

接着継手におけるモード I 疲労き裂進展

1. 緒言

現在航空機を始めとする各種機器の接合には、接着剤を用いた接合方法が広く利用されるようになってきた。利点としてはボルトなどを使用しないので軽量化が可能、異種材料同士の接合が容易などである。

しかし、接着接合に対する信頼性は高いとは言い難い。その理由のひとつに、接着剤の力学的特性に関するデータが接着剤の材料自体が、高分子など環境の影響を受けやすいものであることが考えられる。その強度設計における指針が十分確立されていない。

強度設計において、特に繰返し荷重下に対する耐疲労性が重要である。本研究では繰返し荷重下での接着継手部のき裂進展挙動について調査を行った。

2. 実験装置および方法

試験片の形状および寸法を図 1 に示す。ここで、 a はき裂長さである。被接着材はアルミニウム合金 A2017 を使用した。接着剤には 2 液混合型アラルダイトを用いた。被接着材の接着面をエメリー紙で研磨したが、仕上げ状態を変える目的で、#1000 のエメリー紙で長手方向に仕上げるものと、#240 のエメリー紙でこれに垂直な方向に仕上げる 2 通りで行った。研磨後はアセトンで脱脂。接着面の両端にテフロンフィルムを挟み、接着層の厚みを 0.1mm に調整した。

試験機は油圧サーボ式材料試験機を使用し、変位制御により荷重 $P_{min}/P_{max}=0.05$ 、繰返し速度 2Hz の荷重を負荷した。

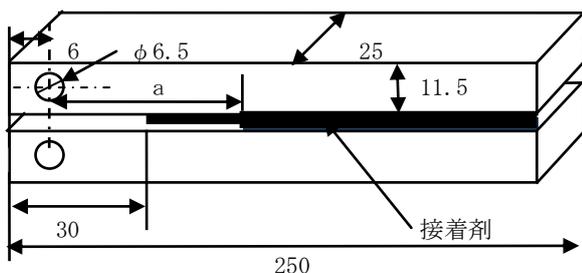


図 1 き裂付近試験片

き裂長さの測定と、各き裂長さにおけるエネルギー解放率を求めるため、クリップゲージを作製した。荷重変位曲線の比例定数であるコンプライアンスは、き裂長さの関数となるため、式(1)を用いることでき裂長さを測定することが可能となる。

$$C = \frac{2a^3}{3EI} \quad (1)$$

ここで a はき裂長さ、 E は被接着材のヤング率、 I は断面二次モーメントである。

3. 実験結果

3.1 クリップゲージによるき裂長さ測定

式(1)を利用したき裂長さ測定における誤差を確認するた

め、超音波探傷を用いたき裂長さ測定との比較を行った結果を図 2 に示す。き裂の短い時、10mm 程度の誤差が生じているが、 $a=50\text{mm}$ 以上ではコンプライアンスを用いても十分な精度でき裂長さが測定可能であった。

3.2 き裂進展速度

クリップゲージにはコンプライアンスの変化割合から式(2)を用いてエネルギー解放率 G_I を算出した。

$$G_I = \frac{4P^2}{b^2E} \left(\frac{3a^2}{d^3} + \frac{1}{d} \right) \quad (2)$$

1 サイクルあたりのき裂長さ増分である da/dN と最大エネルギー解放率 G_I の関係を図 3 に示す。

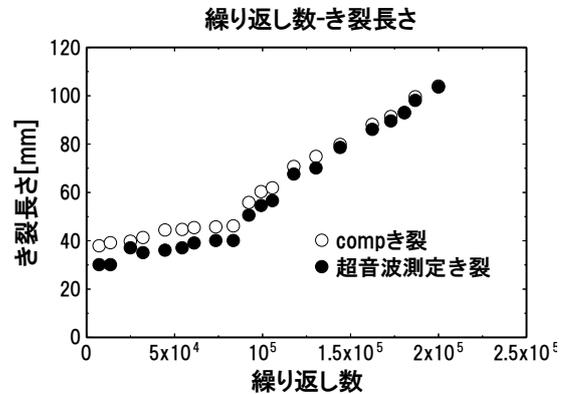


図 2 繰返し数とき裂長さの関係
 $da/dN-G_I$

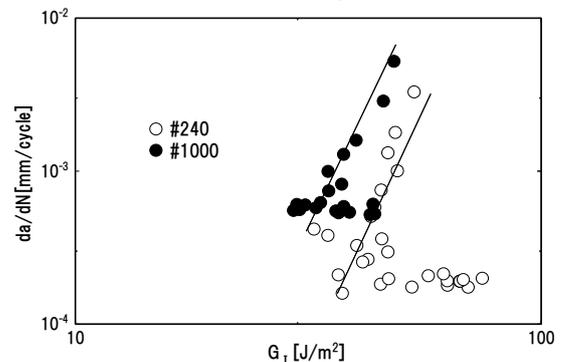


図 3 $da/dN-G_I$ 関係

一般に両者の間には指数則が成り立ち、両対数プロットで直線となることが知られているが、本実験では、指数則が成り立つのは a が 50mm 以内の範囲で、それ以上のき裂長さでは逸脱が見られる。

仕上げ状態による影響に関しては、#240 で仕上げた粗い面を接着した方が、き裂進展に対する抵抗が大きいことが分かった。

結論

- (1) 作製したクリップゲージによりき裂長さを測定することができたが、50mm 以下のき裂長さでは誤差が生じた。
- (2) 接着面の仕上げ状態はき裂進展速度に影響を及ぼし、粗い面を接着した方がき裂進展に対する抵抗が大きい。