멀티모달 데이터 융합 기반 상수도 시스템 분석 기법에 관한 문헌 연구

정윤상*, 김정현**, 유도근***
*수원대학교 토목공학과
**수원대학교 건설환경공학과
***수원대학교 건설환경에너지공학부
e-mail:dydrkagksror@naver.com

A Review of Research Trends in Multimodal Data Fusion-Based Analysis for Water Supply Systems

Yun-Sang Jeong*, Jeonghyun Kim**, Do-Guen Yoo***
*Department of Civil Engineering, The University of Suwon
**Department of Civil and Environmental Engineering, The University of Suwon
***Department of Civil and Environmental Engineering, The University of Suwon

요 약

상수도 관망은 취수, 정수, 송·배수 과정을 통해 수돗물을 안정적으로 공급하는 핵심 기반 시설로서 도시 기능 유지에 중요한 역할을 수행한다. 그러나 상수도 시스템은 수리적 조건, 수질 변화, 운영 정보 등 다양한 요소가 복합적으로 작용하는 구조를 가지며, 단일 데이터 기반 분석으로는 시스템 상태를 충분히 설명하는 데 한계가 있다. 최근 상수도 분야에서도 다양한 데이터를 활용한 분석이 증가하고 있으며, 이러한 흐름 속에서 서로 다른 유형의 데이터를 통합적으로 활용하는 멀티모달(Multimodal) 접근이 주목받고 있다. 멀티모달은 이종 데이터를 동시에 활용하여 단일 데이터로는 파악하기 어려운 복합적인 시스템 특성을 반영할 수 있는 장점을 가진다. 그러나 기관 및 데이터 출처에 따라 형식과 기준이 상이하여 데이터 간 직접적인 결합과 활용에 어려움이 존재한다. 또한 시간·공간적 차이와 데이터 불확실성으로 인해 통합 분석에 제약이 발생한다. 이에 따라 이를 효과적으로 활용하기 위한 체계적인 접근이 요구된다. 이에 본 연구에서는 심층 문헌 연구를 통해 상수도 분야에서의 멀티모달 데이터 활용 흐름과 적용 방법, 한계점을 분석하였다. 문헌조사는 “water supply systems”, “multimodal data”, “data fusion”, “multi-source data”, “soft multi-sensor” 등의 핵심 키워드를 기반으로 수행하였으며, 데이터 유형, 분석 기법, 활용 방향 및 한계점을 중심으로 비교·정리하였다. 본 연구는 상수도 시스템의 멀티모달 접근에 대한 기초적인 정리 및 체계화를 통해 향후 데이터 기반의 통합적 시스템 분석 및 운영·관리 연구에 기초 자료를 제공하는 것을 목적으로 한다.

감사의 글

본 연구는 기후에너지환경부의 재원으로 한국환경산업기술원의 기후변화 적응 수재해 관리 기술개발사업(R&D)의 지원을 받아 연구되었습니다(RS-2026-25501478).