

# X線回析法によるき裂進展に関する研究

小 川

壽\*

## Study on The Crack Propagation Using X-Ray Diffraction Technique

Hisashi OGAWA

### Abstract

In this paper the relation between Stress intensity factor and half-value breadth in fatigue fracture was examined by using X-ray diffraction. The material was SS41, S45C steel and I-had pulsating load fatigue test by DCB type model.

In conclusion half-value breadth spread with the increase of Stress intensity factor, and  $\kappa\alpha_1$ ,  $\kappa\alpha_2$  lines were difficult to separate.

### 1. ま え が き

材料の破壊に関する研究は最近非常に多く、機械構造物の設計・製造および保守の上で安全性のことが厳密になりつつある。従来、設計等に関し巨視的力学問題の領域において処理されてきたものが、微視的領域において取り扱う必要性に迫られつつある。そのため巨視的力学問題と微視的金属学との境界領域としての新しい方法論の開発が急がれている。

材料の破壊面には何らかの結晶学的履歴が残っていると考えられるが、これらを調べる手法としてはフラクトグラフィとX線回析が考えられるが、前者については多くの研究が現在なされている<sup>1)</sup>。後者については破壊様式によってX線回析像の半価幅に違いが生ずることが知られており<sup>2)</sup>、本稿では疲れ破壊過程における破壊表面層の違い、すなわち疲れ破壊より延性破壊へ移る結晶組織状態の変化をX線回析によって調べてみた。

### 2. 応力拡大係数

応力拡大係数は図2に示す形状 DCB Type の場合、(1)式で定義される。修正係数は有限要素法を使ってJ積分、(2)式より求めた。J積分法は他の手法に比べてき裂近傍の要素を少なくとれる利点がある<sup>3)</sup>。

図2の形状を(節点数274, 要素数474の三角形メッシュ

ユ)にて任意のき裂長での解を求め最小二乗法により求めたグラフを図1に示す。

$$\Delta k = \frac{4P}{BW} \sqrt{\pi a} f(a/W) \quad \dots\dots(1)$$

$$J = \int_p (Wdy - T \cdot \frac{\partial u}{\partial x} ds) \quad \dots\dots(2)$$

ただし  $W$  は歪エネルギー密度,  $T$  はトラクションベクトル,  $u$  は変位ベクトル,  $s$  は弧長である。

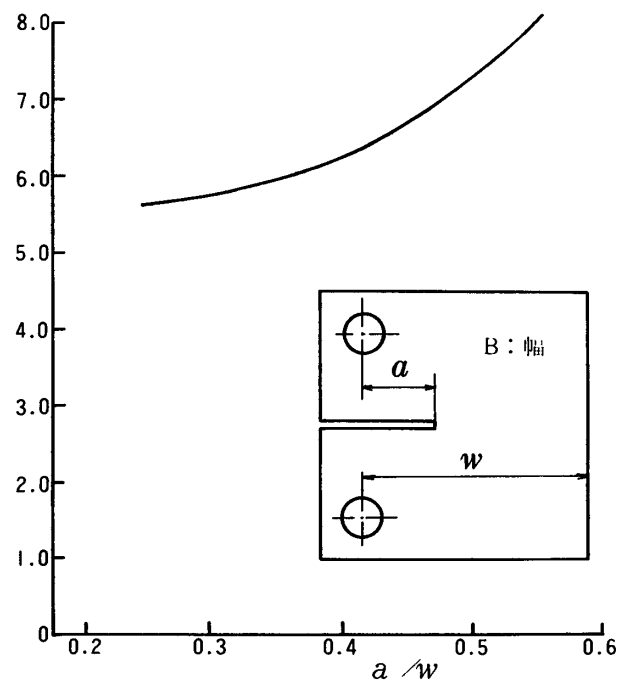


図1 修正係数

\* 宇部工業高等専門学校機械工学科



した。測定条件は表3, 4に示す。

表4 切欠き先端と照射位置の距離

番号	材 質	
	S S 41	S 45 C
1	6 mm	6 mm
2	10 "	11 "
3	14 "	16 "
4	18 "	21 "
5	22 "	26 "
6	26 "	31 "

