

鉄塔用鋼管部材の初期不整と偏心軸圧縮座屈に関する実験的検討

広島大学大学院 学生会員 ○小澤 武範 東京電力株式会社 正会員 三上 康朗
 広島大学大学院 フェロー会員 中村 秀治 福山大学 正会員 中村 雅樹
 広島大学大学院 学生会員 佐竹 亮一 (株)計測リサーチ 正会員 藤井 真人

1. 背景と目的

本研究で直接対象とする構造物は、鋼管部材を用いた大型鉄塔である。送電鉄塔については、この15年だけを見ても、台風や地震で倒壊あるいは大きな損傷を受けたいくつかの事例がある。直接の原因は設計時の想定を上回る強風、あるいは基礎の不同沈下であるが、構造強度の観点から、実材料による鋼管部材の耐荷力特性を再検討する必要性は高い。

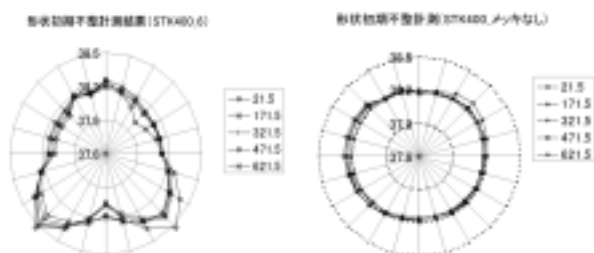
そこで本研究では、STK400、STKT590の厚肉鋼管の初期形状不整および残留応力分布特性を把握し、偏心を考慮した軸圧縮座屈実験を実施し、取得されたデータに基づいて、鉄塔用鋼管の基本的な座屈耐力特性を明らかにすることを目的とする。

2. 初期不整

2.1 初期形状不整

初期形状不整計測は、水平台上に設置した供試体を回転させ測定点ごとにダイヤルゲージで値を読み取るにより行った。

Fig.1.a)のように、多角形の形状のものや、Fig.1.b)のように同心円状のもの、また任意の2点が角張って、楕円のような形状のものもあり、様々な形状をしている。以上のことから、製造工程に起因する特定のパターンは見出せないが、板厚の10%程度の不整を有することがわかった。溶接線の有無に関わらず同様の形状を成したことから、溶接線が初期形状不整に及ぼす影響は少ないと考えられる。



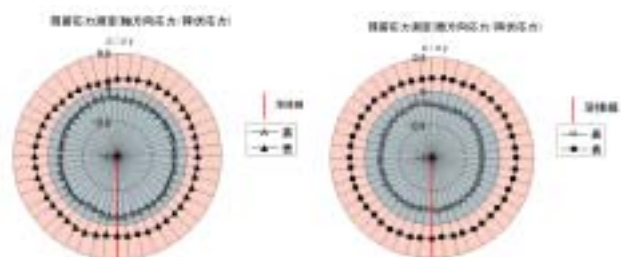
a)多角形の分布 b)同心円の分布

Fig.1 初期形状不整の分布形状

2.2 残留応力

残留応力測定は、計測方法はストレインゲージ法とし、座屈試験に用いる鋼管を外径の2倍の長さで切断し、中央断面に溶接線を中心として45度ピッチで2軸ゲージを貼付(表裏両面)した。切断は管軸方向に2つ割りにした後、更にゲージの近傍で短冊状に切断していく方法で行った。最終的に出来上がる短冊のサイズは、(円弧)×(長さ)=17mm×74mmとした¹⁾。また、切断による熱応力が発生しないように十分注意した。その結果をFig.2示す。

鋼種、形状により管軸方向への影響と周方向への影響の大きさは異なった。最大残留応力の生ずる位置は溶接線上やその反対側とは限らない。



a)軸方向 b)周方向

Fig.2 残留応力測定結果 (STKT590)

3. 静的鋼管座屈実験

送電鉄塔用鋼管に使用される鋼管部材は局部座屈と全体座屈が両方発生する領域である²⁾。そこで、全体座屈(シリーズ1)、局部座屈(シリーズ3)と両方の座屈(シリーズ2)の発生が想定される3つの領域について実験を行った。

境界条件は、上端回転自由、下端完全固定とした。試験機は福山大学ハイテクリサーチセンターが所有する静的二軸載荷装置を用いた。比較項目は形状比、偏心量の大小、材質(STK400材とSTKT590材)で、検討項目はそれに伴う最大荷重の変化、座屈後の耐力低下特性、座屈形状である。

キーワード：厚肉鋼管、座屈、耐荷力、初期不整

連絡先：〒739-8527 広島県東広島市鏡山1-4-1 TEL0824-24-7531 FAX0824-24-7531

(1)荷重-変位曲線

荷重-変位曲線は Fig.3 のような形状になった。どのシリーズにおいても、座屈荷重に至るまでの荷重-変位関係は直線的であるが、座屈後の耐力低下はシリーズ 1、および 3 では著しく、シリーズ 2 では緩やかであった。偏心が大きくなれば耐力低下が大きくなる。

