

안전한 해상풍력 공사를 위한 스마트 해상 관제 시스템

Smart Marine Control System for Safe Construction of Offshore Wind Farms

김성곤* · 천준기** · 국윤어*** · 남상혁****

Kim, Seong Gon · Chun, Joonki · Kuk, Yooneo · Nam, Sang-Hyeok

해상풍력 발전단지는 접근성이 낮고 환경 위험요소가 복합적으로 작용하는 현장으로, 실시간 데이터 기반의 공정 및 안전관리가 필수적이다. 본 논문에서는 이러한 요구에 대응하여 개발된 디지털 트윈 기반 스마트 해상 관제 시스템(OCMS: Offshore Construction Management System)의 구조와 주요 기능을 소개한다. OCMS는 AIS, CCTV, 기상정보 등 다양한 데이터를 통합 수집·분석하여 선박, 장비, 작업자의 위치와 상태를 실시간 모니터링하고, 공정 진행 및 안전 이슈를 체계적으로 관리한다. 제주 한림, 신안 자은도, 영광 낙월 등 국내 주요 현장에 적용한 결과, 실시간 관제의 효율성과 현장 맞춤형 기능의 실용성이 확인되었다. OCMS는 해상공사 현장의 안전성과 공정 효율을 향상시키는 혁신적 시스템으로, 향후 인공지능 기반 예측·분석 기술과의 융합을 통해 해상건설 분야의 디지털 전환을 가속할 것으로 기대된다.

핵심용어 : 디지털 트윈, 해상공사관제시스템, 해상풍력발전, 실시간 모니터링, 스마트 건설

1. 서론

해상풍력 발전단지 및 해상 토목공사는 점차 대형화·원격화되면서 현장 관리의 복잡성과 그에 따른 안전 요구가 크게 증가하고 있다. 해상 환경은 기상 변화, 선박 및 장비 이동, 작업자 안전 등 다양한 변수에 신속히 대응해야 하는 특수성을 지닌다. 그러나 기존의 관리 방식은 실시간 대응, 데이터 연속성, 안전관리 측면에서 한계를 보이며, 복합적인 해상 작업 환경에 효과적으로 대응하기 어렵다. 이러한 배경에서 개발된 OCMS(Offshore Construction Management System)는 해상공사 현장의 실시간 공정·안전관리, 선박 및 인력 모니터링, 해상교통 관제, 공사 이력 관리 등 다양한 기능을 통합 제공하는 웹 기반 관제 시스템이다. 본 논문에서는 OCMS의 시스템 구조와 기능을 소개하고, 실제 해상풍력 프로젝트 적용 사례를 통해 그 현장 활용성과 실효성을 논의한다.

2. 시스템 구조 및 주요 기능

OCMS는 해상 토목 및 풍력 공사 현장에서 발생하는 다양한 데이터를 실시간으로 수집하고 통합적으로 관리한다. AIS(Automatic Identification System), GPS, CCTV, 기상 정보 등 다양한 IoT 센서와 외부 API를 통해 선박, 장비, 작업자의 위치 및 상태 정보를 자동으로 수집하며, 공정 계획 및 실적, 자산 제원, 작업허가서(PTW: Permit to Work), 위험요소 및 안전조치 이력 등은 사용자의 입력을 통해 체계적으로 축적된다. 수집된 정적 및 동적 데이터는 시계열 기반으로 저장되며, 공정 단계별 진행 현황, 자산 이동 이력, 작업 인력 배치, 안전관리 이력 등을 통합적으로 관리할 수 있다. 실시간 대시보드는 선박 간 거리, 장비 가동 상태, 안전조치 수행 여부 등을 시각화하여 직관적인 모니터링을 지원하며, 해상교통 관제 기능은 AIS 기반 항적 추적과 위치 정보 기록에 중점을 두고 있다.

