

CFRTP の耐雷性に関する研究

Research on the thunder resistance of CFRTP

学籍番号 70807 村上 裕馬
指導教員 高橋 淳

(平成 21 年 2 月 4 日提出)

Keywords:CFRP, CFRTP, 雷, 自動車, 導電性

1. 序論

世界のエネルギー消費量は年々増加を続けている。特に、運輸部門の大部分を占める自動車によるエネルギー消費量は途上国のモータリゼーションによる増加が確実で、早急に対策が必要である。このような中、比剛性・比強度の高い CFRP (炭素繊維強化プラスチック) を素材とした超軽量自動車の研究開発が活発となっており、なかでも、量産車への適用が有望視されている。しかし、航空機や風車のように炭素繊維製の構造物は落雷による被害を受けるため、量産車への適用のためには落雷に対する乗員の安全性保証が不可欠である。

本研究では、CFRTP 製の自動車が落雷を受けた場合の車体と乗員の被害を考察すべく、導電性、スパークを受ける臨界電圧 (以下放電開始臨界電圧) スパークを受けた場合の損傷、損傷を受けた場合のスパークの挙動について評価する。

2. 評価方法

2.1 試料

本研究での検討項目と、使用した試料を Table 1 に示す。

Table 1 Test items and specimens in this study

	A	B	C	D
Cu		○		
Fe		○		
Al		○		
BeCopper		○		
CF/PP(UD,Vf25%)	○	○	○	
CF/EP(Vf60%,15%)	○	○	○	○
CF/PLA(Vf10%,20%)	○	○	○	
CF10%/AF5%/PP	○	○		
CF20%/AF5%/PP	○	○		
CF10%/AF10%/PP	○	○		
CF20%/AF10%/PP	○	○	○	
PP				○

A: 導電性の評価

B:放電開始臨界電圧の評価

C:スパークを受けた場合の損傷評価

D:損傷を受けた場合のスパークの挙動評価

2.2 実験方法

導電性の実験は、試験片の両端に銀ペーストを塗布し、抵抗値を測定した。

放電開始電圧の評価は、最初にコッククロフト・ウォルトン回路を試作した。定量的測定にはパルス高電圧装置株式会社グリーンテクノの小型高電圧電源を利用し、試料ごとに距離を 10mm, 20mm, 30mm, 40mm, 50mm, 80mm と変えた場合の放電開始電圧を測定した。

スパークを受けた時の損傷は、SPOT WELDER を利用し、400V (500 μ F, 1000 μ F, 1500 μ F, 2000 μ F) と電気容量を変えて試料と接触させ、その損傷の径を求めた。

損傷を受けた場合の CFRTP の挙動については、試験片に直径 10mm の穴を開け、スパーク端子と穴の延長線上に導体を置いてスパークが通過するかどうかを観察した。

3. 試験結果と考察

3.1 導電性試験

それぞれの試料における抵抗値のグラフを Fig.1 に示す。金属については、金属ハンドブックの値を引用した。これらの結果から、まず、炭素繊維の含有量 (Vf) が高いほど導電性が高いということが実証された。また、ハイブリッド材で、衝撃試験後の抵抗値も測定したが、著しく抵抗値が上がっていた。つまり、衝撃による繊維破断によって CFRP の導電性は低下すると考えられる。また、また、後の試験で 80mm 付近では、臨界電圧でスパークが飛び始めると電圧を下げてでもスパークが飛び続けた。これから、CFRP には電荷を溜めやすいという性質があると考えられる。

3.2 放電開始臨界電圧試験

放電開始電圧のグラフを Fig2, Fig3 に示す。放電開始電圧は、50mm まではそれほど差が見られなかったが、80mm においては銅の値が低く、有意な差が見られた。Vf による差はあまり見られなかった。また、航空機で使われている CFRP への銅メッシュ貼り付けの効果 (Fig.5 参照) も測定

したところ、銅単体ほどではないものの、放電開始臨界電圧の低下が見られた。

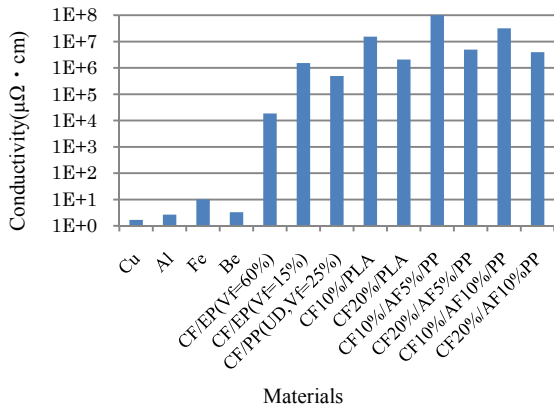


Fig.1 Conductivity of metal, CFRP and CFRTTP

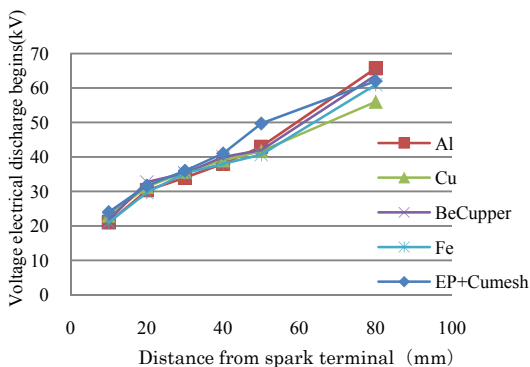


Fig.2 Voltage electrical discharge begins(metal)

