

V-168

緊張材としてのFRPロッドの引張耐力に及ぼす表面被覆の影響と破壊性状

東京大学生産技術研究所 正会員 西村 次男
 住友建設技術研究所 正会員 中井 裕司
 読売東京理工専門学校 正会員 趙 力采
 東京大学生産技術研究所 正会員 小林 一輔

1. まえがき

著者らは、FRPロッドをプレストレストコンクリート構造用緊張材として実用化するために種々の検討をおこなっている。FRPロッドの特徴は、理論的には高張力鋼を上回る引張強度を有していることであるが、一方向強化材であるために使用する緊張治具によっては、低応力レベルでも破断するという難点がある。筆者らは、既にFRPロッドの理論耐力の90%が得られるクサビ型緊張治具を開発している¹⁾が、FRPロッドの真の引張耐力を評価していないのが実情である。本研究では、各種FRPロッドを用いて、ロッドの定着部分の表面に保護皮覆を形成させ、それがFRPロッドの引張耐力に及ぼす影響について検討した。このような方法により、アラミド繊維を用いたFRPロッドでは理論耐力にほぼ匹敵する引張耐力を得られたので報告する。

2. 実験概要

実験に使用したFRPロッドは、表-1に示すようなアラミド繊維、カーボン繊維、ガラス繊維（以下それぞれAFRP, CFRP, GFRPと略す）を用いた3種類とした。なお、FRPロッドの直径はいずれも $\phi 6\text{mm}$ である。定着部分の応力集中の緩和方法として、FRPロッドの表面に次の2種類の保護皮覆を形成させた。すなわち、無処理のもの(タイプA)、ビニールエステル樹脂を塗布したのちカーボンランダムを付着させたもの(タイプB)、ビニールエステル樹脂で被覆したもの(タイプC)である。なお、被覆樹脂層の養生は72時間室温でおこなった。引張試験装置は島津製作所製のオートグラフ(10ton)を使用し、引張試験は載荷速度を5mm/分としておこなった。

3. 実験結果及び考察

図-1は、表面被覆の異なるAFRP、CFRP及びGFRPロッドの引張耐力試験結果を示したものである。AFRPロッドに関しては、タイプC、タイプB、タイプAの順に高い引張耐力が得られていることがわかる。タイプBすなわちカーボンランダムを混合した樹脂で被膜した場合の値がタイプCの樹脂被覆をしたものより低いのは、定着部のロッド表面の擦過傷より明らかなように、カーボンランダムがロッド表面の繊維を傷つけ滑りを生じさせることによるものと考えられる。一方、CFRPとGFRPロッドの結果は、これらの効果が他のFRPロッドに適用できる否かを確かめたものである。いずれのFRPロッドにおいても、保護被覆を形成させることに

表-1 FRPロッドの諸元

	AFRPロッド	CFRPロッド	GFRPロッド
ロッドの径	$\phi 6\text{mm}$	$\phi 6\text{mm}$	$\phi 6\text{mm}$
繊維の種類	アラミド [*] HM-50	カーボン T300B 6000-50B	T-ガラス RST 110PA-535
繊維の引張強度 (kg/mm^2)	310	350	300
繊維の引張弾性率(kg/mm^2)	7100	24000	8600
繊維の破断伸度 (%)	4.4	1.4	5.5
マトリックスの種類	ビニールエステル樹脂	ビニールエステル樹脂	ビニールエステル樹脂
繊維の体積含有率 V_f (%)	65.0	66.1	66.8
FRPロッド [*] の理論耐力 (kg)	5700	6540	5660

よって700kgから900kg程度引張耐力が改善される。この方法によるAFRPロッドの引張耐力の理論耐力に対する比は、サンプル数 $n=16$ で最高破断耐力は「理論耐力」の107%、最低破断耐力は92%であり、平均耐力は理論耐力のほぼ100%である。

