

鋼の微視き裂におけるノッチの角と深さの影響

大同工業大学 正会員 事口寿男
大同工業大学 学生会員 ○岡本英明
大同工業大学 山森哲夫

1. まえがき

今日、構造物の高性能化と大型化により、これらの疲労による疲労き裂が取り上げられている。一般的に疲労き裂は、①き裂の発生②微視き裂および③安定き裂の3つのプロセスに大別できる。実際の鋼構造物で疲労き裂が問題になるのは長い貫通き裂より、き裂伝播期間が長い微視き裂であることが多く破壊力学による疲労寿命の計算に関して重要である。そこで本研究では片側にVノッチをもつ帯板試験片を対象に、文献¹⁾と同様の動的観察手法を用い、ノッチ形状の差異により微視き裂進展挙動が受ける影響を明らかにし、き裂進展速度とき裂長さおよび応力拡大係数との関係を解明しようとするものであります。

2. 実験概要

実験に使用した鋼材は、ss400材である。疲労試験の形状と応力条件をそれぞれ図-1と表-1に示す。試験結晶粒レベルで観察するために、アルカリ水溶液で鏡面仕上げをし、ナイターでエッチング処理を施した。実験装置には最大容量250 kNの油圧式サーボ疲労試験機を用い、負荷状態は片振り正弦波を用いた。微視き裂進展挙動の動的観察には倍率1000倍のマクロハイスコープを用いてビデオに収録した。

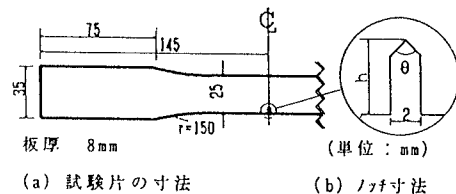


図-1 試験片の形状とノッチ寸法

3. き裂進展速度とき裂長さの関係の実験結果

図-2にき裂進展速度とき裂長さの関係のcase1, case2, case3の実験結果を示す。①この図より、機械加工によって与えられたノッチの形状に関わらず、クラック発生よりき裂進展速度が初めの速度の1/3~1/4程度になる領域があり、その後再びき裂進展速度が回復して安定き裂と呼ばれる領域があることが明らかとなった。②ノッチの深さが3mm, 5mm, 6mmと増加するにつれて微視き裂長さは、0.5mmから1.2mmまで増加することが明らかになった。

③クラック発生領域と安定き裂領域との間にある伝播速度の遅いクラックは微視き裂と呼ばれ、その微視き裂は、ノッチ先端から約0.7mm~1.4mm程度の距離範囲内に位置する。この微視き裂は、クラック発生から安定き裂に至る導入もしくは案内の役目を果たす領域と考えられる。

4. き裂進展速度と応力拡大係数の関係の実験結果

図-3にき裂進展速度と応力拡大係数の関係のcase2, case4, case5の実験結果を示す。また図-3はき裂進展挙動を(1)式を用いて、き裂進展速度と応力拡大係数を表したものである。

$$K = \sigma \sqrt{\pi a} F(a/W) \cdots \cdots (1)$$

$$F(\xi) = 1.12 - 0.231\xi + 10.55\xi^2 - 21.72\xi^3 + 30.39\xi^4$$

表-1 ノッチ形状と応力状態

項目	先端角 θ	深さ h	最大応力 MPa
case1	60°	3mm	171
case2	60°	5mm	156
case3	60°	6mm	147
case4	90°	5mm	156
case5	120°	5mm	156
幅：2mm、サイクル数：10 応力比：0			

- ④この図より、ノッチの形状に関わらず、き裂の進展挙動には、安定き裂の応力拡大係数の下限値を境にして、き裂進展速度の傾きが減少する領域と、増加する領域があることが分かった。
- ⑤ノッチの深さが同一で、ノッチの角が、case2. (60°), case4. (90°), case5. (120°) と異なる場合、き裂進展速度が減少している微視き裂範囲内に着目すると、ノッチの角の増加に伴って、そのき裂進展速度の減少率が減少する傾向にあることが分った。図-4に、各き裂進展速度の減少率の η^* 図を示す。

