

塗膜劣化にともなう鋼板腐食表面の経年変化再現モデルの妥当性

広島大学大学院 学生会員 ○時乗 良彦
 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

1. はじめに

腐食した鋼構造物の維持管理において、現在の状態を把握し、残存耐力を評価することは重要である。現在の状態を把握する方法の1つに、板厚の計測がある。実験室では数mm単位の細かい計測をすることができるが、実際の現場では、離散的で限られた数の板厚しか計測することができない。そこで、本研究では、現場で計測した数十点の板厚計測結果から、鋼管杭の残存耐力を評価する方法を提案する。

2. 鋼管杭

対象とした鋼管供試体は、19年間無防食で海洋環境に暴露された腐食円形鋼管であり、直径約400mm、初期板厚9mm、のスパイラル鋼管で海中部に対応する位置から採取した一部（軸方向に20cm）を抜き出して使用する。Fig.1に供試体の板厚等高線を示す。

3. 解析による圧縮強度評価

有限要素法による圧縮強度解析を行った。解析モデルはFig.4に示すように、高さ1200mm、半径194cmであり、下端から200mmの領域に腐食表面の板厚を与えることで、凹凸の影響を考慮する。

3.1 解析に用いた腐食表面

解析に用いた腐食表面は、1)細かい計測結果、2)20点の計測を行い、著者ら¹⁾が提案した評価板厚を用いて作成した腐食表面、の2種類である。評価板厚は、実測平均板厚が真値を越えないように補正したものであり、以下の式で表すことができる。

$$T_r = T_{ave} - 1.0\sigma \quad (1)$$

ここで、 T_r は評価板厚、 T_{ave} は20点の実測平均板厚、 σ は20点の実測標準偏差である。

1)は、1mm間隔に細かく計測した結果をそのまま用いる。2)は、評価板厚を基に、橋本ら²⁾が提案した腐食表面作成モデルを用いて作成した(2パターン)。Fig.3に作成した腐食表面の板厚等高線を示す。

3.2 解析結果

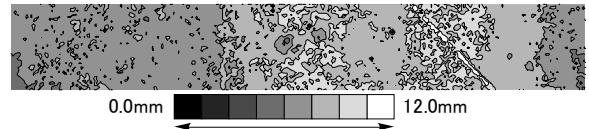


Fig.1 鋼管の板厚等高線（海中部）

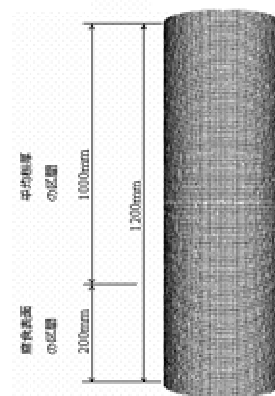


Fig.2 解析モデル

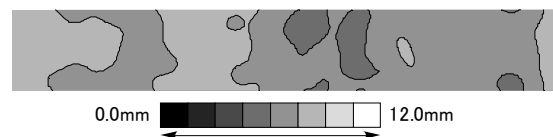
Fig.3 評価板厚を基に作成した腐食表面
($F=1.22$, $n=2$, $\beta=0.025$)

Table 1 評価板厚と解析結果

板厚の種類	平均板厚 [mm]	標準偏差 [mm]	評価板厚 [mm]	最高荷重 [kN]
実験	7.67	0.85	—	3679.9
細かい計測	7.67	0.85	—	3550.6
20点(ケース1)	7.91	0.77	7.14	3313.9
20点(ケース2)	8.05	0.65	7.40	3424.3

Table 1 に計測結果と解析による最高荷重を、Fig.6 に荷重-たわみ関係を示す。評価板厚を基に作成した腐食表面を用いて解析を行うと、実験や、細かい計測結果を用いて解析した結果よりも最高荷重が小さくなることがわかり、実際の耐荷力を超えることなく、安全側の評価をすることができるのではないかと考えられる。

