

はく離破壊特性を考慮したアラミド繊維シート補強 RC はりの性能評価

神戸大学大学院 学生員 ○吉田 隆浩 神戸大学工学部 正会員 森川 英典
 神戸大学大学院 学生員 鴨谷 知繁 神戸大学工学部 正会員 小林 秀恵

1. はじめに

現在、コンクリート構造物の補強工法として、連続繊維シート補強工法が注目され、実構造物の補強に適用されている。実施工では、連続繊維シートを積層する場合が多く、中でも2層補強の占める割合が多い。しかしながら、RC はりの曲げ補強において、コンクリートにせん断による段差が生じ、連続繊維シートが面外の引張力を受けてはく離するピーリング現象が報告されている¹⁾²⁾。このような現象が発生した場合、土木学会「連続繊維シートとコンクリートとの付着試験方法（案）」³⁾で示されている付着試験より得られる付着構成則を適用できない可能性が考えられる。一方で、阪神高速道路公団⁴⁾などが示しているように、実施工では、プライマーをコンクリート表面に施工した後に、不陸修整材（以下、パテとする）を施工し、連続繊維シートを貼り付けて補強するという方法をとっていることが多い中、パテを考慮した実験的研究はほとんど見られない。

本研究では、パテを施工し、アラミド繊維シートで1層、あるいは、2層補強した RC はりのはく離破壊特性に着目し、パテおよび接着樹脂の種類を考慮して、性能評価することを目的とした。

2. 実験概要

供試体の概略図を図-1に示す。供試体は、断面が150×150mm、全長が1400mm、スパン1200mmのRC はりとし、連続繊維シート補強を施す供試体については、幅85mm、長さ1100mmのアラミド繊維シートを供試体下面に貼り付けた。配筋は、せん断破壊しないように、D6のせん断補強筋を60mm間隔で配置した。コンクリートの目標圧縮強度については、すべての供試体で26(N/mm²)とした。供試体は、ディスクサンダーで連続繊維シート接着面の処理を行った後、プライマー、パテの順に施工し、その後、連続繊維シートをエポキシ樹脂により含浸・接着した。試験要因は、パテの弾性率、接着樹脂の弾性率、繊維シート積層数である。また、実験で使用した主な材料の物性値を表-1、表-2、表-3に示す。

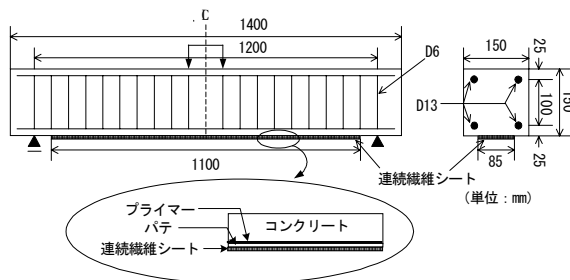


図-1 供試体の概略図

表-1 パテの材料特性値 表-2 樹脂の材料特性値

パテの種類	圧縮強度 (N/mm ²)	圧縮弾性率 (N/mm ²)
低弾性率	71.9	5.18×10^3
高弾性率	89.0	6.50×10^3

接着樹脂の種類	圧縮弾性率 (N/mm ²)
低弾性率	1.70×10^3
高弾性率	3.20×10^3

表-3 連続繊維シートの材料特性値

繊維シートの種類	接着樹脂の種類	繊維目付 (g/m ²)	設計厚さ (mm)	引張強度 (N/mm ²)	引張弾性率 (kN/mm ²)
アラミド繊維	低弾性率	415	0.286	2.24×10^3	115.14
	高弾性率	415	0.286	2.42×10^3	114.93

3. 結果および考察

試験結果の一覧を表-4に、各供試体の荷重-中央たわみ関係を図-2に示す。連続繊維シートを2層補強した供試体は1層補強した供試体と比較して補強材の引張剛性が大きく、その結果、部材降伏荷重、耐力が大

