

V-312

各種異形FRPロッドの付着特性

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

高強度で防食性に優れているFRPロッドを、コンクリート用補強材として利用する研究は活発に行われているが、その付着に関する報告はまだ少ない。FRPロッドをRC部材やプレテンションPC部材に使用する場合は付着性能はとくに重要であり、付着を増大させるためにロッドを異形にする方法はいくつか提案されているが、まだ試作的な状況にあるのが実情である。本報告は、5種類の方法によって異形化したFRPロッドについて引抜き試験を行い、付着特性を検討したものである。

2. 実験概要

使用した異形FRPロッドは表-1に示すように、丸棒状(A)に対し、太めのテトロン糸を交叉状に巻いた糸まき法(B)、砂状の粒子を付着させた塗粒法(C)、モノフィラメントを一方向に密に巻いた繊維まき法(D)、フィラメントヤーンを帯状の綾巻きにした帯まき法(E)、および、7本撚りにしたより線法(F)である。これらの表面および断面の形状を写真-1に示した。また、比較のために異形PC鋼線、PC鋼より線、丸棒鋼等も使用した。コンクリートの配合は、最大寸法20mmの碎石を用い、スランプ 8 ± 2 cm、水セメント比67%、セメント量250kgであり、材令28日の圧縮強度は250~335 kgf/cm^2 、平均277 kgf/cm^2 であった。引抜き試験供試体は、図-1に示すように一辺10cmの立方体で付着長8cmとし、材令28日まで標準養生を行い、JIS「引抜き試験による鉄筋とコンクリートとの付着試験方法（案）」に準じて試験を行った。

3. 試験結果および考察

表-2および図-2に引抜き試験の結果を示した。付着面積はロッド本体部の直径（呼び径）から求めた。

異形加工をしない丸ロッドの付着強度は9 kgf/cm^2 以下で丸棒鋼よりさらに小さく、すべりが始まるとロッドは簡単に抜け出すことから付着力は期待しないのがよい。糸まき法の最大付着強度は、アラミド約115 kgf/cm^2 、ガラスおよびカーボンロッド共に約170 kgf/cm^2 であって、異形棒鋼と同程度の性能を有し、付着力の改善方法として優れていることが示された。しかし、鋼材に比較してすべり量が大きく、ロッド繊維の種類によって付着力とすべりの関係曲線が異なっており、ヤング係数の差や繊維とマトリクスとのぬれ性の違いによる影響があると考えられるが、本実験では明らかにできなかった。

塗粒法の付着強度は全種類とも115 kgf/cm^2 程度で付着性能として優れていると考えられるが、すべり量が0.2mm未満の段

表-1 異形FRPロッドの特徴

	異形の加工方法
A	(丸ロッド法) ビニルエステル
B	(糸まき法) テトロン3007-ニル 4本より糸 ピッチ6mm 2条まき 一体成形 ビニルエステル
C	(塗粒法) 平均粒径0.5mm アルミナ粒子 丸ロッドに付着 エポキシ
D	(繊維まき法) 炭素繊維まきつけ 約0.3mm 厚 一体成形 エポキシ
E	(帯まき法) 炭素12000 フィラメント 4本 帯状2条まき ピッチ25mm 一体成形
F	(より線法) D法のφ1.9 素線7本より ピッチ60mm 一体成形 エポキシ

表-2 引抜き試験の結果

種類 呼び径 (mm)	記号	最大値		
		荷重 (kg)	付着強度 (kgf/cm^2)	すべり量 (mm)
A	ガラス 6.0 AG	134	9	0.23
	カーボン 6.0 AC	129	9	0.23
	アラミド 6.0 AA	35	2	0.52
B	ガラス 6.0 BG	2,550	169	0.59
	カーボン 6.0 BC	2,590	172	1.20
	アラミド 6.0 BA	1,747	116	0.68
C	ガラス 6.0 CG	1,813	120	0.20
	カーボン 6.0 CC	1,750	116	0.08
	アラミド 6.0 CA	1,697	115	0.07
D	繊維まきカーボン 6.0	1,210	80	0.23
E	帯まきカーボン 5.0	2,567	204	1.53
F	カーボンより線 5.0	625	50	0.23
G	異形PC鋼線 7.0	1,383	79	1.77
H	PC鋼より線 9.3	807	35	0.10
I	丸棒鋼 6.0	187	12	0.10

(1) 付着面積は $(3.14) \times (\text{呼び径}) \times (\text{付着長})$ として計算
(2) 3個の供試体の平均値

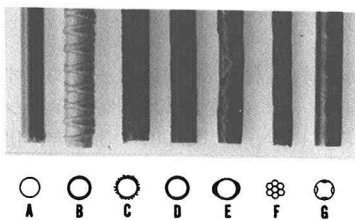


写真-1 異形FRPロッドの形状

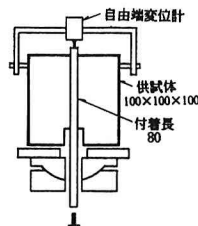


図-1 試験方法

階ですべてのロッドが突然抜け出した。この理由は、塗粒とコンクリートとの付着が強いために、丸ロッド表面と砂粒の接着用樹脂との界面で剝離を起こしたからであった。従って、塗粒はロッド本体の樹脂マトリクスと一体化されていることが重要である。繊維まき法の付着強度は $80\text{kgf}/\text{cm}^2$ 程度であった。図-2のように、すべり量が 0.2mm 以下の段階で付着曲線が波状を示したのが特徴であり、引張方向に直交するモノフィラメントがせん断で切れていることが考えられる。

