電力中央研究所

高経年化送電用鉄塔の腐食評価技術

鉄塔保守管理を効率化

日本国内には約25万基の送電用鉄塔が存在している。送電用鉄塔は高度経済成長期に集中して建設されたため、2020年代には約半数が経年50年以上を迎え、大規模修繕が一時期に集中する事態が予想される。工事のピークを抑えるには鉄塔の劣化具合を把握し、優先順位を付けて対応することが求められる。電力中央研究所では鉄塔の腐食具合を評価するなど保守管理を高度化する技術の開発に向け、専門分野の垣根を越えた総合的なアプローチで挑んでいる。

3プロセスで判断へ

腐食評価フロー

電力中央研究所が考案した鉄塔の腐食評価フローは大きく分けて①腐食した鉄塔の分布状況をマップとして作成する腐食評価②鉄塔ごとの腐食状況の点検・検査③腐食した鉄塔の余寿命などの根拠となる耐荷力評価――の3プロセスで構成されている。

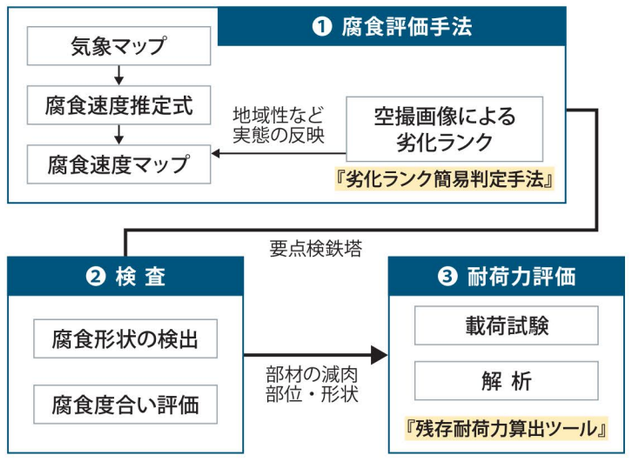
①では鉄塔が位置する地域の気温や湿度、飛来する海塩、硫黄酸化物（SO_x）濃度を計算し、腐食が発生している鉄塔の分布を示すマップを作成する。マップから検査を優先すべき地域を割り出す。

②ではマップから判明した個別に腐食具合の確認が必要な鉄塔を詳しく調査する。

③では部材の腐食状況を基に鉄塔が荷重に耐える力がどのくらい残っているのかを計算する。ここで得られた評価結果は、部材交換の必要性などの判断に役立てることができる。

電中研では20年度中にこれらの一連の評価手順を分かりやすくまとめたマニュアルを作成し、現場での実用化を目指す考えだ。

鉄塔の健全性評価の流れ



優先度をマップ表示 AIで劣化ランク判定

腐食評価

高経年化した鉄塔の大規模修繕の集中を避けるためには、腐食の進んだ箇所から優先して対応することが必要になる。電力中央研究所では全国の鉄塔の腐食状況を評価したマップを作成。補修の優先度が高い地域を分かりやすく表示し、必要に応じて個別に細かい調査を実施する手法を提案している。

腐食状況は気温や湿度、硫黄酸化物（SO_x）のほか、海塩の飛来量にも大きく左右される。

これら腐食の要因を腐食量推定式に落とし込み、腐食状況を定量的に算出する。気温や湿度は電中研が開発した気象予測・解析システム「NuWFAS」で解析。海塩飛来量については「NuWFAS」の解析を基に、電中研開発の気流解析コード「NuWiCC―ST」で計算した。

推定式による計算結果を基に各地の腐食量の年平均を求め、全国規模のマップに描写する。マップでは腐食が進んで検査を優先すべき鉄塔が多い地域が色分けして表示され、視覚的に把握しやすくなっている。

