

시지각적 요소를 갖춘 건축물 위험징후 측정 모니터링 시스템 설치 가이드라인 개발연구

Developing the Installation Guideline of Building Monitoring Systems for Hazardous Symptom Measurements with Visual Perception

김희재¹ · 김근영^{2*} · 신정재³

Heejae Kim¹, Geunyoung Kim^{2*}, Jungjae Shin³

¹Research fellow, Smart City Research Center, Kangnam University, Yongin, Republic of Korea

²Professor, Department of Real Estate and Construction, Kangnam University, Yongin, Republic of Korea

³Adjunct Professor, Department of Graduate School of Arts & Design/western painting, Kyonggi University, Suwon, Republic of Korea

*Corresponding author: Geunyoung Kim, gykim@Kangnam.ac.kr

ABSTRACT

Purpose: Recently, structural defects in old safety management facilities have led to the collapse of buildings and facilities. The purpose of this study is to develop guidelines for the installation of regular monitoring systems that determine the optimal sensor location for monitoring exhibition space building sensors equipped with visual elements in order to analyze the risk signs of exhibition space buildings and develop measurement technology. **Method:** The components, installation locations, alarm criteria, and management measures of the instrument are presented. **Result:** A measure was proposed to determine the location of sensors, secure signal processing technology for analysis by having unified visual perception, and configure optimal 'risk sign detection' based on sensor monitoring through test-bed operation. **Conclusion:** The results of this study can be prepared against the disasters that may arise from the collapse of exhibition buildings, and contribute to strengthening safety management capabilities.

Keywords: Sensor Monitoring, Visual Perception, Hazardous Movements, Guideline, Collapse

요약

연구목적: 최근 노후한 안전관리 미비 시설물의 구조적 결함으로 인한 건축물 및 시설물 붕괴사고 등이 발생하고 있다. 본 연구는 전시 공간 건축물의 위험징후를 분석하고 계측기술을 개발하기 위해 시지각적 요소를 갖춘 건축물 센서 모니터링을 위한 최적의 센서 위치를 결정하는 상시 모니터링 시스템 설치 가이드라인을 개발하는 것을 목적으로 한다. **연구방법:** 위험징후 계측 기기의 구성요소, 설치위치, 기기의 경보 기준, 관리 방안 등을 제시한다. **연구결과:** 센서의 위치를 결정하고, 통일된 시지각을 갖추어서 분석을 위한 신호처리 기술을 확보하고, Test-bed 운영 통해서 센서 모니터링 기반의 최적 '위험징후 감지장치'를 구성하는 방안을 제시하였다. **결론:** 본 연구의 결과는 전시 공간 건축물 붕괴로 발생할 수 있는 재난으로부터 대비하고, 안전관리 역량을 강화에 기여할 수 있다.

핵심용어: 센서모니터링, 시지각 모니터링, 위험거동, 가이드라인, 붕괴

Received | 5 March, 2020

Revised | 8 March, 2020

Accepted | 25 May, 2020

 OPEN ACCESS



This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted noncommercial use, distribution, and reproduction in anymedium, provided the original work is properly cited.

서론

우리나라의 경제성장기(1970~80년대)에 건설된 건축물들이 준공된 지 50여년이 지나면서 노후화의 문제에 봉착하게 되었다. 국토교통부 통계누리시스템의 2019년 건축물 통계에 의하면 전국의 건축물 수는 약 724만여동이며, ‘특정관리대상시설’의 건축물은 중앙부처가 지정한 것이 7만7천여동이다. 2020년 3월 기준 국토교통부 시설물정보현황에 의하면 시설물 안전관리 특별법에 의한 ‘1,2종 시설물’에 포함되는 건축물은 전국 6만5천여 동으로 제도적으로 관리되는 시설은 전체의 1% 내외다. 우리나라에서는 2019년 1월을 기준으로 30년 이상 경과된 시설물이 10%에 이르며 경제성장 고도화 시기(1970~1990년)에 건설된 시설물들이 많아 향후에는 더욱 급증할 것으로 예상되고 있다. 따라서 현행제도를 통해 체계적으로 관리되지 못하나 전체의 99%를 점유하는, 소규모·민간·노후화된 재난안전 사각지대 시설물의 노후화 위험을 관리할 수 있는 방안이 필요한 시점이다. 이러한 노후화 시설의 증가에 대처하기 위하여 시지각적 측면에서 구조물 변이 감지장치를 통한 시설물들 위험 징후를 파악하는 것이 필요하다.

