

下面曲げ補強RC梁に対する貼付CFRPシート幅の影響について

Effects of CFRP Sheet Width for Strengthening of RC Beams with CFRP Sheets

北海学園大学 ○正員 高橋義裕 (Yoshihiro Takahashi)

北海道大学 正員 佐藤靖彦 (Yasuhiko Sato)

1. はじめに

既存構造物の補強を行う上で重要なことは、曲げ及びせん断に対して十分な補強効果を有しているとともに、その施工性に優れていることであり、連続繊維シートはこの様な要求を十分に満たす新しい補強材料である。現在、連続繊維シート、特に炭素繊維（以下「CFRP」）シートは、高い引張強度を持ち軽量で耐食性に優れ、施工性に優れたシート状であるため実験的研究^{1), 2), 3)}、既存構造物の補強材に用いた事例が増えつつある。しかしながら、合理的な補強設計方法が確立されていない現時点では、適切な補強が行われているとは言えないものも多い。ここで、著者らは梁下面に貼付するCFRPシート幅に注目し、静的曲げ荷重試験を行い、はりの曲げ性状及びシートのひずみ性状について実験的に検討した。含浸接着樹脂は、シート用の汎用エポキシ樹脂を使用した。

2. 実験概要

実験供試体は合計13体である。実験供試体の形状・寸法・鉄筋配置等については図-1(a)に、U字補強については図-1(b)に示す。主鉄筋としてD19を2本、せん断補強鉄筋として、D10(SD295A)を10cmピッチで配置した。実験供試体は5つのグループに分けられ、グループAのA0供試体はシートを全く貼り付けていないRCはりで「基準供試体」である。グループBは、下面に貼付したシート幅をほぼ梁幅に近い170mmとし1層と2層とした供試体である。グループCは、グループBの供試体にU字補強を施した供試体である。グループDは下面に貼付したシート幅をグループB、Cの半分の85mmとし1層、2層、3層、4層とした場合である。グループEは、グループDの供試体にU字補強を施した供試体である。CFRPシートは支点区間に渡り（但し、支点部手前3cmで貼り止め、支点ではコンクリート表面を直接支持している）貼付した。

