

I - A247

周期過荷重および変動振幅応力下における構造用鋼の疲労き裂進展挙動

J R 西日本 正員 岡戸直樹 名古屋大学 正員 山田健太郎*

名古屋大学大学院 学生員 曹秋良* 名城大学 正員 近藤明雅**

1. まえがき 実働荷重下での鋼構造物の疲労寿命推定は、一般にマイナー則および等価応力範囲を用いて推定される。これらの手法は簡便ではあるが、荷重の載荷順序によって起こる疲労き裂進展速度の遅延現象や加速現象といった荷重の相互干渉効果を考慮していない。そこで本研究では、CCT試験片に周期過荷重、変動振幅ブロック荷重、および応力頻度分布がBETA分布に従う変動振幅荷重を載荷して構造用鋼の疲労き裂進展挙動を計測し、荷重の相互干渉効果の影響を検討する。また、き裂の開閉挙動の概念を導入して、破壊力学の手法を用いた疲労寿命推定の適用を試みる。

2. 試験体および試験方法 試験体はJIS 520B鋼のCCT試験片で、その形状および寸法を図-1に示す。試験体中央部の10mmのノッチからき裂が発生、進展するように加工されている。き裂長の計測は読取り顕微鏡(1/100mm)で繰返し数1000~10000回毎に行った。載荷した荷重は、図-2に示す周期過荷重、変動振幅ブロック荷重および変動振幅荷重である。図-2(a)に示す周期過荷重は、一定振幅の応力範囲および応力比をそれぞれ70MPaと0.22とし、下限荷重を一定とした。過荷重比($R_{OL} = \sigma_{OL} / \sigma_{max}$)は1.4と2.0の2種類について行った。過荷重の載荷間隔は、 $R_{OL} = 1.4$ の場合は繰返し数100, 1000, 10000回とし、 $R_{OL} = 2.0$ の場合は1000, 10000, 50000回とした。変動振幅ブロック荷重では図-2(b)に示したような、10段階の応力範囲

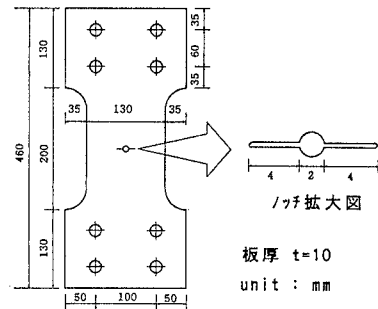
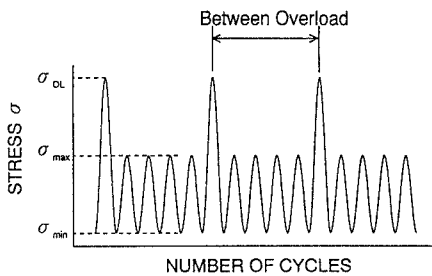
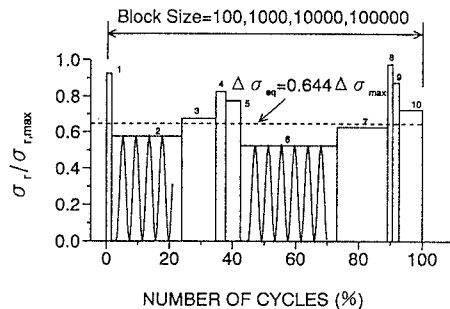


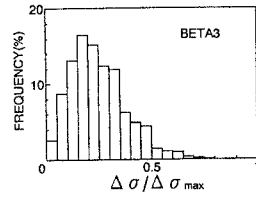
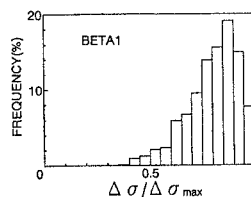
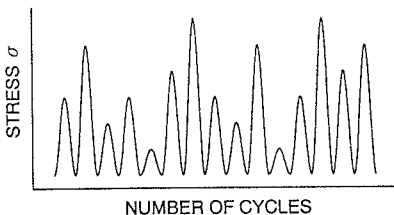
図-1 試験体の形状および寸法



(a) 周期過荷重



(b) 変動振幅ブロック荷重



(c) 変動振幅荷重とその応力範囲頻度分布

図-2 載荷した荷重条件

キーワード：疲労き裂進展挙動，周期過荷重，変動振幅荷重

* 〒464-01 名古屋市千種区不老町 Tel. 052-789-4619, Fax. 052-789-3738

** 〒261 千葉市美浜区新港 88 Tel. 052-832-1151(内 5179), Fax. 052-832-1178

を有するブロックを繰返し載荷した。1ブロックの大きさは繰返し数で100, 1000, 10000, 100000回とした。また、等価応力範囲を70MPaとし、下限荷重を一定とした。図-2(c)に示す変動振幅荷重では、応力範囲頻度分布が2種類のBETA分布に従う応力をランダムに載荷した。変動振幅荷重では下限荷重および上限荷重を一定とした2種類の条件下で試験を行った。なお、上限応力は153MPa、下限応力は20MPaとし、その範囲内で荷重の載荷を行った。そのときの等価応力範囲はBETA5, BETA7それぞれ109.0MPaと41.5MPaである。

