

最近の超高压送電線(ACSR)の機械的諸問題 に関する研究 (総合報告)

山本三郎* 岡光美** 福田重穂***

Researches on Mechanical Problems for ACSR Extra High Voltage Transmission Line (Summarization)

By Saburō Yamamoto, Kōmi Oka and Shigeho Fukuda
Hitachi Electric Wire and Cable Works, Hitachi, Ltd.

Abstract

There are several problems concerning the mechanical phase of ACSR (short for aluminum conductor, steel reinforced wires) for extra high voltage transmission line use. Most of them need solution badly, yet remain unsolved.

In the previous issues, writers presented reports on the fundamental phenomenon in regard to the behavior of 610 mm², 590 mm² and 240 mm² ACSR both at room and low temperatures. Since then, they have been engaged in the experimental research into such problems on the basis of actual conditions.

In this article, the following problems are dealt with:

- (1) Load and elongation shared by aluminium and steel wires composing the ACSR.
- (2) Influence of thermal stress induced in aluminum and steel wires when the ACSR is deprived of its heat under a certain fixed load.
- (3) Mutual dips of the ACSR when two wires are combined for use into a double conductor.
- (4) Relation between the repeated loading and dip caused by wind pressure or snow.
- (5) Influence of snatch block passing on the mechanical properties of the ACSR.
- (6) Strain distribution in the aluminium conductor, which forms the outside layer of the ACSR, at the time of passing through the snatch block.
- (7) Measured for improving conductivity of the ACSR.
- (8) Compound-filled type straight joint which is used for the ACSR for the prevention of burst due to freezing.
- (9) Residual stress of the compression type straight joint.

〔I〕 緒 言

超高压送電の発達に伴い、近時我国においてもたとえば、新北陸幹線には 520 mm² ACSR、丸山幹線および信濃川湯宿線には 610 mm² ACSR が架設されるに至った。また近い将来電源開発株式会社により佐久間幹線に 610 mm² ACSR が計画され、東京電力株式会社においては西東京幹線 240 mm² ACSR の複導体化によつて送電電圧 140kV を 250 kV に昇圧される予定である。

* ** *** 日立製作所日立電線工場

ひるがえつてこれらの超高压送電線に関する研究面をみると、送電線のコロナ損失については数多くの報告がなされておるが、機械的問題としては振動現象^{(1)~(3)}、ダンパーの研究^{(4)~(5)}、衝撃試験^{(6)~(8)}、その他二、三の報告⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾があるのみで、いまだ ACSR の一貫した機械的諸問題に関する基礎的解明の研究はほとんどなされていない。

筆者らはすでに 610 mm²、590 mm² ACSR の鋼線とアルミ線の荷重分担の配分、荷重と伸びについて⁽¹¹⁾⁽¹²⁾、つぎに架線中の ACSR が風雪、結氷などにさらされて低

温になった場合を想定して、温度変化によつて発生する熱応力の影響を理論および実験の両面より論究⁽¹³⁾した。

ACSRにはさらにつぎに述べるような機械的諸問題がある。すなわち ACSR の架線後に起る問題としては、単導体を複導体化する場合の弛度、また風圧⁽¹⁴⁾や積雪によつて繰返しの負荷を受けた場合時間の経過とともに伸びが増大し、弛度が増して行く問題とがある。このほか ACSR を架線するときには釣車を通過することによつておきる性能劣化、また釣車に沿つて曲つて通過する際の素線の歪の状態などに問題点がある。極く最近に至つて ACSR の導電率の向上が要求され、さらに ACSR 用附属品に関して二、三の解決を要する問題が起つている。

以上最近の ACSR の機械的諸問題について筆者らは一連の系統的研究を行つてきたので、その概要について報告する。なお本研究の試料に用いた ACSR の諸元表は第1表に示す通りである。

〔II〕 ACSR の鋼線とアルミ線の分担荷重と伸び

鋼心アルミ撚線 (ACSR) は所定の弛度を与えて架線された後にも、種々の環境変化によつて懸垂張力が絶えず変動している。しかも ACSR はその構成がアルミ線および鋼線よりなりそれぞれの荷重と伸びが互に影響しあつているため、当然張力が変化すると荷重分担比 (あるいは伸び) もまた移動することになる。

さきに筆者らはこれらの常温における ACSR の挙動に関する基礎的研究結果を報告しておいた。えられた主要な結果を示すとつぎのようになる。

(1) 外層アルミ線の伸び

試料は 240 mm², 610 mm² ACSR を用い、両端のチャックの方法はアルミ線、鋼線を別々の低融点合金に鑄込んで一体とする合金端子を採用した。したがつて各素線に均一な伸びを与えるように荷重を加えることができる。外層アルミ素線に沿つて単線歪線⁽¹¹⁾⁽¹⁵⁾を貼り付け第2表に示すような荷重、負荷時間を与えたのち荷重を下げながら伸びを測定した。なお 610 mm² ACSR の始めの荷重 7.5 t は安全係数を見込んでの実際にかかる最高限度のものとして決定した。また 240 mm² ACSR の荷重は 610 mm² ACSR の荷重を基準として架線スパンと弛度が同一になるようにすなわち単位長さ当りの自重に比例して定めたものである。

荷重と外層アルミ線の伸びの関係は荷重を下げると伸びは直線的に低下し、ある荷重以下では反対に若干伸びが増す傾向があり、この関係を線図に画けば屈折点があられる。この屈折点はアルミの弾性伸び、応力が零になり永久伸びが残つてゐることを示している。したがつ

第1表 610 mm², 590 mm², 240 mm² ACSR の諸元表

Table 1. Construction Data of 610 mm², 590 mm² and 240 mm² ACSR

項目	種類	610mm ²	590mm ²	240mm ²
公称断面積 (mm ²)		610	590	240
撚線構成 素線数/素線径 (mm)	アルミ	54/3.8	30/5.0	30/3.2
	鋼	7/3.8	19/3.0	7/3.2
計算断面積 (mm ²)	アルミ	612.4	589.0	241.3
	鋼	79.38	134.3	56.29
引張り荷重 (kg)		18,350以上	24,250以上	10,150以上
外径 (mm)	アルミ	34.2	35.0	22.4
	鋼	11.4	15.0	9.6
重量 (kg/km)		2,320	2,688	1,112
電気抵抗 (Ω/km)		0.0474	0.0493	0.1195
抵抗相当硬鋼撚線断面積 (mm ²)		385	370	150
標準条長 (m)		1,200	1,000	1,200

第2表 240 mm², 610 mm² ACSR の外層アルミ線の荷重と永久伸びの関係

Table 2. Relation between Load and Permanent Elongation of Outer Layer Aluminum Wires for 240 mm², 610 mm² ACSR

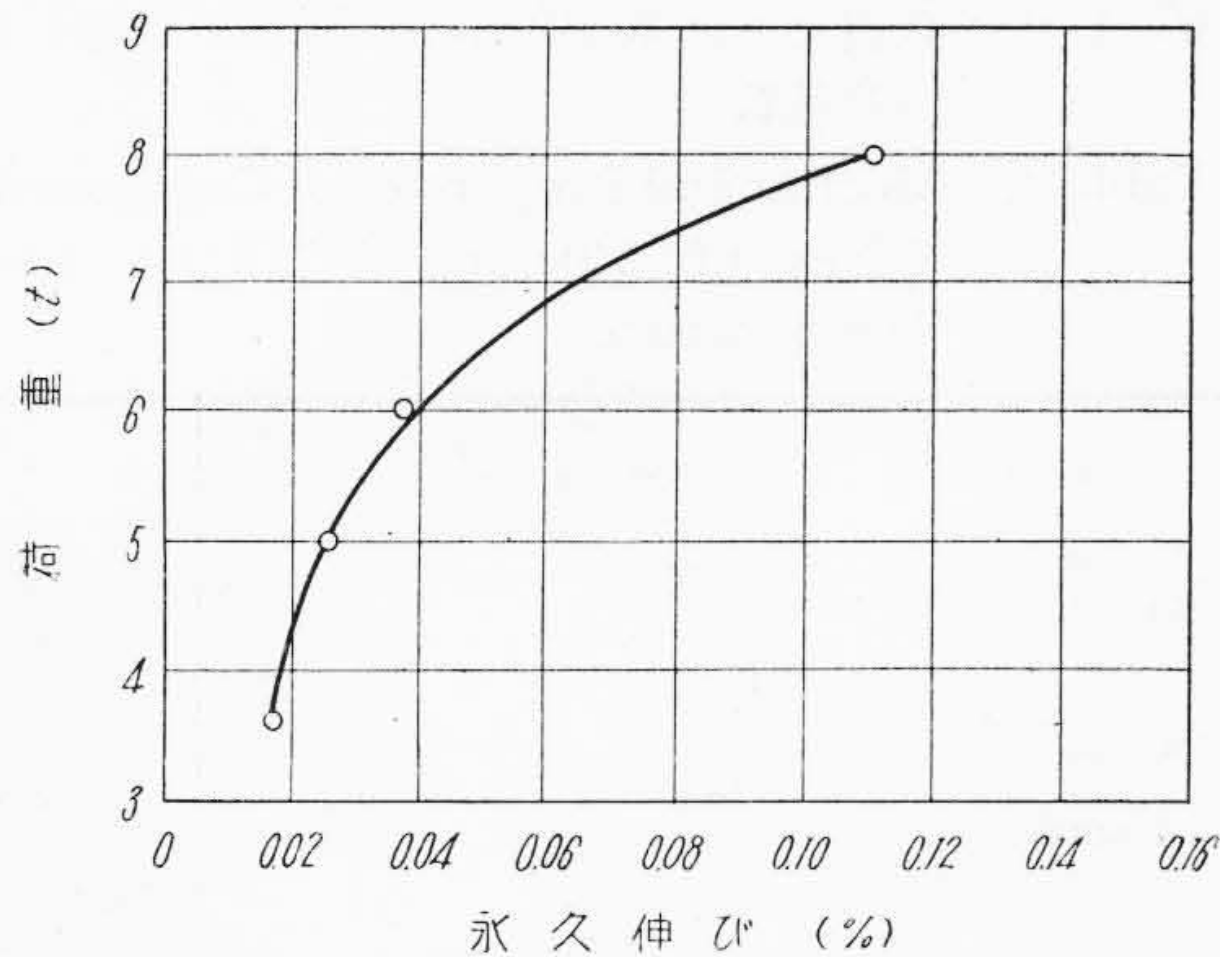
試料	荷重 (t)	負荷時間 (h)	屈折点の荷重 (t)	永久伸び (%)
240 mm ² ACSR	3.6	2.0	0.8	0.017
	5.0	1.5	0.8	0.025
	6.0	0.5	1.3	0.037
	8.0	0.5	2.0	0.111
610 mm ² ACSR	7.5	1.0	1.0	0.020
	10.0	1.0	1.0	0.025
	12.5	0.5	1.5	0.065
	15.0	0.5	3.0	0.145

てこれ以下の荷重では鋼線が応力を受け持っている。240 mm², 610 mm² ACSR の永久伸びの測定結果は第2表の通りで、図示すると第1図と第2図のようになる。ある荷重以上では荷重が増すにしたがい急激に永久伸びの量が増加することがわかる。

(2) ACSR の鋼心およびアルミ線の荷重と伸び

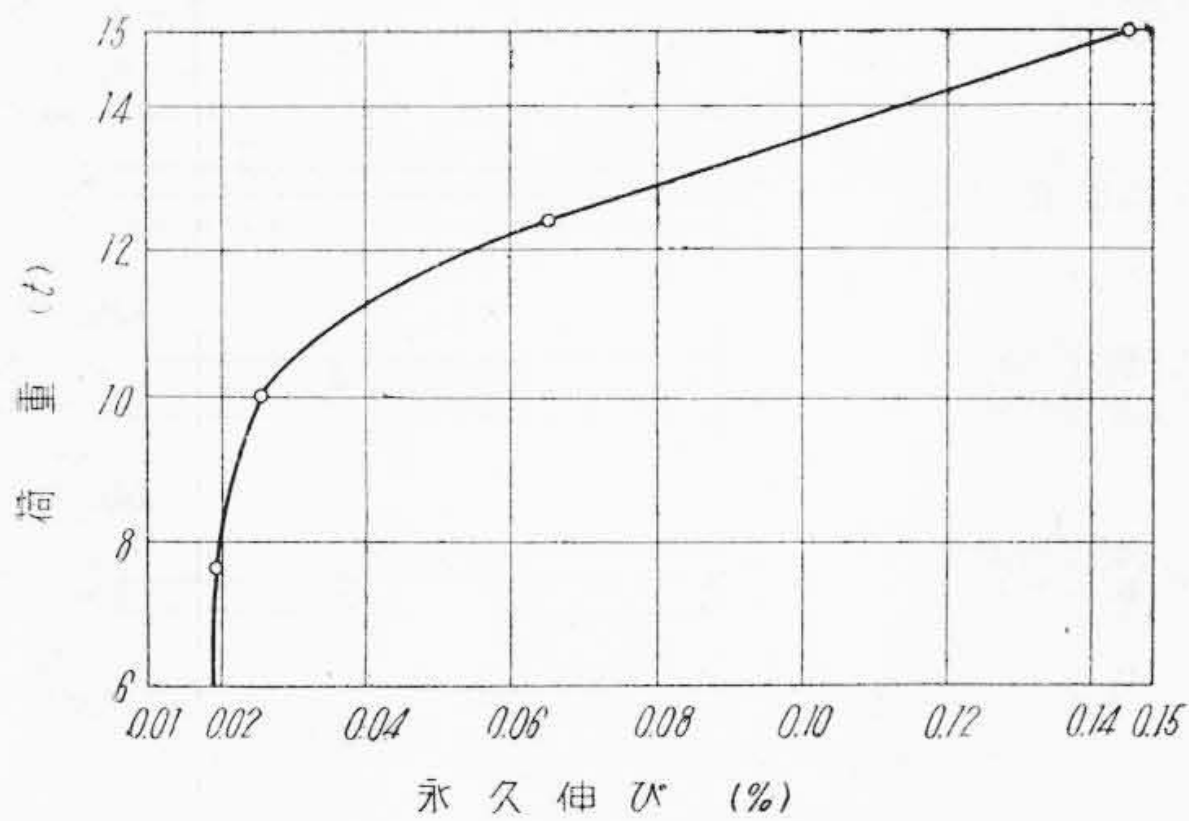
(計算値)

ACSRとしての荷重と伸びの線図および永久伸びを作図するためにはアルミ素線と鋼素線の荷重伸び線図が必要である。このため単一素線の荷重と伸びの関係を測定した。この結果を用いてある伸びに対する単一素線の荷重を知りアルミ線と鋼線についてそれぞれの本数を乗ずると各分担荷重と ACSR の荷重が求められる。このようにして荷重を上げて行く場合の ACSR の荷重と伸びの関係がわかる。つぎに所定の荷重から下げて行く場合の ACSR の荷重と伸びの関係は試験中 ACSR の見掛けの弾性係数を不変とすれば直ちに作図することができ、アル



第1図 240 mm² ACSR の荷重と外層アルミ線の永久伸びの関係

Fig. 1. Relation between Load and Permanent Elongation of Outer Layer Aluminum Wires for 240 mm² ACSR



第2図 610 mm² ACSR の荷重と外層アルミ線の永久伸びの関係

Fig. 2. Relation between Load and Permanent Elongation of Outer Layer Aluminum Wires for 610 mm² ACSR

ミ線の応力が零になる伸びを見つければこれが永久伸びとして求められる。以上の方法はつぎの仮定をおいてある。

- (1) 撚線効果(摩擦など)の影響はない。
- (2) 撚線は軸方向に均一に伸ばされている。

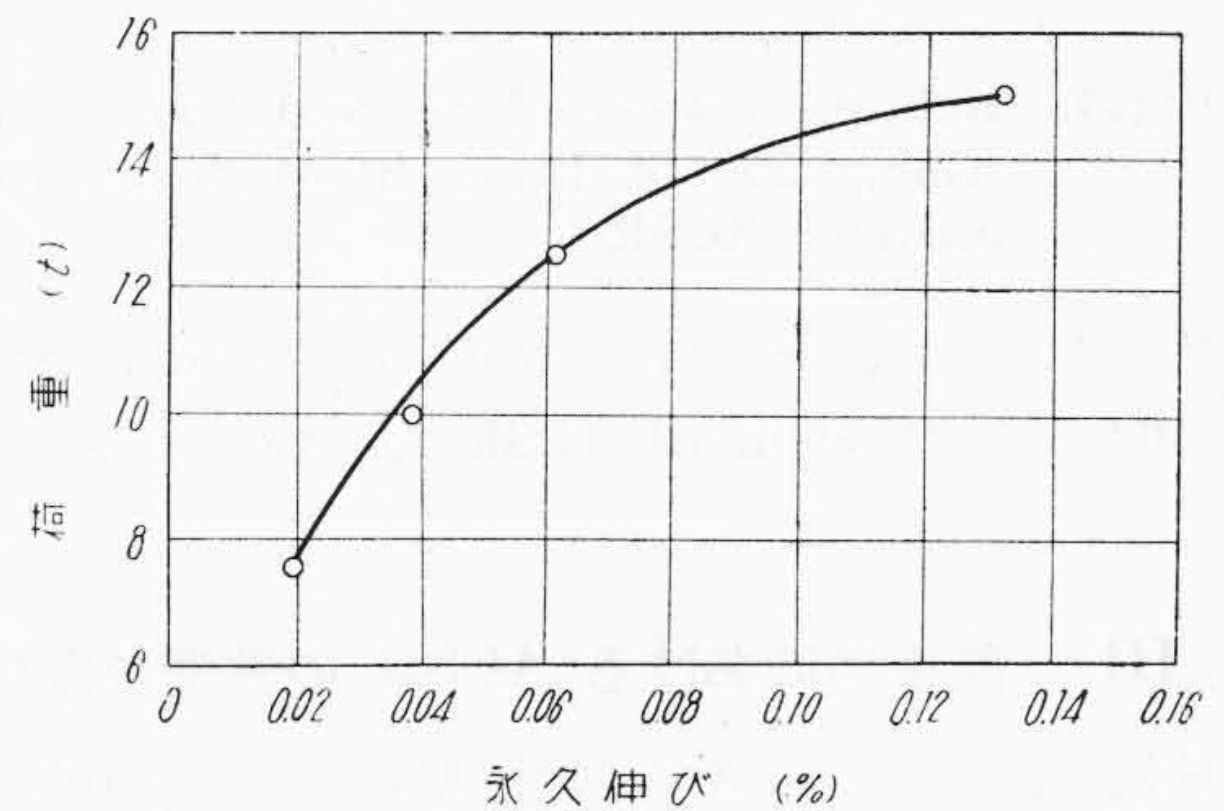
610 mm², 590 mm² ACSR についてアルミ線の永久伸びを計算すると第3表の結果がえられる。この場合の荷重も前述のように同一架線スパン, 弛度の条件の下で比較したもので第2表の 610 mm² ACSR についての実験値は計算値と高荷重で一致することがあきらかになった。

