

# 교육시설 유지관리 BIM 기반 공종 패키지 플래닝 프레임워크

배창준, 박상현, 윤선재, 이미영, 구교진\*  
서울시립대학교 건축공학과

## A Planning Framework of BIM-based Work-Type Packaging for Educational Facility Maintenance

Chang-Joon Bae, Sang-Hun Park, Sun-Jae Yoon, Mi-Young Lee, Kyo-jin Koo\*  
Department of Architectural Engineering, University of Seoul

**요약** 교육시설 유지관리는 교육환경개선사업의 12개 단위사업별로 취합하고, 심의를 통해 최종 유지보수 대상이 선정된다. 실태조사의 평가점수로 우선순위가 결정되고 순차적으로 예산을 편성하여 진행된다. 우선순위는 유지보수공사 수행을 위한 일정표이자 발주를 위한 중요한 기준이 된다. 예산이 산출되는 실태조사단계와 우선순위 기준의 개별적 유지보수공사는 몇 가지 한계가 있다. 학교시설관리자는 물량산출에 한계가 있으며, 부정확한 소요예산이 도출되는 결과로 이어진다. 우선순위 기준의 유지보수공사는 개별적으로 분리 발주되어 불필요한 공사기간이 반영된다. 학생들은 학습 환경에서 불편함이 발생하고, 안전을 침해하는 기간이 늘어난다. 본 연구는 실태조사단계의 BIM 활용과 공종 패키지 플래닝 프레임워크를 제안하였다. BIM은 유지보수 대상의 물량정보를 지원하여 예산산출에 활용되며, 보수이력과 점검 결과가 연계하여 평가점수를 도출한다. 공종 패키지 알고리즘은 단위사업별 예산배정 구간을 구분하고, 동일한 공간과 부위에 투입된 공종이 그룹화된 결과를 도출한다. 사례적용 결과 공사기간은 기존 대비 약 37.4% 단축이 가능하였으며, 실무자 면담을 통해 공종 그룹화 대상을 도출 과정에서 활용성이 높은 것으로 평가되었다.

**Abstract** The maintenance of educational facilities was assembled in 12 project classifications of the Educational Improvement Program. The priorities were decided by the evaluation scores derived from the condition investigation, and maintenance works were budgeted in the order of priorities. These priorities were a schedule for conducting maintenance and an important criterion for obtaining a construction order. Several restrictions in the condition investigation exist, which derives budgets and conducts maintenance separately based on the priorities. An educational facility manager has a restriction in quantity take-off, which results in an incorrect budget. Discomfort would occur in an educational environment, and a period of infringing safety would increase. This study proposes applying a BIM in the condition investigation and the planning framework for work-type packaging. A BIM supports a budget calculation and derives evaluation scores by linking a repair and an inspection result. The work-type packaging algorithm divides a budget allocation range and derives the result of a grouped work-types applied in an equivalent space and element. As a result of applying cases, it could shorten the duration by approximately 37.4%. Its usability in selecting a grouped work-type was evaluated through an assessment with workers.

**Keywords** : Educational Facility, Maintenance, BIM, Work-Type Package, Planning

본 논문은 국토교통부 도시건축 연구개발사업의 연구비지원(20AUDP-B127891-04)에 의해 수행 되었습니다.

\*Corresponding Author : Kyo-Jin Koo(University of Seoul)

email: kook@uos.ac.kr

Received October 5, 2020

Revised November 9, 2020

Accepted December 4, 2020

Published December 31, 2020

## 1. 서론

### 1.1 연구 배경 및 목적

교육시설 사용자는 학생과 교사로 제한되며, 학습상담연구 등의 교육 활동기능이 수행된다[1]. 교육시설의 사용기간은 등하계 방학을 제외한 기간에 집중된다. 한정된 시간 내에 반복 사용하는 빈도가 높으며, 부주의에 의한 수선 및 교체가 빈번히 발생한다[2]. 일상적 유지보수는 학교 시설담당자에 의해 수행되며, 일정 규모 이상은 교육환경개선사업을 통해 진행된다[3]. 1989년 교육환경개선사업이 시작되어, 2019년 12개 단위사업으로 구분하여 진행되고 있다. 예산을 산출하는 실태조사단계와 단위사업별 개별적 공사 수행으로 몇 가지 한계가 있다. 실태조사단계의 물량정보는 학교시설관리자가 직접 입력하며, 수작업에 의한 오류와 개인별 기준에 따라 다르게 산출되어 예산이 다르게 산정된다. 다양한 대상에 대한 동일한 기준으로 산출된 물량정보의 활용 방안이 요구된다. 실태조사의 평가점수는 유지보수공사를 진행하는 기준이 되지만, 순위에 의한 개별적 진행으로 불필요한 공사기간이 반영된다. 학생들의 학습 환경에 불편함이 발생하고, 안전을 침해하는 기간이 늘어난다. 최근 분리발주로 인한 불명확한 책임, 공사기간 증가 등의 이유로 건설산업기본법에서 업역을 제한하는 규제가 2022년부터 시행될 예정이다. 본 연구는 교육환경개선사업에서 BIM 기반 물량정보 활용 방안과 공중 패키지 플래닝 프레임워크를 제안한다. 연구 대상은 S교육청 산하 G·S교육지원청의 공립학교로 한정하였으며, 2016년~2019년 교육환경개선사업 결과를 바탕으로 진행하였다.

## 2. 문헌고찰

### 2.1 교육시설 유지관리

교육시설 유지관리 연구는 생애주기비용(Life Cycle Cost, 이하 LCC) 분석과 수선주기, 이력정보 활용으로 구분된다. LCC 관련 연구로서 Kim et al.(2012)는 임대형 민간투자사업의 운영비용을 위한 작업분류체계 기반 LCC 예측 모델을 제시하였다[4]. Shin et al.(2014)는 유지관리 예산부족 문제의 해결방안으로 각 시도 지자체 시설관리 데이터를 활용한 중장기계획에 관한 예산항목을 제시하였다[5]. Kang et al.(2019)는 예방적 유지관리를 목적으로 학교시설의 상태등급을 반영한 Total

