

I-278 溶接継手の塩水中での疲れ挙動

○(株)間組 正会員 左高茂樹
名古屋大学工学部 正会員 山田健太郎

1.はじめに

海底油田掘削用のプラットフォームなどの海洋構造物は、長期間海洋において使用され、また波浪や風などによる繰返し荷重を受けるため、腐食疲労について考慮する必要がある。本研究では、海水腐食環境を模した塩水中と空气中において、疲れき裂進展速度の測定、およびリブ十字隅肉溶接継手の曲げ疲れ試験を行なった。

2.塩水中での疲れき裂進展速度の測定

SM50A, SM58, HT80 材について CT(Compact Type)試験片を各2体ずつ用いて塩水中と空气中(SM50Aのみ)でき裂進展速度を測定した。測定は、図-1に示すように、塩水中3体、空气中1体の計4体を同時に行なった。塩水は海水と同程度とされている3%NaClを用い、ポンプで常時循環させた。腐食水槽内の温度は25℃、流量は1.0 l/min.とし、エアーポンプで常時空気を吹き込んだ。また、荷重の繰返し速度は1Hzとした。

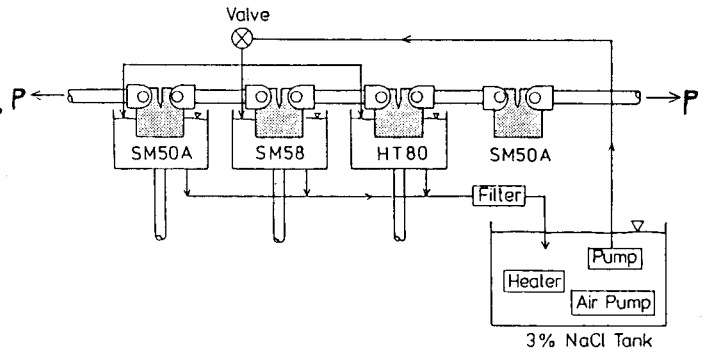


図-1 疲れき裂進展速度の測定システム

図-2に、疲れき裂進展速度の測定結果を示す。測定結果は、き裂進展速度 da/dN と応力拡大係数範囲 ΔK の関係で整理した。SM50Aの塩水中と空气中の結果は、 $30 \leq \Delta K \leq 140 \text{ kg/mm}^{3/2}$ においてほぼ直線分布しており、塩水中のき裂進展速度は空气中と比較して1.5 - 1.7倍速く、腐食によってき裂進展速度が加速されていることがわかる。また、SM58, HT80は、 $30 \leq \Delta K \leq 60 \text{ kg/mm}^{3/2}$ では SM50Aの塩水中と同様に SM50Aの空气中に比べて1.5倍ほどき裂進展速度は加速されているが、 $\Delta K = 60 \text{ kg/mm}^{3/2}$ 付近で遷移的に変化して $\Delta K \geq 60 \text{ kg/mm}^{3/2}$ では、空气中と同程度かそれよりも遅くなっている。これは、腐食生成物がき裂先端に蓄積されることにより、荷重繰返しの圧縮期間にき裂の閉口を妨げるくさび効果によるものと思われる。

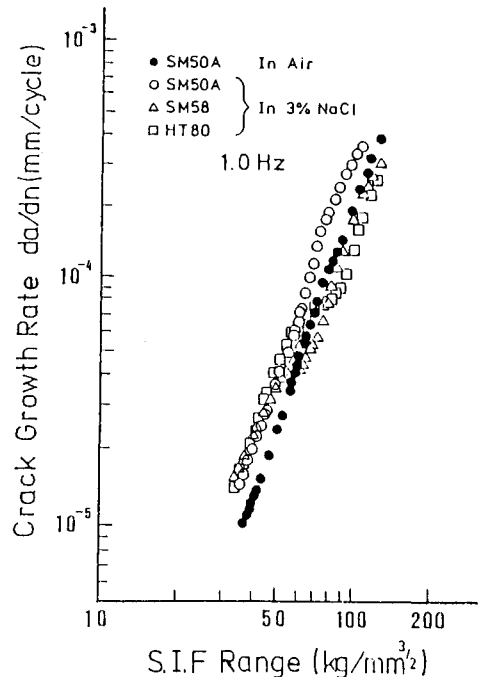


図-2 塩水中と空气中のき裂進展速度の測定結果

3.塩水中でのリブ十字継手の曲げ疲れ試験

耐候性鋼SMA50A材より製作された、非仕上げの荷重非伝達形リブ十字隅肉溶接継手を用いて、塩水中と空气中で曲げ疲れ試験を行なった。図-3に、試験体の寸法と形状を示す。疲れ試験は、図-4に示すように、試験体下側を高力ボルトで固定し、試験体上