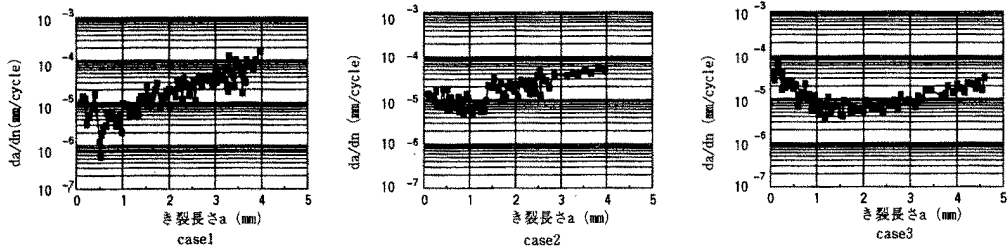


図-2 き裂進展速度とき裂長さの関係

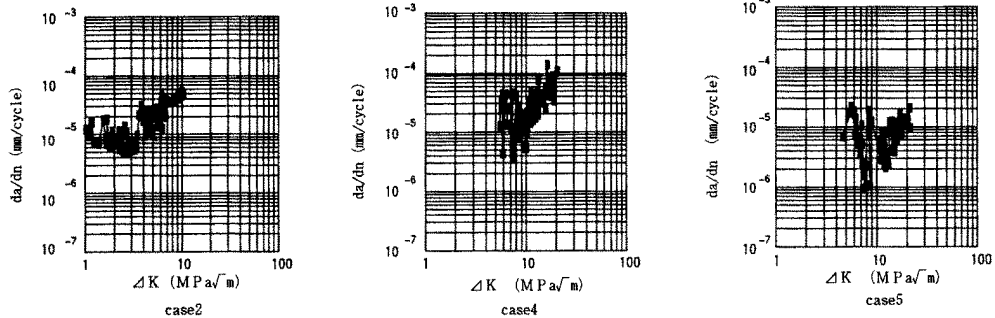


図-3 き裂進展速度と応力拡大係数の関係

5. 結論

- 1) クラック発生より、き裂進展速度が減少する微視き裂領域があり、その後再びき裂進展速度が増加する安定き裂領域がある。
- 2) ノッチの深さの増加に伴って、微視き裂長さも増加する。
- 3) ノッチの角の増加に伴って、微視き裂範囲内においての、き裂進展速度の減少率が減少する傾向にある。
- 4) ノッチの角 θ が小さいほどクラック先端近傍の応力集中が大きくそのために微視き裂のき裂進展速度の低下が遅いと考えられる。ノッチの角とき裂先端近傍の応力集中状態を応力集中率の定量化によって解明すること現在実験遂行中である。

参考文献

- 1) 山口寿男、井藤忠幸、山森哲夫：鋼の微視き裂挙動の動的観察、鋼構造年次論文報告書第2巻(1994年1月) pp. 495～500
- 2) k.j. Miller, E.R. de los Rios: Short Fatigue Cracks, 1992年.
- 3) 破壊力学：矢川元基、培風館

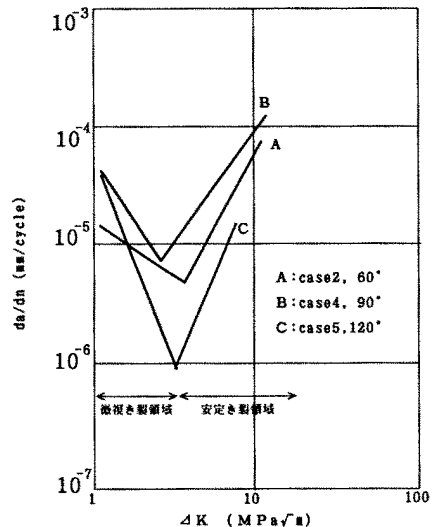


図-4 微視き裂領域の da/dn の減少率 η^* 図