

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 ㈱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。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ている。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の厚肉鋼管の材料特性、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（軸圧縮座屈、偏心軸圧縮座屈）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. 材料特性及び初期不整

2.1 材料特性

材料試験は、鋼管から切り出して作成したJIS12号試験片を用い、STK400材、STKT590材のメッキ無し3本、メッキ有り3本の計12本について行った。

メッキを有する場合には降伏棚が明確に現れ、メッキのない場合には降伏棚を有しない形状となった。これらの要因は、溶融亜鉛メッキ処理時の熱履歴により残留応力が除去されることなどが考えられる（Fig. 1）。

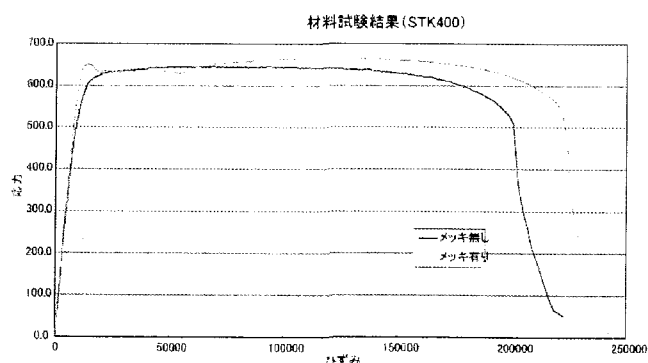


Fig. 1 材料試験結果 (STK400 材)

2.2 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り、

その値から形状を決定した。

以下にその結果を示す。Fig. 2.a)のように、多角形の形状のものや、Fig. 2.b)のように同心円状の形状のもの、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。メッキの有無、溶接線の有無に関わらず同様の形状を成したことから、メッキや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。

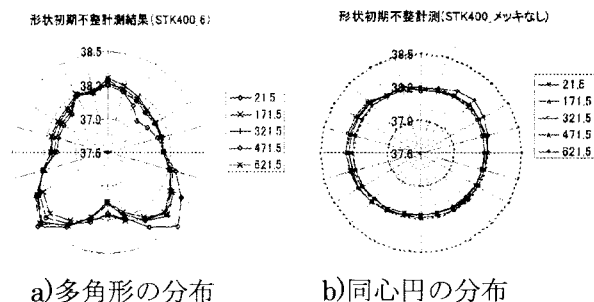


Fig. 2 初期形状不整の分布形状

2.3 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。なお、溶接線近傍および反対側では、密にストレインゲージを配置し細かな計測を行った。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。ここで最終的に出来上がる短冊のサイズは、文献1)を参考にし、(円弧)×(長さ)=17mm×74mmとした。また、この切り出し作業による熱応力が発生しないように、チップ作成の際には十分注意した。STK400の計測結果をFig. 3に示す。残留応力分布特性は次の通りである。

- ①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る。
- ②メッキ有りのほうがメッキ無しに比べ測定された応力は小さくなる。

③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。

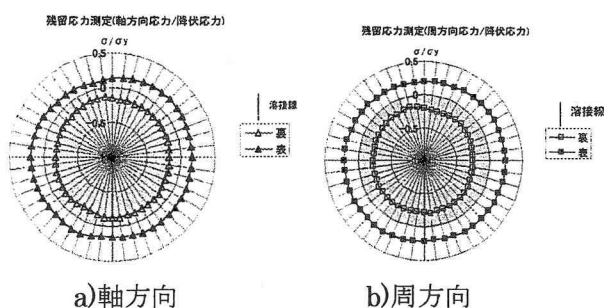


Fig. 3 残留応力測定結果 (STKT590)

3. 静的鋼管座屈実験

3. 1 実験概要

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)と両方の座屈の発生(シリーズ 2)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。比較項目は溶融亜鉛メッキの有無、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、座屈モードである。

3. 2 実験結果

(1)荷重-変位曲線

荷重-変位曲線は Fig.4 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。また、偏心が大きくなれば耐力低下が大きくなる。全体的に、メッキを施さない方が、耐力の低下は緩やかになっており、メッキを施した場合の方が耐力そのものは一様に上昇している。

(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 では中央断面近くの横たわみと供試体上下端の象の脚型変形がほぼ同時に生じて、全体座屈と局部座屈のどちらが先行し、座屈耐力を支配したかは明確ではない。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

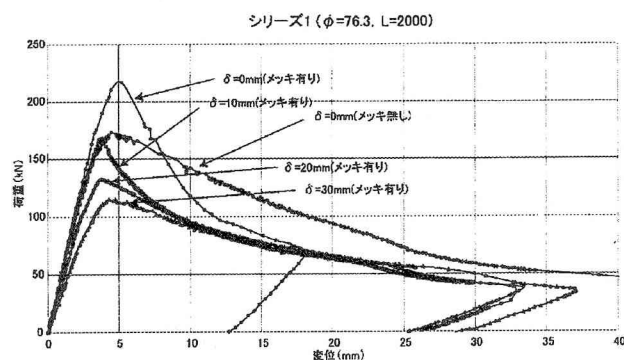
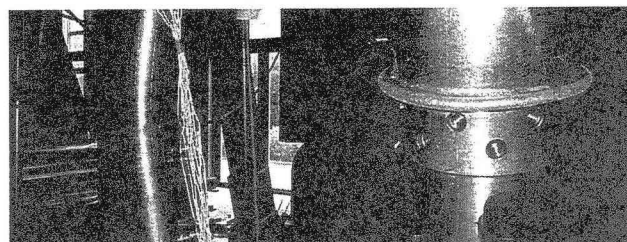


Fig.4 荷重-変位関係(シリーズ 1)



a)シリーズ 1 b)シリーズ 3

Photo 1 座屈形状

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。

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%程度の不整にとどまることが確認された。また、その傾向はメッキの有無に関わらず同様であることも確認された。
- (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)座屈荷重はメッキの有る場合の方が大きくなった。また、メッキ有りの場合には、偏心が大きくなるに従って小さくなった。なお、座屈形状に関しては、想定した通りの形状を確認することができた。

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)藤井真人: 軸圧縮と曲げモーメントを受ける鉄塔用鋼管部材の静的・動的座屈耐力に関する検討、広島大学修士論文, 2004