

送電用鉄塔の風向特性を考慮できる耐風信頼性設計法の提案

背景

我が国の送電用鉄塔の設計では、許容応力度設計を基本としている。一方、電気工学分野の国際規格を定めたIEC60826では、確率・統計理論を基礎とした信頼性設計に基づくことが規定されており、今後、信頼性設計への対応が求められる可能性がある。電気事業では、風向別設計風速など最新の研究成果を取り入れて、「送電用鉄塔の風荷重指針・同解説（2005）」をとりまとめたが、本指針は風荷重のみを定めたものであるため、信頼性設計を実現するには、風向特性を考慮できる合理的な設計式の構築が課題となっていた。

目的

鉄塔立地点の風向特性に応じた合理的な設計を可能とする、信頼性理論に基づいた設計式を提案する。

主な成果

1. 風向特性を考慮した信頼性設計法の考え方の提案

風向の影響を平均的に考慮した全風向で一律の設計風速に基づく方法と、風向別設計風速に基づく方法の2通りの設計法を示した。また、これらの設計法に必要な設計風速の再現期間と、真の応答値からの設計用応答値のばらつきについて、建設地点や鉄塔型などによらない統一的な評価方法を提案した（図1）。

2. 耐風信頼性解析と再現期間の評価

地理的位置、鉄塔規模、架線条件、線路走行をパラメータに、耐風信頼性解析（19712ケース）を実施した。本解析結果に基づいて、設計風速の再現期間を評価したところ、全風向一律の設計風速に基づく場合は14.6年、風向別設計風速に基づく場合は88.3年であった。これらの再現期間の風速を用いて評価される設計用応答値は、平均的に再現期間50年の値となる。さらに、設計用応答値のばらつきは、それぞれGumbel分布（変動係数0.184）、対数正規分布（変動係数0.046）で近似できることがわかった。

3. 設計式の提案

現行の許容応力度設計法を基準に、コードキャリブレーションを行った結果、信頼性指標は1.5であった。この結果を参考に、目標信頼性指標を1.5、2、3と定め、2通りの設計法に対して設計式を提案した（図1）。

4. 提案設計式の適用

275kV耐張型鉄塔を対象に、2通りの設計法により設計風速と必要部材強度を試算した。提案した2通りの設計法は、いずれも許容応力度設計法に比べて、同一の信頼度に対する必要部材強度は小さくなり、風向特性を考慮することの合理性が確認された。また、風向別設計風速に基づく設計法は全風向一律の設計風速に基づく設計法に比べ、線路走行別に評価できるため、より実況に応じた設計が可能であることを示した（図2、図3）。

今後の展開

総合的な信頼性設計法の確立のため、風荷重と重畳した冰雪荷重に対する設計式の構築が必要である。

主担当者 地球工学研究所 構造工学領域 主任研究員 石川 智巳

関連報告書 「送電用鉄塔の耐風信頼性設計法に関する検討（その2）—風向特性を考慮した荷重・耐力係数法に基づく設計式の提案—」電力中央研究所報告：N08060（2009年）

「送電用鉄塔の耐風信頼性設計法に関する検討（その1）—耐風信頼性解析コードの開発と風向を考慮した設計風速の設定方法の提案—」電力中央研究所報告：N07032（2008年）

