

CFRP 補強材の形状が及ぼす RC 梁の曲げ破壊性状

日鉄ケミカル&マテリアル (株) 正会員 ○文屋 遼太郎 櫻井 俊太
 東京都市大学 正会員 栗原 哲彦 金子 倫

1. はじめに

道路橋 RC 床版の上面では、早期交通開放性に優れることから、ジェットセメントモルタル(以下、JCM という)を用いた FRP 接着による補強工法が採用されている。補強材には、直径 0.5~2.0mm 程度のロッド状 FRP を横糸で連結し、すだれ状のシートに保形したストランドシートや、施工現場において含浸作業が不要な引抜成型によって製造された FRP ロッドが用いられている。

RC 梁部材に対し、FRP ロッドやストランドシートを下面に分散的に埋配置させることで、ひび割れ分散性が向上し、剥離破壊耐力が向上すると報告されている¹⁾²⁾。しかし、増厚した JCM 内に設置した場合の FRP 形状の影響は評価されていないため、本試験では CFRP ストランドシートと CFRP ロッドにより、RC 梁を補強し載荷試験を行うことで曲げ破壊性状の比較をした。

2. 試験概要

(1) 供試体概要

CFRP 補強材を設置しない供試体を N、ストランドシートを設置した供試体を SS、φ8mm の CFRP ロッドを 2 本設置した供試体を RO とした。各供試体の寸法と配筋、断面を図-1、供試体の諸元を表-1 に示す。コンクリートは圧縮強度 30N/mm² の設計配合とした。引張鉄筋比は 1.2%とし、引張鉄筋降伏先行型の曲げ破壊を呈するようせん断補強筋の配筋を行った。

(2) 補強方法

RC 梁の下面の長さ 1100mm の範囲に CFRP 補強材を設置した。母材 RC 梁の補強範囲をディスクサンダーによるケレンを行い、エポキシ性接着剤を 0.7kg/m² となるように塗布し、JCM にて不陸修正を行った。その後、CFRP 補強材接着のためエポキシ性接着剤を下塗りおよび上塗りの合計が 3.0kg/m² となるように塗布し、各 CFRP 補強材を設置した。その後、補強断面厚さが 30mm となるように JCM を打設し、表面を左官コテで平滑に仕上げた。補強断面の概要を図-2 に示す。

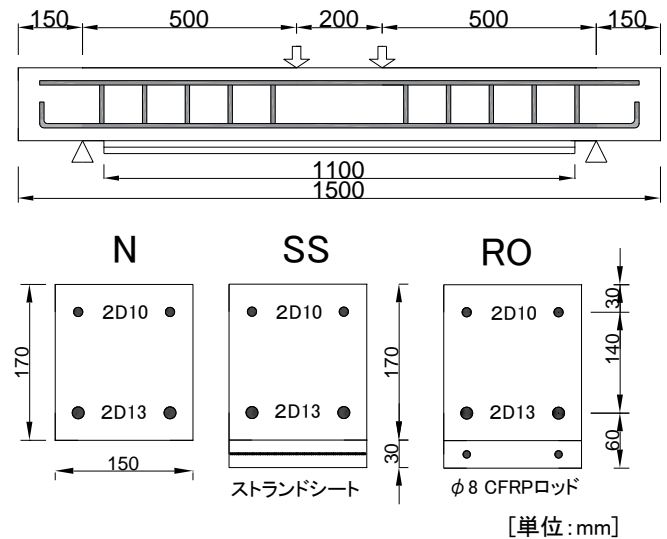


図-1 供試体断面

表-1 供試体諸元

供試体名		N	SS	RO
破壊モード		鉄筋降伏先行型		
試験体寸法	スパン長	mm	1200	
	せん断スパン	mm	500	
	純曲げスパン	mm	200	
母材 RC	断面高さ	mm	170	
	鉄筋有効高さ	mm	140	
	断面幅	mm	150	
	圧縮鉄筋：径×本数		D10×2(SD295)	
	引張鉄筋：径×本数		D13×2(SD295)	
CFRP 補強材	断面積	mm ²	59.2	100
	引張強度	N/mm ²	3400	2100
	引張弾性係数	kN/mm ²	245	145
	補強材剛性	kN/mm	96.7	96.7
	有効高さ	mm	185	185

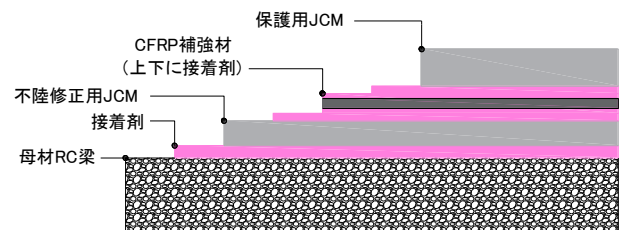


図-2 補強断面概要

キーワード：ストランドシート，CFRP ロッド，ひび割れ分散性

連絡先：〒103-0027 東京都中央区日本橋 1-13-1 日鉄ケミカル&マテリアル(株) TEL：03-3510-0341

3. 試験結果

(1) 破壊荷重および破壊状況

無補強供試体 N は 44.8kN で引張鉄筋が降伏し、その後変位が増加し、上縁のコンクリートが圧壊したことで破壊した。補強供試体である SS および RO は、約 66kN で引張鉄筋の降伏後、荷重が増加し 82.6kN で引張鉄筋位置において、かぶりコンクリートが破壊し、荷重が大きく低下した。供試体 SS, RO とでは降伏荷重、最大荷重とも同等であった。表-2 に荷重値、図-3 にひび割れ図をそれぞれ示す。降伏荷重の計算値は、補強層は完全付着、引張側の JCM、コンクリートを無視した平面保持を仮定して算出した³⁾。無補強供試体 N, 補強供試体 SS, RO とともに計算値とほぼ一致しており、降伏荷重まで、補強部は母材 RC から離れず、付着が保たれていたと考えられる。

