

## 自動製造された CFRP ロッドの引張特性と PC はりへの適用性に関する実験的研究

九州大学工学部 学生会員 ○許斐 信亮・Nawar Bitar  
九州大学大学院 正会員 日野 伸一・貝沼 重信・山口 浩平

## 1 目的

新素材として注目されている CFRP (炭素繊維補強プラスチック) は、高強度・軽量・高耐食性などの特徴を有しており、鉄筋や PC 鋼材の代替としてコンクリート構造物への適用に関する研究が進められている。本研究で対象とする CFRP ロッドは、九州大学で独自に製作された CFRP 配筋ロボットを用いて製作される (図-1)。この CFRP ロッドは、両端部に U 型アンカーを有し (図-2)、緊張用または部材結合用としての有用性が期待される。緊張用としては、U 型アンカーにピンを通すことで容易に緊張用治具に固定でき、即座に緊張が可能となることが挙げられる (図-3)。本研究では、U 型アンカーのこれらの利点に着目し、CFRP ロッドの PC 部材としての適用性を検討するために、CFRP ロッドの引張試験および CFRP ロッドを用いた PC はりの性能試験を行った。CFRP ロッドの引張試験においては、新しく開発した配筋ロボット (2号機) を用いて製作した CFRP ロッドの性能を照査することを目的とし、CFRP ロッドを用いた PC はりの性能試験では、緊張過程における CFRP ロッドの性能の把握、また CFRP ロッドに緊張力を導入した PC はりの曲げ挙動を明らかにすることを目的としている。



図-1 配筋ロボット (2号機)



図-2 U型アンカー



図-3 U型アンカーの緊張治具設置状況

## 2 CFRP ロッドの引張試験

### 2.1 CFRP ロッド母材の引張試験

CFRP ロッド (CFRP250S) の両端を鋼管スリーブにより膨張材で定着させた供試体 6 体を用いて母材 (直線部) の引張試験を行った。CFRP ロッドは両端の U 型アンカーを切断したものをを用いた。供試体 6 体のうち、4 体は鋼管スリーブ付近のロッドが破断し、残り 2 体は供試体の中央部でロッドが破断した。載荷試験の結果を表-1 に示す。また、ヤング率は荷重-ひずみ曲線における荷重 0kN と 120kN の割線係数より算出した。

最大荷重と引張強度の標準偏差はそれぞれ 31kN と  $257\text{N/mm}^2$  と大きく、保証耐力は  $1398\text{N/mm}^2$  となった。また、供試体の直径も供試体間でのばらつきが大きく、今後、製作時の精度向上と共に、供試体数をさらに増やして試験をする必要があると考えられる。

### 2.2 U型アンカーの引張試験

U 型アンカーを両端に持つ CFRP ロッドの引張試験を行った。供試体は 6 体とし、U 型アンカー部の耐力は母材耐力よりも低いため、この引張試験を U 型アンカーの引張試験とする。本試験の結果を表-2 に示す。U 型ア

表-1 母材の引張試験結果

供試体No.	直径 (mm)	最大荷重 (kN)	引張強度 ( $\text{N/mm}^2$ )	ヤング率 ( $\text{kN/mm}^2$ )	備考
1	15.94	474	2376	128	-
2	15.96	470	2347	121	ゲージ破損
3	15.72	476	2449	129	-
4	17.18	425	1835	105	-
5	16.25	400	1939	113	-
6	16.47	438	2058	116	-
平均値	16.25	447	2167	119	-
標準偏差	-	31	257	-	-
保証耐力	-	354	1398	-	-

保証耐力 = 平均値 -  $3\sigma$   
 $\sigma$ : 標準偏差

表-2 U型アンカーの引張試験結果

供試体No.	U型アンカー耐力 (kN)	母材耐力比 (%)
1	260	58.2
2	230	51.5
3	240	53.7
4	230	51.5
5	256	57.3
6	270	60.4
平均値	248	55.4
保証耐力	202	45.1

ンカーの引張耐力は、母材のその  
の 55.4%である。これは、CFRP ロ  
ッドは繊維の集合体であるため、U  
型アンカー部は引張力を受けると  
アンカー外縁の引張応力が内縁よ  
りも増加し、外縁より繊維が破断  
して、アンカー部の破壊へと至る  
ためである。したがって、本ロッ  
ドの U 型アンカーの付加価値を活  
かすためには、アンカー部の耐力  
向上を図ることが必要である。

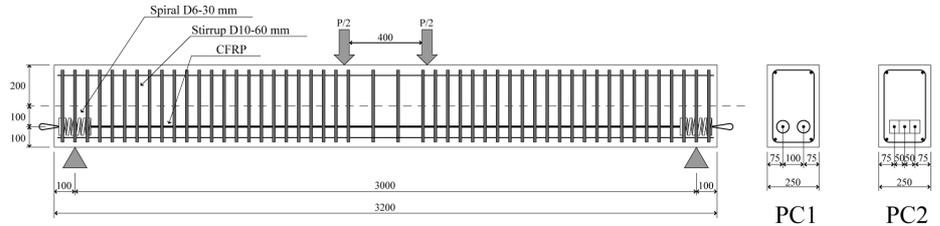


図-4 PC はり 供試体

表-3 CFRP ロッド 諸元

ロッド型	CFRP250S
ロッド直径	16.25mm
保証強度	1398N/mm <sup>2</sup>
保証耐力	354kN
ヤング率	119×10 <sup>3</sup> N/mm <sup>2</sup>
U型アンカー保証耐力	202kN

