

## 1 プレテンション

製造したロープを更に一定時間、一定張力をかけて初期伸び、すなわちロープの構造上の伸びを除去する目的で行われるプレテンションは、実用上多くの効果が認められています。

### ① プレテンション加工ロープの特長

#### ① 初期伸びとロープ径の減少が少なくなる

プレテンション後のロープは、構造上の伸びが除去されるために、初期伸びと初期のロープ径の減少が少なくなります。

#### ② 伸びが少なくなる（弾性係数が高くなる）

常用張力以上の張力でプレテンションされますから、張力—伸び曲線の直線部が長くなり、またその傾斜が大きくなります。すなわち、実用範囲での弾性係数が向上します。

ロープの弾性係数Eは、次式によって求めます。

$$E = \frac{L \cdot W}{A \cdot l} \quad \text{N/mm}^2$$

ここで、L：ロープの長さ mm

W：張力 N

A：ロープの有効断面積 mm<sup>2</sup>

l：ロープの伸び mm

#### ③ 耐疲労性が向上する

プレテンションはロープのよりを安定した状態に落ち着かせて、動索としての耐久性を向上させます。

プレテンション加工は、ロープに以上のような種々の特性をもたらしますので、橋梁用主索や実用上切詰めが難点であるロープウェイに、また耐久性の向上対策としてエレベーターロープや特殊クレーン用ロープなどに、プレテンション加工されることが、最近増加してきました。

当社ではこれらの需要に応えるため、設備を増強しています。

### ② 当社の設備及び能力

直径120mmまでのロープについて、プレテンション加工が可能です。

### ③ 各種ロープのプレテンション効果

図5-1 にプレテンション加工を施したロープと、施していないロープの張力—伸び曲線を示します。

なお、参考までに、クレーン用ロープなど動索として使用される各種のロープの弾性係数の標準値を、表5-1 に示します。

(注) 図5-1 の張力率とは、ロープの破断力に対する負荷張力の百分率をいう。

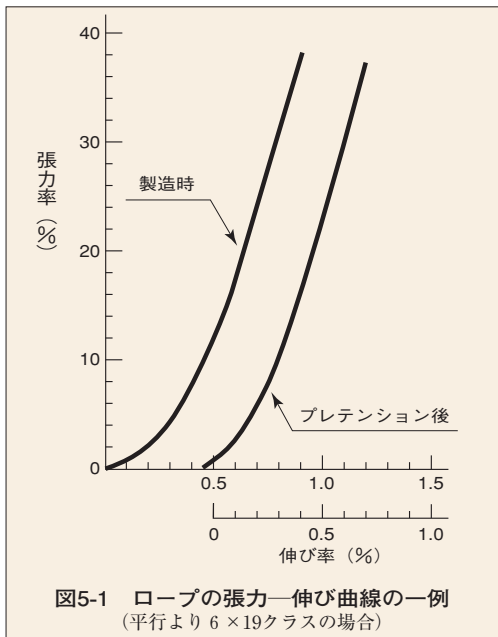


図5-1 ロープの張力—伸び曲線の一例  
(平行より6×19クラスの場合)

表5-1 各種ロープの弾性係数の標準値

ロープ構成		ロープの弾性係数 N/mm <sup>2</sup>				構造伸び %	
		〔初期変形域内〕 RBS×(1/60→1/6)		〔弾性変形域内〕 RBS×(1/6→1/2.5)			
		製造時	プレテンション後	製造時	プレテンション後		
交差より	6×24	24500	37300	63700	78500	0.7	
	6×37	25500	41200	78500	91200	0.6	
平行より	6×19クラス 6×Fi (25)	39200	50000	79400	93200	0.35	
	6×19クラス IWRC	IWRC 6×Fi(25)	43100	58800	84300	108000	0.3
	6×36クラス	6×Fi(29) 6×WS(31)	38200	49000	78500	92200	0.5
	6×36クラス IWRC	IWRC 6×Fi(29) IWRC 6×WS(31)	42200	57900	83400	106000	0.45
ロス ン グ バ ー	6×36クラス IWRC	IWRC 6×Fi(29) IWRC 6×WS(31)	44100	61800	86300	108000	0.4

(注) 構造伸びとは、プレテンション加工によって除去される伸びをいう。

## 2 安全率の計算

### 1 安全率

ロープを使用するときは、ロープにかかる張力を見積もって、その何倍かの破断力を有するロープを用いないと、短期間の使用やわずかな衝撃によっても強度が落ちて破断する場合があります、安心して作業することができません。

この倍率すなわち安全率には、静張力に対するものと加速度や屈曲張力まで加えた総張力に対するものがあります。

表5-2 に法規によるロープの用途別安全率を示します。

表5-2 法規によるロープの用途別安全率

規則	用途			ロープの安全率		備考
				静張力	総張力	
各 鉱 山 保 安 規 則	起 重 機			6 以上	—	炭
				5 以上	—	金, 油
	立 坑 斜 坑	卷上装置	荷	6 以上	3 以上	炭, 金, 油
			人	10 以上	5 以上	炭, 金
	スカフォード			6 以上	3 以上	炭, 金
	斜坑エンドレス巻車道			3 以上	2 以上	炭, 金
	ドロワークス			3 以上※	—	油
	索 道			—	4 以上	炭, 金
つ り 足 場			10 以上	—	炭, 金, 油	
労 働 安 全 衛 生 規 則	つ り 足 場			10 以上	—	
	くい打ち機・くい抜き機			6 以上	—	
	港湾荷役玉掛索			6 以上	—	
	集材機 運材索道	主 索		2.7 以上	—	
		卷上索		6 以上	—	
		曳 索		4 以上	—	
	軌道装置	卷上索		4 以上	—	
ゴ ン ド ラ	つり下げ用 アームの起伏用・伸縮用			10 以上	—	
	上記以外のロープ			6 以上	—	

- (注) 1. 炭：石炭鉱山，金：金属鉱山等，油：石油鉱山  
 2. 安全率の算定には、 $E = 9.81 \times 10^4 \text{N/mm}^2$  を用いる。  
 3. ※ファーストラインに対する安全率

(表5-2 つづき)

