

繰り返し曲げを受ける腐食円筒殻の耐力と変形能に関する実験的検討

広島大学大学院 学生会員 ○岡本章太
 広島大学大学院 正会員 藤井 堅

広島大学大学院 フェロー会員 中村秀治
 株式会社 長大 正会員 近藤恒樹

1. 背景と目的

構造物に何らかの外力が作用したときに、軽微な損傷は許容するとしても、倒壊のような大事故には至らない設計をすることが重要である。また、現在、建設から数十年経過した構造物の維持管理に対する関心が高まっている。これらの背景を踏まえて、本研究では、腐食した円筒殻の表面形状を把握し、繰り返し曲げ座屈実験を行い、腐食円筒殻の耐力、座屈変形、変形能に関する検討を行った。

2. 供試体の概要

本実験で用いた供試体は、腐食や損傷により撤去された鋼製配電柱を切断し、载荷装置に取り付けやすいように上下部に鋼板を溶接し、下部にコンクリートを打設して作成した。写真1に加工後の供試体を示す。

3. 腐食表面形状計測

円筒殻の腐食形状を把握するために、3次元座標測定器を用いて計測を行った。図1に腐食表面形状計測結果の一例を示す。図1は、腐食の進行している箇所は濃い色で示され、軽微な箇所については薄い色で示されており、円筒殻の腐食形態、状況を把握することが出来る。なお、測定範囲は座屈発生が予想される供試体基部から高さ200mmの位置の表・裏面である。

4. 繰り返し曲げ座屈試験

実験は、図2に示すように供試体下部は反力床に固定し、上部は载荷版を介して鉛直アクチュエータにより一定軸力を保持したまま、水平アクチュエータにより水平方向力を作用させて、繰り返し曲げ座屈試験を行う。本実験では、腐食した供試体計6体を用いて繰り返し曲げ座屈試験を行った。

図3に実験結果から得られた無次元化された荷重-変位曲線を示す。本実験では $+4\delta y$ まで繰り返し载荷を行った。図の荷重-変位曲線を見ると、腐食が一樣に進行しているものに関しては、最高荷重付近で明確な荷重のピークを示したが、腐食が局部的に進行しているものは最高荷重付近でなだらかな曲線を描き、最高荷重後の耐力低下が、一樣腐食のものに比べて相対的に小さい結果が得られた。

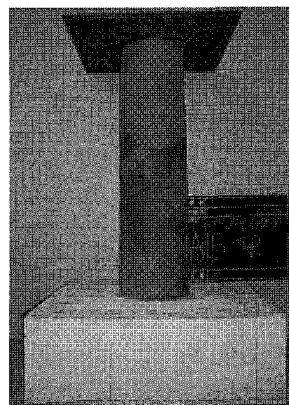


写真1 鋼製配電柱から作成した供試体

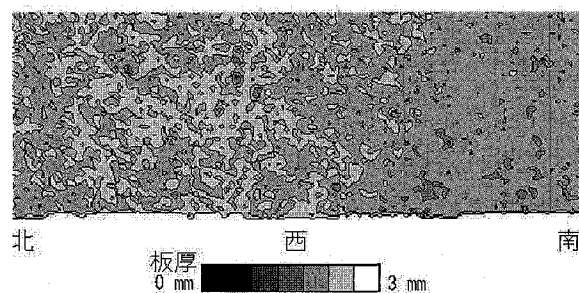


図1 板厚等高線

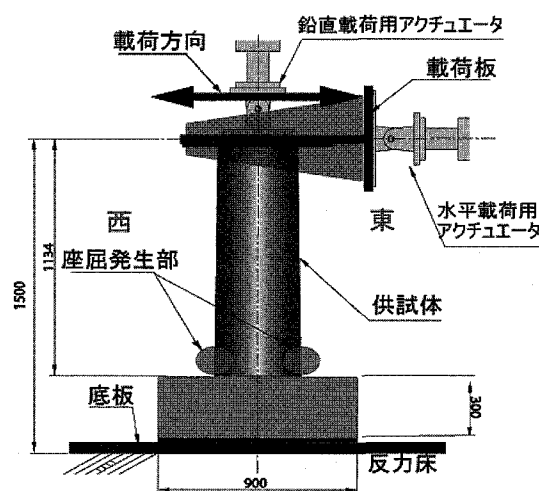


図2 供試体設置図

また、写真2に $+4\delta y$ まで繰り返し载荷をしたときの座屈変形の様子を示す。どの供試体についても、 $\pm 1\delta y$ 、 $\pm 2\delta y$ …と繰り返し载荷をしていくと写真2にあるような内側に凹んだ座屈変形が生じた。

5. 腐食した円筒殻の耐荷力, 変形能評価

1) 繰り返し曲げ耐荷力

本研究では腐食した円筒殻の耐荷力を評価する際に, 最もよく用いられている NASA の弾性曲げ座屈評価式¹⁾を用いて検討を行った。

評価式から求めた算定値と実験値の関係をグラフ上に示す。この際, 算定値, 実験値ともに降伏モーメントで除し無次元化してある。図 4 から, 算定値と実験値が近い値を取るため, 評価式中のパラメータである供試体の座屈発生部の平均板厚, 直径が既知であれば腐食した円筒殻の繰り返し曲げ耐力を概ね算定できることが分かる。

