

하이테크 공장의 효율적 건설 사업비 분석 및 예측을 위한 WBS·CBS 기반 건설정보 분류체계 구축

Establishment of WBS·CBS-based Construction Information Classification System for Efficient Construction Cost Analysis and Prediction of High-tech Facilities

최성훈, 김진철, 권순욱

성균관대학교 미래도시융합공학과

Seong Hoon Choi(sabinchoi@gmail.com), Jinchul Kim(jinchulli@naver.com),
Soonwook Kwon(swkwon@skku.edu)

요약

국가 경제를 이끌고 있는 하이테크 산업은 일반 건축물에 비해 투자비 규모가 크고 공사 기간이 짧으며 지속적인 투자가 필요한 특성으로 인하여 정확한 공사비 예측과 빠른 의사결정은 효율적인 비용 및 공정 관리를 위한 중요한 요소이다. 국외의 경우, 1980년부터 건설정보 분류체계 표준화를 시행하고 지속적인 발전을 이루어, 체계적으로 프로젝트 전 생애 주기 정보를 수집·활용하는 등 건설 생산성을 향상시키고 있다. 반면, 국내의 건설 현장에서는 건설정보 분류체계의 표준화를 위한 시도들이 있었으나, 표준화 주체의 부재, 건설사별 비용 및 공정관리 방식의 차이로 인한 지속적인 표준화 및 체계화가 이루어지는 데 어려움을 겪고 있다. 특히 하이테크 산업의 경우, 큰 규모, 수많은 공종, 복잡한 공사, 보안 등의 문제로 인하여 하이테크 공장 건설을 위한 건설정보 분류체계 표준화·체계화 수준이 매우 낮다. 따라서 본 연구의 목적은 국내 건설된 관련 프로젝트 데이터를 수집·분류·분석을 통하여 하이테크 공장 건설에 적합한 건설정보 분류체계를 구성하는 데 있다. 본 연구를 통해 분류·분석된 WBS(Work Breakdown Structure)·CBS(Cost Breakdown Structure)를 기반으로 계층적 구분을 통한 코드체계를 제안하였고, WBS와 CBS를 연계를 통한 건축물의 비용 모델을 입체화 및 활용 방법을 제시하였다. 이를 통하여, 일반적인 건설정보 구분 체계인 일 방향의 트리구조를 벗어나 상호 관계성을 기반으로 한 정보 분류체계가 가능하여, 공사 기간 단축 및 비용 절감 등 효과를 극대화할 수 있을 것이다.

■ 중심어 : | 건설정보분류 | WBS | CBS | 하이테크 공장 |

Abstract

The high-tech industry, a leader in the national economy, has a larger investment cost compared to general buildings, a shorter construction period, and requires continuous investment. Therefore, accurate construction cost prediction and quick decision-making are important factors for efficient cost and process management. Overseas, the construction information classification system has been standardized since 1980 and has been continuously developed, improving construction productivity by systematically collecting and utilizing project life cycle information. At domestic construction sites, attempts have been made to standardize the classification system of construction information, but it is difficult to achieve continuous standardization and systematization due to the absence of a standardization body and differences in cost and process management methods for each construction company. Particular, in the case of the high-tech industry, the standardization and systematization level of the construction information classification system for high-tech facility construction is very low due to problems such as large scale, numerous types of work, complex construction and security. Therefore, the purpose of this study is to construct a construction information classification system suitable for high-tech facility construction through collection, classification, and analysis of related project data constructed in Korea. Based on the WBS (Work Breakdown Structure) and CBS (Cost Breakdown Structure) classified and analyzed through this study, a code system through hierarchical classification was proposed, and the cost model of buildings by linking WBS and CBS was three-dimensionalized and the utilized method was presented. Through this, an information classification system based on inter-relationships can be developed beyond the one-way tree structure, which is a general construction information classification system, and effects such as shortening of construction period and cost reduction will be maximized.

■ keyword : | Construction Information Classification | WBS | CBS | Hi-tech Facility |

* 본 연구는 국토교통부 도시건축 연구개발사업의 연구비 지원(21AUDP-B127891-05)에 의해 수행되었습니다.

접수일자 : 2021년 07월 12일

심사완료일 : 2021년 07월 23일

수정일자 : 2021년 07월 22일

교신저자 : 권순욱, e-mail : swkwon@skku.edu

I. 서론

1. 연구 배경 및 목적

현재 국가 경제를 이끌고 있는 반도체와 디스플레이를 포함하는 하이테크 산업은 매년 수출 규모가 증가하는 추세에 있으며[1], 이러한 추세에 맞추어 제품 생산을 위한 공장 신축 및 리모델링이 급증하고 있는 실정이다. 하이테크 공장 건설의 경우 내부 설비, 장비 등이 일반 건축물에 비해 큰 비중을 차지하고 있으며, 구성이 복잡하고 공사 규모 및 비용이 매우 큰 특징을 가지고 있다.

본 연구에서 제시하는 하이테크 공장은 1990년대 이후 경제 성장을 주도하고 있는 IT, 반도체, 전자, 바이오 등의 제품을 생산하는 공장 중에서 특히 높은 청정도를 요구하는 클린룸이 필요한 반도체와 디스플레이를 만들기 위한 생산 환경으로 정의한다. 이러한 대규모의 하이테크 공장 건설에서는 공장 가동은 곧 제품의 생산과 이익 실현을 의미하여, 제품 생산 시점은 수익의 가장 큰 요인으로 작용한다. 따라서 기획, 시공단계에서의 제품 생산 시점, 생산량, 목적, 규모 등을 고려한 일정이 반영된 투자비를 정확하게 산정하는 것이 중요한 의사결정 요소이다[2]. 투자 비용의 정확도를 높이기 위해서는, 과거 수행된 프로젝트의 투자 비용에 대한 정보와 프로젝트 진행 도중 발생한 건설 활동에 대한 정보 확보가 필요하나, 건설정보를 수집하고 축적할 때 정보분류체계의 부재 또는 개별성으로 인하여, 체계적이고 지속적인 건설정보 구축에 어려움이 있다. 또한 건설 활동 주체 상호 간에 업무 특성별 건설정보의 활용에도 많은 불편을 초래하고 있다[3].

