

# 繊維ロープのアイスプライス、結節強さ

杉浦清治\*<sup>1</sup>、加藤八郎\*<sup>2</sup>

## The eye sprice and knot breaking strength of fiber ropes

Seiji Sugiura and Hachirou Kato

Owari Textile Research Center, AITEC\*<sup>1</sup> Mikawa Textile Research Center, AITEC\*<sup>2</sup>

三つ打ち、八つ打ちの繊維ロープについて端末処理や各種結びの強度を測定した。三つ打ちロープの強度保持率はアイスプライス加工ではPE、PP等のポリオレフィン系は90~100%、ナイロン、ポリエステルはアイスプライスの差込み3回ではスリップするため75~78%であった。結びの破断強度はPEでは約70%、その他の素材では約40~55%であった。また、スーパー繊維は結びでの強度保持率が著しく低下した。結びでは、ストランド相互の摩擦による損傷が破断原因となるため、素材の表面摩擦の影響が大きいことがわかった。

### 1. はじめに

繊維ロープは各種の端末加工や結びをおこない使用することがほとんどである。端末加工であるアイ加工方法はサツマによるアイスプライス加工、金具締め、縫製、金具と接着剤使用などいくつかの方法がある。三つ打ち、八つ打ちロープではサツマによるアイスプライス加工が一般的である。この加工方法はストランド相互の摩擦力を利用した端末加工法で古くから行われており水産、陸上分野で多く使用される。またもやい結びは水産、レインジャー、ヨット、登山などのスポーツ・レジャー、ひとえ結びはロープ内にこぶを作り、八の字結びは大きなこぶにする結びで、レインジャーなどで使用されている結びである(図1、2)。

ロープはJIS規格で定められている直線引張強さ測定が一般的であるが、実用性能である端末加工や結びをした時の強度特性を把握することは安全係数を設定するうえで重要である。ここでは汎用素材の三つ打ち、八つ打ちロープの端末加工、各種結びと強度低下について試験した。

### 2. 実験方法

#### 2.1 試料

試験に使用した試料は汎用繊維の三つ打ち、八つ打ちロープ(呼称太さ12mm)、ベクトランコード(3mm)でロープの構成、線密度、リードは表1のとおりである。PEモノフィラメントロープ(2)は陸上用、PP特殊モノフィラメントはフレコン吊ロープであり、リードは大きく軟打ち、ナイロンマルチフィラメントロープはレインジャー用であり、リードは小さく硬打ち

である。

#### 2.2 強伸度

ロープの強度試験は定速緊張形ロープ引張試験機で、下記の条件でそれぞれ3回測定した。伸度はJIS規格により規格値の75%荷重時の伸び率を測定した。端末加工はサツマによるアイスプライス加工、結びはもやい結び、ひとえ結び、八の字結びについて測定した。なおサツマの差込回数は一般的によくおこなわれている3回(ベクトランは7回)とした。アイスプライス加工、もやい結びの引張強さはアイ部分にピン(直径2.5mm)を通して強度試験をおこない、通常の引張強さに対する

