

足利工業大学 学会員 諸橋知行
正会員 阿部英彦

1. はじめに

海岸に沿い、あるいは海を横断して架設される橋梁が増えている。塩分の多い腐食環境下では大気中よりも疲労強度がかなり低下する事が知られており、本研究の実験によっても確認されている。ところで、疲労寿命は、疲労亀裂発生期間と疲労亀裂成長期間とから成るが、本研究では疲労に対する環境の影響をこれら両期間に分けて調べた。また、応力拡大係数と疲労亀裂進展速度との関係に対しても比較した。更に、種々の2種類の荷重による試験を行い、結果がどの程度、マイナーの法則（種々の応力 σ_i が混じって繰返される場合、 $\sum n_i/N_i=1$ で破断するという仮定（ N_i : σ_i の繰返しのみで破断する回数、 n_i : σ_i の繰返し数））がどの程度適合するかを調べた。

2. 実験方法

まず、大気、真水、塩水の環境下で、SS400、SM400B、SGD400の鋼材に対して、一定振幅荷重による疲労試験を行い、各々のS-N線図を作成した。試験体の形状は図-1に示す通りで中央に円孔がある。腐食環境のために、試験体にプラスチックの器を取り付け、円孔の下縁部に真水または3%塩水を1分間に10mlの割合で滴下した。標準の繰返し速度は16Hzとしたが、繰返し速度による影響を把握するために一部の試験体に対してはその半分の8Hzとした。

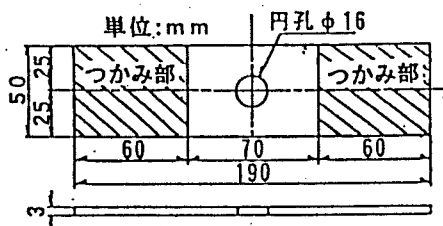


図-1 鋼材の寸法

次に、SS400を用いて疲労亀裂の進展の研究を行った。進展観測用の亀裂（本亀裂）の起点とするために、予め円孔部に1.0mm以下の疲労亀裂（予備亀裂）を入れ、これを初期値とした。実験は、「PROPOSED ASTM TEST METHOD FOR MEASUREMENT OF FATIGUE CRACK GROWTH RATES, APPENDIX II」を参照した。

また、マイナー則の適合性を調べるために2段階荷重試験を行った。大小の荷重（H, L）の順序、大きさ及び各段の荷重繰返し数などを変化させた。なお、亀裂進展の研究の試験における予備亀裂と本亀裂との関係に対しても、マイナー則による評価を試みた。

3. 実験結果

図-2に各条件下のS-N線図を示す。静的破断強度の高いものは全般的に疲労強度も高く、大気、真水、塩水の順に疲労強度は低下する。環境の影響は高応力範囲では小さいが、低応力範囲では、より顕著に現れる。また、塩水における繰返し速度の影響を調べたが、低応力の領域では、16Hzの場合に比べて8Hzの場合に

