

電力ケーブル鉛被の寿命を延ばすための 布設法の検討

山路賢吉* 大畠芳昭** 高橋長一郎*** 大和田 清****

Studies on the Training Technique for the Longer Life of Power Cable Lead Sheath

By Kenkichi Yamaji, Yoshiaki Ōhata, Choichirō Takahashi
and Kiyoshi Ōwada

Hitachi Electric Wire and Cable Works, Hitachi, Ltd.

Abstract

The principal cause of power cable sheath failure in service is fatigue cracking due to daily load variation, and to prevent it an artificial loop training should be provided. From this point of view, the writers have studied the amount of cable movement during temperature change at different states and determined the effectiveness of various loop trainings.

In this experiment, 30 m sample of 600 V $3 \times 100 \text{ mm}^2$ impregnated paper insulated lead-covered cable was installed in a dummy duct and it was operated on a controlled current loading schedule which permitted the recording of the expansion and the correlated sheath temperature rise.

Electrical resistance strain gauge and dial gauge were used to measure the magnitude of sheath strain and cable movement.

The results are summarized as follows:

- (1) Thermal expansion coefficient of the cable is almost the same as one of the conductor.
- (2) The shifting of cable due to temperature change cannot be stopped entirely even by hard binding with cleat.
- (3) Since the elliptic loop training is very effective for the reduction of strain concentration, it is evident that fatigue cracking can be eliminated by the proper utilization of it.

〔I〕 緒 言

周知のとおり、紙絶縁電力ケーブルの寿命は絶縁物の本質的な劣化、使用中の熱履歴によつて起る絶縁物と鉛被間の空隙による性能低下および鉛被の損傷から起る絶縁物の吸湿劣化などによつて支配されるものである。この中で鉛被の損傷による事故はしばしば致命的な問題を起し、しかも事故の大半を占めていることがあきらかにされている。⁽¹⁾

鉛被事故はこれを大別して外傷、電蝕、化学腐蝕、虫害などによるものと伸縮による疲労破壊に分けることができるが^{(1)~(6)}特に後者の場合は最近における地下送配

電網の普及と大電流送電の実施にともなつて増加の傾向にあり各方面の関心の的となつてきた。

米国などにおいては早くからこの事実の重要性に注目し、種々の研究^{(7)~(15)}が行われてきたが、我国では未だほとんど研究されていない。

鉛被の伸縮疲労破壊の諸因子はきわめて多いが、そのおもなものを挙げると下記のようなになる。

- (1) ケーブルの直径および長さ
- (2) ケーブルの構造と剛性
- (3) 鉛被の材質および厚さ
- (4) ケーブルの布設方法
- (5) 負荷の変動状態およびケーブルの動き

これらの因子はそれぞれ独立のものでなく互に関連性

* ** *** **** 日立製作所日立電線工場

をもつものであるが、実際問題として最も重要な因子は鉛被の材質とケーブルの布設法である。すなわち鉛被の伸縮疲労に対し疲労限の高い鉛合金^{(16)~(20)}を使用することとケーブル全長にわたって歪の集中する箇所をなくすること、換言すれば均一な歪分布を示すようなケーブルの布設方法を採用することが重要な対策である。

ケーブルの温度上昇による動きについては Schifreen 氏など⁽¹⁾⁽⁷⁾⁽¹²⁾⁽¹⁵⁾の研究があり、ケーブルの温度上昇による伸びにはその構造がいちぢるしく影響することをのべているが、ケーブルの布設上実際に問題となるクリート (Cleat) 間隔およびクリートのしめ方などとケーブルの動きの関係についてはなんらふれていない。また条長の長いケーブルや負荷変動の激しい箇所に布設されるケーブルでは、布設の際適当に人工的なオフセット (Offset) を設けてできるだけ局所的な歪の集中を減少することが望ましい。

マンホール内でケーブルの鉛工接続部に歪の集中するのを防ぐため、種々のオフセット・トレーニング (Offset Training) の試みはあるが⁽¹⁴⁾ケーブルの温度変化による歪の局所的な集中を防止するためオフセット・トレーニングを管路内に使用した報告はみあたらない。またこのような点についての研究も少く、最近になって Hollingsworth 氏⁽²¹⁾がアルミ被ケーブルの伸縮を緩和するためにループトレーニング (Loop Training) について研究し、U型ループとS型ループとを比較して前者が疲労破壊を起し難いことをのべているにすぎない。

われわれは管路に布設された途中に鉛工接続部を持たないケーブルでも長年月の伸縮によつて歪の集中した箇所では鉛被に疲労破壊を生じた事例から考えて、管路内にもマンホール中で行われているようなトレーニングを行つてこのような鉛被の疲労破壊を防止し、ケーブルの寿命を延ばそうと考えた。したがつてこの論文ではケーブルの伸縮による鉛被歪の集中を防止するのに最も効果的な布設法を見出すため種々のループ・トレーニングについて実験し、ケーブルの伸縮と鉛被歪との関係を究明した。

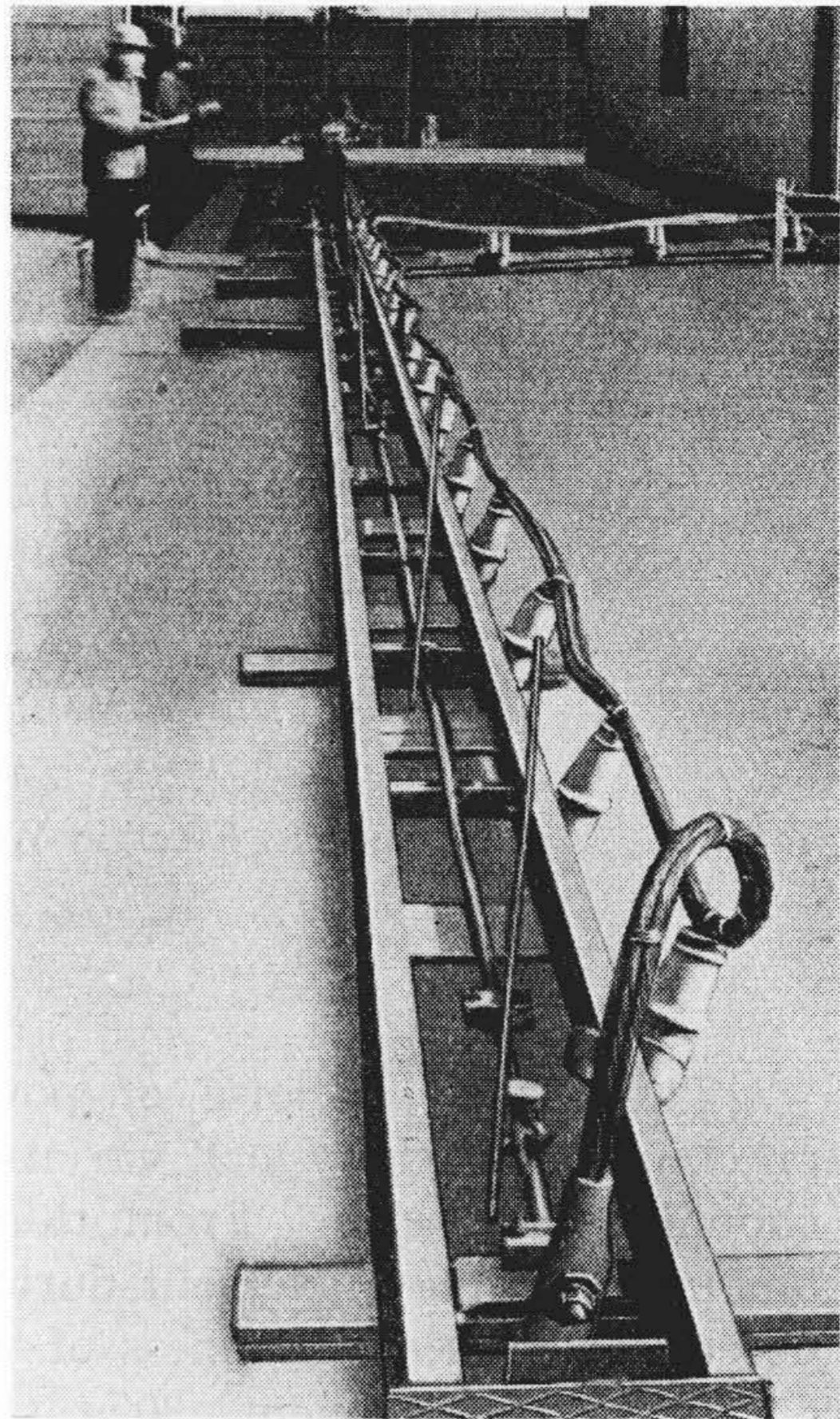
〔II〕 試料および実験方法

(1) 試料

試料には 600 V, $3 \times 100 \text{ mm}^2$ 紙ケーブル (導体外径 25.2 mm φ, ケーブル鉛被外径 32.2 mm φ) を用い、これを3心一括して 300 mm^2 単心ケーブル相当とし、第1図に示すように約 30 m の模擬管路に布設した。

(2) 実験方法

ケーブルの一端は第1図に示すように固定し、他端は通電用引出線をたわませてケーブルの動きを測定するた



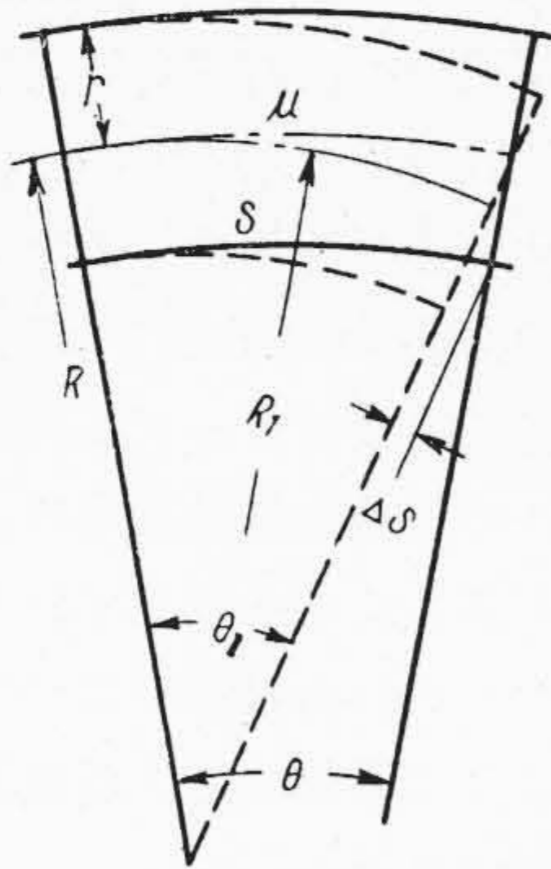
第1図 ケーブルの動き測定装置 (固定端側)
Fig.1. View of Testing Apparatus for Cable Movement (Side of Fixed-End)

めに 3 m 間隔にダイヤルゲージ (精度 $1/100 \text{ mm}$) を取付けた。なお左右および上下方向のケーブルの動きについても同様な要領で実験を行つた。クリートは固定端より 1 m 間隔に設置することのできるようにし、クリート番号は固定端よりの距離で示した。使用クリートは幅 55 mm の堅木である。ケーブルの温度を上昇させるためにケーブル導体に 800~1,000 A 通電した。鉛被温度の測定は銅—コンスタンタン熱電対を鉛被にはりつけて行つた。また導体温度の測定は導体上に表面をビニルテープで被覆した上記と同様の熱電対を密着させ、その上を元通りに修理した。

