

## アラミドロッド曲げ加工部の引張強度に関する実験的研究

三井住友建設(株) 正会員 工修 ○三加 崇  
 三井住友建設(株) 正会員 篠崎 裕生  
 ファイベックス(株) 小林 宣博  
 三井住友建設(株) 正会員 浅井 洋

### 1. はじめに

連続繊維補強材は、高強度で耐久性に優れていることからプレストレストコンクリートの緊張材や鉄筋コンクリートの補強材に用いられている。連続繊維補強材を鉄筋の代替品としてスターラップ等を使用する場合には、曲げ加工を行う必要がある。アラミドロッドの曲げ半径は、鉄筋の最小曲げ半径と同じ場合には、アラミドロッドの直線部における引張強度よりも低下することが指摘されている<sup>1), 2)</sup>。しかし、曲げ半径が大きい場合における引張強度の影響については、ほとんど検討は行われていない。

本報告では、アラミドロッドを直径に対して曲げ半径を大きくして成形した試験体を用いて、曲げ加工部を対象とした引張試験を実施して引張強度への影響を確認した。

### 2. 試験概要

#### 2.1 試験体

試験体に使用するアラミドロッドは、組紐型でRA9, RA13およびRA15の3種類である。アラミドロッドの規格値を表-1に示す。アラミドロッドを曲げ加工した試験体の曲げ半径を表-2に示す。曲げ半径( $r$ )は直径( $\phi$ )に対して5倍( $r=5\phi$ )、10倍( $r=10\phi$ )および15倍( $r=15\phi$ )の3種類とした。試験体数は各3体である。

アラミドロッドの曲げ加工は、アラミド繊維に樹脂を含浸させた後に、張力を与えながら所定の径を有する鋼管に沿わせて熱硬化させることで制作を行った。曲げ加工部の断面形状は、写真-1のように硬化前にアラミド繊維に張力を与えながら鋼管に沿わせていることで、曲げ加工部では扁平となる。また、引張試験を行うためにアラミドロッドの端部は、ねじ加工した鋼管の中にアラミドロッドを挿入して、樹脂を充填して硬化することで定着する構造である。試験体の形状を図-1~図-3に示す。

表-1 アラミドロッドの規格値

試験体名	RA9	RA13	RA15
公称直径 mm	9.3	13.7	15.7
公称断面積 mm <sup>2</sup>	67.9	147	193
単位重量 g/m	84	173	226
保証耐力 kN	85	172	225
ヤング係数 kN/mm <sup>2</sup>	68.6		

表-2 試験体の曲げ半径

曲げ半径	単位:mm		
	RA9	RA13	RA15
5φ	44.5	95.5	133.5
10φ	70.0	133.5	203.0
15φ	82.5	159.5	228.5