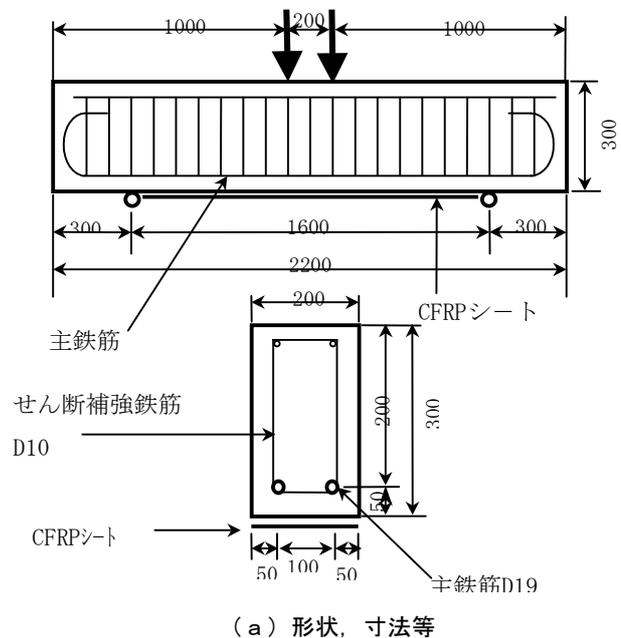
実験結果の一覧を表-1に、各実験供試体に用いた材料の力学特性値を表-2に示す。

測定は、荷重載荷点での変位、主鉄筋およびシートのひずみを測定した。下面のシートには、スパン中央より10c

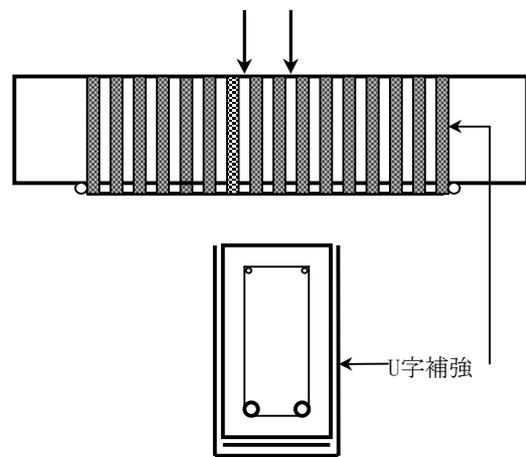
mピッチで両支点までゲージ長5mmの一軸ひずみゲージを貼り付けた。

コンクリートは、水セメント比45%、細骨材率38%、早強ポルトランドセメント、川砂及び川砂利を使用した。

以上の事により、ここでは下面曲げ補強されたRC梁に対



(a) 形状、寸法等



(b) U字補強

図-1 実験供試体

するCFRPシート幅の曲げ挙動に対する影響について実験的に検討した。

表-1 実験結果一覧

グループ	供試体No		シート幅 (mm)	シート 層数	U字補強			備考
A	A0	00	————	無し	無し	44.7	180.0	基準供試体, 曲げ破壊
B	B1	01	170	1	無し	35.8	230.0	シート剥離
	B2	02	170	2	無し	40.2	248.0	シート剥離
C	C1	03	170	1	有り	42.6	247.0	シート剥離
	C2	04	170	2	有り	46.3	278.5	シート剥離
D	D1	05	85	1	無し	44.6	205.0	シート剥離
	D2	06	85	2	無し	43.7	222.6	シート剥離
	D3	07	85	3	無し	40.2	211.8	シート剥離
	D4	08	85	4	無し	47.2	245.3	シート剥離
E	E1	09	85	1	有り	41.3	229.5	シート剥離
	E2	10	85	2	有り	41.3	240.3	シート剥離
	E3	11	85	3	有り	47.3	241.2	シート剥離
	E4	12	85	4	有り	48.4	236.3	シート剥離

表-2 使用材料の特性値

CFRPシート		繊維目付量	300g/mm ²
		設計厚さ	0.167mm
		引張弾性率	230GPa
		引張強度	3480MPa
		破断ひずみ	1530μ
鉄筋	D19 (SD345)	降伏強度	371MPa
		引張強度	3480MPa
	D10 (SD295A)	降伏強度	377MPa
		引張強度	537MPa

3. 実験結果

3.1 破壊荷重及び破壊性状

表-1より、CFRPシートで補強することにより曲げ耐力がある程度増加することが確認できる。しかし、シート層数の増加割合ほどその耐力は、増加していない。シート幅85mmで2層、3層、4層のU字補強有りの場合は、シート層数の増加による効果は殆ど見られない。このことは、この供試体のコンクリートとシートとの接着面積の大きさが最大荷重が決まっているものと思われる。U字補強の無い場合は、どちらか一方の支点側からの急激なシートの剥離で終局状態に達した。一方、U字補強有りの場合は、コンクリートとシート間での剥離ずれで終局状態に達した。しかし、U字補強材の曲げ上げコーナ部での破断等は確認されなかった。

3.2 変形状

図-2は、荷重と載荷点直下のたわみ関係を示したものである。同図中には、CFRPシート貼付のない供試体A0のたわみ曲線も示されている。同図より鉄筋降伏までは両者には殆ど違いは見られない。図-2(a)は、シート1層の幅85mmでU字補強の影響をみたものである。確かにU字補強を行うことにより耐力及び靱性が増加していることがわかる。図-2(b)は、シート幅170mm1層(供試体B1)とシート幅85mm2層(供試体D2)とを比較したものである。この場合、使用したシート量は同等と見なすことができる。同グラフより曲げ挙動は殆ど変わらない。しかし、靱性に関しては、シート幅170mmの供試体B1に比べシート幅85mmの供試体D2の方が若干低めである。これはシート幅が狭いことによる接着面積の減少に影響されているものと思われる。図-2(c)は、シート幅170mm2層に相当する場合で、最大荷重はほぼ同じであるが、曲げ剛性はシート幅170mm2層の供試体B2の方がシート幅85mm4層の供試体D4より若干大きい。また、シートを貼ることにより最大荷重は増加するが脆性的に終局状態に達している。

3.3 鉄筋及びCFRPシートのひずみ性状

図-3(a)は、シート幅170mm2層に相当する供試体で、U字補強のない場合の荷重-鉄筋ひずみの関係を示したものである。シート幅170mm1層に相当する供試体の鉄筋ひずみは、ひずみゲージリード線の途中破断により測定できなかった。最大ひずみは5000μで打ち切っており、ひび割れ発生荷重は、シート層数の増加に伴い若干増加する。鉄筋の降伏荷重は、シート貼付により増加するが、シート幅85mm4層供試体D4の方が、シート幅170mm2層供試体

