

卒業論文要旨

エポキシ樹脂接着剤による単純重ね合わせ継手のクリープ特性

Creep properties of single-lap joints with epoxy adhesive

システム工学群

材料強度学研究室 1240019 上野 天

1. 緒言

近年、主に軽量化を目的として自動車や航空機など輸送機器の分野で用いられている接着接合は、溶接やリベット接合などの機械的接合と比較して接合部の応力集中の低減や、異種材料の接合が可能といった利点も挙げられる。一方で接着剤は粘弾性体であるため、荷重が長時間にわたり負荷された場合、ひずみが増大するクリープを生じるという問題も懸念される。特に周囲環境が接着剤強度に及ぼす影響は大きく、クリープ挙動に対してもこれらの影響を明らかにすることは、強度信頼性の観点から重要である。しかしながら、接着継手のクリープ特性についての研究は比較的少ない。

本研究では、これを介して、試験片に静荷重を負荷できるクリープ試験機を自作した。さらにこの試験機を用いて、単純重ね合わせ接着継手 (SLJ) がクリープ特性に及ぼす影響について検討した。

2. クリープ試験機の製作

本研究のため、図1に示すクリープ試験機を作製した。1:5 のてこを介して試験片に軸方向引張荷重を静的に負荷する機構となっている。荷重測定用のロードセルには LC1122-K250(容量 250 kN)を用いた。試験中の試験片伸びを測定するため静電容量型変位計(DL1-203BE-SP)を荷重軸延長上にとりつけた。また、リミットスイッチとタイマーにより破断時間を検出できるようにした。

クリープ試験中の試験片の伸び測定では、試験が長時間に及ぶため、実験室環境の温度変化が変位計出力に影響を与える。図2に周囲温度と変位計の出力の関係を示すが、両者には強い相関がある。そこで、試験中の周囲の温度を測定し、図2の関係を用いて伸びの補正を行うこととした。

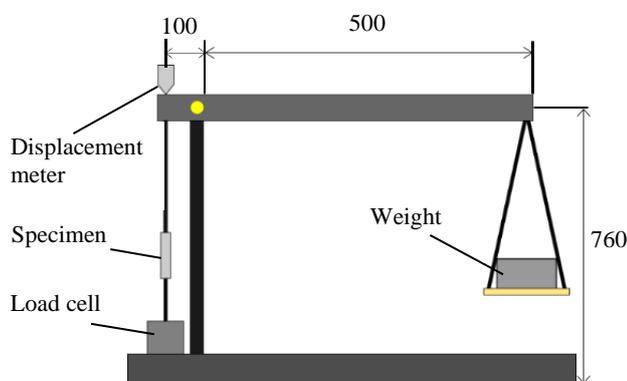


Fig.1 Schematic illustration of the creep testing machine [mm]

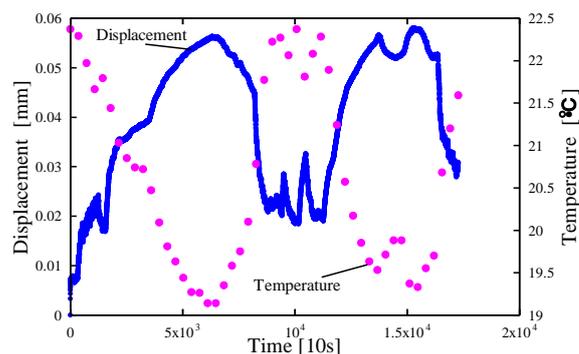


Fig.2 Relationship between ambient temperature and measured displacement

3. 材料および実験方法

3.1 材料および試験片

SLJ 試験片には被着体として A2017 アルミニウム合金を、接着剤として 2 液型エポキシ樹脂接着剤の Araldite2015 を用いた。A2017 および接着剤の機械的性質を表1に示す。

Table.1 Mechanical properties of materials

	A2017	Araldite2015
Young's modulus [GPa]	68.9	2.25
Poisson's ratio [-]	0.33	0.343
Tensile strength [MPa]	378	14.2

SLJ 試験片を被着体はクリープ試験機にピンで固定するために、被着体には治具を用いて直径 5 mm の穴を開けた。接着面を 1000 番の耐水ペーパーで研磨し、アセトンで脱脂した。主剤と硬化剤を 5.0 g 重量比 1:1 で攪拌機を用いて 5 分間 300 rpm で攪拌した。その後、真空中で 15 分間脱泡し被着体の接着面に塗布した。

治具とテフロンシートを使用して接着層厚さは 0.2 mm、および 0.5 mm で制御しながら、硬化条件 70 °C1 時間保持の条件で硬化させた。

試験片の形状および寸法を図3に示す。SLJ にはピン負荷により引張荷重を負荷する。ピン穴部には厚さ 1.5 mm のタブをつけて引張軸が一致するようにした。

3.2 クリープ試験

前述で述べたクリープ試験機を用いて、所定の平均せん断応力となるよう一定荷重を負荷し、破断するまでの時間を計測した。48 時間(172800 s)経過後も未破断の場合は、そこで試験を打ち切った。

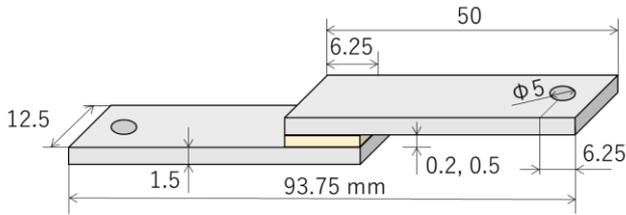


Fig.3 Dimension of SLJ specimen

4. 結果及び考察

4.1 平均せん断応力-破断時間の関係

図4に $t=0.2$ および $t=0.5$ mm のそれぞれにおける平均せん断応力 τ_{ave} と破断までの時間 T_s の関係を示す。 τ_{ave} がほぼ 12 MPa で T_s が 5×10^3 s 以下で破断したデータには接着層厚さの影響は見られない。一方、これ以上の T_s となる場合、接着層厚さの薄い SLJ の強度が若干低くなる傾向が見られた。しかしながら 48 時間で未破断のデータは広い範囲の τ_{ave} にわたって存在している。以上のように、本研究で試験した範囲においては、 τ_{ave} と T_s の間に強い相関は見られなかった。

