

원형강관 경사 모니터링을 위한 수직도 3D 가시화 시스템 실증실험

박해용, 구성민, 오명학, 정상기, 백승재, 이지형
한국해양과학기술원 해양ICT융합연구센터
e-mail:hypark@kiost.ac.kr

Real Scale Verification Test on Verticality 3D Visualization System for Inclination Monitoring of Suction Pile

Haeyong Park, Sungmin Koo, Myounghak Oh, Sangki Jung, Seungjae Baek, Jihyeong Lee
Dept. of Maritime ICT R&D Center, Korea Institute of Ocean Science & Technology

요 약

가물막이용 20m급 대형 원형강관을 해양에 설치하기 위해 석션관입공법이 제안되었다. 관입시 해저지반의 경사나 불균질성으로 인하여 기울어짐이 발생할 수 있어, 강관 내부에서 기초공사와 같은 작업이 용이하기 위해서는 수직도 확보는 중요하다. 본 연구에서는 수직도 확보를 위한 석션관입/인발 반복작업시 작업자가 기울어진 위치와 상태를 실시간으로 파악하기 용이하도록 3D 가시화 시스템을 개발하였고, 실증실험을 수행하였다. 실험결과, 무선통신 기법과 다수작업자 모니터링이 가능할 뿐만 아니라 센서로부터 측정된 데이터를 무선으로 송/수신하여 GUI에 표시되는 시간은 약 0.048초로서 실시간성이 보장되는 것으로 나타났다.

1. 서론

최근 해양에 교량용 기초를 건설하기 위해 가물막이용으로 수심보다 높은 원형강관을 해저지반에 설치하는 공법이 제안된 바 있다. 또한, 저수심에서 직경이 대형인 원형강관 설치를 위해 석션(강관 내부의 물을 외부로 배출하여 내외부의 수압 차이에 의해 상판에 수직하중이 작용되어 관입되는 원리)에 의한 해저지반 관입 기술이 개발되었다. [1]

원형강관 석션관입시 지반의 불균질성과 기타 외력으로 인하여 기울어짐이 발생할 수 있는데, 목표로 한 수직도가 확보되지 않으면 강관 내부에서의 기초공사가 용이하지 않으므로 수직도 확보는 중요하다. 일반적으로 석션에 의한 관입은 관입/인발 반복작업을 통해 수직도를 확보하고 있는데, 이는 작업자가 계측데이터와 경험에 의존하고 있는 실정이다. 또한, 2축(roll/pitch) 또는 3축(roll/pitch/yaw)으로 표현되는 경사 데이터가 그래프 또는 숫자로만 표현되어 있어 작업자의 숙련도를 필요로 한다.

본 연구에서는 현장 작업자가 원형강관 석션관입시 작업자가 기울어진 위치와 경사를 용이하게 모니터링할 수 있도록 센서에서 계측된 기울어진 위치와 경사를 무선으로 송/수신하여 3D GUI로 가시화하여 주는 시스템을 개발하였다. 이를 검증하기 위해 실스케일의 대형 원형강관 실증실험에 수직도 3D 가시화 시스템을 적용하여 그 성능을 분석하였다.

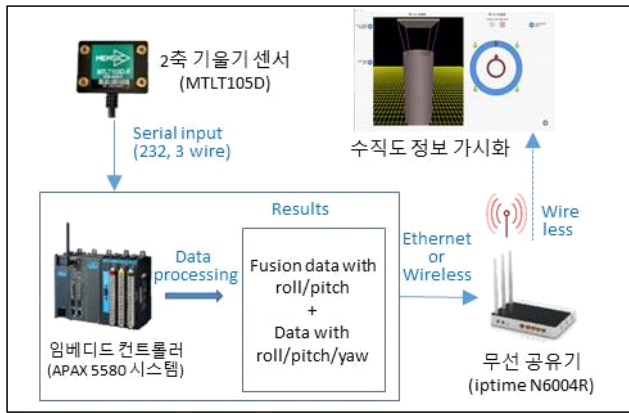
2. 수직도 3D 가시화 시스템

수직도 3D 가시화 시스템은 통신이 불가능한 지역에서도 대형 원형강관 시공시 수직도 정보를 무선 접속하여 실시간으로 모니터링하고 이를 3D로 가시화하여 작업자가 직관적으로 수직도 상태를 파악하여 수직도 확보 작업에 활용이 가능하다. 기본적인 시스템 개념은 그림 1과 같이 기울기 센서 상용제품에 컨트롤러와 연결하고 이를 무선으로 접속하여 수직도 정보 가시화 GUI에 연결하는 방식이다.

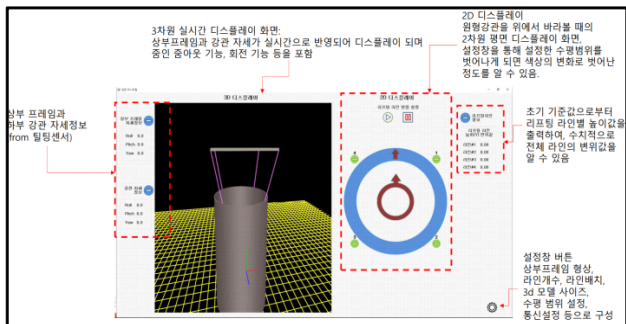
센서부는 최소 2축 이상의 기울기 측정이 가능한 센서로 구성되어 있다. 동일센서 또는 이중센서를 복수개 부착이 가능하도록 설계되어 데이터의 신뢰성을 확보하고자 하였다. 본 원형강관 실증실험에 적용된 센서는 2축 기울기 센서로서 측정 오차는 0.014%~1.111%으로 목표 수직도가 0.1°일 경우 오차는 0.001°수준으로 시공오차 범위 이내로 파악되었다.

