

# ACSR (鋼心アルミ撚線) 接続用圧縮スリーブの把持力 Gripping Force of ACSR Compression Type Straight Joint

山本三郎\* 福田重穂\*\*

## 内容梗概

ACSR (鋼心アルミ撚線) の接続は専ら圧縮接続方式が採られているが、その機械的強度は主に鋼スリーブが受持っている。本報告は 240 mm<sup>2</sup> ACSR 鋼スリーブを例にとつて圧縮スリーブの材質、寸法および圧縮率と把持力との関係を実験的に検討し、あわせて新案口唇状ダイスと従来の六角ダイスについて比較検討を行つたものである。その結果はつぎの通りである。

- (1) 冷鋼および軟鋼について 240 mm<sup>2</sup> ACSR 鋼スリーブの最短スリーブ長はそれぞれ 150 mm および 200 mm であることが明らかになつた。
- (2) 現用六角ダイスにおいては圧縮率 15% が最適条件である。
- (3) 使用ダイスに関し新案口唇状ダイスと六角ダイスを比較した結果、口唇状ダイスは把持力が 12% 大きいことがわかつた。

## 〔I〕 緒言

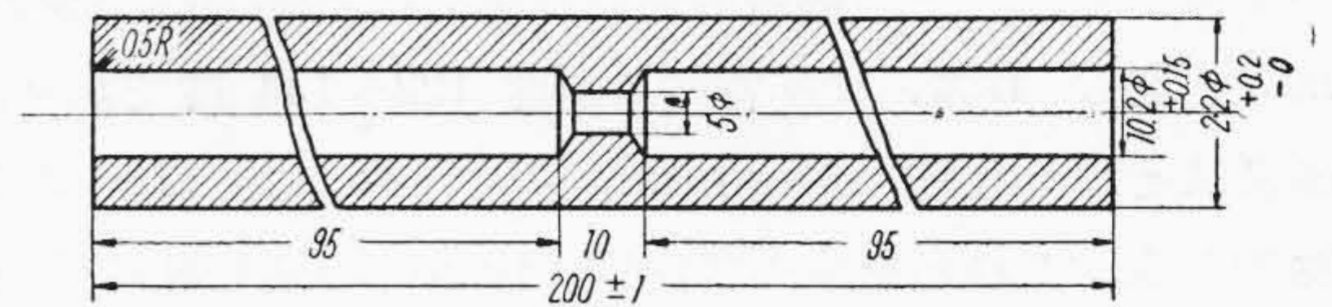
ACSR (鋼心アルミ撚線) の機械的諸問題についてはすでに報告してあるが<sup>(1)~(7)</sup>、さらに関心の払われている一つとして ACSR 接続に用いるスリーブの強度の検討が残されている<sup>(8)</sup>。一般に ACSR の張力を支える重要な金具である引留クランプおよび直線スリーブ等は圧縮接続方式が採用されており<sup>(9)~(11)</sup>、鋼線には鋼スリーブにより、アルミ線にはアルミスリーブにより別々に圧縮接続されるが、その機械的強度は主として鋼スリーブに依存している。従来これらスリーブについては圧縮用ダイスについて、正六角型、扁平六角型あるいは楕円より円型にする丸型ダイスなど、種々の考案がなされ、その結果現在一般には六角型ダイスが使用されているがスリーブの基礎的研究はなおざりにされてきたきらいがある。ACSR の機械的性能は最近とみに向上する趨勢にあるので、鋼スリーブの強度におよぼす効果については充分検討を加える必要がある。

そこで電源開発株式会社および東京電力株式会社の要請にもとづいて、比較的多く使用されている 240 mm<sup>2</sup> ACSR の鋼スリーブを用い、圧縮スリーブの材質、寸法および圧縮率と把持力との関係を実験的に検討し、鋼線劣化の程度を把握した。また新案口唇状ダイスを作り、これと従来の六角ダイスについて比較検討したので、これらの点について報告する。

## 〔II〕 スリーブ長と把持力との関係

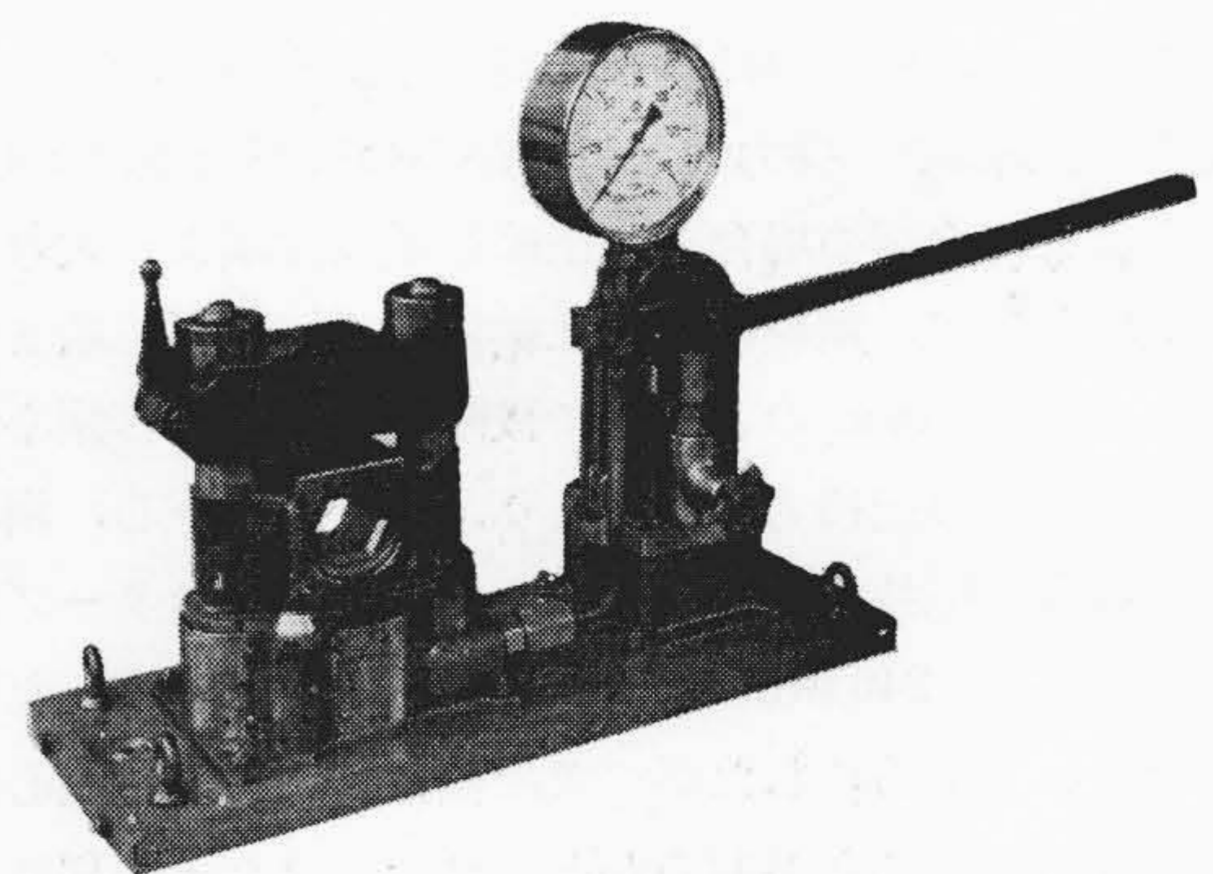
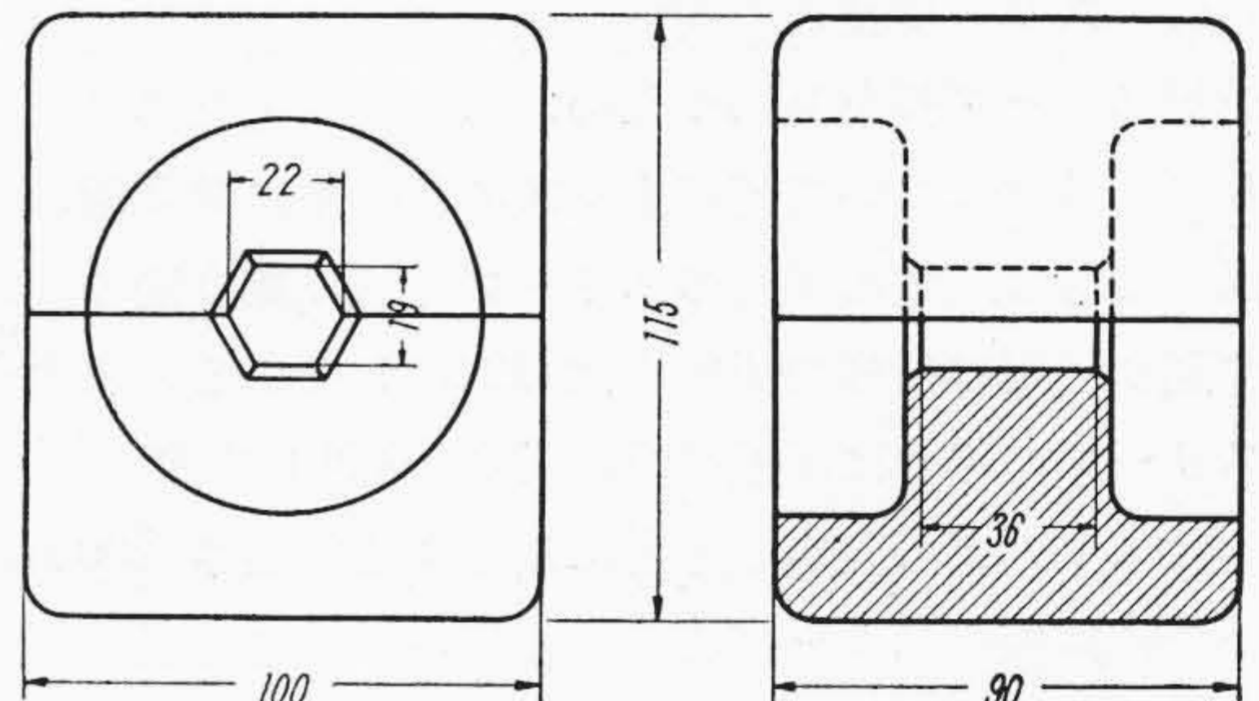
### (1) 圧縮接続

