

LH 단지조성공사를 위한 스마트 건설정보 통합관제 플랫폼 구축 및 실증*

Development and Demonstration of an Integrated Digital Construction Platform for LH Complex Development Projects

박수현** · 서종원***

Soohyun Park** · Jongwon Seo***

Abstract

This study aims to enhance the efficiency and safety of construction sites by developing and implementing an integrated platform, the Korea Land and Housing Corporation (LH) Digital Construction Open Platform (LH-COP). This national pilot smart city project platform was implemented in the Sejong 5-1 living area to evaluate its operational performance. The LH-COP system is designed to streamline data management and analysis on construction sites by integrating IoT-based safety management, real-time site monitoring, and automated equipment control. The results confirmed that LH-COP significantly improves work efficiency and safety at construction sites. Additionally, the platform enhances the interoperability of various smart construction technologies and allows for flexible, customized system applications tailored to specific site needs. The study also highlights the importance of developing operational guidelines and user manuals to further improve the system's stability and efficiency further. The findings suggest that LH-COP could become a critical technological foundation for smart city development. This research underscores the inspiring role of integrated digital platforms in advancing construction automation and creating safer, more efficient urban environments.

Keywords: LH-COP, IoT based Management, Digital Automation, Smart Construction, Smart City

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

국내 건설산업은 고령화와 숙련된 기술자 부족으로 인해 성장 동력이 저하되고 있으며, 이로 인해 건설 생산성이 정체되고 있다. 건설 기능인력 중 60대 이상의 비중은 25.7%로 역대 최고치를 기록하였으

며, 40대 이상 기능인력의 비중은 84.4%에 달해 전체 산업 취업자의 평균인 66.4%를 크게 상회하고 있다(김희용, 2023). 이는 건설업의 심각한 고령화를 나타내며, 기술 전수와 지속 가능한 생산성 유지에 대한 심각한 위협이 될 수 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 전통적인 로우테크(Low-Tech) 방식의 한계를 극복하고 정보통신기술(ICT)과의 융

*이 논문은 「세종스마트시티 국가시범도시 조성공사 건설정보 통합관제 시스템구축 연구용역(2020-2024)」 지원을 받아 수행된 연구임.

**한양대학교 건설환경공학과 박사후 연구원(주저자: s10230@hanyang.ac.kr)

***한양대학교 건설환경공학과 교수(교신저자: jseo@hanyang.ac.kr)

합을 통한 스마트 건설기술 도입이 필수적이다. 이에 대응하여 국토교통부는 『스마트 건설 활성화 방안 S-Construction 2030』을 통해 2030년까지 건설 전 과정을 디지털화·자동화하고자 하는 목표를 설정했으며(국토교통부, 2022), 제2차 국토교통과학기술 연구개발 종합계획(‘23~’32)(안)을 통해 스마트 건설기술의 전면적 도입을 체계적으로 추진하고, 이를 통해 건설산업의 디지털 전환을 촉진하며 글로벌 경쟁력을 확보하기 위한 세부 전략을 마련하고 있다(국가과학기술자문회의, 2023).

이미 드론, 건설정보모델링(BIM), IoT 센서와 같은 첨단 기술들이 스마트 건설기술의 주요 요소로 인식되어 개별적으로 개발 및 도입이 이루어지고 있으나, 이러한 기술들은 여전히 독립적으로 운영되고 있다. 이로 인해 전체 시스템 차원에서의 효과적인 활용이 제한되고 있으며, 종합적인 통합과 상호 운용성의 부족이 심각한 문제로 나타나고 있다. 특히, 각기 다른 기술 시스템 간의 데이터 연계가 원활하지 않아 데이터의 비일관성과 관리의 비효율성이 발생하고 있으며, 스마트 건설기술이 현장에 실질적으로 적용되는 데 한계를 보이고 있다. 따라서 다양한 스마트 건설기술을 통합하여 전체적인 생산성과 안전성을 극대화할 수 있는 종합적인 스마트 건설 통합 시스템 구축이 시급한 상황이다.

본 연구는 개별적으로 운영되고 있는 다양한 스마트 건설기술을 종합적으로 통합하여 건설 현장의 생산성과 안전성을 극대화하는 방안을 제안하고자 한다. 이를 위해 한국토지주택공사(LH) 세종특별본부는 세종 5-1 생활권의 자동화 시공 현장을 대상으로 ‘LH 스마트 건설정보 통합관계 플랫폼(LH-Construction Open Platform, LH-COP)’을 구축하였다. 각 스마트 건설기술 간의 데이터 연계와 실시간 모니터링이 원활히 이루어지도록 하는 것을 목표로 하며 건설 현장에서 발생하는 모든 데이터를 통합적으로 관리하고 분석함으로써, 스마트 건설기술

의 효과적인 통합과 실제 적용을 위한 실질적인 지침을 제공하여 국내 건설 산업의 디지털 전환을 선도하고자 한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

스마트 건설의 구현을 위해서는 기존에 축적된 건설 정보를 재활용하고, 이를 자동화 시스템과 연계하여 건설 생산성과 안전성을 혁신하는 것이 필수적이다. 그러나 현재 각 기술별 및 시스템별로 개별적인 모니터링 솔루션이 도입되고 있어, 비용 증가와 통합 모니터링 체계의 부재가 주요 문제로 지적되고 있다. 즉, 스마트 건설기술들이 발전하고 도입되었으나, 각 기술이 독립적으로 운영됨에 따라 데이터 연계가 원활하지 않아 비일관성 문제가 발생하여 이를 실질적으로 통합하여 관리하고 운영하는 데 여전히 한계가 존재한다(Choi et al., 2022; Chung et al., 2024).