規則	用途		ロープの安全率		備考	
			静張力	総張力		
安全規則 クレーン等	玉掛索		6以上	—		
クレーン構造規格	巻上索 ジブ起伏用 横行用 ケーブルクレーン (走行用)	A	3.55以上	—	最上段の巻上索は、 第49条の巻上索を除いたもの。	
		B	4.0以上	—		
		C	4.5以上	—		
		D E F	5.0以上	—		
	ジブ支持用 緊張用 ガイロープ	A	3.0以上	—		
		B	3.5以上	—		
		C D E F	4.0以上	—		
ケーブルクレーン (メインレール)	A B C D E F	2.7以上	—			
第49条の 巻上索	A B C D E F	9.0以上	—			
移動式 クレーン構造規格	巻上用、ジブの起伏用		4.5以上	—		
	ジブの伸縮用		3.55以上	—		
	ジブの支持用		3.75以上	—		
索道に関する 技術基準	ロープウェイト リフト	支索	3.5を超え5未満	3を超え	素線の平均引張強さ に対する安全率	
		えい索	5を超え	4を超え		
		えい索 平衡索 緊張索				
	貨物索道	複線式	支索	3.5を超え6未満	3を超え	安全率の算定には、 $E = 1.96 \times 10^5 \text{N/mm}^2$ を用いる。
			えい索	5を超え	3.3を超え	
		単線式	緊張索	5を超え	3を超え	
			えい索	5を超え	3を超え	
国土交通省 告示	ケーブルカー		6を超え	4を超え	総張力は素線の平均 引張強さに対する安全率	

(注) クレーン構造規格、移動式クレーン構造規格のA、B、C、D、E、Fは58ページに示すつり上げ装置の等級を表す。

## ② 索道用ロープの安全率算定方法

運輸省令第16号(昭62.3.2)「索道施設に関する技術上の基準」(旧索道規則)では、架空索道用ロープの安全率算定方法について、次のように規定しています。

(a) 張力に対する安全率  $F_1$

$$F_1 = \frac{\sigma}{\sigma_t}$$

ここで、 $\sigma$ ：素線の平均引張強さ [(d)参照] N/mm<sup>2</sup>

$\sigma_t$ ：最大引張応力 [(e)参照] N/mm<sup>2</sup>

(b) 静止している支索の安全率  $F_2$

$$F_2 = \frac{\sigma}{\sigma_t + \sigma_{b1}}$$

ここで、 $\sigma_{b1}$ ：垂直荷重(輪荷重)による最大

曲げ応力 [(f), 図5-2 参照] N/mm<sup>2</sup>

(c) 動索の安全率

$$F_3 = \frac{\sigma}{\sigma_t + \sigma_{b2}}$$

ここで、 $\sigma_{b2}$ ：滑車による最大曲げ応力 [(g)参照] N/mm<sup>2</sup>

(d) 素線の平均引張強さ  $\sigma$

ロックドコイル以外のロープ：

公称引張強さ又は指定引張強さ N/mm<sup>2</sup>

ロックドコイルロープ：

ロープの集合破断力/ロープの総断面積 N/mm<sup>2</sup>

(e) 最大引張応力  $\sigma_t$

$$\sigma_t = \frac{T}{A} \quad \text{N/mm}^2$$

ここで、 $T$ ：ロープにかかる最大引張張力 N

$A$ ：ロープの断面積 mm<sup>2</sup>

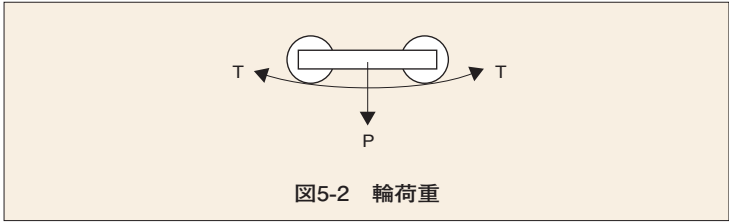
(f) 輪荷重による最大曲げ応力  $\sigma_{b1}$

$$\sigma_{b1} = \frac{P}{n} \sqrt{\frac{E}{TA}} \quad \text{N/mm}^2$$

ここで、 $P$ ：搬器の総張力 N

$n$ ：搬器の車輪数

$E$ ：弾性係数 =  $1.96 \times 10^5$  N/mm<sup>2</sup>



(g) 滑車による曲げ応力  $\sigma_{b2}$

$$\sigma_{b2} = E \frac{\delta}{D} \quad \text{N/mm}^2$$

ここで、 $\delta$ ：最外層素線径 mm

$D$ ：シーブ径 mm

支索の安全率は、 $F_1$ を(a)によって、また $F_2$ は(b)に(e), (f)を代入して求め、動索（支えい索，えい索，平衡索など）の安全率は、 $F_1$ を(a)によって、また $F_2$ は(c)に(e), (g)を代入して求めます。

なお、この省令では、安全率の値を次のように規定しています。

支索の場合  $5 > F_1 > 3.5$ ,  $F_2 > 3$

動索の場合  $F_1 > 5$ ,  $F_3 > 4$

### 3 吊橋主索の張力計算

#### 1 安全率

吊橋の安全率は、設計者や架設の状態などによって決め方が多少異なりますが、少なくとも3以上にとることが必要です。

#### 2 主索張力の計算（拋物線理論による）

図5-3に示す索張りにおける張力計算は、次のとおりです。

(a) 両支点 a, b におけるロープの張力  $T$

$$T = H \times \frac{\sqrt{\ell^2 + 16f^2}}{\ell} = \frac{W}{2} \times A \quad \text{N}$$

ここで、 $H$ ：ロープ張力 $T$ の水平分力 N

$\ell$ ：ロープの支点間の水平距離 m

$f$ ：ロープの中央垂下量（たわみ）m

$W$ ：支点間のロープの総張力  $= w \ell$  N

$A$ ：ロープの張力係数  $= \frac{\sqrt{\ell^2 + 16f^2}}{4f}$  [表5-3 参照]

