

# 卒業論文要旨

## 金属—CFRP 積層板重ね合わせ接着継手の強度に及ぼす被着体の機械的性質の影響

### Effect of Mechanical Properties of Adherend on Strength of A2017-CFRP Single Lap Bonded Joints.

システム工学群

材料強度学研究室 1220140 福嶋 康起

#### 1. 緒言

近年、地球温暖化防止を目的とした輸送機器の軽量化に関する技術開発が盛んに行われている。炭素繊維強化プラスチック(CFRP)は高比弾性率、高比強度などの性質を有することから軽量化の観点で注目されてきた。しかし、CFRPのみで車体等を構成するのは困難であり、金属材料などとの異種材料間の接合が必須となっている。CFRPと金属材料間の接合方法として、接着接合が主に用いられている。接着接合は溶接や機械的接合に比べて、応力集中を低減でき、部品数の削減によって軽量化、振動減衰性の向上を図ることができる。

接着継手の強度は接着剤の強度のみにより決まるものではなく、被着体の機械的性質や接着厚さなどに依存するため、これらが継手強度に及ぼす影響を把握することが重要である。

本研究では剛性を変化させた3種類のCFRP積層板と熱処理を行うことで強度を変化させた2種類のアルミニウム合金A2017を被着体として用いて、単純重ね合わせ接着継手(SLJ)試験片を作製し、その強度特性を調査した。また、接着層の厚さを2種類に変化させた試験片についても静的引張試験を行い、継手強度に及ぼす被着体の機械的性質の影響を検討した。

#### 2. 材料および試験片

金属被着体として使用する材料はA2017でT3処理された納入材(T3材)と、T3材に対して410℃、2.5hで焼きなまし処理を行ったO材の2種類を用いた。

CFRP被着体はCFRPプリプレグシート(TR350C100S, 三菱ケミカル)を3種類の積層構成[0<sub>2</sub>/90<sub>8</sub>]<sub>S</sub>(A材)、[0<sub>4</sub>/90<sub>6</sub>]<sub>S</sub>(B材)及び[0<sub>20</sub>](C材)で積層後、130℃、2hrで加圧成形した積層板を用いた。表1に各被着体の機械的性質を示す。

接着剤は2液エポキシ系接着剤Araldite2011(HUNTSMAN)を使用した。接着剤は主剤と硬化剤を質量比5:4で混合し、真空機で30分間脱泡した。接着層の厚さは0.2mmと0.4mmとした。

被着体を所定の寸法に加工した後に、接着面をエメリー紙#500で研磨し、アセトンで脱脂を行った。治具とテフロンシートを用いて接着層の厚さを制御して、硬化させた。なお、接着層端面裏面をエメリー紙#500で研磨し、ひずみゲージ(ゲージ長2mm)を貼り付けた。SLJ試験片(接着層の厚さ0.2mm)の寸法を図1に示す。

Table.1. Mechanical properties of adherends.

	Young's modulus[GPa]	Bending rigidity[N·m <sup>2</sup> ]	0.2% proof stress [MPa]
A2017(T3)	68.9	0.52	298
A2017(O)			104
[0 <sub>2</sub> /90 <sub>8</sub> ] <sub>S</sub> (A)	40.3	0.51	
[0 <sub>4</sub> /90 <sub>6</sub> ] <sub>S</sub> (B)	67.8	0.76	
[0 <sub>20</sub> ](C)	153	1.1	

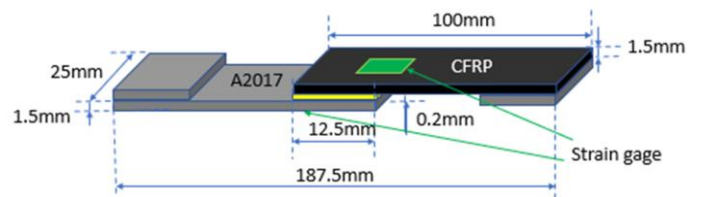


Fig.1. Dimensions of SLJ specimen.

#### 3. 実験方法

精密万能試験機(AG-100kNG)を用いて静的引張試験を行った。変位速度0.5 mm/minで荷重を負荷し、荷重とクロスヘッド変位、被着体のひずみの変化を記録した。

#### 4. 実験結果

##### 4.1. 静的引張試験

引張試験により得られた平均せん断応力(負荷荷重/接着面積)-変位曲線をA2017のT3材およびO材についてそれぞれ図2、図3に示す。(図中のtは接着層の厚さを表す)T3材、t=0.2mmについて、それぞれ3本の試験片で得られた破断時の平均せん断応力の平均値を図4に示す。CFRPの積層構成の観点から比較すると、T3材、O材いずれの場合でも、CFRPのC材を被着体として用いた場合の継手強度が最も大きく、次にB材、A材の順となって剛性が大きい被着体を用いることで継手強度が増加するということが分かった。

次にT3材とO材の比較を行うと、O材を被着体とした場合に継手強度が増加する場合がある。CFRPの剛性が小さいA材を被着体とした場合、A2017のT3材とO材とでは強度の差はあまり見られなかったが、C材を被着体とすると強度の向上が明瞭となった。これは図3に示したように平均せん断

応力が 10 MPa を超えた付近より、変位の増加が著しくなり、O 材で塑性変形が大きくなったためと考えられる。実際、破断後の被着体を調べると O 材は面外方向に最大で約 2.0 mm の永久変形が生じており、接着面に垂直な応力が T3 材に比べ大きくなったと考えられる。このため後述するように CFRP 内での層間剥離破壊が生じたと考えられる。

