

<http://dx.doi.org/10.17703/JCCT.2024.10.1.483>

JCCT 2024-1-58

## 철도건설공사에 적합한 스마트 건설안전기술 적용방안에 대한 연구

# A Study on Application of Smart Construction Safety Technology into Railway Construction

정성원\*, 오태근\*\*

Sungwon Jung\*, Taekeun Oh\*\*

**요약** 철도건설공사는 많은 예산, 인력, 장비가 투입되고 이에 따른 안전사고도 많이 발생하고 있다. 국가적 차원에서 철도건설현장의 안전사고를 줄이고자 노력하고 있으나 산업재해율은 감소 추세를 보이지 않고 있다. 안전사고를 감소시키고 재해자 수를 줄이기 위하여 그동안 다양한 관리적, 기술적 방법이 적용되었으나 효과가 미미하였고 최근 IoT 기반의 스마트 건설안전기술의 적용을 통해 이를 극복하려고 노력하고 있다. 하지만, 기술 효과에 대한 분석 없이 무분별하게 스마트 건설안전기술을 도입하다 보면 중복 투자가

발생할 수 있으며, 이는 국가 예산으로 건설되는 철도건설공사의 예산 낭비로 이어질 수 있을 것이다. 본 연구는 철도건설공사 관계자 설문조사를 통해 재해사례를 분석하여 발생 빈도가 높은 재해 유형을 파악하고, 해당 재해 유형에 효과가 높을 것으로 판단되는 스마트 건설안전기술을 제안하고자 한다.

**주요어** : 철도건설공사, 재해사례, 스마트 건설안전기술

**Abstract** Railroad construction requires a lot of budget, manpower, and equipment, and as a result, many accidents occur. Although efforts are being made at the national level to reduce the accidents at railway construction sites, the occupational accident rate is not showing a downward trend. Various efforts are needed to reduce accidents, the application of smart construction safety technology will be effective. However, if smart construction safety technology is introduced indiscriminately without analysis, duplicate investment may occur, which may lead to a waste of budget for railway construction. In this regard, this study analyzes accident cases at railroad construction sites through a survey of stakeholders and proposes smart construction safety technologies to be effective for those accident types.

**Key words** : Railway Construction, Accident Cases, Smart Construction Safety Technology

### 1. 서 론

철도는 다른 교통수단에 비하여 대량의 화물이나 승객을 정확하고 안전하게 수송하면서도 공해물질 배출이 적은 친환경 교통수단이다. 많은 국가예산을 들여

실시하는 철도건설공사는 인력과 장비가 많이 투입되며 이로 인하여 많은 안전사고가 발생하고 있다[1].

우리나라에서 철도건설에 가장 많은 예산을 사용하고 있는 국가철도공단에 정보공개청구를 통하여 2011년부터 2021년까지 업무상 재해로 인한 재해자 발생 현

\*정희원, 인천대학교 안전환경시스템공학과 석사과정 (제1저자) Received: October 5 2023 / Revised: October 17, 2023

\*\*정희원, 인천대학교 안전공학과 교수 (교신저자)

접수일: 2023년 10월 5일, 수정완료일: 2023년 10월 17일

게재확정일: 2023년 11월 15일

Accepted: November 15, 2023

\*\*Corresponding Author: thoh@inu.ac.kr

Dept. of safety engineering, Incheon National Univ, Korea

황 자료를 제공받아 분석해 보았다. 2011년부터 2021년 까지 11년간 업무상 재해자는 1,071명으로 연평균 92.5명으로 분석되었다. 특히 사망자의 경우 56명으로 연평균 5.1명이나 되었으며, 이는 철도건설공사에서 연간 5명이상이 업무상 재해로 사망하고 있다는 의미이다[2].

이런 업무상 재해로 인한 안전사고를 감소하기 위해 스마트 건설안전기술(Smart Construction Safety Technology, SCST)의 적용에 대한 필요성이 강조되고 있으나, 효과에 대한 검토 없는 무분별한 적용은 중복 투자를 발생시킬 수 있으며, 국가 예산으로 건설되는 철도건설공사에 예산 낭비로 이어질 수 있다[3].

따라서 수집된 재해자 사고 현황에 대하여 재해 발생 유형별로 분석해 보았으며, 특히 현재 개발되었거나 개발 중인 스마트 건설안전기술 중 효과가 높을 것으로 판단되는 기술은 어떤 것이 있는지 철도건설공사에 참여한 경력이 있는 집단을 대상으로 자기기입식 설문조사를 실시하여 재해 유형별로 우선 적용하면 좋을 스마트 건설안전기술을 선정해 보았다.