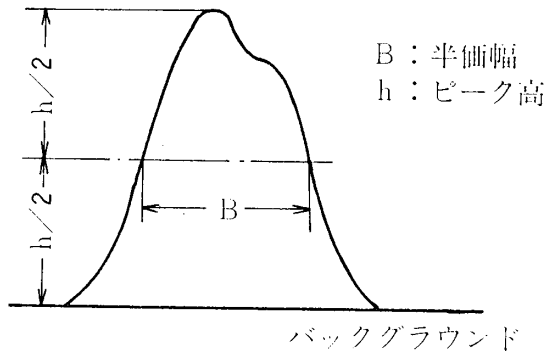


図4 半価幅

4. 結果と考察

各荷重条件でのき裂進展速度と応力拡大係数の関係を図5に示す。SS41, S45C 材とも Paris の式<sup>4)</sup>に従い、一本の直線に乗ってくる。負荷の違いによる平均応力の違いはこの場合出ていない。

次に X線回析像をみている。図6, 7に X線回析像とマイクロフォトメータによる回析曲線を示す。切欠きからの距離が短い場所では、デバイ環上で  $\kappa\alpha_1$  線と  $\kappa\alpha_2$  線の回析環は識別することが可能である。遠のくにつれて  $\kappa\alpha_1$  線と  $\kappa\alpha_2$  線の分離が困難となって半径方向の幅の広がりが大きくなっている。すなわち、き裂が進展するにつれて疲労破壊から延性破壊状態に移行してくると思われる。また、破面下の結晶組織が破壊様式によって異なってくるのが理解できる。

半価幅と応力拡大係数との関係を図8に示す。フィルム の現象による濃淡の影響を考慮して、半価幅はピーク 高さで徐した値を使った。図からそれ程までの大きな変 化は見いだせないが、わずかに応力拡大係数の増加にと もなって半価幅も増加する傾向がある。すなわち、き裂 破面結晶上の変化が応力拡大係数の違いによって少しず

