

卒業論文要旨

金属/熱可塑 CFRP マルチマテリアルのプレス成形に関する研究

システム工学群

高坂研究室 1240107 内藤 美海

1 緒言

近年、軽量かつ高強度な材料として CFRP(炭素繊維強化プラスチック)が注目されている。その中で自動車用 CFRP フレームは軽量化と燃費向上に大きく寄与するが、一方でコストが高く、また CFRP の供給不安問題などの課題がある。そこで、金属と CFRP を組み合わせたマルチマテリアルフレームの開発が行われているが、一般には金属と CFRP 部品を別々に製造して組み合わせることが多い。よって本研究では、大量高速生産が可能な金属/熱可塑性 CFRP(CFRTP)積層材のロール成型を最終目標とする基礎研究として、金属/CFRTP 積層材のプレス成形手法を試みた。まず金属薄板と熱可塑性平織 CF/PA66 の積層板を加熱プレスにより作製し、その成形条件を求めた。次に作製した積層板に加熱 V 字プレス成形を行い、成形条件が変形挙動に与える影響を調査した。

2 実験方法

2.1 材料および試験片

厚さ 2.0[mm]の熱可塑性 CFRTP(Tepex 製,樹脂 PA66, dynalite 201-C200(x)/50%)と、厚さ 0.5[mm]の 2 種類の金属(ステンレス(SUS430)とアルミ合金(5052, 泰豊トレーディング))を用いて図 1 に示す積層材を 2 種類作製した。CFRTP とステンレスの積層材を試験片 A, CFRTP とアルミ合金の積層材を試験片 B とする。図 1 に試験片寸法を示す。それぞれの材料を幅 30[mm], 長さ 60[mm]にカットして積層した。

CFRTP と金属の間にはそれぞれホットメルト型接着剤(アロンメルト PPET-1200, TOAGOSEI)を挟んだものと、挟まないものを用意した。また、金属板の表面をサンドペーパー(#240)で荒らしたものと、表面処理を行わないものも用意した。

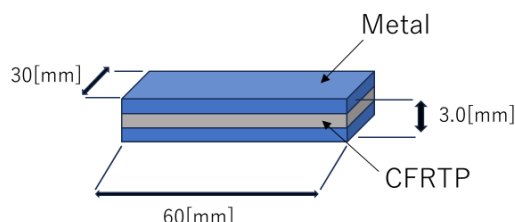


Fig. 1 Dimension of specimen

2.2 試験片成形実験

本研究では、接着剤有無と金属の表面処理有無、そして成形圧力の有無を条件として、試験片を成形した。表 1、表 2 に、成形した試験片の ID 名と成形時の処理の有無を示す。プレス無しの成形では、まず電気炉に積層した試験片を入れ、

試験片に熱電対センサ(TT-K-40)を取り付けて、試験片が 270[°C]に達するまで加熱した。また、プレス有りの場合では積層した試験片をホットプレス機に設置し、プレス圧を加えた。なお、プレスする際はホットプレスの設定温度を 300[°C]にし、プレートと試験片の間に厚さ 0.05[mm]のテフロンシートを挿入した。

Table 1 Stainless steel Molding condition

Stainless steel	Aronmelt	Surface treatment	Pressure
A-S-P	○	○	○
A-S	○	○	×
A-P	○	×	○
A	○	×	×
S-P	×	○	○
S	×	○	×
P	×	×	○
N	×	×	×

Table 2 Aluminum alloy Molding condition

Aluminum alloy	Aronmelt	Surface treatment	Pressure
A-S-P	○	○	○
A-S	○	○	×
A-P	○	×	○
A	○	×	×
S-P	×	○	○
S	×	○	×
P	×	×	○
N	×	×	×

2.3 V 字プレス実験

成形した金属/CFRTP 積層板を用いて、V 字プレス曲げ成形実験を行った。試験片に熱電対センサを CFRTP の側面に取り付け、加熱制御装置(京都工芸繊維大学, 大谷研究室)を用いて試験片全体が 280[°C]に達する時間を計測した。その後、280[°C]に達した試験片を素早くピンセットで掴み、図 2 に示すプレス装置(京都工芸繊維大学, 大谷研究室)を上下プレート温度 70[°C]に設定したホットプレスに設置し、V 字プレス実験を実施した。その後、試験片の観察を行った。

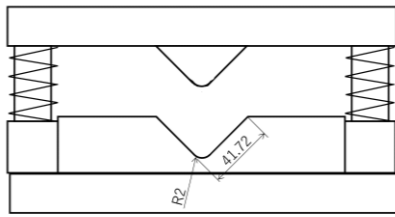


Fig. 2 V-groove press equipment.