본 연구 결과를 바탕으로 재해 발생 유형별 효과가 높은 스마트 건설안전기술을 적용하여 철도건설현장의 인명사고 예방과 원활한 공사를 유도할 수 있는 기초 자료로 활용될 수 있을 것이다.

서 소개된 스마트 건설안전기술 중 철도건설현장에 효과가 높을 것으로 판단되는 기술을 작업자부착형(웨어블), 작업공간 설치형(위험센싱), 작업지원형(AI기반)으로 분류하여 선정해 보았다.

표 1. 스마트 건설안전기술 종류 [4]

Table 1. Types of Smart Construction Safety Technology

구분	스마트 건설안전기술(SCST)
작업자 부착형	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 스마트 안전모 : 턱끈 체결 여부</li> <li>- 스마트 안전벨트 : 벨트 체결 여부</li> <li>- 스마트 안전태그 : 작업위치 알림</li> <li>- 장비접근 경보기 : 장비 접근시 위험 알림</li> <li>- 스마트 에어백 : 추락 시 에어백 작동</li> <li>- 스마트 위치 : 근로자 응급 상황 대처</li> </ul>
작업공간 설치형	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 이동형 CCTV : 사각지대 보완</li> <li>- 유해가스 감지IoT센서(스마트 안전복) : 유해가스 위급상황 발생시 비상 경고</li> <li>- 스마트 레이더 : 위험구간 작업자 경고</li> <li>- 구조물 변위IoT센서 : 구조물 변위발생시 경고</li> <li>- 개구부 열림 알림 센서 : 개구부 열림시 알림</li> <li>- 위험경보 알림장치 : 위험 경고 알림 보조</li> <li>- 관계시스템(종합상황실) : 모니터링 모바일 기반 관계시스템 : 위급상황 긴급 호출</li> <li>- 열차 접근 경보앱 : 열차 접근시 작업자에 경고</li> </ul>
작업 지원형	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 3D Digital Face Mapping : 터널 낙반 예측</li> <li>- 영상 분석을 활용한 콘크리트 시공성 판정 : 원거리에서 레미콘 품질확인</li> <li>- 콘크리트 온도관리를 통한 실시간 초기 강도 : 거푸집 탈형시기 판단</li> <li>- VR 안전보건 가상 체험교육 : 실제 상황 체험</li> <li>- 건설형 앵커 로봇 : 단순 반복작업 대체</li> </ul>

연구 목적	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 스마트 건설안전기술을 적용하여 철도건설공사의 안전사고 발생을 감소</li> <li>· 철도건설공사 재해 발생 유형별 효과가 높을 것으로 기대되는 스마트 건설안전기술 선정</li> <li>· 효과적인 스마트 건설안전기술 적용으로 중복 투자로 인한 국가 예산 절감</li> </ul>
-------	---



연구 방법	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 철도건설현장 재해자 발생 현황 조사 및 분석</li> <li>· 현재 개발되었거나 개발중인 스마트 건설안전기술에 대한 조사</li> <li>· 철도건설공사에 직접 참여한 집단의 설문조사</li> </ul>
-------	---



철도건설공사의 재해 유형별 효과가 높은 스마트 건설안전기술 선정 및 적용 방안 도출
--

그림 1. 연구의 목적 및 방법

Figure 1. Purpose and method of research

## II. 연구 방법

본 연구는 철도건설공사에서 빈도가 높은 재해유형별로 효과가 높은 스마트 건설안전기술에 대한 분석이 목적이다. 기존 문헌조사 및 최근 개최된 박람회 등에

다음으로 국가철도공단에서 제공한 재해자 발생현황에 대하여 분석을 해보았다. 재해 발생 유형에 대한 분석을 바탕으로 철도건설공사에 직접 참여한 발주처, 시공사(원청), 감리단, 협력회사(하청)의 직원 및 근로자 106명을 대상으로 구글(Google) 폼(Form)을 이용하여 효과가 높을 것으로 기대되는 스마트 건설안전기술에 대하여 온라인 설문조사를 시행하였다. 설문조사의 구성은 철도건설공사 참여자의 기본 인적사항, 스마트 건설안전기술에 대한 인식, 그리고 철도건설현장에서 재해유형별 스마트 건설안전기술의 효과성 등 총 3개 분야 45문항으로 구성하였다.

