

# 스마트건설안전 비용의 안전관리계획서 계상 현황 분석을 통한 활성화 방안 연구

원정훈\* · 장남권\*\*† · 유지영\*\*\*

## A Study on Activation Policy of Smart Construction Safety Cost by Analyzing Actually Estimated Amount in Safety Management Plan

Jeong-Hun Won\* · Nam Gwon Jang\*\*† · Ji Young Yu\*\*\*

### †Corresponding Author

Nam Gwon Jang  
Tel : +82-43-261-2459  
E-mail : 93kjng@gmail.com

Received : March 3, 2022  
Revised : May 28, 2022  
Accepted : June 7, 2022

**Abstract** : This study analyzed the smart construction safety cost included in safety management plans that are approved before construction. Specifically, it refers to the cost incurred in constructing and operating a safety management system using wireless communication and facilities. Based on the obtained statistical results, an activation policy for the inclusion of the smart construction safety cost in building safety management plans was proposed. The smart construction safety cost must be included in the safety management cost; notably, this is mandated by the Construction Technology Promotion Act. However, there are some problems with the inclusion of smart construction safety costs. To analyze the problems encountered when calculating the smart construction safety cost and including it in safety management plans, in this study, statistical analysis was performed using the data of 1,334 safety management plans received at the Construction Safety Management Integrated Information (CSI) from June to August 2021. The results show that only 50.7% of the safety management plans included the smart construction safety cost although the current law mandates 100% inclusion of these costs. Thus, it is apparent that the smart construction safety costs are only included in a low proportion of sites. In addition, the calculated smart construction safety costs were shown to have a small correlation with the construction cost; moreover, they appeared to be distributed at a constant cost level. In this context, it is believed that perfunctory cost calculations were performed at most sites since the effect of the construction cost on the smart construction safety cost was negligible. Therefore, it is necessary to improve the inclusion of smart construction safety costs by strengthening the authorization process of the approval institute of safety management plans. In addition, institutional support, such as guidelines that promote the calculation and inclusion of appropriate smart construction safety costs according to the characteristics of sites, are needed.

Copyright©2022 by The Korean Society  
of Safety All right reserved.

**Key Words** : construction technology promotion act, smart construction safety cost, safety management cost, safety management plan

### 1. 서론

무선설비 및 무선통신 기술을 활용한 스마트 안전관리는 다양한 건설분야에 활용되고 있으며, 특히 시설

물의 안전 및 유지관리 분야에서는 관련 기술의 개발과 적용사례가 꾸준히 증가하고 있다<sup>1-5)</sup>. 건설현장의 시공 중 안전관리 분야에도 최근 스마트 안전관리의 필요성이 증가되고 있으며<sup>6)</sup>, 정부에서도 건설현장의

\*충북대학교 안전공학과 교수 (Department of Safety Engineering, Chungbuk National University)

\*\*충북대학교 안전공학과 박사과정 (Department of Safety Engineering, Chungbuk National University)

\*\*\*국토안전관리원 부장 (Korea Authority of Land & Infrastructure Safety)

사고사망자 수 감축과 산업 활성화를 목적으로 스마트 건설안전 기술의 개발 및 보급을 적극적으로 유도하고 있다. 2020년 3월 개정된 건설기술진흥법 시행규칙 제 60조 1항 7호에는 “전파법 제2조제1항제5호 및 제5호의2에 따른 무선설비 및 무선통신을 이용한 건설공사 현장의 안전관리체계 구축·운영 비용”이 안전관리비 항목에 추가되어 스마트 건설안전기술을 활용한 안전관리의 근거가 마련되었다.

국내 건설현장에 근로자 및 현장 주변의 안전을 위해 계상되는 안전관리 비용을 보면, 발주자는 2개의 안전비용(산업안전보건관리비와 안전관리비)을 의무적으로 공사비용에 반영하여야 한다. 현장에 널리 알려진 산업안전보건관리비는 근로자 안전을 위해서만 사용되며, 산업안전보건법 제72조에 따라 2천만원 이상의 건설공사에 간접비로 계상되고 있다. 본 연구의 대상인 안전관리비는 건설기술진흥법 제63조에 근거하여 동법 시행규칙 제60조에 규정된 항목에 맞게 직접 공사비로 산정되며, 현장 및 현장 주변의 안전관리에 활용되고 있다. 단, 산업안전보건관리비와 안전관리비는 중복되어 사용될 수 없다.

공사 착공 전 시공자 작성하여 발주청 또는 인허가 기관의 승인을 받는 안전관리계획서에는 발주자가 계상한 안전관리비의 항목과 비용 등을 포함한 집행계획이 포함되어야 한다(건설기술진흥법 시행령 제99조). 안전관리비에 계상 가능한 항목은 동법 시행규칙 제60조에 따라 안전관리계획의 작성 및 검토 비용, 안전점검 비용, 주변 건축물 피해방지대책 비용, 주변 통행안전 비용, 안전 모니터링 비용, 가설구조물의 안전성 확인 비용, 현장의 무선 안전관리체계 구축 비용의 7개의 항목으로 구성되어 있다. 안전관리비 사용 항목 중 2020년 3월 18일에 추가된 “무선설비 및 무선통신을 이용한 건설공사 현장의 안전관리체계 구축 및 운영 비용”(이하, 스마트 건설안전 비용(Smart construction safety cost))은 최근 관심이 높아지고 있는 스마트 건설장비와 시스템 등의 현장적용을 활성화하기 위해 도입된 항목이다. 또한, 2021년 6월 29일 “건설공사 안전관리 업무수행 지침”의 개정을 통해 스마트 건설장비의 사용에 해당하는 스마트 건설안전 비용이 안전관리비 계상항목에 반영되도록 하였다.

지침에 따라 안전관리비 항목 중에서 안전관리계획의 작성 및 검토 비용과 안전점검 비용은 ‘엔지니어링 사업 대가기준’ 및 ‘공사비에 대한 효율 방식’을 적용하여 계상하며, 나머지 항목들은 발주자가 실제 사용할 금액을 계상하여야 한다.

합리적인 안전관리비의 산정을 위해 적정 안전관리

비 비율이나 산정 효율에 대한 연구가 이루어지고 있다<sup>7-9)</sup>. 그러나, 최근 추가된 무선설비 및 무선통신을 활용한 스마트 건설안전 비용은 다른 항목에 비해 합리적인 산정 방법에 관한 연구 및 법적인 계상 기준이 미흡한 실정이다<sup>6)</sup>. 또한, 국토안전관리원이 직접 검토하는 1, 2종 시설물 안전관리계획서의 경우 스마트 건설안전 비용이 반영되고는 있으나 구체적인 산출기준 부재로 실질적인 비용 산정에 어려움이 존재한다. 특히, 민간 전문기관이 검토하는 안전관리계획서의 경우에는 스마트 건설안전 비용이 반영되지 않는 사례가 다수 존재하고 있는 문제점이 존재한다<sup>10)</sup>.

