

鋼材の腐食疲労実験

大同工業大学 正員○事口寿男

大同工業大学 正員 水澤富作

大同工業大学 正員 酒造敏廣

1. まえがき

腐食による疲労損傷事故は社会的活動の発展に応じて、近年ますます増大している。今後建設される機会の多い海洋構造物では、ガイド・タワーやテンション・レグのようなスレンダーな主構造をケーブルで支持・補剛した構造が経済的に有利である。しかし、海面付近のタワーやテンションケーブルでは、波浪などの繰り返し荷重によって極微小部が著しく腐食損傷し、構造物全体が使用不能となる場合がある。したがって、このような腐食疲労について十分な情報を得て、設計に供することは重要な課題である。

本研究では、鋼の湿式腐食は材料と環境との境界面で起こる電気化学反応であること、腐食は時間とともに進行する現象であることに着目した。実際の腐食環境を実験室でシミュレーションし、試験片に腐食セルを取り付け、電気化学的に腐食を加速させ、比較的短期間の実験で腐食疲労強度を求めた。本研究は従来の研究結果に、今回の実験データを追加し考察したものである。

2. 腐食速度の実験結果

金属が海水のようなイオン導電性を示す溶液に接すると、金属と溶液との界面でのアノード反応は $\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2e^-$ となり、カソード反応は $0.5\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2e^- \rightarrow \text{H}_2\text{O}$ が起こり、腐食が進行する。

腐食疲労は時間依存性のある現象である。例えば10年の耐用年数を調べるためには、腐食疲労実験を比較的短期間で行う必要がある。ここでは、電気化学理論を用いた。すなわち、腐食セルを試験片に付け、ポテンショ・スタットを使ってアノード電流を流し、腐食を加速させながら腐食疲労実験を行った(図-1)。実験に使用した鋼材はSS-41材で、その機械的性質と化学成分を表-1に示す。

図-2は腐食環境の差異による自然腐食速度を調べた結果である。図中の説明に示す6つのケースについて実験した。これらは分極曲線より得られたものである。図中の点aの環境のもとで、404時間30分かけた腐食損失量から実測した腐食速度は0.94mm/yearとなり、分極曲線より求めたものとよく一致していることを確かめた。ちなみに実際の海洋構造物の海面付近では0.1~0.4mm/year(平均0.27mm/year)の腐食速度であると報告されている。

3. 腐食疲労実験結果

自然腐食の状態と腐食速度を加速させたときの腐食疲労

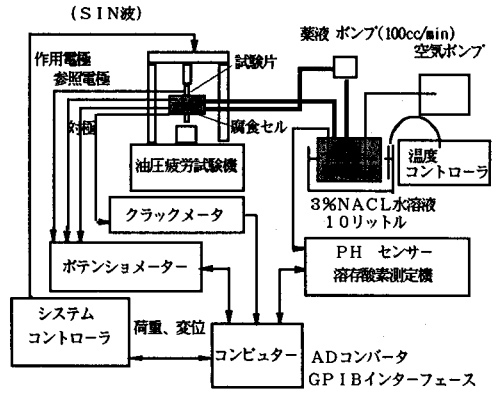


図-1 実験装置

表-1 試験材料の機械的性質と化学成分(%)

ヤング係数	降伏点	引張強度	伸率	ボアソン比
206GPa	337MPa	418MPa	42%	0.28
C	Si	Mn	P	S
0.08	0.24	0.84	0.02	0.05

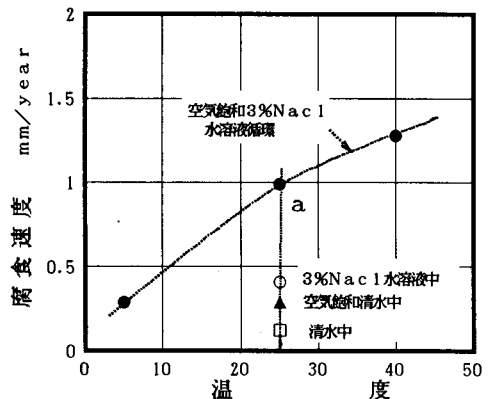


図-2 環境の差異による腐食速度

実験結果をS-N曲線として図-4に示した。図中には大気中で行った疲労実験結果も併記している。空気中の疲労実験を9体、自然腐食疲労実験を6体、腐食を加速させた腐食疲労実験を7体行った。