端に繰返し載荷を行なうことにより、試験体に繰返し曲げ荷重を載荷した。試験は塩水中2体と空气中2体の計4体を同時に行なった。また、腐食環境はき裂進展速度の測定と同一条件とした。

疲れき裂の発生、進展状況は、塩水中、空気中ともほぼ同じであった。すなわち、試験体の隅肉溶接止端部より発生したき裂が、板厚方向へ半楕円形き裂として進展し、板厚の約65%まで進展したところで試験体は破断した。図-5に、塩水中と空気中での疲れ試験結果のS-N線図を示す。図中の空気中の試験結果のうち矢印をつけたものは、その繰返し数まで載荷しても破断しなかったものを示す。この図より、塩水中の疲れ寿命が空気中の疲れ寿命に比べて、 $\Delta\sigma = 300\text{MPa}$ 付近で約1/4に短くなっているのがわかる。また、先のき裂進展速度の測定結果より、SM50Aの塩水中のき裂進展速度は、空気中に比べて約1.5倍ほど速くなることが確認されたが、ここでは、それ以上に疲れ寿命が短くなっている。腐食環境中の溶接継手では、致命的な溶接欠陥などがないかぎり、部材表面に発生した腐食ピットからき裂が進展するため、空気中に比べて疲れき裂発生寿命も短くなる。従って、本研究の疲れ試験においても、塩水中の疲れ寿命は、空気中に比べてき裂進展速度の減少以上に短くなったと考えられる。

4. 破壊力学による解析

本研究では、塩水中と空気中の疲れき裂進展速度の測定結果を用いて、破壊力学の手法により、曲げを受けるリブ十字継手のき裂進展寿命解析を行なった。解析結果を、図-5中に疲れ試験結果と併せて示す。図より、塩水中の試験結果に対して解析値はやや安全側の評価をしているものの、試験結果と良く一致していることがわかる。しかし、空気中の試験結果に対しては、解析値はかなり安全側となっており、試験結果に比べて約1/4の寿命を与えている。

5. おわりに

実際の海洋波の平均的周期は約1/6Hz と言われており、本研究の繰返し速度1Hz より腐食の影響は大きく、今後このような低速度の繰返しによる長期腐食疲労強度や変動荷重下での腐食疲労特性を解明する必要があると思われる。

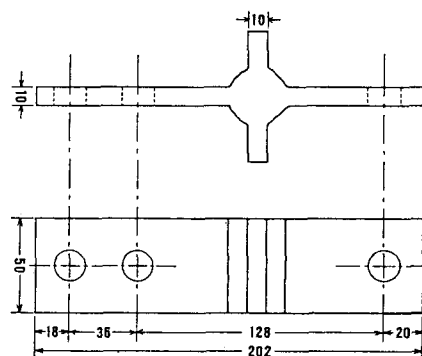


図-3 試験体の寸法

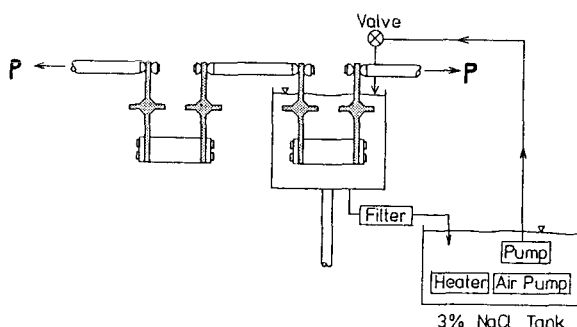


図-4 曲げ疲れ試験システム

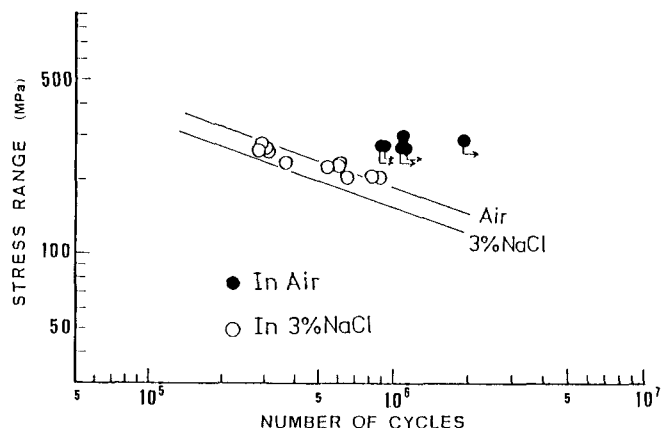


図-5 塩水中と空気中の疲れ試験結果