現在 240 mm<sup>2</sup> ACSR (30/3.2 Al+7/3.2 St) に用いられている鋼スリーブおよび鋼心圧縮用正六角ダイスを示すと第1図および第2図の通りであつて、スリーブ両端



(註) 材質：機械構造用炭素鋼 (抗張力 38 kg/mm<sup>2</sup> 以上)

第1図 240 mm<sup>2</sup> ACSR 用鋼スリーブ  
Fig. 1. 240 mm<sup>2</sup> ACSR Steel Straight Joint



第2図 日立式 100t 水圧機と圧縮用六角ダイス (240 mm<sup>2</sup> ACSR)

Fig. 2. Hitachi Type 100 t Hydraulic Press and Hexagonal Compression Die

より鋼線を挿し入れ、水圧機によりスリーブ中央より押し始め、逐次、左右に 1/3 ラップさせて圧縮して行き、約7回で圧縮接続が終るのが普通である。第2図はこの際使用される水圧機を示したもので、このようにして圧

\* 日立製作所日立電線工場 理博

\*\* 日立製作所日立電線工場

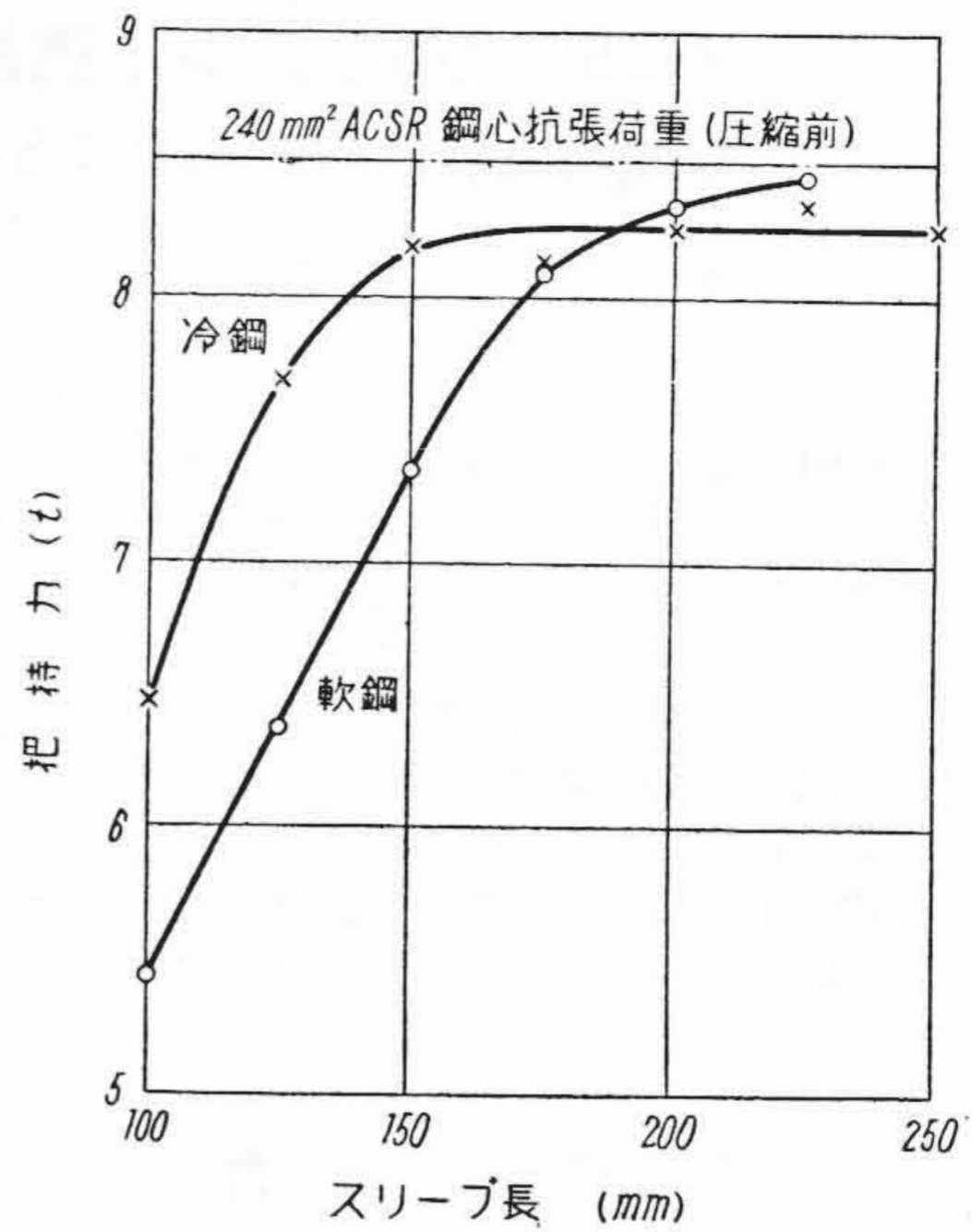
縮接続されたスリーブの把持力はスリーブの材質、長さおよび圧縮量によつて決まるものである。すなわちスリーブが長く、さらに圧縮量も大きければ、鋼線との接触面積がふえあるいは残留応力も増加して把持力は大きくなる。また材質面については機械的強度の低いものより高いものの方が把持力が大きくなると考えられるが、スリーブの硬度が高過ぎるとスリーブ自体の変形よりも鋼線の圧縮劣化をきたし把持力そのものの増大は期待できないであろう。したがつてこれら把持力におよぼす要因には最適条件があるはずである。そこで以下のような実験を行つた。

スリーブ試料は現在用いられている軟鋼 (0.10~0.15% C) と冷間加工で製造されたいわゆる冷鋼 (0.18% C) の2種とした。その機械的性質は前者は抗張力約 38kg/mm<sup>2</sup>、伸び 47%、ビッカース硬度 122~144 度であり、後者はそれぞれ約 53 kg/mm<sup>2</sup>、19% および 178~200 度である。これらをすべて内径 10.2φ の通し孔に仕上げ、適宜の長さとおよび外径を与えて、長さおよび圧縮量の効果を検討することにした。なお圧縮接続は前述したように現在行われている方法によつた。