특히, 하이테크 공장 건설은 내부 설비, 생산설비의 배치, 장비 공사 내역 등에 대한 정보가 매우 민감하고 중요하여, 공사 예산 및 공종별 내역 정보의 수집에 어려움이 있다. 따라서 구체적인 내용이 담긴 실적 공사비를 기반으로 하이테크 공장 건설 공사의 특성을 반영한 표준화된 체계화된 건설정보 체계 수립이 필요하다.

본 연구는 하이테크 공장 건설 공사의 실적 공정표와 내역서를 비교, 분석하여, 건설 규모가 크고 구조가 복잡한 하이테크 공장의 특성을 반영한 표준화된 1WBS

와 2CBS를 제시하는 데 목적이 있다. 또한 본 연구에서 제시한 하이테크 공장 건설 분류체계(WBS, CBS)의 활용성 및 확장성을 위하여, 코드 부여를 통한 시스템에 활용이 가능한 데이터 연계 기준을 수립하여 데이터 기반의 빠른 의사결정 및 건설 업무의 효율성 제고에 기여하고자 한다.

2. 선행연구 고찰

정부와 기업은 건설 프로젝트의 효과적인 분석 및 예측을 위해 건설정보 체계에 대한 표준체계 구축을 위해 노력해 왔으며, 표준화된 건설정보 구축을 통한 데이터 확보 및 소프트웨어 개발을 위한 다양한 연구가 이루어지고 있다. 국내의 건설정보 분류체계는 공사비 관리를 위한 활용성 측면에서 실적 공사비 체계, 공사 시방서 체계, 작업 분류체계(WBS) 등으로 구분되어 데이터 구축 및 활용에 관한 연구가 진행되어왔다[4].

초기에는 공정이나 내역 산출을 위한 데이터 기반의 건설정보 분류체계였으나, 2000년대 3BIM 도입 이후에는 BIM 기반 건설정보 분류체계에 대한 연구가 활발하게 이루어지고 있다.

초기의 연구로서 박환표(1996)는 ‘한국의 건축정보 분류체계 표준화 연구’를 통해 건설정보의 표준 분류체계에 대한 방안을 제시하여 설계 및 시공단계에서 통일된 표준 코드를 사용할 수 있는 방안을 제시하였고, 황진하(2005)는 ‘복합 분류체계에 기초한 건설 프로젝트 관리’에서 토목 분야에서의 계층적 모델링을 통한 구조적·절차적 분할 체계를 통해 단일 레벨로 구성된 복합 분류체계 방안을 보여 주었다. 옥현(2013)은 ‘국내 건설정보 분류체계 개선 방향에 대한 연구’를 통해 활용이 미흡한 국내의 건설정보 분류체계의 문제점을 파악하고, 실용화를 위한 전담기관의 운영, 국가 표준체계 구축, 활용 기준 및 가이드라인 제시가 필요하며, 실무

1 프로젝트의 공정 목표를 달성하고 목표 업무를 기반으로 분할된 계층 구조 체계.

2 CBS (Cost Breakdown Structure:원가 분류체계)

3 프로젝트의 다양한 비용을 분류거나 계층적으로 표현한 구조 체계.

4 BIM (Building Information Modeling : 빌딩 정보 모델링)
: 건설 전 분야에서 수명주기 동안 의사결정의 근거를 제공하는 디지털 모델과 업무 절차를 말함. (건축 분야 BIM적용 가이드 (2010) 국토해양부)

에 적용하기 위해서는 우수사례 발굴 및 실적공사비 제도 적용, ISO 국제표준, BIM, 건설정보시스템과의 연계를 통한 건설 환경 변화의 필요성을 제시하였다.

BIM 도입 이후에는 김한준(2013)은 '개방형 BIM 기반 개산 전적을 위한 데이터 모델 구축 방안'에서 BIM 모델의 속성을 기반으로 데이터 모델 구축하여 공공 발주 실적 공사비를 도출을 위한 방안을 제시하고 있다. 플랜트 건설 분야의 강미연(2013)은 '해외 발전소 건설의 효율화를 위한 표준 분류체계 상위 구조'에서 해외 건설 수주로 인한 플랜트의 표준분류체계 필요성을 강조하였고 해외 발전소의 표준 분류체계를 제시하고 있다. 임혜경(2016)은 플랜트 건설에서 원가 산정을 위한 온톨로지를 활용한 지식체계를 제시하였다. 남정용(2017)은 'BIM 기반의 WBS 구축을 위한 정보 프레임 워크 도입 방안 연구-토목사업의 적용을 중심으로'에서 BIM 기반의 WBS를 도입하여 공정 및 공사비 관리를 통합적으로 관리할 수 있는 정보 프레임워크 기반의 체계적인 정보 체계를 구축하였다. 박소현(2018)은 'BIM 기반 건축 정보 구축 및 활용을 위한 한국형 정보 표현 수준에 관한 연구'에서 건축 단계별 BIM 기반 업무 수행을 위해 요구되는 4BIL을 제시하여 BIM 기반 업무 기준 확보 및 BIM 데이터 구축 및 활용 방안을 제시하고 있다. 최원영(2019)은 '협력적 필터링을 통한 건설 정보 분류체계의 적정성 평가'를 통해 사용자의 이용통계를 분석하여 이용 패턴을 연관성 기준으로 건설정보 서비스에 대한 분류체계의 적정성을 평가하고 있다.

하이테크 공장 건설에 관한 연구는 건설공법이나 기술 적용에 관한 연구는 존재하지만, 건설기준정보 체계에 관한 연구는 아직 사례가 없다. 일반 건축물의 분류체제로 정보를 표준화하기에는 생산량과 설비를 중심으로 하는 하이테크 공장 건설에 적용하기 어렵다. 이러한 한계를 극복하기 위해서 현장 담당자의 경험에 의존하는 내역 관리를 기존 프로젝트에 대한 분석 및 체계화를 통해 시스템에 의한 건설정보를 운영할 수 있도록 표준화된 분류체계 수립이 필요하다.

