

# 해상풍력발전타워의 선박충돌 거동에 대한 연구

## Analysis of Ship Collision Behavior on Offshore Windtower

박 준 석\* · 이 계 희\*\* · Tran Duc Phu\*\*\*  
Park, Jun-Seok · Lee, Gye-hee · Phu, Tran Duc

### 요 약

본 논문에서는 해상풍력발전기와 선박의 충돌시 타워와 기초보강재의 거동에 대하여 연구하였다. 풍력발전기는 5MW급 풍력발전기를 나셀, 타워, 보강재, 바닥판, 기초로 나누어서 모델링 하였다. 나셀은 집중질량으로 타워의 상부에 위치하였고 타워, 보강재, 바닥판은 탄소성거동을 한다고 가정하여 Shell 요소로 모델링 하였다. 선박은 풍력발전기와 마찬가지로 탄소성거동을 한다고 가정하였고 실제모델에 대해 풍력발전기와의 정면충돌로 고려하였으며, 충돌속도는 2.0m/sec로 가정하였다. 선박과 풍력발전기의 충돌 해석은 비선형 해석 프로그램인 ABAQUS/Explicit을 이용하여 수행하였으며, 이를 통하여 선박충돌시 타워와 보강재의 거동을 분석하였다. 해석결과 타워에서 대부분의 에너지를 소산하는 것으로 나타났다.

**keywords** : 해상풍력발전, 충돌해석, 비선형해석, ABAQUS

## 1. 서 론

현재 국내를 포함한 전 세계의 풍력발전 동향은 육상에서의 풍력발전 설계와 건설, 운영에 대한 경험을 기반으로 해상으로의 기술적 전환을 진행하고 있다. 해상에서 풍력발전기 설치의 핵심기술 중 하나는 풍력터빈 타워의 시공을 위한 해상기초(offshore foundation)기술이며 약 30m 수심 정도에서 지름 4.0~6.0m의 모노파일이 일반적으로 검토되고 있는데, 최근 수심이 깊은 위치로 입지가 확장되면서 버켓형식의 기초공법에 대한 수요도 점차 증가하고 있는 상황이다. 본 논문에서는 해상에서 일어날 수 있는 해상풍력발전기와 선박의 충돌시 타워와 버켓형식의 기초 보강재의 거동에 대하여 연구하였다.

## 2. 해석모델

### 3.1. 풍력발전기모델링

5MW급 풍력발전기를 나셀, 타워, 보강재, 바닥판, 기초로 나누어서 모델링 하였다. 나셀은 집중질량으로 환산되어 타워의 상부에 위치하였고 타워는 상부와 하부의 직경이 다른 실린더 형태의 형상으로 상부, 하부 각 2구역씩 두께가 다른 Shell로 모델링 하였다. 보강재는 방사형으로 배치하여 타워와 기초, 바닥판을 연결 하였다. 기초는 지반 내 삽입되는 구조로써 모든 이동을 구속시켰다. 모든 부재는 탄소성거동을 하는 것으로

\* 학생회원 · 목포해양대학교 해양시스템공학과 석사과정 slamyaci@mmu.ac.kr  
\*\* 정회원 · 목포해양대학교 해양시스템공학과 교수 lghlsk@mmu.ac.kr  
\*\*\* 목포해양대학교 해양시스템공학과 석사과정 tranducphu@gmail.com

가정하였다.

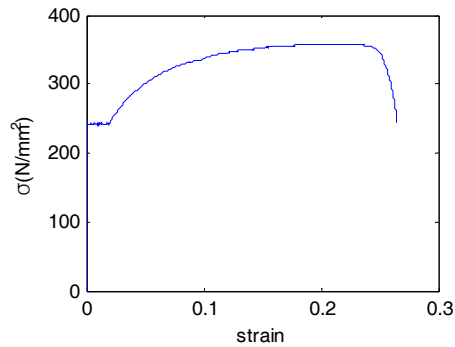


그림 1 강재의 응력 변형률 곡선

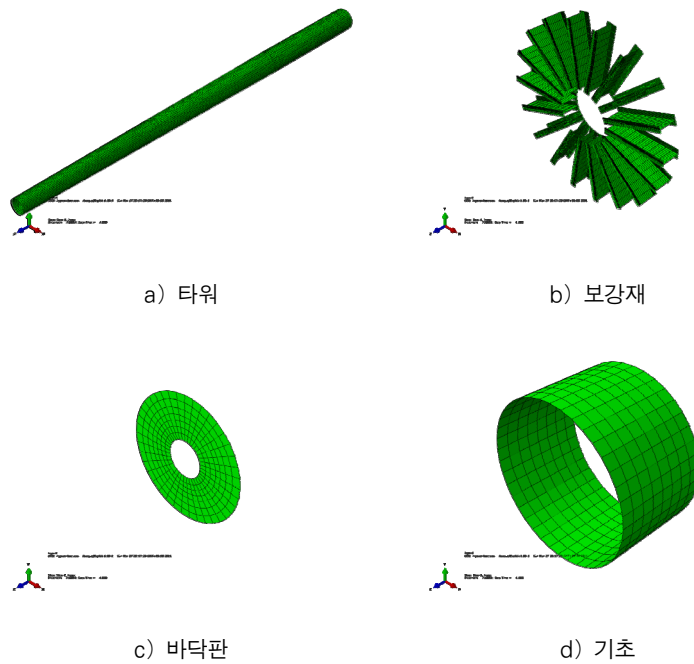


그림 2 풍력발전기

### 3.2. 선박의 모델링

DWT33000의 화물선(Burk Carrier)을 대상으로 선수부와 선미로 나누어서 모델링 하였다. 선수부는 충돌 시 발생하는 변형을 실제로 묘사하기 위해서, 11000여개의 Shell 요소로 모델링하였으며, 탄소성거동을 하는 것으로 가정하였다. 그리고 실제 선박의 강성을 가질 수 있도록 SM400을 사용하여 모델링 하였다. 선체는 충돌시 변형이 크게 일어나지 않으므로 탄성재료로 모델링하였다. 이때 선박길량의 5%를 수리동역학적인 추가질량으로 고려하였다(AASHTO, 1991). 풍력발전기와 마찬가지로 탄소성거동을 하는 것으로 가정하였다.