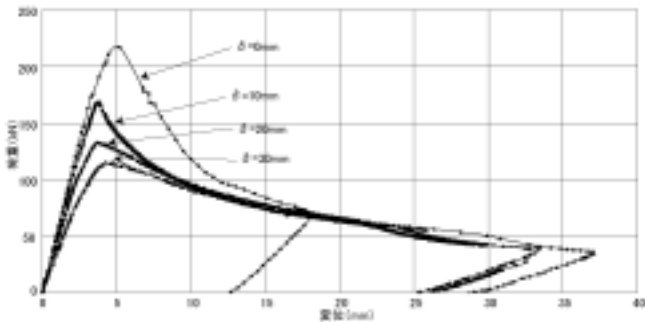


Fig.3 荷重-変位関係(シリーズ 1)

(2)座屈形状

シリーズ 1 では鋼管部材の中央断面近くで横たわみが大きくなり、全体座屈を生じ、最終的には、屈服と同じ変形を残した。シリーズ 2 では最終的な変形は、中央断面近くに屈服が起こり、上下端には象の脚型変形が残った。シリーズ 3 では下端で提灯座屈が生じた。偏心の有る場合ではどのシリーズでも上端側に変形が顕著であった。座屈形状は Photo 1 に示す通りである。各シリーズとも当初想定した通りの座屈形状を示した。



a)シリーズ 1 b)シリーズ 3

Photo 1 座屈変形形状

(3)現行の座屈評価式との比較

許容座屈応力度の評価式は、鉄塔部材として古くから使用されている山形鋼を対象とした耐荷力試験をベースに導かれたものであり、対称断面を有する十字断面部材や鋼管に対しては偏心の極めて少ない場合を想定して適用しており、その妥当性に関する検討は必要である。また、極めて偏心が少ない場合を想定しているが、実際の主柱材は格点部で連続した鋼管であり、曲げモーメントを完全に伝達する構造である。したがって、主柱材には曲げモーメントが作用し、これを偏

心量に換算すると、実際の鉄塔構造で最大 20～30mm に相当するということで、偏心載荷状態となっている場合が多い。偏心無しの場合では 2.4 程度の裕度を有するものの、偏心がある場合の座屈耐力は低下し、評価式に対する裕度は Table 1 のようになった。

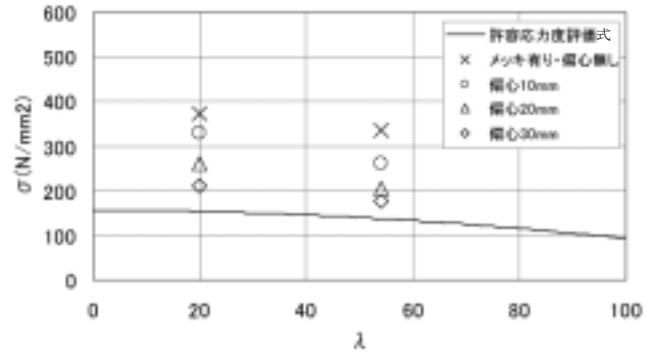


Fig.4 座屈耐力に関する実験と評価式の比較(STK400)

Table 1 評価式と座屈結果の比較

δ / R	裕度			
	0.00	0.26	0.52	0.78
シリーズ1	2.4	1.9	1.5	1.3
シリーズ2	2.5	2.1	1.7	1.4
シリーズ3	2.4	1.9	1.7	1.4

4. 結論

- (1)初期形状不整に関しては、特に定まった形状は見られず、その不整量は板厚の 10%程度にとどまることが確認された。
- (2)残留応力は外表面に引張、内表面に圧縮で存在しており、降伏応力の 0.2~0.4 程度であることが確認された。なお、メッキ有りの場合が小さく、メッキ時の熱履歴によって除去されたと考えられる。
- (3)座屈荷重は偏心が大きくなるに従って小さくなった。また、座屈変形に関しては、想定した通りの形状を確認することができた。
- (4)実験で得られた座屈荷重自体は、現行の設計評価式に対して十分裕度のあることが確認されたが、偏心を考慮した場合、裕度が低下することも明らかになった。

参考文献

1)青木徹彦，福本嘯士：小口径電縫鋼管の統計的材料特性と残留応力分布の評価，土木学会論文集，1981
2)中村秀治，三上康朗，藤井真人，中村雅樹，小澤武範，中山健，佐竹亮一：送電用鉄塔に用いる鋼管の偏心を考慮した軸圧縮座屈耐力に関する基礎的検討，構造工学論文集，Vol.51A，2005