(b) ロープ張力 T の水平分力 H

$$H = \frac{w\ell^2}{8f} = \frac{W}{2} \times B \quad \text{N}$$

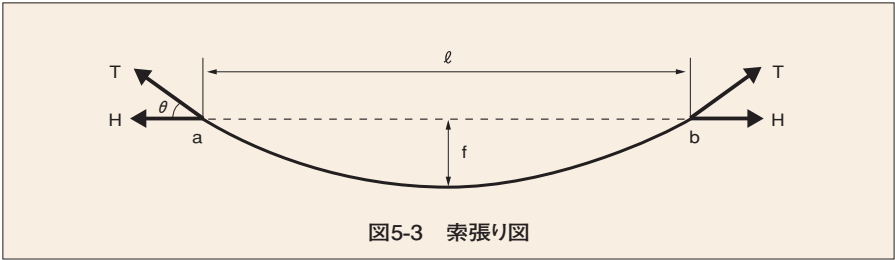
ここで、w：ロープの単位長さ当たり荷重 N/m

$$B：ロープの水平分力係数 = \frac{\ell}{4f} \quad [\text{表5-3 参照}]$$

(c) ロープの支点間の長さ L

$$L = \ell \left( 1 + \frac{8}{3} s^2 \right) \text{ m}$$

ここで、s：中央垂下比(サグ) =  $\frac{f}{\ell}$



中央垂下比 s は、1/10前後に設計されるのが普通です。

表5-3 主索の張力計算係数表

角度 $\theta$	径間 $\ell = 100$		係 数		角度 $\theta$	径間 $\ell = 100$		係 数	
	ロープの長さ $\widehat{ab}$	たわみ f	A	B		ロープの長さ $\widehat{ab}$	たわみ f	A	B
1	100.009	0.43	57.30	57.29	14	101.021	6.20	4.14	4.02
2	100.028	0.87	28.66	28.64	15	101.174	6.66	3.87	3.74
3	100.057	1.31	19.11	19.09	16	101.339	7.12	3.63	3.49
4	100.086	1.75	14.34	14.31	17	101.517	7.59	3.43	3.28
5	100.125	2.19	11.48	11.44	18	101.709	8.05	3.24	3.08
6	100.181	2.63	9.57	9.52	19	101.914	8.53	3.08	2.91
7	100.244	3.07	8.21	8.15	20	102.132	9.00	2.93	2.75
8	100.328	3.51	7.19	7.12	21	102.357	9.48	2.79	2.61
9	100.412	3.95	6.40	6.32	22	102.608	9.97	2.67	2.48
10	100.518	4.40	5.76	5.68	23	102.859	10.46	2.56	2.36
11	100.621	4.85	5.25	5.15	24	103.136	10.98	2.46	2.25
12	100.744	5.29	4.81	4.71	25	103.424	11.49	2.37	2.14
13	100.873	5.75	4.45	4.34	26	103.725	11.97	2.28	2.05

## 4 ドラム (巻胴) 及びシーブ (溝車)

### ① $D/d$ , $D/\delta$

$D/d$ とはシーブ又はドラムのピッチ円の直径とロープ径との比、 $D/\delta$ とはシーブ又はドラムのピッチ円の直径と素線径との比で、各種法規や規則などで定められています。

表5-4、表5-5 にクレーン等各構造規格で定められている $D/d$ の値を、また表5-6 にその他の法規・規則で定められている $D/d$ ,  $D/\delta$ 及び $D$ の値を示します。

表5-4 クレーン等各構造規格の  $D/d$

つり上げ装置等の等級	ドラム等の区分	値		
		1グループのワイヤロープ	2グループのワイヤロープ	3グループのワイヤロープ
A	ドラム	14	18	22.4
	シーブ	16	20	25
	エコライザシーブ	10	10	10
B	ドラム	16	20	25
	シーブ	18	22.4	28
	エコライザシーブ	10	10	10
C	ドラム	18	22.4	28
	シーブ	20	25	31.5
	エコライザシーブ	10	10	10
D	ドラム	22.4	28	35.5
	シーブ	25	31.5	40
	エコライザシーブ	10	10	10
E	ドラム	28	35.5	45
	シーブ	31.5	40	50
	エコライザシーブ	12.5	12.5	12.5
F	ドラム	35.5	45	56
	シーブ	40	50	63
	エコライザシーブ	14	14	14



(備考)

(1) この表において、A, B, C, D, E 及び F は、それぞれ下表に定めるつり上げ装置等の等級を表すものとする。

区 分	つり上げ装置等の使用時間						
	800時間未満	800時間以上 1600時間未満	1600時間以上 3200時間未満	3200時間以上 6300時間未満	6300時間以上 12500時間未満	12500時間以上 25000時間未満	25000時間以上
常態として定格荷重の50%未満の荷重の荷をつるクレーン	A	A	A	B	C	D	E
常態として定格荷重の50%以上63%未満の荷重の荷をつるクレーン	A	A	B	C	D	E	F
常態として定格荷重の63%以上80%未満の荷重の荷をつるクレーン	A	B	C	D	E	F	F
常態として定格荷重の80%以上の荷重の荷をつるクレーン	B	C	D	E	F	F	F

(2) この表において、1グループのワイヤロープ、2グループのワイヤロープ及び3グループのワイヤロープは、それぞれ次のワイヤロープを表すものとする。

**1グループのワイヤロープ** 6ストランド又は8ストランドの平行よりのワイヤロープ及び37本線6よりのワイヤロープでステンレス製以外のもの

**2グループのワイヤロープ** 3ストランド、4ストランド又は多層ストランドのワイヤロープ及び6ストランド(37本線6よりのワイヤロープを除く)又は8ストランドの交差よりのワイヤロープでステンレス製以外のもの並びに6ストランド又は8ストランドの平行よりのワイヤロープ及び37本6よりのワイヤロープでステンレス製のもの

**3グループのワイヤロープ** 1グループのワイヤロープ及び2グループのワイヤロープ以外のワイヤロープ

表5-5 移動式クレーン構造規格の D/d

用 途	ドラム等の区分	値		
		1グループのワイヤロープ	2グループのワイヤロープ	3グループのワイヤロープ
巻上用及びジブの起伏用	ドラム	16	20	25
	シーブ	16	20	25
ジブの伸縮用	ドラム	14	18	22.4
	シーブ	16	20	25
全てのワイヤロープ	エコライザシーブ	10	12.5	16

表5-6 その他の法規・規則 D/d, D/δ 及び D

法規・規則等	装置	D mm	D/d	D/δ
デリック構造規格 (デリッククレーン)	ドラム, シープ		20	
	エコライザシープ		10	
エレベータ構造規格 (エレベータ)	ドラム, シープ		40	
簡易リフト構造規格 建設用リフト構造規格	ドラム, シープ		20	
	エコライザシープ		10	
ゴンドラ構造規格	ドラム, シープ		20	
鉱山保安局長通達	人車巻のヘッドシープ			650
索道に関する技術基準	原動滑車又は原動緊張滑車		80	
	緊張滑車, 折返滑車又は 誘導滑車		70	
	走行車輪	200		
	受索輪	250		
鋼索鉄道	巻上機滑車径		100	
架線工事施工基準	ウインチキャプスタン		20	
	金車径 (塔上作業)		10	
	金車径 (地上作業)		20	
水門鉄管技術基準	ドラム		19	
	シープ		17	

## ② ドラム及びシーブの径

ロープがドラムやシーブで曲げられたときに生ずる曲げ応力は、一般に次の式で計算されます。

$$\sigma_b = Er \frac{\delta}{D} \quad \text{N/mm}^2$$

ここで、Er：ロープの弾性係数 N/mm<sup>2</sup>  
(一般には98000N/mm<sup>2</sup>としている)

