鉱山用ロープのうねりがその諸性質に及ぼす影響*

正 会 員 西 岡 多 三 郎**

正 会 員 西 岡 猛***

Influence of Wave Property upon Various Properties of Wire Rope for Mining

Tasaburo NISHIOKA and Takeshi NISHIOKA

We suppose that the wave of wire rope for mining exerts remarkable influence upon its various properties and consequently is in danger of causing unexpected obstacles and accidents in service.

This study was carried out to find out this influence experimentally and theoretically. In this study we came to the following conclusions:

1. When the wave of rope has the same direction as the lay of rope, the tensile strength decreases and the true elongation increases and, on the contrary, when the wave has the opposite direction, the tensile strength increases and the true elongation decreases.
2. The wave of rope has bad influence upon bending fatigue property of wire rope.
3. The rotating by tension owing to the wave of rope appears to be depended mainly on an early loading. The rotating of rope by tension is arisen practically from both wave and lay of rope. The wave of rope having the same direction as the lay of rope causes the negative rotating by tension and the wave having the opposite direction causes the positive rotating.

1. 緒 言

鉱山用ワイヤロープのうねりはロープ使用上最近非常に注目されてきたので、ロープのうねりの試験法、生成原因および防止法などについては著者は先に研究し発表した¹⁾²⁾。一方、ロープのうねりはその切断荷重、伸び率、耐疲労性および自転性など使用上重要な諸性質に大きな影響を与え、使用中不測の障害や事故の原因となり易いと考えられる。しかしこの問題については従来まとまった研究がなされていないので、本研究はロープのうねりがこれら諸性質に及ぼす影響を実験的、理論的に解明するために行なったものである。

2. 実 験 試 料

本研究において標準試料として使用したロープは6×7ラングZ撚りの径10mm、A種ロープで撚りの長さはロープ径の8倍とし、プレホームを施してある。素線径 δ は1.10mmである。実験には第1表のように、ほぼ真直ぐな試料と取扱い上Sうねり、Zうねりを与えた試料

第1表 標準試料ロープのうねり性質

試料番号	うねり方向	うねり径 (mm)	うねりピッチ (mm)	KE値 ^{a)}
No. 1	ほぼ真直ぐ(S)	—	—	0.946
No. 2	S	259	252	0.143
No. 3	Z	257	258	0.227

注) 括弧内のうねり方向はKEテストにより調べたうねり方向を示す

を使用した。

第1図はこれら3種類のうねり性質をもった標準試料ロープの外観形状を示す。

第1図 標準試料ロープの外観形状

a) うねり度合を示す数値で0~1の値をとり、1に近いほどうねり度合は小と判定する。参考文献1)参照。

* 昭和42年4月28日受理 昭和42年4月本会春季大会にて発表

** 工博 帝国産業株式会社 専務取締役

*** 帝国産業株式会社 研究開発部

第2図 標準試料ロープの荷重-伸び率曲線

3. 切断荷重と伸び率に及ぼすうねりの影響

ロープのうねりが諸引張性質に及ぼす影響を調べるため3種類の標準試料ロープについて、試料長さを1mとし、初荷重10kgを加えて切断試験をした。10kgから切断までの荷重-伸び率曲線は第2図で、そのときの切断荷重、各種伸び率および弾性係数は第2表のとおりである。

第2表 標準試料ロープの諸引張性質

試料番号	切断荷重 (kg)	全伸び率 A (%)	構造上の伸び率 B (%)	うねりによる伸び率 C (%)	実伸び率 A-(B+C) (%)	弾性係数 (kg/mm ²)
No. 1	6,340	3.68	0.16	0	3.52	9,800
No. 2	6,390	3.97	0.16	0.40	3.41	9,920
No. 3	6,310	4.26	0.16	0.30	3.80	8,530

切断荷重はほぼ真直ぐな No. 1 に比べ S うねりの No. 2 はやや高く、Z うねりの No. 3 は低い。全伸び率は No. 1 は最小で No. 3 が最大であるが、構造上の伸び率をいずれも 0.16% とするとうねりによる伸び率は図から No. 2 は 0.40%，No. 3 は 0.30% となり、したがって構造上の伸び率とうねりによる伸び率のいずれも含まない実伸び率は No. 1 に比べ No. 2 は小さく、No. 3 は大きい値を示している。うねりがほぼ消失するときの荷重はいずれも切断荷重の約 1% に相当する 60kg で、この荷重以下ではうねりの影響が大きいので使用の際注意を要する。

