

## 건설현장 통합 스마트플랫폼 구축방향에 대한 연구

## Research on the Direction of Building an Integrated Smart Platform at Construction Sites

신연철<sup>1</sup> · 문유미<sup>2\*</sup>Yeon Cheol Shin<sup>1</sup>, Yu Mi Moon<sup>2\*</sup><sup>1</sup>Ph.D., Department of Prevention and Safety, Seoul Housing and Communities Corporation, Seoul, Republic of Korea<sup>2</sup>Professor, Construction Safety Major, General Graduate School, Kyonggi University, Suwon, Republic of Korea

\*Corresponding author: Yu Mi Moon, mym1003@kyonggi.ac.kr

## ABSTRACT

**Purpose:** This study aims to strengthen the linkage between the construction site and the headquarters, suggest the direction of building an integrated smart platform that can actually be operated and utilized in the field, and effectively implement safety management. **Method:** Agile methodologies were applied to build a flexible and scalable system through cloud-based and three-tier architectures. Functional requirements were set through an on-site survey, and design and construction were carried out by reflecting personal information protection and legal requirements. **Result:** The integrated smart platform proposed in this study strengthens the connection between the site and the headquarters to maximize the effect of safety accident prevention and safety management. This system has improved the safety awareness of workers and managers, and has realized more efficient safety management through a unified communication system. **Conclusion:** In the establishment of an integrated smart platform, it is essential to reflect the characteristics of the site when selecting the development method and establishing the function plan. In the basic design and detailed design stages, it is necessary to establish security measures, design mobile functions, and review device expansion, and consider enterprise-wide safety management, user convenience, and scalability. It is also important to maintain and improve the system, reflect legal requirements, and support the elderly and foreign workers. By strengthening personal information and CCTV security and continuously improving it by reflecting user opinions, it can be expected to activate an integrated smart platform.

**Keywords:** Integrated Smart Platform, Construction, Safety Management, Operation and Utilization, Activation

## 요약

**연구목적:** 본 연구는 건설 현장과 본사 간의 연계를 강화하고, 현장에서 실제로 작동 및 활용할 수 있는 통합 스마트플랫폼 구축 방향을 제시하여, 안전관리를 효과적으로 구현하는 것을 목표로 한다. **연구방법:** 애자일(Agile) 방법론을 적용하여, 클라우드 기반과 3-Tier 아키텍처를 통해 유연하고 확장 가능한 시스템을 구축하였다. 현장 실태조사를 통해 기능 요구사항을 설정하고, 개인정보 보호 및 법적 요구사항을 반영하여 설계와 구축을 진행하였다. **연구결과:** 본 연구에서 제안한 통합 스마트플랫폼은 현장과 본사 간의 연계를 강화하여 안전사고 예방과 안전관리 효과를 극대화했다. 이 시스템은 근로자와 관리자의 안전인식을 개선하고, 일원화된 의사소통 시스템을 통해 보다 효율적인 안전관리를 실현했다. **결론:** 통합 스마트플랫폼 구축에는 개발 방법 선정과 기능 계획 수립 시 현장 특성을 반영하는 것이 필수적이다. 기본설계와 상세설계 단계에서는 보안대책 수립, 모바일 기능 디자인, 디바이스 확장 검토가 필요하며, 전사적 안전관리와 사용자 편의성, 확장성을 고려해야 한다. 시스템 유지보수와 개선, 법적 요구사항 반영, 고령 및 외국인근로자 지원도 중요하다. 개인정보 및 CCTV 보안을 강화하고, 사용자 의견을 반영하여 지속적으로 개선함으로써 통합 스마트플랫폼 활성화를 기대할 수 있다.

**핵심용어:** 통합 스마트플랫폼, 구축, 안전관리, 작동 및 활용, 활성화

Received | 29 July, 2024

Revised | 22 August, 2024

Accepted | 26 August, 2024

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 any medium, provided the original work is properly cited.

© Society of Disaster Information All rights reserved.

## 서론

### 연구배경 및 목적

우리나라 정부는 산업재해 예방 강화 및 선진화된 재난 안전관리 체계를 구축하고자 지속적으로 노력하고 있다. 그러나 Ministry of Employment and Labor(2023)의 ‘2023년 산업재해 사고 사망 현황’ 자료에 의하면 전체 사망자 중 건설업이 차지하는 비율이 303명(51%)으로 가장 높으며, 중·소규모 건설현장이 대규모 건설현장보다 비율이 높은 것으로 조사되었다. 2022년에 비하면 대규모 건설현장은 사고가 증가하였으나, 중·소규모 건설현장은 사고가 감소되었다. 건설현장은 3D업종, 옥외작업, 작업조건 어려움 등으로 고령화되어 가고 있으며, 다소 임금이 저렴한 비숙련 외국인근로자가 증가함에 따라 청년 근로자들이 건설산업에 유입되는 것을 꺼려하는 현상도 발생하고 있다. 이러한 경향으로 건설현장에서의 안전사고가 줄어들지 않고 있다. 따라서 건설현장에서는 반복적으로 발생하는 사고유형의 재해를 줄이기 위한 근본적인 대책이 필요하다. 인명피해가 발생하는 사망사고 빈도가 낮아지지만 여전히 발생하고 있다. 이러한 사고유형은 떨어짐, 넘어짐, 끼임, 절단·베임 등으로 나타나며, 주로 단순 실수(개인 부주의)나 건설기계 관리 소홀, 안전점검 부족 등이 원인으로 지목되고 있다.

건설현장 안전을 개선하기 위한 한 가지 방법은 스마트 기술의 도입이다. 스마트 기술을 도입함으로써 작업환경을 안전하게 만들고, 근로자의 안전의식을 향상시켜 불안정한 행동을 방지하며, 불안정한 상태 및 근로자의 위치를 관리하여 사전에 대응할 수 있는 시스템을 구축할 수 있다. 그러나 건설산업의 스마트화는 1차산업인 농업보다도 더 뒤쳐져있다. 이는 건설현장 스마트화 비율이 가장 저조하다고 볼 수 있다. 그 중에서도 토목현장보다 건축현장이, 공공보다 민간 건설현장에서 도입하는 비율이 저조하다. 따라서 최근 Ministry of Land, Infrastructure and Transport(2024)에서는 시공평가 시 안전관리 배점을 5점 상향 시켰고, 사망사고가 많은 가시설공사 중 사고 발생여부를 추가 평가항목으로 신설하였으며, 스마트 안전장비 사용 실적에 따른 가점이 부여되도록 “건설엔지니어링 및 시공평가지침”을 개정하였다.

Jeon(2022)은 스마트 건설기술 활성화를 위해서는 관련 법 제정, 발주 제도 개선, 세제 및 금융 지원, 인력 양성 지원이 필요하다고 하였다. Ryu(2019)는 현장 전 직원이 참여하고, 활용할 수 있으며, 실제 현장 업무수행에 도움이 되는 지원이 필요하다고 주장하였다. 또한 본사에서 구축한 시스템과 현장에서 개별적으로 구축 적용한 시스템들 간의 데이터 연계가 된다면 보다 향상된 시공관리 및 자동화가 가능하다고 하였다. 이러한 선행 연구들을 바탕으로, 기존 스마트플랫폼의 문제점으로는 본사와 현장 간의 연계 부족, 실질적인 활용성 결여, 데이터 통합의 어려움 등이 지적되고 있다.

본 연구의 목적은 이러한 문제점을 해결하기 위해, 본사와 현장 간의 연계를 강화하고, 현장에서 실질적으로 작동 및 활용할 수 있는 통합 스마트플랫폼 구축 방향을 제시하여 건설현장의 안전관리를 효과적으로 구현하는 데 있다.

### 연구의 범위 및 방법

본 연구는 건설현장에서 발생하는 안전사고를 효과적으로 예방하고 관리하기 위한 통합 스마트플랫폼을 구축하는 방향을 제시하는데 목적을 두고 있다. 연구는 본사와 건설현장의 통합 스마트플랫폼 구축 현장을 대상으로 진행되며, 연구의 범위와 방법은 다음과 같이 설정하였다.