3. 試験結果 図-3および図-4に周期過荷重の場合の $da/dN-\Delta K$ 関係およびその回帰直線を示す。また、図中の実線は一定振幅荷重(CA)の場合⁹⁾である。図-3は $R_{OL}=1.4$ 、図-4は $R_{OL}=2.0$ の計測結果である。どちらの場合も、疲労き裂進展速度がCAが作用したときの進展速度より低下しており、単一過荷重が作用したときのような進展速度の回復はみられなかった。これは、過荷重による遅延現象が連続して現れたためと考えられる。実験の範囲内では、どちらの場合も過荷重の載荷間隔が大きいほど遅延現象が大きくなった。載荷間隔が短いと、過荷重により疲労き裂進展速度が十分低下する前に次の過荷重が載荷されるため、遅延現象が小さくなったと考えられる。また、同じ過荷重の載荷間隔で過荷重比の影響を比較すると過荷重比が大きいほど遅延現象が大きくなった。

図-5に変動振幅ブロック荷重を載荷したときの $da/dN-\Delta K$ 関係とその回帰直線を示す。図中には、CAを載荷したときのデータも示した。ブロックの大きさが100回をのぞいて、等価応力拡大係数範囲で整理した。疲労き裂進展速度はCAの場合より小さくなった。また、ブロックの大きさが大きいほど遅延現象が大きくなった。これは、ブロックの大きさが小さい場合、大きな荷重が載荷された後の小さな荷重の繰返し回数が少なく、高・低と変わる荷重による疲労き裂進展速度の低下が生じる前に次の荷重が載荷され、遅延現象が小さくなったと考えられる。

4. まとめ 変動振幅荷重を載荷したときの疲労き裂進展速度の計測およびき裂閉開口挙動の概念を考慮した破壊力学による疲労寿命推定については当日発表する。

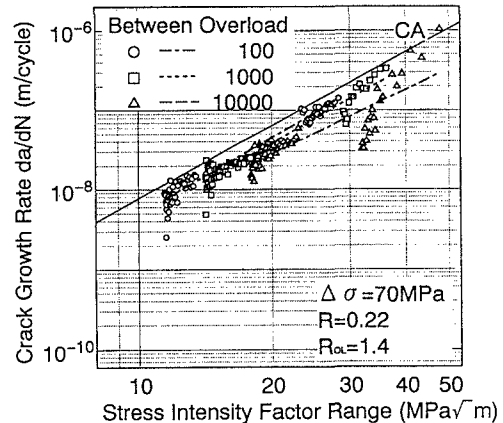


図-3 周期過荷重 ($R_{OL}=1.4$) の $da/dN-\Delta K$ 図

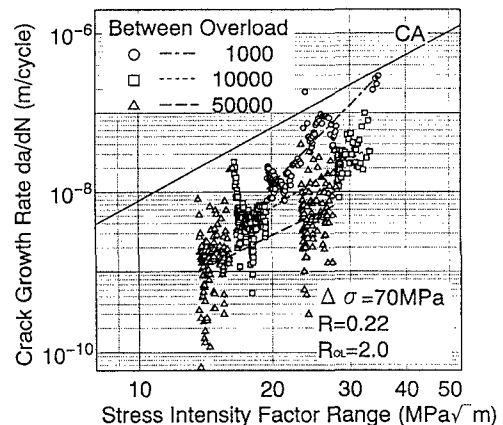


図-4 周期過荷重 ($R_{OL}=2.0$) の $da/dN-\Delta K$ 図

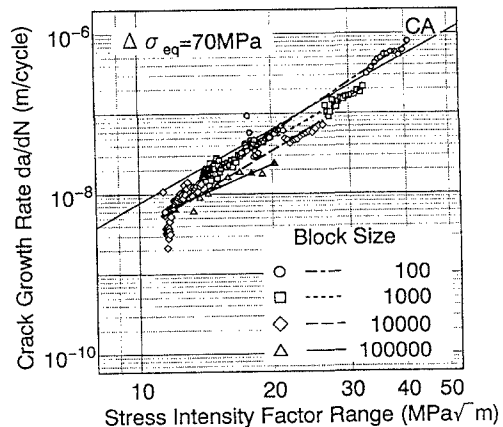


図-5 変動振幅ブロック荷重の $da/dN-\Delta K$ 図