한편, 박물관이나 미술관, 또는 전시관 등과 같은 문화시설들은 과거와 현재를 연결해주고, 불특정 다수에게 열려있는 사회적으로 중요한 시설 중 하나이다. 이러한 문화시설인 전시 공간의 전시품들은 하나가 귀중한 유산이며, 그 가치를 측정할 수 없을 정도로 중요하다. 이러한 측면에서 훌륭한 전시 기획과 전시 공간을 보유하더라도, 예기치 못한 재난에 중요한 문화유산들이 한순간에 사라지게 된다. 뿐만 아니라 전시 공간 내 관람객들도 예기치 못한 사고로 인명 피해를 겪게되는 불상사가 발생하게 된다(Lee et al., 2010). 2020년 3월 기준으로 시설물 안전관리 특별법에 의한 1·2·3종에 해당하는 문화 및 집회 시설은 모두 1,174개로 주택을 제외한 대상건축물 9,402중 대상시설물 중12.5%를 차지하고 있으며, 건축물 및 시설물의 붕괴는 화재 등의 2차 재난으로 이어지기 때문에 시지각 및 시설에 대한 대한 안전 대책이 필요하다.

따라서 본 연구는 시지각적 요소를 갖춘 건축물 센서 모니터링을 위하여 시야각이 넓은 최적의 센서위치를 결정하고, 신호 신뢰성을 확보할 수 있는 방안을 도출하는 것을 목적으로 한다. 이를 위하여 본 연구에서는 센서의 위치를 결정하고, 분석을 위한 신호처리 기술을 확보하고, Test-bed 운영 통해서 시지각적 요소를 갖춘 센서 모니터링 기반의 최적 시지각적 요소를 갖춘 건축물변이 감지장치를 설치할 수 있는 가이드라인을 제시한다.

본 가이드라인은 계측 기기의 구성요소, 설치위치, 기기의 경보 기준, 관리 방안 등을 제시한 가이드라인을 포함한다. 본 가이드라인을 바탕으로 시야확보를 통한 시지각 및 시설의 붕괴로 발생할 수 있는 재난으로부터 대비하고, 전시시설과 관련된 안전관리 역량을 강화에 기여할 수 있다.

이론적 논의

구조물 모니터링의 정의 및 목적

시지각적 모니터링의 사전적 의미는 감시 또는 관찰이며 더 구체적으로 어떤 사물이 어떠한 시간에 어떠한 상태인지를 점검하는 것으로 정의되어 있으며, 건축 및 토목분야에서의 모니터링이란 경우에 따라서 구조물의 진단과 유사한 의미로 사용되고 경우가 많다. ISO 2394 : General principles on reliability for structures 및 ISO 13822 : Bases for design of structures-Assessment of existing structures 규정에 의하면 모니터링이란 ‘구조물의 상태(Condition) 및 동작(Action)에 대한 순간적, 연속적, 그리고 장기적으로 측정 혹은 관찰하는 것’이라고 정의되어 있듯이 모니터링에서 가장 중요한 것은 실시간

(real-time)에 대한 건축물의 상태를 장기적으로 측정하는 것을 의미한다. 이것은 시야의 구도가 확보된 곳을 기준으로 실시간으로 건축물의 상태를 측정하고 관찰함으로써 건축물의 안전성을 수시로 확인할 수 있고, 건축물의 위험으로부터 사고를 미연에 방지하기 위한 목적으로 모니터링을 실시하며, 건축물 모니터링의 목적은 시공을 위한 모니터링과 유지관리를 위한 모니터링으로 크게 두 가지로 구분할 수 있다.

