

CVケーブル用プレハブ式接続箱における界面構造の長期信頼性

界面の絶縁性能

Study about Long-term Reliability of Interface Structure in a Prefabricated Joint for CV Cables

With breakdown strength of the interface

(工務部 技術開発G)

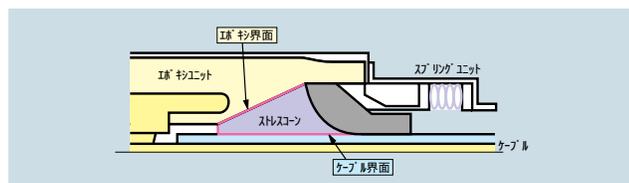
CVケーブル用プレハブ式接続構造は、154kV以下の地中送電線路の終端構造として多く採用されている。工場部品を現場で組み立てるこの方式は、作業の簡素化を図るために開発されているが、異種材料を圧力で密着させた2つの界面が、絶縁部に形成されるという特徴を持つ。

今回、この界面に注目し、施工時に塗布されるシリコン油や界面の圧力(面圧)が、接続箱の長期的な絶縁性能にどのように影響するか調査した。

1 はじめに

プレハブ式接続箱は、施工時間短縮や作業の熟練度軽減、さらには設備の品質安定化が可能である。第1図にプレハブ式直線接続箱(PJ)の概略構造を示す。

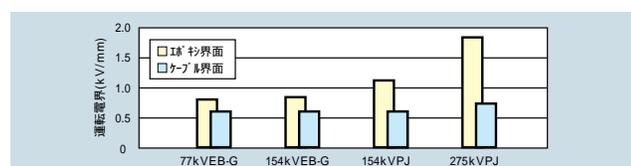
一般にプレハブ式接続箱の絶縁部は、エポキシ樹脂製ユニット、エチレンプロピレンゴム(EPR)製電界緩和用ストレスコーン、ケーブル絶縁体となる架橋ポリエチレンの組合せである。これらの構成部品の間には、図1のようにエポキシ界面(エポキシユニット、ストレスコーン間)、ケーブル界面(ケーブル、ストレスコーン間)が形成され、界面には部品挿入時の滑材としてシリコン油が塗布される。



第1図 275kV CVケーブル用プレハブ式接続箱

プレハブ式接続箱では、界面の絶縁性能も接続箱の性能を左右する重要なパラメータである。第2図に各電圧階級の接続箱における運転時の界面方向電界を示す。ケーブル界面の電界はエポキシ界面に比べ小さく、また電圧階級に対して大きく上昇はしないが、エポキシ界面の電界は、275kV PJで77kVガス中終端箱(EB-G)の2倍ほどになる。

界面方向の破壊電界は構成材料によらず、またエポキシ界面の運転電界がケーブル界面に比べ1.5~2倍と



第2図 各電圧階級のプレハブ式接続箱界面方向電界

(Engineering Section, Electrical Engineering Department)

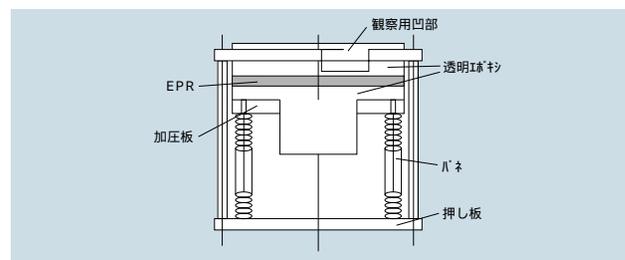
Prefabricated joint structures are widely used as a terminating joint structures in CV cables for underground transmission lines rated not higher than 154 kV. This prefabrication method, assembling the factory-prepared components at the site of construction, has been developed to simplify the overall engineering work; the method is unique in creating two interfacing surfaces of heterogeneous materials, pressure-bound together in the insulation area.

The present study focuses on these interfacing surfaces. In the context of long-term insulation performance of the joint, we studied the effects that are produced by the silicone oil used and the surface pressure exerted, respectively on the interfaces during execution.

高いことや、エポキシ試料の方が作成が容易であることから、エポキシ界面を模擬した試料を使用して、界面の長期安定性について検討した。

2 界面状態の観察

エポキシ界面において、空隙の形成や消失の経時的な変化を目視で観察し、界面状況の長期的な変化を視覚的にとらえるため、第3図に示す界面観察試料を作成した。

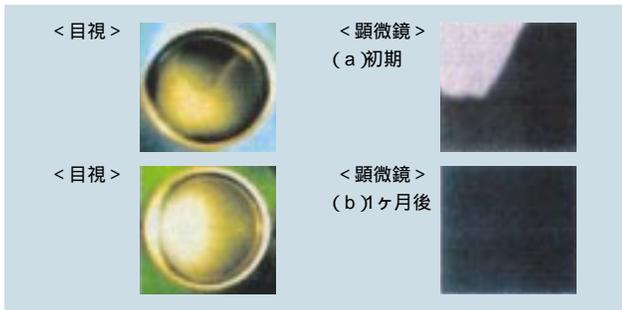


第3図 エポキシ界面観察試料

第3図の試料は、透明エポキシでEPRシートをはさみ、実機と同様な設計面圧0.39MPaをスプリングで印加して、窓から界面を観察できる仕組みとなっている。試料は界面にシリコン油を塗布したものと塗布しないものを設け、界面の密着を促進する目的で80℃の恒温槽内に保持した。また観察は目視の他に超音波顕微鏡でも行った。

