

V-7

プレストレスを導入した連続繊維シートによる
R C 桁のせん断補強について

北海道大学大学院 学生会員 出雲 健司
 北海道大学大学院 フェロー 佐伯 昇
 北海道大学大学院 正会員 堀口 敬
 北海道大学大学院 正会員 志村 和紀

1. はじめに

近年、劣化や交通荷重、交通量の増加などにより、既存のコンクリート構造物の損傷が見受けられるようになってきている。コンクリート構造物は社会基盤を支える重要な役割を担っており、既存の構造物の安全性を強化するために、補修・補強が早急の課題となっている。その補修・補強の工法の一つとして、連続繊維補強シートによる補修・補強が挙げられ、それに対する研究が盛んに行われている。本研究は、2方向の連続繊維シートにプレストレスを導入して桁のウェブに接着し、その補強効果、特にせん断補強効果を検討した。また、同時にシートの付着に関する検討も行った。

2. 実験概要

2. 1 使用した連続繊維シート

本研究で使用した炭素繊維シート（以下、C F S）とアラミド繊維シート（以下、A F S）の物性値をTable 1に示す。使用したC F SとA F Sは桁に対しての軸方向、軸直角方向にそれぞれ1 : 1の割合で繊維が入っている2方向連続繊維シートである。また、使用したプライマーと接着剤はともにエポキシ系樹脂である。

2. 2 桁の形状

実際に使用した桁の形状ならびにひずみゲージの測定位置をFig.1に示す。桁の断面はT型であり、主鉄筋はSD345 D29、圧縮鉄筋とスターラップはともにSD295 D6を使用しており、スターラップは200mmの間隔で配置した。シートはFig.1に示されるように、桁のウェブに接着した。載荷方法は中央一点載荷で、静的試験を行った。また、本研究で使用した桁の種類をTable 2に示す。ここで、プレストレス導入量はシート1枚に対する量である。なお、シートを接着しない桁はせん断破壊、シートを接着した桁は全てシートが剥離した後にせん断破壊するように設計した。

Table 1 シートの物性値

繊維の種類	C F S	A F S
目付量（縦：横）	300:300	235:235
比重	1.8	1.39
厚さ（mm）	0.167	0.169
引張強度（N/mm ² ）	3115	2134
引張弾性率（kN/mm ² ）	222	73
破断伸度（%）	1.63	3.31

Table 2 桁の種類

供試体番号	シート	プレストレス導入量（kN）
97-N-0	なし	—
97-C-0	C F S	0
97-C-10	C F S	10
97-A-0	A F S	0
97-A-10	A F S	10

Shear Strengthening of RC Beams by Prestressed Fiber Sheets

by Kenji IZUMO, Noboru SAEKI, Takashi HORIGUCHI and Kazunori SHIMURA

シートにプレストレスを導入法は先の論文[1]の方法を使用し、接着剤が完全に硬化するまでジャッキによってシートにプレストレスを与え続け、接着剤が硬化後直ちに実験を行った。

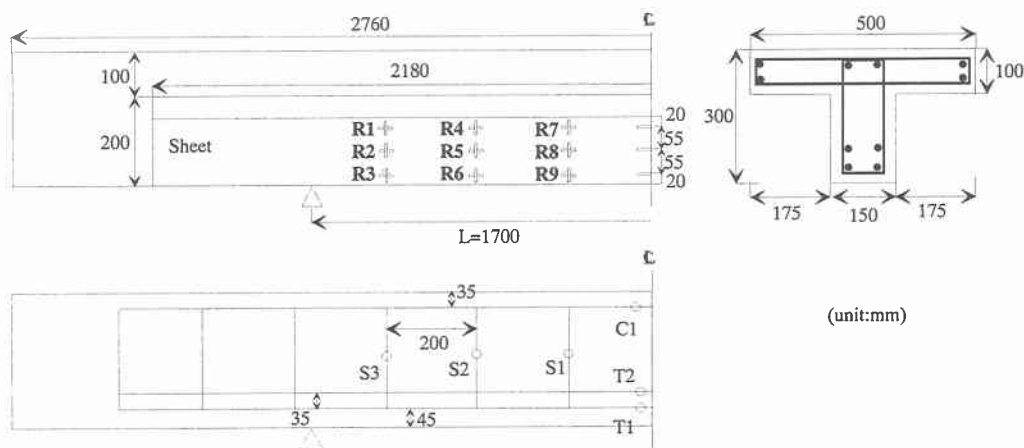


Fig.1 桁の寸法

3. 実験結果と考察

本研究ではシート接着したせん断耐力 V を先の論文[1]に基づいて、コンクリートのみが受け持つせん断耐力 V_{cd} 、スターラップが受け持つせん断耐力 V_{sd} 、プレストレスが受け持つせん断耐力 V_{ped} 、シートが受け持つせん断耐力 V_{fd} の4つに分けて算定を行った。その式を次式(1)に示す。