(3) 610 mm², 590 mm² ACSR の内部鋼線の伸び
本実験においては内部鋼線にも抵抗歪線を貼って伸びの測定を行つた。チャックの方法は内部鋼線には合金端子, 外層アルミ線は機械的方法により試験荷重と負荷時間を第3表の通りに負荷した。

第3表 610 mm², 590 mm² ACSR の外層アルミ線の荷重と永久伸びの関係 (計算値)

Table 3. Relation between Load and Permanent Elongation of Outer Layer Aluminum Wires for 610 mm², 590 mm² ACSR (Calculated Value)

試料	荷重 (t)	負荷時間 (h)	アルミ線の永久伸び(計算値) (%)
610 mm ² ACSR	7.5	1.0	0.005
	10.0	1.0	0.030
	12.5	0.5	0.070
	15.0	0.5	0.150
590 mm ² ACSR	8.5	1.0	0.003
	11.4	1.0	0.015
	14.0	0.5	0.045
	17.0	0.5	0.100

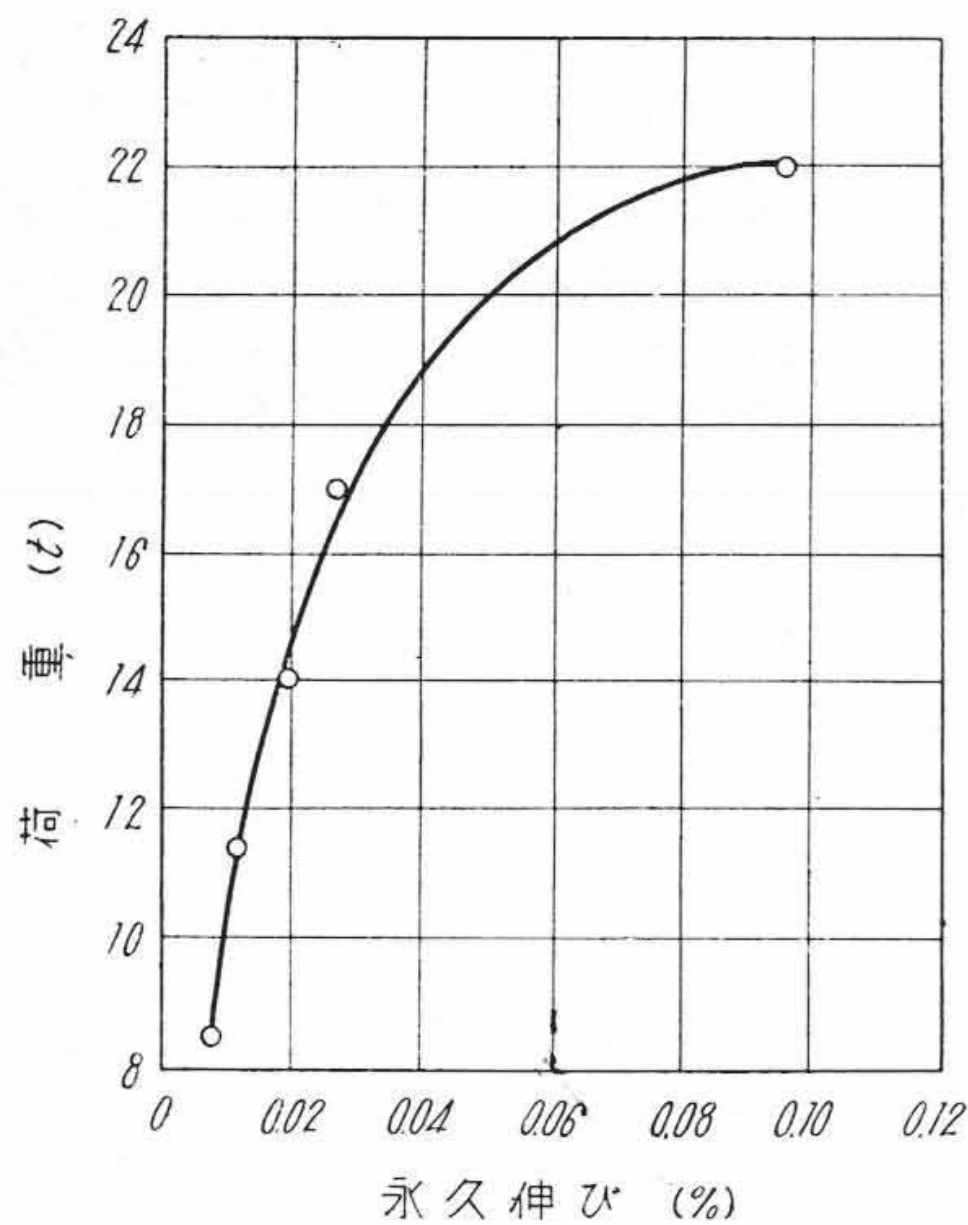


第3図 610 mm² ACSR の荷重と内部鋼線の永久伸びの関係

Fig. 3. Relation between Load and Permanent Elongation of Inner Steel Wires for 610 mm² ACSR

試験結果は荷重が下るとともに伸びも直線的に低下しアルミ線の弾性伸びが零になる点から急に屈折して伸びの減少が著しくなる。すなわち屈折点より鋼線のみが荷重を分担することを示している。なおチャックの方法のため, アルミ線に比較して鋼線に荷重が多くかかった傾向が認められた。ACSRの荷重が零になつたところの鋼線の伸び, すなわち永久伸びは第3図と第4図(次頁参照)のようになる。これらの結果もある荷重以上では荷重が増すにつれて鋼線の永久伸びが急激に増加している。

以上実験結果と複合体に関する計算を総合すると 610 mm² ACSR の外層アルミ線の永久伸びは計算値と実験値が高荷重の場合によく一致し, 荷重分担を素線の引張り試験結果から計算できることがわかつた。また第1図, 第2図および第3表からアルミ線の永久伸びが急増する荷重はほぼ 240 mm² ACSR は 6 t, 610 mm² ACSR は 10 t, 590 mm² ACSR は 14 t であり, 他方鋼線の永久伸びの急増する荷重は第3図と第4図に示す通り, 610 mm² ACSR は 11 t, 590 mm² ACSR は 17 t である。したがつ



第4図 590mm² ACSR の荷重と内部鋼線の永久伸びの関係

Fig. 4. Relation between Load and Permanent Elongation of Inner Steel Wires for 590mm² ACSR

てアルミ線, 鋼線の永久伸びの観点から 610mm² ACSR は 10t, 同様に 590mm² ACSR は 14t まで使用しうることが判明した。

〔III〕 酷寒地における ACSR の性能の変化

前述のように ACSR の常温試験において 610mm², 590mm² ACSR の荷重と伸び, 外層アルミ線の永久伸びを実測し, それらの関係は構成素線の引張り試験における応力と伸びの関係を組立てることにより推測できる点をあきらかにした。

一方架線された ACSR は風雪, 結氷などにさらされて低温状態におかれる場合がしばしばあり, 温度変化によつて熱応力が発生し, その結果, アルミ線と鋼線の荷重分担比の移動が起る。これらの問題に関連して既報のように 240mm² ACSR についてつぎの2点を報告した。

第一に低温 (-30°C) におけるアルミ線と鋼線の機械的性質を測定して常温の場合と比較する。つぎに架線された ACSR の温度変化に際して起る現象を2つの問題に分けて考える。たとえば温度降下によつて

- (1) スパン間の ACSR の長さが収縮するための張力増加の影響
- (2) 一定張力のもとで ACSR 内部で釣合つた熱応力の影響

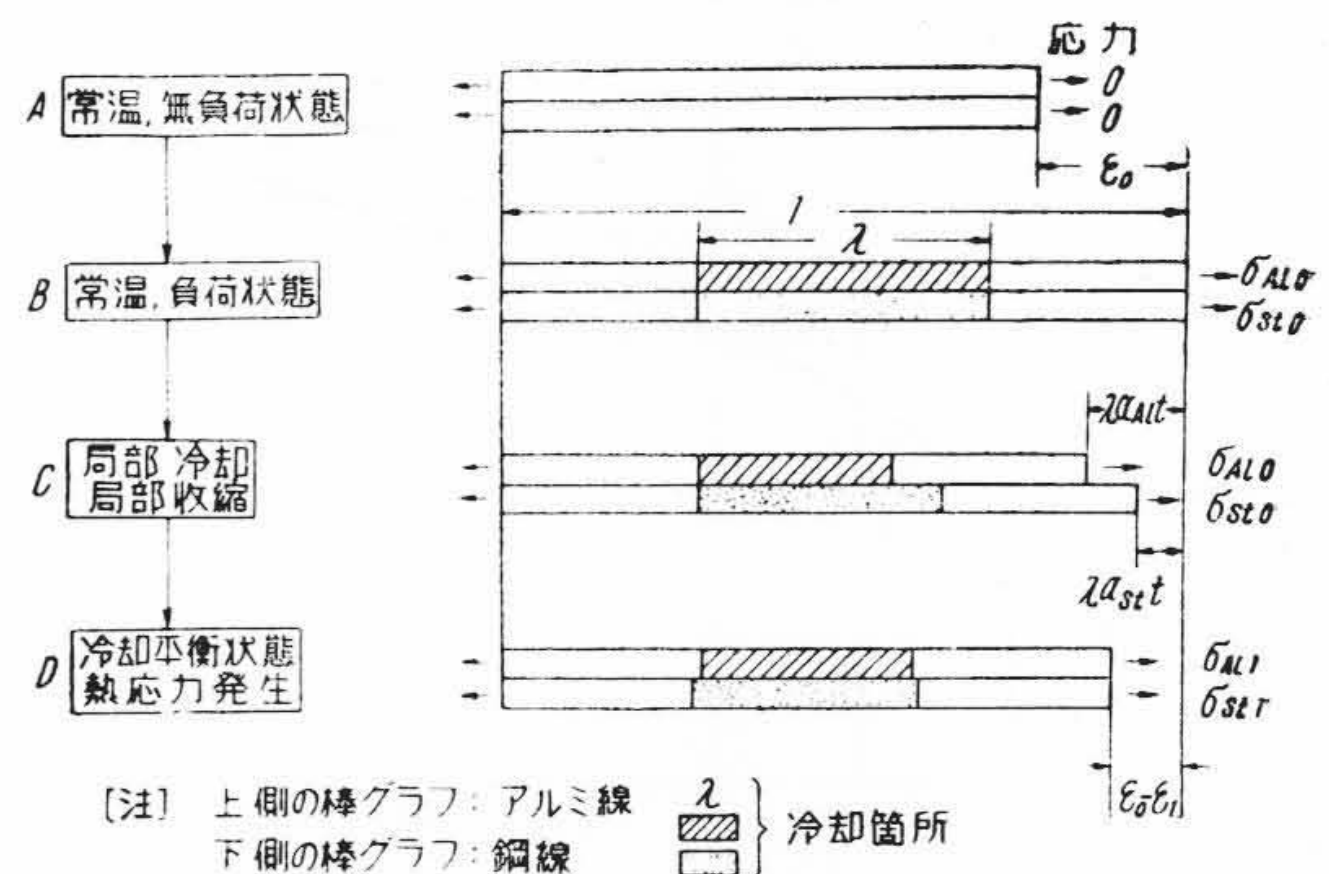
がそれらであり, 架線状態はこの両者が加わつたもので与えられる。それゆゑ第二に後者を採り上げ, 一定張力下にある ACSR に局部的温度勾配(室温 25°C, 低温部約 -45°C)を与えたときの外層アルミ線の伸びを測定して熱応力の影響を検討したことである。

以下これについて略記する。

第4表 低温における 240mm² ACSR 素線の機械的性質

Table 4. Mechanical Properties of Component Wires of 240mm² ACSR at Low Temperature

種類 (規格および測定値)	項目 温度	抗張力 (kg/mm ²)		伸び (%)	
		20°C	-30°C	20°C	-30°C
アルミ素線 3.2mmφ	規格値	16.52以上	—	1.7以上	—
	平均値	18.04	18.74	3.2	2.4
	変化率 (%)	+3.9		-25.0	
鋼素線 3.2mmφ	規格値	130以上	—	4.5以上	—
	平均値	141.58	145.11	6.4	5.0
	変化率 (%)	+2.5		-21.9	



第5図 アルミ線と鋼線との複合体の伸びにおよぼす冷却の影響

Fig. 5. Influence of Cooling on Elongation for Aluminum and Steel Wires of Combined Body

(1) ACSR 素線の低温 (-30°C) における機械的性質

240mm² ACSR の構成素線である 3.2mmφ のアルミ線および鋼線の -30°C における抗張力と伸びを室温における場合と比較すると第4表のようになる。一般にアルミ線の低温における機械的性質⁽¹⁶⁾⁽¹⁷⁾は加工度に影響するが, 本結果によるとアルミ線および鋼線ともに抗張力は上昇し, 伸びは減少している。なお試料は低温恒温槽中で -30°C の温度に 16 時間冷却後その温度で引張り試験を行つたものである。

(2) 一定張力下の ACSR の一部が低温になつた場合の外層アルミ線の伸び

熱応力の影響を検討する場合にも前述したようにアルミ線と鋼線とからなる複合体について考察するのが便利である。

第5図は任意の荷重まで負荷したのち, 荷重を一定に

保持したまま ACSR の一部を冷却した場合のアルミ線と鋼線の長さの変化を棒グラフで説明したものである。

図に用いた記号を

- σ_{Al} , σ_{St} : アルミ線, 鋼線の応力
 ϵ : ACSR の伸び
 (あるいは素線全長の平均伸び)
 α_{Al} , α_{St} : アルミ線, 鋼線の線膨脹係数
 λ : 冷却部の長さ と 試料長さの比
 t : 冷却部 と 非冷却部間の温度差

とし, 添字 0, 1 はそれぞれ常温の場合と冷却した場合の負荷時を示す。

任意荷重にあげると A の状態より ϵ_0 だけ伸びて B の状態になり, アルミ線, 鋼線はそれぞれ σ_{Al0} , σ_{St0} の応力が生じる。つぎに荷重を一定に保持したまま, B の状態にある ACSR の中央部を温度差 $t^\circ\text{C}$ の冷却をする。その際冷却部は収縮して応力に変化がなければ線膨脹係数の差にもとずいてアルミ線と鋼線に長さの喰い違いが起り C の状態になる。しかし両端固定チャックの条件のため, アルミ線に引張応力, 鋼線に圧縮応力を加えてこの食い違いを埋める必要がある。これが熱応力でその発生によつて第 5 図の D の冷却平衡状態になると考えられる。このときのアルミ線, 鋼線には応力 σ_{Al1} , σ_{St1} が働いており, 全長は A の状態に較べて ϵ_1 だけ伸びているが, 素線についていえばこの ϵ_1 のうちには線膨脹による項が入っているわけである。しかしいま問題にしているのは熱応力のみによる素線の伸びの変化であり, その熱応力はアルミ線は $\sigma_{Al1} - \sigma_{Al0}$, 鋼線は $\sigma_{St1} - \sigma_{St0}$ で表わされる。

熱応力とそれに基く伸びはアルミ線と鋼線の引張り試験における応力と伸びの関係をを用い, 荷重を一定と考えると計算できる。アルミ線の熱応力とその伸びはともに t と λ に比例し, 温度変化を与えるときの ϵ_0 が大きい程, 換言すれば保持荷重が高い程熱応力 $\sigma_{Al1} - \sigma_{Al0}$ は減少し, それによる伸びは却つて大きくなることが結論される。

実験は非冷却部の外層アルミ線に抵抗歪線を貼り付けて熱応力による伸びを測定した。なお, 試料は 240mm^2 ACSR, 長さ 4.4m のものを 2.2t , 4.4t に合金チャックを用いて負荷したのち, 荷重を一定に保持したまま中央 1m を室温約 25°C から $-47 \pm 5^\circ\text{C}$ の低温にドライアイスで冷却した。冷却比 λ は 22.6% で計算上の温度差 t を 73°C にすると第 5 表の結果がえられた。第 5 表によると高荷重ほど実験値と計算値は一致し, 架線張力の大きい程温度降下によるアルミ線の伸びの増加が多いといえる。一般に考えられる温度変化 (25°C から -45°C) と予想される最高荷重 4.4t の条件では, 熱応力による

第 5 表 熱応力による外層アルミ線の伸び (240mm^2 ACSR)

Table 5. Elongation of Outer Layer Aluminum Wires Caused for Thermal Stress (240mm^2 ACSR)

項目 保持荷重 (t)	熱応力による外層アルミ線の伸び (%)	
	実験値	計算値
2.2	0.005	0.0082
4.4	0.010	0.0092

第 6 表 繰返し引張による外層アルミ線の伸びの増加

Table 6. Increase in Elongation of Outer Layer Aluminum Wires by Repeated Tension

測定項目	実験の種類		常 温
	冷 却 部	非 冷 却 部	
初回 4.4t 負荷時の伸び (%)	0.116	0.114	0.101
72h 繰返し後の 4.4t 負荷時の伸び (%)	0.161	0.138	0.118
伸びの増加 (%)	0.045	0.024	0.017

アルミ線の伸びの増加は 0.01% 程度である。しかしこの場合は全長の 22.6% が冷却されたに過ぎないから, ACSR 全体が低温になつた場合にはこの値の約 4.4 倍になるものと考えられる。

