

# 하이테크 공장 건설 사업비 예측 정확도 향상을 위한 공장 생산량 기반 세부 공사별 보정계수 도출

## For Accuracy Improvement of High-tech Factory Construction Costs Predictions, Derivation of Correction Factors by Factory Capacity

최성훈, 김진철, 오재영, 권순욱  
성균관대학교 미래도시융합공학과

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

### 요약

전자·신소재·IT 등 첨단 기술을 핵심으로 한 고도의 지식 집약적 산업인 하이테크 산업은 반도체·디스플레이·배터리 분야를 중심으로 빠르게 발전하고 있으며, 시장 규모가 지속적으로 증가하고 있다. 하이테크 산업의 공장 건설은 시장의 변화, 수요 변화, 발주처의 요구사항 등 다양한 요인으로 인하여, Fast-Track 공사, 기본라인 구성 등 공장 가동 시점을 앞당기기 위한 많은 노력이 이루어지고 있다. 따라서 공사 계획, 초기 단계의 빠른 의사결정을 위한 다양한 유형에 대응 가능하며, 정확도, 신뢰도 높은 공사비 산출 방법이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 하이테크 산업 공사의 특성을 반영하여, 공장 전체 생산량을 고려하여 전체라인 구성을 위한 공사 유형과 빠른 생산가동을 위한 기본라인 구성을 위한 공사 유형으로 기존 공사내역을 분류하였으며, 비교·분석을 통하여 기본라인 구성 유형 공사비 산출을 위한 공사별, 세부 공사별 보정 비율을 도출하였다. 신규 하이테크 공장 건설 프로젝트에 본 연구에서 제시한 보정 비율을 적용하여 신뢰성 및 정확도를 검증하였다.

■ 중심어 : 하이테크 공장 | 개선 건축 | 공사비 보정 |

### Abstract

The high-tech industry, a highly knowledge-intensive industry based on advanced technologies such as electronics, new materials, and IT, is developing rapidly centering on the semiconductor, display, and battery fields. The market size of this industry is continuously increasing, and various challenges are coming forward due to various factors such as changes in the market, changes in demand, and the requirements of the clients. Many strategies are being implemented to advance the start-up time of factories, such as fast-track construction and basic line construction. Therefore, construction of high-tech factory is required to respond to various types of construction plans and early decision making, and an accurate and reliable method of calculating construction costs is needed. In this study the existing construction type was classified into the overall line configuration considering the total production of the factory, and a basic line configuration for quick production start-up. The correction ratio/value for each detailed construction required to calculate the construction cost of the basic line configuration type was derived. Finally, reliability and accuracy were verified by applying the correction ratio suggested in this study to a new high-tech factory construction project.

■ keyword : High-Tech Factory | Cost Estimating | Correction Ratio/Value |

\* 본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원이 시행하고 한국도로공사가 총괄하는 스마트건설기술개발 국가R&D사업(과제번호 21SMIP-A158708- 02)의 지원으로 수행하였습니다.

접수일자 : 2021년 09월 10일  
수정일자 : 2021년 11월 09일

심사완료일 : 2021년 11월 09일  
교신저자 : 권순욱, e-mail : swkwon@skku.edu

## I. 연구의 배경 및 목적

### 1. 연구의 배경

전자·신소재·IT 등 첨단 기술을 핵심으로 한 고도의 지식 집약적 산업인 하이테크 산업은 반도체·디스플레이·배터리 분야를 중심으로 빠르게 발전하고 있으며, 시장 규모가 지속적으로 증가하고 있다. 제품 수명주기의 급격한 단축과 기술 융합의 가속화에 따른 제품 아키텍처의 빠른 변화가 일어나는 시장 환경에 맞추어 기업들이 대응하고 있다[1]. 하이테크 산업의 제품·상품은 승자독식의 원리가 적용되는 제품과 서비스로 분류되며, 경로 의존성과 연관 있으며, 초기값에 대한 민감성 [2]이 작용하고, 선도진입자 우위[3] 가능성이 크다는 점에서 초기 시장의 진입이 매우 중요하다. 건축, 토목, 플랜트 등 건설 프로젝트의 경우, 공기 단축은 공사비 절감과 직결되지만, 하이테크 건설 프로젝트의 경우, 건설단계의 공사비 절감은 물론, 생산제품의 초기 시장 진입을 위한 제품생산 시점을 앞당기는 점에서 공기 단축이 요구된다.

