

超高压送電線 (ACSR) の機械的諸問題 (続報)

Mechanical Problems for ACSR Extra High Voltage Transmission Line (A Continued Report)

山本三郎* 小形猛美** 大島和夫**
 Saburo Yamamoto Takemi Ogata Kazuo Oshima

内容梗概

近年超高压送電線としては広く ACSR (鋼心アルミ燃線) が用いられているが、この ACSR の良否判定の一策として素線諸性能の試験のほかには釣車実験が行われている。また架設工事上の面からは燃線の剛性などが問題となつている。今回ロックドタイプスムーズボディ ACSR を試作したのを機会に普通の ACSR と比較のための釣車実験を行つた。

また架線上に関連した機械的問題の二、三の実験もあわせて行つた。さらに ACSR のトルクの問題にもふれ、これら一連の釣車実験の結果および燃線のトルクに関する実験の一端を紹介する。

〔I〕 緒言

最近関西電力株式会社の丸山幹線や電源開発の佐久間幹線などの超高压送電線において 610 mm² ACSR (鋼心アルミ燃線) が使用されている。これらに関連して筆者らは ACSR の機械的諸問題について多くの研究を行つてきた^{(1)~(10)}。

その後われわれの工場においてロックドタイプスムーズボディ ACSR (以下 S.B. ACSR と称す) を試作した。送電線は架線されて使用の運びになるまで導電材は損傷を受けずに製造時の状態を保持していることが望ましい。しかし架線の際は釣車通過などにより損傷を受ける機会が多い。

したがって今回の実験では、導電材の損傷の程度ならびに架線上に関連した二、三の機械的問題すなわち ACSR が釣車を通過するさいに見られる回転角、同じく燃層間のずれなどいずれも釣車実験に関連して行われるこれらを対象に本実験を行つた。

〔II〕 釣車実験

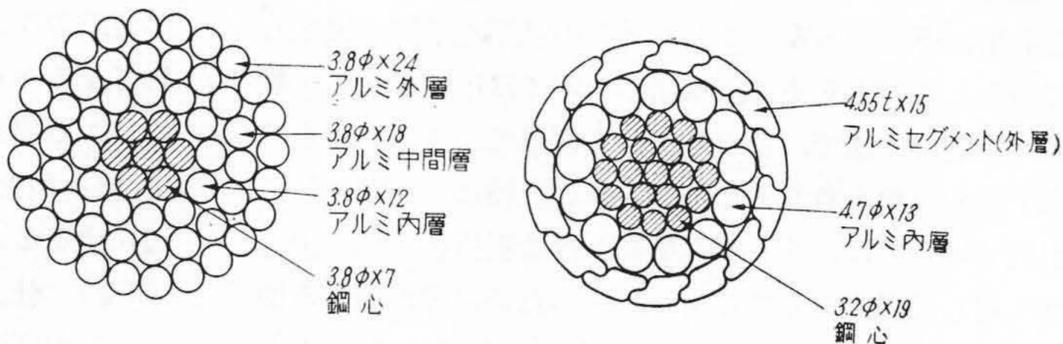
従来 ACSR の釣車実験といえば四角形あるいは五角形など多角形に釣車を配置して行つてきた。この釣車の配置は架線にあつて延線時の釣車に対する電線のカテナリー角を仮定して決められる。

(1) 実験方法

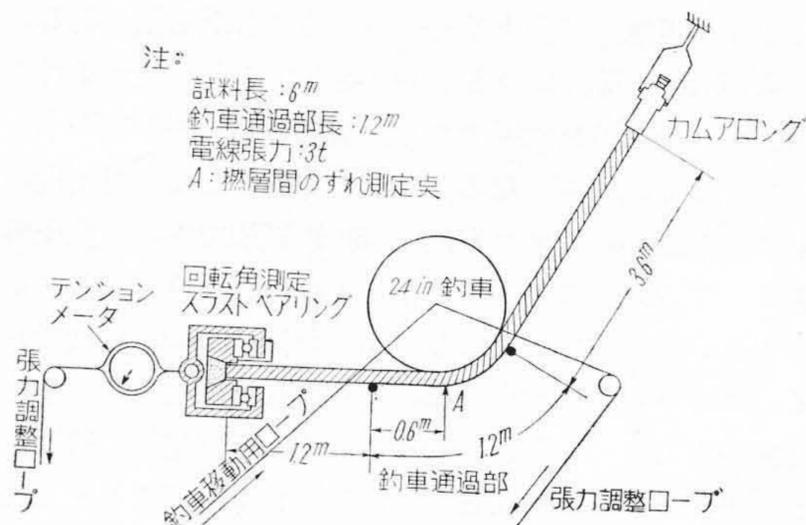
釣車実験に用いた試料は、610mm² ACSR および S.B. ACSR の二種で断面略図を第1図に示す。

試料長はおおの6 m のものを用い、第2図に示すように簡略化した実験方法を採用した。

なおこのときの釣車は 24in ジュラルミン製のものである。まず張力調整ロープで電線張力を 3t に調節する。この際電線が釣車に対して張る角度は 120 度とした。