본 연구는 이러한 문제를 해결하기 위해 LH 세종 5-1 생활권의 자동화 시공 현장에서 다양한 스마트 건설기술의 데이터를 통합 관리할 수 있는 LH 스마트 건설정보 통합관계 플랫폼(LH-COP)을 구축하고, 이를 테스트 베드 수준에서 적용하는 것을 목표로 한다. 이는 시공부터 준공 후 유지 관리 단계까지 모든 건설 데이터를 실시간으로 통합 모니터링하며, 각 기술 간의 데이터 연계와 상호 운용성을 강화하여 종합적인 생산성과 안전성을 높일 수 있도록 설계되었으나 본 연구에서는 실제 해당 현장 공사 일정의 이유로 인해 시공-유지관리 단계까지 완전하게 적용되지 못하고, 테스트 베드 수준에서 검증하는데 그쳤다.

본 연구는 세 가지 주요 단계로 구성된다. 첫 번째 단계에서는 세종 5-1 생활권의 자동화 시공 현장에서 IoT 기반 환경 및 안전 스마트 건설기술 센서와 시공 장비의 운영 데이터를 실시간으로 수집하고, 이를 체계적으로 관리하고 분석한다. 이 데이터는 LH-

COP에 저장되며, 건설 현장의 생산성과 안전성을 평가하는 데 중요한 역할을 한다.

두 번째 단계에서는 수집된 데이터를 바탕으로 LH-COP상에 실시간 모니터링과 데이터 시각화를 지원할 수 있도록 한다. 이는 세종 5-1 생활권 내 'LH 스마트 건설기술 관제센터'의 '스마트 건설정보 통합관제실'에서 공사 관계자(발주자, 시공사, 감리자)가 건설공사현황을 모니터링 할 수 있도록 지원한다.

마지막 단계에서는 LH-COP 테스트 베드 운영 결과를 종합적으로 분석하여, 스마트 건설기술의 통합적 적용 가능성과 효과성을 평가한다. 이 과정에서 테스트 베드 수준에서 검증된 결과를 바탕으로 시스템의 성과를 평가한다.

결과적으로 본 연구는 LH 공사의 특성을 반영한 스마트 건설기술 통합 플랫폼을 개발하고 테스트 베드 수준에서 검증함으로써, 건설 현장의 생산성과 안전성을 높이기 위한 초기 단계의 검증을 수행한다. 이를 바탕으로 LH 공사의 발주 기준에 부합하도록 시스템을 최적화하여, 향후 발주되는 다양한 LH 공사 현장에서 효과적으로 활용될 수 있도록 실질적인 방안을 제시하고자 한다.

2. 선행연구 검토

2.1 국내 연구 사례

국내에서는 스마트 건설기술이 다양한 현장에서 실증되고 있다. 한양대학교의 'ICT를 활용한 건설장비 관제 및 스마트 시공기술 개발' 연구(국토교통과학기술진흥원 2017)는 대표적인 사례로, 건설장비의 협업과 운영 효율성을 높이기 위해 관제 시스템을 도입했다. 이 연구에서는 작업계획 수립 기술, 현장 스캐닝 및 모델링 기술, Eco-operation 기술, 머신 가이드نس(Machine Guidance), 머신 컨트롤(Machine Control, MC) 기술, 안전 가이드نس 기술 등을 통합하여 작업 생산성을 높였으며, 제주 공공임대주택 현

장과 대학교 캠퍼스 내 토공사 현장 등에서 실증연구를 통해 건설장비의 생산성 향상 및 원가 절감을 달성하였다. 이 연구는 스마트 건설기술의 실제 현장 적용 가능성을 확인하고, 이를 통해 기술적, 경제적 이점이 있다는 것에 의의가 있다(국토교통과학기술진흥원, 2017).

국토교통부의 '도로실증을 통한 스마트 건설기술 개발사업'(2020-2025)은 사물인터넷(IoT), 드론, 빅데이터, 인공지능(AI), 가상현실(VR) 등의 기술을 융합하여 건설산업의 생산성 향상, 공기 단축, 재해를 저감, 디지털화를 목표로 하고 있다. 특히 토공 분야에서는 건설장비 자동화 및 관계기술이 중점적으로 개발되고 있으며, 현재 이를 도로공사 현장뿐만 아니라 단지 공사에 적용하여 테스트 중이다. 민간 기업 차원에서도 자체적으로 스마트 건설기술을 개발하여 건축 및 토목 현장에 시범 적용하고 있으며, 드론을 활용한 현장 관제를 통해 실시간 모니터링을 수행하고 있다(국토교통부, 2018).