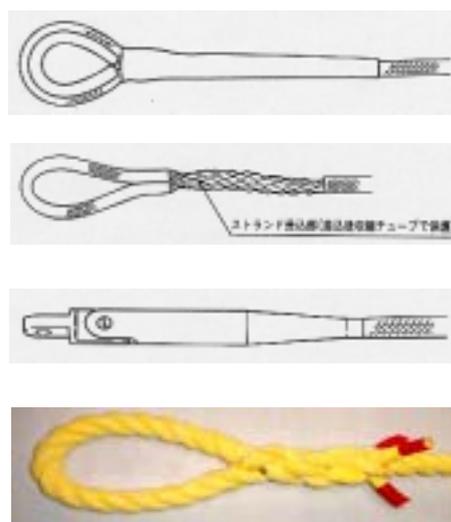


図1 ロープの端末加工方法

\*<sup>1</sup>尾張繊維技術センター 応用技術室 \*<sup>2</sup>三河繊維技術センター 加工技術室

表 1 試料

	素 材	太さ	構造	原系	ストランド構成	線密度	リード	備 考
		( mm )		( dtex )		( g / m )	( mm )	
1	PE モノ ( 1 )	12	3	440	10 × 3 × 12	67	35	漁業用
2	PE モノ ( 2 )	12	3	440	24 × 15	53	47	陸上用
3	PP 特殊モノ	12	3	3,300	3 × 17	63	41	フレコン用
4	ナイロンマルチ	12	3	1,400	2 × 3 × 25	87	31	レインジャー用
5	ポリエステルマルチ	12	3	1,100	5 × 3 × 13	93	30	
6	ピニロンспан	12	3	1,180*	4 × 3 × 13 + ( 5 × 2 )	75	36	
7	PE モノ ( 3 )	12	8	440	10 × 13	70	38	陸上用
8	ナイロンマルチ	12	8	1,400	4 × 14	83	38	陸上用
9	ベクトラン	3	16	1,650	1 × 1			
10	ベクトラン	3	3	1,650	2 × 4			

\* 紡績糸 5 / 1



( a ) アイスプライス (三つ打ち)



( b ) アイスプライス (八つ打ち)



( c ) もやい結び



( d ) 八の字結び

図 2 アイスプライスおよび結び方

する強度保持率を求めた。またサツマの差込回数 1 回でのスリップを開始応力についても測定した。ロープ構成ヤーンの強伸度はロープからヤーンを取り出し測定した。

ロープ強伸度測定条件

試験機種類 定速緊張形ロープ引張試験機  
 引張速度 15 cm / min  
 ピン間隔 約 100 cm  
 (つかみ間隔 約 50 cm)  
 温湿度 室温

ヤーン強伸度測定条件

試験機種類 定速伸長形引張試験機  
 引張速度 20 cm / min  
 つかみ間隔 20 cm  
 温湿度 20 、 65 %

### 2.3 破断形態

破断形態は目視および破断部のストランドを走査形電子顕微鏡 (日本電子製) で観察した。

## 3 . 実験結果及び考察

### 3.1 端末加工と強度特性

ロープ、ヤーンの引張強さを表 2、端末処理、結びの試験結果を表 3 に示す。三つ打ちロープのアイスプライス加工ではポリオレフィン系とピニロンспанロープの強度低下が少なく、強度保持率は 92 ~ 100 % であるが、ナイロン、ポリエステルロープは強度保持率が 75 ~ 78 % である。この原因はナイロン、ポリエステルは他のロープに比べ強度が高く、3 回差しではサツマ部分でスリップが生じるためと思われる。差込回数を増やしサツマ部分のスリップをなくせば強度保持率は高くなるものと思われる。

もやい結びでは PE の強度保持率は約 85 ~ 95 %

で、その他の素材は約45～60%である。ひとえ結び、八の字結びではPEの強度保持率は約70～80%で、その他の素材は約45～50%である。PEの結びによる強度保持率が大きいのは滑りやすくロープ相互の摩擦による損傷が少ないためと思われる。ナイロン、PETは高強度であり、目締まりする過程でロープ相互の摩擦でストランドが損傷するためである。結びによる強度低下の差は原糸の結節強度および結び目でのロープ相互の摩擦によりストランドの損傷度が異なるためである。

八つ打ちロープのサツマによるアイスプライス加工の引張強さはPE、ナイロンとも強度保持率は100%である。

もやい結び、ひとえ結びの強度保持率はPEの場合は約70%であるが、ナイロンは約45%で大きく低下する。八つ打ちのサツマによるアイスプライス加工では、差込回数3回でも把持力が大きくスリップが生じないため、ナイロンの場合でも強度低下が少ない。しかし、各種結びをおこなうと三つ打ち同様に強度保持率は低い。

スーパー繊維であるベクトラン三つ打ちコードの強度保持率はサツマによるアイスプライス加工では90%で優れているが、結びでは40%と著しく低下する。またベクトランブレードコードは結びにより約30%に低下する。

三つ打ちロープのサツマ差しによる把持力について、差込み回数1回ではPE(1)は2,800～3,500N位、PE(2)は50～80N、ナイロン、PET、ビニロンは7,500～8,500N位でスリップが生

