

해상풍력 콘크리트 하부구조와 타워 연결을 위한 설계기술

Design Techniques of the Tower-Support Connection on Offshore Concrete Wind Energy Substructure

최국권* · 문연수** · 김덕수*** · 김지환**** · 지광습*****

Choi, Gukgwon · Moon, Yeonsoo · Kim, Deoksu · Kim, Jihwan · Zi, Goangseup

해상풍력 지지구조물을 구성하는 강재 타워와 콘크리트 하부구조를 연결하는 연결부의 설계기법을 제안하였다. 지지면적이 충분히 확보되는 육상풍력 하부구조와는 달리, 한정된 지지면적을 활용하여야 하는 해상풍력 하부구조와 타워의 연결부 설계를 위하여 모노파일 지지구조와 같은 전단력을 이용한 모멘트 전달개념을 이용하였으며, 이를 5MW급 해상풍력 콘크리트 지지구조 연결부 설계에 적용하였다.

핵심용어 : 풍력에너지, 콘크리트 지지구조, 연결부, 설계

1. 서 론

해상풍력발전기는 RNA(Rotor-Nacelle Assembly: 발전기 구성물)와 지지구조물로 구성되며, 지지구조물은 타워, 하부구조와 기초로 구성된다. 해상풍력발전 지지구조의 연결부란, 타워와 하부구조 사이에서 타워에 작용하는 수평, 수직, 모멘트하중을 하부구조에 전달하여 분산시키는 구조 일체를 의미한다. 지지구조물의 하중전달체계의 특성에 의하여, 연결부의 파괴는 전체 구조물의 파괴로 이어지게 되므로 연결부의 견고한 설계는 필수적이라 볼 수 있다. 그러나, 현재 해상풍력 콘크리트 지지구조에 대한 연결부의 설계기준은 미비한 실정이다. 이에 본 연구에서는 해상풍력 콘크리트 지지구조의 연결부 설계를 위한 모멘트 전달개념 및 설계방법을 제안하고, 이를 이용한 5MW급 해상풍력 콘크리트 지지구조 연결부 설계 결과를 유한요소해석을 이용하여 검증하고자 한다.

2. 콘크리트 하부구조 연결부 형식

콘크리트 하부구조는 고정식 지지구조와 부유식 지지구조가 있으며, 고정식 지지구조 중에서는 중력식 지지구조가 주로 사용되고 있다. 콘크리트 하부구조에 적용되는 연결부 형식은 크게 앵커 문힘 형식(그림 1.(a))과 강관 문힘 형식(그림 1.(b))으로 분류할 수 있다. 앵커 문힘 형식에 대한 설계기준은 일본 토목학회의 풍력발전설비 지지구조물 설계지침에서 규정하고 있으나, 그 대상이 충실 단면을 가진 육상풍력 지지구조로 한정되어 있기에 중공 단면을 가진 해상풍력 지지구조의 연결부 설계에는 적용하기 어렵다는 한계가 있다. 강관 문힘 형식은 콘크리트 하부구조 상단 내부에 강관을 매입하여, 트랜지션피스의 모멘트 전달 메커니즘과 동일한 방식을 이용하도록 설계된다(그림 2). 강관 문힘 형식에 대한 해상풍력 지지구조 연결부 설계기준은 현재 제시되어 있지 않은 상황이다.