국가 연구개발 과제를 통한 건설정보 통합관계 플랫폼 개발 외에도 국내 건설장비 제조사의 자체 개발을 통해 측량부터 건설기계 운용까지 건설 현장의 모든 작업을 자동화한 종합관계 솔루션(HD현대인프라코어, 2024)이 존재 하지만, 본 연구에서 고려한 상하수도 누수 감지, 기상 상황과 같은 IoT 기반 환경 센서 정보를 관제 대상으로 다루지 않았다는 점에서 차이가 있다.

2.2 국외 연구 사례

국외에서는 일본, 미국, 유럽 등에서 스마트 건설기술의 적용이 활발하게 이루어지고 있다. 일본의 대표적인 건설기계 제조사인 Komatsu社は 자사의 건설 중장비의 자동화뿐만 아니라 IoT 기반의 개방형 플랫폼인 'LANDLOG'를 통해 건설 현장에서 수집된 데이터를 클라우드에 저장하고, 이를 실시간으로 활용할 수 있는 시스템을 제공하고 있다. LANDLOG

는 AI 분석 기능과 실시간 클라우드 기반 데이터 관리 기능을 추가하여 데이터를 더 정교하게 분석하고, 자동화된 의사결정을 지원하여 현장의 생산성과 안전성을 더욱 강화하고 있다(김정환, 2021). 미국의 주요 건설기계 제조사인 Caterpillar社도 관제 솔루션이 존재하나 장비 상태 관리 및 장비 전제 정보 계통 관리 위주라 건설정보 통합관제라고 볼 수 없다. 이외 미국의 Trimble社와 일본의 Topcon社は 클라우드 기반 플랫폼을 통해 대규모 토공사 및 광산에서 효율적인 장비 이력 및 생산성 관리를 가능하게 하고 있다(김정환, 2021).

2.3 스마트시티와 스마트 건설기술

LH 세종 5-1생활권과 같은 스마트시티 프로젝트에서는 스마트 건설기술의 최신 동향이 적극 반영되고 있다. 이들 프로젝트는 IoT, AI, 빅데이터, 클라우드 컴퓨팅 등 첨단 기술을 통해 도시 인프라를 디지털화하고, 스마트 건설기술을 활용해 도시의 효율성과 안전성을 높이는 것을 목표로 한다. 최근 스마트 시티에서는 자율주행 건설장비와 실시간 데이터 분석 기술이 적극적으로 활용되고 있으며, 이러한 기술들은 도시의 지속 가능성과 효율적 운영을 가능하게 한다(김수일, 2019).

결론적으로 대규모 단지 조성공사 현장인 스마트 시티 프로젝트에서도 작업의 유연성, 효율성, 안전성을 높이고 비숙련자도 사용하기 편리한 스마트 건설장비들의 필요성이 증대되고 있으며, 효율적인 자동화 장비군(群)관리 솔루션에 대한 수요가 확대되고 있다. 이러한 건설자동화 측면에서의 스마트 건설기술은 하드웨어와 정보통신 기술의 결합으로 이루어지며, 현재까지는 개별 공종별로 개발되고 있어 전체 공사의 생산성을 제고하는 데는 한계가 있다.

국내외의 스마트 건설기술은 지속적으로 발전하고 있지만, 각 기술이 개별적으로 운영되면서 종합적인 통합과 상호 운용성의 부족이라는 큰 문제에

직면하고 있다. 이러한 문제로 인해 스마트 건설기술이 현장에서 실질적으로 적용되는 데에 한계가 있으며, 데이터 연계의 비일관성으로 인해 관리 효율성이 저하되고 있는 실정이다. 따라서 다양한 스마트 건설기술을 통합적으로 관리하고, 실시간으로 모니터링하며, 효율성을 극대화할 수 있는 종합적인 시스템이 필요하며, 특히 건설 현장에서 발생하는 모든 데이터를 일관성 있게 관리하고 분석할 수 있는 통합 관제 시스템의 구축이 필수적이다.

이에 본 연구는 선행연구의 한계점을 해결하기 위해 LH 스마트 건설정보 통합관제 시스템(LH-COP) 구축하고, 이를 LH 세종 5-1 생활권 내에서 개별 스마트 건설기술의 통합 운영 실증연구를 통해 그 효과를 평가하고자 한다.

3. LH 스마트 건설정보 통합관제 플랫폼

LH 스마트 건설정보 통합관제 플랫폼(LH-COP)은 단지 조성공사 현장에서의 효율성과 안전성을 확보하기 위한 중요한 솔루션이다. 이 시스템은 건설 현장의 다양한 정보를 실시간으로 통합, 분석, 관리하는 플랫폼으로, 작업의 효율성을 극대화하고 안전성을 보장하는 데 중요한 역할을 한다. LH-COP의 설계는 세종 5-1 생활권과 같은 대규모 단지조성 공사에서 필요로 하는 요구사항을 반영하여 이루어졌다(Fig. 1)

특히 드론 기반 원지형 3D 모델과 설계·시공 BIM과의 연계도 고려하여 드론을 활용한 3D 지형 Map과 설계·시공 BIM 병합을 통한 디지털 트윈 기반의 고정밀 3차원 토공 물량 관제 및 시공관리가 가능하도록 LH-COP을 구축하였다. 즉 전반적으로 설계·시공 BIM, 자동화 건설장비, 안전·친환경 센서의 데이터와 같은 다양한 스마트 자재 공법의 플랫폼(Platform) 시스템, 다양한 네트워크 장비 벤더(Vender)에 대한 통합관제도 가능하도록 LH-COP의 기본을 구축 하

