

台風0314号の被害データと台風シミュレーションに基づく配電設備のリスクマネジメント

その2 配電用電柱の最適設計風速の評価

Risk management for electric poles based on the damage data of T0314 and typhoon simulation technique

Part2 Optimum design wind speeds for electric poles

○ 又吉聖子¹⁾ 石原 孟²⁾ 銘苅壮宏¹⁾ 高原景滋¹⁾ 荒川洋³⁾
Satoko MATAYOSHI¹⁾ Takeshi ISHIHARA²⁾ Takehiro MEKARU¹⁾ Keiji TAKAHARA¹⁾ Hiroshi ARAKAWA³⁾

1. はじめに

配電設備のリスクマネジメントを行う際には、配電用電柱の損傷度曲線の他に、電柱毎のハザード曲線が必要となる。現在日本における風観測は最長70年間程度しかないため、超過確率の低い風速(例えば、1000年1度)の算定は外挿となってしまう問題がある。この問題を解決するために、台風シミュレーションによる風速の超過確率の評価手法が提案されてきた。

本研究その2では、まず台風シミュレーションを行い、気流解析の結果と合わせて、宮古島における電柱毎のハザード曲線を求める。そして本研究その1で求めた損傷度曲線と合わせて、電柱毎のリスク評価を行う。最後に、期待初期建設費および配電用電柱の期待再建費を算出し、期待総建設費最小化原則に基づき、宮古島における配電用電柱毎の最適設定風速を提案する。

2. リスクマネジメントの概要

期待総建設費最小化原則に基づく配電用電柱のリスクマネジメントとは、式(1)に示すような期待総建設費が最小となる最適設計風速を導くことである。

$$C_T = C_I + P_F C_F, \quad P_F = R \times T \quad (1)$$

ここで、 C_T は期待総建設費、 C_I は期待初期建設費、 P_F は耐用期間中の破壊確率、 C_F は期待再建費、 R は年間台風リスク、 T は耐用年数(42年)である。

電柱の年間台風リスクは電柱の損傷度曲線より求めた各風速階級の損傷発生超過確率と、ハザード曲線より求めた各風速階級の年最大風速確率密度との積の累積値から次式により求めることができる。

$$R = \sum_{U=1}^{100} F_F(U) f_V(U) \quad (2)$$

ここで、 U は階級別風速、 F_F は損傷発生超過確率、 f_V は最大風速確率密度を表す。

式(1)から、電柱の期待総建設費は電柱の期待初期建設費の他、電柱の損傷度曲線と電柱設置地点でのハザード曲線に依存することが分かる。ハザード曲線は

電柱設置地点毎に異なり、また期待初期建設費と損傷度曲線は設計風速によって変化することから、期待総建設費を求めるためには、設計風速を変化させ、期待総費用最小化原則に基づき電柱毎の最適設計風速を評価する必要がある。

3. 台風シミュレーションによるハザード曲線の作成

台風シミュレーションでは①まず過去の台風観測データにより、台風の年発生数 λ 、最接近距離 d_{min} 、進行方向 θ 、進行速度 C 、中心気圧低下量 ΔP 、最大旋衡風速半径 R_m の6つのパラメータの確率分布を求める。次に、②各パラメータの確率分布に従い、人工的に台風を発生させる。そして、③発生された台風の気圧場から上空風を求め、地表面粗度や地形の効果を考慮して地上風に変換し、さらに台風シミュレーションより求めた風速を10分平均風速に変換し、地上風の年最大風速を求める。最後に、④シミュレートした数千年～数万年間の年最大風速を大きい順に並べ、年最大風速の確率分布を求める。

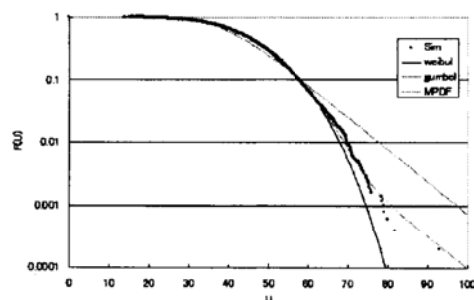


図1 台風による年最大風速の超過確率分布

本研究では台風パラメータの確率分布の近似は混合確率分布関数 MPDF (Mixed Probability Distribution Function)¹⁾を用い、台風パラメータの発生は修正直交変換法 MOD(Modified Orthogonal Decomposition)¹⁾により行った。図1には台風シミュレーションより求めた島内のある電柱の設置場所におけるハザード曲線を示す。ハザード曲線は次式に示す混合確率分布により近似した。

1) 沖縄電力株式会社, 研究開発部
Research & Development Dept., Okinawa Electric Power Co., Inc
2) 東京大学大学院工学系研究科総合研究機構 助教授
Assoc. Prof. Institute of Eng. Innovation, Univ. of Tokyo

3) 株式会社 水域ネットワーク
Aquatic Zone Network Co., Ltd.