(2) ひび割れ、中央変位

供試体 SS に発生した曲げひび割れは 12 本/1200mm であり、スパン内での平均ひび割れ間隔は 100mm であった。これに対し、供試体 RO では 9 本/1200mm となり、その平均ひび割れ間隔は 133mm であり、ストランドシートを用いた供試体 SS でひび割れ分散性が高い結果を得た。また、終局時のかぶり破壊範囲は供試体 SS と RO で大きな差は無かった。

各試験体の荷重-変位関係を図-4、変位の推移を表-3 にそれぞれ示す。補強供試体を比較すると、鉄筋降伏前では、同荷重値の供試体 SS の中央変位比は RO の 0.92 ~ 0.97 倍であった。鉄筋降伏後では、補強材の引張弾性係数が高い供試体 SS の中央変位は供試体 RO の 0.70 ~ 0.86 倍であった。これは、前記したひび割れ分散性状の影響によるものと考え、荷重の増大によって変位比の差が大きくなる傾向にあった。

まとめ

- (1) 本試験の範囲では、FRP 補強材形状が、耐力値へ与える影響は無く、平面保持を仮定した計算法に従う。
- (2) 補強材にストランドシートを用いた場合では、ロッドを用いた場合と比較して、曲げひび割れ分散性状に優位性が確認された。
- (3) ひび割れ分散性状を向上させることで、鉄筋降伏前の使用状態でも、変位の抑制に優位性が期待できることから、変位の生じやすいスラブのような構造物では、接着剤と補強材料の接触面積が大きくなるシート系の補強材の選択が望ましいと推察する。

表-2 試験結果

供試体	P_{yexp}	P_{ycal}	P_{yexp}/P_{ycal}	P_{max}
N	44.8kN	44.2kN	1.01	50.4kN
SS	66.2kN	68.1kN	0.97	82.6kN
RO	66.5kN	68.1kN	0.98	82.6kN

P_{yexp} : 降伏実験値, P_{ycal} : 降伏計算値, P_{max} : 最大荷重実験値

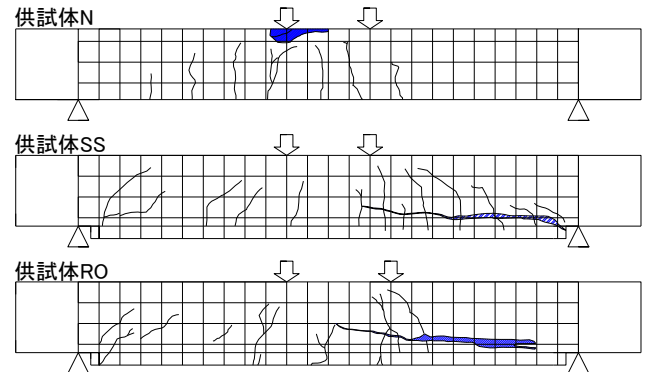


図-3 ひび割れ図

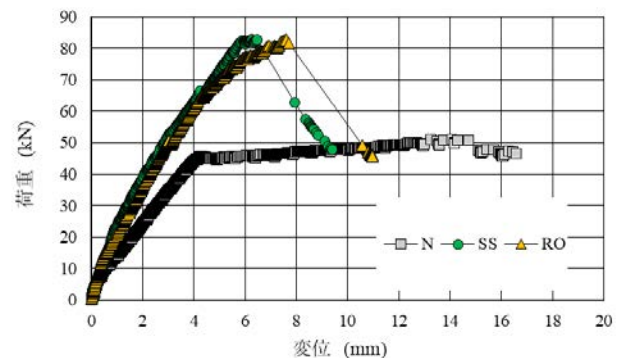


図-4 荷重-変位関係

表-3 変位の推移

荷重 (kN)	中央変位 (mm)		
	SS	RO	SS/RO
40.0	2.07	2.26	0.92
60.0	3.76	3.89	0.97
70.0	4.75	6.79	0.70
82.6	6.57	7.61	0.86

参考文献

- 1) 鈴木健太郎, AFRP ロッド下面埋設 RC 梁の耐荷性状に及ぼすロッド本数の影響, コンクリート工学年次論文集, vol.26, No.2, pp1609-1614, 2004.
- 2) Shrestha, J, Experimental investigation of NSM Carbon Fiber Sheet (CFSS) method for flexural strengthening of RC beams, International Institute for FRP in Construction-FRPRC-14, Belfast, June 2019.
- 3) 土木学会: コンクリート標準示方書[設計編]-第3編 安全に対する照査, pp.180-184, 2017.