[그림 1]은 하이테크 산업의 초기시장 진입의 중요성을 나타내고 있다. 하이테크 산업에서, 초기 시장진입은 높은 제품가격대 형성 시기에 제품 생산이 가능하다는 것을 의미하며, 공장건설 및 설비 설치(Set-up)의 공기를 단축하여 제품 생산 시점을 앞당기기 위해 많은

기업이 패스트 트랙(Fast-Track) 공사, 건설 최적화 등 다양한 노력을 기울이고 있다. 특히, 시장 상황에 따라 건설 투자 및 계획이 결정되며, 투자·기획 단계에서의 신속한 의사결정은 공장건설 및 설비 설치(Set-up)의 공기 단축에 많은 영향을 미치기 때문에, 투자·기획 단계의 건적의 중요성이 매우 높다.

하이테크 공장건설의 경우, 건물, 장비, 설비 공사가 지 포함하고 있으며, 일반적으로 사업 초기의 기획, 초기 설계, 상세설계, 구매조달, 건물 시공, 장비·설비 시공, 시운전, 운영 및 유지관리 단계로 수행된다. 기획 단계에서의 개선건적은 매우 제한적인 정보를 토대로 이루어지며[4], 계획에 필요한 다양한 요구사항(부분 공사비, 입력값 변경 등)에 부합되는 결과 값을 얻기가 힘들어 활용성이 낮다는 문제점이 있다. 따라서 다양한 요구사항이 기획 단계에서 투영되기 위한 정확도 높은 개선건적 방안이 필요하다. 개선건적의 정확도를 높여 프로젝트 의사결정을 효율적으로 지원하기 위하여, 과거에 수행했던 프로젝트들의 실적공사비를 기반으로 새로운 프로젝트와의 비교를 통해 가장 유사한 프로젝트를 도출하게 된다. 도출된 유사 프로젝트와 새로운 프로젝트 간의 차이점에 따라 보정 작업이 필요하며, 이는 적절한 보정계수의 적용을 통해 상세건적보다 정확도가 떨어질 수밖에 없는 개선건적 결과의 오차를 줄여 정확도를 높이는 효과를 볼 수 있다[6].

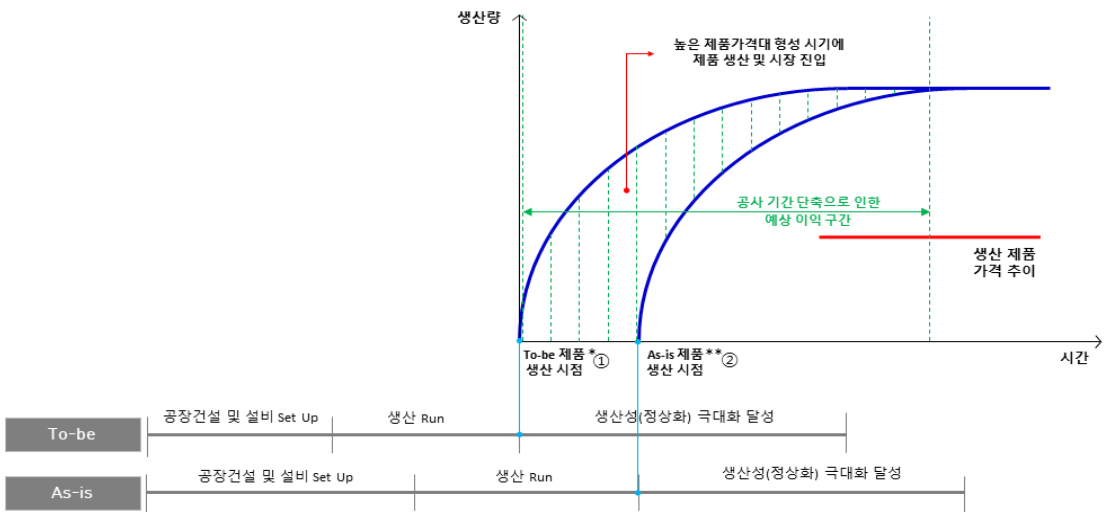


그림 1. 하이테크 산업의 특징 : 시장 조기 진입의 중요성

일반적으로 보정은 유사 프로젝트의 비목항목별 노무량, 단가, 금액 정보들로 이루어져 있으며, 비목항목의 범위는 공종단계까지 고려하고 있다. 적용 범위는 크게 용량, 시간, 장소, 생산성 등 4종류를 고려하여 건적 항목의 물량과 단가에 적용하고 있으나, 전체 공사비 산출에 대한 건적 방법과 보정 적용에 큰 비중을 두고 있으며, 비목별 선별 적용의 경우, 공종레벨(프로젝트-건물-공종-공사)까지 다루고 있어 다양한 요구사항에 대한 대처가 어렵다는 한계점이 있다[7]. 또한 하이테크 공장 건설의 경우, 건물완공 후 시장 상황에 따라 장비·설비 시공이 변경되거나 기본 생산량만 고려한 공장 라인 구성을 하는 등 다양한 경우가 발생하므로, 이를 반영하기 위해서는 새로운 개산건적 방법론이 필요하다.

