

長径間送電線用アルミ被鋼より線の金車通過実験

Snatch Block Passing Test on the Conductor of Aluminium Clad Steel Wires for Long Span Transmission Line

林 潔* 山本三郎** 福田重穂***
Kiyoshi Hayashi Saburō Yamamoto Shigeho Fukuda

内 容 梗 概

電源開発株式会社によって建設が進められている超高压中国—四国連絡送電線には従来のACSRとは異なった新しい構造が採用され、アルミ被鋼より線が使用されることになった。そのため長径間用電線を試作し、延線時の問題である金車通過特性について実験的検討を行なった。その結果、20 tの高荷重延線に際しても電線の性能の低下のないことが明らかになった。

1. 緒 言

わが国における海上横断超高压送電線としては関門幹線⁽¹⁾および鳴戸—淡路連絡線があるが、規模において世界的⁽²⁾⁽³⁾な中国—四国を結ぶ超高压送電線の建設工事が電源開発株式会社によって進められている。

中国、四国間の島部は全長約30 kmあり、島伝いに渡る6箇所の海上横断部分には、最も長いところの宮床—大久野島間の2,354 mの長径間が含まれる予定である。また本送電線は2回線単導体方式であり、電圧220 kV、電流容量600 A以上、電線の引張り強さは80 t以上を要するものである。したがって特に機械的信頼度の高い電流容量の大きい電線構造を決定する必要がある。

日立電線株式会社が開発したアルミ被鋼線はこれらの目的に沿ったものであり、高抗張力亜鉛メッキ鋼線にアルミを圧接するため、機械的強度、導電率を適当に付与でき、しかも耐食性にすぐれており、海上横断長径間架線に適した電線構造をうることができる。すなわち、170 mm²特強鋼心アルミ被鋼より線(重防食)(AS-170)および250 mm²アルミ被鋼より線(AS-250)を試作した。

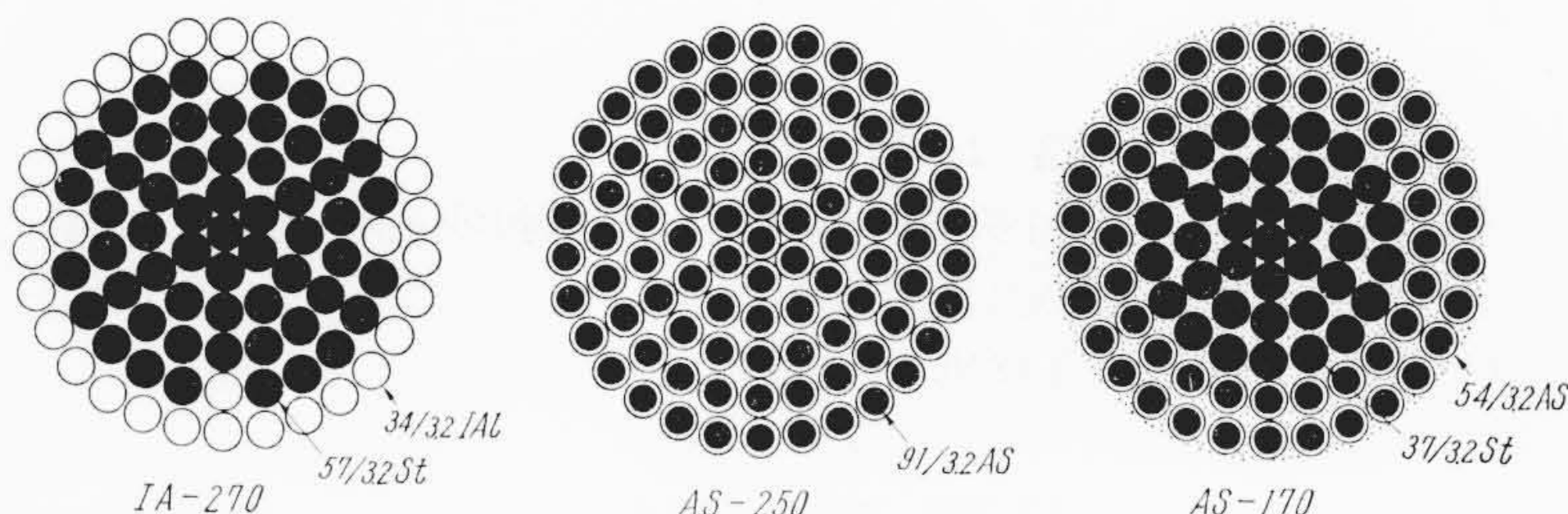
これらの電線は高張力架線が行なわれるため、金車通過による電線の損傷が第一に保証されなければならない。そこで電源開発株式会社指導のもとに大規模な金車通過試験を行ない、電線の笑い、ニッキングおよび傷の発生状況を検討し、満足な結果を得たので報告する。

2. 実 験 方 法

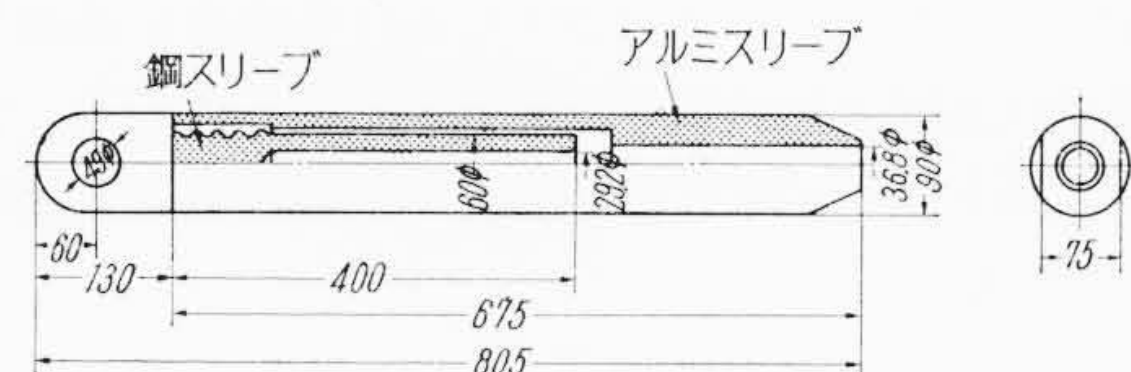
2.1 供試電線および金車

第1図に供試電線の断面構造を示す。中国—四国連絡線に採用される170 mm²特強鋼心アルミ被鋼より線(重防食)(以下AS-170と略す)は高抗張力亜鉛メッキ鋼線に肉厚0.35 mmのアルミを圧接した3.2 φアルミ被鋼線(AS線)と3.2 φ高抗張力亜鉛メッキ鋼線の複合同心より線であり、全面に防食剤を充てんしたものである。またアルミ被鋼より線AS-250はアルミ厚0.3 mmの3.2 φAS線91本をより合わせたものである。これらの新しい構造に対して複合鋼心イ号アルミより線IA-270を試作し、比較することにした。これらの3種の電線の諸元およびより程を第1,2表に示す。

次に電線の両端末処理としては第2図に示す圧縮クランプを使用した。鋼およびアルミ両スリーブから成り、圧縮長はそれぞれ300, 210 mmとした。まず24本層以下を鋼スリーブで圧縮し、続いて鋼



第1図 電線の断面構造



第2図 圧縮クランプ

第1表 供試電線の諸元表

項 目	単 位	線 種 (略 号)		
		IA-270	AS-250	AS-170
公 称 断 面 積	mm ²	270	250	170
より線構成 (素線数/素線径)	As または IAL 本/mm	34/3.2	91/3.2(0.30)	54/3.2(0.35)
	St 本/mm	57/3.2	—	37/3.2
計 算 断 面 積	Al または IAL mm ²	273.4	248.7	169.2
	St mm ²	458.4	483.1	562.6
	計 mm ²	731.8	731.8	731.8
最大引張荷重(下限)	kg	82,130	84,200	93,700
外 径	mm	35.2	35.2	35.2
重 量	kg/km	4,611	4,814	5,188
直 流 抵 抗 (20°C)	Ω/km	0.0995	0.0934	0.120
電 流 容 量	A	700	680	645

