

PPC と CFRP 格子筋によって補強した RC 梁の負曲げ試験

東京都市大学 学生会員 ○吉田拓矢 堀池紘平 正会員 栗原哲彦
日鉄ケミカル&マテリアル株式会社 正会員 文屋遼太郎 櫻井俊太

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)を用い
た橋面舗装の補修が行われている。PPC とは、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、硬化時間が短いことにより、実現場におけ
る急速施工が可能となっている。

既存の研究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が向上することが確認され
ている。そこで本研究では、負曲げに対する耐荷力
の向上効果の把握を目的とし、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 PPC により
補強した RC 梁の負曲げ載荷試験を行った。

2. 試験概要

試験体のコンクリートの計画配合を表 1 に、PPC
の計画配合を表 2 に示す。試験体の寸法は幅 150mm×
高さ 200mm×全長 1500mm の梁を用いた。無補強梁
(NNR)と、下面に厚さ 25mm の PPC を増厚した梁
(NRP)を用意した。また PPC 内部に、高強度型 CFRP
格子筋を設置した梁(NPS)、高弾性型 CFRP 格子筋を
設置した梁(NPE)を用いた。なお CFRP 格子筋は、セ
メントコンクリート上に直置きし PPC の打設を行っ
た。断面図を図 1 (図中の黒丸は圧縮鉄筋 D10, 引張
鉄筋 D13)に示す。また、載荷方法是对称二点載荷に
よる静的曲げ載荷とし、概略図を図 2 に示す。引張
鉄筋とせん断補強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、ひび割れ荷重、引張鉄
筋降伏荷重、終局荷重とせん断耐力の計算結果は表 3
に示す。

3. 試験結果

試験結果を表 3 に示す。耐力計算にはセメントコ
ンクリートの複鉄筋構造に用いられる算定式を使用
した。また、断面諸元は表 4 に示す。試験結果と計

表 1 コンクリートの計画配合

Gmax (mm)	スランプ (cm)	空気量 (%)	W/C (%)	s/a (%)	
20	10	5	60	46.8	
単位量(kg/m³)					
水	セメント	細骨材	粗骨材	AE剤	補助AE剤
184	306	820	949	3.06	3.06

水は混和剤を含む AE剤は25%, 補助AE剤は1%溶液

表 2 PPC の計画配合

樹脂 (kg)	促進剤 (g)	硬化剤 (g)	混合珪砂 (kg)	粗骨材 (kg)
8.33	58.3	75.0	28.2	26.0

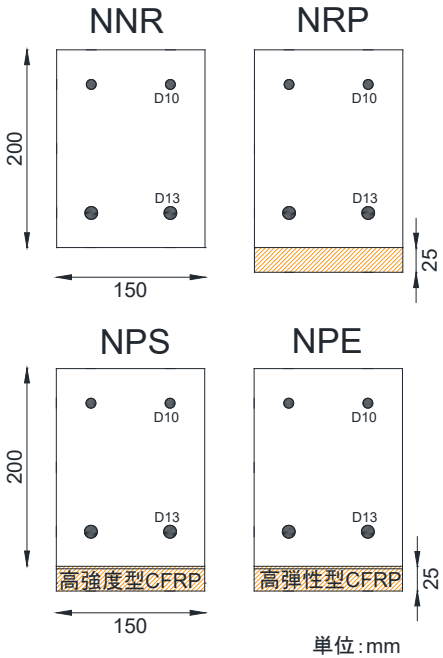


図 1 梁の断面図

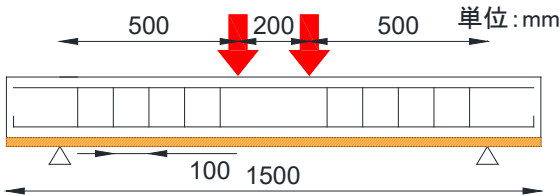


図 2 静的曲げ載荷試験概略図

算結果の差異は非常に小さく、PPC を増厚した場合
でも複鉄筋構造の RC 設計法を用いることで高い精
度の結果が得られることが確認できた。次に、各試
験体の荷重-変位曲線を図 3 に示す。まず全ての試験

表 3 試験結果と計算結果

試験体	ひび割れ発生荷重			引張鉄筋降伏荷重			終局荷重		
	実験値(kN)	計算値(kN)	比	実験値(kN)	計算値(kN)	比	実験値(kN)	計算値(kN)	比
NNR	13.7	12.8	1.08	50.2	56.4	0.89	59.9	60.7	0.99
NRP	57.7	59.8	0.97	52.3	56.4	0.93	58.6	60.7	0.96
NPS	50.4	57.2	0.88	79.0	71.2	1.11	110	108	1.01
NPE	60.5	60.8	0.99	91.4	83.5	1.09	119	126	0.95

