

大電流波形発生試験装置を用いた模擬雷撃試験

○澤木弘二^{A)}

^{A)} 環境安全技術支援室

概要

近年、自動車、航空機、電波通信、医療等の工業分野で新複合材料の技術開発が目覚ましくなっている。その代表として、炭素繊維強化プラスチック（CFRP [Carbon Fiber Reinforced Plastics]）を使用した三菱スペースジェット機（旧名 MRJ）が挙げられる。航空機は通常飛行高度約1万メートル前後を飛行し、雷を作り出す積乱雲は5千メートルから1万3千メートルに現れる。従って、航空機は上下左右どの方向からでも被雷する可能性があることになる。（図1.）

民間航空機開発においては模擬雷撃試験が義務付けられており、耐雷規格 SAE ARP5412A（図2.）に適合する大電流波形発生試験装置での模擬雷撃試験を行わなくてはならない。この模擬雷撃試験は複数の波形を同時に試験供試体に印加しており、そのときの最大ピーク電流値は200kAにおよび、この試験自体は大気圧化（1013hPa）で行われている。耐雷規格 SAE ARP5412A に適合する大電流波形発生試験装置は、三菱スペースジェット機（旧名 MRJ）の開発に用いられた兵庫県の音羽電機工業のものと名古屋大学コンポジットセンター（音羽電機工業製）のもので、日本国内においては2か所の試験装置のみとなっている。

本試験装置を用いた模擬雷撃試験は、航空機以外の工業分野においても需要が拡大している。機械的強度に優れた CFRP の研究開発、CFRP 構造体および電子部品の認可申請、風力発電機のブレードのアタッチメント・ポイントの確認、自動車における耐雷規格についての基準値等の模索を行ってきている。

