

240 mm² ACSR (鋼心アルミ撚線) の低温特性

山本三郎* 福田重穂**

Low Temperature Characteristics of the 240 mm² ACSR Cable

By Saburō Yamamoto and Shigeho Fukuda

Hitachi Electric Wire and Cable Works, Hitachi, Ltd.

Abstract

The ACSR (Aluminium Conductor Steel Reinforced) for extra high voltage transmission is used in many cases under conditions where it is subjected to wind, snow, and icing. Therefore, the mechanical properties at low temperature and the alternate elongations due to the difference in the expansion coefficient of the steel and aluminium wire becomes an important problem.

Previously the writers reported the results of their basic research concerning the behaviour at room temperature of the 590 mm² and 610 mm² ACSR. Here in this report, the writers discuss the results of experiments on the low temperature characteristics of the 240 mm² ACSR.

First the mechanical properties of the aluminium component wire and the steel wire at low temperature were measured. Then the ACSR was cooled with dry ice and the elongation of the outer layer aluminium component wires was measured by means of a wire strain gauge. The comparison of these results with the calculations of the thermal stress appearing in the simplified bundle composed of the aluminium wires and the steel wires was studied; that is a bunch of these wires put together without any strand effect at either end.

The results of these experiments are as follows:

- (1) In the tension test at -30°C the tensile strength of the aluminium component wire and the steel wire increased, though very little. The elongation decreased compared to that at room temperature.
- (2) When the ACSR under a constant load is cooled sectionally (room 25°C , cooling -45°C), the elongation of the outer layer aluminium component wire increased.
- (3) By the continuously repeated tension test (2.2 t~4.4 t, 72 hours), it became clear that there is a remarkable difference in the increase in elongation of the outer layer aluminium component wire in the case of low temperature when compared to that at room temperature.

〔I〕 緒 言

超高圧送電の発達に伴い、送電線としてはほとんど ACSR (鋼心アルミ撚線) が使用されている。我国におい

* ** 日立製作所日立電線工場

ても関西電力丸山幹線 (275 kV) には 610 mm² ACSR が使用されるに至つたがその構造にはなお検討の余地があるようである。

ACSR が風雪、霰、結氷などにさらされて低温状態におかれた場合の機械的性質はアルミ素線および鋼素線の

低温特性に直接関係する。また撚線に冷却，加熱が繰り返されるとアルミ，鋼線の収縮あるいは膨張の差に基づく熱応力が発生し，これが懸垂応力に加算されて交互伸びの模様が一定温度下にある場合と異なることは容易に想像できる。したがって温度変化による素線の伸び，荷重分担の移動を知ることは，たとえば既設の単導体に添え線して複導体にして使用する場合の送電線の弛度決定など，設計資料として重要な問題になっている。

先に電源開発株式会社と協同で，温度変化による素線の交互伸びの研究を取り上げ，その第1段階として 610 mm²，590 mm² ACSR のアルミ線および鋼線の伸びを抵抗歪線を用いて常温において同時に測定した結果について報告した⁽¹⁾⁽²⁾。今回はアルプス越え栃尾—霞沢線および北海道十勝幹線を考慮して 240 mm² ACSR の低温特性の研究について電源開発株式会社および東京電力株式会社からの要請があつたので，第1表に示すような撚線構成の 240 mm² ACSR について (1) 素線の低温引張特性，(2) 撚線の低温引張特性，(3) 撚線の低温繰返し引張特性に関して実験したので，これらの実験結果を報告する。

〔II〕 ACSR 素線の低温引張特性

ACSRの低温劣化特性を調べるためには，まずその撚線の構成素線の低温度における抗張力，伸びを測定する必要がある。従来の研究⁽³⁾⁽⁴⁾によると，特にアルミの低温度における機械的性質は加工度にも影響し箇々の場合について値を求めなければならないようである。そこで 240 mm² ACSR の構成素線である 3.2φ のアルミ，鋼素線について温度 -30°C における抗張力および伸びを測定した。

第1表 240 mm² ACSR の諸元表

Table 1. Construction Data of 240 mm² ACSR

公称断面積 (mm ²)	240	
撚線構成 素線数/素線径 (mm)	アルミ	30/3.2
	鋼	7/3.2
計算断面積 (mm ²)	アルミ	241.3
	鋼	56.29
外径 (mm)	アルミ	22.4
	鋼	9.6
最小引張荷重 (kg)	10,150	
重量 (kg/km)	1,112	
電気抵抗 (Ω/km)	0.1195	
抵抗相当硬鋼撚線断面積 (mm ²)	150	
1 条 (m)	1,200	

第2表 低温におけるアルミ素線 (3.2φ) の機械的性質

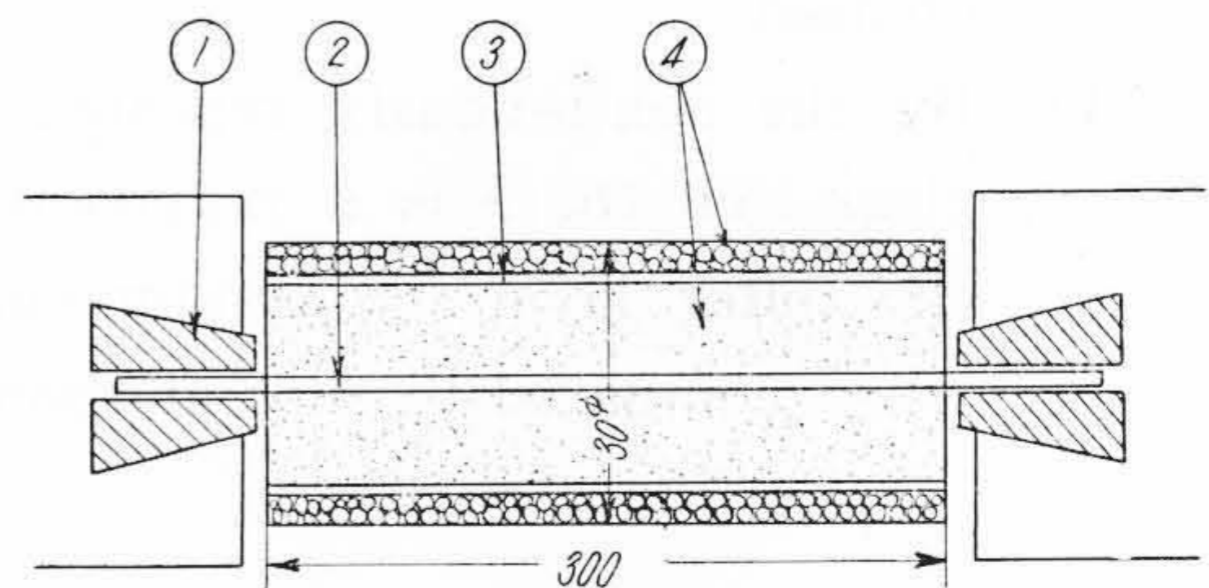
Table 2. Mechanical Properties of Aluminium Wire (3.2φ) at Low Temperature

試料	項目 温度 規格	抗張力 (kg/mm ²)		伸び (%)	
		20°C	-30°C	20°C	-30°C
		16.52 以上		1.7 以上	
1		17.92	18.54	3.2	2.6
2		17.86	18.66	3.2	2.6
3		17.92	18.66	3.0	2.0
4		17.98	18.54	3.2	2.2
5		18.11	18.79	3.2	2.4
6		17.98	18.85	3.2	2.0
7		17.98	19.09	3.2	2.6
8		18.60	18.85	3.2	2.4
9		18.11	18.85	3.6	2.4
10		17.98	18.54	3.0	2.8
平均 変化率 (%)		18.04	18.74	3.2	2.4
		+3.9		-25.0	

第3表 低温における鋼素線(3.2φ)の機械的性質

Table 3. Mechanical Properties of Steel Wire (3.2φ) at Low Temperature

試料	項目 温度 規格	抗張力 (kg/mm ²)		伸び (%)	
		20°C	-30°C	20°C	-30°C
		130 以上		4.5 以上	
1		141.22	145.52	6.4	5.6
2		142.34	144.90	6.4	4.8
3		141.18	144.90	6.0	4.8
4		142.10	145.26	6.2	5.2
5		141.05	144.98	6.8	4.8
6		141.22	144.86	6.2	5.4
7		141.94	145.43	6.8	4.8
8		141.85	145.29	6.2	4.8
9		141.25	144.93	6.2	5.2
10		141.64	145.04	6.6	5.0
平均 変化率 (%)		141.58	145.11	6.4	5.0
		+2.5		-21.9	



