

# ホットスティック対応型アルミ直線スリーブの開発について

## The development of a aluminum straight line sleeve for a hot-stick

松野 直也(N. Matsuno)

北海道電力株式会社

### 1. はじめに

従来、電線の直線接続は架線時においてドラムに分割された電線を接続するのに利用され、主に地上で行う作業であった。しかし、無停電工法を進める現在では、図1に示すように停電区間の縮小工法として通し箇所の切り分け工法が多用されるようになり、その復元に柱上においてホットスティック(以下、HSという)による直線接続が頻繁に行われるようになった。

しかし、アルミ線用直線スリーブは電線挿入に大きな力を必要とし、圧縮回数も多く、ホットスティックでの作業性が極端に悪かった。

そこで、HSでの作業性が優れ、安定した引張荷重が得られるアルミ線用直線スリーブを旭電機株式会社と共同開発したので、ここに報告する。

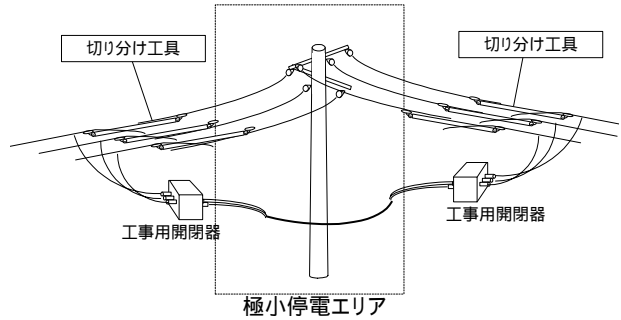


図1 停電区間の縮小工法

### 2. 圧縮方向による耐荷重の変化

ACSRは、引張荷重の1/3程度を鋼心に分担させることにより、電線の許容張力を維持している。

しかし、亜鉛メッキ鋼心は摩擦係数がアルミ線に比べ極端に小さく、圧縮によるニッキング(食い込み)が発生しないため、荷重を掛けるにはコンパウンドを入れるとともに、圧縮長を長くする必要があります。

また、鋼心とアルミ線の硬さの極端な違いにより、圧縮時にはアルミ部分だけが潰れるためその分アルミ線が延びる。このため、絶縁電線では口元でアルミ線がだぶつき『笑い』と呼ばれる現象が発生する。これを防止するため、絶縁電線用のスリーブは口元から中心部に向かって圧縮する逆圧縮が採用されてきた(図2参照)。この方法では、素線内にコンパウンドが入りにくいため、コンパウンドの量を増やしているが、このことが逆に作業性を悪くしていた。

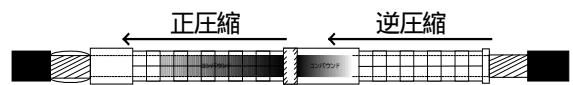


図2 スリーブの圧縮方向

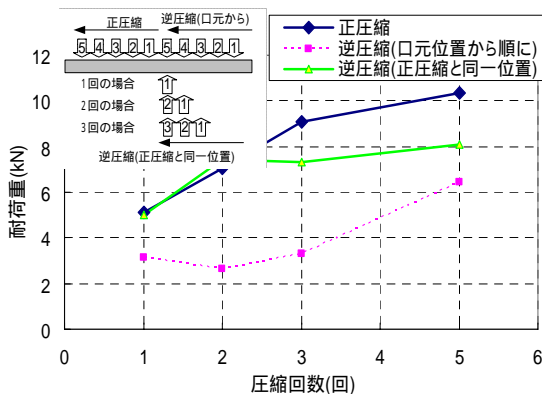


図3 圧縮方向による荷重変化 (S58-8t)

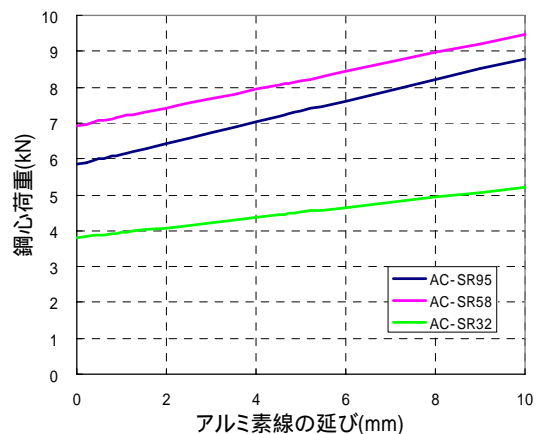


図4 電線長を5mとした場合の鋼心荷重変化

この問題の解決には、中心部から口元に向かって圧縮する正圧縮が望ましく、それを実現するには圧縮回数を減らすことや、過大な圧縮をさせて、アルミ線の伸びを最小限にする必要がある。正圧縮と逆圧縮による鋼心の耐荷重(鋼心が滑り始める荷重)の変化を調べると図3に示すように正圧縮のほうが少ない回数で高い許容張力が得られることから、アルミ線の伸びによる荷重分担の不均一も含め、正圧縮スリーブの可能性を試すこととした。