스마트 안전장비 사용 확대를 통해 중대 건설사고를 예방하기 위해 정부에서는 2020년 300억원 이상의 공공공사에서 IoT, 센서, 웨어러블 등의 스마트 안전장비를 설계단계부터 계상하고 공사단계에서 안전관리비로 계상하여 집행하도록 하고 있다. 또한, 대형 건설사 중심으로 스마트 안전장비 사용을 시범 운영하고 있으나, 중·소규모 건설현장은 비용 문제 등의 이유로 스마트 안전장비의 사용이 제한되는 실정이며, 현장 활용 측면에서 장비 및 센서의 크기, 무게, 가격, 근로자의 착용 불편함 및 협조 부족 등에 대한 개선이 요구되고 있다<sup>11)</sup>. 중·소규모 건설현장의 스마트 안전장비 보급의 한계를 보완하기 위해 건설공사 참여자에게 스마트 안전장비 및 안전관리시스템의 구축에 필요한 비용을 정부가 보조 또는 지원할 수 있도록 건설기술진흥법을 개정하였으며(제62조의3, 2021.3.16.), 국토안전관리원에서는 2021년부터 스마트 안전장비 지원사업을 하고 있다. 또한, 고용노동부 산하 안전보건공단에서도 50억원 미만의 건설현장에 스마트 건설안전시스템을 보급하는 시범 사업을 하고 있다. 다만, 정부의 지원사업은 제한된 예산으로 지원사업을 통해 건설현장에 전방적인 스마트 안전장비를 확대하는 것은 어려운 현실이며, 제도적으로 직접 공사비에 포함되는 안전관리비에 발주 전부터 스마트 건설안전 비용이 계상되고 사용되도록 하여 시장의 활성화 및 장비 기술 개발을 유도하는 것이 바람직하다.

그러므로 무선설비 및 무선통신을 활용한 스마트 건설안전관리 체계를 건설현장에 효율적으로 도입하여 건설사고를 감소시키기 위해서는 스마트 건설안전 비용의 활성화 및 제도 이행 개선점을 도출할 필요가 있다. 특히, 현재 안전관리계획서에 계상되는 스마트 건설안전 비용을 분석하여 현장의 인지도와 계상 실태를 분석하는 것이 무엇보다도 필요하다. 따라서, 본 연구에서는 스마트 건설안전 비용인 “무선설비 및 무선통신을 이용한 건설공사 현장의 안전관리체계 구축

및 운영 비용”의 계상 실태를 분석하여 스마트 건설 안전관리 체계가 활성화될 수 있는 제도적인 개선방향을 도출하였다. 2021년 6월에서 8월까지 건설공사 안전관리 종합정보망에 접수된 1334건의 안전관리계획서에 계상된 스마트 건설안전 비용을 통계적으로 분석하였다.

## 2. 안전관리비 항목과 계상 기준

건설기술진흥법 제63조에 명시되어있는 안전관리비는 건설공사의 발주자가 건설공사 계약을 체결할 때 건설공사의 안전관리를 위해 공사금액에 계상하는 비용을 의미한다. 안전관리비의 사용방법 등에 관한 구체적인 기준은 시행규칙 제60조 및 건설공사 안전관리 업무수행 지침에서 확인할 수 있으며, 안전관리비에 포함되어야 하는 항목은 다음과 같다.

- ① 안전관리계획의 작성 및 검토 비용 또는 소규모 안전관리계획의 작성 비용
- ② 건설기술진흥법에 의한 안전점검 비용
- ③ 발파·굴착 등의 건설공사로 인한 주변 건축물 등의 피해방지대책 비용
- ④ 공사장 주변의 통행안전관리대책 비용
- ⑤ 계측장비, 폐쇄회로 텔레비전 등 안전 모니터링 장치의 설치·운영 비용
- ⑥ 건설기술진흥법에 의한 가설구조물의 구조적 안전성 확인에 필요한 비용
- ⑦ 전파법에 의한 무선설비 및 무선통신을 이용한 건설공사 현장의 안전관리체계 구축·운영 비용

각 안전관리비에 포함되어야 하는 항목의 세부적인 계상 기준은 건설공사 안전관리 업무수행 지침 제46조, 제47조, 제48조, 제49조, 제50조에 명시되어있다. 안전관리계획의 작성 및 검토 비용의 경우 ‘엔지니어링사업대가의 기준’의 실비정액가산방식을 적용하여 계상하도록 되어있다(제46조). 안전점검 비용은 건설공사 안전관리 업무수행 지침의 ‘별표 8] 안전점검 대가 요율’을 적용하여 공사비에 대한 요율 방식으로 계상하며, 정밀안전점검 비용과 안전점검 대가 요율에 포함되지 않은 점검비용은 ‘엔지니어링사업대가의 기준’을 적용하여 산출하도록 되어있다(제47조). 주변 건축물 등의 피해방지대책 비용과 공사장 주변의 통행안전관리대책 비용은 건설공사 안전관리 업무수행 지침의 ‘별표 7] 안전관리비 계상 및 사용기준’에 명시된 내역의 비용을 계상하도록 되어있다(제48조, 제49조). 안

전 모니터링 장치의 설치·운영 비용과 가설구조물의 구조적 안전성 확인에 필요한 비용의 경우 ‘엔지니어링사업대가의 기준’을 적용하여 산출하도록 되어있다(제50조). 다만, 스마트 건설안전 비용에 해당되는 “전파법에 의한 무선설비 및 무선통신을 이용한 건설공사 현장의 안전관리체계 구축·운영 비용”은 현행 건설공사 안전관리 업무수행 지침(2021. 9. 17)의 ‘별표 7] 안전관리비 계상 및 사용기준’에 명시되었으나, 다른 안전관리비 항목의 계상 기준과 같은 세부적인 계상 방법은 존재하지 않는다.

## 3. 연구방법과 데이터 수집

### 3.1 연구방법

스마트 건설안전 비용에 대한 제도적인 개선방향을 도출하기 위해 건설기술진흥법에 의한 안전관리계획서를 수집하여 스마트 건설안전 비용 계상 사례를 분석하였다. 수집된 안전관리계획서에 명시된 안전관리비 계상 내역을 분석하여 스마트 건설안전 비용에 대한 현장의 활용 실태를 파악하였다. 스마트 건설안전 비용에 관련된 현장의 인지도와 반영도의 변화 및 공사현장의 특성에 따른 인지도와 반영도의 차이를 분석하였다. 또한, 스마트 건설안전 비용에 대한 공사비의 영향 및 스마트 건설안전 비용의 반영 형태에 대한 통계적 분석을 수행하였다. 연구의 흐름은 Fig. 1과 같다.

