

CFS 補強はり部材の曲げ疲労試験における緩衝材の影響

北海道大学大学院 ○ 学生員 伊藤智之
北海道大学大学院 正 員 佐藤靖彦
清水建設（株） 正 員 前田敏也
日石三菱（株） 正 員 小牧秀之

1. はじめに

高い変形性能を持っている「緩衝材」¹⁾は CFS とコンクリート面の間に用いることにより、CFS とコンクリート界面の付着特性を改善し、局部的な付着破壊を抑制する働きがある。本研究では、「緩衝材」を用いた CFS の疲労挙動についてはまだ明らかになっていないことから、「緩衝材」を用いた CFS 補強はり部材の曲げ疲労試験を行うことで、その疲労挙動を明らかにすることを目的とした。

2. 実験概要

実験に使用した供試体は CFS により下面を補強した RC はりである。主筋に D13、帯筋に D10 を使用した。帯筋の配置は 150mm ピッチとした。供試体の寸法形状を図-1 に、使用材料の物性値を表-1 に示す。CFS の貼付けは、コンクリート面に下地処理、プライマー塗布後、緩衝材を用いない場合は CFS を貼付け、緩衝材を用いる場合は緩衝材を塗布し、CFS を貼付けた。緩衝材の厚さは 500 μm とした。供試体の仕様を表-2 に示す。実験方式は、2 点載荷（載荷点間距離 300mm、支点間距離 1,800mm）による疲労載荷試験とした。載荷荷重は、上限荷重 40kN、下限荷重 10kN とした。疲労試験は 200 万回載荷しても破壊しなければ、疲労載荷を中断し、静的試験を行った。静的試験により疲労載荷 200 万回後の静的耐力を測定した。

3. 実験結果及び考察

3.1 各実験結果

各実験結果を表-3 に示す。CFS が 1 層の SP-C1-SL は、疲労載荷中に鉄筋が破断したが、CFS は破断も剥離もしていなかったため疲労載荷を中断して、静的試験を行った結果である。CFS が 2 層の場合は、緩衝材を用いた場合の方が用いない場合よりも静的耐力が大きくなっている。しかし、CFS が 3 層の場合は、緩衝材を用いた場合も用いない場合も静的耐力がほとんど変わらなかった。これは破壊形態の違いによるものである。

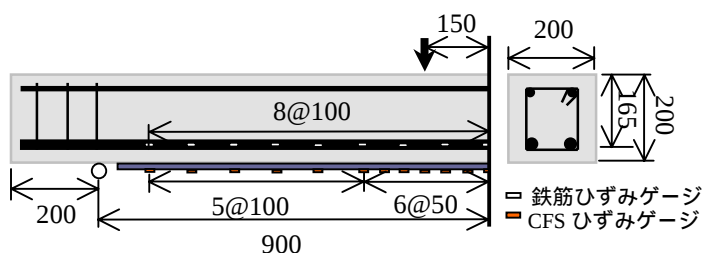


図-1 供試体概要

表-1 使用材料の物性値

CFS	繊維目付	300g/m ²
	設計厚さ	0.167mm
	引張弾性率	236GPa
	引張強度	4120MPa
	破断ひずみ	15500 μ
鉄筋 SD295	降伏強度	360MPa
	引張強度	515MPa
コンクリート	圧縮強度	37.5MPa
緩衝材	引張強度	1MPa
	伸び率	70 以上
	せん断弾性率	6.3

表-2 供試体の仕様

供試体	緩衝材	CFS の層数
SP-C1-SL	有	1
SP-C2	無	2
SP-C2-SL	有	2
SP-C3	無	3
SP-C3-SL	有	3

表-3 各実験結果

供試体	載荷回数 (回)	静的耐力 (kN)	静的試験による破壊形態
SP-C1-SL	1,295,703	58.8	A
SP-C2	2,000,000	101.9	B
SP-C2-SL	2,000,000	109.8	B
SP-C3	2,000,000	115.6	B
SP-C3-SL	2,000,000	117.6	C