## III. 연구결과 및 분석

### 3.1 철도건설공사 재해자 발생 현황 분석

2011년부터 2021년까지 철도건설현장에서 업무상 재

해로 발생한 재해자는 총 1,071명으로 연평균 92.5명으로 나타났으며 이중 사망자는 56명으로 연간 5명 이상이 철도건설현장에서 업무상 재해로 사망하는 것으로 조사되었다[2].

표 2. 재해자 발생 현황(2011년~2021년)  
 Table 2. Status of casualties(2011~2021)

년도	단위	재해자		
		부상자	사망자	계
2011년	인	84	8	92
2012년	인	68	5	73
2013년	인	90	9	99
2014년	인	98	7	105
2015년	인	88	3	91
2016년	인	88	5	93
2017년	인	78	8	86
2018년	인	103	2	105
2019년	인	127	3	130
2020년	인	76	4	80
2021년	인	61	2	63
계	인	961	56	1,017
연평균	인	87.4	5.1	92.5

국가철도공단에서 제공된 자료 중 2016년부터 2021년까지 재해 유형별 재해자 발생 현황에 대하여 분석해 보면 넘어짐(추락) 이 22.3%로 가장 많이 발생한 재해 유형이었으며 사망자 또한 7명으로 가장 많았다. 다음으로 넘어짐 20.5%, 끼임(협착) 14.0%로 그 뒤를 이었다.

표 3. 재해 발생 유형별 현황(2016년~2021년)  
 Table 3. Current status by type of disaster (2016-2021)

재해 발생 유형	단위	2011년~2016년			유형별 비율(%)
		부상자	사망자	계	
넘어짐	인	114	0	114	20.5%
끼임(협착)	인	75	3	78	14.0%
부딪힘(충돌)	인	66	4	70	12.6%
떨어짐(추락)	인	117	7	124	22.3%
물체에 맞음	인	69	4	73	13.1%
절단(베임)	인	20	0	20	3.6%
무너짐(갈림)	인	27	1	28	5.0%
기타(질석 등)	인	45	5	50	9.0%
계	인	533	24	557	100.0%

### 3.2 설문대상자의 일반사항

설문지는 관계자별로 고르게 배포되었으며 유효한 응답자 106명을 선택하였으며 응답자 일반 특성은 표 4과 같다. 성별은 남성이 95.3%, 여성 4.7%로 건설공사

의 특성상 남성이 많았으며, 연령대는 40대(38.7%)와 50대(32.1%)가 전체의 70.8%였고, 철도건설공사 근무경력 은 1년미만(4.7%)부터 20년이상(15.1%)까지 비교적 고른 분포로 철도건설공사 경험자들이 응답해 주었다. 철도건설공사를 수행한 경험을 보면 노반분야만 수행한 응답자는 61.3%, 궤도분야만 수행한 응답자는 5.7%, 노반과 궤도분야를 모두 수행해 본 경험이 있는 응답자는 30.2%, 기타분야가 2.8%였다. 노반분야에 많은 예산과 인력이 투입되는 철도공사특성 상 응답자가 많은 것으로 보인다.

표 4. 설문대상자의 정보  
 Table 4. General information of subjects

일반적 특성	구분	응답수(명)	구성비(%)
성별	남	101	95.3
	여	5	4.7
연령대	20~29세	5	4.7
	30~39세	21	19.8
	40~49세	41	38.7
	50~59세	34	32.1
	60세이상	5	4.7
철도건설현장 근무경력	1년미만	5	4.7
	1년 ~ 3년	14	13.2
	3년 ~ 5년	19	17.9
	5년 ~ 10년	24	22.6
	10년 ~ 20년	28	26.4
철도건설현장 근무시 소속과 직책	발주자-공사감독관	12	11.3
	시공사(원청)-현장소장	6	5.7
	시공사(원청)-관리감독자	51	48.1
	시공사(원청)-안전관리자	5	4.7
	건설사업관리단(감리단)	14	13.2
철도건설현장 수행 공종	협력회사-관리자	17	16.0
	협력회사-근로자	1	0.9
	노반분야만 수행	65	61.3
수행 공종	궤도분야만 수행	6	5.7
	노반 및 궤도분야 모두 수행	32	30.2
	기타분야 (전기,기계,통신 등)	3	2.8

### 3.3 스마트 건설안전기술에 대한 인식 조사

표 5는 스마트 건설안전기술에 대한 이해도에 대해서는 설문 대상자의 약 68%가 스마트 건설안전기술에 대하여 보통 이상은 알고 있다고 응답하였다.

