

I - A 225 片振りと両振りにおける鋼のき裂進展特性

大同工業大学 学生員 若杉 貴之
川田工業 正会員 岡本 英明
大同工業大学 正会員 事口 壽男

1. まえがき

本研究は応力比の差違がき裂進展特性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。片振り試験と比較して両振り試験における破壊力学に関する研究は数少ない。両振り、片振り疲労試験において、それぞれ応力比を種々変え、き裂先端前に貼付したひずみゲージによりき裂開閉口点を求める。き裂開口に寄与する駆動力を応力比の差異によって求め、それぞれの微視き裂領域においてき裂進展速度がどのように影響されるかを明確にするものである。

2. 実験概要

図-1に供試体の形状と寸法を示す。材料はSS400材を用いた。機械的、化学的性質は文献¹⁾と同じである。き裂長さを結晶粒ワダで観測するため、試験片は最終的に0.05 μ mアルミナ水溶液で研磨、鏡面加工を施し、3%硝酸アルコール溶液でエッチング処理した。油圧サーボ式疲労試験機を用い、荷重は片振り、両振りの正弦波10Hzを用いた。その荷重条件と応力比を表-1に示す。き裂長さの測定は倍率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。供試体にはマシノッ先端より1mm, 3mm点に動的ひずみゲージを貼付し、得られた応力-ひずみ曲線より応力比とき裂開閉口応力との関係を得た。

3. 実験結果と考察

疲労実験においてノッチ先端より1mm点に貼付した動的ひずみゲージより得たStress-Strain Curveを図-2、3に、き裂進展長さ

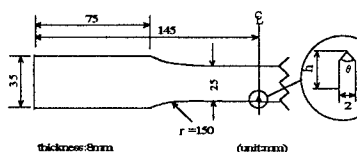


図-1供試体の形状と寸法

表-1荷重条件

Specimen	Stress σ_{max} (MPa) maximum Stress	σ_{min} (MPa) minimum Stress	R Stress ratio
da-1	93.7	37.5	0.4
da-2	93.7	18.7	0.2
da-3	87.5	1.7	0.0
da-4	62.5	-15.6	-0.25
da-5	75.0	-37.5	-0.5
da-6	62.5	-46.8	-0.75

き裂進展速度 da/dn の関係を図-4、5に示す。疲労き裂は繰り返し荷重引張り側サイクルの時にき裂先端を開口して進展する。その引張り側荷重の中で直接き裂進展駆動力として効いてこない全応力振幅に対する応力幅が、き裂開閉口点応力 σ_{coc} である。その逆に直接き裂進展駆動力として関与する全応力振幅に対する応力幅がき裂進展駆動力である。応力比 $R>0$ のda-1、da-2では全応力振幅の約20%がき裂開閉口点応力を占めており、残りの80%が直接き裂進展駆動力として効いている。次に $R=0$ のda-3の片振り正弦波によるき裂開閉口点応力は $R>0$ の場合と同様に全応力振幅のほぼ20%がき裂開閉口点応力を占めている。つま

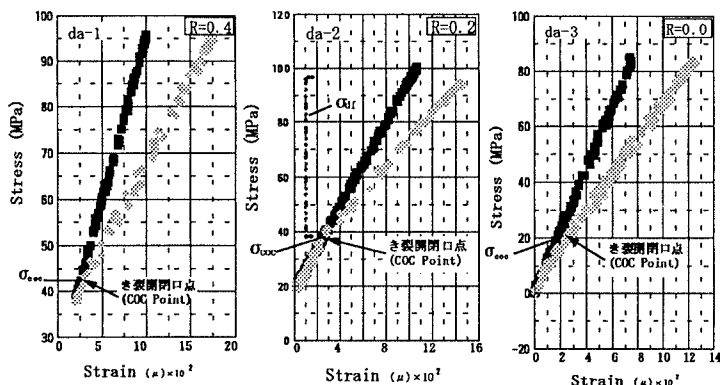


図-2 片振り試験のStress-Strain Curve

キーワード： 破壊力学、き裂進展特性、き裂開閉口応力、

〒457 名古屋市南区白水町40 大同工業大学 電話052-612-5571 FAX052-612-5953

り、応力比 R が正の場合、直接き裂進展駆動力として移動するき裂進展駆動力は、全応力振幅の約8割になる。ところが、 $R<0$ の両振り正弦波のda-4、da-5、da-6は $R=-0.25$ の場合を除いて、き裂開閉点応力が繰り返し荷重の引張側と圧縮側の変換点つまり荷重の中立応力と一致した。 $R<0$ の場合、

