腐食円形鋼管の残存圧縮耐力実験

広島大学	学生会員	近藤	恒樹	京都大学大学院	学生会員	田村	功
広島大学大学院	正会員	藤井	堅	京都大学大学院	フェロー	渡邊	英一
名古屋大学大学院	フェロー	伊藤	義人	京都大学大学院	正会員	杉浦	邦征

1. はじめに

腐食は,鋼構造物の維持管理において重要課題の一 つであるが,腐食鋼材の残存強度評価技術は未だ確立 されていない.本研究では,約19年間海洋環境におい て曝露された腐食円形鋼管の腐食形態を調べ,さらに 圧縮試験を行って,腐食円形鋼管の残存圧縮耐荷力を 調べる.あわせて弾塑性有限変位解析を行い,腐食した 円形鋼管の残存耐荷力評価式を提案する.

2. 腐食鋼管の表面形状計測

対象とした鋼管供試体は,直径:約400mm,初期の板 厚:9mm,全長:1200mmのスパイラル鋼管で,飛沫帯, 干満帯,海中部に対応する位置から採取した合計6体 である.鋼種はSTK50及びSTK41である.腐食表面の 形状は,座標値を直接計測できる3次元座標計測装置 を用いて計測した.Fig.1にSTK50鋼管 NO.1(飛沫帯) の板厚等高線の展開図を示す.



Fig.1 板厚等高線 · (NO.1 飛沫帯)

腐食損傷は,飛沫帯で最も激しく,次いで干満帯, 海中部の順である.また部位により腐食形状は異なり, 図に示すように,局部的に激しい腐食損傷が見られる.

3. 腐食鋼管の圧縮試験

水平載荷型強度試験機により軸圧縮試験を行って, 腐食鋼管の耐荷性状を調べた.荷重を測定するために ロードセルを3台設置し,ロードセルの荷重が均等に なるように調整し,平押しの境界条件で実験を行った.

 Fig.2 に実験風景, Table.1 に実験結果, Fig.3 に荷重変

 位曲線を示す.



Fig.2 実験風景

Table.1 計測および実験結果

	鋼種	曝露環境	試験体	平均板厚 (mm)	平均腐食量 (mm)	標準偏差 (mm)	最大荷重 (KN)
	STK50	飛沫帯	NO.1	5.48	3.60	2.41	868
		干満帯	NO.2	7.35	1.70	1.39	2489
		海中部	NO.3	7.75	1.29	1.02	3680
		海中部	NO.4	7.99	1.06	0.94	3829
	STK41	飛沫帯	NO.5	5.11	3.91	1.69	883
		海中部	NO.6	7.89	1.15	0.83	3790



腐食鋼管の残存耐荷力は,腐食が最も激しい飛沫帯 で最も低く,次いで干満帯,海中部の順であった.局所 的に著しい腐食がある場合,残存耐荷力は大きく低下 する.

4. 腐食円形鋼管の圧縮強度解析

腐食表面計測により得られた座標値と板厚を用いて

キーワード 腐食,圧縮載荷実験,残存圧縮耐力,有限変位解析,強度評価 連絡先 〒739-0041 広島県東広島市鏡山1-4-1 Phone & Fax.082-424-7791 弾塑性有限変位解析を行った.4 節点アイソパラメトリッ クシェル要素を用い,要素の大きさは,8mm×8mmとし た.Fig.4,Fig.5 に実験値と解析値を比較して示す.各鋼管 とも,解析結果は実験結果と良く類似していることがわ かる.このように表面計測結果を解析に反映させれば,精 度の良い残存耐荷力解析が可能となる.



実験結果 解析結果 Fig.5 実験-解析変形結果・(NO.1 飛沫帯)

5. 残存強度評価法

腐食の無い鋼管の座屈強度評価式(Plantema)を用いて, 腐食鋼管の残存圧縮耐荷力を評価する.横軸は径厚比パラ メータ R_t,縦軸は圧縮強度比 σ_u/σ_v で

$$R_{t} = 1.65 \times (2R/t_{R}) \times (\sigma_{y}/E)$$
$$\sigma_{u}/\sigma_{y} = \frac{P_{u}}{2\pi R t_{R} \sigma_{y}}$$

で表される.ここに t_R は代表板厚, E は弾性係数, σ_y は降伏応力, R は半径, P_u は圧縮耐荷力である.代表板厚に $t_R = t_{ave}^* - 0.6s^* (t_{ave}^*: 最小断面の平均板厚, s^*: 最小断面の板厚の標準偏差)を用いて,残存耐力を示すと Fig.6 のよ$ うになる.また, Fig.6 には円筒シェルの座屈波形の長さは 3 $\sqrt{$ 半径 × 板厚 区間幅で発生するとされていることから, 代表板厚として $t_R = t_{ave}^{**} - 0.8s^{**}$ (t_{ave}^{**} :最小断面を中心と

した $3\sqrt{Rt_{and}^*}$ 区間幅の平均板厚, s^{**} はその区間の板厚の標

準偏差)を用いて整理した結果もあわせて示す.代表板厚に $t_R = t_{ave}^* - 0.6s^*$ とした場合,相関係数は 0.91, $t_R = t_{ave}^{**} - 0.8s^{**}$ の場合は,相関係数は 0.93 となり,両者 とも良い相関が得られ,特に後者の方がより精度の良い結 果が得られた.



6. 結論

腐食損傷は飛沫帯で最も激しく,次いで干満帯,海中 部の順である.残存耐力は腐食損傷が激しいほど,低くな ることがわかった.

腐食鋼管の圧縮強度評価は,代表板厚として,最小断 面平均板厚を標準偏差で補正した $t_{ave}^* - 0.6s^*$ や,象脚形 の座屈波形の長さ $3\sqrt{+2 \times k}$ の区間を考慮した代表 板厚 $t_{ave}^{**} - 0.8s^{**}$ を適用すれば,Plantemaの圧縮耐荷力 評価式を用いて,残存耐力を簡易に求めることができる. **謝辞**

本研究は, 土木学会構造工学委員会 沿岸環境におけ る鋼・複合構造物の防食及び耐久性能評価に関する研究 小委員会(委員長:渡邊英一教授)活動の一部として実施さ れたものである.供試体作成等については,(社)日本鉄鋼 連盟の多大な御協力を賜りました.ここに記して謝意を表 します.

参考文献

1)田村功,渡邊英一,他:腐食損傷を有する海洋鋼構造物の耐荷力とライフサイクルコストに関する一検討,土木 学会年次学術講演会講演概要集第 部 No.58,pp.957-958,2003