

## ドレッチャーケーブルの特性向上に関する考察

高橋長一郎\* 橋本博治\*\*

Some Considerations on the Improvement of  
Dredger CablesBy Chōichirō Takahashi and Hiroji Hashimoto  
Hitachi Wire Works, Hitachi, Ltd.

## Abstract

The dredger cable for power supply from land to machines on the dredger boat must be used under unfavourable service conditions, such as water soaping, direct exposure to sunshine, weathering, etc. Again, its service is always subjected to direct contact with the earth surface. This means there necessary arises the problem of corona developing on the cable surface.

As regards the above, the writers describe first in this paper the ionization voltage and the ozone resistance of the cable. In their study it was revealed that the measurement conducted under special method proved the unexpectedly low voltage at which the ionization begins although the figure differed more or less according as how the cable is placed on the ground.

In the course of this research, the writers ascertained also the greater resistance of "Neoprene", a synthetic rubber, to ozone, as compared to natural rubber. The result of the experiment regarding the ozone resistant quality to cables performed on natural rubber sheathed cables (Sample No. 1) and "Neoprene" sheathed cables (Sample No. 2) are disclosed herein.

## 〔I〕 緒 言

ドレッチャーケーブルは、陸上より浚渫船に電力を送るケーブルであり、普通 3,000 V 級のものである。このケーブルは筏上で使用されるため風雨、海水浸漬、日光直射及び屈曲等のあらゆる悪条件に晒され、更に直接大地に接して使用せられるので、ケーブル表面にコロナの発生する事が考えられる。それ故にケーブル保護被覆としては耐候性及び耐オゾン性を要求されている。即ち、接地の状況、例えばケーブルの支持物が非常に尖つていれば、支持点に於けるケーブル表面の電位傾度は非常に高くなつてコロナが発生し易く、又筏上に置かれた場合に於ても、筏の表面には凹凸があるため、ケーブル表面の電位傾度は架空配線に比べて非常に高い。アースとの

接触点附近に於ける電位傾度が空気のコロナ開始電圧以上になればコロナが発生する。コロナの発生によつて、空気中の酸素は活性化されオゾンとなる。

ドレッチャーケーブルは主に海岸等のオゾン量の多い場所で使用されるので、耐オゾン性という事が重要であり、更に上記のコロナによるオゾンの発生を考えれば特に重要である。

従来天然ゴムは、オゾンによつて保護被覆材料としては致命的なオゾンクラックが入る事が知られている。<sup>(1)(2)</sup> これは天然ゴム分子中の炭素の 2 重結合が切れてオゾンと結合し、その結果非常に結合力の弱い部分が生ずるためである。それ故に耐オゾン性の優秀な材料としては、合成ゴム系統の 2 重結合の少ないものを使用すればよい。

又、電線表面のコロナについては、従来に於ても色々

\* \*\* 日立製作所日立電線工場

と研究されたが、何分にもコロナ開始電圧の正確な測定が困難であるので決定的な解析は行われていない。本研究に於てはシェリングブリッジ、増幅器及びブラウン管を使用して、本文中に明かにするような方法で、ケーブルの接地条件を変えた場合についてコロナ開始電圧を測定し、又、耐オゾン性を高めるために、ネオプレンシースを用いたケーブルと、従来の天然ゴムを使用したケーブルについて、その耐オゾン性を比較検討することとした。

〔II〕 ドレツヂャーケーブルの構造

本研究に使用したドレツヂャーケーブルは 3,000 V 14 mm<sup>2</sup> 単心ケーブルで、その構造を第 1 図に示す。

尙ケーブル試料としては従来の構造のドレツヂャーケーブルに対し、合成ゴム「ネオプレン」を被覆したものを比較対照することとし、次のようにした。

試料 No. 1 (従来の型)	試料 No. 2 (試作品)
E: キヤブタイヤゴムシース	ネオプレンゴムシース
F: ゴム引帆布+コンパウンド	ゴム引帆布+コンパウンド
G: 綿糸編組+コンパウンド+マイカ粉	アミラン編組+コンパウンド+マイカ粉