正圧縮を行った場合、アルミ線が伸びるため鋼心より長くなる。このことから、鋼心とアルミ線の分担荷重が変化する。径間長が長ければ分担荷重の変化は少ないが、短い場合は大きく影響することとなる。HSによる切り分け工法を考慮し、5m径間におけるアルミ線の伸びと最大張力をかけたときの鋼心分担荷重を図4に示す。

このようにアルミ素線が伸びるほど鋼心の荷重が増加するため、アルミ素線の伸びにあわせて鋼心の耐荷重目標値を設定していく必要があることが分かる。

### 3. 圧縮方向によるアルミの伸びと耐荷重測定

既存スリーブで、正圧縮した場合と逆圧縮した場合における圧縮回数毎のアルミの伸びと、5回圧縮後の鋼心耐荷重の関係を図5～図7に示す。

各サイズとも正圧縮時の荷重が高くなる傾向があるが、ACSR-32 mm<sup>2</sup>とACSR-58 mm<sup>2</sup>は12t圧縮機での伸びが、ACSR-95 mm<sup>2</sup>では8tと12t圧縮機双方で正圧縮時の伸びが極端に大きく、図4で示した鋼心の荷重変化を考慮すると必要値を下回る値となっている。このことから、圧縮率や圧縮回数の見直しが必要である。

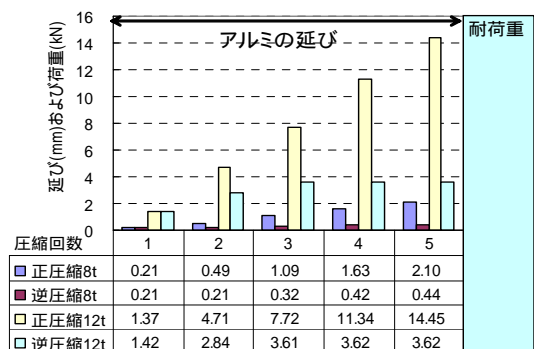


図5 ACSR-32mm<sup>2</sup>の素線伸びと耐荷重

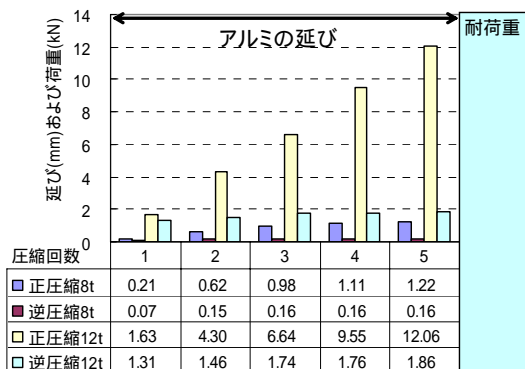


図6 ACSR-58mm<sup>2</sup>の素線伸びと耐荷重

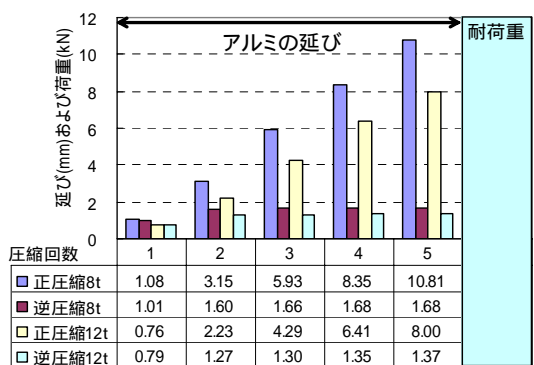


図7 ACSR-95mm<sup>2</sup>の素線伸びと耐荷重

### 4. 正圧縮を満たすダイスの選定

前記検証で、32mm<sup>2</sup>と58mm<sup>2</sup>では12t圧縮ダイスの圧縮率が高く正圧縮での伸びが大きすぎることが明らかになった。この対策として8t圧縮ダイスと同一形状に圧縮する六角ダイスを使用して試験を実施した。その結果を図8、図9に示す。

