

V-37

炭素繊維シートをせん断補強材として用いた
RCはりのせん断性状について

北海道大学 学生員 田中 高行
 北海道大学 正員 佐藤 靖彦
 清水建設(株) 正員 小野 定
 東燃(株) 正員 小林 朗

1. はじめに

炭素繊維シート(以下「CFS」)は、高い引張強度を有し、腐食の問題がなく、軽量であるという点から、コンクリート分野における使用が期待される材料である。そこで、本研究ではCFSを鉄筋コンクリートはり部材の補強材として使用した場合のせん断耐力向上効果について、CFSを貼り付ける場合とCFSをU字型に巻き付ける場合について実験的に明らかにする。

2. 実験概要

2.1 使用材料

使用したコンクリートは、早強ポルトランドセメントを用いて、単位水量を $160\text{kg}/\text{cm}^2$ 、細骨材比を38%とした。各供試体のコンクリートの圧縮強度は、供試体 NO.1 で 45.3MPa 、実験供試体 NO.2 で 41.3MPa であった。また、鉄筋及びCFSの力学的特性は、表1に示す。

表1 使用材料の特性値

	降伏強度(MPa)	引張強度(MPa)	弾性強度(GPa)	シート厚さ(mm)
D19	377	371	180	—
D10	350*	—	210*	—
CFS	—	3479	230	0.11

*公称値

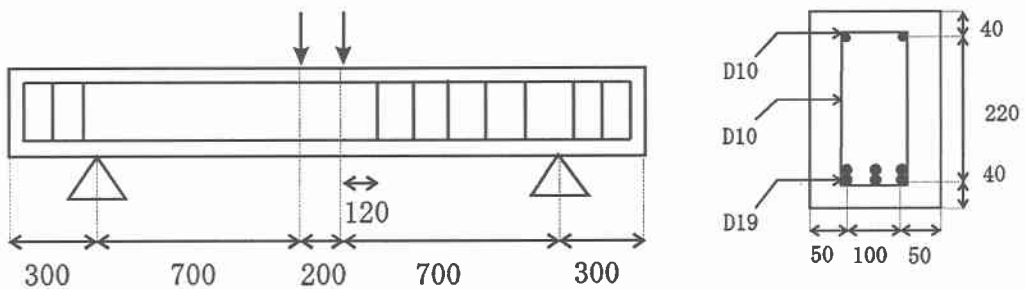


図1 実験供試体

2.2 実験供試体

供試体図を図1に示し、各供試体のCFSの貼り付け方を図2に示す。供試体は2体用意して、それぞれの主筋にD19を6本使用し、スターラップには、D10を120mmピッチで配置した。ただし、スターラップによる補

Shear Behavior of RC Beams using CFS as Shear Reinforcement

by Takayuki TANAKA, Yasuhiko SATO, Sadamu ONO and Akira KOBAYASHI



図2. シートの貼り付け方

強は供試体の右スパンのみで、左スパンはスターラップを配置せず CFS のみの補強とした。本論文では、破壊を起こす左スパンのみに着目する。また、CFS の貼り付け方は CFS の剥離状況を明確にするために、幅 30mm のゼブラ状の CFS を 30mm ピッチで供試体 NO.1 では貼り付けて、供試体 NO.2 では U 字型に巻き付けた。

2.3 実験方法

実験は図 1 のように二点集中荷重を作用させた。測定は、はり載荷点の変位及び CFS のひずみである。

3. 実験結果

3.1 荷重・変位曲線

供試体 NO.1 と NO.2 の載荷点における荷重と変位の関係を図 3 に示す。張り付け方法によらず概ね同様な性状を示している。

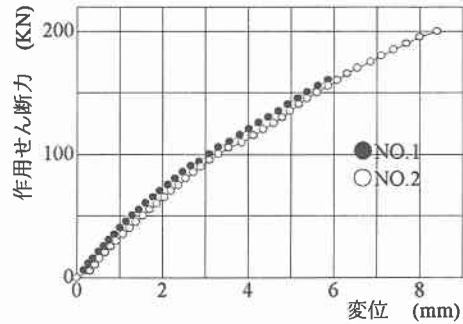


図3 荷重－変位曲線

3.2 最大荷重と破壊モード

供試体 NO.1 は、せん断力が 160.5kN で、CFS の剥離によりせん断破壊に至っている。また、供試体 NO.2 は、せん断力が 199.8kN で、CFS の剥離によりせん断破壊に至っている。CFS をただ貼り付けるよりも U 字型に巻き付ける方がせん断耐力の向上がみられることが明らかとなった。

