

各種補強材により下面補強された RC はりの曲げ耐力に関する実験的研究

北海学園大学 正会員 ○高橋 義裕

北海道大学 正会員 佐藤 靖彦

日鉄コンポジット (株) 正会員 小林 朗

1. はじめに

現在既存コンクリート構造物の曲げ補強工法として、連続繊維シート接着工法や CFRP プレート接着工法が普及している。連続繊維シート接着工法は、施工現場で連続繊維に樹脂を含浸して FRP 化するため現場工期が長く、貼り付け前に不陸修正作業が必要となる。CFRP プレート接着工法は、現場含浸工程がないので施工性は良好であるが、幅の狭いプレートを使用するので付着面積が少なくシートに比べて低い荷重で剥離したり、ラップ継手部で母材強度を確保できないなどの問題がある。筆者らは、工場で炭素繊維ストランド一本ずつに樹脂を含浸して硬化させた線材をすだれ状にシート化して連続繊維補強材シート（以下、「ストランドシート」¹⁾と呼ぶ）を新たに開発した。ストランドシートは、既設コンクリート表面に塗布したパテ状のエポキシ樹脂で容易に貼り付けることが可能で、現場での樹脂含浸作業が不要であるので含浸不良や浮き膨れなどの発生の恐れがないなど、連続繊維シートと同様に躯体全面に接着できるので付着面積が広く確保でき高い付着力が期待できる。

本研究では、ストランドシート、CFRP プレート（以下「プレート」と呼ぶ）および炭素繊維シート（以下、「シート」と呼ぶ）の 3 種類の連続繊維補強材を RC はり下面に貼付し、静的対称二点曲げ載荷を行いそのはりの曲げ性状について実験的に検討した。

2. 使用材料および実験概要

ストランドシート、プレート及びシートは共に高強度型炭素繊維を使用しており、それぞれの材料特性を表-1 に示す。実験供試体は合計 9 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 に示す。はり下面の長さ 1500mm の範囲にストランドシート及びシートは 200mm 幅で貼り付け、プレートは 50mm 幅のものをはり幅中央に貼り付けた。ストランドシートの場合、まず、コンクリート表面をディスクサンダーでケレンした後、プライマーを塗布し、プライマー硬化後はり下面にパテ状のエポキシ樹脂を塗布し、ストランドシートを押し当てて接着した。各補強材の貼り付け層数は、1 層または 2 層（プレートでは積層貼付と並列貼付の 2 種）とした。主鉄筋として D19 (SD345) を 2 本、せん断補強鉄筋として D13 (SD295A) を 10cm ピッチで配置した。実験供試体一覧を表-1 に示す。N 供試体は下面の曲げ補強を全くしていない RC はりで「基準供試体」で、CF1U は下面シート貼付後、下面から両側面全高 300mm に渡り幅 50mm、ピッチ 50mm で U 字補強を施した供試体である。

3. 実験結果と考察

実験供試体の最大荷重 P_{max} および降伏点荷重 P_y を表-2 に示す。ここでの降伏点荷重は、荷重-変位関係の変曲点とした。PL2L と PL2P 供試体は殆ど変曲点を示さずプレートの剥離が生じたので、降伏荷重は無しとした。降伏点荷重は無補強の 172kN に比べ 1 層補強供試体では概ね 220kN 前後、2 層補強供試体で 255kN 前後と顕著に補強効果が認められた。また、プレート層数の重ね（積層貼付）による最大荷重の増加は殆ど見られなかったが、2 枚の並列貼付では 38 kN ほどの最大荷重の増加が認められた。1 層補強では、主鉄筋降伏後、プレート、シート、ストランドシートの順で最大荷重（剥離荷重）が大きくなっている（図-2 参照）。

破壊性状に関しては、シート補強供試体 CF1 はコンクリートの表層で剥離破壊、CF1U はシートとコンクリート界面でのずれ破壊、ストランドシート補強はいずれもせん断スパン内でのかぶりコンクリートの破壊を伴って剥離破壊（写真-1）した。また、プレート補強では、界面剥離破壊であった。付着面積の狭いプレートは剥離が発生しやすく、付着面積と補強量が同じストランドシートと炭素繊維シートでは、ストランドシートの方が剥離発

キーワード ストランドシート、CFRP プレート、CFRP シート、曲げ補強、

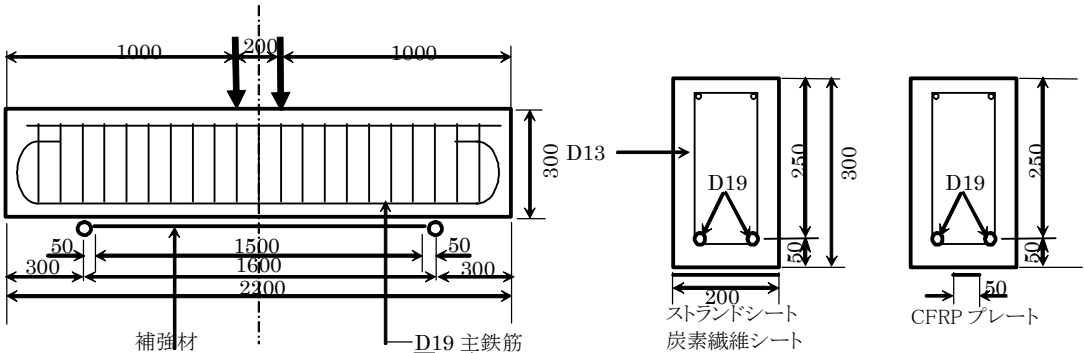
連絡先 〒064-0926 札幌市中央区南 26 西 11 北海学園大学工学部社会環境工学科 TEL 011-841-1161