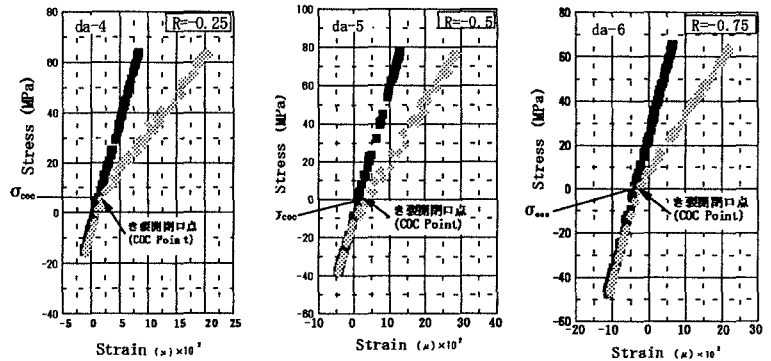


図-3 両振り試験のStress-Strain Curve

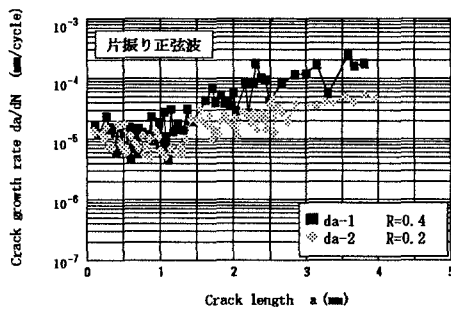


図-4 き裂距離-da/dNの関係($R>0$ の場合)

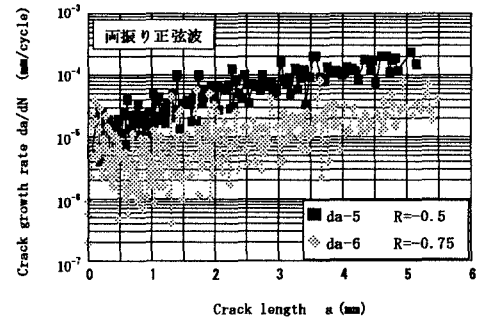


図-5 き裂距離-da/dNの関係($R<0$ の場合)

引張り側荷重の全てがき裂進展駆動力として効くことを示している。 $R=-0.25$ に関しては中立応力を若干引張り側にき裂開閉点応力がみられるため、 $R<0$ 域中でも R の絶対値が0に近似するに伴い、 $R>0$ の片振り傾向が若干みられると思われる。 $R<0$ 域内は $R>0$ に比べて、全応力振幅に対するき裂開閉点応力の割合がda-4が20%、da-5が35%、da-6が43%と増加している。これは R の低減に伴いき裂進展駆動力が低減することを示唆しており、また、 $R>0$ 域では R の増加に伴いき裂進展全応振幅に対するき裂開閉点応力の割合は段階を経て順次低減している。このことは、図-4、5において $R>0$ の時は R の増加に伴いき裂進展速度は増加する。 $R<0$ の時は R の減少に伴い、き裂進展速度が低減することと一致する。

4. まとめ

- ①き裂開閉点応力がき裂駆動力に関与し、き裂進展速度と密接な関係を持つ。
- ②応力比 $R<0$ 域でのき裂開閉点は載荷重の中立点と一致し、引張り側が全てき裂駆動力として働く。
- ③応力比 $R<0$ 域では R の低減に伴いき裂開閉点応力が増加する。つまりき裂駆動力が減少することを示し、その結果、き裂進展速度は R の低減に伴い低くなる。

参考文献

1. 事口壽男, 岡本英明, 山森哲夫;第51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 Study on Microcrack Behavior of Mild Steel, 4th Pacific Steel Conference, 1995.

表-2 応力比とき裂開閉点との関係

供試体番号	応力比 R	$\sigma_{coc}/\text{全応力振幅} \times 100(\%)$
片振り		
da-1	0.4	8%
da-2	0.2	18%
da-3	0.0	22%
両振り		
da-4	-0.25	25%
da-5	-0.5	35%
da-6	-0.75	42%

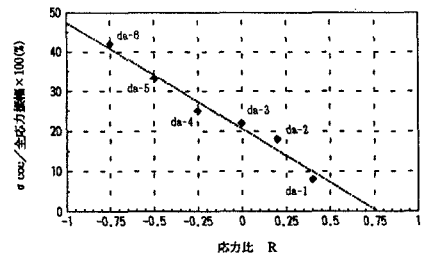


図-6 応力比と σ_{coc} との関係