$\delta$ ：ロープの最外層素線径 mm

D：ドラム又はシーブの径 mm

$\delta/D$ が大きいと ( $D/\delta$ が小さいと) 曲げ応力が大きくなり、ロープには早く疲労断線が生じて、寿命が短くなります。

ドラムやシーブの径は大きいほど有利ですが、機械設備の関係で大きさが制限されることもあり、一概にはいえませんが、大体の目安は次のとおりです。

できれば〔希望値〕  $D/\delta > 1000$

なるべく〔推奨値〕  $D/\delta > 600$

少なくとも〔最低値〕  $D/\delta > 450$

相当寿命を犠牲にしても〔限度値〕  $D/\delta > 300$

D/dの値は通産省鉱山保安局「石炭鉱山、石油鉱山、金属鉱山等各鉱山保安規則」、労働省「機械集材装置ならびに運材索道構造基準」、労働省「クレーン等各構造規格」、  
「索道に関する技術基準」等の法令にその限度が定められていますので、使用するロープ径の決定には注意が必要です。

(注) その他詳細については、当社パンフレット「ワイヤロープの正しい使い方」をご参照下さい。

## ③ ドラム、シーブの材質

ドラムやシーブの材質をどのように選べば良いかは難しい問題で、使用条件・経済性を考慮しなければなりません。溝底の硬度がロープの硬度よりも軟らかいときは溝の摩耗が早く、時にはロープの形が溝に残って、突起した部分でロープを傷め、逆に硬度が高いときはロープを早く摩耗させます。

一般に、溝の硬度は、ロープの硬度よりもわずかに高いのがよいといわれています〔ロープ硬度：表5-15 (70ページ) 参照〕が、表面の硬度が高くガラスのような滑らかな表面にしておくのがよいという説もあります。

#### ④ 面圧（接触圧力）

ロープの張力によってシーブの溝底が受ける見掛け面圧 P は、次式によって求められます。

$$P = \frac{2T}{Dd} \text{ MPa}$$

ここで、T：ロープの張力 N

D：シーブ径 mm

d：ロープ径 mm

表5-7 にシーブ溝底の材質別許容圧力を示します。

表5-7 シーブ溝底の材質別許容圧力

単位 MPa

溝底の材質	普通より			ラングより			備考
	6×7	6×19	6×37	6×7	6×19	フラット形	
木材	0.98	2.0	2.0	0.98	2.0	2.0	ぶな、くり、けやき
铸铁	2.0	2.9	3.9	2.9	3.9	4.9	H <sub>B</sub> = 125
鋼材	3.9	5.9	7.8	3.9	6.9	7.8	C% = 0.3~0.4, H <sub>B</sub> = 160
チル	4.9	7.8	8.8	4.9	8.8	9.8	表面硬度不均一のため不適
Mn 鋼	9.8	16.7	20.6	11.8	18.6	22.6	溝底は滑らかに仕上げる こと。高速に適す。

面圧が大きく、かつ溝底の円周長さがロープ軸方向のストランド間の距離（6ストランドロープの場合は1/6ピッチ）の整数倍に等しい場合は、溝底にロープの山（クラウン）部が接する位置が一定となつて、溝底にロープの圧痕が生じ、この圧痕によって、ロープは早期に摩耗しますので、速やかに削り直して圧痕を取去ることが必要です。

#### ⑤ 摩擦係数

表5-8 にシーブの材質とロープの摩擦係数を示します。

表5-8 シーブ溝底とロープの摩擦係数

溝底の材質	乾燥したロープ	湿潤したロープ	グリースを保持したロープ
铸铁	0.12	0.08	0.07
木材	0.24	0.17	0.14
ゴム又は皮革	0.50	0.40	0.21

## 5 ロープの自転

### ① 非自転性の定義

非自転性の定義は、従来明瞭ではありませんでしたが、旧日本鋼索工業会（現線材製品協会）において次のように明確化しています。

#### (a) 自転角による定義

一端固定のロープを、自由につり下げた下端又は一端を引張試験機に固定して水平に取付けたロープの自由端に、規格破断力の20%の張力を加えたとき、ロープ径の10倍のスパンに対する自転角( $\theta$ )が $40^\circ$ 以下であるもの。

(注) 一般のロープは、 $\theta \approx 120 \sim 200^\circ$

#### (b) トルクによる定義

一端を引張試験機に固定して水平に取付けたロープの自由端に、張力(W)を加えたとき、ロープに生じる回転トルク(T)を計測し、次式によって算出したトルク係数(K)が $30 \times 10^{-3}$ 以下であるもの。

$$K = \frac{T}{W \times D} \times 10^3$$

ここで、W：ロープにかかる張力 N

T：張力Wによるトルク N・m

D：ロープ径 mm

トルク係数K値が小さいものほど、自転しにくいロープです。

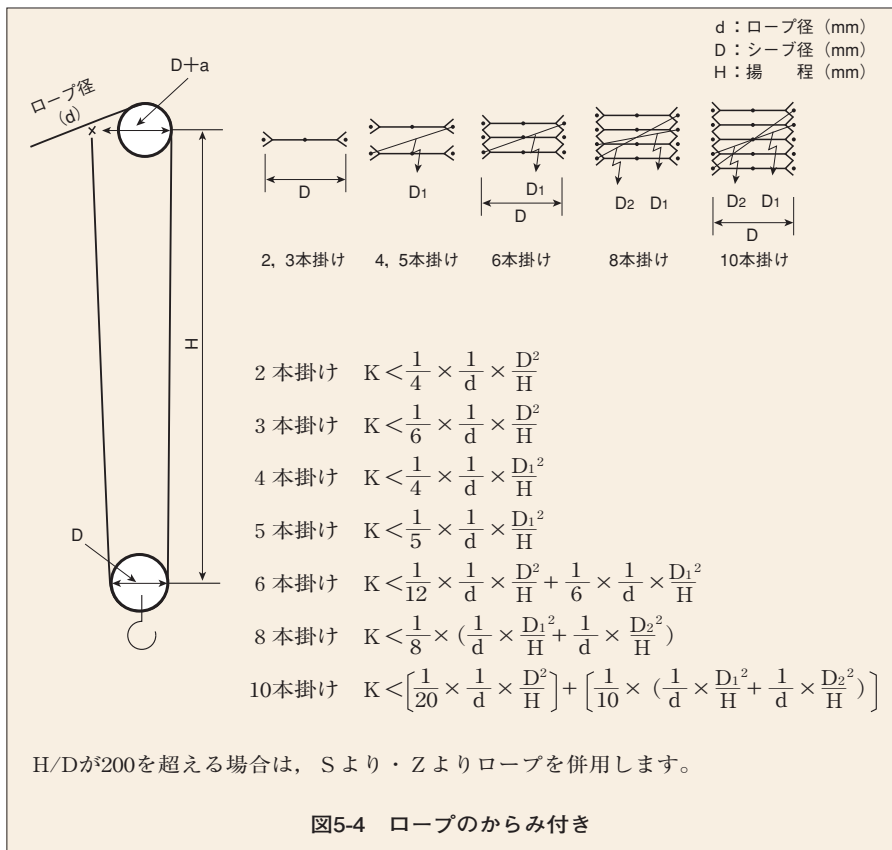
ロープ構成別のK値は表5-9のとおりです。

表5-9 ロープの構成別トルク係数 (K)