연구 범위는 1년 동안 진행된 통합 스마트플랫폼 구축 사례를 대상으로 하였으며, 본사와 실제 건설현장을 포함하여 이들 간의 연계와 통합을 중점적으로 연구하였다.

## 연구 방법

### 선행연구 고찰 및 실태조사

본 연구에서는 기존의 스마트플랫폼 관련 연구를 고찰하여 최신 동향과 기술을 파악하였다. 또한 현재 건설현장에 구축된 스마트플랫폼의 실태를 조사하여, 기존 시스템의 장·단점을 분석하였다.

### 스마트플랫폼 구축 계획 및 설계

스마트플랫폼의 구축을 위한 계획 및 설계 과정은 다음과 같이 진행되었다. 먼저 기본설계 단계에서는 스마트플랫폼의 전체적인 구조와 기능을 정의하였으며, 주요 절차로 요구사항 분석 및 설계 목표설정, 기능 선택 및 기본 아키텍처 구성을 포함하였다. 이어서 상세설계 단계에서는 기본설계에서 정의된 구조를 바탕으로 구체적인 시스템 사양을 개발하였으며, 주요 절차로는 기능 및 시스템 사양 문서화, 아키텍처 및 데이터베이스 설계, 보안 및 법적 요구사항 반영, 프로토타입 개발 및 피드백 반영을 포함하였다.

### 스마트플랫폼 구축

설계된 스마트플랫폼은 실제 건설현장에 구축되었으며, 시스템의 작동 상태를 확인하였다. 또한 구축된 시스템의 활용성을 평가하고, 테스트를 통해 작동 과정에서 발생할 수 있는 문제점을 해결하였다.

### 스마트플랫폼의 작동 및 활용

구축된 시스템은 현장에서 실제로 운영 및 활용되었으며, 이를 통해 실질적인 효과를 검증하였다. 사용자 피드백을 수집하여 이를 바탕으로 지속적인 유지보수와 개선 작업을 수행함으로써 시스템의 안정성과 효율성을 높이고자 하였다.

## 선행연구 고찰

### 선행연구 고찰

Kamarudin et al.(2020)은 스마트 센서가 건설산업에서 현장 안전관리를 강화하는 데 유용하다고 하였으나, 적용 범위와 비용 성능, 오류 위험을 최소화하기 위해 개선이 필요하다고 지적하였으며, Kim et al.(2019)은 고위험 직업군의 안전을 위한 스마트 안전관리 시스템은 다양한 통신환경에 적용할 수 있는 정책수립이 필요하다고 제시하였다.

Back(2014)은 IoT 기술을 활용한 센서 정보 관리 시스템이 모든 근로자가 사용할 수 있도록 하여 안전수준을 향상시킬 수 있음을 제시하였으며, Pack et al.(2020)과 Hong et al.(2022)은 디지털 안전 시스템이 근로자 사용의 편리성을 높이고, 소규모 현장에서 모니터링을 강화하기 위한 지원이 필요하다고 강조하였다.

Lee(2020)는 공개 API를 활용한 관계자 참여와 공공이익 추구의 중요성을 제시하였고, Cha et al.(2021)은 건설현장의 표준화 한계와 다양한 변수 통제의 어려움을 지적하며, 지속적인 노력이 필요하다고 하였다. Lim et al.(2020)은 다양한 테스트 베드를 운영하여 필수 관계기술을 개발하고, 제도적 지원을 통해 안전 통합 관계기술의 확산을 촉구하였다. Edirisinghe Ruwini(2018)는 미래 상황인식 및 실시간 안전 고려를 위한 통일된 프로세스 적용의 필요성을 강조하였으며, Lim(2013)은 국내 오픈소스 활용과 프레임워크 도입의 필요성을 제기하였다. Mang(2023)은 전문지식을 가진 관계사의 투입과 데이터

성과분석을 통해 문제점을 개선할 수 있다고 하였다.

이러한 선행연구들은 스마트플랫폼 및 안전장비 도입만으로는 충분하지 않으며, 현장에서 실질적으로 작동하고 활용 가능한 통합 스마트플랫폼을 구축하는 것이 건설현장의 안전을 효과적으로 향상시킬 수 있음을 제시하고 있다.

### 건설현장 스마트플랫폼 구축 실태조사

건설현장 스마트플랫폼 구축 실태조사 결과, 많은 공공기관이 스마트플랫폼 및 스마트 안전장비를 적극적으로 활용하고 있으나, 구체적인 추진 계획을 수립하여 시행하는 경우는 드문 것으로 나타났다. 최근 중대재해를 예방하고 근로자의 생명을 보호하기 위해 300억 원 미만의 중·소규모 공사에 스마트 안전장비를 시범 적용하는 사례가 있었으며, 스마트 건설 활성화를 위한 가이드라인이 제작·배포되기도 하였다. 이와 함께, 장비의 파손 및 수리를 최소화하고 위험 공백을 줄이기 위해 스마트 안전장비 관리대장을 작성하는 등의 노력이 이루어지고 있었다.

스마트플랫폼 도입 이전에는 재해 발생이 빈번하였으나, 스마트플랫폼을 적용한 현장에서는 안전사고가 발생하지 않았고, 화재 발생 시 신속히 대응한 사례도 보고되었다. 대기업 건설사들은 본사와 현장 간의 소통 및 지시를 위한 통합 스마트플랫폼을 구축한 반면, 중견 건설사들은 부분적으로만 통합 플랫폼을 구축하고 있는 실정이다. 여전히 많은 건설회사들은 스마트플랫폼에 대한 인식 부족으로 인해 구축이 미흡하며, 안전 관련 스마트 기술을 단편적으로만 사용되고 있었다. 특히, 본사와 현장을 연계하여 운영되는 통합 스마트플랫폼의 부족으로 인해 실제 작동 및 활용되는 사례는 거의 없는 것으로 조사되었다. 또한 안전 선진국의 건설현장에서 적용되는 스마트 안전 기술은 국내보다 약 3년 정도 앞서 있는 것으로 분석되었다.

이 실태조사를 통해 도출된 주요 시사점은 다음과 같다. 첫째, 스마트플랫폼의 구축 및 운영이 실질적인 안전 개선을 가져오는 것으로 나타나므로, 보다 넓은 범위에서 통합 스마트플랫폼을 적용할 필요가 있다.

둘째, 건설회사들이 스마트플랫폼에 대한 인식 부족과 추진 계획의 미비로 기술적 진전을 이루지 못하고 있어, 이를 개선하기 위한 노력이 필요하다.

셋째, 안전 선진국과의 기술 격차를 줄이기 위해 국내에서도 최신 스마트 안전 기술의 도입과 상용화를 통해 기술 수준을 향상시킬 필요가 있다.

### 건설현장 통합 스마트플랫폼 구축 계획 및 설계

#### 통합 스마트플랫폼 개발 방법

건설현장 통합 스마트플랫폼 개발 방법은 기존 폭포수 모델(Waterfall)을 적용하지 않고, 애자일(Agile) 방법론을 선택하여 진행하였으며, 애자일 방법론은 Fig. 1과 같다.



Fig. 1. Agile methodology

폭포수 모델(Waterfall)과 기존의 계획 중심 개발 방법들은 변경이 필요하지 않은 경우에는 효과적일 수 있지만, 변경이 발생할 경우 비용 증가와 진행 어려움을 초래할 수 있다. 따라서 이러한 방법들은 건설현장 통합 스마트플랫폼 구축에 적합하지 않다. 반면, 애자일(Agile) 방법론은 계획 중심 접근이 아니라, 프로토타입을 반복적으로 개발하고, 필요한 요구사항을 신속하게 추가하거나 수정할 수 있는 유연성을 제공한다. 또한 코드 작성과 변경이 가능하며, 짧은 단위로 작업 계획을 수립하여 개발을 진행함으로써 유연성을 확보하고, 변경에 효과적으로 대응하고자 한다. 이러한 특성 덕분에 애자일 방법론을 도입하여 통합 스마트플랫폼을 신속하게 개발하고, 반복적인 프로세스를 통해 검증 및 리스크를 최소화하여 작동 및 활용을 극대화하고자 한다.