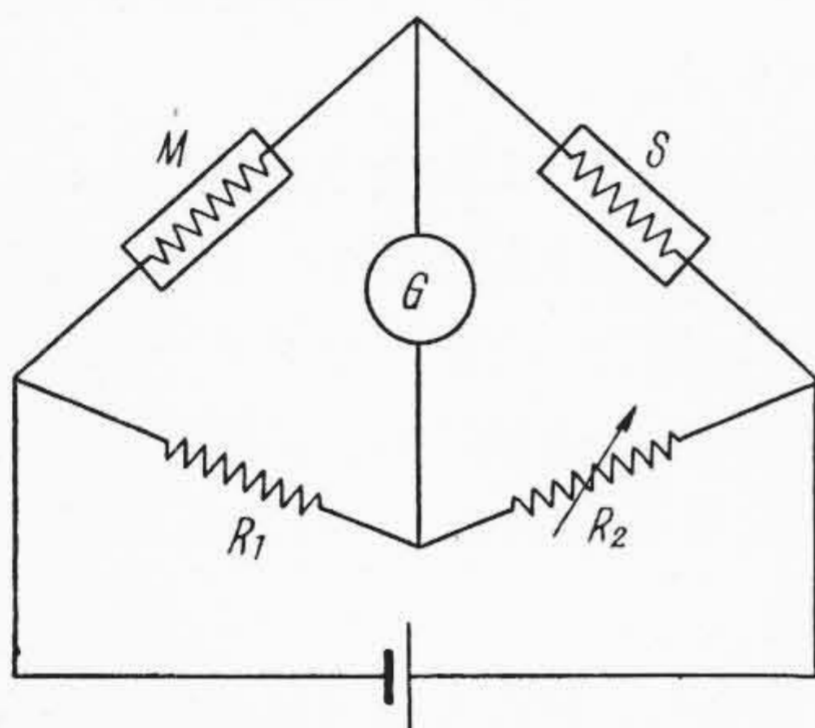
実験に用いたループの形状および寸法は第6図~第10図に示す。第6図および第7図の形状は従来の主幹ケーブルの布設の際使用されたループの代表的なものであり、第9図および第10図は実験のため新たに採用したループである。この場合ループの両端にある機械的変位を与えたとき各部に生ずる歪が実際の主幹ケーブルに生ずる歪と等しくするため(1)式によつて試料のループの寸法を定めた。

今、第2図に示すように曲率 R で彎曲していた半径 r のケーブルが変形して曲率 R_1 になつたとすると

$$(R-r)\theta = S \quad (R_1-r)\theta_1 = S - \Delta S$$



第2図 ケーブル彎曲部の歪変化説明図
Fig.2. Schematic Diagram for Change of Strain at Bending Cable



第3図 歪ゲージの結線回路
Fig.3. Connecting Circuit of Strain Gauge

したがって

$$\Delta S = (R-r)\theta - (R_1-r)\theta_1 = ru \left(\frac{1}{R_1} \right) - \left(\frac{1}{R} \right)$$

故にケーブルの単位長さ当りの変形すなわち歪は

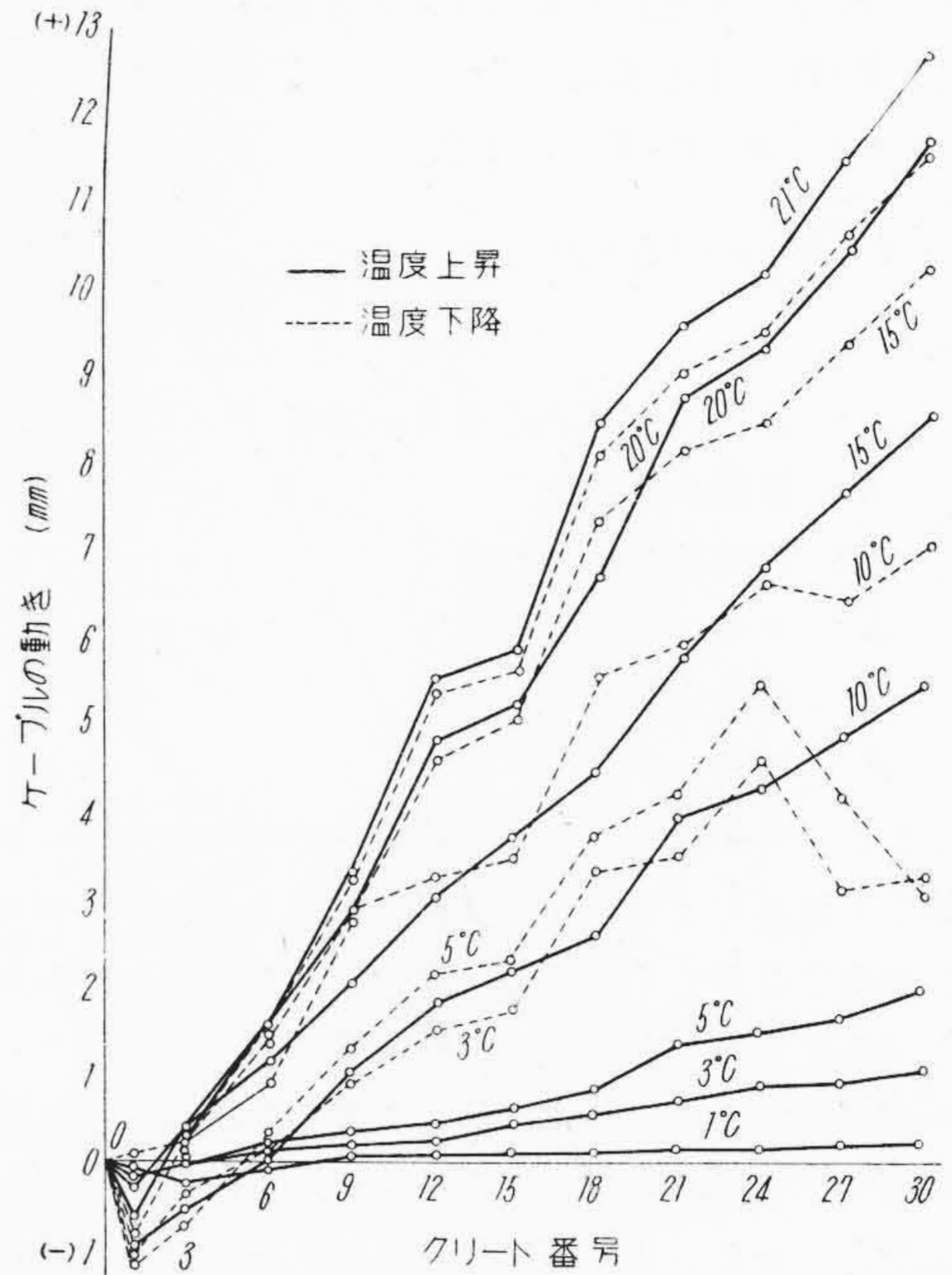
$$\frac{\Delta S}{u} = \frac{r}{R} \cdot \frac{\theta_1 - \theta}{\theta} \dots \dots \dots (1)$$

すなわち $\frac{r}{R}$ を一定にするようにループの寸法を定めればよいことになる。歪の測定はループの両端の直線部分を機械的に 1cm づつ圧縮した場合の鉛被に生ずる歪を静的または動的電気抵抗線式歪計によつて測定した。歪ゲージは曲げによつて最大圧縮歪の生ずる側と最大引張り歪の生ずる側にそれぞれ 1 枚づつ対称的な位置に接着した。このように接着して第3図のようにゲージを結線すれば温度補償ができ曲げ歪を倍にして取り出すことができる。

〔III〕 負荷変動によるケーブルの動き

(1) 杉板上に置いた場合

第4図は杉板上にケーブルの一端を固定して置いた場合の、各クリート部におけるケーブルの伸びと鉛被温度



第4図 ケーブルの動きとクリート番号との関係 (杉板上の場合)

Fig.4. Relation between Cable Movement and Cleat Number (on a Cedar-Board)

上昇の関係を示す。伸びは自由端方向への伸びを正、固定端方向への伸びを負で示した。(以下同様) 図よりあきらかなように、ケーブルの伸びは固定端からの距離が大きくなるにしたがつて大きくなることを示している。また温度上昇に比例してケーブルの伸びも大きくなる。この場合クリート番号と伸びはほぼ直線関係を示しているが、若干曲線に凹凸部が認められた。特に注目し値する点はクリート番号6の所では、温度上昇が 10°C までは伸びがほとんど 0 に近く、またクリート番号 0 と 6 の間においてケーブルにたわみを生じていることである。この点について考察してみるとつぎのようになる。この実験の場合にはケーブルの温度上昇による伸びを阻止しようとする力は杉板とケーブルとの間に働く摩擦力である。予備実験として供試ケーブルの杉板上の摩擦係数をスプリングバランスを用いて測定した結果は約 0.54 でガラス板上とクリート上の値のほぼ中間の値を示した。また長さ dx のケーブルに働く摩擦によつてその伸びを阻止しようとする力 dF は

$$-dF = w \cdot \mu \cdot dx$$

故に

$$-F = w \cdot \mu \cdot x + a$$

また $x=L$ すなわちケーブルの自由端では
 $F=0$ であるから
 $a=-w \cdot \mu \cdot L$ となる。

$$\therefore F=w \cdot \mu \cdot (L-x) \dots \dots \dots (2)$$

ただし

- w : ケーブル 1 cm 当りの重量
- μ : 摩擦係数
- x : 固定端からの距離
- L : ケーブルの長さ
- a : 積分定数
- F : 摩擦力

したがって上述のクリート番号 6 の所では、ケーブルの伸びを阻止しようとする摩擦力 F によつてケーブルの伸びが 0 になり、その部分と固定端との間にたわみができている。すなわちクリート番号 6 の所ではこのケーブルの座屈強度とケーブルの伸びを阻止しようとする摩擦力が等しいと考えられる。今ケーブルを断面が一樣な材質でできており、かつ弾性体であると考えてその座屈に要する力を計算してみるとつぎのようになる。

本実験の場合には両端が固定された長柱と考えて計算すればよい。したがって固定端から任意の長さのケーブル l が座屈するに要する力 P_K は

$$P_K = \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot E \cdot I}{l^2} \dots \dots \dots (3)$$

ここで

- l : ケーブルの固定端からの長さ
- E : ケーブルの縦弾性係数
- I : ケーブルの断面 2 次モーメント

クリート番号 6 のところではケーブルの伸びを阻止しようとして働く摩擦力 F とケーブルの座屈に要する力が等しいから

$$\frac{4 \cdot \pi^2 \cdot E \cdot I}{600^2} = 51.3 \times 0.54 (3000 - 600)$$

$$\therefore E \cdot I = 60.8 \times 10^6 (\text{kg} \cdot \text{mm}^2)$$

高橋氏⁽⁶⁾は円環法および両端支持梁法によつてケーブルの曲げの剛性係数 EI を求めている。われわれの計算によつて求めた曲げの剛性係数 EI はこれに比較してやゝ大きい。これは Schifreen 氏⁽⁷⁾が構造の異つた各種のケーブルを管路に布設してケーブルの温度上昇による伸びから各ケーブルの圧縮の係数を求め、その値がケーブルの構造によつて異なることを示しているのと同様に、曲げの剛性係数もケーブルの構造によつて異なるものと考えられる。なお実験によれば導体温度は鉛被温度 30°C の場合には約 $36 \sim 37^\circ\text{C}$ であつた。