第2表 供試電線のより程

線種 よりピッチ	IA-270		AS-250		AS-170	
	p(mm)	p/D	p(mm)	p/D	p(mm)	p/D
層別						
30本層	375	11.7	375	11.7	381	11.9
24本層	364	14.2	367	14.3	362	14.1
18本層	322	16.8	315	16.4	320	16.7
12本層	257	20.1	257	20.1	255	19.9
6本層	216	33.6	215	33.6	210	32.8

(注) p/D: よりピッチ/層直径

スリーブおよび30本層(最外層)をアルミスリーブで圧縮した。鋼スリーブの圧縮力は約200 t(14回押し)、伸びは約18%であり、アルミスリーブの場合は260 t, 20%であった。これらの圧縮に際してAS-170, およびAS-250はなんら支障がなかったがIA-270はかご状の笑いを起こし、そのため、鋼スリーブの圧縮には24本層

* 電源開発株式会社

** 日立電線株式会社日立電線工場 理博

***日立電線株式会社日立電線工場

のうちイ号アルミ線 4 本を切りとって行なうことにした。

電線側金車としてはみぞ径 1,000 mmφ のアルミ合金製のものを使用した。みぞ部の曲率半径は設計値 18 R (実測値 16.7 R) であり, 3 個用意した。

2.2 実験条件および方法

金車通過試験としては従来, 比較的短い条長の電線でループを作り, 往復移動して金車を通過させる方法が行なわれてきた。しかし本電線のように多層よりでしかも高張力で延線される実際の場合を考えると, 金車によって電線はしごかれ, 電線末端はしだいにかご状になるおそれがある。したがってこれらの点を検討するため, 電線長を長くとり, 金車通過方向を一方向に限定して片道移動を行なうことにした。第 3 図に実験方法を示した。すなわち,

- (1) 電線条長: IA-270 110 m, AS-250 120 m, AS-170 50 m
- (2) 電線進入角: 30 度
- (3) 電線張力: 往路 20 t (金車との単位長さ当りの接触圧は 40 kg/mm に相当)
 帰路 1~3 t

- 張力はワイヤロープ側中央金車で調整し, 電線側中央金車に取り付けたロードセルで測定した。
- (4) 電線の移動: 片道移動, トラックによりけん引
 - (5) 金車通過回数: IA-270 7 回+(2 回)
 AS-250 20 回+(3 回)
 AS-170 20 回

()内は追加試験で先端クランプを最外層のよりのもどる方向に毎回 1 回転ねじったのち, 張力 20 t にあげて金車を通過させたものである。電線は毎回 3 個の金車を通過することになる。なお両端末のクランプはねじれ止め車に接続した。車軸高は 400 mm, 長さは 3,000 mm である。

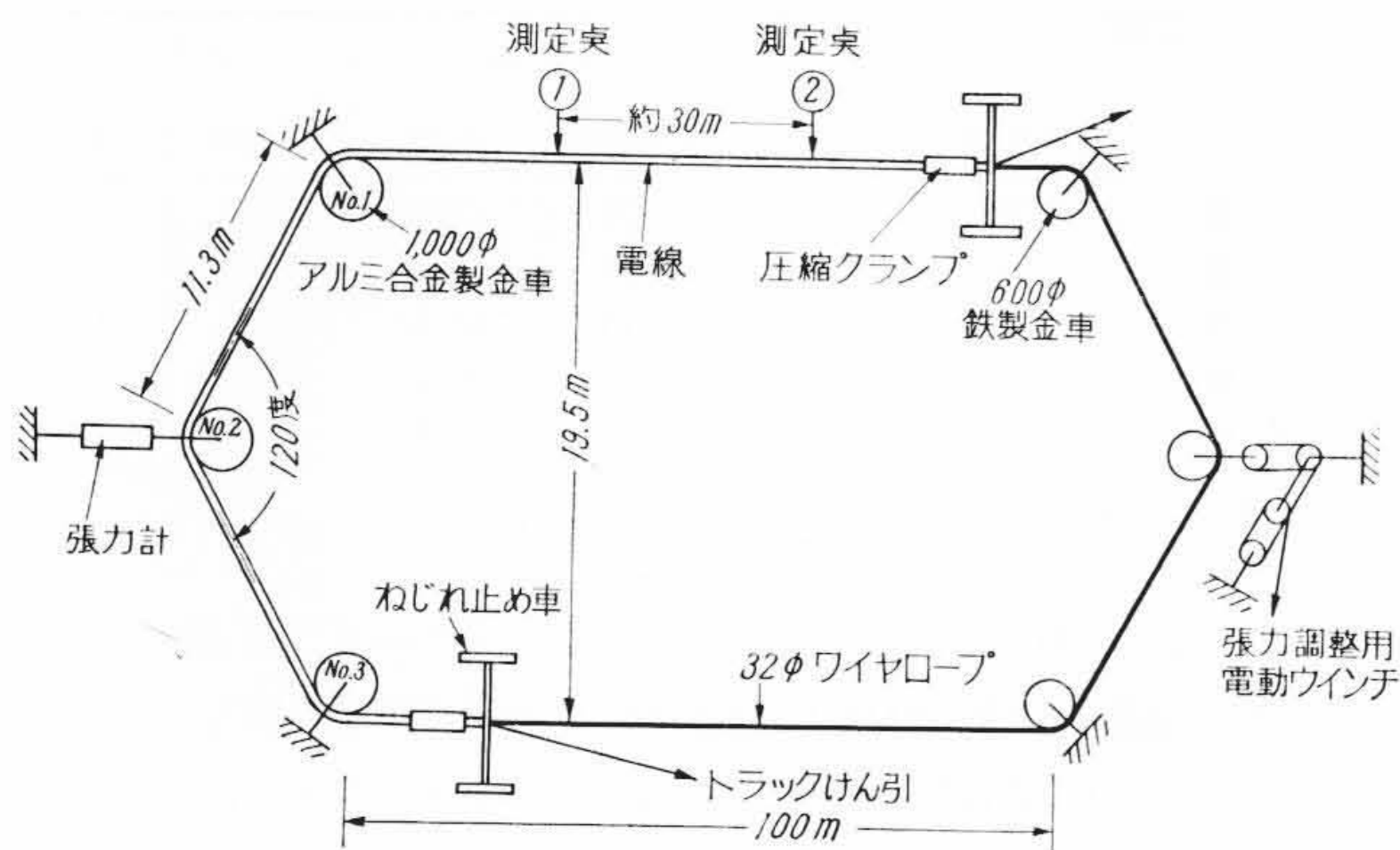
3. 金車通過実験結果

3.1 より線外径の変化

金車通過によって電線がつぶされてゆく具合を示したのが第 4 図である。試料のほぼ中央に設けた測定点におけるより線外径の最大値と最小値を求めたものであり, 同箇所は金車を 3 個/回通過している。一般的傾向としては最大および最小値の差がしだいに開いてくる。これをだ円度として示すと, 金車通過 7 回においては IA-270 は 0.5 mm, AS-250 および AS-170 は 0.7 mm である。AS-170 は最終回 (20 回) で 1.75 mm となり, 比較的大きい変化を示したが, ニッキングの影響によるものと思われる。

