

早稲田大学 森 章央
早稲田大学大学院 学生員 太田博啓
早稲田大学 竹内秀聡
早稲田大学 正会員 関 博

1. はじめに

本研究は、RC 梁にせん断補強材として炭素繊維シート (CFS) を側面貼り付けし、供試体をせん断破壊させることによって、CFS の基本的な終局挙動を検討したものでありとくに剥離に着目したものである。

2. 実験概要

供試体の諸元および使用材料をそれぞれ表 1、表 2 に示す。

図 1 に補強方法および載荷法の 1 例を示す。供試体は同じ寸法のものに補強量を変えて比較できるように 4 体ずつ (無補強、目付量 100 g/mm²、200 g/mm²、300 g/mm²) 有効高さと同供試体長を変えて 3 シリーズを製作した。せん断スパン比 (a/d) は 2.89 とした。

測定項目はスパン中央の圧縮側コンクリートのひずみ、たわみ、主鉄筋のひずみ、および CFS のひずみとした。供試体は屋外で散水湿布養生を行い、シートの接着は材齢 26 日後に実施した。

表 2 使用材料

材料	種類・仕様
コンクリート	圧縮強度: 37.0 (N/mm ²)
鉄筋	鉄筋降伏強度: 930 (N/mm ²), D=26, 32 (mm)
炭素繊維シート	目付量 100 (g/m ²): 厚さ: 0.0556 (mm), 弾性係数: 298 (kN/mm ²), 引張強度: 4450 (N/mm ²)
	目付量 200 (g/m ²): 厚さ: 0.111 (mm), 弾性係数: 233 (kN/mm ²), 引張強度: 4680 (N/mm ²)
	目付量 300 (g/m ²): 厚さ: 0.166 (mm), 弾性係数: 227 (kN/mm ²), 引張強度: 4723 (N/mm ²)

3. 実験結果および考察

3. 1 破壊状況

せん断耐荷力の計算値と実験により得られた最大荷重および破壊モードを表 1 に示す。供試体はすべてせん断破壊するように設計されていたが、シートおよびコンクリートの材料試験結果より再計算したところ、いくつかの供試体でせん断耐力が曲げ耐力を上回った。しかし、破壊モードはいずれもせん断破壊であった。無補強供試体は斜め引張破壊であり、CFS 補強供試体は CFS が剥離した後に斜め引張破壊した。これは V_{CFS} が CFS の破断強度を基にした値で、実際にはシートは破断せず、すべて剥離したためである。

表 1 供試体の諸元および実験結果

供試体名	鉄筋本数・径	鉄筋比 p (%)	断面幅 b (mm)	有効高さ d (mm)	CFS 補強量 ρ_{CFS} (%)	耐力の計算値 (kN)			実験値		
						せん断			曲げ最大破壊		
						V_{con}	V_{CFS}	$2(V_{con}+V_{CFS})$	P_{max}	荷重	モード
A-0	4D26	3.67	340	170	—	116	—	231	474	288	せん断
A-100	4D26	3.67	340	170	0.033	116	56	344	474	315	剥離
A-200	4D26	3.67	340	170	0.065	116	148	527	474	314	剥離
A-300	4D26	3.67	340	170	0.098	116	222	675	474	297	剥離
B-0	5D26	3.39	340	230	—	141	—	283	632	223	せん断
B-100	5D26	3.39	340	230	0.033	141	76	435	632	340	剥離
B-200	5D26	3.39	340	230	0.065	141	200	683	632	346	剥離
B-300	5D26	3.39	340	230	0.098	141	300	883	632	411	剥離
C-0	4D32	3.38	340	280	—	164	—	321	769	272	せん断
C-100	4D32	3.38	340	280	0.033	164	93	513	769	290	剥離
C-200	4D32	3.38	340	280	0.065	164	244	815	769	384	剥離
C-300	4D32	3.38	340	280	0.065	164	366	1058	769	356	剥離

$P_{cut} = 2V_u$ $V_u = V_{con} + V_{CFS}$ $p_{CFS} = 2t/b$
 $V_{con} = 0.94f'_c z \sin \alpha (100p)^{1/3} (d/100)^{-1/4} (0.75 + 1.4d/a/bd)^{1/3}$ (二羽式)
 $V_{CFS} = (\sin 2\alpha - \cos 2\alpha + 1) z T f_{CFS}$ (トラス理論)
T: CFS の厚さ、z: モーメントアーム長、
 α : CFS の角度、 f'_{CFS} : CFS の引張強度
せん断: 斜め引張破壊、剥離: 剥離後せん断破壊

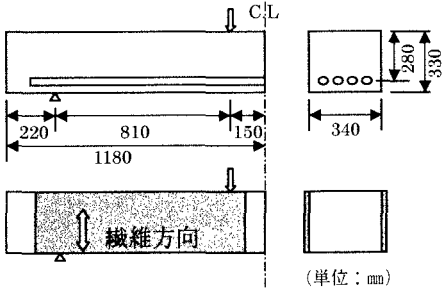


図 1 CFS 補強方法及び載荷方法

キーワード: CFS (炭素繊維シート)、せん断耐荷力、剥離、斜め引張破壊

〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1 早大理工 51-16-09 TEL03-5286-3407 FAX03-3208-8749

