#### **特集**≫ エネルギー, エネルギー施設

# 大型風車組立リフトアップ工法 「ウインドリフト」の開発

## 江 副 誉 典·三 輪 敏 明·五十畑 登

風車の大型化に伴い、従来工法では組立に 1,200 t 級クレーンが使用される。しかし、このクレーンは 台数が少なく調達が困難である。ウインドリフト(以下「本工法」という)は 1,200 t 級クレーンを使用 せずに、リフトアップ方式で風車を組立てる工法である。本工法は、クレーンの調達リスクを解消し、最 小限の施工ヤードで組立てが可能なため、造成工事量が縮減し、建設コストの削減と環境負荷の低減を実 現した。さらには、従来工法と比べて風に強いため、風による作業中止などの工程遅延リスクの軽減と安 全性の向上につながった。

今後, 風車の大型化, ハイタワー化に対応することで風力発電事業の加速化に貢献していきたい。 **キーワード**:ウインドリフト, リフトアップ工法, 大型風車組立, 建設コスト削減, 施工ヤード縮小

#### 1. はじめに

近年注目されている再生可能エネルギーを利用した 発電事業の一つとして、風力発電事業がある。風力発 電については、発電効率を高めるために大型発電機の 採用が進んできており、それに伴って風車自体も大型 化している。大型化には上空の強い風を捉えられると いう利点があるが、資材運搬や施工条件の制約なども あり、現在国内陸上用では高さが 90 m 程度である発 電容量 3 MW クラスの風車が最大となっている。

風車は複数に分割されたタワーと呼ばれる塔体,発電設備が搭載されているナセル,風を受ける3枚のブレードとブレードの軸にあたるハブにより構成されている。また,ハブとブレードが一体でローターと呼ばれている。

風車の建設には複数の施工方法があるが、ローターを地面で水平に組立て、建て起こしながらナセルへ接合していく地組工法や、ハブとブレードをそれぞれ直接ナセルへ取付けていくシングルブレード工法が一般的である。いずれの工法でも風車建設には、部材の組立てに1,200 t 級油圧クレーン(以下、超大型クレーンと記す)が必要となり、かつ広大な施工ヤードが必要になることが課題であった。

また、風車部材をリフトアップ方式で組立てる工法 は存在していたが、ローター取付け工程において、地 組みや建て起こしの為に従来工法と同じく超大型ク レーンや広大な施工ヤードが必要であった。 これらの背景から、既存のリフトアップ方式で組立 てる装置に新たにローターの建て起こし機能を備えた 本工法の開発に至った。

今回実際に秋田県三種町の三種浜田風力発電所建設 において本工法を使用し、施工したので、その成果を 報告する。

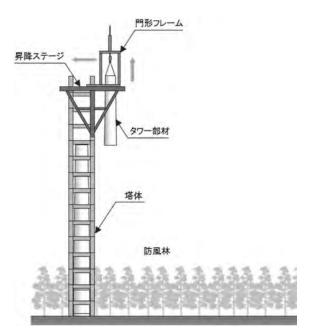
#### 2. リフトアップ方式による施工方法の概要

既存のリフトアップ方式による組立装置を使用しての施工方法を説明する。まず分割された風車タワーのうち、1本目のタワーをクレーンで据え付けた後、タワーの周囲に支柱、クライミング装置、前後に移動する門形フレームを取り付ける。図—1に装置概要を示す。

次に2本目のタワーをクレーンにて、門型フレームに吊り下げる。クライミング装置が上昇し、所定の位置で門形フレームが接合位置に移動しボトムタワーと接合する。3本目以降のタワー、ナセルも同様の組立を行う。

支柱を継ぎ足す際は、地上まで下げたクライミング 装置の油圧ジャッキで、支柱群を一体で持ち上げて空間を造り、新たな支柱群を挿入する。この作業を繰り 返し所定の高さまで本装置をせり上げる。