LCC 모델을 제안하였다[6]. 유지관리 수선주기 연구로서 Jung(2008)는 교육시설의 유지관리 수준 향상을 위하여 학교별 사용빈도, 지역 등을 고려한 유지관리 방안을 제시하였다[7]. Lee et al.(2009)는 공동주택 유지관리 수선기준을 활용하여 시설사용자의 사용패턴에 대한 변수를 고려한 수선기준을 제안하였다[8]. Park(2016)은 학교시설의 실적데이터를 활용한 수선기준 설정과 유지관리비 절감방안을 제시하였다[9]. 업무 개선과 이력정보 관리 연구로서 Oh et al.(2005)는 노후도 판단기준 미비, 유지관리 예산산출 근거부재, 장기수선 프로세스 미확립 등의 학교시설 유지관리 업무실태를 분석하였다[10]. Yu et al.(2006)은 최소의 유지관리 비용으로 최대 효과를 얻기 위해 유지관리 이력정보의 체계적인 수집과 관리 방안을 제안하였다[11]. Lee et al.(2007)은 여러 형태로 분산된 이력정보 관리를 위한 유지관리 이력관리 시스템(MHDS for Building)을 구축하였다[12]. 선행연구는 LCC를 활용한 비용 추정, 수선주기와 같은 분석기준 제시, 유지관리 정보의 수집과 관리를 위한 연구가 수행되었다. 교육시설 유지보수공사의 효율적인 수행을 위한 방법에 관련된 연구는 미흡하다.

### 2.2 BIM기반 유지관리

BIM 유지관리 관련 연구는 적용 가능성, 라이브러리 구축, 성능예측, 데이터 연계 등으로 구분된다. BIM 적용 가능성 관련 연구로서 Yoo et al.(2015)는 국외 사례를 통해 유지관리단계의 BIM 활용에 대한 시사점을 도출하였다[13]. Kang et al.(2016)은 BIM기반 유지관리 시나리오와 기존 프로세스를 비교하여 BIM의 적용 범위, 주체별 역할의 차이점을 제시하였다[14]. 라이브러리 관련 연구로서 Song et al.(2014), Cho et al.(2014), Nam et al.(2017)는 전기 및 통신과 기계설비의 정보교환을 위한 라이브러리 분류, 코드, 작성기준을 제시하였다[15],[16],[17]. 유지관리 데이터 연계 관련 연구로서 Moon et al.(2010)은 시설물의 위치, 이력, 도면 등을 BIM과 연계한 체계를 제시하였다[18]. Nah et al.(2013)은 BIM과 준공도서를 연계하여 자산관리를 위한 의사결정 체계를 구축하였다[19]. Koo et al.(2019)는 COBie(Construction Operation Building Information Exchange)를 활용하여 유지관리 업무와 연계한 스마트 유지관리 체계를 제시하였다[20]. 성능예측에 관한 연구로서 Kim et al.(2017)은 시멘트 웹에서 IFC(Industry Foundation Classes)와 유지보수 작업정보를 연계한 방안을 제안하였다[21]. Moon(2017)은 항

만시설의 이력데이터를 BIM과 연계하여 성능변동 예측, 유지보수 시점 도출 및 유지관리비 분석 방법을 제시하였다[22]. Kim et al.(2019)는 시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법(이하, 시특별)의 1,2종 시설물 대상으로 구조물의 점검결과를 BIM에 입력 가능한 체계를 제안하였다[23]. BIM 유지관리 선행연구는 기반 조성을 위한 라이브러리 개발, 유지관리단계 적용을 위한 체계 구축으로 구분된다. 선행연구의 BIM 활용성과 데이터 교환 방법을 바탕으로 실태조사단계의 소요예산 산출과 평가점수 도출과정에 적용하였다.

### 2.3 공중 패키지

공중 통합은 시공과정에서 세분화된 하도급체계로 인한 분쟁을 해결하기 위해 제안되었다. 선행연구로 Jung et al.(2003)은 시공단계에서 세분화된 하도급 구조로 인한 의사소통의 어려움, 시공성능 저하, 다양한 분쟁 등을 해결하기 위해 다공종 통합발주 방식을 제시하였다[24]. Song et al.(2003)은 기존 발주방식에서 빈번히 문제가 발생하는 공종을 도출하고, 문제의 유형을 분석하여 통합발주에 적합한 공종을 제안하였다[25]. Kwon(2007)은 하도급 비율 증가하여 현장의 업무량 증가, 산후행 공정 간 분쟁, 공기연장 등 해결을 위해 공중 통합을 제안하였다[26]. Kim(2013)은 주거시설을 대상으로 공중 통합을 제시하였으며, 공중 통합으로 인한 전문건설업체의 부도를 방지하고자 공구분할 방식을 적용하였다[27]. 선행연구를 통해 공중 통합의 효과로 관리의 용이성과 공기단축 및 품질향상이 제시되었다. 특히 동일한 공간 및 부위에서 수행되는 소규모 공사에서 유리한 것으로 나타났다.

## 3. 교육시설 유지관리 현황 및 사례분석

### 3.1 교육환경개선사업 프로세스

교육시설은 노후화에 따른 교체 및 보수, 보강사업으로 상태를 개선하고 성능향상을 위해 다양한 사업이 진행된다. 교육환경개선사업은 학교에서 자체적으로 실시되는 일상적인 유지관리 활동과 다르다. 학교별 사업요구서를 취합(4월)하여 실태조사와 심의를 거쳐 사업목적이 공개(10월)되는 절차로 진행된다. Figure 1 교육환경개선사업의 최종 선정단계는 다음 연도의 사업대상이 확정 및 결정된다. 공개된 사업목록을 바탕으로 교육지원청은 학교별 유지보수 공사 계획과 발주를 위한 자료로 활용

한다. 제한된 예산으로 전체 사업대상 중 일부만 실행된다. 실행되지 못한 사업은 다음 연도 사업대상에 순위를 높게 변경 및 반영하여 실행 가능성을 높인다.

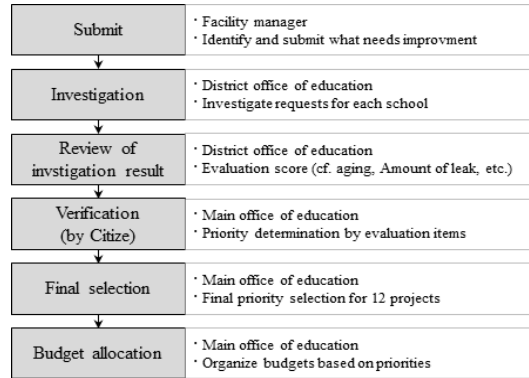


Fig. 1. Educational facility maintenance process

실태조사단계는 각 사업별 대상의 예산과 평가점수가 산출된다. 산출된 예산은 예산신청과 공사계약을 위한 근거자료가 되며, 평가점수는 사업 대상들 간의 우선순위를 결정한다. Figure 2는 학교시설통합정보시스템의 화장실개선(부분)의 물량정보와 평가항목별 상태정보를 입력하는 화면이다. 물량은 학교시설관리자에 의해 직접 입력되며, 잘못된 값 또는 개인별 기준에 따라 다르게 입력될 수 있다. 예를 들면 화장실 타일의 물량산출 방법(면적 및 평수, 시공나누기 등)에 따라 물량의 차이가 발생한다. 따라서 유지보수 대상의 물량정보를 지원할 수 있는 방안이 요구된다.