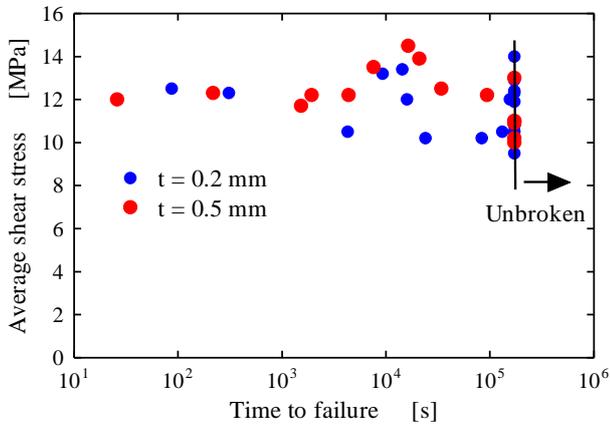


Fig.4 Relationship between average shear stress and time to failure

4.2 クリープ変形

$\tau_{ave} = 12$ MPaにおける試験中の試験片伸びと標準化した時間の関係を $t=0.2$ mm および $t=0.5$ mm のそれぞれについて図5および図6に示す。横軸は、試験開始からの時間を破断した時間 T_s で標準化して示した。

図5に示した $t=0.2$ mm の場合、伸びの変化は破断時間の長短によってその挙動が異なる。比較的破断時間が長い $T_s = 14.4 \times 10^3$ s の場合は典型的なクリープひずみの挙動、すなわち遷移領域、定常領域、最終領域が認められる。破断時間が短い場合これらの領域が明確でなくなる。特に $T_s = 310$ s の短寿命の場合クリープ変形は単調に増加している。また破断時の変形量は、 T_s の長さに関わらずほぼ 0.06mm であった。

一方、 $t=0.5$ mm の場合は、 T_s の長短に関わらず3つの領域に分けることが可能であった。また T_s の長い場合、破断時の変形量も大きくなることが分かった。変形量の最大値は $t=0.2$ mm の場合の約2倍となった。

4.3 巨視的破面

図7に $\tau_{ave} = 12$ MPaの条件下で破断した試験片破面の写真を示す。図7(a)および(b)は $t=0.2$ mm の場合の破面であるが、破断時間の長短に関わらず破壊の起点となる接着端部に被着体表面が見られ、界面が破壊の起点となっている。これに対し、同図(c)および(d)の $t=0.5$ mm の場合では、 T_s が短い

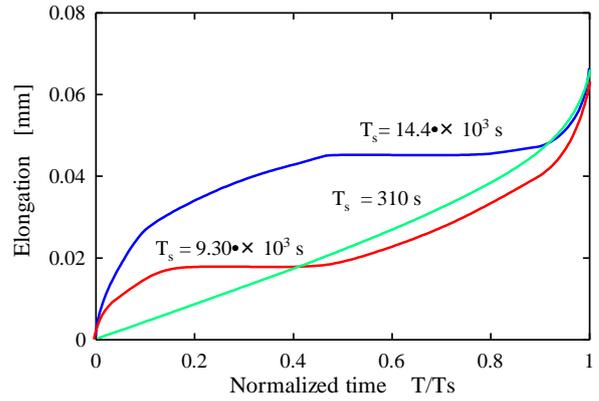


Fig.5 Elongation of SLJs with $t=0.2$ mm

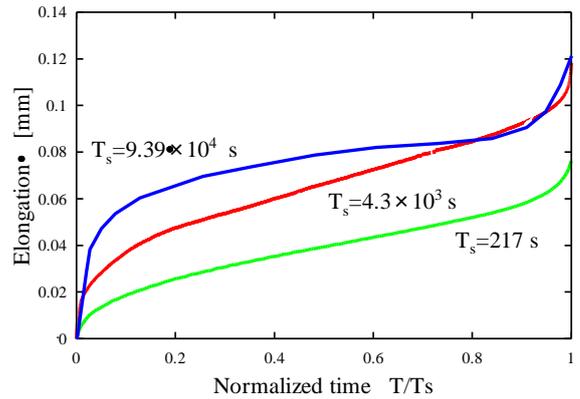


Fig.6 Elongation of SLJs with $t=0.5$ mm

ものは界面破壊であるが、 T_s が長いものは破壊の起点が凝集破壊となった破面も多く観察された。 T_s が長いものほどクリープひずみ量も大きくなり、接着剤内部で破壊が生じたと考えられる。



(a) $\tau_{ave} = 12.3$ MPa, $T_s = 310$ s (b) $\tau_{ave} = 12.0$ MPa, $T_s = 15987$ s



(c) $\tau_{ave} = 12.3$ MPa, $T_s = 217$ s (d) $\tau_{ave} = 12.2$ MPa, $T_s = 93960$ s

Fig.7 Fracture surface

5. 結言

- (1) SLJ のクリープ強度特性として、接着層厚さと破断時間との間に、明瞭な依存性は見られなかった。
- (2) 破断時間が長い場合、厚さ 0.5mm のほうが 0.2mm よりも強度が低い傾向が見られた。
- (3) $t=0.5$ mm では、 T_s が長い場合凝集破壊が観察されたが、それ以外の条件下では界面破壊が支配的であった。

文献 省略