

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

日鉄コンポジット 正会員 ○小林 朗
 北海道大学大学院 正会員 佐藤 靖彦
 北海学園大学 正会員 高橋 義裕

1. はじめに

既設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い、貼り付け前に不陸修正工が必要である、含浸不良の恐れがあるなど施工性に課題がある。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、幅狭の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はく離したり、ラップ継手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 1 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た連続繊維補強材（以下、ストランドシート）を新たに開発した（写真-1）。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樹脂で容易に貼り付けることが可能で、現場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、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高い付着耐力が期待できる、ラップ継手で母材強度が確保できるなどの利点が考えられる。

本研究では、ストランドシート、炭素繊維シート、CFRP プレートの 3 種類の連続繊維補強材の補強量（引張剛性 EA）を等しくして RC はりを補強し、曲げ載荷試験によりその補強効果を比較検討した。

2. 使用材料および実験概要

ストランドシート、炭素繊維シートおよび CFRP プレートともに高強度型炭素繊維を使用しており、引張剛性がほぼ等しくなるようにした。材料特性を表-1 に示す。ストランドシートの設計厚さ、断面積は連続繊維シートと同様に繊維目付量と炭素繊維の密度から算定した炭素繊維純断面の値である。引張強度およびヤング係数は、土木学会規準 E541-2000 連続繊維シートの引張試験方法に準拠して試験を行った結果である。

実験には、図-1 に示す RC はり供試体を用いた。はり下面の長さ 1500mm の範囲にストランドシートおよび炭素繊維シートは 200mm 幅で貼り付け、CFRP プレートは 50mm 幅のものをはり中央に貼り付けた。ストランドシートについては、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た。プライマー硬化後、

表-1 補強材料の材料特性

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
幅 mm	200	200	50
ヤング係数 kN/mm^2	256	251	170
引張強度 N/mm^2	4,093	4,190	2,707
引張剛性 kN	17,050	16,717	17,000

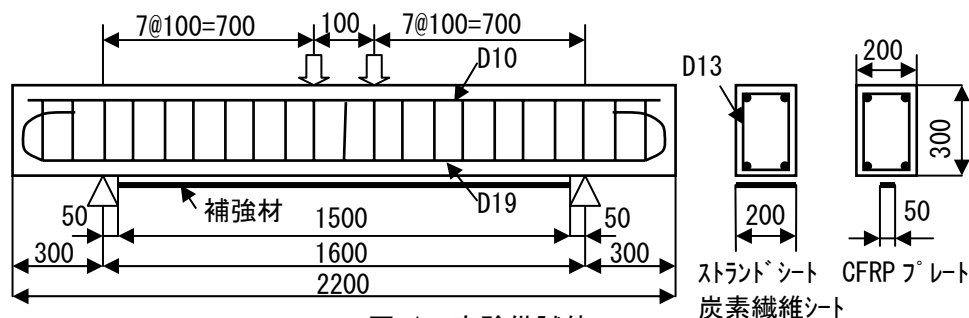


図-1 実験供試体



写真-1 CFRP ストランドシート

キーワード ストランドシート、CFRP プレート、炭素繊維シート、曲げ補強、付着

連絡先 〒103-0024 東京都中央区日本橋小舟町 3-8 日鉄コンポジット（株）技術部 TEL 03-5623-5551

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層とした。接着材の養生後、2点中央単調載荷により破壊に至らした。

3. 実験結果と考察

供試体の種類と降伏荷重、最大荷重を表-2に、荷重とはり中央変位の関係を図-2に示す。ここで降伏荷重は、荷重-変位関係の変曲点とした。

補強した供試体は全て補強材のはく離により終局に至った。降伏荷重は、無補強の172kNに比べ補強供試体では1層補強で概ね220kN、2層補強で255kNと顕著に補強効果が認められた。1層補強では、SS-1が若干高い降伏荷重を示しているが、補強材の種類による降伏荷重や降伏前の荷重-変位関係に顕著な差異は認められない。2層補強の場合、ストランドシートは255kNと高い降伏荷重を示し降伏後も303kNまで荷重が増加したが、CFRPプレートは主鉄筋降伏前に荷重233kNではく離した。図-3にストランドシートで補強したSS-1のはり中央断面でのストランドシート、引張鉄筋、コンクリートの維ひずみの分布を示す。降伏前のどの荷重段階でもほぼ直線状に分布しており、炭素繊維シート接着工法と同様に平面保持が成り立っていることがわかる。

