

ストップホールとホールへのピンの打ち込みによる き裂進展抑制

琉球大学 ○真壁朝敏 琉球大学[院] 伊禮良樹 MURDANI Anggit
沖縄工連 国吉和男 長崎大学 才本明秀

Arresting Crack Growth by Drilling Stop-hole and Inserting Pin into It Chobin MAKABE, Yoshiki IREI, Anggit MURDANI, Kazuo KUNIYOSHI and Akihide SAIMOTO

1. 緒言

疲労き裂の進展を抑制する手法の一つにストップホール法^{1)~5)}がある。著者らは、前報⁶⁾において、ストップホールとともにその近傍に補助穴を加工する手法やその穴にピンを打ち込む手法について検討した。本報告では、き裂進展の抑制効果に対するその穴へのピンの打ち込みの効果の再検討を行った。また、穴材等の切欠き材にピン等の打ち込むことによって局所塑性変形⁷⁾を付与した場合、その効果によって疲労寿命が延命する例について紹介し、その手法がき裂進展の遅延に応用できるか否かについて考察した。

2. 材料および実験方法

実験に使用した素材はアルミニウム合金 2024-T3 である。き裂進展の抑制について検討した試験片の長さは 190mm、幅は 50mm、厚さは 3mm であり、両側スリットを加工した。スリットの長さは 5mm、先端半径は 0.1mm である。スリットのみを加工し両側のスリット先端から約 1mm の予き裂を発生させた試験片を用いて基本となるき裂進展曲線を作成した（その結果を Base と称する）。本研究では、き裂進展を抑制するために予き裂近傍に穴加工を施しさらにその穴にピンを打ち込んだ場合の効果について Base と比較して検討した。Fig. 1 に穴の配置を示した模式図を示す。加工した穴の直径は 3.2mm である。予き裂先端と穴中心との荷重軸方向における距離 y も 3.2mm に設定し、予き裂先端と穴中心との荷重軸に垂直方向の距離 x は 0mm と 1.6mm に設定した。Fig. 1(b) に示す type 2 の場合の穴中心間隔 x_2 は 3.2mm に設定した。

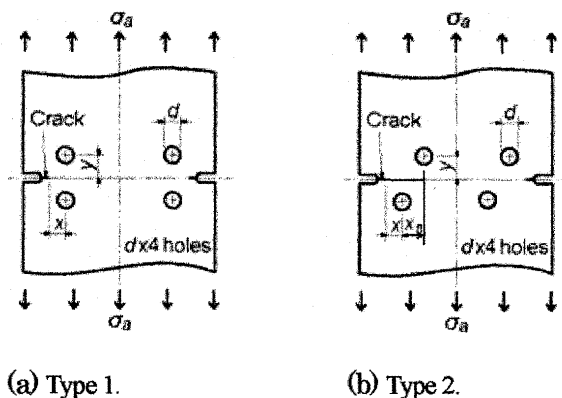


Fig. 1. Double edge cracked specimens with holes.

また、本報告では Makabe と Rana ら⁷⁾が行った実験結果に基づき、ピンの形状とき裂進展の抑制効果について検討するが、その実験では同じ材料を用いて試験部中央に 5mm の穴を加工した幅 30mm の平板試験片を用いている。

疲労試験は、電気油圧サーボ式材料試験機を用いて繰返し周波数が 10Hz の両振り（応力比 R （繰返す最小応力と最大応力の比）が -1）で行った。疲労試験を行った際には、金属顕微鏡を用いて、き裂の状態を直接観察し、き裂進展挙動を調べた。試験片表面は金属研磨剤を用いて鏡面仕上げしており、き裂進展の抑制試験での穴の加工は予き裂作成後に行っている。その実験の応力振幅は 50MPa であり、予き裂は応力振幅 33MPa で応力比 $R=-1$ の条件でスリットから発生させた。

