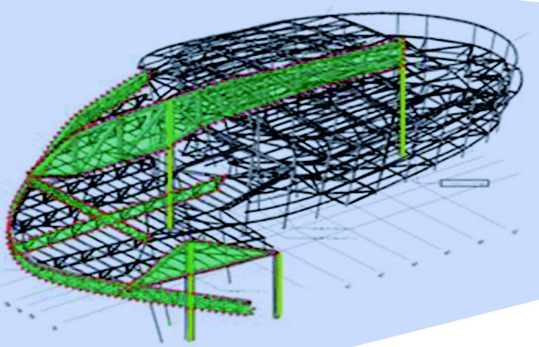


대형 비정형 건축물의 시공 중 구조반응 자동 모니터링

Automatic Monitoring for Structural Response of a Large-Scale Irregular Building under Construction



1. 대상 구조물 개요

대상 구조물은 서울에 시공되어진 건축물로서 국내외 협력 네트워크 구축을 위한 국제 전시, 컨퍼런스 유치 및 휴식, 녹지, 문화 복합시설을 제공하는 공간으로서 역동적이며 유연한 외형을 갖추고 있다. 특히 건물 내에 위치한 전시관 구역은 대공간 확보 및 자유로운 공간연출을 위해 Mega column 및 Mega Truss를 중심으로 특수구조 시스템이 도입되어 있으며, 이를 중심으로 구조부재들이 복잡한 공간 구성을 이루고 있다. Mega column 및 Mega Truss는 각 요소의 분절, 시공 중 Bent 설치 및 제거 등의 정밀한 시공 과정이 요구되며 이 주위로 부착되는 외부 패널 시공 시에는 구조부재의 처짐 및 비틀림과 같은 변형의 발생 가능성을 최소화 하도록 하고 엄격한 변형 관리가 필요하다. 따라서 Mega column 및 Mega Truss를 중심으로 주변 구조부재에 대해서 구조반응을 실시간으로 자동 모



최 세 운

대구가톨릭대학교 건축학부 조교수



박 효 선

연세대학교 건축공학과 교수

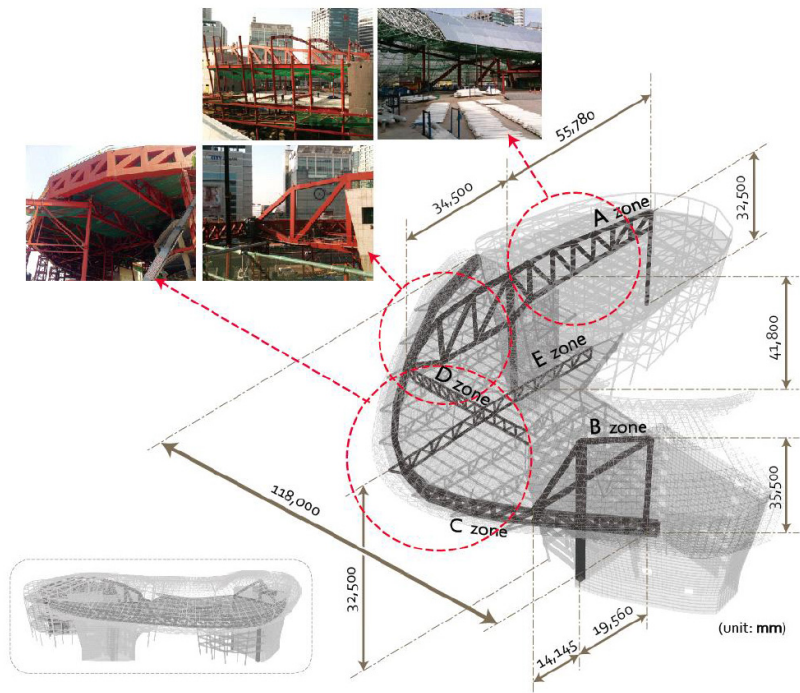


그림 1 대상 구조물의 주요 치수¹⁾

니터링하는 시스템 적용이 필요하다. 이는 구조반응 정보를 제공, 시공중 안전사고를 미연에 방지하고, 정밀 시공 및 이로 인한 비정형 건축물의 시공성 향상에 기여할 수 있다. 본 기사의 내용은 참고문헌¹⁾⁻³⁾을 토대로 내용을 정리하였으며, 자세한 사항은 해당 참고문헌을 참고하길 바란다.

