

落雷保護範囲の解析システムの開発

避雷針配置設計の効率化

Development of an Analytic System for Lightning Protection Zone

Improvement of Design Efficiency for Air Terminal Layout

(制御通信部 技術G)
(電力技術研究所 情報ネットワークG)

耐雷対策において、避雷針を効果的に配置し、適切な落雷保護範囲を確保することが重要である。今回、落雷保護範囲を、回転球体法に基づいて解析し画面表示するシステムを開発した。本システムは、パソコンで動作し、通信鉄塔などの解析対象物の3次元CADデータをもとに雷撃電流別の落雷範囲を解析し、3次元コンピュータグラフィックスにて結果を表示する。

1

開発の目的と背景

近年ますます高層化、インテリジェント化が進んでいる建物に雷が落ちた場合、各種設備の損傷が大きく、耐雷対策のニーズは高まっている。また、電力会社においても電力システムの運用技術の高度化に伴い、電気設備の監視・制御信号を伝送する無線通信設備などへの落雷の影響も大きい。

耐雷設計には、受雷部設計、雷通過部設計、接地設計ならびに屋内設備耐雷設計があり、これらの工法をシステムチックに連係することにより、雷障害は飛躍的に抑制されると考えられる。本システムが扱うのは、このうち最初の受雷部設計である。受雷部の設計すなわち避雷針の配置設計を合理的に実施することを目的として、回転球体法に基づく「落雷保護範囲の解析システム」を開発した。

2

回転球体法による落雷範囲

本システムは回転球体法による落雷範囲の考え方を採用している。回転球体法とは、第1図に示すように雷撃距離を半径とする球体を考え、これが構築物に外接する部分を落雷範囲とする考え方である。

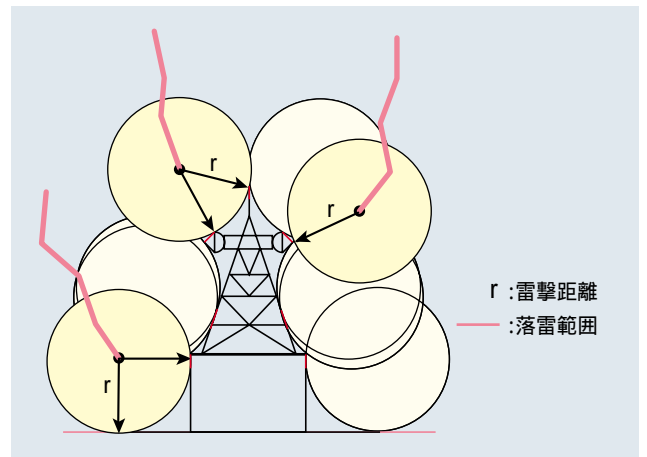
雷撃距離とは、雷が構築物に最後に飛びつく距離である。一般に雷撃距離は雷撃電流値との相関が成立し、

$$r = k \cdot I^n$$

r : 雷撃距離 I : 雷撃電流値 k, n : 定数
である。 k, n の定数は研究者により異なる。

(Engineering Group, Control & Telecommunications Engineering Department)
(Information Network Group, Electric Power Research & Development Center)

In working out countermeasures against lightning, it is important to effectively position air terminals (lightning conductors) and secure appropriate lightning protection zones. We have just developed a system to analyze lightning protection zones based on the rolling sphere method and display the analysis results on a screen. Running on personal computers, this system analyzes the lightning striking zone for each lightning current using three-dimensional CAD data for analysis objects, such as communication towers, and displays the analysis results in the form of three-dimensional computer graphics.



第1図 回転球体法による落雷範囲

3

落雷保護範囲の解析システムの概要

システム利用の流れに沿って以下にシステム概要を説明する。なお、現行のシステムはモデル作成の機能などの一部を通信鉄塔の落雷範囲解析用にカスタマイズしてある。以下では通信鉄塔での解析を例に説明する。

(1) 通信鉄塔データの読み込み

3次元CADデータ（業界標準のDXF）を読み込む。

(2) 通信鉄塔周辺の構築物の配置

上述のCADデータで完備されていない構築物（建物、樹木など）を、立方体・円柱など基本パーツを組み合わせて、簡易にモデル作成・配置する。

(3) 避雷針やアンテナの配置

第2図に示すように通常使用される避雷針やパラボラアンテナ等は、基本モデルを作成し登録されている。また、これらの登録モデルはパラメトリックモデルであり、部分的な長さの変更などにより新規のモデルを容易に製作できる。