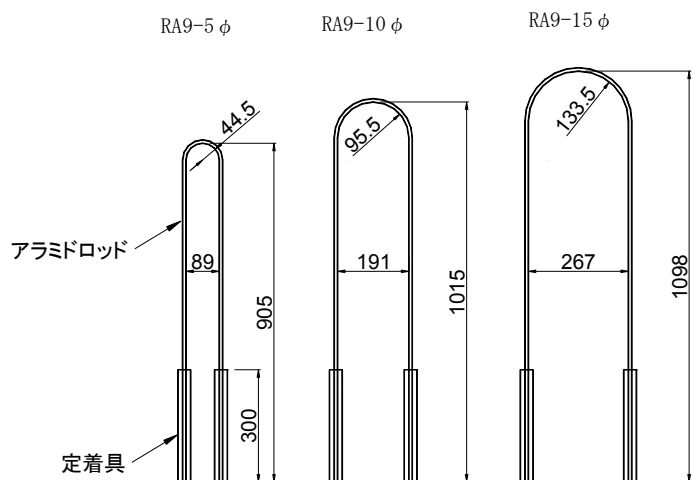


図-1 RA9の試験体図

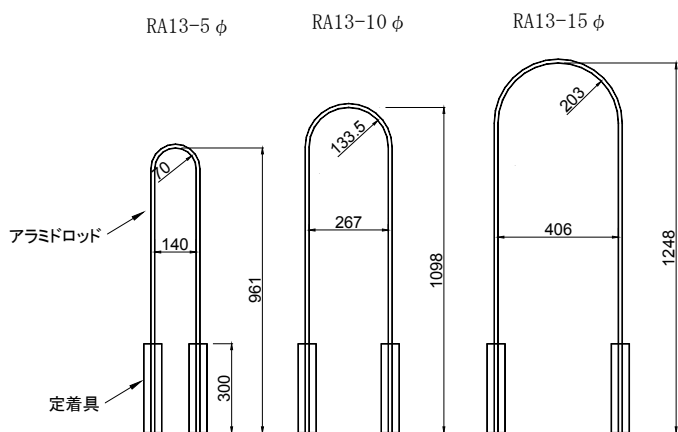


図-2 RA13の試験体図

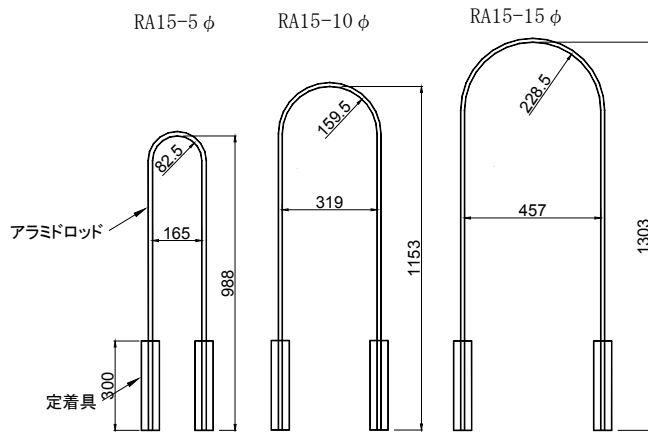


図-3 RA15の試験体図



(a) 試験体全景

(b) 曲げ加工部

写真-1 試験体形状

## 2.2 試験方法

試験装置を図-4に示す。アラミドロッドの曲げ加工部には、試験体制作時に使用した鋼管と同径のものを設置して試験を実施した。鋼管が引張試験により座屈しないようにコンクリートを充填した。アラミドロッドを定着した鋼管とφ32mmのPC鋼棒をカップラーで接続して、396kNの荷重ジャッキを2台で試験を実施した。なお、RA9の曲げ半径5φでは、隣り合うアラミドロッドの間隔が小さいため、図-5に示すように定着2箇所に対してφ23mmのPC鋼棒を1本配置して引張試験を実施した。計測は荷重計および試験速度を管理するために変位計を設置した。