2. 계측 계획

주요 계측 대상은 전시장을 중심으로 Mega column, Mega truss, Edge truss 및 Floor truss를 포함하는 주요부재 및 접합부이며, 이에 따른 각각의 구조반응은 부재응력, 부재변형도, 경사도, 그리고 처짐이다.

표 1에 나타난 것과 같이 주요 계측 반응은 응력, 처짐

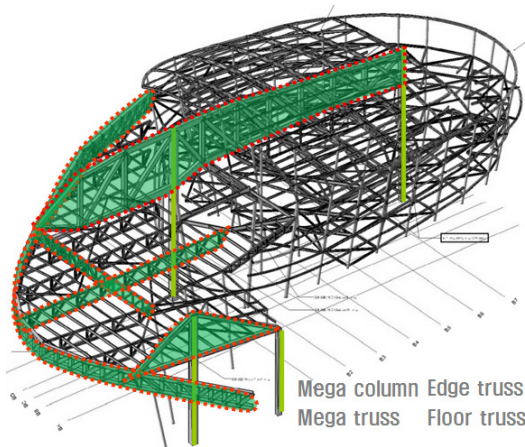
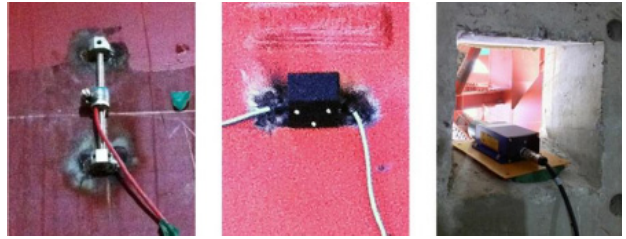


그림 2 모니터링 주요 부분



(a) 변형률계 (b) 경사계 (c) 변위계

그림 3 설치된 센서¹⁾

등이다. 이를 위해 그림 3과 같이 진동현센서(75개), 경사계(10개), 레이저 변위계(3) 등이 설치되어 총 13개월 동안 계측 및 관리되었다.

3. 시공 중 구조물 모니터링 시스템 설계 및 구축

적용된 무선 센서 네트워크 설계 개념도는 그림 4와 같다. 센서 네트워크 설계 시 근거리 통신은 센서로부터 직접 구조반응 데이터를 획득하는 센서노드, 최종적으로 모든 데이터를 수집하는 마스터로 분류되어 네트워크 구성이 이루어진다. 원거리 통신은 일반적으로 사용되는 CDMA 통신이 사용된다. 본 과제에서는 건물 내 센서 계측 위치 및 거리를 고려하여 센서 노드에서 마스터 노드로 직접 통신이 이루어지도록 네트워크 설계를 한다.

그림 4에 나타난 것처럼 대상 구조물에는 다수의 센서와 무선 노드가 설치되었다. 이는 다양한 위치에서의 구조 반

표 1 계측 대상 및 구조반응

	계측대상	구조반응
주요부재	Mega column	부재응력, 부재변형도, 부재경사도
	Mega truss	부재응력, 부재변형도, 부재경사도
	Edge truss	부재응력, 부재처짐, 부재경사도
	Truss	부재응력, 부재처짐
접합부	Mega column - Mega truss	응력, 회전각
	Mega truss - Mega truss	응력
	Mega truss - Edge truss	응력, 처짐
	Edge truss - Truss	응력, 처짐
	Mega column - Mega column	응력
	Truss - Truss	응력, 처짐
	Truss - column	응력

