

## 技 術 資 料

### ワイヤーロープにおける最近の進歩 (I)

西 岡 多 三 郎\*

#### RECENT DEVELOPMENTS IN WIRE ROPE

— A Review —

Tasaburo Nishioka

#### I. 結 言

スキップ巻のロープが切れたら高炉は止まり、取鍋のロープが切れたら平炉作業員の生命にも関係する。

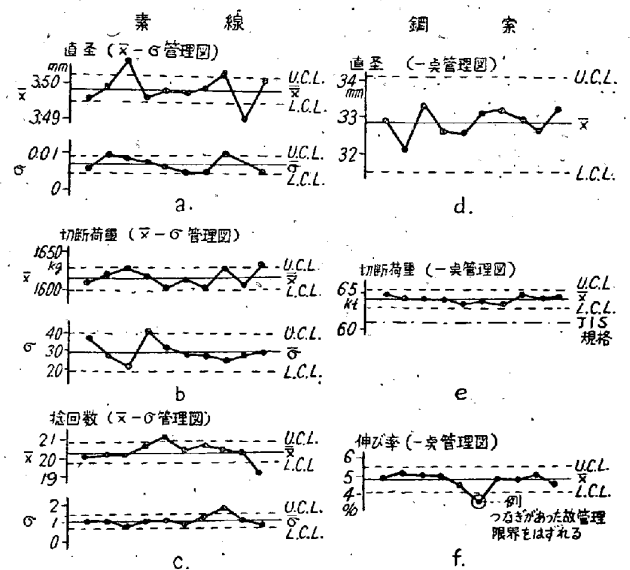
このようなことは鉱山の人車、ビルのエレベーター、工場の起重機についても同様である。しかし残念ながら今日なおこのような事故が絶無とはいえない。したがってロープの技術的研究は保安と経済の両面から行われなければならない。この意味においてメーカーと使用者との共同研究が必要である。

1950年9月 The Institution of Mining and Metallurgy 主催の国際ロープ会議をはじめとして内外における研究発表がみられ、わが国においても近來ロープに関する関心が増大しつつある。本稿においてはロープに関する進歩と考え方の変遷についてその概要をのべる。

#### II. ワイヤーロープの良否

ロープの良否は規格に対しよいといわれる場合と実際にそのロープを使用した実績に対しよいといわれる場合とがある。前者は主として行ないやすい関係でワイヤーの抗張力、ねじり、繰返し曲げ、巻解等の機械試験についてメーカーにおいて行われ、後者は破損によりロープを取換えるまでの期間、仕事量等について使用者において行われる。この二者は一致してよいはずであるが実際に一致しない場合がしばしばある。したがってロープの良否を論ずる場合は規格的であるか、実績的であるかを決める必要がある。

規格に対する試験結果はたとえば第1図に示すごとく統計的品質管理が行われ数値が大で不同のないものがよいとされている<sup>1)</sup>。



第 1 図

実績に対する試験結果は用途により頗る広範囲であつて建設機械用として数日、鉱山用として数カ月、索道用として数年、主索として数十年使用して取換えられるものもある。

ドイツの炭礦の堅坑用ロープでは50年間の使用実績よりしてロープ1kgに対するそのロープの仕事量につき300 t.km/kg という基準をだしている<sup>2)</sup>。この数値より大きい仕事をした場合はそのロープはよいということになる。このような考え方は表現は異なるが、さく井用、エレベーター用、起重機用ロープにも漸次採用されつつある。

#### III. 鋼、鋼線、鋼索

ワイヤーロープは JIS では鋼索といわれているが船舶、漁場の現場ではマニラロープのことをロープといい

\* 帝国産業株式会社取締役技師長

第 1 表

抗 張 力			日 本	米	英	独 (DIN)
kg/mm <sup>2</sup>	ton/□"	lb/□" ×1000				
120	80	175	1種(155 kg) 2種(165 kg) 3種(175 kg)	Extra strong C.S. (134 kg)	Patent steel (80 t)	130 kg
140	90	200		Plow steel (147 kg)	Improved P.S. (90 t)	
160	100	225		Improved P.S. (161 kg)	Mild plough S. (100 t)	160 kg
180	110	250			Improved plough S. (110 t)	

ワイヤーロープのことをワイヤーと呼んでいる。また鉱山、工場等ではマニラロープはほとんど使用されないでロープと呼んでいる。

鋼索という言葉は書類の上では使用されるが現場ではほとんど使用されていない。

各国のワイヤーロープはその強度により第1表に示すごとく分類されている<sup>3)</sup>。

(1) 表中で Crucible Steel (略号 C. S.) は商標名であつて実際にルツボ鋼を使つてゐるわけではない。

(2) Patent Steel (略号 P.S.) は特許という意味ではなくて air patenting (空気焼入) に因んだものである。

(3) Improved Patent Steel は lead patenting (鉛焼入) に因んだものである。

(4) Plow Steel は plowing machine (農耕機) に抗張力の強いロープが使用されたのに因んだものである。ワイヤーの抗張力は直径と製造上は関係が深いのであるが規格の上では径に無関係にきめられている。一般には線材の径は 5mm~16mm であるが 5.5mm~9.5mm が多く用いられている。ロープワイヤーの径は 0.4~4.0mm が多く用いられる。抗張力は太いものは 200 kg/mm<sup>2</sup>, 細いものは 300 kg/mm<sup>2</sup> が最高とされている。

よいロープはよい鋼で作らねばならないという觀念にもとづいてよいロープは酸性平炉鋼でなければならぬという觀念が以前は強かつた。現在でも、British Standard Specifications では炭礬用、エレベーター用には塩基性鋼の使用を禁じている。しかし、その他の国