(7) クリートを強くしめつけた場合

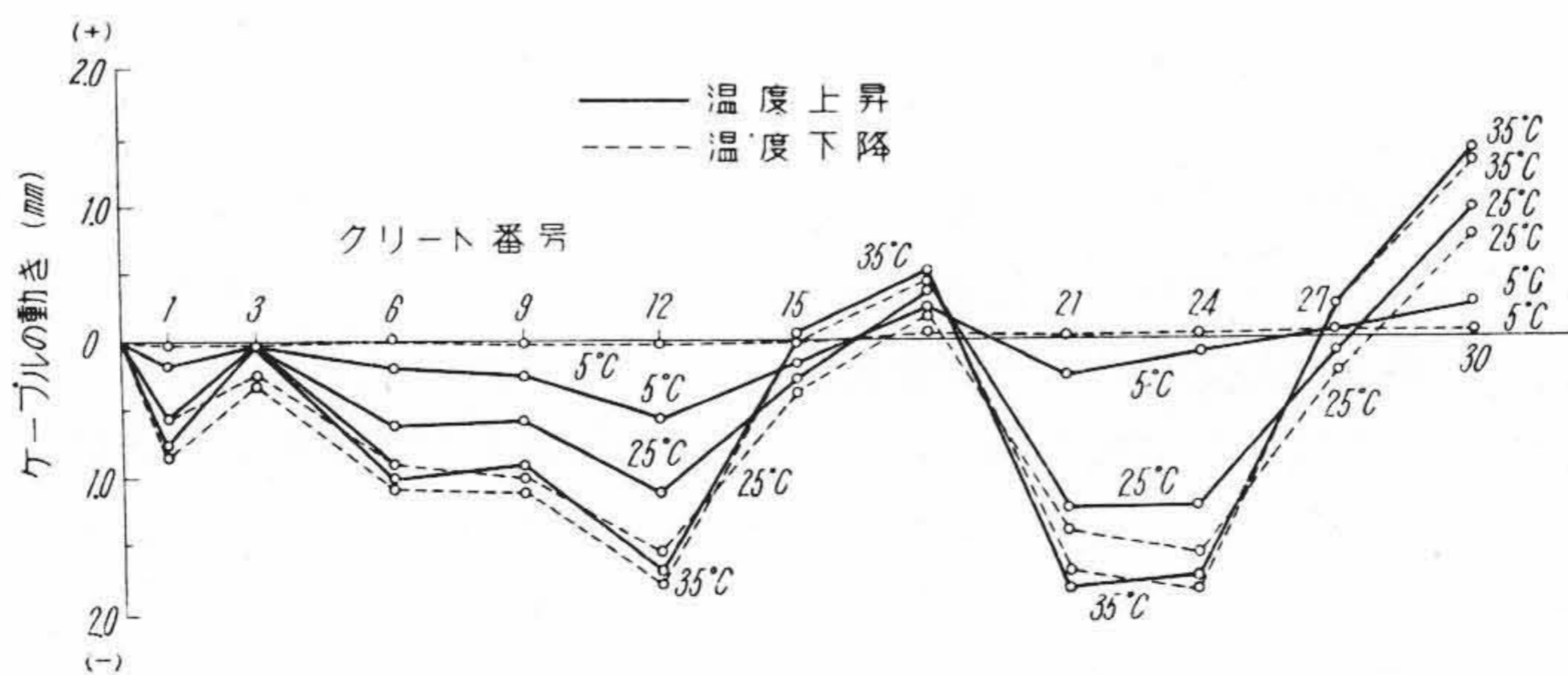
クリート間隔を 1 m としケーブルが変形する程度によつてクリートをしめつけた場合を第 5 図に示す。なおこの場合のクリートの把持力は予備実験から約 180~230 kg と考えられる。

(1)の実験と比べ、本実験では各クリート番号におけるケーブルの動きはきわめて小さく、最大変位 2 mm 以内である。この場合のたわみをクリート番号 8 と 9, 9 と 10 および 10 と 11 の中間において同時に測定した結果それぞれ 1 mm, 7 mm および -4 mm の値となつた。第 5 図から判ることはクリートをつよくしめつけることによりケーブル全体の伸びを相当量小さくすることが可能である。しかしクリートのしめつけ力を均等にすることは困難であり、したがつて各クリートにおけるケーブルの動きは均等にならず、しめつけ力の弱い所に伸びが集中してくることが考えられる。

[IV] 各種ループにおける鉛被歪の測定

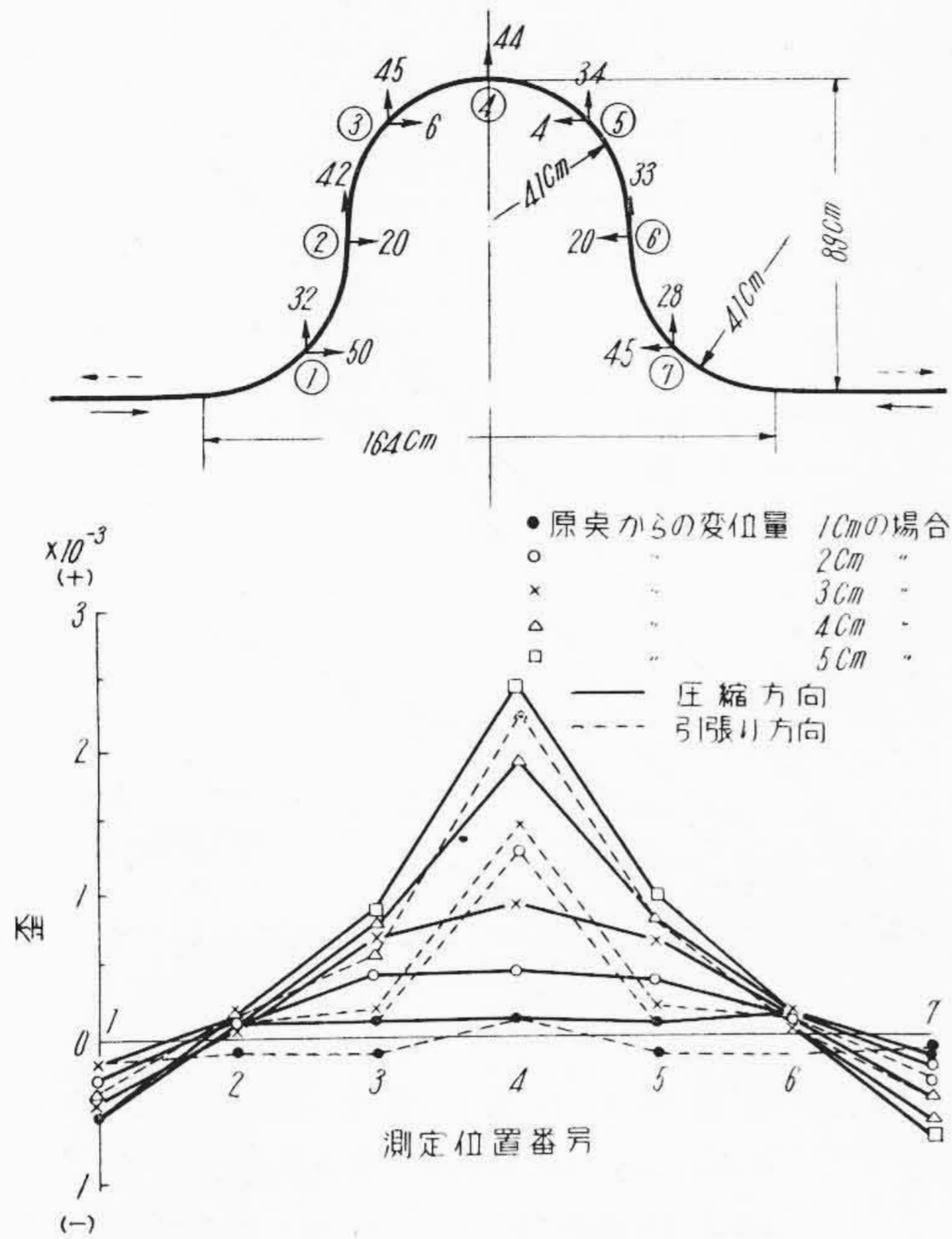
(1) U 型ループ

第 6 図に U 型ループの種々の点での動きおよび歪を示す。図の上側にはループの寸法、各測定位置番号およびケーブルの両端を中心方向に 5 cm 動かした場合のその



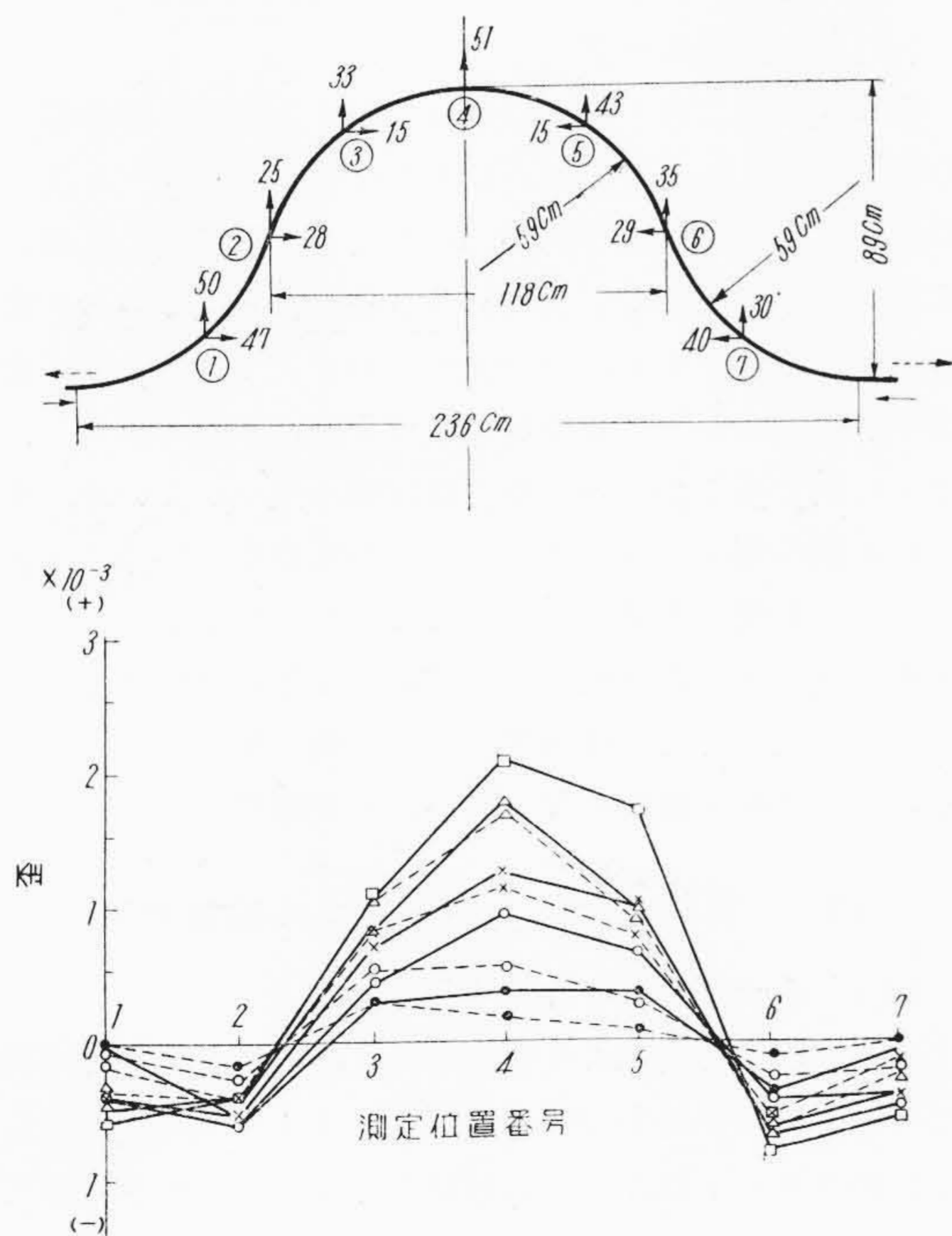
第 5 図 クリート番号とケーブルの動きとの関係 (クリート間隔 1 m の場合)

Fig. 5. Relation between Cable Movement and Cleat Number (Distance of Cleat : 1 m)



第6図 ループの動きと歪 (1)
(U型ループの場合)

Fig. 6. Sheath Strain and Movement of Loop (1) (at U-Form Loop)