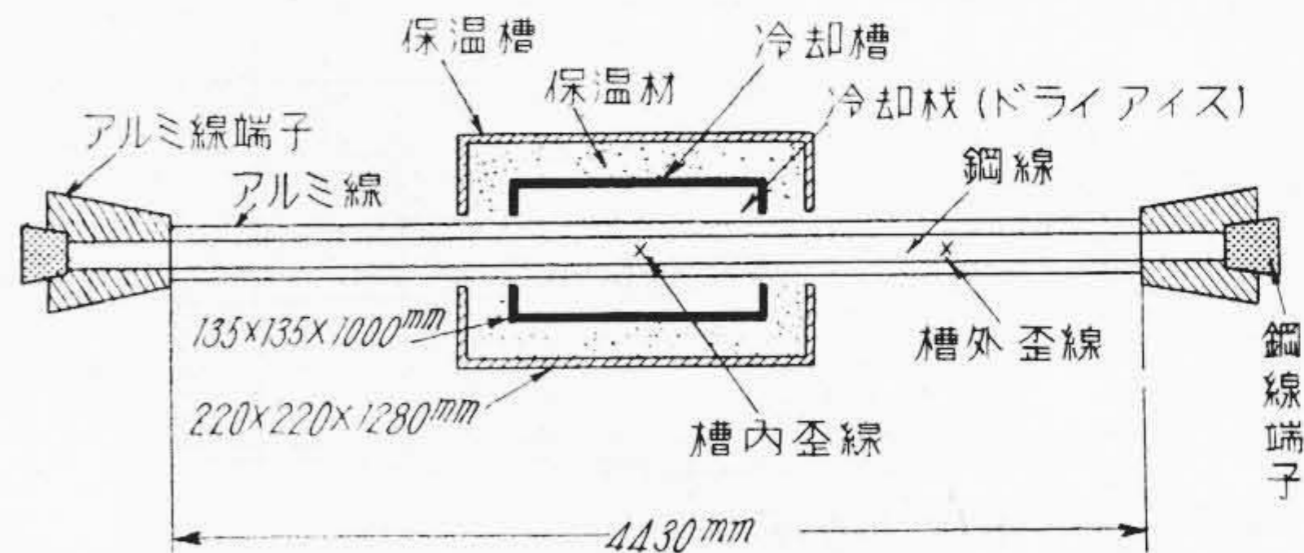
(注) ① チャック ② 試料
③ アルミパイプ ④ 保温材(アスベスト)

第1図 素線の引張試験装置

Fig.1. Tension Test Apparatus of a Wire

試験方法は第1図に示すように素線を保温装置の中に装入し、これを -30°C に温度調整をした低温恒温槽の中で 16 時間冷却した。引張試験機は 2t アムスラー型万能試験機を用い、同試験機のチャック部も同時に槽内で冷却して使用した。これらを低温恒温槽より取り出し、速かにアルミ、鋼素線の抗張力および伸びを測定した。

その結果と室温における引張試験結果を比較すると、第2表および第3表のようになる。



第2図 240 mm² ACSR の冷却方法
Fig.2. Cooling Method of 240 mm² ACSR

[III] ACSR の低温引張特性

(1) 試料および実験方法

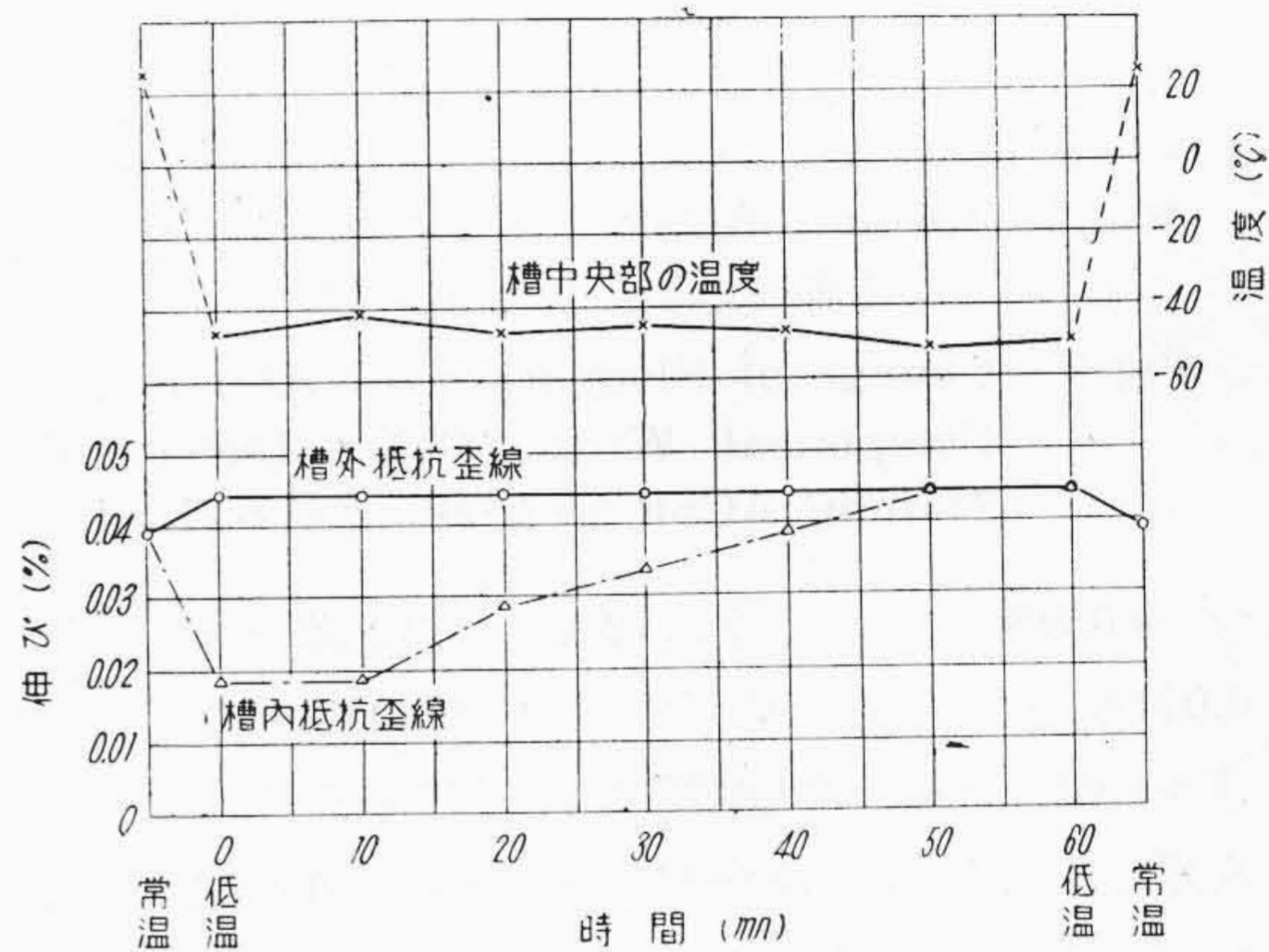
試料は 240 mm² ACSR, 長さ約 4.4 m のものを用い、両端の固定方法は第2図に示すように鋼線とアルミ線を一体にチャックする合金端子を用いた。

本試料を 30t アムスラー横型引張試験機に取り付け、第2図のように試料中央に冷却槽と保温槽を設けて、ドライアイスを直接つめ込み、試料中央 1m を冷却した。第2図に示す伸びの測定位置は槽内(冷却部)、槽外(常温部)ともに単線抵抗歪線をそれぞれ 3本ずつ外層アルミ素線の峰に沿って貼りつけた。温度補償片には 8mm 角のアルミ片を用い、測定箇所の撚線に密着して冷却、熱放散の条件を等しくするようにして温度差による抵抗歪線の指示誤差を少なくするようにした。さらに槽内の歪線には冷却による水蒸気の凝結のため絶縁抵抗が劣化しやすいので、従来の方法⁽¹⁾⁽⁵⁾で貼りつけた後、よく乾燥し、ベークライトワニスで封じた上にグリースで覆った。この方法によると 3 昼夜水中に浸しても絶縁抵抗がほとんど変化しないということが予備実験の結果、あきらまかになつている。温度の測定には、銅-コンスタンタン熱電対を 3 組用意し、槽中央、両端の 3 箇所でその先端を外層アルミ素線に接触させ、その上をアスベストで包み直接冷却材に触れないようにして ACSR 自体の温度を測定した。