3.2 最外層ピッチおよび伸びの変化

最外層のより合わせピッチは試料中央部とそれより 30 m 後端(第 3 図②, 第 1 金車と第 2 金車の間にくる)の 2 箇所 で測定した。よ

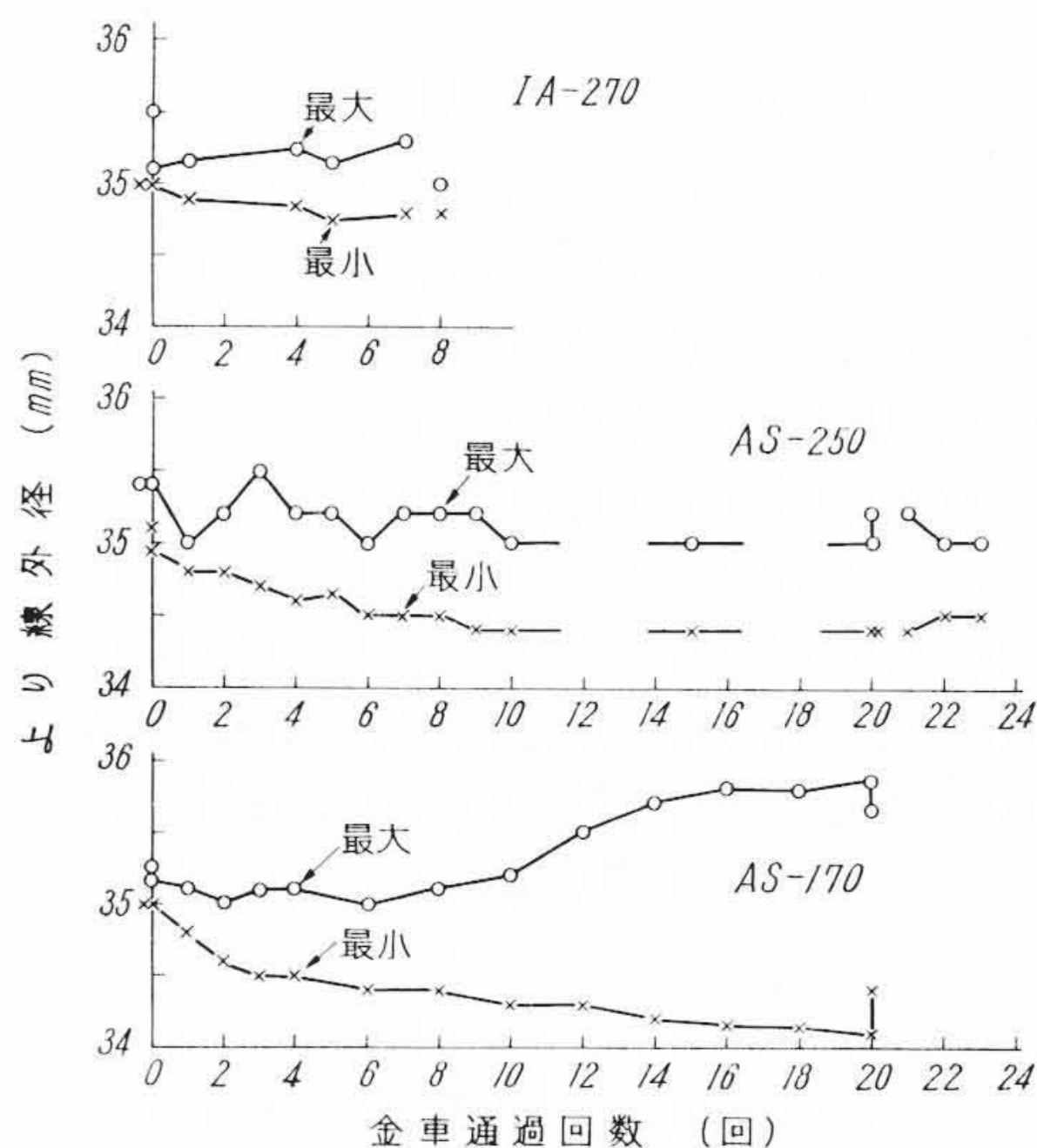


第 3 図 金車通過試験配置図

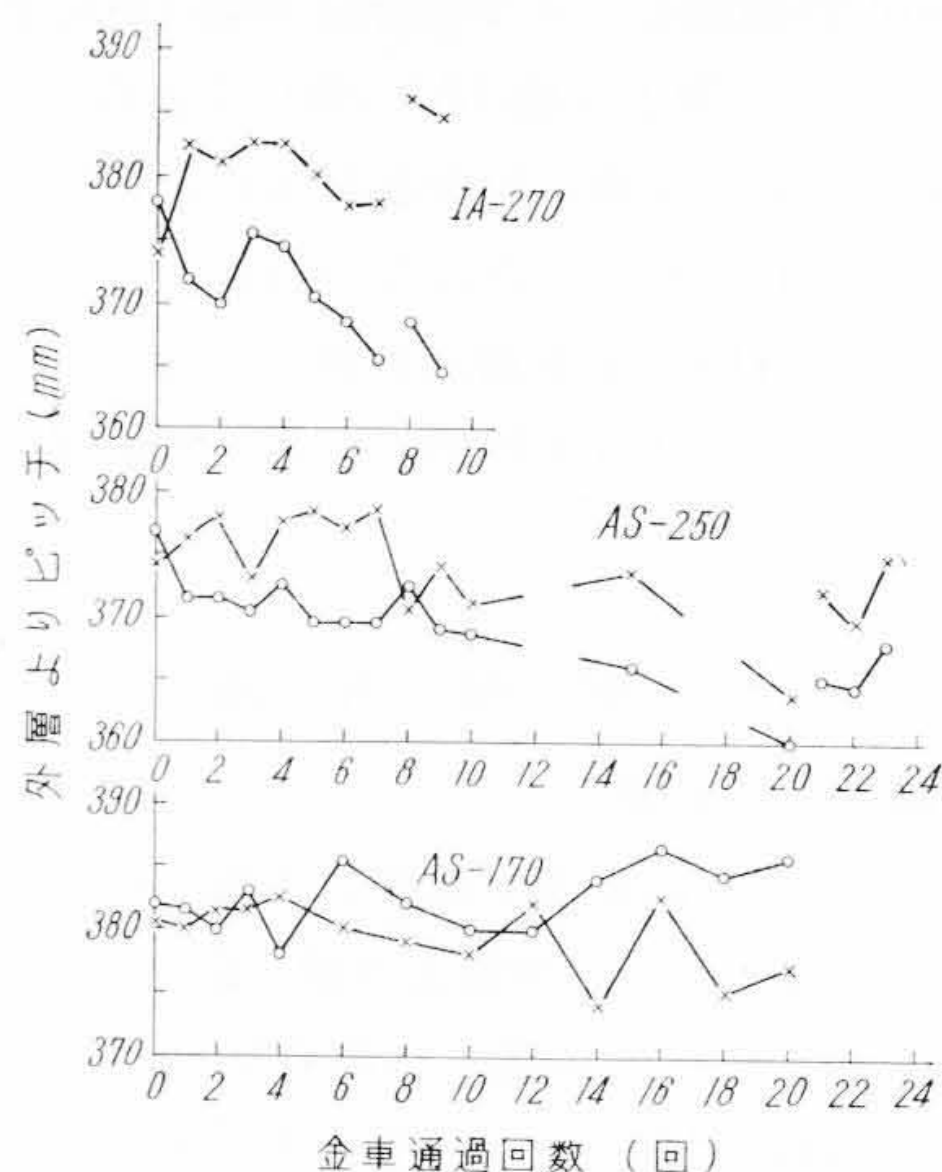
り線の伸びは最外層に標点距離 1,000 mm のマークをつけ, その変化を測定した。その結果を第 5, 6 図に示す。

第 5 図について金車通過 7 回までに生じたピッチの最大変化は IA-270 12.5 mm, AS-250 および AS-170 7.5 mm であり, IA-270 が最も変化が大きい。また AS-250 は金車通過 15 回, AS-170 は 12 回以降ピッチに大きな変化が現われており, 最終回 (20 回) までの最大変化量はそれぞれ 17 mm および 8.5 mm であった。ピッチに大きな変化が出たのはほぼ素線が浮き出した回数に相当している。しかし, 金車によってしごかれたという現象は特に認められなかった。