第1図 試料断面図



第2図 釣車通過実験方法

次に電線を釣車通過させるには実際とは逆に釣車移動ロープを引張つて釣車を移動させることにより代行させた(従来の多角形方式では電線を直接移動する)。

また釣車通過中の電線張力は張力調整ロープにより一定に保つようにしてある。

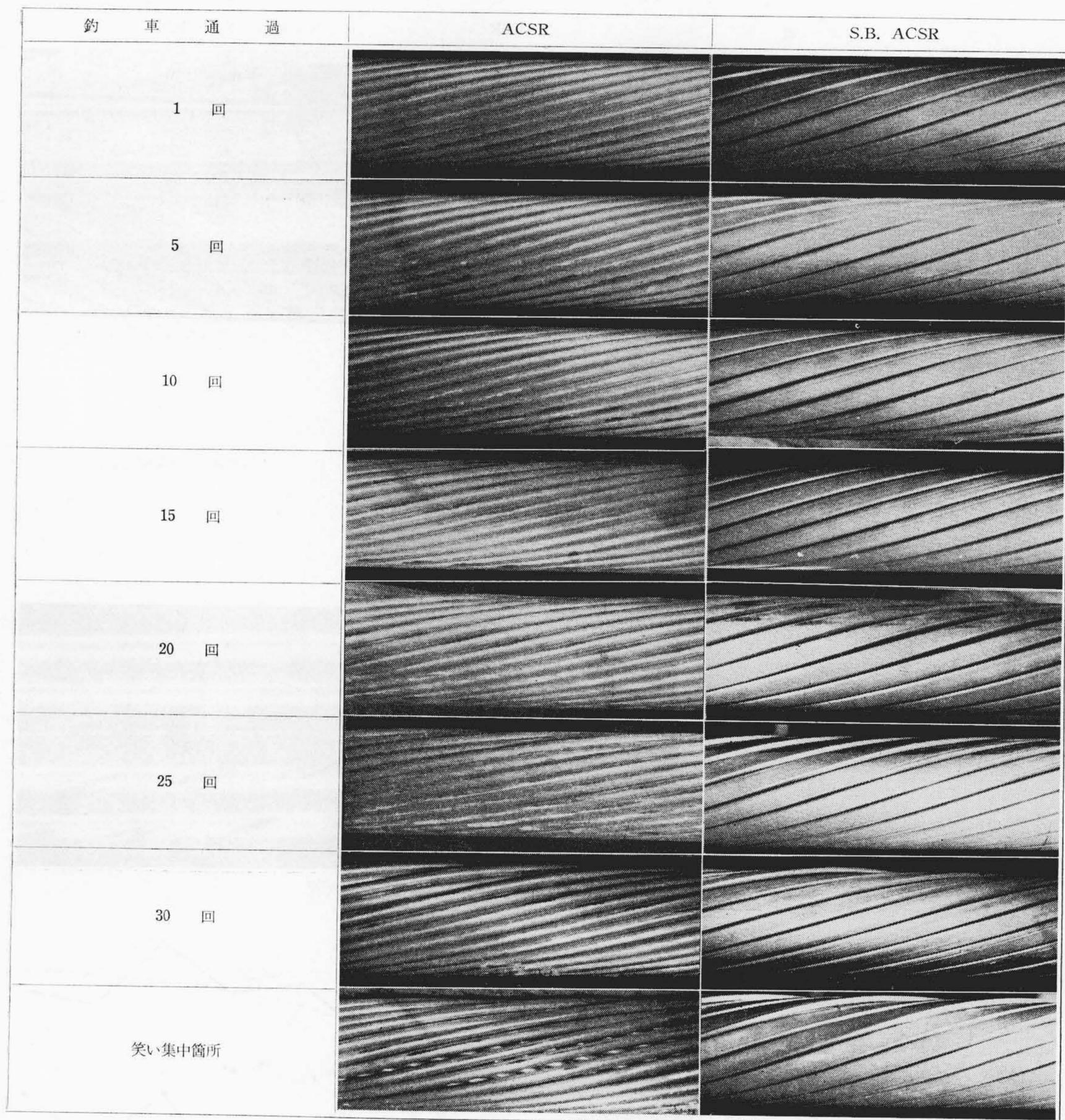
釣車通過回数は往復15回都合30回の通過回数とした。

(2) 実験結果

(a) 笑いの発生状況: 釣車通過回数と電線の笑いの発生状況については観察および写真撮影により釣車のすぐ近くの部分で調べた。結果は第3図に示すように ACSR では10回ぐらいから笑いの徴候が出始め、12回ぐらいで笑いがはつきり確認できるようになる。一方 S.B. ACSR では15回ぐら

* 日立電線株式会社電線工場 理博

** 日立電線株式会社電線工場



第3図 釣車実験による笑いの発生状況

いから笑いが始まり, 19回ぐらいではつきりわかるようになった。

(b) きずの発生状況: 釣車通過による最外層アルミ素線外側のきずの発生状況は, やはり観察と写真から判断した。それによると笑いの場合も同様であるが, きずの発生は通過回数に比例してひどくなる。

