

雪荷重及び風荷重作用時の送電鉄塔の安全性評価

鳥取大学工学部 正会員 白木 渡

中国電力㈱

小野 進

鳥取大学工学部 正会員 松保 重之

鳥取大学大学院 学生員○辻 英朗

1. まえがき 1991年9月に発生した台風19号により、西日本を中心に一部の送電鉄塔が被害を受けた。強風により鉄塔本体が被害を受けたのは極めて希なケースである。先の研究¹⁾では、その原因が設計基準以上の荷重が発生したことによるものなのか、あるいは現行の設計基準に何らかの問題点があるのかを再検討するため、極値解析による標準鉄塔の耐風安全性評価を行った。その結果、設計で想定された風荷重に対しては十分安全が確保されていることが解った。しかし、この鉄塔が損傷を受けた事実をみると、設計で想定されている以上の希に発生する強風が、標準鉄塔に作用したのではないかと考えられる。本研究では、過去、件数は少ないが、着雪による送電鉄塔本体の被害例があるので、台風19号により損傷を受けた標準鉄塔が、雪荷重に対して、どれぐらいの安全性があるかを、着雪と風速を極値解析により評価し、雪荷重及び風荷重作用時の標準鉄塔の安全性評価を、信頼性理論を用いて行う。

2. 着雪と風速の確率モデルの作成 着雪には乾型 $g(W, V_{c10}) = |\sigma_c| - \left| \sigma_1 \cdot W + \sigma_2 + \sigma_3 + \sigma_4 \cdot \frac{\rho_1}{2} \cdot V_{c10}^2 \cdot (d_1 + 2r_1) + \sigma_5 \cdot \frac{\rho_1}{2} \cdot V_{c10}^2 \cdot (d_2 + 2r_2) + \sigma_6 \cdot \frac{\rho_1}{2} \cdot V_{c10}^2 \right|$ (1)

着雪と湿型着雪があるが、本研究では、過去に発生した着雪による送電鉄塔の被害の主な原因である湿型着雪と風を確率変数として扱い鉄塔の安全性を検討する。送電鉄塔の耐用年数を50年として50年最大湿型着雪量（極値Ⅰ型分布 平均値5.54kgf/m、標準偏差1.40kgf/m）と日最大瞬間風速（極値Ⅰ型分布 平均値12.26m/s、標準偏差4.76m/s）を鉄塔に作用させ、鉄塔の支柱材、斜材及び補助材に発生する軸応力が各部材の降伏点応力（引張力作用時）または座屈応力（圧縮力作用時）に達したときに破壊が起きるとして、式(1)に示す限界状態関数により破壊確率を算定した²⁾。風荷重として日最大瞬間風速を用いたのは、50年最大着雪時に50年最大の瞬間風速が同時に発生する可能性は低いこと、また、湿型着雪も風速20m/sぐらいの風が吹くと脱落することから、湿型着雪時に作用する風として日最大瞬間風速を用いた。

ここに、

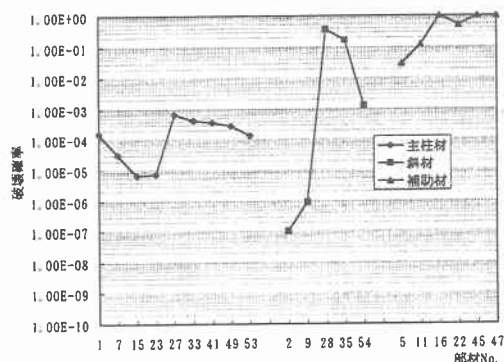
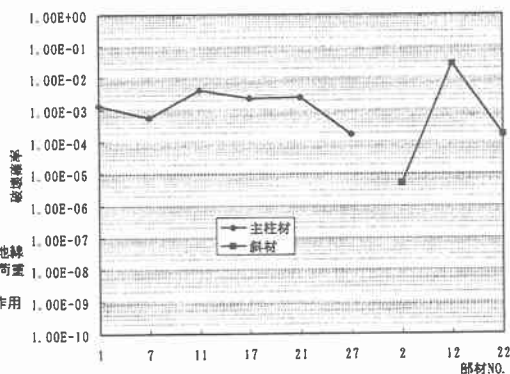
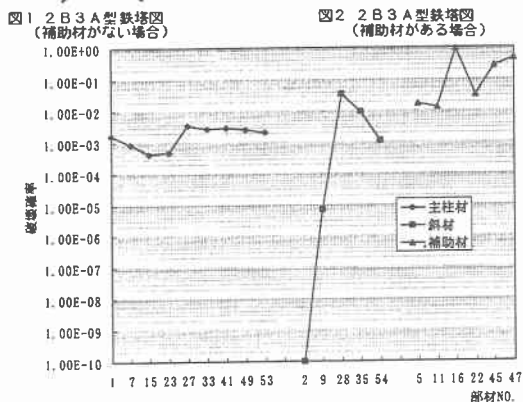
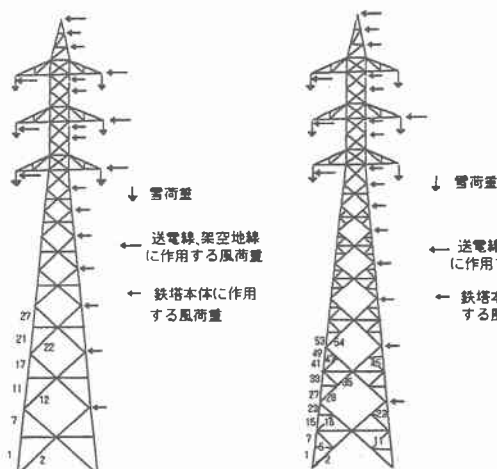
 $g(W, V_{c10})$: 限界状態関数 W : 50年最大着雪量 (kgf/m) V_{c10} : 日最大瞬間風速 (m/s) σ_c : 各支柱材及び斜材の降伏点応力度（引張力作用時）

