

大型風車ブレードの大電流試験およびレセプタ保持強度試験結果

1. はじめに

H25年12月に、日本製鋼所 (JSW) 製大型風車J82およびJ100において、ブレード先端レセプタが脱落する事故が発生した。原因調査の結果、①レセプタを外れてブレード内部のレセプタ埋め込み部やダウンコンダクタに着雷、②熱膨張による内圧の急増によってブレード正圧面・負圧面を構成するFRP部が分離、③レセプタを保持する埋め込み部分が金属-接着剤界面より剥離、④レセプタ脱落、の順で事故に至ったものと考えられた。レセプタを外れるような着雷を100%防ぐことは困難であることから、ブレードが大きく損傷してもレセプタ保持力を維持し、脱落事故を防止するようなレセプタ構造を新たに開発した。

本対策の検証のため、電源開発殿および電力中央研究所殿の協力を得て、5月下旬に各種のブレード試験体に対する大電流試験を実施した。また、大電流試験後の試験体に対し、遠心力を模擬したレセプタ保持強度試験も実施した。以下にこれらの試験結果を報告する。

2. 大電流試験

2.1 試験体

J82-2.0向けブレードJ40aおよびJ100-2.7向けブレードJB50について、新型レセプタ構造を搭載した先端2m模擬試験体を作製した。また、ブレード貫通着雷時の内圧増加を模擬するため、密閉フランジ付きの試験体も準備した。

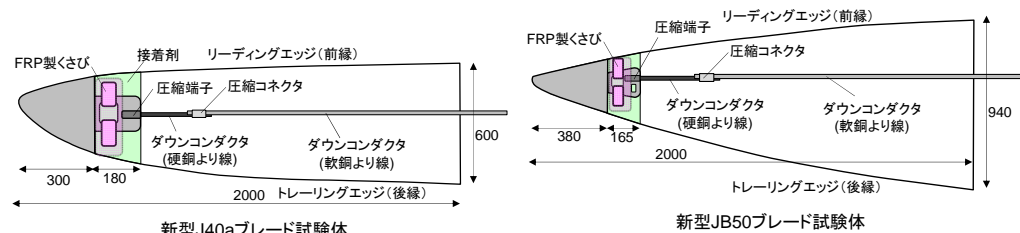


図1 ブレード先端2m試験体構造 (単位:mm)

2.2 試験方法

電力中央研究所大電力試験所(横須賀)において、下記の条件で大電流短絡試験を実施した。

- ・正電極から試験体の放電位置へ発弧用の細銅線を接続し、ダウンコンダクタ端部を負極端子と接続。
- ・ブレード内部への放電試験では、外皮に小孔を設け、発弧線を通して放電位置へ接続。また、内部湿潤状態についても調査。
- ・放電時の電流が約10kAで安定するよう調整後、直流電流を通電。
- ・目標の電荷量に達したら、通電を停止。
- ・通常カメラと高速カメラ(2000fps)で試験状況を記録。
- ・ブレード内部放電試験では、2箇所の圧力計で内圧変化を記録。

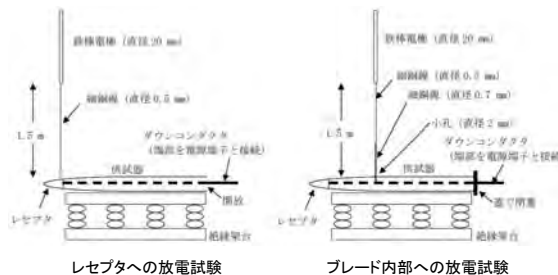


図2 大電流短絡試験構成図

2.3 試験結果

2.3.1 レセプタ放電試験

レセプタ先端およびレセプタ-FRP境界部へ、100~1500Cの電荷量の放電試験を実施した。

<結果>

- ・放電位置のアルミニウム合金製レセプタの溶損が確認された。電荷量が大きくなるほど、溶損範囲は広がる傾向がみられた。
- ・一部の試験条件では、レセプタ周囲のFRP表層に焦げが観察されたものの、いずれの試験でも大きな損傷や導通不良には至らなかった。
- ・単一の新型J40aレセプタに対し、計25回の放電(最大電荷量1500C, 合計電荷量10200C)を実施したが、耐雷機能の健全性を維持した。



