

공동구 시설물 상태 센싱 장치에 관한 연구

김광수*, 김봉완

한국전자통신연구원 에어모빌리티연구본부

{enoch, kimbw}@etri.re.kr

A Study on the Devices Sensing Status of Facilities Installed in Underground Utility Tunnels

Kwangsoo Kim*, Bong Wan Kim
Air Mobility Research Division, ETRI

요약

공동구는 전력, 통신, 상수, 난방, 가스 등 일상의 생활을 유지하기 위해 필요한 지하시설물을 공동으로 수용하는 국가 중요 시설이며, 화재 및 침수 등의 재난 발생시 지역사회에 큰 부정적인 영향을 미친다. 따라서, 공동구 내부에 설치된 시설물들은 사람이 정기적으로 안전점검을 진행한다. 그러나, 공동구는 조명 등 실내 환경이 열악하고, 관리 인력에 한계가 있으므로 자동화된 안전관리 시스템 도입이 추진되고 있다. 기존의 연구에서는 난방관 및 쓰레기 수송관을 제외하였으나, 본 논문에서는 법령에 따라 공동구에 설치될 수 있는 모든 시설물들의 종류, 개별 시설물에 대해 확인해야 할 점검 내용, 개별 시설물의 안전 상태를 점검하기 위한 센싱 장치의 종류에 대해 설명한다. 본 논문은 향후 자동화된 안전 점검 시스템을 구축하고자 할 때 업무 수행에 도움이 될 것으로 기대된다.

1. 서론

공동구는 도시를 건설할 때 전력, 통신, 상수 등의 기반시설을 지하에 개별적으로 설치하는 경우 지표면 반복적으로 굴착하는 불편함을 방지하기 위해 사회 기반시설을 함께 설치하여 관리의 효율성을 제고하기 위해 설치한다. 공동구 설치 및 관리지침[1]에 따르면, 공동구 내부에는 전력시설, 통신시설, 상수도 시설, 난방시설, 쓰레기 수송관, 가스 시설 등 6 대 지하시설물을 설치할 수 있다. 또한, 공동구의 유지관리를 위해 정기적인 점검을 진행한다. 점검은 공동구의 구조체 및 수용시설물의 손상 여부를 확인함으로써 각각이 자기의 기능을 정상적으로 수행할 수 있도록 보존하고 안전을 도모하기 위한 목적으로 진행한다. 점검의 종류로는 년 2 회 실시하는 정기점검, 2 년에 1 회 이상 실시하는 정밀점검, 공동구관리자의 필요성 판단으로 실시하는 긴급점검, 공동구관리자가 필요하다고 인정한 경우 실시하는 정밀안전진단 등으로 구분할 수 있다. 또한, 매일 정해진 시간에 인력에 의해 수행되는 정기 순찰이 있다. 정기 순찰, 정기점검, 정밀점검 등은 시설물의 사용요건에 따른 기능적 상태를 만족시키고 있는지를 판단하기 위하여 육안검사를 실시하고, 정밀점검과 긴급점검, 정밀안전진단에서는 시험 및 측정장비를 사용한다.

공동구는 지하에 위치하므로 환경이 매우 열악하다. 육안 조사를 하기 위해서는 밝은 조명이 필수적이거나

조명등과 조명등 사이가 일정거리 떨어져 있으므로 조도가 낮아지는 장소가 발생하며 이런 곳에서는 육안 검사의 신뢰성이 저하될 수 있다. 따라서, 순찰 및 점검자는 휴대용 조명을 소지하고 육안 검사를 실시하는 경우도 있다.

최근에는 육안 조사의 한계를 극복하고 점검의 효율성을 향상시키기 위해 ICT(Information and Communication Technology) 기술을 적용한 공동구 스마트 안전관리시스템[2,3]을 구축하고 있다. 이러한 스마트 시스템에서는 공동구를 디지털 트윈 기술을 이용하여 모델링 및 구축하고 공동구 내부의 환경 및 시설물의 상태 정보를 센서를 이용하여 수집한다. 수집된 센싱 정보를 기반으로 AI 기술을 접목하여 위험도 추론도 진행하며, 재난 발생시 피해를 최소화하기 위해 재난발생 단계를 전조, 초동, 능동대응 단계로 구분하고 각각에 대한 서비스를 제공한다. 그러나, 이러한 스마트 시스템은 표준화된 구축 방법 없이 적용되는 공동구별로 상이하게 구축됨으로써 서로 다른 장치들이 공동구에 사용되고 있다. 특히, 난방관 및 쓰레기 수송관은 대부분의 시스템에서 제외되어 있다.

본 논문에서는 공동구에 공통적으로 적용할 수 있도록 법령에서 규정한 공동구 내부에 설치될 수 있는 모든 수용시설물별 필요한 안전 점검 항목을 조사하고 각 항목별 필요한 센싱 장치들을 매핑함으로써 향후

구축되는 공동구에 일관성 있는 장치들이 설치될 수 있도록 지원하고자 한다.

