

## 架渉線機材の疲労損傷評価に関する風速分布の推定

— $y = \beta e^{-\alpha x}$ の適用—

日大生産工(院) ○平柳 光次朗 日大生産工 神田 亮  
那須電機鉄工(株) 高橋 徹 徳山 榮基 古梶 崇之

### 1. はじめに

構造物が自然風中で風外乱を受けて破損する要因は、台風などの強風によって生じた構造物の部材応力が許容値を超過する耐力破壊のほか、部材応力の許容値を超過しない範囲で生じる繰り返し応力により部材に小さな損傷が蓄積し、最終的に部材の破断に至る疲労損傷破壊等がある。

このような現象を受ける構造物の中には、架渉線を支持する架渉線機材も含まれ、架渉線が強風時に大きく揺動することで架渉線支持部の張力も大きく変動する。この変動張力が繰り返し作用することで、架渉線機材に疲労損傷破壊をもたらす可能性が考えられている。さらに、既往の研究では、実機を用いたフィールド実験を実施し、架渉線機材には風外乱によって不平衡な変動張力が繰り返し作用すること、また風速5m/s以上でその傾向が顕著に現れることを明らかにした。<sup>1)</sup>

そこで本研究では、任意の地点で架渉線機材に作用する変動張力の推定を目的に、既存の観測記録を用いた推定方法を確率論に基づいて提案している。<sup>2), 3)</sup>その推定方法は、任意の地点における風況を近傍の気象観測所データから推定し、推定した風速の確率分布と、架渉線機材の疲労損傷に影響しうる変動張力及び風速の関係式を用いることで、最終的に任意の地点で架渉線機材に作用する変動張力の確率分布を推定する手法となる。本論文では、この推定方法の第一段階となる、任意の地点における風況予測を実施した。

### 2. 推定式

前章で述べているように、架渉線機材の疲労損傷に影響しうる変動張力は風速 5m/s 以上より顕著に現れることから、本研究では高風速領域のみを対象とした風速分布の予測を行っている。そこで、高風速領域における風

速頻度分布は、右肩下がりでかつ 0 軸に漸近するような曲線を描く傾向があるため、以下のような確率密度関数の近似式を提案する。

$$P_{\bar{v}} = \beta e^{-\alpha(\bar{v} - \gamma)} \quad \dots \quad (1)$$

ただし、 $\alpha > 0, \beta > 0$

ここで、 $P_{\bar{v}}$ ：確率密度関数、 $\bar{v}$ ：10分間平均風速、 $\gamma$ ：疲労損傷を考慮する最低風速、 $\alpha$ 及び $\beta$ ：推定する関数の係数である。なお、 $\gamma$ は架渉線機材の疲労損傷を考慮し 5m/s とした。次章より、式中にある $\alpha$ 及び $\beta$ の推定を対象地域において行う。

### 3. 各観測点におけるパラメータ $\alpha, \beta$ の推定

$\alpha, \beta$  の推定を行う上で、式(1)を以下のように展開する。まず、式(1)の両辺の対数をとり整理すると次式を得る。

$$\ln P_{\bar{v}} = -\alpha(\bar{v} - \gamma) + \ln \beta \quad \dots \quad (2)$$

式(2)より、縦軸  $Y$  及び横軸  $X$  は、

$$\left. \begin{array}{l} Y = \ln P_{\bar{v}} \\ X = \bar{v} \end{array} \right\} \quad \dots \quad (3)$$

と表示できる。よって、式(3)のグラフに風速頻度をプロットし、そのプロットしたデータの回帰直線が式(2)で表わされる。したがって、 $\alpha$  は直線の傾き  $\Delta Y / \Delta X$  から求めることができ、また、直線上における  $X = \gamma$  時の  $Y$  の値が  $\ln \beta$  となる。回帰直線を引く際に使用するデータは、データ数等を考慮し風速 3m/s 以上の風速頻度とする。これを、対象地域における気象観測所の観測データを用いて行うと、以下のような結果が得られた。解析結果の一部を Fig.1～Fig.6 に

## Estimation of Wind Speed Distribution for Evaluating Fatigue Damage to Apparatuses of Strung Wire

— Application of Function of  $y = \beta e^{-\alpha x}$  —

Kojiro HIRAYANAGI, Makoto KANDA, Toru TAKAHASHI,  
Hideki TOKUYAMA and Takayuki KOKAJI