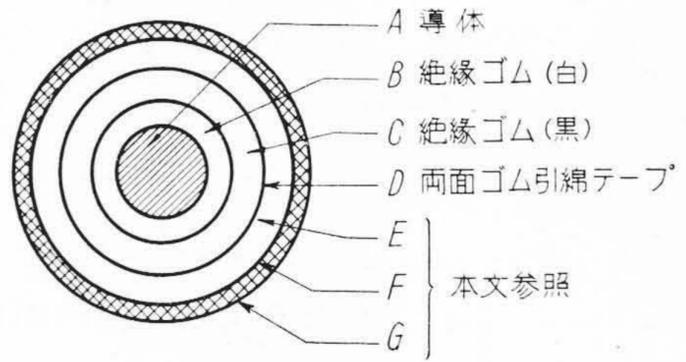
〔III〕 ケーブル表面に於けるコロナ

(1) ケーブル表面のコロナ

ケーブル表面がアースに接する場合、アースの形が平面でなくて凹凸があつたり、又ケーブルが垂れ下つて一点で接地していたりすると、接触面に於ける電位傾度は非常に大きくなり、コロナ開始電圧はケーブルの接地の状況、アースの種類及び大気湿度、気圧等によつても異なるが、ケーブル表面とアースとの間の僅かの隙間にかゝる電圧が空気のイオン化電圧以上になり、コロナが発生する。即ち、ケーブルが鋭利な角を有するアースに接している場合は、当然接触点附近の電位傾度は高くなると考えられる。コロナの発生によつて、空気中の酸素は励起されて、発生機酸素即ちオゾンが発生する。空気中のオゾン濃度が大きくなると被覆材料の劣化が進み、遂には破壊にいたる。このような見地から表面に於けるコロナの発生がケーブルの寿命を制する重要な問題となつてくる。

(2) コロナ直視装置

空気中に於けるコロナの発生に伴つて、高調波電流が流れる事は既に明かにされている<sup>(3)</sup>。この高調波電流又はコロナパルスを取り出して検知する方法については二、三行われているが、<sup>(4)(5)</sup> 本研究に於ては第 2 図に示



第 1 図 ドレツヂャーケーブルの構造  
Fig. 1. Construction of Dredger Cable

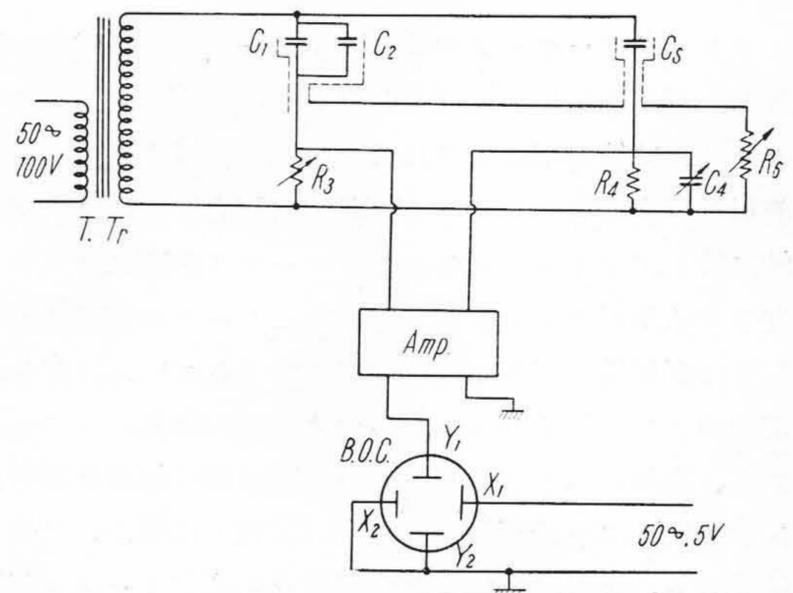
すような装置でコロナを検知した。同図に於て

- T. Tr: 試験変圧器
- C<sub>1</sub> : 20 kV SL ケーブル (ブリッジ平衡用)
- C<sub>2</sub> : 被試験ケーブル
- C<sub>S</sub> : 無損失標準コンデンサー
- Amp : 測音 60 型 1 号増幅器、増幅度 60 db
- B.O.C.: ブラウン管オシロスコープ