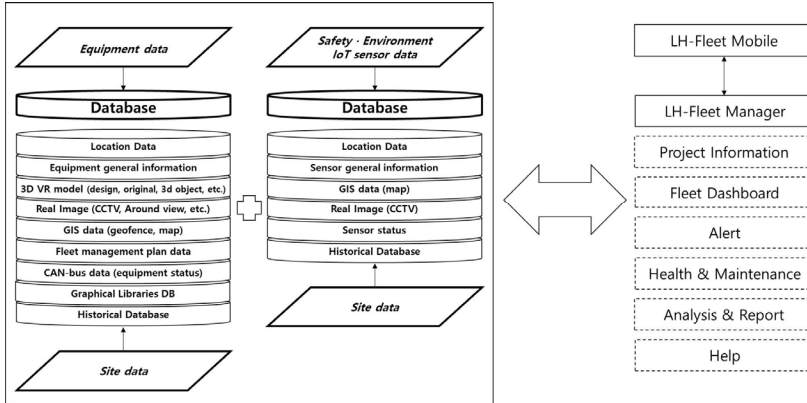


Fig. 1. LH Integrated Digital Construction Platform (LH-COP) Linkage Diagram

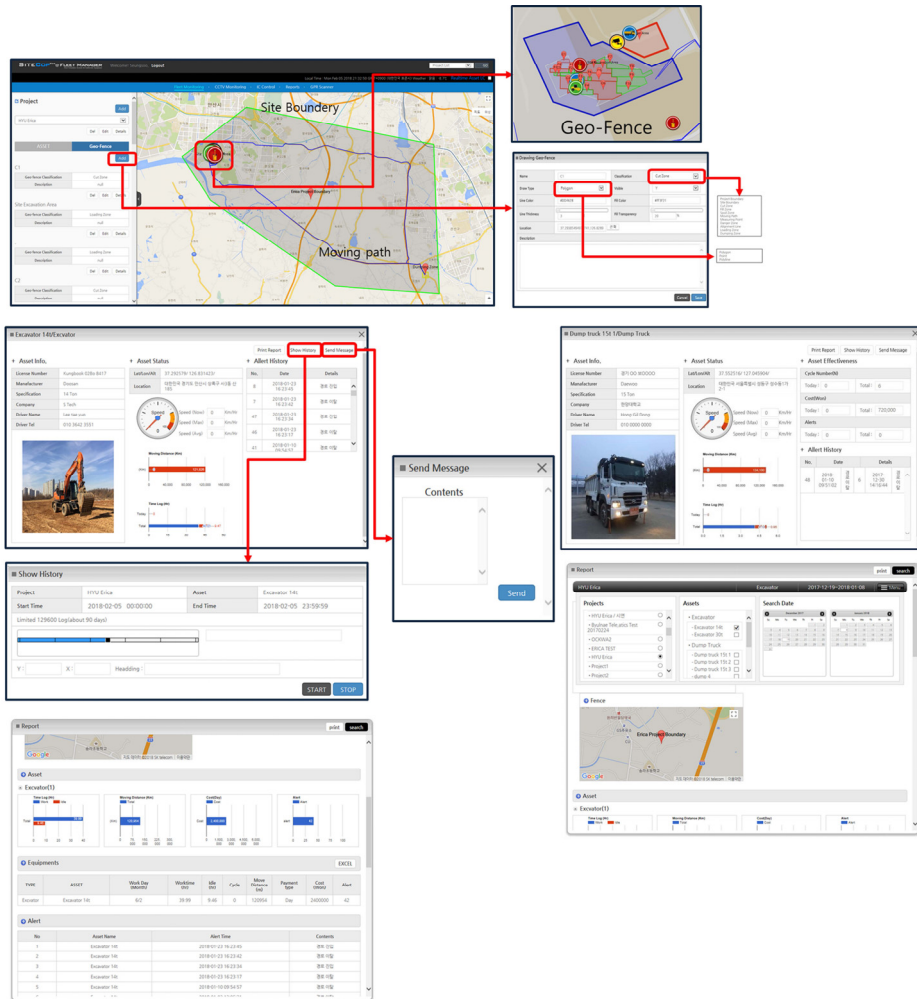


Fig. 2. Real-time Location and Status of Work Sites and Equipment using Geo-Fence (Reportable)

였다.

LH-COP은 개별 장비 단위와 플릿(Fleet) 단위의 장비군(群)을 등록하는 기능을 필수적으로 갖추고 있다. 이를 통해 프로젝트 생성, 장비 및 운전자 정보 입력, 그리고 Geo-Fence 정보를 입력할 수 있으며, 이를 기반으로 공사 현장의 바운더리를 GIS 맵 상에 설정하고, 최적화된 건설장비 경로를 설정하여 작업 효율성을 극대화할 수 있다. 또한 실시간으로 장비의 상태를 확인하는 기능을 통해 현장에 투입된 장비의 속도, 이동 거리, 작업 시간 등을 모니터링할 수 있으며, 장비가 경로를 이탈하거나 위험 구역에 진입할 경우 자동으로 경고 메시지를 전송하여 안전성을 높인다. 이러한 기능은 시스템이 제공하는 리포트스를 통해 각 프로젝트 장비의 일자별 생산성 분석을 가능하게 하여, 관리 효율성을 높인다(Fig. 2).

