

## 해상기상탑 설계에 관한 연구

### A Study on Design of Offshore Meteorological Tower

문채주\*, 장영학\*\*, 박태식\*\*\*†, 정문선\*\*\*\*,  
주효준\*\*\*\*\*, 권오순\*\*\*\*\*, 광대진\*\*\*\*\*, 정권성\*\*\*\*\*  
Moon Chae-Joo\*, Young-Hak Chang\*\*, Tae-Sik Park\*\*\*†,  
Moon-Seon Jeong\*\*\*\*, Hyo-Joon Joo\*\*\*\*\*, O-soon Kwon\*\*\*\*\*,  
Dae-Jin Kwag\*\*\*\*\*, Gwon-Seong Jeong\*\*\*\*\*

(Submit date : 2013. 1. 23., Judgment date : 2014. 2. 7., Publication decide date : 2014. 4. 22.)

**Abstract :** A meteorological(met) tower is the first structure installed during the planning stages of offshore wind farm. The purpose of this paper is to design the met tower with tripod bucket type support structure and to install the sensors. The support structure consist of a central steel shaft connected to three cylindrical steel suction buckets which is more cheaper than monopile or jacket type. And the remote wind condition sensors and marine monitoring equipment, including adcp, pressure type tide gauge, wave height sensors, and scour sensors, remote power supply are installed. The manufactured met tower constructed on sea area which is in front of Gasa island. All of functions of met tower showed normal operation conditions and the wind data got by remote data collection system successfully.

**Key Words :** 해상기상타워(Offshore Meteorological Tower), 버킷형식 지지구조물(Bucket Type Support Structure), 해상풍력단지(Offshore Wind Farm), 해양환경(Marine Environment), 원격자료수집(Remote Data Collection)

\*\*\*† 박태식(교신저자) : 목포대학교 스마트그리드 연구소  
E-mail : tspark@mokpo.ac.kr, Tel : 061-450-6424  
\*문채주 : 목포대학교 스마트그리드 연구소  
\*\*장영학 : 목포대학교 스마트그리드 연구소  
\*\*\*\*정문선 : 목포대학교 전기공학과  
\*\*\*\*\*주효준 : 한화건설(주)  
\*\*\*\*\*권오순 : 한국해양과학기술원  
\*\*\*\*\*광대진 : (주)에드백트  
\*\*\*\*\*정권성 : (주)해바람에너지

\*\*\*† Tae-Sik Park(corresponding author) : Smartgrid Research Institute of Mokpo National University  
E-mail : tspark@mokpo.ac.kr, Tel : 061-450-6424  
\*Chae-Joo Moon : Smartgrid Research Institute of Mokpo National University  
\*\*Young-Hak Chang : Smartgrid Research Institute of Mokpo National University  
\*\*\*Moon-Seon Jeong : Dept. of Electrical Engineering College of Mokpo National University  
\*\*\*\*Hyo-Jun Joo : Hanwha Engineering & Construction  
\*\*\*\*\*O-Soon Kwon : Coastal Development & Ocean Energy Research Division of KIOST  
\*\*\*\*\*Dae-Jin Kwag : Advect Co., Ltd  
\*\*\*\*\*Gwan-Seong Jeong : HaeBaRam Energy Co., Ltd

## 1. 서 론

기후변화와 에너지 공급 확보에 대처하기 위해 최근 신재생에너지 개발, 에너지 절약 및 효율 개선등이 세계적으로 중요한 화두가 되고 있으며, 특히 신재생에너지원 중에서 풍력은 무공해 무한정 자원으로 가장 각광을 받고 있다. 특히 해상풍력은 육상풍력에 비해 에너지밀도가 높고, 단지확장의 제약과 민원소지 가능성이 적어 세계적으로 해상단지 발굴이 활발히 이루어지고 있다.