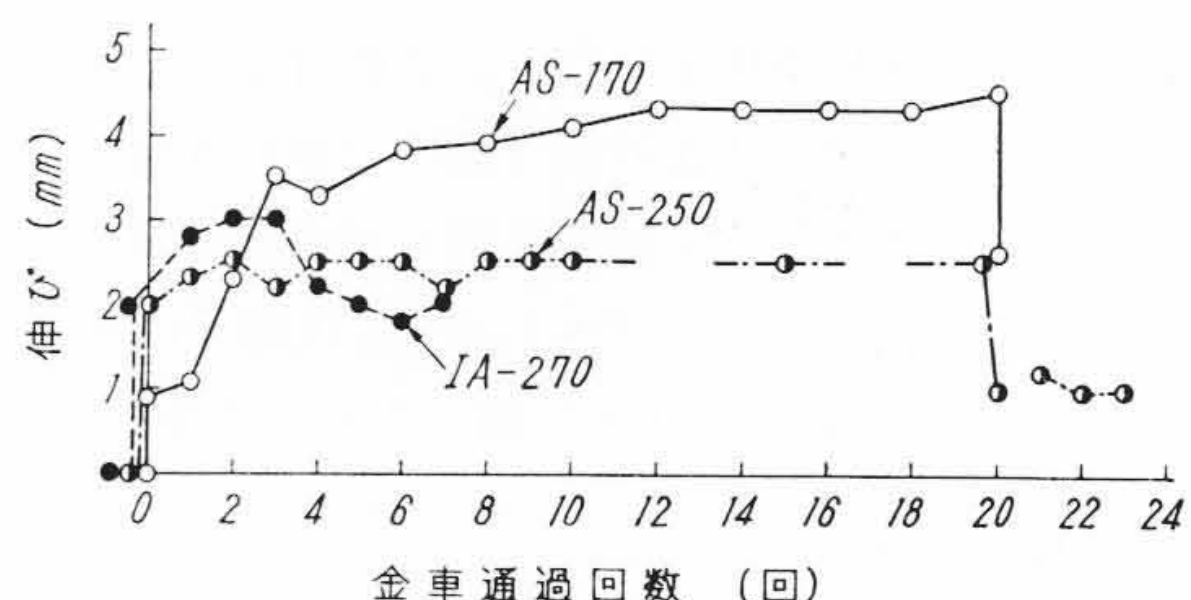
第 6 図に示すとおり, 伸びは張力 20 t により約 1~2 mm 増加し, この状態より金車通過によってさらに増すが, 4 回程度でほぼ一定となっている。



(注) 金車通過 0 および 20 回は無張力時も併記
 第 4 図 金車通過によるより線外径の変化



(注) ○: 第 3 金車～先端クランプ間 ×: 第 1 金車～第 2 金車間
 第 5 図 金車通過による外層よりピッチの変化

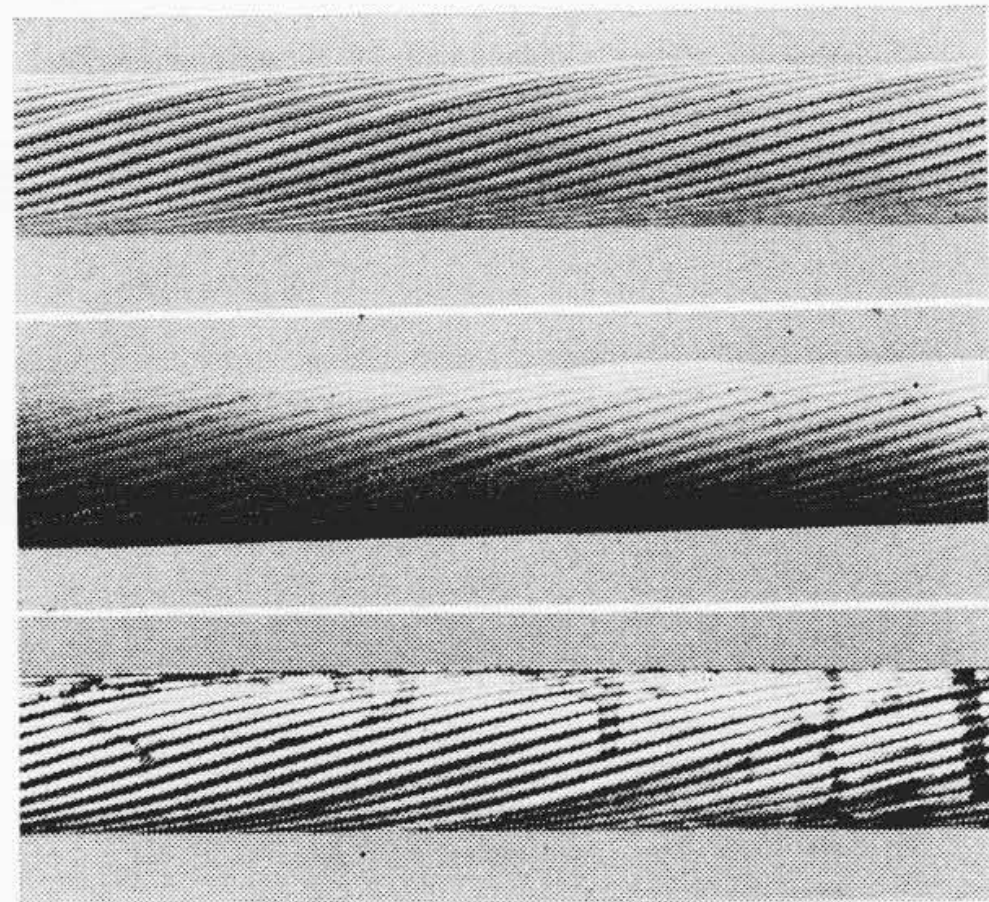


第 6 図 金車通過によるより線の伸び

3.3 笑いの発生状況

金車通過によって電線がかご状に笑ってくる現象が延線時に最も問題となる点である。第7図は各電線が素線の浮き出しを起こした初期の状況を示したものである。

まず IA-270 では金車通過3回までは異常なく通過したが4回目に先端クランプより30m付近で3本素線が浮き出した。さらに回を重ねるにつれてその範囲が広がり、数も増し、7回では全長にわたり最高6本の素線が浮き出した。また最外層とその下層との間に