うねりをもったロープに引張荷重を加えると、撚りと同方向のうねり場合には撚りの長さは短縮し、ロープ軸に対するストランドの傾斜角が大となるため切断荷重は減少し、実伸び率は増加する。撚りと反対方向のうねり場合には逆に撚りの長さが伸長して切断荷重は増加し、実伸び率は減少する。またうねりによる素線の曲げおよびねじり加工によっても切断荷重が減少することは知られているが³⁾⁴⁾、一般に撚りの長さの変化による影響の方が大である。

うねりをもったロープは使用中キンクを起こし易く、キンクを生じたロープの切断荷重は従来より知られてい

るように⁵⁾、大きな減少を示すので、取扱いには注意を必要とする。

4. 耐疲労性に及ぼすうねりの影響

ロープのうねりが耐疲労性に及ぼす影響を調べるため、まず3種類の標準試料ロープに第3図のような回転曲げロープ疲労試験機にて繰返し曲げを与え、外観上初断線および5本断線したときの繰返し曲げ回数を測定し、また外観上5本断線を生じた試料を素線に分解し内部断線の状態を調査した。

疲労試験の際ロープの回転方向は撚りの加わる方向とし、シープ径 D は 260mm、したがって D/ϕ は 236、回転速度は 545rpm、引張荷重は 16kg にて潤滑油を滴下しつつ行なつた。

第3表 標準試料ロープの断線までの繰返し曲げ回数

試料番号	うねり方向	繰返し曲げ回数	
		初断線	5本断線
No. 1	ほぼ真直ぐ	37,000	46,200
No. 2	S うねり	35,500	43,800
No. 3	Z うねり	31,000	38,900

第3表は断線までの繰返し曲げ回数を示したもので、真直ぐなロープは疲労断線を最も生じ難く、つぎに S うねりロープで、Z うねりロープは最も早く断線を生ずる。この場合疲労断線はうねりの内側の素線に多く発生している。

第4表は分解調査による疲労断線分布を示したもので、内部の断線は外部断線に比べ比較的多く発生しており、各ロープともニップ部の断線が最も多い。

第3図 回転曲げロープ疲労試験機

つぎに普通撚り、ラング撚りロープについて製造中に生じたロープのうねりが耐疲労性に及ぼす影響を調べるため、6×7、10mmの第5表のような撚り方とうねり性質をもつロープをシーブ径 $D=240\text{mm}$ 、したがって $D/\delta=218$ にて同様に疲労試験した。

第4表 標準試料ロープの疲労断線分布

試料番号	断線箇所	断線本数				
		クラウン	ニツブ	ベッド	心線	計
No. 1 {	外	1	4	0	0	5
	内	0	4	2	0	6
No. 2 {	外	2	3	0	0	5
	内	0	5	0	2	7
No. 3 {	外	2	3	0	0	5
	内	0	3	2	0	5

第5表 普通撚りとラング撚り疲労試験試料のうねり性質

試料番号	撚り方	プレホーム	うねり方向	K E 値
No. 4-O	普通撚り	あり	真直ぐ(Z)	0.914
No. 5-O	〃	〃	Sうねり	0.282
No. 6-O	〃	〃	Zうねり	0.234
No. 7-O	〃	なし	Sうねり	0.186
No. 4-L	ラング撚り	あり	真直ぐ(Z)	0.857
No. 5-L	〃	〃	Sうねり	0.240
No. 6-L	〃	〃	Zうねり	0.276
No. 7-L	〃	なし	Sうねり	0.224

第4図はこれらロープの断線までの曲げ回数を示す図で、ラング撚りは普通撚りより耐疲労性が良好でそれぞれ真直ぐ、Sうねり、Zうねりの順に悪くなり、同じSうねりロープでもプレホームなしのロープは最も悪い結果を示している。そしてラング撚りは普通撚りよりうねりの影響を受け易いことが認められる。