Fig. 2. Quantity information of toilet partial project using integrated information system

### 3.2 사례분석

#### 3.2.1 예산편성

Table 1. 2016-2019 Educational environment improvement project

	2016			2017			2018			2019		
	No. of project (①)	Total budget (②)	②/① (1,000 KRW)	No. of project (③)	Total budget (④)	④/③ (1,000 KRW)	No. of project (⑤)	Total budget (⑥)	⑥/⑤ (1,000 KRW)	No. of project (⑦)	Total budget (⑧)	⑧/⑦ (1,000 KRW)
Toilet	7	2,019,900	288,557	15	4,638,600	309,240	9	2,887,400	320,822	9	2,589,155	287,684
Electric	15	8,409,520	560,635	24	12,648,715	527,030	8	640,000	80,000	13	1,265,000	97,308
Cooling& heating	30	4,540,560	151,352	36	7,753,360	215,371	13	4,264,270	328,021	30	11,894,103	396,470
Window	67	20,831,400	310,916	75	20,783,600	277,115	56	15,681,800	280,032	40	14,148,600	353,715
External wall	11	4,740,000	430,909	16	7,032,000	439,500	13	5,532,000	425,538	7	3,491,400	498,771
Fire protect	2	287,840	143,920	-	-	-	1	92,000	92,000	6	1,466,000	244,333
Water-proof	20	1,966,950	98,348	14	984,270	70,305	11	795,600	72,327	12	1,067,040	88,920
Floor	5	1,302,000	260,400	13	3,056,000	235,077	8	2,155,080	269,385	5	1,363,080	272,616
Paint	9	448,700	49,856	10	455,500	45,550	11	564,960	51,360	8	555,075	69,384
External environ.	31	2,569,375	82,883	32	2,556,300	79,884	23	1,797,375	78,147	31	2,282,875	73,641
Cafeteria	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21	1,188,548	56,598
Etc.	32	5,162,265	161,321	32	5,162,265	161,321	25	2,772,449	110,898	28	3,323,379	118,692
Total	229	52,278,510		267	65,070,610		178	37,182,934		210	44,634,255	

교육환경개선사업은 각 시도 지자체별로 예산을 책정하여 운영된다. 사례분석을 통해 교육환경개선사업의 현황과 공종 그룹화 가능성을 분석하였다. 사례분석 대상은 S교육청 산하 G·S교육지원청의 초·중·고 공립학교를 대상으로 진행하였다. Table 1은 2016년~2019년까지 단위사업별 신청건수와 예산에 대한 현황이다. 프로젝트 건수 기준으로 창호공사, 냉난방공사, 외부환경공사, 기타공사를 중심으로 많이 요청되었으며, 예산은 창호공사,

냉난방공사, 전기공사, 외벽공사, 기타공사 순으로 높게 나타났다. 건수와 예산현황에서 창호공사와 냉난방공사의 비율이 높은 이유는 에너지 효율성을 높이기 위한 결과로 해석할 수 있다. 소방공사는 2018년 대비 2019년에 예산이 62.3%가 급격히 증가되었으며, 전기공사는 2017년 대비 2018년에 84.8%가 감소하였다. 단위사업별 예산의 규모는 건당 최소 4천5백만 원~7억4천9백만 원으로 소규모 및 중규모 이상의 공사로 분석되었다.

