

粗さ成分に着目した港湾鋼構造物の部位ごとの腐食表面形状特性

名古屋大学大学院	学生会員	○吉田 武史
名古屋大学大学院	正会員	北根 安雄
名古屋大学大学院	フェロー会員	伊藤 義人

1. 研究目的

近年、社会資本の老朽化に関わる問題が各方面で顕在化し、国民の社会資本ストックの将来に対する懸念が高まっている。腐食劣化した鋼構造物・部材の残存耐力評価に関する研究は、これまでに多くの研究が行われており、腐食表面の平均残存板厚が同じでもその腐食形状の違いにより耐力が異なることが知られている。そのため、様々な腐食形状での耐力を確認するため、実測の腐食形態を反映した有限要素解析による耐力評価が行われている。今後さらに腐食表面の凹凸形状による耐力への影響を正確に評価するために、実構造物の腐食表面における腐食凹凸の特徴を詳細に把握することが必要である。そこで、本研究では実構造物の腐食表面計測データを分析し、腐食表面形状をうねり成分と粗さ成分に分解したのち、それぞれの特徴を調査した。

2. 調査方法

本研究では、(1)約 19 年間海洋曝露された鋼管杭と(2)19.5 年間海洋曝露されたアングル材のデータを用いて腐食表面の特徴について明らかにする。(1)の鋼管杭は、新日本製鐵君津製鉄所内において約 19 年間曝露された無防食鋼管杭であり、外径 406.4mm、板厚 9mm、全長約 10m である。鋼種は SKK490 でありスパイラル鋼管である。長さ 1200mm ごと、飛沫帯、干満帯それぞれ 1 本ずつと海中部から 2 本の合計 4 本の鋼管杭の残存板厚データが田村ら¹⁾によって計測された。(2)のアングル材は、静岡県の大井川沖の海洋技術総合研究施設で 19.5 年間海洋曝露された無防食の普通鋼アングル材であり、初期板厚は 20mm で、鋼種は SS400 である。長さ 3800mm、幅約 100mm の平板状に切り出した後、長さ 200mm、幅 100mm の 17 枚の小片に機械切断し、名古屋大学にて残存板厚計測が行われた²⁾。

腐食表面形状は、波長の長いうねり成分と波長の短い粗さ成分の 2 つに分類できる。本研究では、清宮ら³⁾の研究を参考にうねり成分と粗さ成分の波長の閾値を 100mm として、断面曲線から波長 100mm より小さい成分を粗さ成分と定義した。うねり成分の特徴は鉛直方向 100mm×水平方向(周方向) 100mm の範囲の平均値として算出し、粗さ成分の特徴は、鋼管杭の各部位につき同様に 100mm×100mm の範囲で算出した。

3. 調査結果

3.1. うねり成分の特徴

(1) 鋼管杭の鉛直方向の腐食傾向

図 1 に鋼管杭とアングル材の鉛直方向の年平均減肉量とともに、港湾鋼構造物の一般的な年平均減肉量を示す。鋼管杭のデータは、周方向の平均値である。鋼管杭とアングル材のどちらも一般的な腐食傾向に近いことが分かる。鋼管杭の計測結果では、年平均減肉量は飛沫帯(MSL+1200mm～+2400mm)で最大となり、約 0.26mm/yr である。また、干満帯直下(MSL-500mm～-1000mm)でも腐食量が大きい。海中部(MSL-3000mm～-6000mm)は年平均減肉量が小さく 0.1mm/year 以下である。アングル材の計測結果でも、年平均減肉量は飛沫帯(MSL+700mm～+2100mm)で最大となり、約 0.37mm/yr である。一般的な腐食傾向より大きな値を示しているのは、アングル材の計測結果が両面腐食の計測値であることが理由である。また、アングル材においても干満帯直下(MSL+400mm～-300mm)で腐食量が大きくなっている。

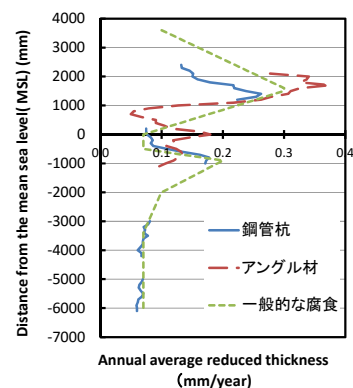


図 1 鉛直方向の腐食傾向
(※アングル材は両面腐食)

キーワード 腐食, 港湾鋼構造物, 残存板厚分布, 平均波長, 残存板厚の分散値

連絡先 〒464-8603 名古屋市千種区不老町 C1-3(651) 名古屋大学大学院社会基盤工学専攻 TEL 052-789-2736

(2) 鋼管杭の周方向の腐食傾向

鋼管杭では、部位(飛沫帯、干満帯、海中部)によって周方向で腐食量が様でない箇所が存在することが知られている(清宮ら, 1987). 各部位の腐食表面のうねり成分から求めた周方向の残存板厚分布を図2に示す. 図中の赤点線は実測値であり、左右対称となるように左右の平均値を取った値を青線で示している. 図2から飛沫帯や干満帯直下の集中腐食部などの年平均減肉量の大きな箇所では、陸側に比べ海側の方が、腐食が激しいことが分かる. これは、波の影響によるさびの剥離が原因であると考えられる.

