

単純重ね合わせ接着継手部の破断挙動に及ぼす接着剤特性の影響

Effect of Adhesives Type on Fracture Behavior of Adhesive Single Lap Joints

システム工学群

機能性材料工学研究室 1100085 新屋 文隆

1. 緒言

接着接合は、ねじやリベットなどの機械的接合と比べ機械、構造物の軽量化に有利で、かつ面接合であるため応力集中が軽減される。加えて異種材料間の接合を可能にするため、特に軽量化を必要とする自動車や航空機産業を中心にその需要が高まっている。しかし、その継手部の強度特性は被着面の表面性状や接着剤の力学的特性、界面での結合メカニズムなどの条件に強く依存し複雑な問題となる。本研究では、機械的特性の異なる2種類の接着剤により接合した単純重ね合わせ接着継手(SLJ)試験片の引張り試験を行い、接着剤の特性が継手部の破壊挙動に及ぼす影響について検討した。

2. 試験片材料および実験方法

2. 1 バルク材引張試験

接着剤にはスリーボンド社の2液型アクリル系構造用接着剤 TB3921(主剤), TB3926(硬化剤) (以下 AC 材)とトーヨーポリマー社の2液型ウレタン系高強度接着剤 KA-10 (A 剤), KB-35ME (B 剤) (以下 UR 材)を用いた。

AC 材は、主剤と硬化剤を 1:1(重量比)で、UR 材は A 剤と B 剤を 1:3(重量比)で計量し混合した。各接着剤の機械的性質を求めため図 1 に示す引張り試験片を作製した。板厚 2 mm のテフロン板を所定の形状、寸法に切り抜いたものに、脱泡した各接着剤を流し込み成形した。硬化条件は室温(25±2°C)で 24 時間、60°C で 24 時間硬化させた。バルク試験片の引張り試験には万能試験機(AG100KNG, 島津製作所)を使用した。変位速度 1 mm/min で 3 本ずつ引張り試験を行った。

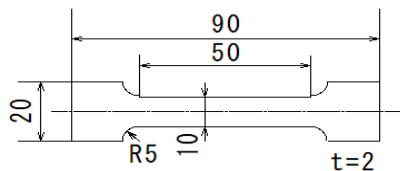


Fig.1 Dimension of bulk specimen (mm)

2. 2 SLJ 試験片

単純重ね合わせ継手試験片の寸法を図 2 に示す。被着材としてアルミニウム合金 A2017 を用いて、接着剤は前節で述べた AC 材および UR 材を同様に混合したものを用いた。接着面はエメリー紙#500 で研磨し、その後アセトンにより脱脂した。接着層厚さを $t=0.2\text{ mm}$ および $t=0.3\text{ mm}$ の 2 種類で行った。この時、所定厚さのテフロンシートを用いて t を制御した。接着剤塗布後、治具により固定し、常温で 24 時間硬化させた。硬化後はみ出した接着剤をハンドグラインダーや小刀で除去した。SLJ 試験片の破壊試験もバルク材と同様の試験機を使用した。変位速度は 0.3 mm/min とした。

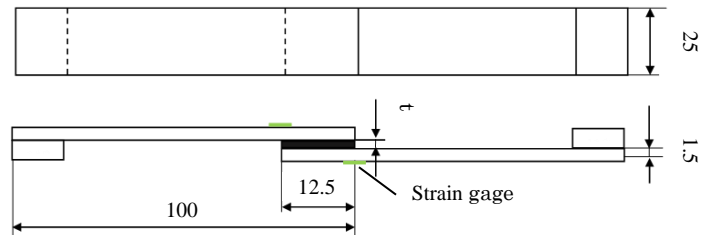


Fig.2 Geometry of SLJ specimen

3. 実験結果

3. 1 引張試験

バルク材にひずみゲージを貼付けて求めた各接着剤の材料特性を表 1 に示す。ヤング率、ポアソン比ともに UR 材が若干大きな値となっている。

引張試験における応力-ひずみ線図を AC 材、UR 材についてそれぞれ図 3 および図 4 に示した。AC 材の平均引張強さは 8.13 MPa、UR 材のそれは 10.6 MPa で静的強度は UR 剤材の方が高かった。破断ひずみは AC 材で 0.74、一方 UR 材では 0.037 と AC 材は延性に富む接着剤である。

Table.1 Material properties of adhesives

	Young's modulus	Poisson's ratio
AC	1.36GPa	0.33
UR	1.65GPa	0.37

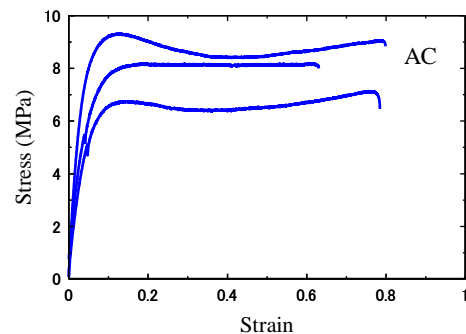


Fig.3 Stress-strain curves of AC

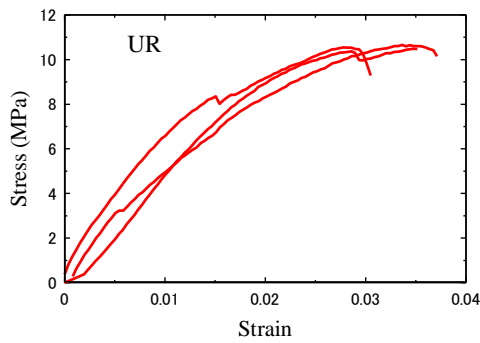


Fig.4 Stress-strain curves of UR

3. 2 SLJ 引張試験

AC材, UR材のSLJ引張り試験の結果をそれぞれ図5および図6に示す. 図5に示したAC材では接着厚さが厚いと $t = 0.3 \text{ mm}$ における平均破断荷重は $t = 0.2 \text{ mm}$ に比べ 1.2 kN 高くなった. しかしながら, 破断時の変位に大きな差は見られなかった. 一方, UR材の場合 $t = 0.3 \text{ mm}$ の平均破断荷重は $t = 0.2 \text{ mm}$ の物に比べて 0.46 kN の上昇で板厚の継手強度に及ぼす影響はAC材の方が顕著であった.

