

立命館大学大学院 学生員○池端隼人 学生員 井上真澄
 新エネルギー・産業技術総合開発機構 正会員 堀川教世
 立命館大学理工学部 正会員 高木宜章 正会員 児島孝之

1 はじめに

本研究では、炭素繊維シート緊張接着補強による既存コンクリート構造物の補強を目的として、炭素繊維シートをRCはり下面に緊張接着補強したRCはりの静的曲げ試験を実施し、炭素繊維シート緊張接着工法の曲げ補強効果について検討を行った。

2 実験概要

表1に供試体名および実験要因を、表2に高強度タイプの炭素繊維シートの力学的特性を示す。また、図1に供試体概要を示す。供試体寸法は150×240×2000mm、有効高さは200mm、引張鉄筋比を0.84%，せん断補強鉄筋比を0.95%とした。シート緊張装置を固定するためにせん断スパンの供試体側面にφ30mmおよびφ20mmの埋め込み金具を設置した。シートはアクリル樹脂系接着剤を用いてコンクリートに接着し、シートの積層数は3層とした。供試体は、比較用の無補強供試体(N)，シートにより接着補強した供試体(CFS-0)，シートに1000μの緊張ひずみを導入した供試体(CFS-1000)，シートに4000μの緊張ひずみを導入し端部定着具を設置した供試体(CFS-4000A)，シート端部に生じるせん断応力を低減するために、3層のシートの緊張力を変化させ平均4000μの緊張ひずみを導入した供試体(CFS-4000)の5体とした。

図2にシートの緊張接着作業手順を示す。①のように、RCはりの両端に取り付けた緊張装置の各ローラーにシートを巻き取る。(a)の1層目シートは最も外側のローラー、(b)の2層目は中央のローラー、(c)の3層目は内側のローラーに巻き取る。次に、はり下面および各層シートに接着樹脂を塗布した後、緊張端のローラーをトルクレンチによって内側へ回転させ、各層シートに所定の緊張力を導入する。次に、②のように、中

間定着具よりシートの浮きを抑制する。CFS-4000A 供試体は、図中のA)に示すように樹脂硬化後、外側の緊張装置を残して、その他の緊張装置を取り外し、RCはりに緊張力を導入した。CFS-1000 および CFS-4000 供試体は、①および②の作業後に、B)に示すように全ての緊張装置を取り外し、シート端部を再接着した。図3にシートの目標緊張ひずみを示す。

コンクリートの配合はW/C=63.6%，空気量を4.5%とし、載荷時のコンクリートの圧縮強度は31.2kN/mm²で

表1 供試体名および要因

供試体名	補強方法	
	目標緊張ひずみ(μ)	端部定着
N	—	—
CFS-0	0 [0%]	×
CFS-1000	1000 [7%]	×
CFS-4000A	4000 [29%]	×
CFS-4000	1層目: 2000 2層目: 5000 [29%] 3層目: 5000	○

注) [] シートの目標緊張ひずみ/破断ひずみ

表2 シートの力学的特性

繊維目付量 (g/m ²)	300
設計厚さ (mm)	0.167
密度 (g/cm ³)	1.8
引張強度 (N/mm ²)	3400
弾性係数 (kN/mm ²)	245
破断ひずみ* (μ)	13900

注) *: 引張強度/弾性係数

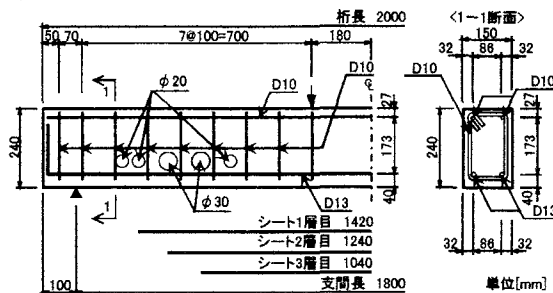


図1 供試体概要図

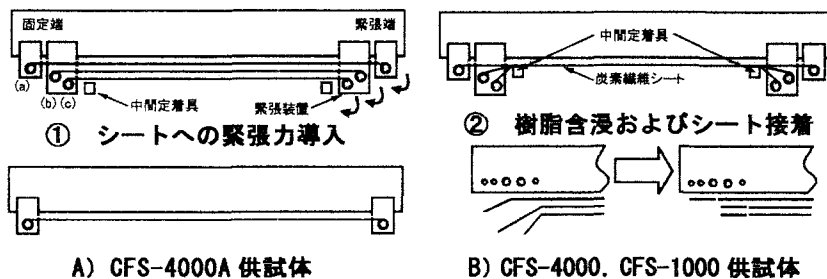


図2 シートの緊張作業手順

あった。また、引張鉄筋の降伏強度は 377N/mm^2 であり、材齢 28 日以降に静的曲げ試験を実施した。載荷条件は支点間距離

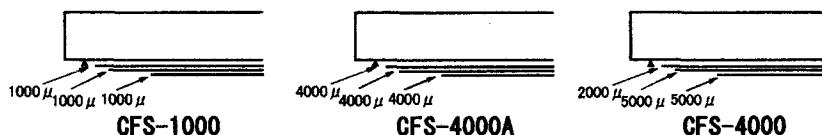


図3 シートの目標緊張ひずみ

1800mm, 曲げスパン 360mm, $a/d=3.6$ の対称 2 点集中載荷とした。計測項目は、スパン中央の引張鉄筋ひずみ、曲げ引張方向のシートひずみ、スパン中央たわみ、曲げスパン内のひび割れ幅および曲率である。