3.3 CFS の剥離状況

実験終了後の CFS の剥離状況を図 4 に示す。図 4 において、点線は剥離が観察された位置である。実験供試体 NO.1 では載荷点側の上部と支点側の下部に三角形の形をするように CFS の剥離が起っており、実験供試体の NO.2 では斜めひび割れの上で三角形の形をするように CFS の剥離が起っている。

3.4 ひび割れ近傍部における荷重とひずみの関係

ひび割れ近傍におけるひずみの大きかった位置の CFS のひずみと作用せん断力との関係図 5 に示

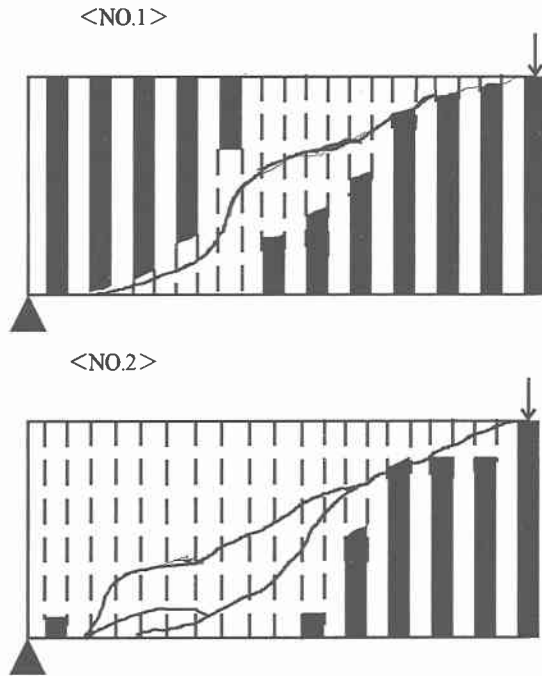


図4 シートの剥離状況

す。どちらの供試体も、斜めひび割れ発生荷重である $V=110\text{KN}$ まではひずみの増加がみられないが $V=110\text{KN}$ をこえてからは、ひずみが急激に増加していることが明らかである。また、ひずみの増加割合は、両供試体で概ね等しい。

