

博士論文審査の結果の要旨

氏名	小平 裕也
学位名	博士（工学）
学位番号	甲第 746 号
論文題目	炭素繊維強化熱可塑性樹脂の熱特性を利用した異種材料接合に関する研究
論文審査委員	主査 中山 昇 榊 和彦 中村 正行 倪 慶清 邱 建輝（秋田県立大学）

（博士論文審査の結果の要旨）

本博士論文は、構造材料の軽量化・高機能化を目指して比強度の高いアルミニウム合金や炭素繊維強化プラスチック等の特性が異なる材料を併用するマルチマテリアル化の新たな技術開発として、熱可塑性炭素繊維強化プラスチックの熱による弾性回復を利用した異種材料接合を提案した内容である。

本博士論文で示している熱特性を利用して熱可塑性炭素繊維強化プラスチックとアルミニウム片の異種材料接合の技術の確立は新たな加工技術として注目されると考えられる。本異種材料接合技術は接着剤や新たな装置を必要としないため容易に普及する技術であることが特徴としてあげることができる。

第1章では、研究背景と現状のCFRTPと金属の異種材料接合技術について説明し、本研究の目的について示している。

第2章では、CFRTPの熱膨張を利用したアルミニウム合金との接合方法について、接合実験と強度評価から接合のメカニズムを明確に示している。本接合方法は、溝を形成したアルミニウム片を加熱し、加熱後にCFRTP板を挿入することでCFRTPに熱が伝わり膨張して、その加熱と加圧によってアルミニウム片と接合する方法であり、アルミニウムの溝をテーパ形状にすることで、膨張した際のCFRTPがテーパ溝に充填され、エポキシ系接着剤相当の高い接合強度が発生することを確認している。CFRTPシート単体で加熱膨張を行い、板厚増加率と負荷荷重から、CFRTP膨張時に発生する荷重を算出している。未加熱のCFRTPと熱膨張後のCFRTPの曲げ試験を行い、曲げ強度の算出を行なったところ、曲げ破壊荷重に大差は無いものの、熱膨張後のCFRTPの方が未加熱のCFRTPより曲げ破壊強さが高いことを確認している。さらに、CFRTPの熱膨張は、マトリクス樹脂が溶融した際に炭素繊維が応力開放されることに起因すると考察し、引張り試験時にテーパ面に生じる応力分布や引張り荷重の計算式を示している。

第3章では、オートクレーブを用いて、任意の温度と圧力条件でCFRTP板を成形し、接合品を製作して強度の評価を行なうことで、CFRTP板の熱膨張とCFRTP板の成形に関連性があることを明らかにしている。CFRTPの積層板をオートクレーブ成形で製作し、電気炉による加熱で、膨張による板厚増加率を算出し、さらに、加熱したアルミニウム片にオートクレーブ成形したCFRTPを挿入して接合し、オートクレーブの成形圧と、接合品の接合強度の関連性についても明確にしている。オートクレーブ成形前後の炭素繊維束のアスペクト比を算出し、成形圧力が高くなると炭素繊維束が圧縮されて長径方向に広がることを述べている。

第4章では、CFRTPの熱膨張を利用し、CFRTPを円柱状に加工したピンを用いて、同種または異種の板材を接合する方法について、接合実験と強度評価からCFRTPピンによる板材接合のメカニズムを明らかにしている。第2章で確立したCFRTPの板材による接合同様に、CFRTPを円柱状に加工したものを用意し、丸穴を開けた対の同種の金属板の接合を行ない、強度評価を行なっている。強度評価は、CFRTPピンのせん断方向に引張りせん断試験、軸方向に十字引張り試験を実施している。その結果、テーパ穴を加工した方がストレート穴より試験片の接合強度が高く、優位性を示すことを明らかにしている。

第5章では本論文で確立したCFRTPの熱膨張を利用した接合技術についてまとめ、今後の展開について述べている。第2章から第4章で述べた技術を用いて、軽量かつ強度の高い接合として自動車・航空機のマルチマテリアル化や建造物の補強などに活用できることを述べている。

申請学位論文は学術的新規性が高く、新たな異種材料接合に関する研究及び工学的にも貢献すると判断される。

本論文内容は、発表論文に基づいてまとめられており、講座の審査基準の目安を満たしている。よって、本論文は博士（工学）論文として十分な内容である。

（公表主要論文名）

論文発表（1）（レフェリー制のある学術雑誌）

- ・ Y. Kodaira, N. Kobayashi, N. Kodaira, A. Takei, N. Nakayama: Development of Joining Method by Cylindrical Pin Using Thermal Expansion of CFRTP, *Advanced Experimental Mechanics*, Vol.5, pp.110-115, (2020).
- ・ 小平裕也, 小林信彦, 小平直史, 武井敦子, 中山昇: CFRTP の熱膨張を利用した接合に及ぼすオートクレーブ成形条件の影響, *塑性と加工*, Vol.60, No.705, pp.289-294, (2019).
- ・ 小平裕也, 小林信彦, 小平直史, 西條甲一, 武井敦子, 中山昇: CFRTP の熱膨張を利用したアルミニウム合金との異種接合, *塑性と加工*, Vol.59, No.690, pp.135-140. (2018)

論文発表（2）（レフェリー制のある国際会議議事録）

- ・ Y. Kodaira, N. Kobayashi, N. Kodaira, A. Takei, N. Nakayama: Development of Joining Method by Cylindrical Pin Using Thermal Expansion of CFRTP, *14th International Symposium on Advanced Science and Technology in Experimental Mechanics*, pp. 1-6, Tsukuba, (2019).