

# パンチングによる熱可塑性炭素繊維強化樹脂と金属の異材接合

機能素材加工課 山岸英樹 佐藤智

## 1. はじめに

プレス成形可能な熱可塑性炭素繊維強化樹脂(CFRTP)は製造・成形技術の開発が精力的に進められており、今後自動車の骨格・構造部品としての活用が急増すると予測<sup>1)</sup>されている。そのため、この新しい材料とアルミニウム合金など金属との異材接合が今後重要なものづくり基盤技術となると考えられる。

現在、摩擦重ね接合法(FLJ)やレーザ溶着法、コアキシャル抵抗溶接法、接着剤などの各種プロセスにより、金属との直接接合法が試みられているが、これらはマトリクス樹脂や接着剤の強度に支配されるため、高強度な炭素繊維強化樹脂としての性能を活かせられないでいる。本研究では、複合材本来の強度を発揮できる技術開発として、穴をあけた金属プレートにCFRTP 板材をパンチングにより差し込む機械的な締結法<sup>2)</sup>について検討した。

## 2. 実験方法

Fig. 1 に本接合法の概略を示す。パンチング加工には AC サーボプレス機を用いた。直径 15 mm の穴を設けた金属プレートの上に CFRTP を重ね(ともに電気炉で予熱済)、変位制御により直径 11 mm のパンチを挿入し押え治具とともに抜熱、樹脂を冷却硬化させる。加工条件の検討として、継手の引張せん断荷重に及ぼすパンチ挿入深さ及び下死点保持時間の影響を検討した。接合材料の組合せは、①連続繊維 CFRTP(50 × 150 × t3 mm, PA6-CF53Vol.%) × A6061(50 × 150 × t3 mm), ②射出成形 CFRTP(30 × 100 × t3 mm, PA6-CF30Vol.%) × A5052(30 × 100 × t1.2 mm), ③射出成形 CFRTP(30 × 100 × t3 mm, PA6-CF30Vol.%) × SPCC(30 × 100 × t1.2 mm)の 3 種類とした。

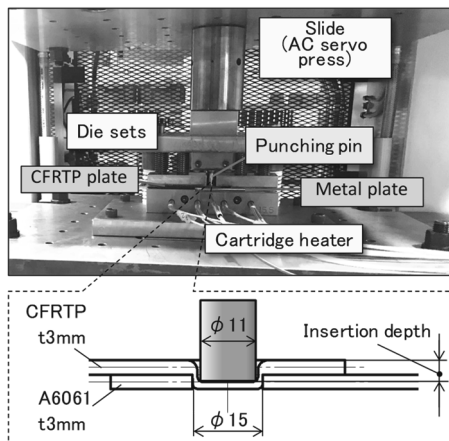


Fig. 1 Appearance of the punching mold and a schematic image of punch insertion (in case of the joining t3 mm plates between A6061 and CFRTP)

## 3. 実験結果

Fig. 2 に①連続繊維 CFRTP(t3 mm) × A6061(t3 mm)における引張せん断荷重に及ぼす(a)パンチ挿入深さ及び(b)下死点保持時間の影響、また(c)引張せん断荷重-変位曲線の例を示す。なお、連続繊維部材では炭素繊維が切れないように部分的にシワを形成することで本接合を実現した。本試験条件においては、パンチ挿入深さは 4 mm が最適と判断でき、またその条件において下死点保持時間は 30 秒程度で強度が概ね安定することが分かる。その破壊形態は、強化繊維が破断しているものであることが確認でき、複合材としての強度を発揮したものであった。

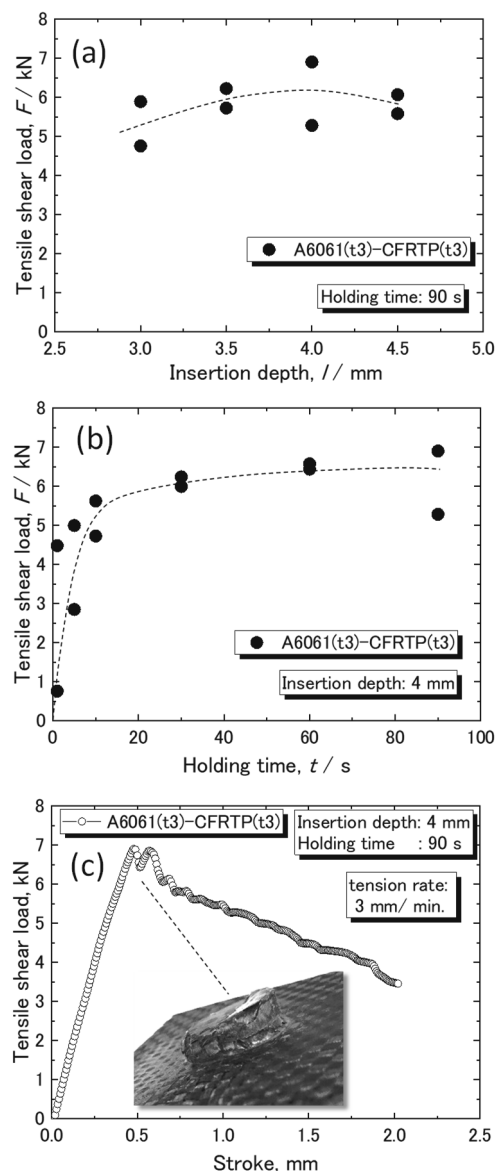


Fig. 2 Tensile shear load as a function of (a) insertion depth and (b) holding time, and a (c) tensile-test curve (A6061\_t3 mm × CFRTP\_t3 mm)