## 통합 스마트플랫폼 기능 탑재 계획

2022년 1월 27일 시행된 “중대재해처벌법” 제4조 및 동법 시행령 제4조에 의한 사업주와 경영책임자등의 안전 및 보건 확보 의무, 사업장의 안전 및 보건에 대한 목표와 경영방침 등의 안전보건관리체계의 구축 및 이행 조치를 위해서도 통합 스마트플랫폼 구축이 필요하다. 또한 전산화를 통해 안전관리자의 보고서 작성 및 업무 효율성 향상과 “중대재해처벌법” 등의 요구사항 대응을 모색해야 한다.

기획재정부에서 시행하는 공공기관 및 공공기관과 관련된 사업체의 안전성을 평가하고, 등급을 부여하는 안전관리 등급제, 고용노동부에서 시행하는 공공기관의 안전활동을 검토하고, 평가하는 공공기관 안전활동 수준평가, 국토교통부에서 시행하는 건설공사 현장에서 안전성을 검토하고, 관리하는 건설공사 참여자 안전관리 수준평가에도 대응할 수 있는 기능을 탑재하여야 한다.

근로자의 안전인식을 개선하기 위해 단순 교육만으로는 한계가 있으므로, 시스템적인 접근이 필요하고, 근로자와 관리감독자 등 모두가 참여할 수 있는 통합 스마트플랫폼 시스템 구축으로 안전교육, 위험성평가, 작업 전 미팅(TBM), 사전작업허가제(PTW) 등을 연계하여 근로자와 관리감독자 등 모두가 안전에 참여하도록 기능을 강화해야 한다. 또한 건설현장에서 관리감독의 사각지대에 있는 근로자에 대해서 관제 시스템을 통해 관리할 수 있는 체계를 마련하여 시스템적으로 관리감독이 어려운 환경에서도 근로자가 시스템을 통해 경각심을 갖고 스스로 안전을 지킬 수 있도록 하여야 한다.

건설현장에서 발생하는 실시간 데이터를 기반으로 안전관리 현황을 확인하고, 실시간으로 소통할 수 있는 통합 스마트플랫폼을 구축하여 사고예방이 가능한 체계를 확립할 수 있도록 하여야 한다. 고령화되는 건설현장에서 스마트 안전관리 시스템 도입으로 부조리 신고와 근로자의 건강관리를 강화하여 안전성 향상을 추구하고, 소통을 통하여 현장 안전을 강화하며, 건설기계 활용 증가에 따른 안전사고를 미연에 예방할 수 있도록 하여야 한다.

건설현장은 다양한 국가의 외국인근로자가 많기 때문에 외국인근로자를 위한 외국어가 필수적으로 제공될 수 있도록 하며, 현장별로 외국인근로자의 국가를 조사하여 지원 국가의 범위도 검토되어야 한다. 또한 1·2층 등의 시설물에 설치된 안전관리 계측기로부터 실시간 모니터링 데이터를 연계하여 중대 시민재해 예방이 필요하다.

## 통합 스마트플랫폼 기본설계

### 통합 스마트플랫폼 설계 방향

통합 스마트플랫폼 설계 시에는 근로자의 의견을 수렴하고, 스마트 안전기능 및 문제점을 조사하여 대안을 수립하며, 시스템 운영 및 활용 문제점을 파악하여 개선 방안을 모색해야 한다. 또한 이러한 수립된 내용에 대해 개발자와 협의를 통해

견을 수용하고 검토하고자한다. 추가적으로 스마트플랫폼에 적용할 아이디어를 도출하여 실행 및 활용 가능한 아키텍처 모형을 구성하고자 한다. 이러한 과정을 거치지 않은 스마트플랫폼은 현장에 활용할 수 없는 시스템이 될 수 있다. 통합 스마트 플랫폼 설계 방향은 Fig. 2와 같다.

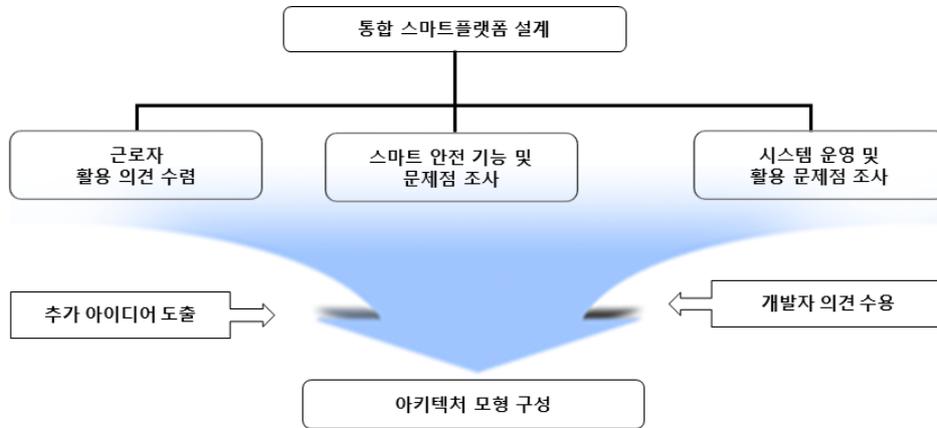


Fig. 2. Integrated smart platform design direction

### 통합 스마트플랫폼 소프트웨어(S/W) 아키텍처

기본설계 단계의 아키텍처는 전체 아키텍처와 클라우드 인프라 아키텍처로 나눌 수 있다. 전체 아키텍처의 기능 요구사항은 ①데이터 수립 및 저장 ②본사 및 현장 모니터링 기능 ③위험 알림기능 ④출력관리 기능 ⑤현장 안전관리 업무 기능 ⑥안전교육 기능 ⑦건설기계 관리 기능 ⑧부적합 관리 기능 ⑨시스템 관리 기능 ⑩보고서 기능 ⑪법률 정보 제공 기능 등으로 현장에 필요한 기능을 항목별로 분류한 후 추가 및 삭제 여부를 검토하여 현장에 적합한 기능을 산출하고자 한다.

아키텍처의 구성은 ①클라우드 기반 Web ②애플리케이션과 모바일 App 애플리케이션을 동시에 사용 ③본사 사용자 및 현장사용자 인증·인가 통해 접속 및 사용 ④현장에서 발생하는 Data 수신 관리할 수 있는 MQTT 등으로 이루어진다. 외부 인터페이스와 호환성, 속도 및 품질 성능, 전자정부 프레임워크, 안드로이드 및 iOS 하이브리드 개발 등 기능 요구사항에 충족 가능한 소프트웨어를 제공할 수 있도록 하고자한다.

### 통합 스마트플랫폼 하드웨어(H/W) 아키텍처

클라우드 환경에서 Public Zone 및 Private Zone 분리는 개인정보 등 민감한 Data를 보호하기 위해 내부 Private Zone에 DB Server 등을 구성하고, 외부 위험요소가 최소화되도록 구성하여야한다. 클라우드의 SaaS 활용한 보안 아키텍처 구성은 다양한 보안 솔루션의 선택 및 적용 할 경우 비용대비 효과를 기대할 수 있을 것이다. Private Zone에 설치하는 Firewall (방화벽)은 개인정보 등 보안을 강화하기 위해 설치하는 방어막이며, SSL VPN 으로 보안 채널 구성과 IDS 로 외부 비인가 침입을 탐지할 수 있어야한다. 클라우드 인프라 아키텍처의 구성모형은 Fig. 3과 같다.

아키텍처 구조도는 2-Tier뿐만 아니라, 사용자 증가 시 안정적이고, 시스템관리 모니터링 용이하며, 확장하기 수월한 3-Tier 적용도 검토되어야 한다. 3-Tier 의 기본인프라 아키텍처 적용은 Web 및 모바일 App의 안정적 서비스를 가능하게 하고, IoT Device 통한 대량의 센싱 Data도 처리할 수 있다. 2-Tier 및 3-Tier 아키텍처 구조는 Fig. 4와 같다.