표 1. 기존 연구와의 차별성

구분	연구자	년도	차별점
한국의 건축정보 분류체계 표준화 연구	박환표	1996	특수 공사에 적용 및 활용할 수 있는 정보 분류체계 구축
복합 분류체계에 기초한 건설 프로젝트 관리	황진하	2005	실적 공사 기반의 전산화 될 수 있는 구체적인 정보 분류체계 제시
국내 건설정보 분류체계의 개선방향에 대한 연구	육현	2013	현실적 문제점을 반영한 용도의 특수성을 반영한 건설 분류체계 제시
개방형 BIM기반 개산전적을 위한 데이터 모델 구축 방안	김한준	2013	데이터 기반의 건설정보 분류체계 구축을 통한 다양한 시스템 적용 가능
해외발전소 건설의 효율화를 위한 표준분류체계 상위 구조	강미연	2013	대형 생산시설에 적용 가능한 계층적 구분 적용
원가산정을 위한 분류체계 활용한 지식체계 개발	임혜경	2016	실질적으로 적용 가능한 계층적 WBS-CBS 구성 및 코드화 구현
BIM기반 WBS 구축을 위한 정보 프레임 워크 도입방안 연구	남정용	2017	WBS-CBS구체화 및 연계를 통한 체계성 확보
BIM기반 건축정보 구축 및 활용을 위한 한국형 정보표현 수준에 관한 연구	박소현	2018	3D 객체 중심이 아닌 실제 데이터 기반의 공정 및 비용에 대한 분류체계를 통한 시스템 적용성 확보
협력적 필터링을 통한 건설 정보 분류체계의 적정성 평가	최원영	2019	발주자 중심의 표준체계 구축을 통한 적용성 확보

3. 연구의 방법 및 범위

2012년부터 건설된 하이테크 공장 건설 5개의 프로젝트에 대한 실적 공사 공정표와 내역서를 비교, 분석하여, 건설 규모가 크고 구조가 복잡한 하이테크 공장 건설정보의 특성이 잘 반영된 표준화 체계인 5PBS, 6FBS, WBS와 CBS를 제시하는 데 목적이 있다. 또한 본 연구에서 제시한 하이테크 공장 건설 분류체계(PBS, FBS, WBS, CBS)의 활용성 및 확장성을 위하여 코드 부여를 통한 시스템 연계 가능한 데이터 연계 기준을 수립했고, 기존 분류체계와 차별화된 하이테크 공장 건설 분류체계의 효율적인 활용 방안을 제시하였다.

표 2. 하이테크 공장 건설 데이터 수집 대상

구분	건축행위	준공년도	연면적	규모
PJT-1	신축	2012	30만평	지하2층, 지상6층
PJT-2	신축	2018	39만평	지하2층, 지상7층
PJT-3	증축	2016	2천평	지상1층
PJT-4	증축	2013	3천평	내부설비
PJT-5	신축	2012	6만평	지상7층

4 BIL(Building Information Level : 시설물 정보표현수준) : 데이터의 속성 및 형상 표현의 상세 수준을 의미함. 건축 프로세스의 각 단계에 따른 데이터 작성 수준을 지정하기 위해 지정. [5]

5 PBS(Physical Breakdown Structure : 시설 분류체계) : 사업 수행을 위한 물리적으로 분리된 시설물에 대한 구분 체계
6 FBS(Functional Breakdown Structure : 기능 분류체계) : 결과 도출을 위한 제반 기능의 구조화된 모듈 구분 체계

II. 하이테크 공장 건설정보 구축 현황

1. 건설정보 분류체계 현황

1.1 국내 건설정보 분류체계 현황

건설정보 분류체계 정립에 대한 필요성은 표준체계에 의한 데이터 호환을 위해 오래전부터 요구됐으며, 국가에서는 공공부문에서 1990년대부터 ISO를 기반으로 하는 건설정보 체계의 본격적인 개발을 진행해 왔다.

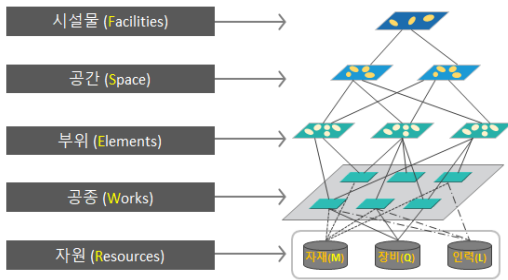


그림 1. 건설정보 분류체계 적용 기준 (건설 사업 정보화 시스템(CALS)_건설정보 분류체계)

1998년에 정부는 건설 사업 정보화 시스템(CALS)을 도입하여 건설 전 단계에 걸쳐 통합 정보화 전략을 수립하고 약 20년 이상 표준 정보화 사업을 추진하고 있으나, 건설정보 분류체계에 대한 분류 및 코드화에 대한 체계는 구체적인 성과를 내지 못하고 있다.

2006년 건설교통부에서 고시를 통해 건설정보 분류 체계에 대한 기준을 제시하고 있으나 발주처, 건설사, 협력업체의 목적에 맞게 변형하여 활용하거나 새로운 기준 체계를 수립하는 등 문제가 발생하고 있다. 2010년 이후에는 BIM이 본격적으로 도입되면서 건설 분류 체계의 표준화에 대한 중요성을 인식하고 3D 객체 기반의 정보분류체계에 관한 연구가 활발하게 이루어지고 있지만, 발주자와 시공사, 시공사와 협력사 간 기준 정보 체계 불일치로 인하여, 건설정보의 구축 및 활용이 실무에 적용하기 어려운 실정이다.

표 3. BIM정보 분류체계 구분

구분	상세구분	설 명
BIM 객체 분류체계	공간객체	건물의 층, 구역, 실 등 공간범위 정의
	부위객체	기둥, 벽, 문, 창 등 물리적 시설구성
BIM 속성분류체계		식별, 형상, 물성, 참고 등 특성부여

건설 분류체계의 표준화에 대한 중요성을 정부와 기업 모두 인식하고 있으나, 현실적으로 표준화된 정보체계를 기반으로 한 일관성 있는 데이터를 확보하기 어렵다. 프로젝트 수행에 있어 건설정보 분류체계가 표준화되지 못한다면 건설 주체별로 기준이 다른 데이터를 양산해낼 수밖에 없다. 이로 인해 발주처뿐 아니라 건설사, 협력업체에서는 업무 수행의 효율이 저하될 뿐 아니라, 생산된 데이터를 다른 프로젝트에서는 활용하기 어렵다.