풍력산업의 선진국인 독일에서는 2030년 까지 30GW를 설치하여 운전을 계획하고 있으며, 해상풍황자원 및 바다의 환경 데이터를 측정 위해 북해 인근에서 지속적으로 데이터를 측정하고 있다. 현재 해상풍력단지가 일부 구축되어 운전 중에 있지만 해상 기상탑을 통해 지속적으로 데이터를 수집 중에 있다.<sup>1),2),3)</sup>

그림 1은 북해 인근에 설치된 FINO의 구조물을 나타낸다, FINO 1은 자켓 타입이며, FINO 2와 3은 모노파일형태로 구축되어 있다.<sup>4)</sup>

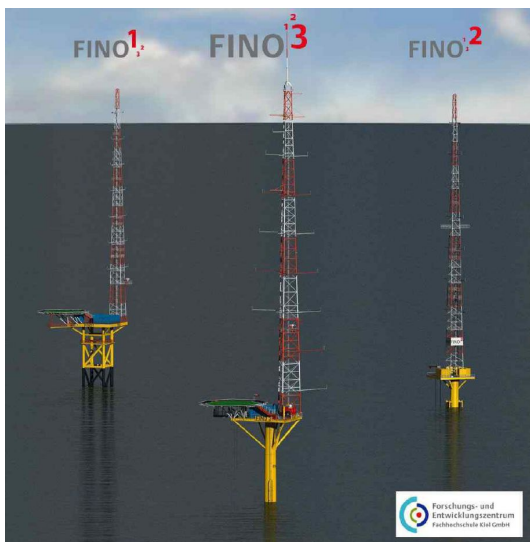


Fig 1. FINO 1,2,3 Offshore Meteorological Tower<sup>5)</sup>

국내의 경우 서남해안 2.5GW 대규모 해상풍력단지 개발을 위한 해상기상탑 해모수 1호기를 설치하여 실험역 계측을 실시하고 있다.

해모수 기상타워는 높이 약 115m의 구조물(해저 15m, 해상 100m)로 부안-영광 해역의 풍황자원과 해양환경을 조사하고 있다. 해모수를 통해 얻어지는 서해안의 풍황과 해양환경 조사결과를 모든 해역에 동일하게 적용할 수 없기 때문에 해상풍력 환경이 우수한 곳으로 확인된 곳에 해상기상탑을 통한 실험역 조사는 필수적이다.

따라서 본 논문에서는 해모수에서 남쪽으로 약 110km 떨어진 신안군 우이도 인근 지점(진도 가사도 전방)에 해상기상탑을 설치하기 위하여 하부지구조물, 상부타워, 기상측정용 계측장비, 측정된 자료를 원격송신하기 위한 모니터링 설비 등을 설계 및 제작하여 설치하고자 한다.

## 2. 선행 연구

### 2.1 자원조사

풍력자원에 대한 선행연구는 2009년 4월부터 2010년 3월까지 그림 2와 같이 신안군 우이도 죽도 섬 지역에서 조사하였으며, 측정된 1년 풍황자료 데이터를 분석하여 해상 풍황에 대한 간접평가를 수행하였다. 죽도 섬의 해발고도 53m지점에 80m높이의 기상탑을 설치하여 풍황자원을 측정하였고 측정된 풍속은 약 7.1m/s, 주풍방향은 북북서 방향으로 분석되었다.<sup>6)</sup>

또한 측정지점의 인근 해역을 대상으로 Vestas V-112 3MW급 34기를 설치 할 경우 연간 316,905.4MWh의 전력과 35.4%의 이용률이 얻어지는 것을 확인하였다.<sup>6)</sup>

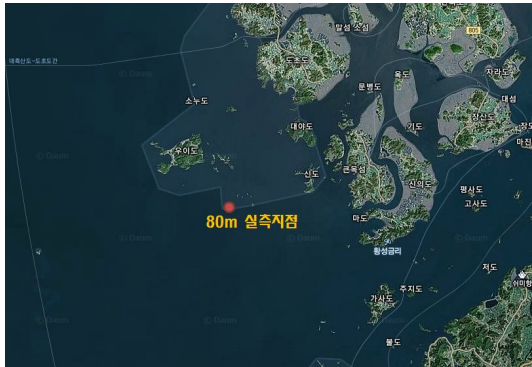


Fig 2. Installation location of 80M meteorological tower.

## 2.2 계통연계조사

해상기상탑과 가장 가까운 지역의 변전소 및 변환소를 조사한 결과 해상기상탑과 진도 육지와와의 거리는 약 24.64km, 육상에서 변환소까지의 직선거리는 6.5km로 나타난다. 변압기는 DC250kV 400MW이고, 전압은 154kV이다. 해상풍력발전단지 조성시 ESS를 연계하면 진도 변환소를 통한 계통연계가 가능할 것으로 판단된다.