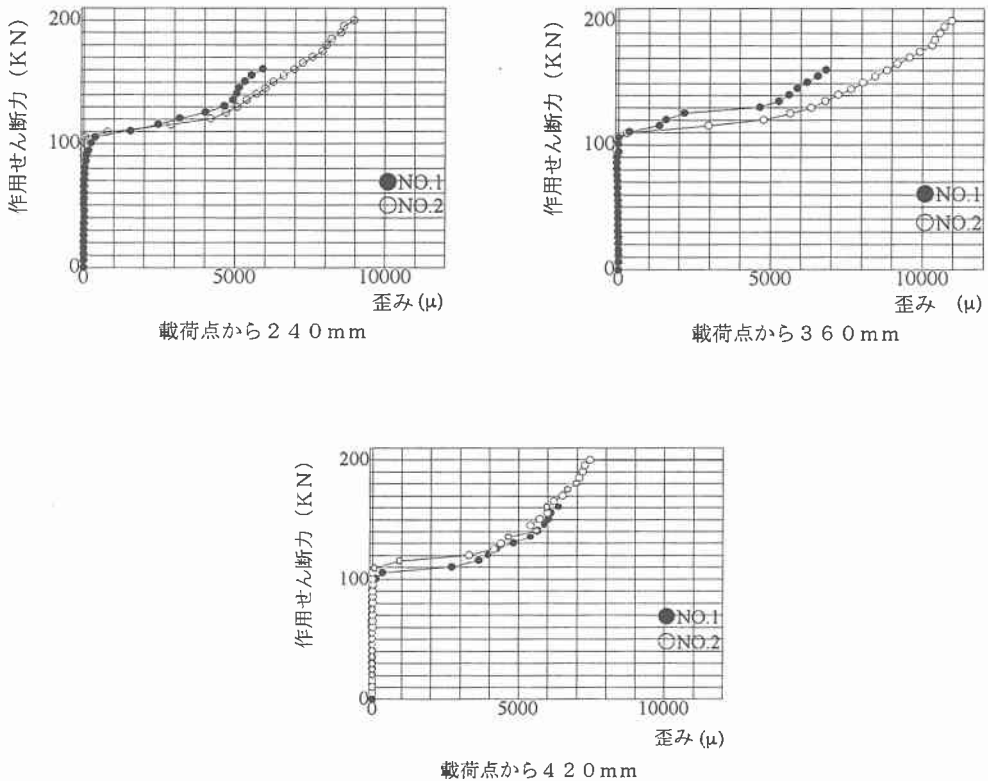


図5 作用せん断力とCFSのひずみとの関係

4. 考察

4.1 CFSが受け持つせん断耐力の計算方法

図6は、CFSが斜めひび割れをまたいでいた位置における斜めひび割れのCFSのひずみ分布性状を示す。若干ばらつきはあるが、斜めひび割れのひずみ分布性状は両供試体でだいたい等しいものと考えられる。今、斜めひび割れ近傍部におけるCFSのひずみの平均を $\bar{\epsilon}$ としたとき、式(1)で示すような計算方法でCFSの受け持つせん断耐力 V_{CFS} を求め、全せん断耐力 V から V_{CFS} を差し引いた値をコンクリートの受け持つせん断耐力 V_c としてグラフに表わすと図7のようになる。 V_c の値を鉄筋コンクリートはりに対するせん断耐力式である式(2)により計算すると、供試体NO.1で980KN、供試体NO.2で951KNとなり、CFSで補強したRCはりのせん断耐力は、コンクリートが受け持つせん断耐力 V_c にCFSが受け持つせん断耐力 V_{CFS} を足し合わせて考えることができると思われる。

$$V_{cfs} = A \cdot \bar{\epsilon}_{cfs} \cdot E \quad (1)$$

ここで、 A ：斜めひび割れ内のシートの総断面積、 $\bar{\epsilon}_{cfs}$ ：斜めひび割れ内のCFSの平均ひずみ

$$V_c = 0.2 \sqrt{f_c} \sqrt{100 p_s} \sqrt{1000/d} (0.75 + 1.4/(a/d)) b_w d \quad (2)$$

ここで、

f_c : コンクリートの圧縮強度、 $p_w : As/bd$ 、 b : ウェブの幅、 d : 有効高さ、 a : せん断スパン。

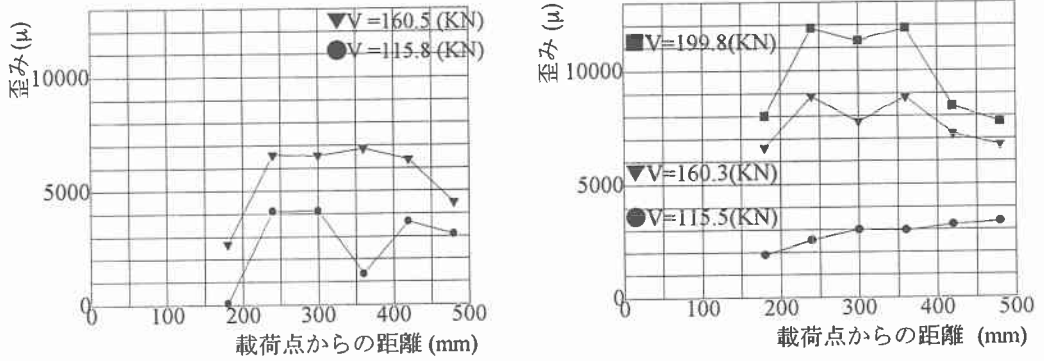


図6 斜めひび割れ内のCFSの歪み分布

4.2 CFSの付着特性

CFSをただ貼り付けた供試体NO.1では、 $V=160.5\text{KN}$ で破壊に至っているのに対して、供試体NO.2のCFSを巻き付けた供試体では $V=199.8\text{KN}$ とおよそ40KNのせん断耐力の増加がみられる。ここで、図8のCFS1本ごとにおけるひずみ分布に着目して、図9におけるシートA、Bの斜めひび割れ (図8) より下部のひずみ分布を図10に示す。

