

I-194 海水環境下における鋼材の腐食速度と腐食疲労

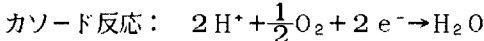
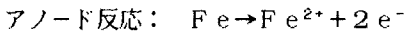
大同工業大学 正員 事口寿男
大同工業大学 正員 酒造敏広

大同工業大学 正員 水沢富作
福井工業高専 正員 前島正彦

1. まえがき 海洋構造物は、風波によって長期的な繰返し荷重を受けるとともに、塩化ナトリウム等の存在のもとで湿式腐食するという典型的な腐食疲労環境にある。大気中疲労の場合、鋼材には明瞭な疲労限度が認められるのは周知のことであるが、腐食疲労の場合には、腐食現象と繰返し応力の相乗作用のため、低い応力レベルでも疲労脆性破壊する。従来の研究の多くは、自然腐食環境下で100時間程度の中に数十万回の繰返し負荷を行ったものである。すなわち、大気中疲労の場合は時間依存性がなく、短期間の実験で長期間の疲労現象を予測できる。しかし、腐食は時間とともに進行する現象であり、100時間程度の自然腐食と30年自然腐食の状態を同等に取り扱うのは設計上、極めて危険である。

本研究は、引張試験片に図-1のように腐食セルを取り付け、電気化学手法を導入し、アノード、カソード分極より自然腐食電流密度（腐食速度）を測定し、現場の環境をシミュレーションできるような腐食疲労実験を行ったものである。

2. 腐食速度 金属と溶液の界面は電荷移動が中心の電気二重層と、物質移動が中心の拡散層からなる。電気二重層は、金属側に電子、拡散層側に金属イオンが存在する。表面がまったく均一であればこの電気二重層側に金属イオンは閉じ込められ腐食現象は生じない。しかし、一般に金属表面は不均一であり、また、環境側にも不均一さが存在し、金属表面にイオン化傾向の差が生ずる。イオン化傾向の大きいところは電子密度が高くなり、電子は密度の高いところから低いところへ移動する局部電池が形成される。その結果、イオン化傾向の大きいところでは、金属イオンが過剰になり拡散層、ついで溶液本体へと移動する。つまり、腐食する（アノード反応）。一方、イオン化傾向の小さいところでは、電子が流れ込み、電子が過剰になる。そのため電子を消費する反応が進行する（カソード反応）。実験のモデルは、海水表面付近で酸素が多い環境の腐食疲労を想定しているので、つぎの反応がある。



腐食速度は、一般に一定時間に表面がどれだけ厚みを失うかで表され、暴露試験や現場測定などによって測定されることが多い。しかし、電気化学的手法によれば、Faradayの法則によって、簡単に腐食速度を求めることができる。

3. 実験結果 表-1に材料の機械的特性と化学成分を示す。表-2は分極試験により得られた腐食環境の差異による腐食速度を求めたものである。図-2は空気飽和と3%食塩水を腐食槽に循環させた時の分極曲線である。データの数は少ないが一般に3%NaCl水溶液中の腐食速度が大きく、また、空気を循環させると腐食速度が早くなる。

腐食疲労試験を行う際、まえがきにも述べたように腐食のタイムスケールをなるべく合わせるために、アノード反応を促進する必要がある。しかし、上述の腐食反応式を乱してはならない。図-3はFaradayの法則によって得られた各アノード反応における腐食量の実験値と計算値を示したものである。図-4は腐食疲労実験中の負荷応力（正弦波、片振）の最大値をプロットしたものである。下限値は10Mpaである。大気中疲

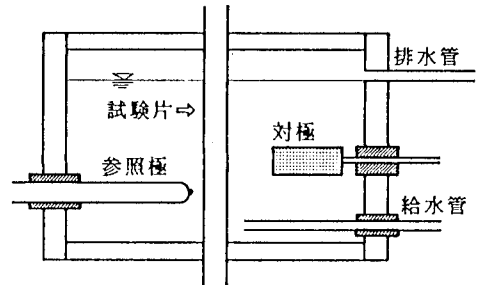


図-1 腐食セル

表-1 機械的性質と化学成分

機 械 的 性 質			化 学 成 分 (%)				
降伏点	引張強度	伸び率	C	S	Mn	P	S
347 Mpa	438 Mpa	30 %	0.08	0.24	0.84	0.02	0.05

腐食疲労試験を行う際、まえがきにも述べたように腐食のタイムスケールをなるべく合わせるために、アノード反応を促進する必要がある。しかし、上述の腐食反応式を乱してはならない。図-3はFaradayの法則によって得られた各アノード反応における腐食量の実験値と計算値を示したものである。図-4は腐食疲労実験中の負荷応力（正弦波、片振）の最大値をプロットしたものである。下限値は10Mpaである。大気中疲