II. 본론

공동구에는 전력선, 통신선, 상수관, 냉·난방관, 쓰레기 수송관, 가스관 등이 설치될 수 있으며, 개별 시설물 운영기관과의 협의를 통해 공동구 내부에 설치한다. 따라서, 공동구마다 서로 다른 종류의 시설물들이 설치되어 있을 수 있다. 지하시설물들은 서로 다른 특징을 가지고 있으므로 점검해야 하는 안전 항목도 서로 상이하다. 스마트 공동구 관리 시스템에서 관리하는 시설물별로 수집하는 안전 점검 항목 및 센싱 정보에 대해서 표 1에 정리하였다. 또한 공동구 구조체 및 실내 환경에 대한 관리 대상 항목 및 센싱 정보는 표 2에 정리하였다.

표 1. 지하시설물별 안전 점검 항목

지하시설물	점검 대상	센싱 장치
전력선	화재	연기탐지기 열/온도탐지기 화염탐지기 영상
	전류	과전류탐지기
통신선	외피손상	영상
상수관	누수	누수탐지기
	손상/균열	영상
냉·난방관	누수	누수탐지기
	손상/균열	영상
쓰레기수송관	손상/균열	영상
	변형	스트레인 센서
가스관	가스누출	가스탐지기
	손상/균열	영상

표 2. 공동구 안전 점검 항목

공동구	점검 대상	센싱 장치
구조체(벽체)	손상/균열	음향 센서 영상 진동 센서
	결로	영상
	백태	영상
	기울기	변위 센서 가속도 센서
실내 환경	온도	온도 센서
	습도	습도 센서
	조도	조도 센서
	유해가스	가스 센서
보안	침수	수위 센서
	침입	영상 동작감지센서 ID 카드

지하시설물의 균열이나 손상을 확인하기 위해서는 CCTV와 같은 영상 장비를 사용할 수 있다. 수집된 영상 정보로부터 정확한 판단을 위해서는 해상도가 높고 실내 조도가 일정 수준 이상이어야 하는 제약사항이 존재한다. 그럼에도 불구하고 영상 정보는 대부분의

시설물의 안전 점검을 위한 정보 수집에 사용된다. 특히 사항으로 쓰레기 수송관은 압력을 이용하여 내부의 물질을 이동시키고 있으므로 스트레인(strain) 센서를 이용하여 관의 변형률을 측정한다. 가스탐지기를 통해서 일산화탄소, 이산화탄소, 황화질소, 이산화질소, 산소 등의 양을 측정한다. 상수관, 가스관, 냉난방관에 공통적으로 적용할 수 있는 누수 혹은 가스누출 탐지 센서로는 음향식 누수탐지기, 가속도계를 이용한 상관식 누수탐지기, 진동센서를 이용한 누수 지역 및 누수위치 탐지 방법 등이 있다. 그런, 음향식에는 외부 소음의 차단이 매우 중요하다.

구조체는 대부분 도로 아래에 설치되는 경우가 많아서 지속적으로 상부를 주행하는 차량의 진동에 노출되고 이로 인한 변형과 균열의 위험이 존재하므로 이에 대한 점검 항목이 필요하다. 또한, CCTV와 같은 영상 정보는 구조체 안전 점검 및 보안 유지를 위한 정보 수집에도 유효하게 사용된다.

III. 결론

국가보안시설로 지정된 공동구에는 서로 다른 특징을 가지는 지하시설물이 설치되어 운영되고 있다. 따라서, 재난 발생시 심각한 영향을 지역사회에 미치고 있으므로 공동구의 안전 점검은 매우 중요한 사회적 관심사로 대두되었으며 이를 위해 스마트 공동구 관리 시스템 구축이 추진되고 있다. 본 논문에서는 공동구 시스템별로 서로 다른 종류의 센싱 장치들이 사용되고 있는 현상을 보완하기 위해 지하시설물의 특징을 고려하여 필요한 안전 점검 항목과 이를 위한 센싱 장치들의 종류를 제안하였다. 제안된 결과는 향후 스마트 공동구 안전관리 시스템을 구축하고자 할 때 필요한 수집 정보들을 확정하는데 도움이 될 것으로 기대된다.

향후에는 습도가 높고 어둡고 침착한 공동구의 열악한 실내 환경에서 정해진 기능을 원활하게 수행할 수 있도록 센싱 장치들의 세부 사양을 정하는 연구가 진행될 예정이다. 또한, 공동구 내부에 몇 개의 센서를 어느 정도 간격으로 설치하는 것이 최소의 비용으로 최대의 효과를 낼 수 있는지에 대한 연구도 필요하다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음(과제번호 RS-2023-00245334).

참고 문헌

- [1] 국토교통부, “공동구 설치 및 관리지침,” 국토교통부훈령 제 569 호, 2015.
- [2] 이미숙, 정우석, 김은솔, “디지털 트윈 기반 공동구 재난안전관리 방법에 관한 연구,” 정보과학회지, 한국정보과학회, vol.39, no.2, pp.16-24, Feb. 2021.
- [3] Jaewook Lee, Yonghwan Lee, Changhee Hong, “Development of Geospatial Data Acquisition, Modeling, and Service Technology for Digital Twin Implementation of Underground Utility Tunnel,” applied science, MDPI, vol. 13, no. 7, pp.1-7, Mar. 2023.