マップで優先順位が高いとされた地域については必要に応じて個別に鉄塔の詳しい腐食状況を調査する。

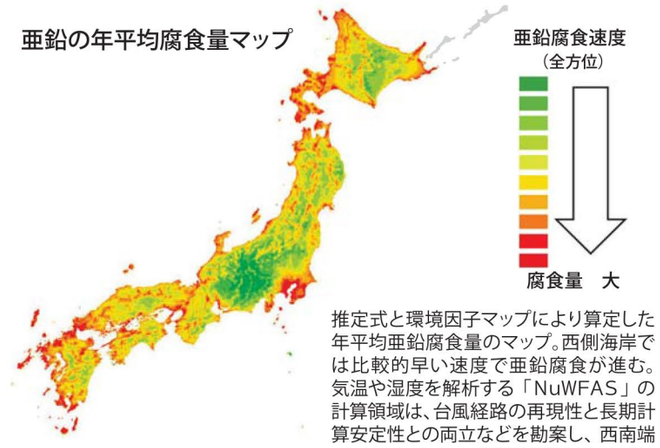
近年ではヘリコプターなどによる空撮画像の利用も進んでいる。電中研が開発した手法を用いれば、空撮画像から人工知能（AI）などによる鉄塔の腐食劣化ランク判定を行うことができ、より実態に即した腐食具合の情報を得られる利点がある。腐食劣化の判定結果をマップに反映することで、腐食量推定式による計算だけでは推定できない地域性を盛り込むなど、マップの信頼性の向上に大きく貢献できる。

鉄塔の腐食具合の調査で留意すべき点は、一つの鉄塔でも部材の位置によって腐食具合の差が大きい可能性があることだ。腐食は海から吹く潮風の影響を強く受けるため、潮風が当たる部材と当たらない部材では腐食具合が異なっている。こうした個別の鉄塔における局所的な違いはマップには反映されにくい。

電中研が全国の約25万基の鉄塔についてそれぞれ8方位で腐食量を算出したところ、約3割の鉄塔では方位の違いで腐食量に大きな差が出ることが分かった。

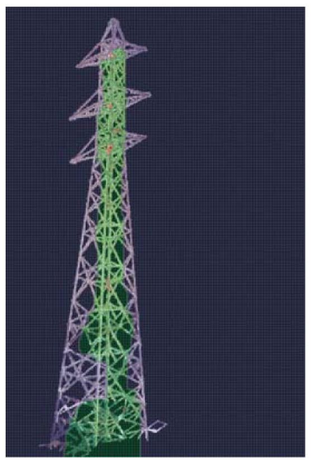
電中研では方位差が大きな地域の調査時には様々な方向から分析するなど、注意を払う必要があるとしている。

亜鉛の年平均腐食量マップ



推定式と環境因子マップにより算定した年平均亜鉛腐食量のマップ。西側海岸では比較的早い速度で亜鉛腐食が進む。気温や湿度を解析する「NuWFAS」の計算領域は、台風経路の再現性と長期計算安定性との両立などを勘案し、西南端を九州西南部海域とした。沖縄地方については別途腐食評価を実施

空撮画像による簡易劣化ランク判定手法



画像解析結果

腐食している部材を表示

（緑色および赤色が鉄塔の腐食箇所を表しており、赤色が最も腐食している箇所である）

超音波で「減肉」検出

進行具合も正確に把握

鋼材検査

27万5千V以上の基幹送電線では直径10～15センチメートル程度の鋼管を組み合わせた鋼管鉄塔が多く使われている。鉄塔全体に占める割合は1～2割と少数だが、基幹送電線であるため、万が一異常が発生した場合の影響は非常に大きく、鋼管鉄塔の腐食状況調査の効率化は重要な課題となっている。

鋼管内部の減肉状況は目視では確認できないため、打撃や小型カメラで材料の減肉状況を確かめる方法が一般的に用いられている。電力中央研究所では超音波を活用し、より減肉状況を正確に把握する新たな手段を考案している。