次に接着層の厚さについて着目すると、同じ機械的性質の被着体を用いた場合、接着層の厚さが 0.2 mm と薄い場合の継手強度が大きくなった。

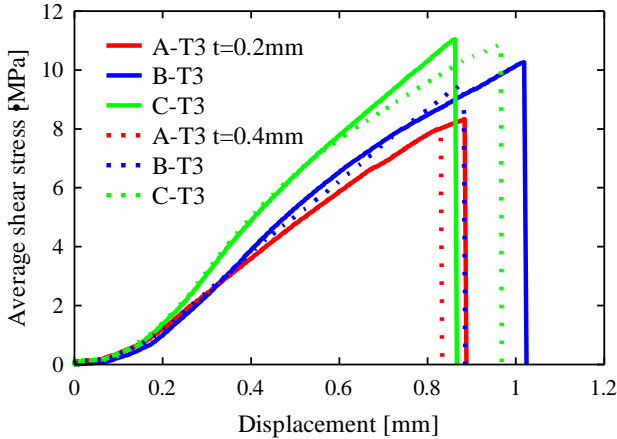


Fig.2. Average shear stress displacement curves (A2017(T3))

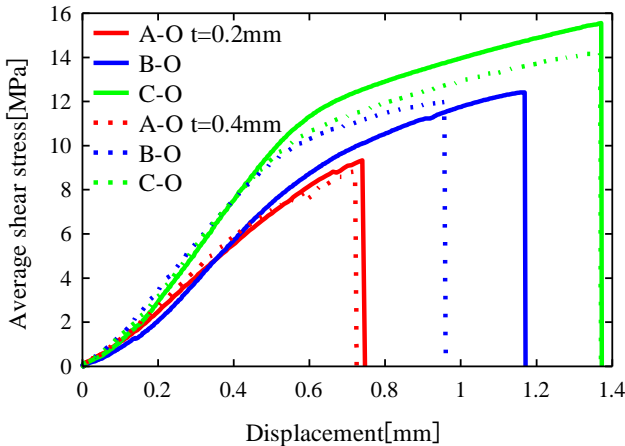


Fig.3. Average shear stress displacement curves (A2017(O))

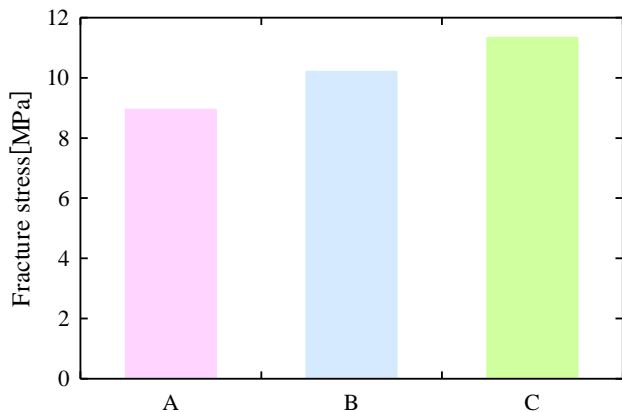


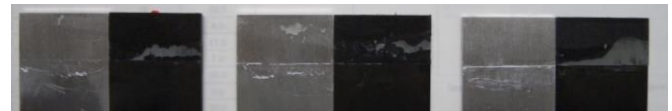
Fig.4. Fracture stress  
CFRP-Aluminum Alloy A2017(T3) t=0.2 mm

#### 4.2.破面様相

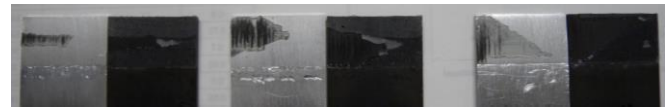
図 5 に引張試験を行い破断した試験片の破面様相を示す。図はアルミニウム合金 A2017、接着層の厚さごとに CFRP の A 材,B 材,C 材別に示している。図 5(a)および(b)に示したように T3 材を被着体に用いた場合、破壊形態は A2017 と接着剤との界面破壊であった。これに対して、同図(c)および(d)に示したように O 材を被着体とした試験片では A2017 の表面にも接着剤が付着しており、かつそこには CFRP の炭素繊維が確認された。これは、強度が低い O 材を用いたことで、大きな塑性変形が生じ、接着面に対して垂直な応力が発生したことによって、CFRP に層間剥離が生じたためと考えられる。



CFRP= A B C  
(a). A2017(T3) t=0.2 mm



CFRP= A B C  
(b). A2017(T3) t=0.4 mm



CFRP= A B C  
(c). A2017(O) t=0.2 mm



CFRP= A B C  
(d). A2017(O) t=0.4 mm

Fig.5. Fracture surfaces of CFRP-Aluminum Alloy A2017

#### 5.結言

アルミニウム合金 A2017 と CFRP 積層板の異種材料を接着接合した SLJ 試験片の静的引張試験を行い、せん断強度、破面観察から継手の強度特性に及ぼす被着体の機械的性質の影響を調査した。それにより得られた結論は以下の通りである。

- (1) 積層構成を変化させることによって剛性を変化させた CFRP 積層板を被着体として用いた場合、CFRP の剛性が大きいほど継手強度は大きくなった。
- (2) 熱処理を行うことで強度を低下させた A2017 を被着体とした場合、継手強度は大きくなった。特に CFRP の剛性が大きい場合にその効果は大きくなった。
- (3) 接着層の厚みを 0.2 mm と 0.4 mm とで比較すると 0.2 mm と薄い場合の方が継手強度は大きくなった。このことから接着層の厚さが薄いほど継手強度が増加すると考えられる。