LH-COP에는 건설장비에 탑재되는 관제용 타겟 모델(Target Model) 모듈이 포함되어 있다. 이 모듈

은 드론과 레이저 스캐너를 활용해 부지 형상 정보를 하이브리드 방식으로 획득하고, 이를 바탕으로 3D 관제용 타겟 모델 기반의 토공 정보화 기술을 구현한다(Figs. 3~4).

또한 LH-COP의 중요한 특징 중 하나는 IoT 기반의 안전·환경 스마트 건설기술 센서를 통합할 수 있는 API(Application Programming Interface)의 개발이다. 이 API는 다양한 IoT 센서에서 수집된 데이터를 JSON 형식의 표준 포맷으로 처리하며, 각 센서 데이터가 분류되어 저장될 수 있도록 메타데이터(Metadata)를 구성한다. 이러한 구조를 통해 향후 다른 IoT 기반 스마트 건설기술 센서가 추가로 현장에 적용되더라도, LH-COP에서 가시화되고 알람 기능이 구현된다. API는 센서 종류별로 가시화 아이콘 형식과 데이터 항목을 지정할 수 있는 기능을 제공하며, 각 센서별 데이터 항목에 따라 임계값을 설정함으로써 다양한 IoT 센서 데이터 형식에 대한 알람 설정이 가능하다.

이 API는 건설 현장의 온도, 습도, 미세먼지, 소음 등의 환경 정보를 실시간으로 수집하고, 이상 상황이 발생할 경우 즉각적인 알람을 통해 신속하게 대응할 수 있도록 한다. 또한, 지능형 CCTV와 연계하여 현장 내외를 모니터링하고, 실시간으로 영상 데이터를 분석하여 이상 상황을 감지하고 LH-COP에 경고 알람을 표출한다. 이 외에도, 드론을 활용하여 공사 현황을 모니터링하고 LH-COP에서 원격으로 제어할 수 있는 기능을 포함하여, 전체적인 공정의 정밀도를 높일 수 있다(Figs. 5~8).

LH-COP은 IoT 기술과 GIS를 활용한 종합적인 관리 솔루션으로, 건설 현장에서 발생하는 다양한 데이터를 통합 관리하고, 실시간으로 가시화하며, 경고 시스템을 통해 안전성을 추구한다. 이를 통해 건설 현장의 효율성과 안전성을 동시에 확보하고, 더욱 스마트한 건설 관리가 가능해진다.

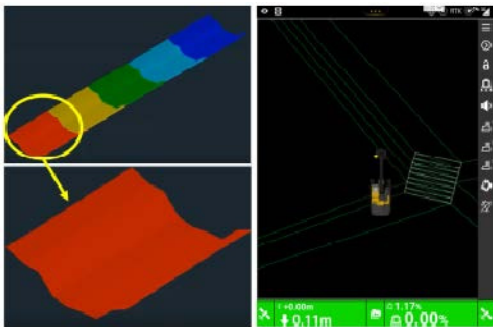


Fig. 3. 3D Target Model for Smart Construction Equipment Operation

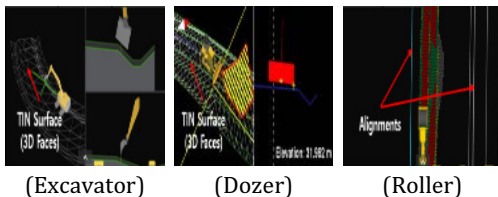


Fig. 4. Target Model for MG/MC Operation by Construction Equipment

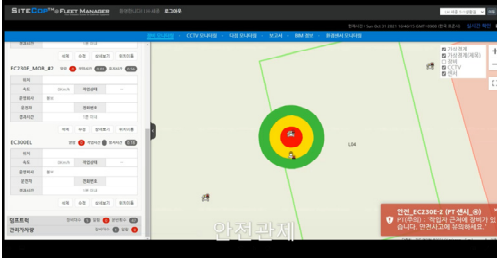


Fig. 5. IoT Sensors for Construction Safety-Yellow Circle: "Caution" / Red Circle: "Danger"