시공을 위한 모니터링은 콘크리트 구조물의 시공 중 콘크리트 충전성, 응결속도, 강도, 양생온도, 변형, 균열 등 구조물의 상태 및 시공오차를 주로 측정하는 것을 의미하며, 유지관리를 위한 모니터링은 이미 시공된 구조물의 전체적 변형 및 휨, 균열 여부, 철근부식 등을 현장계측기기를 이용해 장기적 구조물 수명을 예측하고 필요에 따라 경제성 분석을 포함한다. 건축물 모니터링은 현장에 건축물의 상태를 실시간으로 계속할 수 있는 여러 종류의 광학 센서를 설치하고, 다양한 시야를 확보함으로써 그 센서를 통해 데이터를 수집하는 고가의 장비에서 계속된 값을 다시 컴퓨터에 저장하는 일련의 과정을 통해 현장에 직접 가지 않고도 실내에 설치되어 있는 컴퓨터 모니터 상으로 확인할 수 있다. 건축물 모니터링에 대한 시간과 비용 뿐 아니라 실시간으로 입력된 데이터를 관찰하는 상시 인력이 필요하기 때문에 모든 건축물에 모니터링을 실시하는 것은 매우 비경제적이라 할 수 있다. 따라서 국가의 안전에 중요한 시설물이나 붕괴 가능성이 있어 인명 피해 가능성이 높은 건축물이나 시설물을 선택하여 모니터링을 실시해야 할 것으로 판단된다. 이것은 시시각각 이론을 기반으로 한 건물의 모니터링에 안정성을 고려하는 것으로 그러한 시야각 확보에 중점을 두어야 한다.

최근 들어 국가의 주요사회기반 시설물의 건전성을 모니터링(structural health monitoring : SHM)을 실시하여 구조적 이상 상태를 조기에 검진하고 대처하는 것이 재난대응에 필수적인 요소로 인식되고 있다. 유럽콘크리트위원회인 CEB-FIP에서는 Task Group 5.1 “Monitoring and Safety Evaluation of Existing Concrete Structures”라는 소위원회가 활동 중이며, 일본에서는 일본건축학회 산하의 “스마트 건축 모니터링 응용 소위원회”가 구성되어 있다. 일본재단법인 재해과학연구소는 스마트 인프라 위원회가 설치되어 있어 건축물 모니터링에 대한 새로운 기술 및 개발을 위해 각 국에서 많은 노력을 기울이고 있다(Korea Institute for Structural Maintenance and Inspection, 2016).

구조물 계측기기의 발전 방향

1960년대부터 콘크리트 구조물의 모니터링을 위한 비파괴시험 기법들이 개발되었으며, 1970년대부터 비파괴시험 방법인 미국과 유럽에서 표준(BS 1881, ACI Committee 228)으로 제정된다. 2000년대 이후 모니터링에 대한 관심이 커짐에 따라 Fig. 1과 같이 다양한 종류의 센서(Sensor)를 이용한 구조물의 안전도를 평가하는 기술이 개발되기 시작했다. 유선기반 데이터 계측 방식에서 무선 스마트 센서를 이용한 계측 방식으로 전환되었다. 유선기반 데이터 계측 방식은 경제성, 케이블 작업의 어려움으로 사용이 제한되고, 이의 문제점은 유선기술 전송 선로의 복잡성, 고비용, 잡음처리(S/N비), 다량의 센서 개수에 의한 복잡성 증가되었다. 또한 기존 유선 방식의 대안으로 무선 스마트 센서를 개발하였다.

기존 센서들은 대부분 데이터 취득 이외의 다른 기능이 없는 반면, 스마트 센서는 소프트웨어를 자체적으로 내장하여 측정된 응답을 자체적으로 처리 후 유효한 데이터만을 전송하는 기능을 가지고 있다. 기존의 센서는 유선기반 데이터 계측 및 전력전송 방식을 사용하는데 반해, 스마트 센서는 점차 무선 센서화 및 전력 자가생성(Energy harvesting) 등의 기술이 적용된다. 스마트 관찰시스템은 전자분야의 발전에 따라 무선센서 네트워크로 계측된 후 전자적 값들은 물리적 값으로 변환되어 위험징후 감지의 기능을 수행한다. 현재 센서기술의 문제점을 극복하기 위한 기술들은 무선통신, 레이저 센싱기술, 음향센싱,

멤스(MEMS: Micro Electro Mechanical System)기술 적용, 데이터 계측 및 내장 처리 기술, 배터리 기반 자체 전력, 저렴한 가격, 내구성에 따른 장기측정 등의 기술이 있으며 성능이 우수한 스마트 센서를 개발하기 위한 노력이 활발하게 진행되고 있다. 위험징후 감지를 위한 계측값들은 가속도(3D), 변형(strain:1D), 주위 기후환경 (온, 습도 등), 변위(displacement), 하중, 경사도 등이 있다. 결론적으로 구조거동 계측 센서의 요구사항은 Fig. 1과 같이 소형, 저가 및 네트워크화 되고, 센서규격은 기존의 센서에 비해 소형화를 달성하고, 리튬이온배터리를 사용하여 장시간 작동이 가능해야 한다. 또한 최소한 기지국(base station)에서 100m정도의 무선 송신이 가능해야 하며, 물리적 값으로의 변환을 위한 최적화된 알고리즘(소프트웨어)의 장착이다(National Disaster Management Research Institute, 2016).