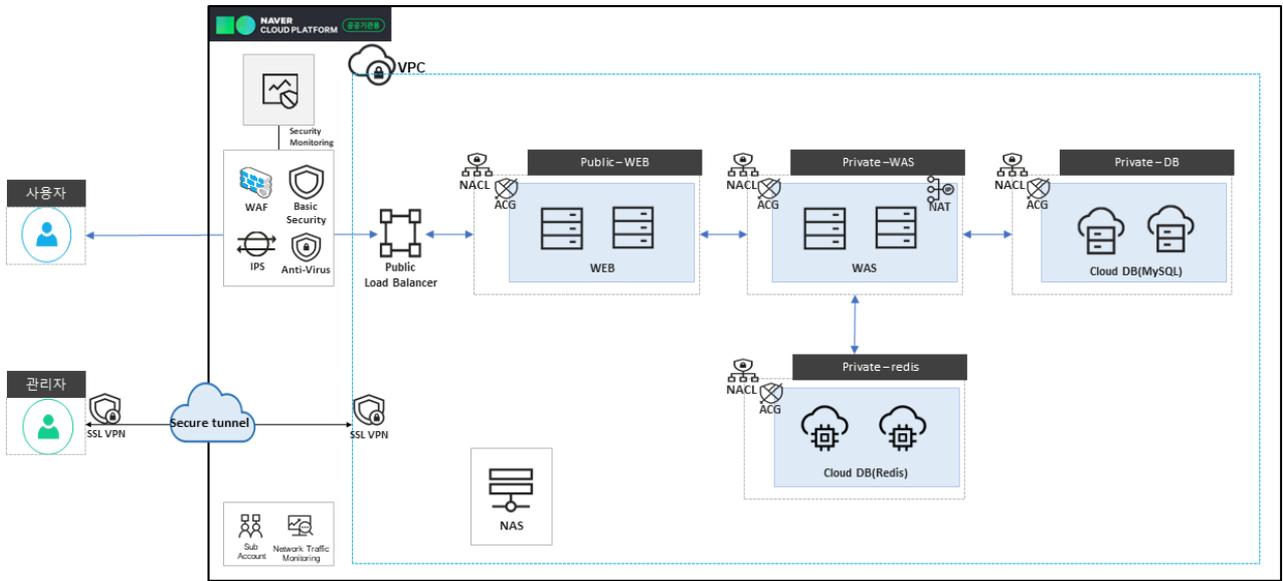


Fig. 3. Cloud infrastructure architecture configuration model



Fig. 4. Architectural schematic

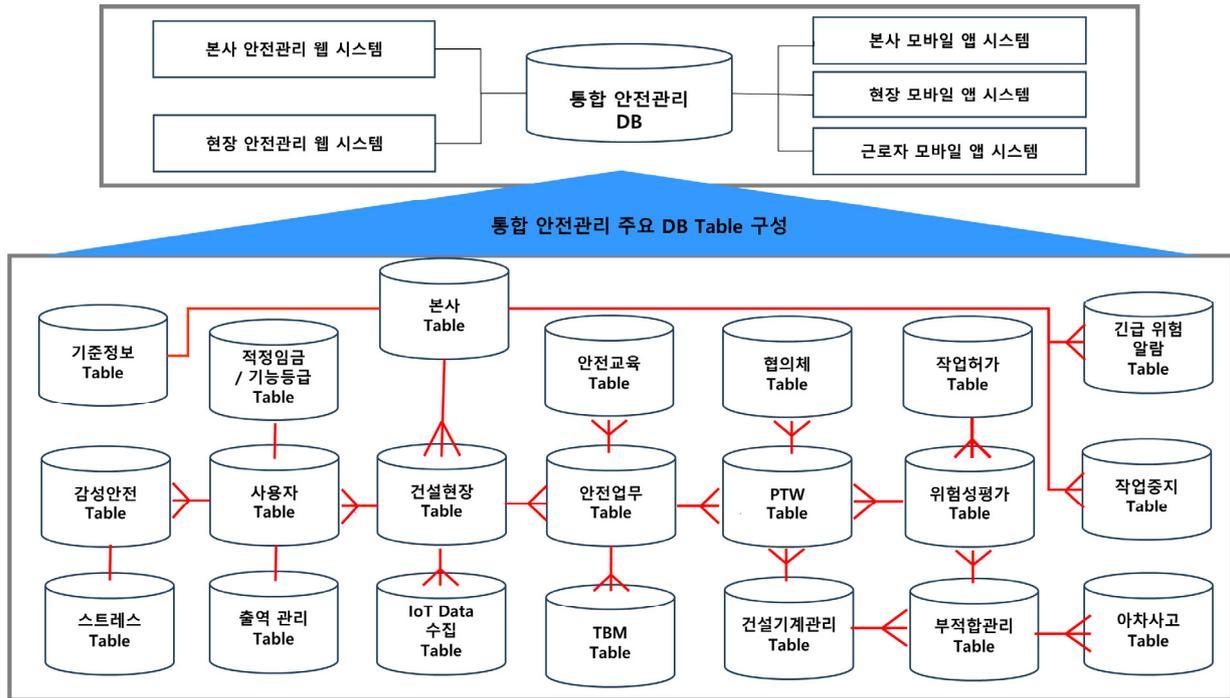
### 통합 스마트플랫폼 상세설계

통합 스마트플랫폼의 상세설계는 기능 및 프로세스 설계, 데이터베이스 스키마(DB Schema), 인프라/네트워크 설계를 포함한다. 상세설계 단계에서 통합 안전관리의 주요 데이터베이스 테이블(DB Table)은 안전관리의 정상적인 작동과 안전한 작업환경 조성에 핵심적인 역할을 수행한다. 이러한 테이블은 구성 항목과 기본설계를 바탕으로 다양한 측면에서 안전관리를 지원할 수 있도록 설계된다. 주요 구성 요소는 다음과 같다. 첫째, 안전관리자와 관련된 정보 및 프로세스를 포함해야 하며, 이는 안전교육, 안전업무, 협의체, 부적합 관리 등 안전관리자의 업무를 효율적으로 지원하기 위한 항목들을 포함한다.

둘째, 현장 위험을 사전에 예방하기 위해 위험성평가, 사전작업허가제(PTW), 건설기계 관리, 아차사고 관리 등의 요소를 포함해야 한다. 이러한 요소들은 작업 현장에서 발생할 수 있는 다양한 위험 요소를 사전에 파악하고, 관리할 수 있는 체계를 제공한다.

셋째, 사용자와 관련된 정보로는 걱정임금, 감성안전, 스트레스 관리, 출역관리, 긴급 위험 알림, 작업 중지 등이 포함되어야 하며, 이는 근로자의 안전과 건강을 보호하고, 작업 현장에서 발생할 수 있는 다양한 위험 요소에 즉각적으로 대응할 수 있도록 설계되어야 한다.

이와 같은 통합 안전관리 DB Table은 다각적인 관점에서 안전관리를 지원하며, 이를 통해 모든 사용자의 안전과 건강 확보, 안전한 작업환경 조성에 기여할 것이다. 상세설계의 통합 안전관리 주요 DB Table 구성은 Fig. 5와 같다.



\*Source: Shin(2023), Integrated Safety Management at Construction Sites Using Digital Construction Safety Nets Research on Improvement Plans

Fig. 5. Integrated safety management main DB Table composition

DB Table을 반영한 통합 스마트플랫폼의 대시보드 및 모바일 App 화면 구성은 개발자 및 디자이너와 협의하고, 화면 수정 및 보완을 거쳐 근로자와 관리자가 보기 편리하며, 사용하기 쉽게 구성되어야 한다. 특히, 고령 근로자를 위해 모바일 App 은 구성항목을 간결하게 하고, 시인성을 높이기 위해 큰 글씨와 색채에 신경을 써야 한다. 또한 Dvice (스마트 안전장비 등) 연계는 표준화가 되어 있지 않아서 상당한 시간이 소요되므로 사전에 향후 확장에 대한 검토가 필요하였다.

