

各種接着剤と CFRP スtrandシートにより積層補強した RC はりの曲げ補強効果

(株)さとうベネック 正会員 ○中村 智 九州大学大学院 フェロー会員 日野 伸一
九州大学大学院 正会員 山口 浩平 新日鉄マテリアルズ(株) 正会員 小森 篤也

1. 目的

炭素繊維シート接着工法は、軽量かつ薄い断面で RC 部材の補強が可能なことから、広く普及している工法である。しかし、入念な不陸修正や樹脂を繊維に含浸させる工程が必要で、施工品質が作業者の技量に依存する等の問題があった。そこで著者らは、工場にて炭素繊維等をエポキシ樹脂で棒状に成形した FRP スtrandシートを用いた RC 部材の補強工法に着目し、施工条件に応じた接着剤を選定するとともに、FRP スtrandシートを積層補強した場合の補強効果を検討するために各種要素試験を実施した。次に本補強工法で補強した RC はりの曲げ載荷試験を行った結果、本実験の範囲内で十分な曲げ補強効果が得られた。

2. 試験概要

試験体種類と各接着剤の用途を表-1、材料特性値を表-2、試験体概略図を図-1 に示す。試験体は 14 種類とし、接着剤は従来型のエポキシ樹脂および上面増厚時の早期交通開放を目的とした MMA 樹脂、無機系接着剤として湿潤環境下で施工可能な PCM および上面増厚時の早期交通開放を目的とした JCM を選定した。施工方法は、既設コンクリート表面をブラスト処理した後、各接着剤の厚さを単位面積当たりの塗布量で接着しストランドシートをはり下面に長さ 1500mm、幅 200mm の範囲で設置した。ストランドシートの層数は 1 層〜3 層とし、積層する場合には両支点端部での応力集中を避けるため、各層ごとに 25mm のテーパを設けた。継手有の試験体は、はり中央の等曲げ区間でストランドシートを 200mm の長さで重ねて接着した。試験方法は、せん断スパン 700mm、等曲げ区間 200mm の 2 点漸増載荷とした。

3. 試験結果および考察

表-3 に試験結果、図-2 に荷重ースパン中央変位関係を示す。無補強試験体は設計通りに曲げ圧縮破壊し、補強試験体はいずれも耐力および剛性が向上し、既設鉄筋降伏後に、支点端部からストランドシートが剥離

表-1 試験体種類

Type	専用接着剤	継手	積層数(層)	特徴
N	(無補強)	無	-	-
E-1	エポキシ樹脂	無	1	従来型 (上面増厚等)
E-2			2	
E-3			3	
E-J	MMA樹脂	有	1	早期硬化型 (上面増厚等)
M-1		無	1	
M-2			2	
M-3			3	
M-J		有	1	
P-1	PCM	無	1	湿潤環境型 (水路トンネル等)
P-2			2	
J-1	JCM	無	1	早期硬化型 (上面増厚等)
J-2			2	
J-J		有	1	

表-2 材料特性

(a) FRP スtrandシート

規格	繊維目付量 (g/mm ²)	厚さ (mm)	弾性係数 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)
高強度型炭素繊維	600	0.333	2.45 × 10 ⁵	3400

(b) 専用接着剤 (単位: N/mm²)

種類	エポキシ樹脂	MMA樹脂	PCM	JCM
圧縮強度	78.3	79.0	11.3	55.3
弾性係数	3970	2500	4800	2620
引張強度	35.8	43.0	2.37	5.30
曲げ強度	58.8	71.0	6.50	9.50
引張せん断強度	25.8	22.0	-	-

(c) 鉄筋・コンクリート (単位: N/mm²)

D10 (SD345)	降伏強度	376	弾性係数	2.00 × 10 ⁵
	引張強度	548		
D13 (SD345)	降伏強度	395		
	引張強度	551		
D19 (SD345)	降伏強度	407		2.69 × 10 ⁴
	引張強度	559		
コンクリート	圧縮強度	37.1		

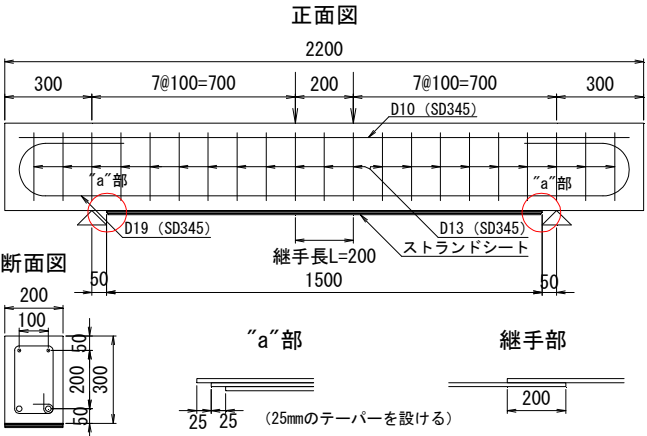


図-1 試験体概略図 (単位: mm)

キーワード FRP スtrandシート, エポキシ樹脂, MMA 樹脂, ポリマーセメントモルタル, ジェットセメント
連絡先 〒812-0013 福岡県福岡市博多区博多駅東 3-11-28 (株)さとうベネック福岡支店 TEL0

