

# 鉱山用巻上機および附属設備に関する技術向上について (第2報)

— チェンの疲れと寿命 —

## The Improvement of Engineering Pertaining to the Mine Electric Winder and the Attached Plant (2)

### On the Fatigue Resistance and the Life of Chain

石橋重遠\*  
Shigeto Ishibashi

#### 内 容 梗 概

今回鉱山用チェンの繰返し片振引張疲れ試験および立坑ケーシング吊下げ用チェンにかかる変動荷重や斜坑炭車の逆行によつてロープがうけるシャクリ荷重の実測結果を検討して、従来静的にのみ取扱われていた鉱山巻上機に使用されるチェンを動的に実例に則して取扱い、変動荷重と安全率および寿命の関係を解明した。なお実技において採用されるチェンの安全率は鉱山保安局の調査結果によると石炭、金属鉱山保安規則よりも比較的高い値であり、この軽減対策は上記検討結果より、チェンの製作技術と巻上機の取扱い技術の向上にあることを述べた。

#### 〔I〕 緒 言

鉱山で使われているチェンの多くは繰返し荷重を受けるものであつて、その破壊の原因は材料、加工あるいは保守の欠陥によるものが多いが、疲れにもとづくと思われる場合もある。また鉱山立坑のケーシングを支持するチェンにかかる荷重をオシログラムに記録したがかなり大きな変動を示すことが判明した。従来チェンの疲れ強さに関する研究はあまり無いようであるが、今般チェンの片振疲れ試験結果が若干得られたので、これらを基にして負荷状況と疲れの関係、安全率と寿命について考察した。

#### 〔II〕 チェンの片振引張疲れ試験

本試験は本研究とは別途の目的で日立製作所亀有工場内で行われたものであるが、その結果を基として寿命計算に資した。その試験概要を引用すると、

##### (1) 供試チェン

チェンリンクの形状を第1図に、その材料の化学成分を第1表に示す。本チェンは熔接製で、熱処理を行い、その後チェンセッティングを実施している。

##### (2) 疲れ試験方法

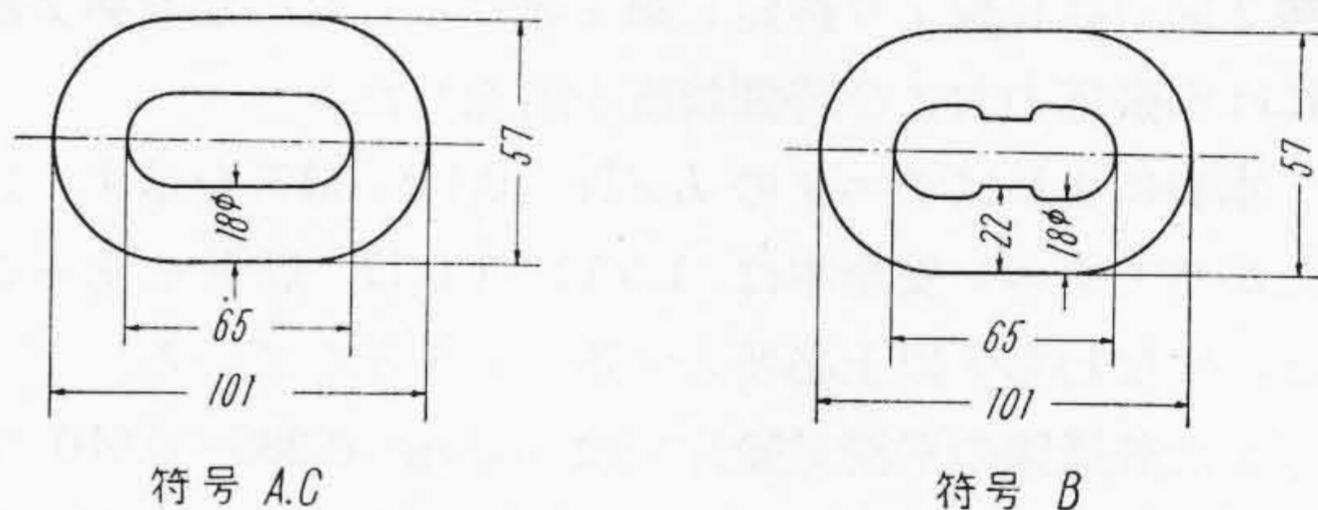
疲れ試験機 50t アムスラーパルセータ

片振引張疲れ試験は第2図のごとく最小荷重  $L_{min}$  = 2t と一定にして、荷重振幅の最大値  $L_{max}$  を 8t ~ 20t の間に種々変化させて破断に至るまでの荷重の繰返し回数を読みとつた。荷重の繰返し速度は 400~/min と一定である。なおこの繰返し試験を多数に行うと非常に長日月を要するから  $10^5$  回程度にとどめ、それ以上は推定によつた。