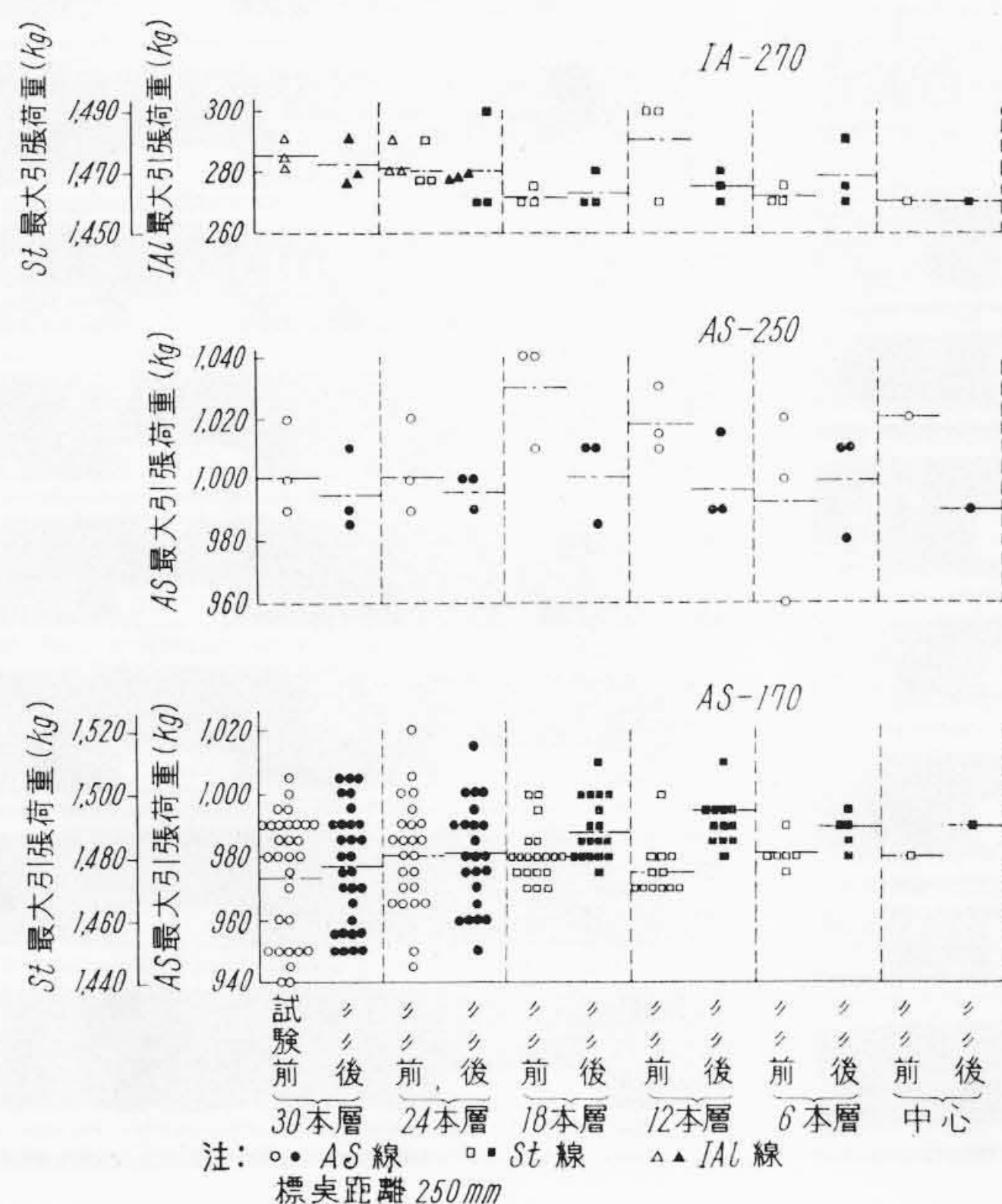


第7図 金車通過による笑いの発生状況

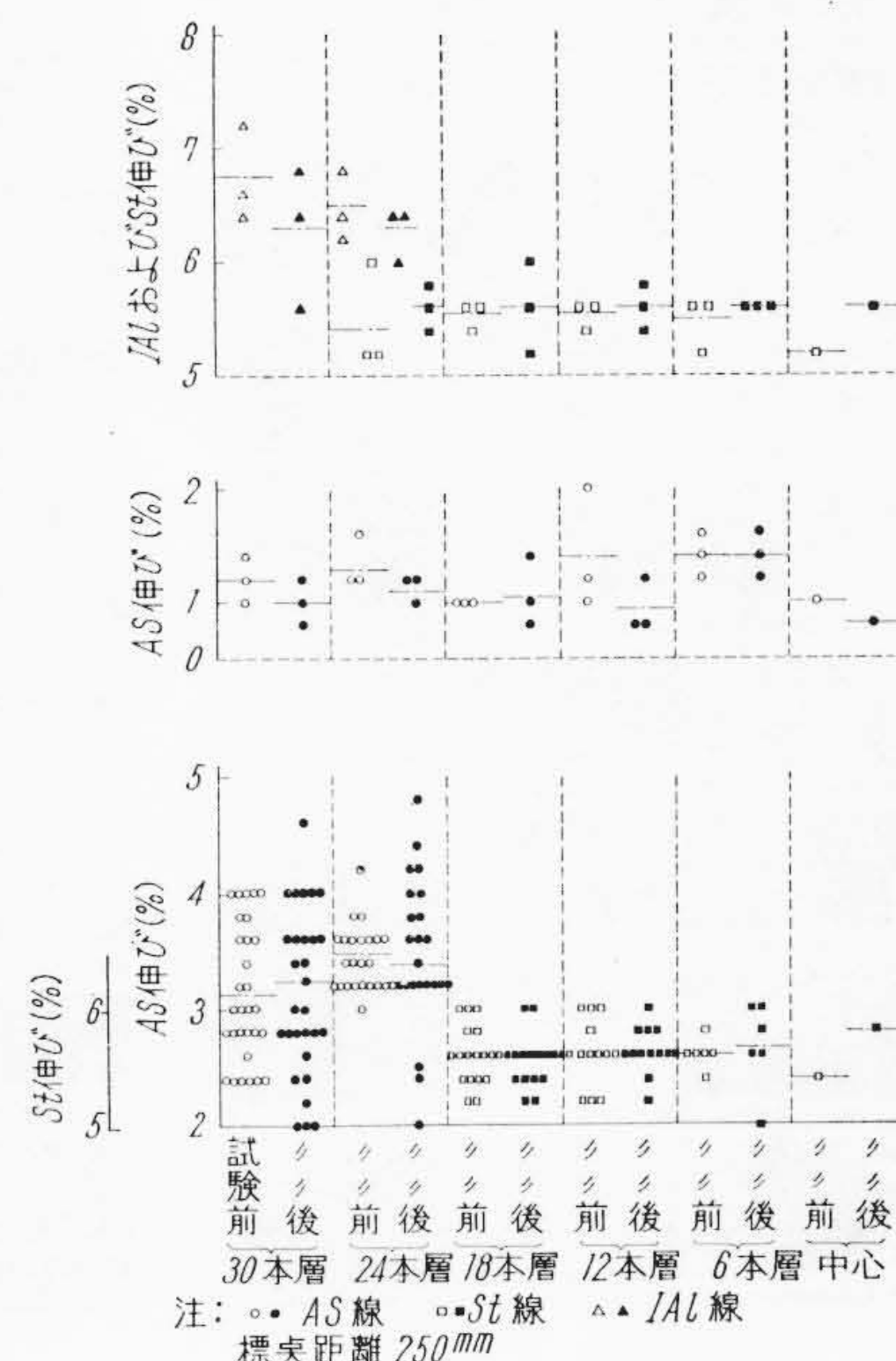
通過回数	IA-270	AS-250	AS-170
0回			
7回			
20回 (9回)			

(注) 通過回数()内はIA-270の場合

第8図 金車通過による最外層の傷の発生状況



第9図 金車通過試験前後の解体素線の最大引張荷重



第10図 金車通過試験前後の解体素線の伸び

ゆるみができ、完全に分離しており、無張力状態における笑いは著しかった。

一方 AS-250 は金車通過14回までは異常なく、15回で素線1本の浮上りを認め、そのあとは浮出した素線が出たりはいたりするだけで悪化の傾向はなく20回に達した。続いて外層のよりがもどる方向に毎回360度人為的にねじりを与えて都合3回金車を通過させたところ、やはり素線1本の飛び出しがあっただけであった。

次に AS-170 は金車通過9回までは異常なく、10回で素線3本が浮き上り、この状態は最終回まで続いた。以上の実験によると、異質素線の混ぜよりのものは伸びの違いから笑いが早期に発生する傾向にあることがわかる。しかし、AS線を使用することにより、笑いの問題は大いに改善された。なお電線を金車に対して一方向移動させたことにより、後端部にかご状の笑いが発生する危ぐをもっていたが、顕著なしごき作用は本実験では認められなかった。

3.4 最外層の傷の発生状況

第8図に電線外表面の傷の発生状況を示した。AS線を外側に配列してある AS-250 および AS-170 両電線は金車通過とともにしだいに扁平化してきた。金車と鋼線との間でアルミが押しつぶされるためである。また AS-250 の場合は金車の接触によるすり傷が認められたが AS-170 はすり傷の形跡は比較的少なく、防食剤の潤滑効果があったものと思われる。これ

に対し、IA-270 は押しきず、すり傷をほとんど認めないうちに試験を終了した。イ号アルミ合金線は傷についてはきわめて有効であることが認められた。

なお金車通過による素線間の相互のずれについても検討した。電線表面にあらかじめリング状のマークをつけ、このマーク外縁の乱れより素線間のずれの発生を判定した。その結果、IA-270 は7回、AS-250 は20回、AS-170 は10回金車通過時に素線相互間のずれが認められた。

4. 解体実験結果

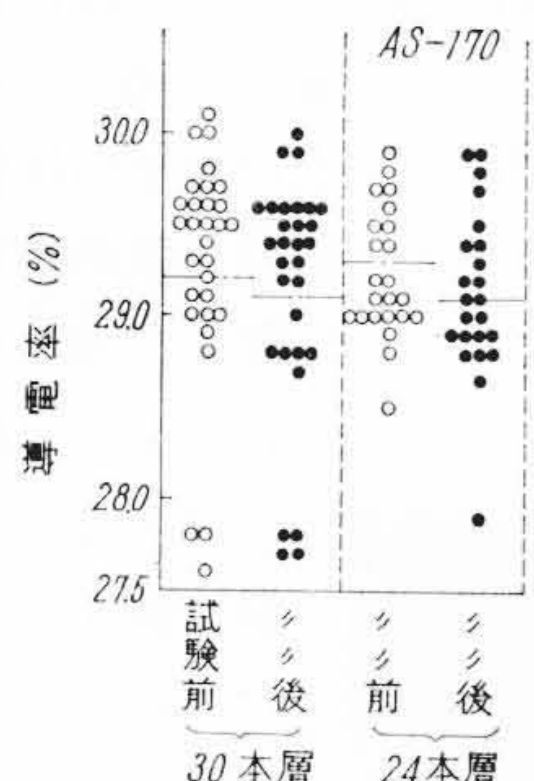
金車通過実験後毎回3個の金車を通過した部分を切断し、解体して素線の性能について検討した。

