

U 型アンカーを有する CFRP ロッドの材料強度特性に関する実験的研究

九州大学大学院 学生会員
九州大学大学院 フェロー会員

○鳥巢 陽平, 九州大学大学院 正会員 山口 浩平
日野 伸一, 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 配筋口ポ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(図-3)。図-4 に CFRP ロッドの制作方法を示す。ロッドは、初めに軸方向繊維を巻付け、次に軸方向繊維をラッピングするように周方向繊維を巻付けた後、エポキシ樹脂を電熱養生することで硬化させて製作される。今後、鉄筋や PC 鋼材の全てを CFRP で代替した部材の製作を目的として、九州大学で独自に製作される CFRP ロッドの材料強度特性を調べることを目的とした、CFRP ロッドの種々の材料試験を行った。

2. 試験概要

2.1 母材引張試験²⁾ 図-5(a)に供試体を示す。供試体は、両端に膨張材を用いて鋼管スリーブを固定した。また、供試体 5 体それぞれに CFRP ロッドにひずみゲージを貼り付け、載荷試験時のひずみを測定する。供試体 5 体中の 2 体には鋼管スリーブにひずみゲージを貼り付け膨張圧を管理した。試験機の可動床および固定床の両側に、鋼管スリーブをナットで固定し、ロッドに載荷装置の荷重を伝達させた。鉄筋や PC 鋼材の代替として使用される主となる部分

である CFRP ロッド母材部の引張強度を検討した。供試体名はそれぞれ CF1~CF5 とした。

2.2 付着強度試験¹⁾²⁾ 図-5(b)に供試体を示す。供試体のコンクリートブロック側は、固定床上面に置かれたロードセル上にコンクリートブロックを配置することで固定し、U 型アンカー側は治具を用いて可動床側に固定し

た。コンクリート中にロッドを埋め込んだ場合に、ロッド母材部とコンクリートとの付着強度を検討した。供試体名を CR1~CR3 とした。

2.3 U 型アンカー引張試験²⁾ 図-5(c)に供試体を示す。アンカー引張試験は U 型アンカーに鋼製ピンを通し、ピンを治具で固定して供試体に載荷装置の荷重を伝達させた。アンカーを引張治具として使用するため、アンカーの引張耐力を検討する必要がある。供試体名は CA1~CA5 とした。

2.4 U 型アンカー引抜試験 図-5(d)に供試体を示す。供試体のコンクリートブロック側は、固定床上面に置かれたロードセル上にコンクリートブロックを配置することで固定し、可動床側に鋼管スリーブをナットで固定し載荷装置の荷重を伝達させる。アンカーをコンクリートで覆う場合、アンカーのくさび効果および付着力が作用することで、アンカー部の耐力が母材耐力程度になることを確認した。供試体名を CP1~CP5 とした。



図-1 CFRP ロッド



図-2 U 型アンカー

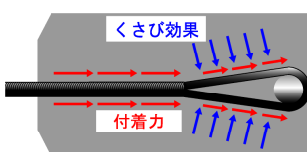
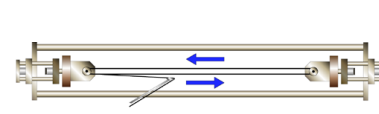
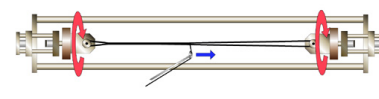


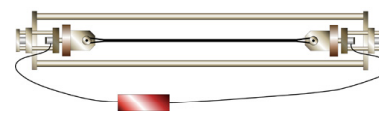
図-3 U 型アンカーくさび効果 図-4 CFRP ロッド制作方法



(a) 軸方向繊維の巻付



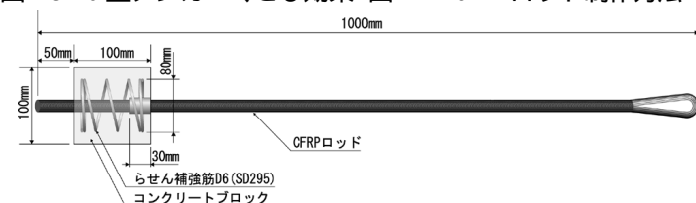
(b) 周方向繊維の巻付



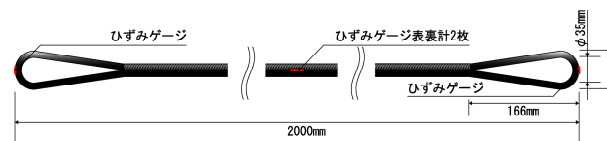
(c) 電熱養生



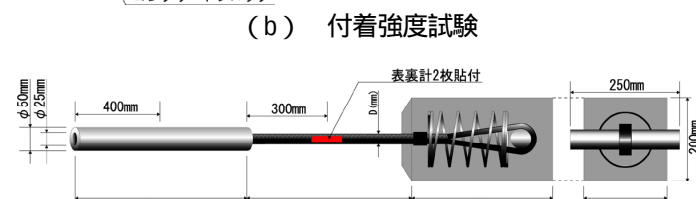
(a) 母材引張試験



(b) 付着強度試験



(c) U 型アンカー引張試験



(d) U 型アンカー引抜試験

図-5 供試体図

キーワード CFRP ロッド, U 型アンカー

連絡先 〒819-0395 福岡市西区元岡 744, TEL・FAX: 092-802-3391

3. 試験結果

3.1 母材引張試験 表-1(a)に母材引張試験結果を示す。母材引張耐力は平均値 347kN, 保証値 321kN, 引張強度 1541N/mm^2 であった。破壊は全てスリーブ近傍のロッド母材部であり、大きな音とともに脆性的に破壊した。