3 結果および考察

3.1 試験片成形結果と考察

表 3 に積層材成形の実験結果を示す。金属と CFRTP が室温まで冷えた後、接着されていたものは○、接着されていなかったものには×と記す。表 3 によると、試験片 A は A-S、A 以外はステンと CFRTP が剥がれず、成形に成功した。また、試験片 B で CFRTP とアルミ合金が剥がれず成形できていたものは S、N 以外と、アロンメルトを使用している試験片が比較的成形に成功していた。さらに、成形出来なかったものはいずれも圧力をかけていないものであったことから、成形の際には圧力が必要と分かった。

次に、試験片 A の A-S、A がアロンメルトを使用しているにもかかわらず接着されていなかったことについて考えると、接着されなかった原因として電気炉で加熱中にアロンメルトが分解してしまったことと思われる。

Table3 Molding results

Stainless steel	Molding results	Aluminum alloy	Molding results
A-S-P	○	A-S-P	○
A-S	×	A-S	○
A-P	○	A-P	○
A	×	A	○
S-P	○	S-P	○
S	○	S	×
P	○	P	○
N	○	N	×

3.2 V 字プレス実験の結果と考察

実験後の試験片の一部を図 3 に示す。図の左側はステンと CFRTP が剥がれてしまった試験片 A である。右側は剥離が生じずにプレスできた試験片 B である。このように、片側が剥離した試験片が多くみられた。



P (Stainless steel/CFRTP) A (Aluminum alloy/CFRTP)
Fig. 3 Photographs of specimen

試験片 A において CFRTP とステンが図 3 の右のように剥がれずプレス成形できたものは A-P、S-P の 2 つであった。その他の試験片 A は試験片の片側または両側で CFRTP とステンの間が剥がれた。剥がれた試験片の成形条件を確認したところ、プレス成形に成功した A-P、S-P は両方とも積層材成形時に加圧したものであった。しかし、同じく成形時に加圧した試験片でも A-S-P、P では剥離が生じた。また、試験

片 B において CFRTP とアルミが図 3 の右のように剥がれずプレス成形できたものは A-S-P、A-S、A の 3 つであった。以上のことから、積層材成形時のプレス条件は、曲げプレス時の剥離の抑制とはあまり関係が無いことが分かった。

剥離が生じなかった試験片を観察したところ、剥離が生じなかった部分では図 4 のように CFRTP の層間で大きなすべりが生じていることが分かった。一方、剥離が生じた試験片では、層間滑りが生じていなかった。また、図 5 に示す様に側面から観察すると、曲げ近傍で内側の CFRTP 層が面外に座屈変形を起こし、それが金属板を剥離させていることが分かった。剥がれた試験片では CFRTP の表面があまり溶けていない物もあり、CFRTP の変形が抑制されることで大きな面外変形を生じてしまったと思われる。

これらのことから V 字プレスを成功するためには、積層材成形の際、金属と CFRTP が接着し、かつプレス時に CFRTP が面外座屈変形を起こさずに層間滑りを生じる条件が必要なのことが分かった。この条件を満たすには温度を一様にする必要があり、また試験片のサイズが限られることが予想される。

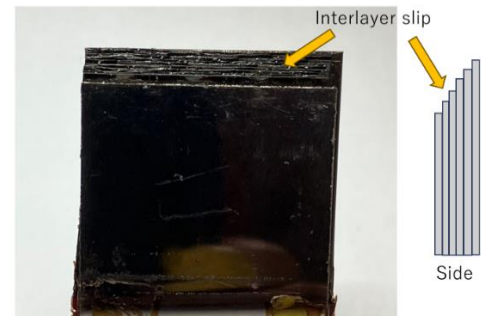
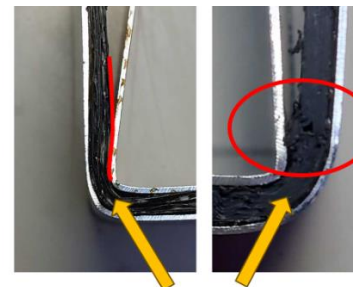


Fig. 4 Interlayer slip of specimen without delamination



Buckling deformation

Fig. 5 Out of-plane deformation of specimen with delamination

4 結言

本研究では金属と熱可塑性 CFRTP を重ね合わせたものから積層材を成形し V 字プレス実験を行い、試験片の変形挙動を調べた。

- (1) 積層材成形時、加圧した方が金属と CFRTP の接着率が高いことが分かった。
- (2) V 字プレス実験において剥離を生じさせずにプレスするには CFRTP 層の層間滑りをうまく層間滑りさせることが必要と分かった。これには材料のプレス成形中の温度を一様に保つ必要があるため、試験片のサイズがプレス成形のし易さに大きく影響すると思われる。

謝辞

本研究にて実験装置の使用にご協力いただいた京都工芸繊維大学、大谷章夫准教授に深く感謝いたします。