

V-13

炭素繊維シートの付着に関する疲労性状の一考察

北海道大学大学院 ○学生員 森脇 渉
北海道大学工学部 学生員 逆井 温子
北海道大学大学院 正 員 上田 多門
北海道大学大学院 フェロー 角田 與史雄

1.はじめに

現在、交通量の増加による既設鉄筋コンクリート床版の早期劣化が問題とされている。更に、平成5年の道路橋の設計荷重変更など様々な側面から補強の必要性が高まっている。このような状況において、軽量、高強度、耐食性に優れ、非磁性といった特性を有する炭素繊維シート（以下「CFS」）は、RC構造物の補強材料として期待される素材である。CFSは樹脂を塗布、含浸させコンクリート表面に貼り付けられる。これが構造物に加わる外力を分担することにより、補強効果を発揮する。このように補強された構造物はCFSの剥離によって破壊に至ることが多く、その付着に関して様々な研究がなされてきた。しかし、既設RC床版に対しCFSで補強を施した場合、疲労の影響によるその剥離が懸念される。

そこで本研究は、静的引張試験と疲労試験との比較をすることで、疲労荷重下においてCFSがどう剥離するのか、換言すればその付着性状を明らかにすることを目的とし、実験および検討を行った。

2.実験概要

2.1 実験供試体

実験供試体には、奥行き200mm×横350mm×高さ250mmのコンクリートブロックの一面にCFS（付着長さ200mm×付着幅100mm）を貼り付けている。コンクリートブロックの4角に穴を設け、これに鋼棒を通しボルトで固定する。また、コンクリート端部が欠けていたり、CFSと直角でなかったりするおそれがあるためテープを貼りその部分の付着を切っている。実験供試体をFig-1に示す。また、ひずみの測定には5mm長のワイヤーストレインゲージを用いた。その貼付位置をFig-2に示す。

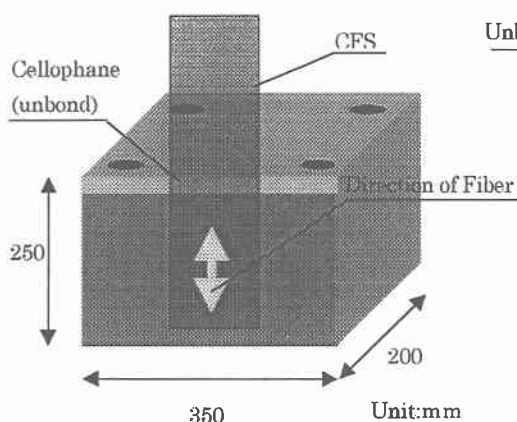


Fig-1 実験供試体

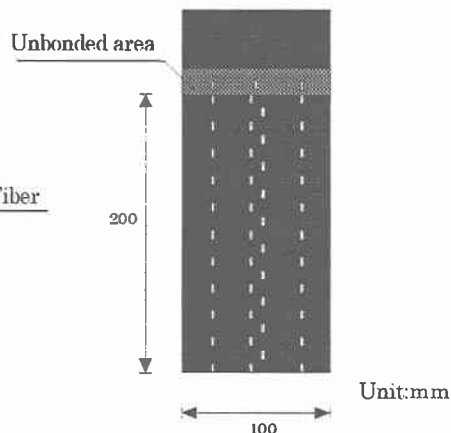


Fig-2 ひずみゲージ貼付位置

A Study on Bond Mechanism of Carbon Fiber Sheet under the Fatigue Condition

By Wataru MORIWAKI, Yoshiko SAKAI, Tamon UEDA, Yoshio KAKUTA

2.2 使用材料

使用した CFS は、高強度カーボン(FORCA トウシート FTS-C1-20)を使用した。CFS の物性値を Table-1 に示す。実験供試体に使用したコンクリートは設計基準強度 40MPa 単位水量 160kg/cm³、粗骨材の最大寸法 20mm、水セメント比 40.6%とし、早強ポルトランドセメントを用いている。テストピースには直径 100mm、高さ 200mm の円柱供試体を用い、養生条件は実験供試体と同様である。

2.3 試験方法

本実験は実験供試体をアクチュエータ直下に設置し、コンクリートブロックの四隅に設けた穴によりボルトを用いて土台となる H 鋼と固定する。ヒンジを介してアクチュエータと鋼板により定着部分を設けた上部 CFS を取り付け直接 CFS に引張力を加え、コンクリートと CFS との間で剥離を発生させるものである。実験概要図を Fig-3 に示す。なお本実験の主な測定項目は