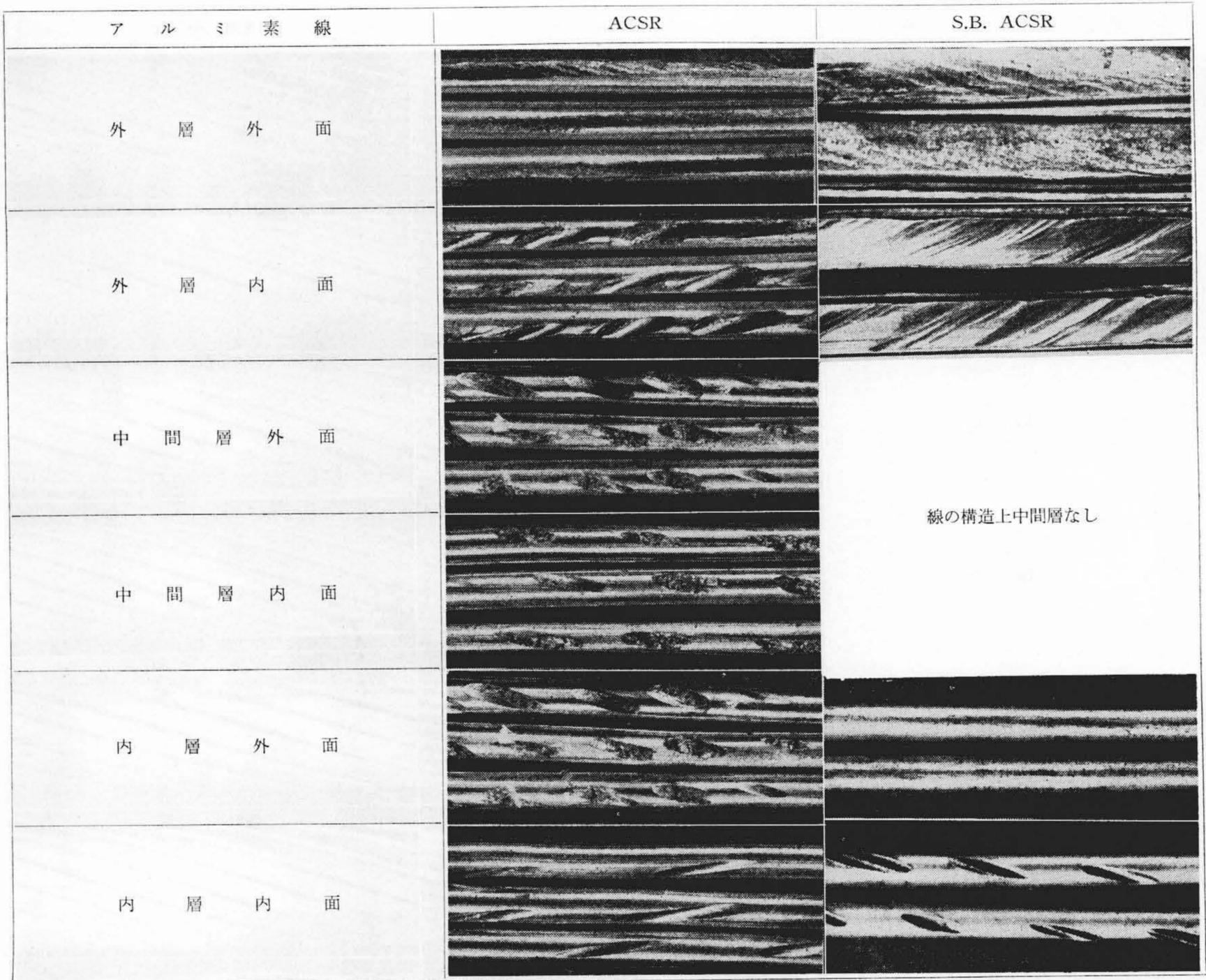
またアルミ各層 (内面) のきずの状況をみると第4図のようになっている。これで見るとアルミ外層外面のきずは釣車によるすりきずといったものであるが (これは釣車に対する電線の取付け状況も影響する), 内層に行くにしたがって押しきず

となり比較的深くなっている。

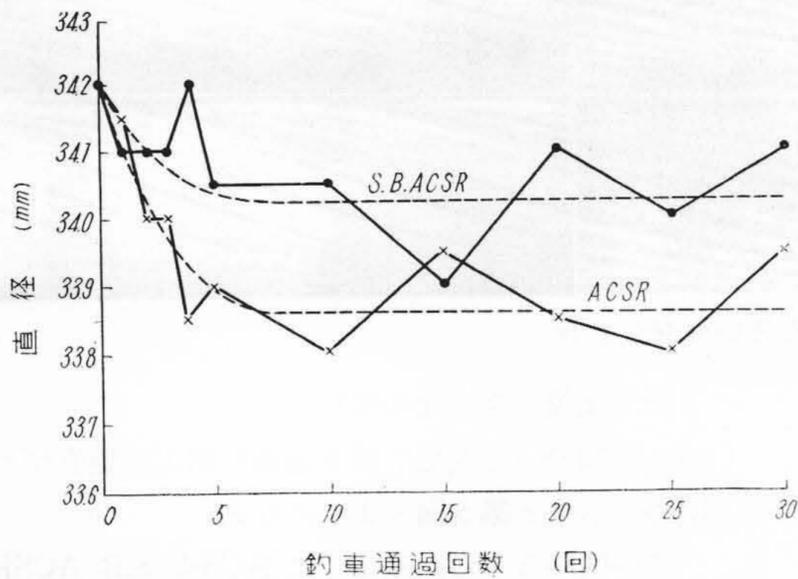
(c) 撚線の性能変化: 釣車通過回数と撚線直径の関係を示すと第5図のようになる。

この図からもわかるように ACSR, S.B. ACSRとも通過回数が進むにしたがって徐々に減少し, ある程度進めば安定する。減少の程度はあまり大きなものではないが, S.B. ACSRの方がいくぶん少ない。なおこのときの測定器はノギスを用いた。

第6図は釣車通過回数とアルミ外層の撚ピッチの関係を示すものである。この場合も ACSRのほうが大ききな変化をみせている。傾向としては撚線外径の変化と同様ある程度変化が進めばその後