3. 実験結果および考察

3・1 き裂進展の抑制について Fig. 2 に Fig. 1 の Type 1 のように穴をあけた試験片を用いて得られたき裂進展曲線を示す。Fig. 2 に示した結果から穴の中心軸上に予き裂先端がある場合 ($x=0$ mm) よりも穴の位置が予き裂の斜め先方に位置する場合 ($x=1.6$ mm) において、き裂進展がより効果的に抑制されることがわかる。また、 $x=1.6$ mm の場合においては、応力の繰返し数が 2×10^6 に達した時点で実験を中断した。なお、 $x=1.6$ mm の場合では、穴にピンを打ち込んでそのまま実験した場合と打ち込んだピンを抜き取って実験した場合の 2

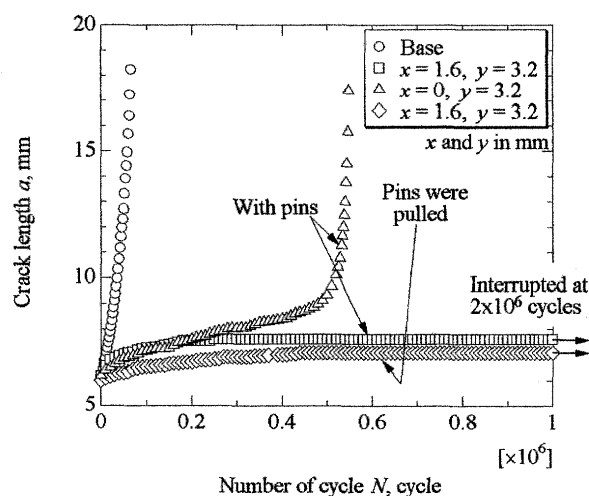
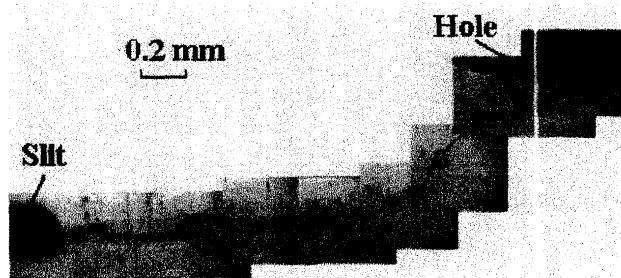


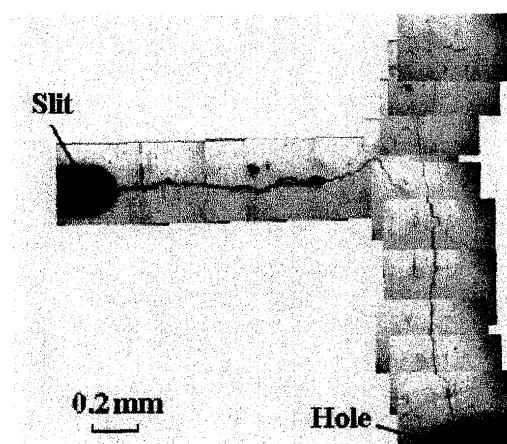
Fig. 2. Crack growth curves of the double edge cracked specimens (Base and type 1).

通りについて検討したが、両者ともに 2×10^6 においてはき裂進展が停止していた。

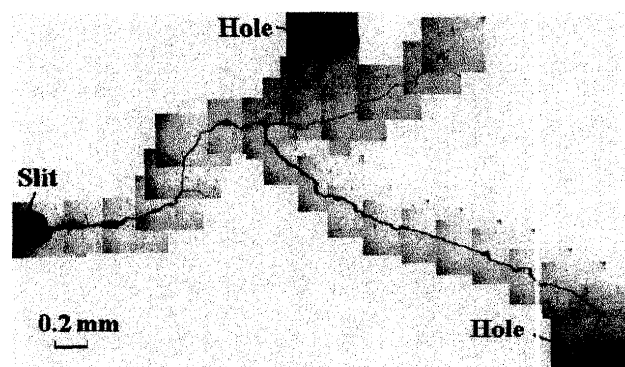
Fig. 3 にき裂が進展した様子を観察した結果を示す。いずれも、き裂進展試験を 2×10^6 回で打ち切った場合 ($x=1.6\text{mm}$) の結果であり、Fig. 3 (a) では、き裂が穴に進入し進展停止している様子が観察された。Type 1 と 2 において、き裂進展が停止する詳細な様子には違いがみられるが、それにはき裂が進展する経路上に発達する圧縮の残留応力の分布と穴周りの応力集中が関係していることが考えられる。