体において曲げ破壊先行型の破壊モードを確認した。NNR と NRP の引張降伏荷重値と終局荷重値に大きな変化は得られなかったが、荷重-変位曲線のひび割れ発生荷重に約 4.2 倍の差があり、補強効果が確認できた。また、CFRP 格子筋を PPC 内に設置した NPS と NPE に関しては、グリットによる補強効果によってひび割れ発生荷重以降の曲げ耐力の向上を確認した。高弾性型のグリットを設置した NPE は、高強度型のグリットを設置した NPS より高い剛性が現れた特徴の補強効果が得られた。なお、NPE に関しては PPC の剥離が起こった後、最大荷重を迎え、その後 NRP と同等の荷重値まで荷重が落ちていることを確認した。なお、NPE の剥離箇所近辺をコンクリートカッターにて切断した後の様子を写真 1 に示す。剥離は PPC の界面剥離によるものではなく、界面付近のセメントコンクリートにおける凝集破壊であったため、PPC の高い付着強度が確認できた。

4. まとめ

- 本試験によって得られた知見を以下にまとめる。
- ①RC 設計法による耐力計算は PPC に対して有効であり、計算値と試験値の整合性は確認できた。
 - ②PPC による大きな補強効果が確認でき、主にひび割れ発生荷重に関しては顕著に補強効果が表れた。
 - ③高強度グリットと高弾性グリットの二種類の補強筋にはそれぞれの剛性の違いによる補強効果の特徴が現れた荷重-変位曲線の挙動を確認した。
 - ④PPC の付着性能は非常に優れており、界面での剥離が起きることはなく終局を迎えられた。

参考文献

- 1) Transportation Research Board : High Performance Concrete Specifications For Bridge. NCHRP Synthesis Report, p 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

表 4 断面諸元

		NNR	NRP	NPS	NPE
破壊モード		鉄筋降伏先行型曲げ破壊			
試験体寸法	断面幅	b(mm)			
	断面高さ	h(mm)			
	主鉄筋有効高さ	d(mm)			
	全長	L0(mm)			
	スパン長	L(mm)			
載荷条件	せん断スパン	a(mm)			
	純曲げスパン	L-2a(mm)			
	せん断スパン比	a/d			
既設RC部	設計圧縮強度	f'c(N/mm²)			
	弾性係数	Ec(kN/mm²)			
増厚PPC	設計圧縮強度	f'c(N/mm²)			
	弾性係数	Ec(kN/mm²)			
鉄筋	圧縮：径×本数	D10×2(SD295)			
	引張：径×本数	D13×2(SD295)			
	降伏強度	fy(N/mm²)			
	弾性係数	Es(kN/mm²)			
	鉄筋比	%			
CFRP格子筋	引張強度	fg(N/mm²)			
	弾性係数	Eg(kN/mm²)			
	格子スパン	mm			
	公称断面積	mm²			
せん断補強筋	径	D13(SD295)			
	降伏強度	fy(N/mm²)			
	弾性係数	Es(kN/mm²)			
	間隔	s(mm)			

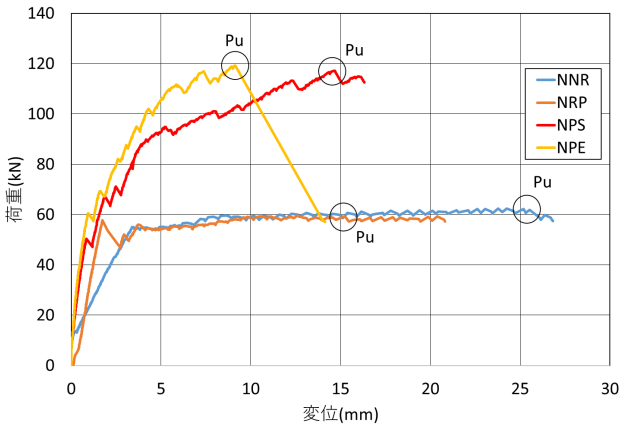


図 3 荷重-変位曲線

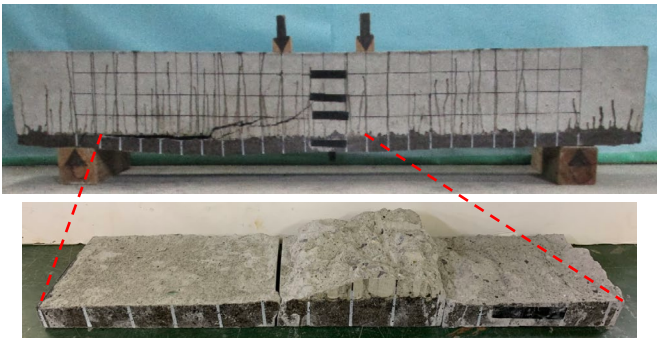


写真 1 載荷後の NPE (上) と剥離部分の様子 (下)