

## 重点課題 - 設備運用・保全技術の高度化

## 経年鉄塔の健全性評価技術の開発

## 背景・目的

高度経済成長時代に設置された送電用鉄塔の経年劣化が進み、改修・建替等が必要となっており、その平準化・効率化が求められている。一方で、東北地方太平洋沖地震では、兵庫県南部地震を超える最大加速度が観測されており、このような高レベル地震動に対する耐震性能の把握も必要となっている。

本課題では、鉄塔の機能維持における腐食や疲労に対する余寿命評価手法・効率的な点検手法、および不同変位・地盤変状に対する安全性診断法を開発する。また、高レベル地震動に対する弾塑性挙動を考慮した耐震余裕度を明らかにし、経年鉄塔の合理的な維持管理の実現に資する。

## 主な成果

## 1 鉄塔鋼管部材の内面腐食量の評価

鉄塔鋼管内面の腐食メカニズム解明、腐食速度の定量化を目的に、当所横須賀地区臨海暴露試験場において、腐食環境測定装置を導入するとともに、ACMセンサ(大気腐食モニタリングセンサ)\*1を用いた暴露試験を開始した(図1)。暴露試験では、鋼管内外および、鋼管内端部から中央部にかけての

ACMセンサ出力、温湿度を測定した。その結果、海浜環境では、地表近くの鋼管内腐食進行が高温湿潤期に比べて低温乾燥期に速く、かつ鋼管内の腐食進行が部材位置によって異なり、端部ほど腐食量が大きいことが明らかになった(図2) [Q12003]。

## 2 鋼管内面腐食用自動検査システムの適用性の確認

打撃および内視鏡点検に代わり、鋼管外面から内面腐食を点検する高効率で低コストな手法の開発を目的に、概略点検では高周波ガイド波法\*2を用いたスクリーニングによる腐食の検知、また、詳細点検では適合型ウェッジ\*3を用いた乾式超音波厚さ測

定法\*4による腐食の定量化について検討した。鋼管径や部材厚さと信号応答性の関係等の測定条件に関する基礎検討を踏まえ、実鋼管部材内面の局所的な腐食に適用した結果、実用的な精度で検知可能であることが明らかとなった(図3) [Q12004]。

## 3 実送電用鉄塔の動態観測システムを用いたギャロッピング時の鉄塔応答の評価

実送電用鉄塔の動態観測システム(東京電力UHV鉄塔(福島県いわき市)に設置)において、低気圧通過時に発生したギャロッピング\*5時の鉄塔部材の応答観測に成功した。データ分析の結果、ギャロッピングが4時間以上継続したこと、同程度の平均風速時の

風応答と比較すると電線張力で最大2倍以上、腹材の軸力で約3倍の振幅となることがわかった(図4)。これらギャロッピングの継続時間や部材の応答振幅等の実証データは、鉄塔の疲労寿命評価法の構築に活用される。

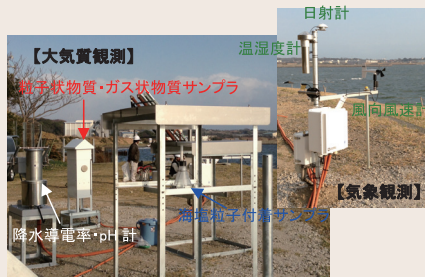
\*1 環境因子により電気化学的に発生する金属の腐食電流を計測するセンサ。

\*2 発電所配管の点検のために当所が開発した、部材厚さより短い波長の超音波により高周波ガイド波を発生させ、減肉を検知する方法。

\*3 樹脂に代わり形状追従性がよく流動性のないゲルを用いた超音波探触子で、効率的に測定可能。

\*4 一般的な超音波厚さ測定法と同等の測定精度を有し、接触媒質を用いずに測定できる方法。

\*5 送電線に雪や氷が付着した状態で強風が吹いたときに発生する、送電線が上下に激しく変動する振動現象。



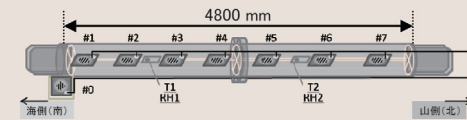
(a) 腐食環境測定装置 (2013年3月設置)