表-4 PC はりの試験結果

		PC1	PC2
ひび割れ発生荷重 (kN)	理論値	98	133
	実験値	118	147
最大荷重 (kN)	理論値	280	339
	実験値	342	429

### 3 CFRP ロッドを用いた PC はりの性能試験

引張試験結果より得た CFRP ロッドの諸元は、表-3 の通りである。この CFRP ロッドを緊張材としてコンクリート部材に適用し、PC はりを 2 体製作した。これらの 2 体のうち 1 体 (PC1) には CFRP ロッドを 2 本、もう 1 体 (PC2) には 3 本使用し、スパン 3200mm とした。各ロッドにはプレテンション方式で 150kN/ロッドの緊張力を導入した。使用したコンクリートの圧縮強度は両供試体ともに 45N/mm<sup>2</sup> である。荷重試験の結果の一例として、図-5 に荷重-変位 (スパン中央) 曲線を示す。また、表-4 に実験値と理論値の比較をする。両供試体共に破壊形式は曲げ圧縮破壊であり、上縁のコンクリートが圧壊した後、CFRP ロッド上のひずみが 10000 $\mu$  を超えた時点で荷重を終了、それまでに記録した最大の荷重を荷重試験の最大荷重とした。

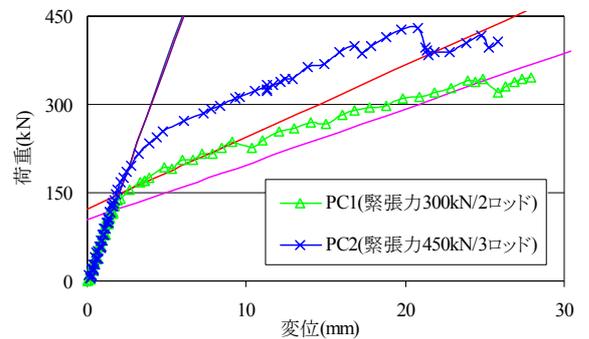


図-5 荷重-変位曲線

CFRP ロッドを緊張力導入後から荷重試験直前 (緊張後 15~20 日間) までの引張力の減少量を図-6, 7 に示す。両図より、通常の PC 鋼材を用いた PC はりの有効引張力の減少傾向と同様の挙動を示すことが分かった。

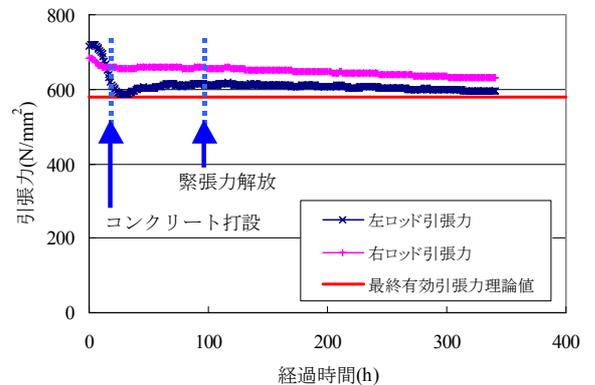


図-6 緊張力減少量(PC1)

### 4 結論

本研究で得られた結果は、①CFRP ロッドを緊張材として用いた PC はりの曲げ試験においても、現行の PC 鋼材を用いた PC はりの設計ができ、CFRP ロッドを緊張用ロッドとして活用できる可能性があることを示した。②本研究で用いた CFRP ロッドの品質精度にばらつきが大きく、さらに U 型アンカーの耐力が母材耐力に対して小さいため、緊張用としては CFRP ロッドの性能を十分に発揮しているとは言えず、さらなる改善の余地を残していると考えられる。

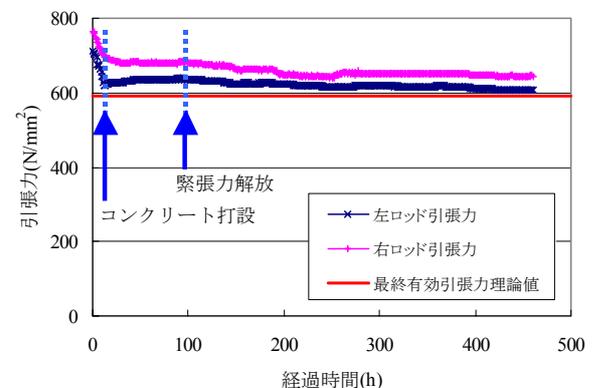


図-7 緊張力減少量(PC2)

### 謝辞

本研究の一部は、平成 16, 17 年度科研費基盤研究(C) (代表: 日野伸一) の補助を受けています。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献 1) 土木学会: 連続繊維補強材を用いたコンクリート構造物の設計・施工指針 (案), コンクリートライブラリー88, 1996