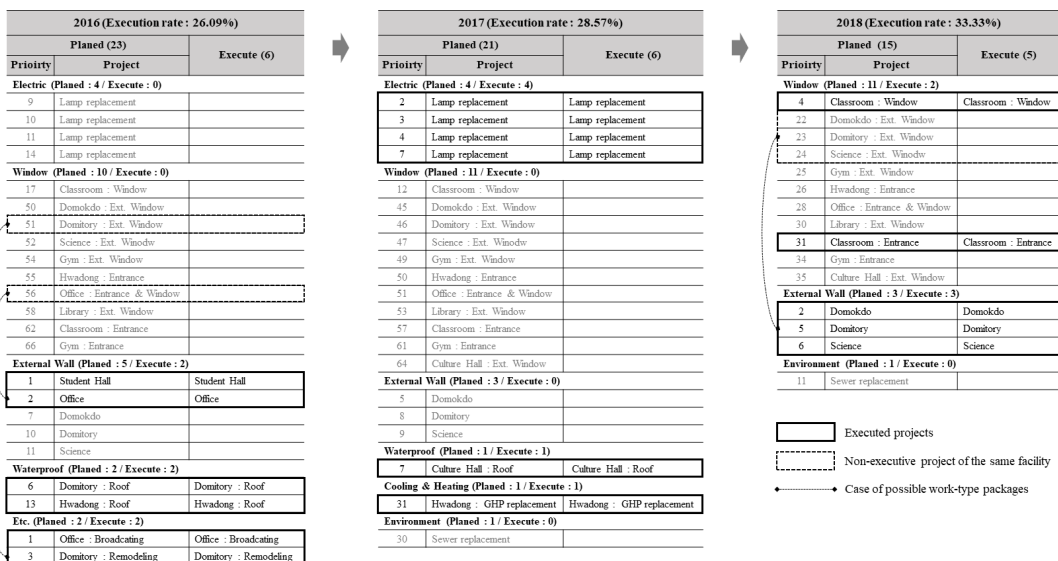


Fig. 3. Educational environment improvement of K high school 2016~2019

### 3.2.2 교육환경개선사업 계획과 실행

K고등학교 사례의 교육환경개선사업 계획과 실행을 분석하였다. Figure 3은 2016~2018년까지 K고등학교에서 교육환경개선사업의 계획과 실행된 프로젝트의 현황이며, 계획대비 실행율은 29.33%로 분석되었다. 2016년 계획된 프로젝트 23건 중에 6건이 진행되었으며, 실행되지 못한 17건은 2017년 사업목록에 순위가 변경되어 반영되는 것으로 나타났다. 한정된 예산 내에서 다수의 프로젝트를 모두 수행하는 것은 한계가 있으며, 실행되지 못한 프로젝트의 순위 변경을 통해 실행 가능성을 높인다. 교육환경개선사업은 12개의 단위사업별 우선순위에 프로젝트가 진행되지만, 공중 연계가 고려되지 못하는 것으로 나타났다. Figure 3 2018년에 계획된 프로젝트 목록에서 K고등학교의 도목도, 생활관, 과학동의 외벽 마감 교체공사 3건이 실행되었지만, 동일한 시설물 및 부위의 외부 창호 교체공사 3건은 실행되지 못하였다. 창호개선사업과 외벽개선사업을 구분하여 프로젝트의 진행 여부를 판단하기 때문이다. 사례와 같이 2018년 외벽마감 교체공사를 진행한 후, 2019년 외부의 창호교체를 진행한다면 각각 가설시설물이 2회 설치된다. 공중 연계를 고려하여 2018년에 진행이 되었다면, 가설시설물은 1회 설치되어 설치와 해체의 기간이 50% 줄어든다. 동일한 건물 및 부위에서 수행되는 공사는 공중 연계를 통한 관리가 요구된다. 교육환경개선사업의 12개 단위사업 모두 공중 패키지가 가능한 것은 아니다. 화장실개선, 급식실개선, 외부환경공사는 다수의 공종이 복합적으로 구성되고 다른 단위사업과 연계성이 낮다. 12개 단위사업 중에 3개 단위사업을 제외한 2016년~2019년까지 9개 단위사업의 706건을 바탕으로 공중 연계를 위한 부위별 공중 투입현황을 분석하였다. Table 2는 동일한 시설물에서 천장, 벽, 바닥 부위의 공중투입 현황에 대한 분석결과로 외벽 5개 공종, 천장 4개 공종, 내벽과 바닥 2개 공종으로 나타났다.

Table 2. Analysis of projects and elements (2016-2019)

Project \ Element	Ceiling	Wall		Floor
		Interior	Exterior	
Electric	●			
Cooling&heating	●			
Window		●	●	
External wall			●	
Fire protect	●			
Waterproof			●	●
Floor				●
Paint		●	●	
Etc.	●		●	

사례분석 결과 교육환경개선사업에서 계획된 프로젝트는 우선순위에 따라 순차적으로 진행되며, 실행되지 못한 프로젝트는 순위 변경을 통해 실행 가능성을 높이는 것으로 나타났다. 또한 동일한 시설물 및 부위에 투입되는 공종간 연계를 고려하지 않으며 개별적으로 진행되는 것으로 분석되었다. S교육청은 공기 단축과 관리의 효율성 향상을 목적으로 공중 통합 추진에 대한 방향을 발표하였다. 본 연구는 9개 단위사업의 공중 연계를 통하여 불필요한 공사기간의 발생을 줄이기 위한 공중 패키지 알고리즘을 제안한다.

## 4. BIM 기반 공중 패키지 플래닝 프레임워크

### 4.1 BIM 기반 공중 패키지 플래닝 프레임워크

본 연구는 교육시설 유지관리를 위해 Figure 4와 같이 BIM 기반 공중 패키지 플래닝 프레임워크를 제시하였다. BIM 기반 실태조사는 BIM 모델을 COBie로 전환하여 대상별 소요예산과 평가점수 산출에 활용한다. BIM 모델을 COBie로 전환하여 물량정보, 건물정보, 부위별 재료정보를 활용한다. COBie는 시설물 운영단계의 관련 정보를 관리하는 국제 표준이며, 스프레드시트 양식에 시

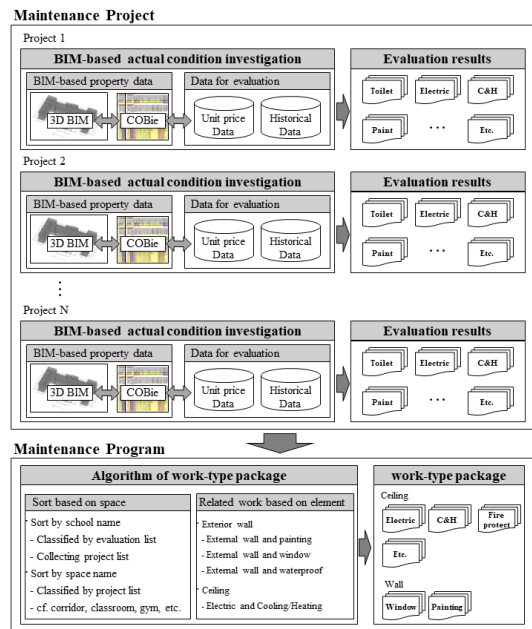


Fig. 4. Planning framework BIM-based work-type packaging

설물정보, 부위별 재료정보 및 물량정보가 기록된다. COBie의 물량정보는 소요예산 산출에 활용하며, 건물정보 및 부위별 재료정보는 평가점수 도출에 이용된다. 기존 실태조사단계와 같이 평가점수와 예산을 포함한 단위사업별 우선순위 도출도 가능하다. 공중 패키지 알고리즘은 동일한 연도에 계획된 프로젝트를 대상으로 동일한 부위에 투입되는 공중을 그룹화 한다. 공중 패키지 알고리즘의 결과는 공사기간의 비교는 가능하지만 공사비 분석은 포함하지 않는다.

#### 4.2 BIM 기반 실태조사

BIM은 실태조사단계에서 학교시설관리자에게 물량정보를 제공하고, 기존과 같이 평가점수에 의한 우선순위 작성을 지원한다. 정보의 추출 및 활용이 용이하도록 BIM 모델을 COBie로 변환한다. 교사동 1층 외벽 도장 공사에 대한 물량과 비용을 산출하는 경우, 학교시설관리자는 COBie에서 해당하는 물량 정보를 확인하여 입력하며, 교육청에서 공개된 기준단가를 적용하여 소요예산을 산출한다. 학교시설관리자는 견적을 위한 전문적인 지식이 없어도 COBie의 물량정보를 활용하여 예산산출이 가능하다. 평가점수는 평가항목별 개별점수를 합산하여 산출되며, 우선순위를 결정하는 기준이 된다. 평가항목은 단위사업 특성과 관계없이 공통적으로 적용이 가능한 항목, 단위사업 특성이 반영된 항목, 건물 관련 정보로 구분된다. Table 3은 BIM 속성정보, 보수이력, 점검결과 및 전력정보를 특성에 따라 분류한 결과이다.

