

4차 산업 기술 기반의 안전관리업무지원시스템 가이드라인에 관한 연구

황인구¹ · 류리² · 김용성^{3*}

¹국민대학교 테크노디자인전문대학원 건축디자인학과 석사과정

²국민대학교 테크노디자인전문대학원 건축디자인학과 박사

³국민대학교 테크노디자인전문대학원 건축디자인학과 교수

A research on the Safety Management Support System Guidelines Based on Fourth Industrial Technology

In-Gu Hwang¹ · Ri-Ryu² · Yong-Seong Kim^{3*}

¹Master's Course, Graduate School of Techno Design, Kookmin University, Seoul 36-702, Korea

²Doctor's Course, Graduate School of Techno Design, Kookmin University, Seoul 36-702, Korea

^{3*}Professor, Graduate School of Techno Design, Kookmin University, Seoul 36-702, Korea

[요 약]

건설 현장의 안전사고 및 규모가 증가함에 따라 안전관리에 관한 논의가 활발하게 이루어지고 있다. BIM, 3D 스캐너 등 다양한 기술의 적용이 시도되고 있으며 참여 업무자의 역할, 책임에 관한 연구가 이루어지고 있다. 하지만 시공자 중심의 안전관리, 미흡한 업무 체계, 제한된 기술 인프라 등으로 인해 안전관리는 미흡한 상황이다. 이에 본 연구에서는 참여 업무자의 업무 정의 및 업무 시스템 제안을 통해 설계자, 시공자, 감리자를 위한 4차 산업 기술 기반의 안전관리업무지원시스템을 제안하고자 한다. 또한 BIM, 3D 스캐닝 등과 같은 4차 산업 기술들이 적용된 안전관리 업무프로세스를 도출하였으며 안전점검 및 안전사고 발생 시 대처 방안을 제안하였다.

[Abstract]

As safety accidents and scale of construction increase, discussions on safety management are actively conducted. However, safety management is insufficient due to contractor-centered safety management, insufficient work system, and limited technical infrastructure. Application of various technologies such as BIM and 3D scanners is being attempted and research on the role and responsibilities of participating workers is being conducted. Therefore, this study propose a safety management work support system based on the fourth industrial technology for architect, contractors, and supervisors, through work definition and work system proposals. Drive of a safety management work process which fourth industrial technologies, such as BIM and 3D scanning, were applied and safety check and countermeasures in case of a safety accident were proposed.

색인어 : BIM, 4차 산업 기술, 안전관리, 안전관리업무지원시스템, 3D 스캐닝

Key word : BIM, Fourth Industrial Technology, Safety Management, Safety Management Support System, 3D Scanning

<http://dx.doi.org/10.9728/dcs.2020.21.5.911>



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Received 28 March 2020; Revised 15 May 2020

Accepted 25 May 2020

*Corresponding Author; Yong-seong Kim

Tel: + [REDACTED]

E-mail: dlsrncjsto@naver.com

I. 서론

1-1 연구의 배경 및 목적

건설 산업 사망자는 1418명(2019년)으로 전체 산업 재해의 55.7%를 차지하고 있다. 이에 안전사고를 예방하기 위해 안전 관리에 관한 중요성이 높아지고 있으며 안전관리업무 지원시스템에 관한 연구도 활발하게 이루어지고 있다. 안전 관리에 대한 관심이 높아지면서 BIM(Building Information Modeling), GPS(Global Positioning System) 등 안전 관리 시스템에는 다양한 4차 산업 기술들이 적용되고 있으며 안전 관리 업무자 또한 시공자, 감리자, 설계자 등 다양해지고 있다[1].

하지만 그에 비해 안전관리업무지원시스템은 많이 낙후되어 있는 현실이다. 설계 및 시공 단계에서의 안전관리 전담기반부재, 안전에 관한 인식 부족, 시공자 중심의 안전관리 등으로 통합안전관리 지원방안이 미흡한 상황이다.

이에 본 연구에서는 4차 산업 기술을 적용한 통합안전관리 업무지원시스템에 관한 연구를 목적으로 하였다. 현재 안전 관리에서의 감리자, 시공자, 설계자의 업무 분석을 통해 업무 참여자별 업무 분야 및 공종별 기술 적용 방안을 제안하였으며 이를 바탕으로 안전관리업무지원시스템 및 프로세스 작성을 통해 건설 현장에서의 안전사고 예방을 목표로 하였다.

1-2 연구의 방법

본 연구에서는 4차 산업 기술을 적용한 통합안전관리업무지원시스템을 제안하였으며 그에 따른 안전관리프로세스 및 안전점검시나리오를 제안하였다.

첫 번째로, 선행 연구 고찰을 통해 안전관리업무 정의 및 현재 안전관리 문제점에 대해 고찰한다.

두 번째, 현재 사용되는 안전관리 시스템 고찰을 통한 4차 산업 적용 기술들을 도출하며 업무 단계별 적용 방안을 제시한다.

세 번째, 안전관리 참여 업무자들의 업무 정의 및 안전관리 업무체계를 제안하였으며 4차 산업 기술 기반의 업무 지원 기능들을 바탕으로 업무 지원 시스템을 작성하였다.

네 번째, 업무지원시스템을 통한 4차원 기술 기반 통합 안전 관리 프로세스를 제시하며 안전점검 시나리오를 작성한다.

II. 안전 관리 업무 시스템 고찰

2-1 안전 관리 업무 정의

국토교통부의 건설공사 안전관리지침에서는 “공사 현장에서 안전 확보를 위해 건설기술 진흥법령을 바탕으로 건설 공사의 착공부터 준공까지 실시하는 계획적인 활동을 말한다” 라고 정의했으며 국가안전관리기본계획에서의 정의는 “재난과 같은 각종 사고에서 사람의 생명 및 신체의 안전을 확보하기 위한 행동”이다. 이와 같이 안전 관리란 감리자, 시공자, 설계자와 같

은 건설 현장에서의 업무 참여자들의 안전을 위한 행위로 정의할 수 있다.

