補強はたわみの増大とひび割れの開口を抑制することで、力学的にも化学的にも RC 構造物の長寿命化に貢献する。しかしながら、CFS 補強後の RC 部材の寿命推定には更なる検討を要する。