(3) ACSR の低温繰返し引張特性

架線された ACSR は低温にさらされ, しかも風圧による繰返し荷重が負荷されるのが普通である。この場合も前述のような熱応力が加算されて弛度にも大きな影響をおよぼすことが考えられる。したがつてこのような想定のもとに室温 (25°C) から低温 ($-45 \pm 5^\circ\text{C}$) に中央部 22.6% を冷却して, 4.4t を 30 分, 2.2t を 1 時間保持し, これを交互に 72 時間繰返し試験を行つて外層アルミ線の伸びを測定した。その結果によると時間, 繰返し回数が多くなるにつれて伸びは次第に増すが, 約 60 時間経過すると伸びはほとんど増加しなくなつた。初回上限荷重 4.4t を負荷したときの伸びと 72 時間経過後の同一負荷時の伸びを示すと第 6 表のようになる。同じような実験を常温において行つた結果を比較すると, 繰返し荷重による伸びの増加は冷却した場合は最大 0.045% であるが, 常温の場合は 0.017% で大きな差があることがわかる。繰返し荷重の場合には温度の影響が大きく現われてくるので弛度の計算にはこの点を考慮することが大切である。

〔IV〕 単線を複導体化する場合の弛度

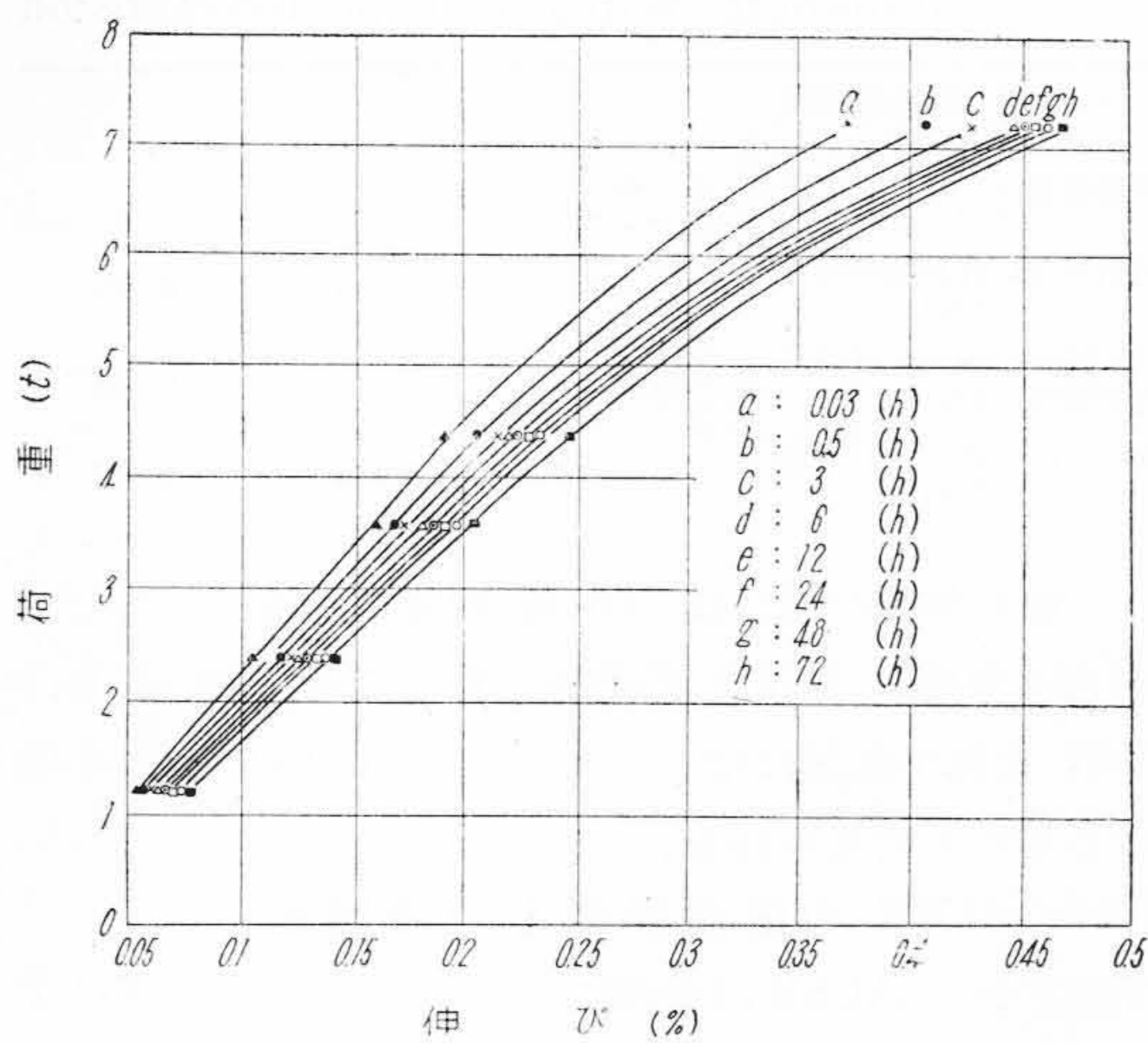
ACSR を単線のまま使用してある期間経過した後これに新しく添え線をして複導体として使用する場合があります。

第 7 表 時間を変えた場合の 240mm² ACSR の荷重と伸び (mm) の関係

Table 7. Relation between Load and Elongation of 240mm² ACSR Varying the Time

時間 (h)	0.03	0.5	3	6	12	24	48	72
荷重 (t)								
1.2	5.5	5.7	6.0	6.3	6.7	7.0	7.2	7.7
2.4	10.7	11.7	12.5	12.7	13.0	13.2	13.7	14.3
3.6	16.2	16.9	17.2	18.2	18.5	19.2	19.7	20.5
4.4	19.0	20.5	21.5	22.0	22.5	22.7	23.3	24.5
7.2	37.0	40.5	42.8	44.5	45.0	45.5	46.0	46.7

(注) 試料長 10 m



第 6 図 240mm² ACSR の荷重と伸びの関係 (時間を変えた場合)

Fig. 6. Relation between Load and Elongation of 240mm² ACSR Varying the Time

この場合従来使用してきた ACSR にはすでに永久伸びがでているわけであるので新しい添え線 ACSR に短時間高荷重を負荷して、新旧両 ACSR の弛度を同一にして架線するのが望まれるわけである。この目的のためつぎのような試験を行つた。

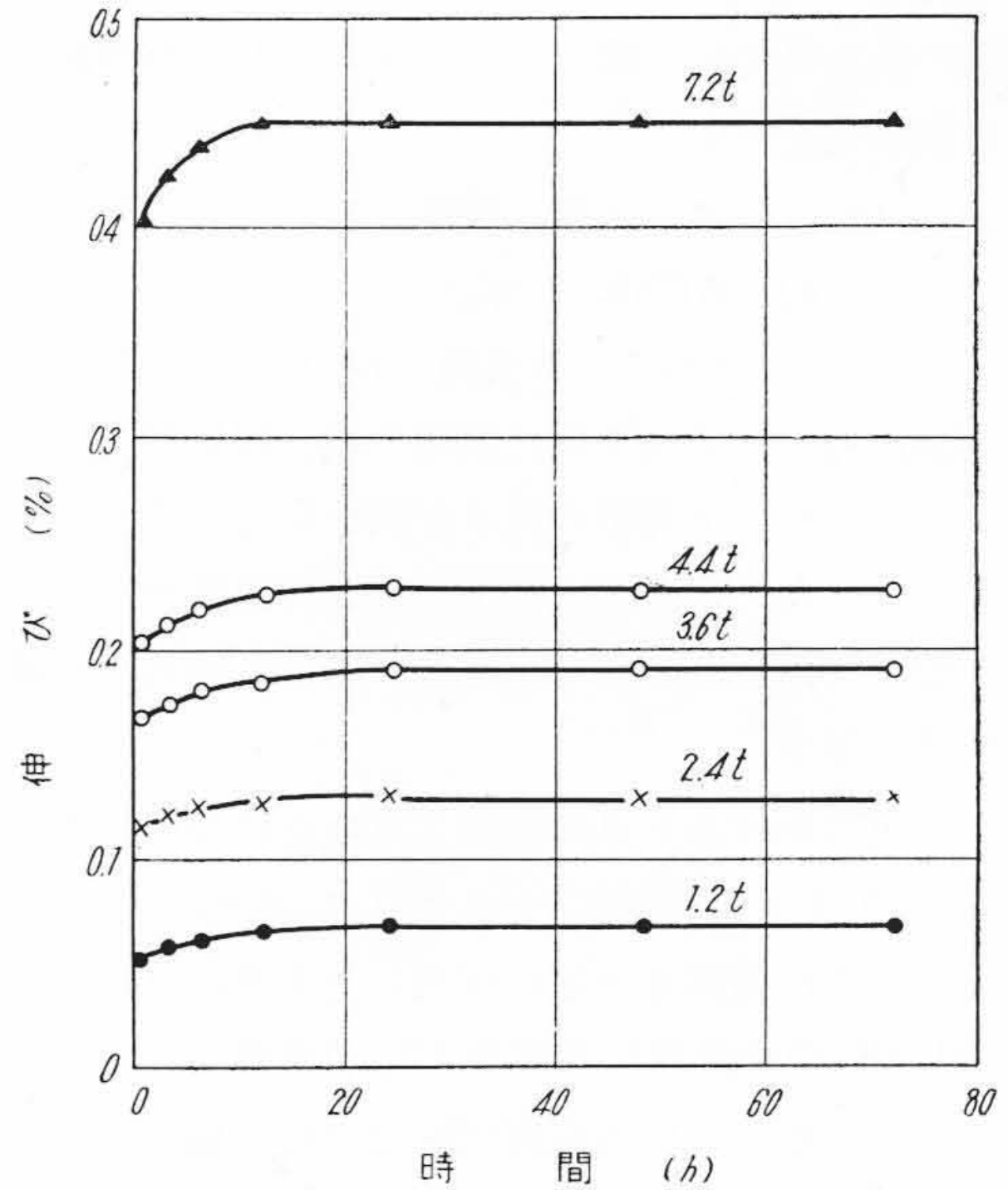
(1) 試料および試験方法

試料は 240mm² ACSR, 長さ約 10 m のものを使用し, チヤックの方法は合金端子を用いた。伸びの測定方法は合金チヤックの中に目付ピンを挿込む方法を取り, 端子のがた, ゆるみなどによる誤差を除くようにした。

(2) 試験結果

荷重 1.2, 2.4, 3.6, 4.4, 7.2 t の 5 種類の場合について一定荷重を 72 時間まで負荷したときの荷重と伸びの関係を示すと第 7 表および第 6 図のようになる。

本試験中における温度は 23±4°C であり, 湿度は 68±10% の範囲である。第 6 図の a の時間 0.03 時間は荷重を負荷した直後の時間である。e 曲線は荷重負荷後 12 時



第 7 図 荷重を変えた場合の 240mm² ACSR の伸びと時間の関係

Fig. 7. Relation between Time and Elongation of 240mm² ACSR Varying the Load

間一定荷重においた場合の荷重と伸びの関係を示す曲線を表わしている。たとえば本図から伸び 0.35% のところを a および h 曲線上より荷重を読みとると 7t をかけた直後の伸びは 5.9t を 72 時間負荷した場合の伸びに相当する。

すなわち以上の第 6 図を使用して従来使用してきた 240mm² ACSR の永久伸びがわかっていると, この伸びを与えるに必要な荷重と時間がわかり, 短時間に同一程度の永久伸びをあらかじめ与えて新旧両 ACSR の弛度を同一にして添え線することができる。

また 240mm² ACSR について荷重を変えた場合の伸びと時間との関係は第 7 図の通りであり, 始め, 時間の増すにしたがつて伸びは増すが時間が長くなると伸びの方は一定になる傾向が判然としている。

(3) 240mm² ACSR の伸びおよび永久伸びの実験値と計算値の比較

以上 240mm² ACSR について伸びが求めたわけであるが, これを計算値と比較検討する。

ACSR としての荷重と伸びの関係を計算的に作図するためにアルミ素線と鋼素線の荷重と伸びの関係を実験的に求めた。本結果を用いてさらに前述と同一の仮定において計算を行い実験値と比較すると第 8 表に示す通りとなる。第 8 表について実験値と計算値を比較すると高荷重になる程, 非常によく一致していることがあきらかになった。低荷重でやや異つているのは捩りの効果および笑いの影響と考えている。

第 8 表 240mm² ACSR の荷重と伸びおよび永久伸び (実験値および計算値)

Table 8. Load, Elongation and Permanent Elongation (Observed Value and Calculated Value)

荷重 (t)	ACSR の伸び (%)		ACSR の永久伸び (%)		72時間後の永久伸び (%)
	計算値	実験値	計算値	実験値	
1.2	0.050	0.054	0	0	0.022
2.4	0.095	0.107	0	0	0.035
3.6	0.150	0.162	0	0	0.042
4.4	0.185	0.190	0.005	0.002	0.060
7.2	0.365	0.370	0.065	0.057	0.157

〔V〕 風圧、積雪による繰返し荷重と弛度

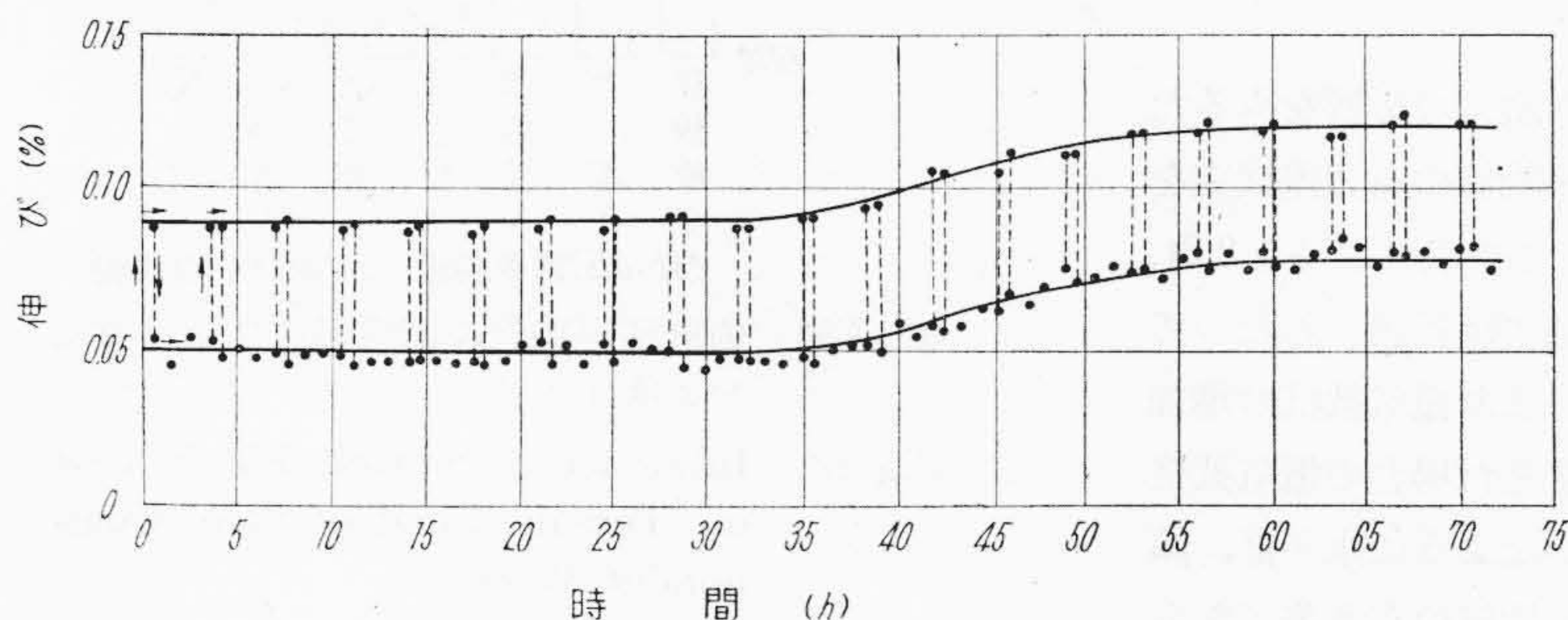
ACSR には常時一定の荷重が負荷されさらにまた風雨、降雪のため相当苛酷な荷重が繰返し負荷されて時間の経過にしたがって伸びが増大し、弛度が増して行くことが考えられる。もつとも実際には交互に素線が伸びて行くのも永続的なものではないようである。

そこで 240mm², 590mm², 610mm² ACSR についてそれぞれ下記のような荷重の間で繰返し試験を行った。

- (1) 240mm² ACSR の場合：荷重は 4.4t (保持時間 0.5時間) と 2.2t (保持時間 3時間) の間
- (2) 590mm² ACSR の場合：荷重は 9.7t (保持時間 0.5時間) と 6.1t (保持時間 3時間) の間
- (3) 610mm² ACSR の場合：荷重は 7.3t (保持時間 0.5時間) と 4.6t (保持時間 3時間) の間

抵抗歪線を用いて上記の荷重、保持時間で約 21 回繰返して 72 時間続けた場合の伸びを測定した結果は 610mm² ACSR の場合は第 8 図に示す通りになる。なおこの場合の温度は 19.5~24°C であつた。

610mm² は 60 時間後、240mm², 590mm² の場合は約 50 時間経過後ほぼ一定値を保持している。初回の



(注)
引張荷重 7.3t (保持時間 0.5h)
4.6t (保持時間 3.0h)
全繰返し時間 72h
試料長 10m
抵抗歪計により測定

第 8 図 610mm² ACSR の繰返し引張試験による外層アルミ線の伸びと時間の関係
Fig. 8. Relation between Elongation and Time of Outer Layer Aluminum Wires under Repeated Tension for 610mm² ACSR

第 9 表 ACSR の伸びの増加

Table 9. Increase in Elongation of ACSR

ACSR の種類	初回高荷重時の伸び (%)	72時間繰返し後の伸びの増加 (%)
240 mm ²	0.101	0.017
590 mm ²	0.085	0.020
610 mm ²	0.090	0.028

