

V-128

CFRPロッドを用いたPCはりの曲げ性状

日本コンクリート工業（株） 正会員 丸山 武彦
日本コンクリート工業（株） 正会員 伊東 幸雄
日本コンクリート工業（株） 西山 啓伸

1. まえがき

新素材を使用する高強度で非腐食性のFRPロッドは、その特長を生かして高耐久性構造物、海洋構造物、非磁性構造物等への応用が期待され、これらの付着性状を改善するために、各種の方法で異形化したFRPロッドを用いたRCはりやPCはりの曲げ性状に関する報告も多くなっている。本実験では、異形PC鋼線と同等以上の付着強度が得られた異形カーボンロッドおよびカーボン7本より線を使用し、緊張材量および緊張力を変えたプレテンションPCはりの静的曲げ試験の結果を報告するものである。

2. 実験概要

使用した異形ロッドは表-1に示すようにエポキシ樹脂をマトリクスとした炭素繊維で、直径6mmのプルトルージョンロッドの表面にポリエチレン繊維を密に巻きつけて一体成形としたもの（以下、単線）、上記の単線を7本よりにした呼び径5mmのカーボンより線（以下、より線）の2種類である。これらの

表-1 炭素繊維FRPロッドの特性

	単線	より線
呼び径(mm)	6	5
断面積(mm ²)	22.4	10.1
引張強度(kgf/mm ²)	194	192
弾性係数(kgf/mm ²)	14,000	13,800
破断時伸び(%)	1.3	1.3
異形化方法	※VFL繊維巻きつけ	単線の7本より

(単線)

(より線)

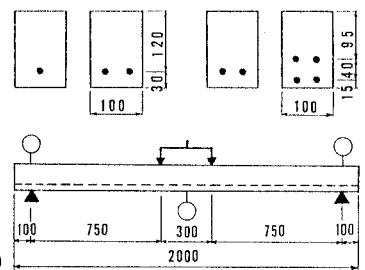


図-1 はり試験体および荷荷方法

引張強度は約190kgf/mm²、弾性係数14000kgf/mm²、破断時伸びは約1.3%である。また、付着強度は単線で約80kgf/cm²、より線で約50kgf/cm²であり、この値は異形PC鋼線のφ7とほぼ同等である。はり試験体は図-1に示すように、緊張材本数は単線の場合1本および2本、より線の場合2および4本とし、緊張力は引張強度の0.40、0.55、0.70とした。はりにはスターラップを使用していないので、せん断スパンを長くして(a/d

=6) せん断の影響が少なくなるようにした。単線シリーズのコンクリートの圧縮強度は660kgf/cm²、弾性係数は3.8×10⁵kgf/cm²であり、より線シリーズは、それぞれ780kgf/cm²、3.7×10⁵kgf/cm²であった。

3. 実験結果および考察

1) 実験結果： 曲げ試験の結果を表-2に示す。ひびわれ発生はいずれの試験体においても、実験値と計算値はよく一致している。破壊曲げモーメントの計算値はロッドの破断で決定するが、実験値もロッドの破断による曲げ引張破壊であり、実験値と計算値は比較的良好一致している。PCはりの破壊は突然生ずる極めて脆性的な性状を示し、FRPロッドの破断位置はほとんどの場合曲げスパン内であった。破壊荷重近くでロッドに沿

表-2 PCはりの曲げ試験の結果

ロッド	記号	緊張材本数(本)	緊張力(kg×Pu)	下縁有効引張強度(kgf/cm ²)	ひびわれ曲げモーメント(t・m)			破壊曲げモーメント(t・m)		
					計算値 Merd	実測値 Mcr	計算値 Merd	計算値 Mud	実測値 Mu	計算値 Mu
単線	単-1-40	1	0.40	26.9	0.314	0.281	0.89	0.504	0.559	1.11
	単-1-55	1	0.55	36.8	0.351	0.349	0.99	0.504	0.536	1.06
	単-1-70	1	0.70	44.7	0.383	0.371	0.97	0.505	0.551	1.09
	単-2-10	2	0.10	17.9	0.321	0.300	0.93	0.967	0.926	0.96
	単-2-55	2	0.55	68.5	0.511	0.533	1.04	0.977	1.020	1.04
	単-2-70	2	0.70	74.8	0.522	0.615	1.18	0.979	0.979	1.00
より線	より-2-55	2	0.55	34.3	0.387	0.360	0.93	0.663	0.619	0.93
	より-2-70	2	0.70	44.0	0.409	0.368	0.90	0.663	0.683	1.03
	より-4-55	4	0.55	58.7	0.524	0.525	1.00	1.071	0.975	0.91
φ5	より-4-70	4	0.70	78.0	0.596	0.600	1.01	1.071	1.016	0.95

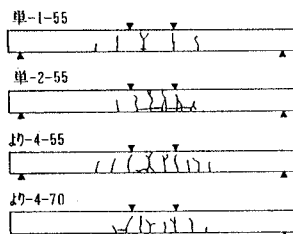


図-2 ひびわれ発生状況

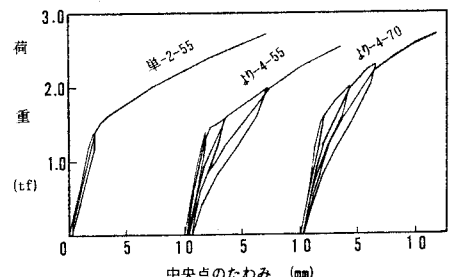


図-3 たわみの繰返し履歴曲線の例

うびわれが発生した以外は、定着端からのロッドの抜け出しや破壊面の異常等は観察されなかった。平均うびわれ間隔は 7~18cm であり、うびわれの分散性も良いことから FRP ロッドの付着は十分であったものと考えられる。図 2 に試験体のうびわれ状況の例を示す。