実験の方法は、まず常温で所定荷重迄負荷し、30 分後伸びと温度を測定する。その直後にドライアイスをつめ、熱電対指示が定常になり ACSR が完全に冷却された後、荷重および温度を 1 時間保持して、その間、10 分ごとに測定し、ついで冷却槽を取り去り常温にもどして荷重をおろした。冷却および常温にかえす時間はそれぞれ 30 分要した。このようにして 2.2t, 4.4t の荷重について冷却による伸びの変化を測定した。

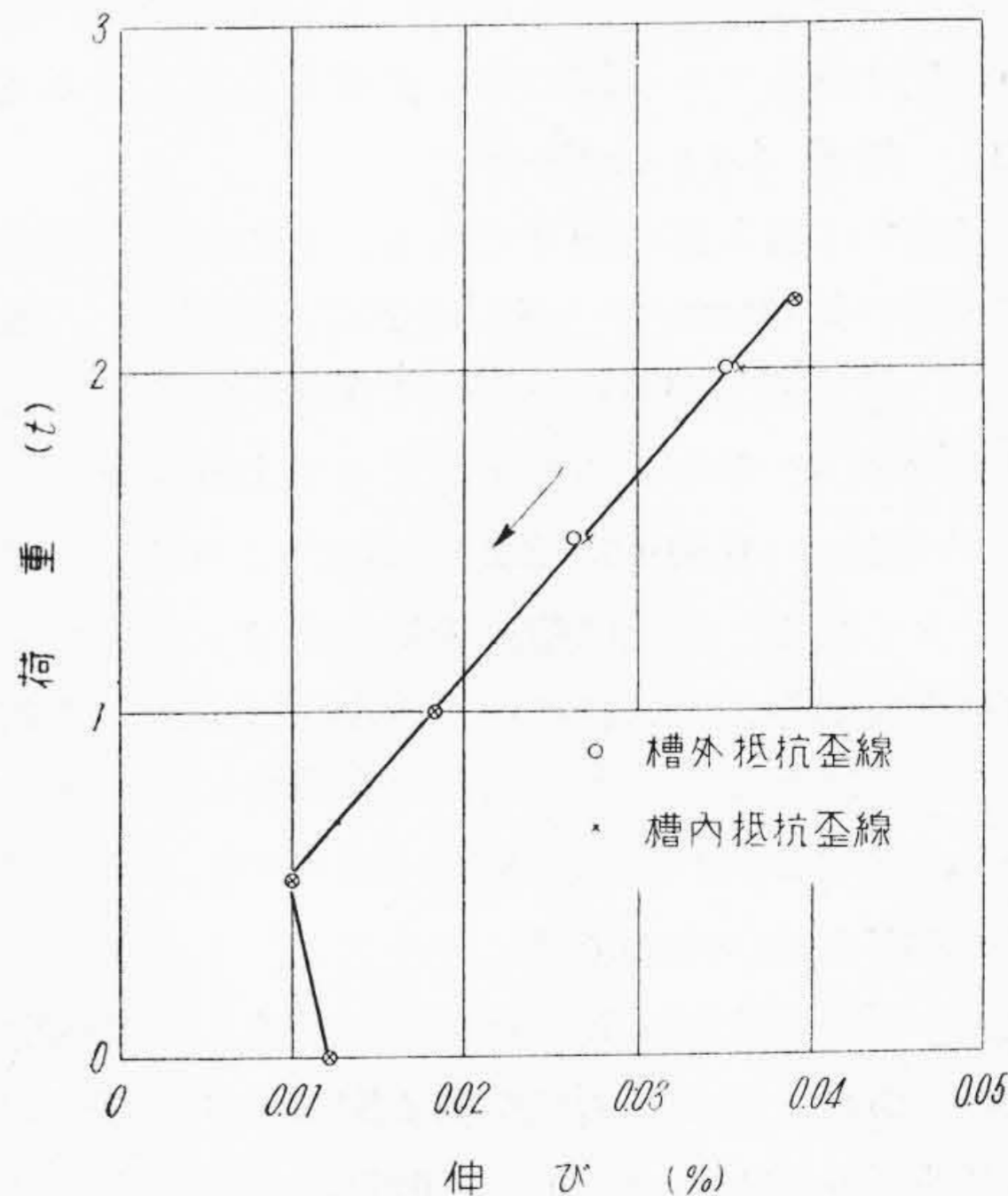
(2) 荷重 2.2t の場合

荷重 2.2t の場合の測定結果は第3図の通りである。槽中央の温度変化は第3図に示したが、槽内温度の分布は槽中央 60 cm の範囲で平均 -46.8±5°C, 両端は -32.4±4°C であつた。槽外歪線の測定結果は常温で伸



第3図 240 mm² ACSR の外層アルミ素線の冷却による伸びの変化 (荷重 2.2t)

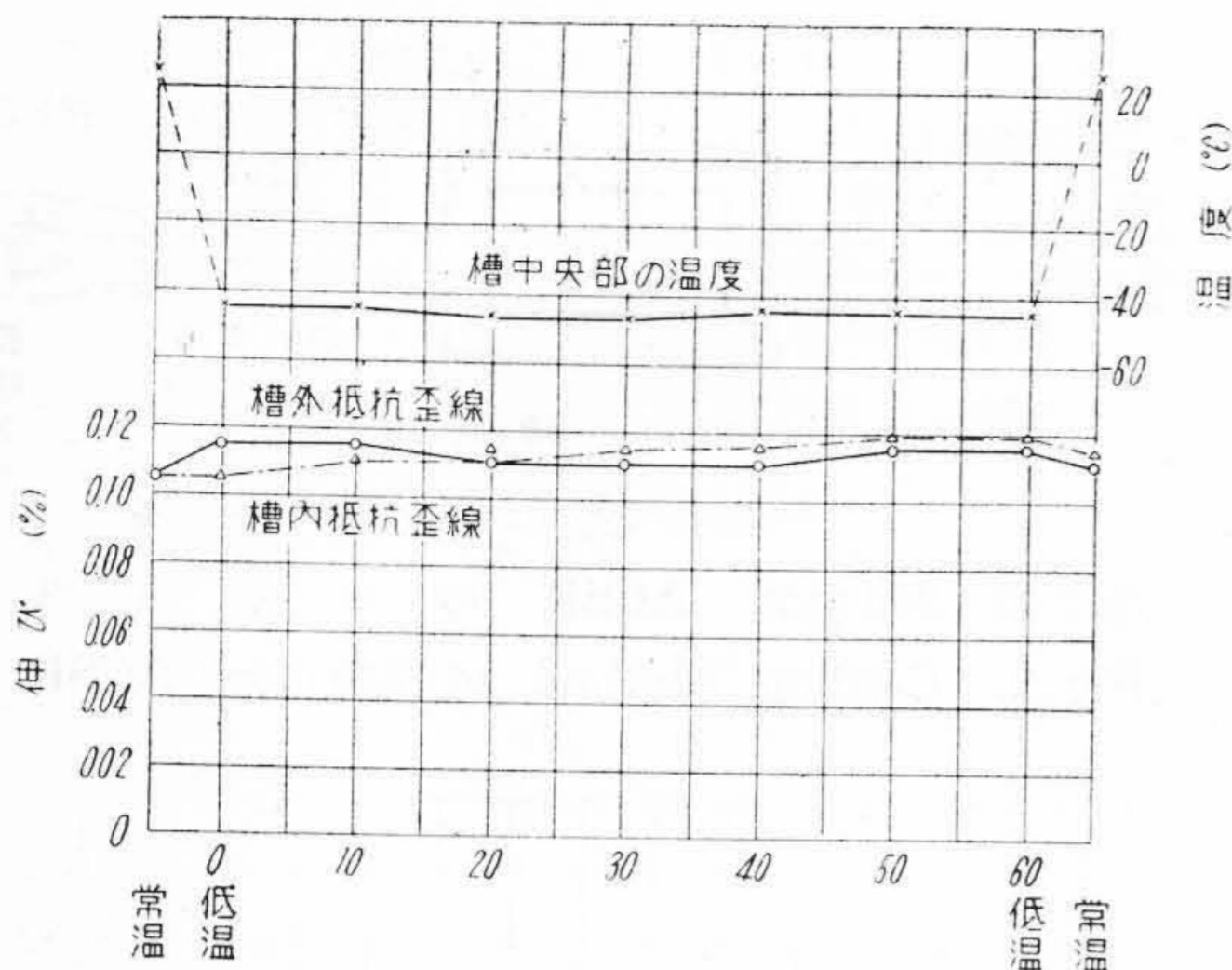
Fig.3. Change of Elongation for Aluminium Component Wires (Outer Layer) of 240 mm² ACSR by Cooling (Load 2.2 t)



