

V-147 FRPスターラップの曲げ加工部の引張強度に関する研究

榊熊谷組 正会員 大原英史

榊熊谷組 正会員 本田 勉

1. はじめに

FRPロッドをスターラップのようなせん断補強筋として適用しようとする場合、FRPを曲げ加工することが要求される。筆者らは、熱可塑性の樹脂を用いれば加熱することにより現場でも曲げ加工が可能となることに着目し、FRTPロッドを開発しているが¹⁾、熱硬化型のFRPにおいても、工場製作段階でならプリプレグ状態で熱硬化前に同じ曲げ加工が可能である²⁾。

曲げ加工部では曲げの内側と外側とで長さが異なり、鉄筋は塑性変形でこれをクリアーするが、プルトルジョン（引抜）法で成形した後のFRPロッドにおいては、曲げ加工部の繊維配列に乱れが生じるのは避けられず、このため曲げ加工部の強度低下が予想される。

これに対して、型溝に沿ってロービング単位で繊維を巻きつけて成形するフィラメントワインディング（FW）法を用いれば、曲げ加工部においても繊維配列が一般的なロッドの製作が可能であり、またこの場合には閉合型のスターラップが製作できるメリットもある（写真1）。

本研究では上記の方法で加工したFRPの曲げ加工部の引張強度を試験によって確認するとともに、FEMによる曲げ加工部の応力解析結果と照査した。

表1 FRPスターラップ（直線部）の特性

種類	繊維	樹脂	径(mm)	引張強度(kgf/mm ²)	弾性係数(kgf/mm ²)	伸び(%)
GF RTP	ガラス	PPS	6.3	110	4,290	2.7
GFRP		エポキシ	6	123	4,050	3.3
CF RTP	炭素	PPS	6.3	162	12,700	1.5
CFRP		エポキシ	6	165	11,800	1.4
鉄筋	—	—	6	44	19,200	28.4

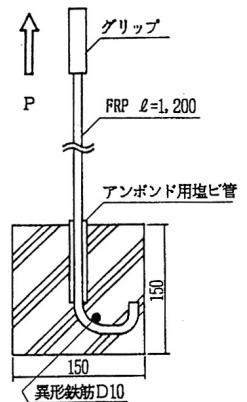
写真1 FRPスターラップ
重ね継手型（引抜法） 閉合型（FW法）

図1 曲げ加工部引張試験方法

2. 試験方法

曲げ加工部の引張強度試験は図1に示す方法で行った。

試験で考慮したパラメーターは、

- ①曲げ半径の大きさ：ロッド径の1.5～10倍
- ②繊維の種類：GF、CF
- ③樹脂の種類：PPS（熱可塑）、エポキシ（熱硬化）
- ④曲げ加工方法：引抜法、FW法

である。またFRPスターラップの直線部の特性は表1のようである。

3. 試験結果と考察

曲げ加工部引張強度と直線部強度との比を強度保持率

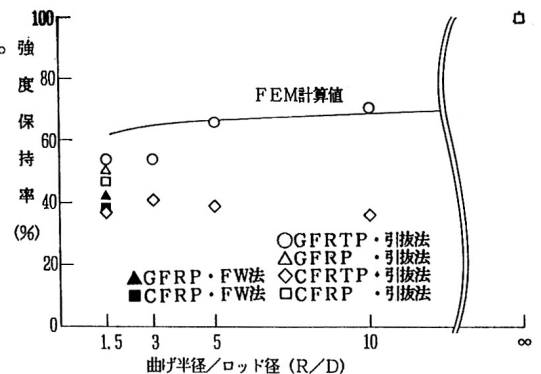


図2 曲げ加工部引張試験結果

として定義し、図2に示す。

曲げ加工部の強度保持率は、曲げ半径が大きくなるとともに増加する傾向にあるが、その値は曲げ半径10Dでも70%程度である。またFRPとFRTPとの樹脂による差は認められないが、GFとCFの繊維による差は明らかに存在している。さらに、繊維配列が一樣なFW法の方が繊維配列の乱れた引抜法より強度保持率は小さく得られている。