双方とも12tの伸びが8tとほぼ等しくなり、正圧縮による接続が可能である。

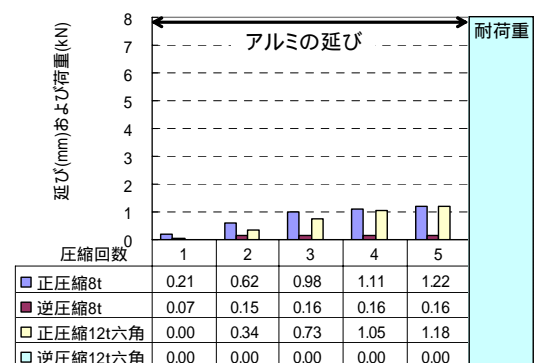


図8 ACSR-32mm<sup>2</sup>の素線伸びと耐荷重

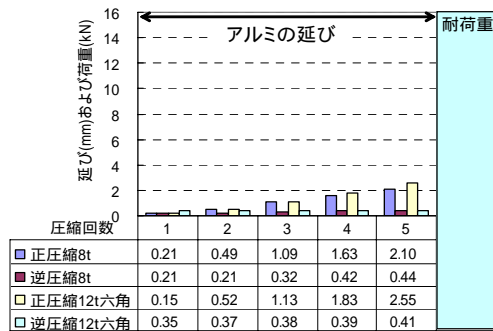


図9 ACSR-58mm<sup>2</sup>の素線伸びと耐荷重

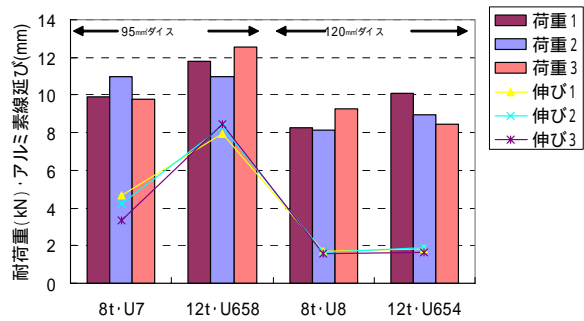


図10 ACSR-120mm<sup>2</sup>スリーブによる荷重(棒グラフ)と伸び(折れ線グラフ)

## 5. ACSR-95mm<sup>2</sup>用スリーブの形状見直し

ACSR-95mm<sup>2</sup>については8t, 12t双方で圧縮率が高すぎて、正圧縮が不可能と結論が出た。

現在配電線で用いられているアルミ電線は素線形状を扇形にして外形を細くしたスムーズボディ(以降SB線と呼ぶ)を利用している。SB95mm<sup>2</sup>の導体外径は11.4mmであるが丸素線の95mm<sup>2</sup>の導体外径は13.5mmである。一方SB120mm<sup>2</sup>の導体外径は13.6mmとなっており、このように導体外径がほぼ等しいことから丸素線の95mm<sup>2</sup>とSB120mm<sup>2</sup>は同一の圧縮スリーブ(ダイス)が利用されている。しかし、圧縮後の形状はSBタイプも丸素線タイプも同様に、空隙がなくなることを考えれば、外径でなく断面積で決められるはずであり、既存のACSR-120mm<sup>2</sup>サイズのスリーブでSB95mm<sup>2</sup>を圧縮できる可能性が高いことから、これを用いた場合の検証を行った。図10はACSR-120mm<sup>2</sup>用スリーブを用いてSB95mm<sup>2</sup>を正圧縮で5回圧縮した後の鋼心耐荷重とアルミ素線の伸びを表したものである。120mm<sup>2</sup>用スリーブを120mm<sup>2</sup>用のダイスで圧縮することにより伸びが少なく高い荷重が得られている。

## 6. HSに対応させる構造の検討

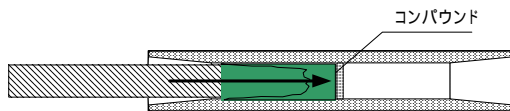


図11 現状スリーブの構造

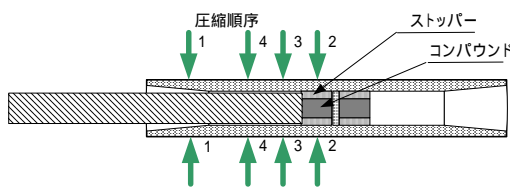


図12 改良型スリーブの構造

現行のスリーブは図11に示すようにスリーブ奥にコンパウンドがたまっており、電線をスリーブ奥に挿入するときの圧力によってコンパウンドを素線間に挿入する。このため、挿入時に10~20kgf程度の挿入力が必要となり、HSでの挿入は困難である。

このため、図12に示すようにスリーブ奥にストッパーを設け、電線がそこまでしか挿入できないようにするとともに、ストッパー内にコンパウンドを充填して、ストッパー部分を圧縮するとコンパウンドが押し出される構造を考えた。このとき、コンパウンドが押し出された圧力で電線が抜けないようにする

