

V-7 疲労荷重下における炭素繊維シートの付着特性に関する実験的研究

高松高専専攻科 学生会員 ○本田 陵二
高松高専 正会員 長友 克寛
豊橋技術科学大学 正会員 角 徹三
高松高専 松原 三郎

1. 研究目的 近年、鉄筋コンクリート構造物の補強・補修材として炭素繊維シート（以下、CFS と略記）の使用機会が増加している。CFS は軽量で強度が高く、耐久性や耐食性にも優れている新素材である。CFS の補強効果については、曲げおよびせん断耐力の向上に関しては既に検証させているが、疲労荷重載荷時においてその効果が保証されるか否かに関しては、わずかにスラブ曲げ補強に関する研究が報告されているのみである。本研究は、CFS を貼付した両引試験体を用い、疲労荷重下における CFS の付着性状の劣化挙動を実験的に調べることを目的としている。

2. CFS の付着性状の求め方 図-1 に微小 CFS 部分に作用する力を示す。CFS とコンクリート間の付着応力度 τ_i は、この微小部分の力のつり合い式より求められる。i 番目のひずみゲージ位置の CFS とコンクリート間の相対変位 s_i は、CFS の自由端から i 番目のひずみゲージまでの距離 x_i における CFS 引張ひずみ分布の積分値として求められる。

3. 実験方法 表-1 に CFS の性質を、表-2 に実験概要をそれぞれ示す。図-2 に実験に用いた両引試験体を示す。試験体にはその 2 つの側面に CFS を貼付し、試験体片側半分には剥離しないように周方向にも CFS を貼付した。試験体中央には切り欠きを入れた。CFS には、15mm 間隔で 14 個のひずみゲージを貼付し、その読みを用いて τ_i および s_i を求めた。試験体は 6 体作製し、No. 1, 2 には負荷応力度 σ を CFS の剥離破壊まで加え続けた。応力度 σ は試験体中央部での値、すなわち負荷重をシート断面積で除した値である。破壊時の σ を $\sigma_{o\max}$ と記す。残りの試験体には σ を周波数 3Hz の正弦波として与えた。その振幅は、試験体 No. 3 : $0.1\sigma_{o\max} \sim 0.8\sigma_{o\max}$, No. 4 : $0.1\sigma_{o\max} \sim 0.6\sigma_{o\max}$, No. 5 : $0.3\sigma_{o\max} \sim 0.6\sigma_{o\max}$, No. 6 : $0.5\sigma_{o\max} \sim 0.8\sigma_{o\max}$ とした。

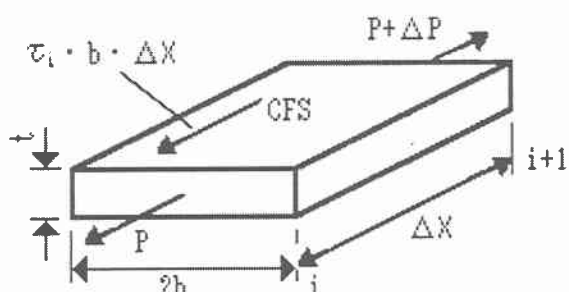


図-1 微小 CFS 部分に働く力

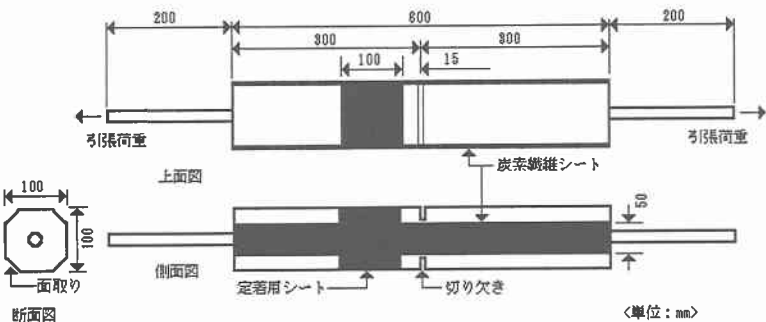


図-2 試験体の形状と寸法

表-1 CFS の性質

CFS の特性 (菱晃製 AUC-TH30)	カタログ値
目付け量(g/m ²)	300
平均引張強度(MPa)	4200
保証引張強度(MPa)	3400
引張弾性率(GPa)	230
設計厚さ(mm)	0.167

表-2 実験概要

試験体 No.	最大応力度 $\sigma_{\max}$ (MPa)	最小応力度 $\sigma_{\min}$ (MPa)	剥離開始応力度 σ_s (MPa)	疲労寿命 N (回)	圧縮強度 f_c' (MPa)
1	1429	0	626	1	26.9
2	1337	0	623	1	27.2
3	1108	120	654	2559	26.7
4	838	120	661	12402	26.8
5	838	419	616	122382	27.6
6	1108	689	765	5501	25.8

4. 実験結果及び考察

4.1 付着応力度 τ 図-3 に、試験体 No. 4 の最大応力度 ($0.6\sigma_{\text{max}}$) 時を対象とし、载荷回数 n の増加に伴う CFS 軸に沿う τ 分布の推移を示す。ここに、横軸 X は試験体中央からの距離を示す。 $n \leq 1000$ 回では τ 分布にはほとんど違いはなく、 $X=60\text{mm}$ 付近に τ のピーク値が生じている。しかし $n \geq 5000$ 回では付着劣化が生じ、 τ のピーク位置は CFS の自由端へと移動し、しかも τ のピーク値は減少する。