(注) 温度: 室温 (25°C) 荷重: 2.2t

第4図 240 mm² ACSR 外層アルミ素線の荷重と伸びの関係

Fig.4. Relation between Load and Elongation for Aluminium Component Wires (Outer Layer) of 240 mm² ACSR



第5図 240 mm² ACSR の外層アルミ素線の冷却による伸びの変化 (荷重 4.4 t)

Fig.5. Change of Elongation for Aluminium Component Wires (Outer Layer) of 240 mm² ACSR by Cooling (Load 4.4t)

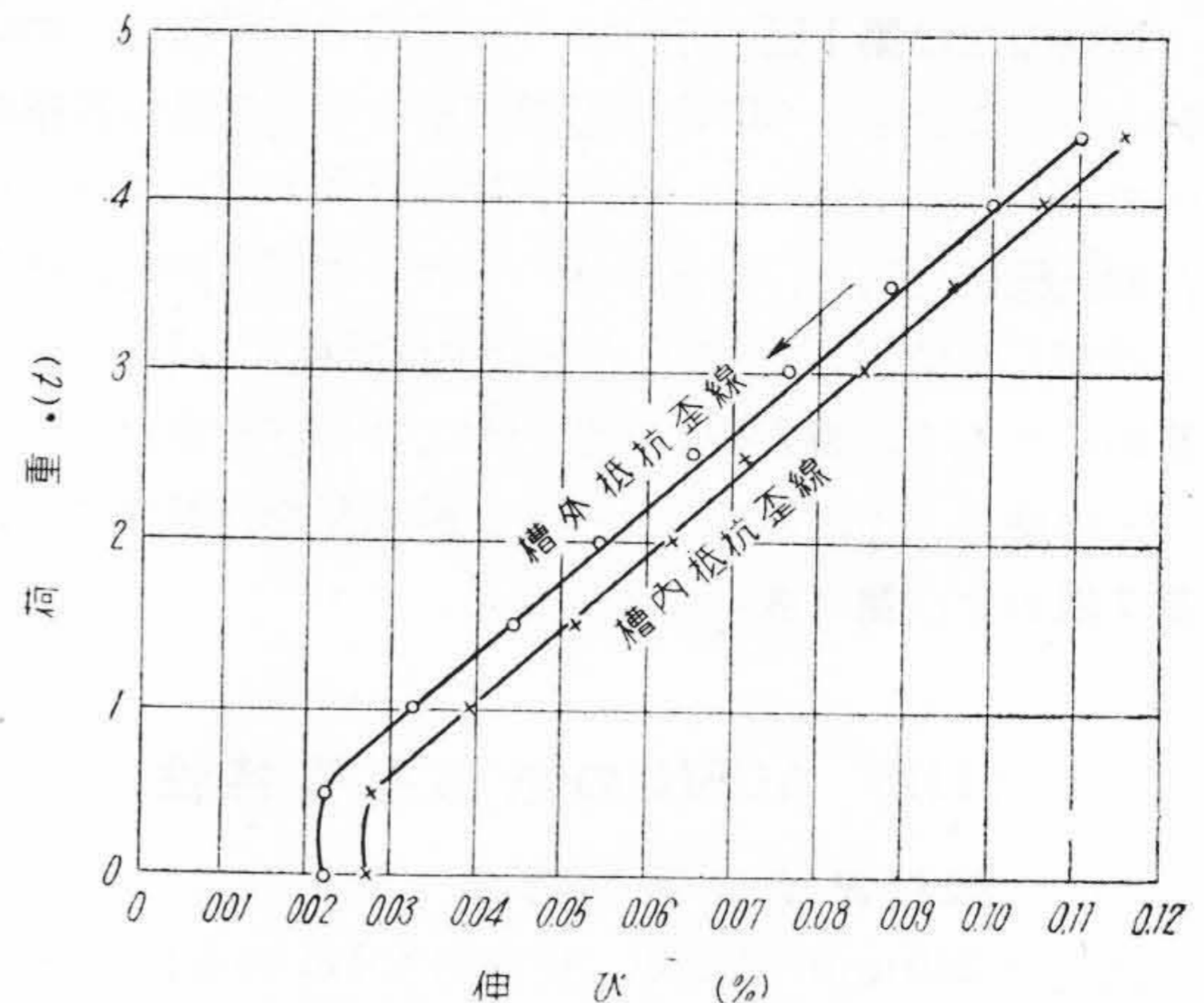
び 0.039% であり、約 72°C の温度差を与えると、0.044% まで伸び、(伸びの増加: 0.005%) ほぼこの状態を持続した後、冷却解除により前の状態にもどることを示している。槽内歪線は急減の後、槽外の伸びに近づいているが、これは冷却材充填操作が遅かつたための温度補償片との間の温度差が小さくなって行つた過程を表わすものとする。第4図(前頁参照)は続いて行つた常温において荷重を取り去つていつた場合の荷重と伸びの関係である。槽内外の差はなく前報⁽¹⁾⁽²⁾と同じく屈折点でアルミの弾性伸びが零になり、この点以下では鋼線が荷重を受け持ちアルミ線に笑いが生じたものである。

(3) 荷重 4.4 t の場合

測定結果は第5図の通りである。この場合の槽内温度分布は槽中央 60 cm で -45.3±2°C、両端で -36.4±3°C であつた。荷重 4.4 t で伸びは 0.105%、冷却すなわち温度差約 70°C を与えることにより 0.115% まで伸び、(伸びの増加は: 0.010%) 2.2 t の場合より変化の量が大いようである。以上は槽外歪線の示すところであるが槽内歪線は槽外より低目に出て次第に近づき、1時間経過すると逆に大きくでている。冷却解除により伸びが減少するのは 2.2 t の場合と傾向は同じであるがその量は冷却する際の伸びの増加量より小さい。したがつて初荷重のときとやや状態は異つたものになる。冷却解除後の除荷時の荷重と伸びの関係を第6図に示す。屈折点の伸びは槽外で 0.022%、槽内で 0.027% で荷重を下げ始める点の伸びの差がそのまま続いたものと思われる。

〔IV〕 ACSR の低温繰り返し引張特性 (荷重 2.2 t~4.4 t)

試料、合金チャック、冷却法および測定方法は前述と



(注) 温度: 室温 (26°C) 荷重: 4.4 t

第6図 240 mm² ACSR 外層アルミ素線の荷重と伸びの関係

Fig.6. Relation between Load and Elongation for Aluminium Component Wires (Outer Layer) of 240 mm² ACSR

第4表 繰返し引張による伸びの増加 Table 4. Increase in Elongation for Repeated Tension Test

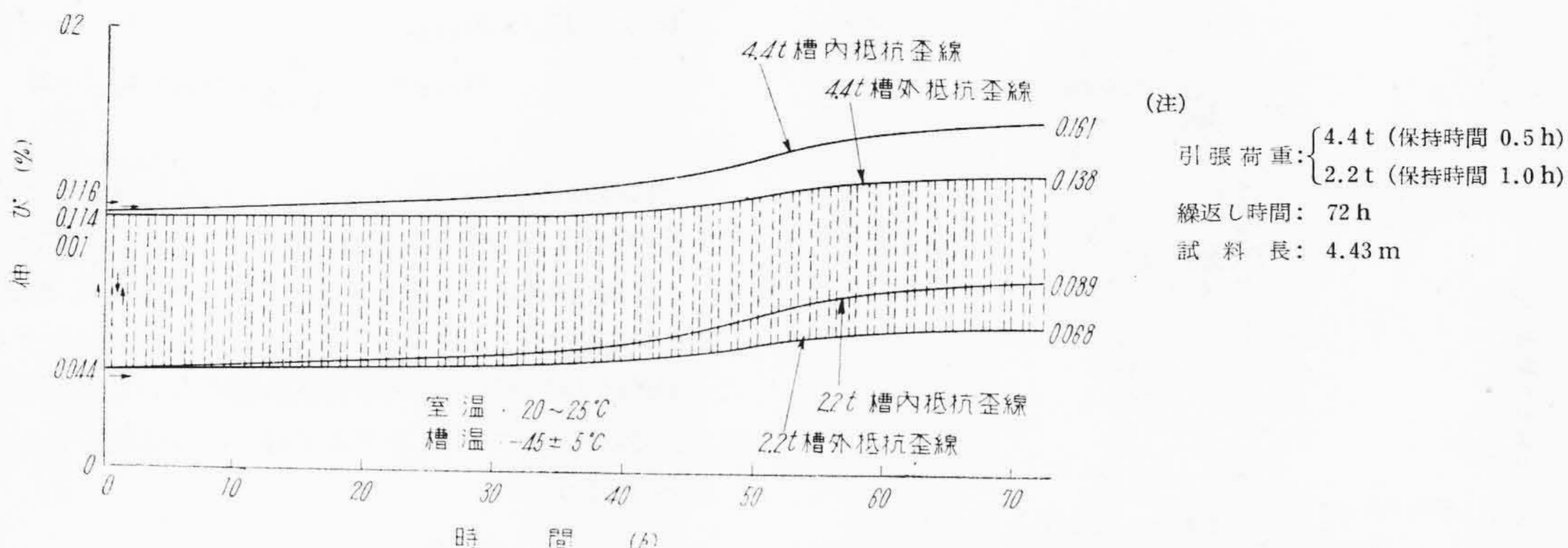
測定項目	実験の種類		常温
	槽内	槽外	
初回 4.4 t 負荷時の伸び (%)	0.116	0.114	0.101
72 時間繰返し後の 4.4 t 負荷時の伸び (%)	0.161	0.138	0.118
伸びの増加 (%)	0.045	0.024	0.017