1層補強では、主鉄筋降伏後、CFRPプレート、炭素繊維シート、ストランドシートの順ではく離荷重が大きくなった。ストランドシートでは、下地処理方法をサンドブラストとした方が、はく離発生時の変位が大きくなった。炭素繊維シート補強のCF-1はコンクリートの表層ではく離したが(写真-2)、ストランドシート補強はいずれもせん断スパン内でかぶりコンクリートの破壊を伴ってはく離した(写真-3)。CFRPプレートは界面剥離となった。付着面積の狭いCFRPプレートは、はく離が発生しやすく、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はく離発生荷重が高く付着特性が良好であった。この原因としては接着層の厚さ等の影響が考えられる。

4. まとめ

- (1) 新たに開発されたストランドシートは、RCはりの曲げ補強に有効であり、炭素繊維シート接着工法と同等以上の降伏耐力、終局耐力の向上が見込める。
- (2) ストランドシート補強RCはりにおいて平面保持の仮定が成り立つ。
- (3) 3種類の補強材の引張剛性を等しくした条件において、CFRPプレートが最も低い荷重ではく離し、炭素繊維シート、ストランドシートの順ではく離荷重が大きくなった。

表-2 供試体の種類と最大荷重

供試体	補強材種類	層数	表面処理	$F_c[N/mm^2]$	$P_y[kN]$	$P_{max}[kN]$
N	無補強	0	無し	47.9	172	189
SS-1	ストランドシート	1	サンダー	48.4	231	291
SS-1B	ストランドシート	1	サンドブラスト	40.0	221	296
SS-2	ストランドシート	2	サンダー	41.8	255	303
CF-1	炭素繊維シート	1	サンダー	46.6	216	255
PL-1	CFRPプレート	1	サンダー	36.2	221	234
PL-2	CFRPプレート	2	サンダー	45.4	-	233

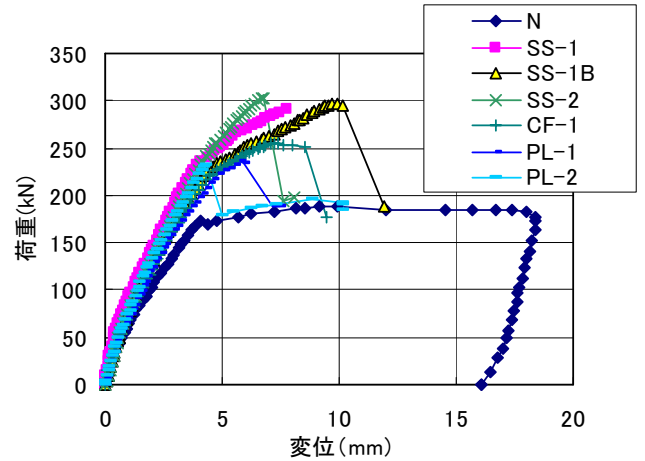


図-2 荷重とはり中央変位の関係

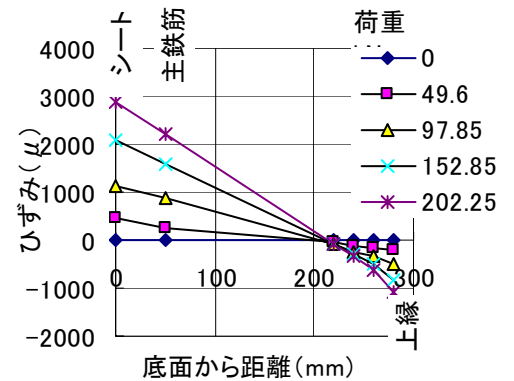


図-3 維ひずみの分布(SS-1)

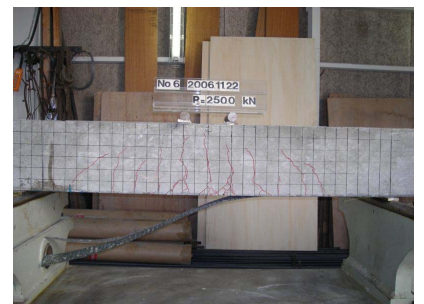


写真-2 CF-1の破壊状況

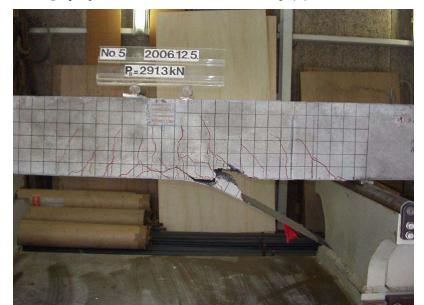


写真-3 SS-1の破壊状況