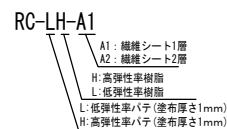
表-4 試験結果一覧

供試体名*	コンクリート 圧縮強度 (N/mm ²)	コンクリート 引張強度 (N/mm ²)	引張鉄筋 降伏荷重 (kN)	部材降伏 荷重 (kN)	最大荷重 (kN)	無補強供試体 に対する 耐力比	連続繊維シート はく離時の荷重 (kN)	連続繊維シート はく離時のたわみ (mm)	部材吸収 エネルギー*2 (kN・mm)	補強材の引張 剛性*3 (kN/mm)
無補強	26.9	2.22	36.8	38.1	40.6	—	—	—	—	—
RC-LH-A1	27.5	2.64	41.7	41.7	51.4	1.27	49.7	11.4	60.8	38.0
RC-LL-A1	27.5	2.64	43.1	43.1	52.5	1.29	51.5	13.1	92.8	38.1
RC-HH-A1	27.5	2.64	42.2	42.2	50.5	1.24	49.0	10.6	54.7	39.4
RC-LH-A2	27.5	2.64	41.7	46.1	56.9	1.40	55.9	8.92	67.3	70.9
RC-LL-A2	27.5	2.64	48.5	45.6	57.4	1.41	53.0	9.53	82.7	71.0
RC-HH-A2	27.5	2.64	47.1	48.5	59.7	1.47	57.6	9.72	112.9	72.2

*2: 補強供試体の荷重-中央たわみ曲線によって囲まれる面積から無補強供試体の荷重-中央たわみ曲線によって囲まれる面積を差し引いた値

*3: 補強供試体はすべてパテと連続繊維シートが一体となつてはく離したことから、補強材の引張剛性を(連続繊維シートの弾性係数×連続繊維シートの単位幅あたりの厚さ+パテの弾性係数×パテの単位幅あたりの厚さ)により求めた

*1: 供試体の説明



キーワード：アラミド繊維、連続繊維シート、不陸修整材、積層、ピーリング現象

連絡先：〒657-8501 神戸市灘区六甲台町 1-1 TEL：078-803-6027

きくなり補強性能が高くなっているのがわかる。ここで、部材降伏荷重とは、荷重－中央たわみ関係において急激に剛性の変化する荷重と定義する。部材吸収エネルギーについては、RC-HH-A2 が最も大きく、次に RC-LL-A1 が大きい値となり補強性能が高いといえる。この原因としては、RC-HH-A2 は、補強材の引張剛性が最も大きいために、また、RC-LL-A1 は、伸び能力が大きい低弾性率樹脂とアラミド繊維の組み合わせによって、ひび割れ追従性が良好となつてはく離抵抗性が大きくなったためと考えられる。破壊状況は、すべての補強供試体においてははく離破壊であった。また、はく離後の RC-LH-A2, RC-LL-A1 においては、載荷点直下からせん断スパンにかけてコンクリートブロックが形成され、連続繊維シート貼り付け面に段差が生じていた（ピーリング現象）。

図 - 3 に RC-LH-A2, RC-LH-A1 の連続繊維シートひずみ分布および付着応力分布を示す。RC-LH-A2 では、段差が生じた位置でひずみが突出しており、その結果、その位置での付着応力が激しく正負に移行しているのがわかる。また、RC-LL-A2, RC-HH-A2 では、終局状態の曲げスパン内においてコンクリートブロックにより著しく段差を生じた（写真 - 1）。これらの供試体は、RC-LH-A2 と比較して、引張鉄筋降伏荷重や耐力が大きく、鉄筋降伏時までに連続繊維シートが分担する力が大きいと考えられ（図 - 4）、終局状態に至るまでに載荷点直下およびその近傍において応力が集中したために、曲げひび割れによって形成されていたコンクリートブロックが最終的にシートを押し出すようなはく離破壊になったものと考えられる。