과거 안전 관리는 건설 행위에서 많은 비중을 차지하지 않았지만 산업 재해로 인한 인명 피해 때문에 안전 관리 비율이 높아지기 시작하였고 사고를 예방하기 위한 방안으로 안전 관리에서의 참여 업무자들의 업무, BIM 및 3D 스캐너 등과 같은 다양한 기술들의 적용 등 다양한 시도가 이루어지고 있다. 표 1은 안전관리에 관한 연구 동향이다[2].

표 1. 국내 연구 현황

Table 1. domestic research case

DIVISION	AUTHOR	RESEARCH TOPIC AND CONTENT	KEY WORD
Safety Management by Technology	Lee, Hyun-Soo et al. 4	“A Construction safety management system based on Building Information Modeling and Real-time Locating System” 2013	BIM, GPS MONITORING, ALARM
	Kim Jae Yeob et al. 2	“Development of an Application Prototype for Small-Scale Construction Safety Management” 2019	APP, BIM, CHECK LIST
	Park Hye Jin et al. 3	“An Improvement of the Building Safety Inspection Survey Method using Laser Scanner and BIM-based Reverse Engineering” 2016	3D SCANNER, REMODELING, 3D POINT DATA
Safety Management by Worker	Kwon Ocheol et al. 4	“BIM Quality Assurance for DFS in Design Phase”, 2013	BIM, CHECK LIST, ARCHITECT
	Kim Do-Su et al. 2	“A Study on the Determining Factors For Assessment Criteria of Project Performance Capability of CM Considering Safety” 2019	CM, SAFETY FACTOR, SUPERVISOR
	Song Do Heom et al. 3	“Safety Management Priority Classified by Participants in Planning and Design Stages” 2010	CONTRACTOR, ARCHITECT, SAFETY

연구 동향은 크게 4차 산업 기술들의 안전관리 적용방식과 업무자별 안전관리에 관한 연구로 분류하였다. 4차 산업 기술에 관한 연구로서 Lee Hyun Soo(2013)는 BIM 기술과 GPS을 이용해 작업자 위치 추적 방안을 제안하였으며 이를 통해 안전사고를 예방하고자 하였다. Kim Jae Yeob(2019)는 현장에서의 애플리케이션 적용 방안을 제시하였다. 업무자별 안전관리에 관한 연구로서 Kim Do-Su(2019)는 건설사업관리자의 안전평가 요인을 통해 안전관리에서의 건설사업관리자의 역할을 제안하였으며 Song Do Heom(2010)은 설계단계에서의 발주자, 설계자, 시공자의 역할을 통해 안전사고 예방을 주장하였다.

안전관리에 관한 연구는 주로 4차 산업 기술과 업무자별 역할 및 업무 정의를 통한 안전사고 예방을 목적으로 이루어지고 있다. 본 연구에서 제시하는 안전관리업무지원시스템 또한 안전사고 예방의 측면에서 기존 연구들과 공통점이 있다. 하지만 부분적인 안전관리가 아닌 업무자별 4차 산업 기술 이용 방안 및 단계별 업무 정의를 통한 안전사고 예방 목적에서 기존연구와 차별성이 있다.

2-2 안전 관리의 문제점 분석

안전관리에 관한 선행 연구들을 바탕으로 문제점을 도출하였다. 업무참여자들의 역할 정의 부족, 상주 안전관리자의 부재, 위험정보 확인체계 부족, 안전관리교육의 부재로 분류하였으며 분석 내용은 다음 표2와 같다.

1) 시공자 중심의 안전관리업무체계

“건설기술 진흥법” 64조에 따르면 시공자는 각 분야별 안전관리책임자, 안전총괄책임자, 현장 안전관리 담당자를 총괄해야한다. 이에 시공자는 안전사고에 대한 전반적인 책임을 지고 있다. 또한 건설 현장은 외부이기 때문에 날씨, 지형, 가설 시설물들 다양한 요인들에 의해 가변적이며 현장의 업무 회의를 통해 안전사고에 효율적으로 대처해야한다. 하지만 현장에서 상주하는 업무자는 대부분 시공자이며 미흡한 업무 체계로 인해 업무 소통이 부족한 상황이다.

이러한 이유로 인해 안전 관리 업무는 시공자 중심으로 이루어지고 있다. 하지만 시공자 중심의 안전 관리 업무는 작업 환경의 열악함, 한정된 공사 기간 등으로 인해 미흡한 상황이다. 이에 참여 업무자들의 안전 관리 업무 및 책임에 관한 정의가 필요한 상황이다[3].

2) 안전 관리 교육 부재

산업안전보건법 제 32조 및 시행규칙 제 39조에 따르면 안전보건관리책임자, 안전관리, 보건관리자에 대한 교육이 필요하며 제 31조에 따라 건설일용근로자에 대한 안전교육도 의무화시키고 있다. 하지만 교육 대상별에 따른 정확한 목표가 미흡하며 장시간 교육이 어렵기 때문에 단기성의 교육으로 이루어지고 있다. 이로 인해 단기 현장 근로자들은 현장 이해도가 부족하며 안전사고가 발생하고 있다[4].

