

熱可塑性CFRPのレーザー接合技術の開発

繊維生活部 ○奥村航 森大介
機械金属部 廣崎憲一

1. 目的

熱可塑性樹脂を使った炭素繊維複合材料（以下、熱可塑性CFRP）は、高強度、軽量、短時間で成形できるという特徴から、軽量化を目指す自動車への適用が見込まれ、近年、研究開発が盛んに行われている材料である。自動車をはじめとするアプリケーションへ熱可塑性CFRPを適用しようとする場合、熱可塑性CFRPの部品同士を接合し、より大型部材へとビルドアップしていく必要がある。しかしながら、熱可塑性CFRP自体が新規な材料であるため、その接合技術が確立していないのが現状である。

そこで本研究では、レーザーを用いた局所的な加熱により熱可塑性CFRPの一部のみを溶融させ、熱可塑性CFRP部品同士を融着させる接合技術の開発を行なった。

2. 内容

2.1 レーザ接合装置

図1に本研究で試作したレーザー接合装置の概略図を示す。本装置は半導体レーザー（波長974 nm，最大出力50 W）を光源とし、レーザー発振器から照射されたレーザーを光ファイバで伝送した後、焦点距離100 mmのレンズ（ビーム径約1 mm）とガルバノミラーを経て、熱可塑性CFRP試料にレーザーを照射する装置である。試料ホルダが0.4~10 mm/sで移動することでレーザー照射位置を走査することができると共に、ガルバノミラーを介することでも、約20 mmの範囲を250 Hzでレーザーを走査することができる。

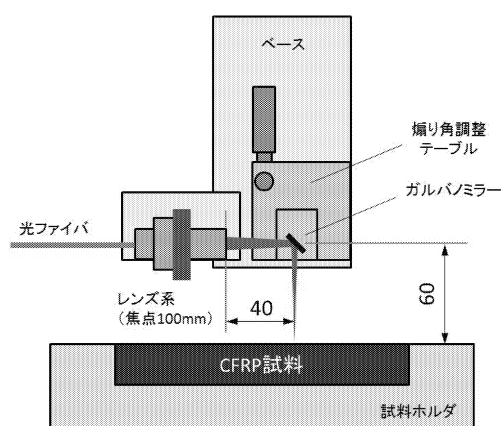


図1 レーザ接合装置の概略図

2.2 レーザ接合試験

本研究で検討したレーザー接合試験方法は以下のとおりである。まず、予め試料の縁に沿って突起を成形する。次に、突起を挟むように試料を密着・加圧した上で、試料と試料の隙間からレーザーを照射し、突起のみを溶融させる。レーザーの照射位置を試料の縁に沿って走査させることで突起部分全体を溶融させ、試料同士を接合した。本研究では、レーザーの走査方法について以下の2つの方法を検討した。

(1) 試料移動方式

試料移動方式の概略図を図2左に示す。試料ホルダを移動させることでレーザーの照射位置を走査させている。

試料温度はレーザーの出力と試料ホルダの移動速度により制御している。試料温度は図3に示すようにサーモビューアにより測定した。

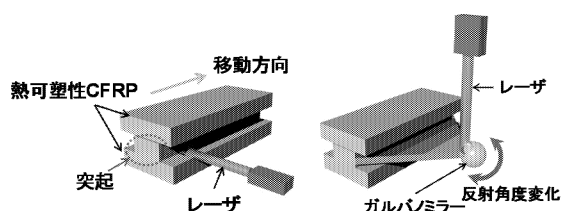


図2 レーザ照射・走査方法
(左:試料移動方式, 右:ガルバノミラー方式)

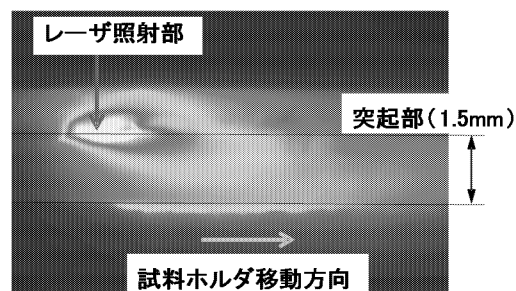


図3 サーモビューアによるレーザー照射部分の温度計測

(2) ガルバノミラー方式

ガルバノミラー方式の概略図を図 2 右に示す。ガルバノミラーはレーザーの反射角度を高速に変化させる光学系であり、レーザーの反射角度を変えることで、レーザーの照射位置を走査させている。(1)の試料移動方式と比較して、広域の突起を一度に加熱できるという特徴がある。

