

せん断スパン比を変化させた RC 梁の炭素繊維シートによる曲げ補強効果の検討

九州大学大学院 学生会員 竹下 正一
九州大学大学院 正会員 鶴田 浩章
九州大学大学院 学生会員 内藤 哉良

九州大学大学院 フェロー 松下 博通
九州大学大学院 正会員 佐川 康貴

1. 研究目的

炭素繊維シート（以下、CFS）で曲げ補強した RC 梁は、CFS の剥離により終局に至る場合が多いことが知られており、剥離に関する様々な研究が行われている。本研究ではせん断スパン比の異なる CFS 曲げ補強 RC 梁の曲げ載荷試験を行い、せん断スパン比の違いが剥離及び耐力に及ぼす影響を検討した。

2. 実験概要

表-1 に供試体の種類を示す。供試体はせん断スパンおよびシート貼付幅を変化させた梁 7 体と梁高さを变化させた梁 3 体の合計 10 体である。図-1 に供試体の形状寸法及び載荷位置を示す。供試体は主鉄筋として D13（SD295A）を使用し、スターラップとして D6（SD295A）を 100mm 間隔に配置した梁の底面にエポキシ樹脂含浸接着剤により CFS を 1 層貼付したものである。また、CFS のひずみ分布を測定し剥離開始の位置を把握することを目的として 100mm 間隔で、検長 30mm のひずみゲージを CFS に貼付した。載荷試験時のコンクリートの圧縮強度は 29.3N/mm²、静弾性係数は 30.4kN/mm²であった。表-2 に CFS の力学的特性を示す。

3. 実験方法と測定項目

載荷は油圧式ジャッキで行い、荷重を単調増加させた。測定項目は荷重、スパン中央の主鉄筋と CFS のひずみ、スパン中央のコンクリート側面の水平方向ひずみ、スパン中央の変位である。さらに、各荷重段階におけるひび割れ発生状況、剥離進展状況、最終破壊状況を観察した。

4. 実験結果および考察

(1)破壊状況

全ての供試体が鉄筋降伏後に載荷点近傍の支点寄りの位置において CFS が剥離し始めた。剥離開始から破壊に至る過程は以下の 3 つに分類された。1) 載荷点近傍の曲げひび割れにおいて CFS とコンクリート底面の間に発生したせん断応力が増加し、CFS がせん断剥離し、載荷を続けることで剥離が CFS 端部まで連続的に広がり終局に至った（供試体 No.1, No.2, No.3, No.6, No.7）。2) 曲げひび割れに付随する形で CFS のせん断力により斜めひび割れが発生し、その斜めひび割れ部に段差が生じ、CFS の引き剥がし作用（ピーリング作用）による剥離が確認され、さらに載荷を続けることでその段差が大きくなり、梁の片側が剥離に至った。また、剥離に伴い、かぶりコンクリートの一部に剥落も見られた（供試体 No.4, No.5, No.9）。3) 載荷点近傍より、CFS が剥離し、載荷に伴い

表-1 供試体種類

供試体	せん断スパン a (mm)	高さ h (mm)	有効高さ d (mm)	a/d	シート 貼付幅 (mm)
No.1	1000	260	225	4.44	140
No.2	800			3.56	
No.3	700			3.11	
No.4	550			2.44	
No.5	1000			4.44	
No.6	800			3.56	70
No.7	550			2.44	
No.8	750	400	365	2.05	140
No.9		200	165	4.55	
No.10		150	115	6.52	

*スパン長は No.1～No.7 が 2000mm、No.8～No.10 が 1500mm

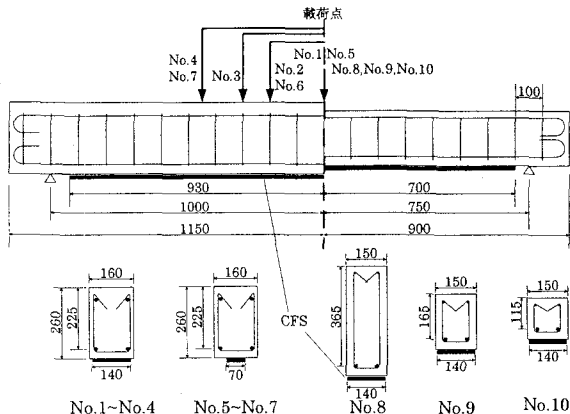


図-1 供試体形状寸法

表-2 CFS の力学的特性

目付量 (g/m ²)	設計厚さ (mm)	引張強度 (N/mm ²)	静弾性係数 (kN/mm ²)
300	0.167	3480	230

剥離の進展も確認できたが、最終的には載荷点近傍におけるCFSの破断により終局に至った(供試体No.8, No.10)。図-2にCFS剥離形態のモデルを示す。

CFS補強量が大きい場合、ピーリング作用による剥離が生じる傾向にあることが報告されているが、今回の実験において、いずれの破壊形態においても、脆性的に破壊に至るまで、ひび割れ状況や剥離進展状況はほぼ同様の傾向を示しており、CFS積層数が1層であるなどCFS補強量が小さい場合、せん断スパン比の違いが剥離形態に及ぼす影響は少ないと考えられる。

