

配電設備の金属疲労評価に向けた取り組み

地域毎の風環境や配電設備の疲労限界強度の評価事例

Efforts to evaluate metal fatigue of power distribution equipment

Evaluation examples of the wind environment in each region and the fatigue limit strength of distribution equipment

(電力技術研究所 電力設備G)

(Electrical Engineering Group, Electric Power Research and Development Center)

配電設備では、風による金属材料の疲労破断が発生しているが、目視点検では疲労程度を評価困難であることから、破断前に疲労状況を把握できる技術が求められている。本稿では、金属疲労評価の一環として、シミュレーションによる地域毎の風環境評価や振動試験による設備の疲労限界強度評価について事例を紹介する。

In power distribution equipment, fatigue fracture of metal materials occurs due to wind. However, it is difficult to evaluate the degree of fatigue by visual inspection, so there is a need for technology that can grasp the fatigue status before fracture occurs. In this paper, as part of metal fatigue evaluation, we will introduce examples of wind environment evaluation in each region by simulation and fatigue limit strength evaluation of equipment by vibration test.

1 はじめに

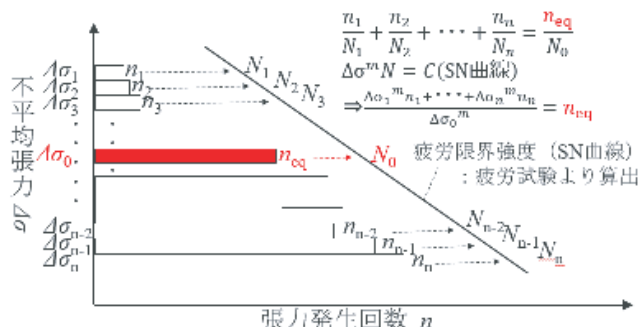
配電設備の金属材料において、主に電線が受ける風圧に起因する繰り返し応力が原因と考えられる疲労破断事象が発生している。しかし、数百万本(基)ある設備の損傷進展状況を個々に細密点検することは現実的ではなく、目視等の簡易な方法で損傷に至る前に金属疲労状況を評価することも困難なため、破断前に適切な予防保全を図ることが難しい。一方で、今後、設備の高経年化が進んだ場合、金属疲労による破断事象の増加が懸念されるため、破断に至る前の疲労状況を把握できる技術開発が求められている。

疲労状況については、地域毎の風環境がどの程度金属疲労として影響を及ぼすかと、設備毎にどの程度で疲労限界強度に至るかを評価することで、地域毎にどの程度の期間で破断に至るか把握することが可能となる。本稿では、金属疲労評価の一環として、シミュレーションによる地域毎の風環境における発生応力や、振動試験による疲労限界強度の評価を行ったため紹介する。

2 シミュレーションによる地域毎の風環境の評価

地域毎の風環境の評価には、風により発生する応力やその頻度を把握するための風速等の経時変化値が必要であるが、気象庁等のオープンデータでは評価が困難である。また、設備が施設される地域毎の風速等を実測することも現実的ではない。そこで、地域毎の風環境の評価には、(一財)電力中央研究所が開発保有する風環境シミュレーション(「高解像度・長期気象・気候データベース(CRIEPI-RCM-Era2)」および「電線の時刻歴風応答解析(TCDYNA)」)を用いることとした。

本シミュレーションは、過去の風向・風速や地形データ等から地域毎の風速の経時変化を算出し、有限要素法でモデル化した配電設備に与えることで、設備各部に加わる応力 $\Delta\sigma$ とその年間発生回数 n の分布として風環境



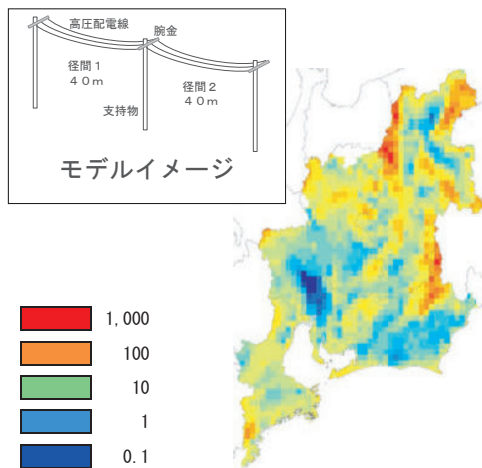
第1図 風環境の解析イメージ

を求めることができる(第1図)。しかし、地域毎にこれらの分布を求めるだけでは、どの程度金属疲労に影響を及ぼすかを評価することは難しい。そこで、地域毎の風環境の評価にあたっては、応力 $\Delta\sigma$ の発生回数の分布から、基準応力 $\Delta\sigma_0$ に換算すると年間何回相当となるかという等価繰り返し数 n_{eq} を求め比較した。

