

腐食した薄肉円筒殻の曲げ座屈耐力に関する実験的検討

広島大学大学院 学生会員 ○橋本和朗
 広島大学大学院 フェロー会員 中村秀治
 広島大学大学院 正会員 藤井 堅

1. 背景と目的

経年鋼構造物の維持管理においては、腐食が主問題として挙げられる。特に腐食した鋼製配電柱の残存強度の評価は、実務においては技術者の主観に依存しており、実験的、解析的根拠にもとづいた判断がなされていないのが現状である。

そこで本研究では、配電柱として長期間にわたり使用され、腐食の発生した鋼製薄肉円筒殻の腐食形態を調べ、曲げ座屈試験を行い、円筒殻の残存曲げ座屈強度を求め、評価法を示すことを目的とする。

2. 供試体

実験に使用する供試体は、長さ2m、最大直径約320~390mmの薄肉円筒殻で、約20mmのシーム（縫い目）を持ち、長期間配電柱として使用されたものである。

採集された円筒殻を、まず曲げ載荷実験を行うために切断し、供試体に加工した。加工された供試体について、載荷実験を行う前に非接触3次元座標計測器を用いて表面の腐食形状を調べ、残存板厚を計測した。

3. 曲げ座屈実験

基本実験用供試体として4体、腐食実験用供試体として7体について曲げ載荷実験を行った。基本実験では、腐食前の円筒殻の強度を得るとともに、シームが強度に与える影響を調べた。腐食供試体実験は超音波探傷検査により分類されたA-series（腐食が軽微）6体、C-series（腐食が顕著）1体の計7体について行った。実験は、図-1に示すように、鉛直アクチュエータにより軸力が一定となるよ

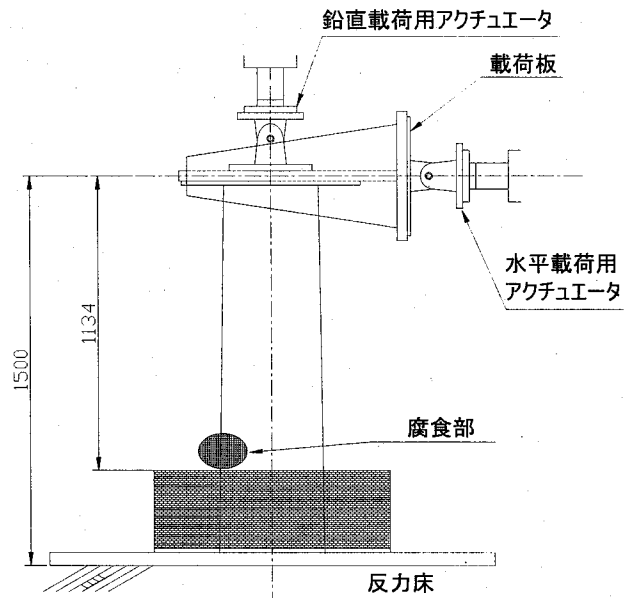


図-1 実験概要図

表-1 腐食供試体実験結果

	基部直径 $R(\text{mm})$	座屈波形域での 平均残存板厚 $t-\Delta t(\text{mm})$	最大曲げ モーメント $M_u(\text{kN}\cdot\text{m})$	M_u/M_y	強度低下 率(%)
A01	371.5	1.95	121.4	1.00	4.53
A02	366.5	1.50	112.7	0.95	8.91
A03	369.2	1.05*	117.6	0.98	6.34
A04	356.0	2.07	117.9	1.06	-1.03
A05	382.0	1.78	130.8	1.02	2.72
A06	383.5	1.96	123.4	1.05	-0.10
C01	316.0	1.03	72.0	0.86	17.69

