

鋼材の腐食速度と腐食疲労について

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
福井高専 正員 前島正彦

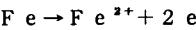
1. まえがき

腐食による疲労や損傷事故は社会的活動の発展に応じて増大しているのが現状である。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。

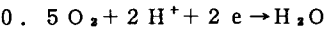
本研究では、鋼の湿式腐食は材料と環境との境界面で起こる電気化学反応であること、腐食は時間とともに進行する現象であることに着目して、実際の腐食環境を実験室でシミュレーションし、試験片に腐食セルを取り付け、電気化学的に腐食を加速させて海洋構造物の腐食疲労強度を明らかにしようとするものである。

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



となり、カソード反応は



がおこり、腐食が進行する。

このように、腐食疲労は時間依存性のある現象であり、例えば10年の耐用年数で設計するとしても、そのための腐食疲労実験を数日間で行うとすれば、何らかの方法で腐食を速めなければならない。ここでは、一つの試みとして、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の実験を行った(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。

腐食環境の差異による腐食速度を調べるために、表-2の左覧に示す6つのケースについて実験した。図-2に Case4の場合の分極曲線を示す。これらの分極曲線から腐食速度の結果を表-2の右覧に示した。なお、Case4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、分極より求めたものとよく一致していることを確かめている。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。

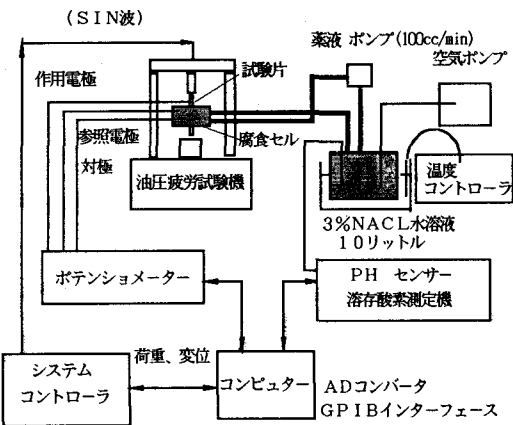


図-1 腐食疲労実験の概要

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	ポアソン比
206GPa	337MPa	418MPa	42%	0.28
C	Si	Mn	P	S
0.08	0.24	0.84	0.02	0.05

表-2 腐食環境と腐食速度

腐食環境	腐食速度	Icorr	
		μA/cm²	mm/year
1) 清水中(25° C)		1.0	0.12
2) 空気飽和清水中循環(25° C)		3.5	0.41
3) 3%NaCl水溶液中(25° C)		2.5	0.29
4) 空気飽和3%NaCl水循環(25° C)		8.5	0.99
5) "	(40° C)	11.0	1.28
6) "	(5° C)	2.5	0.29

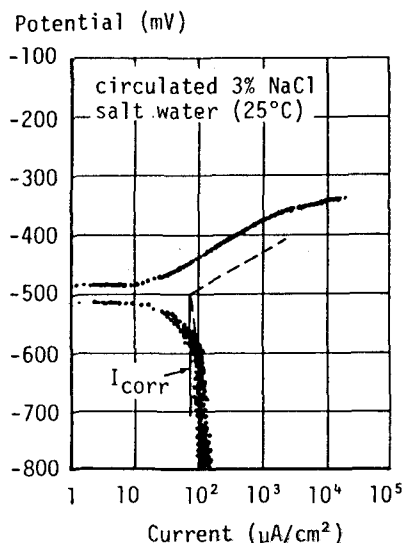


図-2 分極曲線 (Case-4)

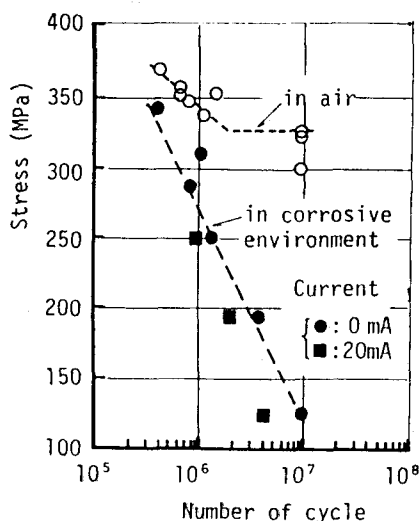


図-3 S-N曲線

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実験結果をS-N曲線として図-3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3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脆性破面領域をスケッチしたものを図-4に示す。この図から、応力レベルが低くなるにつれて、脆性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、脆性破面の領域が破断面全体の約90%にも及んでいる。

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、脆性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、長寿命領域まで含めた実験が必要である。
- 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。

あとがき

本研究は平成1, 2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) 山口寿男他: 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

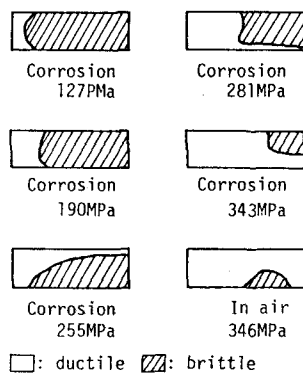


図-4 試験片の破断面のスケッチ