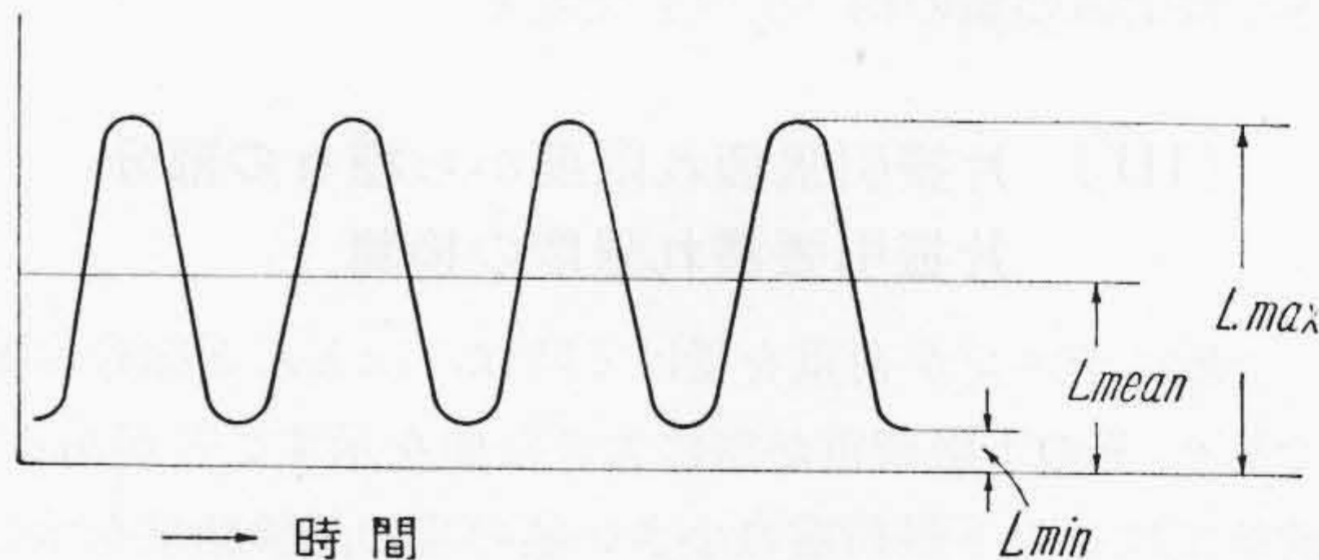
##### (3) 試験結果

疲れ試験の結果を符号別に、横軸に荷重あるいは応力

\* 日立製作所亀有工場



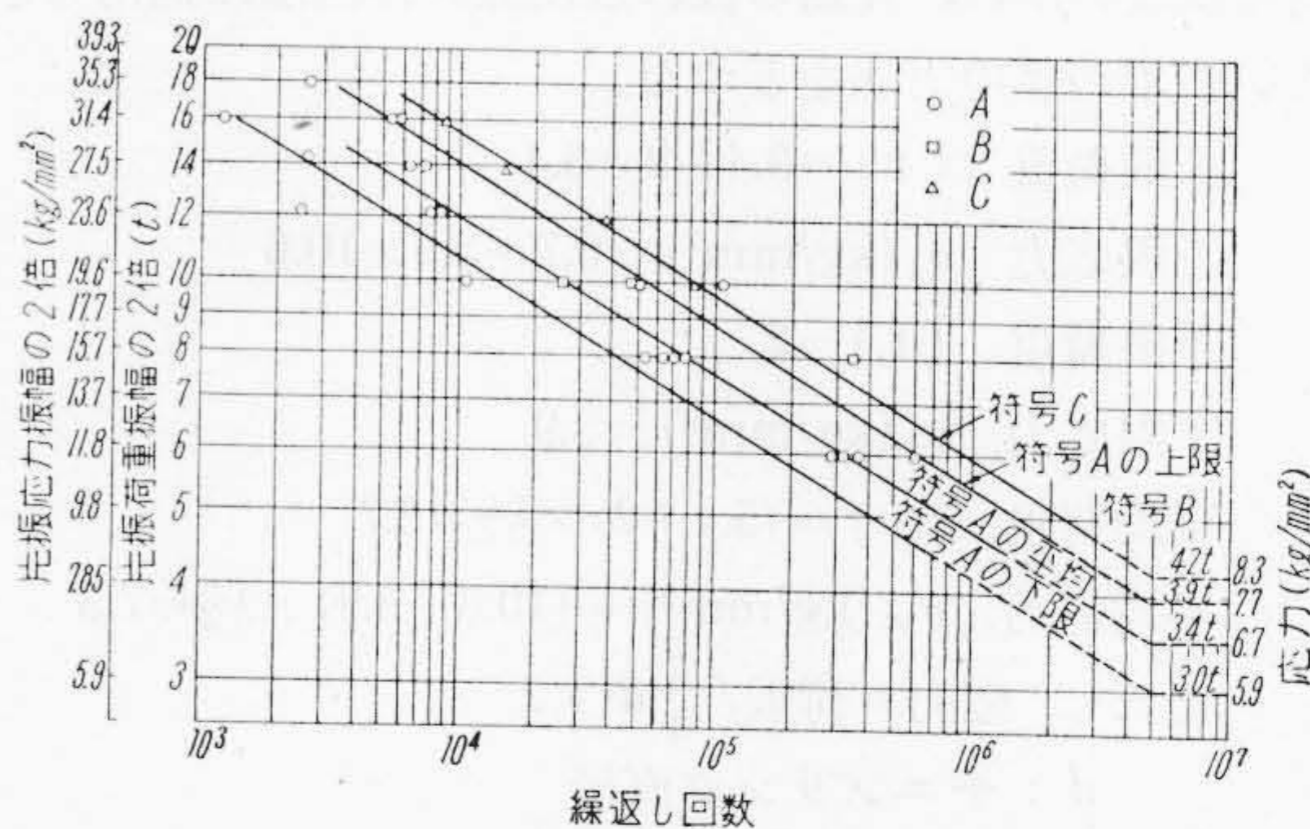
第1図 チェンリンクの形状



第2図 片振引張疲れの荷重変化

第1表 チェンの化学成分

符 号	C	Si	Mn	P	S
A	0.17	0.10	0.96	0.020	0.020
B	0.29	0.10	0.58	0.014	0.024
C	0.16	0.06	0.76	0.025	0.014



第3図 各チェンの片振荷重応力振幅×2倍と破断した繰返し回数との関係 (S-N 曲線)

第2表 各チェーン  $L_u, L_B, \sigma_u, \sigma_B$  の関係表

符号	片振引張疲れ限度 $L_u$ t	引張強さ $L_B$ t	$\frac{L_u}{L_B}$	片振引張疲れ限度 $\sigma_u$ kg/mm <sup>2</sup>	引張応力 $\sigma_B$ kg/mm <sup>2</sup>	$\frac{\sigma_u}{\sigma_B}$	時間強度 kg/mm <sup>2</sup> (繰返し回数 10 <sup>6</sup> のもの)	
							$L_u N^{10^6}$	$\sigma_u N^{10^6}$
A	3~3.9 平均 3.4	22~26 平均 24	$\frac{3.4}{24} \approx 0.14$ $\approx 1/7$	6.7	47.2	0.14	4.8	9.5
B	3.9	28	$\frac{3.9}{28} \approx 0.14$ $\approx 1/7$	7.7	55.0	0.14	5.4	10.6
C	4.2	24~26 平均 25	$\frac{4.2}{25} \approx 0.17$ $\approx 1/6$	8.3	49.2	0.17	6	11.8

の繰返し回数を取り縦軸に  $L_{max}-L_{min}$  (荷重あるいは応力振幅値×2倍)をとったS-N曲線を第3図に示す。

荷重あるいは応力と繰返し回数との関係は点が多少ばらついているが、いずれのチェーンにおいてもほぼ直線関係にある。片振引張疲れ限度  $=L_{max}-L_{min}=L_u$  の値を第3図の延長線より推定し第2表に示した。なお第2表には引張応力および時間強度を附記した。

本表によればチェーンの  $L_u/L_B=0.14\sim 0.17$  を示す。したがってチェーン安全率は  $1/0.14\sim 1/0.17$  以上であること、すなわち7以上必要とすることを示している。

また普通鋼の平滑試験片では  $\sigma_u/\sigma_B=0.385\sim 0.610$  であるが、本試験結果ではその値は  $0.14\sim 0.17$  と非常に小さく普通鋼の値の約  $1/3\sim 1/4$  である。