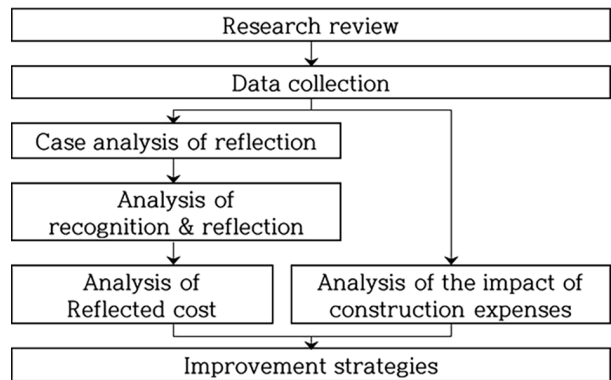


Fig. 1. Research process.

### 3.2 데이터 수집

발주청 및 인허가기관의 승인을 받은 안전관리계획서는 건설기술진흥법 제62조 3항에 의해 국토안전관리원에서 운영하는 건설공사 안전관리 종합정보망(Construction Safety Management Integrated Information; 이하 ‘CSI’)에 등록되어야 한다. 안전관리계획서에는

건설기술진흥법 시행령 제99조에 따라 안전관리비의 구체적인 집행계획이 포함되어야 한다.

현장에서는 발주자의 승인을 받은 안전관리계획서에 제시된 안전관리비의 집행계획에 따라 안전관리비를 집행하여야 하며, 사용항목과 금액의 변경이 필요할 경우 발주자에게 변경 승인을 받아 안전관리비 집행을 할 수 있다. 안전관리비 항목 중 스마트 건설 안전 비용의 계상 여부 및 사용 금액을 확인하기 위해서는 현장의 실제 사용과 집행에 차이가 발생할 수 있으므로 현장에서 실제 집행된 자료를 취합하는 것이 바람직하나, 현장의 이해 부족과 미집행 현장의 발생 등으로 실제 사용된 자료를 충분히 확보하기는 쉽지 않다. 또한, 본 연구는 스마트 건설안전관리 체계가 활성화되기 위한 제도적인 개선 방향으로 공사 착공 전에 제출되고 공사 중 변경 관리되는 안전관리계획서에 근거하여 스마트 건설안전 비용이 직접비로 적극적으로 계상되어 현장에서 활용되는 것을 목적으로 하고 있다.

따라서 본 연구에서는 안전관리계획서 상의 스마트 건설안전 비용 계상 현황을 분석하기 위해 건설공사 안전관리 업무수행 지침의 「별표 7 안전관리비의 계상 및 사용기준」이 개정된 2021년 6월 29일을 전후로 3개월(2021년 6~8월) 동안 CSI에 등록된 최초 또는 수정된 최종 1358건의 안전관리계획서를 수집하였다. 수집된 계획서 중 기재된 내용의 미흡(전산 상 기재된 금액과 계획서 파일 내 금액의 불일치 등)으로 사용할 수 없는 24건을 제외한 1334건의 안전관리계획서가 스마트 건설안전 비용의 실태 분석에 사용되었다.

## 4. 스마트 건설안전 비용 계상 현황 분석

### 4.1 대상 안전관리계획서 현황

실태 분석에 사용된 안전관리계획서를 발주형태, 공사종류, 인·허가기관, 검토기관으로 분류한 결과는 Table 1과 같다. 공공발주공사의 안전관리계획서는 524건(39%), 민간발주공사의 경우는 810건(60.7%)으로 구성되어 있다. 또한, 공사 종류의 경우 가장 적은 수의 토목현장 안전관리계획서가 233건(17.5%)이며, 승인기관에 따른 구분의 경우는 공공기관이 364건(27.3%), 안전관리계획서 검토기관에 따른 구분의 경우 국토안전관리원(KALIS)으로 310건(23.2%)이다. 각각의 공사 특성을 가진 안전관리계획서의 개수 또는 비율을 확인하였을 때, 사용된 계획서의 데이터는 다양한 현장의 스마트 건설안전 비용 실태를 분석하는데 충분한 것으로 판단된다.

Table 1. Classification of considered safety management plans

Classification		N (%)
Owner	Public	524 (39.3)
	Private	810 (60.7)
Project type	Civil works (a)	233 (17.5)
	Architecture & Building works (b)	839 (62.9)
	Including both (a) and (b)	262 (19.6)
Approval institute	Contracting authority	364 (27.3)
	Authorizing or permitting agency	970 (72.7)
Examine institution	*KALIS	310 (23.2)
	Private examine institution	1024 (76.8)

\* Korea Authority of Land & Infrastructure Safety

### 4.2 스마트 건설안전 비용 계상 방식의 사례분석

스마트 건설안전 비용은 각 공사현장의 특성 및 상황에 맞게 사용내역을 결정하여 비용을 계상할 필요가 있다. 대상 안전관리계획서를 분석한 결과, 일반적인 스마트 건설안전 비용을 Fig. 2와 같이 금액과 산출근거가 되는 구체적인 내역이 안전관리계획서에 기재된 경우, 스마트 건설안전 비용에 대한 내용(법적 기준 내용, 계상 내역 등)을 계획서에서 찾을 수 없거나(Fig. 3), 계상되더라도 ‘1식’의 형태(총계방식)로 구체적인 사용 내역 없는 경우(Fig. 4)가 존재하는 것으로 나타났다. 내역이 명시된 안전관리계획서의 경우 디바이스, 센서, 관제 및 운영 시스템(HW, SW포함) 등 구체적인 사용 내역을 명시하고 사용 내역에 따라 산출된 비용을 계상하고 있다. 또한, 실제 스마트 건설안전 비용을

2. Safety Management Expenses							
Item	Cost (₩)						
1. Expenses incurred in formulating and reviewing a safety management plan	1,000,000						
2. Expenses incurred in safety inspections conducted under Article 100 (1) 1 and 3 of the Decree	1,000,000						
3. Expenses incurred in taking measures to prevent damage to neighboring buildings, etc. caused by construction works	1,000,000						
4. Expenses incurred in taking measures for safety management of passages around the project site	2,000,000						
5. Expenses incurred in installing and operating safety monitoring devices, such as measuring equipment and closed-circuit televisions	5,000,000						
6. Expenses incurred in examining structural safety of temporary structures under Article 62 (7) of the Act	6,000,000						
7. Expenses incurred in constructing and operating a safety management system using wireless communication and facilities	2,000,000						
Total							22,000,000

7 Expenses incurred in constructing and operating a safety management system using wireless communication and facilities							
Item	Basis for calculating					Cost (₩)	
	Equipment	Smart safety chin strap	Emergency Response System	Regional Alert Sirens	Safety belt safety hook attached sensor		
Smart safety equipment construction and operation expenses	Equipment such as sensors to locate workers	Smart safety chin strap	300	EA X	20000	= 7,000,000	
	Emergency Response System	Regional Alert Sirens	10	EA X	560000	= 5,600,000	
	Safety belt safety hook attached sensor		300	EA X	30000	= 9,000,000	
	Real-time video control system		1	EA X	1000000	= 1,000,000	
	Network construction		1	EA X	1000000	= 1,000,000	
	Software		1	EA X	50000	= 50,000	
Total							22,000,000

Fig. 2. Eexample – Case of reflecting smart construction safety cost appropriately.