第2図 モデル選択とパラメータ変更による新規製作

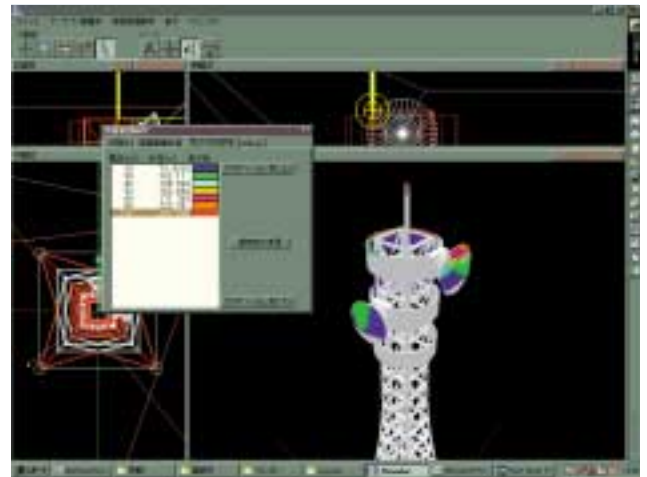
(4) 落雷範囲解析計算

解析対象となる構造物の3次元データは、膨大なものになる。さらに、回転球体法は、3次元空間で構造物と雷撃電流値により半径の決まる球体とが外接する箇所の計算を行うが、その計算量も膨大なものとなる。通信鉄塔や避雷針の3次元形状データは複雑で大量のポリゴン（微小三角形）の集合体として表現されている。本システムではすべての構造物をボクセルという小さな立方体の集合に近似した。具体的には10cm立方のボクセルに変換している。これは落雷範囲の解析の精度としては実用上十分である。

構築物が存在する領域を均一にボクセル分割した場合、大量のメモリを要する。この問題を解決するために、八分木による階層的なデータ構造により構築物の形状を保持している。八分木とは、一つの3次元の空間を3つの直交平面で均等に分割することにより得られる8つの新たな空間を、再帰的分割することにより得られる木構造のことをいう。ここでは構築物（ボクセル）が存在する空間のみを再帰的に分割することにより形状の複雑さに合わせて効率的に形状データを保有し、パソコンで取り扱い可能な大幅なデータ量の削減を実現した。我々が主に扱っている通信鉄塔のモデルの例では、均一にボクセル分割した数百Mbyteのデータ量が数Miに圧縮される。計算についてもこのデータ構造を利用し高速な接触判定を行っている。80m弱の通信鉄塔の例では一つの雷撃電流値に対し、およそ1~2分で解析を完了する(CPU:MMX-Pentium133MHz Memory:32MBにて計測)。

(5) 落雷範囲解析結果の色分け表示

上記(4)の結果を3次元CGにより任意の方向からチェックする。再検討が必要な場合は(3)の避雷針の配置へ戻り、再設計する。第3図に解析結果を含むシステムの全体画面を示す。



第3図 システムの全体画面（解析結果表示時）

4 解析例

通信鉄塔にパラボラアンテナを2基設置し、その周囲に避雷針を追加して設置した時の避雷針の配置による保護範囲の変化を第4図に示す。図中の凡例にあるように、5kA以下の雷撃電流値（本例ではArmstrong&Whiteheadの式を適用。雷撃距離（球体の半径）は約24m。）を有する落雷の可能性のある箇所を青色で表示している。同様に10kAは水色、20kAは緑色、30kAは黄色、40kAは赤色で表示している。避雷針の無い第4図(a)では上下のパラボラアンテナとも40kAの落雷範囲となっている。しかし、避雷針を1本配置した第4図(b)では下側のパラボラアンテナには40kAの落雷はないことがわかる。更に、避雷針を2本配置した第4図(c)では上側のパラボラアンテナにも40kAの落雷はないことがわかる。このように本システムにより避雷針の設置による効果をシミュレーションして見ることができる。



第4図 避雷針の追加配置による保護範囲の変化

5 今後の展開

今後は、実フィールドでの落雷実績をデータ蓄積し、実雷を考慮した誘雷効果の高い避雷針配置設計ができるよう改良する。また避雷針で受けた雷を設備に影響なく大地に放流するシステムチックな耐雷設備の検討を行う。