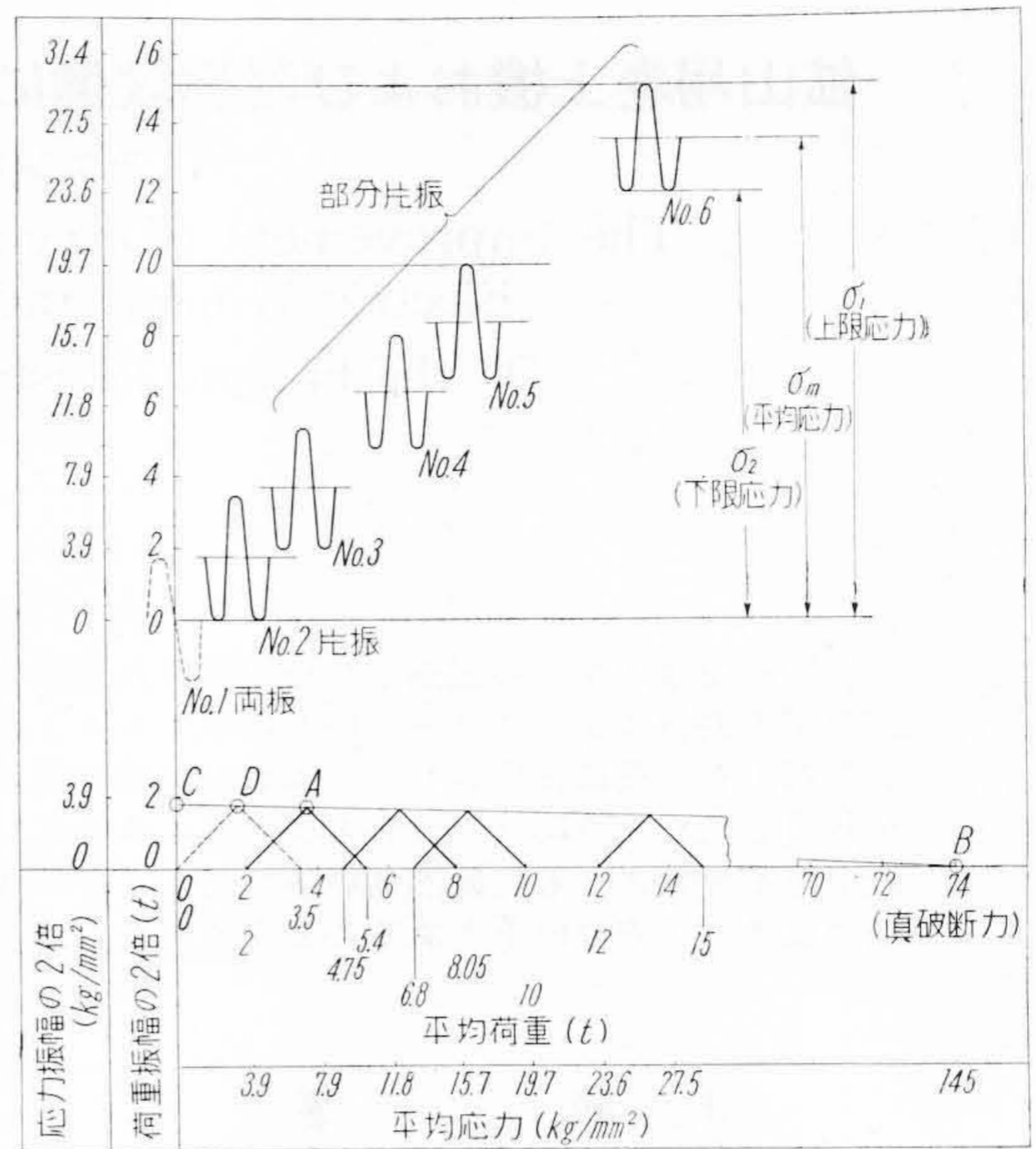
〔III〕 片振引張疲れ限度から種々の部分片振引張疲れ限度の換算

一般にチェーンが荷重を受ける時は、ほとんど部分片振であり、その下限荷重が割に大きな値を示すことがある。前章ではこの下限荷重の小さい値の時の試験結果を示したが、この下限荷重が大きくなると片振の程度が異なるから、部分片振疲れ限度の値は異なるので換算しなければならない。

平均荷重の変化による疲れ限度の変化を求める線図を第3図に示した試験結果の符号Aの数値を使用し作図すると第4図のごとくなる。作図にあたりチェーンでは両振荷重はないから、普通の疲れ限度線図作図法は適用できないのでつぎの方法をとった。

$$\begin{aligned} \text{上限荷重 (t)} &= 3.4 + 2 = 5.4 \\ \text{上限応力 } \sigma_1 \text{ (kg/mm}^2\text{)} &= 6.7 + 3.9 = 10.6 \\ \text{下限荷重 (t)} &= 2 \\ \text{下限応力 } \sigma_2 \text{ (kg/mm}^2\text{)} &= 3.9 \\ \text{平均荷重 (t)} &= (5.4 + 2) \times 1/2 = 3.7 \\ \text{平均応力 } \sigma_m \text{ (kg/mm}^2\text{)} &= (10.6 + 3.9) \times 1/2 \approx 7.3 \\ \text{ただし 応力} &= \text{荷重} / \frac{\pi}{4} d^2 \times 2 \\ d &: \text{チェーンリンク直径} \end{aligned}$$

横軸の 2t, 5.4t の点から45度の傾斜線を引き交点Aを求める。つぎに素材試片から求めた真破断力を基にし



第4図 片振引張疲れ限度線図

第3表 上限荷重, 下限荷重, 平均荷重, 荷重振幅および応力表

符 号	1	2	3	4	5
上限荷重 (t)	1.8	3.5	5.4	8.05	10.0
上限応力 $\sigma_1$ (kg/mm <sup>2</sup> )	3.5	6.9	10.6	15.85	19.7
下限荷重 (t)	-1.8※	0	2	4.75	6.8
下限応力 $\sigma_2$ (kg/mm <sup>2</sup> )	-3.5※	0	3.9	9.35	13.4
平均荷重 (t)	0	1.75	3.7	6.4	8.4
平均応力 $\sigma_m$ (kg/mm <sup>2</sup> )	0	3.4	7.3	12.6	16.6
荷重振幅×2 (t)	3.6※	3.5	3.4	3.3	3.2
応力振幅×2 $\sigma_a$ (kg/mm <sup>2</sup> )	7 ※	6.9	6.7	6.5	6.3

※ 仮想

たチェーンの破壊荷重 74t の点BとAを結び、さらに延長して縦軸との交点をCとした。

C点は仮想の両振引張圧縮疲れ限度と考えられ、D点は片振引張疲れ限度(上限荷重 3.5t 下限荷重 0)を示し、Dから右方のAB線上の点は部分片振引張疲れ限度を示す。これら C, D, A..... に対する繰返し荷重曲線 No. 1.2.....6 を図の上方に示した。

第3表は No. 1.2.....5 のそれぞれの上限応力  $\sigma_1$ , 下限応力  $\sigma_2$ , 平均応力  $\sigma_m$ , 応力振幅  $\sigma_a \times 2$  および相当荷重を示している。

〔IV〕 鉱山用チェーンの安全率の実例

石炭, 金属鉱山保安規則では、巻上装置のケージ, バケット, スキップまたは鉱車を支持する附属金具およびロープを設けるときその安全率を、人員の時は最大静荷重に対して10以上、人員以外の時は最大静荷重に対して6

第4表 調査巻上装置数

鉱山別	立坑	斜坑	計	人運搬用	炭, 硬運搬用	計
石炭鉱山	33	579	612	98	481	579
金属鉱山ほか	31	11	42	19	23	42
計	64	590	654	117	504	621