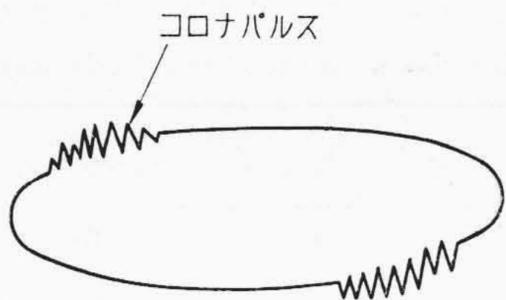
$$\text{直接偏向感度 } 0.5 \frac{\text{mm}}{V_{DC}}$$

ケーブルを 20 kV SL ケーブルと並列に接続し、シェリングブリッジで平衡状態に保ち、ブリッジのガルバー端子の出力を広帯域増幅器によつて増幅し、この出力電圧をブラウン管の垂直軸に加える。一方ブラウン管の水平軸には同一周波数の交流電圧を移相器を通じて加え、移相器で水平軸電圧の位相を調整する。

もし、ケーブル表面にコロナが発生すれば、それに伴つて高調波の電圧を誘起し、ブリッジの R<sub>3</sub> のアームには高調波電流が流れる。50 サイクルの基本波に対してはブリッジは平衡しているから、ガルバー端子にはコロナによる高調波電圧のみが現われ、基本波電圧は現われない。今、ブリッジを僅かに不平衡にした状態に於て横軸



第 2 図 コロ ナ 直 視 装 置  
Fig. 2. Diagram of the Corona Detecting Set



第3図 ブラウン管像  
Fig. 3. Corona Pulse Depicted by the Brown Tube

入力電圧の位相を調整し、これにコロナによる高調波電圧が加われば、第3図に示すような図形がブラウン管に於て得られる。

増幅器の増幅度を 60 db とすると、ブラウン管の直接偏向感度は 1 V に対し 0.5 mm であるから、ブラウン管オシロスコープ自身の増幅度を 20 db とすると、0.2 mV の高調波電圧に対して 1 mm の大きさの像としてあらわれる。即ち、ブラウン管の分解能を 0.5 mm とすると、0.1 mV の高調波電圧を検知する事が可能である。更にブリッジの  $R_3$  アームの抵抗を 100 オームとすると、0.001 mA の高調波電流を検知する事が出来る。

(3) ケーブル表面に於けるコロナ開始電圧の測定

ケーブル表面が直接アースに接する場合に、アースの形状或はその種類によるコロナ開始電圧の変化を比較測定する。

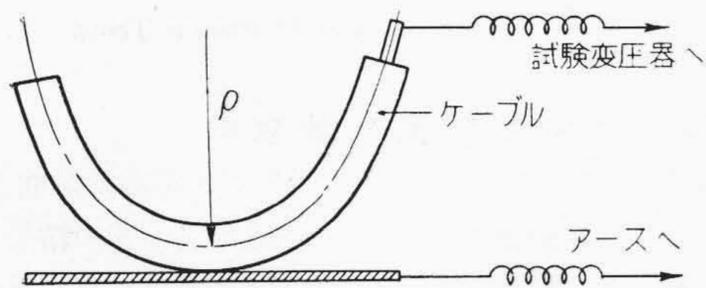
(A) ケーブルの接地曲率を変えた場合

第4図に示すように、ケーブルをある曲率をもたせてアース板上に置き、両端を支持して導体とアース板の間に電圧を加える。アース板としてはアルミ板を使用した。第1表はこの測定結果である。