컨트롤러 부에서는 다양한 복수 개의 센서로부터 데이터를 입력받아 수집된 데이터를 전처리하고 결정된 수직도 정보를 유/무선 통신으로 전송할 수 있도록 설계되어 있다.

디스플레이부는 컨트롤러로부터 석션파일의 수직도 데이터를 수신받아 3D로 디스플레이함으로써 수직도 정보의 직관적인 파악을 가능하게 한다. 컨트롤러부와 디스플레이부는 유/무선 통신으로 데이터 송/수신이 가능하며 필요시 별도의 사설망을 구축하여 내부망으로 데이터를 주고받는다. [2]



[그림 1] 수직도 3D 가시화 시스템



[그림 2] 수직도 3D 가시화 GUI 구성

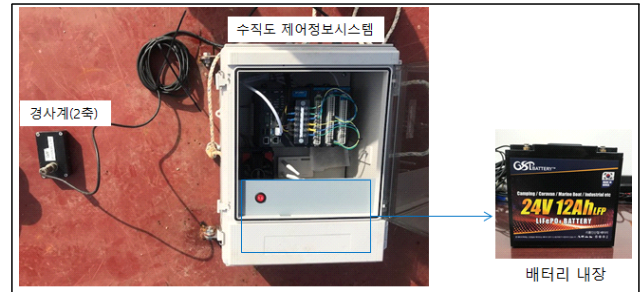
3. 원형강관 관입시 가시화 시스템 검증 실증실험

수직도 3D 가시화 시스템의 성능을 검증하기 위해 원형강관 설치 실증실험에 개발된 시스템을 적용하였다. 그림 2와 같이 원형강관 상판에 경사계와 데이터를 수집하는 수직도 가시화 시스템을 부착하였다. 여기서 가시화 시스템 내부에는 현장에서의 전기공급이 용이하지 않으므로 원형강관 설치 1일 작업시간을 고려하여 10시간동안 구동이 가능하도록 배터리(제원 : 24V, 12Ah)를 장착하였다.

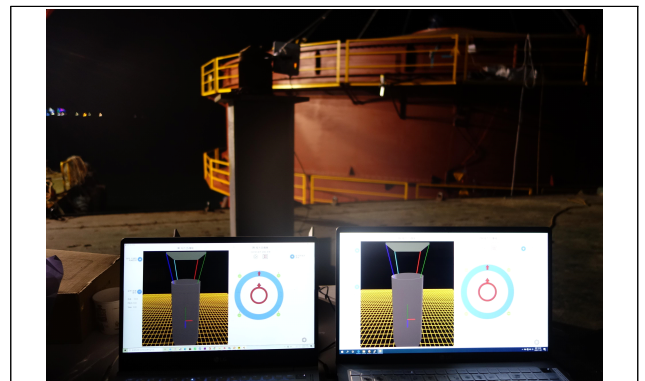
해상에서는 인터넷의 사용에 제약을 고려하여 무선 AP의 사설망을 적용하여 controller와 3D GUI 모니터링 프로그램 사이에 데이터를 송/수신하였다. 컨트롤러부의 APAX 5580의 CPU는 1.7GHz로 동작하고 대부분의 PC의 CPU 또한 2.0GHz 이상으로 동작하므로 2000개의 명령어를 처리한다고 가정했을 때 약 1μsec가 소요된다. wi-fi 환경에서 ping 명령어를 통해 전송 지연시간을 확인해본 결과 약 11.8ms가 소요되었다. 데이터 호출시간은 약 0.016초가 소요되어, 수직도 정보를 취득 후 표출까지 약 0.048초의 시간이 걸리므로 실시간성이 보장되는 것으로 간주하였다.

원형강관 설치 실증실험에 수직도 3D 가시화 시스템을 적용한 결과 다수의 PC에서 실시간으로 석션관입시 수직도 변화와 기울어진 위치파악이 육안으로 쉽게 파악이 가능하였

다. 개발된 기술은 해상풍력 하부구조물을 설치하기 위한 석션버켓기초 설치시에도 조금구(Guide frame)에 가시화 시스템을 장착하여 무선으로 실시간 기울어짐 모니터링 용도로 활용 가능할 것으로 판단된다.



[그림 3] 대형 원형강관 관입시 수직도 모니터링을 위한 가시화시스템 설치사진



[그림 4] 대형 원형강관 수직도정보 3D 디스플레이 실증실험

감사의글

본 연구는 국토교통부 국토교통과학기술진흥원의 건설기술연구사업(케이블교량 글로벌 경쟁력 강화를 위한 전주기 엔지니어링 및 가설공법 개발, 20SCIP-B119960-05) 및 해양수산부 해양수산과학기술진흥원의 R&D사업인 “항만인프라 재해 및 재난 대응을 위한 스마트 유지보수 기술개발” 과제의 지원으로 수행되었으며 이에 깊은 감사를 드립니다.

참고문헌

- [1] 국토교통부, “케이블교량 글로벌 경쟁력 강화를 위한 전주기 엔지니어링 및 가설공법 개발”, 최종보고서, 2021년.
- [2] 구성민, 박해용, 오명학, 백승재, “대형 원형강관 수직도 모니터링을 위한 3D 모니터링 시스템”, Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol. 21 No. 11 pp.870-877, 2020년.