4.1 引張試験

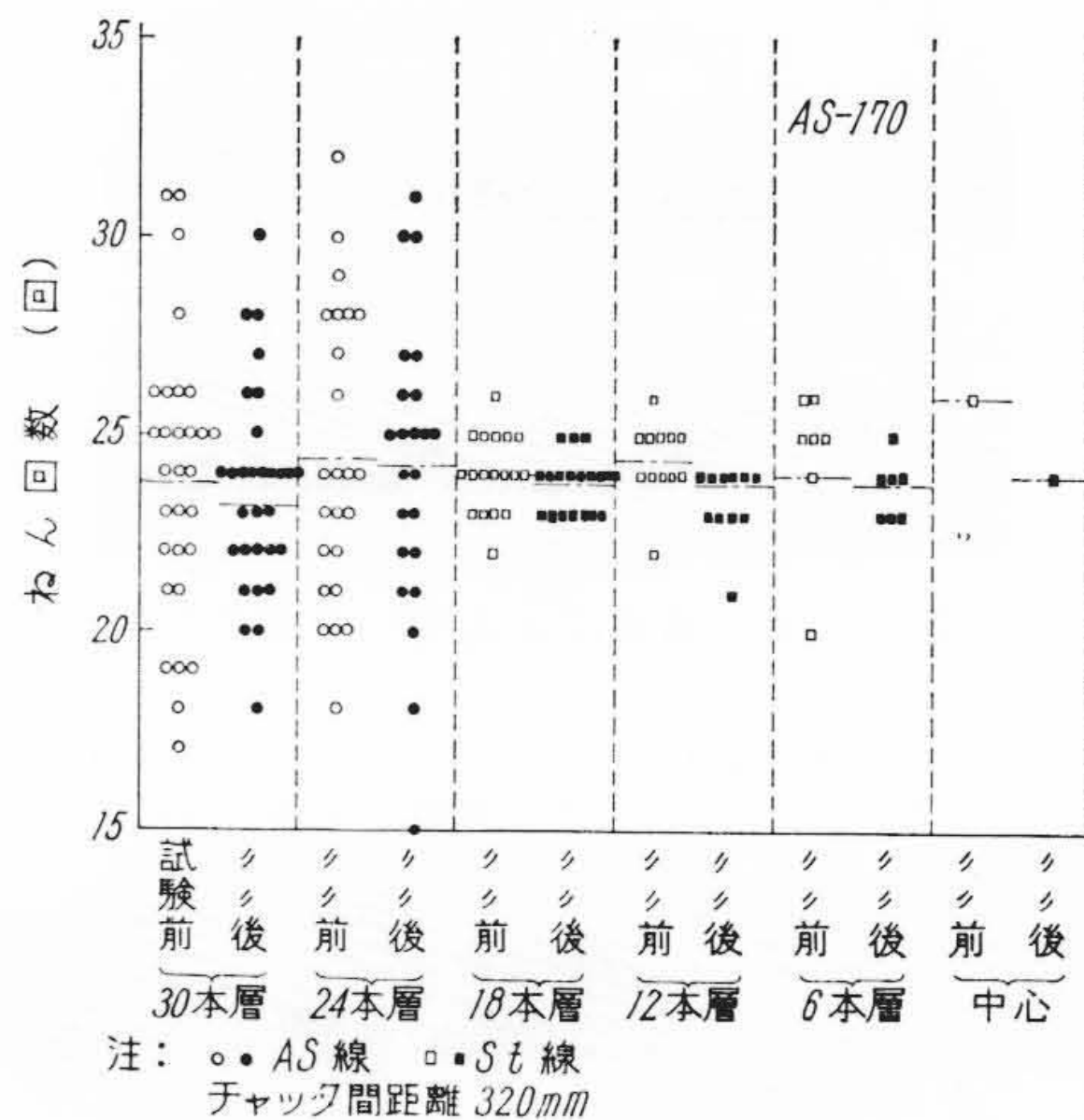
まず素線の引張試験を行ない、金車通過試験前後の荷重と伸びを測定した。第9、10図にそれぞれ示した。図中に記入した鎖線は平均値を示す。素線の最大引張荷重は試験前後においてIA-270は1%，AS-250は3%程度低下しAS-170は変化はなかった。また伸びは若干低下する傾向にあるが、ばらつきを考慮すると3電線の金車通過試験前後の引張試験成績に有意差は認められなく、まず問題は無いものと判断された。

4.2 導電率およびねん回値

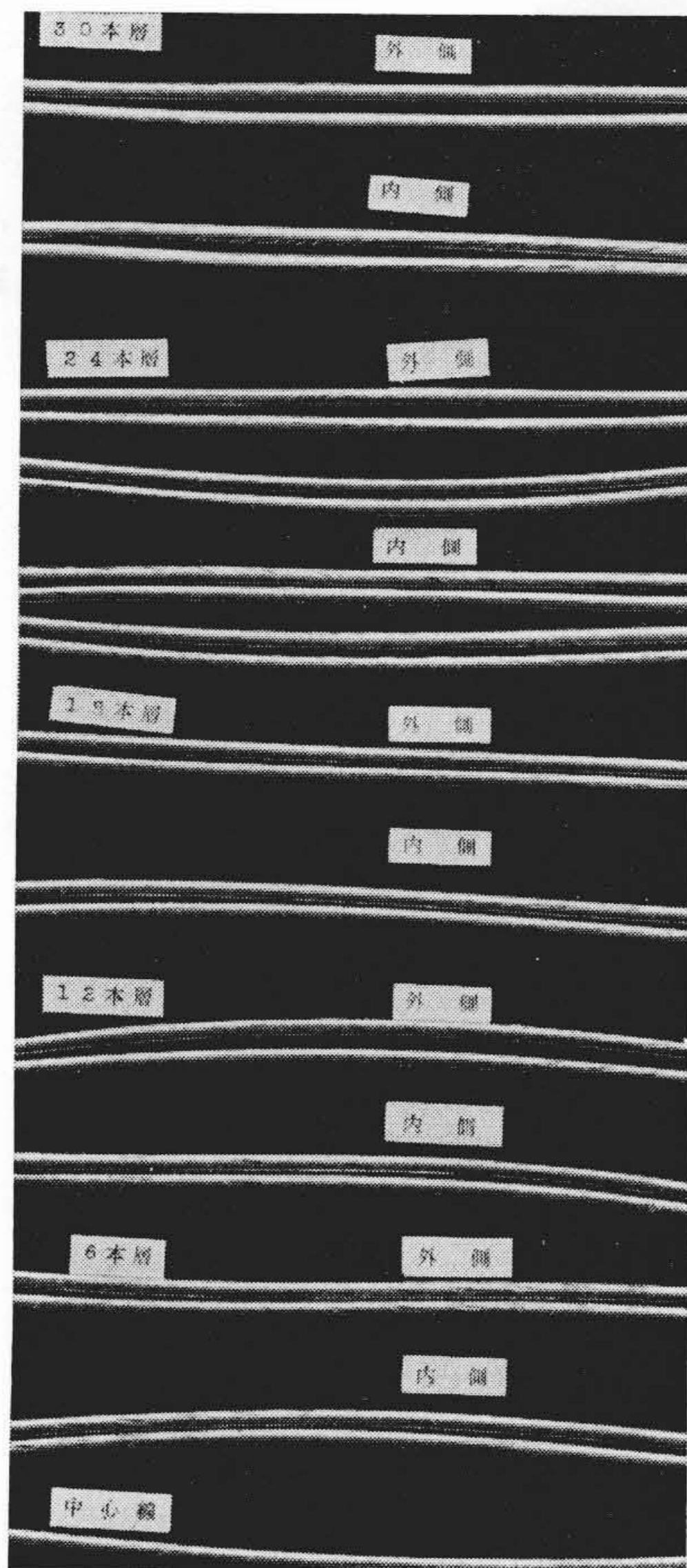
導電率およびねん回値(チャック間距離 320 mm)をAS-170のAS線について測定した結果を第11図および第12図に示す。導電率は平均値において約1.4%，ねん回値は2.5%低下を示したが、これ