$$V = V_{cd} + V_{sd} + V_{ped} + V_{fd} \tag{1}$$

Fig. 2に97-C-0のシート剥離後せん断破壊した状況を示す。シートに描かれている線はシートが剥離していった様子を示している。この図に示されるように、斜めひび割れが発生した付近のシート上縁がまず剥がれ出し、剥離がシートの高さ半分に至ったときに最大荷重を迎え、その後せん断破壊した。他の桁もほぼ同様な破壊パターンを示したが、97-A-0が一つの斜めせん断ひび割れ上のシートから徐々に剥がれ始めて剥離が進行していったのに対し、他の桁は複数の斜めひび割れ上から剥がれ出して剥離が進行していった。



Fig. 2 97-C-0のシート剥離後のせん断破壊状況

桁の算定と実験の結果をTable 3に示す。シートにプレストレス力を与えず補強した桁97-A-0、97-C-0が共に耐力が増加した。97-A-0はほぼ算定式によって、シートによる耐力の増加分を評価できているが、97-C-0は評価ができなかった。これはシートの増加分を算定する式が斜めひび割れ1本に対する算定式なので、97-C-0のような複数の斜めひび割れにより、剥離する場合は何らかの軽減が必要ではないかと思われる。ま

た、先の論文[1]の結果とは違い、シートにプレストレス力を与えた桁97-A-10、97-C-10とも大幅に耐力を落とす結果となった。

Table 3 算定と実験の結果

供試体	f_c (N/mm ²)	f_{td} (N/mm ²)	a_n	計算値 (kN)		実験値 (kN)			破壊パターン
				$\Delta P_{f,cal}$	$\Delta P_{v,cal}$	最大荷重	$\Delta P_{f,exp}$	$\Delta P_{v,exp}$	
97-N-0	42.6	2.71	24	—	—	409	—	—	S
97-A-0	43.5	2.78	26.1	15.7	—	428	19	—	P
97-A-10	49.3	2.79	26.1	16.3	13.6	387	19	-41	P
97-C-0	40.7	2.57	29.2	22.5	—	413	4	—	P
97-C10	45.7	2.58	29.2	23.8	14.6	356	4	-57	P

ここで、 a_n ：斜めひび割れ角度[2]

$\Delta P_{f,cal}$ ：シートによる耐力の増加分（計算値）

$\Delta P_{v,cal}$ ：プレストレス力による耐力の増加分（計算値）

$\Delta P_{f,exp}$ ：シートによる耐力の増加分（実験値）

$\Delta P_{v,exp}$ ：プレストレス力による耐力の増加分（実験値）

S：せん断破壊、P：シート剥離後せん断破壊

Fig. 3に各桁ごとを比較した荷重－変位曲線を示す。この図に示されるとおり、97-N-0と比較して、明らかに剛性が上がっているのは最も最大荷重が大きかった97-A-0のみで、97-A-10、97-C-10は変形は押さえられたものの、剛性は逆に若干下がっている。

Fig. 4に各桁ごとの主鉄筋のひずみ（ゲージT 1）を示す。この図に示されるように、97-N-0と比較して、若干ながら97-A-10、97-C-10はシートによって応力を分担して、主鉄筋のひずみを軽減している。

Fig. 4に各桁ごとのスターラップのひずみ（ゲージS 2）を示す。97-N-0と比較して、97-A-0、97-C-0はシートが応力を分担してスターラップのひずみを軽減しているが、97-A-10、97-C-10では逆に同一荷重におけるスターラップのひずみが増加する結果となっており、逆に、スターラップを早く降伏させて、桁のせん断破壊をより低い荷重で起こす原因となっているように思われる。

