

Research Paper

스마트 건설기술 활성화를 위한 발주방식에 대한 연구

A Study on the Procurement Method for Activation of Smart Construction Technology

이호일¹ · 박승국^{2*}

Lee, Ho-Il¹ · Park, Seung-Kook^{2*}

¹Researcher, Korea Research Institute For Construction, DongJak-Gu, Seoul, 07071, Korea

²Senior Research Fellow, Korea Research Institute For Construction, DongJak-Gu, Seoul, 07071, Korea

*Corresponding author

Park, Seung-Kook
Tel : 82-2-3284-2610
E-mail : skpark@ricon.re.kr

Received : October 11, 2024

Revised : November 29, 2024

Accepted : December 4, 2024

ABSTRACT

The adoption of smart construction technology in Korea is hindered by the absence of a well-organized policy framework and institutional support system. This study highlights the need for improving related laws and systems to facilitate the implementation of smart construction technologies. Based on the research findings, activating early contractor involvement and enabling technical proposals during the initial stages of the procurement process are critical steps toward advancing smart construction practices. Despite the significant benefits of early contractor involvement, this approach requires corresponding capabilities on the part of the project owner and well-structured contractual arrangements. These conditions are necessary to ensure the effective integration of smart construction technologies and the success of the projects. The outcomes of this study are anticipated to contribute to refining the Construction Management at Risk(CMAR) model and developing comprehensive guidelines for enhancing procurement systems. This research underscores the importance of aligning institutional frameworks with technological advancements to promote the widespread adoption of smart construction technology.

Keywords : smart construction technology, construction management at risk, analytic hierarchy process, smart construction technology procurement system, early contractor involvement

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

글로벌 건설산업은 생산성의 제고를 위해 4차 산업혁명 기술을 통한 건설산업의 디지털화를 추진하고 있으며, 이에 따라 건설시장을 주도하기 위한 경쟁이 심화되고 있다[1]. 특히, 2016년 다보스포럼에서 4차 산업혁명이 주요한 이슈로 부각되면서 세계 각국은 4차 산업혁명 대응을 위한 다양한 정책을 시도하고 있으며 우리나라도 2018년 「스마트 건설기술 로드맵」, 2021년 「스마트 건설기술 현장 적용 가이드라인」 등을 발표하며, 산업혁명에 따른 급속한 기술 발전과 건설기술이 융합된 스마트 건설산업으로 전환되고 있다. 2022년 7월 발표한 「스마트 건설 활성화 방안」에서는 건설 전 과정에 스마트 기술이 활성화될 수 있는 환경을 구축하여 생산성, 안전·환경 등 건설산업이 직면하고 있는 문제들을 해결하고 해외 스마트 건설시장에서 한국 기업들이 경쟁력을 제고할 수 있도록 하는 스마트건설 산업 육성에 대한 대책을 마련하였다. 또한, 정부는 2023년 12월에는 「제 7차 건설기술진흥 기본계획」을 통해 건설기술 연구 및 개발 촉진과 성과 확산, 관련 산업의 진흥 등을 목표로 스마트 건설기술 육성의 중장기적인 정책 방향을 제시하고 있다.



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 non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

국토교통부가 2018년에 발표한 「건설 생산성 혁신과 안정성 강화를 위한 스마트 건설기술 로드맵」에 따르면 스마트 건설기술은 기존 건설기술에 BIM(Building Information Modeling), IoT(Internet of Thing), Big Data, 건설드론, 건설로봇 등 디지털기술을 융합하여 건설 전과정의 디지털화를 통해 건설 생산성 및 안전성을 극대화하는 기술로 정의하고 있으며, 건설산업의 디지털화를 정착시키기 위해 스마트 건설기술의 개발 및 도입이 필요하다고 언급하고 있다[2]. 또한, 2023년 12월에 발표한 「제7차 건설기술진흥 기본계획」에 따르면 국내 건설업 노동생산성은 주요 선진국 대비 60~83% 수준에 머무는 등 낮은 수준에 있으며, 이에 대한 원인으로 타 산업에 비해 낮은 디지털 비율과 상당한 재작업, 대기시간, 외부영향(기상·민원 등)으로 생산성이 저조하기 때문이다. 이러한 문제를 극복하기 위해서는 디지털 전환을 통한 스마트건설 확산이 필요하며, 건설 엔지니어링 산업의 경쟁력이 제고되어야 하며, 핵심기술 개발 등 건설산업의 고도화가 필요하다. 이러한 극복방법의 중심에는 스마트건설 기술의 활성화가 있다.

하지만, 건설산업이 지니는 전통적인 생산체계 및 생산방식의 경직성, 건설기업의 새로운 기술 적용시 발생하는 추가 비용에 대한 부담, 기술 도입 과정에서 발생하는 제도적 규제와의 충돌 등으로 인해 여전히 건설기업이 스마트 건설기술을 적극적으로 수용하는 데 장애요인이 발생하고 있다[3]. Lee et al.[4]에 따르면 우리나라 건설산업의 경우 시장규모에 비해 스마트 건설기술의 도입이 저조하고, 스마트 건설기술의 활성화를 위한 정책 및 제도기반이 정비되어 있지 않는 상황이라고 주장하였다. 이에 따라 스마트 건설기술이 대형 종합건설업체를 중심으로 활용되고 있어서 각 스마트 건설기술에 대한 기업별 인지도와 활용도 면에서 대형 종합건설업체와 그 외의 기업 간에 큰 차이를 보이고 있다[4]. Kim[5]는 개별기업에서는 단기적인 스마트 건설기술에 대한 성과를 기대하기 어려워 현장 및 기업에 적극적인 유인책이 되지 못하였으나 장기적인 산업 경쟁력 확보와 경제적 파급효과를 고려하면 단기적인 비용 유발요인에도 불구하고 스마트 건설기술 체계를 적극적으로 활용하는 것이 유리하다고 주장하였다. 이에 따라 건설산업에서의 스마트 건설기술의 개발과 활용은 건설 생산성 제고와 수익성을 향상시킬 수 있는 기회이며, 이를 적극적으로 도입하고 활용하기 위한 노력이 필요하다. 또한, 건설산업에서의 스마트 기술 혁신을 성공시키기 위해서는 스마트 건설기술의 활성화를 위한 관련 법령과 제도 개선이 수반되어야 한다.

따라서, 본 연구에서는 스마트 건설기술 도입 및 활성화를 위해 스마트 건설기술 도입 시 현행 발주방식의 문제점을 도출하고, 스마트 건설기술 활성화를 위한 발주방식에 대한 방안을 제안하고자 한다.