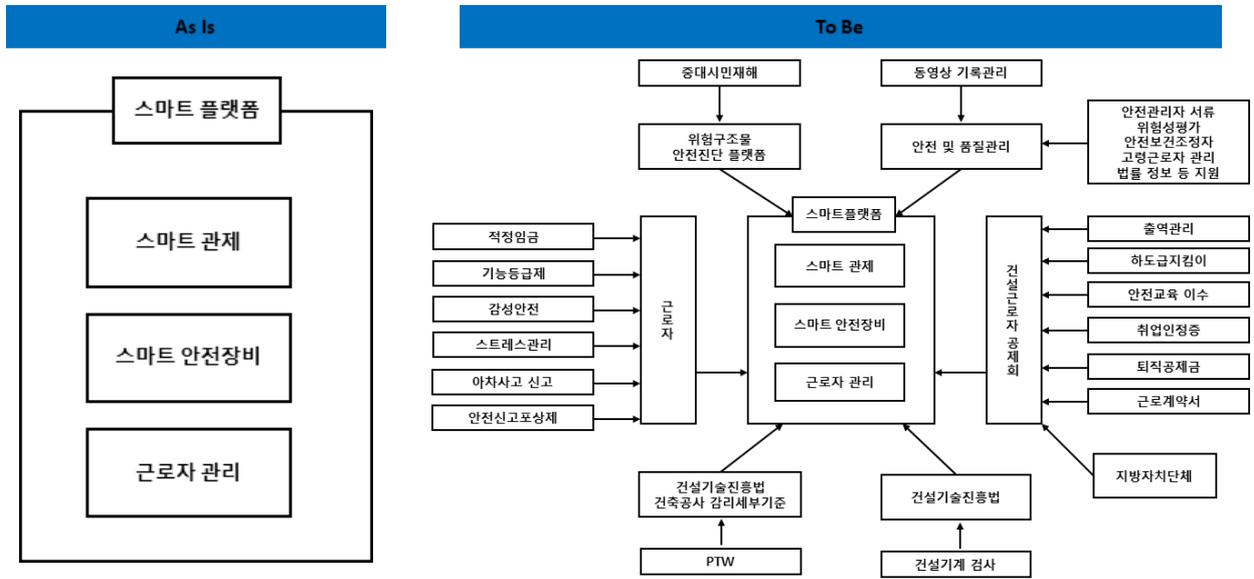
## 건설현장 통합 스마트플랫폼 구축

### 통합 스마트플랫폼 구축 모형

기존 스마트플랫폼은 건설현장에서 통합 안전관리를 효과적으로 구현하는 데 한계가 존재하였다. 이러한 한계를 극복하고 통합적인 안전관리를 실현하기 위해서는 새로운 통합 스마트플랫폼 모형을 제시하고자 한다. 이러한 통합 스마트플랫폼 과 기존 스마트플랫폼 구축모형은 Fig. 6과 같다.

통합 스마트플랫폼의 효과적인 구축을 통해 건설산업의 변화에 대응하기 위한 탑재 항목들은 Table 1과 같다.

이러한 기능들은 현장의 안전성, 생산성, 효율성, 법규 준수, 근로자 관리 등의 측면에서 혁신적인 변화를 추구하며, 중대 시민재해 예방까지 가능하다.



\*Source: Shin(2023), Integrated Safety Management at Construction Sites Using Digital Construction Safety Nets Research on Improvement Plans(Researcher Restructuring)

Fig. 6. Comparison of the construction model of the existing smart platform and the integrated smart platform

Table 1. Mounting items

탑재 항목	활용
근로자 관리	근로자 임금, 감성 및 스트레스 정보를 통해 근로자 상태를 실시간으로 모니터링 하여 근로자의 안전과 건강을 적극적으로 관리하며, 안전신고포상제 및 기능등급제는 건설현장의 업무 환경 개선 가능함
안전 관련법규	안전 관련법규를 준수하기 위해 PTW 및 건설기계 검사 기능을 도입하여 건설 현장에서의 안전규정 준수가 강화되고, 사고 발생 가능성을 감소시키며, 안전관리자 서류 감소 및 법적 대응 가능함
동영상 기록관리	현장 구조물의 안전성과 품질을 지속적으로 기록하고 관리하는 데 도움을 주고, 문제 발생 시 신속한 대응이 가능하며, 과거 기록을 통해 문제 원인을 추적하여 해결방안을 제시할 수 있음
타 플랫폼 연동	공사 및 품질관리 플랫폼을 연동하여 전자적으로 건설현장을 통합관리하고, 1/2종 시설물 관리 플랫폼의 도입으로 중대 시민재해 예방까지 확대하여 실시간으로 문제를 감지하며, 예방조치를 시행함으로써 잠재적인 위험을 사전에 방지 가능함
외부기관 연동	건설근로자공제회와의 API 연계를 통해 퇴직공제금, 기능등급제, 경력관리 등 근로자 정보를 효율적으로 관리할 수 있으며, 취업인정증 등으로 불법 외국인근로자를 효과적으로 관리할 수 있음

### 통합 스마트플랫폼 출역관리

NFC 또는 QR코드 방식은 홍채나 안면인식이 없는 경우에 사용되며, 저렴한 비용으로 간편하게 출입 기록을 자동으로 저장하는 시스템으로 효율적인 출입 관리가 가능하다. 기존에 홍채나 안면인식을 운영하던 현장은 통합 스마트플랫폼과 연동하여 활용할 수 있도록 연계가 필요하다. 그러나 “건설근로자 고용 개선 등에 관한 법률” 시행령 제12조의2 제1항 부칙에 따르면 전자카드 시스템은 건설근로자공제회에서 지정하는 단말기만 사용하여야 하므로, 현재 건설근로자공제회에서 제공하는 전자카드 시스템은 통합 스마트플랫폼과 호환되지 않아 이원화된 시스템으로 운영할 수밖에 없는 문제점을 내포하고 있다. 따라서 통합 스마트플랫폼과 전자카드 시스템의 출입 관리는 Fig. 7과 같이 운영하였다.

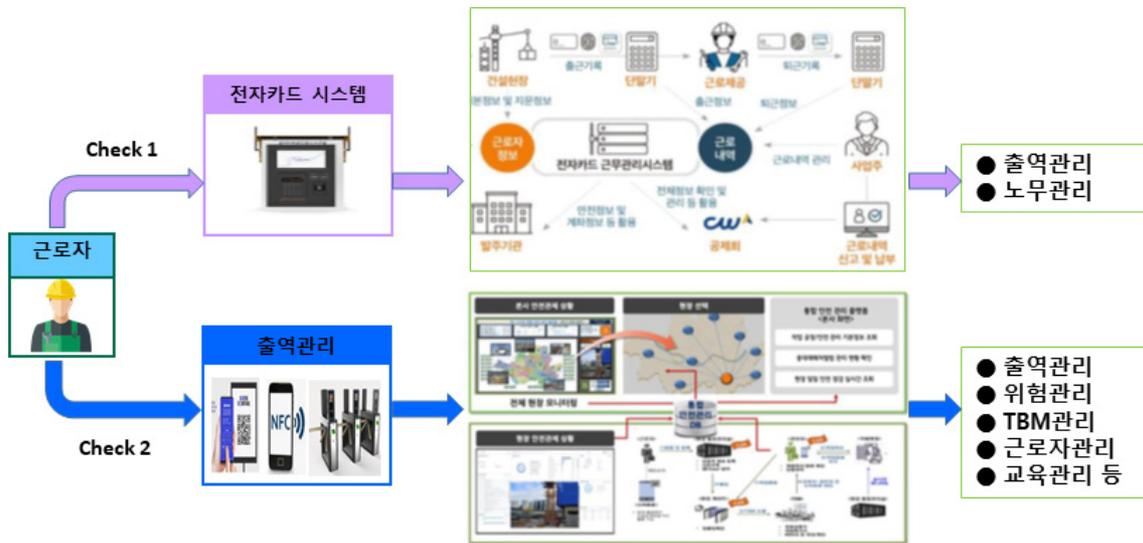


Fig. 7. Integrated smart platform and electronic card system access management

이 시스템의 문제점은 통합 스마트플랫폼과 전자카드 시스템의 호환이 가능한 복합형 단말기를 도입하면 해결할 수 있다. 복합형 단말기를 통한 출입 관리는 Fig. 8과 같이 운영될 수 있다.