生荷重が高く付着特性が良好あった。

図-3は、各補強材層が1層（ほぼ引張剛性が等しい）の場合の、載荷点直下の荷重－たわみ関係を示したものである。同図中には補強の無い基準供試体Nのたわみ曲線も示されている。同図より見かけの曲げ剛性はシート、プレート、ストランドシートの順に大きくなっているのが分かる。また、各供試体とも補強材剥離後は無補強供試体のたわみ挙動に移行していくことが確認できる。プレートの場合最大荷重到達後は急激に無補強供試体のたわみ挙動に移行し、殆ど靱性的挙動は確認できない。

表—1 補強材の材料特性

補強材料	ストランドシート	炭素繊維シート	CFRPプレート
繊維目付量 g/m^2	600	600	---
厚さ mm	0.333	0.333	2.0
ヤング係数 kN/mm^2	256	251	170
引張強度 N/mm^2	4.093	4.19	2.707



図—1 実験供試体

表—2 実験結果一覧

グループ	No	呼び名	補強材種類	層	表面処理	$f_c[\text{N/mm}^2]$	$P_v[\text{kN}]$	$P_{max}[\text{kN}]$
N	1	N	無補強	0	無し	47.9	172	189.3
S	2	SS1	ストランドシート	1	サンダー	48.4	231	291.3
	3	SS1B	ストランドシート	1	サンドブラスト	40.0	221	296.2
	4	SS2	ストランドシート	2	サンダー	41.8	255	303.0
	5	PL1	CFRPプレート	1	サンダー	36.2	221	234.4
P	6	PL2L	CFRPプレート	2(積層)	サンダー	45.4	----	233.4
	7	PL2P	CFRPプレート	2(並列)	サンダー	37.5	----	271.6
C	8	CF1	炭素繊維シート	1	サンダー	46.6	216	255.0
	9	CF1U	炭素繊維シート	1+U字補強	サンダー	42.6	206	247.0

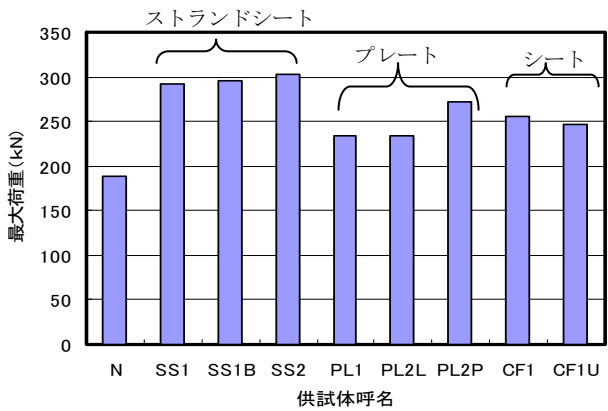


図-2 各供試体の最大荷重

4. まとめ

- (1) ストランドシートは、RC はりの曲げ補強に有効であり、CFRP シート接着補強と同等以上の降伏点荷重、最大荷重の向上が見られた。
- (2) 引張剛性をほぼ等しくした条件下において、プレートが最も低い荷重で剥離し、シート、ストランドシートの順で剥離荷重が大きくなっている。
- (3) シートの場合 U 字補強を施すと、最大荷重に大きな違いはないが、靱性能の改善が顕著である。

参考文献

1) 小林 朗, 佐藤靖彦, 高橋義裕: ストランドシート, CFRP プレート, 炭素繊維シートによる RC はりの曲げ補強効果, 土木学会第 62 回年次学術講演会, V, pp.763-764, 2007,9

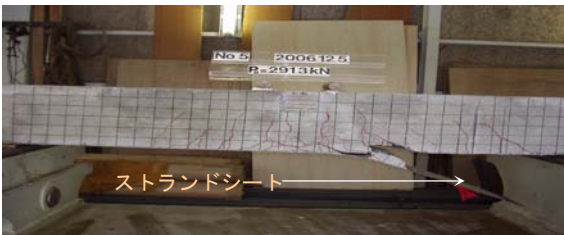


写真-1 SS1 の破壊状況

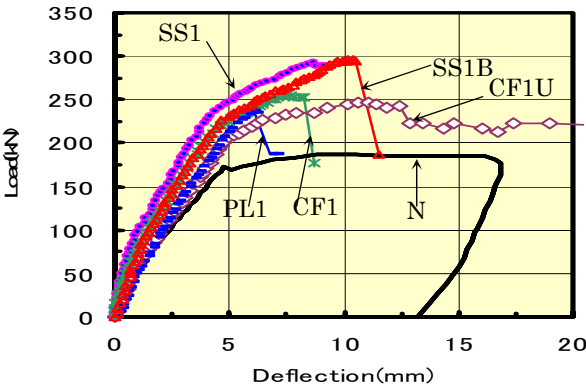


図-3 荷重－たわみ関係