(B) アースの種類を変えた場合

ケーブル試料を 3.5 cm の曲率半径に曲げ、アースの種類を変えた場合の結果を第2表に示す。但し、アースの種類としては、

- アングル: 60度の角を有する鉄板製アングルをアースとし、その上にケーブルをのせる。
- 散弾中: 直径 3.3 mm の散弾(鉛)を鉄箱に入れ、その中にケーブルを埋める。



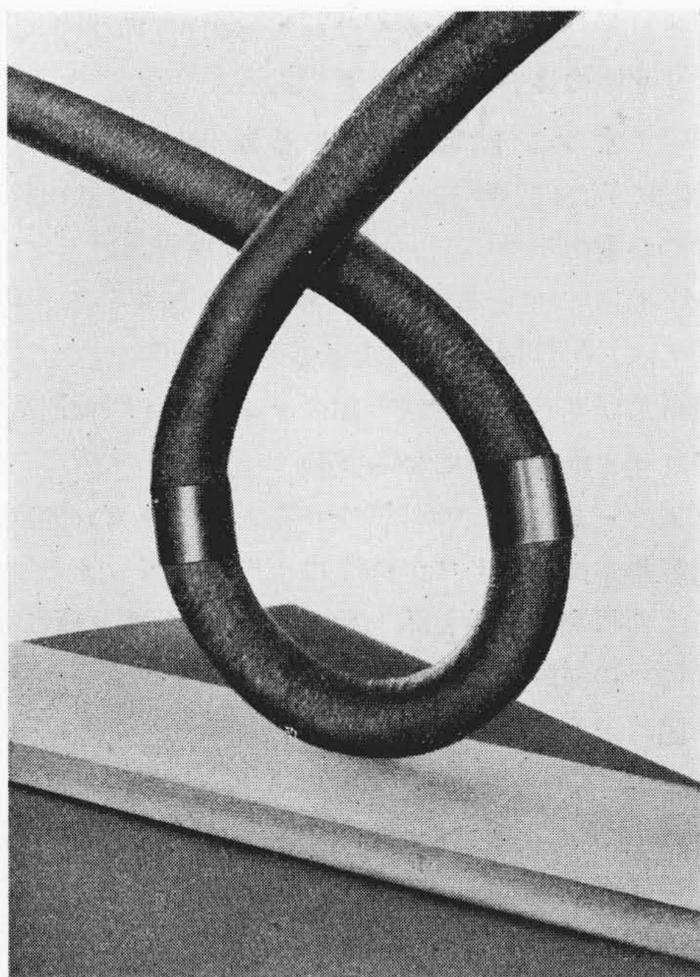
第4図 コロナ開始電圧測定方法  
Fig. 4. Method of the Corona Test

第1表 コロナ開始電圧  
Table 1. Ionization Voltage

試料番号	コロナ開始電圧 (kV)		
	$\rho = \infty$	$\rho = 60 \text{ mm}$	$\rho = 35 \text{ mm}$
1	5.5	3.5	3.6
2	5.1	4.8	2.8

第2表 コロナ開始電圧  
Table 2. Ionization Voltage

試料番号	コロナ開始電圧 (kV)						
	アースの種類						
	アルミ板	アングル	木板 A	木板 B	散弾中	ゴムシート上	木板 C (湿)
1	3.6	2.5	6.3	4.6	4.2	5.6	3.3
	3.6	2.6	6.6	4.5	4.1	5.6	
	3.5	2.4	6.8	4.7	4.0	5.7	
2	2.4	2.2	4.0	3.75	4.5	4.7	3.0
	2.8	2.4	4.2	3.8	4.1	5.0	
	2.8	2.5	4.1	3.75	4.0	4.6	