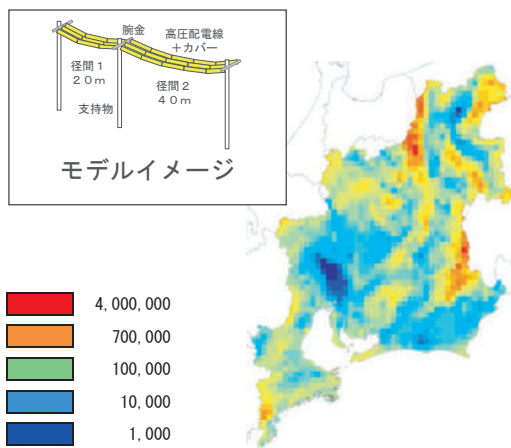
第2図に、地域毎の風環境において、高圧配電線が揺れた際に腕金に加わる応力(張力差)の等価繰り返し数を示す。それぞれ、第2図(1)は径間差がない標準的な場合、第2図(2)は径間差があり高圧配電線にカバーが取り付けられた場合を示し、基準応力 $\Delta\sigma_0$ は1,200Nとした。第2図(1)より、これまで把握困難であった地域毎の風環境が n_{eq} として可視化できている。また、風が吹き抜ける谷部分や汀線に近い地域で n_{eq} が大きく、他の地域に対し疲労しやすい傾向も確認できた。一方、第2図(2)の場合については、全体的な色合いは第2図(1)と同様であるものの、同じ地域でも等価繰り返し数が第2図(1)の1,000倍以上となっていることが分かる。これは、径間差が大きく、カバーにより受風断面積が大きくなることで、径間毎に発生する張力が大きくなるとともに、その張力差も大きくなることで、より疲労しやすくなることを示している。この結果から、金属疲労評価を行う際には、施設条件に応じた詳細な検討も必要であることが明らかとなった。

このように、他の施設条件や評価する設備毎にシミュレーションを行うことで、地域毎の風環境による疲労影

響を明らかにすることができる。



(1) モデル1



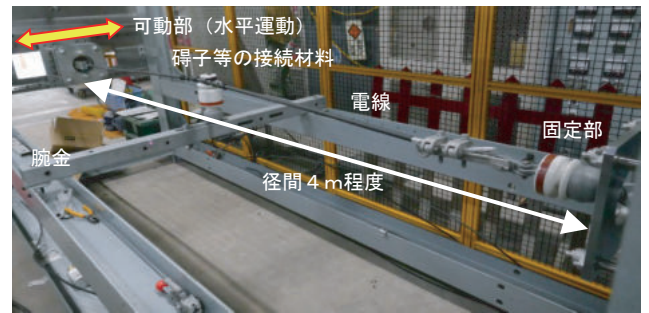
(2) モデル2

第2図 等価繰り返し数のシミュレーション結果

3 振動試験による疲労限界強度の評価

地域毎の風環境における金属材料の疲労限界強度を把握するには、現地の施設条件を模擬し疲労試験を行う必要があり、既存の試験装置では評価困難であった。そこで、電力技術研究所では、現地の施設条件を模擬しながら電線の揺れ（繰り返し振動）による電線周辺設備への疲労影響を評価できる振動試験装置を導入し検証を進めている。

第3図に、振動試験装置を示す。本装置は、固定部・可動部間に4m程度の電線を取り付け、一端（可動部）が水平方向に往復運動することにより、実現場の縮小モデルとして電線揺れを簡易的に模擬している。電線の張力や振幅等は想定する施設条件に応じ任意に設定が可能である。電線とともに評価対象設備（装柱用の金具、接続材料等）を取り付け、電線振動を加えた際に疲労破断する振動回数をカウントすることで、各設備の疲労限界強度を評価することができる。



第3図 振動試験装置

第4図に、疲労限界強度の検証事例として、高圧配電線の固定に用いられるバンド線の破断についての検証事例を示す。バンド線は、電線揺れにより繰り返しの引張荷重を受けることで巻き始め部で破断し、固定力が弱まることで電線が脱落する事象に至る。検証においては、高圧配電線ががいしにバンド線で固定し電線振動を加えたところ、実現場と同様の位置で破断することを確認するとともに、破断に至る振動回数（疲労限界強度）を明らかにすることができた。また、バンド線の取り付け方法を変えて振動試験を行った結果、取り付け方法の工夫で疲労破断を抑制できる可能性も見出せた。



(1) 振動試験での破断例

(2) 現地破断例

第4図 バンド線の破断検証例

4 まとめ

本稿では、金属疲労評価への取り組みとして、シミュレーションを用いることで、これまで評価困難であった地域毎の風環境による疲労影響を評価するとともに、振動試験装置を用いて現地施設条件における疲労限界強度を評価した例について紹介した。

今後は、他の設備や施設条件毎にシミュレーションによる地域毎の風環境評価や振動試験による疲労限界強度の評価を進めるとともに、等価繰り返し数と疲労限界強度を比較することで、疲労破断が発生する可能性のある地域の絞り込み等を行う。これらの結果を基に、地域性等を考慮した金属疲労に関する設備更新基準や設備対策の検討等に生かし、安定供給や公衆保安の維持向上に繋げていく。



執筆者／松尾顕守