표 5. 스마트 건설안전기술에 대한 인식  
 Table 5. Awareness of SCST

구분	응답수	응답률(%)	
스마트	매우 잘 알고 있다.	6	5.7%

건설안전기술에 대한 인지도	잘 알고 있다.	19	17.9%
	보통이다	47	44.3%
	잘 모른다	28	26.4%
	매우 잘 모른다.	6	5.7%
	합계	106	100%

표 6에서 나타나듯이 스마트 건설안전기술의 필요성에 대한 설문에는 그렇다 이상의 답변이 83.0%를 차지하였다. 또한, 스마트 건설안전기술이 현장 근로자들의 안전에 도움이 되는가에 대한 질문에서도 대부분이 (79.2%) 그렇다 이상으로 응답하였으며, 스마트 건설안전기술이 안전사고 감소에 도움이 된다고 생각하는가에 대한 질문에서도 80.1%가 그렇다 이상의 긍정적으로 답변하였다. 대부분이 철도건설공사에서 스마트 건설안전기술이 필요하며, 근로자의 안전 확보와 현장의 안전사고를 감소시키는데 도움이 된다고 생각하고 있음을 볼 수 있다. 이는 다시 말해 철도건설공사에 참여하고 있는 사람들이 철도건설공사에 스마트 건설안전기술의 적용을 희망하고 있다고도 해석할 수 있을 것이다.

표 6. 스마트 건설안전기술의 필요성 및 유익성  
Table 6. Necessity and Benefits of SCST

구 분		응답수	응답율(%)
스마트 건설안전기술이 필요한가?	매우 그렇다	35	33.0%
	그렇다	53	50.0%
	보통이다	17	16.0%
	그렇지 않다	-	0.0%
	매우 그렇지 않다	1	0.9%
	합계	106	100%
스마트 건설안전기술이 현장근로자들의 안전에 도움이 되는가?	매우 그렇다	37	34.9%
	그렇다	47	44.3%
	보통이다	18	17.0%
	그렇지 않다	3	2.8%
	매우 그렇지 않다	1	0.9%
	합계	106	100%
스마트 건설안전장비의 안전사고 감소에 도움이 되는가?	매우 그렇다	31	29.2%
	그렇다	54	50.9%
	보통이다	18	17.0%
	그렇지 않다	2	1.9%
	매우 그렇지 않다	1	0.9%
	합계	106	100%

철도건설공사에 어떤 재해 유형이 많이 발생하고 있다고 생각하는냐는 질문에는 떨어짐(추락)이 많이 발생하고 있다는 응답이(30.2%) 가장 많았다. 다음으로 끼임(협착)이 23.6%, 부딪힘(충돌)이 20.8%로 그 다음이었다. 이 결과는 표 3의 실제 재해자 발생 현황과도 유

사한 응답이었다.

표 7. 재해 발생 유형별 설문조사 결과와 실제발생율  
Table 7. Survey results and actual incidence rates by type of disaster

구 분	설문조사 결과		실제 재해자 발생 (2016년~2021년)	
	응답율	응답순위	발생율	발생순위
넘어짐	10.4%	4	20.5%	2
끼임(협착)	23.6%	2	14.0%	3
부딪힘(충돌)	20.8%	3	12.6%	5
<b>떨어짐(추락)</b>	<b>30.2%</b>	<b>1</b>	<b>22.3%</b>	<b>1</b>
물체에 맞음	5.7%	6	13.1%	4
절단(베임)	0.9%	8	3.6%	8
무너짐(갈림)	6.6%	5	5.0%	7
기타(질식 등)	1.9%	7	9.0%	6
합계	100%		100%	

떨어짐(추락) 유형은 설문조사 결과와 실제 재해자 발생 현황 모두 가장 높은 점유율을 차지하고 있다. 철도건설현장에서 실제 추락사고가 많이 발생하고 있고, 철도건설공사에 참여했던 사람들도 떨어짐(추락)사고가 높은 빈도로 발생되고 있다고 인식하고 있는 것으로 분석되었다. 이는 추락사고에 대한 대책 마련이 안전사고 발생율의 감소로 이어질 수 있다고 볼 수 있을 것이다.