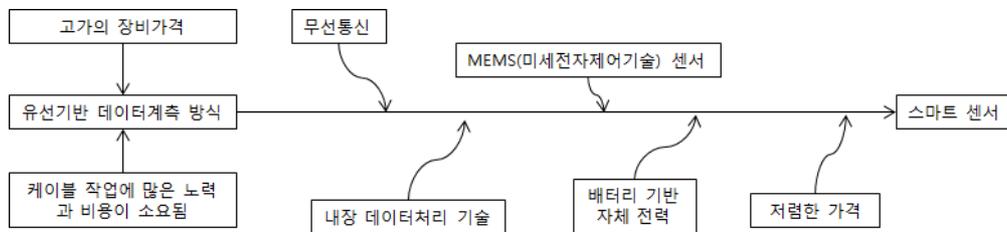


Fig.1. Direction of technological development of sensors

스마트 센서 개발 및 활용 동향

Straser et al.(1998)은 교량 상태 평가를 위해 1998년에 스마트 센서가 처음 도입된 이후, 다양한 스마트 센서의 하드웨어/소프트웨어가 개발되어 구조물에 활용되고 있다. Fig. 2는 스마트 센서가 도입된 후 최근(2015년)까지 스마트 센서 개발 및 활용현황을 나타낸 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 적용 초기의 주요 연구방향은 개발된 센서 시스템의 성능확인을 위한 실내실험과 소교량의 단기 모니터링 성과를 보고하는 형식으로 진행되었다.

대표적으로 Swartz et al.(2005)는 효율적인 전력 시스템과 넓은 전송범위를 가지며 복잡한 구조적 계산을 할 수 있는 알고리즘이 내장된 나라도(Narada) 센서를 개발하였으며, 내장 프로그램에 의한 계산된 결과 값과 현 상태 값과의 비교 가능, 통신 성능 강화 및 손상추정 모니터링 기능 가능한 이모트(Imote) 센서를 개발 하였다(Rice et al., 2008).

개발된 스마트 센서의 성능을 먼저 검증하기 위해 실내 실험(lab test)을 실시하는 것이 일반적이다. 실내 실험을 통해 얻은 결과를 토대로 개발된 스마트 센서의 주요성능을 평가하고 여러 단계의 피드백을 통해 실제 구조물에 적용하게 된다. Fig. 3은 개발된 스마트 센서의 성능 테스터 및 실제 구조물에 적용현황을 나타낸 것이다.