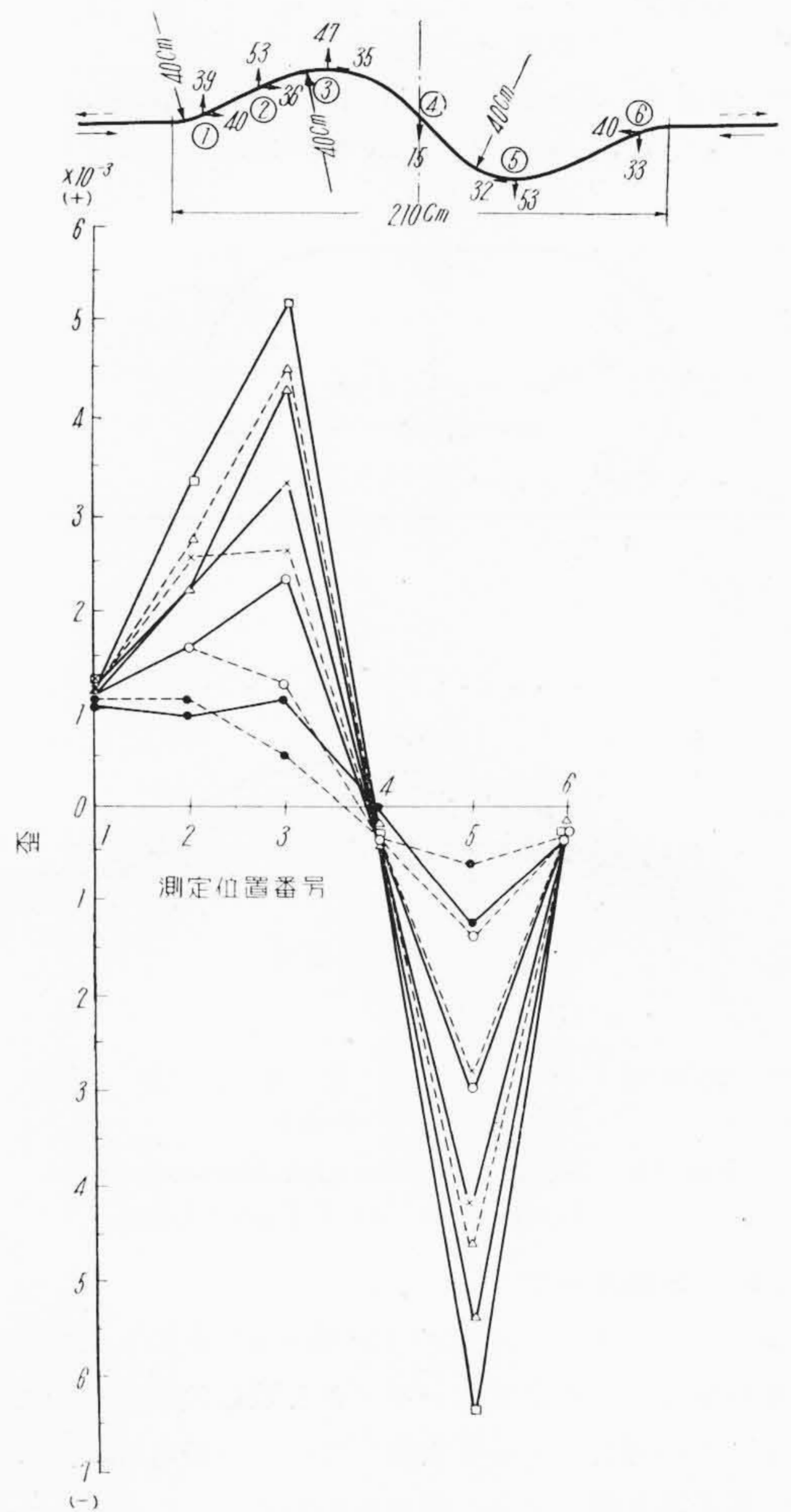
第7図 ループの動きと歪 (2)
(V型ループの場合)

Fig. 7. Sheath Strain and Movement of Loop (2) (at V-Form Loop)

測定位置の原点からの動き (mm) を矢印で示す。また図の下側には測定位置番号と歪との関係を示す*。この図からわかるように測定位置番号4のところにも最大歪が生じる。そして5cm変位した場合には測定位置番号4の歪はほかの位置に比べいちぢるしく大きく集中的であることがわかる。

(2) V型ループ

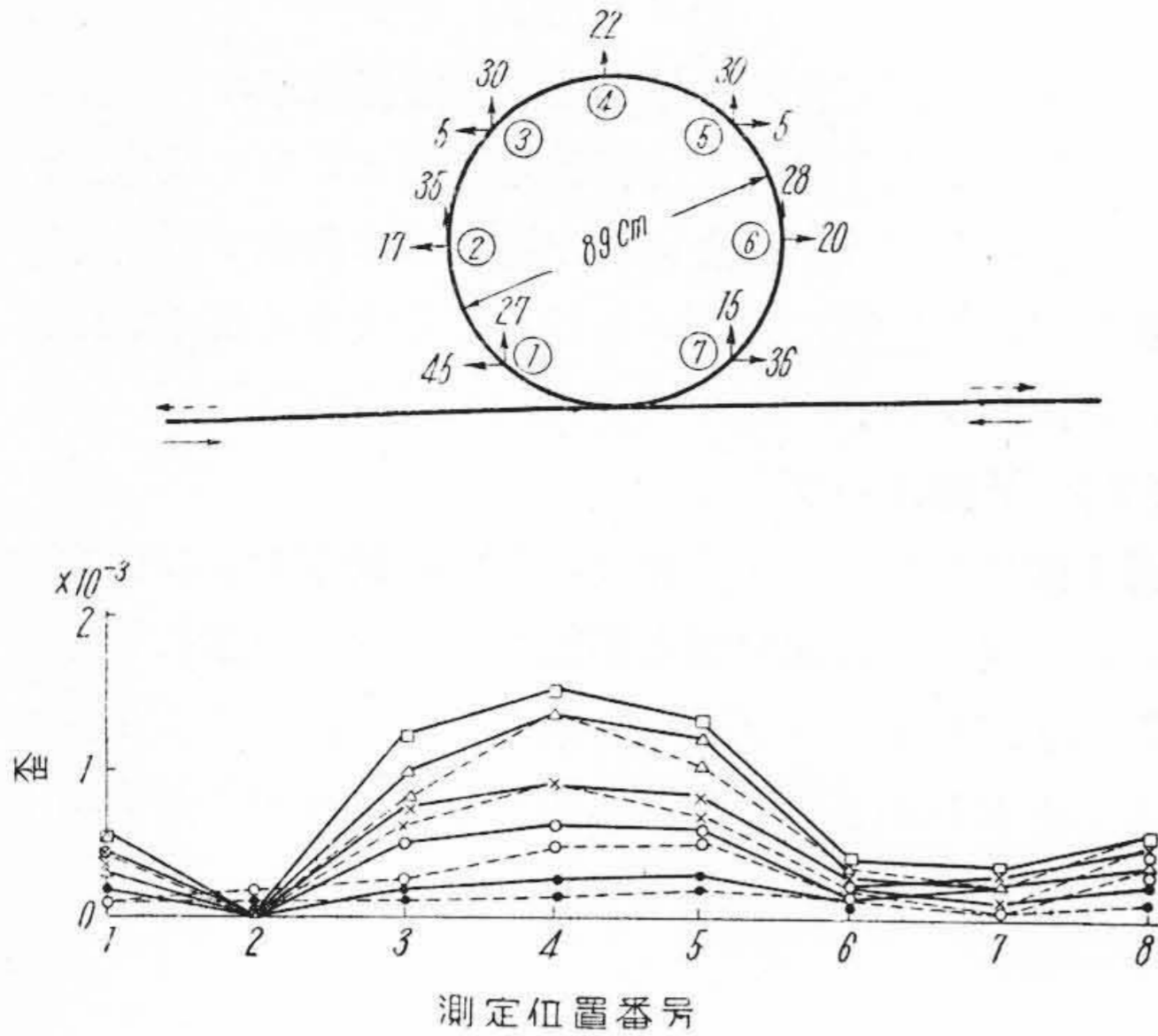
第7図にV型ループの種々の点での動きおよび歪を示す。この場合は前記U型と類似の動きおよび歪の分布状態を示すがU型ループよりも歪の分布状態はやゝ良好であることがわかる。すなわち歪が分散されその最高値も前者に比べて小さい。



第8図 ループの動きと歪 (3)
(S型ループの場合)

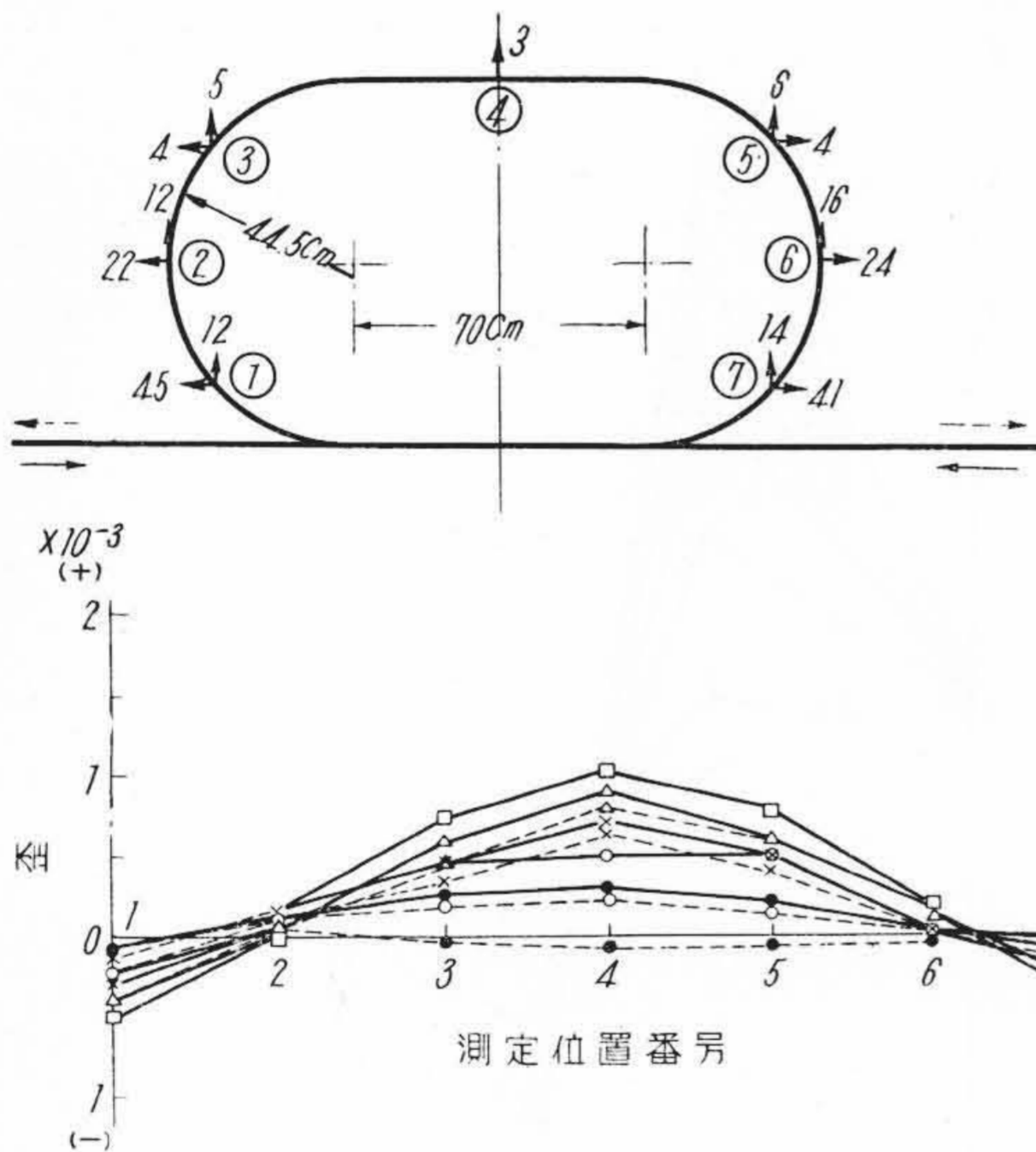
Fig. 8. Sheath Strain and Movement of Loop (3) (at S-Form Loop)