第6表は同ロープの分解調査による断線分布で内部断線は外部断線に比べ非常に多く、かつうねりをもつたロープの方がこの傾向が大で、特にプレホームを施していない No. 7 ロープは著しい。断線箇所はいずれのロープもニツブ部に多い。

第4図 普通撚りとラング撚り疲労試験試料の断線までの繰返し曲げ回数

第6表 普通撚りとラング撚りの疲労試験試料の断線分布

試料番号	断線箇所	断線分布				
		クラウン	ニツブ	ベッド	心線	計
No. 4-O {	外	0	5	0	0	5
	内	0	9	0	0	9
No. 5-O {	外	0	5	0	0	5
	内	0	13	1	0	14
No. 6-O {	外	0	5	0	0	5
	内	0	12	0	0	12
No. 7-O {	外	1	4	0	0	5
	内	0	17	0	0	17
No. 4-L {	外	0	5	0	0	5
	内	0	6	0	1	7
No. 5-L {	外	2	3	0	0	5
	内	0	10	7	1	18
No. 6-L {	外	0	5	0	0	5
	内	0	5	0	0	5
No. 7-L {	外	0	5	0	0	5
	内	0	15	3	7	25

うねりをもつたロープに繰返し曲げを与えると素線に曲げによる応力以外にうねりによる応力が加わるため、および素線の部分的ゆるみにより三次曲げ⁹⁾を容易に受けるため疲労断線を生じ易いと考えられる。

5. 自転性に及ぼすうねりの影響

引張荷重の変化によるロープの自転に及ぼすうねりの影響を解明するためまず標準試料ロープについて引張荷重と自転回数、自転モーメントとの関係を求めた。

ロープの自転試験にはオルセン型10 t 引張試験機を用い、第5図(a)のようにロープ試験片の長さを1 mにして両端を角型に合金加工し試験機のソケット部にはめ込む。上部のソケットの下にはスラストベアリングを取り付けて、引張荷重下でもロープの先端が自由に回転できるようにし、下端は固定する。自転回数は上部ソケットにロープ中心に向つて取付けられた柄の回転数によって測定する。自転モーメントは(b)に示すようにロープに荷重がかかったとき、ロープ中心から l_0 の柄の点に取付けられたばね式張力計により柄が常に最初の角度 0° の位置を保つよう張力を与えて、柄の長さ l_0 とそのときの張力計の張力との積から各荷重における自転モーメントを測定した。

第6図は標準試料ロープの引張荷重と自転回数との関係を示す図で真直ぐな No. 1 ロープは引張荷重の増加と

第5図 引張によるロープ自転の測定法

第6図
標準試料ロープの引
張荷重と自転回数と
の関係

第7図
標準試料ロープの引
張荷重と自転モーメ
ントとの関係

ともに撚りの戻る方向に自転(負自転)し、自転回数は引張荷重にほぼ比例して増加し、切断荷重の約 $\frac{1}{2}$ に相当する3,000kgでは7.3回負自転する。SうねりのNo. 2は荷重の小さいときは正自転し10kgでは0.47回の最大正自転をするが250kgでは自転は0となり、それ以上では負自転となり、No. 1の曲線より0.5~0.75回少ない負の値を保って増加する。ZうねりのNo. 3はすべて負自転を示し、自転回数は10kgまでは急増し、それ以上ではNo. 1の曲線より0.55~0.7回多い負の値をもつて増加する。

第7図は引張荷重と自転モーメントとの関係を示す図で引張荷重と自転回数の関係曲線と同様の傾向を示している。

つぎにロープの撚りの長さは自転に大きな影響を及ぼすと考えられるので比較のため撚りの長さが標準試料ロープではロープ径の8倍であるのに対し、ロープ径の30倍の撚りの長さをもつ6×7ラングS撚り10mmロープ(切断荷重6,250kg)の第7表のようなうねり性質をもつ3種類の試料について同様に自転回数、自転モーメントを求めた。

第7表 撚りの長さの長い試料
ロープのうねり性質

試料番号	うねり方向	K E 値
No. 8	ほぼ真直ぐ(Z)	0.968
No. 9	Sうねり	0.190
No. 10	Zうねり	0.182

第8図は実験結果で前の標準試料ロープに比べ自転回数、自転モーメントとも非常に小さいがうねり方向の影響は標準試料ロープの場合と同様の傾向を示している。なお、この場合引張荷重0と500との間では測定を行なわなかった。