Fig. 6, 7にシートに貼ったロゼットゲージの軸直角方向のひずみを示す。この図はいずれも最初にシートが剥離した場所に近いゲージの軸直角方向のひずみを比較している。シートが剥離したと考えられる地点は、ひずみが最大になり、その後ひずみが急激に減少して応力を受け持てなくなった地点と思われる。そのことから、いずれもプレストレスを与えたシートを接着した桁が、プレストレスを与えなかったシートを接着した桁より早く剥離していることを示している。その結果、このこともより低い荷重で桁が破壊を起こす原因となっていると思われる。

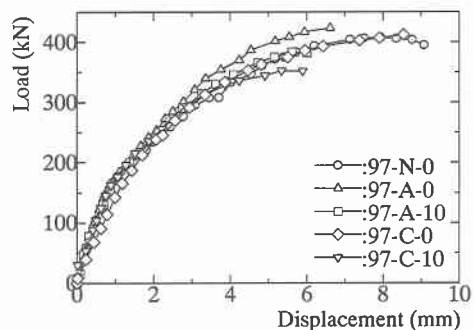


Fig. 3 荷重－変位曲線

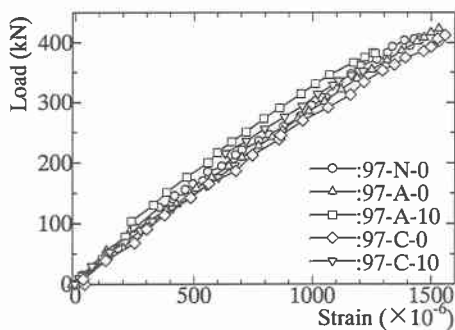


Fig. 4 主鉄筋のひずみ (ゲージ: T 1)

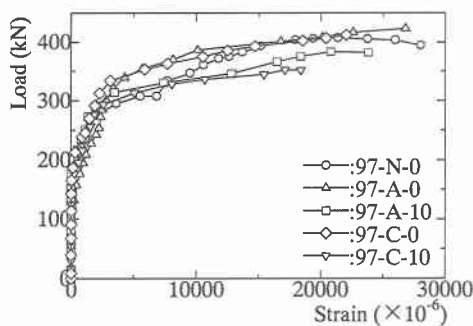


Fig. 5 スターラップのひずみ (ゲージ: S 2)

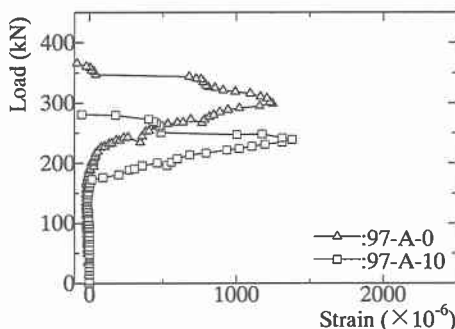


Fig. 6 AFSのひずみ
(ゲージ: R 1 [97-A-0], R 4 [97-A-10]ともに軸直角)

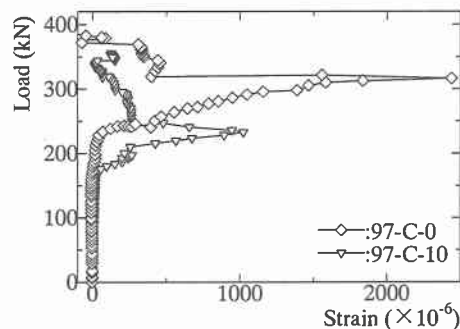


Fig. 7 CFSのひずみ (ゲージ: R 1 軸直角)

4. まとめ

本研究で得られた結果を下記にまとめる。

- 1) シートを桁のウェブに接着することにより、せん断耐力の向上が期待できる。
- 2) シートにプレストレスを与えることにより、スターラップの降伏がより低い荷重で起こる場合やシートがより低い荷重で剥離し始める場合があるので、必ずしもせん断耐力が向上しない。スターラップとシートの応力分担、プレストレスをシートに与えた場合の剥離の問題を検討する必要があると思われる。
- 3) 複数の斜めひび割れによってシートが剥離する場合の検討が今後必要と思われる。

参考文献

- [1] 出雲健司, 浅水俊博, 佐伯昇, 志村和紀: テンションシートを用いたP R C部材のせん断補強効果、コンクリート工学論文報告集第19巻第2号, pp.1557-1562
- [2] 佐伯昇, 高田宣之, 藤田嘉夫: ねじり荷重を受ける鉄筋コンクリート部材の耐力、土木学会論文集、第390号、V-8、pp.123-130、1988.2