

# 신형식 해상풍력 구조체 최적 설계

한택희\* · 윤길림\*\* · 원덕희\*\*\* · † 오영민

한국해양연구원 연안개발·에너지연구부

## Optimum Design of New Type Offshore Wind Power Tower Structure

Taek Hee Han\* · Gil-Lim Yoon\*\* · Deokhee Won\*\*\* · † Young-Min Oh

Coastal Engineering & Ocean Energy Research Department, Korea Ocean Research & Development Institute, Ansan, 426-744, Korea

**요약** : 현재 해상풍력 발전 타워는 강구조로 제작되고 있으며, 발전용량의 증가에 따라 타워 구조체 또한 장대화 되는 추세이다. 강구조물의 특성상 좌굴에 취약하며, 장대화 됨에 따라 세장비가 증가하여, 좌굴 및 진동에 취약한 특성을 보이게 된다. 본 연구에서는 신형식 구조체인 이중관-콘크리트 합성 구조(DSCT; Double Skinned Composite Tubular)를 적용한 해상풍력 타워를 제시하고 요구 성능을 만족하는 최적 단면 설계를 제시하였다. 관은 섬유보강 합성수지 (FRP; Fiber Reinforce Polymer)와 강재를 적용한 경우를 고려하였으며, 모두 요구 성능을 만족하였다.

**핵심용어** : 해상풍력, 타워, 합성, 최적설계, DSCT

**ABSTRACT** : Current offshore wind power towers are made of steel. As the capacity of wind power increases, the tower structures become higher. Steel structures have buckling problem and their increased slenderness ratios make them weak against buckling and vibration. In this study, double skinned composite tubular (DSCT) offshore wind power tower was proposed and its optimum design method was suggested. Fiber reinforced polymer (FRP) and steel were considered as material of the tubes. And both materials satisfied the required capacity.

**KEY WORDS** : offshore wind power, tower, composite, optimum design, DSCT

### 1. 서 론

육상풍력 발전에서는 전체공사비 중 터빈 비용이 가장 큰 비중을 차지하나, 해상풍력의 경우에는 해상공사의 특성상 기초 구조물에 대한 비용이 증가하게 되며, 대형터빈의 사용과 안정적인 풍속 확보를 위하여 구조물이 장대화 된다. 현재까지 해상 풍력타워로서는 강구조물만이 사용되고 있으며, 타워 구조물이 장대화 됨에 따라 세장비가 크게 증가하고, 해상 조건상 더 큰 횡력이 작용하게 되어 좌굴파괴의 위험성이 크며, 타워의 직경 또한 증가하고 있다. 이에 따라 본 연구에서는 합성 구조인 DSCT(Double Skinned Composite Tubular) 타워 구조를 제안하고, 이를 자동으로 설계하는 프로그램을 개발하였다. 해석 프

로그램은 Han et al. (2010)의 비선형 재료모델을 적용하여, 재료 비선형을 고려한 설계를 수행하며, 1000 가지의 단면에 대해 해석을 수행한 후, 요구하는 축력과 모멘트 성능을 만족하는 10 개의 단면설계 안을 제시하여 준다.



Fig. 1. Buckled steel wind power tower

† 교신저자, 책임연구원, ymoh@kordi.re.kr 031)400-6312

\* 선임연구원, taekheehan@kordi.re.kr 031)400-7735

\*\* 책임연구원, glyoon@kordi.re.kr 031)400-6348

\*\*\* 연수연구원, thekeyone@naver.com

### 3. 강합성 풍력 타워 설계

외국의 풍력타워 설계 예(Ljij & Gravesen, 2008)를 참고하여, 기존의 강재 타워 보다 직경이 60% 감소된 강재를 튜브를 적용한 DSCT 타워의 자동설계를 수행하였다. 3.6MW 풍력 타워와 5.0MW 풍력 타워에 대해 수행하였으며, 기존의 강재 타워는 3.6MW의 경우에는 4,500mm의 직경과 30mm의 두께, 그리고 5.0MW의 경우에는 6,500mm의 직경과 35mm의 두께를 갖는다. 각 타워의 요구 성능은 3.6MW의 경우에는 축력 4.4MN, 모멘트 89.9MN-m이며, 5.0MW의 경우에는 축력 7.1MN, 모멘트 150.0MN-m이다. 직경을 60% 감소하여 설계한 DSCT 타워는 3.6MW의 경우에는 외경이 1,800mm 이며, 5.0MW의 경우에는 외경이 2,400mm이다. Fig. 2와 Fig. 3은 3.0MW와 5.0MW에 대해 직경을 60%씩 감소시켜 수행한 DSCT 설계안들에 대한 해석 결과를 보여준다.

