

中規模陸上風車基礎の損傷調査

法政大学デザイン工学部 ○正会員 藤山知加子，学生会員 阿部亮磨

1. 研究目的

本研究の目的は、風車基礎の損傷と構造や環境との関連を調査することである。日本国内の中規模陸上風車を対象に基礎上面のひび割れ調査を行い、設計図書および稼働時間、平均風速等のデータを収集を行った。

2. 調査対象

NEDO（国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構）が2018年6月に公表した「日本における風力発電設備・導入一覧」に記載された電力発電施設より、稼働開始が2000年～2005年、設置者が地方自治体であり、定格出力が500～1000kWに該当する物から12基を対象とした（表1）。

3. 調査方法

3.1 設計図書調査

対象風車を管理する各自治体から、設計図書、施工時の写真を取得し、各風車の工事工程や基礎構造等の調査を行った。

3.2 現地調査

対象風車基礎上面のひび割れをチョークでマーキングし、クラックスケール、巻き尺を用いてひび割れ幅、ひび割れ長さの計測を行った。その後、ひび割れの位置が分かるようスケッチ、カメラによる撮影を行った（図1）。なお、長崎県諫早市、愛知県豊田市では写真撮影による現状調査を行った。

3.3 環境条件の調査、検討

対象風車周辺地域の風の強さ、風向を調査し検討を行った。

4. 調査結果

4.1 A市風力発電所

現地調査によって得られたひび割れ状況図（図2）、既往の研究より、総ひび割れ長さはイ号機で39617mm、ロ号機で34933mm、ハ号機で11215mmであった。また、稼働時間はイ号機に比べ、ロ号機は8108時間、ハ号機は12125時間（平成16年度～平成29年度）短く、大川の研究で述べられた、稼働時間の長さによってフーチング上面のひび割れが発生する可能性が高いことが今回の調査でも確認された。

4.2 B市風力発電所

基礎構造が同じ2機であったが、イ号機におけるペDESTAL上面の損傷が大きく、ひび割れ幅0.45mmに及ぶひび割れも確認された（図3）。風車建設の際の工程表より、両機ともコンクリート打設、養生が12月に行われ、養生期間が7日であったこと、試運転開始が1月下旬から開始したことが分かった。この2機は間隔120mの位置に建設されているが、両機の基礎上面の高低差は5mあり、ロ号機は比較的開けた箇所に立地していた。このことから、損傷の差は、材齢初期に風にさらされたことによる乾燥収縮および低温による強度発現の遅れ等が原因として考えられる。

表1 対象風車一覧

稼働開始年月	事業者	設置場所	定格出力(kW)	基数	調査日
2000.1	諫早市	長崎県諫早市小長井町遠竹	600	1	2018.11.14
2001.4	上越市	新潟県上越市高崎新田	600	1	2018.7.25 2018.9.25
2002.2	上越市	新潟県上越市五智園分	750	1	2018.7.25 2018.9.26
2003.2	諫早市	長崎県諫早市小長井町遠竹	600	1	2018.11.14
2003.2	上越市	新潟県上越市五智園分	750	1	2018.7.25 2018.9.26
2003.2	出雲市	島根県出雲市多伎町久村	850	2	2018.8.3 2018.9.11
2003.12	上越市	新潟県上越市名立区名立大町	600	1	2018.7.25 2018.10.12
2003.12	東伊豆町	静岡県賀茂郡東伊豆町白田吹切	600	1	2018.7.11
2005.2	豊田市	愛知県豊田市稲武町井山	600	3	2018.11.21



図1 ひび割れ調査

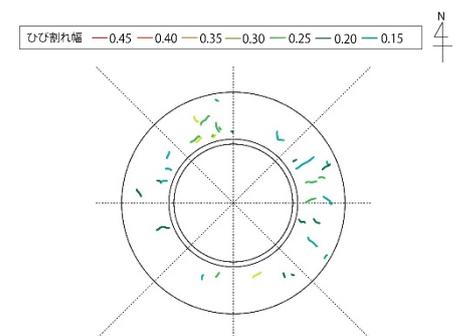


図2 ひび割れ図（A市ハ号機）

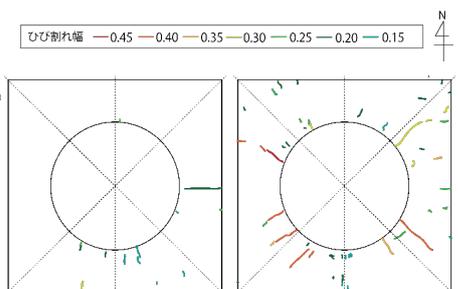


図3 ひび割れ図（B市左イ号機、右ロ号機）

キーワード：中規模風車，基礎接合部，アンカーリング，アンカーボルト，ひび割れ
連絡先：東京都新宿区市ヶ谷田町2-33 TEL 03-5228-1406

4.3 C市風力発電所

両機ともペデスタルに全幅に伸びる大きなひび割れが見られた。

また、アンカーリングと基礎との間に2号機では3mm程度、3号機では1mm程度の隙間(図4)が空いており、水を与えると浸透していく様子が見られた。このことから、基礎上面のこの大きなひび割れは、基礎がアンカーリングから圧縮力を受けたことにより発生した可能性も考えられる。

