

海水環境下での腐食疲労に関する実験

福井高専 正員 ○前島 正彦
大同工大 正員 水沢 富作
大同工大 正員 事口 寿男

1. はじめに

海洋構造物は、風や波によって長期的な繰り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の作用を受けるという典型的な腐食疲労環境にある。しかし、このような環境のもとで長期に渡って使用される部材についての腐食疲労に関する研究はあまりなされていないと思われる。したがって、海洋構造物に使用される部材について腐食疲労特性を明らかにしておく必要があると思われる。

大気中疲労の場合、明瞭な疲労限界が鋼材に認められるのは周知のことである。腐食疲労の場合には、一般に、破壊に至るまでの負荷繰り返し数は大気中疲労破壊のそれよりかなり減少し、また、疲労限界が必ずしも明白には現れない。大気中疲労の際に生ずる現象は、一般に時間依存性が無く、短時間の実験結果から長期間の疲労現象を予測できるが、腐食は時間とともに進行する現象であり、短時間の実験期間での自然腐食と数十年にわたる自然腐食との状態の差異を考慮しなければならない。したがって、腐食疲労の研究においては、使用鋼材の電気化学的特性を考慮するために、自然腐食電流密度の測定、アノード・カソード分極線の測定が必要である。

本報告では、同一鋼種から同一工程で作成した同一形状の試験片についてアノード・カソード分極試験を行い、人為的に腐食速度を速めた環境下で腐食疲労実験を行った結果を示す。

表1 供試材料の機械的性質および化学成分

2. 試験片および試験装置

実験に使用した鋼材はSS41材で、そき機械的性質と化学組成のミルシートによる値を表1に示す。試験片の大きさや形状はJIS引張5号試験片に準じた。

引 張 試 験			化 学 成 分 (%)				
降伏点	引張強度	伸び率	C	Si	Mn	P	S
34kg/mm ²	43kg/mm ²	30%	0.08	0.24	0.84	0.02	0.05

行った疲労試験は片振り純引張で、荷重波形は正弦波、負荷サイクルは10Hzを用いている。腐食疲労試験装置として電気化学的腐食セルを部材に取り付けた。試験中、ポテンショ・スタットで腐食の電気化学反応にともなう腐食系の電位・電流を測定あるいは制御する。また、計測用コンピュータで常時、疲労試験機からの出力である荷重と変位をAD変換器を通して、ポテンショ・スタットからの出力である電位と電流をGPIBを通して取り入れてモニタリングし、必要なデータをディスクに記録した。

3. 腐食速度の測定法とその結果

腐食現象を表すパラメタとして腐食速度が重要な意味を持つ。腐食速度は以下に述べるように電気化学的方法で測定できる。

電荷移動を伴う素反応に対する電位と電流密度の関係は、絶対反応速度論から次の式で与えられる。¹⁾

$$i = i^0 \left(\exp(\alpha n F \eta / RT) - \exp((1-\alpha) n F \eta / RT) \right)$$

ここで、 i : 電流密度、 i^0 : 比例定数、 η : 電圧、 α : 反応の移動係数、 n : 電荷、 F : Farada y定数、 R : 気体定数、 T : 絶対温度である。

上式において、 $|\eta| \ll RT / \alpha n F$ 、 $|\eta| \ll RT / (1-\alpha) n F$ であれば、

$$i = i^0 n F \eta / RT$$

となる。 η が正で大きいとき、つまり、 $\eta \gg RT / \alpha n F$ 、 $\eta \gg RT / (1-\alpha) n F$ であれば、

$$\ln |i / i^0| = \alpha n F \eta / RT$$

一方、 η が負で大きいときは

$$\ln |i/i^0| = -(1-\alpha) n F \eta / RT$$

が得られる。

したがって、鋼の腐食の場合、縦軸に電位、横軸に電流密度の絶対値の対数を取って分極線を描けば、分極の大きい部分で分極曲線はある直線に漸近する。このアノード・カソード部の直線と自然腐食電位一定の直線は一点で交わる。この交点の示す電流が自然腐食電流密度である。

