

腐食減肉した鋼管の残存水平耐力に関する解析的研究

琉球大学 学生会員 ○塚原 雄介, 琉球大学 正会員 下里 哲弘, 有住 康則

1. 研究の背景と目的

揚炭棧橋構造物は写真-1に示すように、上部のRC床版と鋼管杭が接合された構造である。既往論文によれば、石炭船接岸時に作用する水平力下でのモニタリングにおいて、RC床版と鋼管杭の接合部は剛体変形挙動を示し、水平移動する変形状態となっている¹⁾。

また、図-1に示す腐食により撤去された橋脚鋼管に対して、Pulsed Eddy Current (パルス渦流計, 以後 PECと記す) を用いて残存板厚を計測した²⁾。本研究では、この計測データを用いた弾塑性 FEM 解析により、腐食減肉した鋼管の残存水平耐力の解析的検討を行った。

2. 解析方法

2.1 解析概要

図-2に棧橋構造の解析モデルと解析条件を示す。

図-3に解析結果を示す。この解析結果は前述のモニタリング計測結果と同様の変形性状を示している。

腐食鋼管の FEM 解析には 4 節点 Solid 要素を用い、弾塑性有限変位解析を行った。検討パラメータは設計板厚 14mm の健全鋼管と、図-4に示す 6 試験体の減肉モデルとした。図-5、図-6に解析モデル、解析条件、応力-ひずみ関係を示す。鋼管は外径 609mm、板厚 14mm、長さ約 1800mm~2000mm である。なお、腐食減肉量は PEC 計測データを用いて、Solid 節点に導入した。

2.2 モデル化手法

減肉モデルのモデル化はセッションファイルを用いた。セッションファイルとは、MSC.Patran の起動から停止までの作業内容をテキストで表記したファイルである。MSC.Patran 上で Solid 要素の節点の移動コマンドを実行後、セッションファイルに節点移動コマンドのテキストが表記される。このテキストをフォーマット化し、節点移動量、節点番号の変数を Excel 上で加工し、MSC.Patran へ読込むことで、多数の節点を減肉分、移動させた。

3. 水平耐荷力特性と塑性域の拡がり特性

3.1 荷重-変位関係

図-7に健全モデル、減肉モデルの荷重-変位関係を示す。減肉モデルは健全モデルと比較して 2 割~3 割



写真-1 棧橋構造

図-1 撤去前の橋脚鋼管

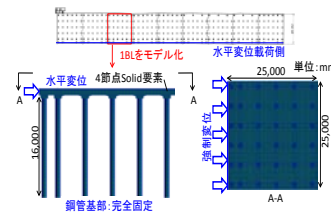


図-2 解析モデルと解析条件

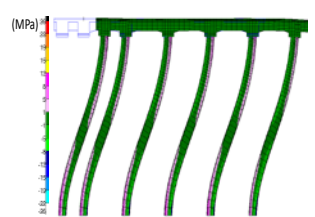


図-3 変形図、鋼管長手

方向応力コンター

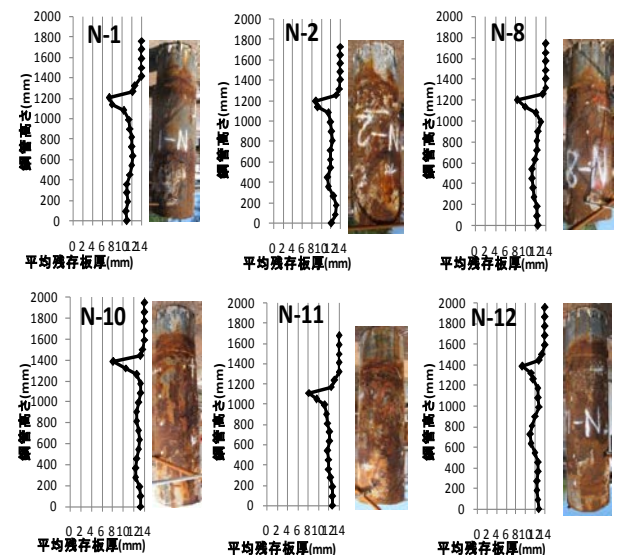


図-4 PEC 計測結果 残存板厚分布

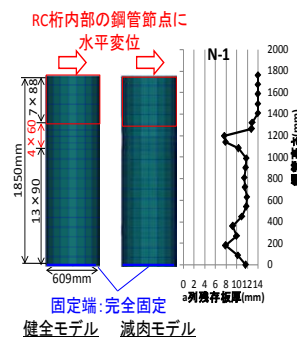


図-5 解析モデル、解析条件

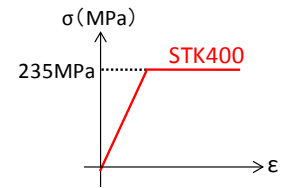


図-6 応力-ひずみ関係

程度、最大耐力の低下がみられた。なお、座屈による急激な耐力低下はみられなかった。

3.2 変形特性と塑性域の拡がり

図-8に健全と減肉モデル (N-1, N-12) において、変形と塑性域の拡がりを示した。以下に考察を示す。健全モデル、N-12モデルにおいて、15mm変位時では、RC位置の鋼管において塑性化が拡がり、40mm変位時では、RCと鋼管の接合位置で局部座屈が生じた。