では規格に合格さえすれば塩基性でも差支えないことになつてゐる。

わが国でも特殊なロープには現在でもスウェーデンの酸性平炉鋼が使用されている。しかし戦後スウェーデン鋼は木炭銑が Wiberg-Soderfors の sponge iron process により作つた海綿鉄に変わりつつある<sup>4)</sup>。わが国における国産材も高級なものは第2表のごとく漸次これに比肩しうようになりつつある。また線材1巻の重量は最近において 100 kg 束から 200 kg 束に変わりつつある。

戦前ロープはスウェーデン材、米材、歐洲材、国産材が使用されロープの良否はその順になるものと考えられていたが戦後のロープ製造技術は鋼より鋼線へ、鋼線より鋼索へと進んできている。

#### IV. ロープワイヤーの特性

強度の強い鋼線は大別すると二つになる。すなわちパテンティング後伸線されたワイヤーと焼入焼戻を行つたワイヤーである。すなわち線引ワイヤー (drawn wire) と熱処理ワイヤー (oil tempered wire) である。

両者の顕微鏡組織は倍率を拡大するといちじるしく異なる<sup>5)</sup>。

後者はばね用としては優秀であるがロープワイヤーとしては不適當である。

すなわち熱処理ワイヤーに比してパテンティング後線引したワイヤーは弾性限が低くその塑性がワイヤーロープとして適當なためである。それについて R.S. Brown<sup>6)</sup> はつぎの実験を行つてゐる。

第 2 表

	C%	Mn %	Si%	P%	S%	Cu%	Ni%	Cr%
戦前のスウェーデン線材	0.70	0.35	0.19	0.025	0.009	tr	tr	tr
最近のスウェーデン線材	0.71	0.43	0.27	0.008	0.020	tr	tr	tr
高級国産線材	0.72	0.46	0.23	0.016	0.016	0.016	0.017	0.025
普通国産線材	0.71	0.46	0.27	0.021	0.020	0.013	0.045	0.060

1. 焼入鋼線をロープワイヤーに使用して失敗した実例

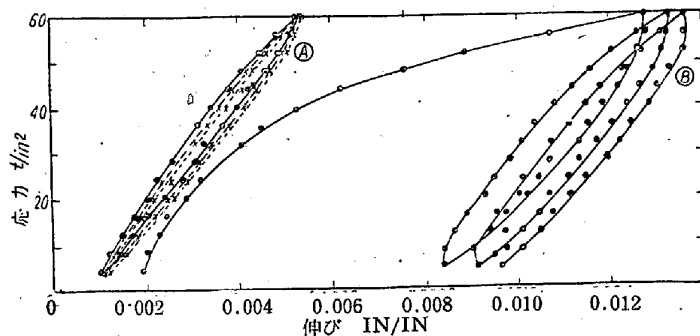
動的応力に耐え得るワイヤーの適否を決める従来の試験によつて起きた失敗は約 20 年前ロードアイランドの Bristol と Portsmouth 間に構築された Mount Hope 吊橋の歴史的な失敗によつて示されている。ロープが張られて何か月か後に、しかしまだ橋が完成する前にロープがシューに沿つて曲げられている個所でワイヤーが数本切れているのが発見された。これらの断線を見つけてから 6 週間の間にさらに断線が生じ、その数は増加して橋の墜落を避けるためには一部完成した橋を撤去する必要が生じた。

これらのロープを製作するに用いられたワイヤーは通常用いられるものと根本的に異なつていた。すなわち高抗張力という必要條件は油焼入、焼戻の熱処理でみだされその後溶融亜鉛メッキが行われていた。この当時としては斬新な製作方法を実施する前におなじ抗張力を持つた伸線したワイヤーと比較して慎重に疲れ試験が行われ疲労特性に大した差がみられなかつたので普通の方法を行わないことに対してある自信が持たれた。第 2 図に示す曲線は 2 種類のワイヤーの大きな相異を明らかにし、伸線されたワイヤーのカーブは加えられた応力の下での破壊に対する大きな抵抗を持つたサイクル状の応力歪特性の形を示している。

曲げにより生じた表面の応力をつぎの式から求めることができる。

$$E = \frac{d}{2} \left( \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_0} \right) \dots\dots\dots (1)$$

ここで E = 表面の歪, in/in  
 d = ワイヤーの直径, in  
 R<sub>1</sub> = 中心軸の半径, in  
 R<sub>0</sub> = 曲げる前のワイヤーの曲率半径, in  
 したがつて真直ぐなテストピースに対しては



第 2 図 炭素量 0.6%, 抗張力 158 kg/mm<sup>2</sup>, 熱処理ワイヤー (A) と炭素量 0.5%, 抗張力 159 kg/mm<sup>2</sup>, 鉛パテンテイング後伸線せるワイヤー (B) との応力-伸び曲線。

$$E = \frac{d}{2} \left( \frac{1}{R_1} - \frac{1}{\infty} \right) = \frac{d}{2} \left( \frac{1}{R_1} \right) \dots (2)$$

Mount Hope 橋の端止めシューは  $9\frac{3}{4}$  in の曲率半径を持ちこの周りに直径 0.193 in のワイヤーが曲げられていてその比は 50:1 である。第 2 図に示した直径 0.120 in のワイヤーに対しては、したがつて中心軸の曲率半径 6 in に相当し (2) 式から E = 0.01 となる。

しかしてこの程度の歪に対して熱処理をほどとしたワイヤーの表面での応力は材料の最大強度を越えるが、他方伸線したワイヤーに対しては表面の応力はおなじ程度の曲げに対して 60t/in<sup>2</sup> より小さいことがみられる。加えられた変動引張応力の効果は大きな意味を持つている。熱処理をほどとしたワイヤーがワイヤー表面の耐え得る最大値を遙かに越えた応力をつねに繰返し受けているのに対して伸線したワイヤーでは応力が加えられる度に歪が増大して表面に低い応力を保たせる。

2. 鉄道信号燃線規格改正の経緯

鉄道信号用ワイヤーの製造は、1934年最初に発行され 1936年改正された British Standards 163 条によつて 1943年以来管理されていた。この条項の本質は引張応力 40~50t/in<sup>2</sup> の範囲で最小伸び率が 12% である。これは焼鈍した半硬鋼の使用を必要とする。さらにこの条項は直径の 100 倍の長さに対して捻回数 25 を要求している。