または座屈応力度（圧縮力作用時）

 $\sigma_1 \sim \sigma_6$: 雪荷重、風荷重、死荷重及び架渉線、架空地線の水平張力荷重により各支柱材、斜材及び補助材に発生する応力度 ρ_1 : 空気密度 (0.13[kgf・s²/m⁴]) ρ_2 : 湿型雪の密度 (600[kg/m³]) d_1 : 架渉線の外径 (0.0224[m]) d_2 : 架空地線の外径 (0.0105[m]) r_1 : 架渉線への着雪厚 (m) r_2 : 架空地線への着雪厚 (m)

3. 送電鉄塔上部の破壊確率の算定結果 解析対象とした鉄塔は、図1、図2に示す2B3A型の標準鉄塔である。図1、図2中の番号は、各部材のうち圧縮力が作用する部材の添え字番号である。2B3A型鉄塔は、1991年9月に発生した台風19号により被害を受けた鉄塔である。図1に示す鉄塔は現行設計基準³⁾に基づくモデル（補助材なし）で、これに対して信頼性解析を行った結果を図3に示す。この図をみると支柱材で破壊確率が 10^{-2} から 10^{-3} のオーダーであり、斜材では部材No.12で 10^{-1} のオーダーとなり他の部材より大きくなった。次に、実際に建設されている鉄塔には、補助材があるので、補助材があるモデル（図2参照）についての破壊確率の計算を行った。その結果を図4に示す。この図からわかるようにほとんどの補助材の破壊確率が 10^{-2} のオーダーとなる。このことから補助材が先に損壊を受け、補助材があるとして見込まれていた支柱材、斜材の座屈強度が確保されない場合が予想される。また、先の研究¹⁾で示した外力荷重として50年最大瞬間風速のみを想定した場合の鉄塔上部の破壊確率の計算結果（図5参照）と比較すると、湿型雪荷重作用時の方

が、鉄塔に対して厳しい荷重であることがわかる。



4. あとがき 本研究から得られた結果をまとめると、湿型着雪時には、下から1番目と2番目のパネルの主柱材及び斜材の座屈破壊の確率が高い。既存の鉄塔構造物の設計に際して、補助材の応力分担の割合が設計時に想定されている値よりも高い場合、これが鉄塔が破壊するときの1つの原因になるのではないかと考えられる。それ故、設計段階で、補助材も含めた各部材の応力解析が必要ではないかと思われる。また、本研究では、風速については、鳥取地方気象台のデータをもとに鉄塔の安全性の評価を行った。これらのデータは平地での観測値である。実際に鉄塔が数多く建設されている山岳部等では、地形の影響を受け場所によっては鉄塔に対してより厳しい風荷重が作用する可能性も考えられる。今後は、未観測地点の気象データの推定が重要な問題になってくるとと思われる。

〈参考文献〉

- 1) 白木渡ほか:極値解析による送電鉄塔の設計風荷重の検討, 第47回土木学会中国支部研究発表会発表概要集, 1995.
- 2) 白木渡, I. Schuëler:条件付き破壊確率を用いた繰り返し高速モンテカルロ法とその構造物の動的信頼度評価への応用, 構造工学論文集, Vol. 35A, pp. 467-477, 1989-3.
- 3) 電気学会:電気規格調査会標準規格「送電用支持物設計標準」(JEC-127-1979)。