1.2 연구의 목적 및 연구방법

본 연구에서는 국내 기술제한형 입찰제도 중 하나인 시공책임형 CM 발주방식과 관련하여 설문조사 및 전문가집단조사를 실시하여 스마트 건설기술 활성화를 위한 발주방식의 장애요인을 파악하고 이를 바탕으로 스마트 건설기술 활성화를 위한 발주방식을 제안하고자 하였다. 건설사업관리 프로세스 상 스마트 건설기술 입찰제도와 관련한 이해관계자는 스마트 건설기술을 도면에 반영하는 설계사, 이를 실제 시공으로 시연하는 종합건설사, 전문건설사, 스마트 건설기술을 요구하는 발주기관 등이 존재하며, 이러한 이해관계자들의 관계 속에서 발생하는 문제점은 복잡한 사회적 현상으로 나타나며, 이러한 현상을 연구하기 위해서는 질적 접근의 연구방법이 적합하다.

본 연구는 시공책임형 CM 발주방식에 대한 개선방안을 질적 분석을 통하여 발주제도 운영에 장애요인이 되는 문제점을 분석하고 이를 해소하기 위한 정책 및 제도 개선을 목적으로 하고 있다. 본 연구의 연구방법은 다음과 같다.

첫째, 선행연구의 문헌조사 및 한국도로공사 시공책임형 CM 시범사업 발주담당자 2인을 대상으로 실시한 심층 인터뷰를 통해 시공책임형 CM 발주방식 문제점 및 스마트 건설기술의 기술제한형 발주방식 도입에 따른 장애요인을 도출하였다.

둘째, 발주제도 개선방안과 관련하여 교수 3명(고려대학교, 이화여자대학교, 세종대학교), 연구원 3명(한국건설산업연구원, 한국건설기술연구원, 국토연구원), 발주기관 담당자 4명(한국도로공사, 한국토지주택공사, 한국환경공단, 서울시청) 등 총 10명을 대상으로 제시된 발주제도에 대한 전문가 설문지 조사를 실시하였다.

셋째, 이러한 장애요인들을 바탕으로 제시된 기술제한형 발주방식에 대하여 설계사, 엔지니어링사, 시공사, 발주기관 담

당자 등 총 90명의 업계 관계자들을 대상으로 한 계층화분석법(AHP, Analytic Hierarchy Process)을 활용하여 설문조사를 실시하였다. AHP분석은 2023.7.10.~2023.8.11.동안 한달간 진행하였으며, 시공책임형 건설사업관리 공사를 수행하거나 발주하는 이해관계자로 발주기관 14명, 건설엔지니어링사 20명, 설계사 18명, 종합건설사 21명, 전문건설사 17명 등 총 90명을 대상으로 분석을 진행하였다. 설문대상자는 시공책임형 건설사업관리공사와 관련한 경력을 보유한 자로 해당 경력 3년 이상인 자로 한정하였다.

넷째, 제안된 발주방식에 대하여 각 모델별 수정사항을 통한 최선안을 도출하였다. 설문조사 결과를 바탕으로 각 모델별 장애요인의 중요도를 산출하고 최종 중요도를 도출하여 시사점 및 제도 정책방안을 제시하였다.

2. 이론적 고찰

2.1 스마트 건설기술에 대한 제도 및 법률적 배경

국토교통부는 『건설기술진흥법 제10조의2(융·복합건설기술의 활성화)』 및 동법률 제1항의1에 따른 융·복합 건설기술의 보급 및 활성화하기 위한 『국토교통부고시 제2021-1283호(스마트건설기술 활성화 지침)』을 통해 스마트 건설기술 활용에 대한 확대를 유도하고 있다[6,7]. 『스마트건설기술 활성화 지침 제2조(정의)』에서 ‘스마트 건설기술’이란 “공사기간 단축, 인력투입 절감, 현장 안전 제고 등을 목적으로 전통적인 건설기술에 로봇틱스, AI, BIM, IoT 등의 첨단 디지털 기술을 적용함으로써 건설공사의 생산성, 안전성, 품질 등을 향상시키고, 건설공사 모든 단계의 디지털화, 자동화, 공장제작 등을 통한 건설산업의 발전을 목적으로 개발된 공법, 장비, 시스템 등을 말한다”라고 정의하고 있다[7].

동 지침에서 스마트 건설기술은 ‘스마트 건설기술 마당’(스마트 건설기술을 활용하고자 하는 발주청 또는 스마트 건설기술을 적용하는 건설공사의 계획, 설계, 시공, 감리 등에 참여하고자 하는 자 등에게 스마트 건설기술의 자료를 제공하기 위한 정보공유 시스템)에 등록된 기술이어야 하며, ‘스마트건설기술 마당’에 스마트 건설기술의 등록절차 및 기관별 역할을 규정하고 있다. 운영기관은 『건설기술진흥법 제10조의2』에 따라 공공기관 통합기술마켓(기획재정부 주도 한국도로공사 운영) 등 유사 시스템과의 기술정보 공유 방안을 마련해야 한다고 규정하고 있다. 하지만, 2023년 9월 기준 ‘스마트 건설기술 마당’에 등록된 기술은 8개에 불과하다.

건설사업관리(CM)는 『건설산업기본법 제2조제8호』에 따라 건설공사에 관한 기획, 타당성 조사, 분석, 설계, 조달, 계약, 시공관리, 감리, 평가 또는 사후관리 등에 관한 관리를 수행하는 것으로 정의되어 있다[8]. 건설사업관리(CM)는 미국 등 주요 선진국에서는 1960년대부터 공공공사에 활발히 활용되어 온 발주방식 중 하나이며, 국내에 도입된 것은 1996년 12월 『건설산업기본법』에서 관련 규정이 마련되면서부터이며, 『건설기술 진흥법』(전 건설기술관리법)에 세부 시행규칙이 제시되면서 건설사업에 적용되기 시작하였다.

2.2 시공책임형 CM방식의 정의 및 법률적 배경

시공책임형 CM방식은 책임형CM 사업자가 건설사업의 초기 단계부터 사업에 참여하여 시공 이전단계에서 건설사업관리 서비스를 제공하고, 시공단계에서 시공 서비스를 제공하는 방식이다. 2011년 5월 『건설산업기본법 제2조제9항』을 통해 시공책임형 CM방식의 정의가 신설되었으며, 『건설산업기본법 제26조』의 건설사업관리자 업무수행에 관한 단서 조항을 통해 법률적 근거를 마련하였다. 『건설산업기본법 제2조제9항』에 따르면 시공책임형 CM방식은 “종합공사를 시공하는 업종을 등록한 건설사업자가 건설공사에 대해 시공 이전단계에서 건설사업관리 업무를 수행하고 아울러 시공단계에서 발주자와 시공 및 건설사업관리에 대한 별도의 계약을 통해 종합적인 계획, 관리 및 조정을 하면서 미리 정한 공사금액과 공사기간 내에 시설물을 시공하는 것”으로 정의하고 있다.