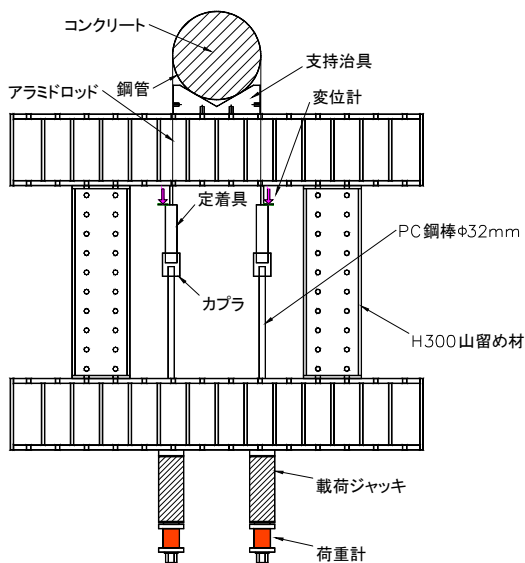


図-4 試験装置

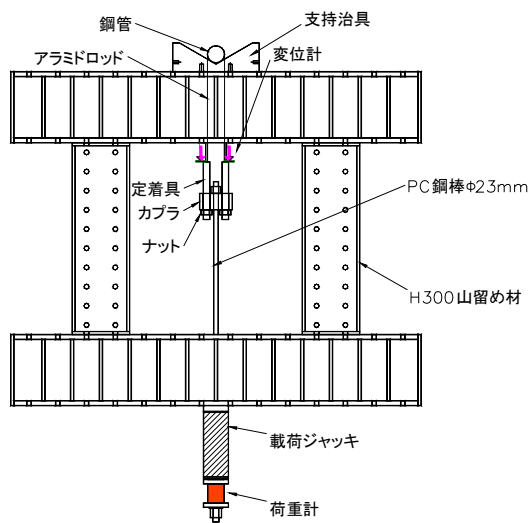


図-5 試験装置 (RA9-5φ)

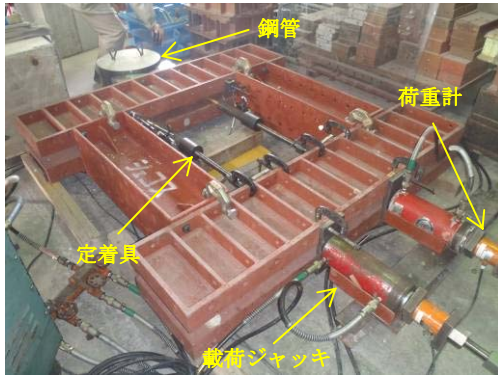


写真-2 載荷装置全景



写真-3 曲げ加工部載荷状況

### 3. 試験結果

#### 3.1 破断状況

アラミドロッドの破断位置は、**図-6**および**写真-4**に示すように直線部(A)、直線部から曲げ加工部へ断面変化する接線部(B)および曲げ加工部の曲線部(C)である。引張試験によるアラミドロッドの破断箇所を**表-3**に示す。アラミドロッドの破断は、ほとんどが接線部破断 (B) および曲線部破断 (C) である。断面形状が直線部の繊維は、均等に応力が作用しているのに対し、曲げ加工部では外側と内側で作用する応力が不均等となることが影響していると推測する。また、曲げ半径が直径の15倍では直線部での破断が見られた。

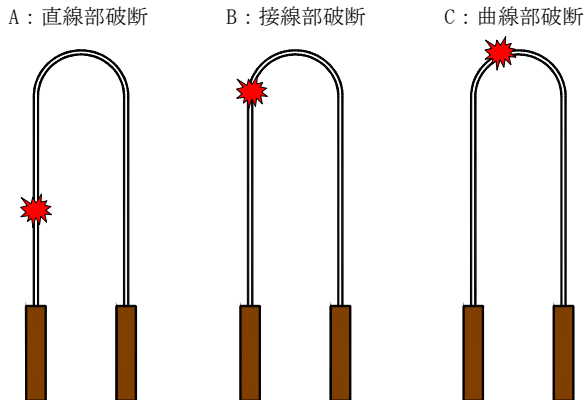


図-6 破断箇所

表-3 試験体の破断箇所

試験片	曲げ加工半径			
	5φ	10φ	15φ	
RA9	No.1	B	B	C
	No.2	B	B	B
	No.3	B	B	A
RA13	No.1	C	B	B
	No.2	C	C	B
	No.3	B	B	A
RA15	No.1	C	B	A
	No.2	C	B	B
	No.3	C	B	A