Table 3. Evaluation items for score calculation

	Evaluation items	
BIM	• Building type • Material	• Quantity • Type of window
Repair data	• Elapsed year(as-built) • Elapsed year(repair)	• Number of repair
Input data (user)	• Adjacent Environment • Aging rate • Amount of leak • Broadcast operation • Broadcast signal transmission • Dredge or not	• Inspection result • Safety • Power Peak • Repair rate • Type of aging • Urgency • Video quality

실태조사단계에서 BIM 활용을 위해 데이터 특성에 따라 BIM 속성정보, 보수이력, 점검결과 및 전력정보로 구분하였다. BIM 모델에 모든 데이터를 입력하여 관리할 경우, 점검결과와 같이 시간의 흐름에 따라 변경되는 데이터의 갱신을 위해 많은 시간과 노력이 요구된다. BIM 속

성정보는 건물의 유형, 재료, 창문의 유형 정보 등으로 COBie에서 해당 정보를 포함한다. 보수이력은 단위사업 특성과 관계없는 사용년수, 유지보수 횟수 등과 같은 항목들로 구성된다. 점검결과 입력은 전기공사의 피크율, 방수공사의 누수에 의한 상태변화 등과 같이 점검을 통해 입력되며 단위사업 특성이 반영된 항목들로 구성된다. Table 4는 3D BIM, 보수이력, 점검결과 및 입력정보를 활용하여 교사동 외부창호의 평가점수를 산출한 예시이다. 외부창호에 대한 평가항목은 사용년수, 창호 유형, 노후율, 안전성 등 4개이며 1점~10점으로 입력된다. 각각의 평가항목별 점수는 가중치를 반영하여 최종 평가점수가 76점이 산출된다. 평가항목별 가중치는 현재 교육환경개선사업에 적용 중인 것과 동일하게 활용하였다.

Table 4. Example of evaluation score for external window

Item	Data	Type of data	Item score (①)	Weight (②)	①×②
Elapsed year(as-built)	25 years ≤	Repair	8	5	40
Type of window	Double window	BIM	6	3	18
Aging rate	30% ≤	Input	10	1	10
Safety	Water leak	Input	8	1	8
Total score					76

#### 4.3 공중 패키지 알고리즘

공중 패키지 알고리즘은 BIM 기반 실태조사 결과를 바탕으로 진행되며, 공사기간의 단축여부를 비교하여 선

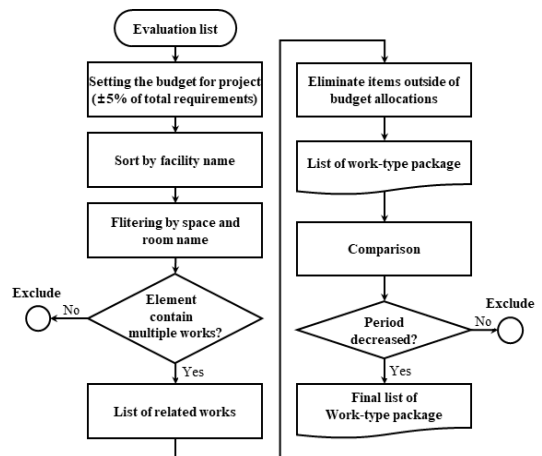


Fig. 5. Algorithm of work-type package

정한다. Fig 5의 공중 패키지 알고리즘은 예산배정 범위를 설정하고, 동일한 부위 기준으로 공중 패키지를 구성한다. 최종 결과물은 공중 패키지 결과와 기존 사업목표의 공사기간을 비교하여 선정된다.

예산배정 범위는 수집된 자료를 분석하여 단위사업별 평균 실행률로 예산배정 커트라인을 설정한다. 예산배정 확정, 예비, 제외 등의 구간은 유지보수 전체 건수의 ±5%로 결정되며, 선택적 기본 값으로 활용된다. 선택적 기본 값은 예산배정 제외 구간 설정과 해당 구간에서 그룹화 대상의 반영을 방지하기 위한 설정이다. Table 5는 도장공사의 예산배정 구간을 적용한 결과이다.

Table 5. Result of budget allocation for painting work

Painting work	Actual condition investigation		Classification of budget allocation
	Budget (1,000 KRW)	Priority	
BE, Interior	47,600	1	●
SM, Interior	44,200	2	●
YM, External	47,600	3	●
KM, Interior	62,900	4	△
DE, External	56,000	5	△
DM, Interior	56,100	6	△
SE, Interior	40,800	7	X
IM, Interior	57,800	8	X
SH, hall	21,250	9	X
SH, gym	21,250	10	X

전체 10건에 ±5%를 적용하여 소수점을 올림하면 ±1이 되며, 예산배정 예비 대상은 커트라인 5위 기준으로 4위와 6위가 해당된다. 상위 1위~3위는 예산배정 확실, 4위~6위는 예산배정 예비, 7위~10위는 예산배정 제외가 된다. 예산배정 제외구간에 포함되는 개선대상간의 그룹화 결과는 반영되지 않는다.

#### 4.4 사례적용 및 검증

BIM기반 공중 패키지 플래닝 프레임워크의 사례 적용과 교육환경개선사업 실무자 9명을 대상으로 면담을 실시하였다. BIM기반 실태조사는 K고등학교의 BIM 모델을 구축하여 적용하였다. 공중 패키지 알고리즘은 2016년~2019년 교육환경개선사업 항목에서 예산이 할당된 264건을 적용하였으며, 공중 패키지 결과와 공사기간을 비교하였다. Table 6은 2019년 K고등학교의 기존 실태조사 결과와 BIM을 활용한 실태조사 결과를 비교한 것

이다.