4.4 D市風力発電所

風車タワー接合部グラウト部の損傷が著しく、イ号機では、タワー内部グラウト上面で欠けが見られた(図5)。ロ号機では、グラウトとベースプレートとの間に隙間が確認された。このような損傷はタワー全周に見られたことから、風向や方位(陽当たりによる気温差)との関係は低いといえる。

5. 考察

5.1 ひび割れ長さ—ひび割れ幅関係

図6にひび割れ長さ—ひび割れ幅関係を示す。タワーから作用する力を基礎に伝達するアンカーリング方式の風車は、アンカーボルト方式のもの比べ、基礎上面のひび割れ幅が大きい傾向が見られた。アンカーリングと基礎上面との隙間、アンカーリングから伸びるひび割れが発生していたことから、この損傷の違いは、ペデスタル部がアンカーリングからの圧縮を受けたことにより発生した可能性がある。

5.2 合計稼働時間—ひび割れ面積関係

図7にA市ハ号機およびE市風力発電所における合計稼働時間—ひび割れ面積(ひび割れ長さとしひび割れ幅をかけたもの)の関係を示す。合計稼働時間とひび割れ面積との間に、既往の研究¹⁾で見られたような相関関係は見られない。E市ロ号機における稼働時間が最も短いにもかかわらず、ペデスタル上面のひび割れ面積が最も大きいことが確認された。

5.3 平均風速—ひび割れ面積関係

図8にE市における平均風速—ひび割れ面積関係を示す。稼働開始から受けた平均風速が最も小さいロ号機のひび割れ面積が最も大きい結果となった。このことから、今回の調査対象風車では、平均風速の強さによる基礎上面へのひび割れ面積への影響は少ないと考えられる。

6. 結論

- 1) アンカーリング方式の風車はアンカーボルト方式の風車に比べ、基礎上面のひび割れ幅が大きかった。アンカーリングから伸びる幅の大きなひび割れは、ペデスタル部がアンカーリングからの圧縮力により発生した可能性がある。
- 2) 風速データを得た対象5機の平均風速とひび割れ面積では相関が見られず、平均風速の基礎上面ひび割れへの影響は明確ではない。
- 3) 今回の対象風車では、稼働時間の長さは基礎上面のひび割れの長さに影響しているとは言えない。

謝辞

調査にご協力いただいた自治体関係者各位に深く感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 大川正紀, 藤山知加子, 仙頭紀明: 陸上風車基礎における振動計測とひび割れ調査, 第73回土木工学年次学術講演会講演概要集, I-292, 2018.8.



図4 アンカーリング (C市イ号機)



図5 タワー内グラウト部 (D市イ号機)

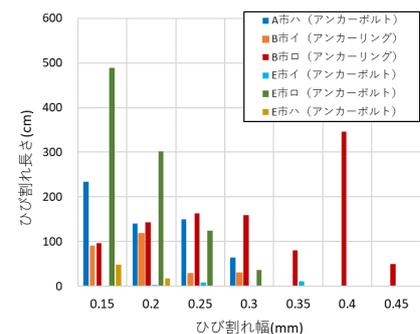


図6 ひび割れ長さ - ひび割れ幅関係

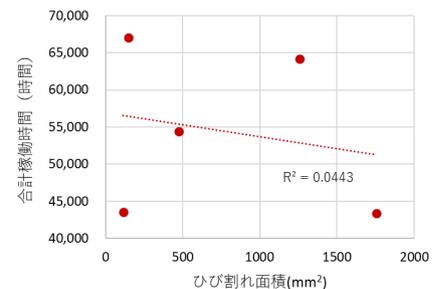


図7 合計稼働時間—ひび割れ面積関係

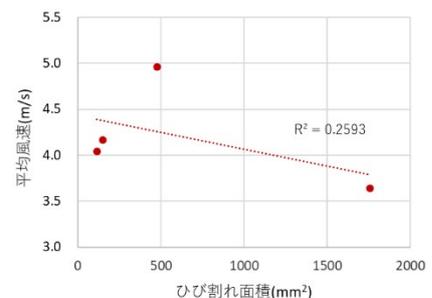


図8 平均風速—ひび割れ面積関係