耐雷規格 SAE ARP5412A



図1. 航空機への被雷

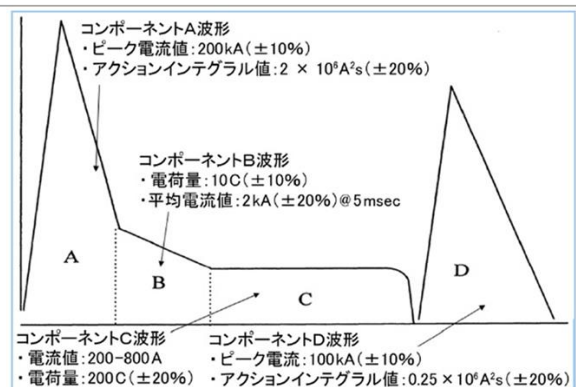


図2. 耐雷規格 SAE ARP5412A

1 装置概要

装置概観を図3、図4に示す。

1.1 コンポーネント A/D 波形発生器

コンデンサに蓄えられた電荷はギャップスイッチを用いて試験供試体に印加される。

印加される波形のピーク電流値は200kAである。発生器回路に直列にインダクタLと抵抗Rを入れ、

印加波形調整を行う。

これらのLやRの回路定数を変更することにより、コンポーネントA波形とコンポーネントD波形の切替えを可能とする。

1.2 コンポーネントB波形発生器

コンデンサに蓄えられた電荷はイグナイトロンスイッチを用いて試験供試体に印加される。

コンポーネントA/D発生器と同じく、
発生器回路に直列にインダクタLと抵抗Rを入れ、印加波形調整用に使用する。

1.3 コンポーネントC波形発生器

コンデンサに蓄えられた電荷は半導体スイッチを用いて試験供試体に印加される。

これにより、今まで不可能であった印加時間の精密な設定が可能となる。



図3. コンポーネントA/D発生器



図4. 発生器の外観

2 雷撃測定



図5. 航空機部品への雷撃測定 1

3台のオシロスコープでピーク電流値、アクションインテグラル値、電荷量等の測定を行う。

- ・波形観測のためのカレントトランス、シャント抵抗、オシロスコープ（図5.）
- ・模擬雷撃を加えるためのジェットダイバーター球と突針電極（図6.）

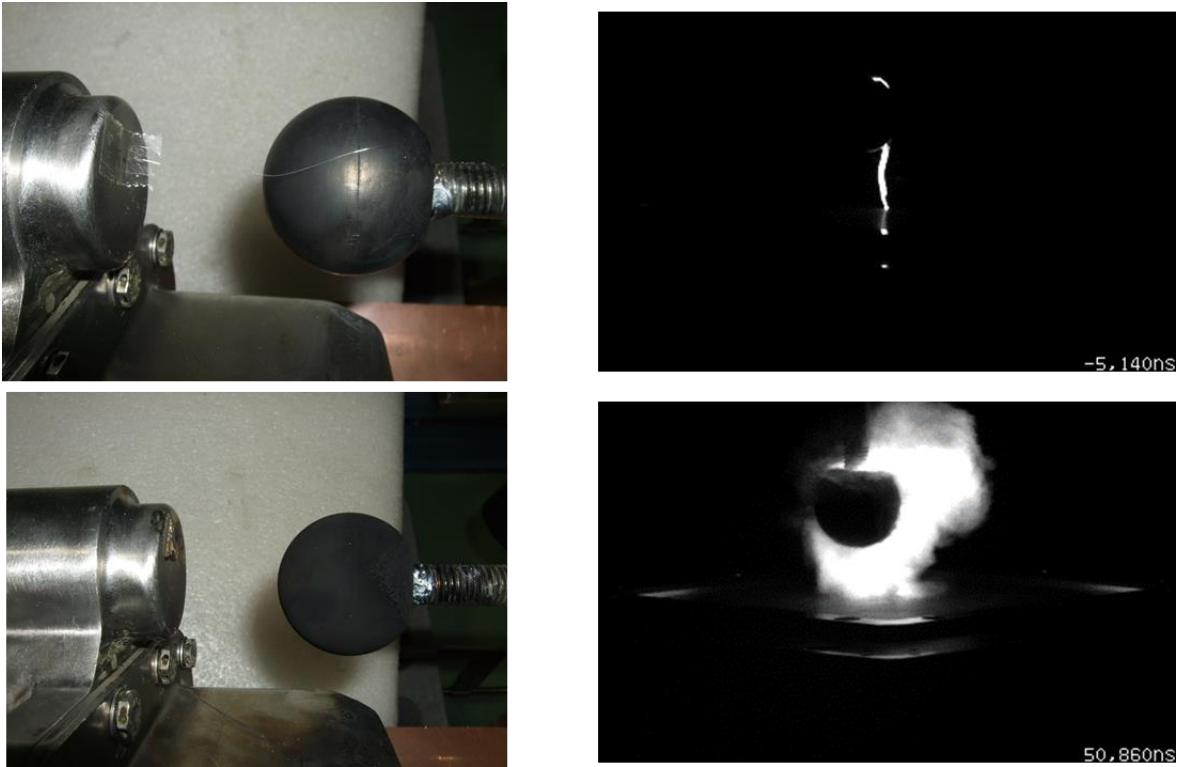


図6. 航空機部品への雷撃測定 2

3 雷撃試験の成果について

- ・特に導電性熱硬化樹脂を用いた CFRP については、2016 年から 2020 年までの 5 年の期間において、模擬雷撃試験での模擬雷撃を約 300 体実施した。
- ・模擬雷撃試験においては、模擬電電流を CFRP の意図したところへ被雷させるため、専用のジグ製作、試験毎に専用の固定台の設置を行い、大電流試験装置で発生した模擬雷電流の計測値より、その振幅、時間からピーク電流値、電流値の 2 乗の時間積分であるアクションインテグラル値、電流値の時間積分である電荷量等の算出を行った。
- ・導電性熱硬化樹脂を用いた CFRP は、2020 年度時点で、2017 年末より成形板寸法が 4 倍弱の大きさになっているが、各項目において改善され良好な

表1. 導電性熱硬化樹脂を用いたCFRPの展望

項目	2017年度末	現状（2020年度）
電撃損傷の大きさ	既存の1/5以下	雷撃試験で確認予定（現状約0.6 S/cm） ^{*1}
保存安定性	数時間	14日間以上
成形板寸法	250mm正方（ホットプレス）	400mm正方（ホットプレス、オートクレーブ）
成形温度	110℃	120℃ ^{*2}
強度、剛性（導電性付与後／導電性付与前）	N/A	評価に向けて今後調整
HTW強度（常温常湿環境に対する比率）	N/A	55% 295MPa/536MPa
HTW剛性（常温常湿環境に対する比率）	N/A	94% 49.6GPa/52.7GPa
耐溶剤強度(MEK)（常温常湿環境に対する比率）	約60%	69% 372MPa/536MPa
耐溶剤剛性(MEK)（常温常湿環境に対する比率）	約30%	91% 47.3GPa/52.7GPa

^{*1}: オープンラボ材の導電率は1 S/cm程度。
^{*2}: 120℃は設定値。バギングフィルムの上の計測点では130℃以上になっていたため、実際には125-130℃くらいで硬化している可能性あり。

データが出てきている。（表1）

4 今後の課題

- ・2019年末からの新型コロナウイルス感染症の流行による災難や危機的状况から抜け出したあと、航空産業がどのようになるかが不透明であり、模擬雷撃試験に影響が出る可能性が高い。
- ・試験件数の低下で、大電流波形発生試験装置の維持管理について影響が出る可能性が高い。
- ・雷撃後の作業環境について調査したことがないので、微粉末についてどうなっているのか等の確認。

参考文献

- [1] 民間航空機用耐雷規格に合致した大電流試験装置の開発,三菱重工技報 Vol.48 No.4(2011)
(<https://www.mhi.co.jp/technology/review/pdf/484/484062.pdf>)