第 3 図 信号用燃線ループの疲労による破断



第 4 図 破断しかけた疲労割れを示す、第 3 図の信号用燃線ワイヤー縦断面

この条項が適用されている期間中にかなり失敗が起きたが大部分がストランドの端のアイスプライスした個所であつた。代表的な場合が第3図に示されていて、ここでは破損の大部分は疲労の型で、残りのものはそこに増大した応力を支え得なかつたために引張によつて切断した。この種の失敗は全く代表的であるので疲労特性と結びつけたかなりの研究が企てられた。疲労破断寸前の顕微鏡検査は全く皆疲労による数多の疵があることを示し代表的な例が第4図に示されている。

焼鈍されたワイヤーの疲れ試験は、冷間加工によつてえられたおなじ抗張力を持つたワイヤーよりそんなにいちじるしくないが、低い値を示す傾向がある。代表的な試験が第3、4表のごとく二つのワイヤーで行われた。

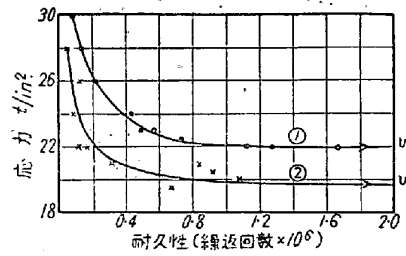
第 3 表

ワイヤーの分析		
	No. 1	No. 2
C %	0.14	0.34
Si %	0.121	0.144
S %	0.038	0.033
P %	0.032	0.033
Mn %	0.45	0.75

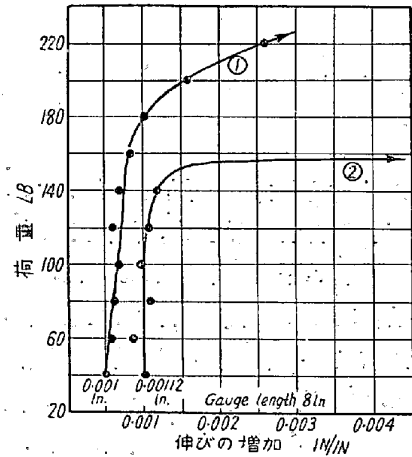
第 4 表

物理的性質		
	No. 1 (伸線後溶融 亜鉛メッキ)	No. 2 (伸線後焼鈍)
抗張力 t/in <sup>2</sup>	51.4	44.4
ゲージ長さ10in での伸び率%	6.65	12.25
直径の100倍の 長さでの捻回数	17	37
直径5mmの圆弧 に沿ての屈曲値	12	23
疲れ限度 t/in <sup>2</sup>	22.0	19.7
疲れ限度に対す る抗張力の比	1:2.34	1:2.26

No. 1 は所定の抗張力まで伸線され最後に熱亜鉛メッキが行われ、No. 2 は炭素含有量がこれより多い鋼からその太さまで伸線され、730°Cで溶融鉛によつて焼鈍された。その結果はつぎのとおりであるが二つのワイヤーの間には抗張力に差があるが抗張力に対する疲れ限界の比はいちじるしい差がみられないことを示している。



①伸線したワイヤー、②熱処理したワイヤー  
第5図 信号用撚線ワイヤーの疲労曲線



第6図 第5図と同じワイヤーの荷重—伸び曲線

Haig-Robertson 試験機によつてえられた耐久限度線図は第5図に示されている

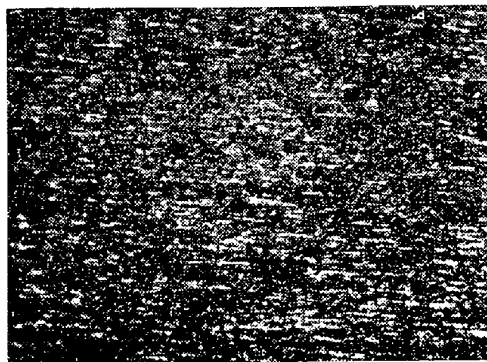
このようにして行われた疲れ試験は焼鈍された材料が疲労した状態にある時の不十分な性質に対してなんらの手がかかりももたらさないから2種類のワイヤーの荷重—伸び曲線がしらべられその結果はさきにもべた研究と一致した。第6図には焼鈍されたワイヤーの明確な弾性範囲が伸線されたワイヤーの塑性と全く対照的である典型的な曲線が示されている。焼鈍されたワイヤーの伸びが大きいことに以前は重要性をおいていたがこれは比較的低い荷重で生じ過応力状態に対して明らかに耐え得ないことを示している。この点において Mount Hope 橋で破損した熱処理ワイヤーとよく類似している。

結局伸線されたワイヤーで作られた信号撚線の全長検査が主線軌道の検査とともに行われ過去に起つた第3図に示されている3種類の失敗の個所が選ばれた。ある期間の後伸線されたワイヤーがこの部分の大きな応力に耐えていることが明らかとなり、撚線はループの部分でなんら破損の徴候をみせず、ある期間使用された。

この経験から British Standards の条項が改正されたこの目的に対して伸線されたワイヤーのみ使用するよう前回の遙かに高い最小値の代りに最大伸び率をおくという大変更が行われた。改正条項では捻り試験は明らかに

第5表 信号燃線用亜鉛めつきワイヤー

	B.S.S. 163	B.S.S. 163
	1936	1943
記号	W.S. 2	W.S.2 R
抗張力 t/in <sup>2</sup>	40—50	50—60
ゲージ長さ 10in での伸び率%	12(最小)	7(最大)
直径の 100 倍の長さでの捻回値	25(最小)	
直径 5mm の円弧に沿って屈曲値		15(最大)