* 第6図の符号は第7, 8, 9, 10図にも共通である。



第9図 ループの動きと歪(4) (O型ループの場合)

Fig. 9. Sheath Strain and Movement of Loop (4) (at O-Form Loop)



第10図 ループの動きと歪(5) (楕円型ループの場合)

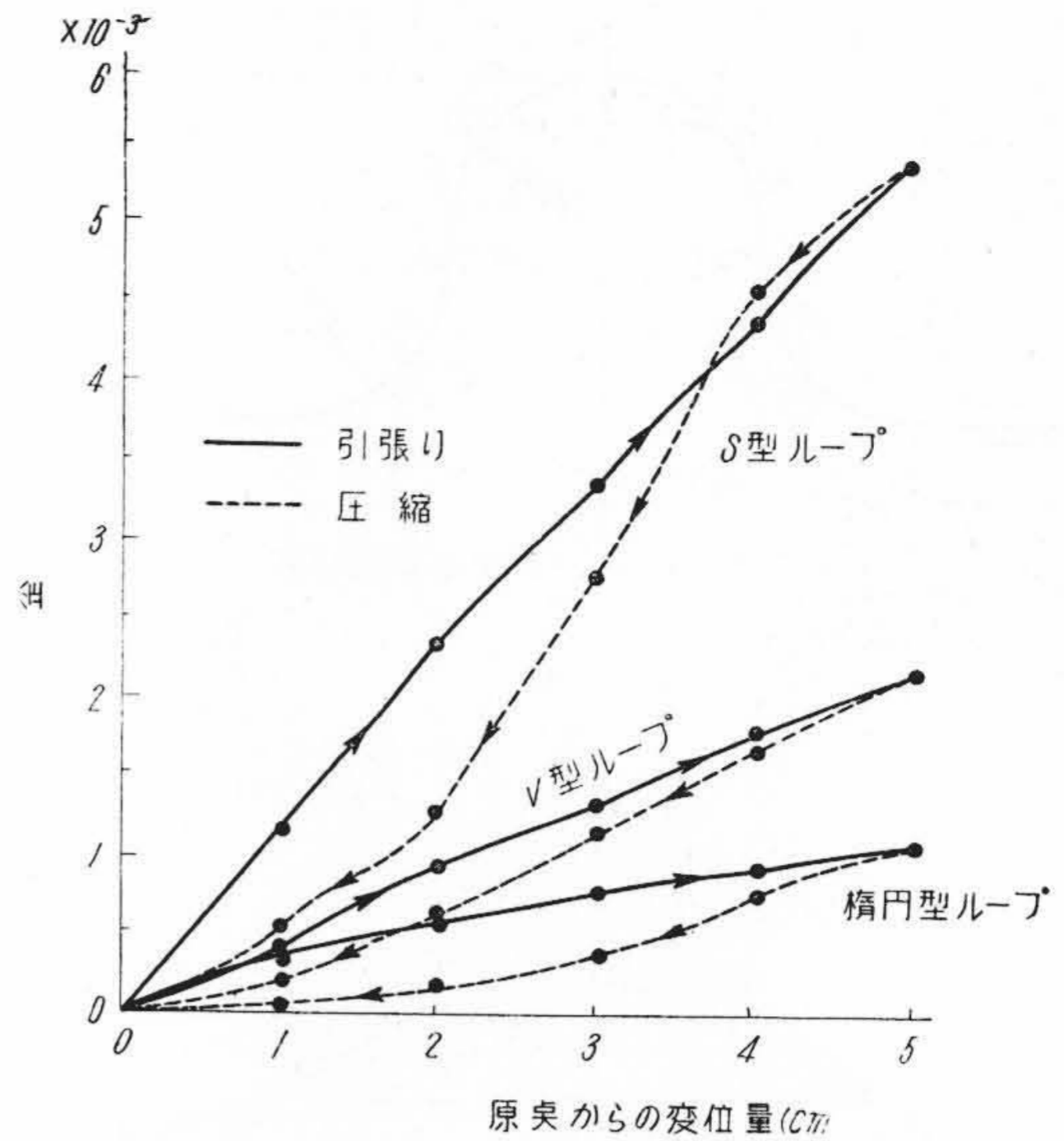
Fig. 10. Sheath Strain and Movement of Loop (5) (at Elliptic Loop)

(3) S型ループ

ケーブルがスネーキング (Snaking) を起した場合の歪を推定するためにスネーキングと類似の形をもつたS型ループの場合について実験した。この場合の各部の動きと歪を第8図に示す。図からわかるようにS型ループでは極端な歪の集中を起し、最大歪は $5 \sim 6 \times 10^{-3}$ の値を示している。これは Hollingsworth 氏のアルミ被ケーブルについて行つた実験⁽²¹⁾結果とよく一致している。

(4) O型ループ

第9図にO型ループの場合の各点の動きと歪を示す。



第11図 原点からの変位量と歪との関係

Fig. 11. Relation between Sheath Strain and Displacement from Original Position

この場合はU型およびV型ループに比べ歪の分布状態ははるかに良好になり、最大歪は約 1.5×10^{-3} でU型ループの約60%、V型ループの70%に減少する。

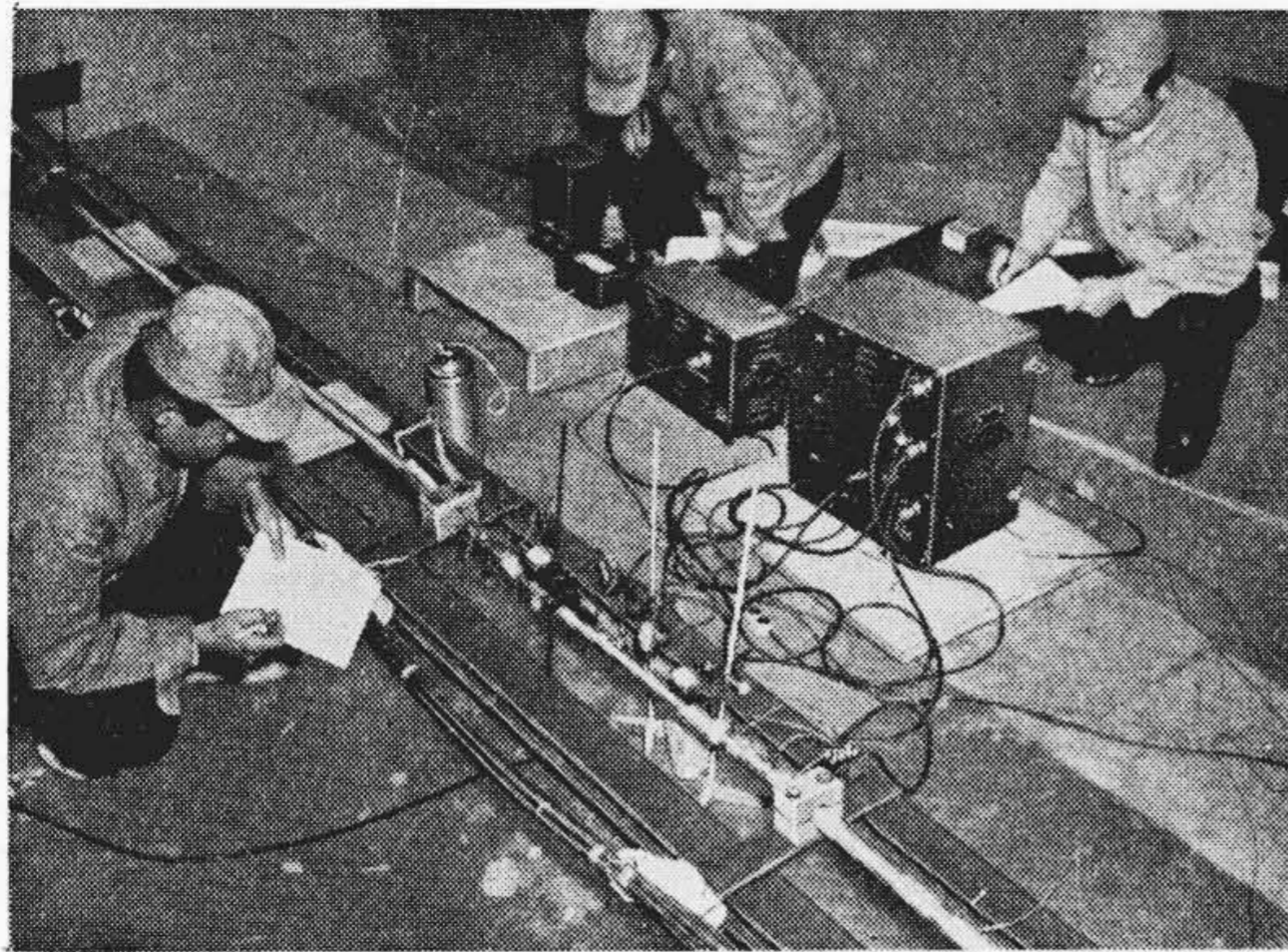
(5) 楕円型ループ

第10図に楕円型ループの場合を示す。歪の分布状態はO型よりもさらに良好で、最大歪は約 1.0×10^{-3} となりO型ループの最大歪の約66%となる。第11図にV型、S型および楕円型ループにおける最大歪と原点からの変位量との関係を示す。この図から判るよう変位量が増加するにしたがって歪の増加率はV型、S型の場合にはほぼ一定であるが、楕円型では次第に減少している。すなわち楕円型ループではケーブルの変位量が次第に大きくなっても歪は次第に飽和してくることを示している。従来のケーブルの布設の際に使用されていたU型やV型ループに比べてこの楕円型ループは歪の集中を起さず、したがって疲労破壊を起し難いことが推察される。