そこでFEMを用いて曲げ加工部の応力解析を試みた結果を図3、4に示す。計算はロッドを2次元平面ひずみ条件でモデル化し、境界条件は一端を固定し、他端に引張荷重を加え、軸方向にはローラー支持とした。またポアソン比は0.35を仮定した。主応力の計算結果は、曲げ加工の開始部内側に応力集中が生じており、まずこの部分の繊維から順次破断が進むと考えられる³⁾。そこで主応力の最大値がFRPの引張強度に達した荷重をもって破断荷重とみなし、強度保持率を求めた。計算結果は図2に見るように試験結果の最大値とよい対応を示しており、2次元の計算ではあるが、ほぼ曲げ加工部強度の上限値が得られたものと考えられる。

CFの場合にとくに強度保持率が低くなるのは、図4から曲げ加工部にせん断力が加わるためで、せん断に弱いCF⁴⁾ではこの影響が大きいものと考えられる。またFW法では繊維配列が一樣なためにかえって応力の分散効果が得られず、応力集中、せん断力の影響が大きかったものと考えられる(写真2)。

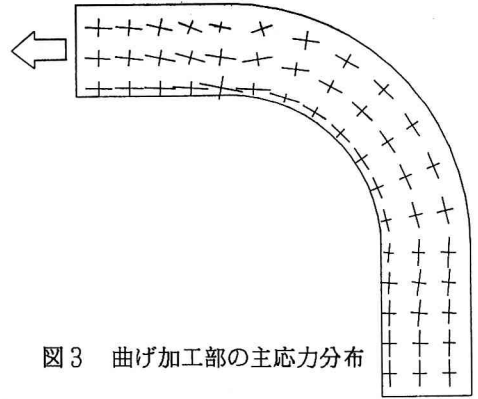


図3 曲げ加工部の主応力分布

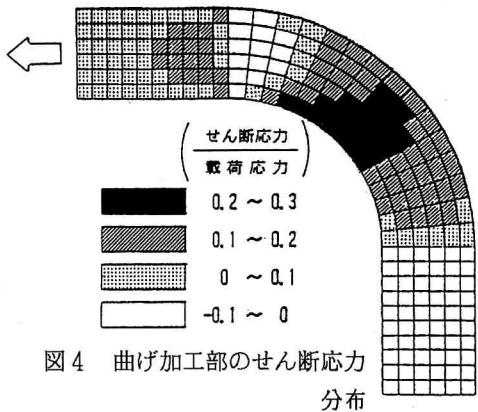
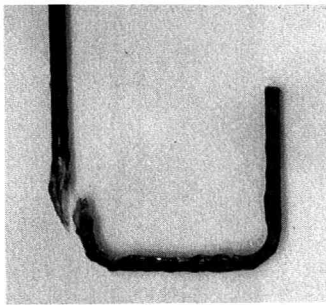
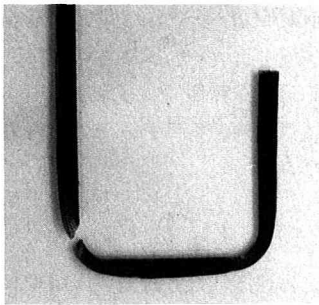


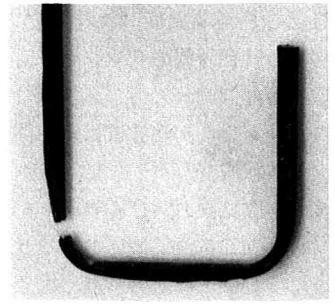
図4 曲げ加工部のせん断応力分布



(a) GF, 引抜法



(b) GF, FW法



(c) CF, FW法

写真2 FRPスターラップ曲げ加工部の破断形状

4. まとめ

FRPスターラップの曲げ加工部においては強度低下が避けられず、その上限値はFEM解析の結果を考慮すると概ね70%程度と考えられる。ただしFRPがもともと高強度であるため、強度低下してもなお同じ径の鉄筋よりも高強度であり、スターラップとして十分使用可能と考えられる。

- (参考文献) 1) 橋田ら: 繊維強化熱可塑性プラスチックで補強したコンクリート部材の曲げ特性、第11回JCI年講、1989
 2) 半沢ら: 炭素繊維FRP材料を使用したノンメタルPC人道橋、土木学会第44回年講、1989
 3) 宮田ら: 曲げ加工したFRP筋の引張耐力に関する実験的研究、第11回JCI年講、1989
 4) 丸山ら: 各種FRPロッドの斜め引張特性に関する実験的研究、第11回JCI年講、1989