(a) Four holes with pins (type 1).



(b) Pins pulled out from four holes (type 1).



(c) Four holes with pins (type 2).

Fig. 3. Observation of cracks in double edge cracked specimens.

3・2 ピン形状の疲労寿命とき裂進展抑制に及ぼす効果について Fig. 4, 5 を用いて Makabe と Rana ら⁷⁾ が行った実験結果を紹介する。この実験では圧延方向を荷重方向とした試験片 (Rolling direction) と圧延方向に垂直方向を荷重方向とした試験片 (Transverse direction) を用いた。Fig. 4 に示すように、穴のみを加工した試験片 (Without pin) と穴にピンを打ち込んだ試験片の疲労寿命を比較した。ピン径は穴径よりも 2% か 4% 大きくした。実験結果から明らかなように、楕円形のピンを打ち込んだ場合において効果的に延命することがわかる。この結果から疲労き裂が発生した穴材に楕円形のピンを打ち込むことや楕円形のピンをストップホールに打ち込むことは疲労き裂進展の抑制に対して効果的であることが考察される。

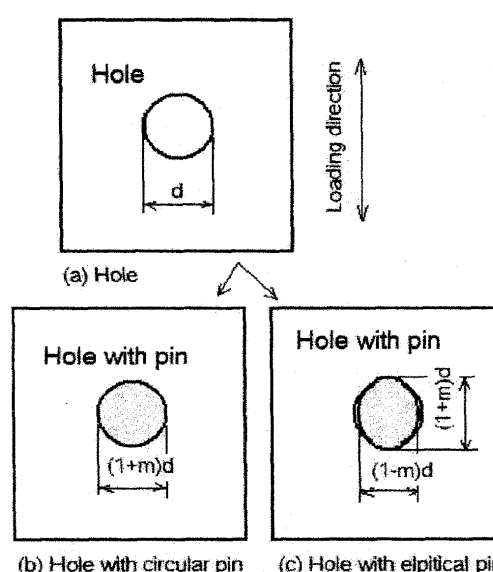


Fig. 4. Improve method of fatigue life of holed specimen by inserting pin (Makabe and Rana⁷⁾); $m = 0.02, 0.04$.

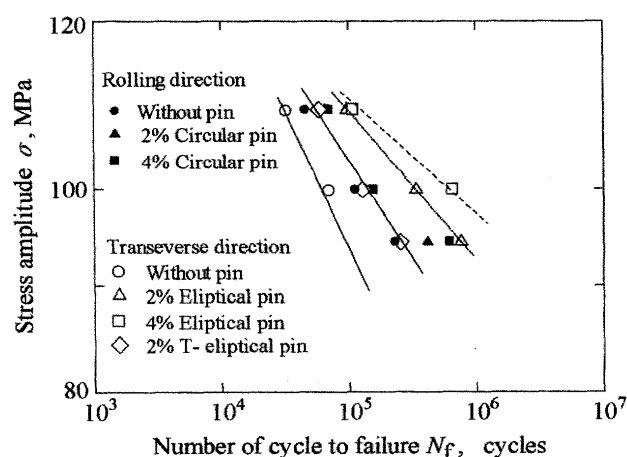


Fig. 5. S-N curves of holed specimen; Fatigue life was improved by inserting pin (Makabe and Rana⁷⁾).

参考文献 省略