第5表 石炭鉱山のチェンの安全率

(イ) 人巻上装置のチェンの安全率

安全率	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	安全率	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	安全率	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>
6~7	3	—	25~26	10	5	44~45	2	3
7~8	2	—	26~27	2	4	45~46	—	4
8~9	5	—	27~28	1	—	46~47	1	1
9~10	2	—	28~29	3	1	47~48	3	1
10~11	4	1	29~30	5	2	48~49	1	1
11~12	4	1	30~31	—	2	49~50	—	2
12~13	2	3	31~32	—	5	50~51	1	—
13~14	4	2	32~33	5	2	51~52	—	4
14~15	7	1	33~34	2	3	52~53	—	—
15~16	4	3	34~35	1	4	53~54	—	—
16~17	2	4	35~36	—	1	54~55	1	2
17~18	6	1	36~37	1	4	55~56	—	—
18~19	2	1	37~38	—	2	56~57	—	1
19~20	4	3	38~39	3	2	57~58	—	1
20~21	4	4	39~40	1	4	58~59	—	2
21~22	5	6	40~41	—	3	59~60	—	1
22~23	2	3	41~42	1	1	60以上	1	9
23~24	3	1	42~43	1	1	計	116	116
24~25	3	1	43~44	2	4			

(ロ) 炭, 硬等運搬用巻上装置のチェンの安全率

安全率	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	安全率	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	安全率	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>
4~5	4	—	24~25	11	10	44~45	1	3
5~6	6	3	25~26	3	8	45~46	1	2
6~7	19	10	26~27	6	8	46~47	1	3
7~8	33	10	27~28	8	4	47~48	—	2
8~9	39	25	28~29	7	4	48~49	1	1
9~10	39	33	29~30	2	6	49~50	—	1
10~11	27	31	30~31	5	3	50~51	—	1
11~12	30	19	31~32	5	5	51~52	3	1
12~13	30	33	32~33	4	5	52~53	—	1
13~14	30	35	33~34	2	3	53~54	—	1
14~15	24	29	34~35	2	1	54~55	—	1
15~16	20	18	35~36	4	6	55~56	1	2
16~17	18	17	36~37	—	2	56~57	—	—
17~18	17	21	37~38	3	4	57~58	3	2
18~19	10	12	38~39	2	3	58~59	—	1
19~20	13	17	39~40	2	3	59~60	—	—
20~21	13	13	40~41	1	3	60以上	3	7
21~22	4	10	41~42	—	—		471	462
22~23	5	6	42~43	—	1			
23~24	9	12	43~44	—	—			

第6表 金属鉱山ほかのチェンの安全率

(イ) 人巻上装置のチェンの安全率

安全率	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	安全率	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	安全率	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>
4~5	—	2	21~22	1	—	42~43	—	1
5~6	2	—	22~23	1	1	46~47	—	1
6~7	2	—	23~24	3	—	47~48	—	1
8~9	—	1	27~28	2	—	54~55	—	1
11~12	1	—	28~30	1	2	57~58	1	—
13~14	1	—	33~34	2	2	61~62	1	—
15~16	—	1	34~35	—	1	76~77	—	1
16~17	3	—	36~37	—	3	78~79	—	1
18~19	—	1	37~38	—	1	計	21	21
20~21	1	—	40~41	1	—			

(ロ) 鉱石, 硬運搬用巻上装置のチェンの安全率

安全率	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	安全率	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	安全率	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>
3~4	2	2	17~18	1	—	32~33	—	1
4~5	(1)3	2	18~19	1	1	33~34	—	2
7~8	1	—	19~20	2	1	40~41	1	—
11~12	1	—	20~21	1	2	49~50	—	1
12~13	—	2	21~22	1	1	53~54	1	—
13~14	1	—	22~23	—	1	59~60	—	1
14~15	2	1	24~25	1	—	68~69	—	1
15~16	1	—	26~27	—	1	計	24	22
16~17	4	1	31~32	—	1			

第7表 巻上装置の安全率分布表

鉱山別	人運搬用			炭, 鉱石, 硬運搬用		
	安全率	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	安全率	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>
石炭鉱山	10を下るもの 10以上	12 104	— 116	6を下るもの 6以上	10 461	3 459
金属鉱山ほか	10を下るもの 10以上	4 17	3 18	6を下るもの 6以上	5 19	4 18
集 計						
		F <sub>1</sub>	比(%)	F <sub>2</sub>	比(%)	
10あるいは6をそれぞれ下るもの		31	5	10	1.5	
10あるいは6をそれぞれ越えるもの		601	95	611	98.5	
		632	100	621	100	

以上と規定されている。

最大静荷重とはロープに対しては、ドラム巻込口においてロープにかかるローププルである。今ロープとケージ、バケットなどを接続するチェンがうける張力をチェンプルと称すると、チェンに対する最大静荷重はチェンプルである。チェンプルはロープの自重の影響をうけないのでかならずローププルよりも小さい。巻上深度が深くなるとロープの自重は大きくなるのでチェンプルはローププルに比べてさらに小さい。したがってロープとチェンとが最大静荷重に対して見掛上同値の安全率をとっているとすれば、チェンの安全率はロープの安全率に比して実際は大きな値となつている。

鉱山保安局でこれら安全率をわが国鉱山用巻上装置について調査した結果をそのまま示すと第4～7表の通りである<sup>(1)</sup>。

第4表は調査した区分を示し、石炭山の炭、硬運搬用巻上装置がその大部を占めている。

第5, 6表における、 $F_1$  はローププルを基準としたチェーン安全率に対する施設数を、 $F_2$  はチェーンを基準としたチェーン安全率に対する施設数を示している。

第7表はこれらの安全率の分布を示す。

これによると規定以上のものが98.5%であり、かつ安全率値として8～16のものが多くそれらの大部は斜坑用である。

これらより実技では一般に安全率値は大き目の値が広い範囲に採用されていることがわかる。

### [V] チェンが受ける変動荷重, 繰返し回数の実測例と計算例

チェーンは斜坑の炭、硬巻上に圧倒的に多く使われているが、斜坑チェーンが受ける変動荷重の実測例はきわめて少い。立坑における変動荷重については文献や実測例が若干あるが、立坑では荷重の積込方法によつて広範囲にローププルが変化することが多い。これらの実測例について考察する。

#### (1) 立坑巻上時の最大変動荷重と実測値

##### (A) ケップスを用いてケージを受けた時

ロープが弛みこの状態から巻上げる時にもつとも大きく、弛みの量と巻上加速度にもよるが、最大荷重は1.6～2.5倍にも達するといわれる。

筆者らの実測オシログラム第5図では1.8倍位の値となつている。

##### (B) ケップスを用いないでケージ中吊の時

中吊ケージへ鉱車積込みの際の衝撃が大きく、とくにロープを巻込んで長さが短くなつた坑口において大

第8表 荷重車前輪後輪入時の変動荷重

	上 荷	限 重	下 荷	限 重	片 荷 振 幅 ×2	大 振 幅 の 振 動 数 (c/s)
前 輪 入 t	7		2.8		4.2	2
後 輪 入 t	12		4		8	4

