

神戸大学大学院 学生員 〇鴨谷 知繁 神戸大学工学部 正会員 森川 英典

神戸大学大学院 学生員 吉田 隆浩 神戸大学工学部 正会員 小林 秀恵

1. はじめに：近年、コンクリート構造物の補強方法として FRP シート補強工法が注目されている。本研究では、この補強法において、実施工の際に施工される不陸修整材（以下、パテ）に着目し、パテを有する炭素繊維シート補強 RC 部材の付着特性および補強性能についての評価を行うことを目的とし、RC 部材の曲げ載荷試験を行った。

2. 試験概要：本試験に使用した標準的な試験供試体の概略図を図-1 に示す。試験供試体は断面が 150×150mm、長さ1400mmの RC はりで、スパン長は1200mm とした。配筋は D13 の鉄筋を圧縮側に 2 本、引張側に 2 本配置し、D6 スターラップを 60mm 間隔で配置した。炭素繊維シートは、幅 75mm 長さ 1100mm のものを使用し、全国上下水道エポキシ工事業業協会や阪神高速道路公団¹⁾ などが示しているようにコンクリート表面にプライマー、パテの順に施工した後、貼付けた。供試体の試験要因について表-1 に示す。試験要因については、プライマー塗布回数を 1 回と 2 回の 2 水準、パテの弾性率を高弾性率と低弾性率の 2 水準、パテの塗布厚さを、無し、1mm、2mm の 3 水準、含浸・接着樹脂の弾性率を高弾性率と低弾性率の 2 水準、目標コンクリート強度を標準強度 (26N/mm²)、高強度 (35N/mm²)、低強度 (20N/mm²) の 3 水準とし、それぞれの供試体の相違を表-1 の備考欄に記載している。

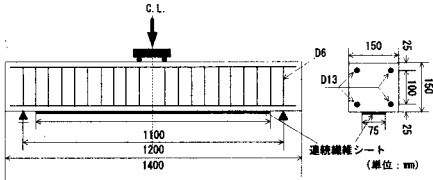


図-1 曲げ載荷試験供試体概要

表-1 曲げ載荷試験試験要因

供試体名	プライマー塗布回数	パテ		接着樹脂弾性率	コンクリート強度	備考
		弾性率	塗布厚さ			
RC1	-	-	-	-	標準強度	無補強
RC2	1	低弾性率	1mm	高弾性率	標準強度	基準供試体
RC3	2	低弾性率	1mm	高弾性率	標準強度	プライマー塗布回数
RC4	1	高弾性率	1mm	高弾性率	標準強度	パテ弾性率
RC5	1	低弾性率	2mm	高弾性率	標準強度	パテ塗布厚さ
RC6	1	高弾性率	2mm	高弾性率	標準強度	パテ弾性率・塗布厚さ
RC7	1	低弾性率	1mm	高弾性率	低強度	低強度
RC8	1	低弾性率	1mm	高弾性率	高強度	高強度
RC9	1	低弾性率	1mm	低弾性率	標準強度	樹脂の弾性率
RC10	1	高弾性率	1mm	高弾性率	低強度	低強度・パテ弾性率
RC11	1	-	-	高弾性率	標準強度	パテナし

表-2 接着樹脂の性質

接着樹脂の種類	圧縮強さ (N/mm ²)	圧縮弾性率 (N/mm ²)	引張強さ (N/mm ²)	引張弾性率 (N/mm ²)
高弾性率	92.8	3.20 × 10 ³	50.9	3.65 × 10 ³
低弾性率	-	1.70 × 10 ³	-	-

表-3 パテの性質

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

3. 試験結果および考察：試験結果の一覧を表-4 に示し、以下各要因を詳細に評価する。

(a) プライマー塗布回数の影響

プライマーを 2 回塗布した RC3 は RC2 と比較して、補強性能が低いといえる。これは、RC3 では、シートのはく離が表層のコンクリートを引きちぎらずに、プライマー層間で起こったためであると考えられる。

(b) 接着樹脂の弾性率の影響

低弾性樹脂を施工した RC 9

表-4 曲げ載荷試験結果一覧

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)	無補強に対する耐力比	区間剛性比 (15~30kN)	シートはく離時の荷重 (kN)	シートはく離時の中央たわみ (mm)	部材吸収エネルギー増加分 (N・m)
RC1	26.9	2.22	36.8	38.1	40.6	-	1.00	-	-	-
RC2	27.8	2.64	41.7	43.6	52.1	1.28	0.97	51.5	12.20	87.5
RC3	26.0	2.36	43.1	44.1	48.5	1.19	1.04	48.1	8.78	41.2
RC4	26.0	2.36	48.5	44.6	50.0	1.23	1.09	48.8	8.34	52.5
RC5	26.0	2.36	44.1	45.6	52.5	1.29	1.05	52.0	9.72	72.6
RC6	26.0	2.36	44.1	45.6	51.6	1.27	1.05	51.0	9.29	68.4
RC7	21.1	1.90	42.2	44.1	49.8	1.23	0.98	49.7	10.70	-
RC8	41.5	3.13	41.7	44.6	54.9	1.35	1.10	54.2	12.40	-
RC9	24.8	2.59	39.7	41.7	49.4	1.22	0.88	48.5	11.17	54.4
RC10	21.5	1.97	36.8	41.7	49.9	1.23	0.96	49.2	8.59	-
RC11	24.8	2.59	38.2	40.0	47.0	1.16	1.07	47.0	9.51	19.1

