

送電用鉄塔鋼管部材における管軸方向腐食数が座屈耐荷力に及ぼす影響

(一財) 電力中央研究所 正会員 ○佐藤 雄亮

1. 目的

他の社会基盤設備と同様に、送電用鉄塔においても経年化への対応が課題となっている。送電用鉄塔のような鋼構造物における経年事象としては、腐食と疲労への対応が必要となる。このうち、これまでに筆者らは腐食現象が送電用鉄塔の耐荷性能に及ぼす影響を実験や解析に基づき検討してきた。本報告では、既報告で検討が不十分であった複数の腐食欠損が耐荷性能に及ぼす影響について、有限要素解析に基づき検討した。なお、本検討で実施した解析には汎用有限要素法コード Abaqus を使用した。

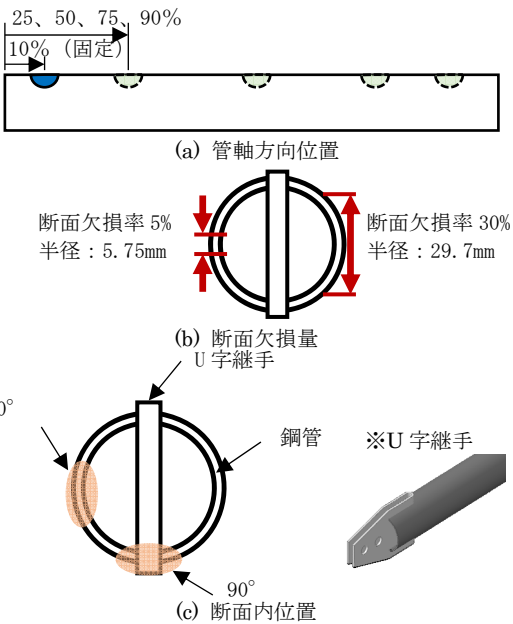
2. 解析条件

検討では送電用鉄塔の鋼管部材を対象として、管軸方向に腐食穴が2箇所が生じたと仮定し、腐食の寸法と管軸方向の位置を条件としたによるパラメータスタディを実施した。なお、本検討では円形で板厚方向に貫通した腐食穴を仮定した。実施ケース一覧を表1に示す。検討では、直径76.3mm、板厚4mmの鋼管断面を想定している。同表のとおり、2つの腐食穴のうち片側を鋼管の端部から鋼管の10%の位置に固定した状態で、2つ目の腐食位置を変化させて耐荷力の変化を検討した。なお、同表の右側に示した参照図のとおり、腐食穴のサイズは健全時の断面積に対する欠損断面積の比である欠損割合として示した。また、同表の条件で、細長比を40と150、断面内の腐食位置を0°と90°で変化させた解析を実施した。

検討で使用した有限要素モデルを図1に示す。同図は、細長比40で腐食位置0°の条件における、表1のケース11に対応したモデルである。解析モデルはシェル要素でモデル化しており、材料非線形性と幾何学的非線形性を考慮している。モデルに与えた材料構成則は完全弾塑性とし、ヤング係数を211.9GPa、降伏応力を436.3N/mm²、ポアソン比を0.3とした。鋼管端部の固定条件については、シェル要素の端部を鋼管中心の節点と剛結合した上で、鋼管中心の節点の自由度に境界条件を与えた。本検討で仮定している送電用鉄塔の鋼管部材のうち、腹材の固定方法の1つとして表1の参照図に示したとおり、鋼管に溶接したU字型のプレートでガセットプレートを挟み込んで固定する形が使用されている。このため、断面内の回転軸の取り方により曲げ

表1 ケース一覧

case	腐食1		腐食2	
	断面欠損量	軸方向位置	断面欠損量	軸方向位置
1	5%	10%	5%	25%
2				50%
3				75%
4				90%
5			30%	25%
6				50%
7				75%
8				90%
9	30%	10%	5%	25%
10				50%
11				75%
12				90%
13			30%	25%
14				50%
15				75%
16				90%



キーワード 送電用鉄塔、腐食、耐荷力、有限要素解析

連絡先 〒270-1194 千葉県我孫子市我孫子 1646 TEL 04-7182-1181

剛性に差異が生じる。そこで、本解析では、断面内の2つの軸周りの回転自由度のうち片側を固定して曲げ剛性の差異を生じさせて、実機のような固定条件でのケースを実施し、設計時相当のピン固定の場合と比較した。なお、初期不整については、端部の曲げ剛性が弱軸側となる回転方向に、部材長さの0.1%を振幅とするサイン波の半波長の形状が生じていると仮定した。