A：CFS の破断

B：スパン中央付近からのコンクリートの付着破壊

C：端部からのコンクリートの付着破壊

キーワード 緩衝材, CFS, 付着応力, 疲労試験, 静的耐力

連絡先 〒060-8628 札幌市北区北 13 条西 8 丁目 北海道大学大学院工学研究科 TEL011-706-6181

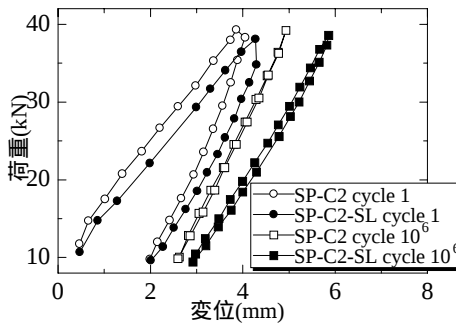


図-2 荷重 - 変位の関係

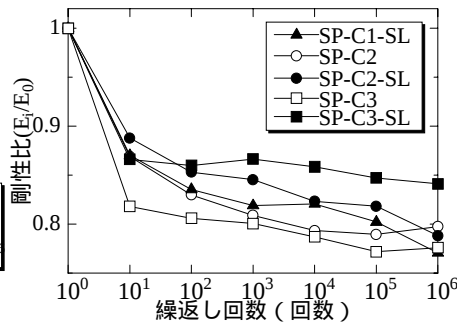


図-3 剛性比 - 繰返し回数の関係

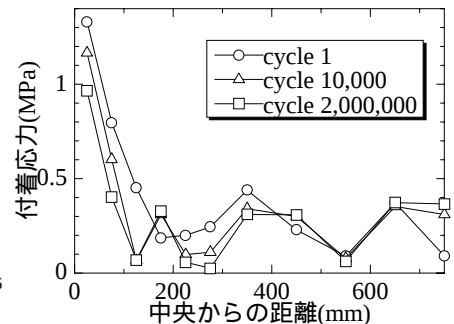


図-4 SP-C2 の CFS 付着応力分布

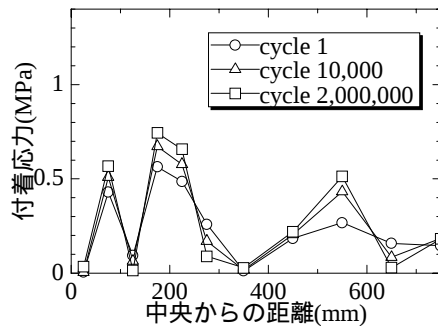


図-5 SP-C2-SL の CFS 付着応力分布

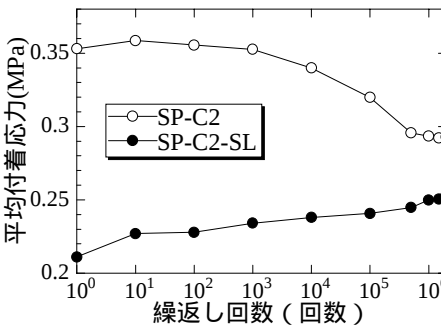


図-6 平均付着応力 - 繰返し回数の関係

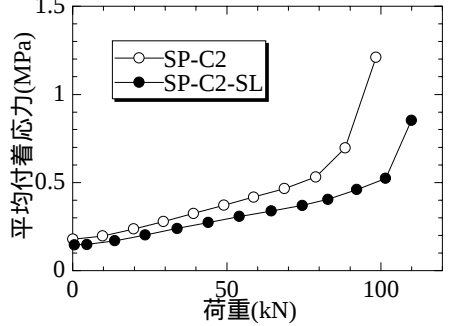


図-7 平均付着応力 - 荷重の関係

3.2 荷重 - 変位関係

CFS を 2 層貼り付けた場合の荷重 - 変位関係を図-2 に示した。SP-C2 に比べて SP-C2-SL の方が、変位が大きくなっている。緩衝材の変形性が高いために緩衝材を用いた場合の方が、剛性が低下する。各供試体の剛性比 - 繰返し回数の関係を図-3 に示した。剛性は繰返し载荷における荷重 - 変位の関係を直線に近似し、その勾配 (= 荷重 / 変位) で表した値で、剛性比は任意の繰返し回数での剛性 E_i を繰返し回数 1 回目の剛性 E_0 で除した値である。繰返し回数の増加に伴う剛性値の変化は、緩衝材を用いない場合は繰返し回数が少ない段階で急激に低下する傾向にあるが緩衝材を用いた場合は全体的に緩やかに低下している。

3.3 CFS 付着応力

SP-C2, SP-C2-SL の CFS の付着応力分布を図-4, 5 に示す。CFS の付着応力の最大値は、SP-C2-SL の方が SP-C2 に比べて小さくなっている。これは緩衝材が局所的な付着応力の増大を抑える働きをしているからである。また、繰返し回数の増加に伴って付着応力が SP-C2 では減少しているが、SP-C2-SL では増加している。スパン中央から端部までの平均付着応力 - 繰返し回数の関係を図-6 に示す。図-6 から緩衝材を用いた場合は付着応力が増加し、緩衝材を用いない場合は付着応力が減少している。緩衝材を用いていない SP-C2 においては、繰返しに伴う付着劣化が現れているとも考えることができる。疲労試験後の静的試験におけるスパン中央から 550mm の位置から端部の CFS 平均付着応力 - 荷重の関係を図-7 に示す。SP-C2 も SP-C2-SL も終局直前に平均付着応力が増加しているが、増加し始めの荷重レベルは SP-C2 の方が低い。急激な付着応力の増加は剥離破壊を引き起こす要因の 1 つである。緩衝材を用いた場合、用いない場合に比べ、この急激な付着応力の増加を遅らせる効果があり、このことが静的耐力に大きく影響を及ぼしているものと考えられる。

4. まとめ

本研究の実験結果から以下の結論が導き出された。

- 1) 緩衝材を用いた場合の方が緩衝材を用いない場合に比べて疲労試験後の静的耐力が大きい。
- 2) 緩衝材を用いた場合の方が緩衝材を用いない場合に比べ、繰返し回数の増加に伴う剛性比の低下が緩やかである。
- 3) 緩衝材を用いない場合は繰返し回数の増加に伴って CFS の付着応力は低下するが、緩衝材を用いた場合は増加する。

参考文献 1) 前田敏也, 小牧秀之, 坪内賢太郎, 村上かおり: 緩衝材を用いた炭素繊維シート接着工法の補強効果, コンクリート工学年次論文集, Vol.23, No.1, pp817-822, 2001.6