

洋上風力発電の保全を考慮した FRP のレインエロージョンに関する研究

日大生産工(院) ○長井 志剛 日大生産工 齋藤 敏雄
日大生産工 平田 光子 日大生産工 三友 信夫

1. 緒言

2011年に発生した東日本大震災に伴い、現在日本の多くの原子力発電所は稼働停止状態にある。原子力発電所の稼働停止直後は、電力が安定して供給されず、生活に影響を与えた。そこで、電力の安定供給のために新たなエネルギーが必要となり、近年再生可能エネルギーが注目されている。再生可能エネルギーの中でも発電効率の良さや設備コストの点から、風力発電が特に注目されている。しかしながら、風力発電の設置には、敷地面積や騒音等の問題があり、日本においてそれらの条件を満たす適地は少ない。そのため、日本において風力発電を普及させるためには、風力発電の洋上への進出が期待されている²⁾。

しかしながら、風力発電がライフラインとしての役割を担うためには、安定した電力の供給が不可欠である。安定して電力を供給するためには、保全は重要な課題の一つであり、その中でも事故を未然に防ぐ予防保全が重要である。予防保全の観点からは、対象物にどのような損傷・故障が発生するかを検討する必要がある。そのため本研究では、実際に陸上風力発電での損傷の報告例があり、発電効率等に影響すると考えられるブレードの損傷に着目する。ブレードの損傷には様々な要因が考えられるが、実際に陸上の風力発電において、砂等の固体粒子の衝突による損傷、いわゆるサンドエロージョンが報告されている³⁾。この観点から、風力発電が洋上に進出した場合には雨や波浪飛沫による損傷、いわゆるレインエロージョンの発生が考えられる。

風力発電のブレードには、主にFRPが用いられている。FRP表面には、樹脂塗料による塗装が施されており、その塗装は様々な環境要因からブレードを保護するために用いられている。そのため本研究では、FRPのレインエロージョン挙動について検討するために、FRP表面に樹脂による塗装を行った試験片を複数種類作成し実験を行い、ブレード表面の塗膜の耐エロージョン性について検討を行った。

2. 実験方法

2.1. 実験装置

レインエロージョン実験装置には、ASTM(American Society for Testing and Materials)で規格されているものがあるが、大規模かつ高価なため、市販の高圧洗浄機を用いた簡易的なレインエロージョン装置を作成した。図1に作成した実験装置の概略図を示す。

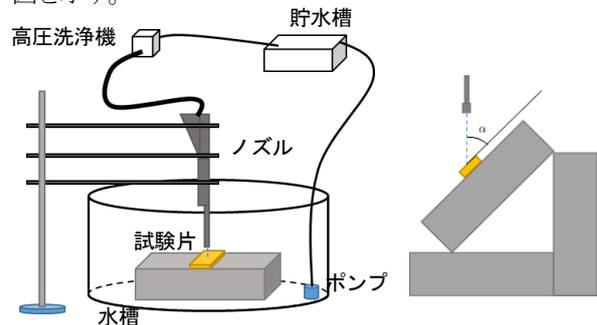


図1 実験装置概略図

2.2. 試験片

塗料を塗るFRPは、実際の風力発電ブレードを考慮し、3種類のFRP(Type A, B, C)を用いた。Type Aは、日東シンコー製のFRPであり、強化材はガラスクロスを用いた。Type B, Cは、昭和電工製のFRPで、強化材にはチョップドストランドマットを用いた。またType Bには硬質、Type Cには軟質の樹脂を用いた。

塗膜には、軟質(①)、硬質(③)の樹脂と、それぞれの樹脂にガラスフレークを添加したもの(②、④)を用いた。試験片作成時に、FRP表面をサンディングし、塗膜樹脂を塗布した。

試験片寸法は、すべての試験片で厚さ3mm、長さ100mm、幅30mmの平板状に切り出したものを用いた。また、塗膜の厚さは、Type B, C(一部Type A)には下地のFRPの性質による影響を確認するために0.1mm、Type Aには塗膜の樹脂の特徴を見るために1mmとした。

2.3. 実験条件

レインエロージョン実験の条件としては、まず流量には、用いた高圧洗浄機の最大流量である3300とし、実験ごとに流量を測定し一定の流量を確保した。試験片と水の噴射口との距離はすべての試験片