本表のオシログラムは省略してある。  
上限, 下限荷重とは、それぞれ前輪, 後輪がケージに入った時に、ケージ吊下チェーンがうけた変動荷重である。

きい。さらに2段ケージにおいて上下段同時に鉱車を入れる時は別々の場合の2倍程度の値になるようである。筆者らの実測では1段ケージで2倍位の値となつている。

#### (2) 実測値からの計算

##### (A) 立坑の場合

###### (a) 巻上装置の諸元:

- 立 坑 深 度=350 m
- ロ ー プ 張 力=8.3 t
- ロ ー プ 速 度=5.5 m/s
- ケ ー ジ 重 量=2.7 t (1段デッキ)
- 荷重とも鉱車重量=2.3 t
- ケージ荷重車とも重量=5 t
- 巻上機 単胴複巻式
- 電動機 250kW ワードレオナード方式

###### (b) 荷重車積込の時

チェーンはケージ巻上の際坑底で荷重車積込の時のみ第8表のような過大な荷重を受けるが、坑口のケージを巻下げる時は空車積込であるから過大な荷重は受けないと仮定して計算してみる。

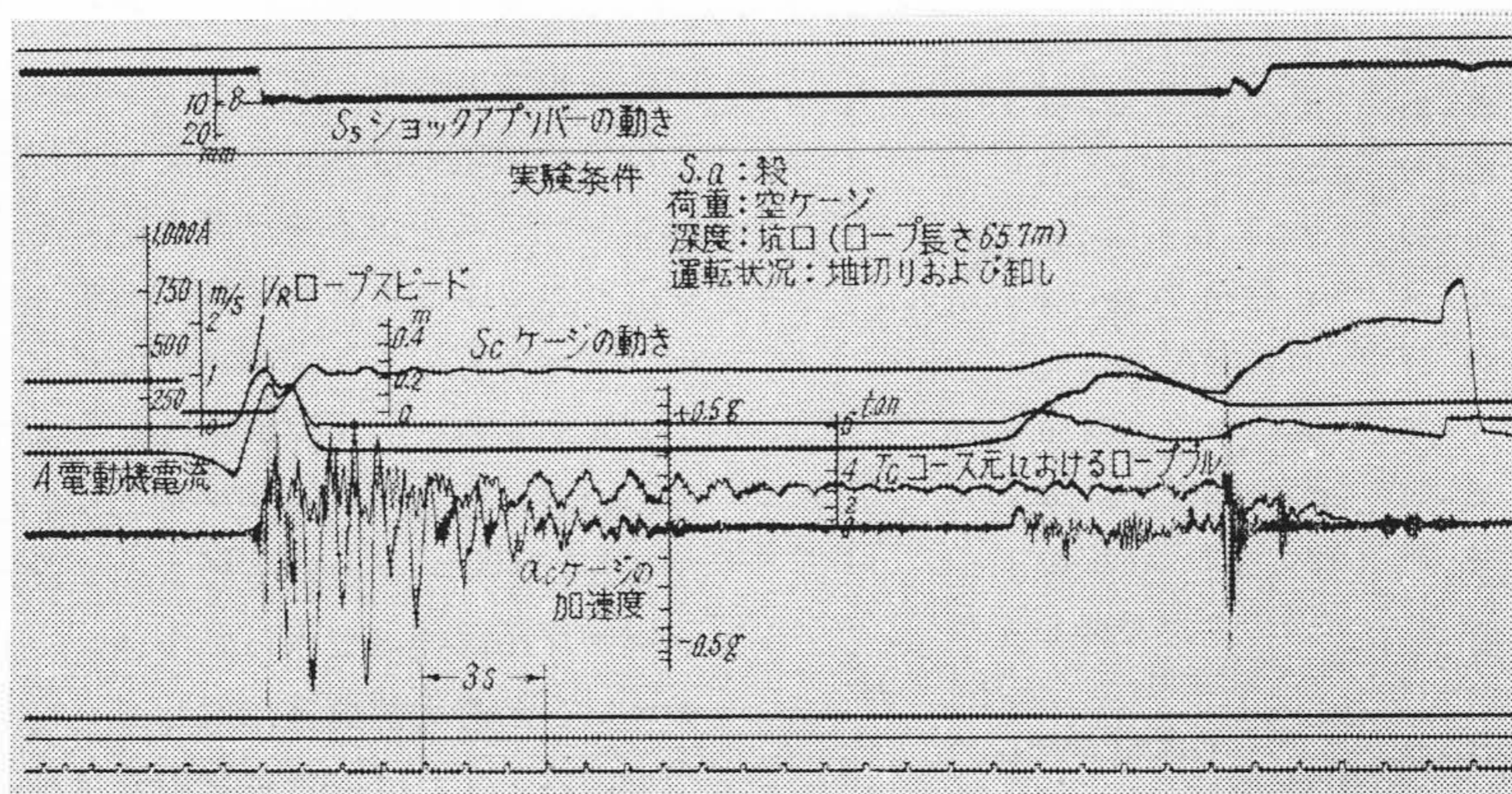
ケージは4本チェーン吊, チェンリンク直径

$$d = 30 \text{ mm}\phi$$

チェーン材質 SF34 ( $\sigma_B = 34 \text{ kg/mm}^2$ )

$$\text{チェーン破断力 } L_B = \frac{\pi}{4} d^2 \times 2\sigma_B \times K_{CS} = 43,200 \text{ kg}$$

( $\sigma_B$  = 引張応力,  $K_{CS}$  = 係数 = 0.9 とす)



第5図 弛み綱から急速巻上時のチェーンが受ける変動荷重オシログラム

第9表 立坑時の計算結果

	荷重 (t)	チェーン1本に かかる荷重 (t)	チェーンリンク直径 $d$			
			$d=30\text{ mm}\phi$		$d=20\text{ mm}\phi$	
			チェーン断面 の応力 (kg/mm <sup>2</sup> )	チェーン標準 静安全率	チェーン断面 の応力 (kg/mm <sup>2</sup> )	チェーン標準 静安全率
ケージ	2.7	1.13	0.8		1.8	
ケージ荷重車とも	5	2.1	1.49	等分布負荷24.5 偏荷 20.4	3.34	等分布負荷11.0 偏荷 9.2
上限荷重	12	5.05	3.57		8.04	
下限荷重	4	1.68	1.19		2.68	
片振荷重 振幅×2	8	3.36	2.38		5.35	
チェーン破断力	$d$		30.6		30.6	
	30mm	20mm				
	43.2	19.2				
チェーンの片振引張疲れ限度 $L_u = \frac{L_B}{7}$	$d$		4.36		4.36	
	30mm	20mm				
	6.15	2.74				

吊下荷重を  $P$  とし、チェーンが垂直線となすそれぞれの傾斜角  $\alpha=30$  度,  $\beta=35$  度とし、かつ荷重のかかり方を偏荷としてその程度を 4:6 とする。

