

強風を受ける架空電線の疲労損傷度マップの作成

電力中央研究所 正会員 ○早田 直広
電力中央研究所 正会員 石川 智巳
電力中央研究所 正会員 松宮 央登
電力中央研究所 非会員 西原 崇

1. はじめに

送電線や配電線などの架空電線は常に風雨に曝されており、疲労損傷などの経年劣化の発生が懸念されるため、定期的な点検や張替えが必要となる。広範囲に多数敷設された架空電線を効率的に保守するためには、各地域における経年劣化の発生リスクを評価し、優先的に保守すべき地域を明らかにすることが重要である。本研究では、電線のバフettingによる疲労損傷に着目し、各地域の風特性と電線の動的な風応答を考慮した疲労損傷度マップを作成した。

2. 疲労損傷度マップの作成方法

本研究で対象とする電線は、配電線として用いられる、架橋ポリエチレン絶縁のアルミ覆鋼心アルミより線（ACSR/AC-OC）である。電線の諸元を表1に示す。

疲労損傷度マップの作成フローを図1に示す。まず、外力として各地域の風速発生頻度と乱れ強度を設定する。本研究では、領域気象モデルを用いた過去58年間の気象再現解析結果（1958～2015年のヨーロッパ中期予報センター再解析値のダウンスケーリング結果、水平格子サイズ5km）¹⁾に基づき、各格子の風速発生頻度を算出した。具体的には、地上高さ10mにおける1時間ごとの風速・風向から、4線路方向別の線路直交方向成分を算出し、58年分の4線路方向別風速発生頻度分布を作成した。これをワイブル分布で近似し、年間の風速発生頻度を評価した。各地域の乱れ強度については、上記の気象再現解析において各格子に設定された土地利用区分を粗度区分Ⅰ～Ⅳに換算し、これを地上高さ10mの乱れ強度に換算した²⁾。

表1 電線諸元

素線数	7
導体断面積[mm ²]	29.09
弾性係数[N/mm ²]	75100
単位質量[kg/km]	155
外径[mm]	10.3
径間長[m]	60
初期張力[N]	510

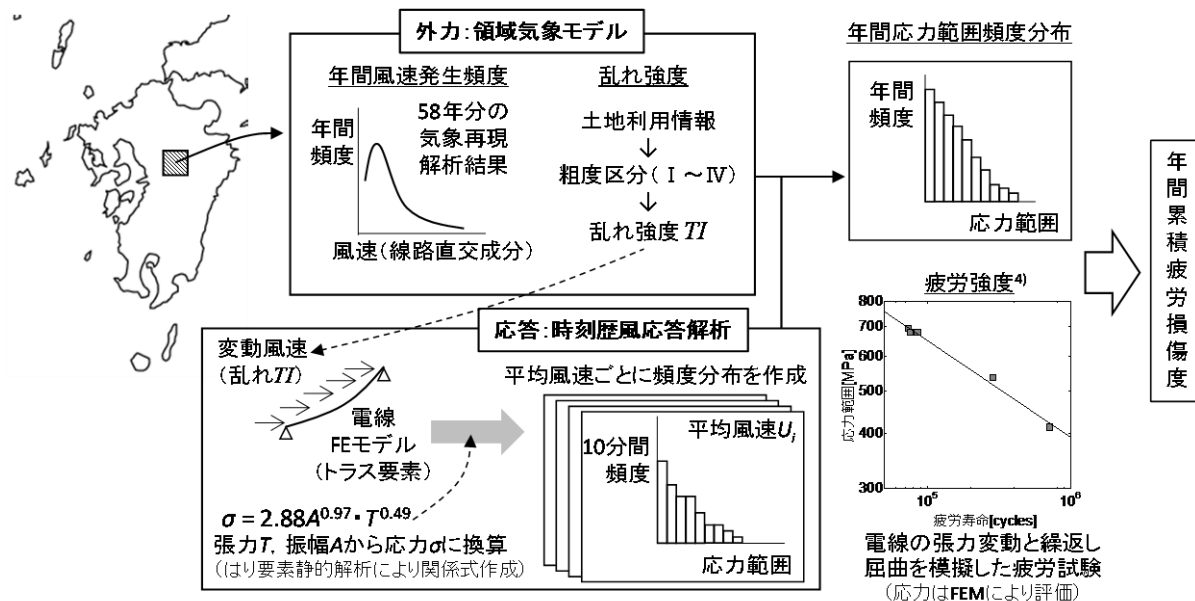


図1 疲労損傷度マップの作成フロー

キーワード 電線, 疲労, バフetting, 風応答解析, 領域気象モデル

連絡先 〒270-1194 千葉県我孫子市我孫子 1646 電力中央研究所 地球工学研究所 TEL 04-7182-1181

次に、上記の外力に対する電線の動的な風応答を有限要素解析により算出する。解析対象は、両端支持した対象電線 1 径間分であり、これをトラス要素によりモデル化した。荷重条件として、各地域の乱れ強度に基づく 10 分間変動風を平均風速別に 25 種類作成し³⁾、抗力係数 1.0 として準定常的に換算した空気力を各要素に線路直交方向に作用させた。この際、1 径間を 5 ブロックに分け、ブロック間の空間相関を指数型のコヒーレンスにより設定した。また、変動風速の乱れのスケールは文献²⁾をもとに設定し、パワースペクトル密度はカルマン型とした。以上の荷重条件に基づく風応答解析により、電線に生じる張力および振幅の 10 分間時刻歴波形を算出した。風応答解析では、まず幾何学的非線形性を考慮した静的解析により、自重と平均風速が作用する場合の応答を求め、次に幾何学的非線形性を無視した動的解析により変動風速が作用する場合の応答を求めた。減衰定数は剛性比例型として与え、1 次固有振動数に対して 0.4%とした。