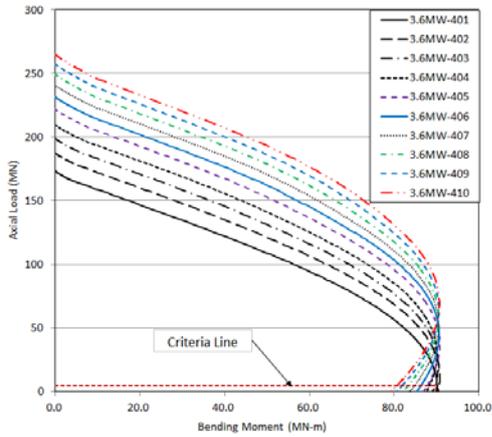


Fig. 2. DSCT tower design for 3.6MW (steel)

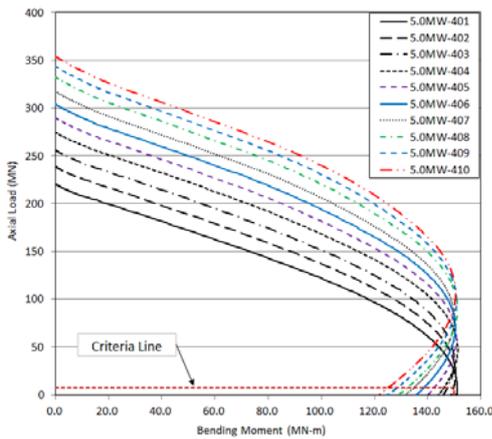


Fig. 3. DSCT tower design for 5.0MW (steel)

### 3. FRP-Concrete 하이브리드 풍력 타워 설계

앞 절의 조건과 동일한 조건으로, FRP 튜브를 적용하여 기존의 강재 타워 보다 직경이 50% 감소된 DSCT 타워의 자동설계를 수행하였다. Fig. 4와 Fig. 5는 3.6MW와 5.0MW에 대해 직경을 50%씩 감소시켜 수행한 설계안들에 대한 해석 결과를

보여준다.

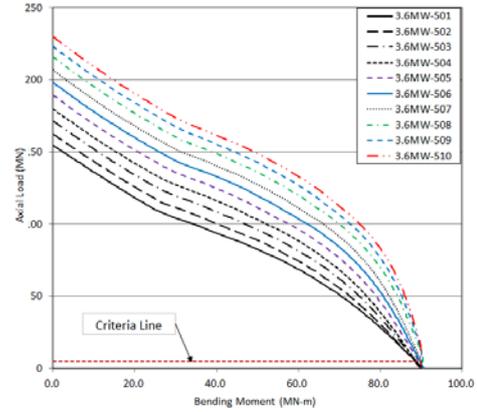


Fig. 4 DSCT tower design for 3.6MW (FRP)

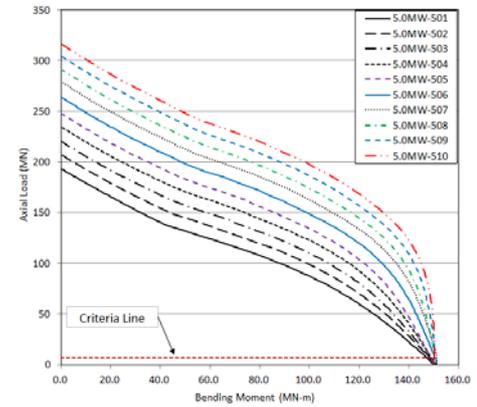


Fig. 5 DSCT tower design for 5.0MW (FRP)

### 4. 결 론

DSCT 풍력 타워를 제안하고 자동설계 프로그램을 작성하여, 설계 및 해석을 수행하였다. 수행 결과 자동설계 프로그램에서는 합리적인 설계안을 도출하였으며, DSCT 타워의 경우에는 향상된 축강도와 휨강도로 인하여, 기존의 강재타워에 비해 작은 직경으로도 충분히 요구 성능을 만족함을 알 수 있었다.

### 감사의 글

본 논문은 한국해양연구원의 기관역량강화사업(PE98817)의 지원으로 이루어졌습니다.

### 참 고 문 헌

- [1] Han, T. H., Stallings, J. M., Kang, Y. J. (2010) Nonlinear Concrete Model for Double-Skinned Composite Tubular Columns, Construction and Building Materials, Vol. 24, Issue 12 pp. 2542-2553.
- [2] Ljij L. B. J, Gravesen, H. (2008) Kriegers Flak Offshore Wind Farm - Design Basis Foundations, Vattenfall Vindkraft AB