3.2 付着強度試験¹⁾ 表-1(b)に母材付着強度試験結果を示す。付着強度については、平均値 10.5N/mm^2 , 保証値 9.2N/mm^2 であった。これより、CFRP ロッドとコンクリートの付着強度は異形鉄筋と同等であることがわかった。軸方向繊維をラッピングするように周方向繊維を巻きつけて製作されるため、周方向繊維によって付着効果が十分に発現されている。

3.3 U型アンカー引張試験 表-1(c)にU型アンカー引張試験結果を示す。アンカー引張耐力は平均値 224kN, 保証値 179kN であった。引張耐力は母材引張耐力の 65% であった。破壊は全てアンカー端部およびその周辺から破壊した。破壊の原因として、アンカー内縁と外縁部に応力差が生じ、外縁部の炭素繊維から破断するためであると考えられる。U型アンカーを緊張力導入の際の緊張治具として用いる場合、導入する緊張力はアンカー耐力で決定することになり、高い母材引張耐力を十分に活かすことができない。母材の高い引張耐力を活かすには、アンカー耐力の向上が必要である。また、PC 材の緊張治具として用いる場合、設計上はアンカー耐力保証値 179kN の 80% 程度の緊張力 140kN を導入するとよいと考えられる。

3.4 U型アンカー引抜試験 表-1(d)にU型アンカー引抜試験結果を示す。アンカー引抜試験の供試体耐力は、平均値 310kN, 保証値 236kN であった。母材引張耐力と比較すると、母材引張耐力の 89% であった。母材から破壊したことを考えて、アンカーをコンクリートで覆った場合、アンカーによるくさび効果と、アンカー全体を覆うことによる拘束効果に伴う応力集中の低減によりアンカー部は補強され、母材から破壊すると考えられる。また、アンカーをコンクリートで覆ったボステン治具により緊張力を導入する場合、設計上は引抜試験保証値 236kN の 80% 程度の 190kN を導入するとよいと考えられる。

図-6 に試験結果を比較したグラフを示す。

4. まとめ 本研究では、CFRP ロッドの基本的な性能を把握するための材料試験を行った。1. ロッド母材部の引張強度は 1541N/mm^2 であった。2. 母材とコンクリートの付着強度は異形鉄筋とほぼ同等である。3. アンカー耐力 224kN は母材引張耐力の 65% である。4. U型アンカーをコンクリートで固めた場合、供試体の耐力 310kN は母材引張耐力 347kN の 89% であり、ロッド母材部から破壊した。以上のことから、CFRP ロッドは、鉄筋や PC 鋼材の代替として十分な性能を持つことがわかった。また、U型アンカーを PC 材の緊張治具として用いる場合、設計上は保証値の 80% 程度の緊張力を導入するとよいと考えられる。今後は、CFRP ロッドと軽量コンクリートを用いて、高耐久性、軽量な部材の可能性を検討していく予定である。

表-1 試験結果

(a) 母材引張試験

供試体	直径 (mm)	最大荷重 (kN)	最大応力 (N/mm^2)
CF1	16.8	351	1591
CF2	17.3	340	1447
CF3	17.1	345	1508
CF4	16.6	361	1665
CF5	17.0	340	1491
平均値	17.0	347	1541
標準偏差	-	8.8	87.1
保証値	-	321	1279

(b) 付着強度試験

	ロッド直径 (mm)	最大荷重 (kN)	付着強度 (N/mm^2)	すべり開始変位 (mm)
CR1	16.5	39.0	10.8	0.55
CR2	16.1	38.0	10.7	0.59
CR3	16.4	36.0	9.99	0.41
平均値	16.3	37.7	10.5	0.52
標準偏差	-	1.53	0.44	-
保証値	-	33.1	9.17	-

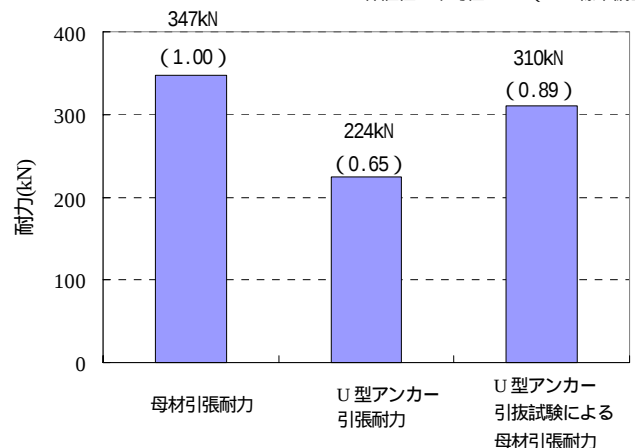
(c) U型アンカー引張試験

供試体	最大荷重 (kN)
CA1	249
CA2	221
CA3	210
CA4	225
CA5	215
平均値	224
標準偏差	15.1
保証値	179

(d) U型アンカー引抜試験

供試体	直径 (mm)	最大荷重 (kN)	最大応力 (N/mm^2)
CP1	16.1	312	1529
CP2	16.3	310	1490
CP3	17.0	340	1501
CP4	16.8	300	1357
CP5	16.5	290	1354
平均値	16.5	310	1446
標準偏差	-	18.7	84
保証耐力	-	236	1195

保証値 = 平均値 - 3σ (σ : 標準偏差)



() は母材引張耐力を 1 とした場合の比を示す

図-6 試験結果の比較

参考文献 1) 山口 浩平他: 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, コンクリート工学年次論文集, Vol.29, No.3, pp.1465-1470, 2007

2) 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