

大阪大学 [学] 森 猛

東京都立大学 [正] 伊藤文人

1. はじめに 構造物中で特に疲労破壊の危険にさらされるのは、応力集中を受ける部分であり、そのような部分では疲労き裂の伝播期間が疲労寿命の大半をしめる。このき裂伝播寿命を支配する因子としての疲労き裂伝播速度 da/dN は、パリス則で表現できると言われている。しかし、 da/dN は応力履歴の影響を受けるため、パリス則だけでは da/dN を十分に表現することはできない。本研究は、 da/dN に対する応力履歴の効果を、簡単なステップ荷重を用いて、実験的に確かめることを目的としている。

2. 実験方法

試験に供した材料は2種の鋼材、SS41 および HT80 であり、試験片の形状は図1に示すとうりである。き裂長さの測定には、読み取り顕微鏡を用いた。疲労試験には電気油圧式引張圧縮疲労試験機を用い、制御波形は正弦波とした。ステップ荷重試験としては、荷重範囲 ΔP を一定とし上限荷重 P_{max} を変化したステップ荷重および P_{max} を一定とし ΔP を変化したステップ荷重を用いた。また、ステップ荷重試験によって得られた da/dN と比較するために、上限荷重 P_{max} と下限荷重 P_{min} を一定とした定荷重波試験を行なった。

3. 実験結果

図2から図5にステップ荷重試験によって得られた da/dN の例を示す。 ΔP を一定とし P_{max} を上昇させた場合および P_{max} を一定とし ΔP を減少させた場合には、き裂の開閉口理論から考えて、加速現象が生じると思われるが、はっきりとした加速現象は生じず、それが da/dN に及ぼす影響は小さい。同様に、 P_{max} を一定とし ΔP を増加

させた場合の遅延効果も小さい。 ΔP を一定とし P_{max} を下降させた場合には、大きな遅延現象が生じたが、その傾向は材料によって異なった。SS41 では、 da/dN

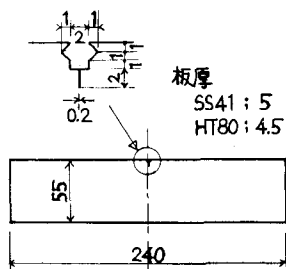
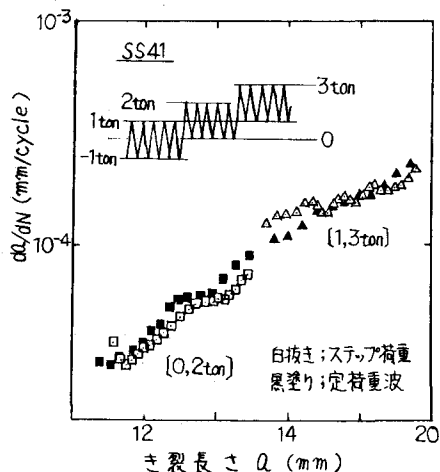
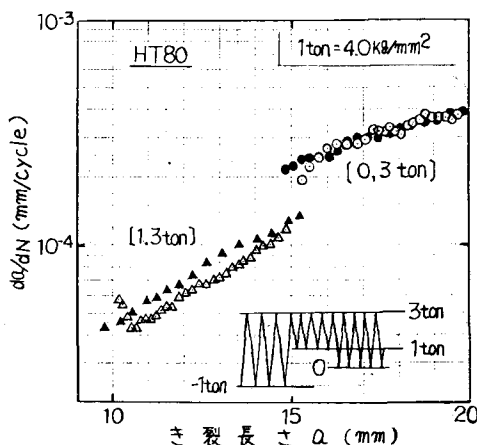
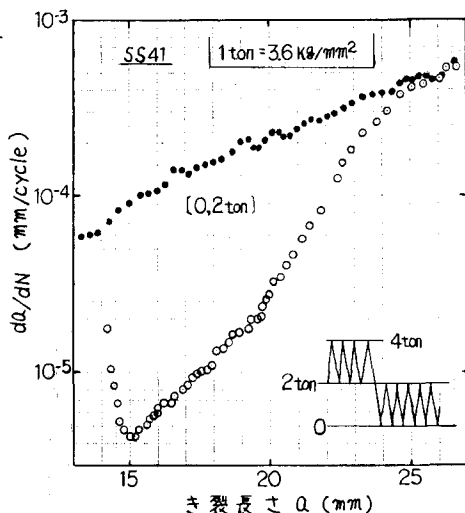


図1. 試験片形状

図2. ステップ荷重下での da/dN ①図3. ステップ荷重下での da/dN ②図4. ステップ荷重下での da/dN ③

の最小値が、 P_{max} 下降直後ではなく、ある程度の遅れをもって生じ、その後徐々に定荷重波試験での da/dN に近づき、それとほぼ一致する。HT80 では P_{max} 下降直後、き裂は一旦停留し、その後徐々にき裂は進展し、定荷重波での da/dN を超え、やがて定荷重波での da/dN とほぼ等しくなった。しかし、破面を観察すると、HT80 での P_{max} 下降後のき裂停留は、試験片の表面だけであり、内部では停留しなかったような様子かうかかえた。