### (2) スリーブ長との関係

最短スリーブ長を見出すため、長さを変えたスリーブそれぞれ5個について把持力を求めた結果は第3図に示す通りである。この場合のスリーブ寸法は第3図の註に示す通り現用の仕様で圧縮率は 12.5% である。まず軟鋼スリーブの場合は圧縮荷重は平均 66.6 t を要し、把持力はスリーブの長さとともに増加する。長さ 200mm 以下では鋼線がスリーブより抜け出るが、この長さを越えると、スリーブの端よりわずかに中に入った個所で鋼線の破断が起り、把持力は鋼心強度できまるからほぼ一定となる。その際の把持力すなわち鋼心の破断荷重は 8.4 t である。また冷鋼の場合には圧縮荷重は軟鋼より大きく 80.5 t であるが、鋼線の破断は軟鋼に比べて早く始まりスリーブ長 150mm のところで破断する。しかし鋼心が抜け出る場合の把持力は軟鋼より 1 t 近く低下し、鋼心破断の場合の把持力は約 8.2 t である。一方スリーブ圧縮前において 240 mm<sup>2</sup> ACSRの鋼心強度を測定した結果は 8.5 t である。したがつて圧縮接続によつて鋼心劣化が起きていることが明らかとなつた。またその程度は冷鋼スリーブの場合に大きいことがわかつた。

つぎに鋼線の破断個所を明示するため、圧縮前のスリーブ全長で把持力を除した値を示すと第4図の通りとなる。外側の仮想点線は鋼線が破断するのに必要な単位長さ当りの把持力であつて実線と一致した点が破断の始まる位置を示している。圧縮に際してスリーブはダイスと鋼線との間隙を埋めると同時に圧下され長さ方向に伸び



第3図 240 mm<sup>2</sup> ACSR 鋼スリーブのスリーブ長と把持力との関係

Fig. 3. Relation between Length and Gripping Force of 240 mm<sup>2</sup> ACSR Steel Straight Joint

る。このスリーブの移動は鋼線をずらせ鋼線の突き合わせ端末はしだいに離れて空隙を生じる。また鋼線も圧縮によつて潰され伸びる傾向が認められる。たとえば冷鋼スリーブの場合に1回圧縮で鋼線端末は 2.6 mm 離れ、5回圧縮では 4.5 mm 離れることが測定された。すなわち圧縮回数が多くなると鋼線がずれると同時に伸びる結果、長さ当りの把持力が低下するものと考えられる。第4図の破断点左側が一定でなく低下しているのはこのような理由によるものと思われる。以上鋼線がスリーブより抜け出ないために必要なスリーブの最短の長さは現行の圧縮率の場合では軟鋼で 200mm、冷鋼で 150mm であり、さらに圧縮による鋼心劣化は冷鋼スリーブの方が大きいことが明らかになつた。

### 〔III〕 圧縮率と把持力との関係

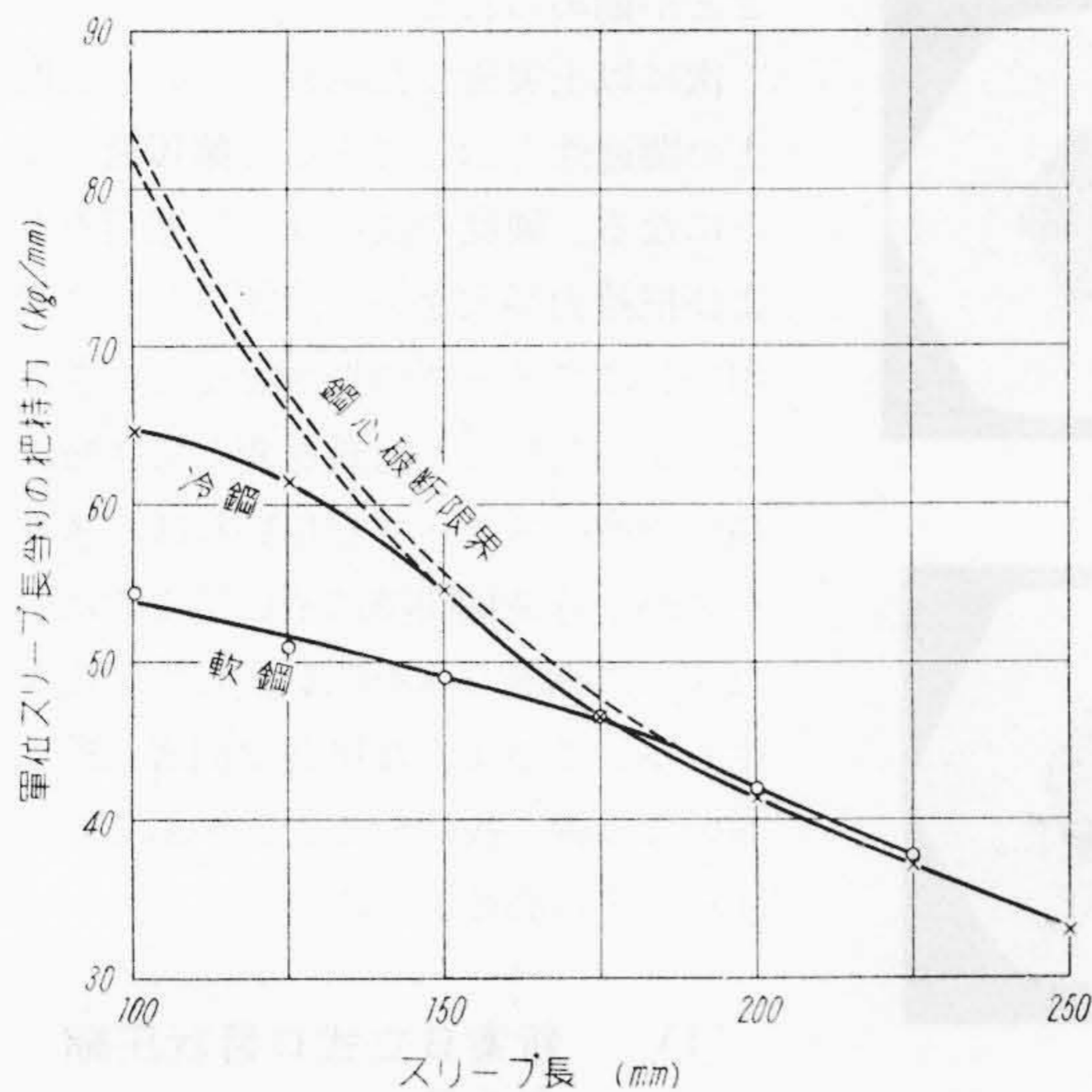
#### (1) 圧縮率との関係

スリーブの長さとともに把持力に大きく関係するのは圧縮率である。そこで引続き圧縮率と把持力との関係を検討した。ここで圧縮率と呼んだのは次式で定められる量で緊締度を表示したものである。すなわち