じる。PE(2)は軟打ちでリードが大きく、またストランドの摩擦係数が低いいため差込み回数1回では容易にスリップする。ナイロン、PETは堅打ちでリードが小さく、PEに比べ把持力は大きい。サツマ差しによる把持力は素材の摩擦係数、ロープの打ち方が影響し、軟打ちロープは低い。

### 3.2 破断形態

ロープ破断部の電子顕微鏡写真を図3に示す。ロープのストランドは螺旋構造であり、引張応力が作用すると各ストランドにはロープ中心方向に応力が生じる。このため引張ではストランドは相互の摩擦によりストランドが損傷し破断するものと思われる。引張試験直後のロープは試験前に比べ温かくなっており、破断した部分のヤーンを電子顕微鏡で観察すると直線引張ではストランド表面は摩擦されており、ナイロン、PET、PP特殊モノは一部が融着している。ロープに引張応力がかけると、ストランド相互の摩擦により熱が発生しているものと思われる。

サツマによるアイスプライス加工ではサツマ差し部分で破断する。これはサツマ差し部分は太さが1.7～2倍になり、ストランドの屈曲および撚角度が大きくなりストランドの強度利用率が低下するためと思われる。

もやい結びではロープの交差部分、ひとえ結び、八の字結びでは結び部分で破断する。破断部を観察すると結び目付近のストランド表面が摩擦により損傷している。これは引張応力がかけると結び目が締まり、ロープ相互の摩擦で損傷することが主な原因である。

ロープ引張強さ及びヤーン強度

	素 材	ロープ				ロープ構成ヤーン			
		太さ (mm)	構造	引張強さ (KN)	伸び率 (%)	引張強さ (N)	伸び率 (%)	結節強さ (N)	強度比 (%)
1	PE (1)	12	3	13.3	30	691	25.1	432	62.5
2	PE (2)	12	3	11.0	24	450	16.9	292	64.9
3	PP 特殊モノ	12	3	22.2	24	542	13.7	339	62.5
4	ナイロン	12	3	35.0	38	574	27.5	341	62.5
5	ポリエステル	12	3	27.0	24	1,163	19.4	496	42.6
6	ビニロン	12	3	13.8	23	532	12.8	258	48.5
7	PE (3)	12	8	13.4	37	203	16.4	148	73.0
8	ナイロン	12	8	35.1	29	404	23.9	199	49.2
9	ベクトラン	3	16	5.42	5.8				
10	ベクトラン	3	3	4.42	9.2				

表3 端末加工および結節強度保持率（強度保持率は引張強さを100としたとき）

	素材	太さ (mm)	構造	強度保持率(%)				
				引張強さ	アイ加工	もやい結び	一重結び	八の字結び
1	PE (1)	12	3	100	101	84	75	70
2	PE (2)	12	3	100	102	96	82	78
3	PP 特殊モノ	12	3	100	92	57	45	44
4	ナイロン	12	3	100	77	55	40	47
5	ポリエステル	12	3	100	76	52	41	39
6	ビニロン	12	3	100	91	47	44	48
7	PE (3)	12	8	100	100	73	68	
8	ナイロン	12	8	100	103	47	41	
9	ベクトラン	3	16	100		26		30
10	ベクトラン	3	3	100	91	41		36

#### 4. 結び

汎用的素材のロープについてのサツマによるアイ加工、もやい結び、一重結び、八の字結びによる強度特性を把握した。

- ・サツマによるアイブライス加工では強度保持率が高く優れた加工法である。ナイロン、ポリエステルなど高強度のロープはサツマ差込み回数を3回以上する必要がある。
- ・結びの破断強度はPEでは引張強さの約70%、その他の素材では約40~55%であり、素材、使用方法（端末処理、結びの種類）を考慮した安全率係数を設定する必要がある。
- ・結びではストランドの摩擦による損傷により破断するため、素材の表面摩擦の影響が大きい。



(a) ナイロン引張破断部



(b) PEもやい結び破断部

図3 破断部の電子顕微鏡写真