

CFRP ロッドの U 型アンカー部の強度特性に関する実験的研究

九州大学大学院 学生会員 ○鳥巢 陽平

九州大学大学院 正会員 山口 浩平, 九州大学大学院 正会員 日野 伸一

九州大学名誉教授 太田 俊昭, 九州大学大学院 柴田 博之

1. まえがき 新素材として注目されている CFRP は、高強度・軽量・耐食性などの特徴を有し、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を目的とした研究開発が進んでいる。本研究で対象とする CFRP ロッド(図-1)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、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。昨年度までに実施した CFRP ロッドの基本性能試験において、PC 補強材として十分な強度を保有するとともに、CFRP ロッドを PC はりに適用する場合、既存の PC 鋼材を用いた設計手法を適用可能であることが確認された。しかし、U 型アンカーの引張試験より、アンカー耐力は母材引張耐力の 60%程度であることがわかった。そこで、本研究では、CFRP ロッドの利点を活かすために、U 型アンカーの耐力向上を目的として、アンカーの形状を変化させた U 型アンカーの引張試験を行い、アンカーの形状寸法による強度特性について検討した。

2. U 型アンカー引張試験 CFRP ロッドの U 型アンカー耐力 224kN は、母材引張耐力 403kN(引張強度 1967N/mm²)の 56%である(表-1)。基準とする CFRP ロッドの寸法は両端部までの全長 2000mm, アンカー内径 35mm, 長さ 166mm, 層高 18mm, 層厚 4.4mm である(図-3)。CFRP ロッドのパラメータとしてアンカーの内径, 長さ, 層高(層厚)を変化させる。基準とする供試体を Cφ2 (=CL1, CT2), アンカー内径が 25, 45mm の供試体を Cφ1, Cφ3, アンカー長さが 250mm(基準供試体の 1.5 倍), 330mm(基準供試体の 2 倍)の供試体を CL2, CL3, アンカー層高が 12, 24mm(層厚 6.9, 3.4mm)の供試体を CT1, CT3 とする(図-4)。引張試験は U 型アンカーに鋼製のピンを通し、ピンを治具で固定して行った。各供試体につき 5 体の引張試験を行った。



図-1 CFRP ロッド



図-2 U 型アンカー

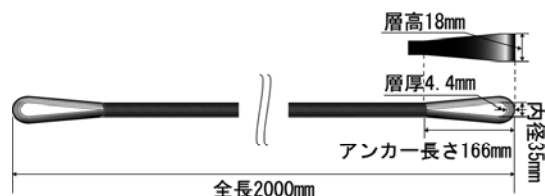


図-3 基準供試体(Cφ2, CL1, CT2)

内径	Cφ1	Cφ2	Cφ3
	φ 25mm	φ 35mm	φ 45mm
長さ	CL1	CL2	CL3
	166mm	250mm	330mm
層高	CT1	CT2	CT3
	t=12mm	t=18mm	t=24mm
層高に対応した層厚	層厚 6.9mm	層厚 4.4mm	層厚 3.4mm

*Cφ2, CL1, CT2は基準供試体と同じ寸法より、同一試験体とする。また、基準の供試体をCφ2とする。

図-4 供試体

表-1 CFRP ロッド諸元

ロッド直径(mm)		16.2
ロッド	引張強度(N/mm ²)	1967
	引張耐力(kN)	403
U型アンカー	耐力(kN)	224
	ロッド引張耐力に対する比(%)	55.6

表-2 アンカー耐力

供試体名	アンカー耐力【実験値】(kN)	母材耐力に対する比(%)	Cφ2アンカー耐力に対する比(%)
Cφ2 CL1 CT2	224	55.6	100
Cφ1	198	49.1	88.4
Cφ3	230	57.1	103
CL2	249	61.7	111
CL3	222	55.0	99.1
CT1	130	32.2	58.0
CT3	270	67.0	121