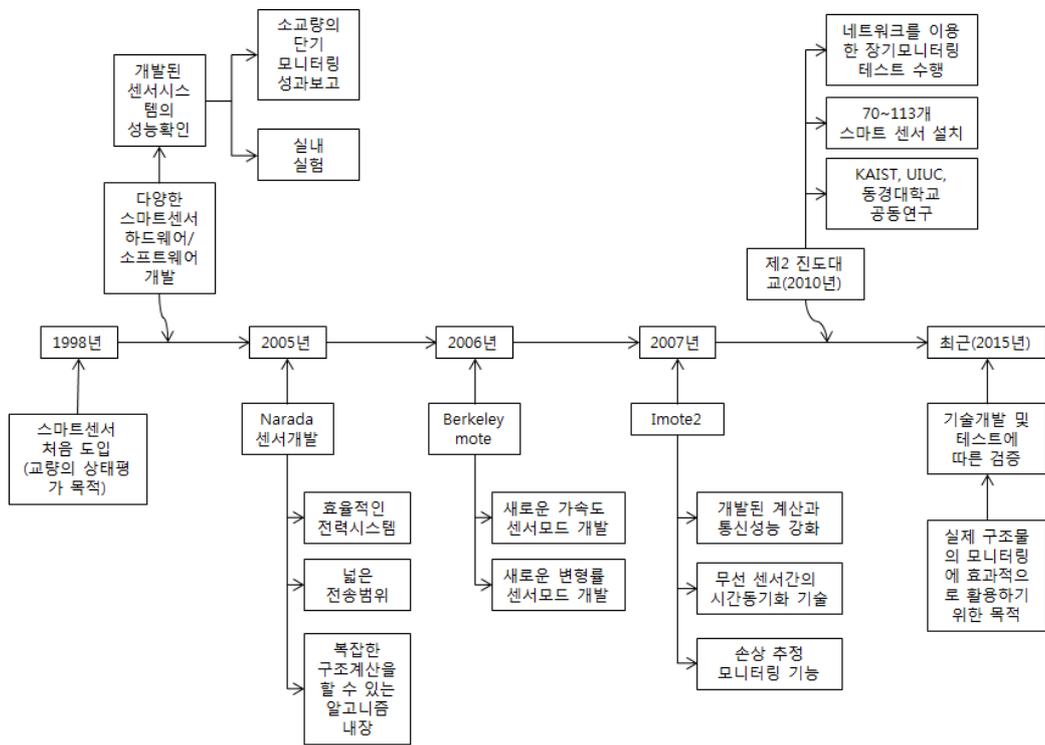


Fig. 2. Current status of smart sensor development and utilization

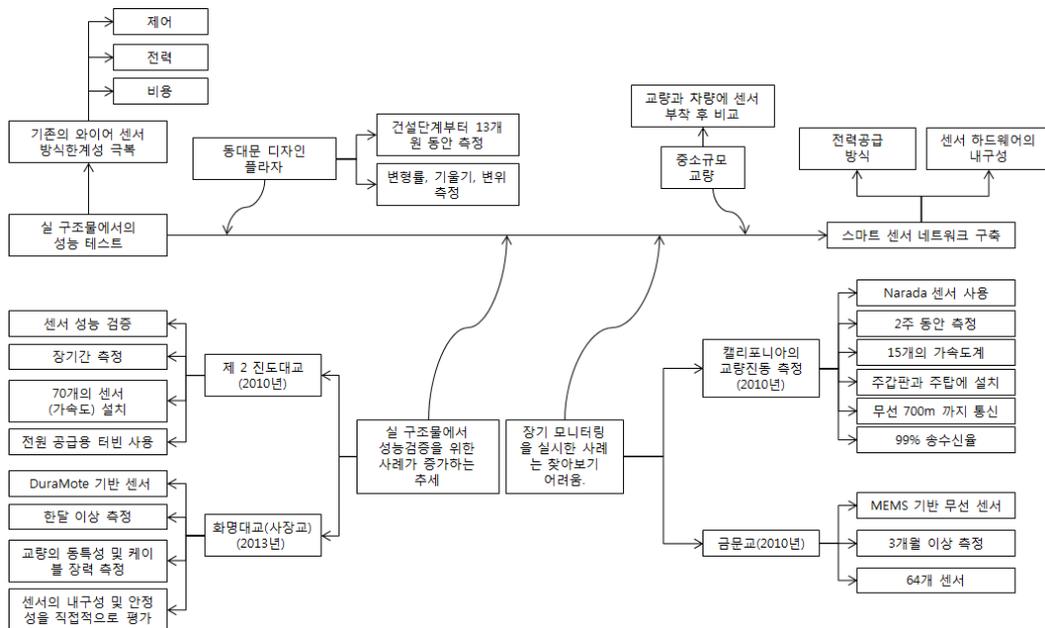


Fig. 3. Smart sensor performance tester and application status

전시 공간 안전 가이드라인에 관한 연구 동향

전시 공간 안전 가이드라인에 관한 연구는 현재 부족한 실정이다. Lee et al.(2010)은 시지각의 화재안전을 위한 방재 가이드라인 연구를 수행하였다. 이들은 시지각이 화재로부터 안전하기 위해서 건축계획 단계에서부터 건축물에 대한 이용관리 및 각종설비에 이르기까지 모든 단계가 화재단계별 기능유지를 해야 하므로, 건축계획단계, 이용 및 관리단계, 설비단계로 구분하고, 화재진행상황에 따라 출화방지단계, 연소방지단계, 확대방지단계로 구분하여, 각 단계에서 고려해야하는 방재요소를 체크리스트 형식으로 구축하였다. 그러나 이들 연구는 시지각의 화재에 관한 연구로 시설물이나 구조물 붕괴에 관한 연구는 아니다.