(2) 荷重-たわみ関係

図-3に有効高さのみを変化させた供試体の荷重-たわみ曲線を示す。図より、主鉄筋降伏後も荷重は増加しており、有効高さの大きい供試体ほど鉄筋降伏から終局までの荷重の増分が大きくなり、また、有効高さが小さい供試体ほど鉄筋降伏後のたわみの増分が大きい。

(3) CFSの応力と荷重の関係

図-4にスパン中央部の荷重とCFSの応力の関係を示す。なお、CFSの応力は得られたひずみの値に静弾性係数を乗じて求めた。図より、鉄筋降伏を境にCFS応力と荷重の曲線の傾きが変化しており、鉄筋降伏後にCFSの負担する引張力の割合が増加していることが分かる。また、せん断スパン比の違いによらず、最大荷重時のCFS応力が 2000N/mm^2 程度となり、破断強度に対して2/3程度の応力で終局に至っている。

(4) せん断スパン比の影響

図-5に鉄筋降伏荷重と最大荷重の比(以下、荷重比)とせん断スパン比の関係を示す。図よりCFSの破断により終局に至った供試体は剥離により終局に至った供試体に比べ、荷重比が大きくなる傾向にあるが、ピーリング作用による剥離とせん断剥離により終局に至る場合の荷重比の違いは認められない。これは、今回の実験ではCFS補強量が小さく、補強効果が小さいために、剥離が進展する過程においてCFS補強量が大きい場合と比べせん断力が小さく、斜めひび割れ部の段差ができにくいためであると考えられる。

5. 結論

- 1) CFS補強量が小さい場合、せん断スパン比がCFSの剥離形態に及ぼす影響は小さい。
- 2) CFS補強量が小さい場合、せん断剥離により終局に至る場合とピーリング作用により終局に至る場合では鉄筋降伏後の荷重の増加割合はほぼ等しく、終局時のCFS応力は 2000N/mm^2 程度である。

【参考文献】

- 1) 呉 智深, 黒川徹二: CFRP板接着によるRC曲げ部材の補強効果および定着方法に関する研究, 土木学会論文集, No.711/V-56, pp.1-13, 2002

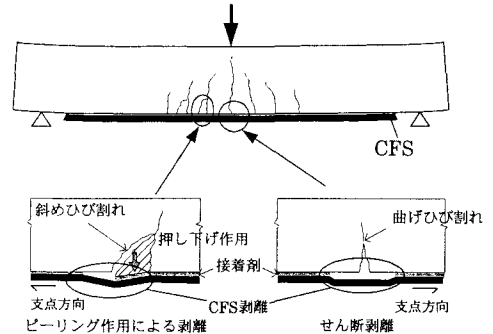


図-2 剥離形態

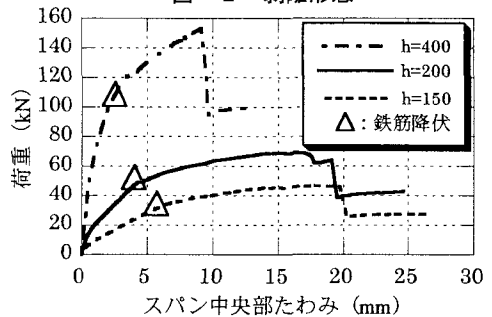


図-3 荷重-たわみ曲線

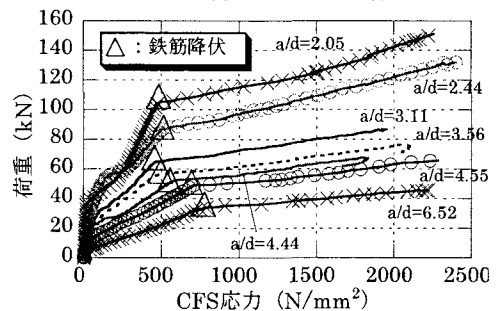


図-4 荷重-CFS応力の関係

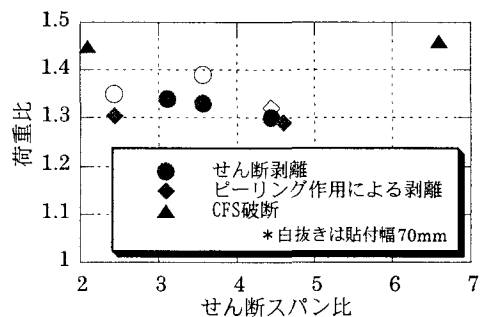


図-5 荷重比とせん断スパン比の関係