Table 6. Comparison of budget and priorities for K high school 2019

Project	2019 Actual condition investigation			
	Evaluation list		BIM based evaluation list	
	Budget	Priority	Budget	Priority
Windows (9)				
Domokdo ext. windows	16,400	7	17,067	7
Dormitory ext. windows	16,400	8	15,972	8
Science ext. windows	2,800	9	2,873	9
Gym ext. windows	16,400	10	16,702	10
Hwadong entrance	2,800	11	2,896	11
Office entrance	5,600	14	5,401	14
Library ext. windows	16,400	16	15,729	16
Gym entrance	2,800	19	2,863	19
Culture hall ext. windows	16,400	20	16,162	20
Painting (1)				
Student Hall Int. Wall	2,200	4	2,160	4
Cooling&heating (1)				
Office replacement	6,870	18	7,028	18
Environment (1)				
Sewer replacement	250	9	260	9
Cafeteria (1)				
Kitchen ceiling	15,000	14	14,556	14

2019년 K고등학교의 개선대상은 창호공사 9건, 도장공사 1건, 냉난방 1건, 외부환경 1건, 급식실개선 1건 등 총 12건이다. 기존 실태조사와 같이 동일한 결과를 도출하였지만, 예산은 차이가 있다. Table 6에서 도목도, 생활관, 체육관의 외부창호교체 예산이 동일하다. 건물의 형태에 따라 창호의 위치, 크기 등이 다르기 때문에 동일한 예산이 산출되지 않는다. 학교시설통합정보시스템에서 입력되는 물량이 부정확할 가능성이 있다. 12건의 우선순위는 동일한 보수이력, 점검결과 입력정보를 적용하였기 때문에 기존과 같은 결과가 도출되었다. BIM을 활용하여 기존 실태조사결과와 같이 예산과 평가점수 산출이 가능하다. BIM 모델 물량의 신뢰성은 향후 견적 전문가 검토 및 분석이 필요할 것으로 판단된다. 공중 패키지 알고리즘을 적용하여 건수 및 예산 비율과 적용효과를 확인하였다.

Figure 6은 건수와 예산 기준의 공중 패키지 결과이다. Figure 6 (a)와 (b)의 공중 패키지의 건수 및 비율에서 2017년 48.1%, 69.6%로 높게 나타났다. 상대적으로

2019년의 건수 기준 비율이 낮은 이유는 석면제거와 같은 기타공사가 다수 반영되었기 때문이다. 2019년 공중 패키지의 예산 비율이 2018년 보다 높은 이유는 예산이 많은 공종들 간 패키지가 되었기 때문이다.

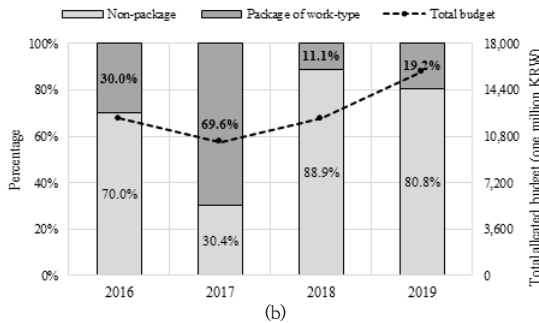
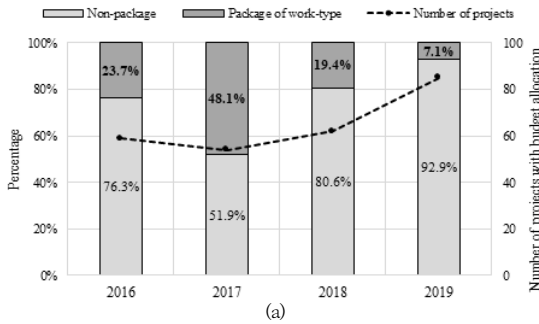


Fig. 6. Case application of algorithm (a) percentage of number and (b) percentage of budget

공중 패키지를 통해 공사기간을 단축하여 학습 환경의 불편함과 안전성을 침해하는 기간을 줄일 수 있다. 공중 패키지는 동일한 시설물 및 부위에 대한 복수의 공종을 그룹화 한다. Figure 7은 기존에 실제 개별적으로 공사가 수행된 상황을 공중 패키지로 수행할 경우의 공사기간을 비교한 것이다. 2018년 K고등학교는 생활관 외부 벽 부위의 마감교체와 창호교체를 요청하였다. 외부 벽 마감교체는 외벽개선공사에서 우선순위는 5위이며, 창호교체는 창호개선공사에서 23위로 선정되었다. 공사대장을 통해 2018년 외벽개선공사는 65일 동안 수행되었으며, 2019년 창호교체공사는 41일 동안 진행되었다. 개별적인 수행으로 전체 공사기간은 106일이 소요된다. 공중 패키지 알고리즘을 적용하면 2018년 생활관의 외벽 마감과 외부창호의 교체공사는 그룹화가 가능한 대상이다. Figure 7과 같이 2018년 또는 2019년에 분리되지 않고 1개의 공사로 진행하면, 총 69일의 공사기간이 소요되는 것으로 분석되었다. 기존에 개별적으로 수행된 공사기간

보다 37일 단축이 가능한 결과이다. 외부 벽 마감과 외부 창호 교체공사의 공통된 작업으로 가설재 설치와 보양작업, 해체 등 각각 1회만 진행되기 때문에 공사기간이 단축되는 효과가 있다.

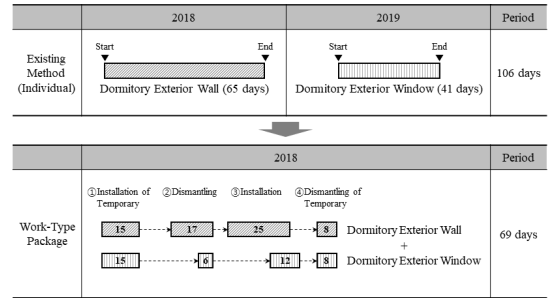


Fig. 7. Change in construction period by work-type package

Table 7은 공중 패키지 알고리즘이 적용된 결과와 기존의 공사기간을 비교한 결과이다. 사례의 공사기간은 기존과 같이 개별적으로 수행된 공사기간을 합산한 것이다. 공중 패키지는 기존 대비 평균 37.42%의 공사기간이 감소가 가능한 것으로 나타났다. 공중 패키지 알고리즘은 단위사업간 그룹화를 통해 공사기간의 단축 가능성은 확인되었지만, 공사비의 차이는 비교하지 못하였다. 향후 연구에서 공사기간의 변경에 따라 공사비의 분석에 관한 연구가 필요하다.