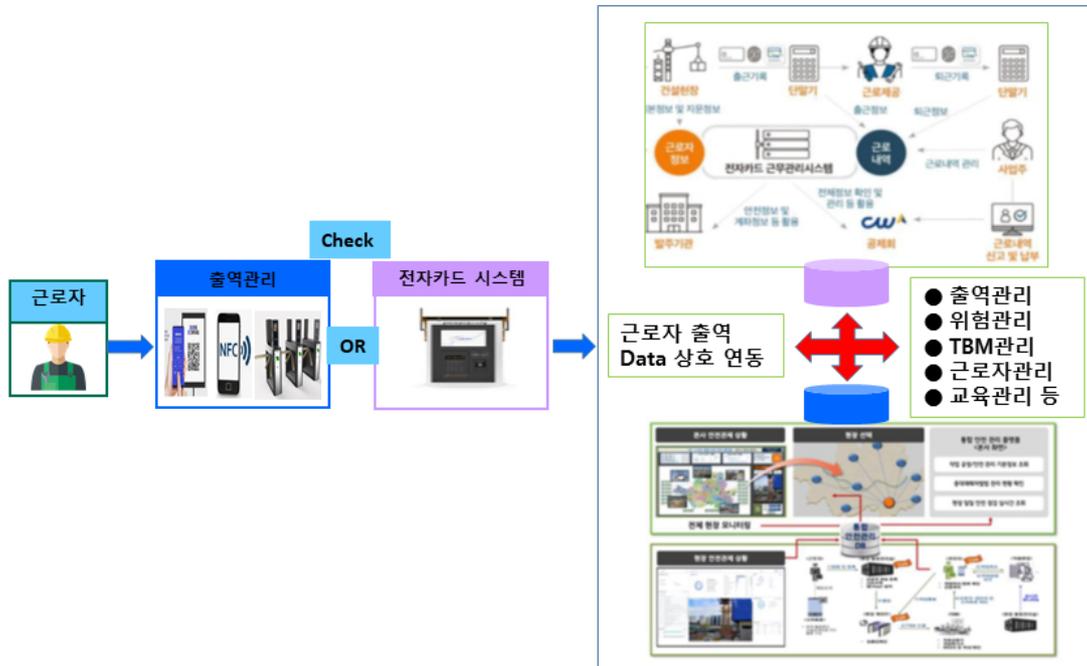


Fig. 8. Combined terminal access management

### 통합 스마트플랫폼 안전관리 관계

현장에서 발생하는 데이터와 정보를 본사에서 효과적으로 관리하고, 본사의 지시와 지원을 현장에서 실시간으로 수행할 수 있도록 하기 위해서는 본사와 현장이 하나로 상호 연계된 시스템이 필요하다. 본사와 각 현장과의 안전관리 관계는 Fig. 9 와 같이 구성할 수 있으며, 이러한 안전관리 관계는 상호협력을 강화하여 일원화된 의사소통 시스템 구현이 가능하다.

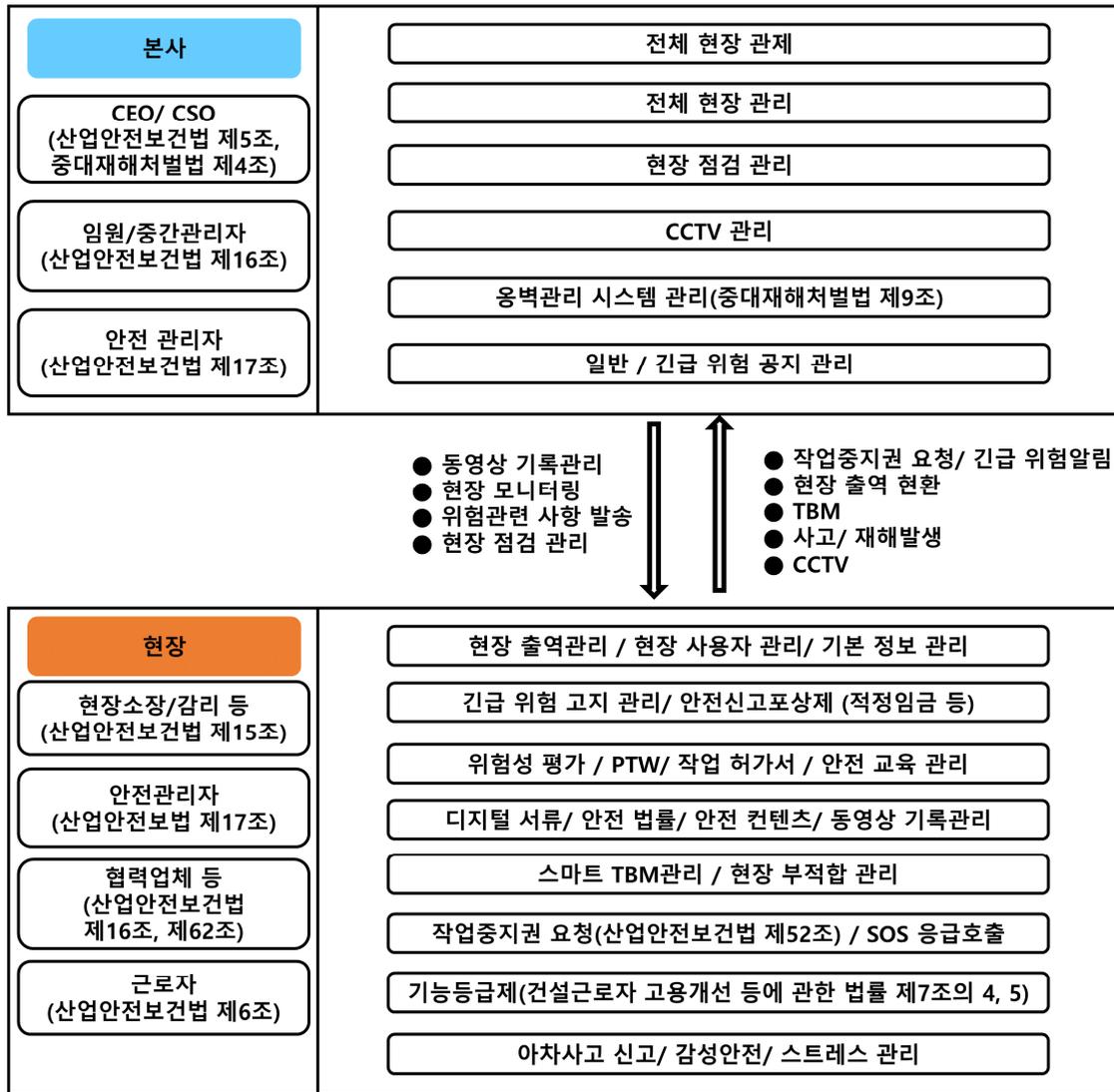


Fig. 9. Relationship between the head office and the site

### 통합 스마트플랫폼 작동 및 활용

통합 스마트플랫폼의 작동 및 활용에 앞서, 근로자들로부터 개인정보 제3자 제공 동의서를 청구해야 하며, 필요에 따라 “개인정보보호법”에 따른 보험 가입도 검토할 필요가 있다. 또한 “위치정보의 보호 및 이용 등에 관한 법률” 제5조 제1항 및 제7항에 의거하여 “개인위치정보사업허가서”를 확보해야 한다. 구축된 통합 스마트플랫폼은 정상적인 기능 발휘 여부를 테

스트 및 시연회를 통해 검증한 후 운영을 개시하도록 하여 시스템의 신뢰성을 확보해야 한다.

CCTV 영상정보의 외부 유출을 방지하기 위해 철저한 보안을 기해야 하며, 동영상 촬영 자료는 특정 관계자를 제외하고는 다운로드가 불가능하도록 보안 조치가 필요하다. 국내 근로자 및 관리자는 안전 선진국에 비해 시스템의 완전성을 높게 기대하는 경향이 있어, 시스템이 제대로 작동하지 않을 경우 즉시 사용을 거부하는 사례가 많다. 따라서 통합 스마트플랫폼의 필요성을 사전에 충분히 교육하고, 지속적인 작동 및 활용을 통해 기능 및 오류를 개선하는 것이 필수적이다.