ロープ構成		K( $\times 10^{-3}$ )	備考
分類	構成例		
3ストランドモノロープ	3×F(40)	5 ~ 15	} 非自転性ロープ
4ストランドモノロープ	4×F(40)	10 ~ 20	
ナフレックス, ヘルクレス	35×7 18×7	10 ~ 20	
ロータレスロープ	SeS(48)+6×WS(31)	40 ~ 50	} 難自転性ロープ
ロングスーパーロープ	IWRC 6×Fi(29)	50 ~ 70	
X P ロープ	IWRC 6×WS(31)	50 ~ 70	
一般スーパーロープ	IWRC 6×WS(36)	80 ~ 100	

## ② 高揚程クレーン巻上索のからみ付き

1本のロープを多数本掛けにして高揚程で使用しますと、からみ付きが生じます。その対策として、トルクの小さいロープ（非自転性ロープ）が使用されますが、条件によってはからみ付くこともあります。からみ付かない条件を幾何学的に解析しますと、図5-4のように、左辺(K) < 右辺(引戻しトルク) となります。



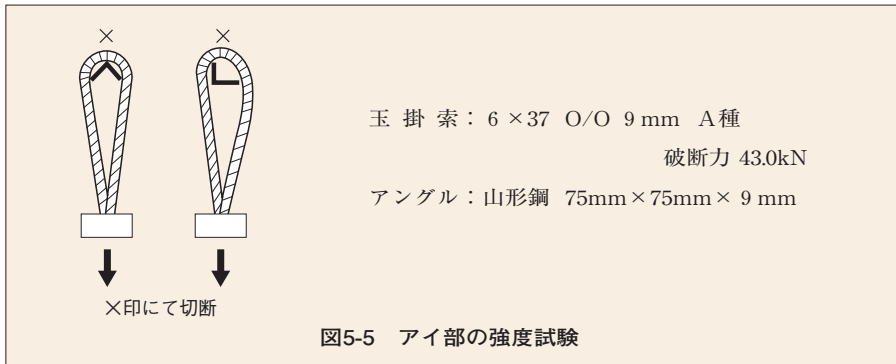
(注) フックが45°以上回転すると、不安定な状態となるので、条件式の右辺に  $\frac{1}{\sqrt{2}}$  (= sin45°) を乗じた数値をとるのが、より安全です。

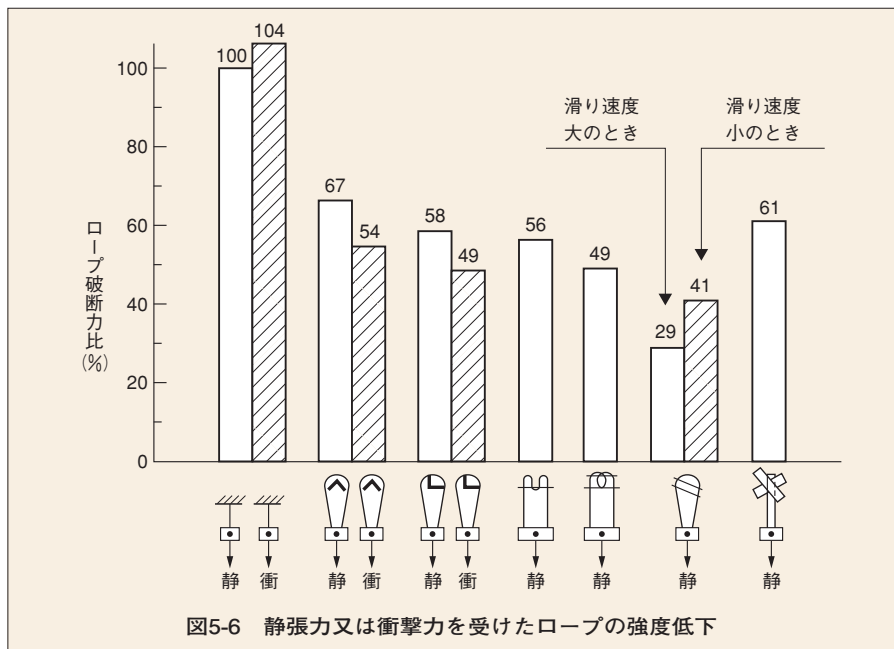
## 6 玉掛索にかかる張力

玉掛作業は、1本つりで行うことは少なく、2本つり以上がほとんどです。このときロープ1本当たりに働く張力の基本となるのは、つり荷の重さ／つり本数ですが、次に示すように荷の形状や重心位置あるいはつり方によって、各ロープに対して均一な引張力が働くとは限りません。

### ① 等辺山形鋼（アングル）にかけたロープの強度低下（ロープ2本つり）

図5-5のように、玉掛索をアングル（型鋼）にかけて強度試験を行った結果は図5-6のとおりで、ロープとアングルがいろいろな状態で静張力又は衝撃力を受けた場合のロープの強度低下を示しています。この図からアングルに掛けたときのロープの破断力は、静的試験では約60%に、衝撃試験では約50%に低下することが分かります。





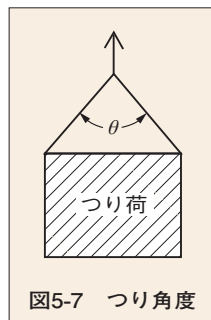
## ② つり角度の影響

2本つりにした場合は、図5-7のようにつり角度（ $\theta$ ）が生じます。同一荷重の荷をつった場合でも、 $\theta$ が大きくなるに従ってロープに働く張力は大きくなります。

$\theta = 0^\circ$  すなわち2本の玉掛索が平行になるときのロープ張力を1としたときの $\theta$ とロープ張力との関係は、表5-10のようになります。

表5-10 つり角度による張力増加係数

つり角度( $\theta^\circ$ )	ロープ張力の増加係数(K)	つり角度( $\theta^\circ$ )	ロープ張力の増加係数(K)
0	1.00	80	1.31
10	1.01	90	1.41
20	1.03	100	1.56
30	1.04	110	1.74
40	1.07	120	2.00
50	1.10	130	2.37
60	1.16	140	2.93
70	1.22	150	3.86