高荷重を加えた伸びと 72 時間経過後の伸びの増加量を第 9 表に示した。

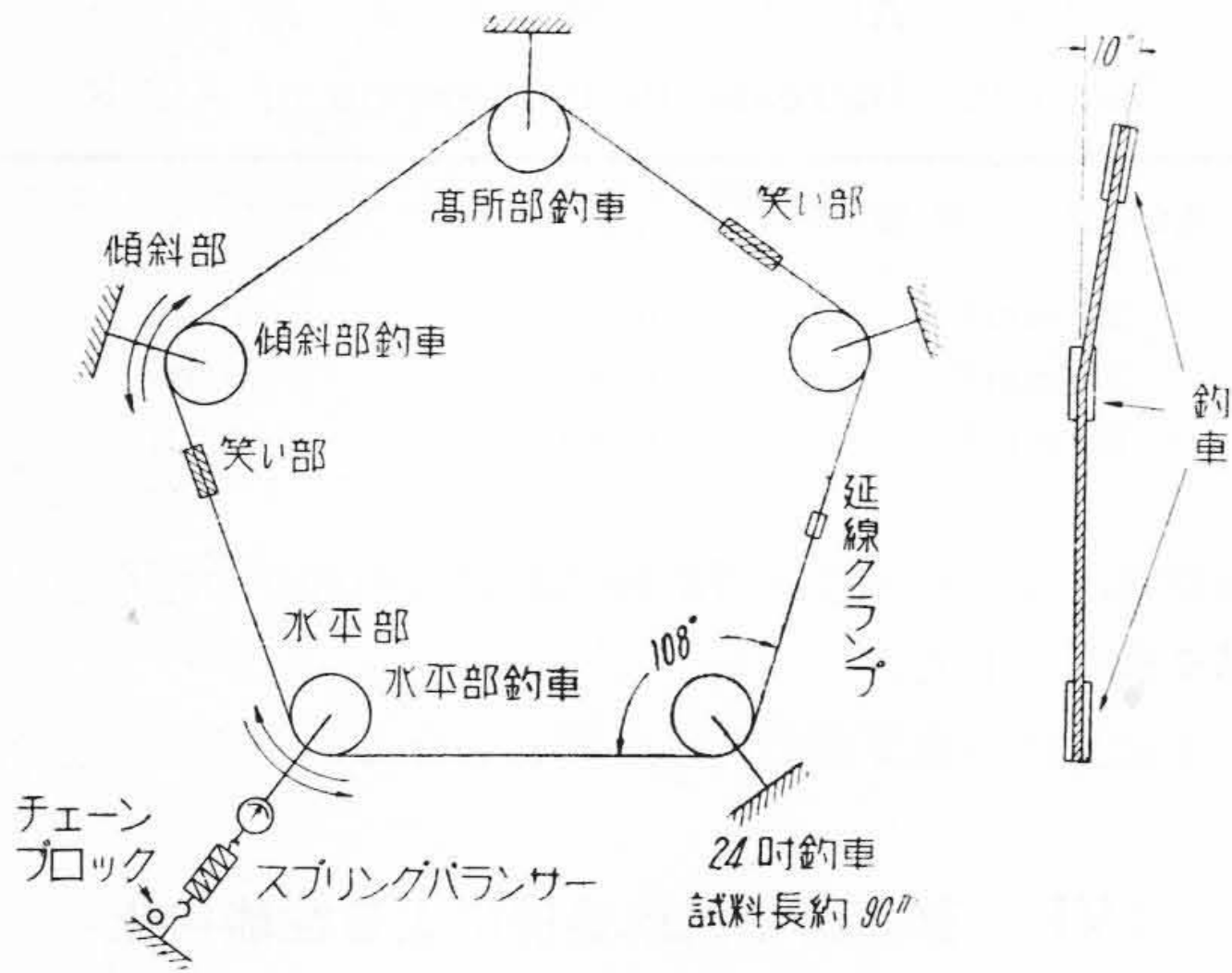
本結果は弛度算出の貴重な資料となる。

〔VI〕 架線時の釣車通過による性能劣化 (610mm² ACSR)

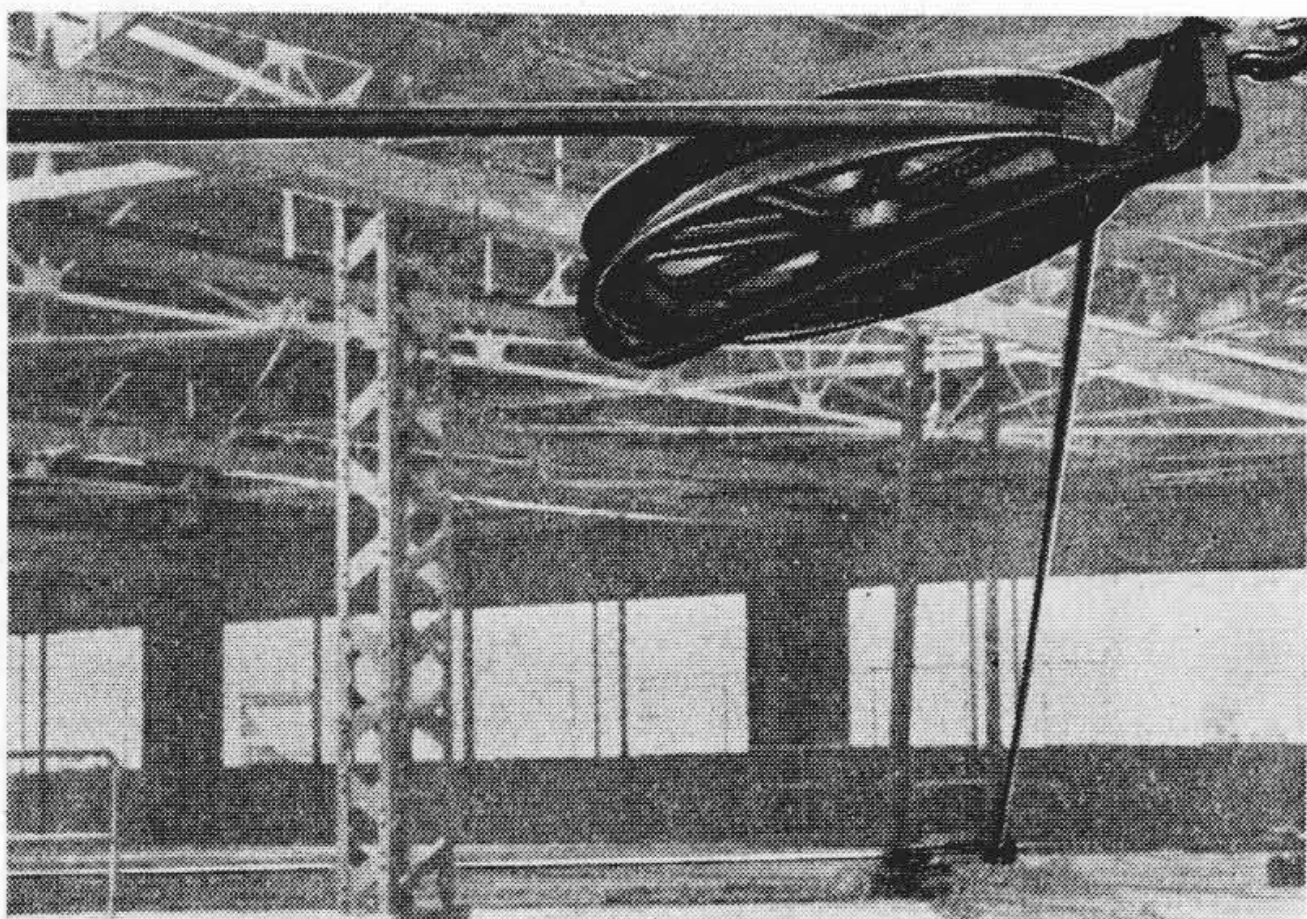
これまで ACSR の架線後に起る問題を探り上げてきたが、他方 ACSR を架線するときには数箇の釣車を通過するのが普通である。その際、曲率半径の比較的小さい釣車により曲げられて ACSR が伸び、その結果笑いを生じる。また笑い、外傷のみならず内層素線も損傷を受けるようである。さらに構成素線の性能などにも変化を生じ、使用時に支障をきたすことはないかとの問題も重要視されている。そこで架線時の条件を考慮して釣車通過試験を実施した結果のうち、比較的送電線として重要な役割を果す素線の性能すなわち電気抵抗、抗張荷重、伸びの 3 項目について報告する。

試料は長さ 90m の 610mm² ACSR を用い第 9 図 (次頁参照) に示すように 5 角形に延線した。従来と異なる特長としては第 10 図 (次頁参照) の通り使用釣車のうち 1 箇を水平面に対し 10° 傾けて立体的に配置して、水平釣車通過と傾斜釣車通過を同時に試験したことである。

試験条件は電線張力 2.5t で釣車通過回数 20 回 (往復 10 回) と 3.0t で 30 回 (往復 15 回) の両試験を実施した。なお笑い部と呼んだのは釣車通過試験が往復運動のため、傾斜部釣車の入口を往復端とする位置に外層アルミ



第9図 釣車配置図
Fig.9. Arrangement of Snatch Block

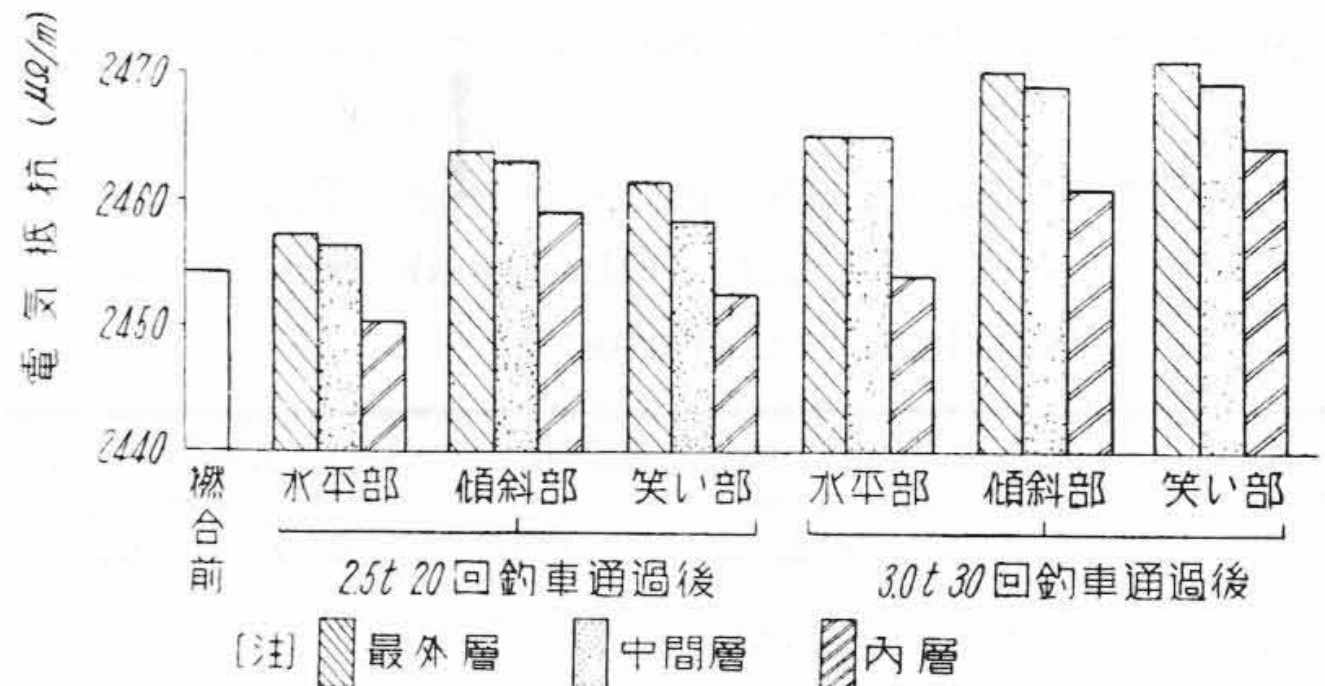


第10図 高所部釣車
Fig.10. Upper Snatch Block

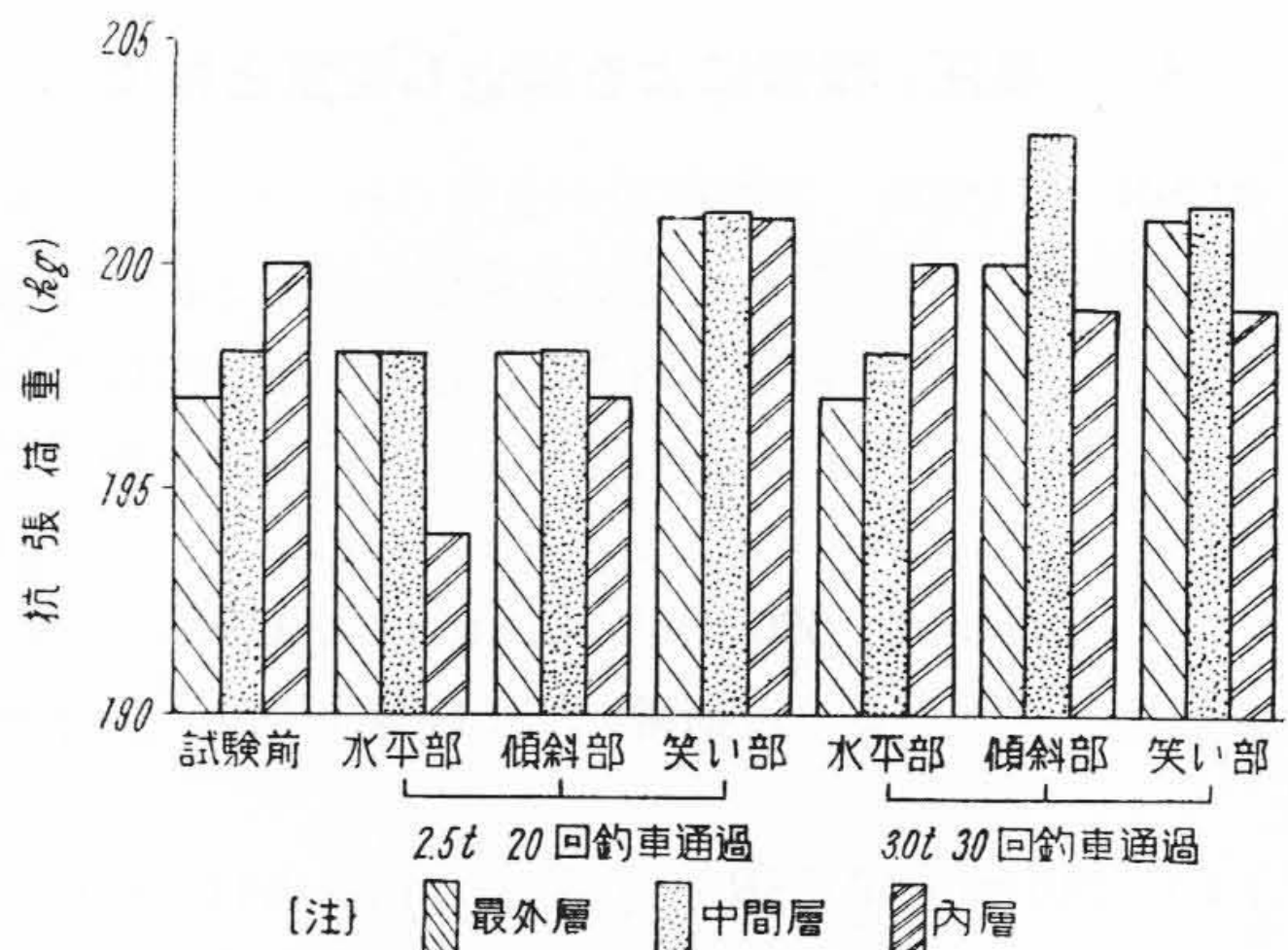
線の笑いがもつとも多く集るが、その部分を指したものである。

アルミ線の電気抵抗の測定結果は第10表と第11図に示す通りである。電気抵抗は一般に多くなっている。アルミ線各層について比較すると内層に行くにしたがって電気抵抗の増加の程度が少い。この理由として外層は釣車に直接接触するために起る疵と加工硬化される割合が一番大きいためと考えられる。

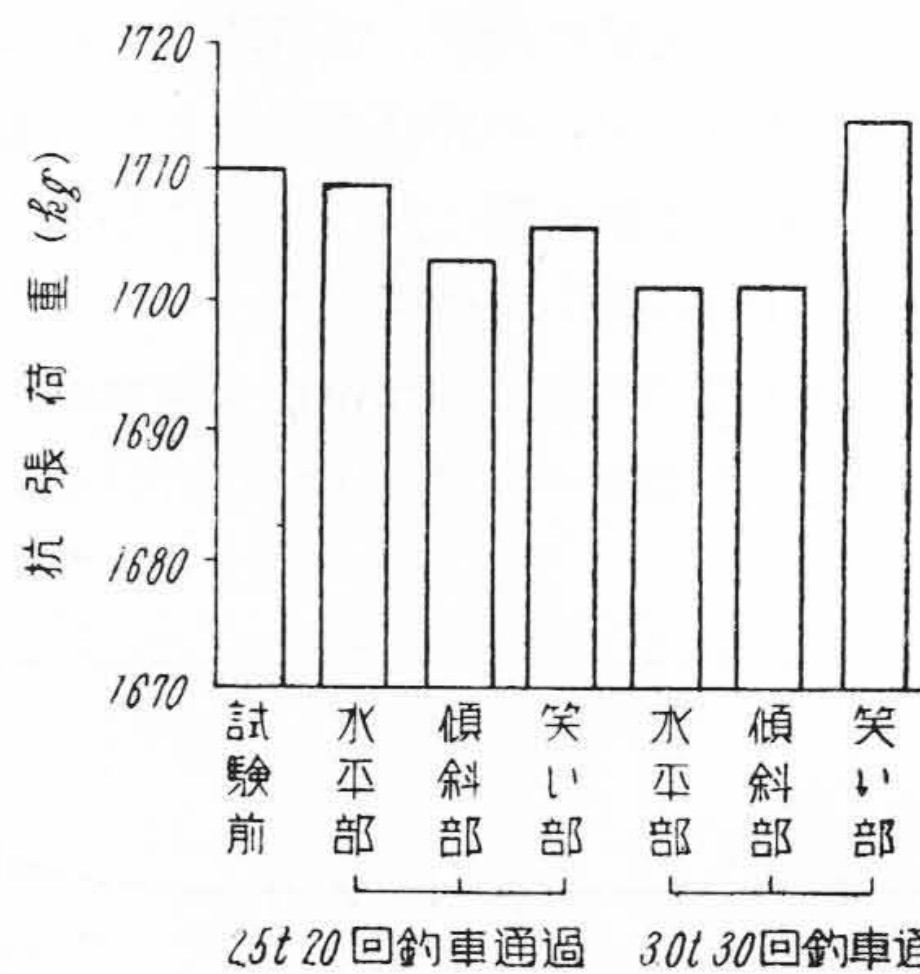
水平部と傾斜部の比較および電線張力の影響をみるため、分散比のF分布検定ならびに平均値の有意差検定を行った結果は第11表の通りである。この表によると2.5t、20回釣車通過試験の水平部と傾斜部には各層にわたって有意差があり、傾斜部の方が水平部より電気抵抗の増加が多いことがわかる。電線張力を変えた場合の電気抵抗におよぼす影響は第11表であきらかなように水平部、傾斜部ともに最外層および中間層に平均値の有意差があらわれており、したがって第10表より3.0t、30回釣車通過試験の方が2.5t、20回釣車通過試験よりも電気抵抗の増加が多い。ただし張力の影響は内層まではおよばな