표 8. 스마트 건설안전기술 도입시 기대 성과  
Table 8. Expected Performance of SCST

구 분		응답수	응답율(%)
근로자	안전의식 변화	12	11.3%
	작업의 효율성 증가	3	2.8%
	위험구역 접근 감소	37	34.9%
	보호구 착용률 증가	41	38.7%
	근로시간 준수	13	12.3%
	합계	106	100%
철도 건설 공사	근로자 안전의식 고취	65	61.3%
	안전사고 예방	6	5.7%
	사업비 및 예산 절감	27	25.5%
	작업효율성 향상	6	5.7%
	기업 및 기관의 대외 이미지향상	2	1.9%
	합계	106	100%

표 8은 스마트 건설안전기술의 도입으로 현장 근로자들에게 기대하는 성과와 철도건설공사에 기대되는 성과에 대하여 설문 결과이다. 근로자들은 스마트 건설안전기술을 도입하였을 때, 보호구 착용률이 증가될 것이라는 답변이 38.7%로 가장 많았다. 철도건설현장에서 가장 기대되는 성과로는 근로자의 안전의식 고취가

61.3%였다. 그러나 작업 효율의 향상은 각각 2.8%와 5.7%로 낮은 응답이 나와 스마트 건설안전기술이 작업 효율 향상에 도움을 줄 수 있다는 인식은 낮은 것으로 분석되었다.

### 3.4 재해 유형별 스마트 건설안전기술 효과 조사

재해 유형별 어떤 스마트 건설안전기술이 효과가 높을지 묻는 질문에 “매우 중요하다”를 5점으로, “매우 중요하지 않다”를 1점으로 표 9과 같이 배점하여 분석해 보았다.

표 9. 재해유형별 스마트 건설안전기술 응답 배점표  
 Table 9. SCST Response Distribution Table by Disaster Type

구분	매우 중요하다	중요하다	보통이다	중요하지 않다	매우 중요하지 않다
배점	5	4	3	2	1

앞서 국가철도공단에서 제공받은 철도건설현장에서 실제 발생된 재해 유형을 바탕으로 표 10~17까지 재해 유형별 스마트 건설안전기술의 효과를 분석해 보았으며 정리하면 표 18과 같다.

표 10. 넘어짐 재해 유형에 대한 효과  
 Table 10. Effectiveness against fall disaster types

구분	스마트 안전모	스마트 위치 추적	위험경보 알림장치	모바일 관계 시스템	VR안전 가상체험 교육
배점	387	342	387	343	361
비율	21.3%	18.8%	21.3%	18.8%	19.8%

표 11. 끼임(협착) 재해 유형에 대한 효과  
 Table 11. Effectiveness against jamming disaster types

구분	장비접근 경보기	스마트 위치 추적	열차접근 경보장치	관계 시스템	콘크리트 시공성 관찰
배점	441	356	395	367	323
비율	23.4%	18.9%	21.0%	19.5%	17.2%

표 12. 부딪힘(충돌) 재해 유형에 대한 효과  
 Table 12. Effectiveness against type of bump disaster

구분	스마트 안전모	열차접근 경보장치	이동형 CCTV	스마트 레이더	콘크리트 시공성 관찰
배점	412	408	371	367	315
비율	22.0%	21.8%	19.8%	19.6%	16.8%

표 13. 떨어짐(추락) 재해 유형에 대한 효과  
 Table 13. Effectiveness against fall disaster types

구분	스마트 안전모	스마트 안전벨트	스마트 에어백	개구부 열림 알림장치	건설 앵커로봇
배점	407	441	408	414	324
비율	20.4%	22.1%	20.5%	20.8%	16.2%

표 14. 물체에 맞음 재해 유형에 대한 효과  
 Table 14. Effectiveness against object-fit disaster types

구분	스마트 안전모	스마트 위치 추적	이동형 CCTV	관계 시스템	VR안전 가상체험 교육
배점	425	360	365	339	365
비율	22.9%	19.4%	19.7%	18.3%	19.7%

표 15. 절단(베임) 재해 유형에 대한 효과  
 Table 15. Effectiveness against cut disaster types

구분	장비접근 경보기	스마트 레이더	위험경보 알림장치	열차접근 경보장치	VR안전 가상체험 교육
배점	376	349	392	353	364
비율	20.5%	19.0%	21.4%	19.2%	19.8%

표 16. 무너짐(갈림) 재해 유형에 대한 효과  
 Table 16. Effectiveness against types of collapsing disasters