국토교통부는 2016년에 발표한 ‘시공책임형 CM 시범사업 가이드라인’을 통해 시공책임형 CM방식을 “시공사가 설계단계부터 참여하여 시공 노하우를 설계에 미리 반영하고(pre-con service), 설계가 종료되기 전 발주자와 계약한 공사비 상한(GMP, Guaranteed Maximum Price) 내에서 책임지고 공사를 수행하는 제도”로 정의하고 있다[9].

2.3 국내 시공책임형 CM 발주방식과 미국의 CM at Risk와의 차이점

국토교통부가 2016년에 선진 발주방식으로 소개하면서 국내에 처음 도입한 국내의 시공책임형 CM 발주방식과 미국에서 운영하고 있는 CM at Risk 발주방식과의 차이점은 몇몇 특징에서 명확하게 존재한다.

첫째, 계약구조상의 차이가 있다. 미국의 CM at Risk 방식은 CM사가 전체 프로젝트에 대한 사업관리를 책임지며, GMP(Guaranteed Maximum Price) 계약을 중심으로 CM 업체가 목표 비용 이하로 준공하면 GMP 계약금액과 목표 비용 간의 차액을 인센티브로 제공하는 방식을 채택하고 있다. 반면, 우리나라의 시공책임형 CM 발주방식은 GMP 계약을 진행하지 않으며, 실시설계 과정에서 시공사가 시공성을 높이기 위해 설계에 일부 관여하는 형식으로 진행하고 있다. 우리나라에서 GMP 계약을 진행하지 않는 이유는 미국의 경우 순수내역입찰(Open-book)제도를 기반으로 입찰하지만, 우리나라에서는 아직까지 이러한 제도를 도입하고 있지 않아 GMP 가격 산정에 어려움을 겪고 있기 때문이다.

둘째, CM의 역할과 책임에 대한 차이가 있다. 미국의 CM at Risk에서의 CM의 역할은 초기 설계단계부터 시공 단계까지 프로젝트의 전 단계에 걸쳐 발주자를 대리하여 프로젝트를 관리하고, 의사결정을 하는 대리인 역할이라고 할 수 있다. 반면, 우리나라는 공사를 감독하는 역할에 한정되어 있으며, 모든 사업관리에 대한 역할과 책임은 종합건설사에 국한되어 있다.

셋째, 우리나라의 시공책임형 CM 발주방식은 공공 건설 프로젝트에 국한되어 있다. 미국의 경우 민간 건설 프로젝트에서도 CM at Risk 발주방식이 활발하게 활용되고 있으며, 중소기업부터 대형규모까지 다양한 프로젝트에 적용되고 있다. 반면, 우리나라의 경우 정부 주도하에 공공 건설 프로젝트에서 시공책임형 CM 발주방식을 도입하여 활용하는 경우가 많으며, 공공 프로젝트 중에서도 비교적 프로젝트 내용이 명확하고 공사금액이 확정적인 공사에 주로 적용된다.

3. 스마트 건설기술 도입을 위한 현행 발주방식의 문제점

3.1 현행 발주방식의 문제점

3.1.1 시공책임형 CM 발주방식의 문제점 도출

국내 건설산업에서는 발주방식의 선진화 및 다양화를 위해 용역형 CM제도를 도입한 이후로 현재까지 발전하여 왔다. 이후 국내 건설산업에 시공책임형 CM 도입을 위한 논의가 지속되었으며, 2011년 건설산업기본법에 시공책임형 CM 제도에 대한 규정이 신설되었다[10]. 하지만, 시공책임형 CM방식의 도입에도 불구하고 참여도가 미미하여 공공부문에서의 수행 실적이 부족한 실정이다.

한국토지주택공사의 경우, 시공책임형 CM 발주방식은 건축분야가 토목분야보다 더 많이 발주된 상태이다. 시공책임형 CM 발주방식의 건축분야 발주는 2017년부터 토목분야 발주는 2019년부터 시작하였다. 건설분야 발주의 경우, 어느 정도의 제한된 공간 내에서 과업이 규정되어 있어 계획이 많이 변경되는 단지(토목) 프로젝트보다 더 적합하다. 특히, 2020년 이후부터 시공책임형 CM 발주물량은 연 5~7건 정도이며, 400억 이상 되는 공사 중 시공책임형 CM 발주방식이 적합하다고 판단하는 공사를 선정하여 진행하고 있으나, 일반 종합심사낙찰제로 더 많은 물량으로 발주되고 있다. 그러나, 한국토지주택공사의 시범사업은 특례운용기준에 따라 시행되고 있으며, 세부법령 및 제도는 아직 준비가 부족한 상황이다[11].

국내 건설시장의 입찰 결정방식은 주로 최저가 낙찰제와 종합심사평가제로 이루어져 있다. 최저가 낙찰제의 경우 낮은 가격으로 입찰한 시공사가 낙찰을 하는 방식으로 기술에 대한 평가가 없다. 종합심사평가제의 경우에는 기술력에 대한 평

가가 있기는 하지만 기술부분에 대한 평가가 기술자 보유수 등 정량적인 부분에 치우쳐 있고, 대부분의 입찰에 참여하는 시공사가 기술부분에서 만점에 가까운 점수를 받기 때문에 변별력이 떨어져 결국 가격경쟁력으로 평가받을 수 밖에 없다. 기술형 입찰의 경우에는 기술제안을 통해 기술력을 정성적으로 평가하는 방식이 있으나 실제 공사에 대한 사후평가체제가 없기 때문에 현장에서 실제로 스마트 건설기술이 활용되었는지 감시·감독하는 체계가 전무하다. 따라서 우리나라의 건설시장의 입찰 결정방식은 기술력을 중심으로 한 평가체계에 대해서는 미흡한 상태이다[12]. 이에 비해 DB(Design-Build)방식이나 시공책임형 CM방식이 스마트 건설기술 활용에 더 유리한 발주방식이기는 하지만, 낙찰 후 효율적으로 운영될 수 있도록 기반 여건에 대한 지속적인 고민이 필요하다. 또한, 현재 스마트 건설기술에 대한 정의가 명확하지 않으며, 스마트 건설기술에 대한 상응하는 비용 및 대가에 대한 기준이 모호하고 표준품셈도 없는 상태이다. 따라서, 명확한 시공단계별 스마트 건설기술에 대한 구분이 정의되어 있어야 한다[13].