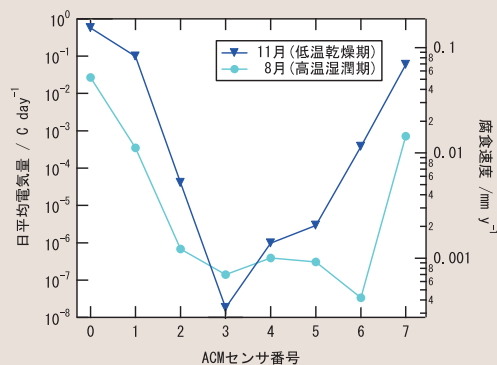
(b) 鋼管水平部材の暴露試験 (2012年8月開始)

### 図1 腐食環境測定装置・暴露試験装置

腐食環境測定では、気象(風向風速、日射量、温湿度、濡れ時間)、大気質(海塩、二酸化硫黄、降水量・導電率・pH)の観測を実施予定。暴露試験では、鋼管(水平材、腹材)を対象としたACMセンサによる腐食速度、鋼管内面の濡れ状態を測定している。



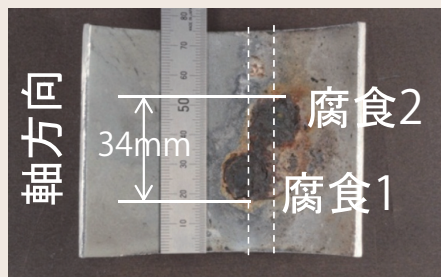
(a) 暴露試験における鋼管内外面のACMセンサ配置



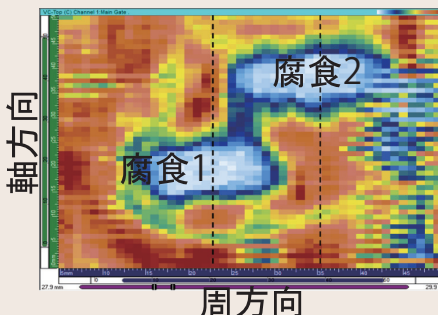
(b) 鋼管内外面の期別腐食速度

### 図2 鋼管内面腐食を対象とした暴露試験結果

鋼管水平部材の暴露試験の結果、外部、端部、中央部の順に腐食量が大きいが観察された。また、結露の発生によって腐食の進行に必要な水膜が形成されやすい低温期の腐食量が大きいが、腐食速度算出に有意なACMセンサの最小値は、 $10^{-5} \text{ C day}^{-1}$  (腐食速度換算で  $0.003 \text{ mm y}^{-1}$  に対応)である。



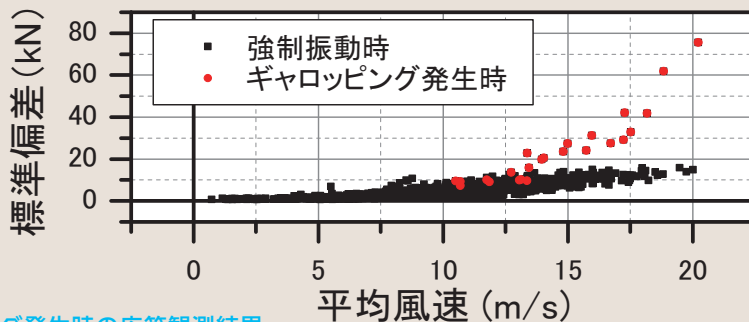
(a) 実鋼管腐食部材



(b) 乾式超音波厚さ測定結果

### 図3 鋼管内面腐食検査法の提案

鋼管の周方向にガイド波を伝搬させ、探触子を部材軸方向に走査することで部材全体の概略点検を行い、概略点検で見つかった腐食箇所の詳細点検として、適合型ウェッジによる乾式超音波厚さ測定を用いる方法を提案した。高周波ガイド波法、乾式厚さ測定法を腐食部材に適用した結果、切断調査結果にほぼ一致し、高精度に腐食範囲を同定できることがわかった。



### 図4 ギャロッピング発生時の応答観測結果

「実送電用鉄塔の動態観測システム」を設置した東京電力UHV鉄塔において、ギャロッピング振動が発生し、ギャロッピング発生時の張力や腕金、塔体の主要構造部材の軸力等の応答値、およびビデオ画像を取得した。図4は、電線からの張力変動の影響を受ける腕金下パネル腹材の変動軸力と風速との関係を表す。同程度の平均風速時の風応答(強制振動時)に対し、ギャロッピング時では約3倍の振幅の軸力変動が発生した。