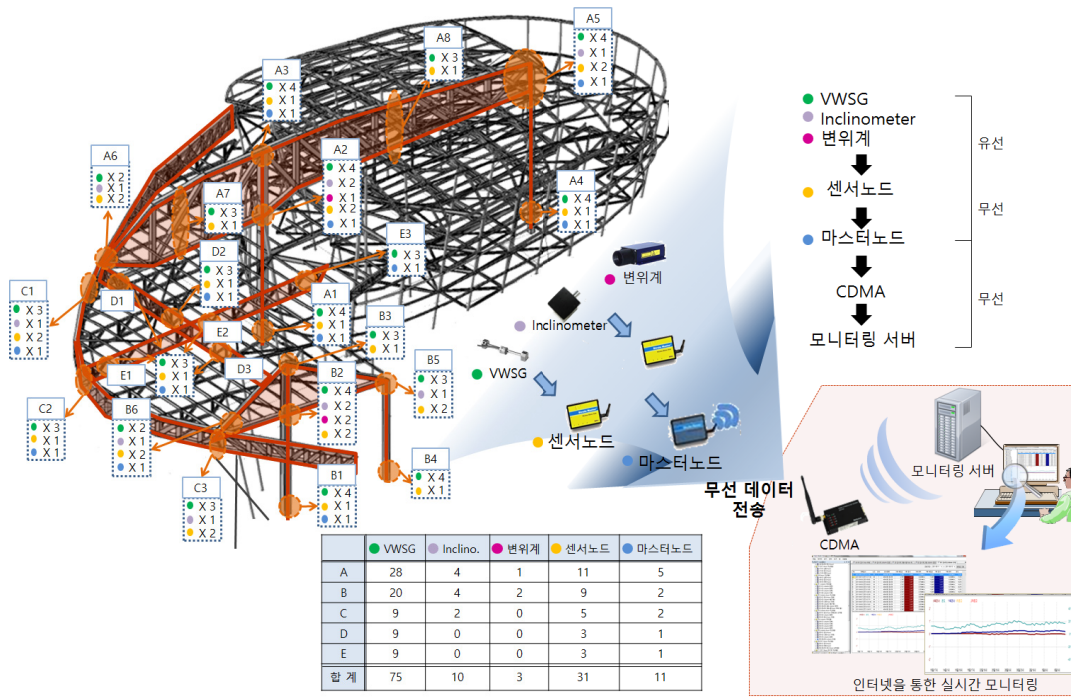


그림 4 무선 센서 네트워크 개념도

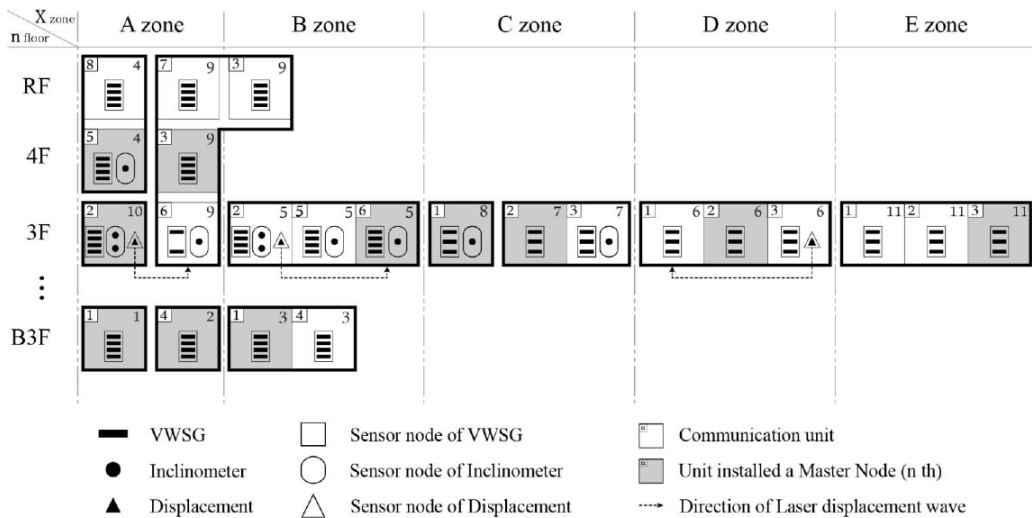


그림 5 그래픽 심볼을 이용한 센서 타입 및 위치 표현 기법 예시²⁾

응을 손쉽게 계측할 수 있지만, 종합적으로 관리하기는 매우 어렵다. 이러한 센서 및 노드의 관리 효율을 위해 Park 등(2013)은 그래픽 심볼을 이용한 표현 기법을 그림 5와 같이 제시하여 활용하였다. 이는 센서가 설치된 수직적 위치와 평면 내 위치, 그리고 센서 타입 및 개수 등을 일목요연하게 정리하여 표현할 수 있다.