図3 新型J40aレセプタ放電試験前後の外観

2.3.2 ブレード内部放電試験

ブレード内部乾燥/湿潤状態、電荷量600C/1500Cの条件で、ダウンコンダクタに着雷した場合を模擬した放電試験を実施した。

<結果>

- ・いずれの試験でも、放電開始後約10msでブレード内圧は100~300kPaに上昇し、後縁側接着部が長さ1m以上に亘って剥離した。
- ・乾燥状態で試験したブレード内面は、広い範囲でススの付着が見られたが、湿潤状態ではススの発生はわずかだった。これは、湿潤状態では水分の気化熱により、内部温度が乾燥状態よりも低く保たれたためと考えられる。
- ・放電位置のダウンコンダクタ素線は、径が半分程度になるまで溶損するケースがあった。しかしながら、いずれの試験でも導通状態は健全であった。
- ・同じ試験条件でも、J40aよりもJB50の方が開口長さが長くなる傾向が見られた。これは、JB50がJ40aよりも幅広で受圧面積が大きいためと考えられる。



放電13ms後(後縁部開口)
図4 新型J40aブレード内部、湿潤,600C放電時の高速カメラ画像



図5 新型JB50、ブレード内部、乾燥,600C放電後



図6 新型J40a、ブレード内部、湿潤,600C放電後

3. レセプタ保持強度試験

大電流試験後の試験体先端部を加工し、引張試験装置を用いて新型レセプタの保持強度を評価した。

<結果>

- ・いずれの試験体も、レセプタ本体埋込部に設けた穴の枠部から破断した。
- ・破断強度はいずれも80kNを超えた。これは、設計極値の遠心力(J40a: 4.9kN, JB50: 0.5kN)の16倍以上に相当する
- ・損傷が軽微な試験体と比較して、内部放電による損傷を受けた試験体のレセプタ保持強度の低下は見られなかった。

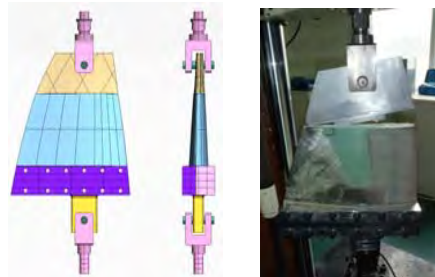


図7 引張試験図 図8 新型J40a試験体の破断状況

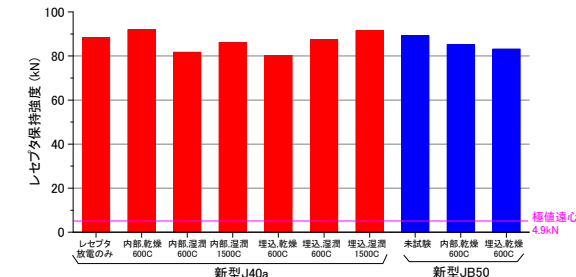


図9 各試験体のレセプタ保持強度一覧

4. まとめ

- ▶ 新型レセプタへの大電流試験の結果、1500Cの大電荷量でもブレード本体の損傷には至らず、導通状態も健全であることを確認した。したがって、レセプタに着雷する限りは、十分な耐雷性を有していると結論できる。
- ▶ ダウンコンダクタに着雷した場合を模擬した大電流試験では、内圧が短時間に上昇し、最も弱い後縁側の接着部が剥離した。放電位置の素線の径が半分程度になるまで溶損するケースがあったが、いずれの試験でも導通状態は健全であった。
- ▶ 大電流試験後の試験体先端部を切り出し、引張試験によって新型レセプタの保持強度を評価した。いずれの試験体も、レセプタ本体埋込部に設けた穴の枠部から破断した。破断強度はいずれも遠心力極値荷重の16倍を超え、80kN以上に達した。
- ▶ 以上の結果より、新型レセプタを適用することで、レセプタ脱落事故を有効に防げるものと考えられる。
- ▶ お客様のご協力を得て、強雷地域を優先して新型レセプタへ順次交換中である。H27年中には全サイト完了予定。