표 2. 안전 관리의 문제점

Table 2. safety management problems

DIVISION	DETAILS
Construction-oriented safety management system	Problem Due to legal responsibility for safety accidents and variability in the field
Absence of Resident Safety Manager	Problems due to insufficient purpose according to each training target and short-term education
Lack of risk information verification system	Poor safety management due to non-obligation of appointment of resident safety manager
Absence of Safety Management Education	Unidentified Risk factors and Insufficient prevention of safety accidents

3) 상주 안전 관리자의 부재

산업 안전 보건법 시행령에 따르면 건설업의 경우 공사금액이 120억원 이상이거나 상시 근로자 300명 이상을 사용하는 사업장에 최소 1명 이상의 안전 관리자를 선임하도록 규정하고 있다. 하지만 규제 완화로 인해 중, 소규모 건설 현장에는 상주 안전 관리자 선임에 비무화하였다. 그로 인해 현장에서는 비상주 감리자가 안전 관리 업무를 수행한다. 하지만 공사 기간 및 예산 문제 때문에 감리자가 안전 관리 뿐만 아니라 다른 업무까지 전담하면서 안전 감리자의 부실 안전 관리가 이루어지고 있다.

4) 위험정보 확인 시스템 부족

건설 현장에서는 가설 설치물, 안전 난간 미설치, 안전 작업 공간 부족과 같은 위험 요소들이 존재한다. 위험 요소는 직접적인 위험 요인과 간접적인 위험 요인으로 구분된다. 전자는 현장의 위험한 상태, 안전장치와 같이 현장 상태에 관한 요인이며 후자는 시공 및 설계 오류, 안전 교육 부재 등으로 현장 외부 작업으로 인한 요인이다[5].

직접적인 위험 요인은 현장 내부에서 나타나기 때문에 시공자에 의해 규모 및 사고결과가 파악되지만 간접적인 위험 요인은 외부 발생 요소로써 업무 소통을 통해 파악 및 해결이 가능하다. 하지만 미흡한 업무 체계로 인해 업무 소통이 부족하며 이로 인해 현장 외부 작업의 위험정보 확인이 부족한 상황이다.

2-3 안전 관리 지원 시스템 및 기술 현황

1) 4차 산업 기술 정의

4차 산업 기술은 정보통신 기술의 융합으로 이루어진 기술이다. 기술 요소는 크게 사물 인터넷, 빅 데이터, 인공지능 등과 같은 디지털 기술로 이루어져 있으며 제조, 유통 등 다양한 분야에서 적용되고 있다. 건축 분야 또한 ICT, IOT, BIM, 3D 스캐너 등 다양한 기술들이 사용되고 있다.

BIM 기술과 IOT 기술은 건축에서 사용되는 대표적인 4차

산업 기술이다. BIM 데이터는 드론, 3D 스캐너, VR 등과 같은 기술들과 연계되어 다양한 기능을 수행하고 있다. 세계경제포럼과 BCG가 공동으로 발표한 ‘Industry Agend’에서는 BIM을 건설 생애주기 플랫폼으로 정의하고 있다. 특히 디지털 기술과 빅데이터와의 연계를 통해 기획 설계 단계부터 시공 완료까지 안전관리, 모니터링, 프로젝트 모델 관리 등 다양한 업무를 수행한다.

IOT 기술은 GPS, 드론, 빅데이터 등과 같은 기술과 연계되어 사용되고 있다. ITU (International Telecommunication Union)에선 IOT를 정보통신기술을 기반으로 물리적, 가상적 사물들이 상호 연결을 통한 인프라 구축망으로 정의하고 있다. 또한 사람의 개입 없이 데이터를 수집하며 이를 분석, 판단하는 업무를 수행한다.

2) 안전 관리 시스템 동향

국토교통부에서는 건설안전정보시스템을 구축하여 건설사에 제공하고 있다. 건설안전정보시스템은 크게 사고발생현황보고, 초기현장조사, 정밀현장조사, 사고조사회의의 기능으로 분류된다. DB(Date Base) 서버 구축을 통해 사고발생 현황과 경과, 처리를 업로드 및 조회할 수 있도록 하였으며 이를 바탕으로 초기 및 정밀 현장조사가 이루어진다. 사고가 발생했을 시에는 사고조사위원을 선정하며 사고조사회의를 실시하여 효과적으로 건설 사고에 대응한다. 모든 데이터는 DB 서버에 업로드되며 발주청, 시공사, 건설사업관리자 등 건설 현장에 참여하는 모든 업무자들이 업로드 및 열람 기능을 제공한다.

G 건설사는 IOT(Internet Of Things) 기술과 GPS 기술을 통해 안전 관리 시스템을 구축했다. 비콘(Beacon)이라는 블루투스 기반 근거리 통신기술을 통해 실시간 근로자 위치 파악과 SOS 기능을 통해 위험 상황을 관리자에게 알려준다. 안전 관리자는 모바일을 통해 근로자와 현장 상황을 통제하며 공사담당자는 PC와 모바일을 통해 일별 작업 특이사항 및 취약개소를 관리한다. 발주처는 통합관계시스템의 데이터를 통해 위험 사고를 예방한다.

H 건설사는 IOT 기반 안전 관리 시스템인 HIOS(Hyundai IOT Safety System)를 개발해 현장에 도입하였다. HIOS는 각종 센서를 통해 스캔하며 플랫폼에 전송한다. 이를 바탕으로 현장 내의 위험 여부를 판단하며 위험할 시 알람을 통해 근로자 및 관리자에게 알려 잠재적 요인을 사전에 제거한다. 이 시스템은 근로자 위치확인, 풍속감지, 가시성 붕괴 방지, 장비협착방지 등의 기능들로 구성된다. 안전모에 BLE (Bluetooth Low Energy) 태그를 통해 위험상황 시에 작업자 위치를 즉시 확인할 수 있으며, 중장비 근처에 근로자가 접근할 시 알람을 통해 협착 사고를 방지한다.