第11図 釣車試験後の各層アルミ素線の電気抵抗
Fig.11. Electrical Resistance of Aluminum Component Wire after Snatch Block Test



第12図 釣車通過試験の各層アルミ素線の抗張荷重におよぼす影響
Fig.12. Influence of Snatch Block Test on Tensile Load of Aluminum Layers



第13図 釣車通過試験の鋼素線の抗張荷重におよぼす影響
Fig.13. Influence of Snatch Block Test on Tensile Load of Steel Component Wire

いことがわかった。

つぎにアルミ線と鋼線の抗張荷重の測定結果を第12表に示した。これを図示すると第12図と第13図のようにな

第 10 表 アルミ線の電気抵抗 ($\mu\Omega/m$)
Table 10. Electrical Resistance of Aluminium Wires

項目	試験方法および測定箇所	2.5 t, 20 回釣車通過試験			3.0 t, 30 回釣車通過試験		
		水平部	傾斜部	笑い部	水平部	傾斜部	笑い部
最 外 層	平均値	2,457	2,464	2,461	2,465	2,470	2,472
	分散	113.6	44.04	—	53.00	56.95	—
中 間 層	平均値	2,456	2,463	2,458	2,465	2,469	2,469
	分散	120.0	42.18	—	50.94	90.12	—
内 層	平均値	2,450	2,459	2,452	2,454	2,461	2,464
	分散	86.09	76.82	—	91.09	67.36	—
アルミ線総平均値		2,455	2,463	2,458	2,462	2,468	2,469

(注) 規格値 $2,510 \mu\Omega/m$ 以下

第 11 表 アルミ線の電気抵抗の平均値有意差検定 ($\alpha=0.05$)
Table 11. Significance Test for Averages of Electrical Resistance of Aluminum Wires

比較項目		2.5 t, 20 回釣車通過試験					
		水平部			傾斜部		
		最外層	中間層	内層	最外層	中間層	内層
2.5t, 20回釣車試験	傾斜部	○	○	○	—	—	—
3.0t, 30回釣車試験	水平部	○	○	×	—	—	—
	傾斜部	—	—	—	○	○	×

(注) ○: 有意差, 有り ×: 有意差, 無し

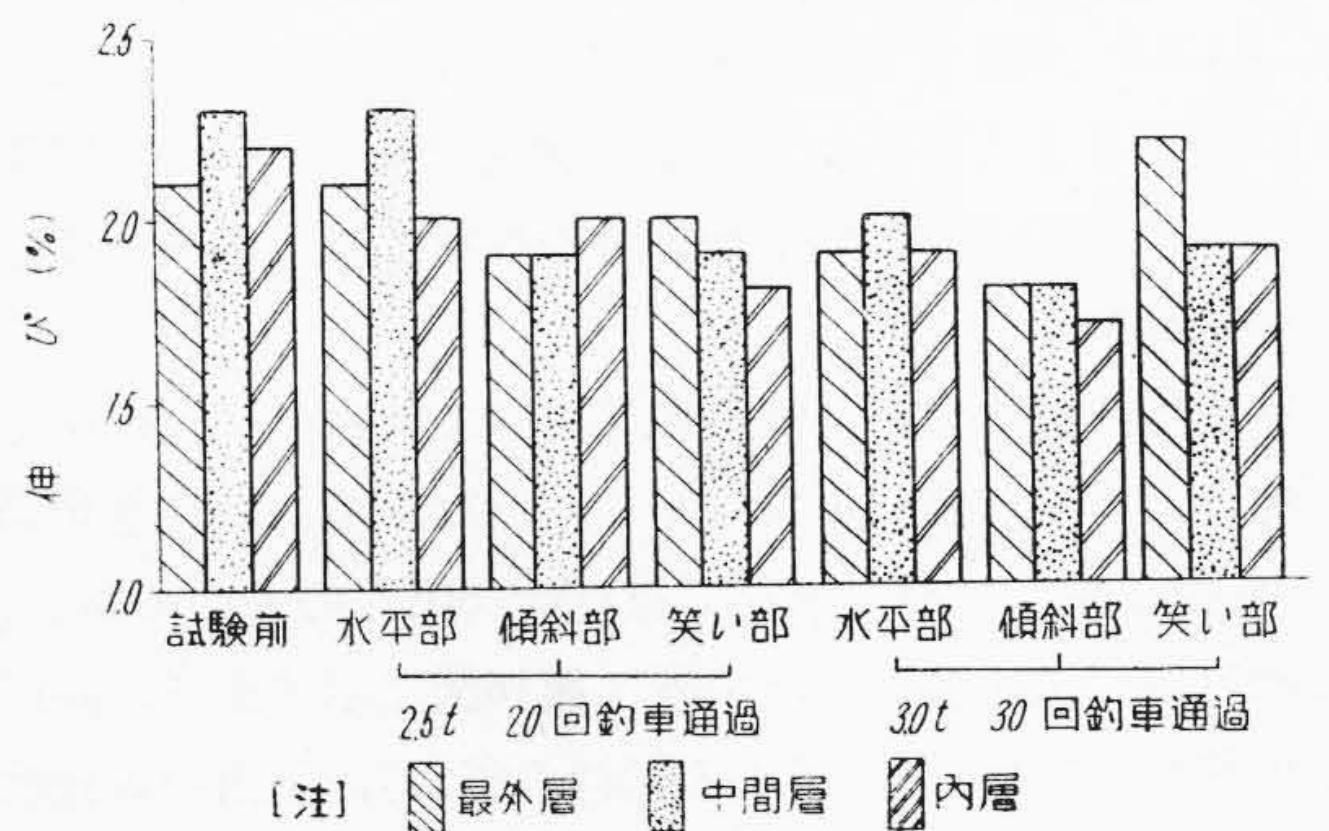
第 12 表 素線抗張荷重 (kg)
Table 12. Tensile Load of Component Wires

項目	試験前	2.5 t, 20 回釣車通過試験			3.0 t, 30 回釣車通過試験			
		水平部	傾斜部	笑い部	水平部	傾斜部	笑い部	
アルミ線	最外層平均	197	198	198	201	197	200	201
	中間層平均	198	198	198	201	198	203	201
	内層平均	200	194	197	201	200	199	199
アルミ線総平均		198	197	198	201	198	201	201
鋼線総平均		1,710	1,709	1,703	1,706	1,701	1,701	1,714

(注) アルミ線規格値 183 kg 以上 鋼線規格値 1,470 kg 以上

る。なお試験前とは撚り合せ後の釣車を通さないものを意味している。第12図と第13図によるとアルミ線と鋼線の抗張荷重は釣車通過によつて若干変化があるように見えるが、これをつぎの項目にわたつて平均値の有意差検定を行つた結果はその間に5%の危険率で有意差は認められなかつた。

- (1) 両釣車通過試験について試験前と水平部の各層
 - (2) 両釣車通過試験について試験前と傾斜部の各層
 - (3) 両釣車通過試験について水平部と傾斜部の各層
- この結果, アルミ線, 鋼線ともに釣車通過試験前後の抗張荷重には変化がないものと認められるが, この理由として抗張荷重を大きくする加工硬化と抗張荷重を小さくする疵が相殺しているものと考えられる。



第 14 図 釣車試験の各層アルミ素線の伸びにおよぼす影響

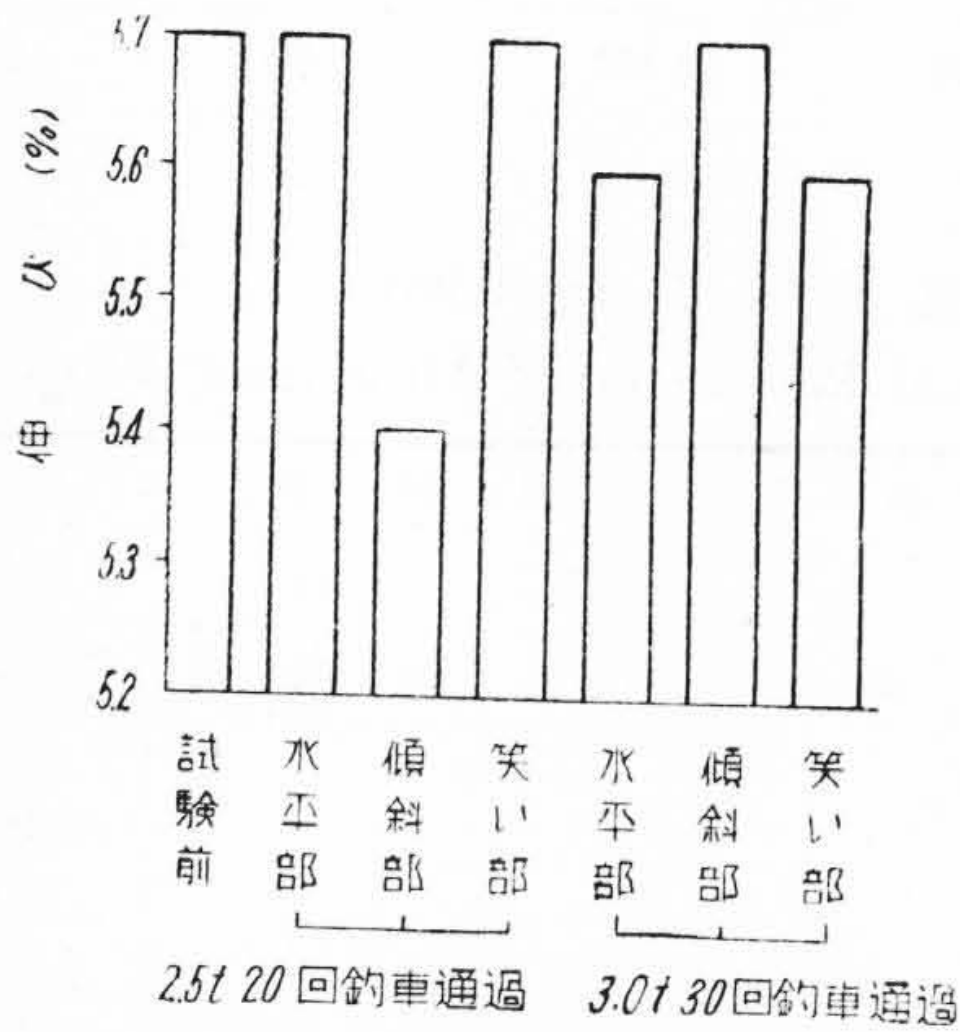
Fig. 14. Influence of Snatch Block Test on Elongation of Aluminum Layers

第13表 素線の伸び

Table 13. Elongation of Component Wires

項	目	試験前	2.5t, 20回釣車通過試験			3.0t, 30回釣車通過試験		
			水平部	傾斜部	笑い部	水平部	傾斜部	笑い部
アルミ線	最外層平均	2.1	2.1	1.9	2.0	1.9	1.8	2.2
	中間層平均	2.3	2.3	1.9	1.9	2.0	1.8	1.9
	内層平均	2.2	2.0	2.0	1.8	1.9	1.7	1.9
アルミ線総平均		2.2	2.1	1.9	1.9	1.9	1.8	2.0
鋼線総平均		5.7	5.7	5.4	5.7	5.6	5.7	5.6

(注) アルミ線規格値 1.9% 以上 鋼線規格値 4.5% 以上



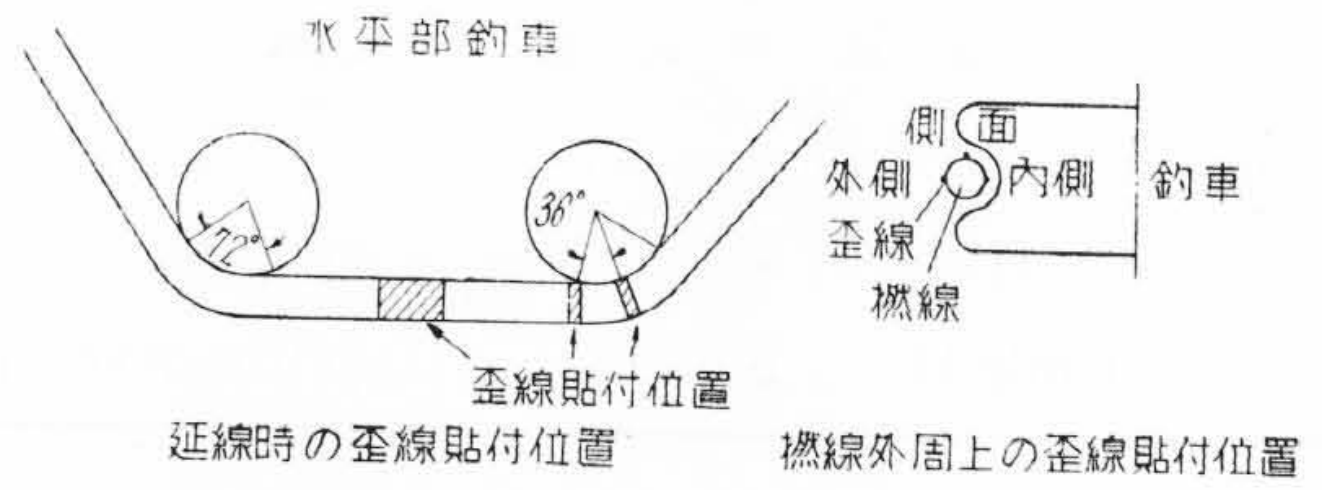
第15図 釣車試験の鋼素線の伸びにおよぼす影響
Fig. 15. Influence of Snatch Block Test on Elongation of Steel Component Wires

またアルミ線および鋼線の伸びについては第13表と第14図(前頁参照)および第15図に示すような結果がえられた。アルミ線の伸びは試験後は一般に低下しているが、鋼線にはあまり差が見られないようである。

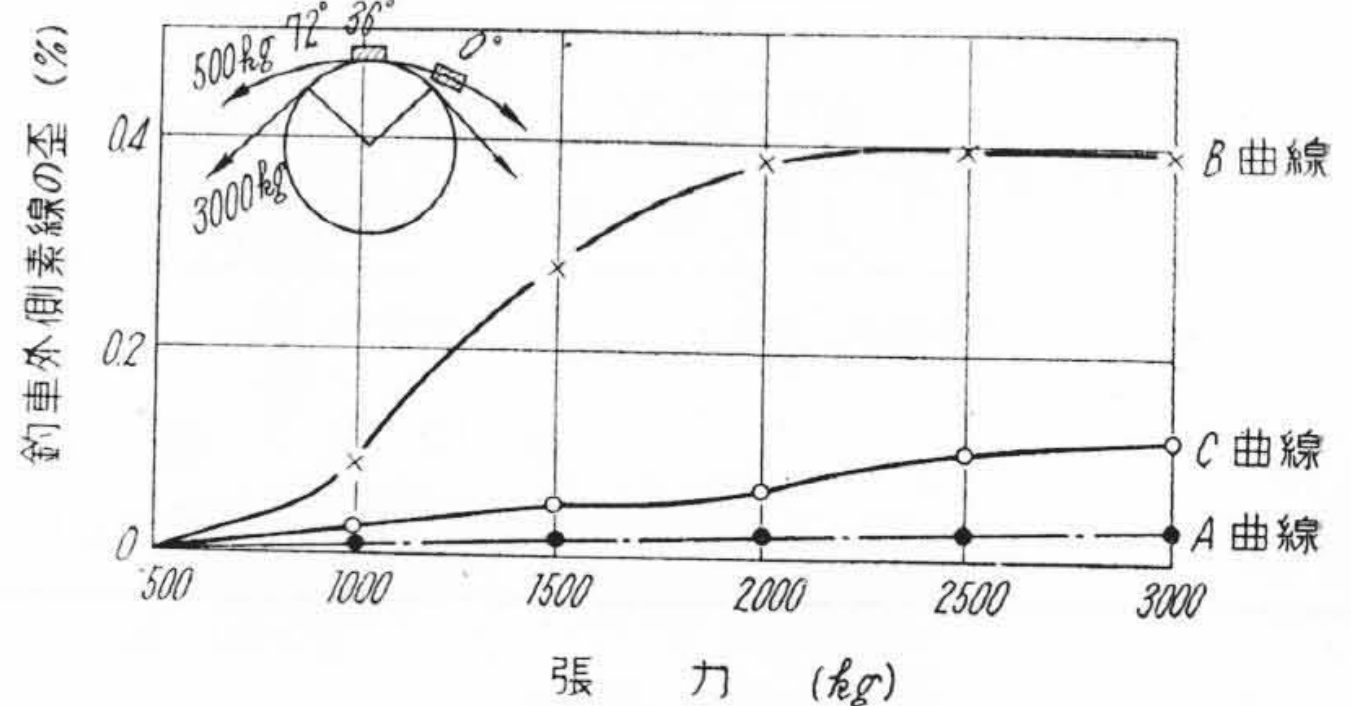
[VII] 架線時の釣車通過の際の外層アルミ素線の歪分布 (610 mm² ACSR)