なお、アラミド繊維のマルチフィラメントの強度は22 g/Deから理想的な撚り係数1での27g/Deに分布しており、AFRPロッドの理論耐力(5700kg)は糸強度25.0 g/Deを用いて混合則で求めたものである。理想的なブルトルージョンを行なった場合のロッドの耐力を糸強度27.0g/Deを用いて求めると6400kgとなる。これが、上記で最高引張耐力が「理論耐力」の107%となった理由であると考えられる。一方、本実験におけるように、クサビ型緊張治具を用いた場合のFRPロッドにおける破壊は、一般に図-2に示すようにクサビ先端部分からささくれだつ様に始まり、しかるのち全体の破壊に到るものが多い。写真-1(a),(b),(c)は、それぞれ表面被覆を形成したAFRPロッド、CFRPロッドおよびGFRPロッドの破壊状況を示したものである。これらの写真と定着部分の観察から、AFRPロッドとGFRPロッドの破壊性状はある部分の繊維の破断が生じ、その後残存断面のスベリによって引張耐力が低下したことがわかる。また、CFRPロッドの破壊は全断面にわたって繊維が分裂し破断することにより生じている。また、CFRPロッドおよびGFRPロッドの引張試験では、いずれでも定着部近傍で低荷重レベルから破壊音が発生し破壊荷重に達することが認められた。このことは、載荷方法にもよるが、CFRPロッドおよびGFRPロッドの場合、初期荷重レベルから繊維の破断または層間破壊等が生じていることを示唆している。炭素繊維の場合、試験時のゲージ長が長くなるほど繊維の平均強度が低くなり、ゲージ長が20cmの場合50%に低下することが指摘されている²⁾。本実験におけるゲージ長は20cmであり、図-1のCFRPロッドの結果において引張耐力が相当に低いのは、同様の理由によるものと考えられる。一方GFRPロッドの結果についての理由は明確でないが、ガラス繊維の場合、定着部の剪断応力による破断がアラミド繊維に比し生じやすいことによると思われる。ロッド表面に保護被覆を施す方法は、破壊状況からみてFRPロッドの有する潜在的な引張耐力を必ずしも最大限に引き出しているとは考えられないが、引張耐力を改善する有効な方法と考えられる。

(参考文献)

- 1)生研リーフレット:FRP製プレストレストコンクリート緊張材用定着装置、昭和62年6月
- 2)R.M.Gill:Carbonfiber in Composite Matereials,London ILIFFE Books,1972

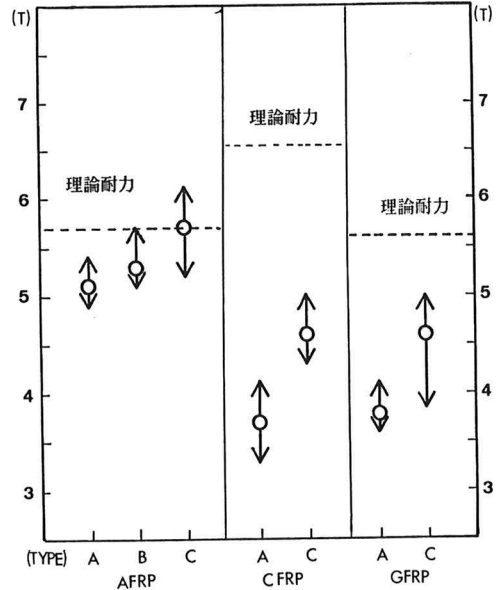


図-1 FRPロッドの引張耐力

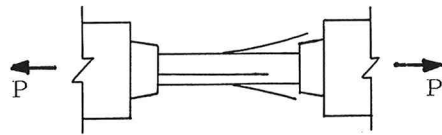
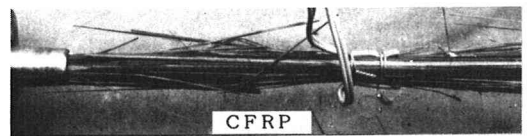


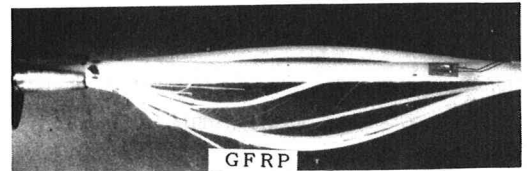
図-2 初期破壊状況



(a) AFRPロッドの破断状況



(b) CFRPロッドの破断状況



(c) GFRPロッドの破断状況

写真-1 FRPロッドの破壊状況