아차사고 및 부적합 관리 항목은 위험성평가 및 사전작업허가제(PTW)에 반영되도록 해야 하며, 각종 점검 시 즉시 출력할 수 있는 프린트 기능을 제공해야 한다. 또한 현장의 증가에 대비하여 검색 기능을 탑재하고, 동영상 서버와 IoT 서버를 분리하여 운영 계획을 수립함으로써 서버의 속도 지연을 방지하고, 시스템이 정상적으로 기능을 수행할 수 있도록 해야 한다.

본사 및 현장 스마트플랫폼의 사용자는 역할에 따라 공지사항 등의 정보를 수신할 수 있도록 사용자 범위를 설정해야 하며, 보안 및 정보 활용 범위를 철저히 검토하여 사용자별로 필요한 권한을 부여함으로써 개인정보의 노출과 권한 초과 자료의 취득을 제한해야 한다. 이와 같은 통합 스마트플랫폼의 접속 권한 범위는 Fig. 10에 제시된 바와 같이 구분할 수 있다.

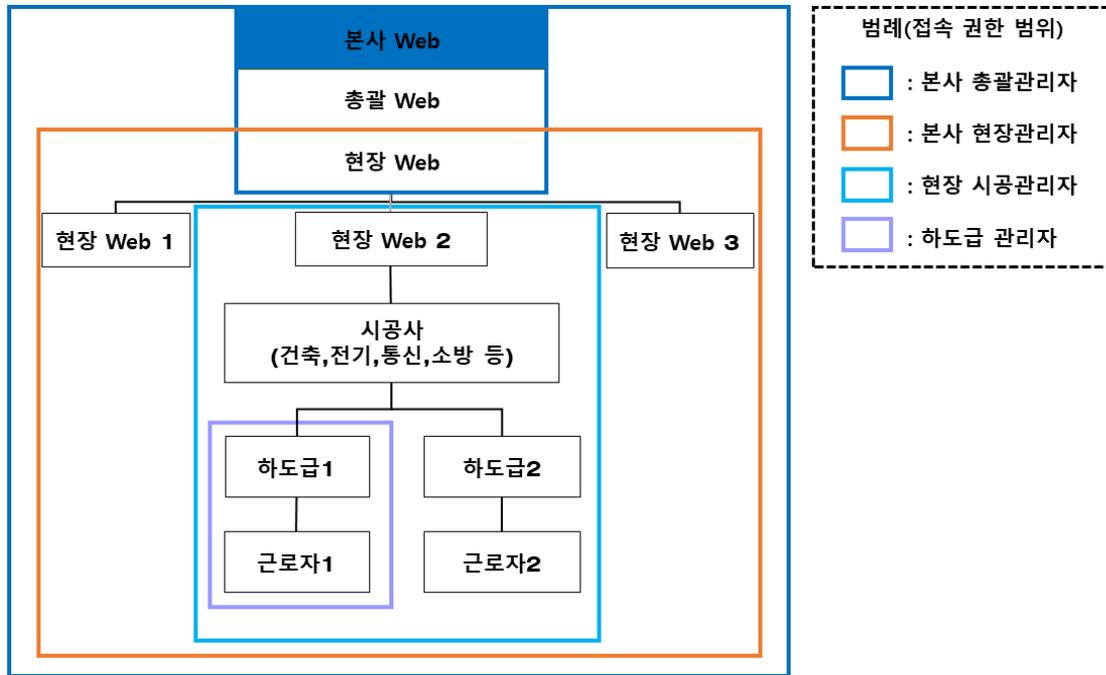


Fig. 10. Access privilege sets

통합 스마트플랫폼을 작동 및 활용하면서 안정화 및 고도화하기 위한 단계별 모델은 Fig. 11과 같다. 초기단계에서 향상단계를 거치면서 스마트 안전관리의 효과를 극대화하고, 시스템이 제 기능과 역할을 할 수 있다.

Fig. 11은 통합 스마트플랫폼의 효과적인 운영을 위해서는 안정화 및 기능 개선을 위한 지속적인 유지관리가 필요하다. 연구는 스마트 안전관리 시스템을 초기, 중간, 향상단계로 나누어 각 단계별 활동을 분석하였다. 초기단계에서는 시스템 운영과 현장관리에 중점을 두며, 중간단계에서는 데이터 분석과 위험성평가 및 사전작업허가제(PTW)를 강화한다. 향상단계에서는 자동화된 시스템을 통해 안전관리가 체계적으로 이루어진다. 이러한 절차는 스마트플랫폼의 활성화와 안전관리 효과의 극대

화에 필수적이다. 또한 성능개선을 통해 완벽하게 작동하고, 활용될 수 있는 프레임워크를 구현함으로써 지속적으로 스마트 플랫폼의 활성화에 기여할 수 있다. 이와 같이 통합 스마트플랫폼이 활성화되기 위해서는 Fig. 12와 같은 절차를 거쳐야한다.