4. 遅延繰返し回数の推定方法

遅延期間中の da/dN の最小値 $(da/dN)_{min}$ は、 P_{max} 下降直後に生じ、 da/dN の対数値はき裂長さ a と比例して回復し、遅延期間中のき裂進展量が P_{max} 下降前の荷重波による塑性域寸法と等しくなったときに定荷重波での da/dN

と等しくなると仮定すれば、遅延期間中に費やされる繰返し回数から定荷重波で費やされる繰返し回数を差し引いた遅延繰返し回数 N_b を推定することかできる。図6は、この方法の説明図である。 $(da/dN)_{min}$ の値は、き裂が開いている間のみ有効応力拡大係数範囲（有効応力拡大係数範囲 ΔK_{eff} ）を用いる方法で求めた。図7は、切欠部と反対側の背面に貼り付けたひずみゲージ（ η -シ長5mm）の出力か

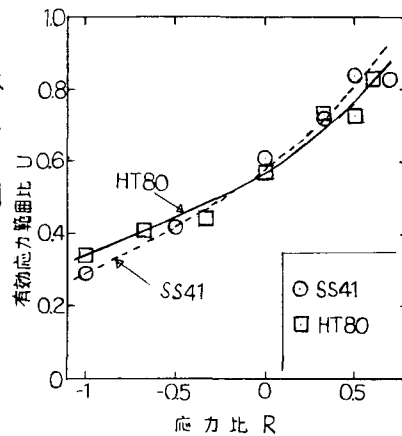


図7. U と R の関係

ら求めた ΔK_{eff} と作用応力拡大係数範囲 ΔK の比である有効応力範囲比 U と応力比 R の関係を示した図である。そして、 P_{max} 下降前の上限荷重 $P_{h,max}$ と下降後の下限荷重 $P_{e,min}$ を組み合わせた応力比 $P_{e,min}/P_{h,max}$ を図7の U と R の関係にあてはめ、 P_{max} 下降後のき裂開口点荷重 P_{op} を求め、定荷重波試験によって得られた da/dN と ΔK_{eff} の関係から、 $(da/dN)_{min}$ の値を求めた。図8は、前記の da/dN と ΔK_{eff} の関係を SS

41 について示した図である。以上の方法で求めた N_b の推定値と実験値の関係を図9に示すか、この方法による N_b の推定値は、実験値と比較的よく一致するものと考えられる。

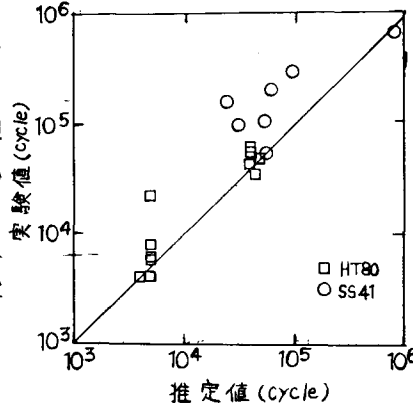


図9. N_b の実験値と推定値の関係

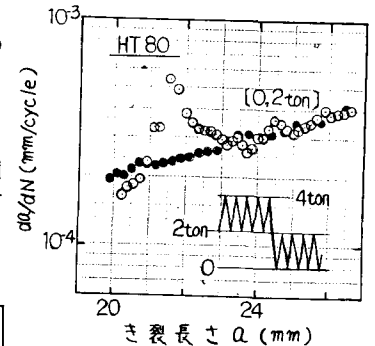


図5. ステップ荷重下での da/dN ④

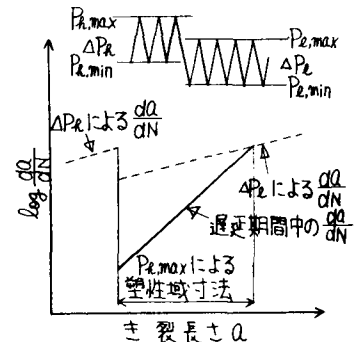


図6. N_b の推定方法

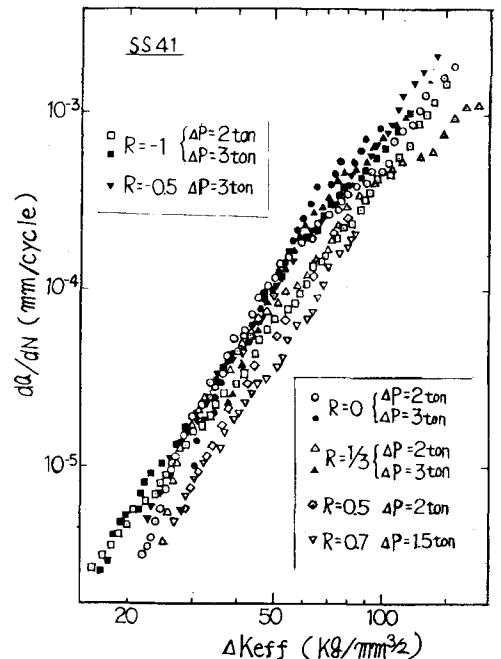


図8. da/dN と ΔK_{eff} の関係