Table 7. Case application result of algorithm for work-type package

Year	Case (①, day)	Application result (②, day)	Reduction (②/①, %)
2016	793	500	36.95%
2017	1478	908	38.57%
2018	688	433	37.06%
2019	326	205	37.12%

본 연구의 공중 패키지 플래닝 프레임워크 타당성, 실무 적용성 검증은 5점 척도로 평가하였으며, 교육지원청의 교육환경개선사업 실무자들 대상으로 실시하였다. 면담 대상자의 직무분야는 건축, 토목, 전기, 기계설비로 구성되며, 평균 14년 이상의 실무경력을 보유한 9명의 실무자들이다. 공중 패키지 프레임워크의 타당성은 평균 78.7점으로 공중 패키지의 필요성 83.3점, 실무 프로세



스 반영 80.5점, 공중 패키지 구성절차 72.2점으로 평가되었다. 공중 패키지 구성절차에 비용을 반영한 기준이 추가된다면 결과의 신뢰성이 향상될 것이란 의견이 제시되었다.

공중 패키지 프레임워크의 실무 적용성은 평균 75점으로 물량산출 및 평가점수 산출의 용이성 88.8점, 공중 패키지 결과 77.8점, BIM 실무 활용성 58.3점으로 평가되었다. 교육시설 유지관리를 위해 구축된 BIM 모델과 운영을 위한 기반 조성이 미비하여 BIM 실무 활용성이 낮게 평가되었다. 그러나 BIM을 활용한 물량산출 및 평가점수 산출의 용이성과 공중 패키지 평가결과를 고려하면, 향후 BIM 적용과 공중 패키지 방안이 실무자에게 도움이 될 것으로 예상된다. 공중 패키지 프레임워크의 타당성과 실무 적용성에 대한 면담은 제한적인 대상자로 진행되었지만, 제한한 프레임워크의 실무적 활용 가능성이 확인되었다.

## 5. 결론

본 연구는 교육시설 유지관리를 위해 진행되는 교육환경개선사업의 효과적인 수행을 지원하기 위해 공중 패키지 플래닝 프레임워크를 제안하였다. 프레임워크는 BIM을 활용한 실태조사와 공중 패키지 알고리즘으로 구성된다. 실태조사단계는 BIM의 물량정보를 활용한 예산을 산출하고, 보수이력 및 점검결과 입력정보를 연계하여 평가점수가 도출되어 기존과 같은 사업목록을 작성할 수 있다. 공중 패키지 알고리즘은 복수의 단위사업을 그룹화하며, 기존 공사기간과 비교를 통해 공중 그룹화 대상을 선정한다. 본 연구의 공중 패키지 플래닝 프레임워크는 현행 교육환경개선사업의 절차를 기반으로 제안되었으며, 실무자 검증을 통해 실무적 활용이 있는 것으로 분석되었다. 실태조사단계의 사례 적용결과 소요예산 산출결과는 차이가 발생하였지만, 동일한 우선순위 도출이 가능하였다. 공중 패키지 알고리즘은 기존 대비 공사기간의 단축 결과를 제시하여 복수의 단위사업 통합 추진에 대한 가능성을 마련하였다. 실무자 면담을 통해 프레임워크의 타당성 평균 78.7점, 실무적 적용성 평균 75점으로 평가되었다. 공중 그룹화에 대한 신뢰성을 높이기 위하여 비용적인 측면에서 비교 및 분석을 지원할 수 있는 프로세스의 보완이 필요하다. 또한 실태조사단계에서 산출된 예산의 정확성과 공중 패키지 알고리즘의 예산배정 구간 설정의 객관성을 높이기 위한 추가적인 연구도 필요하다.

## References

- [1] K. H. Lee, C. U. Chae, "Establishment of the Preventive Maintenance Repair Time for the floor finishings in the Education facilities", *KIEAE Journal*, Vol. 19, No. 1, p. 89, Feb. 2019.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.12813/kieae.2019.19.1.089>
- [2] M. H. Lee, Y. H. Jung, T. K. Park, "A Study on the Establishment of Maintenance Standards(Repair Periods and Rates) of Educational Facilities", *Journal of the Architectural Institute of Korea Structure and Construction*, Vol. 25, No. 9, p. 145, Sep. 2009.
- [3] S. M. Lee, A Study on Criteria for Facility Improvement of Old School, Research Report, Korea Educational Development Institute, Republic of Korea, p. 7
- [4] T. J. Kim, C. K. Lee, S. J. Ji, T. K. Park, "School facility BTL project case based LCC prediction variable and work classification system drawing", *Proceeding of Annual Conference of the Architectural Institute of Korea*, Architectural Institute of Korea, Gwangju, Republic of Korea, Vol. 32, No. 2, pp. 589-590, Oct. 2012.
- [5] T. J. Shin, J. Y. Park, Y. I. Jeon, C. K. Lee, T. K. Park, "Current situation analysis of the maintenance expenses for school facilities through comparison between planned and real maintenance cost data", *Proceeding of Annual Conference of the Architectural Institute of Korea*, Architectural Institute of Korea, Busan, Republic of Korea, Vol. 34, No. 1, pp. 457-458, Apr. 2014.
- [6] S. H. Kang, S. Y. Kim, "A System Dynamics Model for Evaluation of Maintenance Cost Policy in Deteriorated School Building", *Journal of the Architectural Institute of Korea Structure and Construction*, Architectural Institute of Korea, Vol. 35, No. 12, pp. 181-188, Dec. 2019.  
DOI: [https://doi.org/10.5659/JAIK\\_SC.2019.35.12.181](https://doi.org/10.5659/JAIK_SC.2019.35.12.181)
- [7] Y. H. Jung, "A Study on the Survey of the Experts' Consciousness as to the Level in Maintenance Management of Educational Facilities", *KIEAE Journal*, Vol. 8, No. 6, pp. 57-62, Dec. 2008.
- [8] M. H. Lee, Y. H. Jung, T. K. Park, "A Study on the Establishment of Maintenance Standards(Repair Periods and Rates) of Educational Facilities", *Journal of the Architectural Institute of Korea Structure and Construction*, Vol. 25, No. 9, pp. 145-152, Dec. 2009.
- [9] T. K. Park, "Effective Maintenance Cost Down Methods of Educational Facility", *Journal of the Korean Institute of Educational Facilities*, Korea Institute of Educational Facilities, Asan, Republic of Korea, Vol. 23, No. 2, pp. 19-21, Mar. 2016.
- [10] J. H. Oh, C. K. Lee, M. H. Lee, T. K. Park, "A Study on the Present Condition about Maintenance Work Process in the Educational Facilities", *Proceeding of*

