

BIM기반 공간적 맥락 학습을 활용한 디지털 유지관리 체계

문현석

한국건설기술연구원 미래스마트건설연구본부 연구위원

최근 AI 시대의 도래와 함께 건설 유지관리 분야는 데이터의 단순한 디지털화를 넘어, 지능적 활용이라는 근본적인 전환점을 맞이하고 있다. 기존의 BIM 데이터는 대부분 설계 및 시공 단계에 국한되어 있고, 시설물 객체 간에 암묵적으로 존재하는 복잡하고 비정형적인 관계 및 맥락을 AI가 직접 이해하고 추론하는데 명확한 한계가 있다. 이에 BIM 데이터가 본래 내포하고 있는 시설, 부재 등의 BIM 객체 간 기하학적, 기능적 관계, 즉 공간적 맥락을 AI가 능동적으로 학습하고 이를 유지관리 단계에 활용하는 지능화된 새로운 디지털 유지관리 체계를 제시한다. 이 체계의 핵심은 먼저 인프라 시설에 공간 온톨로지 개념을 도입하여 '거더가 교각위에 지지된다.'거나 'A거더의 손상이 B교각, C받침에 의해 영향을 받는다.'와 같은 공간적, 위상적, 기능적 관계의 유형을 명확하게 정의하고 표준화하는 것이다. 이러한 공간 온톨로지를 기반으로, BIM 모델의 방대한 기하 및 속성 정보를 추출하여 각 객체를 노드로, 그들의 관계를 엣지로 표현하는 지식 그래프로 변환한다. 이 과정은 단순 데이터 변환이 아닌, 암묵적인 정보를 AI가 추론 가능한 명시적인 지식 네트워크로 구축하는 것이다. 예를 들어, 특정 거더(BIM객체)의 드론 점검을 통해 촬영된 균열 이미지를 식별하고 지식 그래프를 활용하여 해당 거더와 연결된 모든 관계를 탐색한다. 이를 통해 BIM 객체 ID 또는 코드를 기반으로 각 부재의 설계 정보, 재료, 점검진단 및 보수보강 이력 등의 BIM 속성 정보와 결합한다. 그런 다음 AI에 의한 공간적/구조적 맥락 분석을 통해 해당 균열이 어떠한 이유로 발생되었는지의 가능성을 추론할 수 있고, 그러한 결과를 BIM 모델에 하이라이팅하여 균열의 위치와 구조적 영향범위를 시각적으로 추적할 수 있는 장점이 있다. 궁극적으로 이러한 공간적 맥락 학습 체계는 시설물 스스로 자신의 상태를 진단하고, 손상의 근본 원인을 탐색 및 추론하며, 최적의 유지보수 시점과 방법을 예측하여 자동으로 작업 지시를 생성하는 자율적 유지관리 AI Agent로 진화될 수 있을 것이다. 이와 같이 본 발표에서 제안하는 패러다임은 BIM을 정적인 데이터 저장소에서 동적인 지식 기반으로 전환시키는 것이며, 이는 BIM 데이터로 구성된 시설물 공간의 의미를 컴퓨터가 이해하고 활용하는 차세대 지능형 유지관리의 기반이 될 것으로 기대한다.