釣車通過による ACSR および素線の性能劣化に関しては二、三の資料が報告されている。しかし釣車に沿って ACSR が曲つて通過する際の素線の伸びについてはその大ききさえわかつていない状況である。そこで以下述べる方法によつて釣車通過時の外層アルミ素線の歪分布を求めた。

試験方法は外層アルミ素線に沿つて特殊単線歪線を貼り付けて静的、動的歪を測定した。なお歪線は長さ57.5 mm(撚線ピッチの約1/6)、抵抗値 60Ω のものである。撚線外周の歪線貼り付け位置は第16図に示す通り、直辺部の釣車外側、内側(アルミ素線の谷部)、側面の3箇所、これは釣車通過時の外層アルミ素線の歪分布の測定に供した。また延線時に釣車にある ACSR の釣車外側外層アルミ素線に歪線を2箇所貼り付けた。その貼り付け位置は第16図のように釣車頂点と ACSR が釣車か



第16図 抵抗歪線の位置
Fig. 16. Position of Strain Gauge



(注) 釣車にあるまま張力増加させた場合
測定箇所 ● 直辺部の歪 × 0° ○ 36°
ただし 500 kg 張力時よりの歪の変化を示す。
試験条件: 24 吋釣車5角形延線

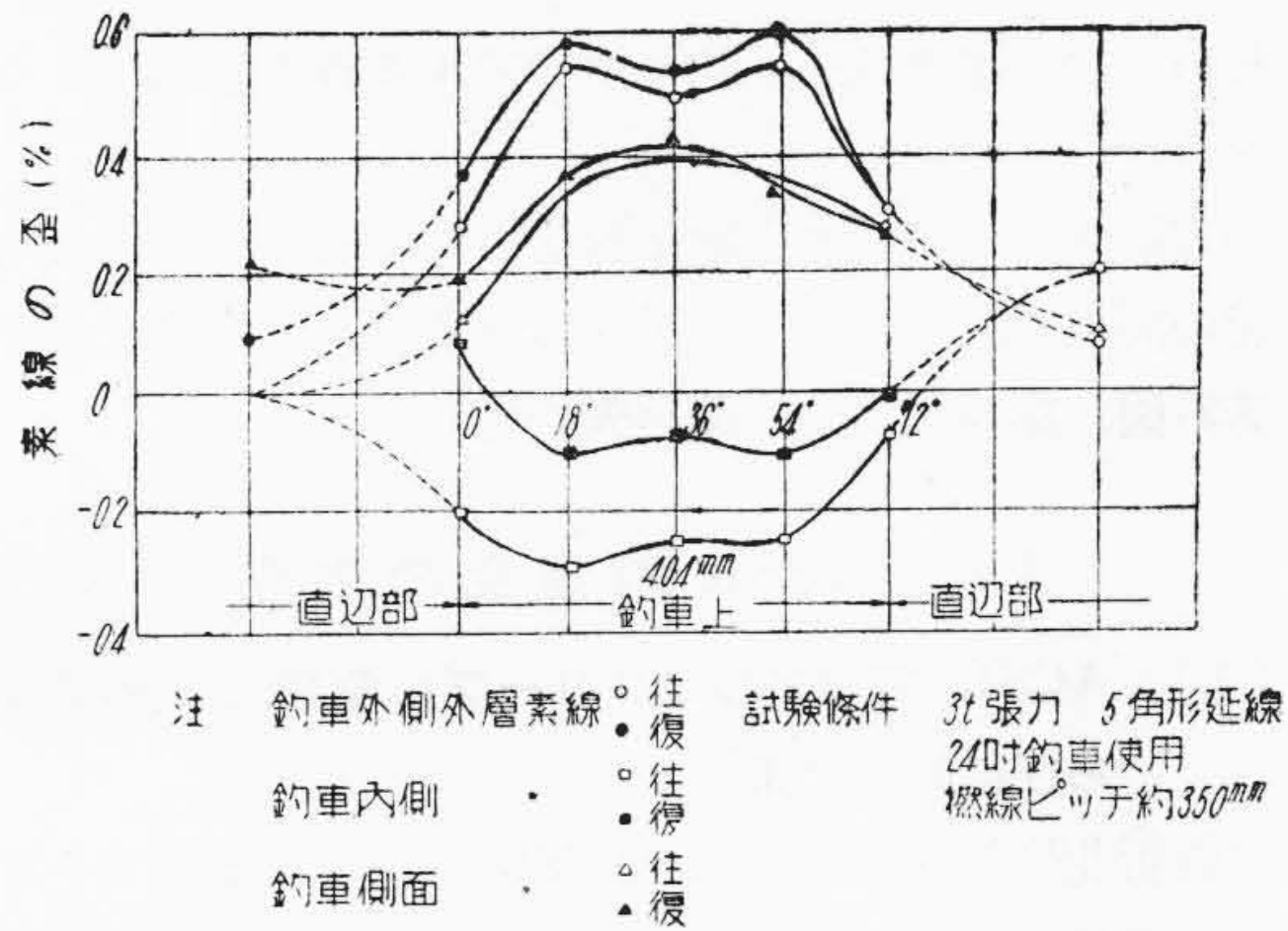
第17図 釣車外側外層アルミ素線の歪と張力の関係
Fig. 17. Relation between Strain and Tension of Aluminum Component Wires Outside Snatch Block

ら離れる位置、すなわち釣車頂点から36°離れた位置であり、これは延線張力をかけた場合の ACSR と釣車との接触状況を調べるため用いた。

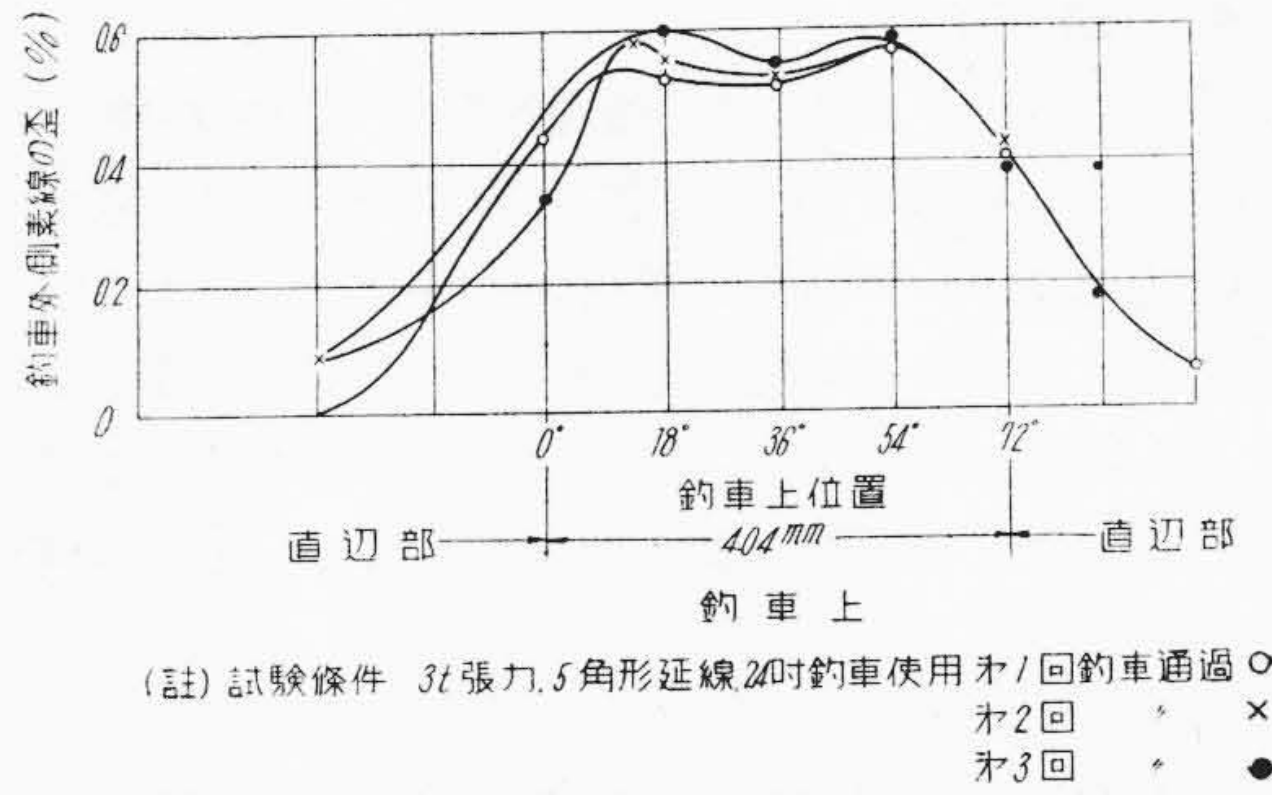
(1) 静的歪

釣車と ACSR の接触状況

今回実施した正5角形釣車試験においては、釣車と ACSR の接触弧の角は計算上72°である。張力が低い場合にはこの角度以下であるが、完全に接触するときの張力を求めると第17図に示すようになる。同図のうちの曲線は張力500 kgの歪を差引いて張力が500 kg以上の場合についての歪の増加を示している。A曲線は張力増加による歪の変化を示したものであり、B曲線はA曲線に釣車接触位置の0°における曲げによる歪が加わつ

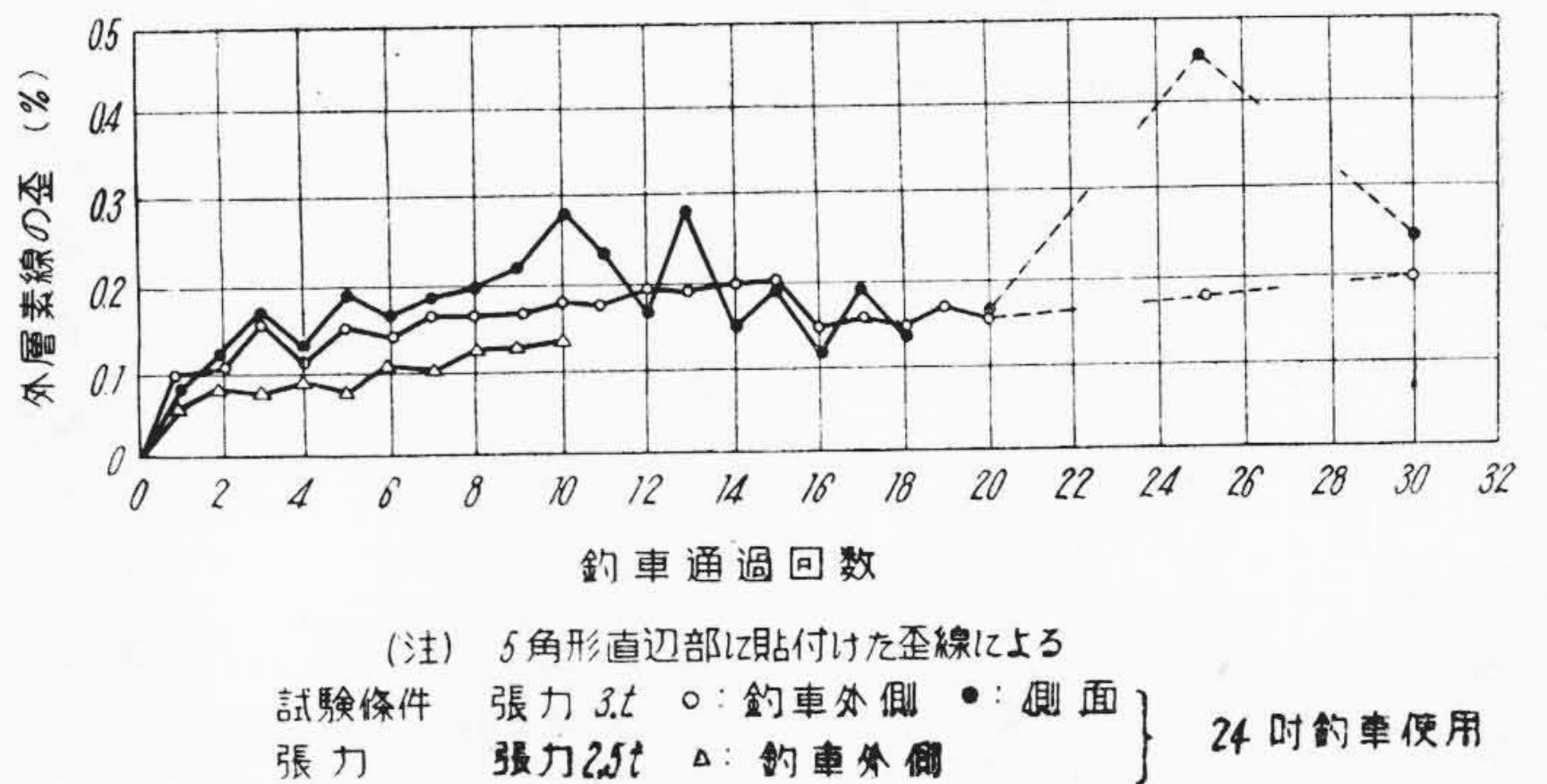


第18図 釣車通過時の各外層素線の歪 (静的測定)
 Fig.18. Strain of Component Wires (Outer Layer) at the Time of Passing through Snatch Block (Static Measurement)



第20図 釣車通過時の釣車外側外層素線の歪 (動的測定)
 Fig.20. Strain of Component Wires (Outer Layer) Outside Snatch Block at the Time of Passing through (Dynamical Measurement)

第19図 釣車通過回数と外層素線の歪との関係
 Fig.19. Relation between Pass and Strain of Component Wires (Outer Layer)



たものである。このことからB曲線より張力が2tになるとその歪は飽和状態になり完全に接触したものと認められる。

(2) 釣車通過時の釣車各部における歪分布

電線張力 3t で釣車を通過するときの外層アルミ線釣車外側, 内側, 側面の素線歪を測定した結果は第18図に示す通りである。釣車上の側定位置は釣車入口より出口を18° 間隔の5箇所を往復移動させて測定した。

まず外側は引張歪で釣車頂点の両側近くでその歪は最高となり, 往方向は 0.55%, 復方向は 0.6% であつた。復方向の残留伸びは 0.095% を示しているが, これは釣車の曲げによる永久伸びと素線のずれと考えられる。

なお釣車頂点で歪の極小値ができるのは接触弧の長さ とピッチとの関係および素線のずれが影響している。たとえば釣車頂点で釣車外側にある素線の両端はほぼ釣車上の内側に出ていて, しかも釣車の接触弧のうちにある。したがって素線の両端は圧縮状態にあるのでこれが釣車頂点の釣車外側の引張歪を減少させる傾向を持っている。他方釣車の入口と出口付近で釣車外側にある素線の一端は釣車接触弧をはなれて 3t 張力下にあるが, 他端は釣車内側の接触弧上にある。よつて釣車頂点で素線が釣車外側にある場合よりも引張歪の減少度は少くなると

推察する。

つぎに釣車内側の外層アルミ素線は圧縮歪を持っている。その往路の最大圧縮歪は 0.3% でやはり釣車頂点で歪は小さくなる傾向を示している。これは前と同様な理由と考えられるが, この場合には釣車内側のため釣車との摩擦に拘束されるので釣車外側の場合ほどの変化はない。往路と復路の差が大きいのでているが, これは釣車との圧力によつて笑いが生じたためと考えられる。

側面の測定値は引張歪で前二者のように釣車頂点での変化がでない。

(3) 釣車通過回数と外層アルミ素線の歪

釣車通過回数と抵抗歪線による外層アルミ素線の歪との関係を示すと第19図の通りである。

張力の少ない 2.5t の方が歪が低い傾向にあり, 0.1% 程度である。3.0t の場合は通過回数 12 回で約 0.2% 程度であり, 2.5t, 20 回と 3.0t, 30 回釣車試験ともに釣車通過初回に歪は急増し, その後は漸増の傾向にある。張力 3.0t の場合の釣車側面に貼つた歪線は 25 回で大きくて再び下つていくように示しているが, これは素線が笑いのため浮きだし, つぎに笑いが他の部分へ移動したためである。