第8図 撚りの長さの長いロープの引張荷重と自転回数、
自転モーメントとの関係

ロープは素線を撚り合せて製作されているため張力がかかるとロープ軸に対し直角方向の分力により自転し、一般に撚りの戻る方向、すなわち負方向に自転し、張力が減少すると正方向に自転する。一方うねりは永久曲げと永久ねじりにより生成したものであるから張力がかかるとうねりによる自転を生ずる。したがって、うねりをもつたロープの自転は撚りとうねりとに基く自転の総合されたものとして現われる。

6. 結 言

ロープのうねりがその諸性質に及ぼす影響を究明し、つぎの結論を得た。

1. ロープのうねりはその方向が撚りと同じ場合には切断荷重を減少させ、実伸び率を増加させるが、撚りと反対の場合には切断荷重を増加させ、実伸び率を減少させる。
2. ロープのうねりは耐曲げ疲労性を低下させる。
3. 引張の際のうねりによるロープの自転は初期の荷重で現われ、うねりによる自転と撚りに基く自転の総

合されたものがロープの自転となる。そしてうねり方向が撚りと同じ場合にはロープを負自転させ、撚りと反対の場合には正自転させる作用がある。

ロープのうねりは製造の際にも取扱ひの際にも生成するものであり、うねりのないロープでも取扱ひによつてうねりを生じ諸性質を低下させるおそれがあるからロープの使用には注意を要する。

参 考 文 献

- 1) 西岡多三郎・西岡猛：鉱山用ロープのうねり特性試験，鉱業会誌，

83巻，945号，昭和42年1月，14～18頁

- 2) 西岡多三郎・西岡猛：鉱山用ロープのうねり生成と防止，鉱業会誌，83巻，948号，昭和42年4月，646～650頁
 3) 西岡多三郎：鋼線の撚り加工，日本金属学会誌，18巻，9号，昭和29年9月，538～541頁
 4) 西岡多三郎：鋼線の曲げ加工，日本金属学会誌，21巻，7号，昭和32年7月，434～436頁
 5) 西岡多三郎：捲網のキンクに関する研究，鉱業会誌，67巻，756号，昭和23年10月，23～28頁
 6) 西岡多三郎：鋼索の三次屈曲について，第5回ワイヤロープ研究会講演集，昭和31年10月，81～86頁

(12ページよりつづく)

ールは2本のさや型ボルトによつて岩盤に固定される。レール間の接続部はゴムのリングによつてシールされる。屈曲状ガイド・レールを使うとガイド・レールの下部はいろいろな傾斜の掘り上りにも追従できる。掘り上りは鑢押坑道の端につられるが、この水平な鑢押坑道と種々の角度を取る掘り上りの接続点に屈曲状ガイドレールが設置される。

1 ラウンドの発破が終ると、採鉱夫は昇降機につて頂部に行く。発破後の浮石を落し、ガイド・レールをたし終るとヘッダープレートを付

け、掘さく用の注油器へホースを接続する。再び穿孔および装填作業が行なわれる。採鉱夫は下降する前にヘッダープレートを通気用ノズルをもつた特殊ヘッダーに交換する。発破をかけ終ると掘り上りにはガイド・レールを通して空気と水が流される。また新しいサイクルが始まる。

Climberの特徴の1つにはステップがある。ステップは折りたたみ式の可動多段プラットフォームよりできており、切羽面になじませることができ、エヤレグドリルの脚の先端部を切羽から等距離におけるし、さらに穿孔中の機械の移動を最小に

でき、プラットフォームの高さを調整する必要がないから、作業能率がよくなる。

Climberの使用例としてノルウェーの Uvdal における実績をあげると掘進長738m、坑道断面積4.9m²、傾斜45°、岩種：花崗岩、1日3方、1週16方、1方3人うち補助1人、1人1週あたりの労働時間40時間、1週あたりの平均掘進長23m、1週あたりの最大掘進長30.6mであつた。

"How to drive high inclined raises"
 by Roland Granskog, World Mining.
 Dec., 1966, pp. 44～47. (宇佐美 毅)

第 1 図