

FRP スtrandシートで曲げ補強した RC はりの耐荷性状に関する実験的検討

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

1. はじめに

工場で連続繊維束に樹脂を含浸硬化させた FRP スtrandを簾状にシート化したStrand型 FRP シート(以下, FRP スtrandシート)は, 現場含浸作業が不要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特徴がある. 筆者らが行った FRP スtrandシートを接着補強した RC はりの曲げ載荷実験では, 接着面でのかぶりコンクリートの破壊を伴った FRP スtrandシートの剥離が見られた¹⁾. そこで, コンクリート強度, かぶり厚さ, 接着剤の種類をパラメータとして CFRP スtrandシートを接着して補強した RC はりの曲げ載荷試験により, それらのはりの耐荷性状に及ぼす影響について検討した.

2. 使用材料および実験概要

補強材には高強度型 CFRP スtrandシートを使用し, 比較として高強度型の炭素繊維シートも用いた. 材料特性を表-1 に示す. 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Strandシートおよび炭素繊維シートを 200mm 幅で貼り付けた. RC はりの引張側主鉄筋の芯かぶりを 50mm と 100mm の 2 種類として引張鉄筋の有効高さはいずれも 250mm で一定とした. コンクリートは, 目標圧縮強度 20N/mm² と 40N/mm² の 2 種類の配合を用いたが, 試験時の圧縮強度はそれぞれ 23.1~32.0N/mm², 33.8~46.6N/mm² の範囲となった. 接着剤は, 表-2 に示すエポキシ樹脂 1 種類, メチルメタアクリレート (MMA) 樹脂 2 種類の計 3 種類を用いた. 供試体の要因および試験時のコンクリート強度を表-3 に示す. コンクリート表面はディスクサンダーにより下地処理した後, はり下面に接着剤を塗布し, CFRP スtrandシートを押し当てて接着した. なお, MMA 樹脂の場合, 下地処理後コンクリート表面にプライマーを塗布した後, シートの接着を行った. 炭素繊維シートの施工は, 下地処理, プライマーの塗布, 含浸接着剤の下塗り, シート貼付け, 含浸・脱泡, 含浸接着剤の上塗の順で行った. 接着剤の養生後, 2 点中央単調載荷により破壊に至らした.

表-1 補強材料の材料特性

補強材料	CFRPスtrandシート	炭素繊維シート
繊維目付量 g/m ²	600	600
厚さ mm	0.333	0.333
ヤング係数 kN/mm ²	256	251
引張強度 N/mm ²	4,093	4,190
引張剛性 kN	17,050	16,717

表-2 接着剤の材料特性

接着剤の種類	エポキシ	MMA1	MMA2
引張強度 N/mm ²	44.0	32.0	31.2
曲げ強度 N/mm ²	71.0	50.0	41.8
引張せん断強度 N/mm ²	25.9	22.0	20.0
圧縮強度 N/mm ²	86.7	69.0	65.6
圧縮弾性係数 N/mm ²	5140	3010	2037

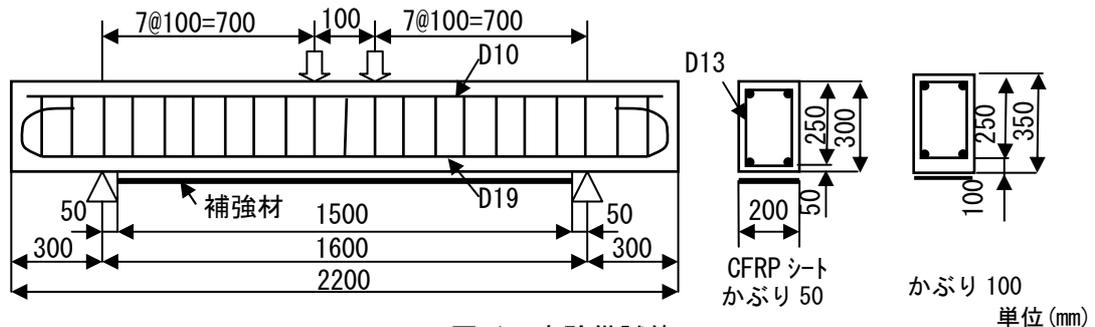


図-1 実験供試体

キーワード: FRP スtrandシート, 接着剤, 炭素繊維シート, 曲げ補強, 付着, かぶり

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 03-5623-5558

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-3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. 降伏荷重は, 無補強の173kNに比べ補強供試体はかぶり50mmの場合220~228kN, かぶり100mmの場合227kNと顕著に増加し, かぶりが大きい方が若干高くなり, エポキシ樹脂とMMA樹脂ではほぼ同程度であった.