※部材吸収エネルギー増分：各供試体の荷重-中央たわみ曲線で囲まれた面積から無補強供試体の荷重-中央たわみ曲線で囲まれた面積を引いたもの。

は、RC2と比較して、図-2に示すように補強性能が低く、また図-3に示すようにシートにひずみが発生している範囲が狭い傾向を示し、既往の研究²⁾と逆の結果となった。原因としてパテの有無による影響が考えられ、パテを施工した場合には接着樹脂だけでなく、接着樹脂とパテとを合わせた付着特性を評価する必要がある。

(c) パテの有無・弾性率・塗布厚さの影響評価

図-4に示すように、パテを施工したRC2はパテを施工していないRC11と比較して耐力およびシートはく離時の中央たわみで大きな値を示し、部材が吸収できるエネルギーが大きいことから、補強性能が高いといえる。また図-5に示すように、シートにひずみが発生している範囲において、RC2とRC11で明確な差異があり、パテの有無によって付着特性に差異が表れている。補強性能および付着特性の差異は、パテのひび割れ追従性能や緩衝材的な性能によってコンクリートのひび割れによる局所的なせん断力の炭素繊維シートへの伝達分散され、パテを施工していない供試体と比較してより大きな荷重ステップにいたるまで、シートのはく離が発生しなかったためと考えられる。

表-4に示すように、パテの弾性率の影響は、耐力の差は顕著に見られないが、シートはく離時の中央たわみにおいて、低弾性率のパテを施工した供試体が高弾性率のパテを施工した供試体と比較して大きな値を示し補強性能が高い傾向にある。この傾向は、塗布厚さが1mmにおいて顕著である。図-6に示す。シートひずみ分布においては、低弾性率のパテの方がより広い範囲でシートにひずみが発生しており、この点から、補強性能に有意な差が発生していると考えられる。低コンクリート強度においても、標準強度同様、パテの弾性率の影響により、シートはく離時の中央たわみにおいて低弾性率のパテを施工したRC7がRC11と比較して、やや大きな値を示した。

(d) コンクリート強度の影響評価

図-7に示すように、コンクリート強度が大きいほど耐力、シートはく離時中央たわみ、区間剛性ともに大きな値を示している。一方、最大荷重時の付着応力分布では、いずれの供試体も広い範囲で付着応力が発生しており、その大きさに顕著な差異は見られず、コンクリート強度の相違による付着特性の大きな差異は認められない。よって、コンクリート強度の相違による補強性能への影響は小さいと考えられる。

4. 結論：以上の考察より、以下の結論を得た。

- ・付着特性および補強性能は、プライマーの塗布回数、パテの有無・弾性率・塗布厚さによって影響を受ける。
- ・接着樹脂の影響は、パテの有無によって異なる。
- ・コンクリート強度による付着特性への影響は小さい。

【参考文献】

- 1)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.
- 2)森川ら：連続繊維シート補強RCはりにおける補強性能および付着性能の実験的評価，建設工学研究所論文報告集，第43-A号，2001.11.

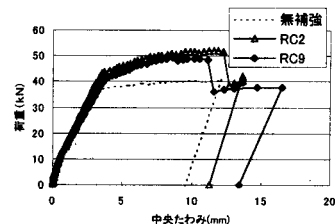


図-2 荷重-中央たわみ関係

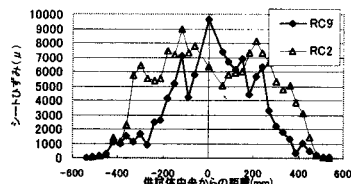


図-3 シートひずみ分布（最大荷重時）

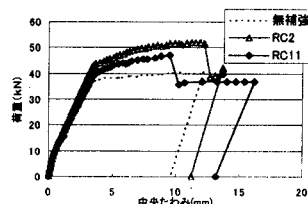


図-4 荷重-中央たわみ関係

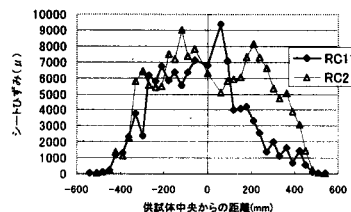


図-5 シートひずみ分布（最大荷重時）

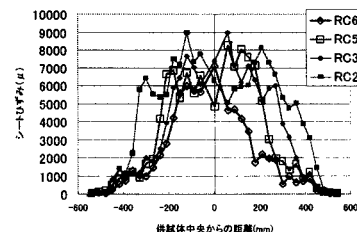


図-6 シートひずみ分布（最大荷重時）

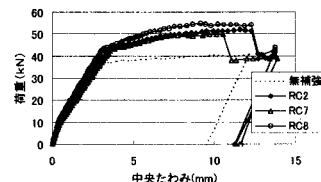


図-7 荷重-中央たわみ関係