*値が小さすぎるため測定ミスだと考えられる

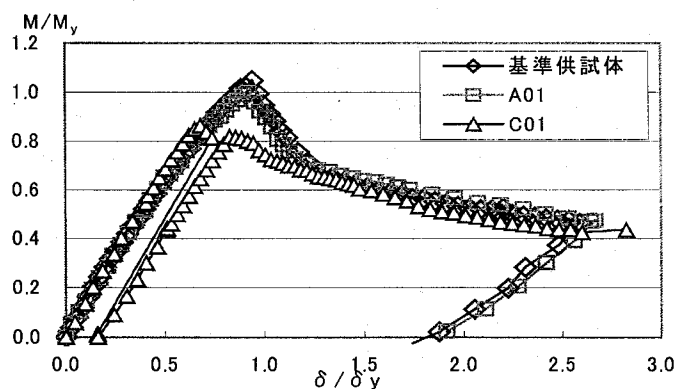


図-2 無次元化荷重-変位関係

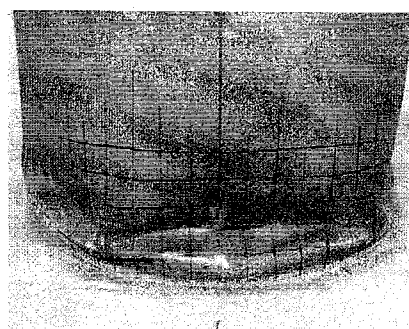
うに保持した後、水平アクチュエータにより曲げ载荷を行う。このとき、最大曲げモーメントとなる基部付近にて座屈が発生するので、腐食による強度への影響を調べるため、もっとも腐食が顕著な部位がそこに位置するように供試体を設置した。

表-1 に腐食供試体実験の結果、図-2 に降伏曲げモーメントにより強度を除し無次元化した荷重-変位関係を示す。表中の強度低下率とは、基本実験から得られた腐食前の強度に対する M_u/M_y の値の低下率である。また、荷重-変位関係図は供試体 A01, C01 および、基本実験用供試体より得られたものを代表として示した。各供試体の強度低下率を比較してみると、A-series についてはどの供試体も強度の低下は 10%未満であり、強度の増加しているケース（初期形状不整の影響と考えられる）も存在する。それに対し腐食が顕著である C01 供試体では著しく強度が低下している。

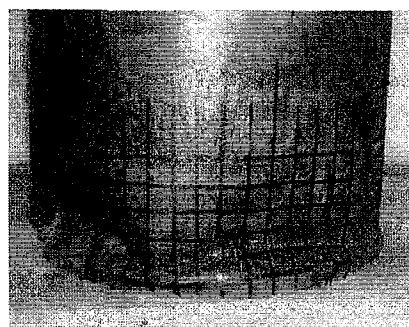
写真-1 に実験後の座屈状況を示す。A01 供試体では腐食箇所の減肉量は大きい、局所的であることに対し、A02 供試体では広範囲に減肉量の小さい腐食が分布している。A01 供試体に比べ A02 供試体の方が強度低下が大きい。

4. 腐食薄肉円筒殻の曲げ座屈強度評価

円筒殻の座屈強度を支配する形状パラメータは半径対板厚比(R/t)であるとされている¹⁾。また、腐食した薄肉円筒殻の残存曲げ座屈耐力は、座屈波形の発生領域における残存板厚に大きく影響される。そこで、座屈波形の発生領域における残存板厚による R/t の変化を $\Delta(R/t)$ と定義し、それを用いて腐食した薄肉円筒殻の曲げ座屈耐力の減少を評価する。図-3 に $\Delta(R/t)$ および強度低下率の分布を示す。これらの分布に最小二乗法近似を行うと、図中に示す近似直線が得られる。この直線は傾き 0.25 の一次関数であり、相関係数は 0.97 である。



(a) A01 供試体（腐食が局部的）



(b) A02 供試体（腐食が広範囲）

写真-1 座屈状況

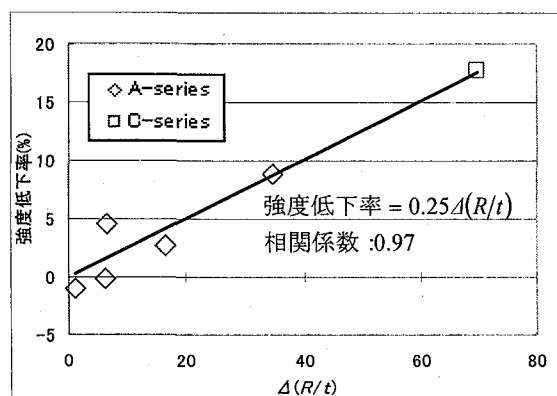


図-3 強度低下特性

5. 結論

配電柱に用いられる薄肉円筒殻は、 $R/t \leq 100$ であり、弾塑性曲げ座屈が生じる可能性が高い。腐食した薄肉円筒殻の残存曲げ耐力は、座屈波形の発生領域における平均残存板厚に基づいて評価するのが適切であり、腐食に伴う薄肉円筒殻の曲げ座屈耐力の減少は、腐食による径厚比変化 $\Delta(R/t)$ の一次式により近似的に算定することができると考えられる。

参考文献

- 1) 社団法人 土木学会：座屈設計ガイドライン改訂第2版, 2005