

I - A153

雪荷重および風荷重作用時の送電鉄塔の安全性評価

鳥取大学大学院 学生会員 辻 英朗

鳥取大学工学部 正会員 白木 渡

鳥取大学工学部 正会員 松保 重之

1. まえがき 1991年9月に発生した台風19号は、西日本を中心に送電鉄塔に被害を及ぼし、一部の鉄塔は倒壊に至った。このように強風により鉄塔本体が倒壊したのは極めて希なケースである。先の研究¹⁾ではその原因について検討するため、鳥取地域を対象とした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な安全性が確保されているという結果が得られた。しかし、この鉄塔が倒壊した事実をみると、設計で想定されている以上の希に発生する強風が鉄塔に作用したのではないかと考えられる。鉄塔の安全性にかかわる重要な荷重として、風荷重の他に雪荷重がある。本研究では鳥取地域の、山間部多雪地帯を対象に雪荷重および風荷重の作用を受ける鉄塔の安全性評価を行う。着雪による鉄塔本体の被害例は件数は少ないものの、その事例が鳥取県においても報告されている。しかし、それが先の研究で示した風荷重の場合と同様に想定以上の着雪荷重によるものなのか、それとも現行の設計基準に何らかの問題があるのかを検討するために、本研究では着雪量と風速を極値解析により評価し、標準鉄塔の安全性を信頼性理論を用いて評価した。着雪には乾型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を扱った。

2. 着雪と風速の確率モデル 荷重の確率モデルを作成するために、着雪量については山陰地方山間部の中でも着雪量の多いと思われる地点のデータを用いた。またそれと組み合わせる風速については鳥取地方気象台のデータを用いた。送電鉄塔の耐用年数を50年として50年最大湿型着雪量を推定したところ極値Ⅰ型分布に従い、平均値5.54kgf/m、標準偏差1.40kgf/mとなった。風荷重は、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、湿型着雪は風速20m/s程度の風により脱落するという理由から日最大瞬間風速を選定した。これは極値Ⅰ型分布に従い、平均値12.26m/s、標準偏差4.76m/sとなった。

3. 解析方法 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。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、図2中の番号は、各部材のうち圧縮力が作用する部材の番号である。図1の鉄塔は現行設計に基づくモデル（補助材なし）²⁾、図2は実際に建設されている鉄塔のモデル（補助材あり）を示している。2.によりモデル化した荷重をこれらの鉄塔モデルに作用させ、

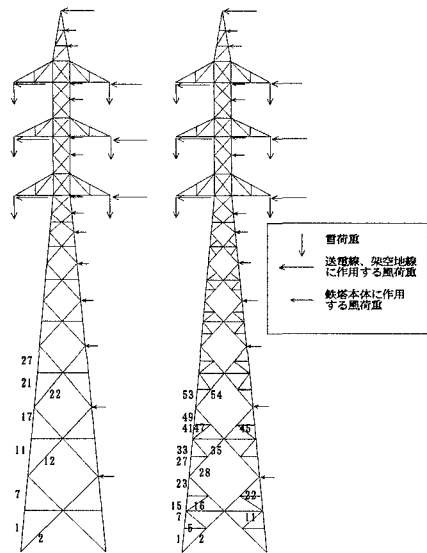


図1 2B3A型鉄塔図 図2 2B3A型鉄塔図
(補助材がない場合) (補助材がある場合)

$$g = |\sigma_c| - |\sigma_D + \sigma_L + \sigma_S + \sigma_{W1} + \sigma_{W2} + \sigma_{W3}| \cdots (1)$$

ここに

g:限界状態関数

σ_{cr} :各部材の降伏点応力度(引張力作用時)、または座屈応力度(圧縮力作用時)

σ_D :死荷重による応力度

σ_L :不平均張力による応力度

σ_S :雪荷重による応力度

σ_{W1} :鉄塔本体への風荷重による応力度

σ_{W2} :送電線への風荷重による応力度

Keywords: transmission tower, snow load, wind load, extreme analysis, probability of failure

〒680 鳥取市湖山町南4丁目101 TEL 0857-31-5287

鉄塔の主柱材、斜材および補助材に発生する軸応力度が各部材の降伏点応力度(引張力作用時)または座屈応力度(圧縮力作用時)に達したときに破壊が生じるとして、式(1)に示す限界状態関数により破壊確率を算定した³⁾。