1.2 국외 건설정보 분류체계 현황

건설정보 분류체계의 틀을 시스템적으로 갖추고 있는 북미의 경우는 1978년부터 MasterFormat을 지정하여 상업 및 기관 건물 프로젝트에 대한 사용에 표준으로 활용하고 있는데 건설 사업의 각종 정보, 결과, 업무 등을 표현하기 위해 48개 Division으로 구성되어 있다. 유럽의 경우는 1980년대부터 유럽 규격 위원회의 기술 위원회가 책정한 Eurocode를 구축하여 구조물의 설계 방법에 관한 기준으로 활용하고 있다. 유로 코드는 10개의 Series로 구성되며, 총 60권이 넘는 문서로 구성된 건축물, 토목 구조물을 모두 포함하고 있는 포괄적인 기준 체계이다. 일본에서는 건설 분류 시스템인 Japanese Construction Classification System (JCCS)을 개발하여 활용하고 있다. JCCS는 건설 수행에 사용되는 정보를 통합하고 공유를 하기 위한 분류체계로서 건축과 토목을 통합 표준화하여 교환, 공유 제후를 실현하기 위해 구축되었다. 기본 코드체계와 JCCS 클래스 및 복합화 규칙의 3개의 구성요소로 구성되어 있는데 건설 정보화 사업 수행을 위해 1985년 설립된 건설정보 종합센터(JACIC)에서 관련 업무를 총괄하여 정보시스템의 구축 및 활용을 통해 생산성 향상을 도모하고 있다. 싱가포르에서는 산업 전반에 필요한 정보를 CDE (Common Data Environment) 표준을 수립하여 건설 산업에도 적용하여 활용하고 있다. 이러한 표준 정보 체계를 기반으로 2010년부터 BIM 기반의 VDC (Virtual Design and Construction) 시스템을 건설 프로젝트에 활용하여 생산성 향상을 꾀하고 있다.

북미, 유럽, 일본 등의 선진국에서는 이미 산업표준을 수립하여 활용함으로써 건설 주체 간의 원활한 소통을 통

해 효율을 높이고 있으며 프로젝트 업무 개선을 통해 건설 비용 및 일정 절감 효과를 보고 있다.

2. 하이테크 공장 건설정보 분류체계

2.1 하이테크 공장 건설에서의 건설정보 분류체계

건교부에서는 일반 건설에 적용할 수 있는 분류체계를 시설물, 공간, 부위, 공종, 자원의 5단계로 구분하고 있다. 하이테크 공장 건설 공사내역서를 분석한 결과 일반 건축물과 차별화는 클린룸 구성요소나 생산에 필요한 가스 및 액체의 종류 구분의 추가가 요구되며, 상세 공사 분류에 대한 자재비 및 노무비를 산출하기 위해 자재 기반의 단가 기준이 필요하다. 하이테크 공장 건설의 구성요소를 살펴보면, 첫 번째는 클린룸에 대한 기능적인 요소이며, 두 번째는 공급되는 가스 및 액상에 의한 분류이고, 세 번째는 상세 공사에서 사용되는 재료 기반의 자재비 및 노무비에 대한 일위대가 요소이다. 이 세 가지 요소를 정부에서 지정한 건설정보 분류체계에 추가하여 일반 건축물의 건설 분류체계보다 하이테크 건설에 적합한 8단계로 구성된 차별화된 건설 기준 정보 분류를 구성할 수 있다.

표 4. 하이테크 공장 건설정보 분류 구성

No	건교부 건설정보분류	하이테크 건설정보 분류	하이테크 분류 사례
1	시설물 (Facilities)	시설물 (Facilities)	FAB, UT동, 사무동
2	공간 (Space)	공간 (Space)	CR/MR, 공사 Zone
3	부위 (Elements)	부위 (Elements)	천장, 벽, 바닥
4	공종 (Works)	공종 (Works)	건축, 설비, 전기, 소방, 통신
5	-	기능 (Function)	Access Floor, N2배관, PCW배관
6	-	상세공사 (Work Detail)	N2메인배관, 서포트 공사, Hook up공사
7	-	일위대가 (Unit Cost)	자재별 단가, 자재별 노무비
8	자원 (Resources)	자재 (Resources)	백강관, 코팅파이프, 엘보, 티

1) 기능

일반적으로 생각하는 건축물의 용도에 따른 기능이 아니라 생산시설에 적용되는 건축에서의 클린룸을 위한 바닥, 천장에 관한 분류와 설비에서의 배관이나 덕트를 흐르는 물질을 기준으로 하는 생산을 위한 추가적

인 세부 분류체계이다.

2) 상세 공사

일반 공사에서는 규모가 크지 않아 철근콘크리트, 마감 공사, 도장 공사, 배관 공사 등 세부 공사 수준으로 표현하지만 연면적이 30만 평 이상의 하이테크 공장 건설에서는 공사별 분류를 공종별 상세 공사로 더욱 세분화가 필요하다. 배관 공사의 경우 기능 분류를 통해 분류된 N2 배관 공사를 메인/가지 배관 공사, 서포트 공사, 흡입 공사 등으로 세분화하여 관리하여야 한다.

3) 일위대가

건교부의 분류체계에서는 자재, 장비, 인력을 자원에서 구분하고 있으나 대부분 공사에서 재료비 및 노무비의 경비를 합하여 일위대가를 산출하기 쉽지 않다. 하이테크 공장 건설의 경우 기존 공종 보다 더욱 세분화되어 있기 때문에 재료별 단위 단가와 공사 자재별 노무비의 기준을 수립해야 한다.

2.2 하이테크 공장 건설정보 분류체계 구축 방향

하이테크 공장 건설의 규모를 고려할 때, 물리적인 구분을 하는 시설 분류 체계, 공사의 종류를 구분하기 위한 기능 분류체계, 프로젝트에서 시설물과 기능별 공정관리에 활용되는 WBS 마지막으로 공사비 산출을 위한 CBS로 구분하여 체계를 정리하고자 한다. 이러한 체계는 일반건설의 분류체계와 비슷하게 보이지만, 하이테크 산업의 특성이 고려되어 좀 더 세분화된 비용 시물레이션이 가능하도록 구성하여 건설 프로젝트 전 생애 주기에 걸쳐서 비용 예상 및 집행에 대한 데이터 수집의 기초가 될 것이다.