3 実験結果および考察

3.1 緊張ひずみ導入結果

表 2 に緊張接着補強した供試体の支間中央部のシート緊張ひずみおよび引張鉄筋ひずみを示す。断面分割法で計算した目標緊張力によって生じる引張鉄筋ひずみも示す。シート緊張ひずみの目標値と実測値の比は、CFS-1000 供試体で 1.04, CFS-4000A 供試体で 1.05, CFS-4000 供試体で 0.97 であり、引張鉄筋に生じた圧縮ひずみも計算値に近い値を示したことから、RC はりに所定の緊張力を導入することができたと考えられる。

3.2 静的曲げ試験

表 3 に静的曲げ試験結果および計算耐力を示す。N 供試体は一般的な曲げ破壊であり、CFS-4000A 供試体は最大荷重時に端部定着具付近でシートの破断が生じ、シート剥離後、圧縮部コンクリートが圧壊して終局に至った。その他の供試体は、供試体端部のシート剥離後、圧縮部コンクリートが圧壊して終局に至った。シートの緊張力が大きいほど、曲げひび割れ発生荷重および降伏荷重が増加し、シート緊張効果が確認できた。計算耐力は、供試体の破壊直前に測定した支間中央部のシートひずみを用いて、断面分割法によって計算したものである。CFS-1000 および CFS-4000 供試体では実験値が計算値を下回ったが、それ以外の供試体では終局荷重と計算耐力の比が概ね 1.0 であった。

図 4 に荷重-たわみ曲線を示す。曲げひび割れ発生後においても荷重の増加に伴い、変位がほぼ一定の割合で増加しているため、シート緊張力の有無に関わらず、載荷初期から降伏荷重に至るまでシートが曲げ補強材として有効に作用したと考えられる。さらに、シートの緊張力が大きくなるほど供試体の剛性は向上した。しかし、CFS-4000A 供試体と CFS-4000 供試体は引張鉄筋降伏後までほぼ同じ傾きを示したことから、端部定着具の有無が変形形状に与える影響は小さいと考えられる。

4 結論

- 1) シートの緊張接着により、RC はりの曲げひび割れ発生荷重および引張鉄筋降伏荷重は増加した。
- 2) シート端部に定着具を設置する、あるいは各層のシート緊張ひずみを変化させることにより、本緊張装置の性能が十分発揮でき、シートを積層して緊張接着することが可能である。

表 2 シートの緊張力

供試体名	CFS-1000	CFS-4000A	CFS-4000
目標シート緊張ひずみ (μ)	1000 [7%]	4000 [29%]	1 層目: 2000 2 層目: 5000 [29%] 3 層目: 5000
シート緊張時 引張鉄筋ひずみの計算値* (μ)	-24	-132	-132
シート緊張時 3 層目シート緊張ひずみ* (μ)	1035 (1.04)	4200 (1.05)	3866 (0.97)
シート緊張時 引張鉄筋ひずみの実験値* (μ)	-31	-133	-127

注) [] シートの目標緊張ひずみ/シートの破断ひずみ

*: ひずみは+が引張、-が圧縮

() 3 層目シート緊張ひずみ/目標緊張ひずみ

表 3 静的試験結果

供試体名	実験値 (kN)				P_{cal} (kN)	破壊形式
	P_{or}	P_y	P_{sto}	P_{ult}		
N	14.7	48.8	—	64.3 [1.00]	—	曲げ破壊
CFS-0	19.6	73.5	91.2	92.4 [1.44]	99.4 (0.93)	シート剥離 →曲げ破壊
CFS-1000	27.0	86.9	92.2	92.2 [1.42]	109 (0.84)	シート剥離 →曲げ破壊
CFS-4000A	39.2	102	106	106 [1.65]	108 (0.98)	端部シート破断 →曲げ破壊
CFS-4000	41.7	92.4	92.4	92.4 [1.44]	104 (0.89)	シート剥離 →曲げ破壊

注) P_{or} : 曲げひび割れ発生荷重, P_y : 引張鉄筋降伏荷重

P_{sto} : シート剥離あるいは破断荷重, P_{ult} : 終局荷重

P_{cal} : 供試体のシート剥離ひずみの実験値から断面分割法に

よって求めた計算耐力

[]: N 供試体の実験値に対する比率

(): 曲げ耐力の計算値/実験値

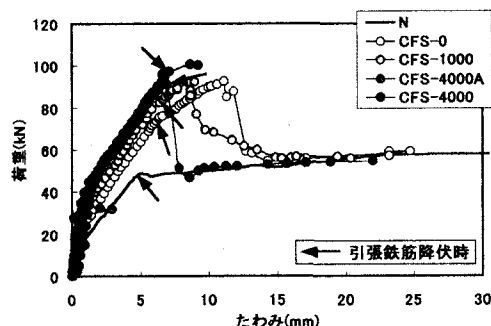


図4 荷重-たわみ曲線