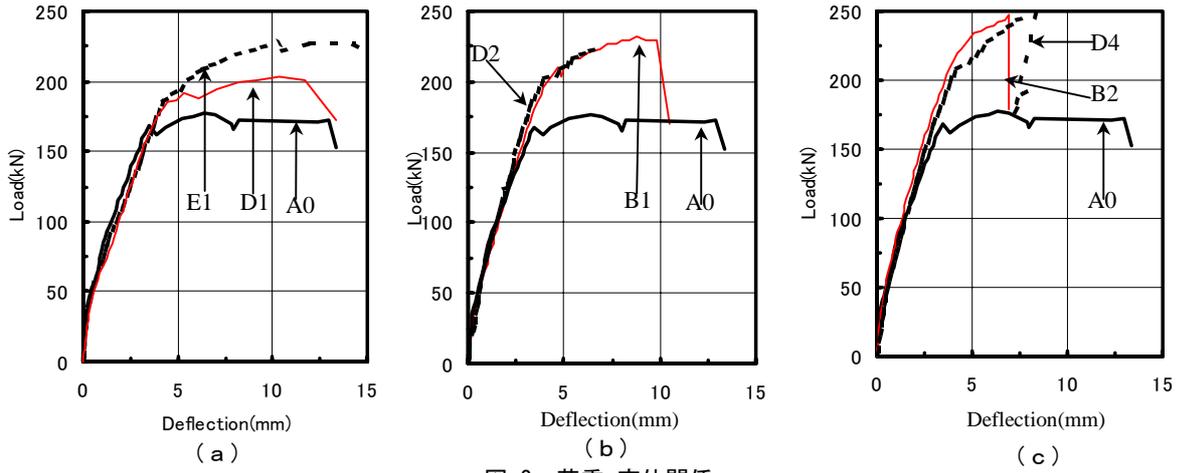


図-2 荷重-変位関係

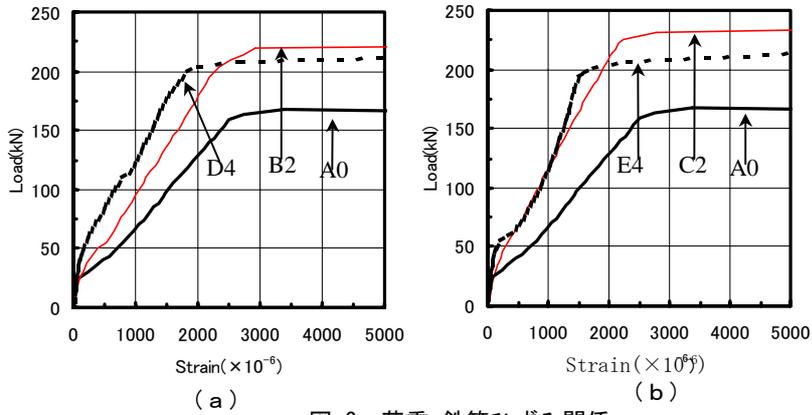


図-3 荷重-鉄筋ひずみ関係

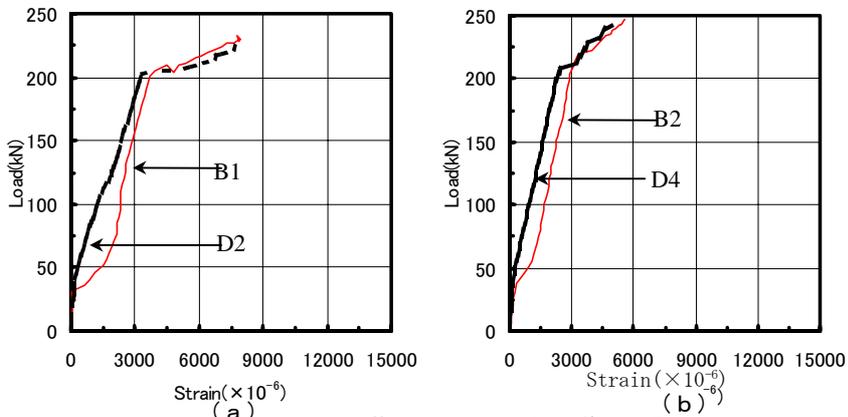


図-4 荷重-CFRPシートひずみ関係

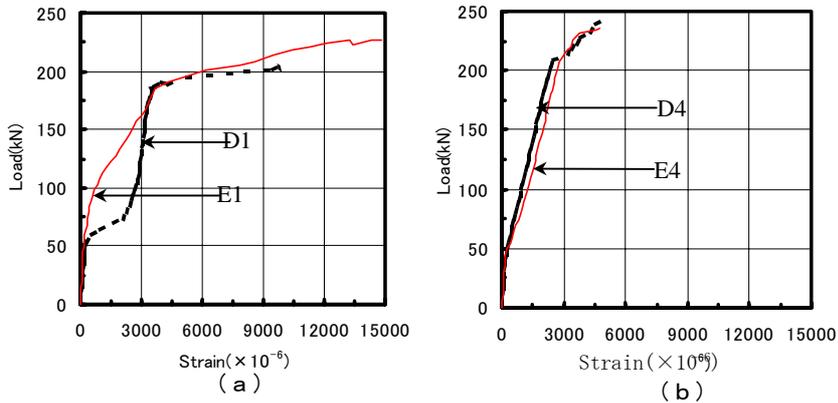


図-5 荷重-CFRPシートひずみ関係

B 2 の場合に比べ若干低めである。また、供試体 D 4 に比べ供試体 B 2 の方が、鉄筋ひずみも若干低め出ている。図-3 (b) は、シート幅170mm 2層に相当する供試体で、U字補強を有する場合である。この場合もシート層数の増加によりひび割れ発生荷重が若干増加する。また、U字補強することにより供試体 C 2 と E 4 は鉄筋降伏時までほぼ同様の荷重-ひずみ挙動を示している。しかし、降伏荷重は、シート幅が狭い供試体 E 4 の方が低めである。これはシート幅がせまくなることによりコンクリートとシートとの接着面積が狭くなり、かぶりコンクリートを含めてのコンクリートの損傷割合が大きくなった為であると思われる。

