

I - A298

変動荷重における鋼のき裂進展

大同工業大学 学生員○若杉貴之
大同工業大学 正会員 事口壽男

1. まえがき

本研究は変動荷重が鋼のき裂進展にどのような影響を及ぼすのかを明らかにするものである。一般に疲労試験では一定振幅の繰り返し荷重が用いられている。しかし実構造物において作用する場合応力は、振幅が複雑に変化するランダム荷重である。本研究は、最小荷重を一定とし、最大引張り応力を変化させた二段階変動荷重疲労試験を行い、変動荷重下における鋼のき裂進展特性を調べ、一定荷重疲労試験と比較した。

2. 実験概要と項目

図-1 に供試体の形状および寸法を示す。供試材には SS400 材を用いた。その機械的及び、化学的性質は文献⁽¹⁾と同じである。き裂長さを結晶粒オーダーで動的観察するため試験片を #2000 の耐水ペーパーで研磨し、最終的に $0.05\mu\text{m}$ アルミナ水溶液で研磨、鏡面仕上げをした。その後試験片を 3% 硝酸アルコール溶液でエッチング処理を施し結晶粒界を析出させた。二段荷重試験には油圧サーボ式の疲労試験機を用いた。二段階変動荷重は高応力レベルにおいては $0\sim 125\text{MPa}$, 10Hz 、また低応力レベルでは $0\sim 62.5\text{MPa}$, 10Hz とし、応力比 $R=0$ の片振り正弦波に設定した。応力状態は I 62.5MPa を 1465 秒、II 125MPa を 10 秒、III 62.5MPa を 600 秒、IV 125MPa を 60 秒、V 62.5MPa を 1465 秒で計 3600 秒を 1 サイクルとした。その荷重条件及び荷重時間の間隔を図-2 に示す。また、結晶粒レベルでのき裂進展挙動の把握には倍率 1000 倍のマクロハイスコープを使用した。き裂進展速度は収録したビデオのタイムカウンターを利用して求めた。実験項目としては、①供試体のマシンノッチ先端より 1mm, 3mm, 5mm 点に動的ひずみゲージを貼付し応力-ひずみ曲線より変動荷重下によるき裂開閉口応力を求める。②クラックメーターを併用し、高レベル荷重時と低レベル荷重時での実時間歴におけるき裂進展の挙動を調べる。③マクロハイスコープを使用し、き裂進展挙動を動的観察することにより、高レベル荷重時と低レベル荷重時におけるき裂進展挙動の差異を観察する。④変動荷重と一定荷重下におけるき裂長さとき裂速度の関係の差異を検討する。

3. 実験結果と考察

①一例としてマシンノッチ先端より約 1mm の範囲に貼付した動的ひずみゲージをオシロスコープで収録した応力-ひずみ曲線を図-3 に示す。a は高応力とき裂近傍、b は低応力時のき裂近傍である。これよりき裂開閉口点応力は高応力、低応力共に同じ値であった。すなわち二段階変動荷重の場合、高応力時のき裂開閉口点は低応力時のき裂開閉口点応力に支配される。②クラックメーターにおいては、荷重が高レベルから低レベルへと切り替わり、き裂が進展していく時に微少ながらクラックメーターの値がき裂閉口側にシフトする