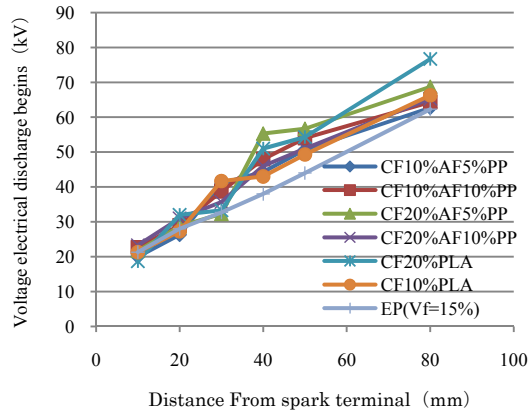


Fig.3 Voltage electrical discharge begins(CFRTP)

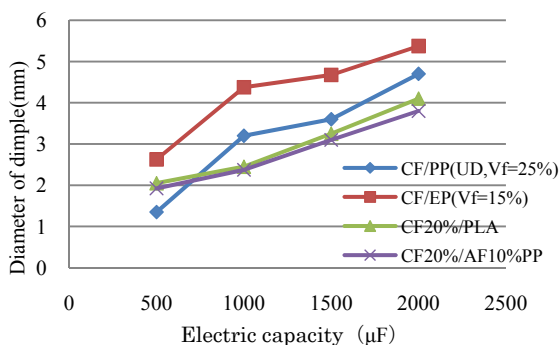


Fig.4 Diameter of dimple generated by spark



Fig.5 Spark to CFRTTP covered with copper mesh

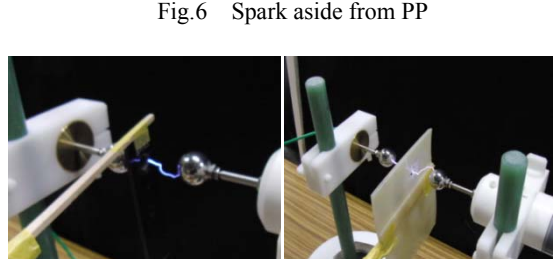


Fig.6 Spark aside from PP

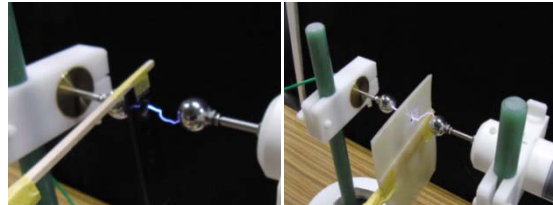


Fig.7 behavior of spark to CFRTTP with hole

Fig.8 behavior of spark to PP with hole

3.3 スパークによる損傷に試験結果

スパークによる損傷の径の大きさは Fig.4 に示されるように EP が最も大きかった。これは EP の融点が低いため、熱による影響を受けやすいことが原因であると考えられる。PLA、ハイブリッド材は比較的小さかった。一方、PP では繊維方向に大きく破損が生じており、繊維方向に導電性が高いことが実証された。

3.4 損傷を受けた時のスパークの挙動評価結果

Fig.6はPPに遮蔽されたスパークが迂回して導体に向かう写真であり、Fig.7, Fig.8 は損傷を模擬した円孔付き試験片でのスパークの挙動である。すなわち、PP の場合(Fig.8)スパークは穴を通過するが、CFRTTP の場合(Fig.7)、極限まで導体を近づけても導体にスパークが飛ぶことは無く、穴の縁にスパークが当たっていた。このことから、CFRTTP は一度目の落雷で構造に損傷は受けるものの、電荷は金属と同様に炭素繊維を伝わって車外に逃がすことができ、仮にその損傷部に再度落雷があったとしても、人間よりも導電性の良いCFRP にスパークは全て当たり、自動車の中の人間は安全であると考えられる。

4. 結論

本研究では、CFRTTP の疑似雷によるスパークに対する挙動について評価し、CFRTTP の高い導電性が乗員保護に有効に働くこと、また、マトリックス樹脂の種類によってスパークによる損傷すなわち落雷による構造健全性が大きく変わることも明らかになった。

ただし、今回取り扱った電荷は小さなものであったため、今後、実際の大きな電荷を持った雷に対して、各材料に耐性があるかどうかの試験を行う必要がある。その上で、コスト、環境性、強度などを総合的に判断しての自動車のボディに最適な素材について検討していくべきである。(紙面の都合上、参考文献は省略する)