腐食疲労の場合、応力レベルをSS41鋼材の公称許容応力度(=137MPa)以下に設定した試験片が疲労破断した。また、 $N=10^7$ 程度までは腐食疲労強度はほぼ直線的に低下することがわかった。腐食疲労試験片の破断面における疲労破面領域を観察すると、応力レベルが低くなるにつれて、疲労破面領域の拡大が顕著である。最も応力レベルの低い試験片では、疲労破面の領域が破断面全体の約95%にも及んでいた。

図-3は腐食疲労実験において、破断に至るまでの正弦波荷重(10Hz)の最大値をプロットしたものである(応力レベルが低い場合に注目)。実験において、応力レベルが低くなると、チャック部のゆるみが生じて実験が失敗に終わったことがあった。

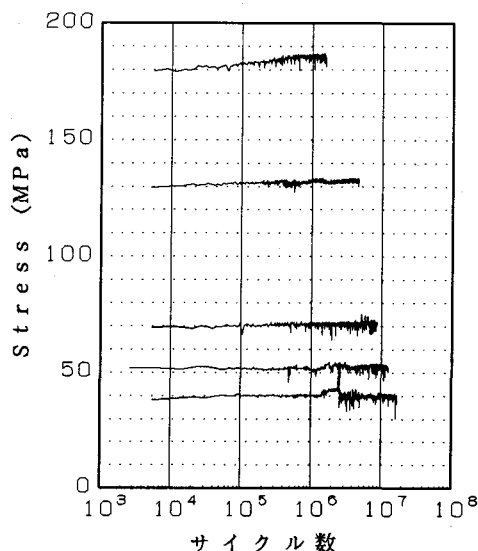


図-3 応力レベルの時間履歴

4. 結 論

1)電気化学的手法を用いると、湿式腐食の環境に応じて、短時間で腐食速度を容易に求めることができる。

2)腐食疲労強度は、腐食と疲労の相乗効果により、許容応力レベル以下になることがある。

3)腐食疲労の破断面は、空気中疲労のそれと異なり、疲労破面の占める割合が大きく、応力レベルが低下するほどその傾向は著しい。

4)腐食疲労に関するS-N曲線を求め

るためには、もう少し長寿命領域まで含めた実験が必要である(図-4参照)。

5)長寿命領域までの腐食疲労強度は、本文で述べた電気化学的に腐食を加速させる方法によって得られる。

6)現在、同一の試験片に予亀裂を与え、交流ポテンシャル法を用いて、溶液中における亀裂進展を測定しており、これ(図-1)については、別途発表する予定である。

あとがき

本研究は平成3年度文部省科学研究費・一般研究Cによる研究の一部である。

参考文献 1) H. Uhlig and R. W. Revie: Corrosion and Corrosion Control, An Introduction to Corrosion

Science and Engineering, Third Edition, John & Wiley Sons, 1971. 2) 事口寿男他: 海水環境下での腐食疲労

に関する実験的研究、日本造船学会第9回海洋工学シンポジウム, 1989. 3) Kotoguchi, H et al: Corrosion

Fatigue Strength under Sea Water Environment by Electrochemistry, Proc. of Forth International Conference

on Fatigue and Fatigue Thresholds, Hawaii, 1990 5)平成3年9月、第46回土木学会年次学術講演会、I-195.

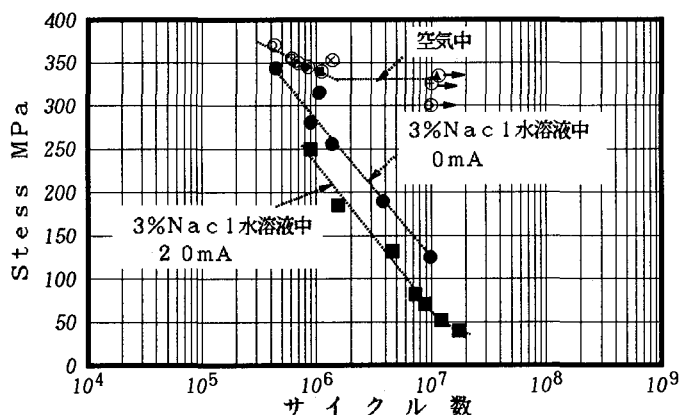


図-4 S-N 曲 線