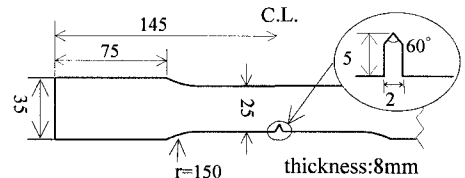


図-1 供試体の形状と寸法

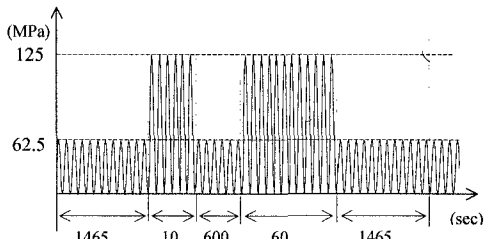


図-2 変動荷重の波形

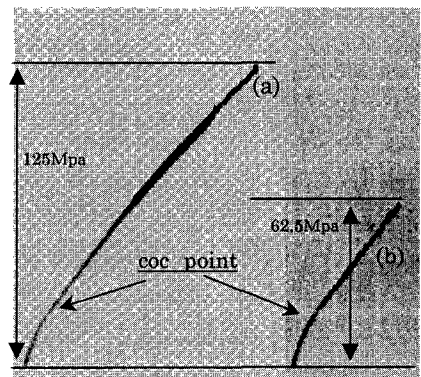


図-3 応力-ひずみ曲線

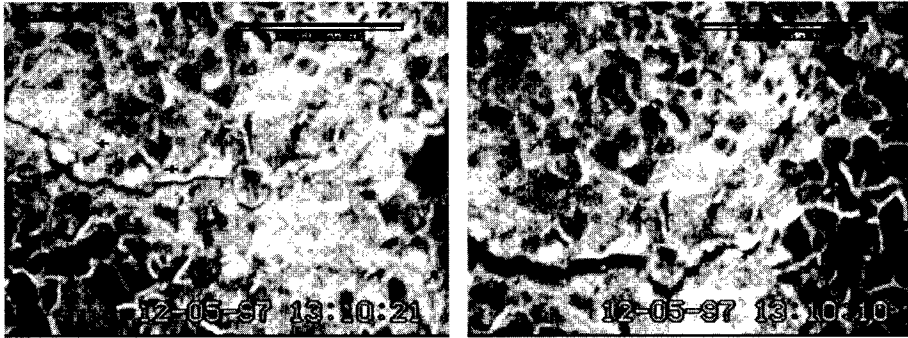
キーワード：変動荷重 き裂進展 破壊力学 応力-ひずみ曲線

連絡先 〒457-8532 愛知県南区白水町 40 番地

Tel.052-612-5571

Fax.052-612-5953

と言う現象が見られた。しかし、現段階ではこのシフトについては実験方法再考の余地があるのではないと思われる。
③写真-1.(a),(b),は動的観察によるノッチ先端より約 4mm 点での引張り側のき裂進展挙動の映像である。(a)は低応力レベル時にき裂が進展していく様子、(b)は高応力時にき裂が進展していく様子を示している。これより高応力レベル時にはき裂開口が大きくなることがわかった。また変動荷重の高応力レベル時において载荷時間の長い場合に



(a) 低レベル荷重時

(b) 高レベル荷重時

写真-1 2段階変動荷重のき裂進展

き裂進展距離が長くなることが観察された。また高レベル荷重を 10 秒間と 60 秒間载荷した場合には载荷時間の長い方がき裂進展距離が大きかった。き裂進展挙動としてはノッチ先端より 4mm の間では変動荷重の高レベル時においてき裂が結晶粒内を進展することが多いことが観測された。④図-4 に(a)一定荷重 125MPa、(b)2段階変動荷重のき裂長ささと da/dn の関係を示す。(b)のプロット点の頂点は高レベル荷重直後におけるもので、一定荷重のそれより

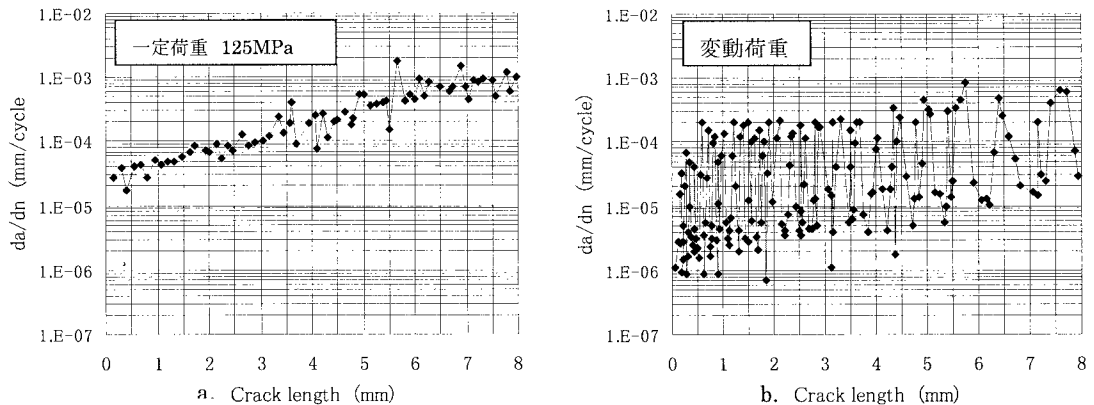


図-4 一定荷重と変動荷重におけるき裂進展速度とき裂長さの関係

も速く進むことがわかった。またノッチ先端より 4mm 間での高レベル荷重時の場合、き裂進展速度 da/dn は一定荷重の時の値を上回り、その後は一定荷重の場合と似た傾向になった。

4.まとめ

二段階変動荷重疲労試験より、①2段階変動荷重の場合、高応力時のき裂開閉口点は低応力時のき裂開閉口点応力に支配される。その結果、き裂駆動力が大きくなり一定荷重のそれよりもき裂進展速度が速くなる。②き裂進展距離とき裂進展速度は高応力レベル時に同程度の一定荷重より増加し、粒内き裂の割合が増加する。

謝辞 文部省科学研究費基盤研究(b)の補助を受けたことに感謝します。

<参考文献> 1.事口壽男,若杉貴之, 平成9年度土木学会中部支部講演概要集,pp.129-130, 1998

2.Hisao KOTOGUCHI, Tadayuki ITO, Hideaki OKAMOTO and Tetsuo YAMAMORI : Experimental Study on Microcrack Behavior of Mild Steel, 4th Pacific Structural Steel Conference, Singapore, pp.715~722, Oct.1995.