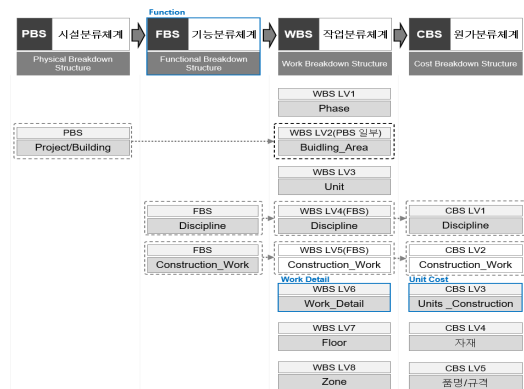


그림 2. 하이테크 공장 건설정보 분류

III. 하이테크 공장 건설 WBS·CBS 구축

1. 하이테크 공장 건설 WBS

1.1 WBS 구축 기준

건설 프로젝트에서 WBS는 수행업무를 최소 단위로 분해한 작업 분류 체계로 일정 관리의 기본으로, 팀 혹은 개인이 수행해야 하는 업무를 계층적으로 분해하여 체계적으로 업무를 분업화하고 계획에 맞추어 수행할 수 있게 해준다.

국내 표준화된 WBS를 구축하여 대외 자료로 활용되는 사례는 거의 없는 실정이지만 LH 공사에서는 아파트 공사에서의 WBS 표준을 구축하여 설계사, 시공사, 협력사들이 활용할 수 있도록 제공하고 있다. 아파트 건설 특징을 기반으로 하는 LH 공사의 WBS를 살펴보면 건설 현장 및 공구(레벨 1)를 최상위 분류체계로 가지고 있으며, 대공종(레벨 2), 시설물(레벨 3, 4), 중공종(레벨 5), 방수 구분(레벨 6), 층 구분(레벨 7)으로 상세화된 구조로 되어 있다.

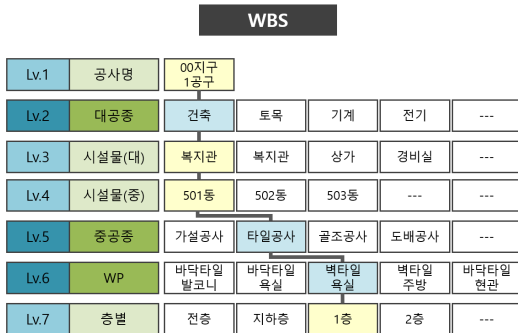


그림 3. LH공사 아파트공사 WBS 예시

특징적인 부분은 공종 분류체계를 건교부에서 제시하고 있는 건설정보 체계의 공간, 부위를 제외하고 대공종(레벨 2)에 위치하여 분류하고 있다는 점이다. 시설물의 중분류를 통해 동을 분리하는 방법도 일반적인 건축물과는 차별화되는 요소이며, 방수에 대한 부위도 WP(레벨 6)에서 별도로 분류해 놓고 있다는 점도 차별화된 요소이다.

하이테크 공장 건설의 WBS의 일반 공사와의 가장 큰 차이점은 건설관리의 단계를 관리를 위해 제일 큰

구분을 건설단계(레벨 1)로 지정, 단지 내 건설되는 인프라 및 건축물에 대한 분류(레벨 2)를 공종 분류보다 먼저 구분하고 있다는 것이다. 용도 구분(레벨 3)은 건설 요건에 따라 건축물을 클린룸과 서포트 공간으로 구분을 하고 있으며, 공종(레벨 4)은 일반 건설과 유사하다. 특히 공사(레벨 5) 분류에서 일반건설과 다르게 중구분 정도의 공사명을 사용하지 않고 기능적인 내용을 포함한 분류체계를 적용하여 명확하게 구분하고 있다. 세부공사(레벨 6)는 배관이나 덕트뿐만 아니라 흐르는 유체에 대한 정보가 구분 내용에 포함된다. 공사 위치(레벨 7)에 대한 부분도 한 층의 면적이 4만 평 이상으로 각 층에 대한 분리가 필요해진다. 평면을 구분하는 공사 영역(레벨 8) 구분도 중요한 구분 체계 요소이다. 이러한 공정을 위한 조닝은 건설사 및 협력업체의 진도, 자재, 계약 범위 등에 의해 다양한 조닝으로 구분할 수 있다.

WBS						
Lv.1	단계	기획	설계	시공	조달	커미셔닝 ...
Lv.2	시설물	인프라	부지조성	FAB동	UT동	발전시설 ...
Lv.3	용도구분	CR	MR	Unit	기타	...
Lv.4	공종	토목	건축	기계	Util	전기 ...
Lv.5	공사	일반배관 Main	배기덕트 Main	일반배관 Sub Main	배기덕트 Sub Main	1차 Support ...
Lv.6	세부공사	CW배관	N2배관	ACID배기	질질배기	Chemical 배관 ...
Lv.7	층	지하1층	지상1층 위부	지상1층 상부	지상2층 위부	지상2층 상부 ...
Lv.8	Zone	대분류A 소분류A	대분류A 소분류B	대분류A 소분류C	대분류B 소분류A	대분류B 소분류B ...

그림 4. 하이테크 공장 건설 WBS 구성

다양한 건축물의 특성에 따라 국내에 건설되는 하이테크 공장 전체에 적용하기는 어렵지만, 제시한 구분체계를 기반으로 자신의 프로젝트 환경에 적합하도록 수정 보완한다면 더욱 효과적으로 활용할 수 있는 WBS를 구축할 수 있을 것이다.

1.2 WBS 표준체계 도출 및 코드화

WBS를 건설 현장에서 효과적으로 활용하기 위해서는 단계별 내용을 데이터화할 수 있도록 코드화하여 구성할 필요가 있다. 이론적인 분류 기준으로 현장에 활용하기는 어렵기 때문에 레벨별로 분류된 체계를 구체화하고 코드화하여 표준화하여야 한다. 하이테크 공장

건설에서의 WBS 코드는 계층화된 정보의 구조를 효과적으로 표현할 수 있도록 글자 수를 최소화하여 대문자와 숫자를 조합하여 구성하였다.

표 5. 하이테크 공장 건설 WBS 코드체계

구분	Lv.1	Lv.2	Lv.3	Lv.4	Lv.5	Lv.6	Lv.7	Lv.8
내용	업무 단계	시설물	용도	공종	공사	세부 공사	층	구역
예제	C	613	C	A	SS	CL	01G	ZAA
표현	대문자	숫자	대문자	대문자	대문자	대문자	혼용	대문자

코드는 적용 부위의 수량에 따라 자릿수를 늘리거나 일련번호를 추가하여 현장에서 수행되는 업무를 모두 포함할 수 있어야 한다.