3.2. 粗さ成分の特徴

粗さ成分の特徴は、100mm×100mmの範囲での平均減肉量 $\bar{t}_R$ と平均波長 S_m ・残存板厚分散値 σ^2 との関係を、鋼管杭の各部位(1200mm×1276mm)ごとに調査した. 平均波長 S_m は100mmの区間で粗さ成分が中心線を横切る1波長分の長さ S_{mi} の平均値である. ここで、スパイラル鋼管の溶接部や生物腐食による腐食孔の影響範囲の値は考慮せず、その他一般部の領域のデータを対象とした.

(1) 平均波長 S_m

粗さ成分から計算した平均波長 S_m と平均減肉量 $\bar{t}_R$ との関係を図3に示す. S_m は、部位や $\bar{t}_R$ に関係なく10mm～40mmにばらついて存在している. この結果は、 S_m の範囲は $\bar{t}_R$ に依らず25.4～38.4mmの範囲であった清宮ら³⁾の計測と同様の傾向を示しており、減肉量が増加しても平均波長は大きく変化しないことが明らかとなった.

(2) 残存板厚の分散値 σ^2

飛沫帯の残存板厚の分散値 σ^2 と平均減肉量 $\bar{t}_R$ との関係を図4に示す. 最小二乗法を用いた近似直線と標準誤差 e を用いた有効範囲(平均値±2 e)も合わせて示す. これより、 σ^2 と $\bar{t}_R$ は正の相関関係があることが分かった. 各部位の近似式は、飛沫帯で $\sigma^2 = 0.064\bar{t}_R$, 標準誤差 $e = 0.127$, 干満帯で $\sigma^2 = 0.028\bar{t}_R$, 標準誤差 $e = 0.050$, 海中部で $\sigma^2 = 0.031\bar{t}_R$, 標準誤差 $e = 0.034$ となった.

4. まとめ

- (1) 鉛直方向の年平均減肉量分布は、飛沫帯で最大0.26mm/yrとなり干満帯直下の集中腐食部でも減肉量が大きくなるという既存の研究と同様の結果を示した. 周方向の減肉量は、年平均減肉量の大きな箇所では、陸側に比べ海側の方が腐食量が大きくなることが明らかとなった.
- (2) 腐食表面の平均波長 S_m は、各部位や平均減肉量 $\bar{t}_R$ に関係なく10mm～40mmの範囲に存在していた. また、板厚分散値 σ^2 は平均減肉量 $\bar{t}_R$ と正の相関関係があり、飛沫帯では $\sigma^2 = 0.064\bar{t}_R(\text{mm}^2)$ であった.

参考文献

- 1) 田村功, 渡邊英一, 伊藤義人, 藤井堅, 野上邦栄, 杉浦邦征, 永田和寿, 岡扶樹 (2005): 海洋環境において腐食した鋼管の形状計測と残存耐力に関する検討, 構造工学論文集, Vol.51A, pp.1103-1110.
- 2) 山沢哲也, 野上邦栄, 伊藤義人, 渡邊英一, 杉浦邦征, 藤井堅, 永田和寿 (2008): 19.5年海洋曝露された鋼アングル材の腐食形態, 土木学会論文集 A, Vol.64, No.1, pp.27-37.
- 3) 清宮理, 千葉照男, 横田弘, 阿部正美 (1987): 栈橋に用いられた鋼管杭の腐食状況と残存強度, 港湾技研資料, No.593.

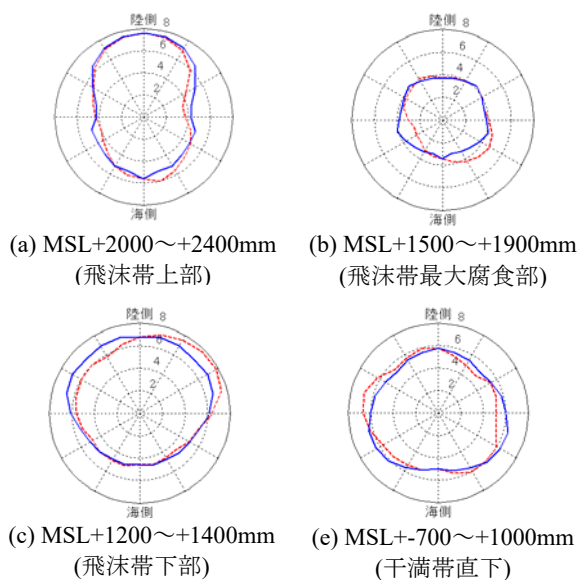
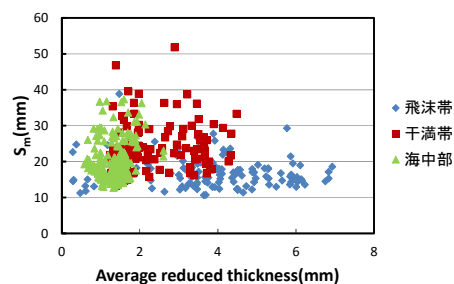
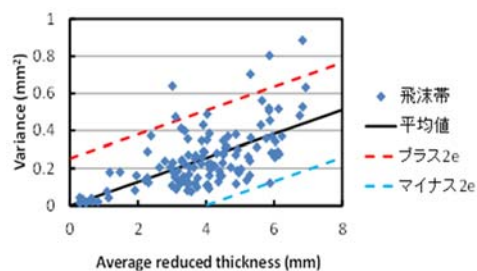


図2 周方向の残存板厚分布(単位 mm)

図3 平均減肉量と平均波長 S_m 図4 飛沫帯の平均減肉量と分散値 σ^2