- 1) CFS のひずみ
- 2) 作用荷重
- 3) 疲労寿命

である。CFS のひずみは、その表面に貼り付けたひずみゲージにより、作用荷重および疲労寿命はアクチュエータ内臓のロードセルにより測定している。また、変位計を設置し疲労载荷中に土台やコンクリートブロックの定着部材が破壊しないように確認を行っている。

本研究では、CFS を 1 層貼り付けた供試体を 2 体用意しており、それぞれに静的引張試験及び疲労試験を行っている。各実験供試体の実験条件を Table-2 に示す。なお、疲労試験において载荷速度は 5Hz、上限荷重と下限荷重にはそれぞれ静的引張試験で得られた剥離荷重の 70%、10%を与えている。

Table-1 CFS の物性値

Tensile strength (MPa)	3840
Tensile modulus (GPa)	230
Design thickness (mm)	0.11
Fiber weight per area (g/m ²)	200

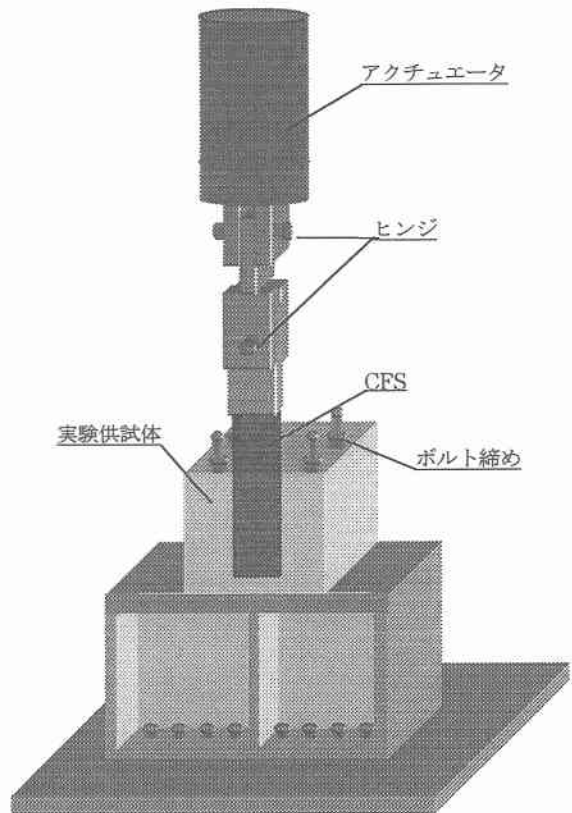


Fig-3 実験概要図

Table-2 実験条件

specimen	载荷方法	f' _c (MPa)	Bond length (mm)	Bond width (mm)
S-1-00	静的引張	40.9	200	100
S-1-70	疲労	36.1	200	100

3.実験結果及び考察

Table-3 にそれぞれの実験の結果を示す。どちらの実験においてもその破壊は、コンクリート表面と CFS との間での剥離によって起こっている。また、供試体 S-1-70 ではその疲労寿命が 1014602 回という結果であったが実験終了後の観察により、CFS 内に十分樹脂が含浸されていなかったことが分かり、本来ならこれ以上の疲労強度を持っていることも考えられる。

Table-3 実験結果

Specimen	Maximum load (kN)	Higher load (kN)	Lower load (kN)	Failure mode	Fatigue life
S-1-00	20.66	—	—	剥離	—
S-1-70	—	14.41	2.06	剥離	1014602

3.1 静的引張試験

供試体 S-1-00 では最大引張荷重 20.66kN で CFS とコンクリート間の付着が完全になくなり剥離によって実験が終了した。そのひずみ分布を Fig-4 に示す。既往の研究 [1] [2] の結果同様にひずみ分布は初期の段階では二次曲線的な形状を示しているが、荷重が大きくなるに従いこの領域のひずみが大きくなり直線分布となり、さらに終局状態付近では、ほぼひずみが一定となる領域が現れている。これは荷重が増加するとコンクリートにひび割れが生じることにより二次曲線的形状を呈していた初期段階のひずみ分布が直線となり、終局状態直前では、剥離してしまった部分の CFS が一様に変形を起こすためであると考えられる。すなわち、実際に荷重を受け持っている領域はひずみ分布が傾きを持っている一部の領域であり、荷重の増加に伴ってその領域が CFS 端部へと推移して剥離による破壊が起こると考えられる。ここで、実際に荷重に対して抵抗している領域を有効付着長と称する。また、この実験においては、計測上の不手際があったために CFS 長さ方向で 100mm 程度しか荷重を負担していないようなひずみ分布になってしまったが、終局時付近でより細かく計測を行えば、有効付着長が移動した痕跡をたどることができるひずみ分布が得られるものと考えられる。また破壊後の供試体の写真を Photo-5 及び 6 に示す。これによりコンクリート表面のモルタル部分が剥がれることによって CFS が剥離している様子がわかる。

