

長寿命域における鋼材の腐食疲労実験

大同工業大学・工学部 正員 事口寿男

大同工業大学・研究員 ○平野信義

福井工業高等専門学校 正員 前島正彦

1. まえがき

近年、建設される機会が多い海洋構造物に使用される鋼部材の腐食疲労特性を明らかにしておくことは重要な問題である。しかし、腐食疲労強度はその環境との時間依存性が大きく、大気中疲労の現象と異なって短時間の疲労実験結果から長期間の現象を予測することはできない。

本研究は、実際の腐食環境を実験室でシミュレーションし、かつ、電気化学理論を用い、比較的短時間の実験で長寿命腐食疲労の特性を考察しようとするものである。そのため、試験片に取り付けた腐食セル内のアノード電位を上げ、腐食の律速反応を乱すことなく、腐食速度を加速させて腐食疲労実験をおこなう。さらに、破断面のマクロ観察と走査電子顕微鏡によるミクロ観察から、腐食疲労の特徴を考察する。

2. 自然腐食速度と腐食環境

アノード分極によって試験片の腐食速度を加速させ、長寿命域の疲労実験を行う際、自然腐食速度を求めなければならない。海面付近の腐食の現象は、鉄が溶液に溶けるアノード反応、 $\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^-$ と、この反応で生じた電子が、液中の酸素を還元するカソード反応、 $\text{O}_2/2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2\text{O}$ で表される。すると、自然腐食速度（自然腐食電流密度）は、上式の電荷移動を伴う各反応の系に流れる電流と電位の関係から得られる反応速度論によって求めることができる。図-1は、一例としてアノード分極とカソード分極から、自然腐食電流密度（腐食速度）を求めたものである^{1), 2)}。この実験の環境を以下に示す。空気ポンプで常に空気を送っている貯水槽（容量は10リットル、要存酸素量は空気酸素量の70%、pHは7~8）内の3%食塩水を、100 cc/minの速度で薬液定量注入ポンプを使って試験片に取り付けられた腐食セルに循環させている。温度は25°C（一定）である。

3. 腐食疲労実験

実験に使用した試験片はSS-41材で、JIS引張5号試験片に準じた²⁾。疲労実験には最大容量 250kNの油圧式サーボ疲労試験機を用いた。負荷状態は片振りの正弦波、負荷繰り返し速度は10Hz、各負荷における正弦波の下限値の応力は10MPaとした。大気中の疲労実験と自然腐食の状態での腐食疲労実験を行った。空気中の疲労実験用試験片は9体、腐食疲労実験用試験片は9体である。腐食疲労実験のうち、6体は自然腐食速度（0mA）によるものであり、3体は腐食セル内にアノード電流（20mA）によって腐食速度を加速させたものである。この時の腐食速度は、自然腐食速度の約1.5倍に相当するものである。

図-2は大気中疲労、腐食疲労に関する実験結果をS-N曲線としてまとめたものである。自然腐食速度の場合でも、上限負荷応力レベルをSS41材の公称許容応力度（=137MPa）以下に設定した試験片（=125MPa）が疲労破断（ $N=0.987 \times 10^7$ ）した。 $N=10^7$ 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判った。データ数は少ないが、腐食速度を加速させ

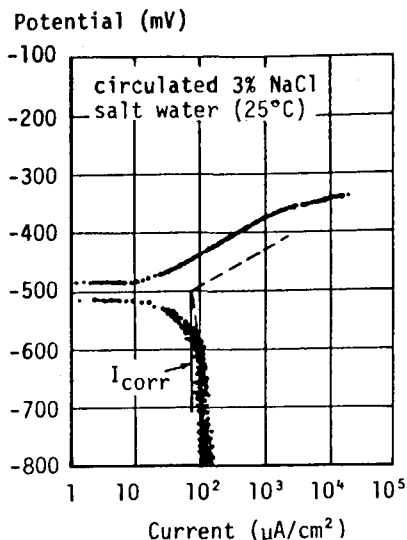


図-1 自然腐食電流密度

た場合の疲労強度は、自然腐食の場合のそれと、ほぼ平行して早く破断する。この種の実験を数多く遂行することにより、実際の環境における長寿命域の疲労強度を忠実に推定することができると思われる。