$t = 0.2 \text{ mm}$ で両材料の強度を比較するとAC材の強度はUR材の約1.8倍大きい. 試験後の破面を観察すると, 破壊はいずれの条件でも界面で生じていたため接着剤自身の強度は継手の強度にそれほど影響を与えないと考えられる. AC材は延性が高いことに加え被着材との結合性も良好であるためこのような結果になったと考えられる.

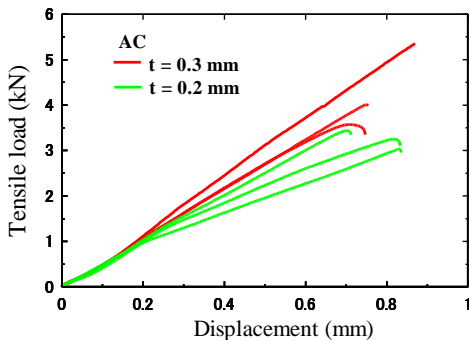


Fig.5 Tensile load-displacement curves of AC SLJ

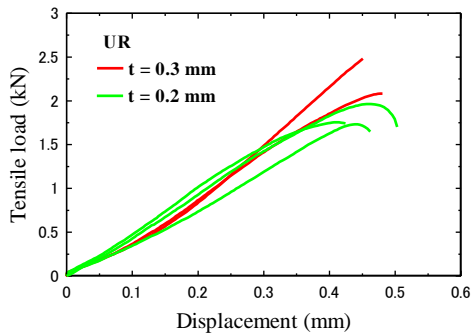


Fig.6 Tensile load-displacement curves of UR SLJ

次に図7および図8に各材料で測定した, 被着材の重ね合わせ端部裏面でのひずみとクロスヘッド変位との関係を示した. 同色2本の曲線は同一試験片での一対の被着材でのひずみを示している.

図7に示したAC材を接着厚さで比較すると同じ変位に対し最大圧縮ひずみに大きな差が見られなかった. 一方, UR材では $t = 0.3 \text{ mm}$ の場合, 最大圧縮ひずみは $t = 0.2 \text{ mm}$ に比べて32%程度大きくなった.

SLJ試験片に引張り荷重を負荷すると, 荷重軸に対し接着面の角度 θ は増加する. 図9に $t = 0.3 \text{ mm}$ における各材料の引張り荷重に対する θ の変化をプロットした. 負荷初期よりAC材の θ はUR材のそれよりも大きくなり, 破断時の変位が大きいAC材では最終的にUR材の最大値の3倍程度の θ となる.

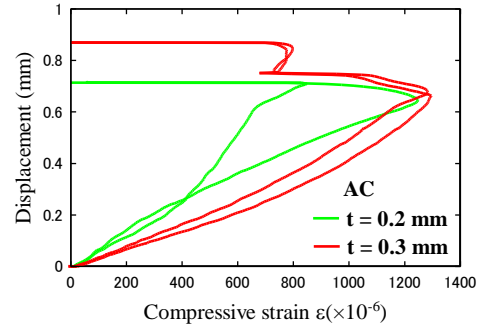


Fig.7 Displacement-compressive strain curves of AC SLJ

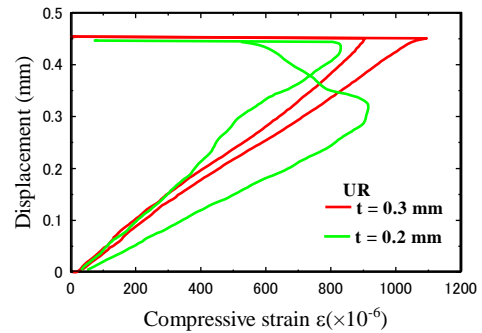


Fig.8 Displacement-compressive strain curves of UR SLJ

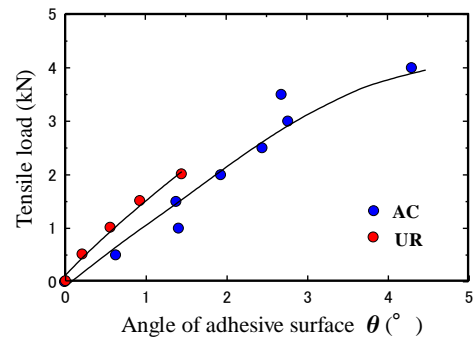


Fig.9 Change in angle of adhesive surface

4. 結論

バルク試験片を用いた引張り試験よりAC材とUR材の材料特性を得た. 材料特性からUR材に比べ, AC材は高い延性を示すことが分かった. 2つの接着剤を用いて接合したSLJの静的強度はAC材の方が大きくなった. また, AC材での接着厚さが 0.2 mm よりも 0.3 mm としたときの強度が高く, 接着層の影響が顕著であった.