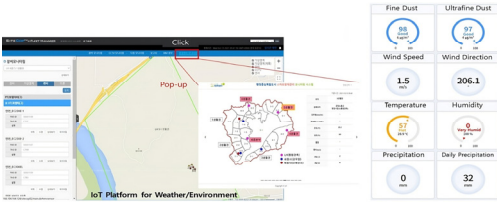


Fig. 6. IoT Sensors for Environmental Management

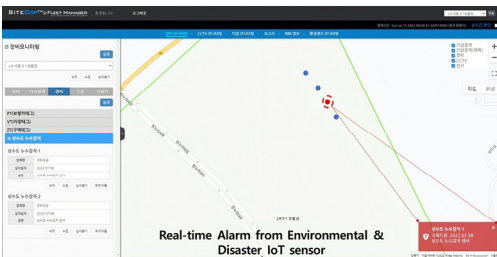


Fig. 7. IoT Sensors for Disaster Management

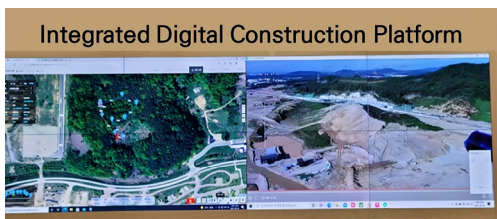


Fig. 8. Real-time Video through Drone & CCTV Control System in LH-COP

4. LH 스마트 건설정보 통합관계 플랫폼 운용 실증

LH 스마트 건설정보 통합관계 플랫폼(LH-COP)은 이론적으로 선진적인 설계와 기능을 갖추고 있지



Fig. 9. Test Bed Area within LH 5-1 Living Area



Fig. 10. MG Excavation using Target Model and MG Screen in Excavator

만, 이러한 기능이 실제 건설 현장에서 얼마나 효과적으로 작동하는지 검증하는 것이 필수적이다. 이를 위해 본 연구에서는 세종 5-1 생활권의 스마트시티 국가시범도시에 LH-COP을 적용하여, 그 실효성을 평가하는 실증 연구를 2개월('22.04~'22.06) 동안 진행하였다(Figs. 9~10).

이 실증 연구의 주된 목적은 LH -COP이 현장에서 작업 효율성과 안전성을 실질적으로 어떻게 향상시킬 수 있는지를 평가하는 것이다. 이를 위해 세종 5-1 생활권 내 스마트 건설기술 관제센터 앞 우수관로 터파기 구간(FSM5-37~FSM5-41)에 대한 설계·시공 BIM과 자동화 건설장비, 안전·친환경 센서 데이터를 LH-COP에서 통합하여 수집되는 현장 데이터를 실시간으로 분석하였으며, 작업의 정확성과 생산성 분석 뿐만 아니라 IoT 센서와 드론을 활용한 환경 모니터링 및 안전 관리 기능이 현장에서 잘 구현되었는지 집중적으로 살펴보았다.

실증 기간에 투입된 자동화 건설장비(MG/MC 굴착기 1대, 일반 굴착기 1대, 무인 무버)의 실시간 위치, 굴착 속도, 굴착 작업 시간 등을 모니터링하여 현장의 작업 현황을 효율적으로 관리하였다. IoT 센서를 통해 미세먼지, 온도, 습도 등의 환경 정보를 실시

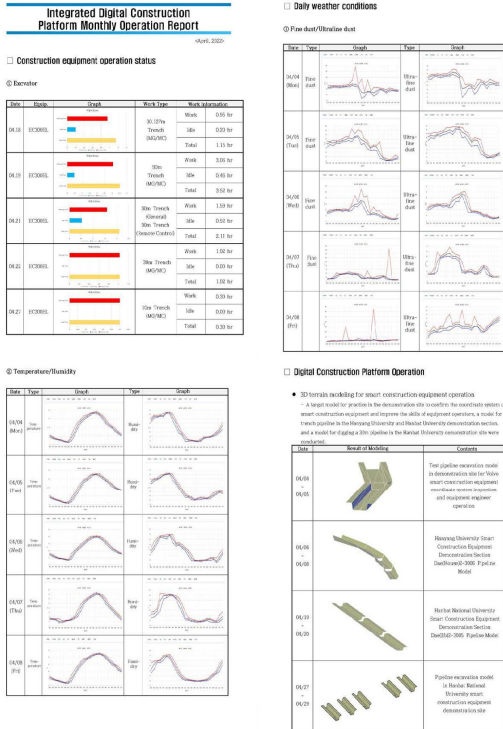


Fig. 11. Monthly Operation Report of LH-COP

간으로 확인하였으며, CCTV를 활용한 안전 관리를 통해 작업자의 안전을 강화하였다. 드론을 활용한 현장 관제와 MG/MC 장비의 원격 조종 기능은 공정(관로 터파기 및 법면)의 정밀도를 높였다(Fig. 11).

실증 연구 기간 동안 LH-COP의 운용 성과를 평가하기 위해 발주처, 도급사, 그리고 장비 운용자를 대상으로 두 차례의 대면 설문조사를 실시하였다. 설문에는 총 10명이 응답하였으며, 주제는 'LH-COP의 활용성'과 '스마트 건설장비(MG/MC) 운용을 위한 타겟 모델(Target Model) 활용성'으로 구분하였다. '건설정보 통합관제 플랫폼의 활용성'에 대한 설문은 발주처와 도급사를 대상으로, '타겟 모델 활용성'에 대한 설문은 장비 운용자를 대상으로 각각 진행되었다(Table 1).

'건설정보 통합관제 플랫폼의 활용성'에서는 크게 5개의 세부 분야로 분류하여 건설장비 모니터링, 가상

경계 및 보고서, IoT 센서(안전, 기상·환경) 및 CCTV 모니터링, 드론 관제, 자동화 장비 원격 조종 측면에서 설문을 진행하였다. 이와 유사하게 '타겟 모델 활용성'에 대한 설문도 4개의 세부 분야(좌표계 적합도, Target Model 적합도, 스마트 건설장비 적합도, 작업 활용도)로 분류하여 설문을 진행하였다.