2.3 接合評価

試料移動方式において、種々のレーザー出力と試料移動速度を変化させた際の接合時における試料温度と接合強度の関係を図 4 に示す。試料温度が高くなるに伴い、接合強度も高くなり、母材となる熱可塑性樹脂の融点より約 30°C 高い温度で最大接合強度を示した。しかし、さらに温度が上昇すると樹脂が燃焼し、接合強度が低くなった。

試料移動方式とガルバノミラー方式で接合した後の断面写真をそれぞれ図 5 に示す。試料移動方式では突起形状が残っているのに対し、ガルバノミラー方式では突起が完全に潰れていることが分かる。これは試料移動方式だと加熱が局所的であるため、レーザーが未だ照射されていない未溶融部分が支えとなって突起が完全に潰れないのに対し、ガルバノミラーを用いると広域の突起を一度に加熱できるため、突起を完全に潰すことができると考えられる。また、試料移動方式とガルバノミラー方式での接合強度を図 6 に示す。ガルバノミラー方式での接合強度は試料移動方式と比較して約 2 倍である約 45 N/mm の接合強度を示した。

3. 結果

熱可塑性 CFRP 試料に突起を成形し、その突起にレーザーを照射し、突起部のみを溶融して接合するレーザー接合技術の検討を行なった。

その結果、レーザー出力や試料移動速度を制御し、母材樹脂の融点より約 30°C 高い温度で突起を溶かすことで最大接合強度を示すことがわかった。

レーザーの走査方法について、試料移動方式とガルバノミラー方式を検討した結果、ガルバノミラー方式の方が突起を溶融し、完全に潰すことができ、試料移動方式の約 2 倍の接合強度となった。

謝 辞

この成果は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の委託業務の結果得られたものです。

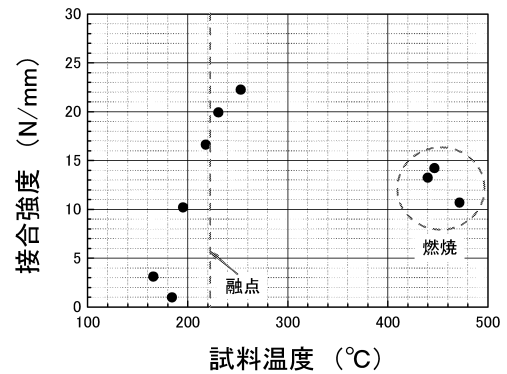


図 4 試料温度と接合強度の関係

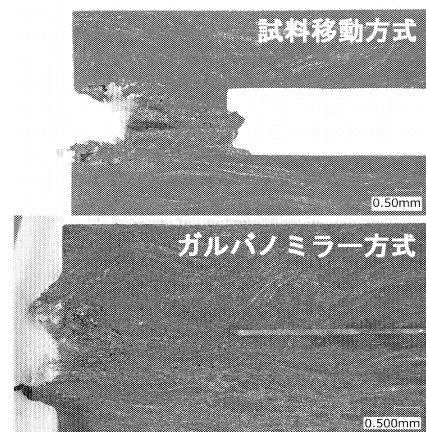


図 5 接合後の断面写真

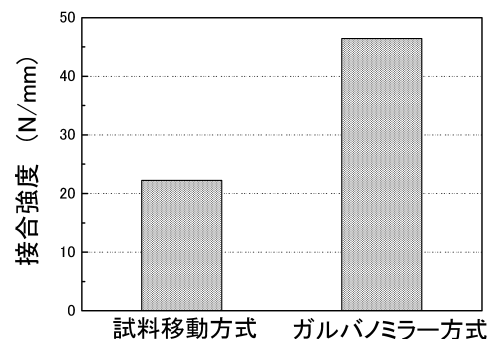


図 6 接合方式による接合強度の違い