(注) 張力増加係数 (K) =  $\frac{1}{\cos \frac{\theta}{2}}$



実作業においては、荷が不安定にならない限り、つり角度は原則として60°以下にします。

つり荷重(W)は、次式によって求めます。

$$W = \frac{Tn}{FK} \text{ N}$$

ここで、K：ロープ張力増加係数（表5-10 参照）

T：ロープの破断力 N

n：つり本数

F：安全係数（= 6）

また、荷を安全につるために必要なロープの破断力は、F = 6 とすれば

$$T \geq \frac{6WK}{n} \text{ N}$$

図5-8 のように奇数本でつる場合やロープの長さが異なる場合は、それぞれのロープに加わる張力のうち、最も大きいもので計算します。

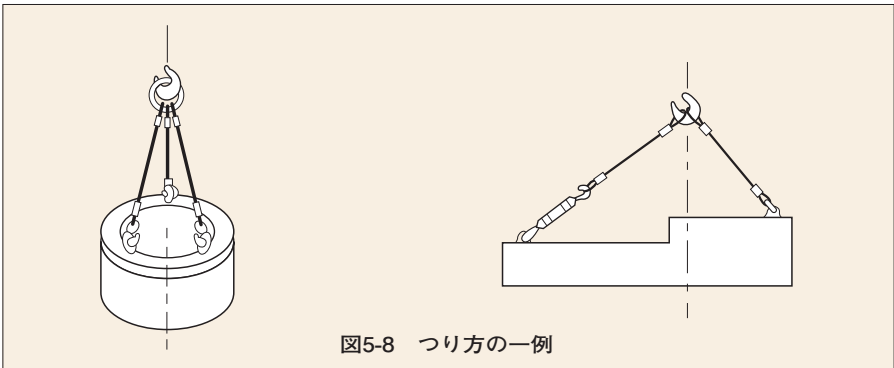


図5-8 つり方の一例

玉掛索を3本以上の多本数掛けにしたときは、それぞれのロープに均等に張力がかからない場合も出てきます。特殊なつり方をする場合は、お問い合わせ下さい。

玉掛索がつり荷の鋭利な角と強く接したり、小さく曲げられたりして使われる場合は、計算上の値よりも実際の安全率が低くなっていることを念頭において作業して下さい。

### ③ 玉掛索の曲げによる強度低下

ロープをフック等の円筒形の物に巻き付けると、折り曲げられた部分の強度は、曲げられないまっすぐな部分の強度より低下する。この低下する割合は、折り曲げ部の径とロープの構成により異なる。その代表的なものの実験値を表5-11に示す。

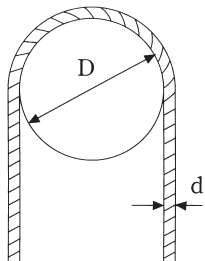
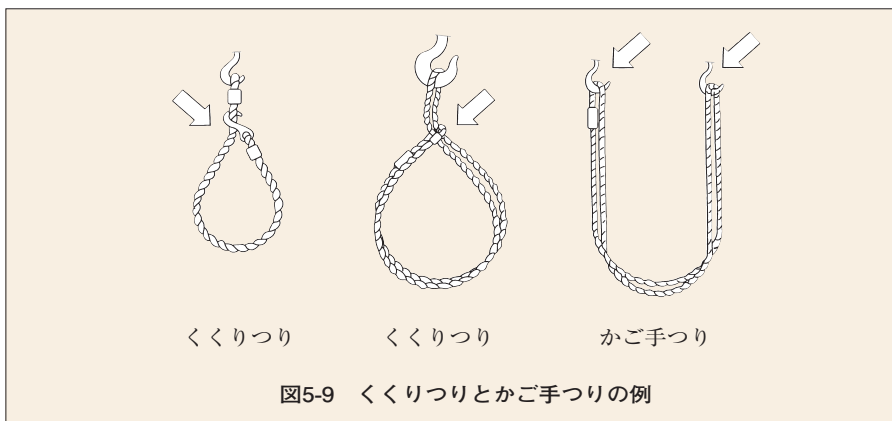


表5-11 折り曲げによる強度低下率 (%)

ロープの構成	D/d			
	1	5	10	20
6×24	50	30	25	10
6×37	45	22	10	5
6×Fi(25), Fi(29)	45	25	15	4

したがって、図5-9のようなくくりつりとかご手つりの場合は、↓印の部分の強度低下を考慮しなければならない。



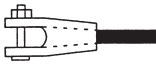
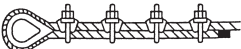
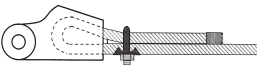
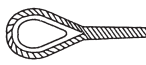
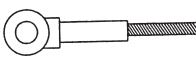
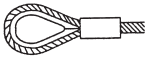
(注) その他詳細については、線材製品協会監修「玉掛索の正しい取扱い方」をご参照下さい。

## 7 ロープ端末の止め方

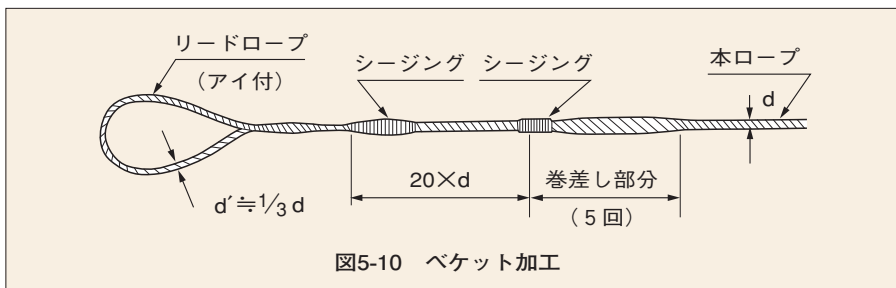
### ① ロープの端末加工法

ロープの端末を機械などに取付ける場合の止め方には、大体表5-12のような方法があります。

表5-12 ロープ端末の止め方

端末加工の種類	略 図	効率 %	備 考
ソケット止め (合金止め)		100	合金又は亜鉛鍍込み法
グリップ止め		75~85	増し締めが必要。加工不適当なものの効率は50%以下
コッター止め (くさび止め)		60~80	加工不適当なものの効率は50%以下
アイスプライス		70~95	14mm以下の効率 95% 16~20mmの効率 90% 22~26mmの効率 85% 28~38mmの効率 80% 40~48mmの効率 75% 50mm以上の効率 70%
シングルロック (圧縮止め)		100	繊維心ロープの場合は心網の入れ替えが必要
トヨロック (アイ圧縮止め)		95	アルミ素管をプレス加工する。

- (注) 1. 太径のロープでは、効率に差が出ることがあります。  
 2. ソケット止め加工法、アイスプライス加工法については、当社パンフレットをご参照下さい。  
 3. 端末の止め方には、上表に示す方法以外に、ロープを引出す場合の端末加工法として、図5-10に示すようなベケット加工法があります。  
 4. 効率の値は線材製品協会発行「ワイヤロープの取扱い方と選択」より抜粋。