표 3. 단계별 기술 적용 현황

Table 3. Technology application to each construction

DIVISION	DETAILS
Design Process	1. Identify risks through BIM modeling 2. Investigation of surrounding topography using DRONE
Construction Order Process	1. 4D simulation Through BIM modeling 2. Surrounding status investigation Using 3D SCANNER
Construction Process	1. Worker monitoring using GPS 2. Risk detection using ALARM
Completion Process	1. Data storage through DB SEVER 2. Business meeting through APP

3) 안전 관리 시스템 기술 적용 현황

현재 안전 관리 시스템에는 다양한 4차 산업 기술들이 적용되고 있다. 그 중 BIM, 3D 스캐너, GPS, 알람 같은 기술들이 중심으로 사용되고 있다. 앞에서의 선행 연구 및 안전 관리 시스템 현황을 바탕으로 단계별 기술 적용에 대해 고찰하였다. 표 3은 단계별 기술 적용 현황이다[6].

설계 단계에서는 BIM과 드론 기술이 사용된다. BIM 모델링을 통해 안전 작업 공간 확보, 추락의 방지, 자재의 설치 위치 등을 확인하며 GPS, IOT 등 다양한 기술들과 연계되어 현장 적용이 시도되고 있다. 드론은 주변 지반 및 현황 조사에 이용되며 조사 자료는 안전 설계에 사용된다.

시공 발주 단계에서는 3D 스캐너와 BIM 기술이 적용된다. BIM 모델링을 통한 4D 시뮬레이션은 안전 교육 및 설계 오류를 검토에 사용되며 또한 업무자 간의 회의에 사용된다. 3D 스캐너 기술은 계획 대지와 주변 건물 간의 거리, 대지의 고저차이와 같은 상세 지반 조사에 사용된다.

시공 단계에서는 GPS와 IOT, 알람 기술이 사용된다. IOT 와 GPS 기술은 작업자 위치 확인 및 실시간 모니터링 시스템에 사용된다. 현장 작업자가 위험 지역에 진입할 경우 알람을 통해 작업자에게 알려주며 위험 사고 발생 시 알람과 GPS를 통해 현장 안전 관리자가 실시간 대처할 수 있다.

시공 완료 단계에서는 DB 서버 및 APP(Application) 기술이 사용된다. 안전 관리 문서, 안전사고 사례 등은 DB 서버에 업로드되어 유사 사고 및 향후 공사에 사용되며 참여 업무자들은 APP을 통한 업무 회의로 안전 평가를 실시한다.

2-4 통합 안전 관리 시스템의 필요성

현재 건설 안전 관리 시스템은 업무 체계의 미흡함, 교육의 부재 등으로 인해 안전사고에 효과적으로 대처하지 못하고 있다. 또한 4차 산업 기술의 발전으로 인해 대형 건설사 및 공공서에서는 다양한 안전관리업무지원시스템 개발을 시도하고 있

지만, 참여 업무자들의 역할 부족, 부분적인 기술 적용 등 부분적인 안전 관리 시스템에 관한 연구가 이루어지고 있다. 안전 관리는 건설 안전사고 예방을 통해 시공성 향상, 인명 사고 감소 등의 효과를 기대할 수 있기 때문에 통합적인 안전 관리 시스템에 관한 연구가 필요한 상황이다. 이에 참여 업무자들의 역할 정의를 통한 4차 산업 기반의 통합안전관리업무지원시스템을 제안하고자 한다.

III. 안전 관리 시스템 방향성 제안

3-1 업무 참여자별 안전 관리 업무

국내외 사례를 살펴보면 건설 안전 관리의 참여 주체들의 업무 정의 시도가 이루어지고 있다. 미국에서는 90년대 “Construction Industry Institute”와 “ASCE(American Society of Civil Engineers)”를 통해 시공자, 감리자, 발주자, 설계자들의 역할 및 책임과 관해 정의하였고, 영국에서는 “CDM(Construction Design and Management regulation)”를 통해 발주자의 건설 현장에서의 역할과 책임을 규정하였다. 국내에서는 국토교통부에서 “건설공사 안전관리 업무 매뉴얼”을 작성하여 설계자, 발주자, 시공자, 감리자의 역할과 책임을 정의하고 있다. 이에 국내외 사례들을 통해 업무자들의 안전 관리 업무를 정의하였다. 표4 업무 참여자별 안전 관리 업무이다.

1) 설계자의 안전관리 업무

설계자는 설계 단계와 시공 발주에 안전 관리 업무를 수행한다. 설계 단계에서는 충분한 작업 공간 확보, 이동 경로의 안전성 확보, 자재의 설치 위치를 확인하며 시공 발주 단계에서는 타 공중 업무자들과 협의를 통해 현장에서의 시공 요소와 가설 구조물들의 안전성에 대해 검토하여 현장에서의 안전한 환경 조성을 통해 직접적인 요인을 제거해준다. 안전 관리 문서 작성을 통해 위험 요소들을 기록하며 이를 타 업무자들과 공유해 위험 사고를 예방한다.

표 4. 업무 참여자별 안전 관리 업무

Table 4. Safety management tasks for each participant

	ARCHITECT	CONTRACTOR	SUPERVISOR
Design Process	Review design safety	Business preparation	
Construction Order Process	Sharing risk factors	Identify risk factors of industry type	Check Adequacy of work sharing
Construction Process	Sharing business elements	Execute safety check and safety education	Supervise construction implementation
Completion Process	Submit safety management documents	Manage DB server	Evaluate Safety Management

2) 시공자의 안전관리 업무

안전 관리에서의 1차적인 법적 책임은 시공자에게 있기 때문에 시공자는 시공 발주부터 공사 완료까지 현장에서 안전 관리를 총괄해야 한다. 시공 착공 전 설계자, 감리자와의 업무 회의를 통해 업무 분담 체계를 구성하며 공종별 안전관리문서를 작성해 공중에 따른 위험 요소를 확인한다.