第7図 熱処理した信号用燃線硬鋼ワイヤー縦断顕微鏡組織



第8図 伸線した信号用燃線軟鋼ワイヤー縦断顕微鏡組織

有用な効果を持たないために削除され、代りに曲げ試験が加えられた。二つの条項の要点は第5表であり第7図および第8図はこの二種のワイヤーの顕微鏡組織の相異を示している。

この改正以後新しい条項によつて作られたワイヤーからの燃線では第3図に示した型の疲労による失敗の例が一件も報告されていないことは注目すべきことである。

3. ロックドコイル巻索のコアーワイヤーの改良

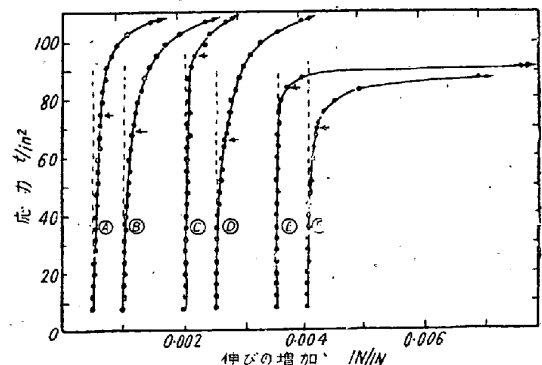
炭坑の巻索は英国では6カ月毎にコース元を切换えいずれの場合も6ft以上切取ることが規則で要求されて

いる。切取つた部分の試験によりしばしば疲労による破損が明らかにされ、これはとくに外見上最も影響を受ける深い堅坑のロックドコイルロープの場合に多い。このようなロープから取つた17本の索線からなる層の写真が第9図に示されていて表面の損傷をとまなわない疲労破断が明瞭にみられる。ロープの末端で早く断線が生じることからこの部分のロープが最も強い応力を受けるこ



第9図 巻揚機用ロックドコイルロープの下燃ワイヤーの疲労断線

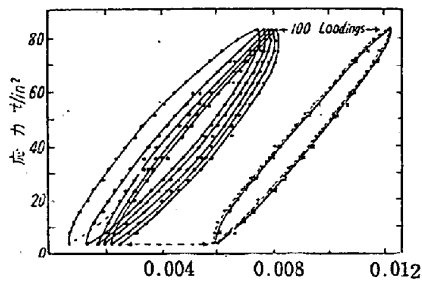
とが主張された。深い堅坑巻揚の場合にケージが坑底から巻揚げられる時にシーブ(プリーまたは滑車とも呼ばれる)のすぐ下にある部分ではロープの自重に加速度による力が加わつて、かなりより大きな応力が生ずるのでとくにこの主張を認めることは困難である。



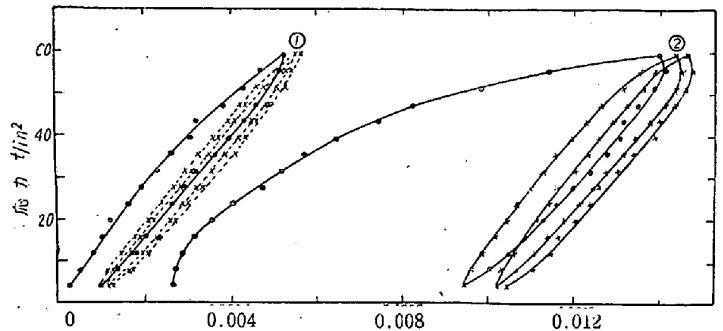
- Ⓐ 伸線したまま
- Ⓑ シーブで50回繰返し曲げたもの
- Ⓒ 切断荷重の75%に相当する荷重を20回加えたもの
- Ⓓ シーブで50回繰返し曲げた後にⒸと同様の処理をしたもの
- Ⓔ Ⓐを熱亜鉛メッキしたもの
- Ⓕ Ⓔをシーブで50回繰返し曲げたもの

第10図 炭素量0.6%、径3.05mmのワイヤーの応力—伸び曲線に及ぼす繰返し曲げおよび引張荷重の影響

これらのロープの自由端でのワイヤーの疲労断線に対して別の説明の仕方があることがうかがえる。第10図のⒸⒹの曲線を第11図の繰返し荷重曲線と結びつけてしらべれば純張力による応力を繰返し加えれば伸線されたワイヤーの示す塑性クリープの特性が損われ材料的にヒステリシスループの巾が減ることがわかる。しかし



第11図 バテンティング後伸線した径 3.05 mm  
ワイヤーの繰返し引張荷重一伸び曲線



第12図 シーブで 50 回繰返し曲げた第2図と同じ  
ワイヤーの繰返し引張荷重一伸び曲線

もしワイヤーが張力のかかった状態で曲げられることによりさらに内的な冷間加工を受ければ塑性クリープの能力が回復する。

第9図に示した型の疲労破損はプーリーやドラムによつて曲げられる部分のロープでは余りみられない。ここで曲げられている間にワイヤーは曲げだけでなくロープの全長にわたつて作用する加速度による力により加わる直接応力により過大応力を受けるから、この部分のロープが自由端より早く破損しないのは不思議である。したがつて塑性をワイヤーに保持させる曲げの効果に、ある意味を持たさねばならない。直接応力を受けるロープの自由端は使用中弾性変形をすると考えられ、したがつて普通にみられる疲労の型を生じがちである。

そして試験を行う前に燃を伸ばすに必要な操作が応力歪特性を完全に変えるので使用中に応力を生じていたワイヤーから直接応力歪特性を知ることが不可能である。しかし第2図の熱処理したワイヤーと冷間伸線したワイヤーが直接応力の下で繰返し曲げを受けた場合の状態をしらべることは興味がある。これらのワイヤーは、ワイヤー径の115倍に等しい直径のシーブ上で50回曲げられ、その端の荷重は  $4.5t/in^2$  の引張応力に相当する。