供試体NO.1のCFSのひずみ分布と供試体NO.2の作用せん断力が140.5KN以前のひずみ分布は、一軸引張力を受ける定着試験により得られるひずみ分布性状¹⁾と類似しており、その定着強度を考えると、定着試験に基づいて、考えることができそうである。

なお、供試体NO.2の作用せん断力が180KN以後において、CFSのひずみ分布が高さ方向でほぼ一様となっている。これは、この区間で付着切れ(剥離)をおこしているものと思われる。剥離が起こった後も、引張力を受け持つことができるのは、CFSをU字型に巻き付けていることによる。

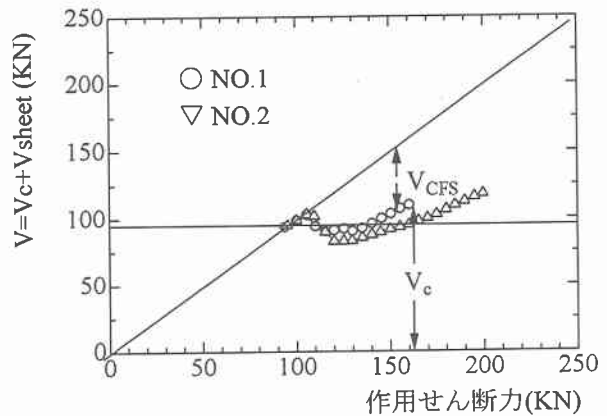
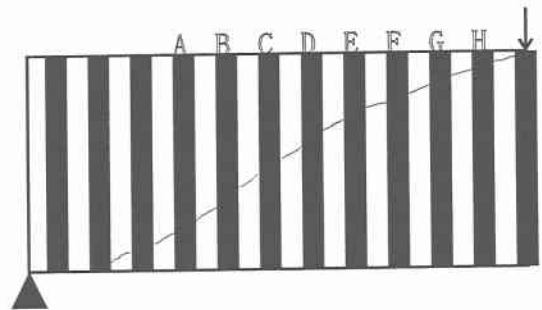
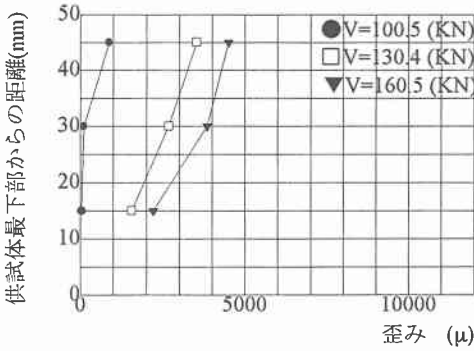
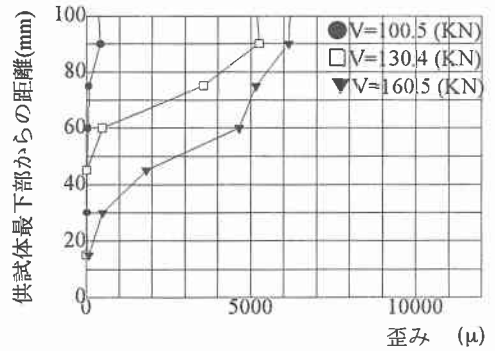