## ② グリップ止め

グリップ止めは、ロープ末端加工のうちで最も手軽な方法ですが、誤った止め方をしますと、ロープが抜けて大事故を起こすことがありますので、図5-11に示す方法に従って慎重に行ってください。グリップの取付基準を表5-13に示します。

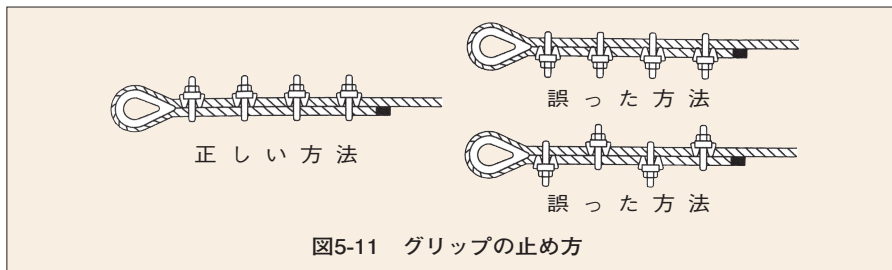


表5-13 ワイヤグリップ取付基準

ロープ径 mm	グリップの種類		取付個数			取付間隔 cm	締付けトルク(標準) N・m		
	鍛造製	鋳造製 <sup>a)</sup>	6×7	6×19	6×24 6×37		6×7	6×19	6×24 6×37
6	F6	MR6	6	5	4	4	6	5	4
8	F8	MR8	6	5	4	5	12	10	8
9	F10	MR10	6	5	4	6	17	14	12
10			6	5	4	7	22	19	16
12	F12	MR12	6	5	4	8	34	29	24
14	F14	MR14	6	5	4	9	52	46	37
16	F16	MR16	6	5	4	10	73	63	52
18	F18	MR18	8	7	5	12	93	81	67
20	F20-22	MR20-22	8	7	5	13	116	100	82
22			8	7	5	14	141	121	101
24	F24-25	MR24-25	8	7	5	16	166	143	119
26	F26-28	MR26-28	8	7	5	17	193	165	137
28			8	7	5	18	228	196	163
30	F30-32	MR30-32	9	8	6	20	261	224	188
32			9	8	6	21	315	270	225
36	F33-38	MR33-38	11	9	7	23	365	313	261
40	F40-45	MR40-45	11	9	7	26	419	359	299
44			11	9	7	29	487	418	348
48	F47-50	MR47-50	12	10	8	31	556	477	397

注記 6mm, 8mmはJIS B 2809 : 2018。それ以外は送電線建設技術研究会発行の「送電線工事用索道教本」に準拠

注a) 鋳造品は非JIS品です。

- (注) 1. ワイヤグリップ取付後は、ゆるみを防ぐためにロープに張力を与え、必ず増し締めを実施して下さい。  
 2. 繊維心入り平行よりは6×19と同様とし、ロープ心入り平行よりは、ロープが硬いことから6×19より更に1個増やすようにして下さい。

## 8 ロープ用素線の特性値

### 1 材料別特性

表5-14 材料別特性

特 性	ステンレス鋼線		硬 鋼 線
	SUS 304	SUS 316	
比 重 $\text{g/cm}^3$	7.93	7.98	7.8
線膨張係数 $20^{\circ}\sim 200^{\circ}\text{C}$ ( $\times 10^{-5}$ )	1.73	1.60	1.20
熱伝導率 $\text{cal/cm}\cdot\text{sec}\cdot^{\circ}\text{C}$	0.039	0.037	0.12
比 熱 $\text{cal/gr}\cdot^{\circ}\text{C}$	0.12	0.12	0.10
電気抵抗 $\mu\Omega\cdot\text{cm}$	72	74	12
焼入硬化性	無	無	有
融 点 $^{\circ}\text{C}$	1399~1452	1371~1399	1500~1530
耐 磁 性	弱磁性	非磁性	磁性
備 考			

### 2 素線の硬度

表5-15 引張強さ別硬度

引張強さ $\text{N/mm}^2$	硬 度		引張強さ $\text{N/mm}^2$	硬 度		引張強さ $\text{N/mm}^2$	硬 度	
	Hv	Hs		Hv	Hs		Hv	Hs
441	195	28	1180	335	47	1910(T種)	480	64
588	225	33	1320	365	50	2060	510	66
735	250	36	1470	395	54	2210	540	68
883	280	40	1620(A種)	425	58	2350	570	71
1030	310	43	1770(B種)	450	60	2450	595	74