2. Safety Management Expenses	
Item	Cost (₩)
1. Expenses incurred in formulating and reviewing a safety management plan	3,000,000
2. Expenses incurred in safety inspections conducted under Article 100 (1) 1 and 3 of the Decree	6,000,000
3. Expenses incurred in taking measures to prevent damage to neighboring buildings, etc. caused by construction works	2,000,000
4. Expenses incurred in taking measures for safety management of passages around the project site	3,000,000
5. Expenses incurred in installing and operating safety monitoring devices, such as measuring equipment and closed-circuit televisions	5,000,000
6. Expenses incurred in examining structural safety of temporary structures under Article 62 (7) of the Act.	2,000,000
7. Etc.	0
<b>Total</b>	<b>21,000,000</b>

Fig. 3. Eexample – Case in which smart construction safety cost is not reflected.

7 Expenses incurred in constructing and operating a safety management system using wireless communication and facilities	
Item	Cost (₩)
Smart safety equipment construction and operation expenses	0
<b>Total</b>	<b>0</b>

Fig. 4. Eexample – Case where smart construction safety cost is reflected only as a total.

계상하지 않더라도 안전관리계획서에 관련 내용에 대한 법적근거 또는 안전관리비 집행 계획에 해당 비용의 항목 명을 명기한 경우도 존재하는 것으로 분석되었다.

건설공사 안전관리업무수행 지침에 스마트 건설안전 비용에 대한 항목이 명시되어 있음에도 안전관리계획서에서 해당 비용에 대한 내용을 찾을 수 없는 경우는 스마트 건설안전 비용에 대한 법적인 내용을 인지하지 못하고 있는 것으로 판단된다. 또한, 스마트 건설안전 비용을 인지하고 계상하였더라도 비용의 산출근거가 명확하지 않은 총계방식의 경우 스마트 건설안전 기술 등의 적극적인 활용이 어려울 것으로 판단된다. 사후정산되는 안전관리비의 특성으로 인해 사용계획이 구체적이지 못한 총계방식은 스마트 건설안전 비용을 사용하는데 있어 시공자의 소극적인 태도를 형성할 가능성이 존재한다<sup>6)</sup>.

스마트 건설안전 비용의 계상 여부와는 상관없이 스마트 건설안전 비용이 다른 안전관리비 항목(계측장비, 폐쇄회로 텔레비전 등 안전 모니터링 장치의 설치·운영 비용, ‘법 제62조제11항에 따른 가설구조물의 구조적 안전성 확인에 필요한 비용’ 등)에 포함되어있는 사례도 나타났다(Fig. 5). 따라서 현장에서 스마트 건설안전 비용이 명확한 사용기준 정립 없이 혼용되어 사용되는 등의 문제점도 존재한다.

5 Expenses incurred in installing and operating safety monitoring devices, such as measuring equipment and closed-circuit televisions			
Item	Basis for calculating	Cost (₩)	
installing and operating of safety monitoring devices	Measuring equipment	-	7,000,000
	Closed-circuit television(CCTV)	-	8,000,000
	Smart safety equipment	-	5,000,000
	Wireless apparatus	-	5,000,000
<b>Total</b>			<b>25,000,000</b>

Fig. 5. Eexample – Case where smart construction safety cost is partially reflected in other items.

### 4.3 스마트 건설안전 비용의 인지도 및 반영도

#### 4.3.1 인지도 및 반영도

스마트 건설안전 비용에 대한 현장의 인지 여부 및 안전관리비 반영 여부를 분석하였다. 다만, 대상 현장의 안전관리계획서에 무선설비 및 무선통신을 활용한 스마트 건설안전비용에 대한 내용이 명시되었거나, 금액이 계상된 경우는 스마트 건설안전 비용이 인지된 것으로 가정하였다. 분석된 총 1334건의 안전관리계획서 중 무선설비 및 무선통신을 활용한 스마트 건설안전 비용 항목을 인지한 계획서는 67.7%(903건)로 분석되었다. 즉, 스마트 건설안전 비용을 안전관리비에 반드시 포함시켜야 하나, 분석 대상 중 67.7%만 인지한 것으로 나타났으므로 현장의 인지도는 부족한 것으로 판단된다(Table 2). 또한, Table 2로부터 스마트 건설안전 비용을 안전관리비에 반영한 경우는 50.7%(676건)로 분석되므로 스마트 안전관리 장비와 시스템 구축 및 운영이 현장에서 크게 활성화되지 않고 있다고 판단된다. 스마트 건설안전 비용을 다른 안전관리비 항목에 포함시킨 경우도 75건 존재하는 것으로 나타났다.

안전관리계획서 작성 시 발생하는 스마트 건설안전 비용에 대한 현장의 낮은 인지 및 반영으로 실제 현장에서 스마트 안전관리 장비와 시스템을 운영하는 것은 어려우며, 건설공사 중 반영할 경우 해당 비용의 부담 주체에 대한 혼란이 예상된다. 따라서 전반적인 건설

Table 2. Recognition of smart construction safety cost in safety management plan

	Number of safety management plan	N	Ratio (%)
Recognition	Smart construction safety cost is specified and approved.	*676	50.7
	Smart construction safety cost is specified, but not calculated.	227	17.0
	<b>Sum</b>	<b>903</b>	<b>67.7</b>
No recognition	Smart construction safety cost is not specified and calculated.	431	32.3
<b>Total</b>	<b>1334</b>		

\* There are 75 cases in which smart construction safety cost is included in other item.

현장의 스마트 건설안전 체계 구축을 유도하기 위해서는 사용 근거인 스마트 건설안전 비용의 인지도를 개선하여 안전관리계획서에 계상되도록 안전관리계획서 승인 시 발주청 및 인허가 기관의 승인 절차를 강화할 필요가 있다고 판단된다.

**4.3.2 지침 개정에 따른 인지도 및 반영도의 변화**

안전관리비 항목에 무선설비 및 무선통신을 반영한 스마트 건설안전 비용을 구체화한 건설공사 안전관리 업무수행 지침의 개정(2021년 06월 29일) 전·후의 스마트 건설안전 비용의 인지도 및 안전관리계획서 반영 여부를 분석하였다. 지침 개정 전과 개정 후에 접수된 안전관리계획서를 구분하여 스마트 건설안전 비용의 인지도와 반영도에 대한 2 표본 비율 검정을 실시하고 결과를 각각 Table 3과 Table 4에 나타내었다.