3. 結果と考察

解析結果のうち、各ケースの最大荷重を図2に示す。なお、同図は、腐食穴がないケースの最大耐荷力との比として結果を示した。また、5%と30%のそれぞれについて、1つの腐食穴が生じた場合に管軸方向に位置が変化した場合の耐荷力比も示した。まずは、同図から管軸方向の腐食個数が耐荷力に及ぼす影響について着目すると、端部に5%の腐食穴が生じた場合、もう1つの腐食穴が5%と30%の2つのケースともにそれぞれの腐食穴が1つのみの場合と同じ結果となった。一方で、腐食穴が30%の場合には、もう1つの腐食穴が5%の場合には耐荷力比は5%の腐食穴の位置によらずほぼ一定となり、30%の腐食穴が2つある場合には30%の腐食穴が1つのみの場合とほぼ同等である。このことから、管軸方向に腐食穴が2つ生じた場合、腐食穴の大きい側の影響が大きいことが確認できる。

次に、端部の固定条件の影響に着目すると、ピン固定の場合には、腐食穴の断面内の位置によらずほぼ同等の傾向を示しており、腐食穴の大きさや初期不整の影響は小さいことがわかる。これに対して、端部の固定条件で断面内軸周りの回転自由度を片側固定とした場合、腐食穴の断面内位置が90°のケースで0°のケースに比べて耐荷力の低下が小さくなり、端部の固定条件の影響が見られる結果となった。このため、設計式において断面欠損を考慮した評価では耐荷力を低く評価してしまうケースがあることがわかった。

4. まとめ

本検討では、送電用鉄塔の鋼管部材を対象として、有限要素解析によるパラメータスタディに基づき管軸方向の腐食個数と端部の固定条件の影響を検討した。検討の結果、管軸方向に2つの腐食箇所を有する鋼管では、腐食程度の大きい側で耐荷力を評価することではほぼ同等の結果となった。また、端部の固定条件では、送電用鉄塔に用いられているU字継手の場合には、ピン固定での評価に比べて耐荷力が大きく評価されるケースがある。このため、実機での固定条件を考慮して評価することで、合理的な維持管理に寄与できると考えられる。

参考文献

佐藤ら：端部の固定条件が鋼管座屈耐荷性能に及ぼす影響に関する実験的検討、第73回年次学術講演会、2018.8

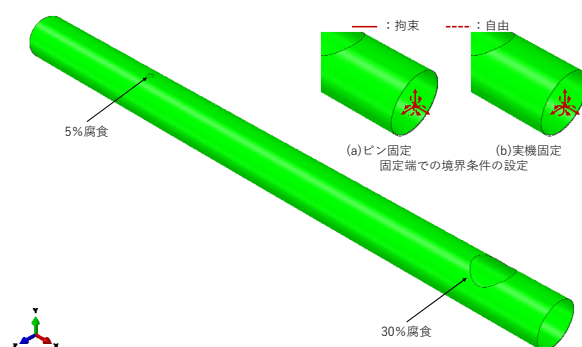
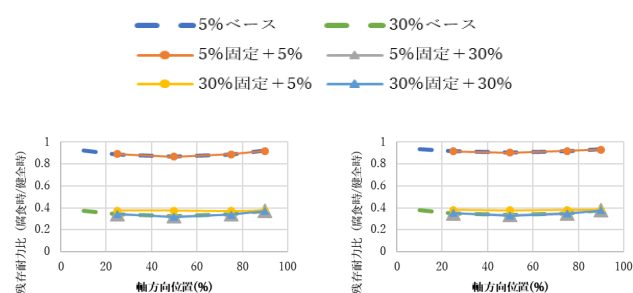
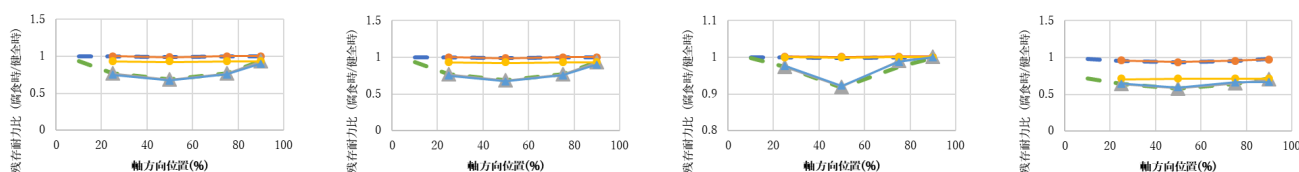


図1 有限要素モデル



(a) 細長比 40/断面内 0° (b) 細長比 40/断面内 90°

(i) ピン固定



(a) 細長比 150/断面内 0° (b) 細長比 40/断面内 0° (c) 細長比 150/断面内 90° (d) 細長比 40/断面内 90°

(ii) 実機固定

図2 各ケースの最大耐荷力比