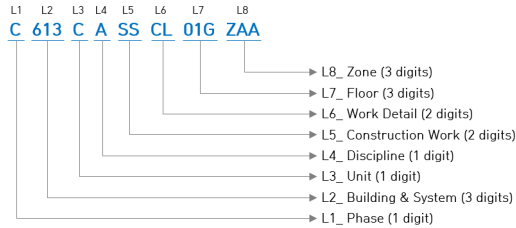


그림 5. 하이테크 공장 건설 WBS 코드

기존 연구에서는 WBS에 대한 연구가 다수 있으나 구체적으로 구성체계를 제시하기보다는 방법론이나 높은 레벨에서의 구분 체계를 보여주는 경우가 많았다. 하이테크 공장 건설에 대한 WBS를 레벨별로 세분화하고 코드화하여 공정 건설기준정보 데이터 구축 시 활용이 가능하도록 하였으며 건설시스템에 활용할 수 있도록 상세화된 코드화까지 진행하였다.

2. 하이테크 공장 건설 CBS 개발

2.1 CBS구축 기준

CBS는 건설 전 단계에 사용되는 공사비에 대하여 계층적으로 분류하여 비용을 계획하거나 분석하는데 활용할 수 있도록 하는 비용 분류 체계이다. 건설공사에서의 CBS는 투자 비용의 예측, 공사 수행 비용의 집행, 계약 비용의 변경사항에 대한 정산 등 비용에 대한 업무를 보다 효과적으로 수행할 수 있게 해주며, 발주처, 건설사, 협력업체가 더욱 효과적으로 소통할 수 있도록 해준다.

하이테크 공장은 일반 건축물과의 구성이 기본적으로 상이하기 때문에 일반 건축물과 같은 구분 체계를 적용하기는 어렵다. 앞서 구분된 WBS에서 구분되는 공간적인 부분뿐 아니라 설비 중심의 공사로 인하여 공장에서 활용되는 기능이나 배관이나 덕트 안에 흐르는 액체 및 기체의 종류에 따른 비용 구분이 필요하다.

표 6. 미국 Uniformat 비용분류

ASTM UNIFORMAT II Building Elemental Cost Summary					
Lv.1 Major Group Elements		Lv.2 Group Elements		Lv.3 Individual Elements	
Code	Contents	Code	Contents	Code	Contents
A	Foundations	A10	Foundation	A1010	Standard Foundations
				A1020	Special Foundations
				A1030	Slab on Grade
		A20	Basement Construction	A2010	Basement Excavation
				A2010	Basement Walls
				B1010	Floor Construction
B	Shell	B10	Superstructure	B1010	Floor Construction
				B1010	Roof Construction
D	D10	Conveying System	D1010	Elevators	
			D1020	Escalators & Moving Walks	
			D1030	Material Handling Systems	
	D20	Plumbing	D2010	Plumbing Fixtures	
			D2020	Domestic Water Distribution	
			D2030	Sanitary Waste	
			D2040	Rain Water Drainage	
			D2050	Special Plumbing Systems	
	D30	HVAC	D3010	Energy Supply	
			D3020	Heat Generation Systems	
			D3030	Cooling Generating System	
			D3040	Distribution Systems	
D3050			Terminal & Package Units		
D3060			Control & Instrumentation		
D3070			Special HVAC Systems & Equipment		
D3080	Systems Testing & Balancing				

특히 BIM이 활성화되면서 WBS와 CBS를 통합하기 위한 노력을 지속해서 하고 있으나 WBS와 CBS가 포함된 한 가지의 형식의 데이터에 모두 담아내기는 쉽지 않다. 분류체계가 복잡하고 길게 구성될 뿐 아니라, 데이터의 활용 측면에서도 필요한 정보를 체계적으로 꺼내어 활용하기 어렵다.

WBS와 중복되는 대분류 체계는 제외하고 공중부터 구분 체계를 구성하여 복잡한 비용 정보를 최소화하여 구성하였다. 단위 공사(레벨 3)부터는 일반 건축물의 분류 방식과는 다르게 작업 단위에 대해 구분을 할 수 있도록 하여 인력자원의 구분 및 공사별 자원 배분을 원활하게 할 수 있도록 구성하였다.

CBS

Lv.1	공종	토목	건축	기계	Util	전기	...
Lv.2	공사	월굴공사	N2배관공사	Process 가스공사	A/F 타공공사	공조설비공사	...
Lv.3	단위공사	배관가공	배관설치	밸브설비	관합합	방진설치	...
Lv.4	자원	전별	파이프	Y관	려류사	소켓	...
Lv.5	자재명	PVC PIPE 선지/D200/MZ	PVC PIPE VG1/D100/MZ	PVC PIPE VG1/D150/MZ	PIPE SHG6/D900/EA	PIPE 클립/D400/EA	...

그림 6. 하이테크 공장 건설 CSB 구성

2.2 CBS 표준체계 도출 및 코드화

WBS와 마찬가지로 CBS의 현장 활용성을 높이기 위해서는 코드화가 필요하다. 코드화된 CBS는 수량 산출서 및 내역서의 기준정보로 활용될 수 있으며 지속적인 비용 데이터 확보를 통해 사용 비용에 대한 시스템 기반의 예측이 가능해진다.

본 연구에서는 레벨별로 명확한 구분을 할 수 있는 대문자와 숫자로 구성하여 구분이 쉽게 코드를 표현하였다.

표 7. 하이테크 공장 건설 WBS 코드체계

구분	Lv.1	Lv.2	Lv.3	Lv.4	Lv.5
내용	공종	공사	단위공사	자재명	품목,규격, 단위
예제	U	PC	U122	R117	10138
표현	대문자	대문자	혼용	혼용	숫자

CBS 코드는 건설단계, 시설물, 용도 구분에 대한 부분은 이미 WBS의 레벨 1~3에서 구분하고 있기 때문에

제외하였다. 기존 연구에서 제시된 CBS와 차별화되는 부분은 단위 공사의 구분이다. 단위 공사의 구분은 일위대가에서의 노무비를 명확하게 구분해 주는 역할을 하고 있다.