Table 3으로부터 인지도의 경우 지침 개정 전과 후의 스마트 건설안전 비용이 인지된 안전관리계획서의 비율이 0.645에서 0.691로 증가되었으나, 유의확률이 0.05보다 크므로 통계적으로 유의미하지는 않는다고 판단된다(p =.103). 반영도 결과(Table 4)에서도 지침 개정으로 스마트 안전관리비용을 반영한 안전관리계획서의 비율이 소폭 증가(0.484에서 0.517로 증가)하였으나, 통계적으로는 유의미하지 않은 결과가 도출되었다(p =.272). 2020년 3월에 스마트 건설안전 비용이

**Table 3.** Recognition differences of smart construction safety cost according to the revision of the guidelines - 2 Proportion test

Safety management plan	N	Recognition Ratio	Std. err.	z	p
Submitted before revision of guideline*	397	.645	.024		
Submitted after revision of guideline	937	.691	.015		
Different of ratio		.046	.028	-1.63	.103

\* Guidelines for Construction Safety Management Work

**Table 4.** Reflection differences of smart construction safety cost according to the revision of the guidelines - 2 Proportion test

Safety management plan	N	Reflection Ratio	Std. err.	z	p
Submitted before revision of guideline*	397	.484	.025		
Submitted after revision of guideline	937	.517	.016		
Different of ratio		.033	.030	-1.10	.272

\* Guidelines for Construction Safety Management Work

건설기술진흥법 시행규칙에 추가된 이후, 원활한 제도의 이행을 위해 건설공사 안전관리업무수행 지침에도 무선설비 및 무선통신 시스템을 활용한 스마트 건설안전 비용이 반영되었으나 인지도와 반영도의 변화가 작은 것으로 판단된다. 스마트 건설안전 비용의 인지도와 반영 활성화를 위해 강력한 법 집행<sup>12)</sup> 등의 제도적 처벌 강화도 필요하나 동시에 안전관리비 제도를 지원할 수 있는 스마트 건설안전 비용 작성 가이드라인과 같은 추가적인 제도의 보완이 필요하다고 판단된다.

**4.3.3 공사 특성에 따른 인지도 및 반영도 차이**

공사 특성에 따른 스마트 건설안전 비용의 인지도 및 반영도 차이를 확인하기 위해 교차분석을 수행하였다. 분석에 사용된 공사 특성은 발주(공공발주 / 민간발주), 공사 종류(토목 / 건축 / 토목+건축), 승인기관(발주청/인·허가기관, 검토기관(국토안전관리원 / 민간검토기관)으로 구별하였다.

공사 특성에 따른 스마트 건설안전 비용의 인지도를 분석한 결과(Table 5), 스마트 건설안전 비용의 인지도는 발주(p =.356), 공사 종류(p =.718), 인허가기관 및 발주청(p =.959) 변수와는 연관성이 없는 것으로 나타났다. 다만, 검토기관에 따른 인지도의 차이는 유의미한 것(p =.000)으로 나타났다. 국토안전관리원이 검토한 안전관리계획서에는 스마트 건설안전 비용이 명시된 안전관리계획서의 비율은 81.0%로 민간 검토기관의 경우(63.7%)보다 인지도가 높은 것을 확인할 수 있다. 즉, 국토안전관리원이 검토할 경우, 안전관리비 항목에 대한 실행계획을 적극적으로 검토하고 부적정 및 보완요구를 하는 것으로 판단된다. 향후 민간 전문기관이 검토하는 안전관리계획서에 대해서는 발주청 및 인허가기관에서 승인 전 확인하도록 홍보하고 민간 전문기관에 대해서는 교육을 통해 안전관리계획서 검토 시 스마트 건설안전 비용을 확인하도록 하여야 한다.

공사 특성에 따른 스마트 건설안전 비용의 반영도 분석 결과(Table 6), 발주, 공사 종류, 검토기관에 따라 반영도에 유의미한 차이가 발생하는 것으로 분석되었다(발주 p=.000, 공사 종류 p= .007, 검토기관 p=.000). 민간발주공사(54.8%)가 공공발주공사(44.3%)에 비해 스마트 건설안전 비용을 안전관리비에 반영하는 비율이 높은 것으로 나타났으나, 스마트 건설안전 비용의 반영 시 실효성 있는 형태(총계방식이 아닌 세분화되고 명확한 산출근거에 기반하는 비용 계상 등)로 반영되었는지 확인해볼 필요가 있다. 공사 종류의 경우, 건축 공사의 경우 다른 공사에 비해 스마트 건설안전 비용의 반영비율이 높은 것으로 나타났다. 검토기관의

**Table 5.** Recognition difference of smart construction safety cost according to project characteristics - Chi square test

Construction characteristic	Frequency (%)		$\chi^2$ (p)	
	*Cost is specified	Cost is not specified		
Owner	Public	347 (66.2)	117 (33.8)	0.852 (.356)
	Private	556 (68.6)	254 (31.4)	
Project type	Civil works (a)	163 (70.0)	70 (30.0)	0.663 (.718)
	Architecture & Building works (b)	564 (67.2)	275 (32.8)	
	Including both (a) and (b)	176 (67.2)	86 (32.8)	
Approval institute	Contracting authority	246 (67.6)	118 (32.4)	0.003 (.959)
	Authorizing or permitting agency	657 (67.7)	313 (32.3)	
Examine institution	**KALIS	251 (81.0)	59 (19.0)	32.649 (.000)
	Private examine institution	652 (63.7)	372 (36.3)	

\* Smart construction safety cost

\*\* Korea Authority of Land & Infrastructure Safety

**Table 6.** Recognition difference of smart construction safety cost according to project characteristics - Chi square test

Construction characteristic	Frequency (%)		$\chi^2$ (p)	
	*Cost is specified	Cost is not specified		
Owner	Public	232 (44.3)	292 (55.7)	14.141 (.000)
	Private	444 (54.8)	366 (45.2)	
Project type	Civil works (a)	101 (43.3)	132 (56.7)	9.896 (.007)
	Architecture & Building works (b)	452 (53.9)	387 (46.1)	
	Including both (a) and (b)	123 (46.9)	139 (53.1)	
Approval institute	Contracting authority	170 (46.7)	194 (53.3)	3.159 (.076)
	Authorizing or permitting agency	506 (52.2)	464 (47.8)	
Examine institution	**KALIS	226 (72.9)	84 (27.1)	79.832 (.000)
	Private examine institution	450 (43.9)	574 (56.1)	

\* Smart construction safety cost

\*\* Korea Authority of Land & Infrastructure Safety

경우 인지도 결과와 동일하게 국토안전관리원이 안전관리계획서를 검토하는 경우 민간 검토기관의 경우보다 현장의 스마트 건설안전 비용 반영도가 높은 것을 확인할 수 있다.