4. 구조반응 계측

설치된 센서로부터 13개월 동안 자동 계측 및 수집된 데이터는 그림 6과 같은 관리 프로그램을 통해 확인할 수 있다. 무선 자동 계측시스템이 적용되었기 때문에 장기간 데이터를 용이하게 수집할 수 있었다. 이는 그림 7, 8과 같이 구조물의 장기 거동을 확인할 수 있도록 한다. 특히, Bent



그림 6 애플기반 계측 데이터 관리 프로그램¹⁾

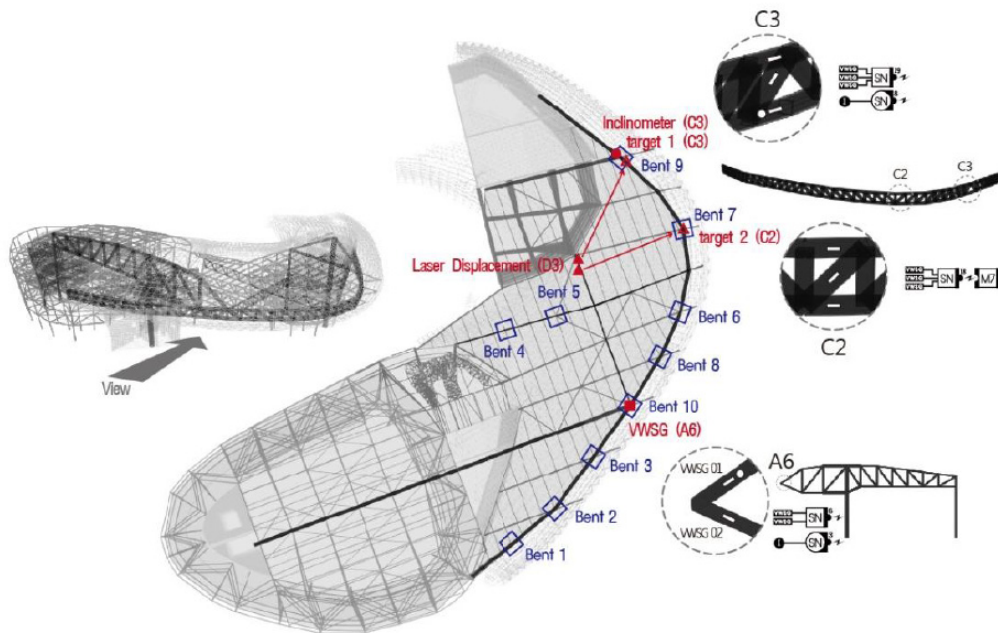


그림 7 계측점 및 벤트 위치¹⁾

제거 및 시공 공정 진행에 따른 구조부재의 거동 특성을 분석하는데 도움을 준다.

한편, 장기 모니터링 과정에서는 센서, 노드 자체에서 문제가 발생하거나 무선 통신 상의 문제로 인해 일부 데이터가 손실되는 경우가 발생할 수 있으며, 실제로 대상 건물의 모니터링 과정에서 이러한 문제가 발생하였다. 이를 위해 Choi 등(2013)은 손실 데이터를 복구하는 기술을 제시하여

구조물의 구조 거동을 모니터링하는데 활용하였다.

5. 요약

본 기사에서 대형 비정형 건축물의 시공 중 자동 모니터링 사례를 소개하였다. 소개한 사례에서는 무선 자동 계측 시스템을 이용하여 변형률계, 경사계, 변위계 등이 총 88개