第5図 接地の状況  
アース: 木板 A  
Fig. 5. Condition of Earthing  
Earth: Board A

木 板 A: 15 mm 厚さの杉板(乾)をアルミ板との間に入れる。

木 板 B: 11 mm 厚さの杉板(乾)をアルミ板との間に入れる。

木 板 C: 15 mm 厚さの杉板を吸水させて、アースとする。

ゴムシート: アルミ板とケーブルの間に 0.7 mm 厚さのゴムシートを入れる。

これらの測定結果を第 2 表に示す。尙接地の様子を第 5 図の写真に示す。

(C) ケーブルを吸水させた場合

試料を水中に 1 時間浸漬後、水を切つてアルミ板上にアースした場合には 7,000 V に於てもコロナは発生しなかつた。

〔IV〕 ケーブル被覆の耐オゾン性

(1) 耐オゾン性能の重要性

〔III〕 項に於ける測定結果から分るように、ドレッチャーケーブルのように、大地上或は筏上で使用されるケーブルでは、接地或はアースの種類によつては使用電圧 (3,300 V) 以下に於てもケーブル表面にコロナの発生が確められた。その結果アースとの接触面に於ては、特にオゾン濃度が高くなり、オゾンによる被覆物並びに絶縁物の劣化が進み、ケーブルの寿命を短縮する主要な役割をする。それ故にドレッチャーケーブルの被覆としては耐オゾン性の良い材料が必要である。

(2) オゾン試験器による試験

我国に於ては、絶縁材料の耐オゾン試験には規格として定つたものがない。しかしながらアメリカに於ては、ASTM<sup>(6)</sup>によつてその試験方法が規定されている。本研究に於ては、ASTM の規格によるオゾン試験器で、ゴム絶縁材料及びケーブル試料の耐オゾン性を比較検討した。

(A) ゴム絶縁材料による試験

ゴムシートに一定の伸張を与えたまま、オゾン濃度の一定な容器中に放置して、肉眼によつてクラックの認められる迄の時間を測定比較した。この結果を第 3 表に示す。

尙同一の試験を 4 時間継続した後のクラックの様子を第 6 図に示す。

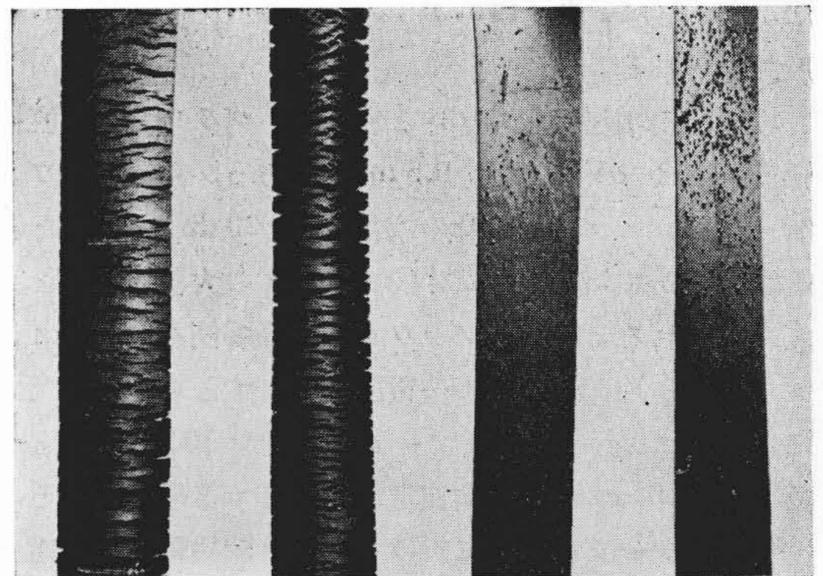
(B) ケーブル試料による試験

〔II〕 にその構造を示したケーブルを、3.5 cm の曲率半径に曲げ、オゾン試験器によつて耐オゾン性能を比較した。その結果ネオプレンシートを使用したケーブル No. 2 は、キャブタイヤゴムシートを使用した試料 No. 1 と同じ程度のクラックが入る迄には No. 1 の約 6 倍の時間を要する事がわかつた。又同じ時間放置した後のクラックの様子を第 7 図で示す。