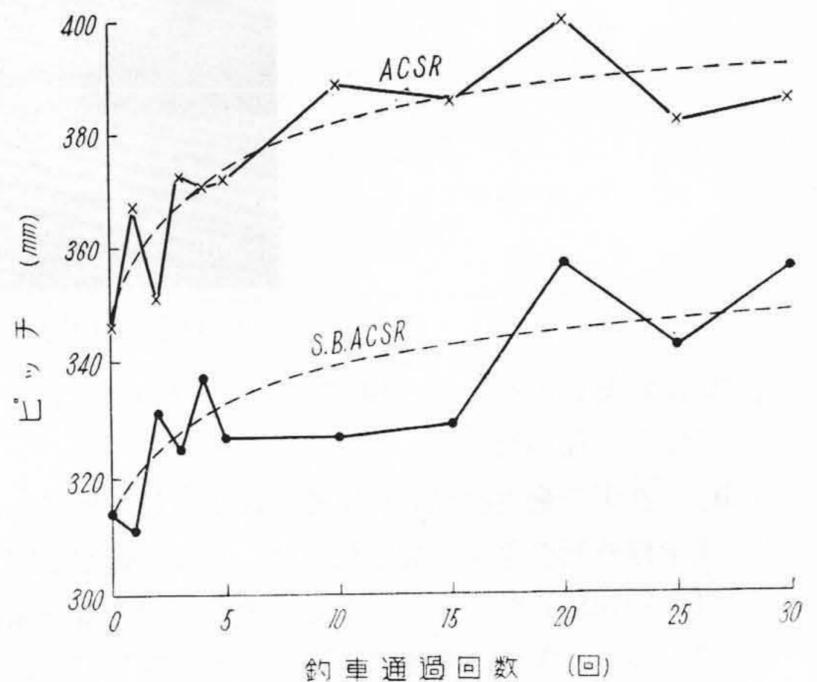
第4図 釣車実験後のアルミ各層のきず発生状況



第5図 釣車通過による撚線外径の変化

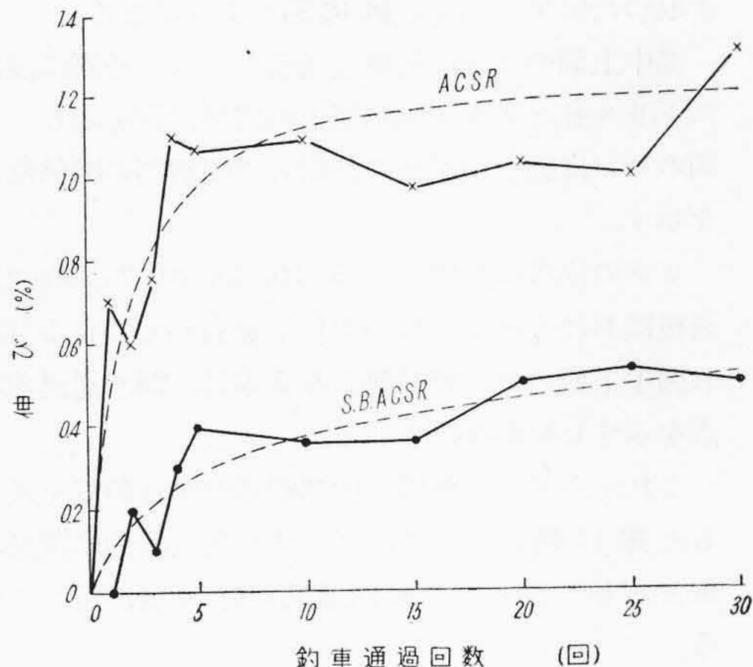
は安定する。しかし一方では通過回数が多くなれば笑い、伸びなども影響してくる点は見のがせない。

また ACSR の釣車通過部分に 1 m の標点距離をとり、釣車通過ごとにその伸びを測定した。第7図にその結果を示す。これら第5~7図まではみ



第6図 釣車通過による撚ピッチの変化

な一連の関係にあるものである。すなわち撚線外径の変化、撚ピッチの変化それに撚線伸びの変化といずれもその傾向は似ている。結果はやはり S.B. ACSR のほうが良好である。



第7図 釣車通過による伸びの変化

第1表 釣車実験前後の素線の性能

項目	ACSR			S.B. ACSR			
	試験前	試験後	低下率 (%)	試験前	試験後	低下率 (%)	
抗張荷重 (kg)	アルミ外層	212.4	208.2	1.96	308.5	303.5	1.49
	アルミ中間層	214.1	199.3	6.92	—	—	—
	アルミ内層	210.7	202.6	3.85	309.5	304.5	1.62
	鋼層	1,705.0	1,714.0	+0.53	1,200.0	1,202.0	+0.17
伸び (%)	アルミ外層	2.03	1.69	16.80	3.99	3.59	10.0
	アルミ中間層	2.05	1.53	26.80	—	—	—
	アルミ内層	1.96	1.63	16.80	2.28	2.20	3.51
	鋼層	6.29	5.91	6.04	6.22	6.20	3.22
電気抵抗 ($\mu\Omega/m$)	アルミ外層	2,434	2,436	0.82	1,103	1,106	0.29
	アルミ中間層	2,434	2,438	1.64	—	—	—
	アルミ内層	2,434	2,438	1.64	1,590	1,592	0.13

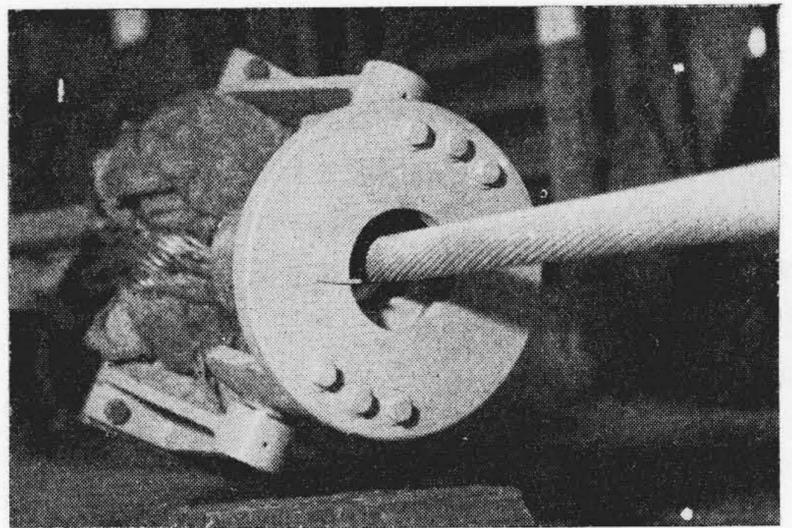
(d) 素線の性能変化: 釣車通過実験による素線の性能変化としては抗張荷重, 伸び, 電気抵抗を測定した。