キーワード CFRP, CFRP ロッド, U 型アンカー

連絡先 〒819-0395 福岡市西区元岡 744 ウェスト 2 号館 11F 1104, 電話・FAX : 092-802-3391

3. 試験結果 U型アンカー耐力を表-2に示す。同表中のアンカー耐力は供試体5体の平均値である。アンカー耐力が向上した供試体は、基準供試体よりも形状を大きくしたものがアンカー耐力は向上していることがわかる。一部、CL3のようにアンカー長さが長すぎてもアンカー耐力は向上しなかったが、これらから推測できることは、アンカー全体を大きくするとアンカー耐力は向上すると考えられる。図-5(a)に内径をパラメータとしたアンカー耐力を示す。内径を45mmに大きくするとアンカー耐力は向上したが、基準供試体アンカー耐力の103%と大きな変化は見られなかった。内径がアンカー耐力に及ぼす影響は小さいということがわかった。次に、図-5(b)アンカー長さを250mmに大きくした場合、249kN(基準供試体の111%)とアンカー耐力は向上したが、アンカー長さを330mmと長くすると222kN(基準供試体の99%)とアンカー長さがアンカー耐力に大きく影響を及ぼすとは言えない。図-5(c)に層厚をパラメータとしたアンカー耐力を示す。ここで、本ロッドは使用する炭素繊維量を一定としているため、層厚を増加すれば層高が小さくなる。層厚3.4mm(層高24mm)の場合、アンカー耐力は270kN(基準供試体の121%)と最も高いアンカー耐力を示した。以上より、U型アンカー耐力に与える影響は、層厚と層高が最も大きいということがわかる。これは、層高を大きくすることによって鋼製ピンと接する面積が増加し、アンカーに作用する応力が減少するためであると考えられる。また、層厚が小さくなると、アンカー外縁と内縁の応力差が減少し、層厚が大きくなると応力差が逆に増大し、外縁部の繊維から破断するためであると考えられる。また、鋼製ピンとロッドの接触を考慮した3次元非線形FEM解析結果より、応力集中は図-6中の①アンカーと鋼製ピンとの接点および②U型アンカー端部であり、実際の破断個所に近い位置であった(図-6, 7)。U型アンカーの応力集中点からアンカーが破断していると考えられる。図-8に層厚位置と応力の関係を示す。応力集中点において層厚位置と応力の関係をみると、アンカー内縁部と外縁部において応力差が生じており、応力が最も大きくなっている部分(①では内縁部、②では外縁部)から炭素繊維が破断し始めていると考えられる。

4. まとめ 本研究では、U型アンカーの形状を変化させることにより、基準となるU型アンカー耐力と比較して、最大で121%まで向上する結果を得た。しかし、アンカーの母材耐力に対する比は最大で67%であり、高強度材料であるCFRPをPC材に適用する際に、その性能を十分に発揮することはできない。よって今後は、U型アンカーの利点を活かしながら、アンカーの応力集中部分を補強する方法を検討する必要があると考えられる。

参考文献 1) 許斐信亮：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，九州大学卒業論文，2006

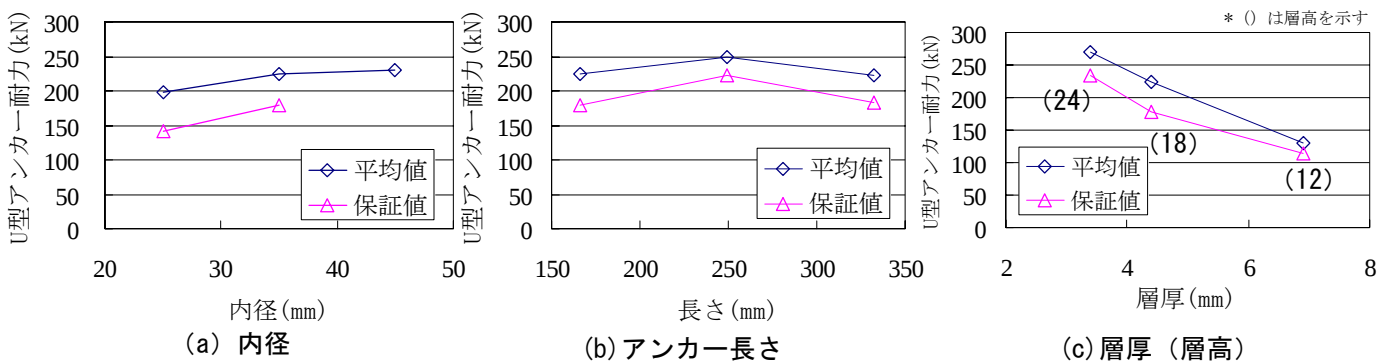


図-5 パラメータによる影響

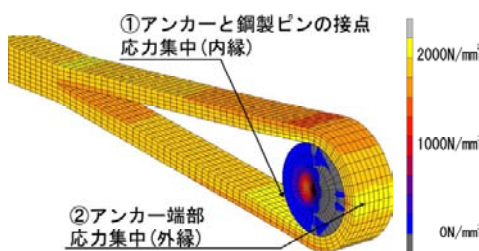


図-6 最大主応力コンター図



図-7 破断状況

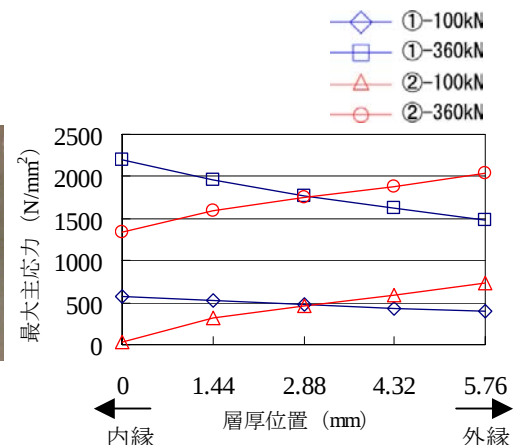


図-8 層厚位置と応力関係