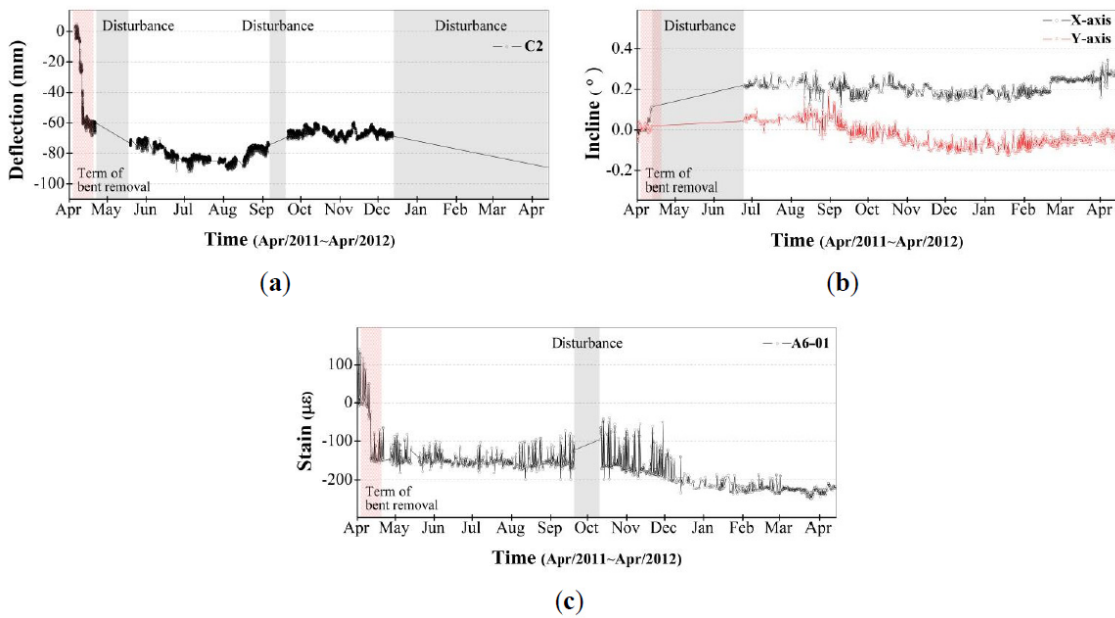


그림 8 계측 이력 데이터: (a) Zone C2의 처짐, (b) Zone C3의 경사각, (c) Zone A6-01의 변형률¹⁾

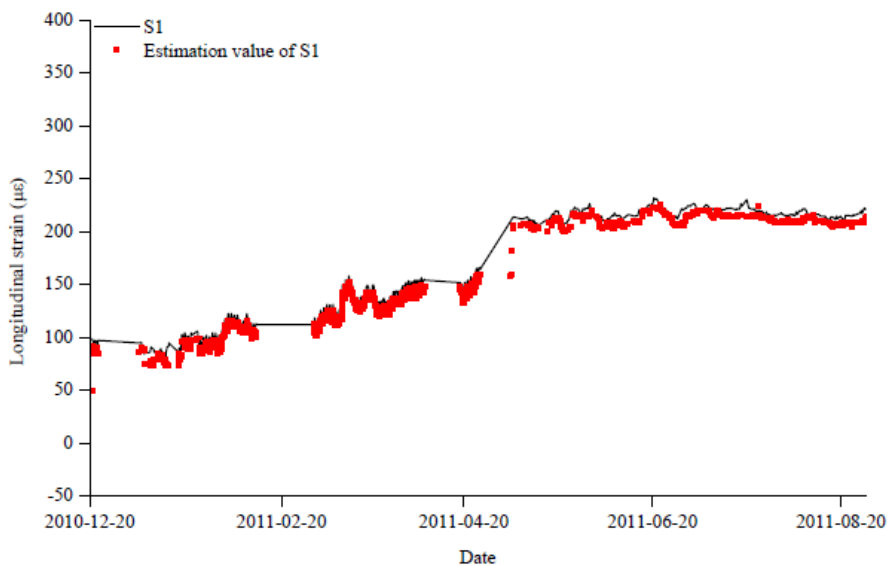


그림 9 데이터 추정 검증³⁾

설치되어 약 13개월 동안 장기 모니터링이 수행되었다. 무선 자동 계측시스템은 장기간의 데이터를 확보하고 데이터 간의 상관성 및 이력분석을 용이하게 하였다. 이를 통해 대상 구조물의 시공 중 안전성 및 안정성을 확보하고, 정밀 시공을 구현하는데 기여할 수 있었다.

참고문헌

1. Park, H.S., Shin, Y., Choi, S.W., Kim, Y., (2013), An integrative structural health monitoring system for the local/global responses of a large-scale irregular building under construction, *Sensors*, 13, 9085-9103.
2. Park, H.S., Shin, Y., Choi, S.W., Kim, Y., (2013), Symbolic and graphical representation scheme for sensors deployed in large-scale structures, *Sensors*, 13, 9774-9789.
3. Choi, S.W., Kwon, E., Kim, Y., Hong, K., Park, H.S., (2013), A practical data recovery technique for long-term strain monitoring of mega columns during construction, *Sensors*, 13, 10931-10943. 