それぞれについて釣車通過部の釣車実験前後について調べた結果を示すと第1表のとおりである。

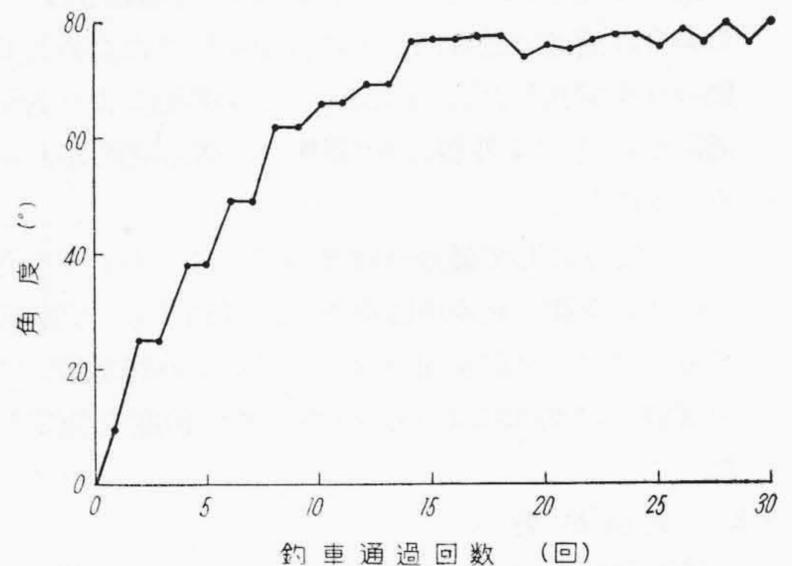
表中の値はアルミ外層, 中間層, 内層などの平均値を示してある。これも S.B. ACSR のほうがいくぶん良い結果を示しているが, それも数パーセント程度のものである。いずれにしても釣車実験による素線の性能変化は両者間に大差ないものと思う。

〔III〕 釣車通過時の回転角

ACSR の延線を行う場合, ACSR の機械的問題の一つとして回転角の問題がある。これは撚線のくせなども関係するものと思われるが, 電線が延線時に釣車を通過す



第8図 ACSR 回転角測定装置



第9図 釣車通過回数と ACSR の回転角

るとき, 釣車にしごかれて撚線に回転力を生じ, 電線全体として回転することが観察される。したがって本実験ではまずその量を知るのが目的で実験を行った。

試料としては普通の ACSR を用い, 測定方法は ACSR の一端を合金端子とし, この端子にスラストベアリングを介して第8図に示すような回転角測定装置を配置した。ほかには前に述べた釣車実験と同じ方法で釣車実験を行い, 各回ごとの電線の回転角を測定した。

実験結果を示すと第9図のとおりである。図から明らかなように釣車通過方法は往復運動であるにもかかわらず回数若いうちは, 通過回数が偶数回 (第2図において釣車がカムアロング側に移動した場合) に著しい。なお図中撚線の回転方向は第2図において右ねぢを回した場合カムアロングの方向に進む向きを正とした。

釣車通過数15回以上では大体安定した状態となり, その量は80度に達している。

〔IV〕 釣車通過による撚層間のずれ角度

ACSR の回転角, 撚層間のずれなどはいずれも電線が延線時に釣車を通過するさい観察されるものである。

すなわちこの撚層間のずれは, 釣車通過にさいしアル

ミ外層が下層に対して回転的にずれることより観察される。

これは架線工事中経験される撚りのゆるみの一因となるものとも思われる。その原因としては釣車によりアルミ外層がしごかれ、笑いが蓄積し下層と分離するためと考えられる。この撚層間のずれ角度測定はさきに述べた釣車実験に関連して行つたものであり、試料は普通のACSRを用いた。

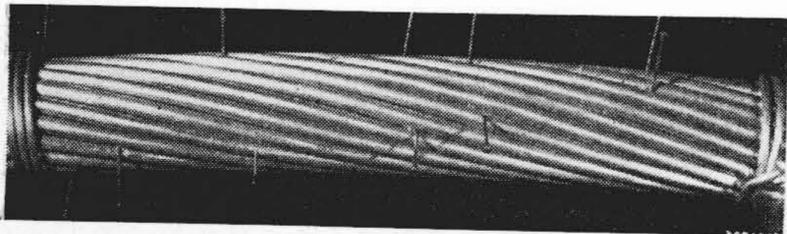
(1) 実験方法

釣車実験についてはさきに述べた方法と同じである。ただこの釣車実験に先だちあらかじめACSRのアルミ外層素線にドリル(0.8φ)でアルミ中間層に達する孔をあけた(この孔数は測定回数だけ、今の場合通過回数5回ごとに測定を行つたため計6個の孔を穿孔した)。すなわちこの穿孔により釣車通過前のアルミ外層と中間層との関係位置がわかるようにした。

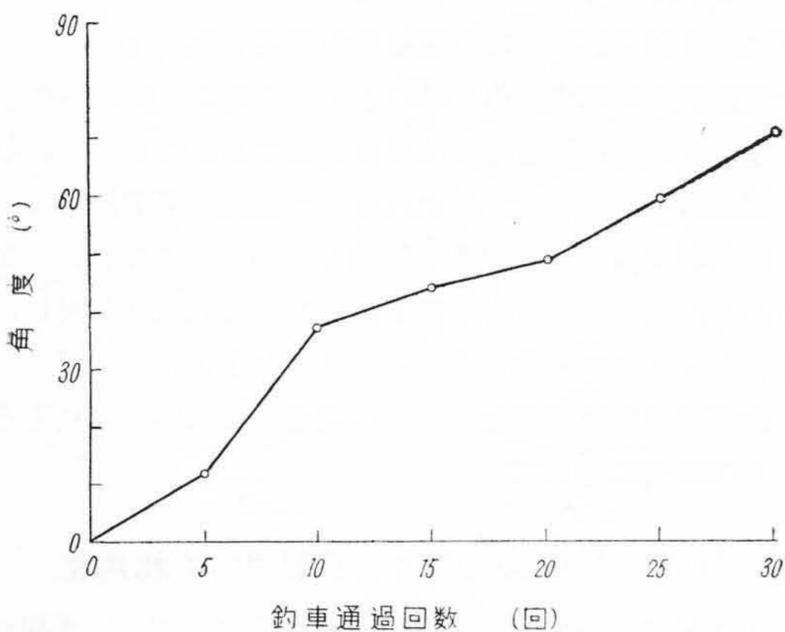
このようにして通過回数5回ごとにこのドリル孔からピンを挿し込み中間層外面に打刻する。実験終了後このマーク部を切り取り、アルミ外層を除いて中間層上の刻印により撚層間のずれ角度を測定した。