공사 시행 단계에는 정기적인 안전 점검 및 교육을 실시한다. 착공 전 작성된 공종별 안전 관리 문서에 따라 안전 점검을 실시하며 정기 안전 점검을 통해 시설물의 결함이 발생할 경우 정밀 안전 점검을 실시한다.

공사 완료시에는 공종별 안전 관리 문서를 데이터화해 보관한다. 보관된 안전 관리 문서를 통해 현장 위험요소 및 위험성을 평가하며 다음 공사 현장에서의 저감 대책에 관한 데이터로 사용된다.

3) 감리자의 안전관리 업무

감리자는 시공 착공 이전 단계에서 업무자들의 업무와 작성된 안전관리 문서의 적정성을 검토한다. 시공 단계에서는 안전 관리 문서를 바탕으로 공사가 이행되도록 관리, 감독한다. 또한 현장 안전 관리자들에 대한 안전 교육을 담당하며 현장 근무자에 대한 산업재해 및 현장 안전에 관한 안전교육이 실시되는지 관리, 감독한다.

공사 완료시 안전 관리 문서의 적정성을 작성한 후 이를 발주청에 제출해야 하며 다음 안전사고 예방에 사용될 수 있게 서버에 업로드한다[7].

3-2 안전관리업무지원시스템 구성도

앞서 안전관리업무지원시스템을 분석한 결과 회사별 자체 내에서 체계적인 업무지원시스템에 관한 개발 및 연구가 이루어지고 있지만 건설현장 및 현장 업무자 중심의 개발 및 다양한 기술들의 적용 부족으로 인해 보급화가 이루어지지 않고 있다. 이에 BIM, 3D 스캐닝, GPS 등의 기술을 이용한 통합 안전관리 업무지원시스템을 제안하였다. 그림1은 안전 관리업무지원시스템 구성도이다.

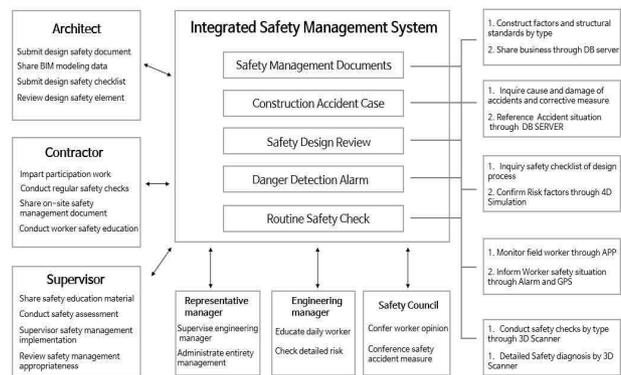


그림 1. 안전 관리 업무 시스템 구성도

Fig. 1. Safety management system composition

업무지원시스템의 기능은 안전 관리 문서, 공사 사고 사례, 안전 설계 검토, 위험 감지 경보, 안전 점검으로 분류된다. 안전 관리문서는 시공 단계마다 공종별 위험요소, 위험성 요소 및 유지관리 고려사항, 시공법 및 구조기준 등이 작성되며 DB 서버에 업로드되어 각 업무 참여자들 간의 안전 관리 업무를 공유한다.

공사사고사례조회기능은 사고 원인 및 피해, 발생 후 조치 사항, 사고 조사에 대한 행정처분, 사고 발생일의 날씨 및 기후 등의 작성된다. DB 서버에 업로드된 정보들은 공종 및 날짜별로 분류되며 비슷한 사고 상황 시 조회를 통해 참고 자료로 사용된다.

안전설계 검토기능은 설계 단계에서의 안전 체크리스트 조회 기능이다. 설계 단계에서의 3D BIM 모델링을 통해 작업 공간, 이동 경로, 위험 설비 및 구조 위치 등을 조회할 수 있다.

위험 감지 경보는 위험 요소 확인, 근로자 안전 상황 알람 등의 기능이다. 근로자의 안전모에 GPS와 알람을 부착하여 근로자가 위험 지역에 접근할 시 알람을 통해 위험 요소 정보를 제공한다. 또한 IOT 기술 기반의 모니터링 시스템을 통해 근로자의 사고 발생 시 안전 관리자에게 알려 빠른 대처가 가능하게 한다[8].

안전점검은 공종별 안전점검과 정밀안전진단기능으로 분류된다. 공종이 끝날 때마다 3D 스캐너와 BIM 모델링을 통해 안전 점검이 이루어진다. 안전 점검 시 시공 오류가 심하거나 위험 요소들이 심하게 나타날 시에는 정밀 안전 진단을 통해 안전사고를 예방한다.

제안된 안전관리에는 설계자, 시공자, 감리자가 참여한다. 설계자는 안전설계 검토기능을 통해 설계안전성을 검토하며 안전관리문서를 통해 설계 단계의 안전검토 내용을 타업무자와 공유한다. 시공자는 위험감지경보 및 안전점검기능을 통해 안전사고를 예방하며 공사사례조회기능을 통해 안전사고 대책 방안을 마련한다. 감리자는 안전점검 및 정밀안전진단기능을 통해 안전사고를 예방한다.