2) たわみ曲線: 図 3 は、繰り返し载荷を受けた場合のたわみの履歴曲線の例を示す。うびわれ前は弾性体として挙動し、うびわれ後は破壊荷重の 70~80% の高荷重の除荷後も残留たわみは非常に小さく、はりの復元性は優れている。図 4 は、はり中央点のたわみの包絡線を示す。うびわれ前のたわみは計算値と一致し、うびわれ後は急激に大きくなること、たわみの増大割合は緊張材量の少ないものほど、またプレストレスの小さいものほど大きいこと、破壊までほぼ直線的に増大することなど、はりの弾性理論に一致する挙動をしている。

3) ロッドのひずみ: 図 5 は、はり中央部の FRP ロッドの引張りひずみを示す。緊張材量が少ないか、または、緊張力の小さい単線シリーズの PC はり (単 1-40, 1-55, 2-10) においては、うびわれ発生と同時にロッドのひずみが 2500~3000 μ 程度急激に増加する。その他のはりの場合は、うびわれ以後のロッドのひずみはほぼ直線的に増加し、その割合はほぼ一定である。また、初期緊張力が大きいほどみかけの終局ひずみが小さいことも示されている。図 6 は、曲げ破壊時のロッドのみかけの終局ひずみおよび初期緊張時ひずみを加えた合計ひずみを示したものである。はりの破壊時の合計ひずみは 1.2~1.5% の範囲であり、引張試験による破断時伸びの平均値 1.3% とほぼ一致する。

4) コンクリートの破壊ひずみ: 図 7 は、はり上縁のコンクリートの圧縮ひずみを示す。うびわれ前では計算値とよく一致し、うびわれ後においては直線的に増加している。緊張材量が少ないはりの場合の最終ひずみは 1400~1700 μ 、緊張力が少なくほぼ RC と考えられるはり (単 2-10) で 2800 μ 、その他は 2000 μ 程度となっており、はりの破壊がロッドの破断によるものである特徴が示されている。

4. まとめ

異形 FRP ロッドを使用したプレテンション PC はりの曲げ試験の結果をまとめると次のようである。

1) PC はりのうびわれおよび破壊曲げモーメント、たわみ、ロッドおよびコンクリートのひずみ等は一般の弾性理論によって推定することができる。

2) 曲げ引張破壊する PC はりの場合のうびわれ後の中央点のたわみ、FRP ロッドのひずみ、コンクリートの圧縮ひずみはほぼ直線的に増加する。

3) うびわれ後に繰り返し载荷を受けても、残留変位およびひずみは小さく、はりの復元力は優れている。

〔参考文献〕1) 三上 他: アラミド繊維による組紐状棒材を用いた PC はりの静的耐荷挙動、第 10 回 JCI 年講、1988

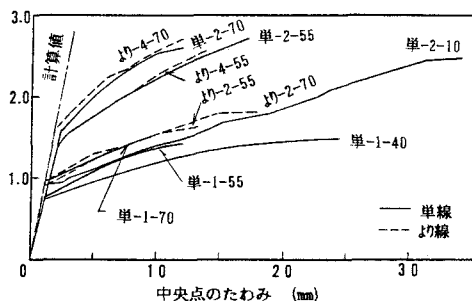


図-4 PC はりのたわみ曲線

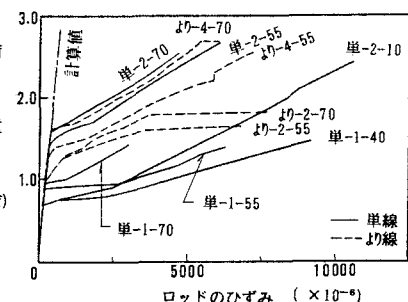


図-5 FRP ロッドのひずみ

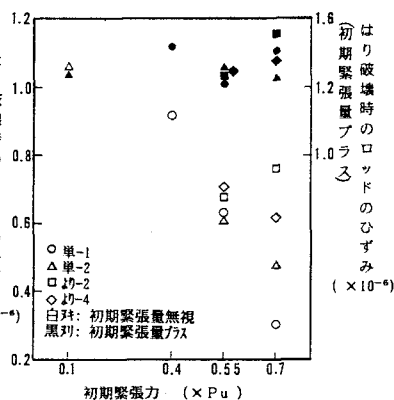


図-6 FRP ロッドの終局ひずみ

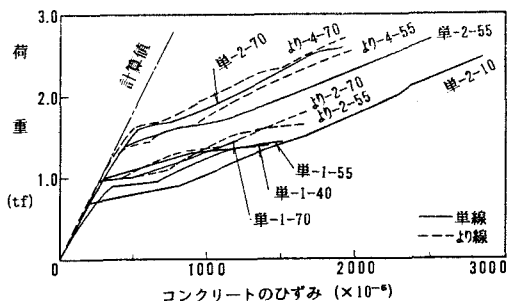


図-7 コンクリートの圧縮ひずみ