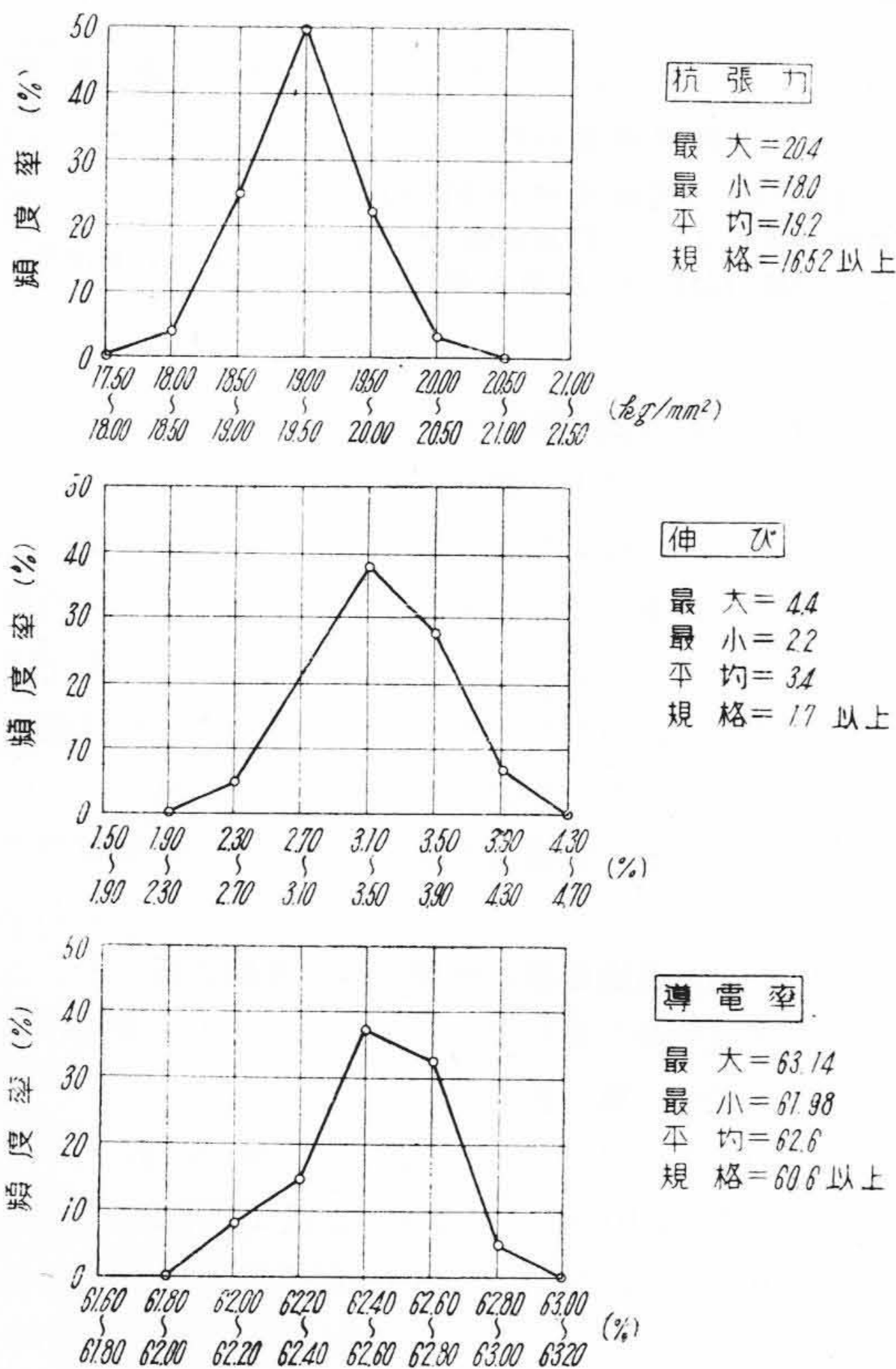
(4) 動的歪

釣車通過3回、張力3t、通過速度約2.1m/minで移動させた場合の歪を釣車外側の外層アルミ素線に貼つた歪線と電磁オッシログラフを用いて測定した。この結果を図にまとめると第20図(前頁参照)のようになる。これによると本実験の速度の程度では釣車外側のアルミ素線の歪に関しては静的歪と動的歪に差異はないことが判明した。

[VIII] ACSRの導電率向上対策

日立製作所はすでに専門のACSR工場を設けて長尺ものの製造を行つてきたが、最近の傾向としてACSRに使用するアルミ素線には高導電率のものが要求されている。

この点から高導電率アルミ線の製造に主力を注いできた。その結果アルミ地金に含有する微量のチタニウムを特殊フラックスにより処理するとともに、アルミ棹の加熱温度を不純物の固溶度の関係から規制することにより



第21図 240mm² ACSR用3.2mm硬アルミ素線の性能頻度曲線
Fig. 21. Frequency Curve of Properties of 3.2 mm Hard Aluminum Wire for 240 mm² ACSR

きわめて導電率の高い、均一性のアルミ線を製造できるようになった。

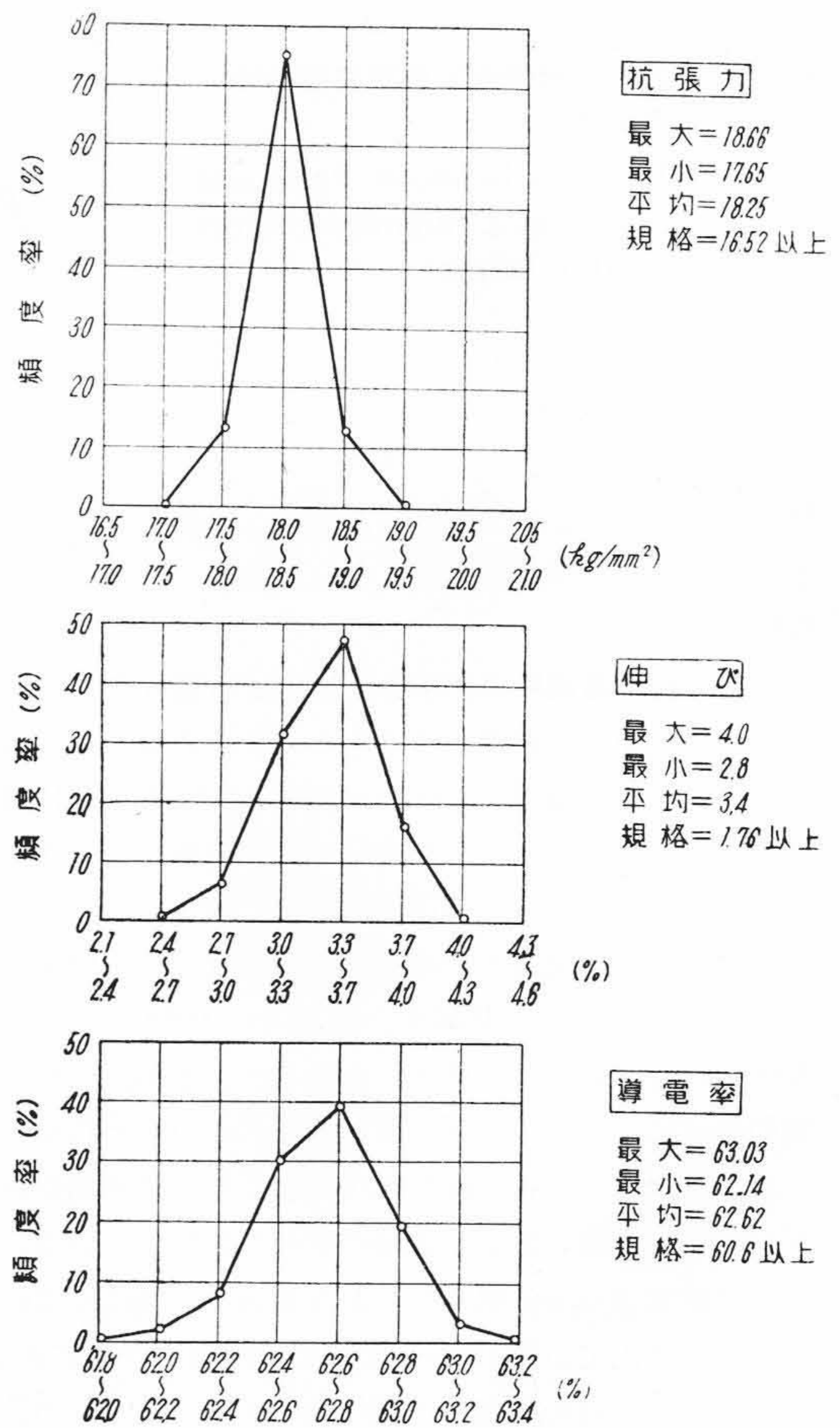
一方抗張力についても地金および作業法の改善により性能の向上をはかつた。最近における二、三の例を示すと第21図、第22図および第14表の通りである。

[IX] ACSR 附属品の考察

(1) ACSR 直線アルミスリーブの亀裂事故調査ならびに防止対策

先般新北陸幹線 520 mm² ACSR 直線アルミスリーブの亀裂事故が発見された。日立製作所としてはこの事故の原因の究明とその対策について研究を行つてきた。これに関してその概略を報告する。

(1) 520 mm² ACSR 直線アルミスリーブの事故に関する調査



第22図 610mm² ACSR用3.8mm硬アルミ素線の性能頻度曲線
Fig. 22. Frequency Curve of Properties of 3.8 mm Hard Aluminum Wire for 610 mm² ACSR

第 14 表 610mm² ACSR の性能表

Table 14. Table of Quality for 610mm² ACSR

サイズ (mm)	外径 (mm)	抗張荷重 (kg)	電気抵抗 (Ω/km)	燃			
				層	ピッチ (mm)	ピッチ/ ピッチダイヤ(倍)	燃込率 (%)
610	34.2	20,800	0.0456	6 本層 (鋼)	242	31.8	0.49
				12 本層 (アルミ)	242	15.9	1.95
				18 本層 (アルミ)	303	13.3	2.79
				24 本層 (アルミ)	347	11.4	3.79
(規格)	34.2	18,350	0.0474	6 本層 (鋼) 外層, 中間層 (アルミ)	— —	20~40 20以下	— —

(A) 事故原因の推定

事故原因としては

- (i) アルミスリーブ内に雨水が浸入し冬期にこれが氷結して破壊する場合
- (ii) アルミスリーブ内に亜鉛, 亜麻仁油, 光明丹および空気が共存し, さらにある場合にはオゾン, 水の存在による化学的爆発の場合

などが考えられるが, 事故品の破壊部の形状がいずれもほぼ一定であること, 開口部の縁がまくれていないことおよびスリーブを破壊するに足る爆発力をうる化学的機構の推定が難しいなどの諸点から氷結によるものと推定してつぎにのべる方法で氷結再現試験を行つた。

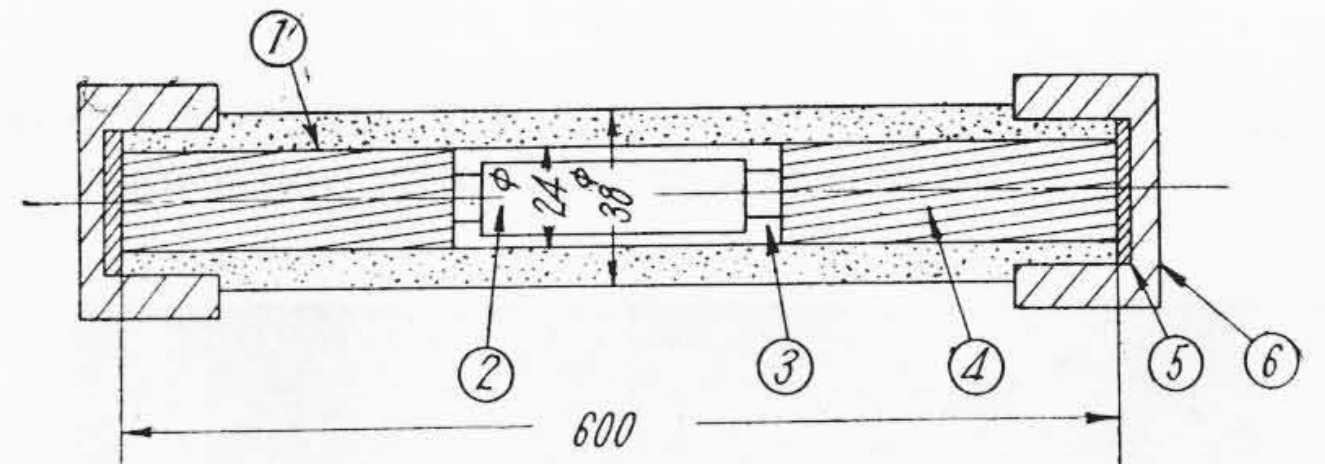
(B) 氷結による事故再現試験

試料としては, 丸型より 6 角型に圧縮した 240mm² ACSR 直線アルミスリーブを用いた。試験方法はスリーブ内に水を封じて第23図に示すようにスリーブ両端をネジで締めた後, -30°C の低温槽内で氷結させ, つぎに常温にもどして水を補つた上, 再度冷却を行つた。この方法を繰返して行つた場合のスリーブの外径変化の状況は第24図の通りであり, 第9回目について第25図のように亀裂を生じた。

以上の結果から, 氷結によるスリーブの亀裂が可能であり, しかもこの条件は使用状態で容易に起りうることから氷結が事故の原因であることがわかつた。

(2) 氷結破壊防止対策

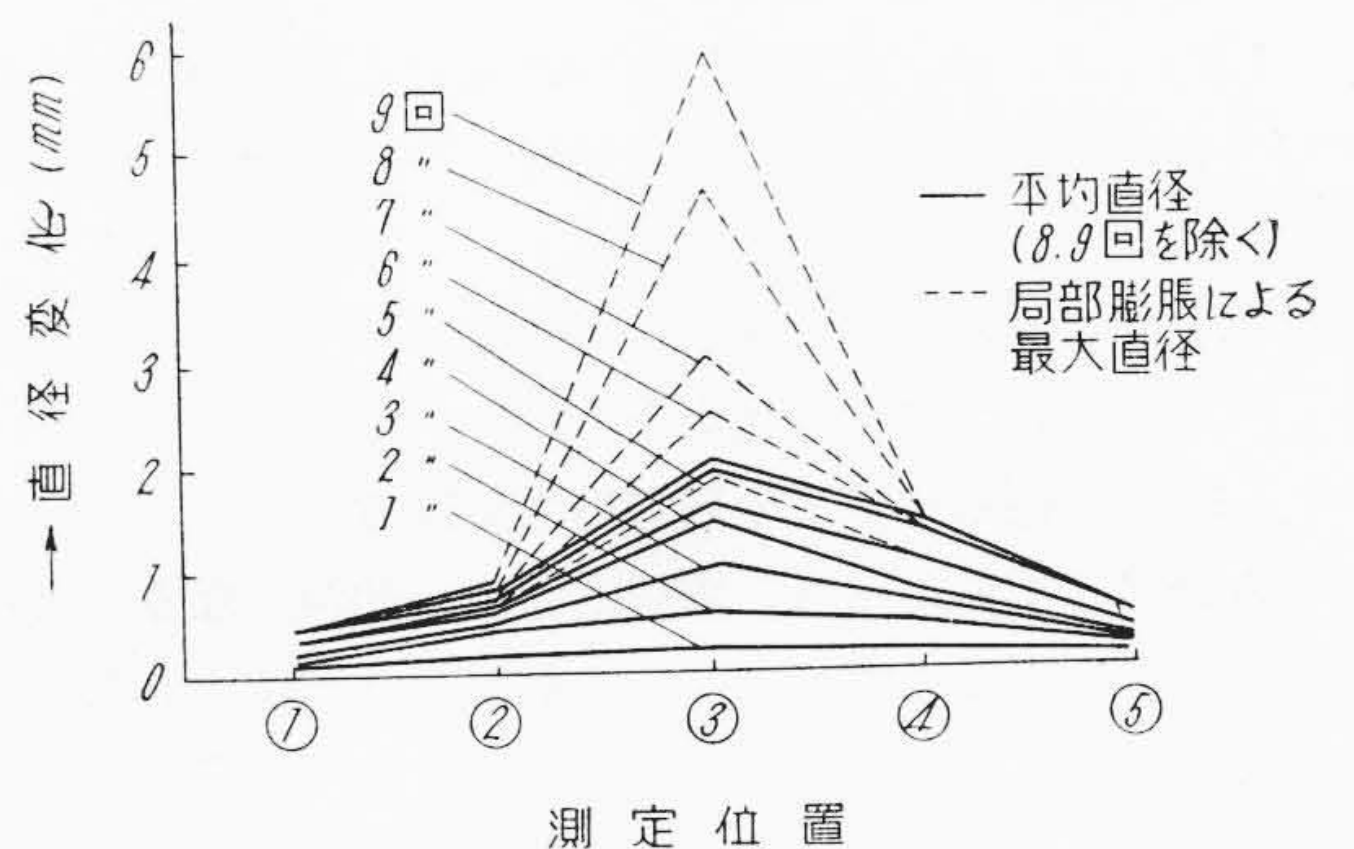
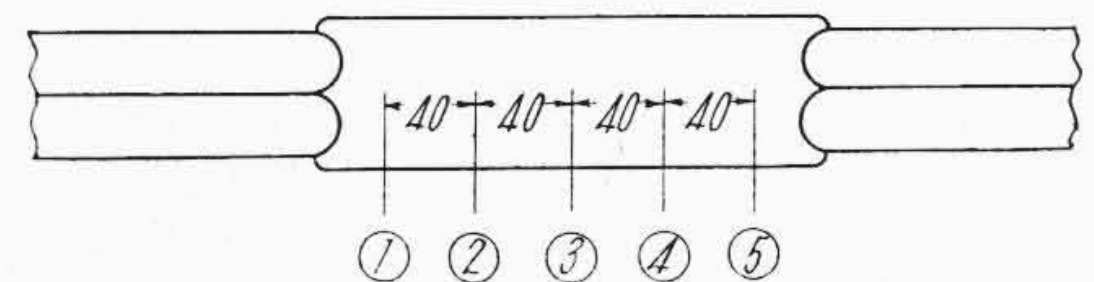
以上の実験結果にもとづいて氷結防止方法としてコンパンド充填式 ACSR 直線アルミスリーブを製作した。このスリーブは第26図(次頁参照)に示すように, アルミスリーブのコンパンド注入孔より日立ジंकロシーラー



