

플로팅아일랜드 인공섬 진수를 위한 Structural Health Monitoring



김 지 영*
Kim, Ji-Young



김 주 연**
Kim, Ju-Yeon



김 대 영***
Kim, Dae-Young

한강 플로팅 아일랜드(Floating Island)는 서울 서초구 반포동 반포대교 남단 하류에 설치되는 우리나라 최초의 인공섬으로서 컨벤션, 스포츠/레저 및 근린생활 시설로 사용될 예정이다. 이 사업은 현재 자전거 산책로 중심의 한강을 수상레저나 생태공간으로 탈바꿈시키는 한강 르네상스 프로젝트의 일환으로 추진되고 있다. 한강 플로팅 아일랜드는 비스타(Vista, 제 1섬), 비바(Viva, 제 2섬) 및 테라(Tera, 제 3섬)인 총 3개의 섬으로 구성된다. 제 1섬인 비스타의 경우 연면적이 축구장 넓이와 맞먹는 5,508m²의 규모이다.

각 인공섬은 부유체(배)위에 철골 돔(Dome)이 설치되어 있는 구조로서 커다란 배 위에 대공간 지붕을 얹어놓은 구조형식이다. 이러한 인공섬은 물위에서 직접 시공되는 것이 아니라 선박을 건조하는 것과 마찬가지로 지상에서 조립을 완료한 뒤 진수하는 공법으로 시공된다. 먼저 선박에 해당하는 부유체를 지상에서 조립하고 그 위에 철골 돔을 시공한다. 이후 조립된 인공섬을 한강에 진수하고 최종 마무리 공사를 진행하게 된다.

인공섬을 물위에 진수하기 위해 사용될 수 있는 가장 일반적인 방법으로는 조선소와 같이 도크(Dock)를 이용하는 것이다. 한강 변에 도크를 먼저 시공하고 도크 내에서 인공섬의 시공을 완료한 뒤 도크에 물을 채워 진수하는 것이다. 그러나 이 방법은 도크를 시공하는 것 자체가 시공효율 저하와 공기 증대의 직접적인 요인이 된다. 따라서 (주)대우건설에서는 첨단 에어백 공법을 채택하여 인공섬을 지상조립 후 진수함으로써 공기를 단축하고 시공효율을 극대화 하였다. 지상 조립된 인공섬 하부에 특수 에어백을 설치하고 윈치를 이용하여 지상에서 이동시킨 뒤 한강에 진수하였다. 이 방식은 고대 이집트의 피라미드 공사 시 커다란 돌덩이를 통나무에 받히고 이동하는 것과 비슷하지만 이동 좌표추적을 위한 GPS 시스템과 첨단 소재의 에어백 등이 사용되는 최첨단 공법이다.

실제 에어백 공법은 해외에서 선박 진수에 적용된 사례가 다수 있었으나 플로팅 아일랜드와 같은 대형 인공섬에는 첫 번째로 적용되었다. 인공섬의 지상 이동 시 예상하지 못한 충격에 의해 구조물이 손상을 입을 수 있기 때문에 안전한 이동과 진수를 위해 충분한 사전 구조검토 및 이동 시뮬레이션이 요구된다. 또한 이동과정에서 구조체에서 발생하는 충격과 이에 따른 변형을 실시간으

* (주)대우건설 기술연구원 방재연구팀 책임연구원, 공학박사

** 소속 전임연구원

*** 소속 수석연구원, 공학박사



〈그림 1〉 플로팅 아일랜드 조감도

로 모니터링함으로써 돌발상황 발생 시 구조체의 상태를 즉각 분석하여 신속히 대처할 수 있는 방안이 필요하다.

이를 위해 (주)대우건설 기술연구원에서는 이동 시 발생 가능한 충격하중에 대해 구조해석 시뮬레이션을 실시하고 지상이동 및 진수 시 시공관리를 위한 가이드라인을 수립하였다. 그리고 구조체 거동에 대한 실시간 계측 시스템을 구축하고 당 연구원에서 특허 기술로 보유하고 있는 인공지능 구조안전평가 시스템을 적용하여 진수 시 구조체의 건전도를 실시간으로 분석하였다.

인공섬의 이동 및 진수 시 구조체에 작용하는 하중은 지진하중과 같이 충격하중으로 작용하게 된다. 충격하중은 인공섬의 갑작스런 이동 및 정지 등에 의해 발생할 수 있으며, 특히, 지상에서 한강으로의 진수과정에서 구조체와 수면이 맞닿으면 발생하게 된다. 이러한 충격하중에 대한 인공섬의 손상여부를 사전에 검토하기 위하여 충격하중에 대한 구조해석 시뮬레이션을 수행하였다. 이를 바탕으로 지상이동과 진수 시에 인공섬의 수평 및 수직 각도, 이동 속도 등에 대한 시공관리 지침을 작성하였다.