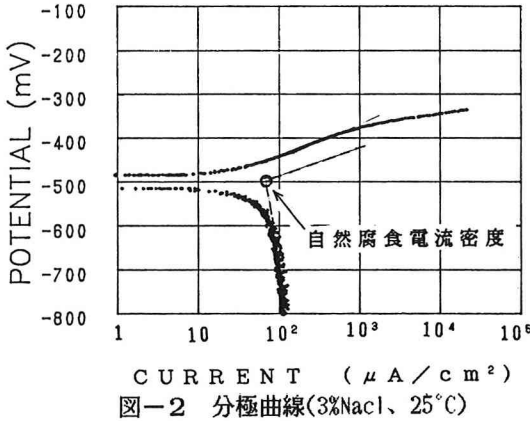


図-2 分極曲線(3%NaCl、25°C)

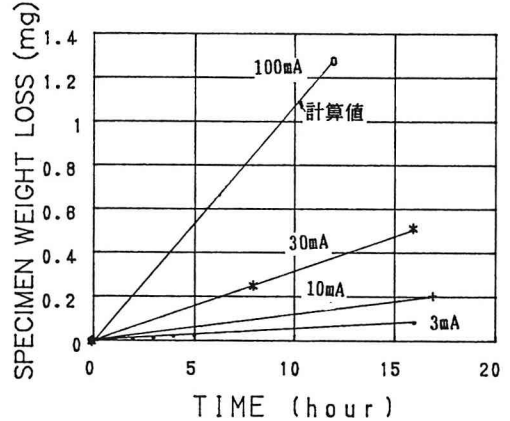


図-3 腐食量の測定

表-2 腐食速度

腐食環境	$i_{corr}(\mu A/cm^2)$
清水中	10
空気飽和清水中循環	40
3%食塩水中	20
空気飽和3%食塩水中循環	90

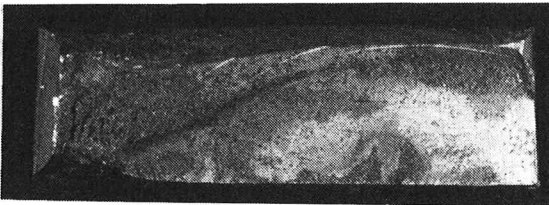


写真-1 腐食疲労による破断面

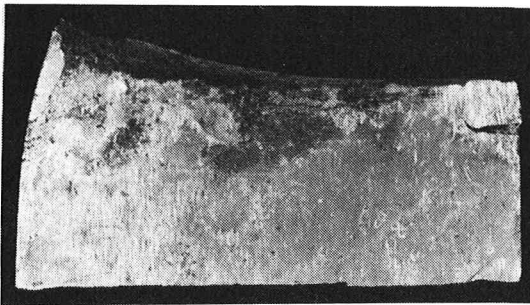


写真-2 クラックの生成

劣と腐食疲労に関するS-N曲線を図-5に示す。図中の腐食環境は人為的にアノード反応を促進させていないが、低い応力レベルでも疲労脆性破断することがわかる。

腐食疲労による破断面（写真-1参照）において、脆性破面の占める割合が大気中のそれよりも多い傾向にある。また、腐食疲労によって破断面以外にも多くのクラックが見られた（写真-2参照）。

4. あとがき 低レベル応力負荷の時、アノード反応を促進させた実験データの蓄積が必要である。発表当日、このデータと併せて破断面のミクロ的考察をする。なお、この研究は63年度文部省科学研究費（国際間協力研究）による研究の一部である。

参考文献 1)Corrosion and Corrosion Control、Herbert, H. Uhlig 2)腐食と破壊、日本機械学会編

3)事口他：大気中疲労と腐食疲労に関する実験的研究、第43回土木学会年次学術講演会

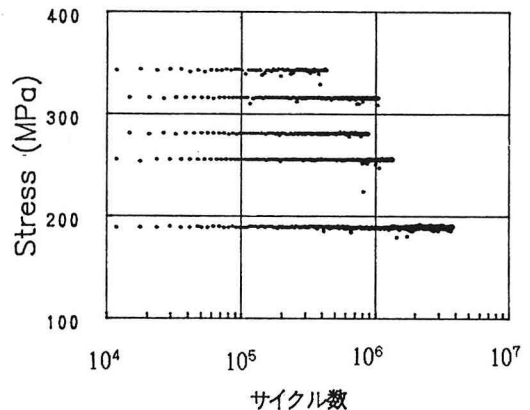


図-4 正弦波負荷応力の最大値(10Hz)

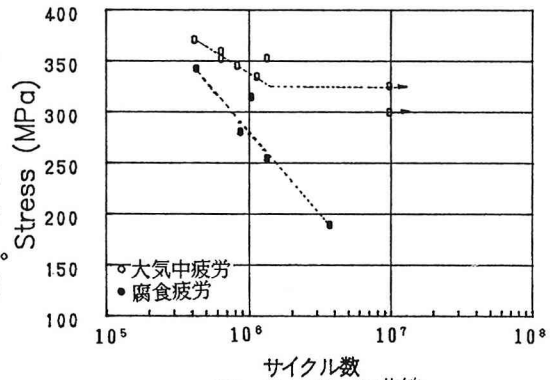


図-5 S-N曲線