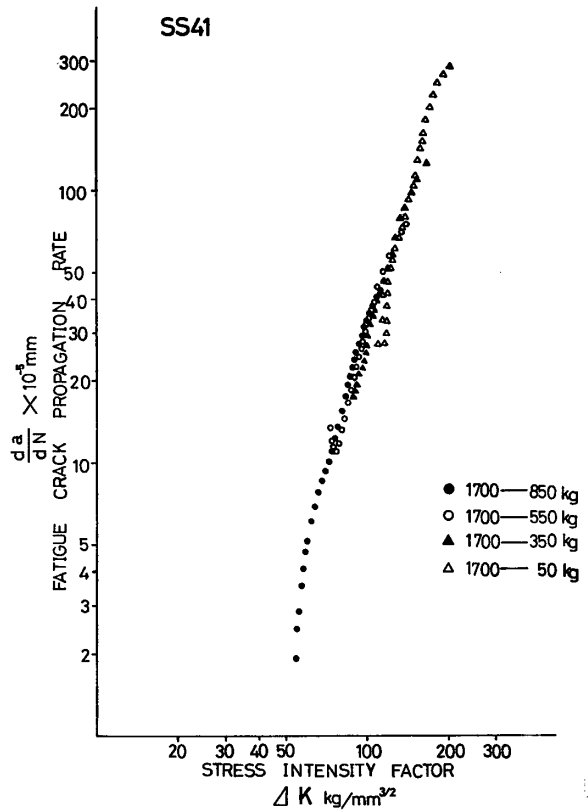


図 5-1

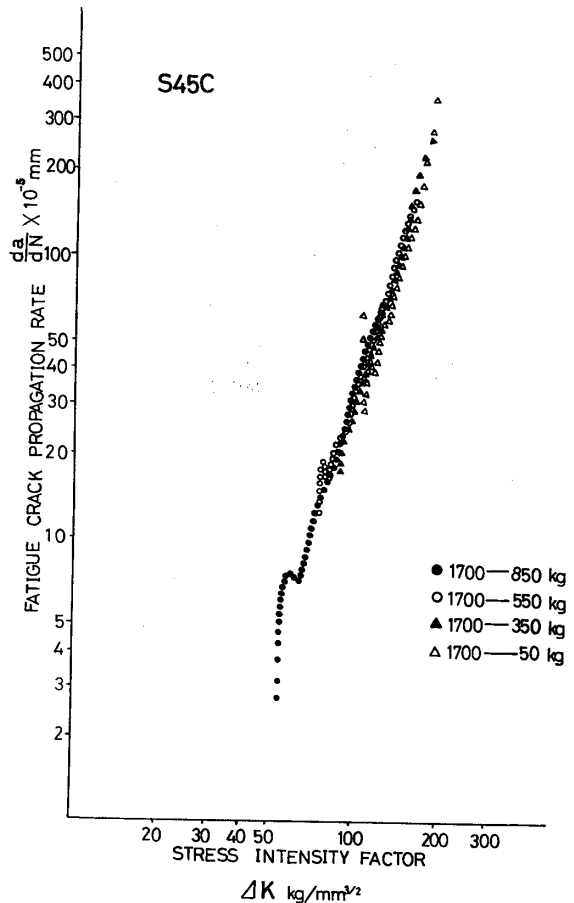


図 5-2

図5 応力拡大係数と疲れき裂進展速度の関係

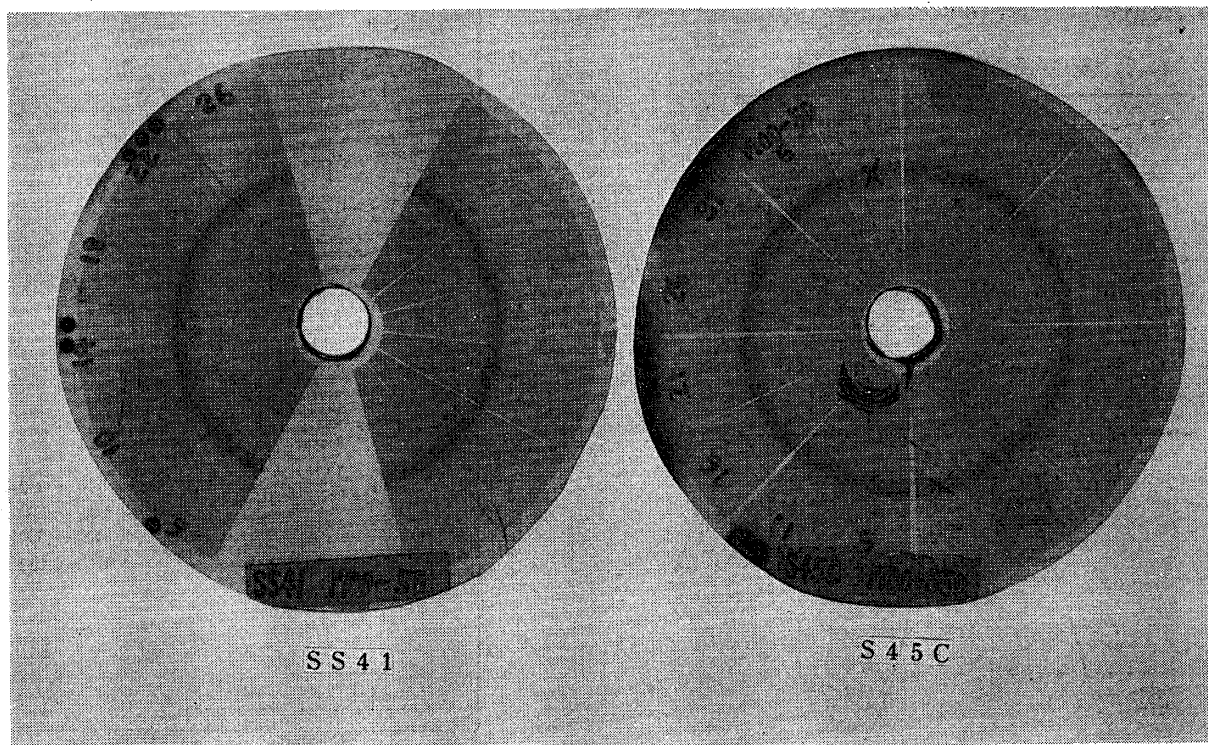


図6 X線回析像

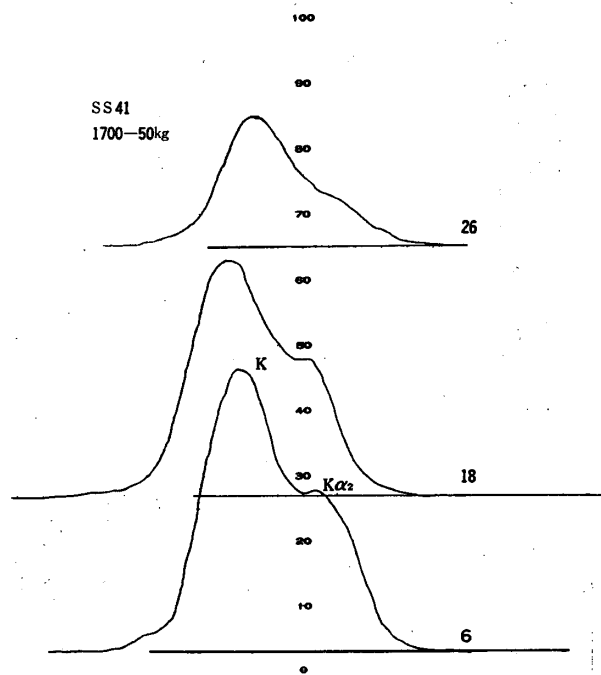


図 7-1

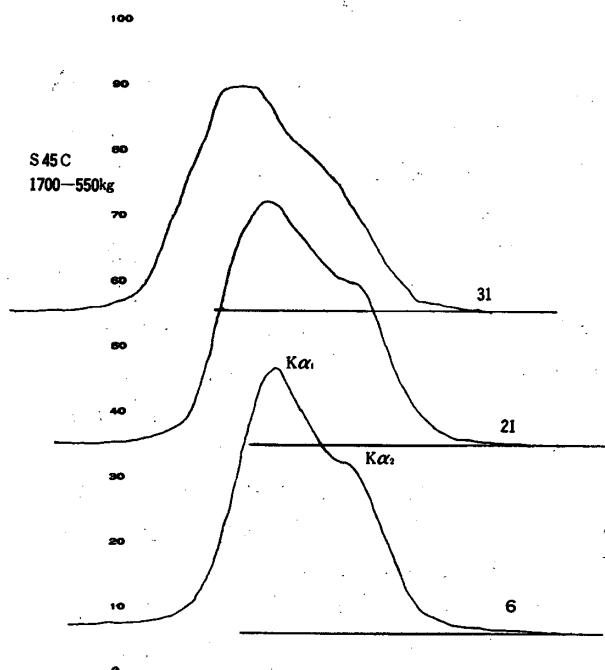


図 7-2

図7 ミクロフォトメータによる回析曲線

5. む す び

本実験により得られた結論を要約すると、

(1) 疲労破壊より延性破壊への移行についてはX線回析写真より破壊面での  $\kappa\alpha_1$ - $\kappa\alpha_2$  線の分離が徐々に困難となる。

(2) 半価幅は応力拡大係数の増加にともない定性的にはあるが若干増加の傾向にある。疲れき裂伝播におけるX線回析での上記現象について本論文では物理的意味を明らかにしていないが、機会があればそのことについて深く追求してみたいと思っている。

