

小型パルス式X線装置を用いたケーブル接続箱の不具合検出

地中送電線の故障未然防止に向けて

Defect detection in the joint box of a power cable by using compact pulse-type X-ray inspectors

For failure prevention in underground transmission lines

(電力技術研究所 流通G 送変電T)

(Transmission and Substation Team, Power System Group, Electric Power Research and Development Center)

地中送電線路の接続箱内部の不具合を非破壊で検出する技術として、アナログ式X線装置が用いられているが、セッティングや現像に時間を要している。

Analog-type X-ray inspectors are used as a non-destructive technique to detect a defect in the joint box of underground transmission lines. But they need lot of time to be set up and for their images to be developed. Therefore, we verified the defect detection performance of recently developed compact, pulse-type X-ray inspectors and evaluated the possibility of applying them on-site.

そこで、近年開発された小型パルス式X線装置を用いて不具合検出性能の検証を行い、適用可能性を評価した。

1 背景

当社の地中送電線路の竣工試験は、電気設備の技術基準の解釈に定められた絶縁耐力の確認方法の一つである系統電圧を印加する試験が主流となっている。この試験方法は、電気的には系統電圧を10分間印加するだけであるため簡便ではあるが、万が一、異物等の初期欠陥があった場合のスクリーニング能力は低い。

また、当社の地中送電線路には、油浸絶縁紙と絶縁油を絶縁体として用いているOF (Oil Filled) ケーブルも使用されている。このケーブルの中間接続箱の一方を大きく曲げ、他方を直線状に設置している場合、ケーブルの温度変化による伸び出し量が不平衡となるため、長年の使用により、接続箱内部のケーブルコア（導体、ケーブル絶縁紙、補強絶縁紙）が移動するコアずれ現象が発生することがある。そのため、ケーブルコアをアナログ式X線装置にて撮影することがあるが、装置が大きく、フィルムで撮影しているため、準備や現像に時間を要している。

そこで、近年開発された小型で撮影像を直接デジタル信号として検出するパルス式X線装置を用いて、簡易に接続箱の初期欠陥や不具合の検出が可能かを評価した。

2 初期欠陥に対する検証

(1) 小型パルス式X線装置の仕様

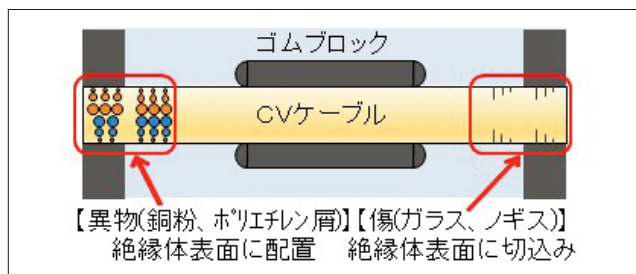
当社で工事量があり、品質管理が厳しい154・77kVのCV (Cross-linked polyethylene insulated Vinyl sheath) ケーブル用中間接続箱として、標準的に採用されているゴムブロック式接続箱の初期欠陥を検出するために、第1表の小型パルス式X線装置を用いた。

第1表 初期欠陥の検証に用いた小型パルスX線源の仕様

	77kV用	154kV用
管電圧 (kV)	97 ~ 105	120 ~ 140
パルス幅 (ms)	50 ~ 200	50 ~ 800
電流値 (mA)	2	2
X線源サイズ (mm)	215×235×70	300×230×100
コントローラサイズ (mm)	165×125×80	183×135×123

(2) 模擬欠陥試料の作製

CVケーブルの接続作業では、導体切断時の銅屑、ケーブル絶縁体ガラス切削時のポリエチレン屑・ガラス傷、ケーブル絶縁体外径計測時のノギス傷などが発生する可能性がある。万が一、ケーブル絶縁体上にあるそれらの欠陥を見逃してしまうとケーブル絶縁体とゴムブロックの界面に欠陥として残ってしまう。そのため、それらを欠陥として模擬することとし、種々の大きさの欠陥（銅屑0.3～3mm、ポリエチレン屑1～3mm、ガラス傷4mm、ノギス傷1～3mm）を第1図のようにケーブル絶縁体表面に配置し、ゴムブロックを装着した試料を作製した。