시지각적 요소를 갖춘 건축물 변이 계측 상시 모니터링 시스템 설치 가이드라인 개발

개요

전시 공간 시설 안전을 위한 구조물 모니터링 시스템 설치 가이드라인은 전시 공간관련 시설물과 건축물의 위험 요인을 실시간으로 모니터링하여 경보할 수 있도록 구조물 변이 감지장치 계측기를 활용해 건축물의 위험거동 데이터를 수집·전송하고, 경보를 발령하는 건축물 상시 모니터링 시스템을 설치하는 안내서이다. 본 가이드라인은 가이드라인의 개요와 구성요소, 설치위치, 경보기준, 관리방안의 5개 부분으로 구성되며, 이것은 공간과의 구조를 통해 시지각이 확보된 장소에 고려되어 설치된다.

시지각적 요소를 갖춘 건축물 변이 모니터링 시스템은 건축 구조물의 위험 징후를 실시간으로 판단하여 경보할 수 있도록 위험징후 감지장치를 활용해 건축물의 위험거동 데이터를 수집·전송하고, 위험을 경보하는 상시 모니터링 시스템을 말한다. 개발기준은 의미있는 진동레벨의 상시 측정이 가능하고, Noise floor가 $15 \mu\text{g}/\sqrt{\text{Hz}}$ 이내이며 3축 성분 모두 측정 가능한 센서(3D sensor)로, 고성능 연산장치가 내장된 단일제품의 감지장치로 제작되며 국내에 저가로 공급할 수 있는 비용·효과적인 설치와 관리가 용이한 무선 데이터 전송의 계측기로 제작된다.

전시 공간 구조물 변이 감지장치 구성요소

전시 공간 구조물 변이 감지장치는 Fig. 4와 같이 전시 공간의 이상 여부를 파악하는 다양한 센서와 전압·펄스·디지털 신호를 모두 받는 데이터 접속단자가 있는 통합형 데이터 수집기로 통신모듈과 전원 공급장치가 일체형으로 구성된다. 메인 보드는 구조물 변이 감지장치의 프로그램 연산처리, 데이터 처리 및 저장 등을 담당하며, 입출력보드는 감지장치의 외부 입출력(USB 2, RJ45 2, 전원, GPS)을 담당한다. LCD보드는 감지장치의 동작상태 외부 확인(가속도 3축, 기울기 2축)을, 가속도 센서는 속도 3축 감지(지진측정) 및 자이로 3축 감지(방향측정)를 한다. 기울기센서는 기울기 2축 감지(시설물의 기울기 측정)를, WiFi(통신)보드는 데이터의 무선 전송(유, 무선 가능 IP부여)하며, 마지막으로 GPS는 위치확인 및 정확한 시간 감지(실내에서는 RTC로 대체)한다.



Fig. 4. Internal and external configuration of the variation detector of the exhibition space structure

설치위치

시지각적 요소를 갖춘 건축물 변이 감지장치의 설치 위치는 작동조건을 고려하고, 비 정상적인 외부하중(설하중, 풍하중, 침하 등)이 작용할 경우 취약한 부재로 판단되는 곳을 선정한다. 시설 내 취약부재의 판단근거는 변위와 변형률이 크게 작용되는 부재중에서 기동 부재는 주로 기동하부와 기동상부에 설치하고, 보 부재는 경간이 가장 큰 부분의 중앙부에 설치한다. 모든 기동 부재와 보 부재에 구조물 변이 감지장치를 모두 설치할 수 없으므로 가장 위험성이 크게 작용하는 기동과 보 부재를 선정한다. 특히 전시물이 구조물에 매달려 있는 경우 이를 우선한다.

기동 부재 선정시 고려사항은 평면도에서 기동 배열은 기동 하나당 받는 면적으로 기동 재료는 RC구조, S구조, SRC구조 등이다. 또한 입면도에서 기동 높이와 기동의 크기(단면적)이 고려되어야 하며, 외부 환경은 비 정상적(예상치 못한 하중 또는 설계에 반영되지 않은 하중 등)인 하중 발생 가능성을 고려하여야 한다.

보 부재 선정시 고려사항은 평면도에서 보의 유형이 Girder 또는 Beam 인지 확인해야 하며, 보의 재료와 구조형식(RC구조, S구조, PC 구조 등)이 고려되어야 한다. 또한 각 층 평면도를 검토하여: 건물유형별 적재하중이 심하게 작용하는 위치를 고려하고, 보의 크기(단면적), 외부 환경: 비 정상적(예상치 못한 하중 또는 설계에 반영되지 않은 하중 등)인 하중 발생 가능성을 고려한다.