#### 4.4 스마트 건설안전 비용 반영 형태

스마트 건설안전 비용의 반영 형태에 대한 실태를 확인하기 위해 해당 비용을 계상한 676건의 안전관리계획서를 대상으로 안전관리비에 반영된 스마트 건설안전 비용의 산출근거를 분석하였다. 각각의 산출근거 내역은 크게 4가지 내용으로 분류하였으며, ‘총계방식’

**Table 7.** The ratio of specifying detail calculating cost among safety management plan considering smart construction safety cost

Classification	N	Ratio (%)
Case of prescribing cost as a total without detail cost item	482	71.3
Case of specifying detail costs	194	28.7

(산출근거가 미기재되어 있거나, 품명·규격·수량 등의 정보가 없는 등 1식 등으로 계상한 경우)과 ‘무선장비류’(디바이스, 센서, Iot Node 등), ‘관리체계구축·운영’(H/W 및 S/W를 포함하는 관제·운영 시스템, 네트워크의 구축·운영비용 등), ‘기타’로 구성되어 있다.

스마트 건설안전 비용을 반영한 676건의 안전관리계획서 중 총계방식으로 계상된 경우는 482건으로 해당 비용을 안전관리계획서의 71.3%를 차지하고 있다 (Table 7). 스마트 건설안전관리 체계 구축에 관한 기준이 없어 관련 비용을 산출하는 어려움이 존재하여 스마트 건설안전 비용 산출 시 대다수 현장에서 총계방식으로 계상하는 것으로 판단된다. 비용의 산출근거가 명확하지 않은 총계방식의 경우 스마트 건설안전관리 체계 적극적인 활용이 어려울 것으로 예상되며, 현장 및 공사 특성에 적절한 스마트 건설안전 비용을 산출할 수 있는 스마트 건설안전관리 체계구축 및 운영에 관한 최소한의 기준이 필요한 것으로 판단된다.

총계방식이 아닌 194건의 안전관리계획서 중 무선장비류에 해당하는 내역이 포함된 계획서가 181건, 관리체계구축·운영 166건, 기타 67건으로 무선통신 및 설비를 이용한 안전관리체계 구축·운영에 필요한 각각의 항목들을 산출근거로 계상하고 있는 것으로 나타났다. 다만, 분석에 사용된 안전관리계획서 전체에서 세부적 내용의 다양성은 적으며 안전관리계획서마다 유사한 내용을 반복하여 사용되는 점이 존재한다. 안전관리계획서가 외부 기관에 의해 작성되는 사례가 빈번하여 스마트 건설안전 비용을 산출하는 근거 내역 형식이 유사한 것으로 판단된다.

#### 4.5 공사비에 따른 영향

공사비와 스마트 건설안전 비용의 상관성을 분석하기 위해 스마트 건설안전 비용이 반영된 안전관리계획서 676건의 공사비에 따른 스마트 건설안전 비용 산포도를 Fig. 6에 나타내었다. 단, 그림에서 x축에 나타난 공사비는 로그 스케일로 표현되었다.

Fig. 6으로부터 다수의 안전관리계획서에서 스마트 건설안전 비용이 2천5백만 원 이하인 것을 알 수 있다. 스마트 건설안전 비용이 2천5백만 원 이하인 안전관리

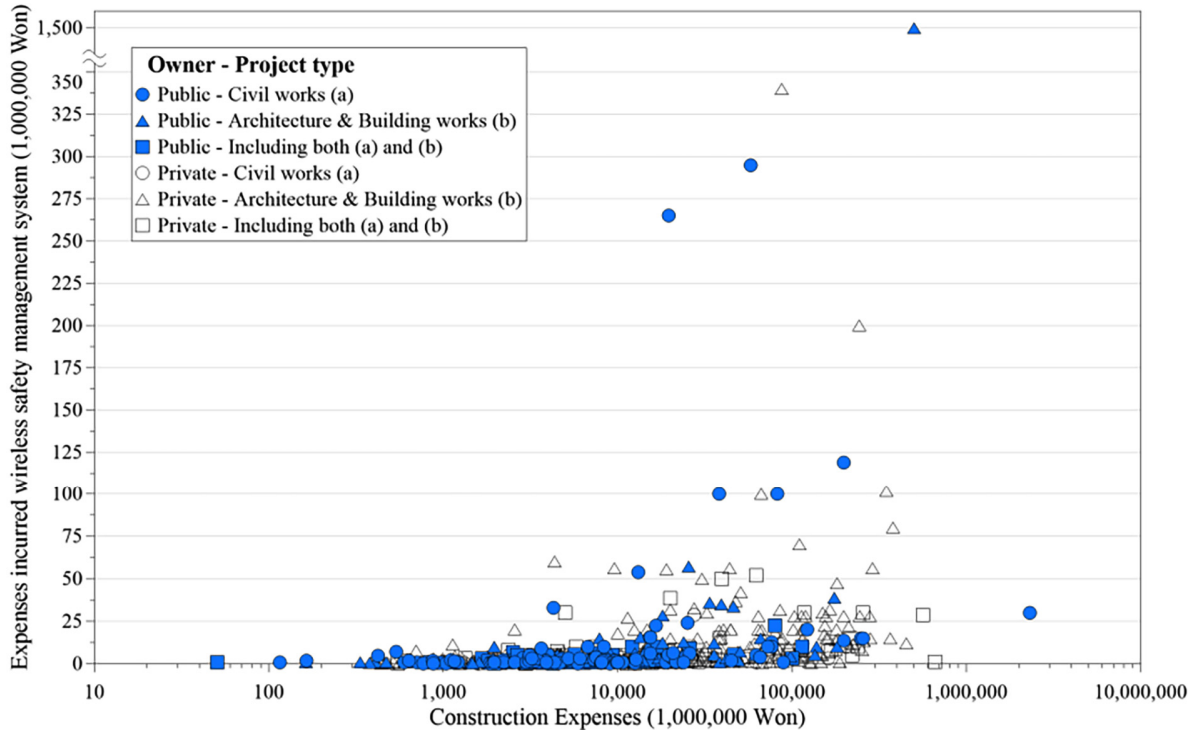


Fig. 6. Scatter plot of the smart construction safety cost according to the construction expenses.

계획서는 623건으로 해당 비용을 반영한 안전관리 계획서(676건)의 약 92.2%를 차지하고 있다. 공사비 50억 원 이상의 현장에서 2천5백만 원 이상의 스마트 건설 안전 비용을 계상한 사례들이 존재하나, 공사비 2조 원 이상의 현장에서 스마트 건설안전 비용이 2천6백만 원 인 사례가 존재하는 등 실제 현장에서의 스마트 건설 안전 비용의 반영은 공사비에 따른 뚜렷한 일관성이 없는 것으로 판단된다.

스마트 건설안전 비용이 2천5백만 원 이하인 623건의 안전관리계획서를 대상으로 공사 종류(토목 92건 / 건축 415건 / 토목+건축 116건)로 구분하여 Fig. 7~Fig. 9에 나타내었다. 각 공사 종류별 공사비의 증가에 따른 스마트 건설안전 비용의 증가는 크지 않은 것으로 판단된다. 특히, 스마트 건설안전 비용 반영한 안전관리

계획서 중 가장 많은 비중을 차지하고 있는 건축 공사의 경우 다수의 사례가 5백만 원 이하에 분포되어있는 것을 알 수 있다(Fig. 8). 또한, 스마트 건설안전 비용이 5백만 원 이상 반영된 사례에서도 공사비에 따른 뚜렷한 스마트 건설안전 비용의 증가 추세는 확인되지 않는다. 스마트 건설안전 비용의 반영 형태 분석의 결과와 연관되어, 스마트 건설안전 비용의 반영은 실제 현장의 상황에 맞는 구체적인 근거나 공사비 등에 상관 없이 기존 반영 사례에 기반하여 형식적인 금액이 반영되는 것으로 판단된다.

