

各種接着剤と積層した CFRP スtrandシートにより補強した RC はりの耐荷性状

(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
 新日鉄マテリアルズ (株) 正会員 小森 篤也 九州大学大学院 正会員 山口 浩平
 住友大阪セメント (株) 正会員 若杉 三紀夫 九州大学大学院 学生員 杵山 功樹

1. はじめに

既設コンクリート部材の曲げ補強工法として CFRP スtrandシート(以下, スtrandシート)を用いた補強工法がある. 本工法で用いるスtrandシートは工場にて炭素繊維等をエポキシ樹脂で棒状に硬化し, すだれ状に成形したもので, 従来の炭素繊維シートに比べ 1 層当りの補強量を大きくでき(200g 目付炭素繊維シート 3 層分), また専用接着剤がプライマーおよび不陸修正を兼ねるため, 工数を大幅に減らせることから, 短工期, 低コストとなる場合が多い.

筆者らはこれまでの研究¹⁾により, エポキシ樹脂, MMA 樹脂およびポリマーセメントモルタル(以下, PCM)を用い, スtrandシートの補強量(1 層, 2 層)および継手の有無をパラメータとして RC はりの曲げ補強を行い, 設計で想定した通りの曲げ補強効果が確認された.

本研究では, 上記の接着剤の他に打継剤併用型ジェットセメントモルタル(以下, JCM)を加え, スtrandシートの補強量をさらに増加させた場合(3 層)の RC はりの耐荷性状に関して検討した.

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 8 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管理し, スtrandシートをはり下面に長さ 1500mm, 幅 200mm の範囲で接着した. スtrand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trand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.

表-1 試験体種類

Type	専用接着剤	継手	積層数(層)	特徴
1	無補強	無	-	-
2	エポキシ樹脂	無	3*	従来型 (上下面増厚等)
3	MMA樹脂	無	3*	早期硬化型 (上面増厚等)
4	PCM	無	1	湿潤環境型 (水路トンネル等)
5		無	2	
6	JCM	無	1	早期硬化型 (上面増厚等)
7		無	2	
8		有	1	

*1層, 2層および継手試験は前年度に補強効果を確認済み¹⁾

表-2 材料特性値

(a) CFRP 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 (FSS-HT-600)	600	0.333	245000	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	13.2	53.4
弾性係数	3970	2500	-	-
引張強度	35.8	43.0	-	-
曲げ強度	58.8	71.0	6.50	9.50
引張せん断強度	25.8	22.0	-	-

(c) 鉄筋およびコンクリート

(単位: N/mm²)

種類	材料特性値		
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	

正面図

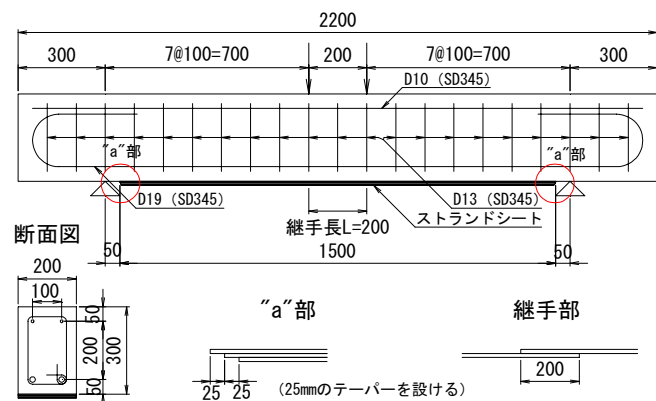


図-1 試験体概略図

(単位: mm)

3. 試験結果および考察

表-3 に試験結果, 図-2 に荷重-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する破壊形式を呈した. 同表より既設鉄筋降伏荷重の実験値と設計値の比は 0.92~1.09 であり, 精度よく一致した. また, 終局(剥離)荷重の無補強試験体に対する増加割合は, ストランドシート 1 層補強の Type4,7 で 1.35, 1.58 倍, 2 層補強の Type5,8 で 1.21, 1.70 倍, 3 層補強の Type2,3 で 1.42, 1.76 倍であった. なお, 表-3 に示した終局荷重の設計値は, 別途実施した付着強度試験²⁾により界面剥離エネルギー(G_I)を実測して, 指針式³⁾に基づき算出したシートが剥離する際に生じるひずみから求めたストランドシートの剥離荷重である. Type3,4,6,7,8 では実験値と設計値の比が 1.09~1.22 と安全側に評価できたが Type2,5 では 0.80, 0.83 と 1 を下回った. Type2 はエポキシ樹脂の 3 層補強, Type5 は PCM の 2 層補強であるが, それぞれストランドシートの剛性が大きく, シート端部での応力集中が影響したものと考えられる. 本試験では端部の応力集中を防ぐためにシート端部に 25mm のテーパを設けたが, 接着剤の種類や積層数等に応じてテーパ区間を長くする等, 今後の検討が必要である.