$$\text{圧縮率} = \frac{A_0 - A_1}{A_0} \times 100\%$$

ただし

$A_0$ : 圧縮前のスリーブ断面積  
+ 鋼心外側の囲む断面積



外径: 22.0φ 圧縮率: 12.5%  
内径: 10.2φ

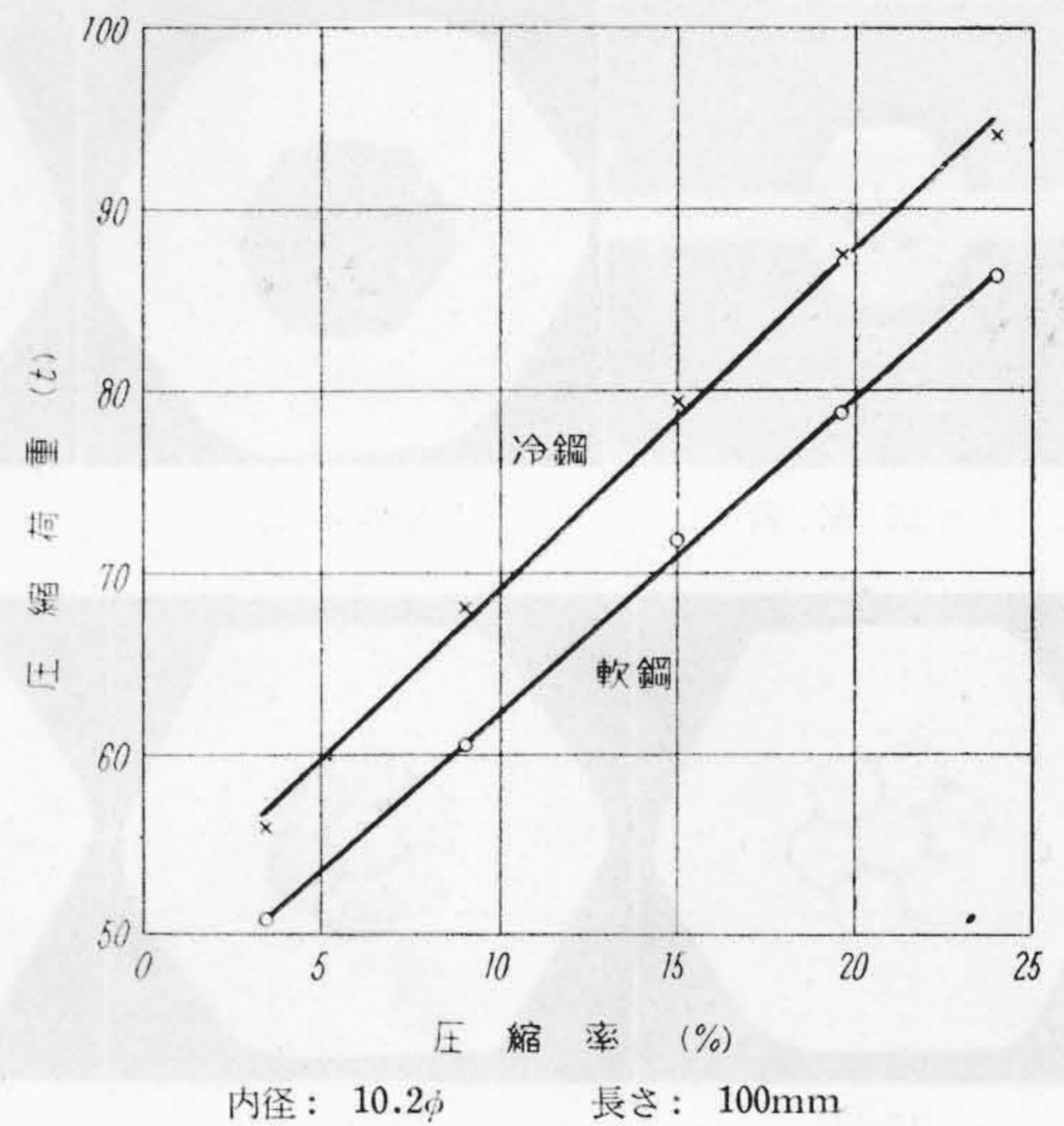
第4図 240 mm<sup>2</sup> ACSR 鋼スリーブの単位長当りの把持力

Fig. 4. Gripping Force per Unit Length of 240 mm<sup>2</sup> ACSR Steel Straight Joint

$A_1$ : 圧縮後の接続部断面積

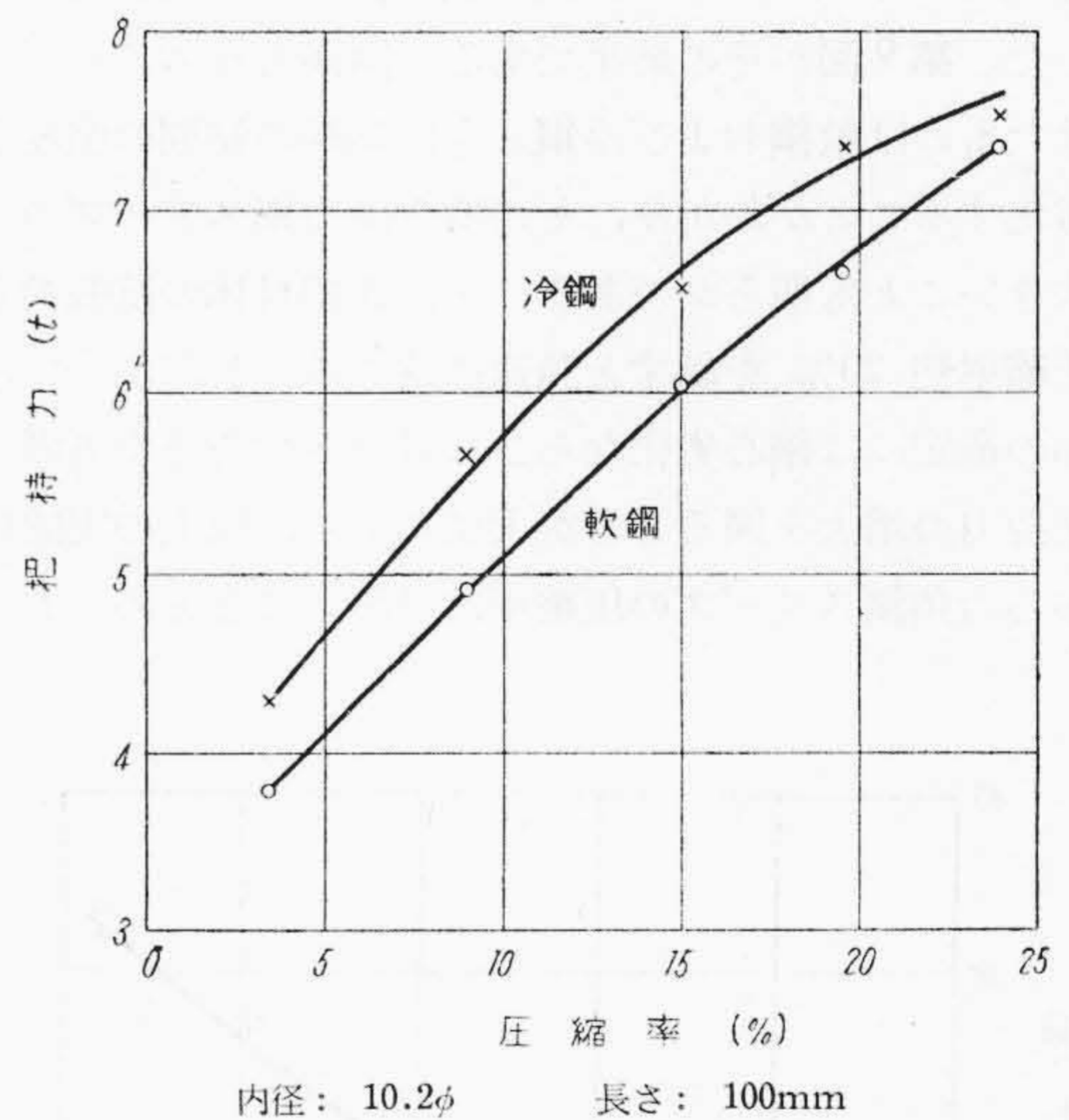
実験はスリーブ外径を変えることによつて種々の圧縮率を与えることにし、六角ダイスによつて圧縮接続を行い、その際の圧縮荷重と把持力を測定した。

第5図は圧縮率と圧縮荷重の関係を示したもので両者の間には直線関係があり、冷鋼スリーブの方が高い圧縮荷重を必要とする。把持力と圧縮率の関係は第6図の通りである。圧縮率が大きいくほど把持力は増大し、この場合も冷鋼スリーブの方が高い値を示している。本試験結果はスリーブ長100mmの場合であつて鋼線はスリーブ抜けを生じていたが冷鋼スリーブ23.9%の圧縮率のもののみ鋼線が破断した。冷鋼スリーブについて接続部断面を示すと第7図(次頁参照)のようになる。第7図よりスリーブの鋼線間隙への喰い込みは圧縮率15%より始まり、しだいに著しくなつて行くことがわかる。なお圧縮率が19.7%より軟鋼および冷鋼スリーブともにダイス合せ面に耳が発生したのであるが、同図では耳を落したものを載せたのでその状況は認められない。一方圧縮接続によるスリーブ自体の伸びを測定すると第8図に示すように伸びは圧縮率15%までは直線的であるが、これを越えると曲線となり上昇する。すなわち第7図からわかるようにスリーブの変形によつて鋼線を締めつけるが、圧縮率15%以上に達すると、スリーブはダイスと鋼心間で余分な圧縮を受けて長さ方向に伸びることになる。したがつてその際鋼線も痛めつけられることになる。それゆ