最後に本研究にあたり熱心に実験を進めてくれた当時本校学生、重村隆司・重岡武彦の両君に感謝する。

参 考 文 献

- 1) 例えば小寺沢；機械の研究23—1. 1 (1971)
- 2) 後藤徹；三菱重工技報., 11—3 (1974)
- 3) J. R. Rice et al: J Appl. Mech., 39. 185 (1972)
- 4) Paris et al: ASME. D., 85—4. 528 (1963)

(昭和53年9月1日受理)

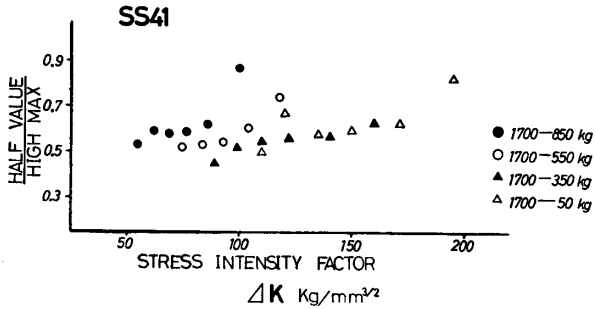


図 8-1

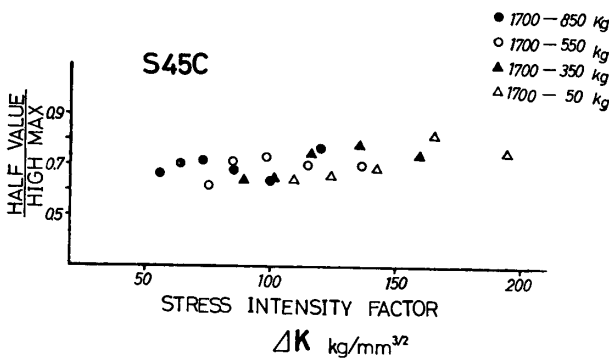


図 8-2

図 8 応力拡大係数と半価幅の関係

つであるが生じていることがわかる。応力拡大係数の増加にともない残留歪の増加と破壊様式が疲労から延性破壊へ変化している二つの影響が考えられるが、この段階では両者の関係は定かでない。