$$MPDF = a \times \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_{\ln x}} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{\ln x - \mu_{\ln x}}{\sigma_{\ln x}} \right)^2 \right] + (1-a) \times \frac{k}{C} \left(\frac{x}{C} \right)^{k-1} \exp \left(-\left(\frac{x}{C} \right)^k \right) \quad (3)$$

図中には Gumbel 分布及び Weibull 分布により求めたハザード曲線も併記した。本研究により提案した混合確率分布は台風シミュレーションから得られた年最大風速の超過確率分布を精度良く近似できることが分かる。

4. 最適設計風速の評価

配電設備の期待初期建設費には電柱自体の費用の他、配電線、柱上機器、電柱設置費も含まれる。設計風速 40m/s の配電設備の初期建設費は電柱自体の費用とその他の費用はそれぞれ 10 万円と 40 万円と仮定した。また期待再建費は初期建設費に被害電柱の撤去費用などが加算される。本研究では台風 0314 号の時に実際に掛かった費用から期待再建費を求めた。

表 1 設計風速別の期待初期建設費と期待再建費

設計風速	40	45	50	55	60
電柱のコスト比	1.00	1.27	1.56	1.89	2.25
電柱費用	10	12.7	15.6	18.9	22.5
期待再建費 C_F	67.0 (電柱費用を除く)				
期待初期建設費 C_I	40.0 (電柱費用を除く)				

表 1 には設計風速別期待初期建設費と期待再建費を示す。電柱の設計風速が高くなるにつれ、電柱自体の費用を高くするように設定した。電柱にかかる荷重が風速の 2 乗に比例することから、電柱自体の費用は耐風速の 2 乗に比例すると仮定し、その他の費用は設計風速によらず一定とした。図 2 には島のある地点に設置した電柱の設計風速別期待総建設費を示す。この図から、初期建設費は設計風速の増加につれ増大し、期待再建費は反対に減少することが分かる。この地点では設計風速 49m/s において期待総建設費が最小となる。

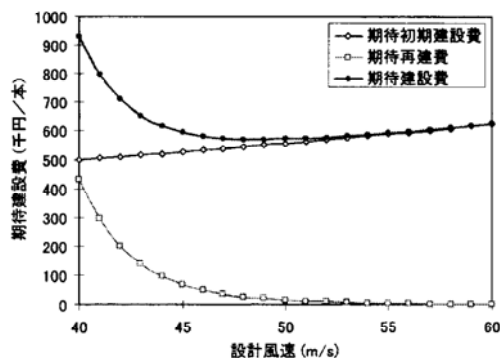


図 2 設計風速別期待総建設費

図 3 には設計風速を 40m/s から 60m/s まで 5m/s 刻みで変化させた場合に宮古島における全電柱の期

待総建設費を示す。この図から設計風速 45m/s の電柱を採用した場合は島内全電柱の期待総建設費が最小となることが分かる。

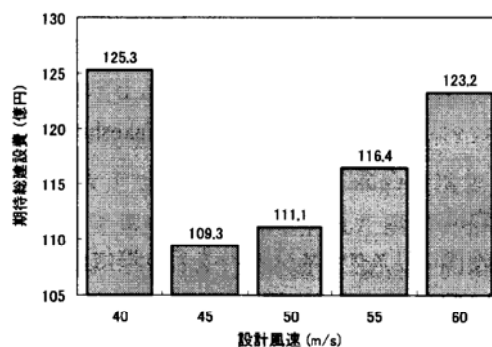


図 3 設計風速別の島内全電柱の期待総建設費

図 4 には島内電柱毎の最適設計風速を示す。この図から平良市の市街地では最適設計風速が低く、郊外や海岸部では高くなっていることが分かる。

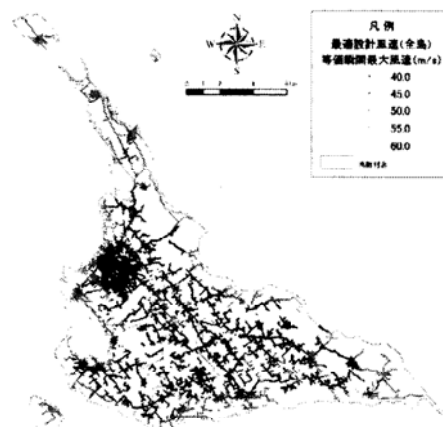


図 4 島内電柱毎の最適設計風速の分布

5. まとめ

本研究では台風シミュレーションにより島内電柱毎のハザード曲線を作成し、設計風速別の損傷度曲線とあわせて、期待総建設費最小化原則に基づき電柱毎の最適設計風速を求めた。宮古島の場合には設計風速 45m/s の電柱を用いる場合、島内全電柱の期待総建設費が最小となることが分かった。

謝辞 本研究の実施にあたり、東京大学大学院工学系研究科修士 2 年(研究当時)クー・カイ・シアン氏にご協力を頂いた。ここに記して、謝意を表する。

参考文献

- 1) 石原孟, ホタイホーム, チョンチーリョン, 藤野陽三: 台風シミュレーションのための混合確率分布関数と修正直交変換法の提案, 第 18 回風工学シンポジウム論文集, pp.5-10, 2004.