示す。なお、対象地域は関東全域、福島県、長野県、山梨県、静岡県、新潟県の全域、山形県、宮城県、愛知県、岐阜県、富山県の一部とした。また、解析期間は2008年～2010年の3年間としている。風速は風速計高さが20m以下では、植林や建屋等の影響が大きく、より不安定な流れになることを考慮し、高さ補正を行わず、実測のままの値を用いている。一方、風速計高さが20m以上では、地点の粗度長<sup>4</sup>から粗度区分を推定し、建築物荷重指針<sup>5</sup>で示されている方法で20m相当に高さ補正を行った。

Fig.1～Fig.6より、比較的高風速の頻度が多い官署の傾き $\alpha$ は緩やかになっており、高風速の頻度が少ない官署では傾きが急になることが確認できる。 $\beta$ については、高風速の頻度が多い官署において値が大きくなり、高風速の頻度が少ない官署では小さくなる傾向が見受けられた。また、求めた回帰直線に測定値が非常に近似していることから、風速と頻度の対数は線形の関係にあることがわかる。

#### 4. $\alpha$ , $\beta$ の広域センター図

本研究では、前述したように既存の気象観測所データを用いて評価を行っているが、これらの観測データは観測条件が様々で、特に風速計の設置高さが各観測点で異なっている。そこで問題となるのは、風速計高さが10mを下回るよ

うな低い位置で観測を行っている場合、設置場所近隣の建屋や植林等の局所的な影響を受け、その地点の風速を正確に観測できていない可能性が考えられる。

そこで、そのような地点を除いた状態で評価を行うため、局所的な影響を受けている可能性がある地点を年平均風速で判断し定めることとした。その除外する地点を、年平均風速が1.0m/s未満、1.5m/s未満、2.0m/s未満の計3ケースとし、各ケースで風速頻度の推定精度を比較する。

まず本章では、前章で求めた $\alpha$ 及び $\beta$ を用いて、気象観測所間を線形補間することで対象地域におけるセンター図を作成した。なお、センター図は前述した3ケースに加え全観測点を対象としたものを含め計4ケース作成し、風速頻度を推定する地点である鷺倉、玉川、南郷、龍ヶ崎、大田原、桐生、館林、中之条、府中、香取、海老名、上田、松本今井、切石、菊川牧之原、新津官署の計16官署（以下、予測地点）を除いたものとなる。また、同図に予測地点もプロットした。全観測点を対象として作成した $\alpha$ 及び $\beta$ のセンター図をFig.7、Fig.8に示す。