同様にして、はじめ 4.4 t に負荷した後、直ちに冷却槽にドライアイスで充填し試料が一定温度 (-45±5°C) になつた後、4.4 t を 30 分間、ついで 2.2 t を 1 時間保持、これを交互に 72 時間繰返して外層アルミ素線の伸びの変化を抵抗歪線によつて測定した。

2.2 t, 4.4 t の各荷重の前後において各回ごとに測定した槽内、槽外の伸びと時間との関係を示すと第7図のようになる。

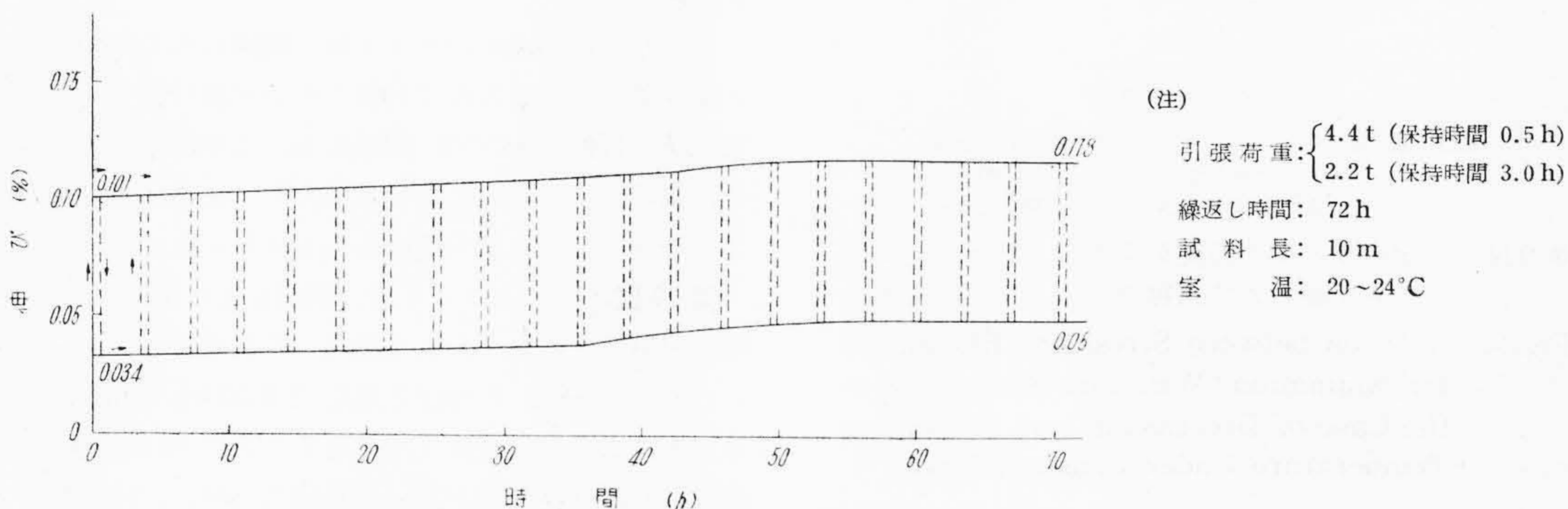
時間、繰返し回数が多くなるにつれて伸びは次第に増し 45 時間辺りより増加の割合が急になり、約 60 時間経過すると伸びはほとんど増さないようである。槽内(冷却部)の伸びの方が槽外(常温部)より大きい傾向がある。

これと比較するため、同じ実験を常温において行つた結果を第8図に示す。伸びの増加の傾向は同じであるが 50 時間後はほぼ一定の値となる。初回上限荷重 4.4 t を負荷したときの伸びと 72 時間繰返し後の同一負荷時の伸びを第4表に一括した。第4表より冷却の場合と常温の場合では著しい差のあることがあきらかになつた。



第7図 240 mm² ACSR の低温繰返し引張試験による外層アルミ素線の伸びと時間の関係

Fig.7. Relation between Elongation and Time for Aluminium Component Wires (Outer Layer) Constructing 240 mm² ACSR of Repeated Tension Test at Low Temperature



第8図 240 mm² ACSR の常温繰返し引張試験による外層アルミ素線の伸びと時間の関係

Fig.8. Relation between Elongation and Time for Aluminium Component Wires (Outer Layer) Constructing 240 mm² ACSR of Repeated Tension Test at Room Temperature

[V] 結果の検討

ACSRの一部が低温に冷却された場合の交互伸びを考える上、撚線の単なる引張の場合でさえ単純な応力状態でないし、線間相互の拘束あるいは歪みを許し、このうちに温度効果を入れることに大きな困難が伴うと思われる。

