

# 2MW급 해상풍력발전기 FOUNDATION 설치공사 설계사례

## The Design Example of 2MW Wind Turbine Foundation

박성용†·이동일\*·김종재\*\*

Park, Sung Yong, Lee, Dong Il and Kim, Jong Jae

### 1. 서 론

1970년대 석유과동 이후 국내 풍력발전기술연구가 시작되었으며, 1988년 ‘대체에너지개발촉진법’의 제정 이후 본격적인 기술개발이 이루어졌으나 학술적인 연구에 집중되었다. 2008년 현재 대관령과 제주도에 2MW급 육상풍력발전기가 시험 운영 중이다. 본 과업은 우리나라 최초로 건설될 해상풍력발전기의 foundation에 대한 설계로 제주도 월정리 앞 1.5km 해상풍력 발전 단지 내 2기의 2MW급 해상풍력발전기에 대한 타워 및 해상기초(자켓)를 과업범위로 하여 추진되었다.

### 2. 설계조건 및 개요

#### (1) Site conditions

육상에 설치되는 풍력발전기와는 달리 해상풍력발전기의 경우 바람뿐만 아니라 해수라는 현장요건이 추가되어 여러 설계요인들이 상호 복잡하게 작용하는 특징이 있어 이를 충분히 반영한 설계가 이루어져야한다. 다음 표.2.1은 다양한 현장요건 중 대표적인 사항에 대한 정리이다.

표 2.1 설계조건

요 인	설계시 고려된 항목(대표값)
바람	최대 10분 평균풍속:52.8m/s(재현주기 50yr) 연간 10분 평균풍속:6.56m/s
파도	최대 파도높이:15.41m(재현주기 50yr) 연간 평균파도높이:1.094m
조류	최대 조류속:3.8m/s, 연평균조류속:0.85m/s
수위	HAT:2.578m, MSL: 1.289m, LAT:0m
수심	발전기 1: 20.7m, 발전기 2:17.7m
그 외조건	지진: 지진구역계수(II), 지반계수(S)=1.0 운반선박충돌, Marine growth 등

† 교신저자; (주)유신코퍼레이션 구조부  
E-mail : Y13163@yooshin.co.kr  
Tel : (02) 6202-0518, Fax : (02) 6202-0599

\* (주)유신코퍼레이션 구조부 상무이사

\*\* (주)유신코퍼레이션 구조부 부장

#### (2) 설계개요

설계는 해상풍력발전기의 타워 및 기초구조물(자켓)설계에 대한 국내시방서 및 설계지침 없으므로 세계적인 해상구조물 인증회사인 DNV(DET NORSKE VERITAS)의 해상풍력발전기구조물에 관한 규정을 기본으로 관련된 외국시방서를 참조로 하여 수행하였다. 구체적으로 설계방법은 극한한계상태와 피로한계상태로 구조물을 평가하는 한계상태설계법을 따랐다. 각각의 한계상태에 대한 하중의 정의 및 하중조합은 DNV에 정의된 Environmental load and Load Combination를 따랐다. 구조해석은 파도와 바람 및 조류 등의 하중효과를 상호 의존적으로 구조물에 적용하며 바람에 따른 풍력발전기의 상태(전력생산, 고장, 시동, 제동 등)가 구조해석과정에 포함되어야 함으로 각각의 하중상태 및 효과를 동시에 적용하는 직접시물레이션 방법(Design by Direct Simulation of combined load effect of simultaneous load processes)으로 구조해석을 수행하였다. 해석에 사용된 프로그램은 Garrad Hassan and Partners Limited의 GH Bladed ver3.80을 사용하였다.

### 3. 실시설계

#### (1)구조계획

##### 1)타워

해상풍력발전기 지지구조물중 타워는 풍력발전기를 포함한 나셀을 지지하는 구조물로서 주로 발전기의 진동과 바람의 영향을 받는다. 타워높이는 조인트부 2.5m와 타워일반부 51.0m를 합하여 총 53.5m이며, 운반 및 가설을 고려하여 3개의 세그먼트로 구성되었다.

##### 2)자켓구조

자켓은 풍력발전기 및 나셀을 지지하는 타워하단에 설치되어 하부기초로 힘을 전달하는 구조로써 주로 파랑의 영향을 받는 구조물이다. 자켓은 4개의 자켓 leg와 leg를 연결하는 브레이싱으로 구성되었으며 leg와 브레이싱이 만나는 조인트는 can 구조를 두어 보강하였다.

##### 3) 하부기초

풍력발전기의 동적거동특성, 현장여건 및 시공성을 고려한 현장타설 강합성말뚝으로 하였다.