シリコン油が塗布された界面試料には空隙はなく、6ヶ月たっても空隙が再び形成されるようなことはなかった。第4図にシリコン油を塗布しない場合の初期と1ヶ月後の界面状況、同時に窓の一部を走査した超音波顕微鏡映像を示す。

シリコン油がない試料では界面に空気が残留し、当初から空隙が形成されているのが観察されるが、1ヶ月後には、超音波顕微鏡の映像もコントラストが均一



第4図 界面状況の変化（シリコン油非塗布）

になり、空隙が消失していることがわかる。

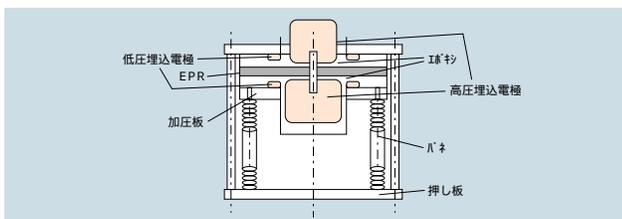
実機のプレハブ接続箱では、前述のように界面にシリコン油を塗布することが必要なため、界面構成初期の段階から空隙の形成はない。またシリコン油が面圧により薄膜化し排出されたとしても、シリコン油のない試料で界面の密着が進んで空隙が消失し、6ヶ月後もその状態が安定していることが確認されていることから、再度の空隙形成はないと考えられる。

3 界面の絶縁性能の変化

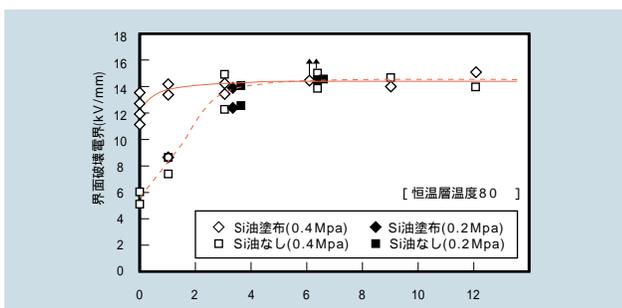
界面の状態と電気性能との関係を把握するため、第5図に示す界面模擬電極試料で、界面の密着状態と交流破壊電界の関係を調査した。電圧は図中の高圧と低圧の埋込電極間に印加され、電界はエポキシとEPRシートの界面方向に生じる。面圧は実機と同様に0.39Mpaで、80℃の恒温槽で密着を促進させた。

第6図にシリコン油塗布および非塗布試料の破壊電界と経過時間の関係を示す。図には途中で面圧を0.2Mpaに半減させた場合のデータも示した。

第6図から明らかなように、シリコン油を塗布した界面は、当初から10kV/mm前後の高い破壊電界であり、第2図に示す各電圧階級の接続箱の運転電界に対し十分な裕度を持つ。時間が経過し界面の密着が進むと破



第5図 界面模擬電極試料



第6図 界面破壊電界の変化

壊電界はさらに向上し、最終的に14kV/mm程度となる。この結果からシリコン油は施工性を高めるだけではなく、界面の空隙に充填されることで絶縁性能を高める働きがあることが確認できる。

シリコン油を塗布しない試料では初期の破壊電界は低くて安定しないが、密着が進むに従い塗布試料と同様に破壊電界は向上し、1ヶ月後には塗布試料と同程度の値まで上昇している。最終的にはやはり塗布試料と同じ14kV/mm程度になることを確認した。

またシリコン油の有無に関わらず、途中で面圧を半減させても破壊電界に低下はみられない。

これらの結果より以下のことが推定される。

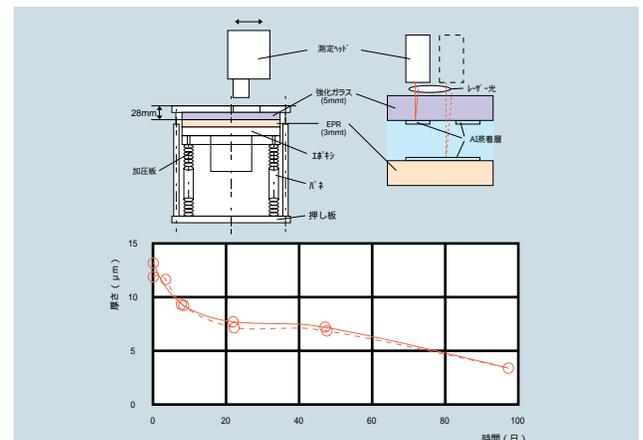
正規に組み立てた接続箱の界面は、シリコン油により当初より所定の絶縁性能を有していること。

シリコン油のない界面試料でも、密着後の絶縁性能は向上するため、一度密着すればシリコン油の必要性はなく、薄膜化しても絶縁性能は維持されること。密着した界面の絶縁性能は面圧が半減しても低下しないこと。

4 シリコン油膜厚の変化

シリコン油膜厚の経時的な変化をレーザ変位計で測定した。第7図にレーザ変位計の測定状況とシリコン油膜厚の経時変化を示す。測定には界面の表面精度の影響を除くため、ガラス板を使用した。

膜厚は初期段階で数十μm程度で最終的に約3μmになっており、面圧が印加された界面でシリコン油は薄膜化し、界面の密着が徐々に進んでいくことがわかる。



第7図 レーザ変位計による油膜厚の変化

5 おわりに

プレハブ式接続箱は現場で部品を組み合わせる構造のため、異種絶縁体の組合せ面である界面の絶縁性能が問題となるが、現状で採用されているプレハブ式接続箱の界面は、構造や性能の長期的な安定性に関して実用上十分な性能を有していると考えられる。

執筆者 / 永田達也
Nagata.Tatsuya2@chuden.