この操作を行つた後に連続三回直接応力を加えて減少させた結果が第12図に示されている。熱処理をほどとしたワイヤーはわずかな永久伸びを生じ、連続的に荷重を

加えた時にクリープの形跡がある。伸線したワイヤーのいちじるしい塑性はさらに荷重を加えるとクリープ率が減少する徴候はあるがこの操作によつて材料的な影響を受けない。

ロックドコイルロープ用ワイヤーを作る方法が最近粘性を増加させる見地から改良されたことは注目に値し、またコース元の破損は以前より減少している。

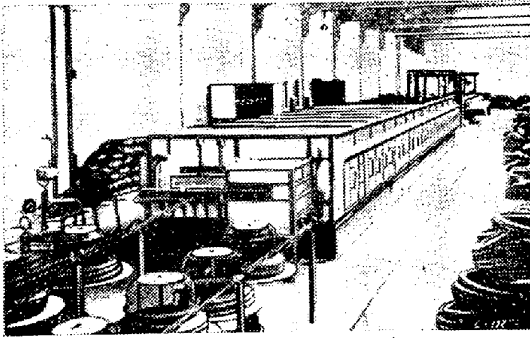
第6表にはこの研究でのべた種々の処理をほどとしたワイヤーについてのヒステレシスの数値、永久伸びやクリープ率が示されている。伸線したロープワイヤーの低い温度での熱処理は、ばねや永久に弾性が必要な部品を作つて後に伸線したワイヤーの安定した性質を生ずるために行われるから、この熱処理によるクリープやヒステレシスの減少は最も重要な事項である。

### V. b ロープワイヤーの製造

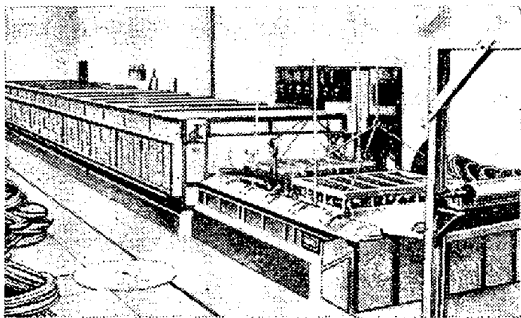
Patenting には air pat. と lead pat., salt pat. があるが salt pat. は現在ほとんど使用されていない。air pat. は原価が安くつくので細いワイヤーには今日なお使用されているが太い線または高抗張力を必要とするワイヤーには lead pat. が最適なものとしてされている。鉛の消費を節約するために河上博士の発明による変成ガスを使用すると実際作業において鉛の消費量を焼線 1 t 当たりについて従来の方法では 12 kg/t,

第 6 表

No.	試料の状態	抗張力 t/in <sup>2</sup>	最初に荷重を加えた時の永久伸び in/in	3回目に荷重を加えた時のヒステレシス in/in	3回目に荷重を加えた時のクリープ率
1	炭素 0.60%, 伸線した試料	114.0	0.001, 05	0.000, 181	0.000, 038
2	250°C で 30 分間加熱した試料	112.0	0.000, 062	0.000, 042	0.000, 018
3	炭素 0.60% 油焼入焼戻を行つた試料	100.5	0.000, 010	0.000, 042	0.000, 008
4	No. 3 をプーリーで 50 回曲げた試料	100.5	0.000, 073	0.000, 052	0.000, 011
5	炭素 0.50%, 伸線した試料	100.8	0.000, 645	0.000, 14	0.000, 049
6	No. 5 をシーブで 50 回曲げた試料	100.8	0.000, 678	0.000, 11	0.000, 025



第13図 二重マッフル式パテンティング炉の入口側，加熱長さ 14m，マッフルの巾は 2.5~6mm 径のワイヤーには 760mm，1~2mm 径のワイヤーには 380mm，焼線高 400 又は 116 kg/h，所要電力 100または 35KW。



第14図 パテンティング炉の出口側，鉛鍋の厚い断熱カバーに注意。

Bright patenting では 2kg/t で約 83% の減少となる。価格的には 1 炉 1 日約 14,000 円安くつく。したがって lead pat. は原価的にも安くなりつつある。

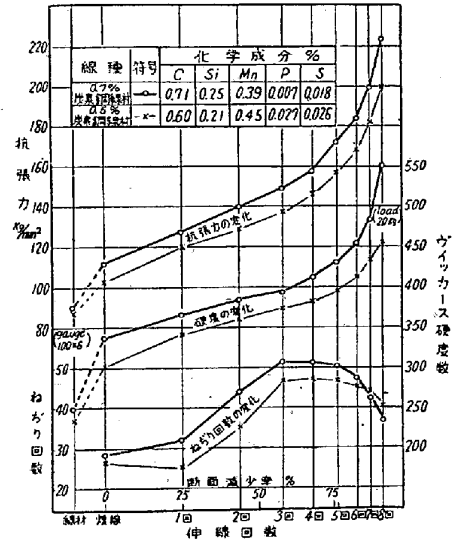
熱源は電気 (第 13 図，第 14 図)<sup>9)</sup>，石炭，ガス，重油等が用いられているが，現在わが国では取扱および経済的見地からして重油の間接あるいは直接加熱炉に Proportioning oil burner が自動調節的に使用されるようになりつつある。Patenting temperature を一定にすることはワイヤー製造の第一要件で温度が高過ぎると酸脆性を起しやすく温度が低過ぎると伸線後ワイヤーを低温焼鈍した場合機械的性質はいちじるしく劣化する。

Bright pat. したものは酸洗の必要がなく酸脆性の心配もないが，そうでないものは硫酸で酸洗され石灰あるいは磷酸被膜がつけられ乾燥後伸線される。

伸線における焼結ダイスの戦後の普及は単独伸線より連続伸線へ，電気溶接，線材重量の増大，運搬設備の機械化，固形石鹼より粉末石鹼，伸線速度の増大，ダイスの冷却への変化をうながし熟練工と重労働を要せず能率を向上し，不同線を減少せしめる結果となつている。