시공사 조기참여에 대한 또 다른 문제점으로는 스마트 건설기술을 실제로 활용해야 할 전문건설사가 발주과정에서 배제되고 있다는 것이다. 팀 구성 시 종합건설사뿐만 아니라 하도급사 참여를 위한 2차 안내서가 있으며, 전문건설사가 투입하도록 입찰 안내서에 명기해두어 이론적으로는 통합합사 운영이 가능하나, 실무적으로 하도급사보다는 종합건설사 위주로 운영되고 있는 실정이다. 하도급 관리계획서를 받게 되더라도 법적으로 기술자 및 하도급 계약에 대한 확인 및 이행 여부에 대한 강제성이 없으며, 스마트 건설기술은 확정 물량 개념이 아니므로 하도급 관리까지 의무화하는 것은 매우 어렵다.

3.2 스마트 기술 활성화를 위한 발주방식 제시(안)

3.2.1 현행 시공책임형 CM 방식(Model 1)

본 모델은 현행 시공책임형 CM 방식 모델로 실시설계 이후 시공성을 증가시키기 위해 시공사의 설계관여 및 기술제안을 수행하는 모델이며, 시공책임형 CM방식에서 신기술제안에 대한 항목을 의무화하는 방식이다. 현행 발주방식으로 법률 및 운영방침의 변경이 크지 않으며, 이미 시공책임형 CM 발주방식으로 진행된 공사가 다수 존재한다. 설계사의 역할은 기본설계부터 실시설계까지 모든 설계단계를 수행하는 것이며, 실시설계 단계까지 종료 후 시공사의 설계관여에 대한 사항을 설계를 수정하지 않는 범위 내에서 설계에 반영한다. 시공사의 역할은 발주자가 계약한 설계사가 기본설계 후 실시설계가 끝난 시점에서 시공사가 시공성을 증가시키기 위하여 설계관여 시 기술제안을 수행하는 것이다. 기술제안의 수준은 설계도면을 크게 변경하지 않으며 기술제안을 통해 반영할 수 있는 스마트 건설기술의 범위가 주로 현장공법 위주의 기술제안에 한정된다.

3.2.2 전문건설사 동행 버전 시공책임형 CM 발주방식(Model 2)

실제 스마트 건설기술을 활용해야 할 전문건설사가 발주과정에서 배제되고 있다는 점을 고려할 때 발주과정에서 전문건설사를 참여시키는 방안이 유효할 것으로 판단된다. 따라서, 본 모델은 전문건설사 동행 모델로 실시설계 시작단계에서 신기술 보유한 전문건설사를 활용하여 기술제안을 수행하는 모델로 구성하였으며, 시공책임형 CM 발주방식에서 입찰단계에서부터 종합건설사와 신기술을 보유한 전문건설사(1개사)가 컨소시엄으로 조기참여하는 방식이다. 설계사의 역할은 기본설계부터 실시설계까지 모든 설계단계를 수행하는 것이며, 실시설계 단계까지 종료 후 시공사의 설계관여에 대한 사항을 실시설계 단계에서 설계에 반영한다. 종합건설사의 역할은 이미 신기술을 보유하고 있는 전문건설사를 활용하여 기술제안입찰에 참여하는 것이며, 실시설계 단계에서 종합건설사는 신기술을 보유한 전문건설사(1개사)와의 컨소시엄(공동이행방식)을 통해 입찰에 참여하고, 시공 단계에서는 기존과 동일한 방식으로 다수의 전문건설사를 활용한다. 전문건설사의 역할은 스마트 건설기술을 직접 반영하는 전문건설사의 참여로 인해 현장지향적 건설기술을 활용하도록 기술제안을 하는 것이다.

3.2.3 변형된 DB(Design-Build) 발주방식(Model 3)

본 모델은 변형된 DB 모델로 기본설계단계 초기부터 시공사의 설계관여 및 기술제안을 수행하는 모델이며, 시공사가 기본설계 단계부터 설계 관여하며 설계관여 시 기술제안을 할 수 있도록 한 방식이다. 설계사의 역할은 기본설계부터 실시설계까지 모든 설계단계를 수행하는 것이며, 설계사는 프로세스 초기단계부터 시공사의 설계관여에 대한 사항을 설계에 반영한다. 시공사의 역할은 전체 프로세스 중 기본설계단계라는 빠른 시기에 설계관여 및 기술제안하는 것이며, 시공사는 기본설계 단계부터 시공성을 높이기 위한 설계관여뿐만 아니라 신기술을 활용할 수 있는 기술제안을 수행한다. 또한, 초기 단계부터 시공사가 설계에 관여하여 현장공법뿐만 아니라 넓은 범위에서 설계변경에 관여한다.

변형된 DB(Design-Build) 발주방식과 기존 설계시공일괄(Design-Build) 발주방식과의 차이는 다음과 같다. 기존 설계시공일괄 발주방식은 발주자의 입장에서 설계부터 시공까지 모든 과정을 단일 계약을 통해 처리하여 책임 소재를 명확히 하고, 분쟁 발생 시 책임 소재 규명을 용이하게 하는 측면에서의 계약방식으로 설계와 시공이 단일 계약으로 이루어져 있지만, 실질적으로는 설계와 시공이 분리되어 진행되고 있다. 반면, 변형된 DB 발주방식은 스마트 건설기술에 대한 적극적인 제안을 위해서 시공사가 설계 초기단계부터 설계에 적극적으로 관여하고, 설계와 시공의 프로세스를 통합하여 프로젝트의 실행과 책임을 함께 수행하는 원팀(One Team)의 개념이다.

3.3 스마트 기술 활성화를 위한 발주방식 제시(안)의 전문가 의견

3.3.1 현행 시공책임형 CM 방식(Model 1)