さらに、汎用の有限要素解析コード ABAQUS を用いて、はり要素でモデル化した両端固定の対象電線に対し、線路直交方向の一様分布荷重を静的に作用させ、固定端の電線縁応力と張力・振幅との関係式を作成した。ここでは、幾何学的非線形性を考慮した。この関係式と風応答解析結果をもとに、10 分間応力時刻歴波形を算出した。さらに、レインフロー法により、10 分間の応力範囲頻度分布を求めた。

以上により得られた、各平均風速の 10 分間応力範囲頻度分布を、各地域の風速発生頻度分布で重み付けして足し合わせ、年間の応力範囲頻度分布を求めた。そして、対象電線の疲労強度⁴⁾に基づき、各地域の年間累積疲労損傷度を算出した。疲労強度は、電線固定部における張力と屈曲を模擬した疲労試験と、はり要素を用いた静的応力解析により評価した。また、平均応力に関する疲労強度の補正には橋梁ケーブルの式⁵⁾を用いた。

3. 疲労損傷度マップの作成例

九州地方における対象電線の線路方向別年間累積疲労損傷度を図 2 に示す。疲労損傷度は特に九州山地などの山岳部において高い。これは、山岳部の平均風速および乱れ強度が比較的高いためである。また、疲労損傷度は海岸沿いにおいて高く、福岡市などの都市部において低い傾向がみられた。海岸沿いに比べ、都市部の乱れ強度は高いが、平均風速は低いため、本計算では平均風速の影響が強く表われたと考えられる。

同図より、年間累積疲労損傷度の最大値は 0.03 程度である。ただし本計算では、標準的な設備条件の電線を対象としており、さらに、領域気象モデルの空間解像度では再現できない局所的な強風が考慮されていない。このため、設備条件や地点によっては同図に示した疲労損傷度を上回る可能性は十分にあるが、本マップは設備保守を優先的に進める地域を決める際に活用可能なものと考えられる。

謝辞：本研究は、九州電力(株)をはじめとする 8 電力会社の協力のもと実施された。関係各位に謝意を表す。

参考文献 1) 橋本ら、電力中央研究所報告、2013。2) 日本建築学会、建築物荷重指針・同解説、2015。3) 岩谷ら、日本風工学研究会誌、1982。4) 早田ら、平成 28 年電気学会電力・エネルギー部門大会論文集、2016。5) 日本鋼構造協会、鋼構造物の疲労設計指針・同解説、2012。

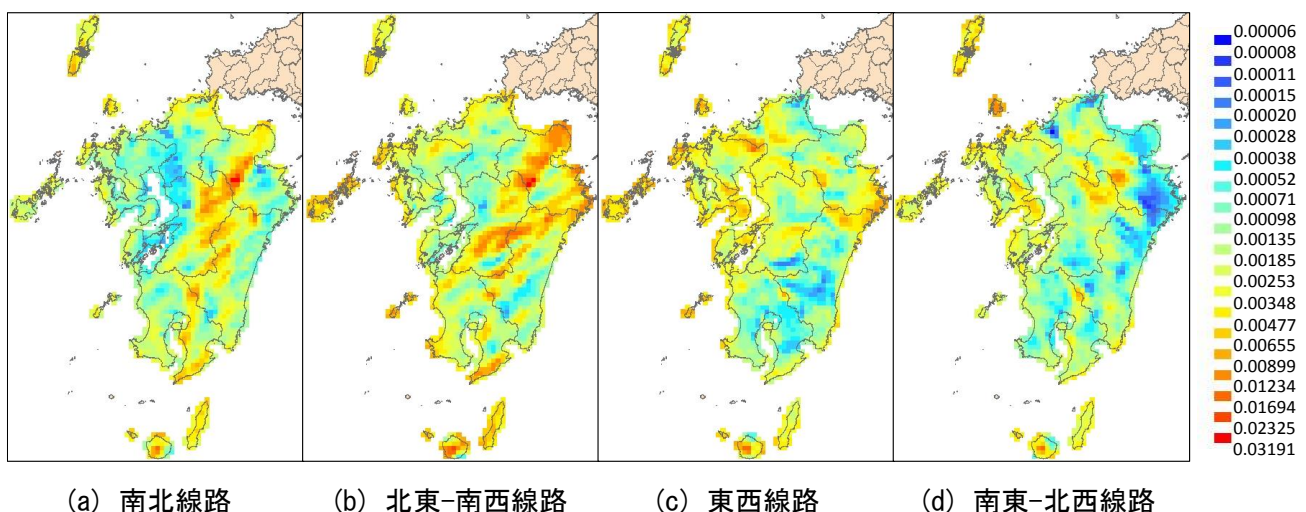


図 2 線路方向別の年間累積疲労損傷度