

プレス加工によるCFRPと金属の接合技術の開発

機械金属部 ○根田崇史 森 大介 繊維生活部 奥村 航 長谷部 裕之

1. 目 的

異なる材料を組み合わせることで製品の性能向上や製造コスト削減を図るマルチマテリアル化が積極的に進められている。中でも、プレス成形が可能な熱可塑性CFRPは、軽量化と強度が要求される自動車用の構造部材としての利用が期待されているが、コスト面が問題である。その解決策として金属材料との組み合わせが検討され、その実現には接合技術が不可欠である。しかし、従来からの接合方法である接着剤は硬化時間が長いため量産に適さない。また、ボルトやリベットを用いた接合では、重量増になるといった問題がある。

本報告では、熱可塑性CFRPの板材と金属材料(アルミ)の板材をプレスによってカシめることで、ボルト等を用いず接合する技術について検討した。

2. 内 容

2.1 熱可塑性CFRPと金属の接手法

提案する接合工程を図 1 に示す。①熱可塑性CFRP板の一部を加熱し樹脂を軟化させる。次に、大きな変形を可能とするため、②熱可塑性CFRP板と金属板を重ね、加熱部の中央を打抜くことで炭素繊維を切断する。最後に、③金属板と同時に成形してカシめることで接合する。

プレス加工には機械式サーボプレス（コマツ産機㈱，H1F80），材料には板厚 1 mmの熱可塑性CFRP板（一村産業㈱，炭素繊維：T300-3k 2×2 綾織 5 層，樹脂：PA6）およびアルミ板（A5052）を用いた。

2.2 熱可塑性CFRPの加熱方法

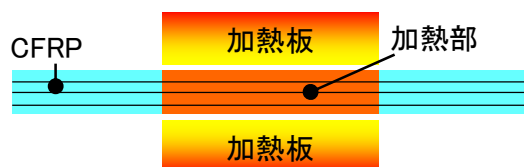
熱可塑性CFRP板の接合部のみを加熱する方法として、加熱板(φ20 mm)を押し付ける方法を採用した。また、CFRPの板厚方向の熱伝導率は小さいため、一方向からの加熱では板厚方向に大きな温度差が生じてしまう。そこで、両側から加熱することとした。

打抜きおよびカシメは樹脂が軟化している状態で作業を行う必要がある。図 2 に示す加熱板を取り除いた直後から測定したCFRP表面の温度変化から、CFRPが硬化する 220℃までの時間は約 15 秒であると推定した。

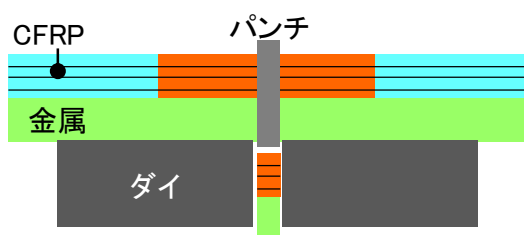
2.3 熱可塑性CFRPと金属の打抜き品質

図 2 で示した成形可能な時間内に打抜き可能であることを確認するため、ダイの穴径をφ5.0 mm，パンチ径をφ4.6 mmとし，加熱板を取り除いてから 3 秒後(推定 290℃)および 10 秒後(推定 230℃)での打抜き試験を行った。打抜き後の穴の外観を図 3 に示す。観察