図-4 は荷重-CFRPシートひずみの関係を示したものである。図-4 (a) は、U字補強のないシート幅170mm 1層の供試体 B 1 とシート幅85mm 2層の供試体 D 2 を比較したものである。供試体 B 1 の場合、はりのひび割れ発生、鉄筋降伏の変曲点がかなり明確に読み取れるが、供試体 D 2 の場合は全体的になだらかになっている。両者は、鉄筋降伏荷重および最大荷重もほぼ同様の値である。図-4 (b) は、U字補強を有するシート幅170mm 2層供試体 B 2 とシート幅85mm 4層供試体 D 4 を比較したものである。やはり、シート幅170mmの1層に相当する図-4 (a) と同様、供試体 B 2 の方がひずみは、鉄筋降伏荷重近くまでは、若干大きめに出ている。同様な挙動を示している。シートひずみ挙動は供試体 D 4 の方が滑らかでシートひずみ伝達がスムーズに行われているものと思われる。

図-5 は、シート幅85mmでU字補強の有無とシート層数に関しての荷重-CFRPシートひずみの関係で示したものである。図-5 (a) は、シート幅85mm 1層の場合、図-5 (b) は、シート幅85mm 4層の場合である。図-5 (a) より、U字補強を有する供試体 E 1 はシート破断ひずみ近くまで達している。鉄筋降伏荷重及びその時のシートひずみは、供試体 D 1, E 1 の両者は、ほぼ等しい。やはり、U字補強することにより鉄筋降伏後の耐力増加が期待できる。一方、図-5 (b) より、U字補強の有無による両者の違いは明確でない。荷重最大時のひずみは5000 μ 程度にしか達せず、剥離している。U字補強の場合は、シートがコンクリートとシートとの間の付着が切れ、シートのずれにより終局状態に至っていた。

4. まとめ

本研究は、CFRPシート幅を変化させて下面にCFRPシートを貼付し、静的2対称荷重を終局状態まで作用させた場合の破壊性状、最大荷重、載荷点のたわみ、鉄筋及びシートのひずみ分布について実験的に検討したものである。今後さらに検討すべき点もあるが本研究の範囲で得られた知見を以下に示す。

(1) 終局状態はCFRPシートの剥離、およびコンクリートとシート間のシート滑りにより決定していた。シート幅が狭くU字補強を有する場合、シート層数の増加による耐力増加は殆ど見られなかった。

(2) 荷重-たわみ関係よりひび割れ発生荷重は、鉄筋降伏荷重近傍までは、曲げ剛性は殆ど変わらず、補強のない基準供試体の挙動にほぼ一致する。

(3) 荷重-鉄筋ひずみの関係より、はりのひび割れ発生荷重は、シート層数増加により若干増加する。また、鉄筋降伏荷重はシート幅が狭い場合の方がシート幅の広い場合に比べ若干低下している。これは、シート幅が狭いことによりかぶりコンクリートを含めての損傷度合いが大きかった可能性がある。

(4) CFRPシートの荷重-ひずみ関係より使用シート量が同じ場合、シート幅を狭くし多層にした方がそのシートひずみは小さくなっている。また、シート層数を増やした場合、U字補強の有無による影響が殆どみられなかった。

謝 辞

本研究の遂行においてCFRPシート及び接着剤の提供を頂いた日鐵コンポジット(株)の関係各位に深く感謝の意を表します。また、実験を進めるに当たっては、北海学園大学工学部土木工学科の学生諸氏の協力を得た。

参考文献

- 1) 高橋義裕ほか:炭素繊維シートで曲げ補強したはりの曲げ性状に関する実験的研究,コンクリート工学年次論文集, Vol. 20, No. 1, pp. 509-514, 1998
- 2) 高橋義裕ほか:炭素繊維シートにより補強した鉄筋コンクリートはりの耐力及び変形,コンクリート工学年次論文集, Vol. 19, No. 2, pp. 1611-1616, 1997
- 3) 高橋義裕ほか:炭素繊維シートで曲げ補強したRCはりの耐力及び変形に関する実験的研究コンクリート工学年次論文集, Vol. 24, No. 2, pp. 1393-1398, 2002