

## テルミット反応熱によるアルミ電線の溶融接続

圧縮接続に代わる界面を持たない接続工法の開発

### Melting Joint for Aluminum Conductor by Thermit Reaction Heat

Development of New Joint Method Which Has No Contact Surface instead of Compression Joint

(工務部 技術開発G)

電線相互の接続には、従来よりスリーブ圧縮接続法を採用してきたが、界面劣化に伴う抵抗増加により、接続部が異常発熱する場合があります。経年による信頼性の低下が懸念されている。この問題に対し、旭電機㈱と共同で接続部信頼性を恒久的に維持可能な新接続法の開発に取り組んでいる。本研究では、電線を溶融し界面のない金属的な接続を実現する新接続法について、現地施工を考慮した基礎技術を確立し、引き続き実用化に向けた研究を進めている。

### 1 研究の背景

鋼心アルミより線の接続には、電線をアルミ管に挿入し、これを圧縮把持する圧縮接続法を採用している。しかし、界面劣化に伴う接触抵抗の増加により接続部が異常発熱する可能性があることが確認されており、経年による把持力の低下が懸念されている。

この問題に対し当社では、毎年、膨大な数の接続部過熱点検を実施し、対策必要箇所にはバイパス線分流による過熱抑制措置を図るなど、その対策に多大な労力を要しているのが現状である。

そこで本研究では、接続部過熱対策を必要としない新しい接続法の開発を目的として、界面の存在しない金属的な電線接続技術である、アルミ電線の溶融接続工法の開発に取り組んでいる。

### 2 溶融接続工法の基礎技術確立

本研究では、電線の溶融熱源にテルミット反応を採用し、ジャンパ線を対象とした溶融接続工法の基礎技術を確立した。

ここでテルミット反応とは、強烈な発熱を伴う連鎖的な酸化還元反応であり、鉄道レールにおける現地溶接技術として一般に知られている。この場合の反応剤はアルミと酸化鉄の混合粉末であり、この混合粉末への点火により、強烈な発熱反応（テルミット反応）を引き起こし、約2800℃の純粋な溶融鉄とアルミナを生成する。そして、レール溶接では、反応ルツボより抽出した高温の溶融鉄そのものを溶接材として利用する。

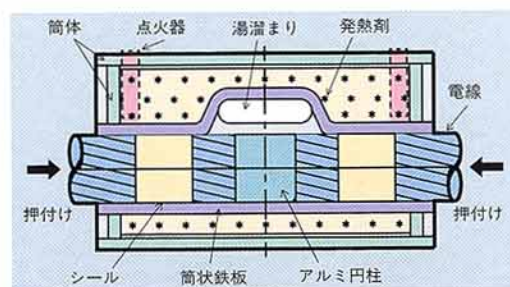
本研究では、環元生成物を溶接材として利用するのではなく、溶融熱源としてその反応熱に着目した。

(Engineering Section, Electrical Engineering Department)

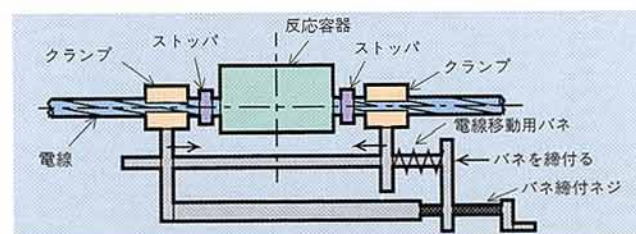
Sleeve compression joint method has been used universally to connect electric wires, however, the increase in resistance owing to contact deterioration may cause the joined portion to generate anomalous heat, and therefore there is a fear of a decrease of reliability with time. To solve this problem we are developing a new joint method to maintain high reliability of the joined portion permanently, in cooperation with Asahi Electric Works, Ltd. In our research we have established the fundamental technology of a new joint method to melt electric wires in consideration of the field work, and thereby realize metallic bond which has no contact surface, and are promoting further research toward its practical application.