3-3 안전관리 업무 체계

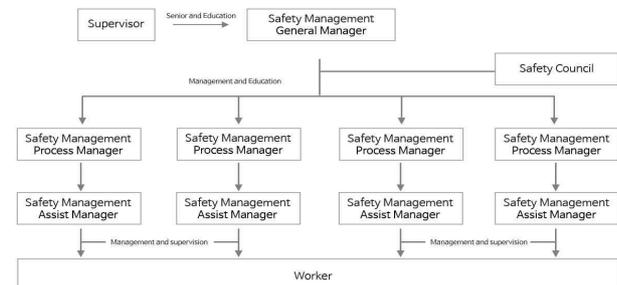


그림 2. 안전관리 업무체계
Fig. 2. BIM utilization at design process

산업안전보건법에 따르면 감리자는 안전관리를 위해 안전 조직을 구성해 현장 안전관리자의 선임 및 교육의 의무를 가지

고 있다. 산업안전 보건법 제 13조에서는 안전 관리책임자의 선임을 규정하였고, 14조에선 안전 담당자 지정, 18조에선 총괄 책임자 선임 및 협의체 운영을 명시하였다. 이에 따라 안전관리 업무체계를 구성하였다. 그림2는 안전관리 업무체계이다.

안전 관리 업무의 총 관리자는 감리자와 감리원이 지정한 현장 안전 총 관리자로 구성된다. 현장 안전 관리자는 BIM 데이터 및 3D 스캐닝 데이터를 통해 안전 교육을 받으며 공종별 안전 관리자를 관리, 감독한다. 공종별 안전 관리자는 주관리자와 부관리자 두 명으로 구성되어 참여 근무자들을 관리 감독한다[9].

안전 협의체는 근로자 대표, 안전 총 관리자, 공종별 안전 관리자 대표로 구성된다. 건설 협의체는 공종 착공 전, 완공 후 두 번의 회의를 통해 안전관리계획 및 사고 대책 등에 대해 논의한다. 협의체 구성은 공종별로 유동적으로 구성되며 현장 근로자들의 의견 반영을 통해 안전사고를 예방한다.

IV. 안전관리업무지원프로세스

4-1 통합안전관리프로세스

앞서 선행연구 및 회사별 안전관리지원시스템을 분석한 결과 기존 안전관리프로세스는 시공 단계, 설계 단계, 감리 단계에 부분적으로 지원하는 상황이다. 또한 다양한 4차 산업 기술들이 적용되고 있지만 통합 안전관리프로세스 부재로 인해 업무자 간의 소통 부족과 같은 문제가 나타나고 있다. 이에 앞선 연구 고찰 및 제안된 4차 산업 기반의 안전관리지원 시스템을 기반으로 통합안전관리프로세스를 제안했다.

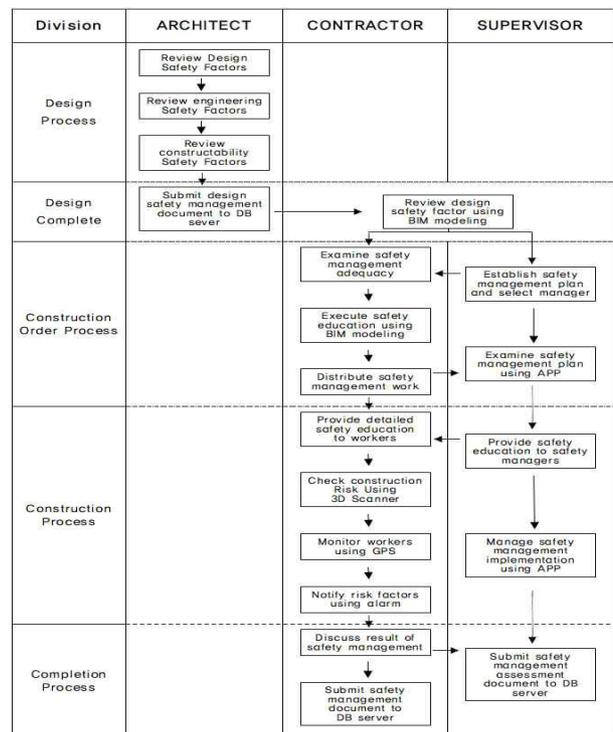


그림 3. 통합 안전 관리 프로세스
Fig. 3. Integrated Safety Management Process

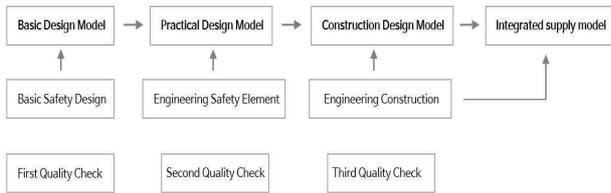


그림 4. 설계 단계에서의 안전 관리
Fig. 4. Safety Management Of Design Process

1) 설계 단계

설계 단계에서는 BIM 및 3D 스캐닝 기술이 안전 관리에 적용된다. 그림4는 설계 단계에서의 안전 관리이다. BIM 기술은 시공 중에는 작업 공간 부족, 안전한 이동 경로 부족 등과 같이 설계 단계에서의 문제로 인해 발생할 수 있는 위험 재해들을 예방한다. 3D 스캐너는 지형 및 지반 실측을 통해 위험 요소를 확인하며 이를 설계에 반영하여 안전사고를 예방한다[10].

설계 단계에서 BIM 및 3D 스캐너는 기본 설계 단계, 실시 설계 단계, 납품 단계로 나뉘어진다. 기본 설계 단계에서는 디자인 반영을 통한 최소한의 방화구획, 피난 동선과 같은 안전 요소들을 검토한다.

실시 설계에서는 설비, 구조, 소방과 같은 엔지니어링을 반영한 안전 요소들을 검토한다. 설비 기계들을 설치하기 위한 작업 공간 확보, 안전 동선 확인, 추락 위험 위치 등을 확인한다.

납품 단계에서는 시공성을 반영한 안전 관리 요소들을 검토한다. BIM 모델링 데이터를 통해 4D 시뮬레이션을 통해 앞선 설계 안전 관리를 검토하며 안전 설비 설치를 통해 안전한 작업 환경을 조성한다[11].