する破壊形式を呈した。実験値と設計値の比は 0.98～1.19 と精度よく一致している。また、同表に示す終局荷重の設値は、別途実施したストランドシートとコンクリートの付着強度試験により算出された界面剥離エネルギーを用いて、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¹⁾に基づき、算出した。本実験では P-2 を除いた試験体の実験値と設計値の比は 1.02～1.36 と安全側に評価されたが、P-2 では 0.94 と 1 を 6%程度下回った。また、E-3 はエポキシ樹脂の 3 層補強、P-2 は PCM の 2 層補強であるが、いずれも終局状態においては既設鉄筋降伏前にシート端部から斜めひび割れが発生し、これを基点としてかぶりコンクリートがシート端部から主鉄筋に沿って破壊したためシート端部の応力集中による破壊モードの変化や接着層・界面の強度の影響が考えられる。本試験では端部の応力集中を防ぐために 25mm のテーパーを設けたが、接着剤の種類や積層数に応じてテーパー区間を長くする等、今後の検討が必要である。

4. まとめ

本研究では、得られた知見は以下の通りである。

- (1) 曲げ破壊先行型の RC はりに各種接着剤を用いてストランドシートを接着して補強することにより、はりの曲げ剛性と曲げ耐力が 1.22～1.79 倍向上した。
 - (2) 設鉄筋の降伏荷重は、ストランドシートが RC はりに完全付着されているとし、平面保持を仮定してコンクリートの引張強度を無視して計算を行った計算結果と比較して 0.98～1.19 と精度よく一致した。
 - (3) コンクリートとストランドシートの界面剥離破壊エネルギーを基に設計したはり試験体の剥離破壊荷重は P-2 を除き実験値と設計値の比は 1.02～1.36 と安全側に評価できたが、接着剤の種類や積層数に応じてテーパー区間を長くする等、E-3 および P-2 でみられたストランドシート端部からの剥離破壊を防止するための検討が今後必要である。
- 以上より各種接着剤と積層 CFRP ストランドシートにより補強した RC はりの曲げ補強効果が確認された。

参考文献

- 1) 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，コンクリートライブラリー第 101 号，2000.7

表-3 試験結果

Type	降伏荷重			終局荷重			破壊モード
	実験 P_y (kN)	設計 P_{yc} (kN)	P_y/P_{yc}	実験 P_u (kN)	設計 P_{uc} (kN)	P_u/P_{uc}	
N	140	143	0.98	165	153	1.08	曲げ圧縮破壊
E-1	191	178	1.07	278	209	1.33	載荷点直下より剥離
E-2	236	212	1.11	295	223	1.32	
E-3	-	239	-	234	229	1.02	端部の剥離
E-J	210	178	1.18	271	209	1.30	載荷点直下より剥離
M-1	205	178	1.15	255	200	1.27	
M-2	223	212	1.05	285	209	1.36	端部の剥離
M-3	251	239	1.05	290	216	1.35	
M-J	211	178	1.19	252	200	1.26	載荷点直下より剥離
P-1	191	178	1.07	252	199	1.26	
P-2	-	207	-	201	213	0.94	端部の剥離
J-1	185	176	1.05	262	218	1.20	載荷点直下より剥離
J-2	222	207	1.07	280	-	-	
J-J	191	176	1.09	271	218	1.24	

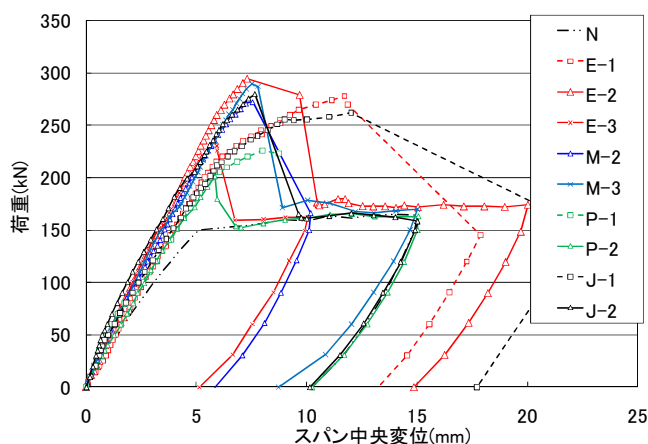


図-2 荷重-スパン中央変位関係

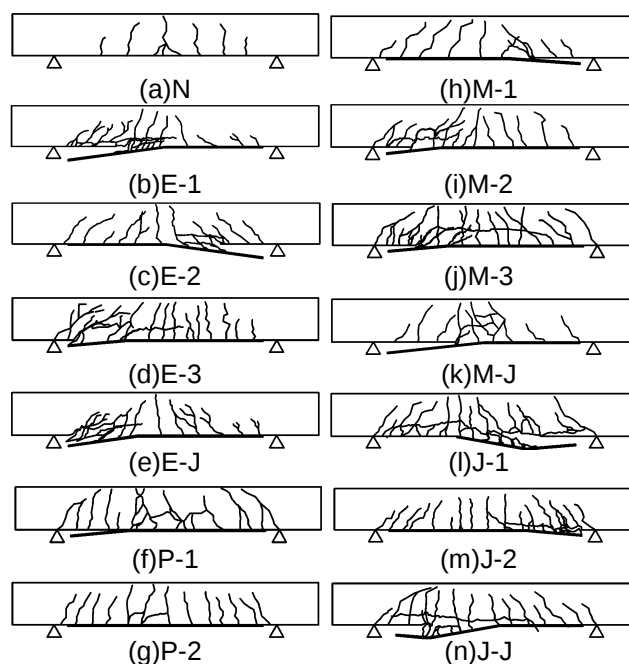


図-3 破壊性状