1本のチェーンが受ける荷重

$$= \frac{1.2P}{4\cos\alpha \cdot \cos\beta} = 0.42P$$

ケージ荷重車ともの時  $P=5\text{ t}$

1本のチェーンが受ける荷重

$$= 0.42P = 2.1\text{ t}$$

チェーン標準静安全率 (偏荷にて)

$$= 43.2/2.1 = 20.4$$

その計算結果を第9表の左側に示す。

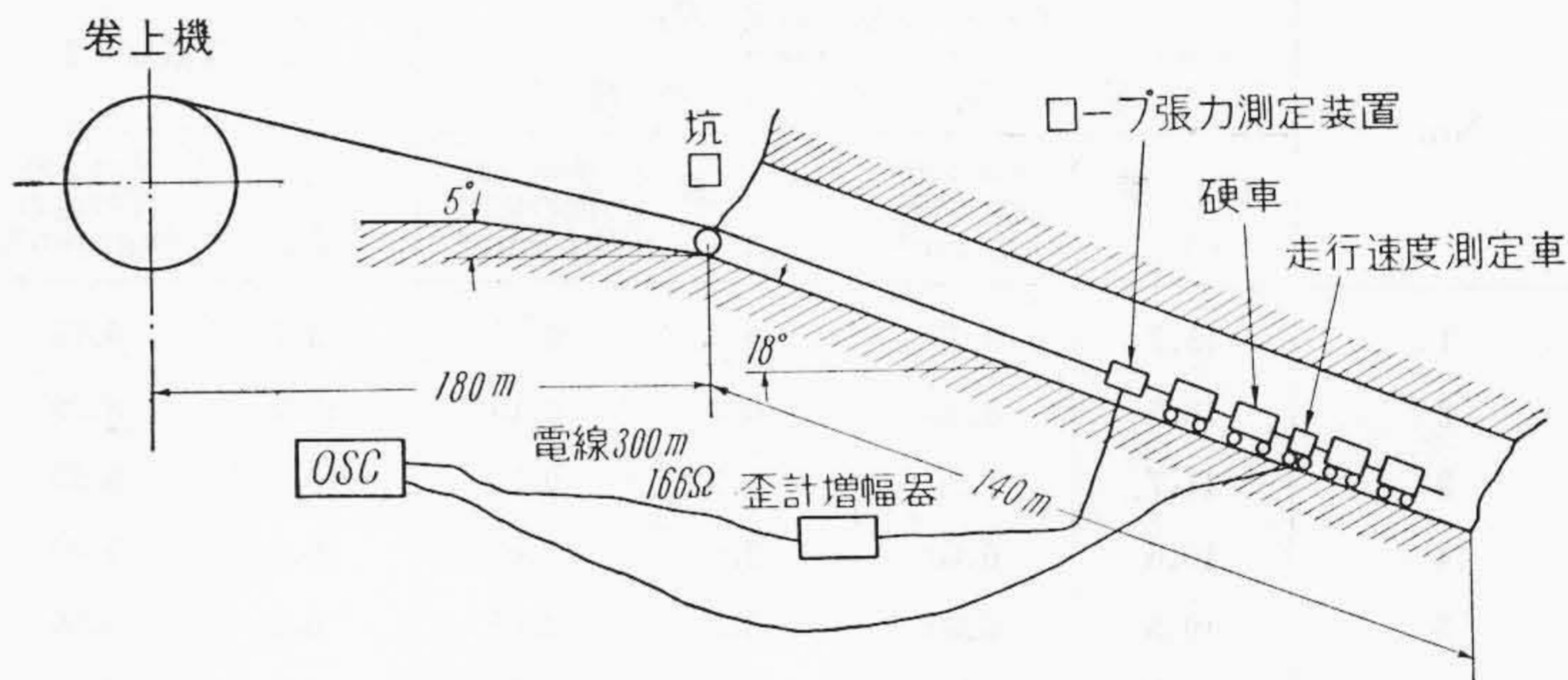
チェーンのチェーン標準静安全率 (偏荷にて) = 20.4 である。ケージに荷重車を入れる時荷重車後輪入力時以外は過大な荷重はかからないしチェーンリンクの磨耗はないとする。

第9表よりその時の片振荷重振幅×2に相当する応力は  $2.38\text{ kg/mm}^2$  であり、チェーンの片振引張疲れ限度  $L_u$  に相当する応力は  $4.36\text{ kg/mm}^2$  であり、疲れ限度に対して約 1.8 の安全率を有することになる。(注  $4.36 = 30.6/7$ )

つぎにチェーンリンク直径  $d=20\text{ mm}\phi$ , チェーンのチェーン標準静安全率 (偏荷にて) = 9.2, そのほかは上記と同様とした場合の  $d=20\text{ mm}\phi$  チェーンの寿命を調べてみる。

$$\text{チェーン破断力 } L_B = \frac{\pi d^2}{4} \times 2 \times \sigma_B \times K_{CS} = 19,200\text{ kg}$$