第5図 240 mm<sup>2</sup> ACSR 鋼スリーブの圧縮率と圧縮荷重との関係

Fig. 5. Relation between Compressive Ratio and Compressive Load of 240 mm<sup>2</sup> ACSR Steel Straight Joint



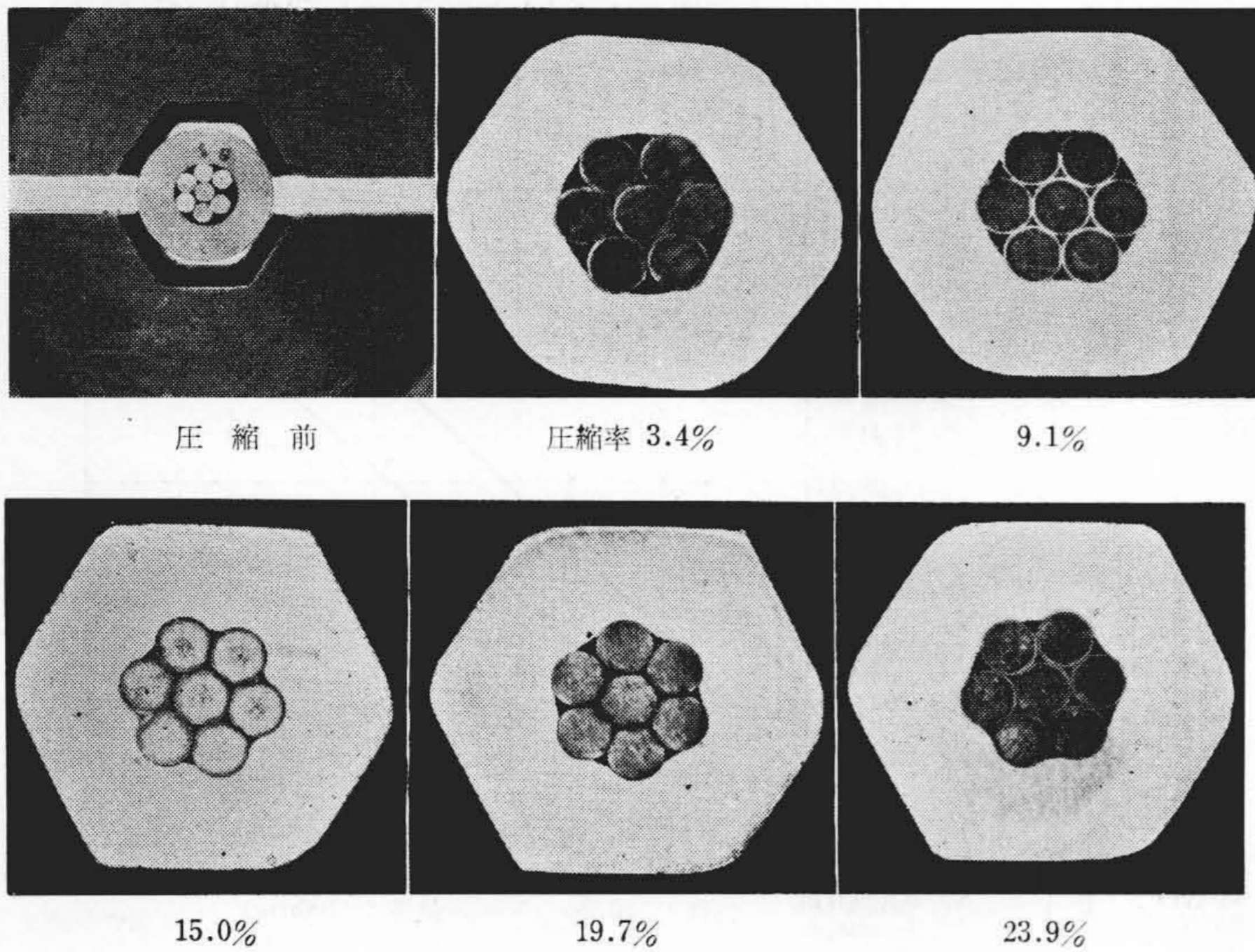
第6図 240 mm<sup>2</sup> ACSR 鋼スリーブの圧縮率と把持力との関係

Fig. 6. Relation between Compressive Ratio and Gripping Force of 240 mm<sup>2</sup> ACSR Steel Straight Joint

え、把持力を上げるために圧縮率を高めるのにも限度があり、鋼心劣化の程度を十分考慮しなければならない。

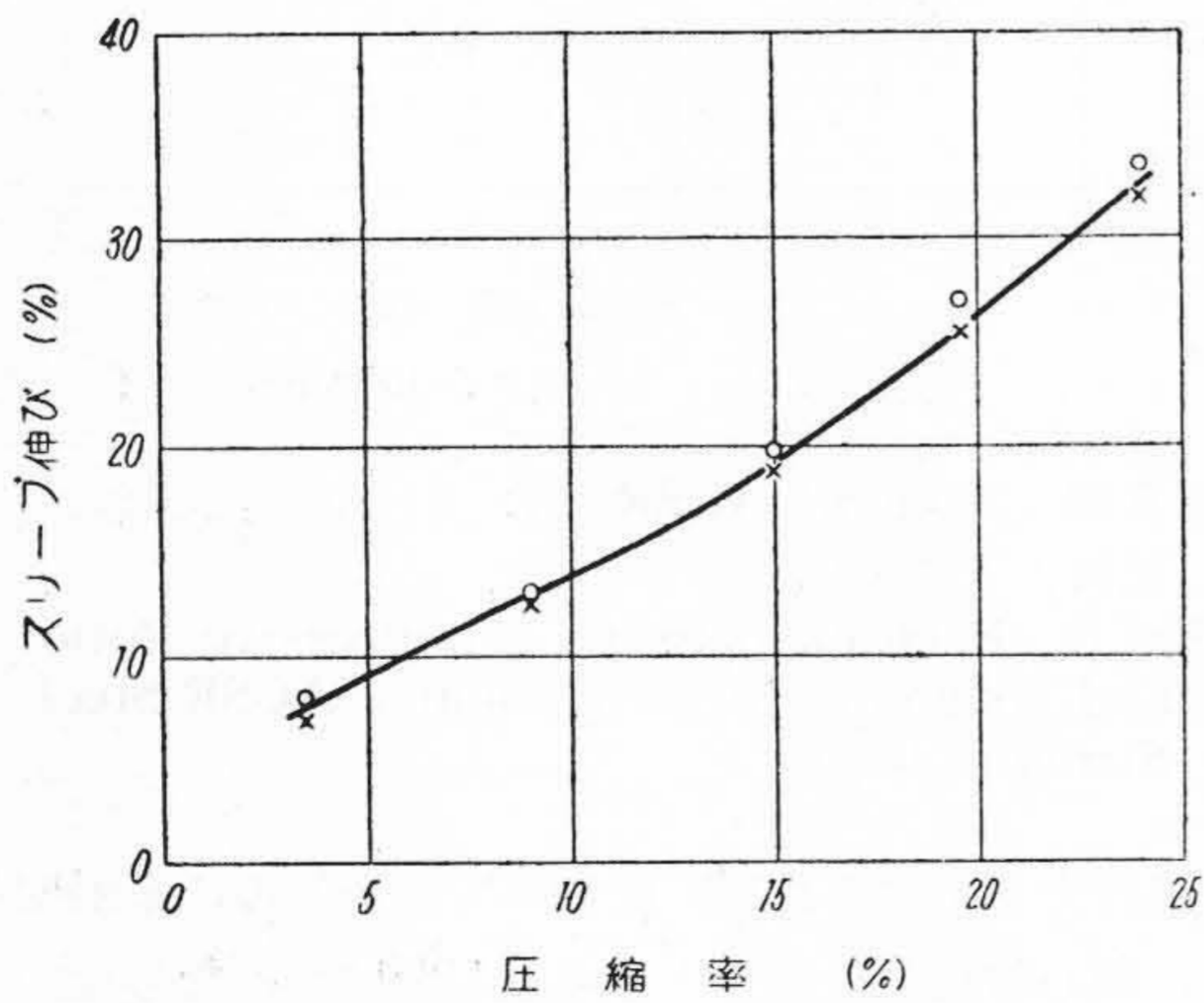
(2) 鋼心劣化およびスリーブ硬度との関係

鋼心劣化を検討するためつぎのような実験を行つた。すなわち鋼線は接続せず、連つた撚り合せのものに軟鋼および冷鋼スリーブを被せて圧縮したものならびに冷鋼スリーブを被せて圧縮した後、同スリーブをはぎとつた