공사비의 정량적인 영향력을 확인하기 위해 스마트 건설안전 비용이 반영된 676건의 안전관리계획서를 대상으로 수행한 단순회귀분석 결과(Table 8), 스마트 건설안전 비용은 공사비에 따라 큰 차이가 없으며, 뚜렷

Table 8. Regression analysis of smart construction safety cost according to the construction cost

	N	Unstandardized coefficients		Standardized coefficients Beta ( $\beta$ )	t	p	
		B	Std. err.				
Total	676	3.826×10 <sup>-5</sup>	.000	.125	5.586	.000	R2 = .016, F = 21.029, p = .000
Owner	Public	4.996×10 <sup>-5</sup>	.000	.130	3.000	.003	R2 = .017, F = 9.002, p = .003
	Private	2.235×10 <sup>-5</sup>	.000	.159	4.564	.001	R2 = .159, F = 20.833, p < .001
Project type	Civil works (a)	5.562×10 <sup>-6</sup>	.000	.050	0.768	.443	R2 = .003, F = 0.591, p = .443
	Architecture & Building works (b)	8.561×10 <sup>-5</sup>	.000	.182	5.351	.001	R2 = .033, F = 28.633, p < .001
	Including both (a) and (b)	2.768×10 <sup>-5</sup>	.000	.297	5.023	.001	R2 = .237, F = 25.230, p < .001



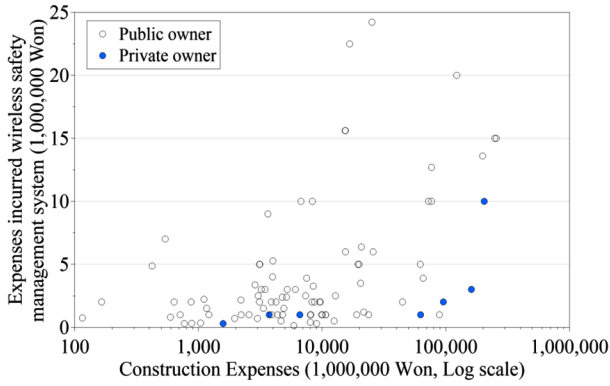


Fig. 7. Scatter plot of the smart construction safety cost according to the construction expenses – smart construction safety cost of 0 ~ 20 million Won, Civil works.

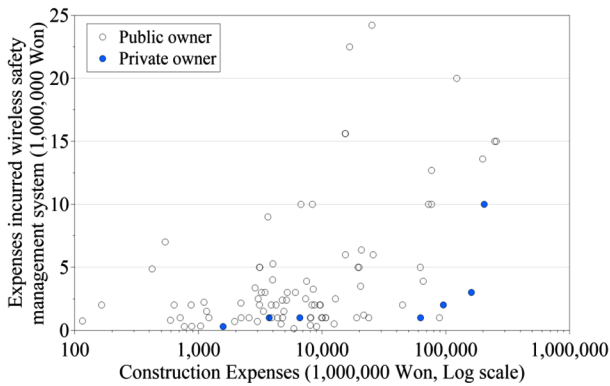


Fig. 8. Scatter plot of the smart construction safety cost according to the construction expenses – smart construction safety cost of 0 ~ 20 million Won, Architecture & building works.

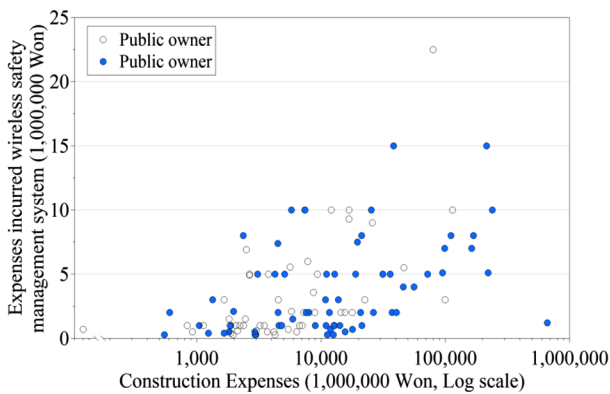


Fig. 9. Scatter plot of the smart construction safety cost according to the construction expenses – smart construction safety cost of 0 ~ 20 million Won, Including both civil works and architecture & building works.

한 경향이 없는 것으로 나타났다( $R^2 = .016$ ,  $p = .000$ ,  $B = 3.826 \times 10^{-5}$ ). 또한, 공사구분 및 공사 종류로 안전관

리계획서를 구분하여 수행한 단순회귀분석 결과, 공공 발주공사( $R^2 = .017$ ,  $p = .003$ ,  $B = 4.996 \times 10^{-5}$ ), 민간발주공사( $R^2 = .159$ ,  $p = .001$ ,  $B = 2.235 \times 10^{-5}$ ), 건축 공사 ( $R^2 = .033$ ,  $p = .001$ ,  $B = 8.561 \times 10^{-5}$ ), 토목+건축 공사 ( $R^2 = .237$ ,  $p = .001$ ,  $B = 2.768 \times 10^{-5}$ )의 경우에도 공사비의 영향은 매우 작은 것을 확인할 수 있으며, 토목공사의 경우 스마트 건설안전 비용은 공사비와 무관한 것( $p = .443$ )으로 나타났다.

안전관리비가 공사비에 따라 차이가 있다는 기존의 연구결과<sup>13)</sup> 에도 불구하고 공사의 특성과 상관없이 전반적인 공사현장에서 스마트 건설안전 비용에 대한 공사비의 영향은 매우 적거나 관계없는 것으로 분석된다. 스마트 건설안전 비용의 산출이 스마트 안전관리 대상이 많음을 직간접적으로 표현하는 공사비와 무관하다는 결과는 명확한 스마트 건설안전 비용 산출기준이 없는 실정과 다양한 형태의 스마트 건설안전관리 체계의 특성에 기인하는 것으로 판단된다. 현장의 규모 또는 특성 등에 상관없는 스마트 건설안전 비용의 현장 적용은 스마트 건설안전관리 체계의 활성화에 방해요인(대규모 현장에 적은 무선통신비, 소규모 현장의 무선통신비에 대한 부담감 등)으로 예상<sup>14)</sup>되므로 스마트 건설안전 체계를 강화하기 위해 현장 및 공사 특성에 적절한 스마트 건설안전 비용을 산출을 유도할 수 있는 가이드라인 제시 등 제도적 보완이 필요한 것으로 판단된다<sup>6)</sup>.