計算結果を第9表の右側に示す。



第6図 坑道状況図

片振荷重振幅×2に相当する応力 =  $5.35\text{ kg/mm}^2$

チェーンの片振引張疲れ限度  $L_u$  に相当する応力 =  $4.36\text{ kg/mm}^2$

$5.35 > 4.36$ , すなわち疲れ限度以上となる。

つぎに時間強度 =  $5.35\text{ kg/mm}^2$  の時の繰返し回数すなわち寿命を計算で求めてみる。

$$\text{巻上周期} = 108 \times 2 = 216\text{ s,}$$

$$1\text{ h } \text{巻上回数} = 60 \times 60 \times 1/216 = 16.7$$

$$1\text{ d } (20\text{ h}) \text{ 巻上回数} = 335$$

$$1\text{ m } (25\text{ d}) \text{ 巻上回数} = 8,400$$

$$1\text{ Y } (300\text{ d}) \text{ 巻上回数} = 1.0 \times 10^5$$

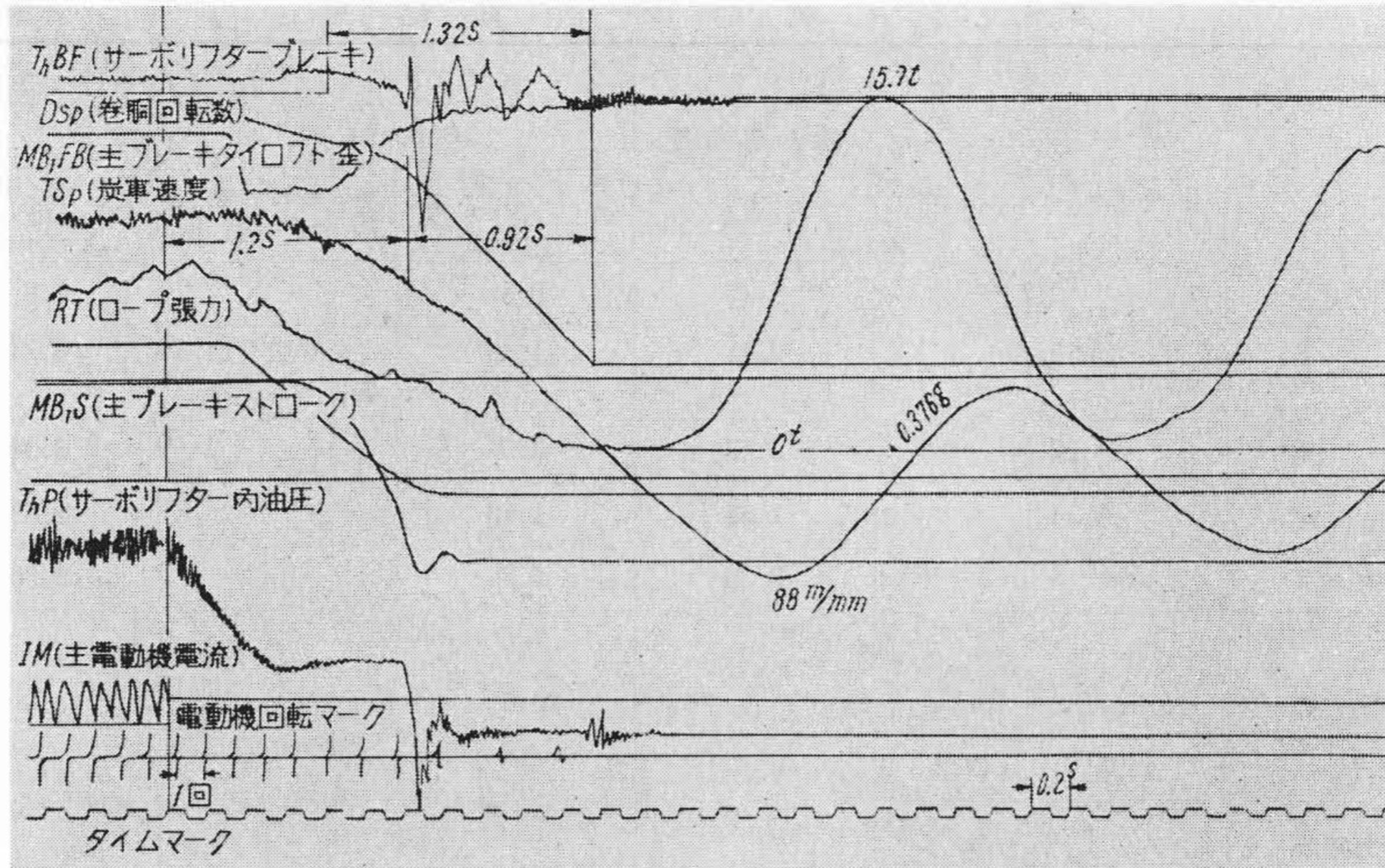
$$10\text{ Y } \text{ 巻上回数} = 1.0 \times 10^6$$

実車入れ時の前輪による応力は低いので後輪による応力の繰返しを考える。

後輪による応力繰返し回数 4 c/s

第3図の該当関係から求めると、この時間強度の繰返し回数は約  $2 \times 10^6$  である。

$$\text{よつて } \text{チェーンの寿命} = \frac{2 \times 10^6}{1.0 \times 10^5 \times 4} = 5\text{ 年となる。}$$



第7図 シヤクリ時のオシログラム

第10表 斜坑時の測定および計算結果

No.	最大ロープ衝撃荷重 $R_T$				片振荷重振幅×2		平均荷重		衝撃比 ローププル 7.1t に対し	$\frac{L_r}{L_u}$
	上限荷重		下限荷重		t $L_r$	チェーン断面の応力 (kg/mm <sup>2</sup> )	荷重 (t)	平均応力 $\sigma_m$ (kg/mm <sup>2</sup> )		
	荷重 (t)	チェーン断面の応力 (kg/mm <sup>2</sup> )	荷重 (t)	チェーン断面の応力 (kg/mm <sup>2</sup> )						
1	15.7	9.75	0	0	15.7	9.75	7.85	4.90	2.20	2.25
2	13.5	8.40	0.3	0.19	13.2	8.20	6.90	4.30	1.90	1.88
3	11.7	7.30	1.2	0.75	10.5	6.50	6.45	4.00	1.65	1.50
4	10.6	6.60	2.6	1.62	8.0	5.00	6.60	4.10	1.50	1.14
5	9.5	5.90	3.3	2.05	6.2	3.86	6.40	4.00	1.34	0.88
6	8.6	5.35	4.4	2.74	4.2	2.60	6.50	4.04	1.21	0.60
7	7.7	4.80	5.2	3.24	2.5	1.55	6.45	4.00	1.08	0.36

なお金属鉱山では立坑のプラット間の深度が浅いため巻上周期数が多いので荷重車積込に際し過大荷重を生じないように注意せねばならぬ。

(B) 斜坑の場合

(a) 巻上装置の諸元

斜坑 18度×1,200m, ロープ張力=10.32 t  
 ロープ速度=3.7 m/s, ロープ直径=32φ  
 電動機 450 kW A.C.

(b) 斜坑炭車巻上中の急制動時

チェーンリンク直径  $d=32\phi$ ,  
 チェーン材質 SF 34 ( $\sigma_B=34 \text{ kg/mm}^2$ ),  
 $KCS=0.9$  とすればチェーン破断力  $L_B=49 \text{ t}$

斜坑で炭車巻上中急制動すれば炭車が惰力で上昇してロープが弛む。つぎに炭車が逆行してロープおよびチェーンに大きな衝撃が加わりいわゆるシヤクリ現象を起こす。その値はドラムに近い程はげしくなる<sup>(2)</sup>。

第6図に坑道状況図, 第7図にシヤクリ時のオシログラムを示す。第10表は第7図から求めた

第11表 実験値, 計算例の比較表

	実験値	計算例
$\frac{\text{上限荷重}}{L_u}$	$\frac{10}{3.4} = 2.94$	$\frac{15.7}{7} = 2.24$
$\frac{\text{片振引張振幅} \times 2}{L_u}$	$\frac{8}{3.4} = 2.35$	$\frac{15.7}{7} = 2.24$
破壊までの疲れ繰返し回数	平均 $6.6 \times 10^4$	

測定値およびそれから誘導した諸値である。No.1~7はチェーンが受ける衝撃波の順位を進行順に表わし7にて減衰完了する。本チェーンの  $L_u=49 \times 1/7=7 \text{ t}$ , 相当応力=4.36 kg/mm<sup>2</sup> である。

本結果によるとチェーンにかかる衝撃値は大きく第1波より第4波までのチェーンの受ける片振荷重振幅×2= $L_r$  は疲れ限度  $L_u$  の 1.14~2.25 倍である。

つぎにこれら過大応力を生じる繰返し回数を求める。ただし簡単のため過大荷重はシヤクリのみで巻上回数1回につき1回とする。

巻上周期=7 min×2=14 min

1 h	巻上回数 = $60 \div 14 = 4.3$
1 d (20 h)	" = $4.3 \times 20 = 86$
1 m (25 d)	" = $86 \times 25 = 2,150$
1 Y (300 d)	" = $2.58 \times 10^4$
10 Y	= $2.58 \times 10^5$

1回のシャクリにより生ずる衝撃値は第10表の通りである。

1回のシャクリにつき振動荷重の大きさ、数を換算して(第1波の大きさ)×2.5回と見做し(繰返応力振幅が変動していて取扱が複雑であるから)、かつ第11表をそのまま使用、すなわち破壊までの疲れ繰返し回数を  $6.6 \times 10^4$  とし、チェンは疲れのみで破壊するものと仮定すれば、

$$\text{チェンの寿命} = \frac{6.6 \times 10^4}{2.58 \times 10^4 \times 2.5} = 1.02 \text{ 年 となる。}$$