설문 결과 LH-COP의 주요 사용자인 관리자(발주처/도급사)는 시스템의 다양한 기능이 현장 관리의 일반적인 단점을 보완하는 데 매우 유용하다고 평가하였다. 건설장비 모니터링 기능과 가상경계 설정 기능은 각각 90.67%와 93.33%의 만족도를 기록하였으며, IoT 센서 및 CCTV 모니터링 기능 역시 93.33%의 높은 만족도를 보였다. 이는 건설장비 모니터링, IoT 센서를 통한 안전 및 환경 관리, CCTV 모니터링, 자동화 장비 원격 조종 등은 현장 상황을 직접 파악하고 조치해야 하는 관리자들의 부담을 크게 줄여주었다. 반면, 드론 관제 기능은 상대적으로 낮은 73.33%의 만족도를 기록하였는데, 드론 관제 및 장비 원격 조종과 같은 특정 기능의 활용도를 높이기 위해서는 5G 통신망과 통신 거리와 같은 기본적인 현장 인프라가 완벽하게 구축되어야 한다는 점이 단점으로 지적되었다. 이러한 인프라가 충분히 갖춰지지 않은 현장에서는 시스템의 모든 기능을 최적화된 상태로 활용하는 데 한계가 있을 수 있다.

다양한 제조사의 MG/MC 장비가 LH-COP에서 작성된 타겟 모델을 원활하게 탑재할 수 있다는 점이 장점으로 평가되었다. 또한 좌표계 적합도 75%, Target Model 적합도 82%, 스마트 건설장비 적합도 80% 등의 높은 만족도를 보였으며, 작업 활용도는 83.33%로, Target Model의 활용이 작업의 품질과 효율성을 크게 향상시키는 것으로 나타났다. 이는 LH-COP이 다양한 제조사의 장비와 호환성이 뛰어나며, 현장 작업의 정확성과 효율성을 높이는 데 매우 효과적임을 보여준다.

Table 1. Results of the Survey on the Utilization of LH-COP Operation

Category	Survey Topic	Survey Details	Utilization Evaluation
Owner / Contractor (6 People Responding)	LH-COP Usability	Construction Equipment Monitoring	22.67 / 25 (90.67%)
		Virtual Boundary and Report	23.33 / 25 (93.33%)
		IoT Sensors (Safety, Weather/Environment) and CCTV Monitoring	23.33 / 25 (93.33%)
		Drone Control	7.33 / 10 (73.33%)
		Remote Control of Automated Equipment	14 / 15 (93.33%)
		Coordinate System Suitability	7.5/10 (75%)
Construction Equipment Operator (4 People Responding)	Usability of Target Model for Operating Smart Construction Equipment (MG/MC)	Target Model Suitability	20.5 / 25 (82%)
		Smart Construction Equipment (MG/MC) Suitability	12 / 15 (80%)
		Work Utilization	12.5 / 15 (83.33%)

또한 처음으로 스마트 건설장비(MG/MC)를 운용하는 사용자들을 위해 공사발주시 발주처나 도급사 차원에서 타겟 모델 활용에 대한 가이드라인과 매뉴얼을 수립할 필요가 있다고 지적하였다. 또한 발주처/도급사와 마찬가지로 5G 통신망과 통신 거리와 같은 기본적인 현장 인프라의 구축이 필수적이라는 점도 중요한 고려 사항으로 제기하였다.

향후 연구에서는 LH 내 다양한 건설 현장과 조건을 대상으로 LH-COP을 적용하여 일반화 가능성을 검토할 필요가 있으며, 사용자 교육과 관련된 추가적인 지원(예를 들어 LH-COP 사용자 매뉴얼 및 운영 가이드라인)도 요구된다. 또한 5G 통신망과 같은 인프라 요소가 시스템 성능에 미치는 영향을 분석하여 시스템 도입 시 필수적인 인프라 구축의 우선순위를 명확히 설정하는 것도 필요할 것이다.

5. 결 론

본 연구는 다양한 스마트 건설기술을 통합하여 LH 스마트 건설정보 통합관제 플랫폼(LH-COP)을 구축하고, 이를 통해 건설 현장의 효율성과 안전성, 중앙 집중적 관리의 편의성을 향상시키는 것을 목표로 하였다. 이를 기반으로 연구는 세종 5-1 생활권의 스마트시티 국가시범도시에서 LH-COP을 적용하고 그 실효성을 검증하였다.

첫째, LH-COP은 IoT 기반의 장비, 안전 및 환경 스마트 건설 술과 관제 기술을 통합하여, 부지 조성 후에도 유지 관리가 원활하게 이루어질 수 있도록 설계되었다. 이를 통해 부지 조성 주체(LH)와 운영 주체(지자체) 간의 유기적인 업무 공유와 인수인계를 가능하게 하였으며, 다양한 건설 장비와 IoT 기반 스마트 건설기술 센서 데이터의 표준화 및 규격화를

도모하여, LH 현장에서 폭넓게 적용할 수 있는 기반을 마련하였다.