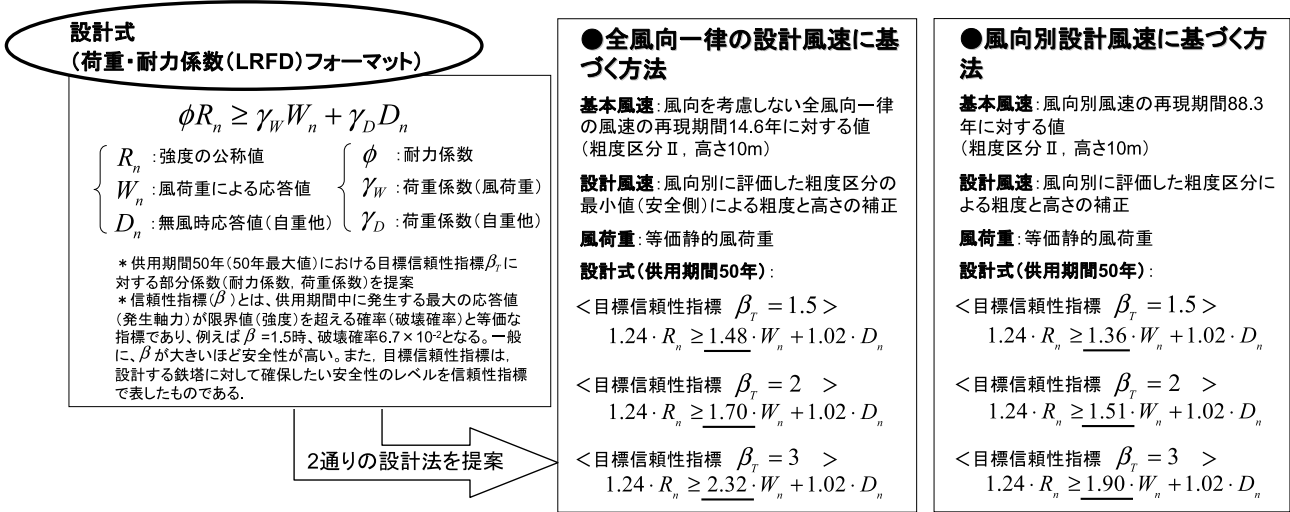


図1 荷重・耐力係数法に基づく信頼性設計法の提案

信頼性設計法として標準的に用いられる荷重・耐力係数法に基づく2種類の設計法とその設計式を提案した。全風向一律の設計風速に基づく方法は、3回程度の応答値の計算で設計が可能であり、現行の設計手順と共通である。一方、風向別設計風速に基づく方法は、風向毎に応答値の計算が必要となり設計作業は煩雑となるものの、より実態に応じた評価が可能である。

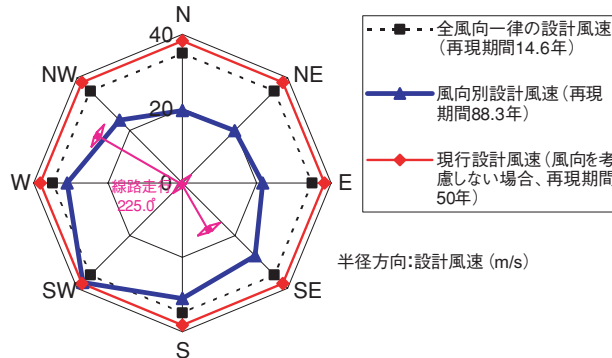


図2 提案手法による設計風速の評価例

提案設計法に基づき仮想鉄塔立地点(千葉測候所)の設計風速を評価した。設計風速を用いて評価した応答値(部材軸力)は、再現期間50年に対する値を想定している。提案手法は、現行の設計風速よりも小さい設計風速で再現期間50年の応答値を評価できる。

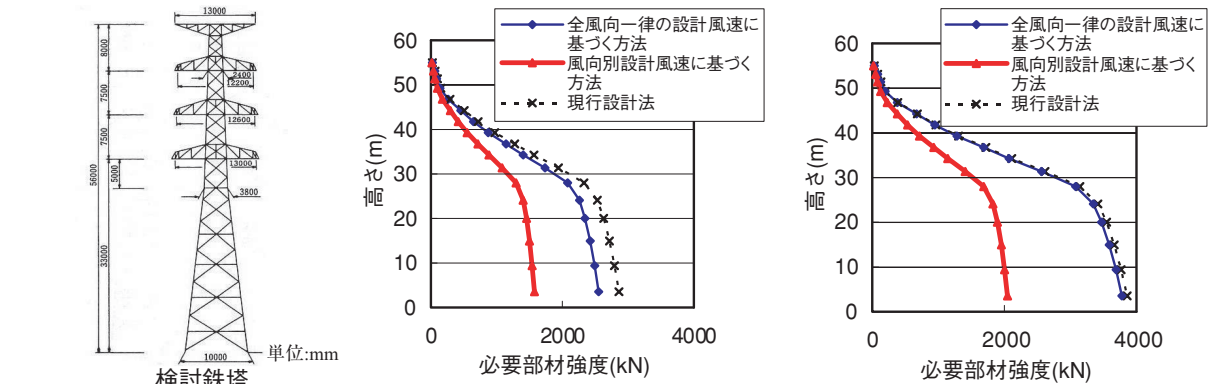


図3 提案手法の適用例

現行設計法(許容応力度設計法)に比べて、同一の信頼度(目標信頼性指標)に対する必要部材強度は小さくなり、風向特性を考慮することの合理性が確認された。また、全風向一律の設計風速に基づく設計法は線路走行によらず一定の必要部材強度となるのに対し、風向別風速に基づく方法は、線路走行別に評価できる。