

PPC と CFRP 格子筋によって補強した RC 梁の負曲げ耐力

日鉄ケミカル&マテリアル（株） 正会員 ○文屋 遼太郎 立石晶洋
東京都市大学 正会員 栗原 哲彦

1. はじめに

近年、米国では Polyester Polymer Concrete(ポリエステルポリマーコンクリート、以下「PPC」という)を用いた橋面舗装の補修が行われている。PPC は不飽和ポリエステル樹脂と骨材を混合し硬化させたものであり、耐磨耗性に優れ、すべり抵抗値が高く、硬化時間が短いことにより急速施工が可能とされている¹⁾。

著者らの研究²⁾では、PPC を床版上面増厚に用いた場合、正曲げに対する耐力と靱性が向上することを確認している。そこで本研究では、負曲げに対する耐力と耐荷機構を把握することを目的とし、補強材には腐食せず、薄層増厚内でも補強量が確保できる格子状炭素繊維強化プラスチック（以下「CFRP 格子筋」という）と PPC により補強した RC 梁の負曲げ載荷試験を行った。

2. 負曲げ試験概要

(1) 試験体概要

断面の全高さ 160mm の RC 梁の上面に PPC によって 4cm の増厚を行い、増厚 PPC 内に補強材を設置しないものを試験体 A、高強度型の CFRP 格子筋を設置したものを試験体 B、高弾性型の CFRP 格子筋を設置したものを試験体 C とした。各試験体の断面と試験体名称を図-1 に示す。引張鉄筋とせん断補筋の配筋は試験体が引張鉄筋降伏先行型の曲げ破壊を呈するよう、せん断耐力が曲げ耐力を上回るように設計した。試験体の諸元を表-1 に示す。セメントコンクリートの配合は圧縮強度 24N/mm² を目標とし、PPC は硬化収縮を低減させるため、不飽和ポリエステル樹脂に膨張材を添加した。各コンクリートの配合を表-2、表-3 に示す。

(2) 試験体作製方法

PPC を増厚する RC 梁の上面にケレンを行い、MMA 樹脂とウレタン樹脂からなるプライマーを 0.3kg/m² となるよう塗布した。CFRP 格子筋を設置した試験体は、不飽和ポリエステル樹脂製のスパーサを用い、かぶり 20mm を確保し PPC の打設を行った。

(3) 載荷試験方法

増厚した PPC が引張力を負担するよう、PPC 増厚面を鉛直下側に向け、荷重を鉛直上向きから作用させ、対称 2 点載荷 2 点支持の 4 点曲げ試験を行った。

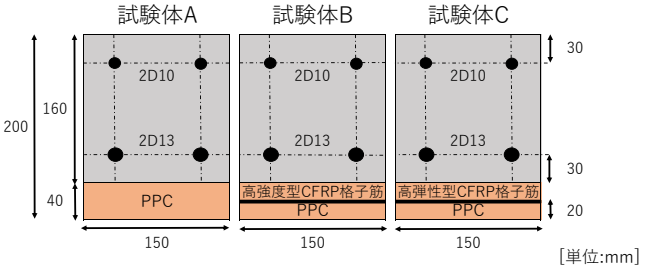


図-1 試験体概要

表-1 試験体諸元

試験体名			A	B	C
破壊モード			曲げ破壊先行型		
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		
断面寸法	全高さ	mm	200		
	鉄筋有効高	mm	130		
	CFRP 有効高	mm	180		
	断面幅	mm	150		
鉄筋	圧縮：径×本数		D10×2		
	引張：径×本数		D13×2		
	降伏強度	N/mm ²	394		
	弾性係数	kN/mm ²	200		
せん断補強筋	降伏強度	N/mm ²	414		
	弾性係数	kN/mm ²	200		
	スパン	mm	75		
CFRP 格子筋	引張強度	N/mm ²	1465	1794	
	弾性係数	kN/mm ²		107	

表-2 セメントコンクリート示方配合

Gmax	スランブ	空気量	W/C	S/A
(mm)	(cm)	(%)	(%)	(%)
20	10	5	60	44
セメントの 種類	セメント	水	細骨材	粗骨材量
	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)
早強セメント	298	179	724	1006

表-3 PPC 示方配合

不飽和ポリエステル樹脂 (kg)	膨張材 (kg)	硬化剤 (kg)
223	95.4	2.55
硬化促進剤 (kg)	混合珪砂 (kg)	6号砕石 (kg)
1.91	978	978

キーワード：床版上面増厚工法，PPC(Polyester Polymer Concrete)，CFRP 格子筋

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

3. 載荷試験結果

(1) 破壊形態

試験体 A は PPC に曲げひび割れ発生直後、引張鉄筋位置のセメントコンクリートに水平ひび割れが生じ、割裂破壊を呈した。試験体 B、試験体 C は PPC に曲げひび割れが発生したあと、引張鉄筋が降伏し、純曲げ区間の上縁のセメントコンクリートが圧壊によって終局を迎えた。載荷試験後に試験体を観察すると、せん断スパンにおける PPC の増厚界面近傍に水平ひび割れが生じており、セメントコンクリートの凝集破壊と思われる。ここで各試験体のひび割れ図を図-2 に示す。