ため、番号で示すように口元のテーパ部を先に圧縮しその後コンパウンド充填部、電線部の順で圧縮することとした。また、口元のテーパ部は圧縮力が小さく電線のずれは防げるが、コンパウンドも充填されていないので鋼心を固定するほどの把持力はない。このため、先に圧縮することによる鋼心破断の恐れはない。

## 7. スリーブの試作と性能評価

実証試験用のスリーブを試作し、各種規格試験を実施することとした。試作スリーブを図13~図15に示す。引張荷重試験結果を表1に示すが、すべて電線比95%以上であり規格を満足しており、アルミ線の伸びも小さいことを確認した。

また、長期引張試験や散水ヒートサイクル試験においても規定値を満足した。

表 1 引張試験結果

適合電線サイズ		ダイス 圧縮 回数	引張 荷重 (kN)	電線引張荷 重比	アルミ線 伸び(mm)
32mm <sup>2</sup>	8t	U4	13.1	117.20%	0.23
		8回	13.1	117.20%	
		13.2	118.10%		
12t	A19-32	12.3	110.00%	0.41	
	5回	11.2	100.20%		
58mm <sup>2</sup>	8t	U5	19.1	98.40%	2.22
		10回	20.6	106.10%	
		20.4	105.00%		
	12t	A58	19	97.80%	2.86
		8回	21	108.10%	
21.3	110.00%				
95mm <sup>2</sup>	8t	U8	24.9	101.20%	1.44
		12回	27.6	112.10%	
		27.1	110.10%		
	12t	U654	26	105.60%	1.35
		10回	27.7	112.60%	
26.8	108.90%				

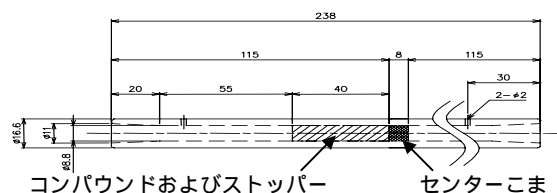


図 13 ACSR-32mm<sup>2</sup>用スリーブ

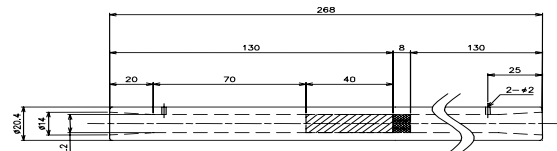


図 14 ACSR-58mm<sup>2</sup>用スリーブ

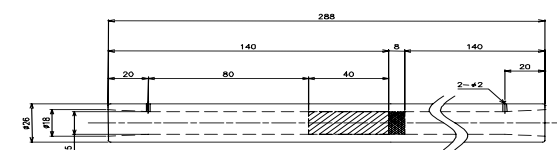


図 15 ACSR-95mm<sup>2</sup>用スリーブ

## 8. 作業性の確認

寒冷地での作業はコンパウンドが硬くなり作業性が低下するため、冷蔵庫内(-5 )でHSによる切り分け工法を模擬して、試作スリーブの直線接続を行った。

その結果、写真 1 に示すようにスムーズに問題なく接続が行えた。

特に作業性の悪かったACSR-95mm<sup>2</sup>用スリーブについて見ると写真 2 に示すようにスリーブ長が2/3程度になると共に、被覆の剥ぎ取り長さとして挿入する長さが1/2以下となり、挿入時の力も不要になったことから作業性は格段に改善された。



写真 1 切り分け工法による直線接続



写真 2 従来の 95 スリーブ(上)と試作スリーブ(下)

## 9. まとめ

32mm<sup>2</sup>と 58mm<sup>2</sup>のスリーブは 8t 圧縮機用ダイスで圧縮している限り、ほぼ適正な圧縮率を保っており、12t 圧縮機のダイスを 8t と同一形状に変更することで正圧縮が可能となり、現行の断面形状のまま HS 用に変更することが可能であった。

95mm<sup>2</sup>については現行の形状が過圧縮状態であり、そのままでは正圧縮に変更できないことから 120 mm<sup>2</sup>スリーブを流用することによって正圧縮が可能となり、HS 用に変更することができ、全ての性能を満足するものができた。

しかし、今回は最小限の投資で改良を果たすため既存形状をベースに開発したが、スリーブ外径とダイスの関係で見ると 95mm<sup>2</sup>用のスリーブとして採用した 120 mm<sup>2</sup>スリーブの外径がダイスに比べて太く圧縮による変形が大きいため、圧縮によるスリーブの伸びが大きくなっている。

従って、今後の課題としては細い 95mm<sup>2</sup>用のスリーブとして、ダイスを新たに開発することにより、伸びが少なくさらに使いやすいスリーブを作ることができると考えられる。

以上、最終的には十分に実用に耐え、当社のみならず他社でも採用が期待できる構造・性能を有するスリーブが開発でき、幅広い活用が期待される。