図-3 に破壊性状を示す. Type2,3 は終局荷重時にストランドシートの端部からせん断ひび割れが発生し, 軸方向鉄筋に沿って既設コンクリートのかぶり部ごと剥離した. Type4,5 は等曲げ区間でのひび割れが卓越し, ストランドシートと既設コンクリートの界面で剥離し, 試験後のストランドシートに既設コンクリートが薄く付着していた. Type6,7,8 は Type2,3 と同様にかぶりコンクリートごと剥離した. なお, 別途実施した付着強度試験²⁾では JCM, エポキシ樹脂, MMA 樹脂, PCM の順に界面剥離エネルギーが大きい結果であったが本試験からも同様の破壊性状が観察された.

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) 各種接着剤を用いてストランドシートで補強した試験体の降伏荷重の実験値と設計値の比は 0.92~1.09 と精度よく一致している.
- (2) 試験体の終局荷重の実験値と設計値の比は 0.80~1.22 と概ね良い一致であったが, 接着剤やストラ

表-3 試験結果

Type	ひび割れ P_c (kN)	降伏荷重			終局荷重		
		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}
1	39.8	131	143	0.92	165	153	1.08
2	34.9	—	239	—	234	294	0.80
3	45.3	251	239	1.05	290	266	1.09
4	40.1	176	178	0.99	223	201	1.11
5	35.1	191	207	0.92	201	242	0.83
6	49.9	185	176	1.05	262	223	1.17
7	54.3	222	207	1.07	280	257	1.09
8	55.1	191	176	1.09	271	223	1.22

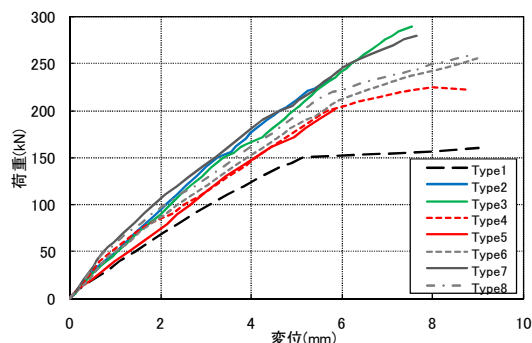


図-2 荷重-変位関係

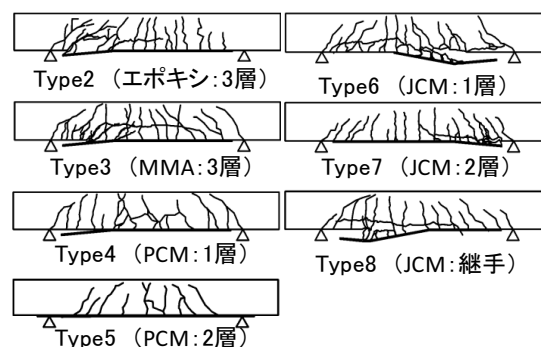


図-3 破壊性状

ンドシートの層数に応じて接着方法を変更する等, 剥離を防止する対策が今後の検討課題である.

- (3) 別途実施した付着強度試験²⁾では JCM, エポキシ樹脂, MMA 樹脂, PCM の順に界面剥離エネルギーが高い結果であったが本試験の破壊性状からも同様の結果が観察された.

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) 杵山功樹, 他: 各種接着剤を適用した CFRP ストランドシート補強 RC はりの耐荷特性, 土木学会第 65 回年次学術講演会, pp.1209-1210, 2010.9
- 2) 大野智恵, 他: 各種接着剤を用いた CFRP ストランドシートとコンクリートの付着特性, 土木学会第 65 回年次学術講演会, pp.1103-1104, 2010.9
- 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, コンクリートライブラリー第 101 号, 2000.7