4. まとめ

- ・ パテを用いた本研究においてもピーリング現象は観察された。また、曲げスパン内においてもコンクリートブロックによる段差が見られた
- ・ 今後、著者らが行った連続繊維シートとコンクリートとの付着試験³⁾の結果から、付着構成則を導出し、FEM 解析に適用する予定である

【参考文献】

- 1) 岳尾弘洋, 松下博通, 佐川康貴, 牛込敏幸: せん断スパン比を変化させた CFRP 補強梁の曲げ載荷試験, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.21, No.2, pp.205-210, 1999.6.
- 2) 栗橋祐介, 岸徳光, 三上浩, 松岡健一: RC 梁に接着した FRP シートの曲げ付着性状に与えるシート補強量の影響, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.22, No.1, pp.481-486, 2000.6.
- 3) 土木学会: 連続繊維シートを用いたコンクリート構造物の補修補強指針, pp.73-82, 2000.7.
- 4) 阪神高速道路公団: CF シートを用いた RC 床版補強要領 (案), pp.8-11, 1999.3.

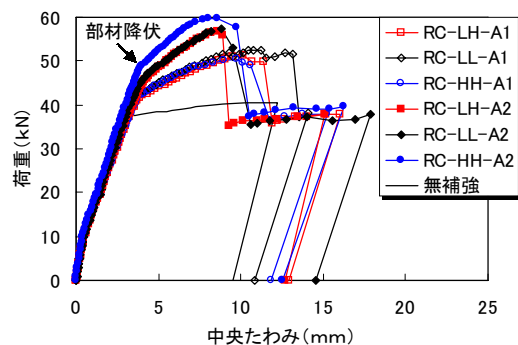


図 - 2 荷重－中央たわみ関係

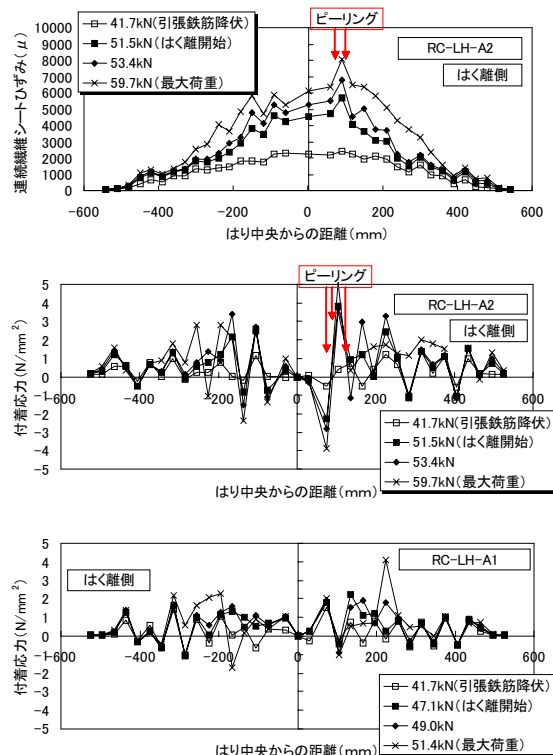


図 - 3 連続繊維シートひずみおよび付着応力分布

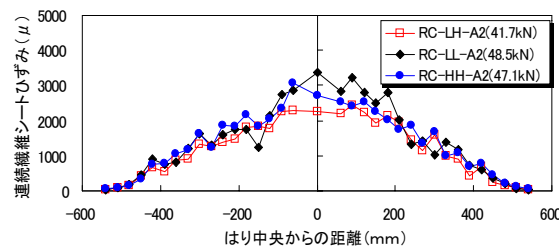


図 - 4 鉄筋降伏時の連続繊維シートひずみ分布

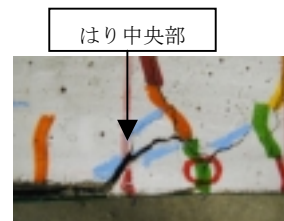


写真 - 1 はく離破壊状況 (RC-HH-A2)