## 2.3 해양환경조사

해상기상탑 설치위치의 수심은 평균 5.88m이며, 기상탑 설치위치를 기준으로 좌측은 약 25m, 우측으로 골이 형성되어 평균 37m의 수심으로 진도의 장죽수도와 연결되는 지역이다. 해상기상탑 및 풍력발전단지를 조성할 경우 연안·해양보호구역 지정 장소 제외 구역에 해당하여 해상풍력단지 조성에 제약을 받지 않는다.

## 2.4 위치선정

죽도 기상자원조사결과 연평균 7.1미터의 풍속, 30미터 이내의 완만한 수심, 계통연계 여유도 등을 고려하여 기상탑 설치위치는 그림 3과 같이 우이도 남동쪽, 가사도 서쪽방향의 수심 10미터 지역을 선정하였다. 이 해역은

소위 우이사태로 불리는 모래퇴적층으로 우측 방향이 수심 40미터의 대항로이고 좌측방향은 수심 6미터에서 완만하게 수심이 증가한다.

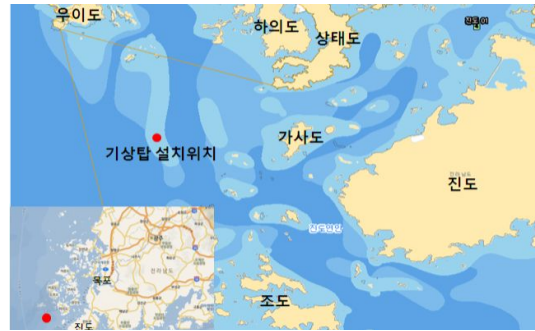


Fig 3. Installation location of offshore met tower.

## 3. 해상기상탑

### 3.1 구조물 설계

해상기초구조물은 그림 4와 같이 트라이포드 버킷 지지구조물 형태이며, 또한 각각의 버킷규격은 직경이 7.2 m에 길이 8.0 m로 한 개의 버킷당 작용하는 최대 연직하중 1,049kN, 최대 횡방향하중 633kN을 지지하도록 설계되었다. 해저지반 조사는 한국해양과학기술원에서 개발한 착저형 해양콘관입시험기를 이용하여 수행되었으며, 비교적 안정된 실트질 모래 지반으로 분석되었다.

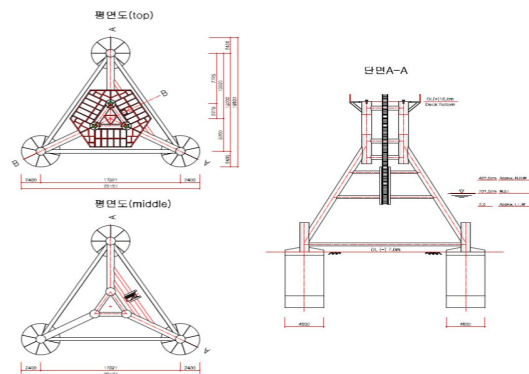


Fig 4. Drawings of bucket support structure.



본 연구에서 수행한 120m 높이의 해상 기상탑은 국내 최초 설치한 것이며, 이 해상기상탑의 이름을 Ocean MAST (Oceanographical and Meteorological Advanced Special Tower) 1호기로 명명하였다.

#### 4. 시험 및 결과분석

##### 4.1 기상 및 해양자원조사

2013년 10월1일부터 10월31일까지 10분 간격으로 해상기상탑에서 측정한 평균풍속은 7.41m/s, 최대풍속은 20.45m/s로 나타났으며, 반면 2009년 10월1일부터 10월31일까지 죽도 기상탑에서 측정한 데이터의 경우 평균풍속은 5.99m/s, 최대풍속은 19.2m/s를 나타냈다. 동일 기간의 해양환경조사 결과를 보면 유의파고는 1.8m, 첨두주기는 17s를 나타냈다.

##### 4.2 분석결과

표 1은 해상기상탑과 죽도의 풍속을 비교한 것이다. 풍향빈도를 분석한 결과 죽도는 북서에서 북북동까지의 풍향빈도와 평균풍속이 높게 나타났으나 반면 해상기상탑의 경우 남쪽의 풍향과 풍속의 영향을 많이 받은 것으로 분석되었다.