2) 설계 완료 단계

설계 완료 시 설계자는 안전 관리 문서 및 BIM 모델링을 DB 서버에 제출한다. 안전 관리 문서에는 설계 당시 반영되었던 현장 위험 요소, 안전 이동 경로 등이 작성된다. 시공자와 감리자는 BIM 모델링을 통해 설계 안전 요소 및 설계 안전 관리 적정성을 평가한다.

3) 착공 이전 단계

착공 이전에는 안전 관리 적정성 검토 및 업무자들의 전반적인 안전 교육이 이루어진다. 설계 단계의 BIM 모델링 데이터를 통해 공정에 따른 안전 교육이 이루어지며 설계자, 시공자, 감리자의 APP을 이용한 원격 회의를 통해 안전관리 계획서를 검토한다.

4) 공사 시행 단계

공사 시행 단계는 공중에 따라 안전 관리가 이루어진다. 감리자는 공중 시작 전 공중 참여 업무자들에게 BIM 모델링 및 3D 스캐닝 데이터를 통해 세부 안전 관리 교육을 실시한다. 공중 시행 단계에서 시공자는 IOT 기술과 GPS, 알람 기술들의 결합을 통해 현장 근무자들의 상황을 파악한다. 현장 근무자들은 위험 지역 접근 시 알람을 통해 현재 위치를 파악한다. 감리자

와 시공자는 3D 스캐너를 이용해 안전관리 점검을 실시한다. 공중 완료 시에는 작성된 안전 관리 문서를 APP을 통해 DB 서버에 업로드한다[12].

5) 공사 완료 단계

공사 완료 시에는 각 업무자들의 회의를 통해 안전점검 결과를 검토한다. 각각 업무자들은 검토된 안전점검 결과보고서는 DB 서버에 업로드하며 향후 안전 관리에 이용된다.

4-2 안전사고 발생 시 프로세스

안전 점검은 정기 안전 점검과 정밀 안전 점검으로 이루어진다. 정기 안전 점검은 공중 시작 전과 공중 완료 때에 실시된다. 가설 설치물 및 공법의 안전성, 인접 건축물 및 현장에 대한 안전조치의 적정성, 공사 품질에 대한 점검이 이루어진다. 사전 조사를 통해 중점 점검부위를 선정하며 현장 조사에서 시공자는 3D 스캐닝 데이터와 BIM 데이터를 통해 현장 노후화 및 위험 요소를 확인한다. 조사 결과를 통해 정밀 안전 점검 실시 여부를 판단하며 현장 위험 요소가 발견될 시에는 정밀 안전 점검이 이루어진다[13].

정밀 안전점검은 주요 부재 및 구조물에 대한 점검이 이루어진다. 각 참여 업무자들은 안전 점검 기관과 함께 현장 조사 및 상태를 분석하며 안전성 평가를 내린다. 이를 바탕으로 보수 및 보강 규모를 파악하며 안전 조치를 실시한다. 안전 조치 보고서에는 기능적 결함의 원인 및 구조 안정성, 조치 대책이 작성되며 결과 보고서는 DB 서버에 업로드되어 향후 안전 진단에 이용된다.

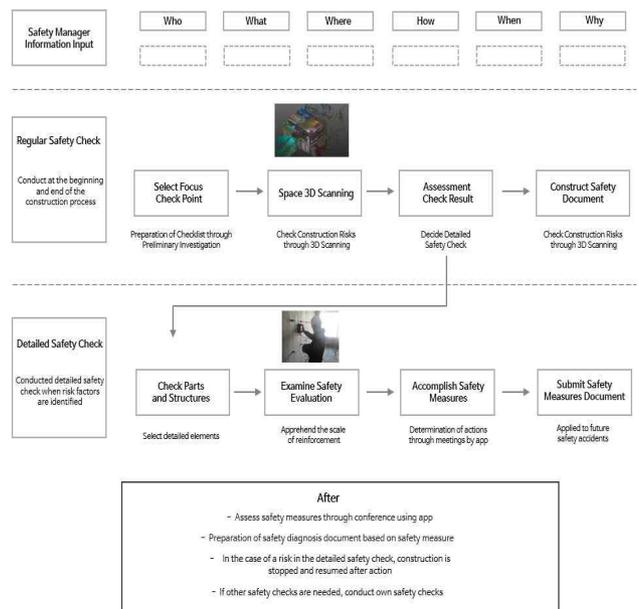


그림 5. 정기 안전 점검 프로세스
Fig. 5. Regular Safety Check Process

V. 결론

현재 국내의 건설 안전 관리는 미흡한 관리 시스템, 부족한 안전 관리비, 시공자 중심의 안전 관리 등과 같은 문제가 나타나고 있다. 이런 복합적인 이유 때문에 건설 안전사고는 다른 현장사고보다 높은 비율로 나타나고 있다. 이에 본 연구에서는 안전 관리를 지원하기 위해 4차 산업 기술을 기반으로 한 통합 안전 관리 시스템 가이드라인을 제시하고자 한다.

국내외 안전 관리 시스템을 분석을 통해 현재 안전 관리의 문제점을 도출했으며 이를 통해 참여 업무자들의 정의 및 4차 산업 기술 기반의 안전 관리 업무 시스템 및 체계를 구성하였다. 안전 관리 업무 시스템 및 체계는 국내외 안전 관리 시스템 및 산업보건법을 기반으로 작성하였으며 참여 업무자들의 업무 정의를 통해 책임과 역할을 분담하였다. 제안한 업무 시스템을 통해 안전 관리 및 안전 점검 프로세스를 제시하였으며 이를 통해 안전사고 예방 및 시공성 향상, 참여 업무자들의 효율적인 의사소통 등의 효과가 예상된다.