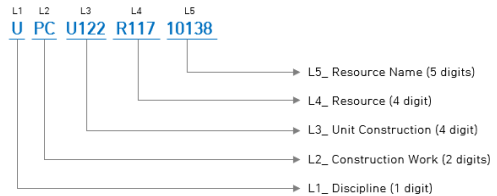


그림 7. 하이테크 공장 건설 WBS 코드

기존의 연구에서 보여주는 CBS보다 더 구체적이고 상세하게 구축된 하이테크 공장 건설에서의 CBS를 제시하였다.

3. 하이테크 공장 건설 WBS·CBS 연계 및 활용

3.1 WBS·CBS 연계 구조

WBS와 CBS를 각각 구성하였으나 이 두 가지 항목은 건설공사에서 매우 밀접한 관계를 맺고 있으며, 별도 관리 시 공정에서의 변화에 따른 공사비의 변화를 연동하여 확인할 수 없는 문제가 발생한다.

단계별로 살펴보면 설계 단계에서는 공사비에 대해 예산을 하게 되고 분석을 통해 시공에 효과적으로 적용될 수 있도록 예산을 편성하게 된다. 시공 단계에서는 설계 단계에서의 예산을 바탕으로 발주 및 변경 관리를 진행하게 된다. 설계사와 시공사의 업무는 구분되어 있으나 데이터 작성 범위는 명확히 구분하지 못하는 경우가 많다. 또한 WBS와 CBS에 대한 건설정보 분류체계에서의 불명확한 생성 및 관리로 인하여 정보와 진행 시 중복되거나 누락되는 경우가 빈번하게 발생한다. 투자 및 공정 일정에 대한 빠른 의사결정이 필요한 하이테크 공장 건설에서는 이러한 비효율적 방식보다는 단계에 따른 업무 영역을 명확히 구분하고 WBS와 CBS의 레벨을 매칭하여 연동할 수 있도록 분류체계를 구성하였다.

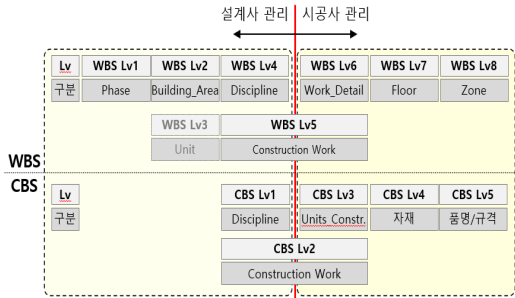


그림 8. WBS-CBS 연계 구조

WBS 레벨 1~3에 해당하는 부분에 대해서는 공통적인 기준으로 활용하고 WBS 레벨 4~5와 CBS 레벨 1~2를 동일하게 적용하여 WBS 레벨 5와 CBS 레벨 2의 매칭하여 구성하였다. 구성된 WBS와 CBS의 연계 정보는 추후 전산 시스템에 입력되었을 시, 공통 표준 체계와 상세 WBS·CBS의 코드를 구분하여 입력할 수 있기 때문에 데이터 생성이나 활용이 용이해진다.

3.2 WBS-CBS 기반 입체화 데이터의 활용

신축공사의 투자 단계에서는 총공사비 위주의 개략적인 공사비 예산을 요구하기 때문에 총공사비 레벨로 공사비를 제시해도 괜찮다. 하지만, 증축이나 리모델링의 경우는 기존의 시공사나 발주처에서 활용하고 있는 견적 방법으로는 부분 공사에 대한 공사비를 산출하기 어려우며, 특히 여러 협력업체가 다양한 공종에 대해 같이 작업을 하는 구간에 대한 공사비 산출은 더욱더 어렵다.

비용	공장동			부속동						
0,000억 (신축)	FAB동	UT동	사무동	식당동	저온 창고	고압 가스	위험물	유독물	GAS	Gate

- ① CBS Level 1 : 공종 (Discipline)
- ② CBS Level 2 : 공사 (Construction Work)
- ③ CBS Level 3 : 단위공사 (Unit Construction)

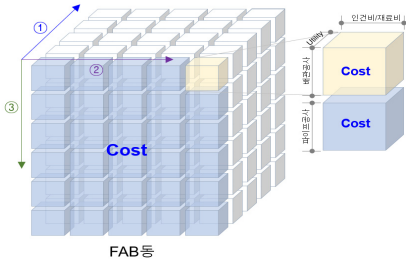


그림 9. WBS-CBS 연계 구조

하이테크 공장 건설 특징으로 증축, 개조, 리모델링 공사가 지속해서 발생한다는 점을 고려하여, 데이터의 계층 구조를 마케팅 분야에서 주로 활용하고 있는 데이터 큐브 개념을 적용하여 배열하게 되면 증축, 개조, 리모델링을 위한 부분 공사비 산출에 활용할 수 있다. 또한 비용에 대한 상세화가 필요할 때는 데이터 큐브를 계층적으로 분할하여 상세화시킬 수 있다.

데이터 큐브의 구성 축을 사용하고자 하는 분류체계를 적용하고 차원에 따른 각축의 구성 좌표를 구성하고 셀을 공사비로 지정하여 비용 데이터를 효과적으로 집계할 수 있다. 또한 각축에 대한 배열을 필요에 따라 조정한다면 원하는 부분에 대한 공사비 산출을 빠르고 효율적으로 진행할 수 있을 것이다.

입체화 데이터는 복잡한 데이터의 구성을 계층적, 논리적 구성체계로 확보할 수 있으며, 계층의 분리 및 합산이 원활함을 통해 더욱 효율적으로 활용할 수 있다.

IV. 결론

건설 규모가 크고 구조가 복잡하며, 건설 투자비 대비 공사 기간이 짧으며 운영을 위한 증축, 개조, 리모델링 등 지속적인 투자가 필요한 하이테크 공장 건설에서의 표준화된 건설정보 분류체계는 건설 생애 주기를 고려한 정보 수집과 기구축된 건설정보 체계화를 위해 반드시 필요하다. 건설 전 단계에 걸친 프로젝트 수행에서 코드화된 분류체계가 반영된 시스템을 기반으로 프로젝트 관리를 한다면 건설정보에 대한 빅데이터 확보가 가능해지며, 이렇게 확보된 빅데이터를 활용하여 초기 단계에서의 공사비 예측뿐만 아니라 건설 중 설계변경에 따른 비용 및 일정 재산정에서도 더욱 빠르고 정확한 결과를 얻을 수 있을 것이다.