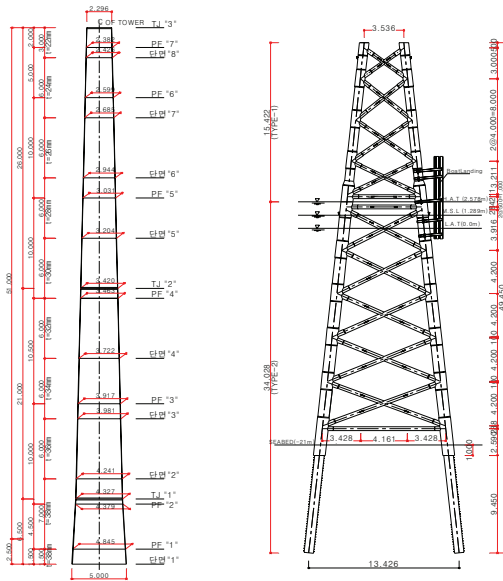


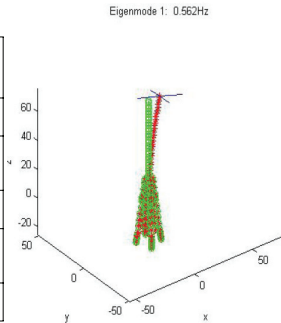
그림 1. 타워 및 자켓 개요도

(2)실시설계

1)모드해석

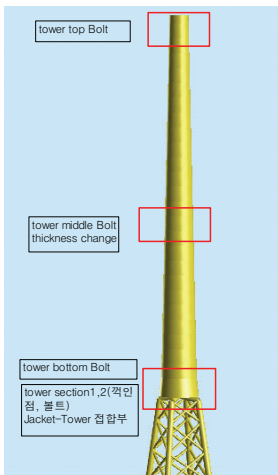
각 하중에 대한 동적 시뮬레이션 해석은 구조물의 모드해석이 선행되어야 한다. 본 구조물에 대한 모드해석결과는 다음과 같다.

Direction	Natural Frequency
1st fore-aft	0.56 Hz
1st side-side	0.56Hz
2nd fore-aft	2.46Hz
2nd side-side	2.49Hz
1st torsional	2.89Hz



2)타워에 대한 단면검토

타워의 주요부분에 대한 단면검토는 다음과 같다



member check(ULS)	
부재	Combination check
tower1	0.376
tower2	0.367

Connection check-bolt strength of tensile force(ULS)		
location	bolt size	Combination check
bottom	42	0.528
middle	42	0.401
top	30	0.503

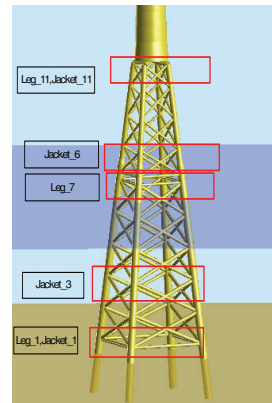
Combination check: Interaction of section force check  
FLS 검토-Rain flow Method

Location	type	D-factor	
top	Welding	0.0082	
middle	Bolt	0.7074	
	thickness change	thin tubular	0.0038
		thick tubular	0.0028
bottom	Bolt	0.8783	
	꺾인점	0.0242	
	jacket-tower 접합	0.0492	

D-factor : design cumulative fatigue damage

3)자켓에 대한 단면검토

자켓의 주요부분에 대한 단면검토는 다음과 같다



member check(ULS)	
부재	Combination check
Leg_1	0.698
Leg_7	0.473
Leg_11	0.542

Joint Check(ULS)		
location	type	Combination check
jacket_1	k	0.495
jacket_3	k	0.255
jacket_6	k	0.184
jacket_11	y	0.369

FLS 검토-Rain flow Method

Joint Check(FLS)			
location	type		D-factor
jacket_1	k	chord	0.7764
	L-side	brace	0.6775
jacket_3	k	chord	0.6282
	L-side	brace	0.7517
jacket_6	k	chord	0.0322
	R-side	brace	0.0225
jacket_11	y	chord	0.0545
	R-side	brace	0.0193

4. 결 론

제주시 월정리 해상풍력 발전 단지 내에 건설예정인 2기의 2MW급 해상풍력발전기의 타워 및 하부기초에 대해 다양한 해상조건과 풍력발전조건 등을 고려한 직접시뮬레이션 설계법을 적용하여 설계를 수행하였다. 본 과업은 우리나라 최초의 해상풍력발전기에 대한 설계법의 정립이라는 새로운 발판을 성립하는데 그 의의를 찾을 수 있으며, 앞으로 대체에너지로 각광 받을 해상풍력발전기 단지개발 및 조성에 대한 작은 밑거름이 되리라 판단한다.

참고문헌

- Offshore Standard DNV-OS-J101