第7図 240 mm<sup>2</sup> ACSR 鋼スリーブの圧縮断面 (冷鋼スリーブ)  
 Fig. 7. Cross Section of 240 mm<sup>2</sup> ACSR Steel Straight Joint Cold Worked Steel

鋼線のそれぞれについて引張試験を行い、劣化程度を測定した。第9図がその結果である。同図よりスリーブをつけたものは軟鋼および冷鋼ともに鋼線の初期の強度より劣化することがわかり、その度合は冷鋼スリーブの方が大きいことも明らかである。また鋼線自体の抗張荷重も圧縮率約20%を越すと急速に落ちる。したがって圧縮率の選定には鋼心劣化ならびに耳の発生防止を考慮して把持力の増大を図ることが大切であり、以上の実験結果から六角鋼スリーブの圧縮率は15%にとどめておく



○軟鋼, ×冷鋼, 内径 10.2φ, 長さ 100mm

第8図 240mm<sup>2</sup> ACSR 鋼スリーブの圧縮接続による伸び  
 Fig. 8. Elongation of 240 mm<sup>2</sup> ACSR Steel Straight Joint due to Joining by Compression

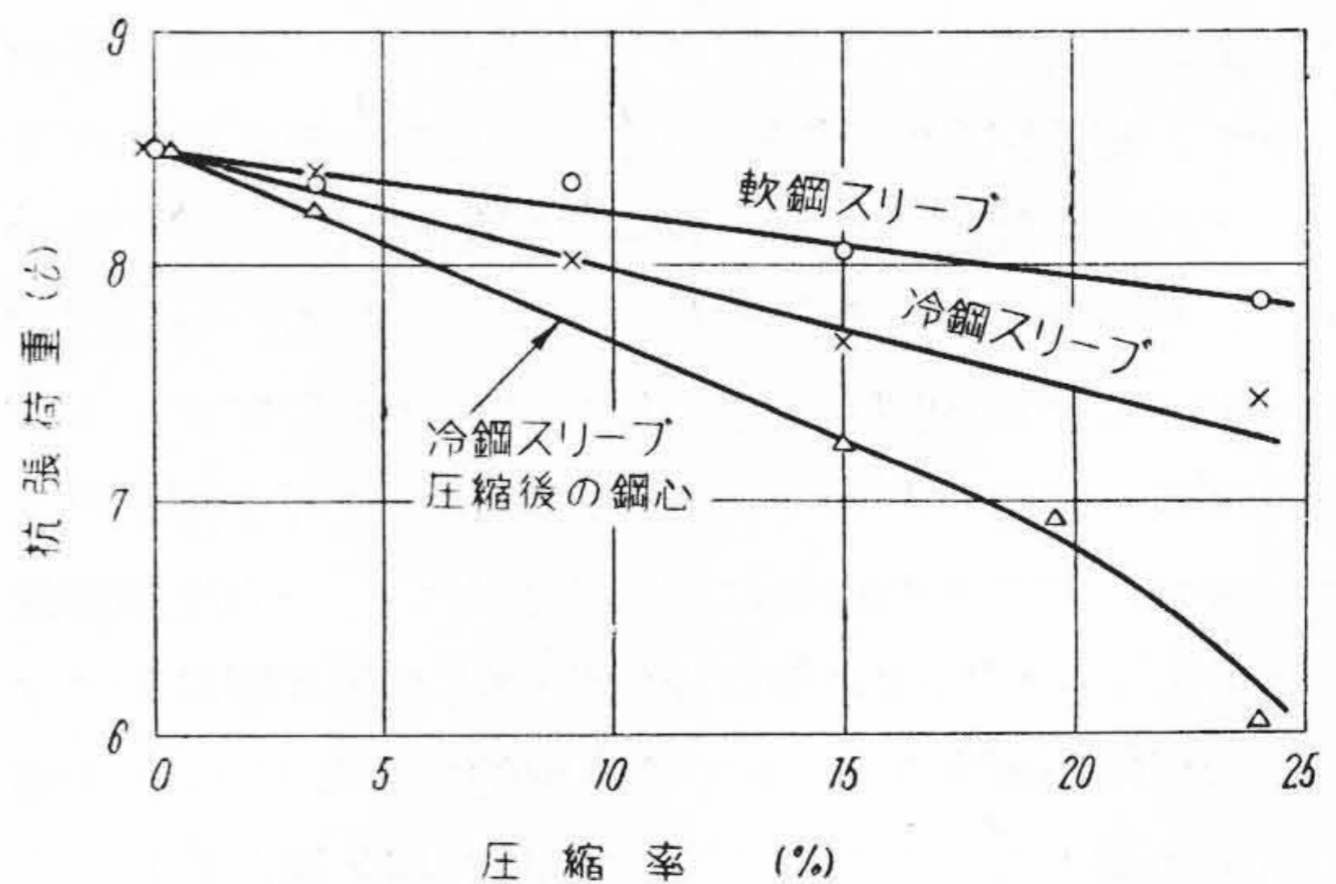
ことが勧められる。

次に以上実験した試料について硬度との関連性を示してみると第10図のようになる。硬度の高いほど圧縮荷重および把持力が大きい。冷鋼スリーブを用いればスリーブの長さを短くできることが判明した。材質を変えてさらに高い硬度のスリーブを用いれば、スリーブが十分鋼線間隙に喰い込まずにいたずらに鋼線のみを押し潰して劣化を生じる。このような場合は引張試験において鋼線が抜け出ることがあるので注意をする必要がある。