### 5. 결론

본 연구에서는 스마트 건설안전 비용(“무선설비 및 무선통신을 이용한 건설공사 현장의 안전관리체계 구축 및 운영 비용”)의 계상 실태를 분석하여 스마트 건설안전관리 체계가 활성화될 수 있는 제도적인 개선방향을 도출하였다. 국토안전관리원에서 운영하는 건설공사 안전관리 종합정보망(CSI)에 제출된 안전관리계획서의 안전관리비를 분석하여 도출한 결론은 다음과 같다.

1) 스마트 건설안전 비용을 안전관리비에 법적으로 포함하도록 하고 있으나, 분석 대상 안전관리계획서 중 50.7%만이 안전관리비에 반영되어 있으므로 스마트 건설안전 비용에 대한 현장 반영 정도는 높지 않은 것으로 분석되었다. 따라서, 스마트 건설안전 체계 구축을 유도하기 위해서는 스마트 건설안전 비용이 안전관리계획서에 계상되도록 안전관리계획서 승인 시 발주청 및 인허가 기관의 승인 절차를 강화할 필요가 있

다고 판단된다. 민간전문기관이 검토하는 안전관리계획서에 대해 발주청 및 인허가기관에서 승인 전 확인하도록 홍보하고 민간 전문기관에 대해서는 교육을 통해 안전관리계획서 검토 시 스마트 건설안전 비용을 확인하도록 지도하는 것이 필요하다.

2) 스마트 건설안전 비용 산출 시 공사비의 영향은 매우 적으며, 대다수 현장에서 구체적인 산출근거 없이 총계방식으로 스마트 건설안전 비용이 계상되는 것으로 분석되었다. 건설공사 특성과 위험요소의 관리 개수 등을 반영한 스마트 건설안전관리 체계에 적합한 명확한 산출기준 부재가 원인으로 판단된다. 해당 비용의 산출근거가 명확하지 않은 총계방식의 경우 현장에서 스마트 건설안전관리 체계의 적극적인 활용이 어려울 것으로 예상된다. 따라서, 현장 및 공사 특성에 적합한 적절한 스마트 건설안전 비용을 산출을 유도할 수 있는 가이드라인 제시와 같은 제도적 보완이 필요한 것으로 판단된다.

본 연구는 스마트 건설안전 비용 사용에 대한 현장 자료 수집의 한계를 극복하고 안전관리계획서 승인의 책임을 갖는 발주자를 통한 스마트 건설안전 비용의 활성화를 목적으로 CSI에 등록된 최초 또는 수정된 안전관리계획서를 수집하여 개선방안을 분석하였다. 향후 현장의 집행 자료를 충분히 수집하여 집행 여부 및 항목을 조사하여 스마트 건설안전 비용 활성화를 도모한 연구가 필요하다.

**Acknowledgement:** This study was partially supported by Ministry of the Interior and Safety as Human Resource Development Project in Disaster Management.

## References

- 1) S. M. Kang, S. Y. Park, K. S. Yeo and J. W. Park, "Petrochemical Plant Safety Management System based on Wireless Transmitter", Journal of The Korea Institute for Structural Maintenance and Inspection, Vol. 19, No. 6, pp. 88-94, 2015.
- 2) J. O. Park, S. H. Park, S. J. An, W. J. Park and J. H. Kim, "A Study on the Application of Bridge Maintenance System using LoRa LPWAN Wireless Communication", Journal of The Korea Institute for Structural Maintenance and Inspection, Vol. 23, No. 1, pp. 138-146, 2019.
- 3) J. O. Park, S. H. Park, S. J. An, W. J. Park and J. H. Kim, "Bridge Wireless Measurement System Development based on LoRa IoT", Journal of The Korea Institute for Structural Maintenance and Inspection, Vol. 23, No. 7, pp. 164-171, 2019.
- 4) S. B. Lee and S. S. Park, "Development of Integrated Wireless Sensor Network Device with Mold for Measurement of Concrete Temperature", Journal of The Korea Institute for Structural Maintenance and Inspection, Vol. 16, No. 5, pp. 129-136, 2021.
- 5) J. K. Kim, "Development of a Customized Beacon Equipped with a Strain Gauge Sensor to Detect Deformation of Structure Displacement", Journal of The Korea Institute for Structural Maintenance and Inspection, Vol. 25, No. 5, pp. 1-7, 2021.
- 6) K. S. Park, S. B. Im, S. H. Kim and K. Y. Koo, "A Study on Institutional Improvement for Application of Smart Construction Technology", Journal of Korea Institute of Construction Safety, Vol. 3, No. 1, pp. 9-17, 2020.
- 7) K. S. Son, W. M. Gal and H. S. Yang, "A Study on the Estimating Rate of Safety Management Cost in Building Work", J. Korean Soc. Saf., Vol. 22, No. 5, pp. 32-36, 2007.
- 8) Y. S. Chae, Y. G. Yoon and T. K. Oh, "A Study on the Proper Rate of the Safety Management Cost under the Construction Technology Promotion Act by Direct Calculation", J. Korean Soc. Saf., Vol. 33, No. 2, pp. 68-75, 2018.
- 9) Y. G. Yoon, T. K. Oh, M. G. Lee, J. H. Seong and M. H. Jung, "A Study on the Estimation of the Proper Rates of Safety Management Cost in the Construction Technology Promotion Law for Reasonable Construction Safety Management", J. Korean Soc. Saf., Vol. 33, No. 5, pp. 84-91, 2018.
- 10) J. H. Ko, "A Study on the Improvement of Industrial Safety and Health Management Cost Using the Survey of Construction Safety Experts", Journal of the Korean Society of Disaster Information, Vol. 16, No. 2, pp. 331-342, 2020.
- 11) Y. S. Kim, T. K. Oh, C. S. Kim, N. E. Lee, C. S. Hong, S. Y. Lee and Y. G. Yoon, "A Study on the Actual Condition Analysis and Activation Plan of Smart Construction Safety Technology by the Survey", J. Korean Soc. Saf., Vol. 37, No. 1, pp. 30-40, 2022.
- 12) K. J. Yi, "Compliance Status of OSH Expense Regulation by Client Types and Project Amount", Journal of the Korea Institute of Building Construction, Vol. 15, No. 1, pp. 73-79, 2015.

- 13) Y. G. Yoon, T. K. Oh, M. G. Lee, J. H. Seong and M. H. Jung, "A Study on the Estimation of the Proper Rates of Safety Management Cost in the Construction Technology Promotion Law for Reasonable Construction Safety Management", J. Korean Soc. Saf., Vol. 33, No. 5, pp. 84-91, 2018.
- 14) M. J. Joeng, M. G. Lee and Y. S. Lee, "The Ways to Improve the Appropriation Standards for the Occupational Safety and Health Expenses in Construction", Journal of the Korea safety management & science, Vol. 13, No. 3, pp. 9-18, 2011.