현행 시공책임형 CM 방식(Model 1)의 스마트 건설기술 기술제안에 대한 전문가 의견을 살펴보면, 스마트 건설기술이 반영될 가능성이 높다고 평가하나 설계수정이 이루어지지 않는 범위에서는 그 적용범위가 크지 않을 것으로 판단한다. 현행 시공책임형 CM 방식에서는 시공개선 및 현장여건을 고려한 스마트 건설기술 적용시 설계변경 등 발주처와의 협의와 원설계자의 의도파악 등 추가적인 비용 발생과 개별사업 평가 시 발주기관 및 평가위원회의 인증을 통해 각각 해결하는 구조적 한계성이 존재하여 스마트 건설기술의 활용에 소극적일 수밖에 없다. 스마트 건설기술 대가산정에 대해서는 실시설계가 완료될 시점에서 공사비가 산정되었을 경우 스마트 건설기술에 대한 대가 산정은 반영하기 어렵다고 판단한다. 설계단계에서 스마트 건설기술의 효율적인 적용보다는 아이템 수나 아이디어 차원의 기술들이 반영될 수 있고, 결론적으로 입찰금액 내에서 조절되므로 적절한 대가를 얻기 어렵다. 또한, 공기단축을 위한 생산공법의 변경, 원가절감을 위한 기술제안 등 기술제안의 목적 및 활용에 따라 스마트 건설기술에 따른 대가를 다르게 산정해야 할 것이다. 설계하자의 책임소재에 대해서는 설계부분과 스마트 건설기술에 대한 시공사의 광범위하고 개략적인 기술제안으로 인해 설계하자에 대한 책임소재의 문제가 발생할 수 있다고 판단하였다. 일반적으로 설계사는 설계기준에 입각하여 단순 설계를 수행하고, 시공사는 현장여건을 현실적으로 반영하여 설계기준상에 표현되지 않은 현장 시공상 별도 필요한 항목들을 추가로 고려하기 때문에 현장개설 후 책임소재에 대한 상호간의 논쟁이 발생할 수 있으며, 공사비 증액, 공기 연장, 품질 불량, 안전사고 발생 등 책임소재의 대상에 따라 파악하기 어려운 경우가 발생할 수 있다.

3.3.2 전문건설사 동행 버전 시공책임형 CM 발주방식(Model 2)

전문건설사 동행 버전 시공책임형 CM 발주방식(Model 2)의 기술제안에 대한 전문가 의견을 살펴보면, 기존 시공책임형 CM 발주방식보다 스마트 건설기술을 직접 적용하는 전문건설사와 함께 참여하므로 기술 적용수준이 비교적 높지만, 스마트 건설기술을 보유한 소수의 전문건설사만이 참여할 수 있으므로 스마트 건설기술의 다양한 활용이 불가하다. 또한, 실시설계 단계에서의 전문건설사의 참여는 시기적으로 다양한 검토와 기술이 반영되는데 한계가 있으며, 소수 전문건설사의 참여는 종합건설사 입장에서 사업에 차지하는 비용의 크기에 따라 선택적으로 선정하여 스마트 건설기술 도입의 취지를 저해할 수

있다. 스마트 건설기술 대가산정에 대해서는 현행 시공책임형 CM 방식과 마찬가지로 실시설계가 완료될 시점에서 공사비가 산정될 경우 스마트 건설기술에 대한 대가 산정은 반영하기 어렵다. 나아가, 종합건설사의 입찰우위를 선점하기 위하여 전문 건설사의 스마트 건설기술에 대한 기술력보다는 종합건설사의 이익이나 평가에 유리한 기술 위주로 전문건설사를 선택하여 참여시킬 수 있는 문제점이 발생할 수 있으며, 스마트 건설기술에 대한 대가에 대해 전문건설사에게 적합한 대가를 주지 않고, 기존 하도급계약으로 대체할 가능성이 존재한다. 설계하자의 책임소재에 대해서는 설계사의 설계기준 중심의 업무방식과 시공사의 현장 여건 중심의 현실 적용이 상충될 수 있어 설계 및 시공 사이의 명확한 책임소재를 구분하기 어려우나 실시설계 단계에서는 종합건설사와 전문건설사의 상호 협의를 통해 어느 정도 리스크 완화가 가능하다. 또한, 실시설계 단계에서 설계사, 종합건설사, 전문건설사 3자 간 업무분장의 책임범위 협의가 이루어지나 각 이해관계자의 입장 차이에 따른 이견이 존재할 수 있으며, 실시설계의 진행 정도와 기술제안에 대한 주체들의 참여 정도에 따라 책임소재가 달라질 수 있다.

3.3.3 변형된 DB(Design-Build) 발주방식(Model 3)

변형된 DB(Design-Build) 방식의 기술제안에 대한 전문가 의견을 살펴보면, 기본설계 단계부터 시공사가 조기 참여하여 스마트 건설기술의 기술제안 반영이 가장 많이 이루어질 수 있으나, 평가방법에 있어서 설계시공일괄 입찰방식과 차별성이 필요하다. 또한, 스마트 건설기술의 기술제안 시 시공사 선정 이후 기술제안에 대한 별도 평가사 부재하여 시공사들이 다양한 제안을 하지 않을 수 있다. 스마트 건설기술 대가산정에 대해서는 기본설계 단계부터 스마트 건설기술의 범위를 설정하므로 예측성이 결여된 상태에서 적절한 대가를 얻기에 한계성이 존재하며, 스마트 건설기술에 대한 대가가 과하게 반영될 수 있다. 설계하자의 책임소재에 대해서는 시공사가 기본설계 단계부터 조기 참여하므로 설계사와 시공사 간의 책임일원화로 인해 발주자와 이해관계자 사이의 책임소재가 분명해질 수 있다. 또한, 상호협력에 대한 책임소재가 대부분 사업주도자인 시공사에 집중됨에 따라 설계사는 정확하고 안정적인 설계기준을 적용함에 있어 소극적이 될 수 있다. 제안한 발주방식들의 공통사항으로는 스마트 건설기술 제안 시 평가점수만을 위한 기술제안에 그치는 기술들과 실제 실행 가능하지 않은 보여주기식의 기술들이 제안되는 경우를 방지하기 위해 스마트 건설기술 사전·사후 인증제를 마련하고 낙찰자 평가 시 스마트 건설기술 전문위원 구성을 의무화해야 한다는 의견이 있었다. 스마트 건설 기술 활성화를 위한 발주모델에 대한 비교는 다음 Table 1과 같다.

Table 1. Expert opinions on smart construction procurement model

Category		CM at Risk (Current Procurement Method)	CM at Risk with Specialty Contractor	Revised DB (Design-Build) Method
Technical Proposal for Smart Construction Technology	Possibility to reflect	High	High	High
	Scope of Application	Low	Medium	High
	Structural Limitations	Yes	Yes	Yes
Cost Calculation for Smart Construction Technology	Cost Calculation for Smart Construction Technology	Very difficult	Very difficult	Difficult
Responsibility for Design and Construction Defects	Possibility of Trouble	Very high	High(pre-negotiation between contractor and sub-contractor)	High(pre-negotiation between designer and contractor)
	Uncertainty of Responsibility	Very high	High(Joint responsibility of construction part)	High(Joint responsibility of design and construction part)

3.3.4 스마트 건설기술 관련 기술제안형 발주방식 도입의 장애요인

선행연구를 통한 문헌조사 및 발주기관 담당자의 심층 인터뷰를 바탕으로 도출한 스마트 건설기술의 기술제안형 발주방식 도입에 있어서의 장애요인은 다음과 같다. 스마트 건설기술에 대한 기술제안형 발주방식 도입의 장애요인은 ① 스마트 건설기술의 기술제안 ② 공사기간 및 비용 ③ 발주제도를 통한 스마트 건설기술의 현장적용 ④ 시공이전단계의 건설사업관

리 ⑤ 설계사와의 소통 및 협조 등으로 나타났다. 스마트 건설기술에 대한 기술제안형 발주방식 도입의 장애요인은 다음 Table 2와 같다.