第 3 表 耐オゾン性能試験結果

Table 3. Result of the Ozone Resistance Test

試料	伸張 (%)	オゾン濃度 (容量%)	クラックの入る時間(分)	切断時間(分)
天然ゴム	25	0.0027	10	150
	50	0.0027	10	150
ネオプレン	25	0.0027	305	—
	50	0.0027	305	—



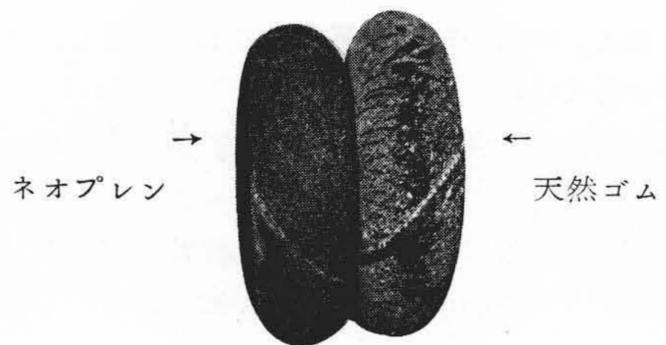
A B C D

第 6 図 オゾンクラック (ゴムシート)

- A: キャブタイヤゴム—伸張 25%
- B: キャブタイヤゴム—伸張 50%
- C: ネオプレン—伸張 25%
- D: ネオプレン—伸張 50%

Fig. 6. Ozone Crack (Rubber Sheets)

- A: Natural Rubber—Elongation 25%
- B: Natural Rubber—Elongation 50%
- C: Neoprene —Elongation 25%
- D: Neoprene —Elongation 50%



第 7 図 オゾン試験比較

Fig. 7. Comparison of Ozone Tests

(3) 屈曲長時間破壊試験

〔III〕 項に於て述べたようにケーブルを直接接地した場合ケーブル表面にはコロナが発生する。その結果オゾンが発生し、局部的にはオゾン濃度が非常に高くなる事が示された。電圧を定格電圧の 3 倍以上に高めると、ケーブル表面に発生するコロナは相当多くなることが考

第4表 屈曲長時間破壊試験  
Table 4. Result of the Break Down Test

試験種類	破壊時間(分)			
	試料番号			
	1-A	2-A	1-B	2-B
散弾中	300	10時間後	250	10時間後
	360	破壊せず	270	破壊せず
テープ巻き	—	—	270	4時間後ク
	—	—	280	ラックなし

但し 1-B: 試料 No. 1 の編組及び補強テープを剥したものの。  
2-B: 試料 No. 2 の編組及び補強テープを剥したものの。

えられる。それ故にケーブルを曲げて、散弾中に入れ、或は外側に金属テープを巻いて 10 kV の電圧を加えた場合は、発生したオゾンは局部的に蓄積されるから、長時間電圧を加えるとケーブル被覆物のオゾン劣化が進行し、遂には破壊に到るものと考えられる。これを比較するために次の試験を行つた。

(A) 散弾中試験

ケーブルを 3.5 cm の曲率半径に曲げ、直径 3.3 mm の散弾(鉛)中に入れ、導体と散弾間に 15 kV の電圧を加える。

(B) テープ巻試験

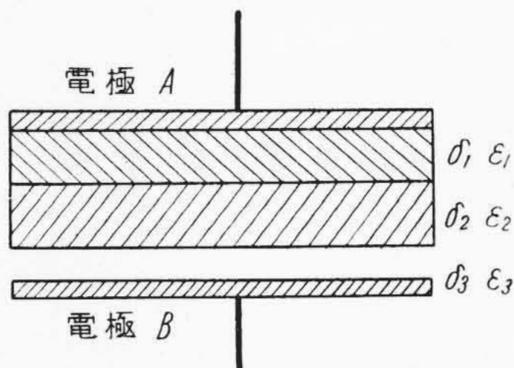
ケーブルを 3.5 cm の曲率半径に曲げ、外側にアルミ箔を重ね巻きし、導体とアルミ箔の間に 10 kV の電圧を加える。