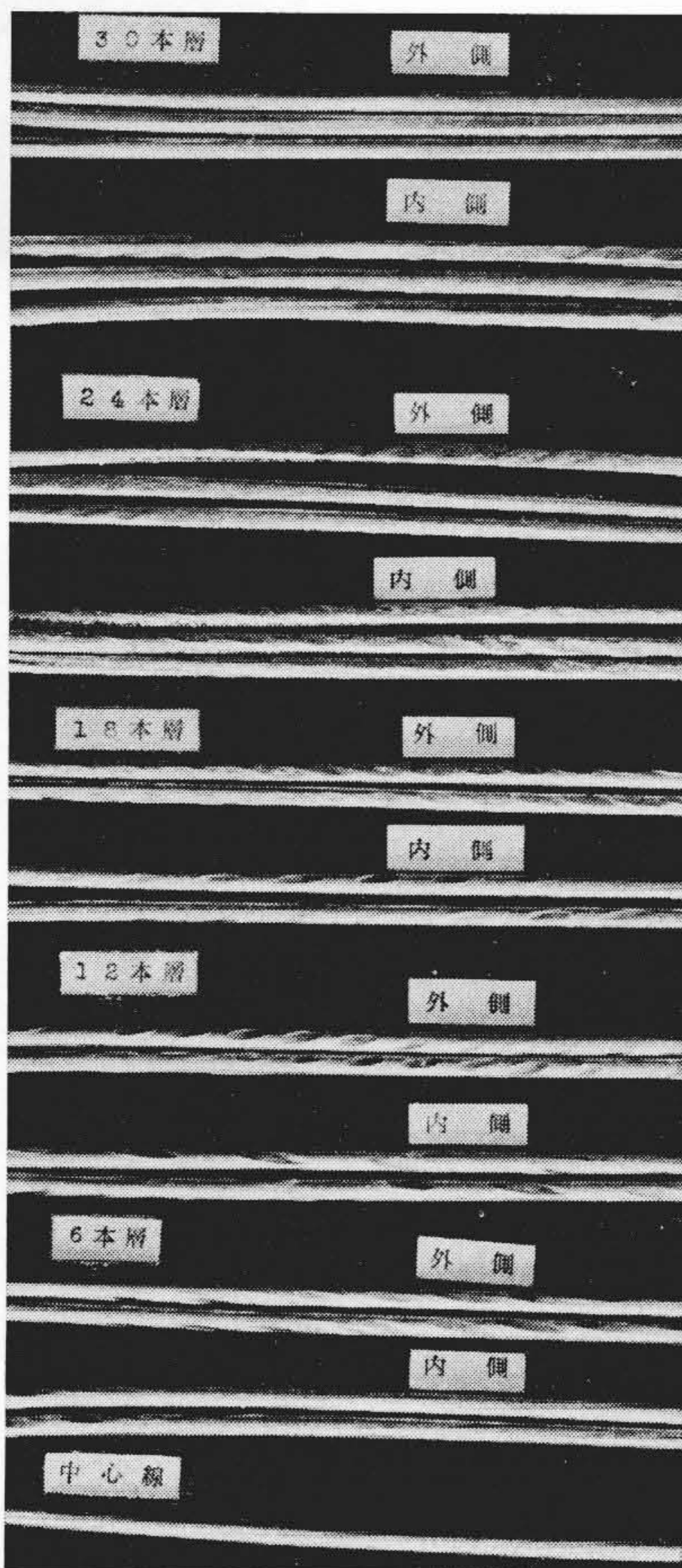
第 11 図 金車通過試験前後の解体素線の導電率



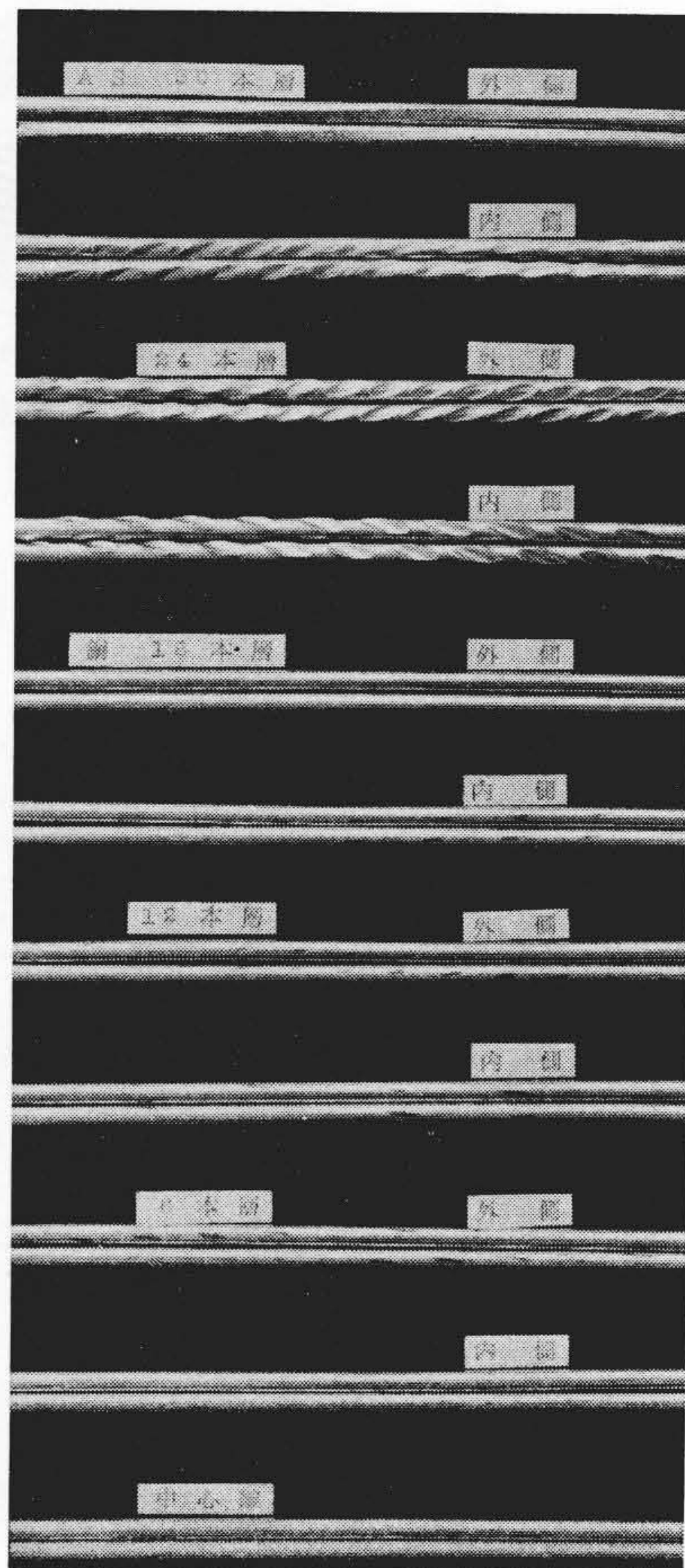
第 12 図 金車通過試験前後の解体素線のねん回値



IA-270



AS-250



AS-170

第 13 図 ニ ッ キ ン グ の 発 生 状 況

もばらつきを考慮すると試験前後に有意差はなく、いずれも満足できる性能であるといえる。

4.3 ニ ッ キ ン グ

金車通過試験後に解体した素線のニッキングの発生状況を第13図に示す。

まずIA-270においては全般にニッキングの程度はきわめて軽微であり、最外層(30本層)のイ号アルミ合金線の亜鉛メッキ鋼線と接する面のニッキングが最も大きい、たかだか0.08 mmのくぼみであった。24本層中の4本のイ号アルミ合金線は0.04 mmの深さの押し傷であり、鋼線の保護効果が認められた。