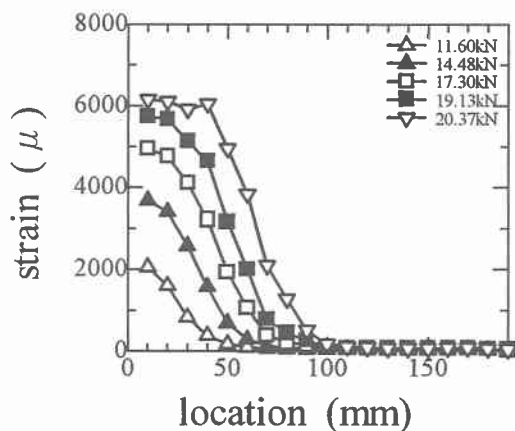


Fig-4 ひずみ分布 (S-1-00)

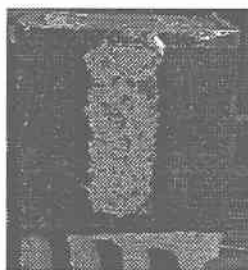


Photo-5 破壊状況
(コンクリート側)



Photo-6 破壊状況
(CFS側)

3.2 疲労試験

先に行われた静的引張試験の最大荷重 20.66 kN に対して、その 70% を上限荷重、10% を下限荷重として疲労载荷を行ったものである。その疲労寿命は 1014602 回であるが前述のように CFS 内に樹脂が浸透しきっていなかったためこの疲労寿命には、現段階では全幅の信頼を置くことはできない。まだ疲労寿命は延びるものと考えられる。

Fig-7 は CFS 表面のひずみ振幅の分布を载荷回数によりとったものである。载荷初期の段階 (1~100000 回) ではそのひずみはほとんど同じ形状を示しており、CFS 上端より 70mm ほどの部分で引張力を負担している

ことが示されている。その後疲労载荷が続くと静的引張試験において荷重が増加していくときと同様に、CFS の付着を受け持つ部分は下端方向 (図の右側) へと一定の有効付長を維持したまま推移していく様子が明らかである。また、载荷回数 1000000 回ではそのひずみは CFS 全長にわたって現れており、剥離直前であったことも窺える。

静的引張試験の結果 (Fig-4) と比較すると、作用荷重が小さいために S-1-70 では最大となるひずみは小さいにもかかわらず、有効付着長にはあまり差は認められない。つまり、ひずみ分布の傾きが小さくなっている。

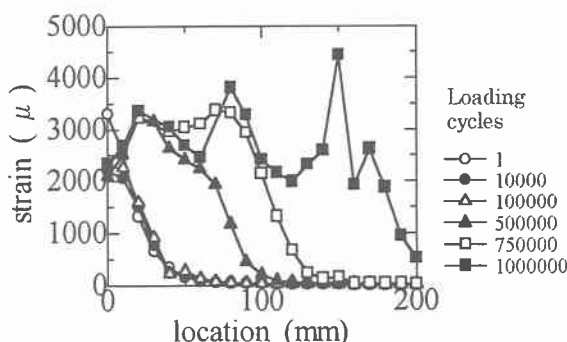


Fig-7 ひずみ振幅分布 (S-1-70)

4. まとめ

静的引張試験と疲労試験の比較により、本研究の範疇において得られた結果をまとめると以下のようなになる。

- ① 疲労試験において CFS の剥離は、静的引張試験と同様に载荷回数の増加とともに引張荷重を受け持つ領域が、ある有効付着長を持ったまま、CFS 端部方向へと順次移動する。
- ② 有効付着長に関して本実験では疲労試験と静的引張試験との間に、その差は認められない。

5. おわりに

今回の報告ではその試験数が不十分であり、まだ疲労载荷の元での CFS の付着性状を明らかにするに至っていない。今後は CFS の積総数、応力振幅などに関して、研究を進めていく予定である。

《参考文献》

- [1] 浅野靖幸：炭素繊維シートとコンクリートとの付着性状に関する研究，北海道大学修士論文，1998
- [2] 井上正一、西林新蔵、吉野公、小俣富士夫：CFRP 板で補強した RC はりの変形状と静的および疲労強度，コンクリート工学年次論文報告集，vol.18，1996