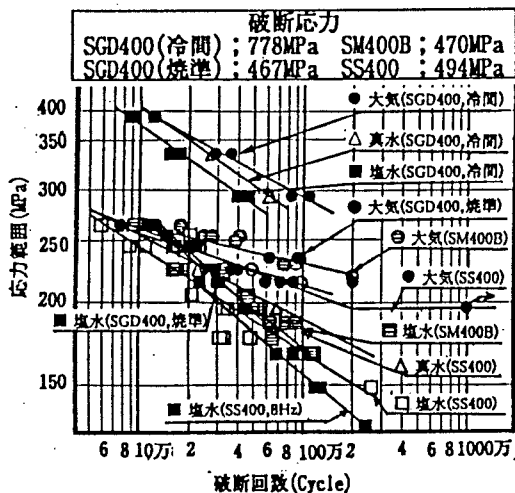


図-2 S-N線図

キーワード：実験、疲労、鋼材、腐食、耐久性

連絡先：(住所)〒326 足利市大前町268-1 (TEL)0284-62-0625 (FAX)0284-64-1061

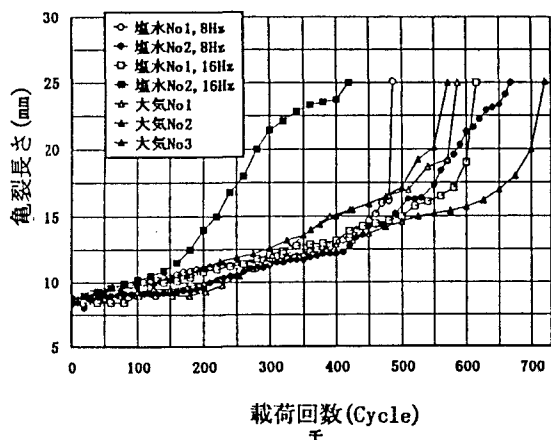


図-3 亀裂長さ と 荷重回数

強度低下が見られる。

一般に全疲労破壊寿命の中で疲労亀裂発生期間が大半を占めるが、環境別に比べると、腐食環境下では大気中の場合より亀裂が早期に発生する事が判った。

表-1は、全寿命(N_f)と亀裂発生回数(N_c)との比率、 N_c/N_f の値を示すが、応力振幅が小さい程、この比率が小さくなる。

亀裂の進展性状を調べる試験では、先ず低荷重で1mm程度の予備亀裂を発生させ、その後、所定の大きさの応力で繰返し、亀裂の進展性状を観察するが、図-3に示す様に、等しい応力下でも腐食環境下の方が大気中より進展が速い事が判る。これは、疲労亀裂成長過程でも腐食環境下では亀裂先端に腐食作用が働くためと考えられる。

実験の結果を図-4の様に、応力拡大係数の変動量の対数値($\log \Delta K$)と荷重の単位繰返し数当たりの疲労亀裂進展長さの対数値($\log da/dN$)との関係で表すと、右上がりの曲線となる。大気中に比べて塩水の場合は、やはり値が大きくなった。また、繰返し速度16Hzと8Hzで比較すると、8Hzの方が da/dN が大きくなるが、これは腐食作用の影響と考えられる。

次にマイナー則の適合性に関する実験の結果を比較する。環境別、材料特性、HL差、HL順序などを変えて実験をしたが、いずれの場合もM値は大きくばらついた。しかし亀裂進展の研究で行った試験に対しては図-5の様に、何れの場合も $0.5 \leq M \leq 1.5$ の間にあり、塩水では $M > 1$ 、大気中では $M < 1$ になる傾向が見られた。

表-1

鋼種	SS400級		
環境	周波数	応力範囲(MPa)	N_c/N_r
大気中	16Hz	235MPa→255MPa	0.88
3%塩水	16Hz	235MPa→255MPa	0.75
3%塩水	16Hz	166MPa→176MPa	0.65
3%塩水	8Hz	166MPa→176MPa	0.50

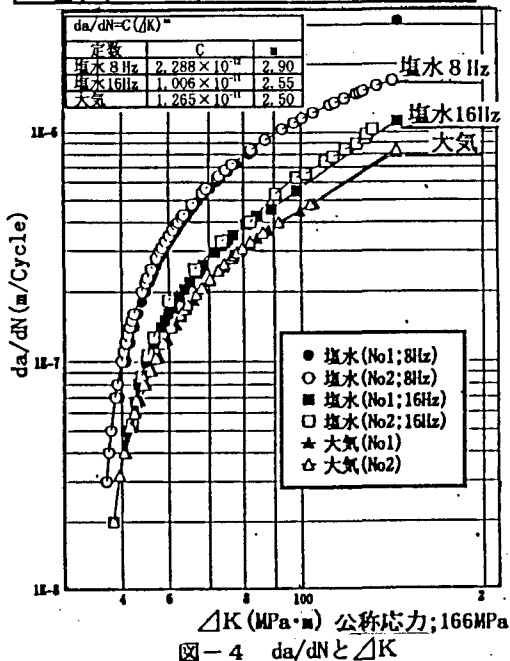


図-4 da/dN と ΔK

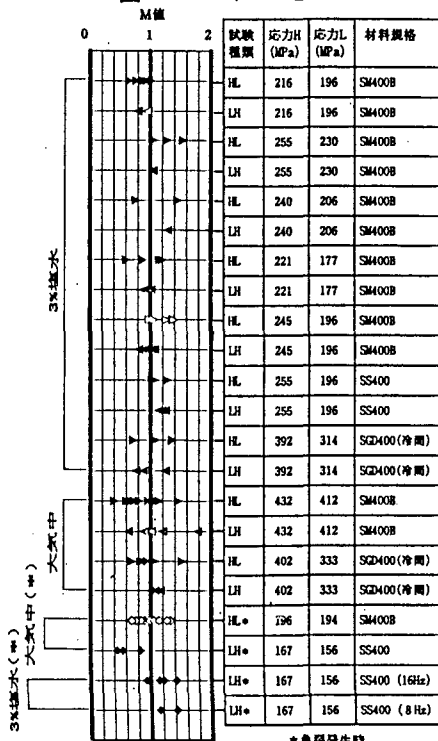


図-5 各条件下のM値