[V] 負荷変動によるケーブル鉛被の歪

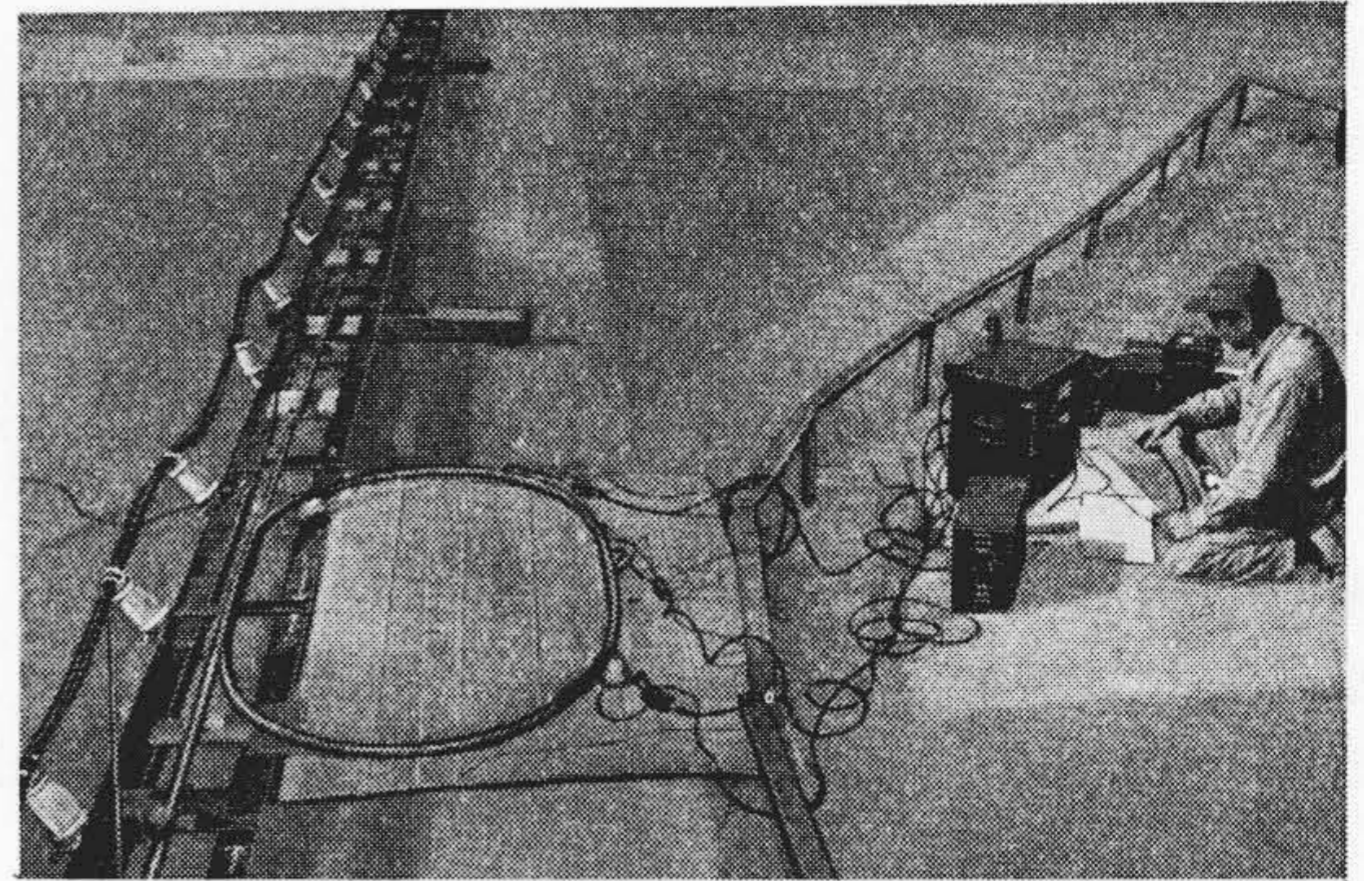
(1) ループを設けない場合

ケーブルの両端末よりそれぞれ3箇のクリートをつよくしめつけ (把持力 300~350 kg, クリート間隔 1 m), ほかのクリートはガイドの役目をさせるためにきわめてゆるく押え全長 13 m のケーブルの伸びがすべて中央部 (クリート番号 6 と 7 の間) に集まるように布設した。なおクリート番号 0~6, 7~13の間ではケーブルが下方にたわまないようにクリート間に杉板を置いた。鉛被歪の



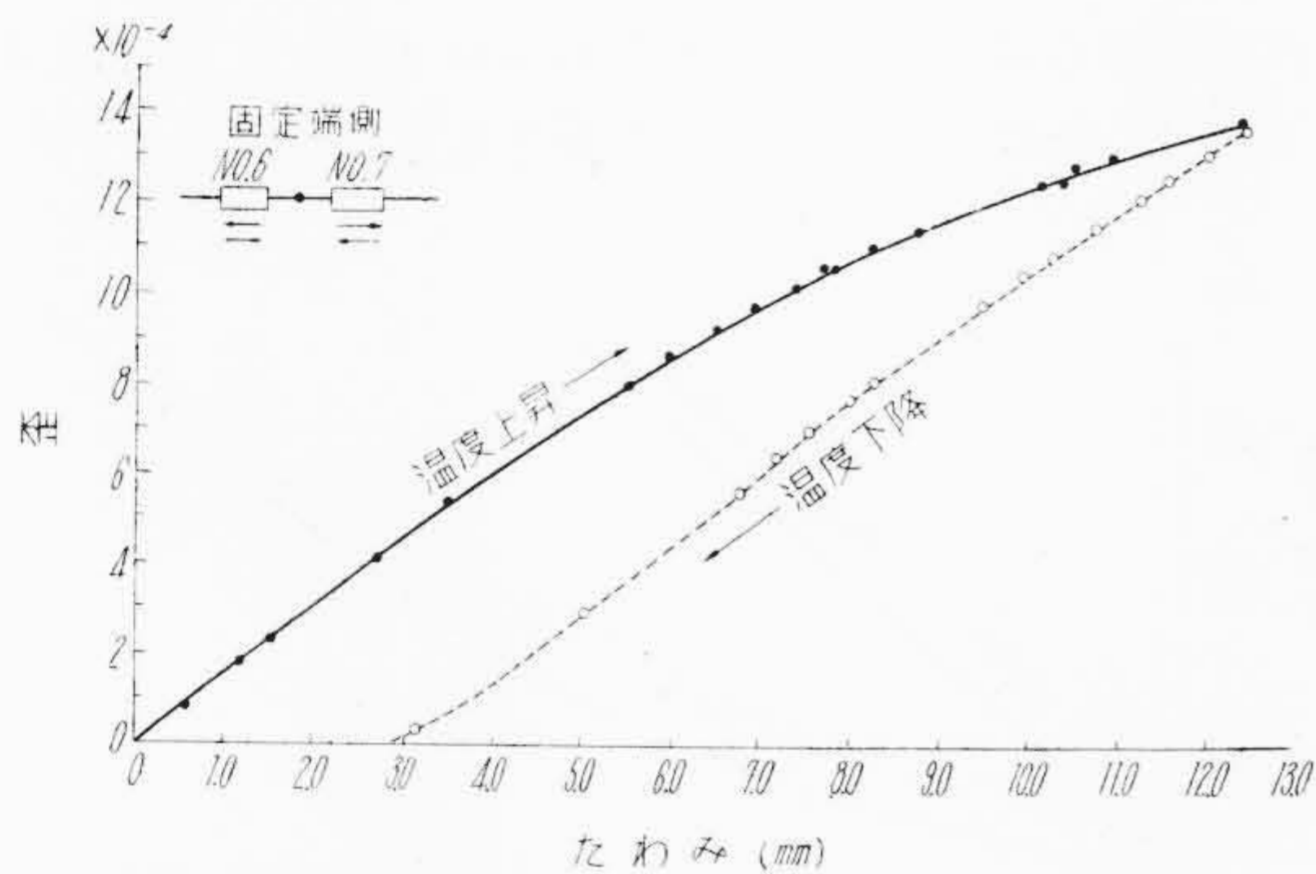
第12図 鉛被歪の測定状況(1)
(ループを設けない場合)

Fig.12. Measuring State of Sheath Strain (without Loop Training)



第14図 鉛被歪の測定状況(2)
(楕円型ループを設けた場合)

Fig.14. Measuring State of Sheath Strain (at Elliptic Loop Training)



第13図 たわみと歪との関係
(ループを設けない場合)

Fig.13. Relation between Sheath Strain and Deflection (without Loop Training)

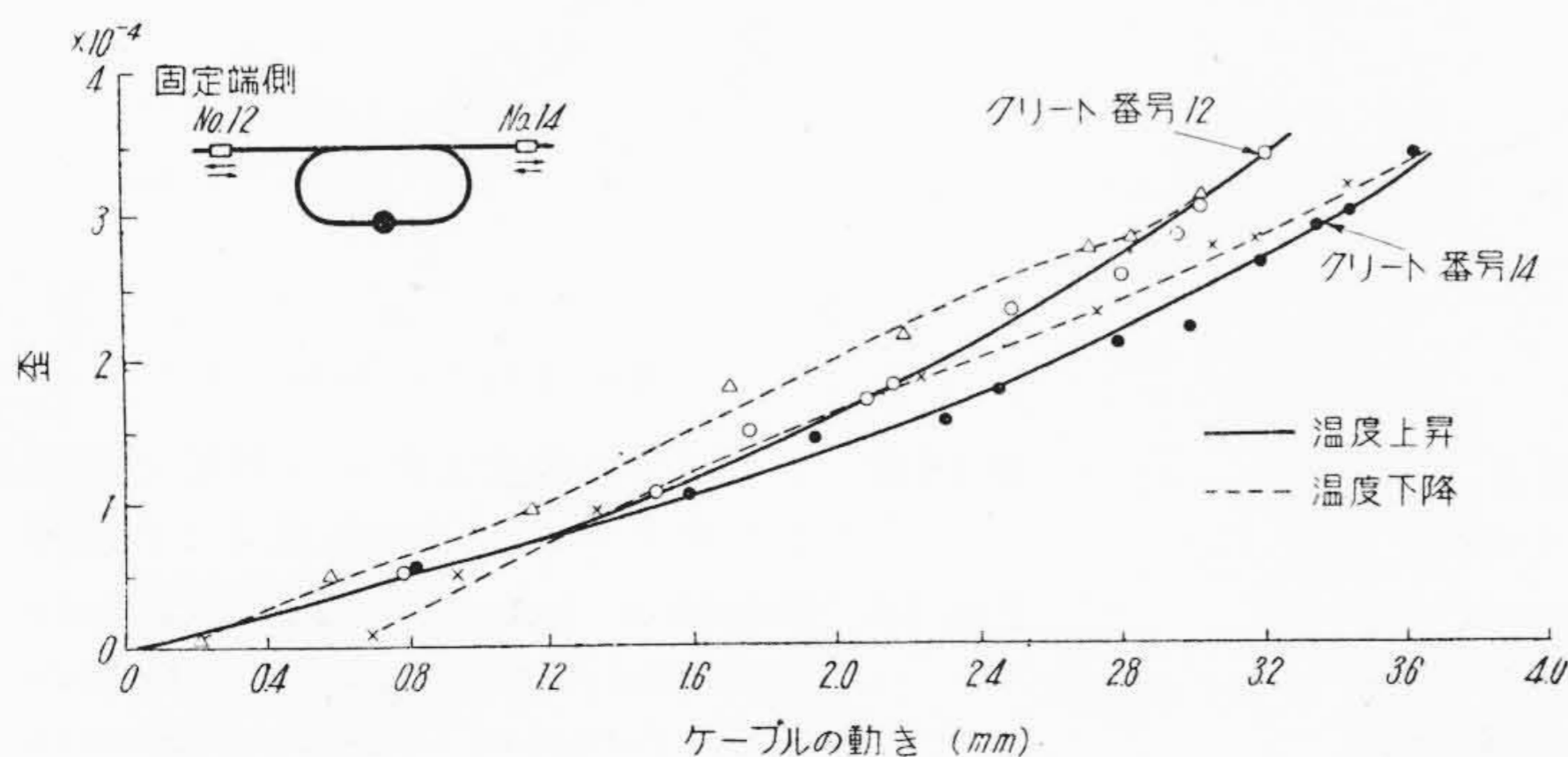
測定状況を第12図に示す。ケーブルの各部および中央部のたわみは各所にダイヤルゲージをつけて測定した。

ケーブルの伸びは鉛被温度の上昇とともに増大するが局部的に存在するスネーキングのため直線的にはならない。また端末部はクリートをつよくしめつけたがケーブ

ルの動きを止められなかった。中央部のクリート番号6および7に伸びがもつとも大きくでており、温度上昇とともに増大し、鉛被の温度上昇11.6°Cにおいてはクリート番号6,7でそれぞれ2.9mmおよび2.4mmとなる。またこの間の各点の歪を測定した結果たわみの中央部において最大歪を生じていることがわかった。第13図にクリート中央部(黒点で示す)におけるたわみと歪の関係を示す。たわみと歪はほぼ直線関係をもっており、温度の上昇と下降によつて相当のヒステリシスを示す。また温度変化を繰返すと、たわみはますます増大する傾向が見受けられた。これはケーブルが一度たわむと温度を初期の状態に下げてももとの位置に帰らず再び温度が上昇すると、たわんだケーブルはますますたわみやくなるためである。すなわちケーブルは温度上昇による伸びのためにどこかにスネーキングを生ずると、そこに伸びが集中しスネーキングの程度は漸次大きくなりそのため歪も増大してくる。