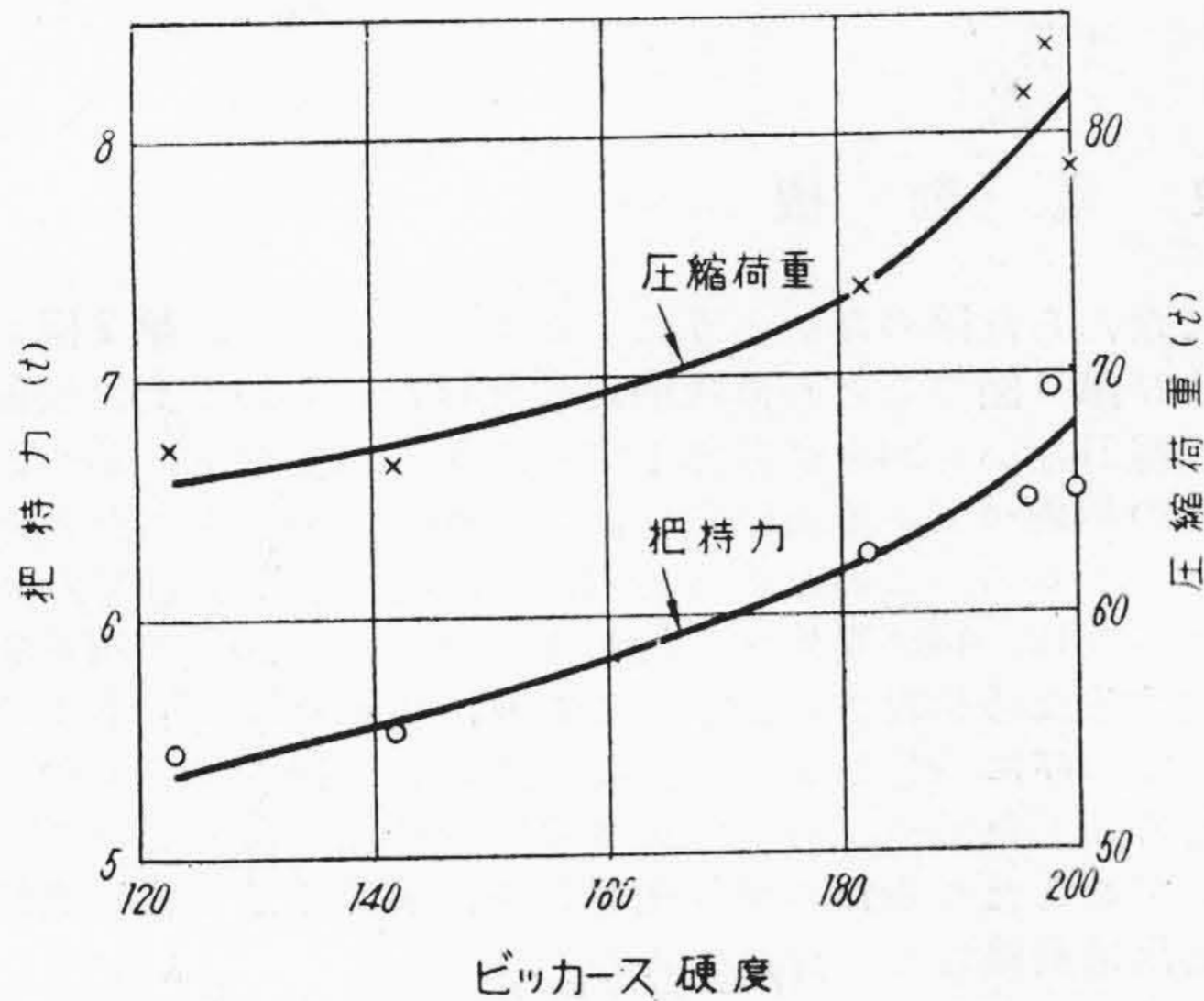
〔IV〕 新案日立式口唇状圧縮ダイス

前述した通り、六角ダイスによるスリーブの圧縮に際しては耳を生じ易くそのため圧縮率を大きくすることが困難である。

そこで耳の発生防止と圧縮率の増大を図ること、さらに圧縮後のスリーブ内部の応力分布を比較的均等にしてスリーブの把持力を向上させるため、第11図に示すような口唇状のダイスを試作した。本ダイスは近似直線部と円弧部（あるいは若干曲率を変えた曲線）とからできた口唇状のものである。このダイスの形状効果として、直線部は幅拡りを抑制して耳の発生を防止し1回の圧縮加工度を大きくする。また円弧部については次のような点をねらったものである。すなわち、鋼スリーブを圧縮後X線撮影によつてその内部応力を測定したところ、六角ダイスで圧縮した場合の応力分布は不均等であつて、圧縮方向および圧縮方向に対し60°方向すなわち



第9図 240 mm<sup>2</sup> ACSR 鋼スリーブの圧縮接続による鋼線劣化  
 Fig. 9. Deterioration of Steel Wires due to Compressive Joining of 240 mm<sup>2</sup> ACSR Steel Straight Joint



第10図 240 mm<sup>2</sup> ACSR 鋼スリーブの把持力および圧縮荷重とスリーブ硬度との関係  
 Fig. 10. Relation between Gripping Force, Compressive Load and Hardness of 240 mm<sup>2</sup> ACSR Steel Straight Joint

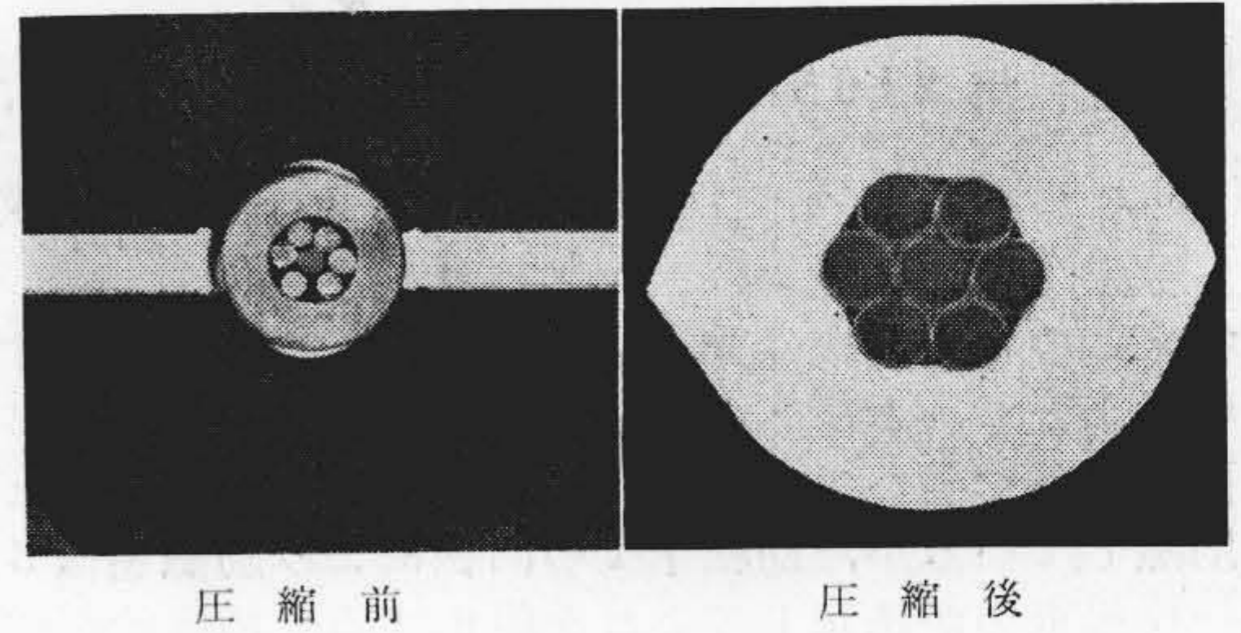
ダイス面に直角方向の内部応力に比べてダイス面に対し30°方向の応力が小さくその差が著しいことがわかった。したがってこの円弧部によつてスリーブ内部の応力分布を均一とするのがねらいであつて、以上の考えから全く新しい口唇状圧縮ダイス(特許申請中)を試作した。

これと現用の六角ダイスについて比較実験を行つた結果は第1表の通りである。スリーブ試料として外径22.0φ、内径10.2φ、長さ100mmの冷鋼スリーブを用いた。本実験における圧縮率は六角ダイスの場合は12.5%、口唇状は18.1%で、耳の発生がなく大きな圧縮率を得ることができた。また圧縮荷重は両ダイスともほとんど変わらないが、把持力は約12%口唇状ダイスの方が上昇することがわかつた。第11図はその断面写真であり鋼心の扁平化が見られない。

[V] 結 言

以上の実験結果を総括すると、

- (1) スリーブ長と把持力の関係は、スリーブ長にほぼ比例して把持力は増大する。240 mm<sup>2</sup> ACSR 鋼スリーブの最短スリーブ長は現行の圧縮率12.5%においては冷鋼で150mm、軟鋼で200mmを必要とする。
- (2) 圧縮率と把持力の関係は、ほぼ直線関係で、圧縮率の増加とともに把持力も大きくなつていくが、現用六角ダイスにおいては圧縮率が増すと圧縮による鋼心劣化が大きくなり、耳が発生するので、



第11図 新案日立式口唇状ダイスと圧縮断面  
 Fig. 11 New Designed Lip Shaped Hitachi Type Die and Cross Section of Joint

第1表 新旧ダイスによる把持力比較(冷鋼スリーブ)

Table 1. Comparison between Gripping Forces by Present Die and New Designed Die

圧縮ダイス	圧縮前スリーブ硬度(ビッカース硬度)	圧縮によるスリーブの伸び(%)	圧縮荷重(t)	把持力(t)	破壊状況
六角	200	17.3	78.5	6.51	スリーブ抜け
口唇状	202	21.1	80.4	7.31	"

[注] スリーブ 外径 22.0φ 長さ 100mm  
 内径 10.2φ  
 表中の値は5個の平均値を示す。

圧縮率15%が最適である。

- (3) 新案口唇状ダイスと六角ダイスの把持力を比較した結果は、圧縮荷重が増加せずまた耳の発生もなく口唇状ダイスの方が約12%大きいことがわかつた。

終りに本実験に当り種々御指導を賜つた日立製作所日立電線工場岩田部長、久本課長、設計課岡光美氏ならびに実験に協力された試作課大島君に厚くお礼申し上げる。

参 考 文 献

- (1) 岩田, 山本, 岡: 日立評論別冊 (7) 141 (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, 岡, 福田: 昭30年電気三学会連合大会 449, 450, 451
- (7) 山本, 岡, 福田: 昭31年電気三学会連合大会 439, 440
- (8) W.A. Schulz: Elect. World., 142 156 (Dec. 1954)
- (9) Aluminium Co. of America: 特許 第77443号 (昭3)
- (10) 藤倉電線: 特許 特公昭 27-4374
- (11) 古河電気工業: 特許 特公昭 29-8126