3. 2 剥離の分布

せん断区間におけるひずみの分布とその進展の例を供試体 C-300 に関して図 2 に示す。図中の格子点上の黒点はひずみゲージを貼った位置を示している。図中の実線はひびわれを表している。ひずみの値は繊維方向のひずみの大きさをあらわしており、1000 μ ごとのひずみの分布を等高線の形で示した。図 2.(a)、(b) に示すように、ひずみの進展は供試体の有効高さの半分付近から起こっており、その後支点方向、載荷点方向に進展していくのがわかる。このことから、ひずみは斜めひび割れ上に発生し、その後斜めひび割れの進展とともにひび割れに沿ってひずみも増大するといえる。また、ひび割れ上からひび割れの周囲にひずみが広がっていくのが図 2.(b)、(c) からわかる。やがて図 2.(d) に示すようにひずみが下縁に到達したことでシートが剥離したと思われる。また、図 2.(b)、(c)、(d) より、本実験においては、上縁側には大きなひずみが進展していないことがわかる。既往の研究²⁾においては、すべて上縁からシートが剥がれ出したが、本研究では下縁からすべて剥がれ始めた。これは既往の研究に比べて斜めひび割れが支点より生じたために下縁側の付着長が小さくなったことも一因と思われる。

図 2 内の枠によって囲んだ場所の付着応力の分布を図 3 に示す。付着応力 τ_{CFS} は一軸状態の付着モデルによる (1) 式から導いた。

$$\tau_{CFS} = (\varepsilon_1 - \varepsilon_2) \times E_{CFS} \cdot \frac{t_{CFS}}{dx} \quad \dots (1)$$

ε_1 : 上側のゲージの繊維方向ひずみ、 ε_2 : 下側のゲージの繊維方向ひずみ、 E_{CFS} : 炭素繊維シートの弾性係数、 t_{CFS} : CFS 厚、 dx : 測点間距離

図 3 より、ひび割れ付近で最初に付着応力が大きくなり、荷重が増加するにつれ付着応力の極大値が端部へと移動していく様子が分かる。このことより、最終的に剥離した面積全体が応力を受け持っているのではなく、付着応力が有効に働き、荷重に対して実際に抵抗するようなある特定の区間(面積)が存在すると思われる。

4. まとめ

本実験の範囲では以下の事項が明らかになったと思われる。

- (1) ひずみは斜めひび割れに沿って進展していく。
- (2) 付着応力はひび割れを境にして両側に伝わっていく。

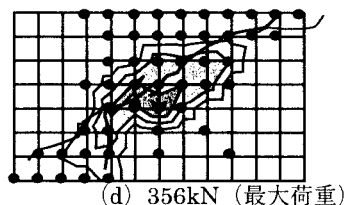
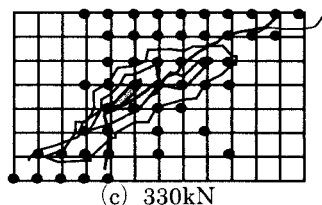
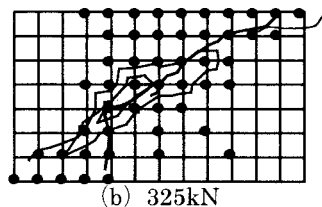
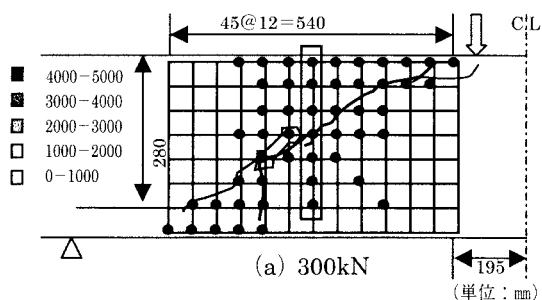


図 2 ひずみの分布

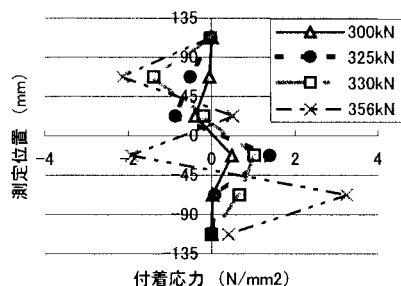


図 3 付着応力の分布

謝辞 本研究の実施につきましては、東レ株式会社に御協力頂きました。記して感謝の意を表す次第であります。

【引用文献】

- ¹⁾ 二羽淳一郎, 山田一字, 横沢和, 岡村甫: せん断補強鉄筋を用いない RC 梁のせん断強度式の再評価, 土木学会論文集, No.372/V-5, P167-P176, 1986.
- ²⁾ 濤川, 関: 炭素繊維シート接着によりせん断補強した RC 梁の剥離耐力に関する研究, 土木学会第 54 回年次学術講演会, V-364, P728-P729