(2) 楕円型ループを設けた場合

前項(1)と同様な方法でケーブルを布設し、30mのケーブルの伸びがすべて中央部の楕円型ループに集まるようにケーブルを布設した。第14図にこの場合の歪測定



第15図
ケーブルの伸びと歪との関係
(楕円型ループを設けた場合)

Fig.15.
Relation between Cable Movement and Sheath Strain (when Elliptic Loop Training is Provided)

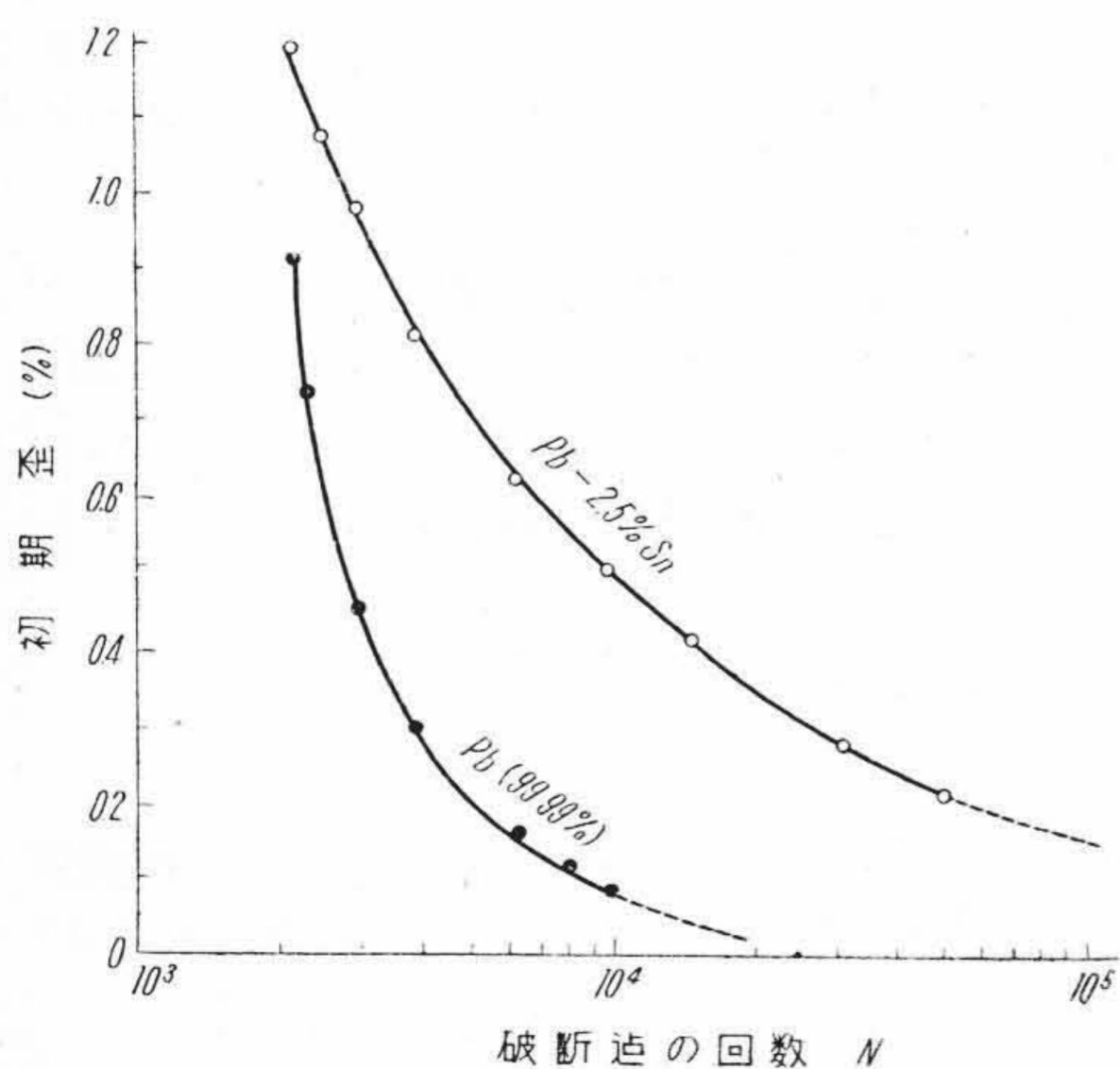
状況を示す。なお楕円型ループの形状および大きさは前実験〔IV〕と同じであり、ループの各部における歪の分布状態がわかっているため歪の測定に当つては最大歪の生ずる場所を選んだ。第15図に伸びとこの箇所の歪との関係を示す。伸びのきわめて小さい場合には歪は伸びとともにほぼ直線的に増大している。

以上の実験結果からループを設けない場合には鉛被温度上昇がわずか11°Cでもケーブルのたわみの部分の鉛被歪は最大0.13%にもたつしたが、ループを設けた場合には鉛被温度が約28°C上昇しても最大歪で0.034%くらいの歪しか生じないことがわかる。

〔VI〕 楕円型ループの効果

鉛および鉛合金は弾性限(17~40×10⁴ kg/cm²)が低く、したがって鉛被に加わる歪が大きい箇所では塑性域である。そこで曲げ疲労試験を行う場合にも、その試験速度によつてその疲労限が当然異つてくる。この事実はすでに多くの研究者によつて認められているが^{(16)(18)(22)~(24)}Eckel氏⁽²⁴⁾, Gohn氏⁽¹⁶⁾, Hickernell氏⁽¹⁸⁾などによれば鉛および鉛合金の曲げ疲労限は試験速度が小さいほど低くなるといわれている。しかし1サイクルに要する時間が4min以上になると疲労限はほぼ1定値をとることが示されている。片端固定式曲げ疲労試験機を用い1サイクル4minの速度で25°Cにおいて疲労試験を行い初期歪と破断までの回数を求めると第16図のようになる。この図からわかるようにPb-2.5%Sn合金の疲労強度は純鉛(99.99%)に比べるといちじるしく高い。

この図から鉛被の寿命と歪限界値を求めるとつぎのよ



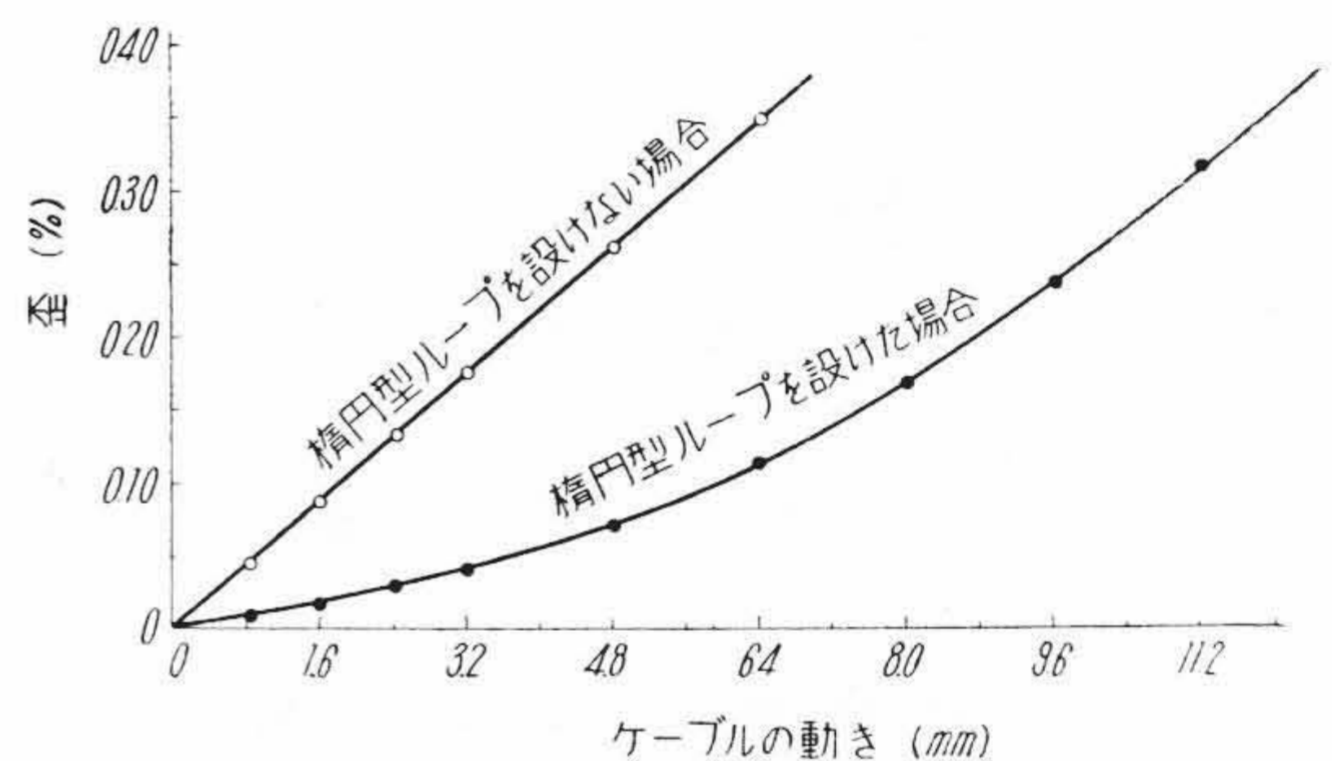
第16図 Pb, Pb-2.5%Sn合金の初期歪と破断までの回数(試験速度: 1/4 cpm)
Fig.16. Effect of Initial Strain on Cycle Life of Pure Lead and Pb-2.5%Sn Alloy (Testing Speed: 1/4 cpm)

うになる。たとえばケーブルの負荷変動が日に2回と仮定すれば、ケーブルは30年間には約2×10⁴回伸縮をくり返すことになる。ゆえに2×10⁴回の伸縮で疲労破壊を起す初期歪を図から求めると純鉛の場合は約0.02%となり、Pb-2.5%Sn合金の場合では0.35%となる。本実験よりループを設けない場合と楕円型ループを設けた場合のケーブルの伸びと歪の関係を第17図に示す。この図からPb-2.5%Sn合金鉛被の0.35%の歪を生ずる場合のケーブルの伸びを求めるとループを設けない場合には約6.7mmループを設けた場合には約11.8mmとなる。この伸びΔlを生ずるに要するケーブルの長さl₀とケーブル導体の温度上昇tとの関係は、ケーブルの膨脹係数が〔III〕の実験からわかるようにほぼ導体の膨脹係数に等しいからつぎのように表わされる。