したがって一応アルミ線、鋼線が直線状に束になり両端で結合された複合体のモデルを考えこれより実験結果を吟味することにする。

第9図(次頁参照)は所定荷重まで負荷し、そのまま冷却し、その後常温にもどしたときの応力と伸びの関係を示したものである。

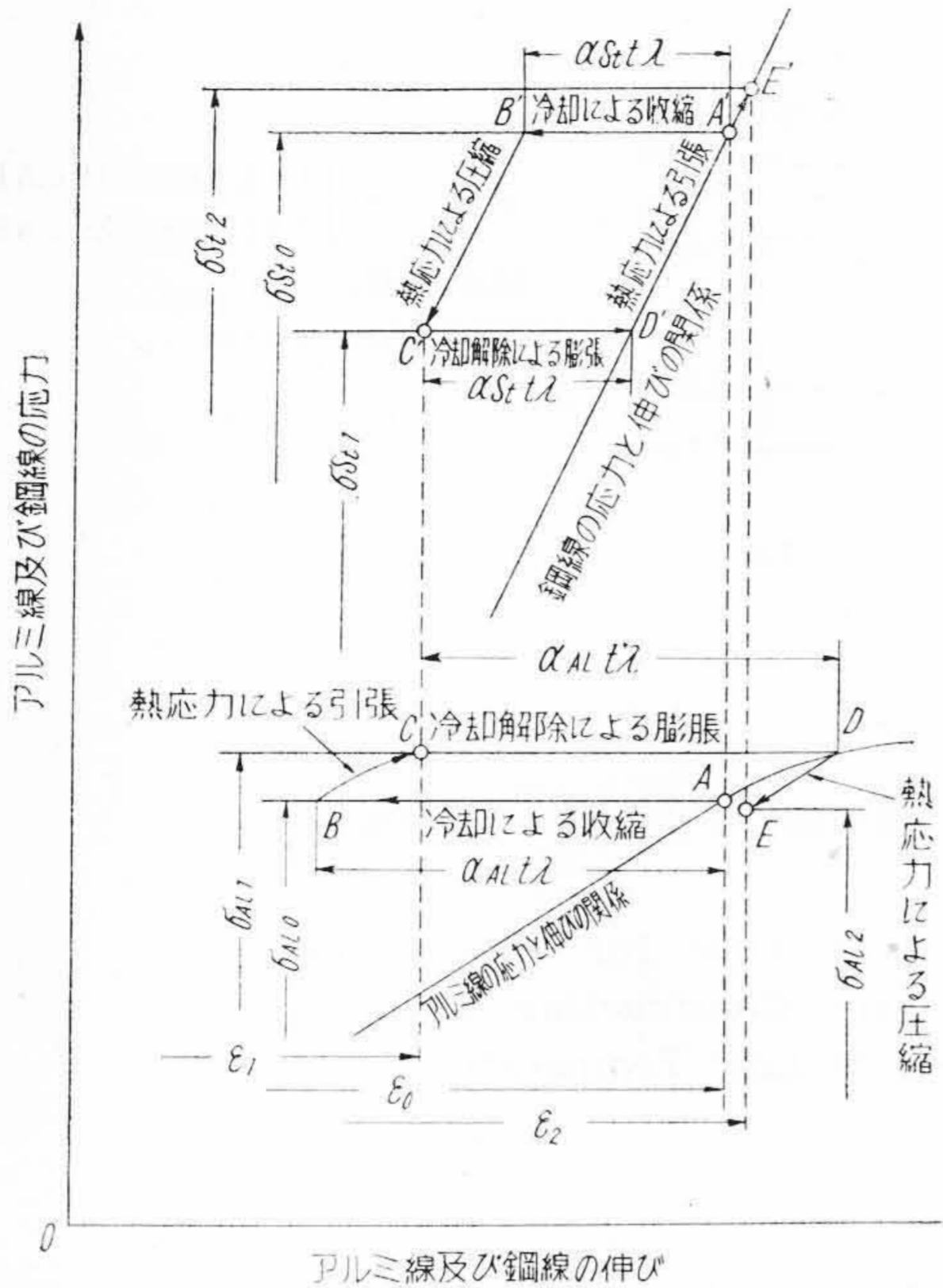
ただし温度の変化によつて応力と伸びの関係は変わらないと仮定する。

図中の記号を

- σ_{Al} , σ_{St} : アルミ線, 鋼線の応力
- ϵ : 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
- A_{Al} , A_{St} : アルミ線, 鋼線のそれぞれの全断面積
- t : 槽内, 槽外の温度差
- λ : 冷却部の長さとして試料長さの比

とし、添字 0, 1, 2 はそれぞれ常温, 冷却, 冷却解除の負荷時を示す。

所定荷重にあげたときすなわち両端に σ_{Al0} , σ_{St0} の応力を与えたとき、温度差 $t^\circ\text{C}$ の冷却をすると冷却部にはアルミ線は $-\alpha_{Al}t$, 鋼線は $-\alpha_{St}t$ の収縮歪が起り両端に線膨脹係数の差に基く長さのくいちがいが生ずる。このくいちがいを全長にわたる歪で表わすとそれぞれ $-\alpha_{Al}t\lambda$, $-\alpha_{St}t\lambda$ となり $AB, A'B'$ がそれを示す。両端



(注) 添字 0: 常温で一定荷重まで負荷した状態
 1: 一定荷重の下で冷却した状態
 2: 一定荷重の下で常温に戻した状態

第9図 一定荷重の下で温度を降下, 上昇させた場合のアルミ線および鋼線の応力と伸びの関係

Fig. 9. Relation between Stress and Elongation for Aluminium Wire and Steel Wire in the Case of Decreasing and Increasing Temperature Under Constant Load

固定チャックの条件のため, アルミ線に引張応力, 鋼線に圧縮応力を両端に加えてくいちがいを埋める必要がある。これが熱応力でそれぞれの応力と伸びの曲線を辿つて BC, B'C' のように冷却平衡状態 $\sigma_{Al1}, \sigma_{St1}, \epsilon_1$ に達する。したがつて第9図よりわかるようにアルミ線, 鋼線に生じる熱応力は

$$\Delta\sigma_{Al1} = \sigma_{Al1} - \sigma_{Al0} = D(\epsilon_1 - \epsilon_0 + \alpha_{Al}t\lambda)$$

$$\Delta\sigma_{St1} = \sigma_{St1} - \sigma_{St0} = E_{St}(\epsilon_1 - \epsilon_0 + \alpha_{St}t\lambda)$$

となる。ここで E_{St} は鋼線の弾性係数, D はアルミ線の応力-伸び曲線の ϵ_0 における傾斜である。一定荷重のため

$$A_{Al} \cdot \Delta\sigma_{Al1} + A_{St} \cdot \Delta\sigma_{St1} = 0$$

したがつて $\frac{A_{Al} \cdot D}{A_{St} \cdot E_{St}} = \beta_1$ とおくことにより

$$\epsilon_1 - \epsilon_0 = -\frac{\alpha_{St} + \beta_1 \cdot \alpha_{Al}}{1 + \beta_1} \cdot t\lambda$$

熱応力およびそれに伴う歪

(アルミ線: $\Delta\epsilon_{Al1}$, 鋼線: $\Delta\epsilon_{St1}$) は

$$\Delta\sigma_{Al1} = D \cdot \Delta\epsilon_{Al1},$$

$$\Delta\epsilon_{Al1} = \frac{1}{1 + \beta_1} (\alpha_{Al} - \alpha_{St}) \cdot t\lambda$$

$$\Delta\sigma_{St1} = E_{St} \cdot \Delta\epsilon_{St1},$$

$$\Delta\epsilon_{St1} = -\frac{\beta_1}{1 + \beta_1} (\alpha_{Al} - \alpha_{St}) \cdot t\lambda$$

である。

つぎに冷却の平衡状態 $\sigma_{Al1}, \sigma_{St1}, \epsilon_1$ を基準にして冷却解除の過程は前述と逆の進め方を採ればよい。すなわちアルミ線, 鋼線はそれぞれ C, C' 点より出発して E, E' の平衡状態となる。この際アルミ線は圧縮応力を生ずるので DE は引張試験の応力-伸び曲線において除荷の径路を辿るので β_1 中の D をアルミ線の弾性係数に等しくした β_2 を使うと,

$$\epsilon_2 - \epsilon_1 = \frac{\alpha_{St} + \beta_2 \alpha_{Al}}{1 + \beta_2} \cdot t\lambda$$

となり, 温度変化を一廻りさせた後の初めと終りの伸びの変化は

$$\epsilon_2 - \epsilon_0 = \left(\frac{1}{1 + \beta_1} - \frac{1}{1 + \beta_2} \right) (\alpha_{Al} - \alpha_{St}) \cdot t\lambda$$