Fig.7、Fig.8より、全体的な傾向として、センター図が示す高低差が $\alpha$ と $\beta$ で逆になっていることが見受けられた。

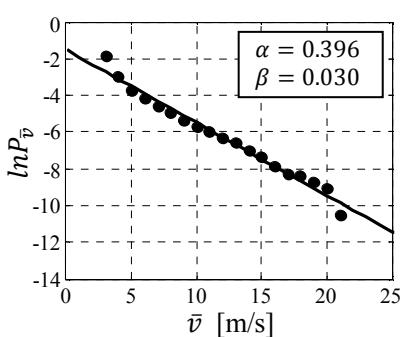


Fig.1 Nasu Station

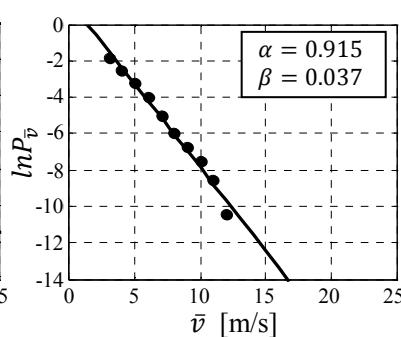


Fig.2 Kuroiso Station

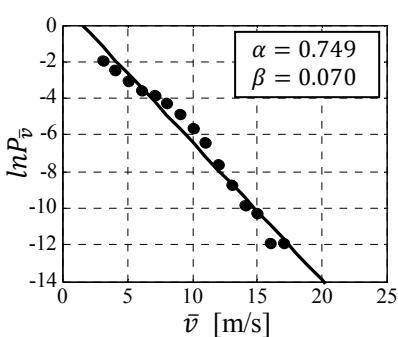


Fig.3 Otawara Station

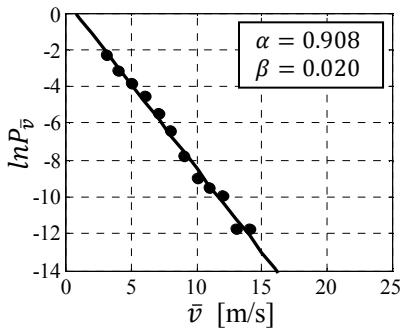


Fig.4 Shioya Station

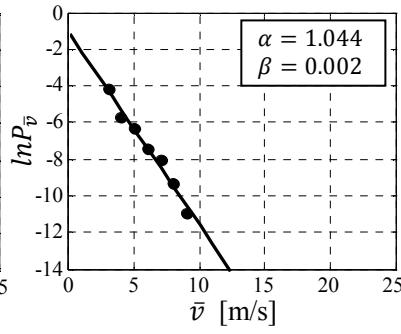


Fig.5 Imaichi Station

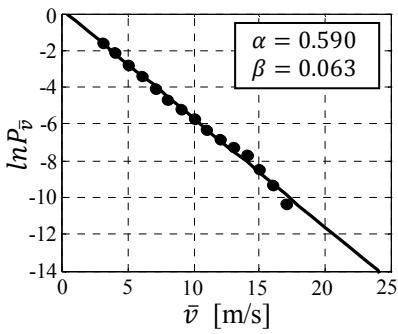


Fig.6 Utsunomiya Station

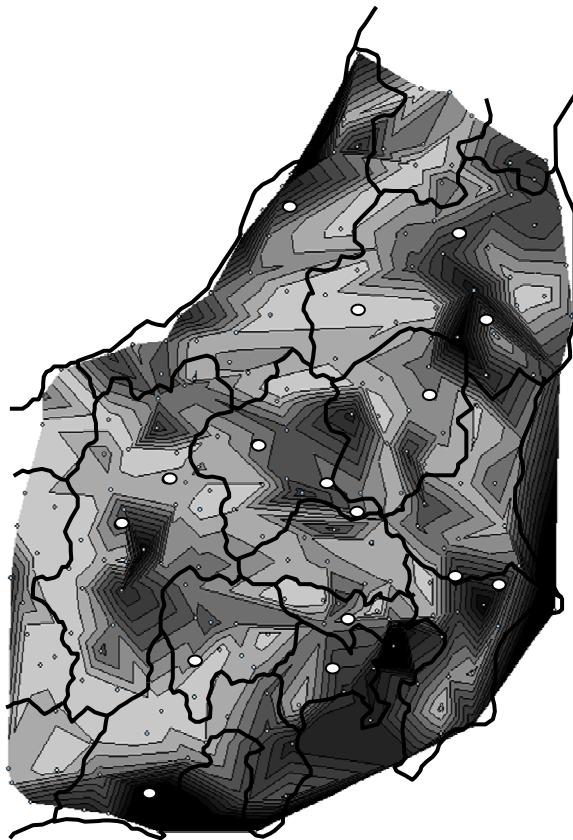


Fig.7 Contour Graphic of  $\alpha$

## 5. 予測地点における風速頻度の推定

ここでは、作成したコンター図から予測地点の $\alpha$ 及び $\beta$ を各4ケースで算出し、算出した $\alpha$ と $\beta$ を用いて式(1)に示した風速分布の推定式より予測地点の風速頻度を推定した。また、各予測地点において推定した風速頻度と観測データの近似性といった観点で4ケースを比較し、各4ケースのコンター図における精度の検討を行った。Fig.9～Fig.17に風速頻度を推定した結果の一部を示す。

Fig.9～Fig.17より、玉川、龍ヶ崎、大田原、館林、松本今井、桐生、新津官署は、全観測点を対象にしたコンター図を用いて推定した風速頻度より、局所的な影響を考慮したコンター図を用いて推定した風速頻度の方がより観測データと近い値を示していることが確認できる。そのため、このように局所的な影響を考慮した上で風速頻度を推定することが望ましいと考えられる。しかしながら、前章で設けた年平均風速1.0m/s, 1.5m/s, 2.0m/s未満を除く3ケースのうち、どのケースが観測データとより近似するかといった規則性は少なく、現状で

