

無線中継所の耐雷性向上対策の検討

3次元解析シミュレーションによる雷サージ侵入経路の分析

Study of Effective Lightning Protection Measures at Microwave Relay Stations

Lightning Surge Route Analysis with Three-Dimensional Structure Simulation

(電子通信部 技術G)

無線中継所は山上などの標高の高い場所に建設され、一般の建物に比べ落雷のリスクが高い。このため、雷対策を十分に行うことが必要である。しかし、雷サージの分流を正確に把握できないことから、雷対策の効果を明確に評価することは難しかった。そこでFDTD(Finite Difference Time Domain)法を用いて雷対策前後の雷サージ分流を計算し、その有効性を評価する手法を検討した。FDTD法により雷対策の有効性を評価することが可能であり、効果的な耐雷性向上策を導き出すことが出来た。

(Engineering Group, Telecommunications Engineering Department)

Microwave relay stations are often built on mountains, and the stations are susceptible to damage from lightning. Therefore, it is important to take adequate lightning protection measures. But, in most cases, the penetration route of the lightning surge current is uncertain, and it is difficult to specifically evaluate the effectiveness of measures against lightning. Thus, we calculated the branch aspect of lightning surge current in microwave relay stations using the finite difference time domain (FDTD) method, and evaluated the effectiveness of lightning protection measures. We confirmed that the FDTD method can be used to evaluate lightning protection measures at microwave relay stations, and effective lightning protection measures are derived.

1 背景・目的

地震や台風などの災害時でも電気の安定供給に必要な情報を確実に伝送するため、マイクロ波多重無線ネットワークを構築している。マイクロ波は直進性が強く、長距離区間の伝送を行う場合は、見通しを確保するために山上などの標高の高い場所に無線中継所を建設する。このため、無線中継所は一般の建物と比べて落雷のリスクが高く、十分な雷対策を行う必要がある。

雷対策は、鉄塔などの受雷部から建物接地までの雷サージ電流ルートを通信装置に被害を与えないように構成することであるが、雷サージ電流ルートを正確に把握することは難しく、雷対策の有効性についても明確に評価出来ない場合が多い。

そこで、3次元数値電磁界解析手法の1つであるFDTD法を用いて対策前後の雷サージ分流を計算し、対策の有効性を評価する手法を検討した。

2 研究の概要

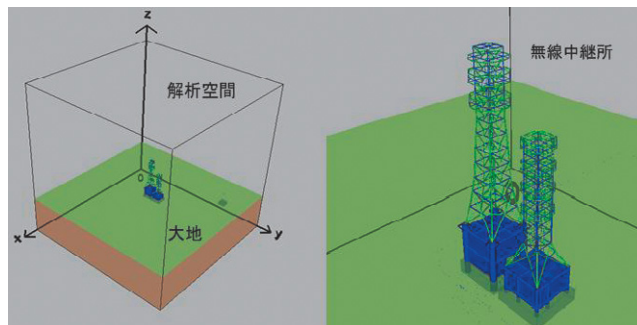
2.1 無線中継所のモデル化

FDTD法は3次元構造のモデル化が容易であり、従来の回路理論の適用が難しかった3次元構造物のサージ解析に適している。

無線中継所のモデルを第1図に示す。この場合の解析空間の大きさは212m×212m×210m(158セル×176セル×285セル)である。計算時間を短縮するため、無線中継所モデル近辺のみセルサイズを小さくする不均一セルを採用している。セルサイズは最小0.4m、最大4mである。

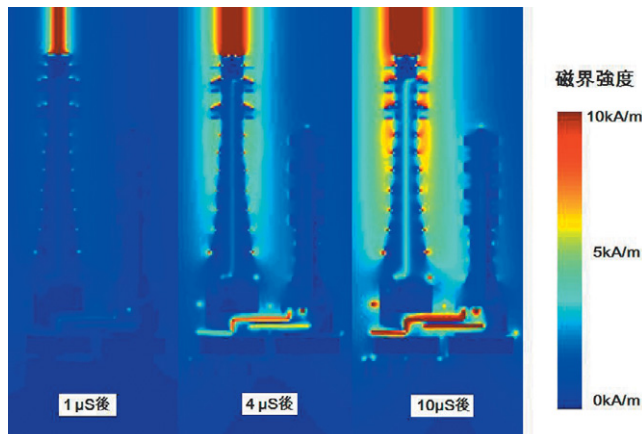
解析空間の境界は電波の反射を防ぐため、吸収境界を配置している。また、鉄塔、導波管、避雷導線、メッシュ

接地極、その他の接地線は等価媒質定数法による半径補正を行った細線導体で模擬している。



第1図 無線中継所モデル

この無線中継所モデルに10/350 μ S、200kAの雷撃電流を印加した場合の雷サージの伝搬状況を第2図に示す。時間の経過とともに鉄塔から建物に雷サージが伝搬している様子がわかる。FDTD法により雷サージ分流の過渡現象を視覚的に把握することも可能である。