次工程でローターを地上で地組みし、クレーンを用いてナセル付近の高さまで揚重し、門形フレームに吊り変えてからナセルへ取付け、風車完成後に装置の解体を行っていた。



図一1 本工法概要

### 3. 本工法の開発

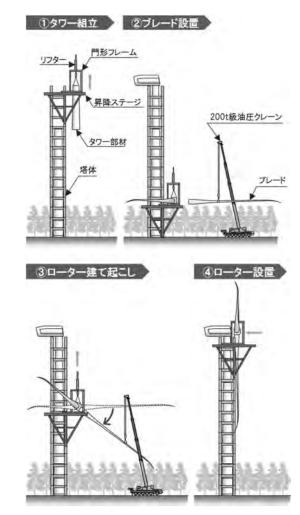
今回開発した本工法は、既存のリフトアップ方式で組立てる工法の課題を克服するために、以下の機構を追備したものである。ナセル取付けまでは既存のリフトアップ方式による施工方法と同様である。今回実施した一連の施工ステップを図—2に示す。

今回はローター地組することなく、クライミング装置上で水平状態のまま組立てることとした。立木などの障害物をかわす地上 10 m 程度で組立てることにより、地組用の施工ヤードの伐採や造成が不要となり最小限の施工ヤードで工事を行うことを可能とした。

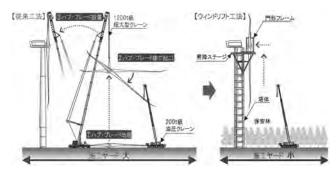
ローター組立て後は、クライミング装置による上昇とともに、門形フレーム上に設置したリフターの動力によってローターを徐々に垂直に建て起こす。所定の高さに達した後、門形フレームの水平移動によりナセルへ接合する。これにより超大型クレーンを使用することなく建て起こしが可能となった。図一3に本工法と従来工法の施工方法比較を示す。

実施工に先立ち、3DCG アニメーションを用いたローターの挙動検討および、建て起こし時の軌道確認およびブレードと門形フレームの干渉確認を目的とした実証実験を行った。実証実験では門形フレームとローター簡易模型を同尺度で再現し、地組み後から垂直に建て起こす過程の確認を行った。図―4にローターの挙動検討、写真―1に実証実験状況を示す。

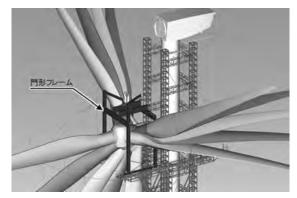
実証実験の結果,ブレードと門形フレームの干渉が 無いことや建て起し時の軌道が確認でき,実施工での 注意箇所の把握につながった。



図一2 施工ステップ



図一3 施工方法比較



図―4 3DCG アニメーションによる挙動検討

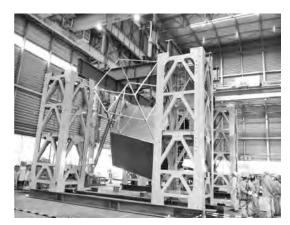
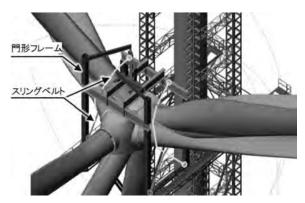


写真-1 実証実験状況

実施工では突発的な強風下も想定されるため、風による荷振れ時のブレードと本装置接触予防策として、ブレードの根元にスリングを使用して固縛処置を設置する対策を行ったため、荷振れ時の制御も安易であった。図—5にローター荷振れ対策を示す。



図―5 ローター荷振れ対策

### 4. 施工成果

本工法を用いて建設を行った三種浜田風力発電所の 工事概要および成果を以下にまとめる。工事概要を図 一6に示す。

風車組立用の揚重機は、従来工法では 1,200 t 吊クレーン相当が必要なのに対し、本工法では 200 t 吊クレーンと大幅なサイズダウンが可能となった。

施工スペースに関しては、超大型クレーンによる占有面積が減少したこと、ローターの地組みスペースが不要となることにより、従来工法では3,600 m² 必要であった施工スペースが本工法では2,500 m² で施工できた。図一7に風車建設施工ヤード比較図を示す。