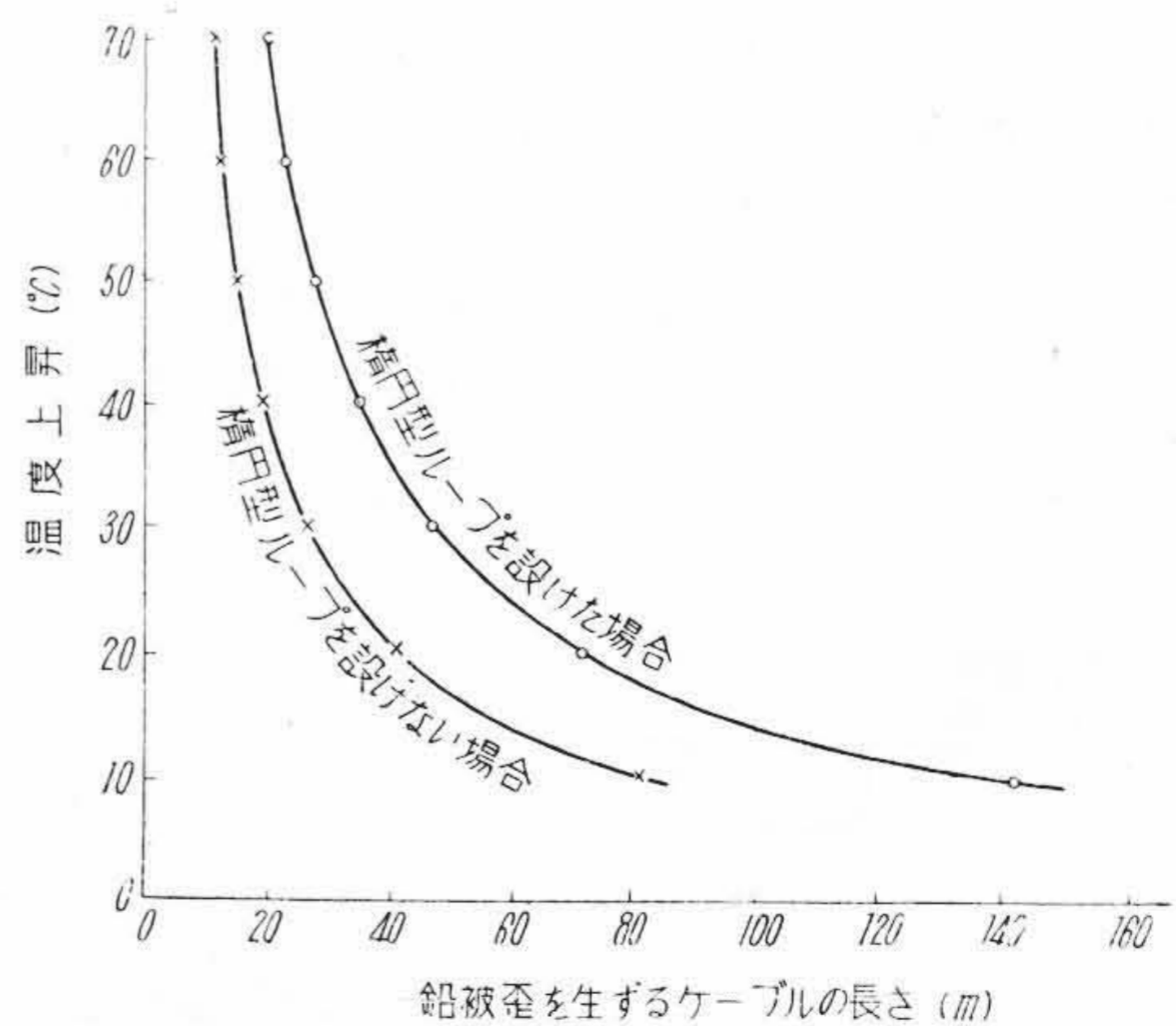
$$\Delta l = l_0 \cdot \alpha \cdot t$$

ここで α: 導体の膨脹係数(16.6×10⁻⁶)

たわみまたはループが影響をおよぼすケーブル全長lとしては、2Δlの伸びを生ずる長さを求めればよいから



第17図 ケーブルの伸びと鉛被歪との関係
Fig.17. Sheath Strain due to Cable Movement



第18図 ケーブルの温度上昇と0.35%の鉛被歪を生ずるケーブルの長さとの関係
Fig.18. Relation between Temperature Rise and Cable Length to Induce 0.35% Strain of Lead Cable Sheath

ループを設けない場合には

$$l=0.81 \times 10^3 \times \frac{1}{t} \dots \dots \dots (4)$$

楕円型ループを設けた場合は

$$l=1.42 \times 10^3 \times \frac{1}{t} \dots \dots \dots (5)$$

(4)式および(5)式より第18図をうる。この図からあきらかなようにもしケーブルの温度上昇を 30°C に押えた場合について考えると、0.35%の歪を生ずるケーブルの長さはループを設けない場合には約 25 m、楕円型ループを設けた場合にはその倍の約 50 m となる。すなわちループ・トレーニングを行うことによりケーブル鉛被の伸縮による疲労破壊を減少させ、したがってケーブルの寿命を延ばすことができる。

なお上記の考察をすゝめるに当って鉛被温度が上昇すると Pb-2.5% Sn 合金の疲労限が低下することが考えられるが、鉛被温度が 35°C ぐらいでは疲労限はほとんど低下しないのでこの点については考察することを省略した。

〔VII〕 結 言

電力ケーブル鉛被の寿命を延ばすための布設法にかんする実験の一部として 30 m の 3×100 mm² 紙絶縁鉛被ケーブルを模擬管路内に布設通電し、温度上昇によるケーブルの動きを杉板上に置いた場合、クリートを設けた場合などについて実験しケーブルの温度変化によつて鉛被に生ずる歪をできるだけケーブルの全長にわたつて均等に分布させるような布設法を見出すため、種々の形状のループを作つてその各点における歪を電気抵抗線式歪計を用いて測定した。その結果楕円型ループがもつとも歪の集中を起さないことが判明したので、実際に布設ケーブルにこのループを設けて実験を行い、その効果を確かめた。えられた結果を要約するとつぎのようになる。

- (1) ケーブルを杉板上に一端を固定して置いた場合のケーブルの伸びは、導体の温度上昇による伸びにほぼ等しく固定端よりの距離の増大とともにほぼ直線的に増大する。
- (2) ケーブルを 1 m 間隔でクリートによつてつよくしめつけてもケーブル全体の動きを完全に抑制することはできない。
- (3) 各種の形状すなわち U, V, S, O および楕円型のループについて歪を測定した結果楕円型ループがもつとも良好な結果を示した。
- (4) S型ループは極端な歪の集中を生じ、したがつてケーブルが温度変化によつてスネーキングを生じた場合にはその箇所には大きな歪が発生してい

ることがわかつた。

- (5) ループを設けない場合負荷変動によりケーブルの伸びは 1 箇所に集中してくる傾向がある。この場合クリート間にたわみを生じ、その中央部に最大歪を生ずる。
- (6) 楕円型ループを設けた場合ケーブルの伸びをループの部分に集中させることは容易であり、またこの場合の最大歪はほかの場合に比べきわめて少ない。
- (7) 温度上昇 30°C における 0.35% の歪を生ずるケーブルの長さは、楕円型ループを設けた場合は設けない場合の約 2 倍となる。ゆえに楕円型ループを設けるとケーブルの寿命はいちじるしく延長される。

最後に御指導を頂いた日立製作所日立電線工場久本博士および山本博士、実験の遂行を援助された金属研究室の各位に深く感謝の意を表する。

参 考 文 献

- (1) C. F. Schifreen: A.I.E.E. Trans. 63, 535 (1944)
- (2) F.W. Gland: Z. Metallk. 44, 97 (1953)
- (3) B.J. Giblin, W.T. King: Proc. I.E.E. 101, 123 (1952)
- (4) O. Hachnel: Z. Metallk. 19, 492 (1927)
- (5) J.F. Christmann: C.I.G.R.E. 14th Meeting, 2, 231 (1952)
- (6) 高橋, 平野, 鈴木: 電気学会誌 72, 418 (1952)
- (7) C. F. Schifreen; A.I.E.E. Trans. 70, 160 (1951)
- (8) J.H. Neher: A.I.E.E. Trans. 68, 540 (1949)
- (9) H. Halperin: A.I.E.E. Trans. 58, 535 (1939)
- (10) H. Halperin: A.I.E.E. Trans. 61, 940 (1942)
- (11) C. W. Franklin, E. R. Thomas: A.I.E.E. Trans. 58, 556 (1939)
- (12) C. T. Nicholson, T. J. Brosnan: A.I.E.E. Trans. 63, 723 (1944)
- (13) E.S. Halfmann: A.I.E.E. Trans. 69, 1576 (1950)
- (14) G.H. Fielder E.J. Nelson: A.I.E.E. Trans. 72, 191 (1953)
- (15) C. A. Bauer, R. J. Nease: A.I.E.E. Trans. 73, 281 (1954)
- (16) G.R. Gahn, W.C. Ellis: Proc. of A.S.T.M. 51, 721 (1951)
- (17) L. F. Hickernell, C. J. Snyder: A.I.E.E. Trans. 65, 563 (1946)

- (18) L. F. Hickernell, A. A. Jones, C. J. Snyder: A.I.E.E. Trans. 70 1273 (1951)
- (19) R. W. Atkinson, L. Meyerhoff, W. H. Cortelyon: A.I.E.E. Trans. 72, 246 (1953)
- (20) G. B. Schanklin, J. F. Eckel: A.I.E.E. Trans. 73, 294 (1954)
- (21) P. M. Hollingsworth: Proc. I.E.E. 101 603 (1954)
- (22) H. F. Moor, B. B. Betty, C. W. Dollins: Univ. of Illinois Engineering Experiment Station Bulletin Series 32, 272 (1935)
- (23) H. F. Moor, B. B. Betty, C. W. Dollins: Univ. of Illinois Engineering Experiment Station Bulletin Series 35, 35 (1938)
- (24) J. F. Eckel: Proc. of A.S.T.M. 51 745 (1951)

日立製作所社員社外講演一覽 (昭和30年6月受付分)

講演月日	主催	演題	所属	講演者
6/12	山口県 X 線技師会	日立断層撮影 X 線装置および日立蓋放式間接装置について	亀戸工場	津守 徳
6/27~28	日本学術振興会	ニッケル分析化学的研究 (第4報)	中央研究所	栗田 常雄
"	"	ニッケル分析化学的研究 (第5報)	中央研究所	栗田 常雄
"	"	鉄および鋼中の銅定量法	中央研究所	栗田 常雄
11/4~5	日本化学会	鎖状ジメチルポリシロキサンの溶液粘度について	日立研究所	中牟田 昌治
"	"	アルキ(アリアル)アルコキシシランのアルコールシス反応について	中央研究所	高谷 通
6/23	工業技術協会	工作機械の径年精度推移	多賀工場	安藤 恒夫
6/18	高分子学会	静電気噴霧塗装	日立研究所	橋本 清隆
6/20	日本能率協会	設備更新のやり方と考え方	本社	村川 武雄
10/初	日本金属学会	高C-高Cr 鋼の硬度および磁性におよぼすサブゼロ処理の影響について	安来工場	小柴 定雄 西沼 輝美
10/初	日本金属学会	耐衝撃用工具 Si-Cr-W 鋼の諸性質におよぼす Si の影響について	安来工場	小柴 定雄 九重 常男
6/29	学術振興会, 外二社	電刷子の性能	日立研究所	一木 利信
6/27	日本鋁業協会	鋁山用巻上機および附属設備に関する技術向上について	亀有工場	石橋 重遠
6/24	工業技術協会	平削盤の精度規格と精度管理	川崎工場	阿武 芳輔
6/28	日刊工業新聞社	運搬機械と自動制御	日立工場	泉 千吉郎
6/24	新潟県商工部	鑄造技術より見た木型製作の要点	日立工場	関 仁
6/29	日本鑄鋼会	サンドスリンガーの使用電過について	日立工場	長島 英夫
6/22	福岡鋁山保安監督局	日立防爆型ディーゼル機関車について	笠戸工場	浜原 一
7/19	日本能率協会	文書および帳票の整理, 執務心得としつけ	戸塚工場	太田 文平
7/2	中国四国外科学会 山陰整形外科集談会	泉熱と廻育部痛	安来工場	池内 彰
7/2	宮城県 X 線技師会	断層撮影装置について	亀戸工場	小林 長平
7/7	九州大学	高電圧撮影装置について	亀戸工場	和田 正脩
7/8	日本医学放射線学会 日本化学会関東支部	螢光板増感紙の簡易試験 化学工業における作業標準について	亀戸工場 茂原工場	草谷 晴之 宮城 精吉