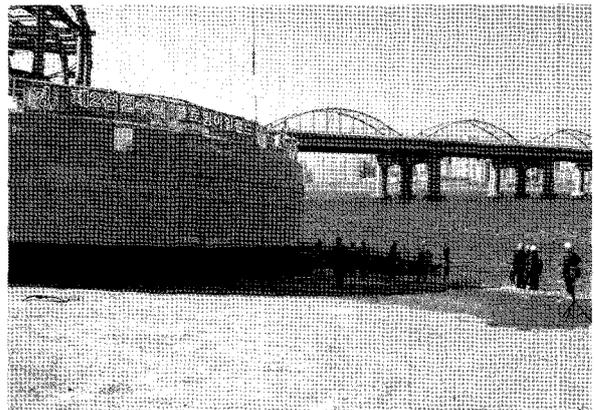
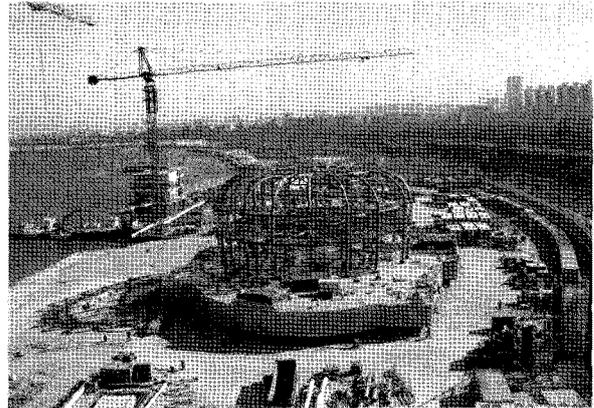
그리고 작성된 시공관리 한계치 이내로 이동과 진수가 이루어지고 있는지 실시간으로 확인하기 위하여 구조물 거동계측 시스템을 설치하고 모니터링을 실시하였다. 부유체와 상부 돔 구조물의 뒤틀림과 변형을 계측하기 위

하여 40여개의 변형률게이지가 설치되었다. 그리고 작용하는 충격하중의 크기와 이에 따른 상부 돔구조물의 진동을 측정하기 위하여 가속도계가 설치 되었으며, 이동 중 인공섬의 기울기를 측정하기 위한 경사계도 설치되었다. 또한 인공섬의 이동경로를 추적하기 위하여 GPS 시스템이 설치되었다. 인공섬의 경우 지상에서 이동하여 한강에 진수되기 때문에 계측을 위해 센서와 계측컴퓨터를 연결하는 케이블을 설치할 수 없다. 따라서 (주)대우건설 기술연구원과 계측기기 전문업체가 국책과제를 통해 공동으로 개발한 미진동 무선계측 시스템을 적용하여 진동 측정 데이터가 무선으로 실시간 계측될 수 있도록 하였다.

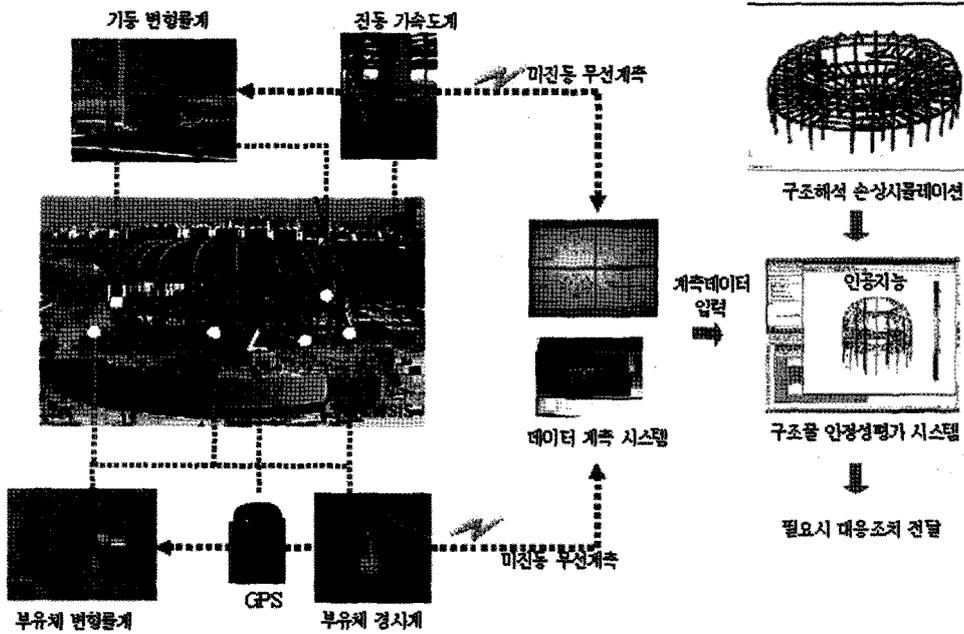
모니터링 시스템을 통해 계측된 데이터와 관리한계치를 비교함으로써 1차적으로 구조적인 문제 발생을 감지하게 된다. 그러나 국부적으로 측정된 데이터로 전체 구조물의 안전성 여부를 판단하는 것은 무리가 있으므로, 계측데이터로부터 전체적인 구조물의 구조건전도를 실시간으로 분석하여 현장에서 즉각적인 대응을 할 수 있도록 판단을 내리는 것이 필요하다. 이를 위해 당 연구소에서 Structural Health Monitoring(SHM, 구조안전성 모니터링)을 위해 개발된 구조물 상태평가 시스템을 적용하였다. 구조물 상태평가 시스템은 인공지능을 이용하

여 계측된 데이터로부터 구조물의 손상여부를 즉각적으로 판단하는 시스템이다. 구조물 상태평가 시스템의 인공지능은 사전에 구조해석 시뮬레이션을 통해 구조물의 손상을 판단할 수 있도록 학습되었다.

위와 같이 철저한 사전 시뮬레이션과 현장 관리를 통해 제 2 인공섬인 Viva가 2010년 2월 9일에 성공적으로 진수되었다. 당연구원에서는 제 1섬과 제 3섬의 진수에도 동일한 기술을 적용할 예정이다. 이 기술은 향후 당사의 수상건축에 대한 핵심기술로 활용될 수 있을 것으로 예상되며, SHM 기술은 상암 DMC와 같이 초고층 빌딩과 같은 초대형 구조물에 적용되어 완공 후 구조안전성 계측관리를 통한 인명피해 방지 및 미래도시의 U-방재 시스템으로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.



〈그림 2〉 에어백을 이용한 인공섬 진수



〈그림 3〉 이동 및 진수 시 무선 계측 시스템 및 인공지능 구조 건정도 평가