이 외에도 감지장치의 설치 후 신호의 신뢰성 확보가 필요하며, 감지장치의 설치는 계측 방향과 부재의 거동방향이 일치하도록 설치되어야 한다. 진동데이터와 정적데이터의 시간 동기화, 모니터링 시스템 구축, 거동 분석 관련 진동·정적 데이터의 활용성에 대해 평가하고, 구조물의 사용성에 영향을 미치는 진동, 처짐, 변형도 등의 기준값(건축구조기준, 안전진단기준 등)을 설정하고 사용성에 문제점이 발생할 경우 경고 시스템이 작동하도록 하는 것이 필요하다. 감지장치 설치시, 보의 경우 초기 처짐을 고려한 계측결과를 받을 수 있도록 실제의 처짐에 대한 정보를 미리 알고 있어야 하고, 정적·동적 데이터에 따른 데이터 샘플수의 비율과 저장매체 용량을 고려해야 한다.

경보기준

경보 발령 측정 항목은 가속도, 변위, 변형률이다. 경보발령 기준으로 가속도는 시설물 변이 감지장치를 설치하고 1년 이상 데이터를 수집한 후 붕괴위험 관련 이벤트에 대한 가속도 데이터를 분석하여 경보발령 기준을 설정한다. 변위는 기동(수평 이동)과 보의 처짐(수직 처짐)을 기울기 각도로 환산해 변위를 측정하고, 평균값 이상의 각도(Δ°)에 대한 변위를 분석하

여 경보발령 기준으로 선정한다. 마지막으로 변형율은 붕괴위험 관련 이벤트에서 발생하는 평균값 이상의 변형률을 측정하여 경보발령 기준으로 설정한다. 경보 발령은 단일 항목에 대한 심각(경보)으로 통보하여 관람객들의 신속한 대피가 이루어 질수 있도록 한다.

관리방안

먼저 계측기 모니터링 관리방안으로 감지장치 설치 후, 일주일 (최소 4주 이상) 단위로 계측값(그래프) 특성을 파악하고 평균값을 도출하며, 계절(분기)별로 모니터링 한 평균값을 산정하여 분석한다. 유지관리는 관리주체인 문화시설 관리장(관장)이 설치된 후 감지장치가 항상 정상가동 되도록 관리대장을 작성하여 관리해야 한다. 감지장치의 관리주체는 감지장치의 설치 후 계측자료를 주기적으로 다운로드 받은 후 제출하여야 하며, 계측자료의 제출과 분석은 위탁업체를 통해 수행할 수 있다. 또한 구조물 변이 감지장치의 유지관리와 계측자료 제출에 따른 소요 비용은 관리주체가 부담한다.

점검 관리주체는 포트허용 및 연계 확인을 준공검사 30일전에 신청하여 위험징후 감지장치가 적절하게 연계되었는지 행정안전부장관의 확인을 받고 초기점검 보고서를 제출해야 하고, 행정안전부장관은 제출한 초기점검 보고서를 토대로 위험징후 감지장치가 적절하게 설치되었는지 여부에 대한 현장점검을 국립재난안전연구원장에게 대행하게 할 수 있다. 관리주체는 변이 감지장치에 대하여 위험징후 감지장치의 정상 가동 여부 상시 점검(모니터링), 각 채널의 정상작동 여부 정기(6개월)점검을 해야 하며, 정기적 시설교체는 최소 3년을 기준으로 한다. 또한 감지장치 계측자료의 활용도 제고와 정보공유를 위해, 감지장치 계측자료의 전문 분석, 가공 및 공유, 이벤트데이터의 관리, 그 밖의 시각적 활용 및 정보공유를 위한 기술 개발 및 지원 등을 할 수 있다.

결론 및 기대효과

본 연구는 전시 공간 안전을 위한 시설물 센서 모니터링을 위하여 최적의 센서위치를 결정하고, 신호 신뢰성을 확보할 수 있는 방안을 도출하는 것을 목적으로 하였다. 이를 위하여 본 연구에서는 센서의 위치를 결정하고, 분석을 위한 신호처리 기술을 확보하고, Test-bed 운영 통해서 시지각적 요소를 갖춘 센서 모니터링 기반의 최적 전시지각적 요소를 갖춘 건축물 변이 감지장치를 설치할 수 있는 가이드라인을 제시하였다.