2) 変形能評価

次に, 腐食した円筒殻の変形能評価を行う。本研究では以下の 2 つの変形能評価方法を用いて検討を行った。まず, エネルギー吸収量は 1 サイクル当たりの荷重-変位曲線の囲む面積を表したものである。今回は無次元化された荷重-変位曲線からエネルギー吸収量を算出した。そして, 変位の比で表される塑性率は以下の 2 式を用いた。

$$\mu_{\max} = \delta_m / \delta_y \quad \mu_{95} = \delta_{95} / \delta_y$$

ここで, δ_m : 最高荷重時の水平変位, δ_{95} : 最高荷重到達後 95% 時の水平変位, δ_y : 円筒殻の降伏変位を示す。

表 1 に合計エネルギー吸収量, 塑性率を求めた結果を示す。合計エネルギー吸収量は各 1 サイクル当たりエネルギー吸収量を合計したエネルギー吸収量を示しており, この合計エネルギー吸収量を用いて検討を行った。

塑性率に着目すると, 腐食の進行している case5,6 が他の供試体に比べて塑性率が小さな値となった。また局部的に顕著な腐食を生じている case3 は最高荷重後の塑性率 μ_{95} に関して, 耐力低下が小さいために最も大きな値を示した。合計エネルギー吸収量は, 腐食の進行している供試体ほど小さくなる結果となった。

6. まとめ

- (1) 腐食の軽微なものは, 荷重-変位曲線において最高荷重付近で明確な荷重ピークを示すが, 腐食が局部的で顕著なものは, 最高荷重自体は低いが高荷重後の耐力低下が腐食の軽微なものに比べて小さい。
- (2) 塑性率 $\mu_{\max}$ は腐食が顕著なほど低下する。また, 最高荷重後の耐力低下が小さければ, μ_{95} は大きな値を示すので腐食すれば変形能が低下するとは一概には言えない結果となった。

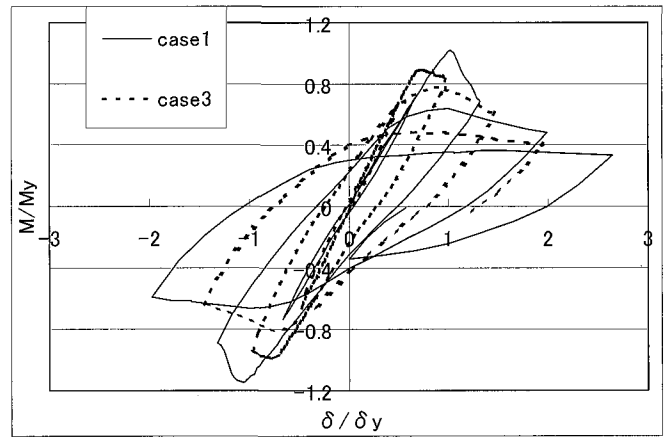


図 3 荷重-変位曲線(無次元化)

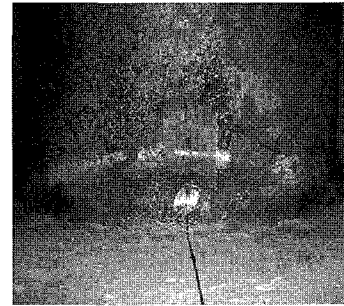


写真 2 座屈変形状

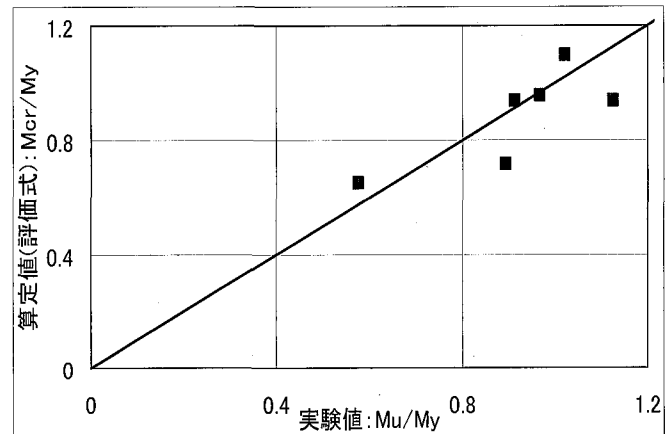


図 4 実験値-算定値相関図

表 1 変形能結果一覧

供試体	$\mu_{\max}$	μ_{95}	A_1^*	A_2^*	A_3^*	合計エネルギー吸収量
case1	1.55	1.65	0.07	1.31	2.26	3.64
case2	1.70	1.80	0.06	0.78	2.20	3.04
case3	1.49	1.93	0.06	0.78	1.86	2.70
case4	-	-	-	-	-	-
case5	1.37	1.46	0.06	1.40	2.14	3.60
case6	1.30	1.35	0.09	1.37	1.85	3.32

*Aはエネルギー吸収量を表し, 右下の数字はサイクル数を示す。

参考文献

- 1) 土木学会: 座屈設計ガイドライン改訂第 2 版, 社団法人, 土木学会, pp228 - 229, 403 - 408, 2005