(2) 荷重-変位関係

各試験体の荷重-変位関係を図-3、荷重結果を表-4 に示す。試験体 A はひび割れ発生後、同荷重にて変位が増大した。試験体 B、C はひび割れ発生、引張鉄筋降伏後も CFRP 格子筋による補強効果によって荷重が増大した。ひび割れ発生荷重は試験体 A で計算値の 95% となったが、CFRP 格子筋を設置した試験体 B、C では試験値と計算値の比が小さくなった。これは PPC の硬化収縮が CFRP 格子筋によって拘束されることによって引張ひずみが残留し、ひび割れ発生荷重が低くなったと考えられる。試験体 B、C の鉄筋降伏荷重の試験値と計算値の比がそれぞれ 90%、87% となっていることから、PPC の増厚界面付近で生じた水平ひび割れは、試験体の曲げひび割れが発生前に PPC が負担していた高い引張力が解放され、急激に作用した引張力と載荷荷重のせん断力によって生じたと推察できる。

4. まとめ

- (1) PPC 増厚内に CFRP 格子筋を補強材として設置することで、終局負曲げ耐力の向上を確認した。その補強効果は高強度型の CFRP 格子筋を設置した試験体 B で補強前の 1.74 倍、高弾性型の CFRP 格子筋で 1.70 倍となった。
- (2) 増厚 PPC 内に CFRP 格子筋を設置した場合、硬化収縮が拘束され引張強度が低下し、設置していない試験体のひび割れ発生荷重値を比較すると 6%-10% 低くなった。このことより、PPC 内に補強材を設置するには、硬化収縮の拘束を低減させるために、CFRP のような少量で高い補強効果を得られるような補強材料の選択が望ましい。
- (3) CFRP 格子筋を設置した試験体は、界面近傍で水平ひび割れが生じた。ひび割れ発生時に増厚界面にセ

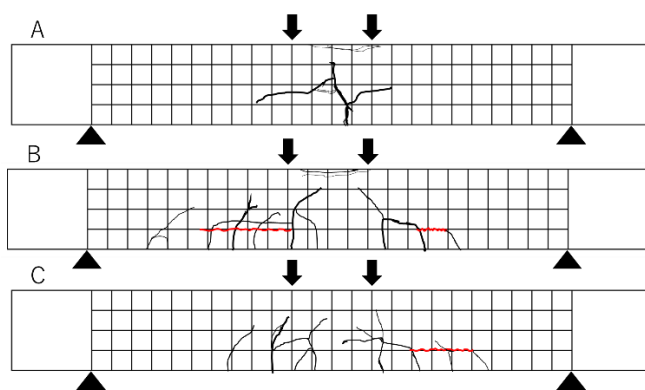


図-2 試験体ひび割れ図

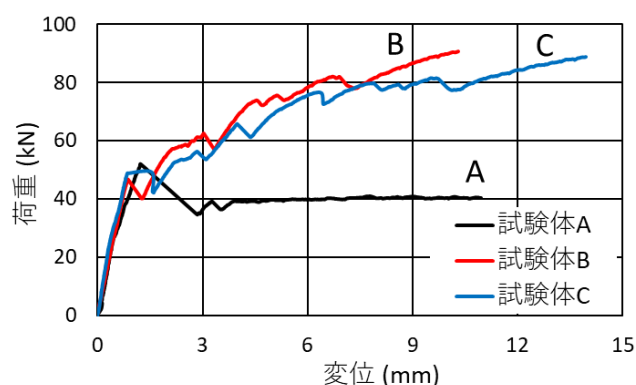


図-3 荷重-変位関係

表-4 試験結果

	荷重値	ひび割れ	鉄筋降伏	終局
A	試験値(kN)	52.1	ひび割れ発生直後に割裂破壊が生じ試験を終了	
	計算値(kN)	55.1		
	試験値/計算値	0.95		
B	試験値(kN)	46.9	59.0	90.8
	計算値(kN)	55.1	65.6	100.2
	試験値/計算値	0.85	0.90	0.91
C	試験値(kN)	48.9	70.8	88.9
	計算値(kN)	55.1	81.5	113.3
	試験値/計算値	0.89	0.87	0.79

メントコンクリートの引張強度以上の引張力が作用し、凝集破壊が生じたものと考えられる。今後、PPC の増厚量、補強材の補強量と設置位置をパラメータとした評価試験を行いたい。

参考文献

- 1) Transportation Research Board : High Performance Concrete Specifications and Practices For Bridge . NCHRP Synthesis Report ,441, 2013
- 2) 文屋遼太郎, 小森篤也ら : PPC を用いた RC 床版の上面増厚に関する梁型モデルによる実験的研究, 第九回道路橋床版シンポジウム論文報告集, pp.133-136, 2016.11