AS-250では最外層、第2層まで押し傷とすり傷が混ざった状態

第3表 より線の引張性能

金車試験	電線略号	IA-270	AS-250	AS-170
最大引張荷重 (kg)	前	89,800	87,400	102,000
	後	90,000	86,400	102,000
伸 び (%)	前	5.4	2.0	5.8
	後	6.6	2.2	4.4

(注) 試料長: 2,000 mm

で長さ方向にならされている。面は荒れており、これら2層は金車通過に際して相互に動いた形跡がある。扁平化した傷幅は1.2~2.0 mm 程度であった。これに対し、第3層(18本層)以下は押し傷が主体であり、最大0.2 mm のくぼみが認められた。

次に AS-170 の場合は金車との接触面の扁平化は同様であるが、そのほかは素線どうしの押し傷が主体である。最外層は外面で0.15 mm, 内面で0.22 mm のくぼみ深さであり、AS 線下層は外面で0.16 mm, 内面すなわち鋼線と接触する側は0.30 mm のくぼみが最大であった。しかし AS 線自体としては金車通過によるアルミ層のはく離ならびに鋼線の露出などの異状箇所は認められず、実用上問題は無いものと考えられる。

4.4 より線の機械的性能

金車通過試験前後の3電線の引張試験を行ない、第3表の結果を得た。本結果もまた素線の場合と同様に金車試験により引張性能が劣化しないことを示している。

5. 結 言

従来のACSRと異なり、アルミ被鋼線を用いた新しい構造の長径間送電線を試作し、延線時の問題である金車通過特性について実験的検討を行なった。これらの結果を要約すると次のようになる。

- (1) 笑い 電線の最外層素線の浮き出してくる金車通過回数は



特 許 第 275379 号

特 許 の 紹 介



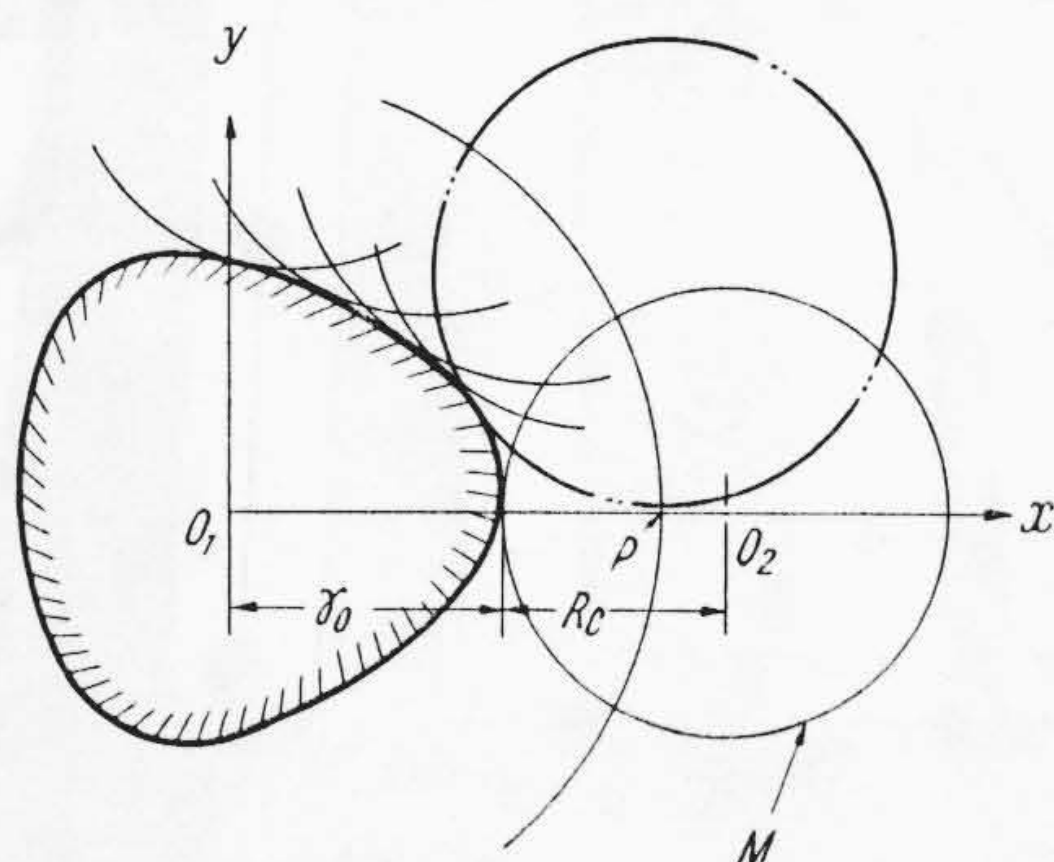
笠 原 俊 郎

非 円 形 連 続 曲 線 軸 継 手

一般の軸継手は原動軸および被動軸をキーによって固定するように構成されているので、動力伝達中にキー(またはスプライン)溝などの切欠部に応力が集中するため、その切欠部にき裂を生じて所要の動力伝達がしばしば不可能になることがある。

この発明はその欠点を除くために、軸および穴を非円形連続曲線に形成したことを特長とするものである。

偏心点 P が軸および穴の重心点 O_1 を中心として半径 r_0 または r_0' なる軸および穴の基円上を一樣な角速度 ω で回転し、かつ偏心動円 M, M' の中心 O_2 が P 点の回りを角速度 $n\omega$ で異方向に定速回転運動を行なうときの運動は、歯車形削盤およびこれと類似の機械のテーブル回転とカッタ回転との比が $1:n$ である場合の外接または円接

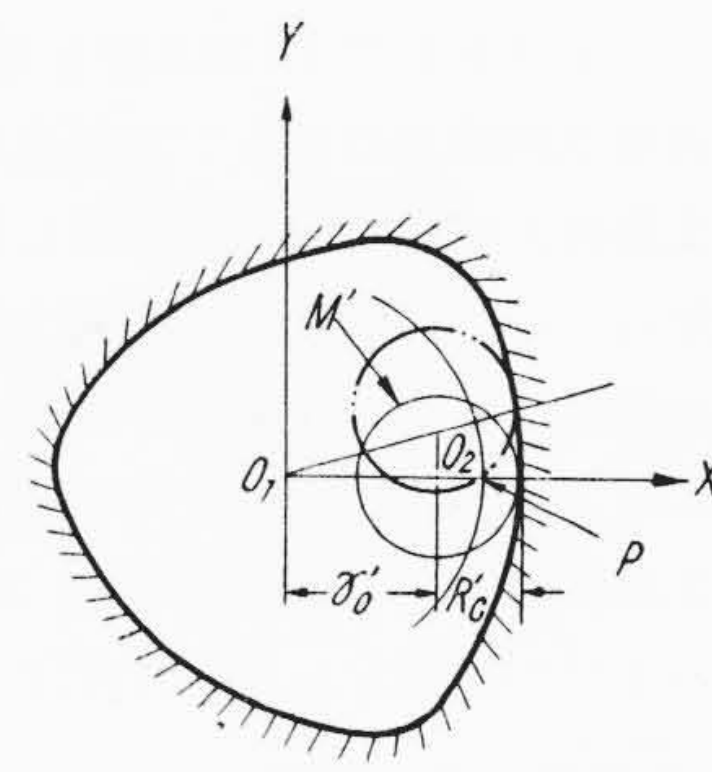


第1図

歯車を切削するときの切削運動と一致する。

上記偏心動円 M, M' により生ずる円群の外側および内側包絡線すなわち軸および穴の連続曲線は無限に存在するが、それぞれ偏心動円(偏心カッタ)の半径 R_c, R_c' 間に一定の関係を与えることによりはじめて理想的なはめあいをする1組の非円形連続曲線軸継手が決定される。

この発明軸継手は、軸および穴を偏心円形カッタにより正確に、かつ円滑な連続曲線に形成することができるから、切欠効果がなく動力伝達中にき裂を生ずるおそれは全くない。また工作が非常に容易であって精度も高く、ねじり強度も同径のスプラインなどに比して大であり高負荷に耐えることができる。(野 村)



第2図