Table 2. Obstacles to the introduction of technology proposal for smart construction technology

Factors	Contents
Smart Construction Technology Proposal	<ul style="list-style-type: none"> • Difficulties of Proposal for Smart Construction Technology
Construction Period and Cost	<ul style="list-style-type: none"> • Difficulties in Shortening Construction Period • Difficulties in reducing construction costs
Owner Communication	<ul style="list-style-type: none"> • Difficulties due to the lack of understanding of the client on the identity and role of the contractor • Difficulties due to lack of trust of the client in the construction company • Difficulties in coordinating differences in positions among participants • Difficulties in excluding the participation or advice of contractors on major design decisions
Field Application	<ul style="list-style-type: none"> • Difficulties in reflecting the construction technology required by the owner • Difficulty in calculating frequent design changes and its costs when technology proposals are accepted • Lack of post-evaluation and standards for the smart construction technology • Unclear responsibility for design between designer and contractor
Business Management Before Construction	<ul style="list-style-type: none"> • Difficulties due to ambiguous, unclear, or unrealistic requirements from the owner for budget, air, quality, etc • Difficulty in calculating early participation costs that are not appropriate for scope of work • Inadequacies of laws and systems in calculating costs due to participation in construction • Lack of timely participation of construction companies
Architecture Communication	<ul style="list-style-type: none"> • Non-cooperation of designers who unnecessarily think about the early participation of the contractor • Difficulties due to the lack of understanding of the architect on the role and scope of work of the contractor • Difficulties in proceeding with the project by excluding the contractor

3.4 계층화 분석(Analytic Hierarchy Process)

3.4.1 AHP 분석방법

본 연구의 AHP 분석방법은 다음과 같다. 우선, 그룹별 상대적 중요도 점수를 도출한 후 그룹별 샘플수에 따라 가중치를 도출한다. 이후 선행연구를 통한 문헌조사와 발주기관 담당자의 심층 인터뷰를 바탕으로 스마트 건설기술의 도입에 있어 장애요인별 그룹별 5점 리커트척도 결과를 도출한다. 마지막으로 장애요인별 가중치와 그룹별 5점 리커트 척도 결과를 곱하여 합산한 발주모델별 최종점수를 도출한다. 본 연구의 AHP 분석 프로세스에 대한 그림은 다음 Figure 1과 같다.

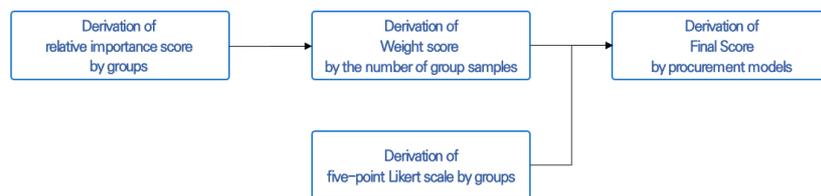


Figure 1. Diagram of AHP analysis process

3.4.2 AHP 분석결과

AHP 분석의 그룹별 상대적 중요도 분석결과를 살펴보면, 시공사의 경우 공사기간 및 비용(33.9%), 발주자와의 커뮤니케이션(17.4%)을 중시하는 것으로 나타났으며, 토목 엔지니어링사의 경우 스마트 건설기술 제안(19.1%), 설계사와의 커뮤니케이션(21.7%)을 중시하는 것으로 나타났다. 건축사의 경우 신기술에 대한 현장적용(21.6%), 설계사와의 커뮤니케이션(19.3%)을 중시하는 것으로 나타났으며, 발주기관의 경우 공사기간 및 비용(23.5%), 발주자와의 커뮤니케이션(16.1%)을

중시하는 것으로 나타났다. 특히, 시공사는 공기 및 비용 측면이 상대적 중요도가 현저하게 높게 나타났다. 분석결과를 살펴 보면, 건설산업의 이해관계자들은 아직까지 스마트 건설기술에 대한 중요성과 필요성보다는 당장의 비용과 이윤에 더 관심이 많은 것을 알 수 있다. 그룹별 AHP 분석의 상대적 중요도에 대한 분석결과는 다음 Table 3과 같다.

Table 3. Results of the relative importance(Weight) of AHP analysis by group

Category	Smart Construction Technology Proposal	Construction period and cost	Owner Communication	Field Application	Business Management before Construction	Architecture Communication
Contractor	0.134	0.339	0.174	0.150	0.112	0.089
Engineering	0.191	0.171	0.147	0.154	0.120	0.217
Architecture	0.127	0.124	0.163	0.216	0.177	0.193
Owner	0.145	0.235	0.161	0.155	0.158	0.146

각 발주방식 제시안에 대한 AHP 분석의 비중별 상대적 중요도의 합에서는 공사기간 및 비용 및 설계사와의 커뮤니케이션이 상대적으로 높게 나왔다. 그룹별 AHP 분석의 상대적 중요도에 대한 종합결과는 다음 Table 4와 같다.

Table 4. Total results of the relative importance(Weight) of AHP analysis by group

Category	Smart Construction Technology Proposal	Construction period and cost	Owner Communication	Field Application	Business Management before Construction	Architecture Communication
Weight	0.176	0.203	0.173	0.190	0.156	0.205

AHP 분석의 모델비교 종합 분석결과를 살펴보면, 주요요소들에 대한 제안된 모델들의 각각의 종합점수에서 Model 3(변형된 DB 발주방식)이 다른 발주방식 모델과 비교하여 상대적으로 높은 것으로 나타났다(5점 만점). Model 3(변형된 DB 발주방식)의 경우, 스마트 건설기술 제안(4.02점), 공사기간 및 비용(3.36점), 발주자와의 커뮤니케이션(3.35점), 스마트 건설기술의 현장적용(3.67점), 시공전 사업관리(3.53점), 설계사와의 커뮤니케이션(3.10점)으로 다른 발주방식 모델과 비교하여 높은 점수를 받았다. 그룹별 AHP 분석모델에 대한 비교 결과는 다음 Table 5와 같다.