4. 破断面

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-3 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ことが判る。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%にも及んでいることが判った。

最後に、走査電子顕微鏡により破断面を調べた。腐食試験片の延性・脆性破断面の写真を Photos. 1~2 に例示する。また、腐食疲労破断面における延性部分のDimpleの大きさは、静的試験片の破断面で見られる延性破面のそれよりも大きいことが判った。

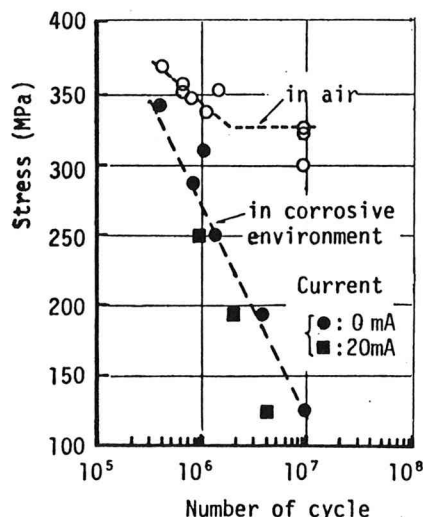


図-2 S-N曲線

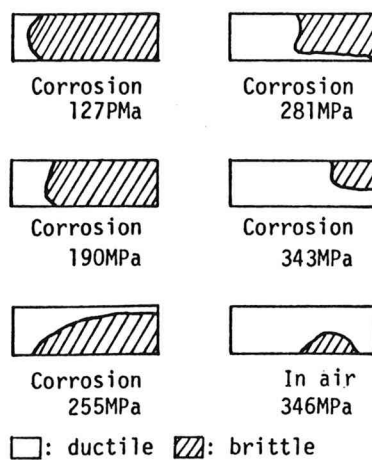


図-3 破断面のスケッチ

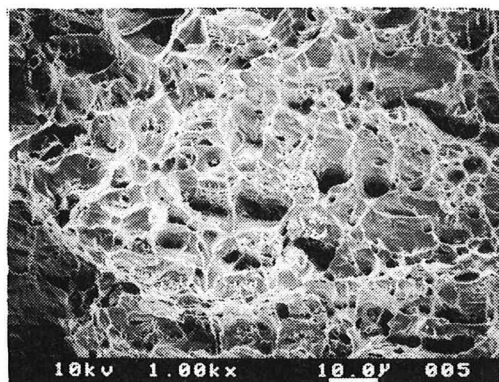


Photo.1 延性破面（疲労実験）

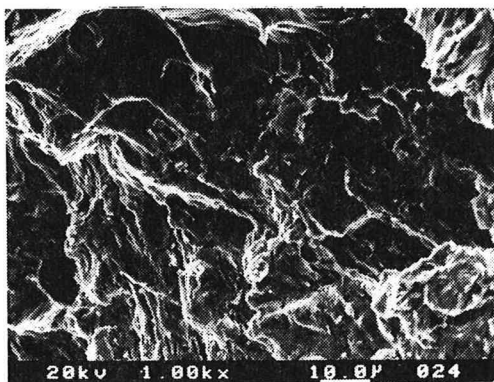


Photo.2 脆性破面（疲労実験）

あとがき 本研究は、平成1年度文部省科学研究費（一般C）による研究の一部である。

参考文献 1) 事口、水沢、酒造、前島：海水環境下における鋼材の腐食速度と腐食疲労、土木学会第44回年次学術講演会、平成1年10月 2) 事口、水沢、前島：海水環境下での腐食疲労に関する実験的研究 第9回海洋工学シンポジウム、日本造船学会 PP223~229、平成元年7月