図7 作用せん断力と V_{CFS} との関係

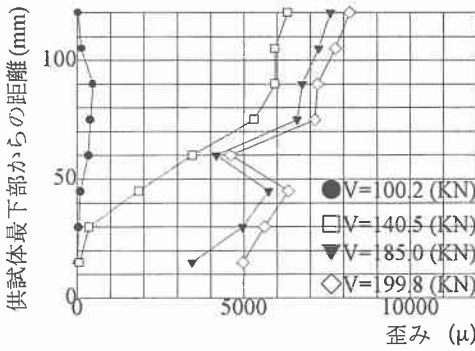




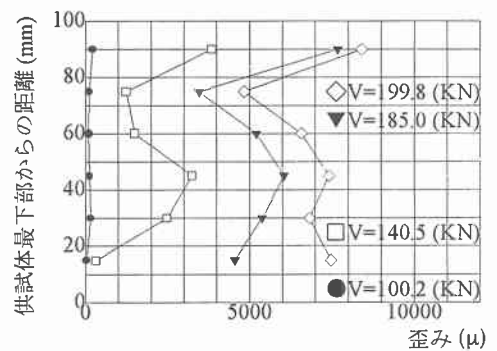
供試体 NO.1 の CFS-A



供試体 NO.1 の CFS-B



供試体 NO.2 の CFS-A



供試体 NO.2 の CFS-B

図9 高さ方向の CFS の歪み分布

ここで、供試体 NO.1 の CFS-A でせん断耐力が 160.5kN 時の供試体最下部から 45mm の距離 (CFS-A で最も大きな歪みを示していた位置) におけるひずみを用い、定着応力を計算すると 2.82MPa となる。また、供試体 NO.1 の CFS-B の 160.5kN 時の供試体最下部から 90mm の距離 (CFS-B で最も大きな歪みを示していた位置) におけるひずみを用いて定着応力を求めると 1.7MPa となる。図 10 は、一軸引張強度より得られた定着強度と定着長との関係を示すものであるが、CFS-A と CFS-A はともにその定着強度に達していると言うことができる。よって、CFS-A と CFS-B の剥離が起こることにより、部材が破壊したものと考えることができる。一方、供試体 NO.2 の CFS-A、CFS-B は定着強度に達しているにもかかわらず、U 字に巻き付けているため、斜めひび割れ内で引張力を受け持つことができ、その結果、貼り付けた場合に比べせん断耐力が増加するものと思われる。

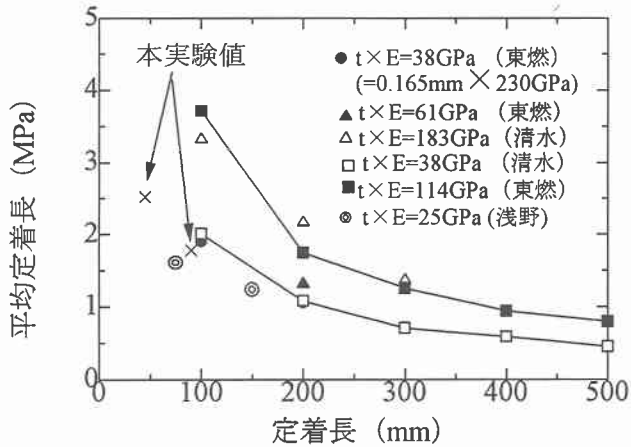


図10 定着強度と定着長の関係

5. まとめ

(1) 炭素繊維シートによりせん断補強したRCはりせん断耐力は、補強しないものに比べ増加する。特に、炭素繊維シートをU字に巻き付けた場合の耐力は、貼り付けた場合よりもせん断補強効果大きい。

(2) 炭素繊維シートによりせん断補強したRCはりのせん断耐力は、コンクリートが受け持つせん断力と炭素繊維シートが受け持つせん断力の和として表すことができる。

(3) 本実験供試体は、炭素繊維シートが剥離することにより破壊するものであり、炭素繊維シートを貼り付けた場合では、斜めひび割れ下部における炭素繊維シートが定着強度に達して剥離し、はりが破壊したものと思われる。また、炭素繊維シートをU字に巻き付けた場合には、斜めひび割れ下部における炭素繊維シートが剥離を起こした後も、U字に巻き付けているために引張力を受け持つことができるため、せん断耐力が炭素繊維シートを巻き付けた場合よりも大きくなったものと思われる。

参考文献

1) 浅野・佐藤・小野・小林：一軸引張力下の炭素繊維シートの付着性状について、土木学会北海道支部論文報告集、1996年