(2) 実験結果

通過回数5回ごとにドリル孔からピンで中間層外面に打刻し、実験後そのマーク部のアルミ外層をは



第10図 釣車実験後の外層中間層間のずれ



第11図 釣車通過によるACSR外層-中間層間のずれ角度

ぎ取つた結果を示すと第10図のようになる。

図中上側のピンは釣車通過前のアルミ外層に設けたドリル孔とアルミ中間層上の関係位置を示し、下側のピンは釣車通過後の外層と中間層間の関係位置を示す。

ピンの位置は右側より5, 10, 15, 20, 25, 30回通過後におけるそれぞれのずれ量を表わしている(なお図中上側のピンで右側より5本目、25回通過前の点を示すピンが抜けている)。

これからアルミ外層-中間層間のずれ角度を求めると第11図のようになり、ずれ角度は釣車通過回数とともに増加し、30回通過で約75度に達している。

一方アルミ各層素線のきずを見ると(第4図参照)アルミ中間層内面以内のきずは外層のそれと異なり、きずの移動は認められず局部的なもので初回とほぼ変わらない箇所である。したがってほかの層間のずれは考えなくとも良いものと思う。

[V] 剛性実験

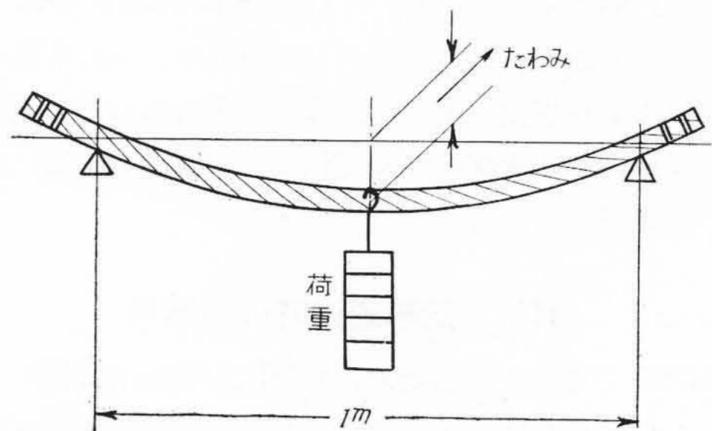
今回610mm²強力ACSRとして試作されたS.B.ACSRはその鋼心断面積が従来の610mm²ACSRのそれに比べて2倍近く(ACSR=79.4mm², S.B.ACSR=152.8mm²)ある。したがってこの鋼心断面積の比から見て当然架線工事中の取扱いの難易が問題になるものと予想される。

そこでACSR, S.B.ACSRについてその剛性を測定する必要があり、ビーム法により測定を行つた。

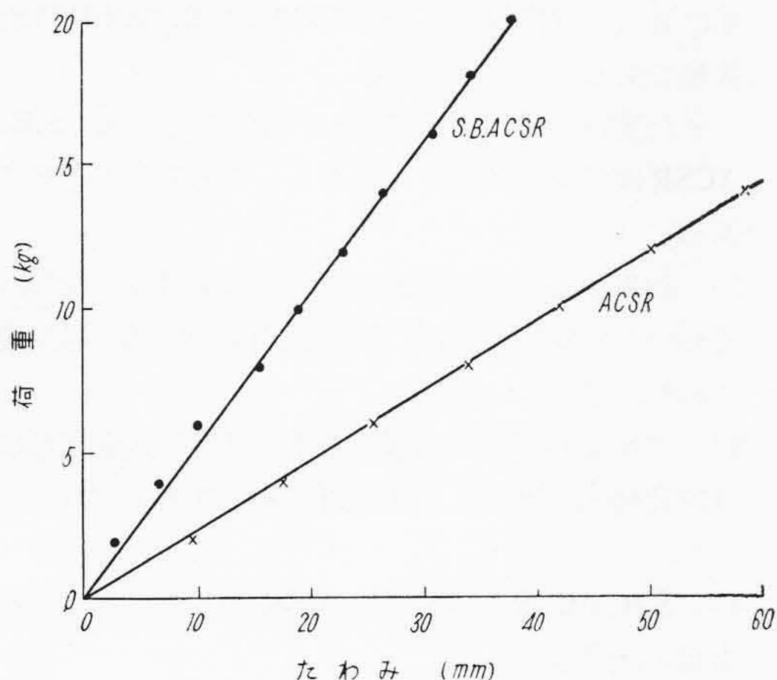
第12図はその実験方法であり、両端支持された電線の中央に荷重をつり下げ、そのときの荷重とたわみの関係からそれぞれの曲げ変形の難易を測定した。

第13図にその実験結果を示す。荷重-たわみの関係は両者とも直線関係にあり、S.B.ACSRのほうが曲げに対する抵抗はずつと大きくなって、同一変位を与えるには約2倍の力を必要とする。

次に荷重-たわみの関係から剛性EIを求めると



第12図 ビーム法による鋼性測定法



第13図 荷重-たわみの関係

$$EI = \frac{Wl^3}{48\delta}$$

E : 弾性係数 (kg/mm²)

I : 断面二次モーメント (mm⁴)