4. 破壊確率の算定結果 まず、現行設計に基づくモデル(図1)に対して信頼性解析を行った結果を図3に示す。この図から主柱材の破壊確率は 10^{-2} から 10^{-3} のオーダー、斜材ではNo.2部材が 10^{-1} のオーダーとなり他の部材より大きいことがわかる。つぎに、実際の補助材があるモデル(図2)についての破壊確率の算定を行った。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} 以上のオーダーとなる。先の研究¹⁾で算定した外力荷重として50年最大瞬間風速(極値I型分布 平均値41.87m/s, 標準偏差4.29m/s)のみを想定した場合の鉄塔上部の破壊確率(図5)と比較すると、湿型雪荷重作用時の方が主柱材に対して厳しい荷重であるといえる。また、先の研究¹⁾でも述べたが、補助材の破壊確率が高いことから補助材がまず損傷を受け、補助材があるとして見込まれていた主柱材、斜材の座屈強度が確保されない場合が予想される。そこで、仮にNo.5の補助材が損壊したとして各部材の破壊確率がどのように変化するか解析を行った。その結果を図6に示す。この図からNo.1の主柱材の破壊確率が、No.5部材が破壊する前(図4)と比較して大きくなっていることがわかる。これは部材No.5の補助材が破壊することによってNo.1、No.7の主柱材が一つの部材となり、細長比が大きくなることで座屈応力度が小さくなるためだと考えられる。したがって、補助材の破壊により主柱材、斜材の破壊の可能性がかなり高くなると推測できる。

5. あとがき 本研究から得られた結果をまとめると、50年最大湿型着雪荷重と日最大瞬間風速荷重を受ける鉄塔の主柱材の破壊確率が50年最大風荷重のみを受ける場合より大きくなることがわかった。補助材の破壊確率も50年最大風荷重のみのときと同じように大きいことがわかった。現行設計で補助材は応力解析の上であまり重要視されていないが、実際のところ補助材の果たす役割は大きい。それ故、先の研究¹⁾でも述べたように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、1991年の台風19号の強風により鉄塔が倒壊したように湿型着雪による鉄塔の倒壊の可能性も考えられる。その可能性のある既存の鉄塔に対して補助材を補強するなどの措置が必要ではないかと思われる。

<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) 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), 3) 白木渡, G.I. Shuëler: 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.

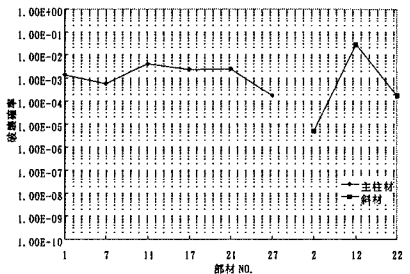


図3 2B3A型鉄塔(補助材がない場合)の破壊確率
(限界応力は補助材があると仮定した場合)

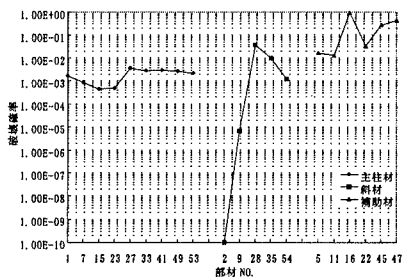


図4 2B3A型鉄塔(補助材がある場合)の破壊確率

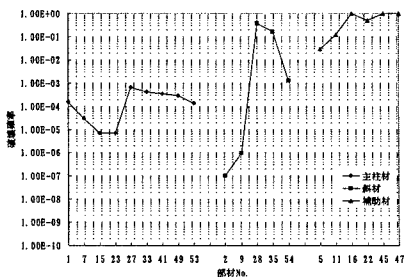


図5 50年最大瞬間風速作用時の破壊確率

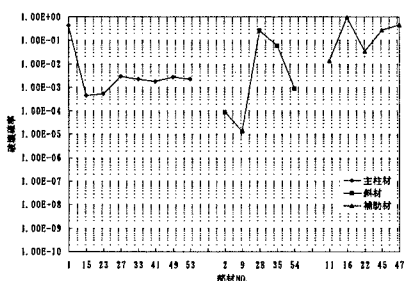


図6 No.5の補助材がない場合の破壊確率