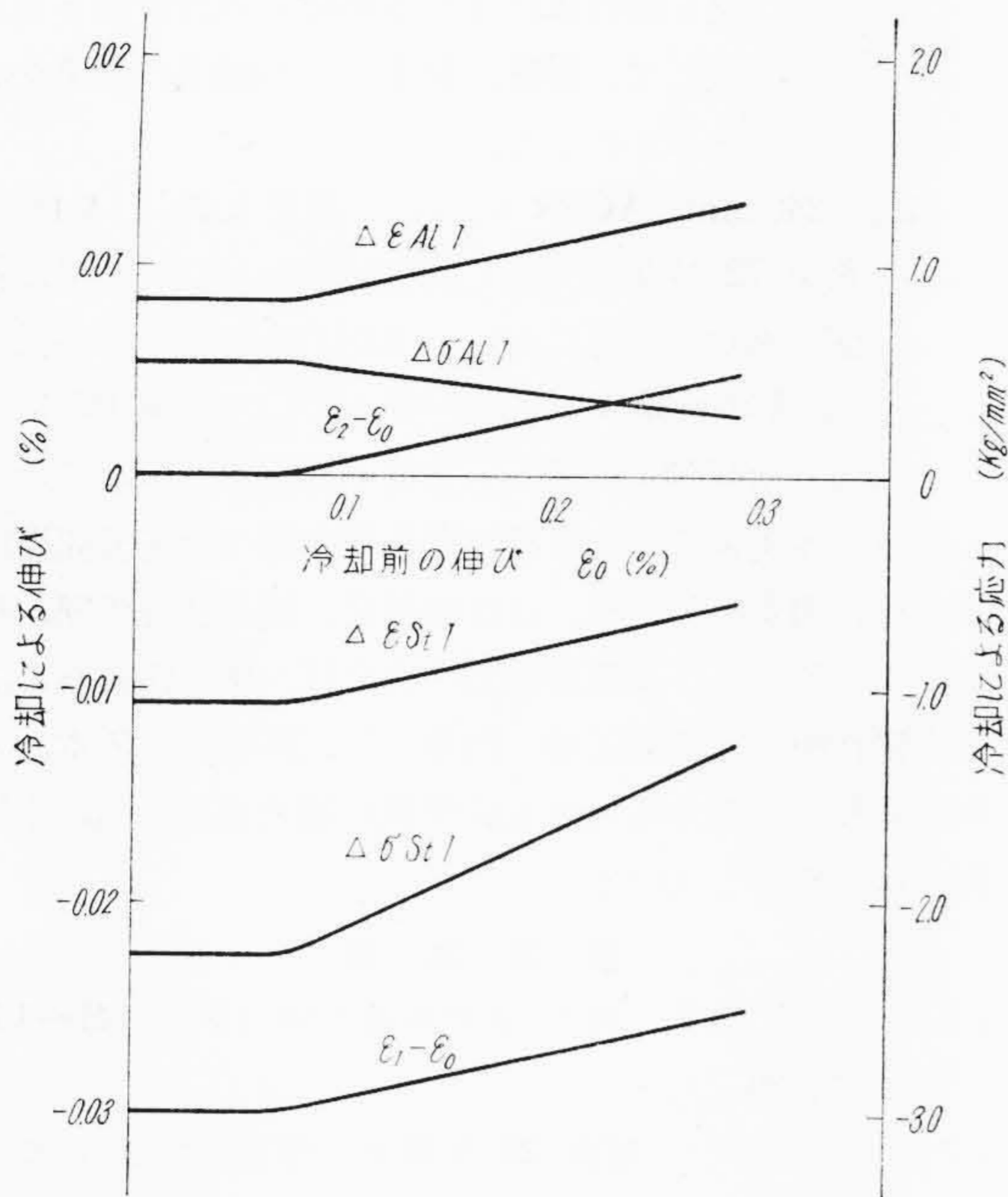
となる。

この結果に 3.2φ のアルミ線, 鋼線の応力-伸び関係と実験条件の値を入れて計算したのが第10図である。便宜上 D は伸び 0.025% 間隔における平均傾斜で代表させ, 鋼線は弾性域内にあるものとし, またアルミ線の応力と伸びの関係は第11図のものを使用した。

第10図によるとアルミ線, 鋼線ともに弾性域にある場合温度変化にあらわれる量は一定値を示し, アルミ線には約 0.0082% の伸びと熱応力 0.53 kg/mm² が生ずることになる。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 $\Delta\sigma_{Al1}$ は減少しアルミ線の伸びの変化 $\Delta\epsilon_{Al1}$ が大きくなる。一旦冷却して常温にもどした場合アルミ線の初めと終りの伸びの違いは $\epsilon_2 - \epsilon_0$ が示すようにはなはだ小さいものであるがこれがほぼアルミ線の永久伸びをあらわしている。

しかしともに弾性域にある場合は伸びの違いがない。

以上の結果を実験結果と比較してみると, 槽内, 槽外歪線ともに熱応力による変化量のみ指示するから, 2.2t の実験の場合冷却により槽外は第3図からみると 0.005% の伸び増加があるが, 複合体によると第10図の $\Delta\epsilon_{Al1}$ が 0.0082% で多少差がある。また冷却前後の伸び変化は実験上も認められなかつた。一方 4.4t の場合は槽外歪線の $\Delta\epsilon_{Al1}$ は第5図よりわかるように 0.01% であつたが複合体では 0.0092% であり, 冷却前後の伸びの変化 ($\epsilon_2 - \epsilon_0$) は 0.005% でこれは 4.4t を1時間保持したことによるアルミ線の伸びがでたものと思われる。さらに槽内がやや大きい値になつているのは撚線効果によつて熱応力の平衡が局部で保たれ極端な場合, たとえば $\lambda = 1$ のように冷却部内に限定されれば熱応力による伸びは第10図に示した $\Delta\epsilon_{Al1}$ の約 4.4 倍の値となるから熱応力の不均一分布の影響と考えられる。



(注) $\epsilon_2 - \epsilon_0$ のみは冷却後常温に戻した場合の伸びの変化量
 $E_{St} = 2.1 \times 10^4 \text{ kg/mm}^2$ $\alpha_{St} = 11.5 \times 10^{-6}$
 $t = 73^\circ\text{C}$ $\alpha_{Al} = 23 \times 10^{-6}$
 $\lambda = 0.226$

第10図 冷却前の引張荷重(伸び)と冷却による応力、伸びの関係(計算値)

Fig. 10. Relation between Load (Elongation) before Cooling, Stress and Elongation by Cooling (Calculated Value)

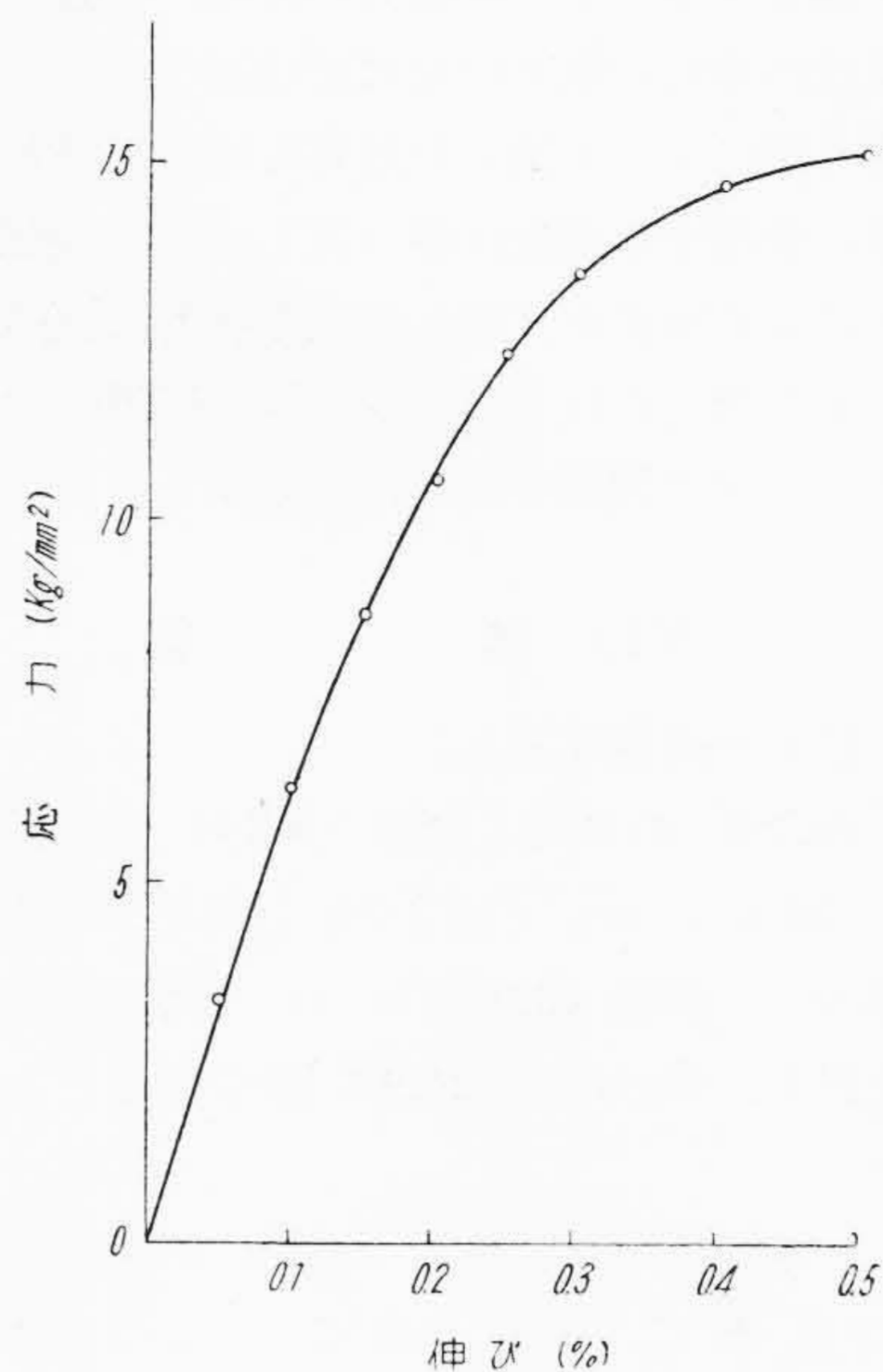
以上複合体により温度変化のために生じる伸びの傾向を定性的に説明することができたが、加算される熱応力は小さいので長時間繰り返し引張試験でいつそうその影響をあきらかにできるものと思われる。

そこで一定荷重の下で伸びが増す場合、分担応力の移動がどうなるかを再び複合体を例にとつて考えてみる。今第12図のように負荷状態 $\sigma_{Al1}, \sigma_{St1}, \epsilon_1$ よりアルミ線に AB のクリープが起ると仮定すると応力弛緩 BC がアルミ線の弾性径路に沿つて起り、荷重一定のためこの減少した荷重は鋼に余計受け持たれ、鋼線の応力は $A'B'$ だけ結局 $\sigma_{Al2}, \sigma_{St2}, \epsilon_2$ の状態になる。すなわち E_{Al} をアルミ線弾性係数とすればアルミ線の応力弛緩量は素線の伸びの増加 $\epsilon_2 - \epsilon_1$ 当り、

$$\sigma_{Al2} - \sigma_{Al1} = -\frac{A_{St} E_{St}}{A_{Al}} (\epsilon_2 - \epsilon_1) = -4910 \cdot (\epsilon_2 - \epsilon_1) \text{ kg/mm}^2$$