### VI. ロープワイヤーの性質

ワイヤーの強さはワイヤーの成分，パテンティング，伸線落し量，伸線温度によりきまる。5.5mm の線材を lead pat. したものについてその実例を示すと第 15 図のごとくなる。



第 15 図

現場においては総落し率は 77~87% 位が適当とされそれ以下であると捻回値に不同を生じ，それ以上であると，over drawing の傾向がみられる。1 回落しは 13~25% が使用され第 7 表は 13.4% 落とし (九四落し) の実例を示す。これを 1 pass 抜くと第 8 表に示すごとく 25% 落としになる。

第 7 表 13.4% 落とし線径表

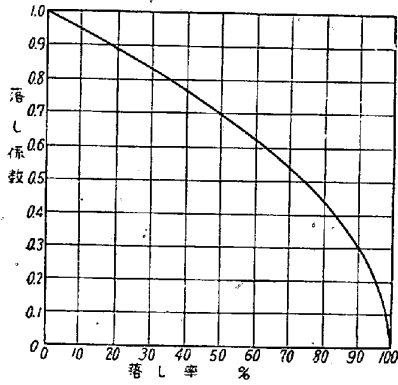
伸線回数	線径 mm	伸線回数	線径 mm	伸線回数	線径 mm
1	9.94	7	4.19	13	1.77
2	8.61	8	3.63	14	1.53
3	7.51	9	3.14	15	1.33
4	6.45	10	2.72	16	1.15
5	5.59	11	2.35	17	0.994
6	4.84	12	2.04	18	0.861

第 8 表 伸線回数と落としとの関係

伸線回数	1回の落し率	落し係数	総落し率	総落し係数	長さ
0	0%	0	0%	0	1.000
1	25%	0.864	25	0.864	1.336
2	〃	〃	44.5	0.746	1.785
3	〃	〃	58.9	0.644	2.380
4	〃	〃	69.5	0.556	3.162
5	〃	〃	76.8	0.480	4.220
6	〃	〃	82.3	0.415	5.590
7	〃	〃	87.2	0.358	7.500
8	〃	〃	90.4	0.309	10.000
9	〃	〃	92.8	0.267	13.315
10	〃	〃	94.4	0.231	17.850

第9表 高抗張力線試験結果

原線径 mm	原線抗張力 kg/mm <sup>2</sup>	1回の 落し率 %	伸 回 線 数	総落し率 %	伸線速度 m/mn	上り線径 mm	上り線 抗張力 kg/mm <sup>2</sup>	伸 び (ゲージ100 mm) %	絞 %	捻回数 (100δ)	巻 試 験
9.94	111.7	13	20	94.1	30	2.43	231.3	1.5	46.9	26 <sup>11</sup>	良
9.94	111.7	25	10	94.1	30	2.43	258.5	0.8	40.7	6 <sup>*</sup>	ホ



第 16 図

1 pass 25% 落しは以前は八六の落しの秘伝とされていたが、これは係数の 0.86 に因んだものである。

伸線の際の落し率と落し係数の関係を示すと第 16 図のごとくである。

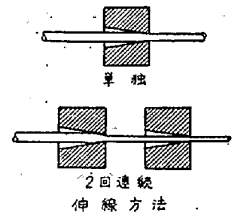
総落しに対する 1 回落しの関係は伸線温度にいちじるしい関係を持つものである。実例を示すと第 9 表のごとくになる。

この実例において 10 回引きのものが 20 回引きに比していちじるしく硬化して脆化するのには伸線温度の影響である。したがってこの実験においては各 pass 間においてワイヤーを室温に冷却して伸線したものであるが、冷却を待たずして伸線するとさらに脆化する。時には表面マルテンサイトを生じることもある<sup>9)</sup>。これに反しダイスの冷却または伸線温度を低下せしめれば 10 回落しでもその脆化を防ぐことができる。この点はロープワイヤーを作る上にとくに必要なことなのでさらに実例をつぎに掲げる。

スチールワイヤーを強度に常温伸線する場合は伸線エネルギーの 70% は変形に費され 30% は熱になるといわれる。第 10 表は air pat. せる径 5.6mm 0.8% 炭素鋼線を左方は 25% 落しで 6 回、右方は落し率多く 44% 落しで 3 回伸線せる場合のワイヤの温度を示す。これにより落しの多い方が温度が遙かに高くなることがわかる。ただし各回ともワイヤーを常温にしたものを伸線した。落しの大小によりワイヤーの温度は異なるが伸線温度とワイヤーの機械的性質とはいかなる関係があるか

第 10 表

5.6mm 2.35mm (25%落し)			5.6mm 2.35mm (44%落し)		
落し回数	線径(mm)	伸線温度(°C)	落し回数	線径(mm)	伸線温度(°C)
0	5.60		0	5.60	
1	4.84	100	1	4.19	150
2	4.19	100	2	3.14	170
3	3.63	100	3	2.35	240
4	3.14	140			
5	2.72	150			
6	2.35	160			



伸線方法	線径(mm)	抗張力(kg/mm <sup>2</sup> )	伸び(%)	絞(%)	捻り	巻解
A 25%落し 2回連続 50°C	2.32	200.0	2.0	29	3x	6 マ
B 44%落し 単独 60°C	2.49	189.5	1.6	46	6x	6 マ
C 25%落し 単独 60°C	2.44	176.5	1.7	49	36H	8 良
A' 25%落し 2回連続(水) 60°C	2.39	179.3	—	—	40H	9 良
B' 44%落し 単独 0.1°C	2.36	170.0	1.2	41	40H	9 良

実験し第 10 表にその方法を示した。A, B は伸線温度高く A', B' は A, B の方法と同様であるが伸線温度が昇らぬよう水冷または伸線速度をおそくした。C は第 10 表よりわかるごとくあまり温度は上らない。また、かくのごとき伸線方法により径 2.35mm の上りワイヤーにつき機械試験を行つた結果をも示してある。