本研究の場合、海洋構造物の腐食環境を考慮して、3% NaCl水溶液に常に空気を送り、水溶液中に酸素が飽和している状態を腐食環境とした。

図1は、分極線の一例である。縦軸は電位で単位はmV、横軸は単位面積当たりの電流密度の絶対値の対数で単位は $\mu A/cm^2$ である。自然腐食電位 E_{corr} は-386mV、自然腐食電流密度 i_{corr} は $0.018 mA/cm^2$ であった。先にカソード分極を行い、次にアノード分極を行う必要がある。

図2は図1の実験結果から得られた自然腐食電流密度の10倍の電流を供試体に流し一定に保ち腐食速度を10倍にしたときの時間と電流の関係である。縦軸が電位、横軸が時間(分)である。Faradayの法則によれば、腐食面積 $\times$ 通電時間 $\times$ 電流 $\times$ 原子量 $\div$ 電荷数 $\div$ Faraday定数の鋼が腐食する。図3に、同一表面積の試料に30mA、10mA、3mAの一定電流を流したときの時間と腐食量の関係を示す。実線が理論値、丸印が実測値を示す。

4. 腐食疲労実験

図4に大気中疲労試験の結果と腐食疲労試験の結果しめす。白抜き丸が大気中の結果、黒丸が腐食疲労の結果である。大気中疲労における疲労限界は327MPaあった。腐食疲労実験における10万回疲労強度は25MPaであった。腐食環境によって疲労強度が異なるが、これらについては、さらに実験中である。

5. 参考文献

1. 吉沢、鈎編、腐食・防食・放射線作用、誠文堂新光社
2. Kotoguchi Hisao, Corrosion and corrosion Fatigue of offshore structures, 海洋構造物の動的疲労とその設計に関するシンポジウム、Feb. 19, 1988

なお、この研究は昭和62年度文部省科学研究費(海外学術研究)による研究の一部である。

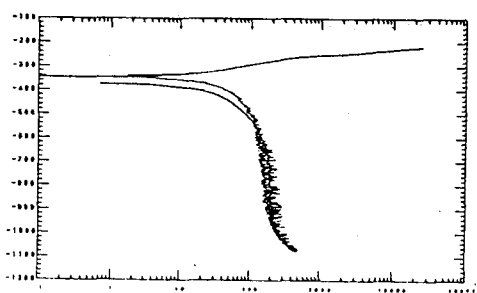


図1. アノード・カソード分極線

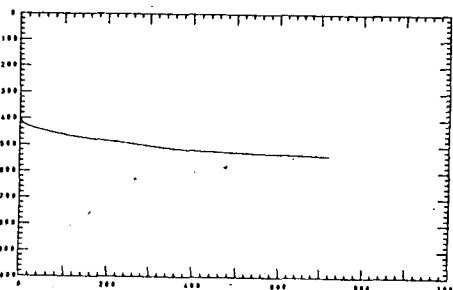


図2. 電位・時間曲線

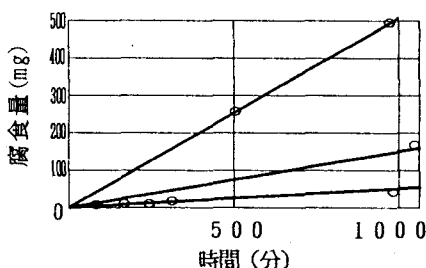


図3. 通電量と腐食量

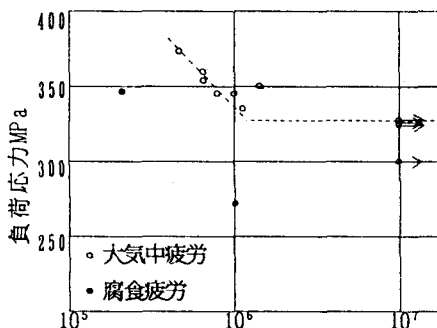


図4. SN曲線