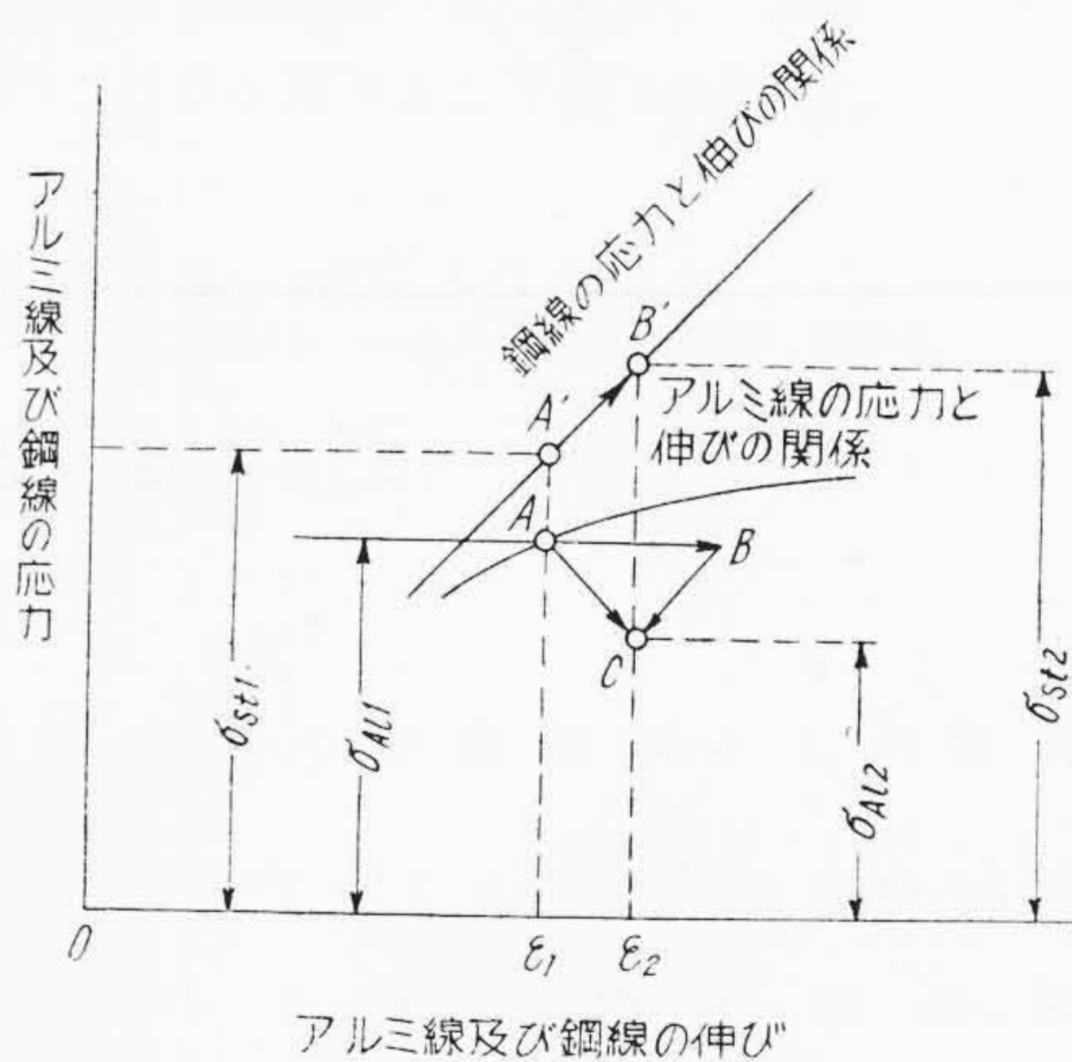
になる。

これに72時間繰り返し引張試験をした場合の伸びの増加の値、すなわち第4表の下欄を入れるとアルミ線応力の弛緩量がわかる。まず常温実験の72時間後のアルミ



第11図 アルミ素線 (3.2φ) の応力と伸びの関係

Fig. 11. Relation between Stress and Elongation for Aluminium Component Wire (3.2φ)



第12図 アルミ線および鋼線の分担応力の変化

Fig. 12. Change of Stress in Charge of Aluminium and Steel Wire

線応力の弛緩量は -0.83 kg/mm^2 に対し、冷却した場合の槽外の伸び増加より計算した弛緩量は -1.18 kg/mm^2 となる。冷却の場合は熱応力が均一に分布しているものと仮定すると常温の場合より予め熱応力約 0.53 kg/mm^2 (第10図参照) があるので、常温に比べてアルミ応力の低下はこの分を差引いて -0.65 kg/mm^2 弛緩したことと同等である。それゆえ72時間経過後のアルミ線応力は冷却の場合の方が常温実験よりまだ大きいといえるから伸びの増加も大きいことがわかる。槽内の伸びより弛

緩応力を推定することは熱応力の分布、低温におけるクリープ抵抗が未知の限りはなほ危険であろう。

以上複合体によつて論じた以外に伸びの増加がある時間経過後に急増する現象は繰り返し中に素線間の相互の摩擦などによる拘束が変動して安定状態に到達する過程を示すことが考えられるので繰り返し荷重に対する撚線効果とクリープの問題を同時に考慮する必要がある。

〔VI〕 結 言

以上の結果を総括すると、

- (1) ACSR のアルミ素線 (3.2φ) の抗張力は低温 (−30°C) において約 3.9% 上昇し、伸びは約 25% 減少し、鋼線 (3.2φ) については抗張力約 2.5% 上昇し、伸びは約 21.9% 減少することがわかつた。
- (2) 一定荷重の下にある ACSR が局部的温度降下 (室温 25°C, 冷却 −45°C) によつて外層アルミ素線の伸びが変化することを確めた。
 - (i) 荷重 2.2 t では伸び 0.039% より 0.044% に、荷重 4.4 t では 0.105% から 0.115% に増加した。
 - (ii) 負荷する荷重が高い程温度変化に際し、伸びの増加が多いことが認められこの実験結

果と複合体に生じる熱応力の計算値とを比較して、荷重、温度などの諸因の効果をあきらかにした。

- (3) 240 mm² ACSR について荷重 2.2 t と 4.4 t の間を 72 時間繰り返し引張試験を行つた結果、伸びの増加は常温において 0.017% であつたが低温 (室温 20~25°C, 冷却 −45±5°C) では 0.045% となり冷却効果の著しい影響があきらかになつた。

終りに本実験にあたり種々御指導を賜つた電源開発株式会社、山本所長、林、江口両課長、岡田課長代理、その他の各位ならびに東京電力株式会社、横山係長および日立製作所日立電線工場、内藤、岩田両部長、久本、大和両課長に深謝するとともに実験に協力された岡、小岩両氏にお礼申し上げる。

参 考 文 献

- (1) 岩田、山本、岡：日立評論別冊 (7) 141~149 (昭 29-7)
- (2) 山本、岡：昭和 29 年電気三学会支部連合大会 392
- (3) F. Pester: Z, Metallkunde 22, 261 (1930)
- (4) W. Schwiuning: V.D.I. 79, 35 (1935)
- (5) W.B. Dobie: Electrical Resistance Strain Gauge (1950)

Vol. 16 日立造船技報 No. 1

◇ 目 次 ◇

溶接による収縮変形ひずみの研究 (1).....	{ 山内俊平 中井恒男.....(1)
30 kg/cm ² スチームトラップの試作ならびに試験研究.....	{ 野上章 鈴木美実.....(7)
電磁型測微計とその応用.....	長畑康夫.....(11)
ディーゼル機関車用コイルばねの強度について.....	{ 安田益一 坂本勲.....(16)
全溶接合成桁椽橋の製作について.....	{ 野上二士夫 吉村繁.....(21)
船体上部構造物の空気抵抗に関する研究.....	{ 木下昌雄 岡田正次郎.....(24)
製品紹介.....	(32)
特許・新案紹介 (24).....	(34)

本誌につきましての御照会は下記発行所へ御願致します。

発行所

日立造船株式会社技術研究所

大阪市此花区桜島北之島町 60