W : 荷重 (kg)

l : スパン (mm)

δ : たわみ (mm)

$$EI_{ACSR} = 5.08 \times 10^6 \text{ kg}\cdot\text{mm}^2$$

$$EI_{S.B. ACSR} = 10.97 \times 10^6 \text{ kg}\cdot\text{mm}^2$$

となる。

[VI] ACSR のトルクおよび捩れ角

ACSR の機械的性能を判定するには前項までに述べた釣車実験、剛性などもあるが、そのほかにトルクの問題も取りあげられる傾向にある。

今回 610 mm² ACSR について簡単なトルク試験器と抵抗線歪計を併用し実測した。本実験に用いた装置の略図を示すと第14図のようになる。

(1) 抵抗線歪計によるトルク測定法

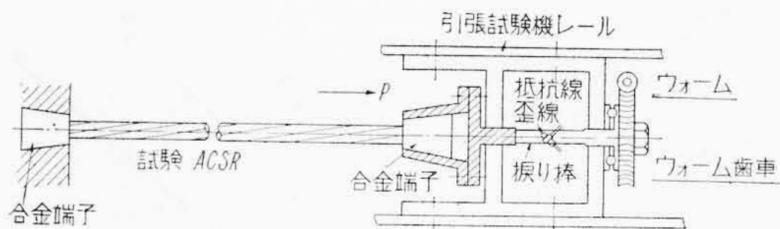
抵抗線歪計を用い、軸の捩りひずみを測定するには一般に良く知られているゲージを4個用いる方法をとった。

すなわち第15図に示すように軸の表面に45度螺旋上にそつて4個のゲージを配置した。こうすることにより曲げモーメントの場合は、 A, B が増せば C, D が減少し (この逆の場合もある)、また軸方向の推力の場合は、全ゲージが同量だけ変化するから結局電橋は不平衡にはならない。

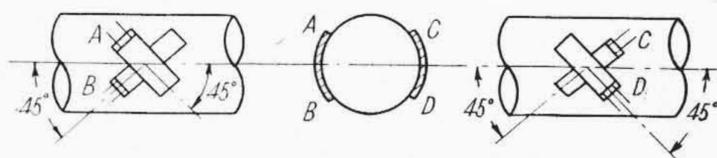
(2) トルク測定機構

トルク測定機構としては第14図に示したとおり、前川試験機製 30 t アムスラ横型引張試験機に簡単なトルク測定器を取り付け抵抗線歪計を併用した。

トルク測定器としては ACSR の一端に適当な捩り剛



第14図 ACSR のトルクおよび捩れ角測定装置



第15図 捩り棒上のゲージ配置状況

性をもつた捩り棒をとりつけ他端を固定する。この捩り棒には上に述べたように4個のゲージを配置してある。

この状態で ACSR に張力を加えると、撚線である試料はトルクを発生し、捩り棒にひずみを生ずる。このときの歪量を動的歪計により直読する。なおこのときの捩り棒の歪量と実トルクの関係はあらかじめ較正してある。

(3) 捩れ角の測定

捩れ角の測定は前のトルク測定のとおり測定器を用いてある。ACSR に張力を加えると撚線にはトルクが発生し、捩り棒にひずみを生ずる。このとき第14図からもわかるようにこの捩り棒を回転させるウォームギヤにより捩り棒内の応力がなくなるまで回転を与える。

これは結局歪計の指示が零になる点である。このとき捩り棒に与えた回転角をウォームギヤ部に取り付けた分度器により読みとる。

(4) 実験条件

試料: 610 mm² ACSR (54/3.8 Al, 7/3.8 st)

試料長: 1, 3, 6 m のもの各1本

荷重: ACSR 完成品の場合 0~6 t
アルミ外層はぎの場合および鋼心のみの場合 0~5 t
アルミ外層, 中間層はぎの場合 0~3 t

(5) 実験結果

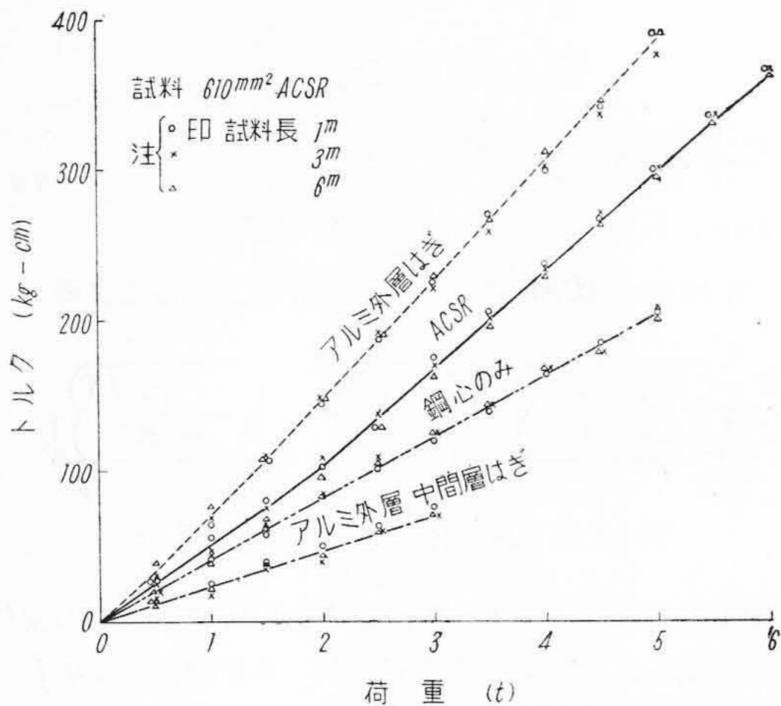
以上のような条件により行つた実験結果をまとめると荷重-トルクの関係は第16図、荷重-単位長さあたりの捩れ角の関係は第17図のとおりである。いずれもほとんど荷重に比例し直線的である。