(a) A: 直線部



(b) B: 接線部



(c) C: 曲げ加工部

写真-4 破断状況

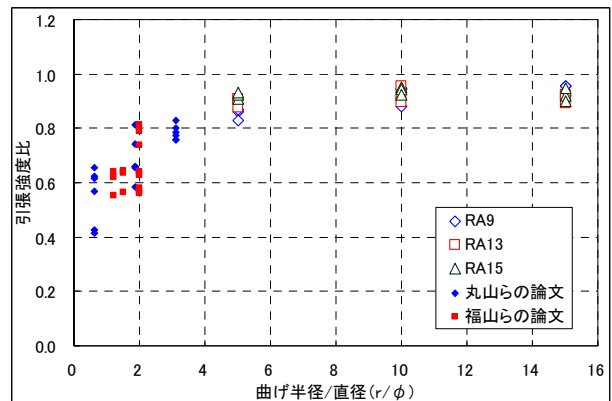
### 3.2 引張耐力

曲げ加工したアラミドロッドの引張耐力と製作時のアラミドロッドの直線部を切り出した試験片による引張耐力を表一4に示す。RA9の曲げ半径5φでは、直線部の引張強度に対して85%であり、RA13およびRA15では、直線部の引張強度に対して92%、94%であった。曲げ半径5φのRA9は、RA13およびRA15と比較して引張強度の低下の割合が若干大きかった。曲げ半径が10φおよび15φでは、各アラミドロッドで直線部の引張強度に対して91%~94%であり、引張強度の低下は同等程度であり、アラミドロッドの直径による差は見られなかった。

アラミドロッドの直線部と曲げ加工部の引張強度比と各試験体のアラミドロッドの曲げ半径を直径で除した関係を図一7に示す。既往の研究では、丸山ら<sup>1)</sup>および福山ら<sup>2)</sup>がアラミドロッドの曲げ加工部をコンクリートに埋め込んで、引き抜く試験が行われている。このときの試験体の曲げ半径は、最小で0.625φ、最大で3.125φである。曲げ半径が大きくなると引張強度比が増加する傾向である。既往の研究と本実験から、アラミドロッドの曲げ加工部の引張耐力は、曲げ半径が0.625φ~5φ程度までは、曲げ半径が直径に対して大きくなるにつれて引張強度比が大きくなり、曲げ半径が10φ以上では引張強度比はほとんど変化のない結果となった。

表一4 引張試験結果

試験片		曲げ加径			直線部
		5φ	10φ	15φ	
RA9	No.1	83.6	91.9	92.5	97.0
	No.2	84.1	91.6	89.2	
	No.3	80.4	85.3	92.8	
	平均	82.7	89.6	91.5	
引張強度比		0.85	0.92	0.94	1.00
RA13	No.1	157.4	171.9	160.7	180.0
	No.2	163.1	165.0	166.0	
	No.3	163.7	161.6	165.3	
	平均	161.4	166.2	164.0	
引張強度比		0.90	0.92	0.91	1.00
RA15	No.1	216.1	226.1	219.3	238.0
	No.2	219.6	224.8	214.1	
	No.3	222.0	219.6	225.3	
	平均	219.2	223.5	219.6	
引張強度比		0.92	0.94	0.92	1.00



図一7 引張強度比と曲げ半径/直径との関係

### 4. まとめ

本試験により以下の結果が得られた。

- ・ アラミドロッドの破断は、ほとんどが接線部および曲線部であり曲げ加工の影響が顕れている。曲げ半径が直径の15倍では、直線部で破断するものも見られ、その影響は小さくなる傾向である。
- ・ アラミドロッドを曲げ加工したRA9では、曲げ半径が直径の5倍で直線部の引張強度との比が0.85、10倍および15倍では、0.92、0.94であった。
- ・ アラミドロッドを曲げ加工したRA13およびRA15では、曲げ半径が直径の5倍、10倍および15倍で直線部の引張強度との比が0.90~0.94であった。
- ・ 既往の研究と本実験から、曲げ半径が直径の5倍まで増加すると直線部との引張強度比も増加する傾向にある。10倍および15倍では引張強度比の増加はほとんどみられない。

### 参考文献

- 1) 丸山, 本間, 岡村: FRPロッドの曲げ加工部の引張耐力に関する実験的研究, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.12, pp.1025-1030, 1990
- 2) 福山, 藤沢, 山口, 永坂: 長繊維補強材の曲げ加工部の引張強度, 日本建築学会大会学術講演概要集, pp.1025-1030, 1991.9