以上の試験の結果を第4表に示す。

〔V〕 考 察

(1) 表面に於けるコロナ開始電圧について

ケーブル表面が直接接地した場合に於ける接地点附近の電位傾度について考えてみると、接地点附近に於ては電気力線は、ほぼ平行であると考えられる。それ故に第8図のような平行板電極について考えれば十分である。



第8図 平行板電極  
Fig. 8. Parallel Plate Electrode

但し A, B: 電極

\$\epsilon\_1, \delta\_1\$: 絶縁ゴムの誘電率及び厚さ

\$\epsilon\_2, \delta\_2\$: 保護シースの誘電率及び厚さ

\$\epsilon\_3, \delta\_3\$: 空隙の誘電率及び厚さ

V : 印加電圧

空隙に於ける電位傾度を \$g\_3\$ とすると、\$\epsilon\_3\$ を 1 として、

$$g_3 = \frac{V}{\frac{\delta_1}{\epsilon_1} + \frac{\delta_2}{\epsilon_2} + \delta_3 \left( \frac{1}{\epsilon_1} + \frac{1}{\epsilon_2} \right)} \left( \frac{V}{\text{mm}} \right) \dots (1)$$

今、絶縁ゴム及び保護シースの厚さに比べて、空隙の厚さを無視すると、(1)式は

$$g_3 = \frac{V}{\frac{\delta_1}{\epsilon_1} + \frac{\delta_2}{\epsilon_2}} \left( \frac{V}{\text{mm}} \right) \dots (2)$$

(2)式によつて、試料 No. 1 及び No. 2 の構造及び各材料の誘電率の測定結果を用いて \$g\_3\$ を計算すると次のようになる。

試料 No. 1: \$g\_3=0.713\$ V

" No. 2: \$g\_3=0.881\$ V

即ち、試料 No. 2 の方が表面に於ける電位傾度は、No. 1 よりも僅かに高い。この計算結果は第2表の測定結果とも一致する。即ち試料 No. 2 は No. 1 よりもコロナ開始電圧が僅かに低い。

(2) 耐オゾン性について

ゴムシートによる試験結果及びケーブル試料による試験結果によれば、ネオプレンはキャブタイヤゴムに比べて耐オゾン性の優秀なことが明かである。屈曲長時間破壊試験に於ては、ネオプレンシースを使用した試料 No. 2 はキャブタイヤゴムを使用した試料 No. 1 に比べて、そのコロナ開始電圧がいくらか低いにもかかわらず、非常に優秀である事がわかつた。

〔VI〕 結 言

以上ドレツヂャーケーブルの使用条件から、その具備しなければならぬ特性について 2, 3 の実験及びその考察を行つた結果次の事が明かにされた。

(1) ケーブルの表面に於けるコロナ開始電圧は、その接地条件によつては、割合に低く使用電圧以下に於ても発生する。

(2) ネオプレン(合成ゴム)は、耐オゾン性に於て従来の天然ゴムに比べて非常に優秀であり、ネオプレンシースを使用したケーブルは屈曲長時間破壊試験に於ても優秀であることが示された。

尚、ドレツヂャーケーブルに必要な性能としては、耐摩耗性、耐候性及び耐水性等の特性も考えられるが、今

回はケーブル寿命に対して影響の多いと思われる。前記の特性について明かにした。

最後に、本研究を行うに当り、種々御指導を仰いだ東北大学教授鳥山博士、並びに御指導、御鞭撻を戴いた、日立製作所日立電線工場の内藤部長、久本課長及び試験に対して色々御助力を賜った吉野主任及び渡辺技術員に深く感謝の意を表する次第である。

#### 参 考 文 献

(1) J. Crobatree and A.R. Cenp: Ind. Eng.

