第I部門

腐食影響を考慮した突合せ溶接継手の疲労き裂発生および伝播寿命評価

大阪大学 接合科学研究所 学生員 ○長濱 啓和 正会員 堤 成一郎 正会員 Fincato RICCARDO

1. 緒言

これまで構造物の損傷の多くは腐食及び疲労が原因であり、特に社会基盤構造物は様々な環境下かつ長期 間の使用が想定されるため、疲労性能に及ぼす腐食影響を把握することは重要である。設計上は腐食が懸念 される場合は防食を施すとともに適切に維持管理を行うことが定められている.また近年,維持管理対象は 限られた費用のもと、板厚減少量などの腐食による劣化度、構造物の重要度などから優先度を付け決定され ている.しかし腐食による損傷が数多く見られるため,既存構造物の最適な維持管理手法の確立や腐食状況 にある構造物の余寿命診断が重要な課題となる.また、腐食環境下での疲労性能に関する実験的検討では、 時間やコストの問題から多くを行うことは困難であり、疲労性能に対する腐食影響が適切に設計へ反映され ているとは言い難い、つまり、疲労性能に対する腐食影響の力学的根拠を明確化したうえで評価するという 疲労性能評価技術の高度化が必要となる.

そこで本研究では、数値シミュレーションを援用することにより、腐食影響を考慮した疲労き裂発生及び その後の伝播寿命を評価可能なシステムの開発を目指した基礎的検討を行った.

疲労き裂発生寿命評価 2.

本研究の評価対象は矢島ら ¹⁾により行われた大気中及び人工海水中における溶接継手の疲労試験結果とす る. まず溶接継手形状を模した FE モデルと付与した境界条件を Fig.1 に示す. 解析ソルバーには汎用 FEM ソフト ABAQUS Ver6.14-5 を使用し、材料モデルは疲労 SS モデル²⁾を用いた. 応力比 R=0.1、繰返し回数 100 回の荷重をモデル右端に載荷した.疲労き裂発生寿命評価には、き裂発生が予測される累積相当塑性ひずみ 最大の要素の応力ひずみ応答(Fig.2)より、100サイクル目の全ひずみ範囲Δε, 腐食影響を考慮し拡張し た3)評価提案式(1)を用いて評価する.ここで、α、βは腐食の発生・進行を考慮したパラメータであり、本検 討では α=0 一定とし, βを 0.1, 0.2, 0.3 と変化させた.式(1)の応答を Fig. 3 に示す.



模擬した境界条件

局所的な応力ひずみ応答

(1)

Hirokazu NAGAHAMA, Seiichiro TSUTSUMI, Fincato RICCARDO tsutsumi@jwri.osaka-u.ac.jp

3. 疲労き裂伝播寿命評価

き裂伝播寿命の算出には,破壊力学ベースの評価を行った.初期き裂は,き裂発生が予測された位置とし, 初期き裂長さ 0.05mm とした.解析により得られたき裂長さ *a* と応力拡大係数範囲 ΔKeq の関係と拡張した評 価式(2)用いて評価する.海水中における溶接継手母材のき裂伝播特性⁴⁾を Fig. 4 に示す.腐食環境下では, 大気中(緑線)と比して加速している(赤〇)という実験結果を受け, Paris 則 $da/dN = C\Delta K_{eq}$ ^mにおける *C* を次の ように拡張した.なお, *Cair* は大気環境下で取得される材料定数, ΔK はき裂先端の応力拡大係数範囲,*b*, *d*1,*d*3 及び *Kcri* はき裂伝播速度の上昇に寄与する材料定数である.得られた応答を Fig. 4 赤線で示す.

$$C = C_{air} \left[b + (d_3 - b) \left\{ 1 + \left(\frac{K_{cri}}{\Delta K} \right)^{d_1} \right\}^{-1} \right]$$
(2)

4. 疲労寿命評価

予測された疲労き裂発生寿命と伝播寿命の和 を溶接継手の疲労寿命とし, Fig. 5 に示す.緑 線及び赤線は,それぞれ腐食影響を考慮した予 測結果である.黒実線及び破線はそれぞれ大気 中,人工海水中で取得された実験結果である. この図より,大気中(α=0,β=0)および腐食環 境中(α=0,β=0.3)ともに,実験結果の傾向を 概ね再現可能であることがわかる.

5. まとめ

本研究では、数値シミュレーションを用い て、腐食を考慮した疲労寿命評価を行った.こ の評価方法により実験で示された腐食による疲 労寿命低下を再現できる可能性が示された.

今後の課題としては、パラメータα、βと腐食 に関連する諸量(表面粗さ、繰返し速度などの 時間影響、化学反応ほか)との関係の定式化、 減肉などの形状変化の考慮、3次元解析の実施 などが挙げられる.

参考文献

- 1) 矢島ほか: TMCP型 50 キロ HT 鋼板大入熱 溶接継手の海水中疲労強度について, 西部 造船会会報, 71, 233-241, 1986
- S.Tsutsumi, R.Fincato, Cyclic plasticity model for fatigue with softening behaviour below macroscopic yielding, Materials & Design, 165, (2019), 107573
- 3) 日本材料学会:疲労設計便覧, 1995
- 4) 真谷ほか: TMCP型 50 キロ鋼板溶接継手の 海水中疲労き裂伝播特性について, 西部造 船会会報, 80, 253-263, 1990