また、アルミの溶融接続には700℃前後の安定熱源を要するため、燃焼予備試験を通し、シリコンと酸化鉄を主反応剤に採用し、反応安定化を目的とした化合物を微量添加することにより、電線接続に最適な発熱剤を実現した。さらに、溶融接続を一定品質で実現するため、第1図に示す反応容器も合わせて開発した。

本工法では、電線間に挿入したアルミ円柱とシール内側部分のアルミ素線をテルミット反応熱にて溶融し、冷却凝固を経て溶融接続を完了する。溶融接続用の電線固定治具を第2図、接続作業状況を第3図に示す。



第1図  
反応容器の  
構造



第2図 溶融接続用の電線固定治具



第3図 接続作業状況



### 3 基本性能の検証

溶融接続部の基本性能について、外観、内部状況、電気抵抗、および引張強さの観点から評価した。

外観では溶融部と両側素線部においていずれも細りやクラック等の異常はなく（第4図）、また溶融部は完全な鑄造組織を有し（第5図）、さらにX線観察結果からブローホール等の内部欠陥が存在しないことも確認した（第6図）。

また、接続部の電氣的・機械的な特性評価に際し、電気抵抗は接続電線の抵抗値以下、引張強さは電線強度の30%以上（ジャンパスリーブの規格値）として評価を行い、いずれも十分な性能を確認している。

第7図は、実施時には反応容器を傾けて施工する場合もあることを考慮し、容器傾斜による施工品質への影響を評価したものである。この結果から、傾斜角45°以上の場合、アルミの流れ出しにより健全な接続部形状が維持できないため若干の特性低下を生ずるが、30°以下であれば要求特性に対し十分な性能確保が可能であることが確認できた。

### 4 長期信頼性の検証

溶融接続部の長期信頼性を検証するため、第1表に示す各種信頼性評価試験を実施し、いずれの試験後も要求性能を維持していることを確認した。

また、散水ヒートサイクル試験では、従来工法（圧

縮接続）との比較を合わせて実施し、溶融接続を過熱対策として適用した場合の有効性を検証した。なお、当試験では明確な劣化様相を再現するため、溶融接続、圧縮接続（ジャンパスリーブ）ともに接続には古線を使用し、電線の磨き処理等は一切行わず、またジャンパスリーブではコンパウンドなしで圧縮している。

第8図に試験結果を示すが、ジャンパスリーブでは明らかに劣化が進行しており、接続部温度は電線温度以上に上昇、かつ不安定な様相を呈している。一方、溶融接続では、接続部温度は常に電線温度以下で安定しており、この結果からも溶融接続が過熱対策技術として極めて有効であると判断できる。

### 5 今後の展開

これまでに、ジャンパ線を対象とした溶融接続工法の基礎技術を確認するとともに、試験鉄塔での施工性確認を通し、作業性や施工品質に関する総合的な評価を実施してきた。

さらに、過熱引留クランプを対象とした改修技術の確立に向け、新型クランプを開発するとともに、溶融接続の引留箇所への適用について検討を進めている。

今後は、工法の簡素化・治工具の軽量化など作業性改善に関する検討を進めるとともに、防食電線や各種電線サイズへの適用拡大、風・気温等の施工環境対策と品質評価手法の確立など、溶融接続工法の実用化と適用拡大に向けた研究を予定している。



第4図 接続部の外観



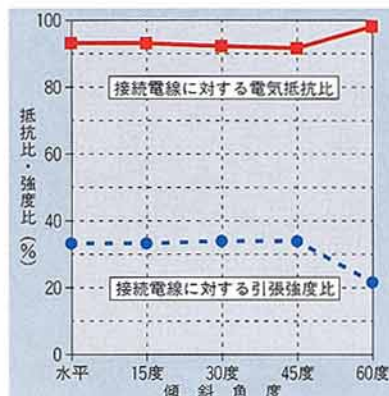
第5図 接続部の金属組織（倍率×41）



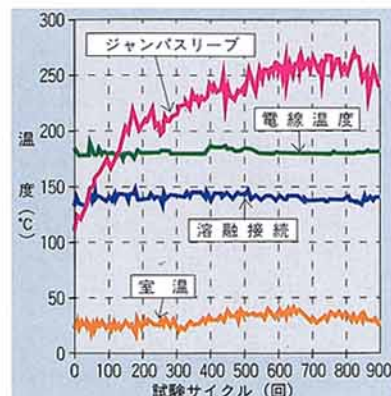
第6図 接続部の内部状況（X線撮影）

第1表 長期信頼性試験項目

試験種類	試験条件	
熱履歴試験	180℃	500時間
ヒートサイクル試験	180℃→空冷	100回
散水ヒートサイクル試験	180℃→散水冷却	1000回
凍結試験	40℃→水冷→-20℃	30回
塩水噴霧試験	5%塩水噴霧	1000時間
横振れ試験	950μm	10 <sup>6</sup> 回
微風振動試験	±100μm	10 <sup>6</sup> 回



第7図 反応容器の傾斜による特性影響



第8図 散水ヒートサイクル試験の温度記録