

配電線機材の自然風中における疲労損傷に関する研究

—その3 不平衡張力の推定手法の提案—

那須電機鉄工(株) ○高橋徹 日大生産工 神田亮 那須電機鉄工(株) 徳山榮基
那須電機鉄工(株) 古梶崇之 日大生産工(院) 平柳光次朗 東電(株) 高岡将臣 馬淵裕之

1. はじめに

その2では、フィールド実験場における風況分析、及び配電線機材の疲労に影響しうる不平衡張力と風速の関数化について述べた。

本編では不平衡張力と風速の関係式から算出された風力係数と気象官署等の既存の風況観測データを用いて、任意の地点で配電線機材に繰り返し作用する不平衡張力を確率論に基づいて推定する手法を提案する。さらには、本手法の第一段階となる任意の地点における配電線機材の疲労に影響しうる風況の予測について述べる。

2. 任意の地点の不平衡張力の推定法

任意の地点における配電線機材に繰り返し作用する変動荷重の推定法における概念図を以下のFig. 1に示す。

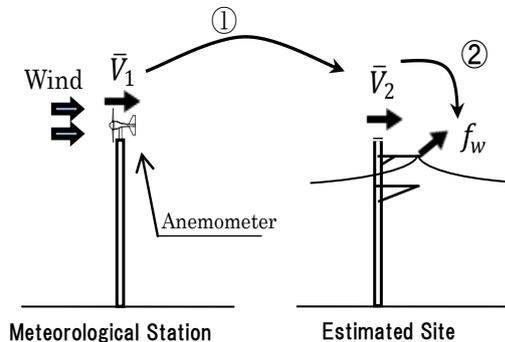


Fig.1 Concept of Estimation of Wind Load Distribution

当該推定法は、対象地点の配電線高さにおける風況を、近傍の気象官署データから推定し、その推定した任意の地点における風速の確率分布と配電線機材の疲労に影響しうる変動荷重と風速の関係式を用いることで、最終

的に任意の地点における配電線機材に作用する変動荷重の確率分布を推定する手法⁴⁾となる。

ここで、配電線機材に作用する変動荷重を2つの変数 X, Y からなる F_w として表した場合、変動荷重の確率密度分布 $f_{F_w}(f_w)$ は以下の式(2)で示される。⁴⁾

$$F_w = g(X, Y) \quad (1)$$

$$f_{F_w}(f_w) = \int_{-\infty}^{\infty} f_{X,Y}(x, g^{-1}) \left| \frac{\partial g^{-1}}{\partial f_w} \right| dx \quad (2)$$

さらに、確率変数 X と Y が独立の関係となる場合は、 $f_{X,Y}(x, g^{-1})$ は2つの分布の積として表され $f_{F_w}(f_w)$ は式(3)となる。⁴⁾

$$f_{F_w}(f_w) = \left| \frac{\partial g^{-1}}{\partial f_w} \right| \int_{-\infty}^{\infty} f_X(x) \cdot f_Y(g^{-1}) dx \quad (3)$$

上式の変数 X, Y は、式(4)で示される不平衡張力と風速の関係式から風速 \bar{V}_2 と風力係数 C_u となり、式(3)は式(5)となる。

$$F_w = \beta \bar{V}_2^2 C_u \quad (4)$$

ここで、 $\beta = \frac{1}{2} \frac{\rho \cdot B \cdot s^2}{8 \cdot D}$ である。

$$f_{F_w}(f_w) = \left| \frac{\partial g^{-1}}{\partial f_w} \right| \int_{-\infty}^{\infty} f_{\bar{V}_2}(\bar{v}_2) \cdot f_{C_u}(g^{-1}) d\bar{v}_2 \quad (5)$$

ここで、 C_u ：不平衡張力の風力係数、 f_w ：不平衡張力(N)、 s ：径間(m)、 D ：弛度(m)、 ρ ：空気密度(kg/m^3)、 \bar{v} ：10分間移動平均風速(m/s)、 B ：電線外径(m)である。

この式(5)を用いることで、任意の地点で配電線機材に作用する不平衡張力が算出されることとなる。

Study on Fatigue Damage in Natural Wind to Apparatuses of Electric Distribution —Part3 Proposal of Estimation Method of Unbalanced Wire Tension—