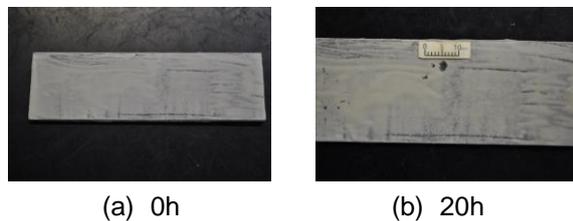
Study of rain erosion behavior of FRP

Yukitaka NAGAI, Toshio SAITO, Mitsuko HIRATA, Nobuo MITOMO

で40mmとし、衝突時間は20hとした。衝突角度については、すべての試験片で45°とした。また、各実験において、1, 5, 10, 15, 20時間の段階で試験片の表面観察を行った。

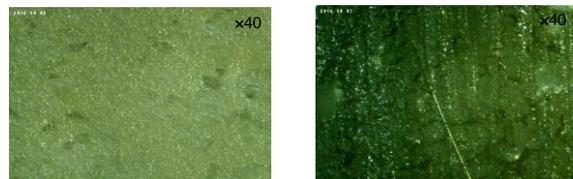
3. 結果

得られた結果より、TypeBの結果について表1に示す。得られた結果より、いずれの試験片においても、硬質樹脂にガラスフレークを添加した塗膜(④)は、他の塗膜と比較して耐エロージョン性が高いことが確認できた。なお表1下部に、各試験片の④の塗膜における結果を示す。下地のFRPの種類により、FRP表面が露出するまでの時間が異なることが確認できたが、損傷形等に大きな差はみられなかった。また、TypeB-④の試験片について、表面観察を行った結果を、図2に外観観察、図3には顕微鏡にて観察を行ったものを示す。



(a) 0h (b) 20h

図2 外観観察(Type B-④)



(a) 0h (b) 20h

図3 試験片表面 (Type B-④)

4. 考察

今回得られた結果について考察を行う。まず、硬質樹脂にガラスフレークを添加した塗膜(④)の耐エロージョン性が高い結果を示したことについては、ガラスフレークを添加したことにより、塗膜樹脂の脆性的性質が強まったものと考えられる。同様にガラスフ

レークを添加した②の試験片については、樹脂単体の塗膜よりも耐エロージョン性が向上している箇所も見られるが、樹脂自体の特性が支配的になり、衝突角度45°の場合にはFRP表面の露出に至るまでの時間が早くなったと考えられる。

また、①、③の塗膜については、エロージョン損傷が起こると、FRP表面から剥がれ落ちる現象が確認できた。これは界面の接着性によるものだと考えられる。④の塗膜に用いた樹脂は、プライマー(下塗り)に用いられる樹脂であるため、接着性に優れているため今回の実験では塗膜とFRPの界面で大きな剥離が起きなかったと考えられる。そのため、塗膜として使用する樹脂の種類によって、適切な界面処理を行うことが必要であると考えられる。

5. まとめ

本研究では、風力発電ブレード表面の塗膜の耐エロージョン性について検討を行うため、簡易的な実験装置を用いてレインエロージョン実験を行なった。その結果、今回用いた樹脂の中では、硬質樹脂にガラスフレークを添加した塗膜が最も耐エロージョン性が高いことが確認できた。また、樹脂の種類に応じた界面処理を行う必要性があることが確認できた。

参考文献

- 長田勇, 長沼二巳, 三菱重工業の風力発電—洋上風車への取り組み—, JWEA協会誌, vol35, 2011年
- 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術開発機構, 風力発電導入ガイドブック, 2008年2月改訂第9版
- M. H. Keegan, D. H. Nash, M. M. Stack, MODELLING RAIN DROP IMPACT OF OFFSHORE WIND POWER TURBINE BLADE, Proceedings of the TURBO EXPO 2012, GT2012-69175
- 長井 志剛, 森 勝史, 藤川 恭平, 三友 信夫, FRPのレインエロージョン挙動に関する研究, 日本機械学会2015年度 年次大会

表1 損傷概略表(Type B)

	1h	5h	10h	15h	20h
①	○	×	×	×	×
②	○	△	×	×	×
③	×	×	×	×	×
④	○	△	△	×	×
TypeA ④	△	△	×	×	×
TypeC ④	○	△	△	△	×
TypeA ④'	○	○	○	○	△

○: 損傷無しまたは微細なクラック △: 塗膜の剥離 ×: FRP表面の露出

① 軟質樹脂 ② 軟質樹脂+ガラスフレーク ③ 硬質樹脂

④ 硬質樹脂+ガラスフレーク ④' 硬質樹脂+ガラスフレーク(1mm厚)