また、N-12モデル以外の腐食モデルについては、平均残存板厚が薄い箇所から塑性化が拡がり、その位置で局部座屈に至った。

3.3 腐食減肉した鋼管の残存水平耐力の検討

横軸を径厚比パラメータ R_t ³⁾、縦軸を最大耐力比 P/P_0 として、腐食減肉した鋼管の残存水平耐力の検討を行った。

横軸の径厚比パラメータ R_t を以下に示す。

$$R_t = 1.65 \cdot \frac{\sigma_y}{E} \cdot \frac{r}{t} \dots \dots \dots (1)$$

ここで、 σ_y は降伏応力、 R_t は径厚比パラメータ、 r は鋼管の半径 (中心から外径までの距離)、 E はヤング率、 t は板厚である。

また、縦軸の最大耐力比 P/P_0 は、各腐食鋼管の最大耐力を健全の最大耐力で除して無次元化した値である。

径厚比パラメータ R_t に平均板厚を用いた場合を図-9、最小断面位置での平均板厚を用いた場合を図-10に示す。図-9、図-10より、減肉モデルは R_t が増加するに従い耐荷力が減少する傾向がみられた。また、線形近似曲線を描いた結果、両者とも相関係数が 0.7 と良好な相関を示した。今後、横軸に用いた径厚比パラメータについて検討する。

4. まとめ

本稿では、弾塑性 FEM 解析により、腐食減肉した鋼管の残存水平耐力の解析的検討を行った。

以下に結論を示す。

- ①健全モデル、N-12モデルでは、RCと鋼管の接合位置で局部座屈が生じた。また、N-12モデル以外の腐食モデルは残存板厚が薄い箇所でも局部座屈に至った。
- ②横軸を径厚比パラメータ R_t 、縦軸の最大耐力比 P/P_0 として残存水平耐力の検討を行った結果、径厚比パラメータ R_t に平均板厚を用いた場合、最小断面平均板厚を用いた場合の両者とも相関係数が 0.7 と良好な相関を示した。

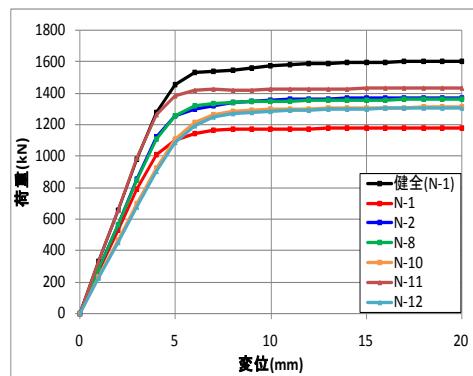


図-7 解析結果 荷重-変位

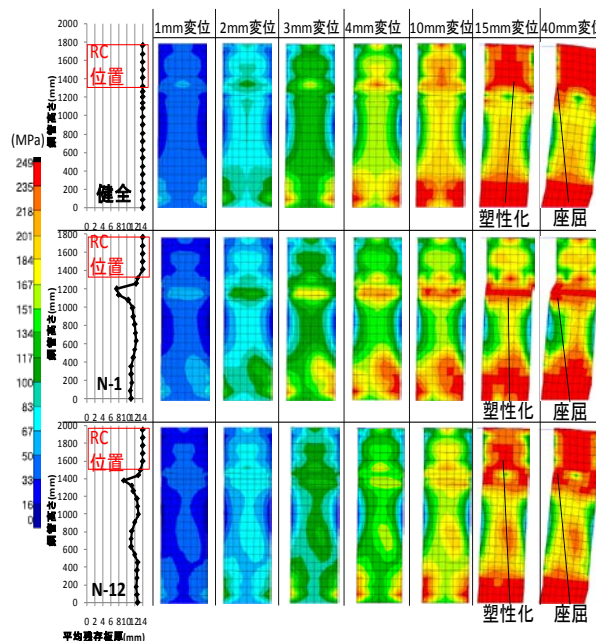


図-8 変形特性と塑性域の拡がり

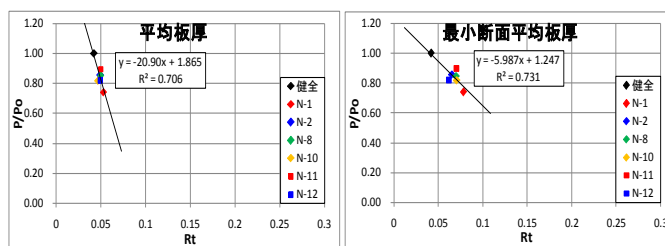


図-9 平均板厚を用いた場合 図-10 最小断面平均板厚を用いた場合

なお、横軸に用いた径厚比パラメータについての検討が今後の課題である。

参考文献

- 1) 勝山, 下里ら: 亜熱帯環境下における火力発電所揚炭棧橋鋼管構造の診断モニタリング手法の開発研究, 土木学会西部支部沖繩会, 第4回研究発表会, 2014.10
- 2) 下里, 有住ら: 海洋環境下で腐食した鋼管構造物における渦流計測法の適用性に関する研究, 土木学会第69回年次学術講演会講演概要集, Vol.67, I-619, 2014
- 3) 土木学会: 鋼構造物設計指針 PART A 一般構造物, 1987