Table 5. Results of AHP analysis of model comparison by group

CM at Risk(Current Procurement Method)						
Model 1	Smart Construction Technology Proposal	Construction period and cost	Owner Communication	Field Application	Business Management before Construction	Architecture Communication
Score	3.12	2.62	2.94	3.02	3.08	2.71
CM at Risk with Specialty Contractor						
Model 2	Smart Construction Technology Proposal	Construction period and cost	Owner Communication	Field Application	Business Management before Construction	Architecture Communication
Score	3.29	2.73	2.83	2.99	3.00	2.70
Revised DB(Design-Build) Method						
Model 3	Smart Construction Technology Proposal	Construction period and cost	Owner Communication	Field Application	Business Management before Construction	Architecture Communication
Score	4.02	3.36	3.35	3.67	3.53	3.10

AHP 분석의 모델비교 최종평가 결과를 살펴보면, 스마트 건설기술제안에 대한 발주제도 도입 시 변경된 DB방식 모델을 통해 실시실제 이전단계부터의 시공사 관여를 상대적으로 중요시 하는 것으로 나타났다. 즉, 업계에서는 실시실제 이전단계인 프로젝트 초기 단계부터의 시공사 설계 관여를 통해 설계변경에 대한 범위를 넓히고 스마트 건설기술 적용을 위해 설

계변경 차원에서의 기술제안의 필요성을 인식하고 있는 것으로 나타났다. AHP분석에 대한 모델별 비교의 최종결과는 다음 Table 6과 같다.

Table 6. Final results of AHP analysis of model comparison

Category	CM at Risk(Current Procurement Method)					
	Smart Construction Technology Proposal	Construction period and cost	Owner Communication	Field Application	Business Management before Construction	Architecture Communication
Score×Weight	3.12×0.176	2.62×0.203	2.94×0.173	3.02×0.190	3.08×0.156	2.71×0.205
Total Score(Sum)	3.19					
Category	CM at Risk with Specialty Contractor					
	Smart Construction Technology Proposal	Construction period and cost	Owner Communication	Field Application	Business Management before Construction	Architecture Communication
Score×Weight	3.29×0.176	2.73×0.203	2.83×0.173	2.99×0.190	3.00×0.156	2.70×0.205
Total Score(Sum)	3.21					
Category	Revised DB(Design-Build) Method					
	Smart Construction Technology Proposal	Construction period and cost	Owner Communication	Field Application	Business Management before Construction	Architecture Communication
Score×Weight	4.02×0.176	3.36×0.203	3.35×0.173	3.67×0.190	3.53×0.156	3.10×0.205
Total Score(Sum)	3.85					

3.5 최종 발주방식 제시(안)의 분석결과

분석 결과, 건설관리학계, 건설 관련 연구기관, 공공기관 발주기관 담당자 등 총 10명 중 8명이 스마트 건설기술 활성화를 위한 발주방식으로 Model 3(변형된 DB 발주방식)을 가장 선호하는 것으로 나타나 의견이 합치되었다. 즉, 스마트 건설기술을 프로세스 단계에 적용하기 위해서는 설계단계 초기부터 시공사의 설계관여 및 기술제안이 필요하여 설계사의 역할은 프로세스 초기단계부터 시공사의 설계관여에 대한 사항을 설계에 반영하는 동시에 시공사의 역할은 기본설계 단계부터 시공성을 높이기 위한 설계관여와 스마트 건설기술 활용을 위한 기술제안을 수행하게 된다.

기존 시공책임형 CM 발주방식은 입찰 단계에서 낙찰자 결정방법 및 입찰참가 자격을 확정해야 하고, 기술제안서 작성의 기준을 마련하여 시공할 수 있는 적격자를 선정해야 한다. 더불어, 설계단계에서 프리콘 업무를 수행하여 사업의 위험을 최소화하고, VE를 통한 사업비 절감과 BIM을 활용한 설계 및 통합 프로세스 시스템을 통해 프로세스 효율성을 극대화해야 한다. 또한, 이를 바탕으로 GMP를 제안 및 확정하여 시공계약을 체결할 수 있어야 하며, 시공단계에서 설계 변경을 최소화하고 시공이 종료된 이후 정산을 통해 이윤을 배분하는 과정이 법제화되어야 한다.

실시설계단계 이전 프로세스 초기에 도급자의 참여는 시공사, 잠재적인 하도급자, 조달업자의 부적절할 비용이나 감당할 수 없거나 구축할 수 없는 설계를 사전에 파악할 수 있는 VE와 리스크 관리 활동을 위한 기회를 창출할 수 있다. 이러한 결과로 프로세스 중 이해관계자의 분쟁 및 문제 발생 가능성을 감소시켜주면 설계단계에서 재료 최적화 및 건축 자재 가용성 및 건설 단계 중 리드 타임을 고려할 수 있다. 이러한 시공사의 실시설계단계 이전 프로세스 초기 참여는 상당한 이점을 가지고 있으나 전체 프로세스 단계를 이끌 수 있는 발주자의 역량 및 적절한 계약, 약관, 조건 등의 사용이 전제 조건이 되어야 할 것이다.

4. 결론

본 연구는 국내 기술제안형 입찰제도 중 하나인 시공책임형 CM 발주방식과 관련하여 설문조사 및 전문가집단조사를 실시하였다. 또한, 스마트 건설기술 활성화를 위한 발주방식의 장애요인을 파악하고, 이를 바탕으로 스마트 건설기술 활성화를 위한 개선방안 및 새로운 발주방식의 제안을 목적으로 수행되었다.

본 연구를 수행하기 위해 선행연구의 문헌조사 및 발주기관 담당자를 대상으로 심층인터뷰를 실시하여 시공책임형 CM 발주방식의 문제점과 스마트 건설기술 활성화를 위한 기술제안형 발주방식 도입에 있어 장애요인을 도출하였다. 또한, 설계사, 엔지니어링사, 시공사, 발주기관 담당자 등 업계 관계자 총 90명을 대상으로 계층화분석법(AHP, Analytic Hierarchy Process)을 활용하여 설문조사를 실시하고 설문조사결과를 바탕으로 제안된 발주방식 모델별 장애요인의 중요도를 산출하여 이를 바탕으로 최선안을 도출하였다.

연구결과, 스마트 건설기술을 프로세스 단계에 적용하기 위해서는 기본설계단계부터 프로세스 조기에 시공사의 설계관여 및 기술제안이 필요한 것으로 나타났다. 이 과정에서 설계사는 프로세스 초기단계부터 시공사와의 적극적인 커뮤니케이션을 통해 시공사의 설계관여에 관한 사항을 명확하게 반영할 수 있어야 하며, 시공사는 기본설계단계부터 스마트 건설기술을 반영하기 위한 설계관여와 기술제안이 필요하다. 하지만, 이러한 시공사의 실시설계단계 이전 프로세스의 조기참여에 대해서 상당한 이점을 가지고 있음에도 불구하고, 전체 프로세스 단계를 이끌어 나갈 수 있는 발주자의 역량, 적절한 계약, 약관, 조건 등의 제도적 개선이 필요할 것이다.