なお図中トルク、捩れ角とも全部正方向にとつてある。これは各外層の撚りのしまる方向を正にとつた関係である。

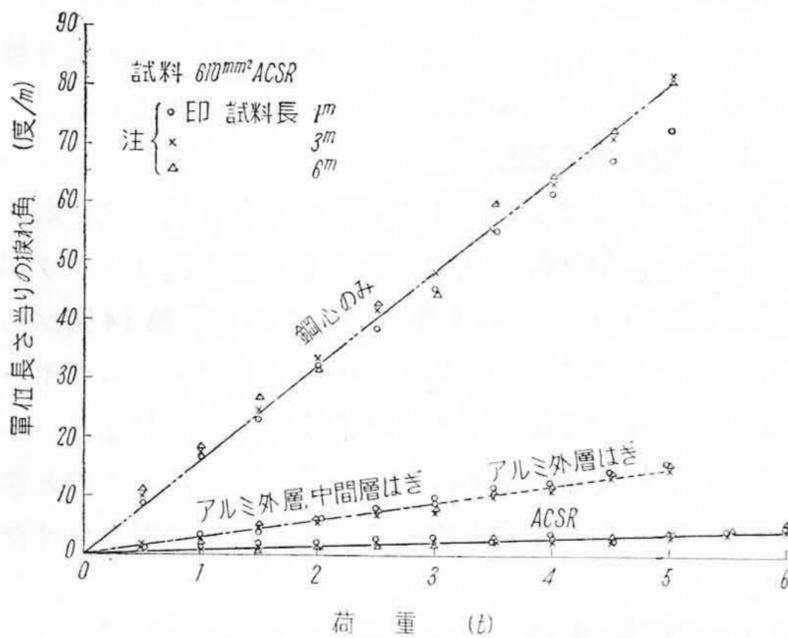
すなわち 610 mm² ACSR はアルミ層が三層あり、アルミ外層、内層はS撚、中間層、鋼心の撚方向はZ撚である。

[VII] 結 言

以上の項目により 610 mm² ACSR, S.B. ACSR につ



第16図 荷重—トルクの関係



第17図 荷重—単位長さ当りの捩れ角の関係

いての比較試験および ACSR について機械的諸問題について実験を行つた結果を総括すると

- (1) 釣車実験の結果、きずについては ACSR は釣

車に対して点接触であるのに対し、S.B. ACSR は面接触であるため有利である。

また笑いの点では伸びなども関係するが、S.B. ACSR はアルミ外層がロックドしてあるため有利である。

- (2) 釣車通過による撚線の回転角は通過回数15回くらいから安定するが、試料長 6m では30回通過後で80度に達している。
- (3) アルミ外層と中間層間のずれ角度は通過回数にほぼ比例的に増加し、30回通過後で70度のずれを生じた。
- (4) S.B. ACSR の剛性は ACSR のそれに比べて約2倍の大きさにある。
- (5) ACSR のトルクに関しては二、三の傾向が判明し、今後の実験に対する目安となつた。

最後に本実験を行うにあたり、終始御指導下さつた日立電線株式会社岩田部長、久本副部長ならびに福田氏に対し厚く感謝の意を表する次第である。

参考文献

- (1) 岩田, 山本, 岡: 日立評論別冊 7, 141 (昭29-7)
- (2) 山本, 岡: 昭和29年電気三学会支部連合大会 392
- (3) 山本, 福田: 日立評論別冊 9, 117 (昭30-3)
- (4) 山本, 岡, 福田: 日立評論 37, 661 (昭30-4)
- (5) 山本, 岡, 福田: 日立評論 37, 1079 (昭30-7)
- (6) 山本, 福田: 日立評論 38, 1201 (昭31-9)
- (7) 山本, 岡, 福田: 昭和30年電気三学会連合大会 449, 450, 451
- (8) 山本, 岡, 福田: 昭和31年電気三学会連合大会 439, 440
- (9) 山本, 福田, 小形: 昭和32年電気四学会連合大会 477
- (10) 山本, 福田, 万代, 大島: 昭和32年電気四学会連合大会 478

日立電線関係の論文紹介 (その7)

(第71頁より続く)

- (17) 621. 397. 5
堀口二三男, 古谷勝美: テレビジョン受信フィーダーの取扱法, テレビジョン 10 (11) 424 (昭31-11)
- (18) 621. 315. 2. 017. 1
八田 達, 岩上秀夫: 水底搬送ケーブルの漏洩コンダクタンス, 日立評論 39 (2) 253 (昭32-2)
- (19) 621. 315. 212: 678. 742. 2
堀口二三男, 庄司一男, 瀬成田一男: 佐久間発電所に使用された発泡ポリエチレン絶縁同軸ケーブル, 日立評論 39 (4) 461 (昭32-4)

工業用テレビジョン装置の映像信号の有線伝送に使用する同軸ケーブルは、伝送特性の優秀であることはもちろんであるが、線路費用が安価であることが要求される。今回電源開発株式会社佐久間発電所に、この要求を満足した発泡ポリエチレン絶縁同軸ケーブルが架設された。

本ケーブルは発泡ポリエチレン絶縁体の気泡が独立分散された小気泡からできているため、外被障害による絶縁障害のおそれがなく、しかも発泡ポリエチレンの誘電率が約 1.5 という低い値のため、ポリエチレン充実型の同軸ケーブルに比較して外径が約 30% 小さくなり、軽量、安価となつた。

構造上の特長としては、架設費用の軽減の目的のためにメッセンジャーワイヤと同軸ケーブルを塩化ビニル被覆で一体としたセルフサポーティング方式が採用された。

線路のインピーダンス均等性は非常によく、パルスの反射減衰量で 45 db 以上の好成績が得られている。

注: 鉛被関係論文は〔VII〕金属関係の項参照されたい。

(第84頁へ続く)