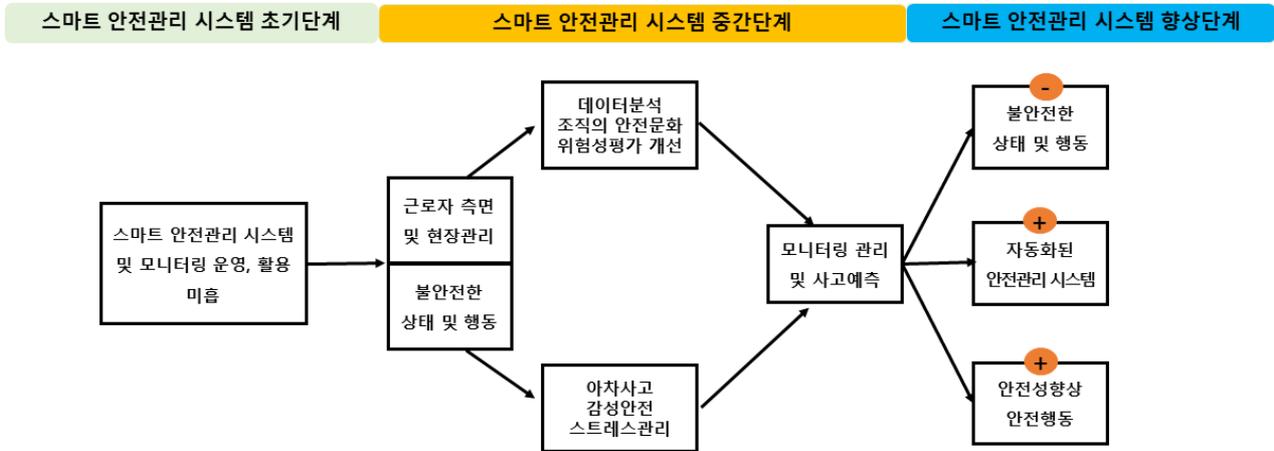


Fig. 11. Smart Safety Management Step-by-Step Model

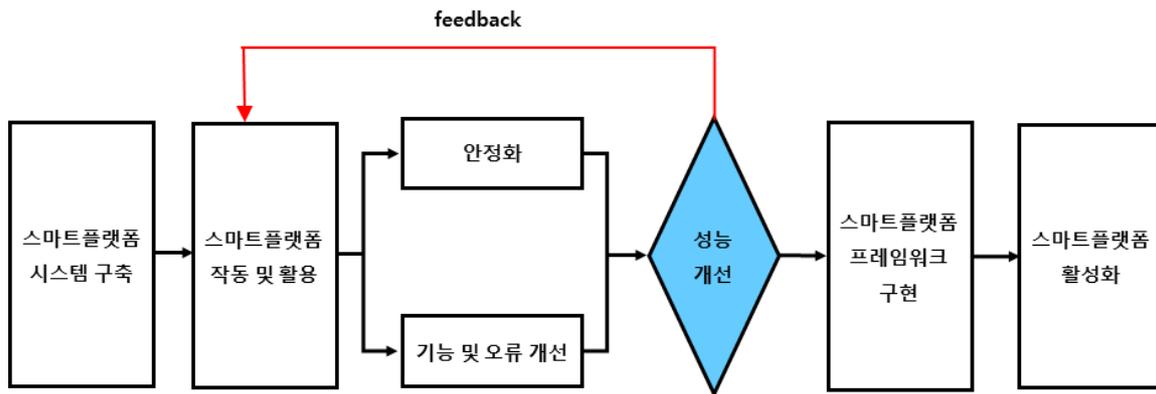


Fig. 12. Integrated smart platform activation procedure

통합 스마트플랫폼의 모니터링 관제사 인건비는 현재 “건설기술진흥법” 및 “건설공사 안전관리 업무수행지침”에 명확히 규정되지 않아, 안전관리비의 집행에 어려움이 있다. 특히 건축현장의 경우, 근로자 교체가 빈번하여 근로자 모바일 App의 설치 및 교육 인원의 배치가 필수적이다. 이러한 조치가 미흡할 경우, 안전관리자의 업무 부담이 증가하고, 시스템 오류나 기능 작동 문제에 대한 신속한 대응이 어려워질 수 있다. 또한 통합 스마트플랫폼을 Web과 모바일 양측에 적용할 경우, 개발비용이 증가하며, 비표준화된 스마트 안전장비의 연동에도 추가 비용이 발생하여, 시스템의 완전한 구축을 위해서는 상당한 투자가 필요하다. 따라서 이와 같은 문제를 해결하기 위해서는 민관 협력체계의 구축이 필수적이다.

## 결론

본 연구는 건설현장과 본사 간의 통합을 강화하고, 현장에서 실질적으로 활용 가능한 스마트플랫폼을 구축하는 것을 목표로 진행되었다. 제안된 건설현장 통합 스마트플랫폼은 기존의 스마트플랫폼과 비교하여, 현장 중심의 실용적인 기능을 중점적으로 설계하였다. 이 플랫폼은 “산업안전보건법” 뿐만 아니라 “건설기술진흥법” 및 “중대재해처벌법”에 따른 법적 요구사항을 충족하며, 근로자 관리방안을 포함하고 있다. 또한 타 기관과의 연계를 통해 정보 교환과 외국인근로자 관리의 편리성을 높인 것이 주요 특징이다.

현재 대부분의 공공기관과 민간 건설회사들이 스마트플랫폼을 구축하려고 하고 있으나, 기존 시스템과의 연계와 확장성을 고려한 사례는 드물다. 이는 초기 개발비용 외에도 연동 및 유지관리 비용, 시스템 안정화를 위한 추가 개발비용이 발생하기 때문이다. 통합 스마트플랫폼이 지속적으로 작동하고 활용되기 위해서는 구축 계획 단계에서부터 비용 검토, 안정화, 기능 개선이 필수적이다. 시스템의 성능이 향상되어야만 예상치 못한 문제나 변화에도 유연하게 대응할 수 있으며, 이를 통해 회복탄력성(Resilience)을 확보하고, 통합 스마트플랫폼 프레임워크의 성공적인 구현이 가능해질 것이다.

본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다. 첫째, 통합 스마트플랫폼 구축 계획은 기간에 따른 개발 방법의 신중한 선정이 필요하다. 둘째, 플랫폼에 탑재할 기능을 잘못 선정할 경우 활용성이 떨어져 사용을 기피하게 될 수 있으므로, 작동 및 활용 가능성이 높은 기능을 선별해야 한다. 셋째, 기본설계 단계에서는 건설현장의 특성과 요구사항을 반영하여 플랫폼을 설계하고, 보안 대책을 수립해야 한다. 넷째, 상세설계 단계에서는 본사와 현장 Web의 대시보드와 모바일 App 기능을 구체적으로 설계하고, 디바이스 연계 확장을 검토해야 한다. 다섯째, 플랫폼 구축 시에는 본사와 현장이 연계된 전사적 안전관리를 고려하고, 사용자 편의성 및 적용 현장 확장을 고려하여 시스템을 구축해야 한다. 여섯째, 플랫폼 작동 및 활용 시에는 민감한 개인정보, 동영상, CCTV에 대한 보안 대책을 수립하고, 사용자 의견을 반영하여 기능 및 오류 개선을 지속해야 한다.

향후 스마트 건설이 활성화되기 위해서는 전자인력단말기와 일원화, 관제사 및 근로자 모바일 App 교육에 대한 인건비 등을 안전관리비용으로 사용할 수 있도록 “건설근로자 고용 개선 등에 관한 법률” 및 “건설기술진흥법” 등의 개정이 필요하다. 또한 카카오톡이나 밴드 등의 의사소통 시스템을 통합 스마트플랫폼에 연동하고, 스마트시티와의 연계를 고려한 시스템 구축도 앞으로의 중요한 연구 과제로 남아있다.

## References

- [1] Act on Employment Improvement of Construction Workers (2022). Law No. 18425.
- [2] Back, S.M. (2014). A Study on the Improvement of Construction Safety Management System Using the Internet of Things. Master Thesis, Gachon University.
- [3] Cha, H.-S., Choi, B.-J., Kim, J.-H., Lee, S.-Y., Kim, T.-H., Ahn, E.-C., Kim, G.-W. (2021). “Suggestions on problems and improvement measures for field application of smart construction technology - focusing on DL E&C application cases.” *Construction Engineering and Management*, Vol. 22, No. 6, pp. 34-41.
- [4] Edirisinghe, R. (2018). “Digital skin of the construction site: Smart sensor technologies towards the future smart construction site.” *Engineering, Construction and Architectural Management*, Vol. 26, No. 2, pp. 184-223.
- [5] Jeon, W.J. (2023). A Study on Suggestions to Promote Smart Construction Technologies for Domestic Construction Industry. Master Thesis, Kangwon National University.

- [6] Hong, S.-H, Jo, J.-Y. (2022). Smart Safety Technology Trend Analysis and Implications. 2022-05, Korea Construction Policy Review, Korea Research Institute For Construction Policy.
- [7] Kamarudin, S.-S., Pang, C.-S., Osman, N.-A. (2020). "Smart sensor system in enhancing construction site safety management." INTI Journal, Vol. 2020, No. 1, pp. 1-6.
- [8] Kim, S.-Y., Hwang, I.-C., Kim, D.-S., Moon, B.-M., Oh, S.-Y. (2019). "A study on IoT/ICT convergence smart safety management system for safety of high risk workers." Journal of The Korean Society of Disaster Information, Vol. 15, No. 1, pp. 39-48.
- [9] Lee, G.-J. (2020). "A study for the development of a sustainable safety management platform for small construction sites." Architectural Institute of Korea Fall Conference Proceedings, Vol. 40, No. 2, pp. 596-599.
- [10] Lim, C.-H. (2013). "Open e-government mobile standard framework for smart service implementation." Journal of the Korean Society of Communication Studies, Vol. 30, No. 9, pp. 65-71.
- [11] Lim, S.-B., Paek, C.-S., Kim, H.-K., Kim, S.-H., Lee, D.-Y., Paek, K.-C. (2020). "Smart construction technology research program(Part 3) integrated smart safety management technology." Journal of the Korean Society of Civil Engineers, Vol. 68, No. 8, pp. 44-51.
- [12] Mang, I.Y. (2023). The Effect of Integrated Construction Safety Control System Based on Smart Safety Technology on Safety and Health Management Performance. Doctor Thesis, Soongsil University.
- [13] Ministry of Employment and Labor (2023). Additional Statistics on Industrial Accidents in 2022 Announcement of results of Current Status of Fatal Accidents Subject to Disaster Investigation. Sejong.
- [14] Ministry of Land, Infrastructure and Transport (2024). Construction evaluation, you must be safer to receive points. Sejong.
- [15] Park, K.-S., Iim, S.-B., Kim, S.-H., Koo, K.-Y. (2020). "A study on institutional improvement for application of smart construction technology." Journal of the Korea Institute of Construction Safety, Vol. 3, No. 1, pp. 9-17.
- [16] Ryu, S.R. (2019). A Study on Optimization of Smart Safety Management System Utilizing IoT Technology of Construction Project. Master Thesis, Kyonggi University.
- [17] Shin, Y.C. (2023). Integrated Safety Management at Construction Sites Using Digital Construction Safety Nets Research on Improvement Plans, Doctor Thesis, Kyonggi University.