Chem. A.E. 18, 769 (1946)

(2) B.C. Thompson, R.H. Baker and B.W. Brownlow: Ind. Eng. Chem. 44, 850 (1952)

(3) E. Bennett: A.I.E.E. 32 Part II 1787 (1931)

(4) A.E.W. Austin and S. Whitehead: J.I.E.E. 88 Part II 88 (1941)

(5) 小島、田畑、畑; 電気学会東京支部講演論文集 5~9 (昭 26)

(6) A.S.T.M.; D. 470~49 T. 941 (1949)

## 実 用 新 案

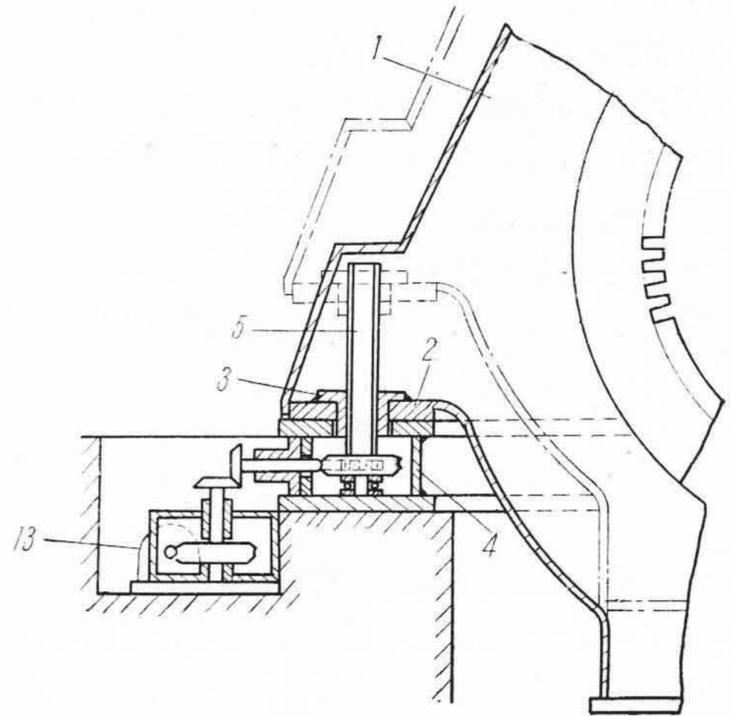
実用新案 第 396251 号

菊地 彌十郎・長尾善右エ門

### 横 軸 回 転 電 機 の 固 定 子 揚 げ 卸 し 装 置

横軸回転電機が水車と水車、又は水車とポンプとの間に挟まれた直結配置の形をとる場合に、水車等を分解することなしに回転電機の分解組立を行い得れば至便である。天井走行起重機の容量が大きい場合は、この起重機により回転電機全体を吊り上げて、分解組立作業を行い得るも、起重機の容量が小さい場合は、オイルジャッキ等の補助扛重器の併用を必要とし作業は困難となる。

本案は前記補助扛重器として、電機固定子の揚げ卸しを安全に行い得る電動装置を提供せんとするもので、図面に示すようにベース 4 にねじ棒 5 を直立し、このねじ棒と螺合するナット 3 を固定子座板 2 に固定し、電動機 13 の回転を中間減速歯車を介してねじ棒 5 に伝い、このねじ棒を回転することにより、固定子 1 を鎖線で示す位置まで押し上げ得るようにしたものである。電機回転子軸と水車軸とを結合する軸端接手フランジの対向面が前記押し上げ位置で外れるから、固定子をこの高度に保持し、回転子を起重機により軸方向に斜めに吊り出し固定子内より抜き出し得るものである。



次に電動機 13 を逆転すると、ねじ棒 5 は逆回転し固定子 1 をベース 4 上に卸すことができる。(滑 川)