一般にはかくのごときシャクリ現象はまれであるから寿命はこの何倍となろう。

制動力の大小、作動の方式などが変われば以上の結果は変わることはもちろんである。

#### 〔VI〕 チェン安全率の考察

鉱山保安局ではロープ、チェンの安全率に関心をもち委員会で検討を行つている。また、実技のチェン安全率が保安規則にきめられた値より非常に高くなつていることも前に示した。これはつぎのごとき理由からくるものかと思われる。

(1) ロープは多数の素線が並列に応力を受けて同時に同一箇所での切断は考えられないのに対して、チェンはただ一本の素材から作られているから安全性が少ない。

(2) チェン用材料はロープのように高級材でもなく、熱処理なども一般に行われていないようである。切断事故のあつたチェン材質調査結果はヘヤクラックや材質の不均一や、P.S.の異状介在などをよく伝えている。

(3) チェンは、熔接、鍛接あるいは打抜で製作され表面黒皮のまま平滑材ではないから、応力の集中が生じやすく、したがつて繰返し荷重に対して弱い。

(4) ヘヤクラックがあつても発見が困難である。

(5) チェン製作上の作業、品質管理なども十分にいく破断力にもバラツキが多い結果となつている。

(6) ロープは割合短期間に取替えるが、チェンはあまり取替えないで長く使用するしたがつて磨耗もある。

(7) チェンはロープよりも衝撃に対して弱いと考えられる。

(8) ロープに比べ併用するチェンの長さは短かいの

でその自重がロープ張力に及ぼす影響は少く太目のものが使用されやすい。

(9) ロープは径が小さい程、使用とともに生じる磨耗や腐蝕による影響が大きいため、当初安全率の大きいものを採用することが行われているので、チェンもそのロープ安全率に応じた大きいものを採用されるためかと思われる。

(10) チェンの種類は多いが量として少ないため、その流用性、標準化を考慮して寸法統一を行うために安全率は大きくてもそのまま使用する。

などの事項がチェン採用に際して考慮されたものと思われる。したがつてチェン製作に当つて上記の(2)(4)(5)などに十分注意せねばならぬ。

また(1)(3)(6)(7)などに対して、チェンの寿命が疲れだけによつて決まるものとすれば疲れ限度は重要な意味をもち、製作に当つて(2)(4)(5)が十分注意されたチェンを使用したとしても、長期間使用するためには、チェンの安全率は疲れ強さの点より静破断力に対し少くも7以上必要であると考えられる。かつ疲れ強さを考える場合にはチェンに加わる変動荷重の変動程度および応力振幅を考慮せねばならない。

しかし鉱山用チェンにおいては例えば立坑運転においてその運転頻度が多くかつ過大荷重は常用の2倍以上に達しその上、上限応力に対して大きな応力の片振振幅をもつことがしばしばある。かつまた斜坑ではその運転頻度はやや少ないがそれでも、鉱車逆行のシャクリ、脱線、異物へのひつかかりなどがあるので、使用にあつて過大な荷重の生じないような保守管理を注意して行うことが一層緊要である。

#### 〔VII〕 結 言

以上チェンの片振引張繰返し試験結果を引用し、これを拡張して、従来静的にのみ取扱われていた鉱山巻上機用ロープに使用されるチェンを動的に実例に即して解明した。その結果実技において採用されているチェンの安全率は規則よりも比較的高くなつているが、チェンの製作と巻上機の取扱いに注意すればその値を低減することが可能であると考えられる。本稿を執筆するにあたり御助言を下さつた九州大学石橋教授に深甚の謝意を表す。

#### 参 考 文 献

- (1) 鉱山保安局の調査： 鉱山用チェン安全率表一式
- (2) 渋谷，富田，鈴木： 斜坑巻上時のロープにかかる制動時の衝撃について Vol. 37, No. 2 P. 31 ~ 41 (30年2月)

最近登録された日立製作所の特許および実用新案

(その3)

(第24頁より続く)

区 別	登録番号	名 称	工 場 別	氏 名	登録年月日
実用新案	461262	接 写 装 置	亀有工場	久保沢 稔	32. 4. 26
"	461266	巻 上 機 保 安 装 置	亀有工場	秋田 六郎	"
"	461273	起 重 機 用 制 御 盤 箱	亀有工場	江上 忠哉	"
"	461290	掘 削 機 の 低 接 地 圧 装 置	亀有工場	田中 一成	"
"	461291	掘 削 機 の 低 接 地 圧 装 置	亀有工場	富田 成輝	"
"	461286	鑄 鉄 鑄 物 鑄 造 装 置	川崎工場	関谷 愛三	"
"	461275	継 電 器 動 作 表 示 器	多賀工場	小島 義三	"
"	461278	機 関 着 火 用 配 電 器	多賀工場	大和田 正清	"
"	461281	ス イ ッ チ 取 付 装 置	多賀工場	瀬田 沢 一	"
"	461285	2 連 横 型 気 化 器	多賀工場	森 通次	"
"	461259	遊星歯車式減速機構における防音防振装置	亀戸工場	伊藤 藤虎	"
"	461260	減 速 歯 車 装 置	亀戸工場	伊藤 虎男	"
"	461261	X 線 写 真 撮 影 台	亀戸工場	伊高 智広	"
"	461280	密 封 型 変 圧 器	亀戸工場	小大 西長真	"
"	461282	蛍 光 灯 ソ ケ ッ ト 取 付 装 置	亀戸工場	大西 岡原 靖	"
"	461283	ラ ン プ ソ ケ ッ ト 取 付 装 置	亀戸工場	西藤 岡原 靖	"
"	461284	ラ ン プ ソ ケ ッ ト 取 付 装 置	亀戸工場	西藤 岡原 靖	"
"	461287	プ ラ ン ジ ャ 型 電 磁 開 閉 器	亀戸工場	松田 幸次郎	"
"	461288	プ ラ ン ジ ャ 型 電 磁 開 閉 器	亀戸工場	松田 幸次郎	"
"	461289	補助接触子を有するプランジャ型電磁開閉器	亀戸工場	松田 幸次郎	"
"	461292	ガス分析装置における湿度の影響を軽減する装置	亀戸工場	井上 実清	"
"	461293	ガス検出装置における湿度の影響を軽減する装置	亀戸工場	井上 実清	"
"	461264	衝 撃 お よ び 振 動 の 記 録 装 置	戸塚工場	小林 季良	"
"	461265	T V ビ ル ド イ ン ア ン テ ナ	戸塚工場	加賀 美正勝	"
"	461268	簡 易 衝 撃 測 定 装 置	戸塚工場	加賀 美正泰	"
"	461269	簡 易 衝 撃 測 定 装 置	戸塚工場	加賀 美正泰	"
"	461270	簡 易 衝 撃 測 定 装 置	戸塚工場	加賀 美正泰	"
"	461271	放射状素子を有する折畳み空中線装置	戸塚工場	古谷 勝美	"
"	461272	電 話 用 ロ ー ゼ ッ ト	戸塚工場	古清 宮弘	"
"	461274	多 数 共 同 加 入 電 話 機	戸塚工場	江大 森五郎	"
"	461267	電 子 管 電 子 銃	中央研究所	大沢 田 良三	"