打撃による点検は腐食がある程度進行していなければ発見することができない上、個人の能力が精度に大きく影響する。また、小型カメラでは腐食の有無は容易に判定できるが、減肉の進行具合を定量的に表すことが難しい。

電中研が開発した手法では鋼管に超音波を発生させる装置を装着。超音波を鋼管の軸方向へ伝搬させ、減肉している箇所からの反射波によって減肉を検出する。また、別の装置を用いることで、減肉量を数値化するなどより詳細な状況を調べることもできる。

この他、鋼管部材に実際に穴が開いた場合の耐荷性をシミュレーションするツールも開発した。穴の数や位置、大きさなどを指定することで、新品よりもどの程度耐荷性が落ちているのかを定量的に把握することが可能になっている。

活用先としては複数の部材で腐食が見つかった際に、補修作業の優先順位を考える根拠として使うことが考えられるという。

インタビュー

部材や気象、総合的評価

電力技術研究所
上席研究員
堀　康彦氏

――研究を始めた背景を。

「日本の送電用鉄塔は高度経済成長期に集中的に建設されている。2020年代には半数が経年50年を超え、大規模修繕工事が一定期間に集中することが予想されている。このため、工事のピークを分散化するなど保守点検を平準化・省力化する技術が求められている」

「電力中央研究所では、各電力会社や電気事業連合会からの要請を受け、12年度に経年鉄塔の健全性評価に関する研究をスタートさせた」

「12～14年度は評価のベースとなる要素技術の獲得に取り組み、15～18年度は獲得した要素技術を組み合わせて実用的な評価ツールを作成した。19年度以降はこのツールを現場で使ってもらい、適用性を確認する段階に入っている」

専門の垣根越えて

――本研究の特徴について。

「専門分野を越え、総合的なアプローチを取った点だろう。腐食自体は以前から研究対象となっており、各部署で研究が行われていた。ただ実用化を考えた場合、鉄塔全体の評価と部材など部分的な評価の両面を考えることが大切だ。今回は複数の部署の専門家が一堂に会し、材料の腐食評価、腐食の原因となる気象などの観測、腐食が鉄塔の構造に及ぼす影響評価まで、幅広い視点で鉄塔の健全性を評価する手法の開発に取り組んだ」

「高経年化を迎えているのは鉄塔だけではない。道路や鉄橋など他のインフラも同じような悩みを抱えている。腐食マップの作成など、今回の研究成果には他業種にも提供できる要素があると考えている」

――電力各社からの評価は。

「まだ最終段階に至ったわけではないが、全電力会社が参画する作業会で様々な意見を交わしており、非常に高い評価を得ていると思う。ニーズとしては、鉄塔一本一本の細かい腐食状況を求める技術よりも、腐食状況の地域差など大局的な傾向を把握する技術にニーズがあると感じている。今後も、ニーズを見極めながら着実に対応していきたい」

次は塗装鉄塔評価

――この先の展開で考えていることは。

「今後は塗装を施した鉄塔の腐食状況評価に取り組む。ほとんどの鉄塔は建設時には防錆のために鋼材にメッキが施されている。このメッキは腐食によりなくなってしまうが、その場合には、錆対策のために塗装をする必要があり、全国に約25万基ある鉄塔のうち、半分は塗装されている。この塗装された鉄塔の腐食評価の難しさは、現場で錆を落として、その上から塗装が施されているため、現場の担当者の錆の落とし具合により、塗装状態が異なる点である。今回の腐食マップでは、鉄塔の半数を占める未塗装鉄塔に対して初期塗装する時期を見極める情報が提供できたが、今後は塗装済みの鉄塔をどの段階で再塗装すべきか、という問題に対処する必要があり、今後の大きな課題である」

――電力各社へのメッセージを。

「ぜひ開発した技術を使って頂きたい。20年度中にも手順を分かりやすくまとめたマニュアルを作成する。こうした取り組みを通じて現場での利用が拡大できればと思う」

更新工事分散化に貢献