補強供試体は全て補強材のはく離により終局に至った. CFRP スtrandシートで補強した場合, 接着剤がエポキシ樹脂でもMMA樹脂でも炭素繊維シートで補強した場合に比べて最大荷重が大きくなった. かぶりが厚いほうが最大荷重は高くなったが, 最大荷重時のはり中央変位は小さくなった. かぶり厚さと接着剤の種類が同じであれば, コンクリート強度が高い方が1~3%最大荷重は高くなった. かぶり50mmの場合で比較するとエポキシ樹脂の方がMMA樹脂に比べて最大荷重が大きくなった. 図-3に各供試体の破壊状況を示す. CFRP スtrandシートをエポキシ樹脂で接着した場合は, せん断スパン内の主鉄筋の下側でかぶりコンクリートの破壊を伴ってはく離し, かぶり100mmの方が破壊位置が深くなった. CFRP スtrandシートをMMA樹脂で接着したものと炭素繊維シートをエポキシ樹脂で接着したものは, コンクリートの接着面の表層でシートにコンクリートが薄く付着した状態で剥離した. この剥離性状の違いがはりの最大荷重および, 剥離発生時のはり中央変位に影響を与えているものと考えられる.

4. まとめ

- (1) CFRP スtrandシートは, RC はりの曲げ補強に有効であり, MMA樹脂で接着した場合でも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. エポキシ樹脂とMMA樹脂では, はりの降伏耐力に変化はないが, 最大荷重はエポキシ樹脂の方が大きくなった.
- (2) 主鉄筋の有効高さが同じはりでは, かぶりが大きい方が降伏荷重, 最大荷重とも高くなるが, 最大荷重時の変位は小さくなった.
- (3) コンクリート強度が高い方が, 最大荷重も大きくなるが, その差はわずかで20N/mm²程度の圧縮強度のRC はりに対しても十分な曲げ補強効果が認められる.

参考文献

1) 小林朗, 佐藤靖彦, 高橋義裕, 立石晶洋: FRP スtrandシート の材料特性とRC梁の曲げ補強効果に関する研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.30, No.3, pp.1561-1566, 2008.7

表-3 供試体の種類と最大荷重

供試体	補強材	接着剤	$F_c(N/mm^2)$	かぶり(mm)	$P_y(kN)$	$P_{max}(kN)$
NNH5	無し	無し	39.5	50	173.0	182.4
NNL5	無し	無し	32.0	50	172.8	183.0
SEH5	ストランドシート	エポキシ	39.1	50	220.7	281.4
SEL5	ストランドシート	エポキシ	30.8	50	227.5	278.5
SEH10	ストランドシート	エポキシ	33.8	100	242.1	290.3
SEL10	ストランドシート	エポキシ	23.1	100	241.7	283.4
SM1H5	ストランドシート	MMA1	42.0	50	227.0	273.6
SM2L5	ストランドシート	MMA2	32.9	50	227.9	262.8
CEH5	炭素繊維シート	エポキシ	46.6	50	220.6	255.0

記号: [N:無補強, S:ストランドシート, C:炭素繊維シート] [N:無補強, E:エポキシ, M1:MMA1, M2:MMA2] [H:コンクリート強度高, L:コンクリート強度低] [5:かぶり50mm, 10:かぶり100mm]

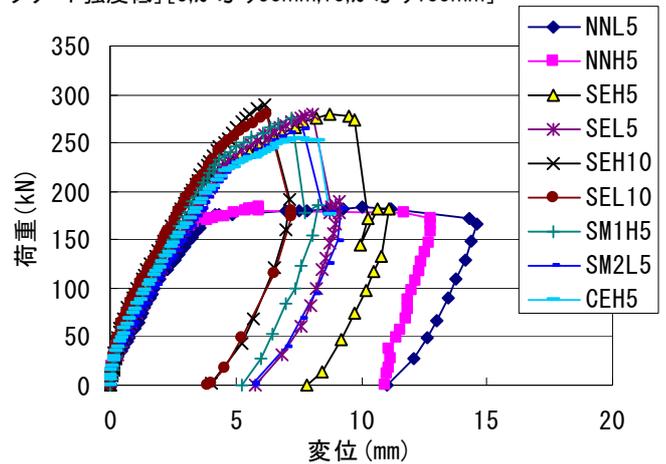


図-2 荷重とはり中央変位の関係

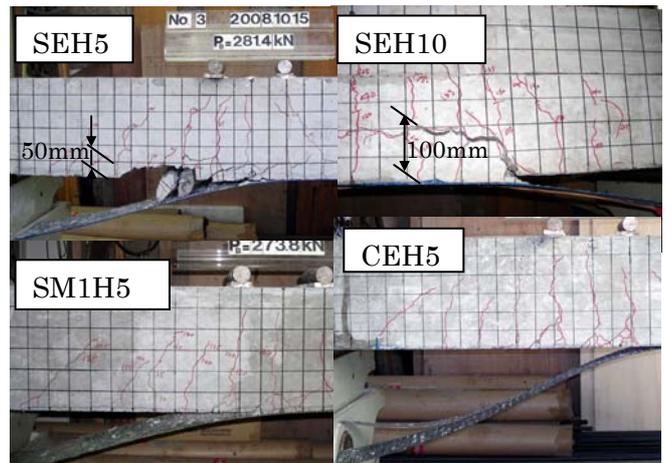


図-3 各供試体の破壊状況