① 部分加熱



② 打抜き



③ カシメ

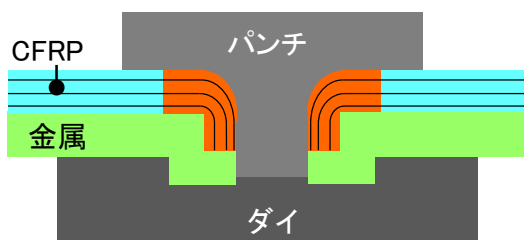


図 1 接合工程

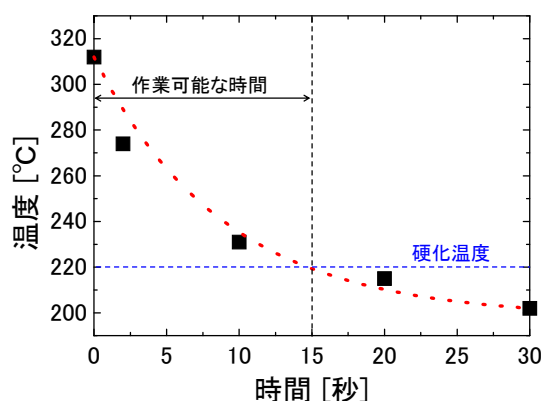


図 2 CFRP表面の温度変化

の結果、いずれの温度でもバリや周囲の変形は見られず、問題なく打抜きできることを確認した。

2.4 カシメ用金型の設計

カシメに用いる金型は、材質および板厚に応じて個別に形状を設計する必要がある。そこで、鍛造シミュレーション (DEFORM-3D) を活用し金型を設計した。パンチ先端のR寸法を例に形状を検討した結果を図4に示す。先端Rが0.5 mmの場合、CFRP側にパンチが食い込み炭素繊維の破断につながる大きなひずみが生じる。Rを3 mmまで大きくするとひずみが小さくなり破断することなく成形が可能になると判断した。その他、アルミ側に接する金型の角R寸法、パンチの突出し長さおよび金型の窪みの深さについて検討し、最終的な金型形状 (図5) を導出した。

2.5 カシメ実験

設計した金型を試作しカシメ実験を行った。なお、実験では打抜き工程とカシメ工程の間で金型交換を行う必要があり、CFRPの温度が低下してしまう。そこで、カシメ前にCFRPを再度 320℃に加熱し、その後、成形速度 60spm, 下死点保持時間1分の条件で実験を行った。

成形後の試料の外観を図6に示す。接合部に割れ等の欠陥は発見できず、プレス成形によって熱可塑性CFRP板とアルミ板を接合できることを確認した。

接合部の強度を引張せん断試験で評価した結果、 $\phi 14$ mmの接合部一カ所でのせん断強度は700Nを上回った。これは同板厚のアルミ同士のスポット溶接の規格値と同等であり、本研究で提案する接合部は実用に耐えうる強度を有していることを確認した。

3. 結果

- 1) プレス機を用いて熱可塑性 CFRP と金属をカシメにより接合できることを確認した。
- 2) 接合部はスポット溶接と同等のせん断強度を有していた。

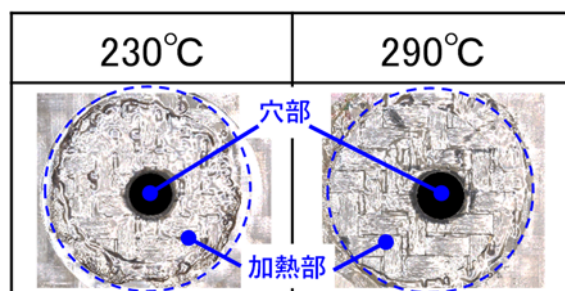


図3 打抜き穴の外観

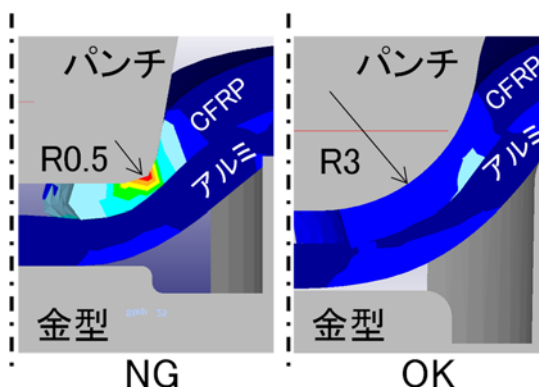


図4 パンチ先端Rの違いによるCFRPのひずみ分布の比較

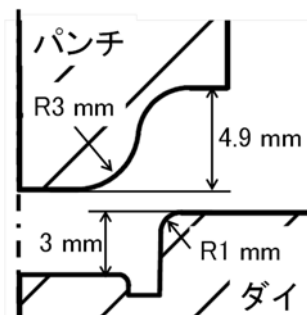


図5 金型断面形状



図6 成形後の試料外観