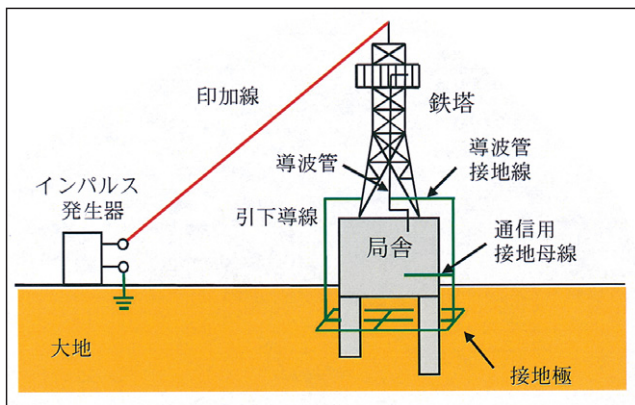
第2図 雷サージの伝搬状況(シミュレーション)

2.2 FDTD法の適用性評価

(1) 模擬インパルス試験

FDTD法により耐雷性向上策の評価が可能か確認するため、模擬インパルス試験の実測値とシミュレーションによる計算値の比較を行った。

模擬インパルス試験の概要を第3図に示す。電流印加線と鉄塔間の誘導による影響を小さくするため、電流印加線が鉄塔と45度以上離れるようにインパルス発生器を配置した。建物内の通信装置は実運用中であることから、回線障害が発生しないようインパルス電圧を2kVとしている。



第3図 模擬インパルス試験概要

(2) シミュレーションと実測結果との比較

計算値と実測値を第1表に示す。印加線のインパルス電流の実測値は69Aであった。鉄塔脚と引下げ導線の分流値に若干相違があるものの、良好に一致している。鉄塔脚と引下げ導線の電流はともに建物外に流れる電流であり、その合計値ではほぼ一致している。鉄塔脚と引下げ導線の分流割合が異なった原因として、実際には大地抵抗率が一様ではなく、シミュレーションにおける建物基礎の接地抵抗値が高めになっていることが考えられる。

第1表 計算値と実測値の比較

項目	計算値	実測値	
印加電流	69A (100%)	69A (100%)	
屋外	鉄塔脚	17.7A (26%)	24.1A (35%)
	引下導線	17.8A (26%)	13.0A (19%)
	導波管接地線	2.7A (4%)	2.3A (3%)
屋内	導波管	2.7A (4%)	2.3A (3%)
	通信用接地母線	9.7A (14%)	10.0A (14%)

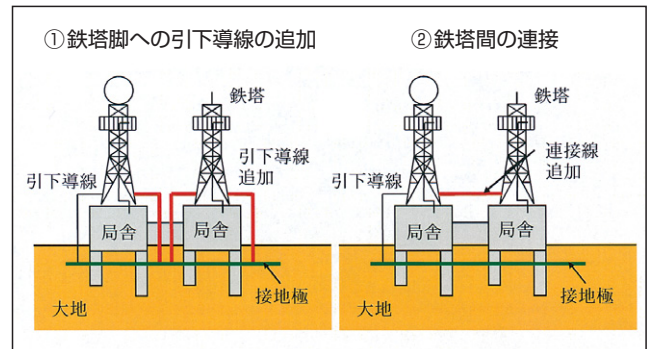
導波管の屋外接地線の接続位置を変更した場合の導波管接地線の計算値と実測値を第2表に示す。接地線の接続状態を変更した場合でも計算値と実測値がほぼ一致している。このことからシミュレーション上に対策を反映し、その効果を確認することが可能である。

第2表 屋外接地線の接続位置変更

接続位置	通信用接地母線		引下導線		鉄塔	
	計算	実測	計算	実測	計算	実測
導波管接地線	2.7A	2.3A	1.9A	2.0A	4.9A	4.5A

2.3 耐雷性向上策の検討・評価

無線中継所の耐雷性向上策として、①鉄塔脚への引下導線の追加、②鉄塔間への接続線の追加について検討を行った。耐雷性向上策の具体例を第4図に示す。



第4図 耐雷性向上策の具体例

耐雷性向上策のシミュレーション結果を第3表に示す。局舎内に流入する雷サージが通信装置に被害を与えるため、局舎内への流入量および局舎間の通信ケーブル等にも流れる電流を評価項目とした。雷サージ波形は直撃雷波形として10/350 μ S、200kAを使用した。括弧内の数字は現状に対する削減効果の割合を示している。どちらの対策も建物内への流入量および局舎間電流を低減できるが、鉄塔間に接続線を追加の方が効果的である。施工面では、引下導線の追加は敷地内の掘削が必要なのに対し、鉄塔間の接続では建物壁面への配管で良いことから、対策案②が費用対効果の高い対策であると判断できる。

第3表 耐雷性向上策の計算結果

項目	現状	対策案①	対策案②
印加電流	200kA	200kA	200kA
流入量	66.7kA	49.0kA (27%)	30.1kA (55%)
局舎間電流	46.9kA	34.5kA (26%)	16.5kA (65%)

3 成果

FDTD法を用いることにより、耐雷性向上策の効果について定量的な評価が可能である。模擬パルス試験およびシミュレーションを実施した無線中継所において耐雷性向上策の効果を確認することが出来た。他の無線中継所についても、本検討結果を展開することにより、雷被害の防止および雷害発生時の対策検討の迅速が図れる。



執筆者／河野弘樹