본 연구는 부분적인 업무지원이 아닌 4차 산업 기술의 적용 및 업무자별 업무 정의를 통한 통합 안전관리업무지원시스템을 제안한 것에 의미가 있다. 하지만 선정된 기술 간의 호환성 및 현장 적용의 검증이 필요하다. 3D 스캐닝 및 BIM 모델링의 스케일 보정을 위해서는 추가적인 하드웨어가 필요하며 4D 데이터의 출력물을 위한 보정 지원 장치도 필요한 상황이다. 이를 보완하기 위해서는 카메라 보정 알고리즘 및 3D 스캐닝 자료와 BIM 데이터의 호환 등과 같은 기술에 대한 연구가 진행되어야 한다.

향후 연구에서는 본 연구를 기반으로 제안된 시스템은 BIM 기술 및 3D 스캐닝 기술들을 통해 스케일 보정 및 모델링 보완에 관한 실험이 진행되어야 하며, 실무자들의 설문조사를 통해 기능 보완을 목표로 한다.

감사의 글

이 연구는 과학기술정보통신부에서 시행한 ICT 혁신기업 기술 개발 지원 사업에서의 “(2단계 : 기술개발) 건설분야 현장 지원 및 원격협업을 위한 확장현실(XR) 기반 지능형(AI) 관리 지원 시스템 개발(과제번호 : 2019-0-01738)”의 지원을 받은 연구입니다.

참고문헌

[1] P. K. KIM, S. D. BANG, “Research of Actual Condition and Mitigation Plan for aging Workers’ Health and Safety at Construction Sites”, *Korean journal of construction engineering and management*, Vol.18, No.1, pp.37 - 47, January 2017.

[2] S. G. Lee, “A Study on the Trends of Construction Safety Accident in Unstructured Text Using Topic Modeling”,

Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol.19, No.10, pp.176-182, Oct 2018.

[3] H. M. Kim, I. S. Woo, “Improvement Direction on the Assignment of Safety Managers in the Construction Site”, *Journal of the Korean Society of Safety*, Vol.30, No.3, pp.73-79, June 2015.

[4] S. H. Kim, A Study on Improving Safety Management through an Analysis of Construction Site Managers’ Perceptions, Ph.D. dissertation, Mokpo University, Mokpo, August, 2017.

[5] Y. J. Yu, K. Y. Son, “Analysis of Primary Internal and External Risk Factors According to the Accident Causes in Construction Site”, *Journal of the Korea Institute of Building Construction*, Vol. 16, No. 6, pp. 619-627, Oct 2016

[6] P. S. Park, I. G. Hwang, “A research on the Work Support System Guidelines for XR Cooperation in Construction Sites”, *Journal of Digital Contents Society*, Vol. 21, No. 1, pp. 131-138, Jan 2020

[7] D. S. Kim, B. J. Kim, “A Study on the Determining Factors For Assessment Criteria of Project Performance Capability of CM(Construction Management) Considering Safety”, *Journal of the Korea Institute of Building Construction*, Vol. 19, No. 6, pp. 557-566, Nov 2019

[8] H. S. Lee, K. P. LEE, “A Construction safety management system based on Building Information Modeling and Real-time Locating System”, *Korean journal of construction engineering and management*, Vol.10, No.6, pp. 135-145, November 2009.

[9] J. W. Jo, G. G. Han, “A Study on the Safety Consulting for improving the Construction Safety System”, *Journal of the Korea safety management & science*, Vol.15, No.4, pp. 49-53, December 2013.

[10] S. H. Park, J. H. Song, “A study on the Information for the Schedule Management of the Construction based BIM”, *Journal of Digital Contents Society*, Vol.16, No.4, pp. 555-564, Aug 2015.

[11] O. C. Kwon, J. W. Cho, “BIM Quality Assurance for DFS in Design Phase”, *Transactions of the Society of CAD/CAM Engineers*, Vol.18, No.5, pp. 348-358, October 2013.

[12] T. H. Kim, D. H. Lee, “Proposal of field applied safety control process using BIM”, *The Regional Association of Architectural Institute of Korea*, Vol.15, No.5, pp. 243-250, Oct 2013.

[13] J. E. Kim, C. H. Hong, “A Study on the Application Service of 3D BIM-based Disaster Integrated Information System Management for Effective Disaster Response”, *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol.19, No.10, pp. 143-150, Oct 2018.

황인구(In-Gu Hwang)



2019년 : 국민대학교 (문학사)

2019년~현재 : 국민대학교 테크노디자인전문대학원 건축디자인학과 석사과정
※ 관심분야 : 건축학, 안전 관리, BIM

류리(Ri-Ryu)



2011년 : 한밭대학교 (건축공학 학사)
2013년 : 국민대학교 테크노디자인전문대학원 (건축디자인학 석사)
2016년 : 국민대학교 테크노디자인전문대학원 (건축디자인학 박사)

2015년~2017년: 국민대학교 시간강사
2018년~2019년 : 국민대학교 전임연구 교수
2020년~ 현재: 외부연구원
※ 관심분야 : 건축학, 안전 관리, BIM

김용성(Yong-seong Kim)



1982년 : 홍익대학교 (건축공학 학사)
1984년 : 연세대학교 대학원 (건축 석사)
1986년 : 미네소타대학교 대학원 (건축 박사)
1990년 : 텍사스A&M대학교 대학원 (건축 박사)

1991년~현재 : 국민대학교 테크노디자인전문대학원 주임교수
1991년~현재 : 국민대학교 건축학과 주임교수
2006년~2013년 : 교육과학기술부 BK21 유비쿼터스 스마트스페이스 디자인사업팀 팀장
2004년~현재 : 지식경제부 지정 지능형 홈 산업화 지원센터 센터장
※ 관심분야 : 건축학, 안전 관리, BIM