① アルミスリーブ ② 鋼スリーブ ③ 間隙 (水)
④ ACSR ⑤ ゴムパッキング ⑥ アルミニウム蓋

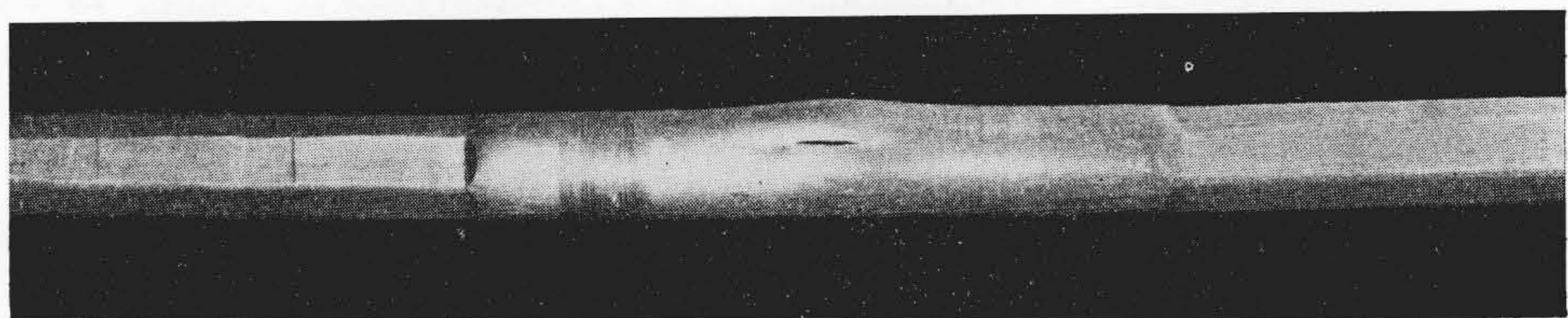
第 23 図 240mm² ACSR 直線スリーブ凍結試験試料

Fig. 23. Freezing Testing Sample of Straight Joint for 240mm² ACSR



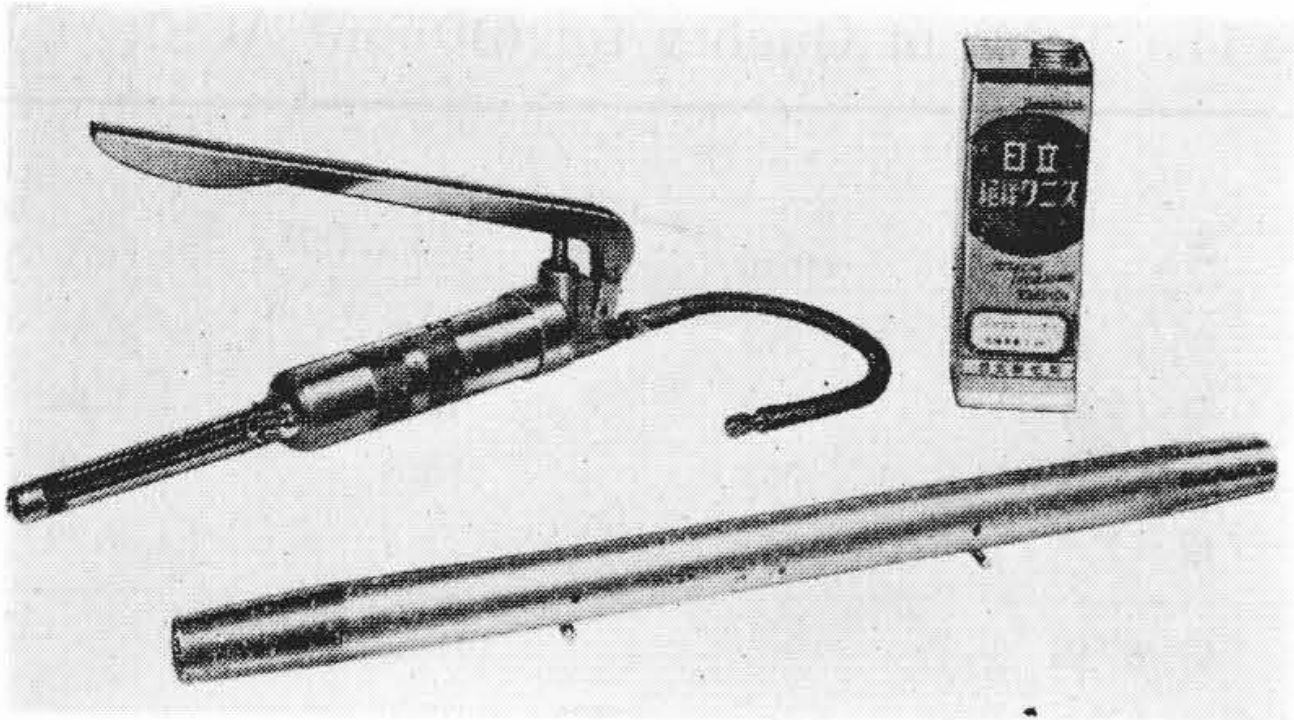
第 24 図 240mm² ACSR 直線スリーブ中央部の氷結による外径変化

Fig. 24. Change of Diameter at the Middle Part of 240mm² ACSR Straight Joint Because of Freezing



第 25 図 240mm² ACSR 直線スリーブの氷結試験による亀裂破壊状況

Fig. 25. Outlook of Burst by Freezing Test for 240mm² ACSR Straight Joint



第26図 コンパンド充填式スリーブ，ジ
ンクロシーラーおよび注入器

Fig. 26. Compound Filled Type Straight Joint,
Zinchro-Sealer and Injection Pump



第27図 240mm² ACSR 鋼スリーブの X 線廻
折による写真例

Fig. 27. Photograph of X-Ray Diffraction for
240mm² ACSR Steel Joint

を充填したものであつて，本試料につき各種の試験を行
つた結果つぎの点があきらかとなつた。

- (A) スリーブ内の空隙は完全な防水層を形成し，か
つこの防水層は広範囲の温度（ $-25\sim 80^{\circ}\text{C}$ ）に対
しても常に安定である。
- (B) コンパンド充填を行つたものと従来のものとの
による接続部の電気抵抗を比較した場合その間に差異
はない。
- (C) コンパンドは強靱な皮膜を形成し，錆止め効果
も他の塗料に比べて大きい。

(2) 圧縮スリーブの残留応力の測定

ACSRの接続部は特に機械的強度が問題となる。機械
的強度は主として鋼スリーブの材質，寸法に大きな関係
がある。従来圧縮スリーブの材質，寸法の決定には接続
部の引張り試験を行うことによりその適否を決めている
が，接続部の機械的強度はその部分の圧縮による残留
応力に関連するものである。しかしまだ数値的なものが報
告されていない。

そこで接続部の残留垂直応力から材質の適否を検討す
るとともにその応力分布から圧縮形状の最適条件を決定
しようとしてX線を使用して応力測定を行つている。現
在までの実験の概要を述べるとつぎの通りである。

(1) 試料および実験方法

試料としては 240mm² ACSR 用鋼スリーブを丸型か
ら六角形に圧縮したものをを用いた。測定方法は精密背面
カメラにより第27図のように鋼の回折線を測定すること
により応力を求めた。

(2) 結果

測定結果よりつぎのことがあきらかになつた。

- (A) 丸型鋼スリーブを正六角ダイスで圧縮した場合
の応力分布は均一でない。
- (B) 鋼スリーブの圧縮後の最大残留応力は約 28kg/
mm² である。

[X] 結 言

以上超高压送電線 (ACSR) の機械的諸問題に関する研
究結果を総括するとつぎのようになる。

(1) ACSR の鋼線とアルミ線の分担荷重と伸び

610mm² ACSR の外層アルミ線の永久伸びは荷重 10t
から急増する。また内層鋼線の永久伸びも荷重 11t 以
上になると急激に増大している。したがつてアルミ線，
鋼線の永久伸びの観点から 610mm² ACSR は荷重 10t，
同様に 590mm² ACSR は荷重 14t まで使用しうること
があきらかになつた。

(2) 酷寒地における ACSR の性能の変化

(i) 240mm² ACSR の構成素線を -30°C ，16時間
冷却した低温試験成績はアルミ線および鋼線ともに抗張
力は増加し，伸びは減少する。その値はアルミ素線にお
いては常温 (20°C) と比較して抗張力は約 4% 増し，伸
びは約 25% 低下している。鋼素線の抗張力は約 2.5%
増し，伸びは約 22% 低下していることがわかつた。

(ii) 酷寒地 (-45°C) において 240mm² ACSR が荷
重 4.4t の条件下で全長にわたつて温度が下がつたため
に生じる外層アルミ線の伸びの増加は約 0.04% 程度に
なつており，さらに 4.4t (0.5時間)，2.2t (1時間) の繰
返し荷重がかかつた場合には常温の場合外層アルミ線の
伸びの増加が 0.017% のものが，冷却長が全長の 22.6%
の冷却条件では 0.045% となつていることがわかつた。
(これは酷寒地における弛度計算の貴重な資料となる。)

(3) 単導体 ACSR の複導体化する場合の弛度

従来単導体 ACSR (240mm²) として使用していたも
のに新しく添え線して複導体として使用する場合に，新
しい添え線に所要の永久伸びを与えるための資料として
荷重，負荷時間，伸びの関係曲線を第6図に示す通り求
めえた。なおこの場合の理論的算出方法もあきらかにし
た。以上の実験値を比較検討の結果，240mm² ACSR
については荷重 3.0t 以上で十分理論値を使用しうること
がわかつた。

(4) 繰返し荷重と弛度

3種の ACSR について繰返し荷重試験を行つた結果

(i) 240mm² ACSR の場合

荷重 4.4t 保持時間 (0.5時間) と 2.2t (3時間)
の間で 72 時間繰返し後の外層アルミ線の伸びの増

加は 0.017%,

(ii) 590 mm² ACSR の場合

荷重 9.7t (保持時間 0.5時間) と 6.1t (3時間)

の間で 72 時間後の伸びの増加は 0.020%,

(iii) 610 mm² ACSR の場合

荷重 7.3t (保持時間 0.5時間) と 4.6t (3時間)

の間で 72 時間後の伸びの増加は 0.028% であつた。

なお 240 mm², 590 mm² ACSR の場合は約 50 時間経過後, 610 mm² ACSR は 60 時間後外層アルミ線の伸びは一定値になることがわかつた。(これらの結果もまた弛度に関する参考資料となる。)

(5) 釣車通過による性能劣化 (610 mm² ACSR)

(i) 釣車通過試験前後の 610 mm² ACSR の素線の性能を比較するとアルミ素線の伸び, 電気抵抗の項目に差のあることが認められた。

(ii) 立体的延線の本実験において水平部と傾斜部 (傾斜角 10°) の差異は伸び, 電気抵抗の二点で現われ, 傾斜部は試験条件が厳しいことが示された。

(iii) アルミ線外層, 中間層, 内層を比較すると平均値の有意差検定により電気抵抗は試験後増加するが, 増加は中間層までで内層までは影響がおよばない。しかし疵の発生は内層も比較的大きいことが認められた。

(6) 釣車通過時の外層アルミ素線の歪分布

(i) 釣車通過時の釣車外側のアルミ外層素線の歪は通過速度約 2.1 m/min の範囲では静的, 動的測定による相違は認められなかつた。

(ii) 外層アルミ素線の釣車各位置に対する歪分布が求まり, さらに釣車の頂点において釣車外側, 内側の素線の歪が小さくなることが判明した。

なお最大引張歪は約 0.6%, 最大圧縮歪は 0.3% で, したがつて本結果により釣車通過の際に外層アルミ線には相当大きな伸びが生じることがわかつた。

(iii) 釣車接触弧の長さとの関係は釣車通過時の外層アルミ素線の歪に至大な影響を与えることがあきらかになつた。ただし, 本実験では接触弧の長さ約 400 mm, 撚線の外層アルミ素線のピッチは約 350 mm である。

(7) ACSR の導電率向上対策

高導電率 ACSR の研究結果は特殊フラックス処理により Ti の含有量を制限したアルミ棹の使用, 加熱温度の規正など作業条件の確立によりきわめて導電率の高い (従来のもより絶対値で約 1.5% 高い) しかも均一性のあるものがえられるようになつた。

(8) ACSR 用附属品

(i) 新北陸幹線 520 mm² ACSR のアルミ直線スリーブの亀裂事故については, 試験の結果事故の原因は氷

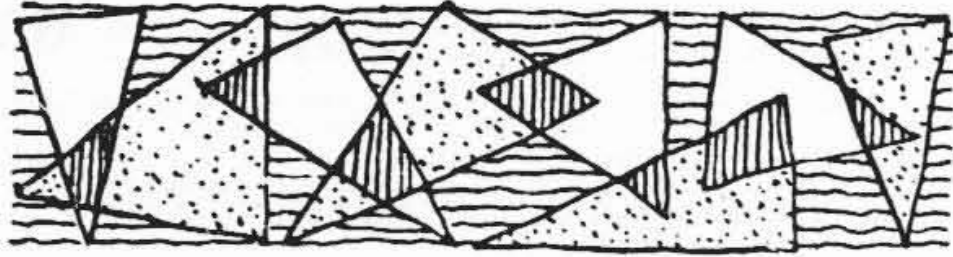
結によるものであること, およびこの亀裂事故対策としてコンパンド充填式スリーブが最適であることがわかつた。

(ii) 240 mm² ACSR の鋼スリーブの圧縮残留応力を測定した結果, 丸型鋼スリーブを正六角ダイスで圧縮した場合の応力分布は均一でなく圧縮残留応力の最大値は約 28 kg/mm² であることをあきらかにした。

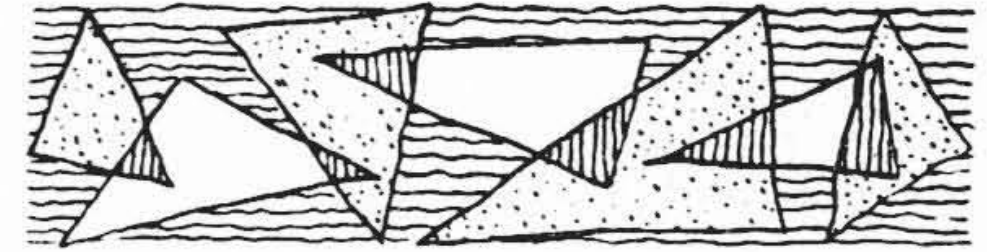
終りに, 本実験に当り種々御指導を賜つた電源開発株式会社山本所長, 林課長, 江口課長, 岡田課長代理, 栗崎氏, 金子氏, 東京電力株式会社横山係長, 高木, 柏村の各氏および工場内, 斎藤工場長, 内藤, 岩田両部長, 久本, 大和両課長に深謝するとともに高導電率の資料を引用させて頂いた万代氏, 実験に協力された小岩, 大島, 大貫の三君にお礼申上げる次第である。

参 考 文 献

- (1) 日本発送電超高压研究会: オーム 38 (10) 780 (昭 26-9)
- (2) 磯部, 内橋: 電気三学会 第 26 回連合大会 118 (昭 27-5)
- (3) 七里, 静間, 松林, 井手: 電気三学会 第 26 回連合大会 118 (昭 27-5)
- (4) 森, 加賀山: 電気三学会東京支部連合大会 (昭 24-4)
- (5) 芳賀: 電気三学会東京支部連合大会 (昭 24-4)
- (6) 武居, 藤高, 法貴, 富山, 広瀬: 電気学会雑誌 74 (785) 156~160 (昭 29-2)
- (7) 古賀: 電気工学論文集 1 (2) 88~91 (昭 24-9)
- (8) 三田: 電気学会雑誌 73 (780) 1038 (昭 28-9)
- (9) M.M. Belousov: Elektrichestvo No. 9. 9~11 (1953) {Elect. Eng. Abstr., 57 (677) 265 (May, 1954)}
- (10) M. Vidmar: Arch. Elect. Übertragung. 6 379~84 (Sep., 1952) {Elect. Eng. Abstr. 56 (664) (Apr., 1953) 211}
- (11) 岩田, 山本, 岡: 日立評論別冊 No. 7 141~149 (昭 29-7)
- (12) 山本, 岡: 電気三学会支部連合大会 392 (昭 29-10)
- (13) 山本, 福田: 日立評論別冊 No. 9 117~124 (昭 30-3)
- (14) A.E. Davison and C.E. Tor: International Conference on Large High-Tension System. 95 (June, 1931)
- (15) W.B. Dobie: Electrical Resistance Strain Gauge (1950)
- (16) W. Schwinning: V.D.I. 79 35 (1935)
- (17) F. Pester: Z, Metal Kunde 22 261 (1930)



特許と新案



最近登録された日立製作所の特許および実用新案

(その1)

区別	登録番号	名称	工場別	氏名	登録年月日
特許	210881	電路遮断器	日立工場	藪野亥石	30. 1. 27
"	210882	貯油槽	日立工場	鮎沢秀夫 逸見文彦	"
"	210885	単極整流装置	日立工場	緑川勝彌	"
"	210889	機関起動装置	日立工場	田中貞之助	"
"	210890	抵抗盤型避雷器	日立工場	三浦倫義	"
"	210891	縦軸回転電機の制動装置	日立工場	滑川清	"
"	210883	実用楕円歯車切削法	亀有工場	笠原俊郎	"
"	210892	実用楕円歯車の工作法	亀有工場	森田一弘 笠原俊	"
"	210880	記録装置	多賀工場	肥後八郎 野口彌武	"
"	210886	機関起動装置鎖錠装置	多賀工場	飯島登	"
"	210850	電解蓄電器の陽極表面処理法	亀戸工場	池黒川義一 進	"
"	210849	私設自動交換機用対自動局線レピータ	戸塚工場	田島喜平太郎 野上邦五郎	"
"	210893	筒別呼出電話方式	戸塚工場	田島喜平太郎 江森五郎	"
"	210884	エルボー専用ネジ切機械	桑名工場	一ノ瀬康夫 渡辺弘	"
"	210887	注湯済鑄型積換装置	桑名工場	宇津本巖功	"
特許	210888	鑄型用重錘自動掛外装置	桑名工場	宇津本巖功	30. 1. 27
実用新案	423286	デリッククレーン制御装置	日立工場	豊田隆太郎	30. 1. 28
"	423291	電気洗濯機	日立工場	田中貞之助	"
"	423294	高速度回転機の軸受筐排油装置	日立工場	菊地彌十郎	"
"	423296	水銀蒸気ポンプの水銀逸散防止装置	日立工場	桑島千秋 緑川勝彌	"
"	423297	水銀ポンプの水銀逸去防止装置	日立工場	桑島千秋 緑川勝彌	"
"	423301	完全密閉油入変圧器	日立工場	前川愛一	"
"	423308	屋外用防水型電磁制動機	日立工場	鈴木正明	"
"	423309	押釦開閉器操作装置	日立工場	滑川清	"
"	423310	並設押釦開閉器操作装置	日立工場	河本留八 千代一	"
"	423316	嚙合式軸接手	日立工場	横田一郎	"
"	423317	回転体の釣合片取付装置	日立工場	横田一郎	"
"	423322	軸受油の漏油防止装置	日立工場	高林乍人 佐藤人進	"
"	423326	縦型励磁機	日立工場	甲賀正三	"
"	423328	回転計ダイナモ駆動装置	日立工場	小野崎一男	"
"	423329	操作油または潤滑油中の水分混入検出装置	日立工場	高林乍人 田中暢雄	"
"	423335	水素冷却電機の水素冷却器取付装置	日立工場	高林乍人	"
実用新案	423336	回転電機の冷却器	日立工場	桜井久伍	30. 1. 28

(第21頁へ続く)