A, B の方法では抗張力は強いが捻り、曲げ、巻解とも悪い。おなじ方法でありながらワイヤーの温度を昇らないようにした A', B' あるいは C の方法においては捻り、曲げ、巻解ともに良好である。以上の結果より伸線すれば温度は昇ることがわかり、伸線温度が高ければ機械的性質が悪く低くければ良好であるということがわかる。すなわち伸線温度が 200°C をすぎると上りワイヤーは脆化するが逆に伸線温度を 20°C 以下にしてもとくに靱性はよくなる。

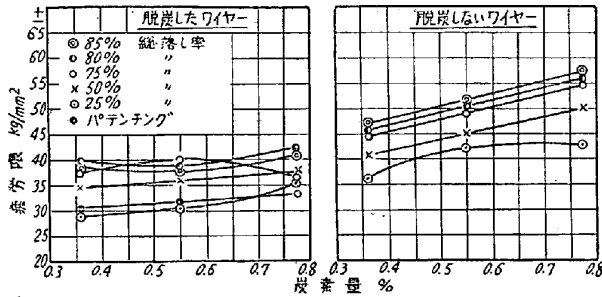
ワイヤーの硬度は一般には抗張力が大になるほど大になりヴィッカーズの硬度と抗張力の比は約 2.5 であるが製造法によつてはいちじるしく変化する<sup>10)</sup>。

炭素量と脱炭の疲労におよぼす影響は第 17 図に示すごとくである<sup>11)</sup>。

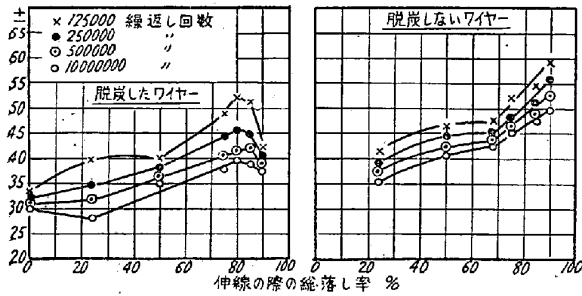
疲労に対しては炭素量が増加しても脱炭すればその価値を失うことがわかる。bright pat. したワイヤーの実例を示すと第 18 図のごとくで同様の結果を示している。

ワイヤーの cuppy fracture は主としてダイス角度によるものでこの点焼結ダイスを使用することにより、鋼ダイスより良好な結果がえられるが磨耗してダイス角





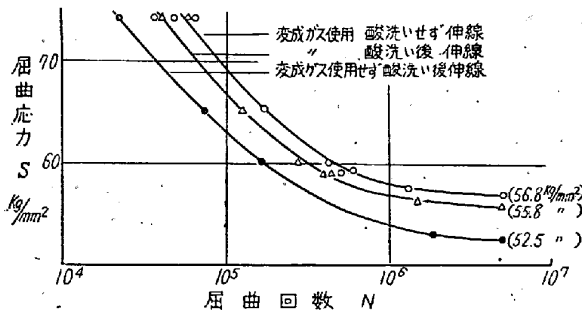
パテントング後伸線したワイヤーの曲げ疲労に及ぼす炭素量と脱炭の影響



パテントング後伸線した炭素量0.36%のワイヤーの曲げ疲労に及ぼす総落し率と脱炭の影響  
 図中左側は脱炭したワイヤー  
 右側は脱炭しないワイヤー  
 縦軸は疲労限, 横軸は炭素量

第 17 図

		変成ガス使用せず 酸洗す	変成ガス使用 酸洗す	変成ガス使用 酸洗せず
機 械 試 験	抗張力 $kg/mm^2$	171.4	171.7	172.4
	ねちり回数 $1/10s$	31	35	33
	繰返し曲げ 曲げ半径 11.6mm	108	102	108
身 査	巻 解	良	良	良
常 規 試 験	重量減少率 %	33.5	33.0	31.6



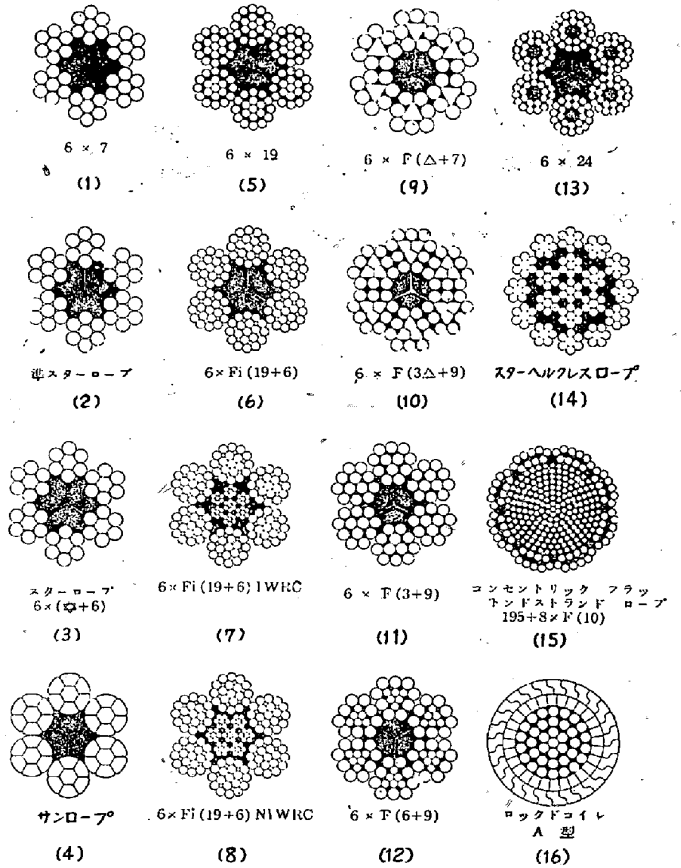
第 18 図

度が大になれば同様な結果になる<sup>12)</sup>。

伸線中に原因不明の断線を生ずることがある。この場合酸脆性による亀裂が原因となることを考慮に入れる必要がある。炭素量の高いワイヤーをいちじるしく高温より Pat. する場合はワイヤーの表面にクラックを生ずる。酸洗中爆発的断線を生ずることはよく知られているが、その程度の少ない場合は酸洗中には断線せず伸線中または伸線後に断線し原因不明または単に線材が悪かつた