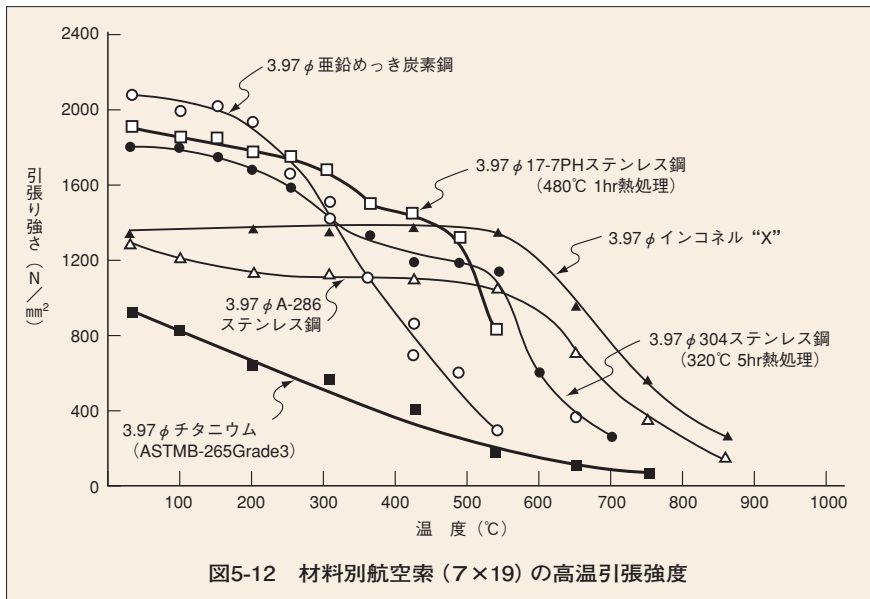
### 3 素線の線膨張係数

表5-16 炭素含有量別線膨張係数実測値

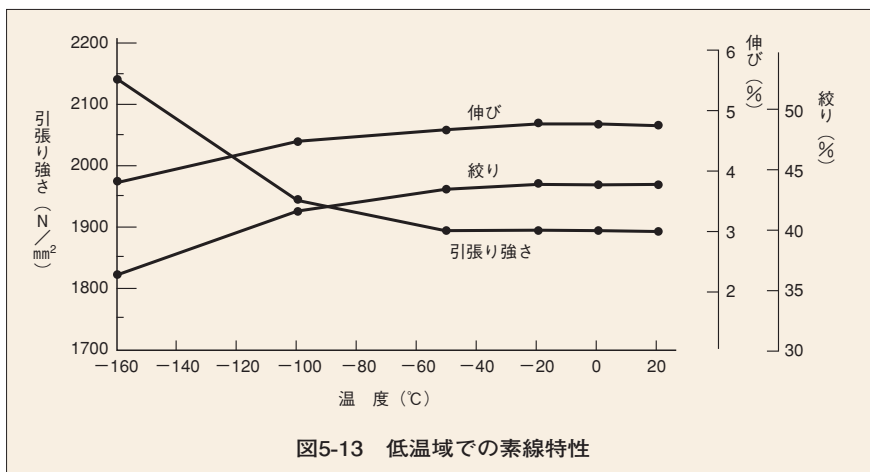
炭素量 %	膨張係数 ( $\times 10^{-5}$ ) [測定温度 $60\sim 100^{\circ}\text{C}$ ]
0.80	1.21 ~ 1.22
0.60	1.20 ~ 1.22
0.40	1.22 ~ 1.23

#### 4 ロープ及び素線の熱影響

##### (a) 高温特性



##### (b) 低温特性



## 5 亜鉛めっきの耐食性

### (a) 大気中での腐食例

表5-17 大気中での腐食減量 (g/m<sup>2</sup>/年)

項 目	田園地区	海岸地区	都市地区	工業地帯	重工業地帯 科学工業
腐食減量	7~10.5 X̄ 9.0	10.5~17.5 X̄ 14.0	17.5~24.5 X̄ 21.0	24.5~35.0 X̄ 30.0	35.0~52.5 X̄ 42.0

(注) 裸は、亜鉛めっき品に対して、25倍くらいさびやすい。JIS H 8641解説  
出典：理工図書「溶融亜鉛めっき」

### (b) 土中での腐食例 (亜鉛めっきパイプ)

表5-18 土中での腐食速度 (mg/dm<sup>2</sup>/day : mdd)

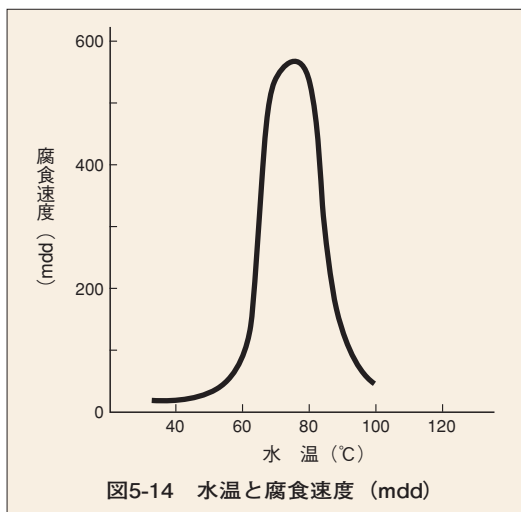
土 砂	粘 土	砂利質畑土	砂 質 畑 土	畑 土	粘土質畑土
1.70	0.29	0.10	1.00	7.90	0.28

### (c) 水中での腐食例

表5-19 水中での腐食めっき減量 (mm/年)

項 目	上 水	井 水	工業用水	処理下水	海 水
静 水	0.002	0.003	0.003	0.004	0.006
流 水	0.033	0.026	0.027	0.030	0.052

### (d) 水温と腐食速度



## 6 亜鉛アルミ合金めっき（ジンカール）の耐食性

ジンカールは、亜鉛とアルミニウムの防食性の長を兼ね備えためっきで、ロープのような長尺物の製品ではその威力を発揮し、特に水産用で重用されています。

表5-20にめっき材料別の特性比較を示し、図5-15に亜鉛めっきとジンカールの塩水噴霧試験による耐食性の比較を示します。

表5-20 めっき材料別特性比較

特 性		ジンカール	亜鉛	アルミ
耐 食 性		◎	○	◎
耐局部腐食性	犠牲防食性	○	○	△
	耐孔食性	○	○	△
	耐隙間腐食性	○	○	△
めっき密着性		○	○	○
線の機械的性質		○	○	△

◎…優 ○…良 △…やや劣る

### 備考 局部腐食の種類

#### (1) 犠牲防食

2つの異なった金属を液中で接触させますと、両者間で電池が形成されて、腐食が生じます。このとき、卑の電位の金属が優先的に腐食して、貴の電位の金属の腐食を抑制します。めっき製品においては、このように卑の金属が貴の金属の腐食を抑制する現象を犠牲防食と呼びます。ロープのように長尺物の場合は、局部的にきずを受けて鋼地が露出することがあっても、犠牲防食性のあるめっき材料であれば長期間腐食が抑制されて、製品全体のダメージとはなりません。したがって、めっき材料としては母材よりも卑の電位であることが必要で、ジンカール及び亜鉛はあらゆる状況下でこの条件を満たしていますが、アルミニウムは、ある状況下で電位が逆転する場合があります。

(2) 孔食  
腐食が金属表面の局部に集中して起こって、金属が孔状（ピンホール）に消耗する現象を孔食といいます。アルミニウムは孔食を起こしやすく、表面的に異常は無くとも内部の鋼地が腐食している場合があります。

#### (3) 隙間腐食

金属の合わせ目や表面付着物などによって生じた隙間は、液中からの溶存酸素やイオンの供給が不十分になり、内外で濃淡電池を形成して腐食が促進します。この現象を隙間腐食といいます。アルミニウムはこの感受性が強く、隙間部においては腐食が早期に進行します。

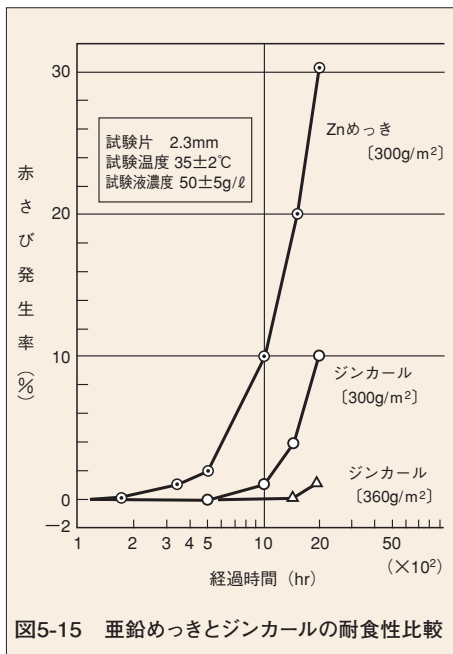


図5-15 亜鉛めっきとジンカールの耐食性比較