第1図 模擬欠陥試料の概要

(3) 撮影結果

第2図に撮影結果の例を示す。154・77kVともポリエチレン屑、ガラス傷、ノギス傷の検出はできなかったが、銅屑 (0.3～3mm) は検出することができた。



第2図 77kV用ゴムブロック試料の撮影結果の例

3 稼働設備に対する検証

(1) 小型パルス式X線装置の仕様

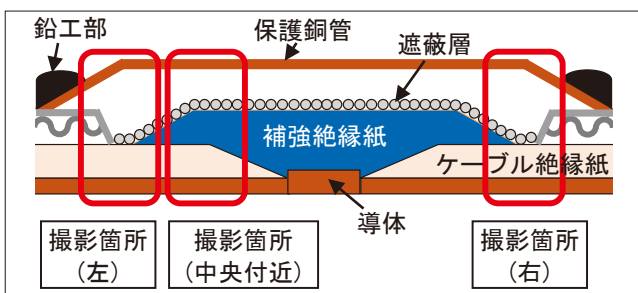
アナログ式X線装置により、稼働設備である275kVOFケーブル接続箱のケーブルコアの状態を撮影する機会に同調して、第2表の小型パルス式X線源を用いて、ケーブルコアの状態を撮影した。

第2表 状態撮影に用いた小型パルスX線源の仕様

管電圧 (kV)	130 ~ 150
パルス幅 (ms)	30 ~ 3000
電流値 (mA)	3
X線源サイズ (mm)	225×315×96
コントローラサイズ (mm)	158×170×87

(2) 撮影方法

第3図に接続箱の撮影箇所を示す。接続箱の左側、中央付近および右側の撮影を行った。マーカとして使用する鉛テープを保護銅管の外側に取り付けた後、接続箱の前後に小型パルス式X線源および検出器を設置し、X線のパルス幅、管電圧、管電流、小型パルス式X線源と接続箱



第3図 OFケーブル接続箱の構造(上半分)と撮影箇所

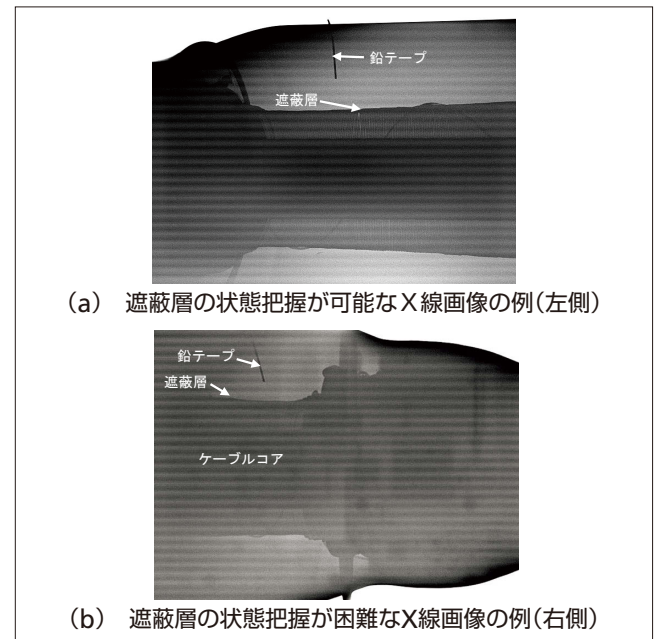


第4図 X線撮影状況(接続箱右側)

の距離を変化させて撮影を行った。第4図に接続箱の右側を撮影している状況を示す。

(3) 撮影結果

種々の撮影を行った撮影像の例を第5図 (a)、(b) に示す。撮影像を詳細に観察すると、図 (a) では遮蔽層の状態を把握することができるが、図 (b) では遮蔽層の状態を把握することが困難であることがわかる。稼働設備に用いるためには、絶縁性能に影響する遮蔽層の状態を把握する必要があるため、現状の装置をそのまま適用することは困難であることがわかった。



第5図 OFケーブル接続箱の撮影結果の例

4 適用可能性の評価

今回用いた小型パルス式X線装置では、絶縁性能に影響する欠陥・不具合検出に必要な性能を満たしていないことが判明したため、ケーブル接続箱へ適用するためには、装置の改良や撮影像を鮮明にする画像解析技術の導入が必要である。また、アナログX線装置と比較して、撮影から画像確認までの時間は短縮できるが、その他の作業（撮影条件の選定、装置のセッティングなど）に時間を要することも判明したため、ケーブル接続箱の撮影技能の習熟や専用治具の開発なども必要である。

5 まとめ

今回の研究では、実際のケーブル接続箱に対する小型パルス式X線装置の欠陥・不具合の検出性能を明らかにした。また、当該方式の装置の長所を最大限に生かすためには、さらなる改良・技能の習熟などが必要であることも明らかにした。



執筆／熊澤昌宏