구분	스마트 안전모	구조물 변위센서	이동형 CCTV	콘크리트 초기강도	3D디지털 맵핑
배점	398	412	386	344	354
비율	21.0%	21.8%	20.4%	18.2%	18.7%

표 17. 질식 재해 유형에 대한 효과  
 Table 17. Effectiveness against types of suffocation disasters

구분	스마트 위치	개구부 열림 알림장치	유해가스 감지센서	모바일 관계 시스템	VR안전 가상체험 교육
배점	376	376	437	371	361
비율	19.6%	19.6%	22.7%	19.3%	18.8%

표 18. 재해 유형별 효과가 높을 것으로 기대되는 스마트 건설안전기술  
 Table 18. Smart construction safety technology expected to have high effectiveness by type of accident

구분	스마트 건설안전기술	장비 유형
넘어짐	스마트 안전모 위험경보 알림장치	작업자 부착형 작업공간 설치형
끼임(협착)	장비접근 경보기	작업자 부착형
부딪힘(충돌)	스마트 안전모	작업자 부착형
떨어짐(추락)	스마트 안전벨트	작업자 부착형
물체에 맞음	스마트 안전모	작업자 부착형
절단(베임)	위험경보 알림장치	작업공간 설치형
무너짐(갈림)	구조물 변위센서	작업공간 설치형
질식	유해가스 감지센서	작업공간 설치형

#### IV. 결론

본 연구는 철도건설공사 재해 발생 유형별 효과가 높을 것으로 기대되는 스마트 건설안전기술에 대하여 설문조사 및 분석해 보았다. 조사 결과를 보면 스마트 안전모가 넘어짐, 부딪힘(충돌), 물체에 맞음 재해 유형에 효과가 높을 것으로 분석되었다. 또한 위험경보 알림장치는 넘어짐, 절단(베임) 재해 유형에 효과가 높을 것으로 분석되었다. 따라서 철도건설공사에 스마트 안전모와 위험경보 알림장치를 우선 적용할 경우 안전사고 예방에 효과가 높을 것으로 판단된다.

#### V. 제언

본 연구 결과를 통해 철도건설공사의 재해유형별 스마트 건설안전기술을 효과적으로 현장에 적용할 수 있도록 다음과 같이 제시하고자 한다.

1. 설문조사 분석 결과를 바탕으로 스마트 안전모와 위치경보 알림장치를 우선 적용하는 것이 필요하고 철도건설공사에서 실제 재해발생이 가장 높은 떨어짐(추락) 재해를 예방하기 위해 스마트 안전벨트도 우선 순위에 포함하여 보급한다면 철도건설공사의 안전사고의 감소를 효과적으로 유도할 수 있을 것이다.

2. 철도건설공사에 효과가 높을 것으로 기대되는 스마트 건설안전기술 중 최근에 개발된 스마트 건설안전 기술인 작업지원형(AI기반)은 응답율이 낮았다. 이는 이러한 신기술의 홍보 부족과 낯선 기술을 일선 현장에 적용하는 것에 대한 거부감 및 기술에 대한 신뢰도 영향이 미쳤을 것으로 판단된다. 따라서 향후 재해예방을 위해 새롭게 개발된 스마트 건설안전기술을 철도건설공사에 적용하고자 할 경우, 기술에 대한 충분한 홍보도 병행되어야 할 것으로 판단된다.

#### References

[1] K.K. Lim and S. Kim, "The Classification of Railroad Accident Types and Its Standardization," KSCE Journal of Civil and Environmental Engineering Research, vol. 26, no. 1D, pp. 133 -

140, 2006. DOI:10.12652/KSCE.2006.26.1D.133.

- [2] Korea National Railway, "Notification of decision to disclose information (10550503)", 2023.
- [3] D. Jeong, S. Kim, and S. Im, "A Study on Institutional Improvement to Activate Field Application of Smart Construction Safety Technology," Journal of the Korea Institute of Construction Safety, vol. 4, no. 1, pp. 16 - 21, 2021, DOI:10.20931/JKICS.2021.4.1.016.
- [4] Y. S. Kim et al., "A Study on the Actual Condition Analysis and Activation Plan of Smart Construction Safety Technology by the Survey," Journal of the Korean Society of Safety, vol. 37, no. 1, pp. 30 - 40, 2022. DOI:10.14346/JKOSOS.2022.37.1.30.

※ 이 논문은 2021년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임.  
(No.2021R111A2050912)