4. 簡易評価法による強度評価

藤井ら³⁾は、鋼管の座屈変形が発生するとされて

キーワード 維持管理, 腐食, 鋼管杭, 残存耐荷力, 将来予測

連絡先 〒739-8527 東広島市鏡山1-4-1 広島大学大学院工学研究科 TEL: 082-424-7791

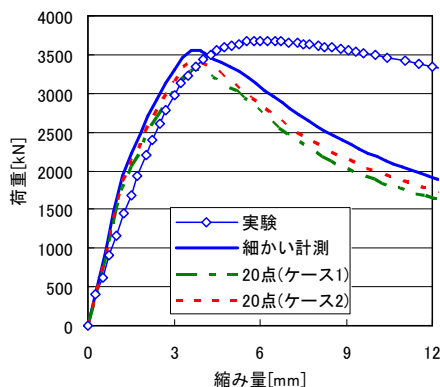


Fig.4 解析結果の比較

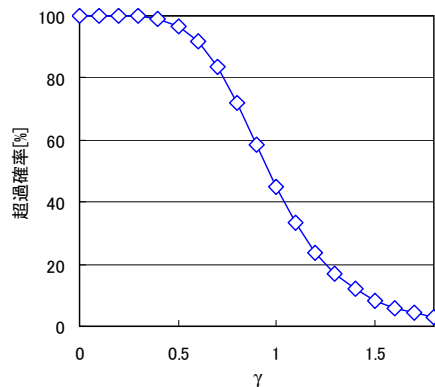
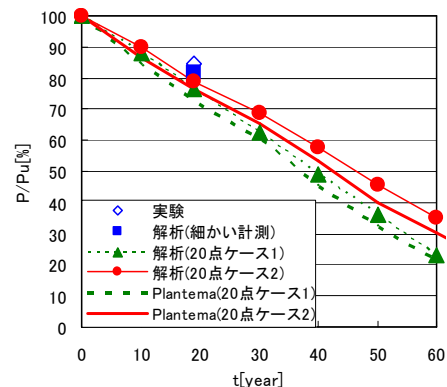
Fig.5 γ と超過確率の関係

Fig.6 耐荷力予測の結果

いる $3\sqrt{Rt}$ 区間の平均板厚と標準偏差を用いて代表板厚を以下のように決め、Plantema の圧縮強度評価式を用いると、腐食した鋼管の残存耐力を簡易的に予測できることを示している。

$$t_R = T_{3\sqrt{Rt}} - 0.8\sigma_{3\sqrt{Rt}} \quad (2)$$

そこで、この $3\sqrt{Rt}$ 区間の代表板厚から計算した耐荷力を真値として、20 点の計測結果から代表板厚 t_R を決める。 t_R は以下の式で表される。

$$t_R = T_{ave} - \gamma\sigma \quad (3)$$

ここで、 T_{ave} は実測平均板厚、 σ は実測標準偏差、 γ は係数である。この γ の値を変化させて、真値を超えないように代表板厚を決める。

Fig.5 に、 γ の値と超過確率の関係を示す。このグラフは 20 点の計測結果を何度も行い、 γ の値を変えて簡易評価式で耐荷力を求めた場合の、 γ と真値を超える確率（超過確率）の関係を示している。 γ が大きくなるにしたがって超過確率が減少していることがわかる。この結果から、 $\gamma=1.8$ とすると、超過確率が 3% 未満となり安全側の評価ができるのではないかと考えられる。

5. 残存耐力の将来予測

効率的な維持管理を行うためには、構造物の将来的な耐荷力を予測し、具体的な計画を立てる必要がある。本研究では、解析に用いた腐食表面のパラメータを利用して将来の腐食表面を作成し、解析と簡易評価式を用いて残存耐力の予測を行った。Fig.6 に結果を示す。解析、簡易評価法ともに実験値よりも耐荷力が低くなっている。また、解析と用いて残存耐荷力を予測した方が、簡易評価法を用いた場合よりも耐荷力が高くなっている。がこの差は最大で 5% ほどである。

よって、どちらの方法を用いても安全側の将来予測ができるのではないかと考えられる。

5. 結論

19 年海洋環境に曝露された鋼管杭を用いて検討を行った結果、以下の結果が得られた。

- 1) 20 点の計測結果から評価板厚を基に腐食表面を再現して解析を行うと、安全側の評価ができる。
- 2) 20 点の計測結果から Plantema の圧縮強度評価式を用いて残存耐力を評価する場合、以下の式で表される代表板厚を用いると安全側の評価ができる。

$$t_R = T_{ave} - 1.8\sigma \quad (4)$$

ここで、 t_R は代表板厚、 T_{ave} は 20 点の実測平均板厚、 σ は 20 点の実測標準偏差。

- 3) 評価板厚を基に将来の腐食表面を作成して、解析または簡易評価法を用いると簡易に残存耐力の将来予測ができる。

謝辞

本研究は土木学会鋼構造委員会 沿岸環境における鋼・複合構造物の防食および耐久性能評価に関する研究小委員会の活動の一環として実施された。供試体作成や資料提供については（社）日本鉄鋼連盟から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) 時乗ら：海洋環境で腐食した円形鋼管の板厚計測の信頼性に関する一考察，第 63 回年次学術講演会概要集。
- 2) 橋本ら：海洋環境において腐食した円形鋼管の圧縮耐力低下の将来予測，第 63 回年次学術講演会概要集。
- 3) 藤井ら：海洋環境において腐食した円形鋼管の残存圧縮耐力，構造工学論文集，Vol.52A, pp.721-730, 2006。