Table 1. Comparison of average wind speed data

day	Ocean MAST	Jukdo	day	Ocean MAST	Jukdo
1	4.00	5.07	17	4.57	10.03
2	9.45	9.18	18	4.56	6.04
3	11.47	5.91	19	5.30	11.98
4	6.48	4.77	20	6.32	6.45
5	6.33	3.82	21	7.31	3.39
6	7.73	7.41	22	4.20	3.83
7	6.72	8.47	23	5.94	3.13
8	12.74	7.08	24	13.51	3.10
9	5.50	4.46	25	16.69	5.30
10	3.17	4.60	26	12.60	5.98
11	8.93	4.20	27	5.94	5.83
12	5.78	3.86	28	3.16	4.43
13	4.57	5.83	29	3.00	9.24
14	4.72	7.72	30	7.59	5.52
15	14.64	3.10	31	5.18	10.09
16	11.45	5.94			

한편, 해양환경조사는 그림 8과 같이 10월의 유의파고, 첨두주기 및 평균주기를 측정하였다. 유의파고가 낮은 것은 해상기상탑 설치해역이 부분적으로 차폐된 지역이기 때문으로 판단된다.

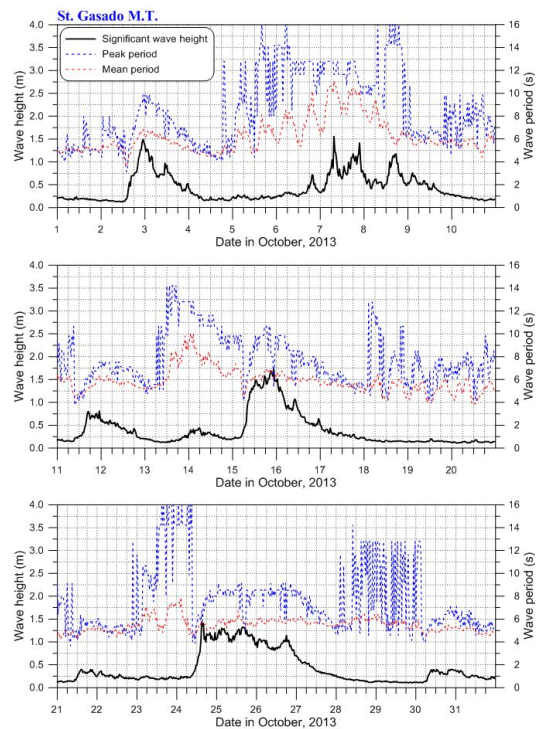


Fig 8. Charts of significant wave height, peak and mean period.

#### 5. 결론

본 논문에서는 120m높이의 해상기상탑을 설계제작하여 신안군 우이도 인근(진도 가사도 전방)에 설치하였다. 지지구조물은 트라이포드 버킷 형태이며, 해상기상탑 상부구조물은 110m 높이의 자립식 Lattice 형식으로 조립하였다. 기상자원과 해양환경을 조사하기 위하여 설치된 각종 센서와 데이터 수집장치가 정상적으로 동작하는 것을 확인하였다. 본

연구 결과 기존의 축도에서 측정된 데이터를 사용하여 설계한 해상풍력단지의 오차의 불확실성을 극복하고, 실측 데이터에 기반한 최적의 해상풍력발전단지 선정, 풍력터빈의 선정으로 단지설계의 신뢰성 향상 및 사업성 확보에 기여 할 수 있을 것으로 기대된다.

7. Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, "Second Integrated Coastal Management Plan" 2011. 10

## 후 기

본 연구는 한화건설 컨소시엄 "서남해 해상풍력 발전단지 조성을 위한 타당성조사 연구용역"과 목포대학교 스마트그리드연구소 지원으로 수행된 연구결과입니다.

## Reference

1. Ko Suk-Whan, Jang Moon-Seok, Lee Youn-Seop "The Development of Offshore Wind Resource Measurement System and Remote Monitoring System" Journal of the Korean Solar Energy Society, Vol.31, No.6, 2011
2. Lange, B. "Comparison of wind conditions of offshore wind farm sites in the Baltic and North Sea", Proceeding of the German Wind Energy Conference, DEWEK, Wilhelmshaven, Germany, 2004
3. Taut,S., "Thermal Effects in the Atmospheric Boundary Layer above the North Sea", Diplomarbeit, Universitat Oldenburg, Wind Report 2004-01, 2004
4. FINO 3 Information", <http://www.lin03.de/>
5. <http://www.kepco.co.kr/>
6. Moon-Seon Jeong, Chae-Joo Moon, Suk-Hee Lee, YI-YOON KIM, Yeong-Jung Kim, Man-Soo Choi "A Study on Composition of Offshore Wind Farm in the Southwest" The Korean Society for Marine Environment and Engineering, 2012.11, 460-460