風車部材のリフトアップ中は、従来工法と異なりクレーンを占有しないため、風車部材の現場受入れ用にクレーンを充てることができ、風車建設の進捗に関係なく部材輸送・受入を可能とした。

#### ■ 工事概要

:三種浜田風力発電所建設工事

工事場所:秋田県山本郡三種町

工 期:平成28年6月29日~平成29年7月31日

発注者:大林ウィンドパワー三種 概要:風力発電風車3基

風 車 :定格出力1,990kW×3基=5,970kW、ローター 直径92.5m、ローター中心までの高さ78.0m、

最高部の高さ約125.0m

基 礎:RC構造物、場所打ち杭径1,500mm(8本/基) 仮 設:道路造成980m、発電所仮設ヤード2,500m²/基



図一6 工事概要

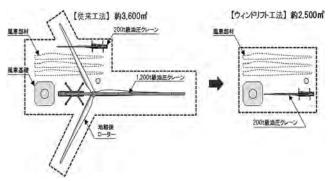


図-7 風車建設施工ヤード比較

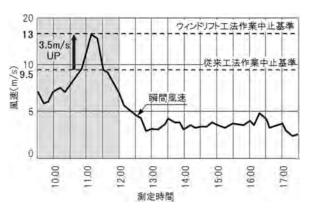


写真-2 風車部材仮置状況

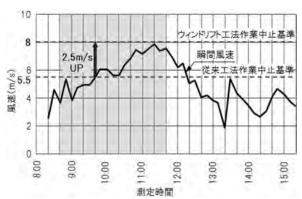
これにより、風車部材の港保管期間が従来工法で75日必要なところ、本工法では36日となり、50%程度の低減を実現した。写真—2に風車部材仮置状況を示す。

また,従来工法では,超大型クレーンを使用して高 所へ風車部材を吊り上げた状態のままでの取付け作業 となる。そのため、風の影響により工程が大きく左右されていた。具体的にはタワー、ナセル取り付け時に瞬間風速 9.5 m/秒以下で、ローター取付け時に 5.5 m/秒以下を目安に作業を行っていた。実際に本工法では、タワー、ナセル取付け時は最大で 13 m/秒、ローター取付け時は最大で 8 m/秒の突風が吹いたが、荷振れもなく安定して取り付けることができた。

ローター径が92.5 m に対して比較的強風下においても風の影響を受けにくく、安定した工程のもと施工可能であることが証明できた。図―8および図―9に本装置による作業時風速を示す。



図一8 作業時風速 (タワー, ナセル)



図―9 作業時風速(ローター)

立木の伐採や造成などの準備工事を減らすことができること、超大型クレーンが不要であること、風車組立工程と港保管期間を短縮できることから、最終的に従来工法と比べて10%程度のコスト低減を実現した。表一1に効果の比較を示す。

表一1 効果の比較

	従来工法	ウィンドリフト工法
建設コスト	1	0.9
施工ヤード 比率	1 (約3,600m²)	0.7 (約2.500m²)
組立工程	13日/基~14日/基 (風況リスク含む)	12日/基 (実績)

#### 5. おわりに

大型風車の組立てにおいて,超大型クレーンを必要とせず最小限の施工ヤードでの工事が可能な本工法ウインドリフトを開発したことにより,建設コストの削減を実現した。

建設コスト削減効果は、3 MW クラス以上の風車など発電容量が大きくなると、より顕著となる。また、より良い風況下で発電可能なハイタワー風車では、超大型クレーンでも所定の高さに届かず建設できないケースが想定される。

今後は、3 MW クラスから 4 MW クラスおよびローター径 100 m から 120 m 相当の大型風車や、ハイタワーの風車への適用を目指し、本工法の改良を行っていく予定である。

J C M A



[筆者紹介] 江副 誉典 (えぞえ たかのり) ㈱大林組 本社 機械部 技術企画課 主任



三輪 敏明(みわ としあき) (株大林組 本社 機械部 副部長



五十畑 登 (いそはた のぼる) (株巴技研 技術製品事業部