帯まき法によると、FRPロッドとしてはじめてコンクリートの割裂によって破壊し、そのときの付着強度は $200\text{kgf}/\text{cm}^2$ を超える好結果を得た。これは、帯状に巻きつけたフィラメント量が多いので、異形部の山の高さが試験体中で最も大きかったことによるものであろう。しかし、糸まき法に比較して初期のすべり量が少し大きめであり、異形部のふしが引張方向となす角度が緩いことが原因と考えられる。より線法は予想より小さい約 $50\text{kgf}/\text{cm}^2$ であったのは、撚りのピッチが 60mm で付着長の 80mm とほぼ同じであることから、より線としての機能が十分に発揮できなかったものと思われる。以上の結果から、より線の付着長の問題を除けば、異形FRPロッドの付着試験は 10cm 立方供試体を用いて行うことができ、これらの付着力は同時に行った凹形異形PC鋼線以上であることが示された。

異形FRPロッドの凸部は異形鉄筋のふしに相当するもので、大きさ、固さ、間隔等は付着力を左右するものであるが、その構成要素は繊維と樹脂であり弾性係数やせん断強さ等は鋼材に比較して劣ることから、FRPロッドのすべり量は大きくなるものと考えられる。また、FRPロッドはその特質上比較的細径のものが多い。これらのことから、鉄筋の場合と同様に $0.002 \cdot D$ あるいは $0.005 \cdot D$ (D 直径)のように非常に小さいすべり量の時の付着力で、FRPロッドの付着性能の判断のひとつとすることは不適当と思われる。

図-3は、異形FRPロッドの最大付着強度およびすべり量 0.1mm 時の付着応力度を示し、図-4は、すべり量 0.2mm 時の付着応力を基準として各すべり時の付着力の相対値を示したものである。これらに示されるように、すべり量 0.1mm あるいは 0.2mm の時の値を用いてFRPロッドの付着特性の判断ができるものと考えられる。

4. まとめ

- 1) 異形FRPロッドの付着試験は、 10cm 立方供試体を用いた引抜き試験方法で行うことができる。
- 2) 異形の加工方法が適切であれば、FRPロッドの付着強度は $100\text{kgf}/\text{cm}^2$ 以上確保することができる。
- 3) 糸まき法、および帯まき法は、付着力の改善方法として優れていると考えられる。
- 4) 塗粒法による砂粒の付着は、ロッドの樹脂マトリクスと一体化した構造とすることが重要である。
- 5) 異形鉄筋に比較して自由端のすべり量が大きいので、これに関する検討が必要である。

【参考文献】 岡本 他：アラミド繊維による組紐状棒材の研究 建築学会大会 昭和62年

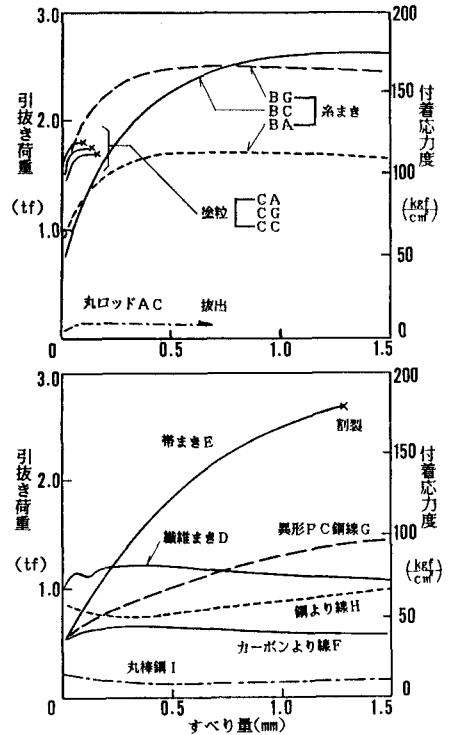


図-2 付着応力度とすべり量

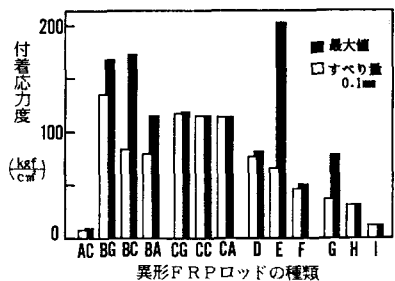


図-3 異形FRPロッドの付着応力度

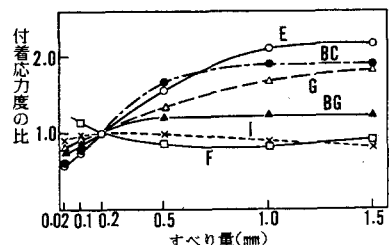


図-4 付着力の相対値(0.2mm基準)