

変動荷重による鋼の微視き裂

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。研究は、最大引張り応力が変化する二段階変動荷重疲労試験を行い、変動荷重下の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。機械的、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、鏡面仕上げ後、3% 硝酸アルコール溶液でエッチング処理を施し結晶粒を析出させた。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では $0 \sim 125\text{MPa}$, 10Hz 、また低応力レベルでは $0 \sim 62.5\text{MPa}$, 10Hz とし、応力比 $R=0$ の片振り正弦波を用いた。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 秒で合計 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。

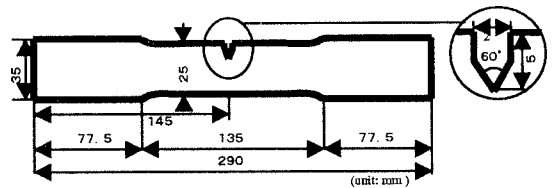


図-1 供試体の形状と寸法

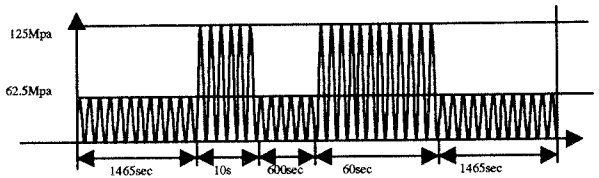


図-2 荷重波形と荷重時間

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。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[®]を使用し動的観察をすることにより、高レベル荷重時と低レベル荷重時のき裂進展挙動を観察する。④変動荷重と一定荷重下におけるき裂長さとき裂速度との差異を検討する。

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[®]より得られた応力-ひずみ曲線を図-3 に示す。これより全応力振幅に占めるき裂開閉口点は約 25% であることがわかった。これは文献⁽¹⁾で求められた応力比 $R=0$ の場合とよく一致した。②図-4 にクラックメーター[®]載荷回数を示す。図-4 より二段変動荷重疲労試験が目的通り行われたことを確認することができた。き裂距離は、クラックメーターからの高レベル荷重から低レベル荷重へと切り替わるとき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と言う現象が見られた。しかし、現段階ではこのシ

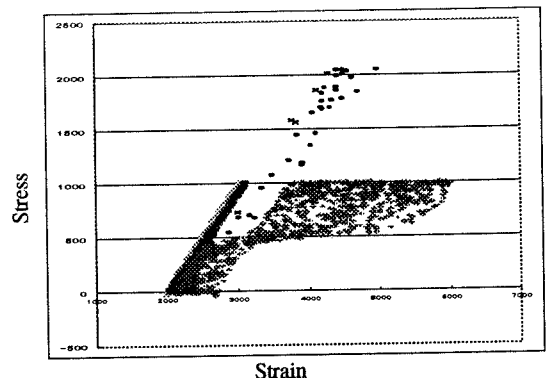


図-3 ノッチ先端より 1mm の Stress-Strain Curve

フトについては実験方法再考の余地があるのではないかとと思われる。③写真-1 は動的観察によるノッチ先端より約 4mm のき裂進展挙動の映像である。(a)は低応力レベル時で、(b)は高応力レベルになった瞬間、(c)は高応力レベルでき裂が進展していく様子、(d)は低応力レベルに戻った瞬間の映像である。高応力レベル時にはき裂開口が大きくなることを示している。また高応力レベルにおいて载荷時間の長い場合にき裂進展距離が長くなることが観察された。高レベル荷重を 10 秒間と 60 秒間载荷した場合は载荷時間の長い 60 秒間の方がき裂進展距離が大きかった。④図-5 に 2 段階変動荷重より得たき裂長さと da/dn の関係を示す。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も速く進む。

4.まとめ

二段階変動荷重疲労試験より、き裂開口応力は二段階荷重条件下では一定荷重の応力比 $R=0$ の場合とほぼ同じ値をとることがわかった。またき裂進展距離とき裂進展速度は高応力レベル時に増加した。このことは実際の構造物での複雑な荷重状態での一定振幅繰り返し荷重疲労試験に比べ、き裂進展挙動が高レベル側の応力に優先的に支配されることを示唆している。

謝辞

最後にこの紙面を借りて、非常に困難な実験を遂行するにあたり大同工業大学建設工学専攻土木科のみなさまに感謝の意を表します。

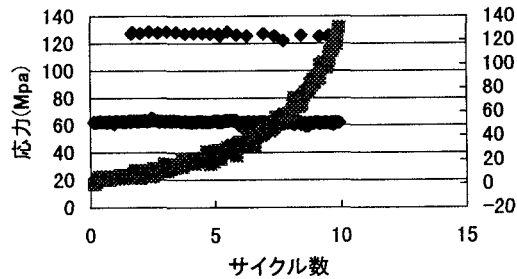


図-4 クラックメーターとき裂長さの関係

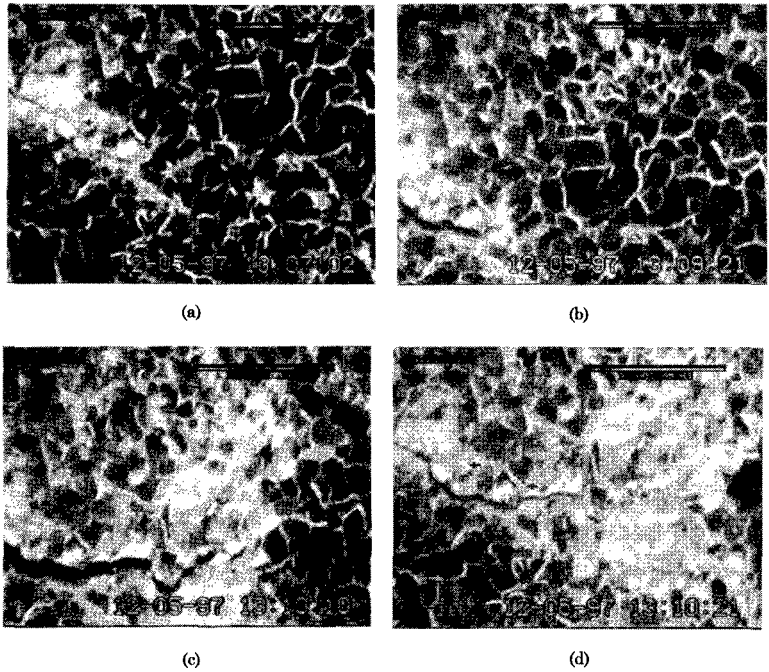


写真-1 2 段階荷重におけるき裂進展挙動

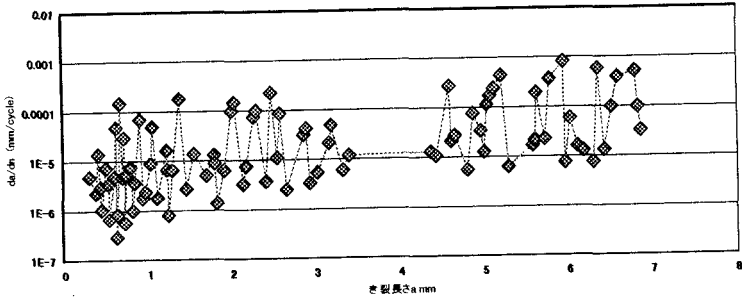


図-5 変動荷重下における da/dn とき裂長さ

参考文献 1. 事口壽男,岡本英明,山森哲夫;第 51 回年学術講演会講演概要集第 1 部(A), I-A152
2. Hisao KOTOGUCHI, Tadayuki ITO, Hideki OKAMOTO, and Tetsuo YAMAMORI; Experimental