본 연구에서는 기존 하이테크 공장 건설 프로젝트를 조사 분석하여 하이테크 산업의 특성이 반영된 건설정보 분류체계를 구축하였으며, 분류체계를 구체화하여 현장에서 활용 가능한 WBS와 CBS를 정립하였다. 또한 시스템 적용 및 확장성을 고려하여, 공종, 공사, 단위 공사, 자재명, 품목/규격/단위 등 레벨 5 수준까지 코드화를 진행하였으며, 설계 단계와 시공단계의 데이터 생성

및 관리에 대한 방법론과 개조, 리모델링 공사에서도 공정관리나 공사비 예측에 활용이 가능한 입체화 데이터의 활용 방법 및 가능성을 제시하였다.

하이테크 공장의 건설 분류체계는 제품생산을 위한 대형 건축물이라는 특수성으로 인하여 일반 건축물에 적용하기에는 다소 어려움이 있지만, 일반적인 건축물에서도 고도화된 체계적인 건설기준 정보 체계를 활용한다면 건설 관리 시스템 구축을 위한 공정 및 비용에 대한 데이터 확보가 더욱 쉬워질 것으로 예상된다. 또한 발주사, 설계사, 건설사, CM사 등 많은 관계사가 일관성 있는 데이터를 확보할 수 있게 되며, 구축된 기본 모델을 확장하여 적용한다면 국가 건설정보 분류체계에도 상세 레벨이나 건축물의 특수성에 대한 고려가 가능해질 것이다.

표준화된 건설정보 기준 체계는 계층적 데이터 구축이 아닌 관계적 데이터 구축을 가능하게 하며, 입체화된 데이터 활용하여 시스템 기반의 효과적인 데이터 분석 및 예측 등 빠른 기술 성장이 가능해질 것이다.

참 고 문 헌

[1] 유재필, 신현준, “반도체 및 디스플레이 기업의 경영 효율성과 성장 가능성을 고려한 포트폴리오 구성 전략,” *Asia-Pacific Journal of Business & Commerce*, Vol.4, No.2, pp.89-107, 2012.

[2] 김두연, “대형건설공사 예비비 산정을 위한 리스크 기반 의사결정 모델,” *의사결정학연구*, Vol.24, No.2, pp.11-26, 2016.

[3] 박환표, 원승현, 구재동, 이교선, “한국의 건설정보 분류체계 표준화 연구,” *대한건축학회 논문집*, Vol.12, No.6, pp.231-239, 1996.

[4] 옥현, 김성진, 서명배, “국내 건설정보 분류체계의 개선방안에 관한 연구,” *한국정보과학회 학술발표논문집*, pp.25-27, 2013.

[5] 박소현, 한지수, 조찬원, “BIM 기반 건축 정보 구축 및 활용을 위한 한국형 정보 표현 수준에 관한 연구,” *한국 CDE 학회 논문집*, Vol.23, No.3, pp.285-297, 2018

[6] 황진하, 박종희, 최명규, “복합분류체계에 기초한 건설 프로젝트 관리,” *건설기술논문집*, Vol.24, No.2,

pp.97-107, 2005.

[7] 김한준, 최중식, 김한샘, 김인한, “개방형 BIM 기반 개산견적을 위한 데이터 모델 구축 방안,” *대한건축학회 논문집 계획계*, Vol.29, No.3, pp.61-70, 2013.

[8] 강미연, 하지원, 정영수, “해외 발전소 건설의 효율화를 위한 표준분류체계 상위구조,” *한국건축시공학회 학술발표대회 논문집*, Vol.14, No.1, pp.184-185, 2014.

[9] 임혜경, 강남희, 최재현, “원가 산정을 위한 표준 분류체계 활용 한 지식 체계 개발,” *한국 건축 시공학회 학술 발표 대회 논문집*, Vol.16, No.1 pp.235-236, 2016.

[10] 남정용, 조찬원, 박소현, “BIM 기반의 WBS 구축을 위한 정보프레임워크 도입방안 연구: 토목사업의 적용을 중심으로,” *한국산학기술학회 논문지*, Vol.18, No.11, pp.770-777, 2017.

[11] 최원영, 최상민, 광승진, “협력적 필터링을 통한 건설정보 분류체계의 적정성 평가,” *한국문헌정보학회지*, Vol.53, No.4, pp.361-372, 2019.

[12] 김원태, 최석인, 이복남, “건설공사 공사비 산정 방식의 합리적 개선방안,” *한국건설산업연구원 연구 보고서*, 2010.

[13] <https://www.calspia.go.kr/portal/intro/introStandard04.do>

[14] 현창택, 홍태훈, 손명진, 이환철, 하승룡, “복합 용도 개발 사업의 기획 / 계획 단계 CBS Organization Tool 개발,” *대한 건축 학회 논문집-구조계*, Vol.25, No.8 pp.185-194, 2009.

[15] W. J. Rasdorf and O. Y. Abudayyeh, “Cost-and schedule-control integration Issues and needs,” *Journal of construction engineering and management*, Vol.117, No.3 pp.486-502, 1991.

[16] Siami-Irdemoosa, Elnaz, Saeid R. Dindarloo, and Mostafa Sharifzadeh, “Work breakdown structure (WBS) development for underground construction,” *Automation in construction*, Vol.58, pp.85-94, 2015.

저 자 소 개

최 성 훈(Seong Hoon Choi)

정회원



- 1995년 2월 : 아주대학교 산업공학과(공학사)
- 2010년 8월 : Thunderbird School of Global Management (MBA 석사)
- 2017년 3월 ~ 현재 : 성균관대학교 미래도시융합공학과(박사과정)

〈관심분야〉 : 건설정보 분류체계, BIM, 건설IT관리

김 진 철(Jinchul Kim)

정회원



- 1996년 2월 : 계명대학교 건축공학과(공학사)
- 2018년 8월 ~ 현재 : 성균관대학교 미래도시융합공학과(석·박통합과정)

〈관심분야〉 : 건설기준정보, BIM, 건설 IT

권 순 욱(Soonwook Kwon)

정회원



- 1992년 2월 : 홍익대학교 건축학과(공학사)
- 1999년 12월 : 조지아공대 건축과(공학석사)
- 2003년 8월 : 텍사스대학교 토목공학과(공학박사)
- 2006년 3월 ~ 현재 : 성균관대학교

건축공학과 교수

〈관심분야〉 : IT융복합 건설관리