として片付けられる場合がある。ことにこのようなワイヤーはその断線部をのぞくと他の部分は機械的性質はむしろ良好な場合が多いので不思議がられるが顕微鏡的に考察すれば解明される。

VII. ワイヤーロープの構造



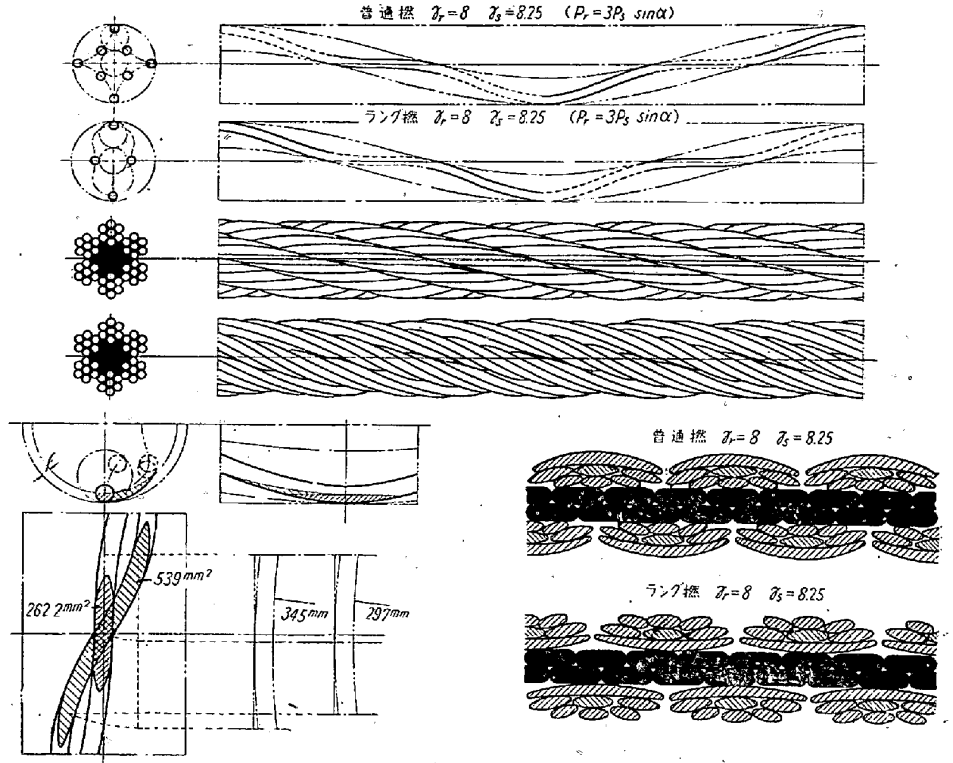
第 19 図

ロープは撚つてあるので荷がかかると撚りがもどり自転しやすい傾向にある。第 19 図 (14), (15), (16) は下撚と上撚ストランドが撚方向を逆にしてその傾向を減少せしめているので非自転鋼索 (non-rotating rope あるいは non-spinning rope) と呼ばれている。故に一般のロープは一端を自由にして荷重を掛ければロープがある程度自転するのが当然である。またストランドにおいて上層と下層のワイヤーが (5) は点接触となつて (6), (7), (8) は線接触となつて (5) は 2 回 (2 operation) に撚られ (6), (7), (8) は 1 回 (1 operation) で撚られる。

このストランドにおける上層と下層との接触関係は戦後とくに強調された問題で点接触より線接触、線接触より面接触が鋼索の二次曲げ疲労に対して良好な影響があることが認められた。したがって鉱山、索道等に多く用いられた (1) のロープは漸次 (2) (3),

(4)と移行し、起重機、建設機械等に多く用いられた。(5)のロープは最近漸次(6),(7),(8)に代えられつつある。(13)は垂鉛めつきロープとして主として船舶漁業用に用いられるが、これは曲げやすく取扱いやすいためである。(14),(15),(16)のロープは最近国产化された。

心綱はロープの柔軟度を増すことと各ストランドのbedとなること、ロープ油を保存することの目的に使用され荷重の多くかからないところでは印度麻(Jute)、荷重の大なるところではマニラ麻(Abaca)、サイザル麻(Sisal)が用いられる。しかし近時建設機械用または石油さく井用、製鉄起重機用には(7),(8)のごとく



第 20 図

第 11 表

撚 方 向		各 国 の 呼 称			
ストランド	ロープ	日	英	米	独
Z	Z	ラング撚	Lang's lay	Lang lay	Gleichschlag
S	Z	普通撚	Ordinary lay	Regular lay	Kreuzschlag

ロープを心とした I. W. R. C. (independent wire rope core) の使用が急に増加している。

VIII. ワイヤロープの撚り方

第 20 図のロープは撚方向は Z 撚と呼ばれる。ほとんどのロープは Z 撚であるが下記の三つの場合に限り S 撚が使用される。

- (1) 吊橋、張綱、ガイド等に 2 本以上対に使用される場合。
- (2) さく井用等でロープのさきにねじを取付ける場

- 合。
  - (3) 巻胴のロープ取付穴が逆になつている場合。
- ロープの撚り方は第 11 表のごとくで、Lang's lay (ラング撚) は鉱山、索道等に、ordinary lay (普通撚) は船舶、漁業、エレベーター、起重機等に使用される。第 20 図のごとく前者は表面の線がロープの軸方向に傾斜しており磨耗、曲げ疲労に強いが型崩れを生じやすい。後者は表面の線がロープの軸方向にほとんど平行し型崩れを生じ難く取扱いもしやすい。(以下次号)
- (昭和 31-10月寄稿)