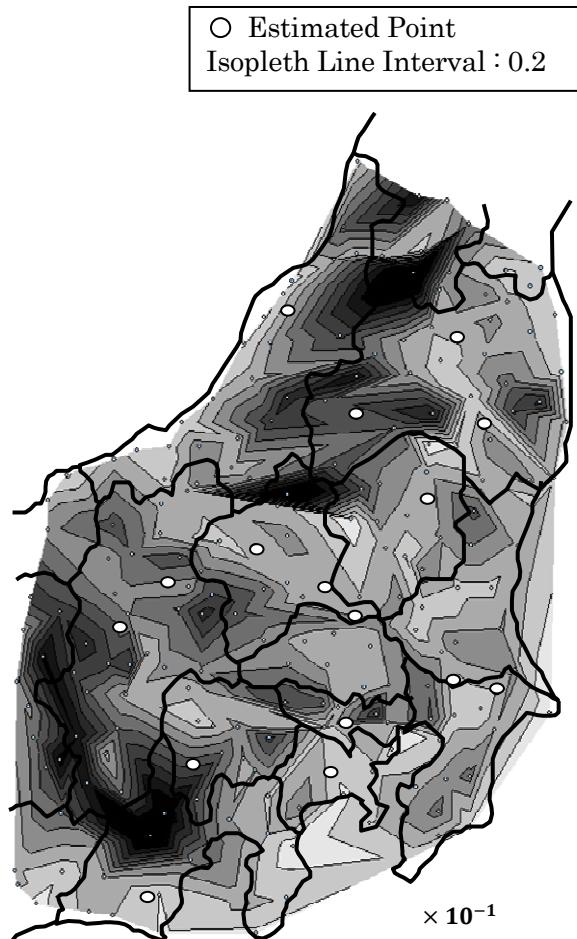


Fig.8 Contour Graphic of  $\beta$

はこれらの特定までは難しい結果となった。

一方、中之条、上田官署においては、4ケースとの推定結果とも観測データとあまり近似しない傾向を示した。この理由として、中之条、上田官署は高風速領域の頻度が少なく、そもそも局所的な影響を含んだ観測データの可能性が懸念される。そのため、このような箇所の推定は困難となることが予想される。

## 6. まとめ

本論文では、風速分布を予測する関数を  $y = \beta e^{-\alpha(\bar{v}-v)}$  とし、広域において作成した $\alpha$ 及び $\beta$ のコンター図を用いて予測地点の風速頻度を推定した。以下に得られた知見を示す。

- ①比較的高風速の頻度が多い官署の傾き $\alpha$ は緩やかになっており、高風速の頻度が少ない官署では傾きが急になる。また、 $\beta$ は高風速の頻度が多い官署において値が大きくなり、高風速の頻度が少ない官署では小さくなる傾向が見受けられた。
- ②本推定法は、建屋や植林等の局所的な影響を考慮することが望ましく、一方で局所的な影

響を含んでいる可能性のある地点への適応は困難が予想される。

③今後の検討としては、局所的な影響を最も除いて評価できる方法を明らかにし、本推定法の精度向上を目指す。

## 参考文献

- 1) 古梶, 高橋, 徳山, 神田, 平柳, 高岡, 馬渕, 自然風中における配電線機材の疲労損傷に関する研究 - その1フィールド実験の概要, 日本建築学会大会学術講演概要集, 2012, pp.173-174
- 2) 平柳, 神田, 古梶, 高橋, 徳山, 高岡, 馬渕, 自然風中における配電線機材の疲労損

傷に関する研究 - その2風況分析と変動風荷重, 日本建築学会大会学術講演概要集, 2012, pp.175-176

- 3) 高橋, 神田, 古梶, 平柳, 徳山, 高岡, 馬渕, 自然風中における配電線機材の疲労損傷に関する研究 - その3変動風荷重の特定, 日本建築学会大会学術講演概要集, 2012, pp.177-178
- 4) 桑形, 近藤, 東北南部から中部地方までのアメダス地点における地表面粗度の推定, 天気, 37巻, 3号, 1990, pp.197-201
- 5) 建築荷重指針・同解説(2004), 日本建築学会, 2004, pp.22-26