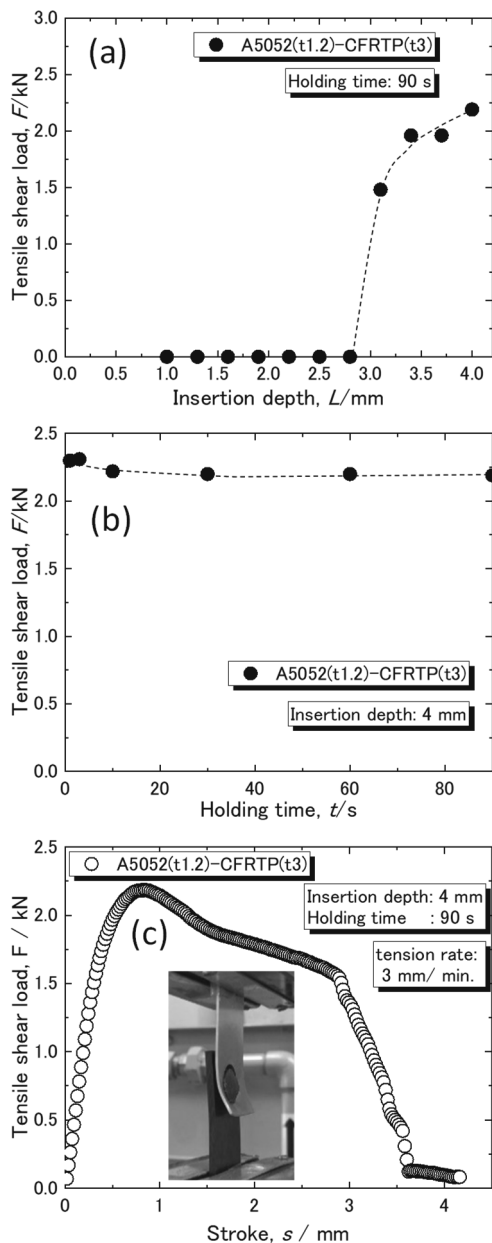


Fig. 3 Tensile shear load as a function of punch (a) insertion depth and (b) holding time, and a (c) tensile-test curve (A5052\_t1.2 mm × CFRTP\_t3 mm)

Fig. 3 に②射出成形 CFRTP(t3 mm)×A5052(t1.2 mm)における引張せん断荷重に及ぼす(a)パンチ挿入深さ及び(b)下死点保持時間の影響、また(c)引張せん断荷重-変位曲線の例を示す。引張せん断荷重は、パンチ挿入深さが CFRTP の板厚である 3 mm 以上で増加し、4 mm で最高強度となることが分かった(ここで裏当て治具に変形が生じたのでこれ以上の押し込みは行わなかった)。一方、下死点保持時間の影響は、先に示した①連続繊維 CFRTP の場合と大きく異なる挙動を示した。引張せん断荷重は保持時間に対してほぼ変化が無く、逆に 1 秒で最高強度となった。また本材は繊維に連続性がないことから、シワ部の形成は不要でその外観品質は良好となった。しかしながら破壊形態については、本実験で用いた金属プレート寸法に対してパンチ径が大きかったことにより、継手の破壊は金属プレートが塑性変形することで生じた。この結果は試験片形状が同じ③射出成形 CFRTP(t3 mm)×SPCC(t1.2 mm)においても同様で、②と③の継手の強度差は金属プレートの強度に依存した結果となった。本接合は部材同士の機械的な締結のため、樹脂と金属の強度バランスを考慮した形状設計が必要となる。以上より、射出成形 CFRTP はそもそも繊維が分断されたものであることから、連続繊維 CFRTP に比べ本法による接合時間が大幅に短いと考えられるが、適切な下死点保持時間については 1 秒でよいとは言えず、今後、CFRTP 母材破断となる条件(パンチ径調整)において確認する必要がある。

#### 参考文献

- 1) <https://www.fuji-keizai.co.jp/market/19017.html>  
(accessed 31 Mar. 2020)
- 2) 山岸英樹, 柿内茂樹, 佐藤智: 特願 2016-253467 号  
「繊維強化樹脂材と金属材料との接合構造及びその接合方法」

キーワード: パンチング、異材接合、熱可塑性炭素繊維強化樹脂、AC サーボプレス

## Dissimilar joining between carbon fiber reinforced thermoplastic and metal by punching method

Functional Material Processing Section; Hideki YAMAGISHI and Masaru SATO

Using an alternating current (AC) servo press a high-productivity and high-strength dissimilar joining between carbon fiber reinforced thermoplastic (CFRTP) and metal was achieved by punching method. This joining technology has been intended for the automobile sector, which is increasingly becoming multi-material oriented. The characteristic difference of the joining condition on the tensile-shear load between the two types of CFRTP sheets, continuous-fiber- and long-fiber reinforced, were revealed.