- Annual Conference of the Architectural Institute of Korea*, Architectural Institute of Korea, Jecheon, Republic of Korea, Vol. 25, No. 1, pp. 463-466, Oct. 2005.
- [11] D. K. Yu, C. K. Lee, M. H. Lee, T. K. Park, "A Study on the Comparative Analysis of Facilities Maintenance", *Proceeding of Annual Conference of the Architectural Institute of Korea*, Architectural Institute of Korea, Daegu, Republic of Korea, Vol. 26, No. 1, pp. 669-672, Oct. 2006.
- [12] C. K. Lee, Y. M. Cho, T. K. Park, "A Basic Study for Systematic Management of Operation & Maintenance History Information in Educational Facility BTL Projects", *Proceeding of Annual Conference of the Architectural Institute of Korea*, Architectural Institute of Korea, Chuncheon, Republic of Korea, Vol. 29, No. 1, pp.625-628, Oct. 2009.
- [13] S. E. Yoo, J. H. Yu, "Suggestion for Activation of BIM-based Facility Management in Korea", *Proceeding of Annual Conference of the Architectural Institute of Korea*, Architectural Institute of Korea, Seoul, Republic of Korea, Vol. 35, No. 1, pp. 497-498, Apr. 2015.
- [14] T. W. Kang, J. E. Kim, H. S. Choi, "Effectiveness Analysis of BIM-based Architectural Facility Management Scenario", *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol. 17, No. 11, pp. 10-19, Nov. 2016.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2016.17.11.10>
- [15] J. K. Song, G. H. Cho, J. S. Won, K. B. Joo, S. H. Bea, "Object Classification List for BIM-based Maintenance Information Modeling in Electrical and Telecommunications Field of Architecture", *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol. 15, No. 5, pp. 3183-3191, May. 2014.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2014.15.5.3183>
- [16] G. H. Cho, J. K. Song, K. B. Joo, "A Development of BIM Information Modeling Guide for Facility Management", *Proceedings of the KAIS Fall Conference*, Korea Academy Industrial Cooperation Society, Daejeon, Republic of Korea, pp. 440-441, May. 2014.
- [17] K. B. Nam, S. B. Yoo, "A study of BIM library and standard development for electrical equipment", *Proceedings of the KIEE Conference*, The Korean Institute of Electrical Engineers, Yongpyong, Republic of Korea, p. 177, Oct. 2017.
- [18] S. W. Moon, M. K. Park, "Using BIM technology in facility maintenance management system development", *KSCE 2010 Convention*, Korean Society of Civil Engineers, Jeonju, Republic of Korea, pp. 2020-2023, Oct. 2010.
- [19] H. S. Nah, W. S. Choi, N. G. Kim, H. S. Moon, M. B. Seo, "A Method of Facility Management based on BIM", *Proceedings of the Korea Contents Association Conference*, The Korea Contents Society, Republic of Korea, pp. 435-436, May. 2013.
- [20] K. J. Koo, S. H. Park, D. H. Cho, "COBie Document Prototype for supporting BIM based Smart Maintenance of Buildings", *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol. 20, No. 12, pp. 60-68, Dec. 2019.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2019.20.12.60>
- [21] K. R. Kim, J. H. Yu, "Automated Priority Management for BIM-based Maintenance Work using Semantic Web", *Journal of the Architectural Institute of Korea Planning and Design*, Vol. 33, No. 1, pp. 53-61, Jan. 2017.  
DOI: [http://dx.doi.org/10.5659/JAIK\\_PD.2017.33.1.53](http://dx.doi.org/10.5659/JAIK_PD.2017.33.1.53)
- [22] H. S. Moon, "A Visual Historic Management Model for Predicting Maintenance Performance based on Port BIM Standards", *KSCE 2018 Convention*, Korean Society of Civil Engineers, Busan, Republic of Korea, pp. 67-68, Oct. 2018.
- [23] M. J. Kim, M. S. Kim, "Management of Building Safety and Maintenance Information using BIM in the Changing Construction Market", *Review of Architecture and Building Science*, Vol. 63, No. 6, pp. 67-70, Jun. 2019.
- [24] S. H. Jung, C. H. Han, D. H. Cho, "A Study on Construction Subcontract System Reform for Improvement of Construction Productivity", *Journal of the Architectural Institute of Korea Structure and Construction*, Vol. 19, No. 10, pp. 64-74, Oct. 2003.
- [25] H. S. Song, K. T. Kim, C. H. Han, S. K. Kim, "Definition of a Integrated Contract Package for Application of Multi-Trade Subcontract System", *Proceedings of the Korean Institute Of Construction Engineering and Management*, Korean Institute of Construction Engineering and Management, Republic of Korea, pp. 385-388, Nov. 2002.
- [26] H. W. Nam, W. Kwon, J. S. Lee, J. Y. Chun, "An Improved Method of Placing a Subcontract Order to Maximizing Construction Productivity", *Proceeding of Annual Conference of the Architectural Institute of Korea*, Architectural Institute of Korea, Changwon, Republic of Korea, Vol. 27, No. 1, pp. 721-724, Oct. 2007.
- [27] Y. W. Kim, *Improvement of Subcontracts by Integrating Multi-Trade Works in Residential Building Construction*, Master's thesis, University of Seoul

배 창 준(Chang-Joon Bae)

[정회원]



- 2019년 8월 : 서울시립대학교 일반대학원 건축공학과 (공학석사)
- 2020년 1월 : 대림산업 주택BIM 팀

<관심분야>

BIM, 유지관리

이 미 영(Mi-Young Lee)

[준회원]



- 2019년 9월 ~ 현재 : 서울시립대학교 일반대학원 건축공학과 (석사 과정)

<관심분야>

LCC, 유지관리

박 상 헌(Sang-Hun Park)

[정회원]



- 2013년 2월 : 서울시립대학교 일반대학원 건축공학과 (공학석사)
- 2013년 3월 ~ 현재 : 서울시립대학교 일반대학원 건축공학과 (박사 과정)

<관심분야>

BIM, 원가관리, 공정관리, 유지관리, 정보관리

구 교 진(Kyo-Jin Koo)

[정회원]



- 2000년 12월 : University of Wisconsin-Madison (공학박사)
- 2002년 2월 ~ 현재 : 서울시립대학교 도시과학대학 건축학부 정교수

<관심분야>

BIM, 설계·시공 통합관리, 문서·지식 관리, 유지관리

윤 선 재(Sun-Jae Yoon)

[준회원]



- 2020년 2월 ~ 현재 : 서울시립대학교 일반대학원 건축공학과 (석사 과정)

<관심분야>

공정관리, 머신러닝, BIM, 원가관리