신뢰성 확보를 위한 국내외 시설물의 취약부재거동 분석기술을 조사한 결과 시설물 계측은 유선기반 데이터 계측방식에서 각각의 센서 노드가 독자적으로 내장된 프로그램을 통해 계측한 데이터를 처리하고, 자체적으로 저장·해석·통신하는 스마트센서를 통한 계측방식을 발전하고 있다. 스마트센서는 센서와 센싱 인터페이스, 무선 송수신기, 마이크로컨트롤러, 배터리로 구성된다. 붕괴위험 모니터링 계측을 위한 스마트 센서는 1998년 교량에 처음으로 도입되었으며 최근에는 실제 시설물 모니터링에 활용하기 위해 기술개발 후 테스트를 통한 검증단계에 있다. 우리나라에서도 스마트 센서의 적용연구가 활발하게 추진될 필요가 있다. 우리나라 재난안전분야의 건축물 안전성 연구는 그동안 기초연구와 위험도 평가·판단·예측, 예경보 연구가 주로 진행되었으며 스마트센서에 의한 건축물과 급경사지의 안전성을 계측하는 연구는 미흡한 실정이었다. 기존의 연구를 참고하면 전시공간 시설물 및 건축물의 위험판단은 건축물 손상, 인접건축물과 지반 위험, 구조부재 위험, 낙하물 위험, 위험물질 누출·석면누출·가스라인 손상 등 기타위험이 대상으로 대두되었다.

모니터링에서는 시각적 장비를 포함, 계측장비의 안정성이 중요하다. 계측장비의 환경적 조건 변화에 따른 계측신호의 영

향은 온·습도 내구성, 센서 측정범위, 분해능, 기본 잡음특성 등 센서의 기본사양이 고려되어야 한다. 계측기는 온습도 챔버를 이용한 계측기 검증에서 $-30\sim 60^{\circ}\text{C}$ 까지 범위를 테스트 하였으며, 테스트 결과에서 가속도센서, 기울기센서, 데이터 통신이 이상없이 작동하는 것을 확인하였다.

본 연구의 활용성으로 첫째, 본 연구의 결과는 시지각적 요소를 갖춘 건축물의 위험징후를 분석하고, 계측기술을 개발하는데 활용하여 다중밀집시설인 문화시설에서 인명피해를 최소화하며, 소중한 전시물품을 보호 할 수 있다. 둘째, 본 연구에서 수행한 부재의 위험거동 분석결과를 활용하여 시지각적 요소를 갖춘 건축물 변이 감지장치 개발하고, 이러한 변이 감지장치를 지역사회 전시공간시설에 보급할 수 있다.

더 나아가 본 연구의 기대효과로 시지각적 요소를 갖춘 전시공간 시설물 센서 모니터링에 대한 설치 가이드라인을 구축함으로써 노후한 안전관리 미비 다중밀집시설물 및 건축물의 구조적 결함에 의한 붕괴·파손, 대설로 인한 건축물 지붕 붕괴, 급경사지 붕괴 등 노후시설물에서 발생할 수 있는 다양한 재난유형으로부터 실시간적으로 위험징후를 파악하여, 안전관리 역량을 강화할 수 있다.

References

- [1] Korea Institute for Structural Maintenance and Inspection (2016). Sustainable Repair and Reinforcement Technique for Concrete Structures, Kimoondang, Seoul.
- [2] Lee, J.-H., Choi, J.-H. (2010). "A comprehensive fire safety guideline in exhibition area." Journal of the Architectural Institute of Korea Planning & Design, Vol. 26, No. 1, pp. 399-407.
- [3] National Disaster Management Research Institute (2016). Actual Measurement Analysis for Hazardous Movements of Facilities Based on Sensor Monitoring, National Disaster Management Research Institute, NDMI-PR-2016-07-03-02, Ulsan, Korea.
- [4] Rice, J.A., Spencer Jr, B.F. (2008). "Structural health monitoring sensor development for the Imote2 platform." Proceedings of In The 15th International Symposium on: Smart Structures and Materials & Nondestructive Evaluation and Health Monitoring, International Society for Optics and Photonics, Urbana, IL USA, pp. 1-12.
- [5] Straser, E.G., Kiremidjian, A.S. (1998), A Modular, Wireless Damage Monitoring System for Structures. Stanford, CA, USA.
- [6] Swartz, R.A., Jung, D., Lynch, J.P., Wang, Y., Shi, D., Flynn, M.P. (2005). "Design of a wireless sensor for scalable distributed in-network computation in a structural health monitoring system." Proceedings of 5th international workshop on structural health monitoring, Stanford, CA, USA, pp. 1570-1577.