본 연구의 활용방안에 대해서는 스마트 건설기술의 활성화를 위한 시사점을 통해 현재 공공공사에 활용되고 있는 시공책임형 CM 발주방식과 기술제안형 발주방식 개선에 도움이 될 수 있으며, 나아가 스마트 건설기술 활성화를 위한 제도 개선 방안 마련을 위한 전략적인 접근의 가이드로 활용될 수 있을 것이다.

본 연구의 한계점은 다음과 같다. 첫째, 시공책임형 CM 발주방식을 중심으로 연구가 이루어져 종합심사낙찰제 등 다른 발주방식으로 확장하기 어려운 부분이 있다. 둘째, 시공책임형 CM방식의 프로세스 상 개선방안을 도출하였으나 기획단계, 기본설계단계, 실시설계단계, 시공단계 등 스마트 건설기술을 활성화시키기 위한 단계별 구체적인 개선방안을 제시하지 못하였다. 셋째, 현재 우리나라에서 시행되고 있는 시공책임형 CM 발주방식이 아닌 스마트 건설기술을 적극적으로 도입하고 있는 선진국 제도 벤치마킹을 통한 우리나라 제도 개선방안을 제시할 필요가 있다. 따라서, 향후 스마트 건설기술을 활성화시키기 위해 시공사가 전체 프로세스에 조기에 참여할 수 있는 우리나라 발주방식에 적용가능한 선진국의 정책·제도 연구와 함께 프로세스 이해관계자들이 스마트 건설기술에 대한 중요성을 높일 수 있는 인식전환에 대한 연구가 더 활성화되기를 기대한다.

요약

우리나라는 스마트 건설기술의 활성화를 위한 정책 및 제도기반이 정비되어 있지 않기 때문에 관련 법령과 제도 개선이 필요하다. 연구결과, 스마트 건설기술을 프로세스 단계에 적용하기 위해서는 발주 프로세스의 조기에 시공사의 설계관여 및 기술제안이 활성화될 필요가 있다. 또한, 시공사의 조기참여가 상당한 이점에도 불구하고, 그에 따른 발주자의 역량, 적절한 계약, 약관, 조건 등이 수반되어야 한다. 이러한 연구결과를 통해 시공책임형 CM 발주방식의 개선과 발주제도 개선을 위한 가이드라인 마련에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

키워드 : 스마트 건설기술, 시공책임형 건설관리 방식, 계층화분석법, 스마트 건설기술 발주제도, 시공사 조기참여

Funding

Not applicable

Acknowledgement

This study was supported by Korea Agency for Infrastructure Technology Advancement, funded by the Ministry of Land,

Infrastructure and Transport of Korea in 2020(RS-2020-KA156902).

ORCID

Ho-Il Lee,  <https://orcid.org/0009-0004-5323-2574>

Seung-Kook Park,  <https://orcid.org/0000-0002-0138-6561>

References

1. Lee JW, Lee JH, Hwang JW. Introduction to smart construction technologies in global construction projects. *Korean Society of Civil Engineers Magazine*. 2020 Sep;68(9):100-5.
2. Smart construction technology roadmap to innovate construction productivity and strengthen stability [Internet]. Sejong (Korea): Ministry of Land, Infrastructure and Transport. 2018 Oct. Available: https://www.codil.or.kr/filebank/files/201811/helpdesk/BBS_201811010848325131.pdf?atchFileId=FILE_00000000007539&fileSn=1
3. Lee GP, Choi SI. The direction of legislation for the revitalization of smart construction technology. *Construction Engineering and Management*. 2019 Jan;20(5):28-32.
4. Lee GP, Choi SY, Son TH, CHoi SI. Survey on smart technology applications of korean construction companies and strategies for activation [Internet]. Seoul (Korea): Construction & Economy Research Institute of Korea; 2019 Nov. Available: <https://www.cerik.re.kr/report/research/detail/2330>
5. Kim TH. Policy challenges and measures to promote smart construction. *Construction Economy & Industry Studies*. 2021 Jun;8(1):7-28.
6. The construction technology promotion act [Internet]. Sejong (Korea): Ministry of Land, Infrastructure and Transport; 2022 Jun. Available from: <https://www.law.go.kr/LSW/lsInfoP.do?lsiSeq=243073&urlMode=engLsInfoR&viewCls=engLsInfoR#0000>
7. The guidelines for smart construction technology revitalization [Internet]. Sejong (Korea): Ministry of Land, Infrastructure and Transport; 2021 Nov. Available from: <https://www.law.go.kr/LSW/admRulLsInfoP.do?admRulSeq=2100000206617>
8. Framework act on the construction industry [Internet]. Sejong (Korea): Ministry of Land, Infrastructure and Transport; 2021 Jul. Available from: https://elaw.klri.re.kr/kor_service/lawView.do?hseq=57456&lang=ENG
9. Construction management at risk pilot project guidelines [Internet]. Sejong (Korea): Ministry of Land, Infrastructure and Transport; 2016 Apr. Available from: https://www.molit.go.kr/USR/NEWS/m_71/dtl.jsp?lcmspage=1&id=95077321
10. Kim EJ, Yu IH. Suggestions to improve the system for introducing cm at risk system of specialty construction contractors. *Journal of the Regional Association of Architectural Institute of Korea*. 2015 Jan;17(2):129-36.
11. Han JH, Kim KT, Ahn YH. Major risk factors to implement cm at risk pilot project on the public sector. *Korean Journal of Construction Engineering and Management*. 2018 May;19(3):61-9.
12. Kim WY, Park HD. Introduction of CM at risk as public procurement system [Internet]. Seoul (Korea): Construction & Economy Research Institute of Korea; 2016 Mar. Available from: <https://cerik.re.kr/file/download/report/1860/?filename=%EC%9D%B4%EC%8A%88%ED%8F%AC%EC%BB%A4%EC%8A%A4%202016-05%ED%98%B8.pdf>
13. CM at Risk orders for complex sector workth KRW 830 billion this year [Internet]. Jinju (Korea): Korea Land & Housing Corporation; 2021 Mar. Available: https://www.lh.or.kr/gallery.es?mid=a10502000000&bid=0003&b_list=8&act=view&list_no=10403&nPage=39&vlist_no_npage=62&keyField=&orderby=