Toru TAKAHASHI, Makoto KANDA, Hideki TOKUYAMA, Takayuki KOKAJI,
Kojiro HIRAYANAGI, Masaomi TAKAOKA and Hiroyuki MABUCHI

3. 任意の地点の風況予測

提案した不平衡張力の推定手法の基準となる任意の地点における配電線高さの風況予測を、気象官署における既存の風況データを用いることで検討した。

本検討では、対象地域近傍の気象官署におけるワイブル係数から、任意の地点のワイブル係数を推定する手法を提案する。

任意の地点のワイブル係数を c_e, k_e とした場合、任意の地点における風速分布は式 (6) で表される。

$$f_{\bar{v}_2}(\bar{v}_2) = \frac{k_e}{c_e} \cdot \left(\frac{\bar{v}_2}{c_e}\right)^{k_e-1} \cdot \exp\left[-\left(\frac{\bar{v}_2}{c_e}\right)^{k_e}\right] \quad (6)$$

ここで、 c_e : 推定された任意の地点の尺度係数
 k_e : 推定された任意の地点の形状係数
 \bar{v}_2 : 任意の地点の10分間平均風速 (m/s) である。

ワイブル分布における尺度係数は、風速の累積出現率の63.2%に相当するように、平均風速に依存する係数となる。よって、任意の地点の尺度係数 c_e については、対象地点近傍の気象官署における尺度係数を直線補間することで決定した。

一方、粗度や風の乱れなど地形的な影響をうける形状係数 k_e については、対象地点の最も近傍に位置する気象官署の値を採用した。

以下に評価対象地域を、栃木県那須郡那傍として風況予測を行った結果を示す。Fig. 2に評価対象地域の地図を示し、Table1に評価地点近傍に位置する気象官署における風速計高さとワイブル係数を示す。



Fig.2 Analysis Area (Google Map)

Table1 Weibull Parameters at Meteorological Stations

	Nasu Meteorological Station	Kuroiso Meteorological Station
Height of anemometer	6.6m	8m
Scale parameter c	2.46	1.84
Shape parameter k	1.15	1.29

栃木県那須郡黒磯地区で行っていたフィールド実験場を評価対象地点とし、フィールド実験場の尺度係数を当該地点近傍の那須気象官署と黒磯気象官署から直線補間することで推定した。また、形状係数については最も近傍に位置する黒磯官署における値を採用した。

以下に黒磯フィールド実験場における風速の実測分布と気象官署から推定したワイブル係数を用いた分布の比較を示す。

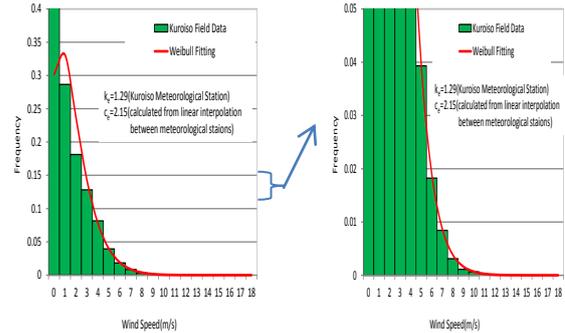


Fig.3 Observed Wind Speed Frequency Distribution and Estimated Weibull Distribution at Kuroiso Field Test Site

フィールド実験場における実測値と予測値を比較すると、低風速側、高風速側ともに、ほぼ実測を再現できる結果となった。よって、対象地域近傍の気象官署におけるワイブル係数から直接任意の地点の風況を予測する手法により、精度よく簡便に風況予測が行える可能性を示すことができた。

4. まとめ

本編では、任意の地点で配電線機材に作用する不平衡張力を推定する手法を提案し、配電線機材の疲労に影響する風況予測の検討を行った。以下に本研究で得られた知見を示す。

- 1) 任意の地点の風速分布と不平衡張力を評価対象荷重とした配電線の風力係数を用いることにより、任意の地点で配電線機材に作用する不平衡張力を推定する手法を提案した。
- 2) 評価地点の尺度係数を近傍の複数の気象官署間を直線補間することで推定し、形状係数を評価地域の最も近傍に位置する気象官署の値を採用するという手法を用いて配電線高さにおける風況予測を行い、精度よく簡便に風況予測が行える可能性を示すことができた。

「参考文献」
 参考文献はその1参照。