特許第 216583 号

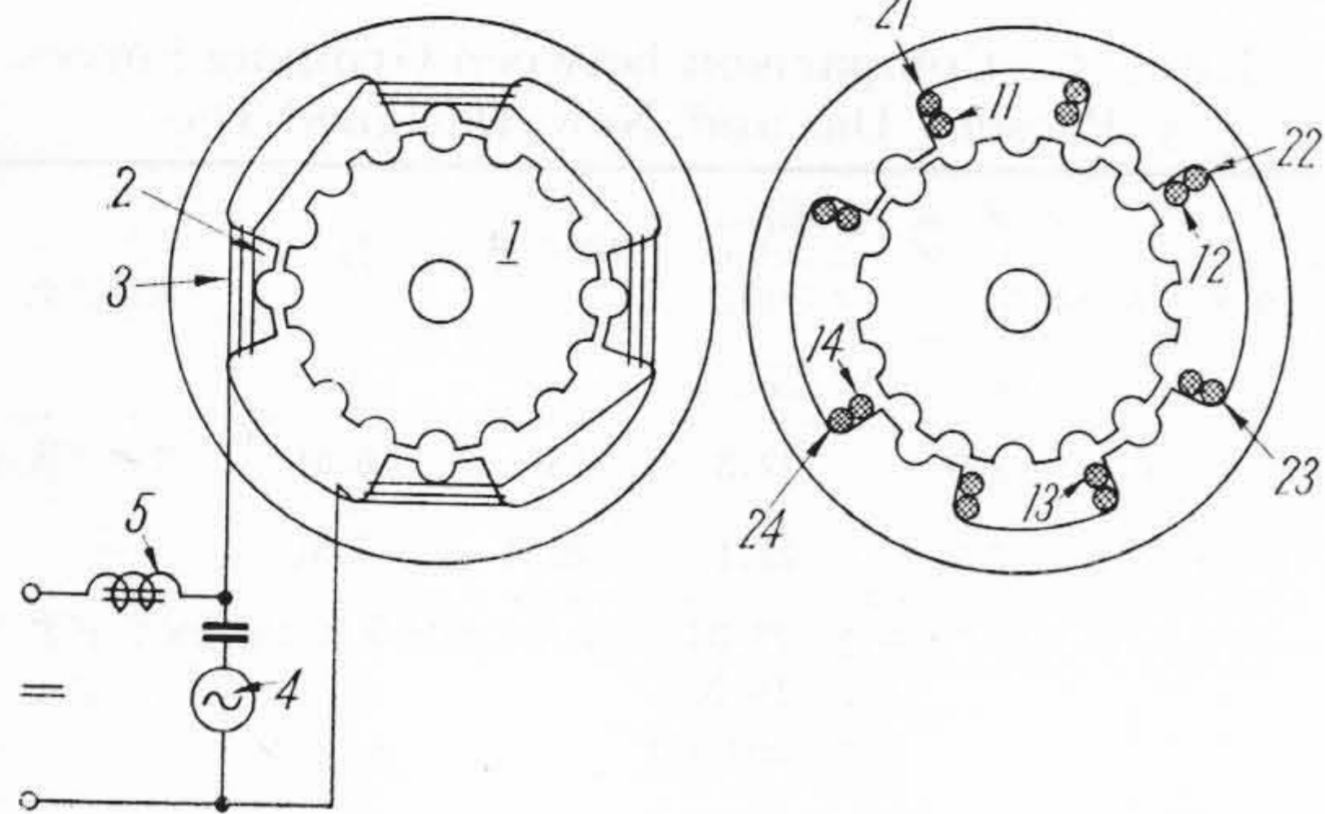
上 村 民 夫

小型高周波電動機

従来この種電動機は第1図に示すように、歯を有する回転子1とこれとひとしいピッチの歯を有する凸極2に励磁巻線3を巻いて、直流電源および高周波電源4とより励磁しているが、回転子1の回転により励磁巻線3に高い反起電力が誘起してこれを阻止するため塞流線輪5を必要とするばかりでなく、微弱な直流励磁では危険を生ずる弊害がある。

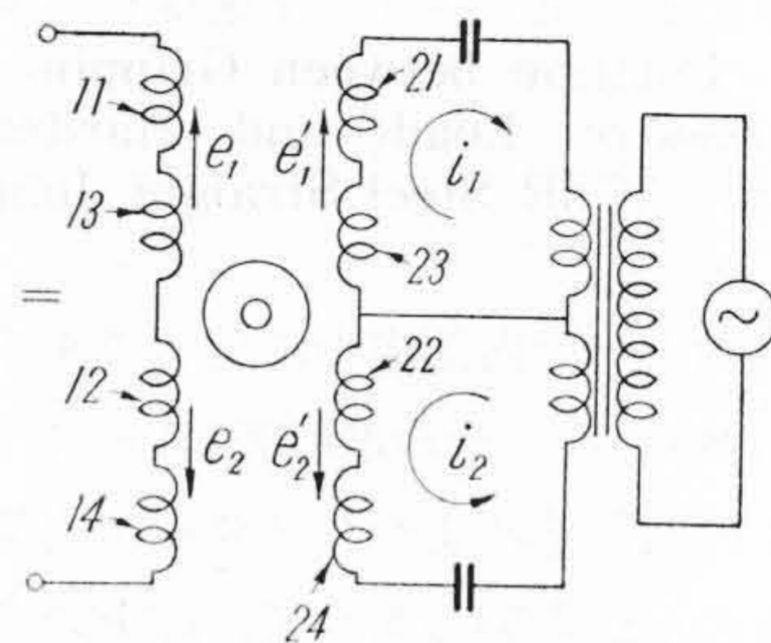
この発明は、直流励磁巻線の反起電力を相殺し塞流線輪を不要とするだけでなく、微弱な直流電源で応動させ

てなんら危険のないようにしたものであつて、第2図および第3図のごとく直流励磁巻線11ないし14と交流励磁巻線21ないし24とに分割し図示のように接続し、かつ凸極の相隣っている歯は電氣的に180°の偏位をあたえたものである。このため巻線11,13に発生する反起電力 $e_1$ は巻線12,14に発生する反起電力 $e_2$ と180°の相違を有するため相殺されるものであり、電動機は $e_1$ および $i_1$ ならびに $e_2$ および $i_2$ の作用により回転するものである。したがつて直流電源は真空管整流電流のごときものでことたりるため模写送受信機における送受信円筒駆動用電動機などに好適である。(田中)



第1図

第2図



第3図

日立評論

船用機器特集号

別冊 No. 14

我国の造船技術は戦前より高く評価されていたが、最近の造船界は外国船主よりも続々大型貨物船および大型タンカーを受注し、未曾有の活況と建造記録を示している。このことは我国の造船技術の優秀さは勿論であるが加えて造機技術の実績も深く認められていることを示すものである。

今回弊社では造機技術の成果集ともいふべき船用機器特集号を計画し、8月下旬その発行を見た。何卒御愛読をお願いします。

目次

- ◎ 船用機関の艤装について
- ◎ バブコック日立船用ボイラ
- ◎ 大型油槽船アレキサンドラ号 15,000 HP ボイラ
- ◎ 船用オイルバーナ
- ◎ 最近の日立船用蒸気タービン
- ◎ 艦艇用蒸気タービンの諸問題
- ◎ 最近の船用発電機および電動機
- ◎ 最近の船用配電盤および制御装置
- ◎ 電動揚貨機の最近における進歩
- ◎ 船用計器および継電器
- ◎ 日立船用D-F型遠心清浄機
- ◎ 船用 hidroホワ装置用機器
- ◎ 船用無線送受信装置

東京都千代田区丸の内1ノ4  
(新丸の内ビルディング7階)

日立評論社 誌代特価1部 ¥100(送料12)