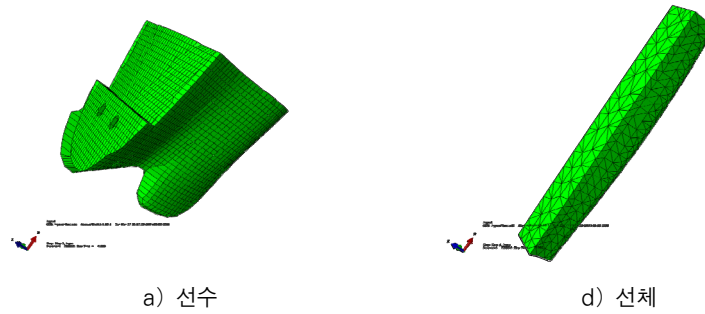


그림 3 DTW33000 선박

### 3. 해석조건

본 논문에서는 수심 50m를 가정하여 충돌속도가 2.0m/sec일 때, 직접적인 정면충돌에 대한 충돌해석을 수행하였다. 해석프로그램은 범용 유한요소 프로그램인 ABAQUS/Explicit 6.10을 사용하였다.

### 4. 해석결과

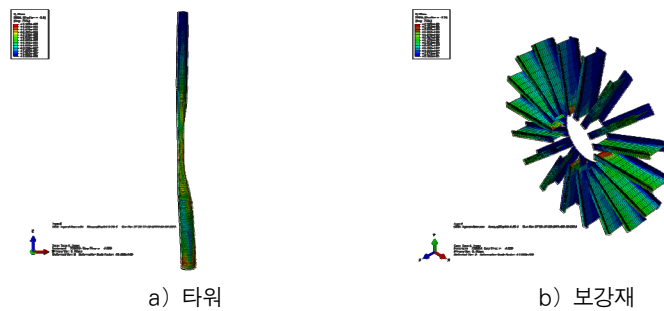


그림 4 충돌 후 변형 형상

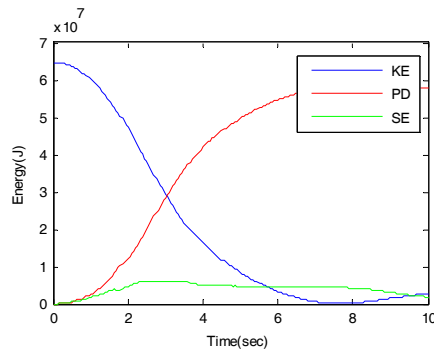


그림 5 에너지 소산 거동

표 1 주요부재 소성소산(에너지 단위:J)

총 소성소산	5.77E+07	100%
Tower	5.74E+07	99.38%
보강재	156219	0.27%
바닥판	0	0%
Shipbow	199722	0.35%

전체 운동에너지(KE)의 소산은 그림 5와 같이 주로 소성소산(PD)으로 이루어지며 변형에너지(SE)에 변환도 나타났다. 충돌종료 후 각 부재의 에너지소산은 표 1과 같다. 충돌종료 후 타워의 에너지 소산이 약 99%로 대부분의 에너지를 부담하는 것으로 나타났다. 이때 보강재의 응력은 3.099E+08Pa로 나타났다.

## 5. 결론

본 논문에서는 버켓형식의 기초를 사용한 해상풍력발전기와 선박의 충돌시 타워와 기초 및 보강재의 거동에 대하여 연구하였다. 해석결과 타워에서 소산하는 에너지가 대부분을 차지하고 보강재의 경우 그 효과가 미비한 것으로 나타났는데 이는 출동선박의 질량이 매우 크고 속도가 커 충돌에너지가 타워로 집중되었기 때문으로 판단된다. 따라서 충돌 파라미터에 따른 영향에 대한 검토가 필요하고 지반의 비선형성을 고려해야 할 것으로 판단된다.

## 감사의 글

본 연구는 국토해양부가 주관하고 한국건설교통기술평가원이 시행하는 2010 건설기술혁신사업 지원으로 이루어진 것으로 이에 감사드립니다.

## 참고문헌

- 이계희,이성로,이상현,채한수 (2009) 파일형 선박 충돌방호공의 해석, **대한토목학회 정기학술대회**, pp 202 ~ 205.
- 배용귀,이성로 (2008) 파일지지 구조물의 선박 충돌거동에 대한 해석", **대한토목학회논문집**, 제 28권 3A호, pp323~330
- 이성진 (2006) 해상 교량 선박 충돌방호공의 충돌 해석 및 변수 연구, **대한토목학회 정기학술대회**, pp 1790 ~1793
- 한국건설기술연구원 (2010) 대구경대수심해상기초시스템 기술개발
- AASHTO (1991) Guide Specification and Commentary for Vessel Collision Design of Highway Bridges.
- ABAQUS V6.10 User's manual, Simula, (2010)