* 정회원 · 고려대학교 건축사회환경공학과 석사과정(E-mail: fullframe@korea.ac.kr) - 발표자

** 정회원 · 고려대학교 건축사회환경공학과 석사과정(E-mail: mys0206@korea.ac.kr)

*** 정회원 · 고려대학교 건축사회환경공학과 석사과정(E-mail: wsd180@korea.ac.kr)

**** 정회원 · 고려대학교 사회환경건축공학부 연구교수, 공학박사(E-mail: jihwan@korea.ac.kr)

***** 정회원 · 고려대학교 건축사회환경공학부 정교수, 공학박사(E-mail: g-zi@korea.ac.kr)

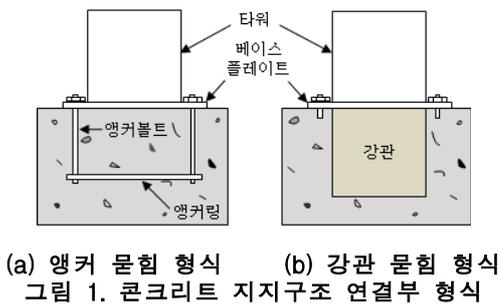


그림 1. 콘크리트 지지구조 연결부 형식

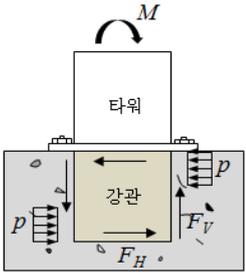


그림 2. 강관 묻힘 형식의 모멘트 저항 메커니즘

3. 콘크리트 지지구조 연결부 설계

해상풍력 지지구조는 시공비용의 최소화를 위하여 연결부의 단면적 최소화가 요구되므로, 연결부의 단면적 최소화를 위하여 강관 묻힘 형식과 같은 모멘트 전달 메커니즘을 적용하는 것이 효과적이다. 비부착 앵커가 매입된 콘크리트 내부 튜브와 콘크리트 하부구조를 구성하는 외부 튜브로 연결부를 구성하여, 연결부에 작용하는 모멘트를 내부 튜브의 상·하부에 작용하는 접촉력과 마찰력으로 전달하도록 하였다. 이러한 설계개념을 적용한 5MW급 해상풍력 콘크리트 지지구조 연결부 설계 결과, 내·외부 튜브의 외경은 각각 5m, 6m로 하였고, 텐던은 32개소에 배치, 비부착 앵커는 128개를 사용하였다. 철근 배치를 고려하여 내부 튜브의 매입깊이는 5m로 하였고, 상세 철근 배치는 그림 3과 같다. 설계 결과의 검증은 위한 유한요소해석 결과는 그림 4와 같다.

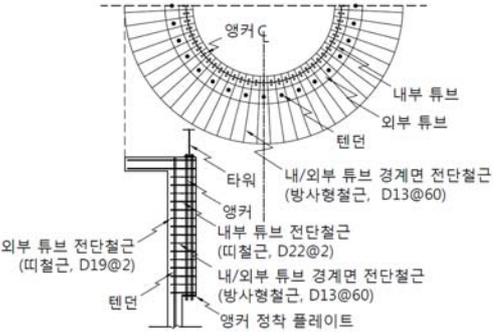
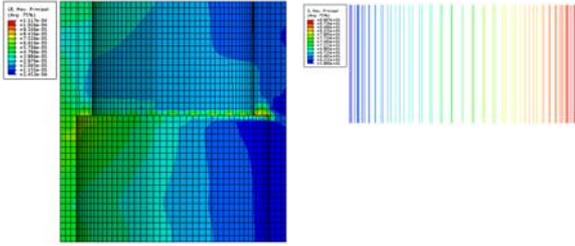


그림 3 연결부 설계 결과



(a) 콘크리트 (최대 주변형률) (b) 비부착 앵커 (최대 주응력)
그림 4. 연결부 유한요소해석 결과

4. 결 론

본 연구에서는 해상풍력 콘크리트 지지구조의 타워-하부구조 연결부 설계를 위한 설계기법을 제안하였으며, 제안된 연결부 설계기법을 이용하여 설계한 결과에 대한 유한요소해석 결과, 충분한 구조적 안전성을 확보하는 것을 확인할 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 국토해양부 산하 한국해양과학기술진흥원의 첨단항만건설기술개발사업 연구비 지원(과제명: 해상풍력 지지구조 설계기준 및 콘크리트 지지구조물 기술 개발/20120093)과 2013년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원(No. 20133010021770)을 받아 수행되었습니다.

참고문헌

1. Inge Lotsberg(2013), "Structural mechanics for design of grouted connections in monopile wind turbine structures." *Marine Structures*, Vol. 32, pp. 113 - 135.
2. Det Norske Veritas AS(2013), "DNV-OS-J101: Design of offshore wind turbine structures", *DNV*