* (주)이엔지소프트 대표 (E-mail:ksg@engsoft.kr) - 발표자
** (주)이엔지소프트 대리 (E-mail:jkchun@engsoft.kr)
*** (주)이엔지소프트 이사 (E-mail:yekuk@engsoft.kr)
**** 정회원 · 교신저자 · (주)이엔지소프트 대표 (Corresponding Author · E-mail:shnam@engsoft.kr)

OCMS는 프로젝트 맞춤형 구성과 사용자 친화적인 UI 설계를 통해 현장 적용성을 높였으며, 디지털 트윈 기반 시각화 기능을 통해 해양 구조물, 장비, 인력 등의 위치와 상태를 공간적으로 표현할 수 있다. 아울러 축적된 데이터를 바탕으로 작업 이력 조회, 공정 보고 자동화, 안전관리 고도화 등 다양한 기능을 제공한다. 그림 1과 그림 2는 시스템의 주요 화면 예시를 나타낸다.

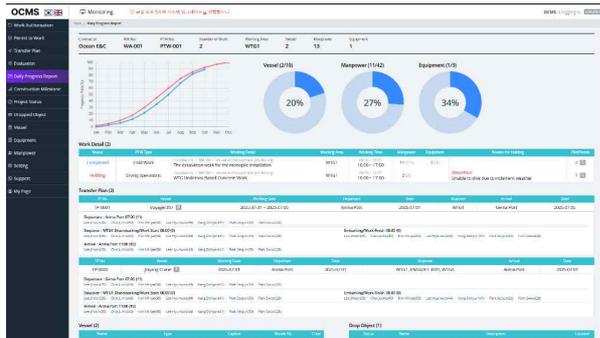


그림 1. 자산 및 공정 관리 모듈



그림 2. 해상 현장 모니터링 시스템

3. 적용 사례

OCMS는 국내 해상풍력 발전단지 현장에 실제로 도입되어 운영되었으며, 제주와 전남 지역의 주요 프로젝트에서 적용이 성공적으로 완료되었다. 제주한림 해상풍력 발전사업에서는 5.56MW급 18기 풍력발전기 설치 과정에 OCMS가 활용되어, 선박 및 작업자 모니터링, 공사관리, 안전관리 등 다양한 기능이 현장 운영에 큰 역할을 했다. 전남 신안 자은도 해상풍력 발전사업 역시 9.9MW급 10기 설치 현장에 OCMS가 도입되어 해상교통관제와 실시간 원격 모니터링이 체계적으로 이루어졌으며, 두 프로젝트 모두 OCMS의 현장 적용 효과가 입증되었다. 또한, 현재 전남 영광 낙월 해상풍력 발전사업에서는 5.7MW급 64기 설치 현장에 OCMS가 공사관리와 안전관리 기능에 적용되어 프로젝트 진행을 지원하고 있다. 이처럼 OCMS는 해상풍력 발전단지에서 현장 맞춤형 기능과 실시간 관제의 효율성을 충분히 보여주고 있다.

4. 결론

본 연구에서는 해상풍력 및 해상 토목공사 현장의 공정·안전관리 효율성을 제고하기 위한 통합 관제 솔루션인 OCMS의 구조와 기능을 소개하고, 실제 프로젝트 적용 사례를 통해 시스템의 현장 활용 가능성과 실효성을 검토하였다. OCMS는 실시간 데이터 기반의 공정 관리, 해상교통 관제, 인력 및 장비 모니터링 등을 하나의 플랫폼에서 통합 제공하여 해상공사 환경의 복잡성과 리스크에 효과적으로 대응할 수 있도록 설계되었다. 향후 디지털 트윈 및 인공지능 기반 예측·분석 기능 등 첨단 기술과의 융합을 통해 해상공사 관리의 지능화와 고도화를 더욱 촉진할 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

1. Chen, B. Q., Soares, C. G., & Videiro, P. M. (2021). Review of digital twin of ships and offshore structures. In *Maritime Technology and Engineering 5 Volume 1* (pp. 445-451). CRC Press.
2. Chou, J. S., Liao, P. C., & Yeh, C. D. (2021). Risk analysis and management of construction and operations in offshore wind power project. *Sustainability*, 13(13), 7473.