둘째, 실증 연구를 통해 LH-COP가 건설 현장의 이상 징후를 사전에 감지하고, 이를 통해 건설 사고를 줄이며, 공사 안전성을 확보할 수 있음을 확인하였다. 이는 환경 친화적이고 안전한 스마트시티 조성을 통해 건설 생산성을 높이고, 스마트시티 조성 비용 및 공사 주기를 단축하는 데 기여할 수 있는 가능성을 제시한다.

마지막으로 향후 연구에서 'LH 스마트 건설정보 통합관계 플랫폼(LH-COP) 운영 가이드라인(안)'과 사용자 중심의 'LH 스마트 건설정보 통합관계 플랫폼(LH-COP) 사용 매뉴얼'을 개발할 필요성이 있다. 이러한 가이드라인과 매뉴얼을 통해 현장 상황 인지와 관계 업무의 효율성을 높이고, 신속한 데이터 처리를 통해 시스템의 안정성을 확보할 수 있을 것이다. 특히, LH 현장 상황에 맞춰 스마트 건설기술을 유연하게 적용할 수 있도록 하여, 평면(2D) 계획이 아닌 입체(3D)로 공사의 모든 정보를 실시간으로 업데이트할 수 있는 유연한 시스템 운영을 가능하게 할 것이다.

본 연구를 통해 건설 자동화, 디지털 연결성, 친환경 및 안전 시공 등의 스마트 건설기술이 국내외 스마트시티 조성의 핵심이며, 여러 LH 신도시 사업에서 LH-COP를 포함한 전반적인 건설 자동화 적용을 의무화하고 이를 확산시켜, 스마트 건설기술의 실용적 적용을 가속화하고, 스마트시티 조성의 효율성과 안전성을 높이는 데 기여할 것으로 기대된다.

참고문헌

1. 국토교통과학기술진흥원(2017), 「ICT를 활용한 건설장비 관계 및 스마트 시공 기술 개발 최종보고서」, 서울.
2. 국토교통부(2018), 「스마트 건설기술 개발사업 기획 보고서」, 서울.
3. 국토교통부(2022), 「“스마트 건설 활성화 방안 S-Construction 2030” 추진」, 세종.
4. 김수일(2019), “스마트시티의 출발점: 스마트 건설”, 「대한토목학회지」, 67(11): 14~15.
5. Choi, S., J. Woo, J. Kim and J. Y. Lee (2022), “Digital Twin-Based Integrated Monitoring System: Korean Application Cases”, *Sensors*, 22(14): 5450, doi: 10.3390/s22145450.
6. Chung, S., S. Lim, T. Chang and S. H. Chi (2024), “Diagnosis of the Current Status of Smart Construction in Korea Compared to the Global Markets”, *KSCE J. Civ. Eng.*, 28: 3575-3590, doi: 10.1007/s12205-024-2467-4.
7. 국가과학기술자문회의(2023.9.26), “제2차 국토교통과학기술 연구개발 종합계획(‘23~’32)(안)”, https://www.pacst.go.kr/jsp/council/councilArchiveView.jsp?archive_id=1114&
8. 김정환(2021.8.30), “해외 건설 장비 자동화 기술의 트렌드”, 「스마트건설 글로벌 인사이트」, 1: 8~18, <https://www.smart-construction.kr/posts/5/859?page=4&menuId=29>
9. 김희용(2023.5.24), “건설산업 고령화 또 역대 최고치 찍었다”, *대한경제*, https://m.dnews.co.kr/m_home/view.jsp?idxno=202305231444119280693.
10. HD현대인프라코어, “Concept-X 미래 건설 현장의 혁신적 솔루션”, 2024.10.30 읽음, <https://asia.velon-ce.com/kr/smart-solution/conceptx/overview>.

요 약

본 연구는 건설 현장에서의 작업 효율성 및 안전성 강화를 목표로 스마트 건설기술을 효과적으로 통합·관리하기 위한 한국토지주택공사(LH) 스마트 건설정보 통합관계 플랫폼(LH-COP)을 구축하고 이를 세종 5-1 생활권 스마트 시티 국가시범도시에 LH-COP을 적용하여 시스템의 실제 운영 성과를 분석했다. LH-COP은 IoT 기반의 안전 관리, 실시간 현장 모니터링, 그리고 자동화된 장비 제어 기능을 통합하여 건설 현장의 다양한 데이터를 체계적으로 관리할 수 있도록 설계되었다. 실증 연구 결과, LH-COP이 건설 현장에서의 작업 효율성을 높이고, 안전성을 강화하는 데 중요한 역할을 할 수 있음을 확인하였으며, 이 플랫폼은 다양한 스마트 건설기술의 상호 운용성을 향상시키고, 현장에 맞춤형된 유연한 시스템 적용이 가능하도록 지원함을 확인하였다. 향후 LH-COP 운영 가이드라인과 사용자 매뉴얼의 제정을 통해 시스템의 안정성과 효율성이 더욱 강화될 수 있다. 본 연구는 LH-COP이 스마트시티 조성에서 중요한 기술적 기반이 될 수 있음을 시사하며, 향후 LH의 다양한 건설 현장에 적용될 가능성을 제시한다.

주제어 : LH-COP, IoT 기반 관리, 디지털 자동화, 스마트 건설, 스마트 시티