

構造用鋼の過荷重による疲労き裂進展挙動の測定

○名古屋大学 学生員 奥原 祐治 名古屋大学 学生員 程 小華
名古屋大学 正 員 山田健太郎 名城大学 正 員 近藤 明雅

1. まえがき

構造物の設計における疲労照査には、S-N線図を用いたMiner則あるいは破壊力学の手法を用いた疲労き裂進展の解析が用いられているが、これらは線形性を前提としており、荷重間の相互作用などは考慮していない。例えば、定振幅繰り返し荷重を受けている部材に、その応力範囲を越える過荷重(overload)が作用した場合、過荷重載荷以前の疲労き裂進展速度に比べて遅くなる遅延効果が生じることが知られている。

本試験では、この遅延効果に過荷重の大きさやその応力比がどれ程の影響を与えるかを試験片表面の疲労き裂進展に注目してその測定を行った。また、き裂の開口変位についての実験も行った。

2. 試験方法

2.1 試験片：本試験にはCCT試験片を用い、その材質は構造用鋼JIS SM520Bである。試験片中央部には、疲労き裂の発生促進と発生位置の誘導のために放電加工によるノッチを引張荷重に垂直な方向に施した。試験片表面は疲労き裂の測定を容易にするために、研磨を施した。また、試験片は上下を高力ボルト摩擦接合で、特性グリップに取り付けられるようにした。

2.2 き裂進展の測定：本試験の測定は疲労き裂の進展挙動を顕微鏡により行った。使用した顕微鏡の拡大倍率は25倍であり、疲労き裂長は顕微鏡の横に固定したダイヤルゲージ(精度1/100mm)で読み取った。き裂長は試験片の左右表裏4カ所の測定を行った。また、試験片表面と断面内ではき裂進展に差があるので、これについての補正をした。

2.3 載荷荷重：本試験では、過荷重載荷による疲労き裂進展への影響を明らかにするために、試験片に載荷する応力波形をFig 1のように設定した。定振幅応力範囲 $\Delta\sigma$ は、過去に金属材料研究所で得られたデータを参考に設定し、比較のための過荷重を載荷しない条件での試験も行った。これらの載荷条件をTable 1に示した。過荷重は各試験片で3回載荷した。

2.4 き裂開閉口挙動の測定：C-seriesの荷重条件で、き裂開閉口変位は片側のき裂先端付近の3ヶ所に貼付したひずみゲージと試験片中心部にセットしたクリップゲージの両方で測定した。

3. 試験結果

本試験の結果、得られた繰り返し数とき裂長の関係をFig 2.1, Fig 2.2に示す。これによると、いずれの試験片からも過荷重による遅延効果が認められた。この遅延効果は各試験片とも1回目の過荷重が最も顕著

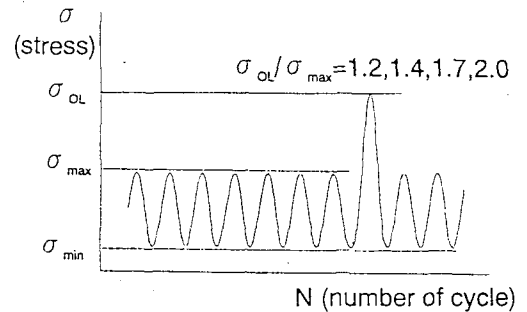


Fig 1 載荷応力波形

Table 1 載荷条件 (MPa)

試験片名	σ_{max}	σ_{min}	σ_{OL}	σ_{OL}/σ_{max}
A-CA	90	20	-	-
A-OLL			126	1.4
A-OLM			153	1.7
A-OLH			180	2.0
B-CA	130	60	-	-
B-OLLL			156	1.2
B-OLL			182	1.4
C-CA	64	14	-	-
C-OLH			128	2.0
C-OLM			109	1.7

であり、過荷重比が大きいほどその効果は大きかった。き裂進展速度 da/dN と応力拡大係数範囲 ΔK の相関を Fig 3.1, Fig 3.2 に示す。これによると、過荷重の載荷後、 da/dN は低下していくが、徐々に回復して、CA 試験で得られた結果に近づいており、過荷重によりき裂先端に生じた塑性域内をき裂が進むとき、crack closure の影響を受けたことを示している。また、過荷重載荷直後に一時的なき裂進展速度の上昇が見られた。この結果については、き裂開口変位の測定をさらに詳細に行うことにより明らかになると考えられる。顕微鏡を通した試験片表面のき裂の観測からは過荷重載荷地点を境界とする変化が認められた。

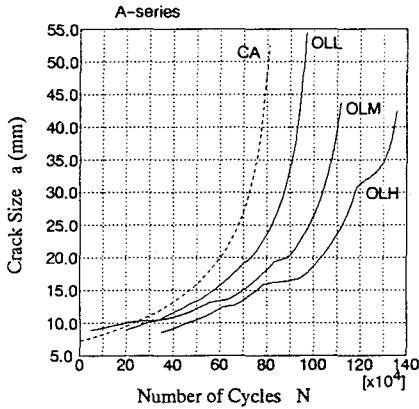


Fig 2.1 A-series

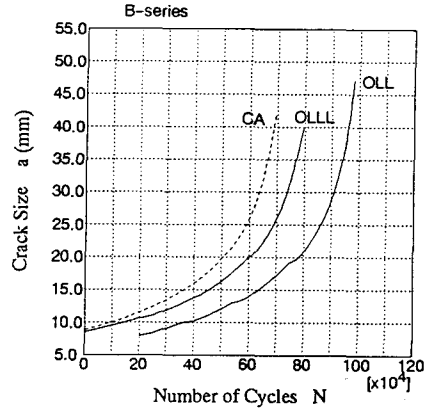


Fig 2.2 B-series

Fig 2 疲労き裂進展図

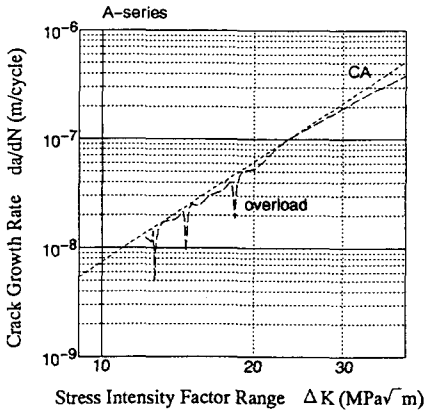


Fig 3.1 A-series

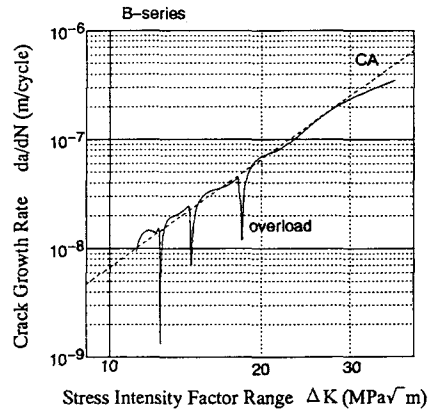


Fig 3.2 B-series

Fig 3 $da/dN - \Delta K$ 図

4. あとがき

引き続き本実験を行うが、C-seriesの応力条件では、き裂先端付近のき裂開閉口挙動等の測定を過荷重の載荷前後で、より短い間隔で行う予定である。この結果については、残りの実験結果を含めて、当日の発表としたい。

参考文献

M. K. Himmelein and B. M. Hillberry: Effect of Stress Ratio and Overload Ratio on Fatigue Crack Delay and Arrest Behavior Due to Single Peak Overloads, Mechanics Of Crack Growth, STP 590, 1976, pp321-330