4.2 付着応力度 τ - 相対変位 S 関係 図-4 に、試験体 No. 4 における $X=30\text{mm}$ の位置を対象とし、 n の増加に伴う τ - S 関係の推移を示す。 n の増加に伴い、CFS の剥離が進行するため、各ピーク時の τ は減少し、 S は増加している。これにより、CFS の剥離が進行していることがわかる。 $n \geq 1000$ 回では、 τ が ≈ 0 で、 S のみ増加している。これは、 $X \leq 30\text{mm}$ における CFS が完全剥離していることを意味している。

図-5 に、同じ試験体 No. 4 における $X=135\text{mm}$ の位置を対象とし、 n の増加に伴う τ - S 関係の推移を示す。 $n \leq 5000$ 回では、 $X < 135\text{mm}$ における CFS が応力度を負担しているため、 $\tau \approx 0$ である。 $n \geq 10000$ 回になると、 $X < 135\text{mm}$ における CFS の剥離が進行するため τ は大きくなる。しかし、 τ - S 関係は破壊直前までほぼ弾性的な挙動を示している。

4.3 負荷応力度 σ - 疲労寿命 N 関係 図-6 は、負荷応力度 σ と疲労寿命 N (常用対数表示) との関係を示している。 N は、最大応力度 σ_{max} が小さくなるにしたがって、ほぼ直線的に増加している。試験体 No. 5 と No. 6 より、負荷応力度振幅 σ_r が同じ場合は σ_{max} が小さい No. 5 が、No. 4 と No. 5 より、 σ_{max} が同じ場合は σ_r の小さい No. 5 が、また No. 3 と No. 4 より、最小応力度 σ_{min} が同じ場合 σ_r の小さい No. 4 が、 N はそれぞれ大きい。これらは、一般的な疲労試験で見られる傾向と一致している。

5. 結論 本研究の結果、以下のことが明らかとなった。1) 負荷重の繰返し回数の増加に伴い、CFS の付着応力度分布のピークは、値を減少させながら自由端へと移動する。2) 疲労荷重下での局部付着応力度 - 相対変位関係は、試験体中央部では次第にへん平な曲線形状へと移行するが、試験体端部では破壊直前まで弾性的である。3) 疲労荷重下による CFS の付着強度の変化は、他の構造材料におけるものと定性的には同じである。

謝辞 本研究は、南海育英会教育研究助成の援助を得て行ったものである。また、炭素繊維シートは株式会社菱晃よりご提供頂いた。ここに、関係各位に謝意を表する。

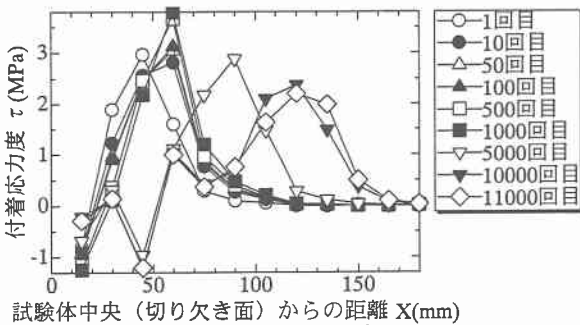


図-3 付着応力度 τ 分布
(試験体 No.4, $0.6\sigma_{\text{max}}$ 時)

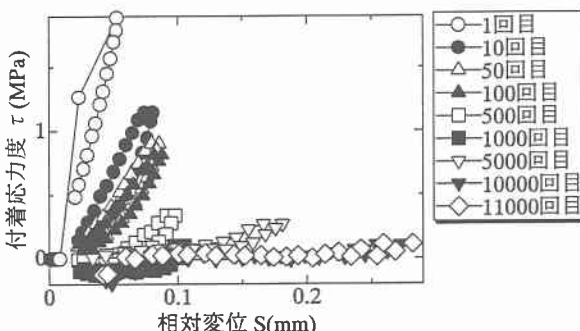


図-4 付着応力度 τ - 相対変位 S 関係
(試験体 No.4, $X=30\text{mm}$)

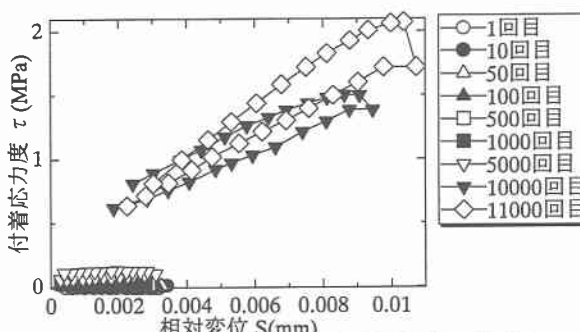


図-5 付着応力度 τ - 相対変位 S 関係
(試験体 No.4, $X=135\text{mm}$)

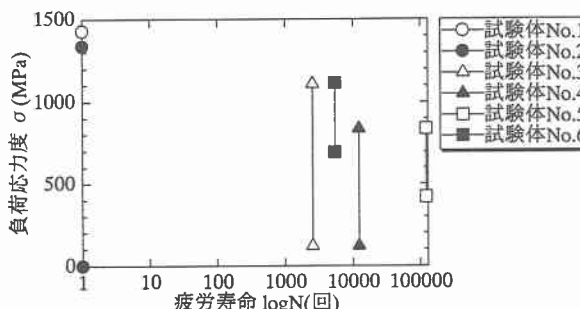


図-6 負荷応力度 σ - 疲労寿命 N 関係