## 2. 연구의 범위 및 방법

본 연구에서는 하이테크 공장건설의 기획 단계에서 다양한 요구사항에 대한 대응이 가능하며, 활용도와 정확도가 높은 개산건적 모델 개발을 목표로, 빠른 공장 가동을 위한 선별적 공사와 유형에 따라 공사의 규모가 달라지는 특징을 고려하여 실적 공사비 기반 프로젝트 유형을 정의하였으며, 유형별 연관 관계를 분석하고 보정 적용 값을 산출하였다. 본 연구에서는 하이테크 공장건설의 신축, 증축, 개조 공사 중 신축 공사를 대상으로, 건설 공사비와 생산량(Capacity)에 가장 큰 영향을 받는 FAB동 건설 공사로 범위를 한정하여 진행하였다. 또한 건설공사비의 영향을 줄 수 있는 주요 영향요소인 프로젝트 규모, 장비/설비의 종류, 생산 제품 중 생산량에 초점을 맞춰 진행하였으며, 나머지 영향요인을 고려하지 않았다.

## II. 이론적 고찰

### 1. 개산건적 방법론

#### 1.1 기본 단가법

가장 많이 활용하는 개산건적 방법으로, 건설 공사의 기본단위에 대한 비용자료 등에 근거하여 비용을 산출하는 방법이다[5]. 이전의 유사한 건설공사들의 비용자료를 토대로 도출된 비용공식에 따라 계산하며, 단위면

적, 단위 체적 등에 대한 단가를 산출하여 활용하는 방법이다. 변수와 비용의 영향을 결정하기 위해 회귀분석 등의 통계기법을 활용하며, 비용함수를 주기적으로 재도출해야 한다는 제약이 존재한다.

#### 1.2 계수 건적법

계수 건적법은 유사하거나, 동일한 공사, 요소들로 구성되어 있을 경우, 하나의 기준요소를 정하고 다른 요소들과의 비율을 산출하고, 기준요소에 곱하여 공사비를 산출하는 방법이다.

#### 1.3 변수건적법

변수 건적법은 프로젝트의 규모 또는 범위에 영향을 주는 설계변수에 근거한 것으로, 설계 초기 단계에서 기본 도면이 작성된 이후, 각 변수의 수량을 산출하고 시스템 비용을 곱하여 산출하는 방법이다. 여러 대안중 최적의 대안을 선택하는 주로 활용된다[5].

#### 1.4 비용 지수법

비용 지수법은 시간의 흐름에 따른 지수의 변화 또는 지리적으로 위치가 다른 지역 간의 상대적인 비용 차이 등, 시간과 장소에 따라 공사금액이 변하는 것을 지수화하여 적용하는 방식이다. 이와 같은 방법은 새로운 프로젝트의 공사비 견적에 참고하기 위해서, 과거에 수행된 유사 프로젝트 혹은 시설물의 공사비용을 지수를 사용하여 현재의 금전 가치에 맞도록 환산하여 공사비를 산출하는 방법이다. 이런 비용 지수법은 건설장비 또는 플랜트 설비의 비용을 견적하기 위하여 주로 사용한다[5].

#### 1.5 비용 용량법

용량 보정은 기기(Equipment)의 용량(Capacity), 규모(Size), 혹은 사용(Specification)의 변화에 따른 비용의 차이 관계를 이용한 것으로, 동일한 종류의 기기 혹은 산업용 시설물의 규모, 용량만을 달리할 때 그 비용에 대한 개산건적을 수행할 때 사용된다[6].

$$\frac{Cost_b}{Cost_a} = \left(\frac{C_b}{C_a}\right)^x \quad (1)[6]$$

$Cost_a$ : 기존 용량  $C_a$ 에 대한 시설/설비 비용  
 $Cost_b$ : 변화된 용량  $C_b$ 에 대한 시설/설비 비용  
 $C_a$ : 기존 용량  
 $C_b$ : 변화된 용량  
 $x$ : 비용/용량 지수 ( $Cost/Cacity\ factor$ : 일반적으로 0.6 사용)

### III. 생산량에 따른 공사 유형 분류 및 공사비 산출

하이테크 공장의 신축 공사의 경우 프로젝트들의 공종, 공사 구성은 거의 동일하나, 프로젝트의 규모, 생산량, 기기, 제조 제품에 따라 각각의 공사 규모, 비중에서 차이를 보인다. 이러한 다양한 요인들은 프로젝트의 성격을 결정하게 되며, 이는 크게 2가지 유형으로 분류 가능하다. 생산량을 고려하여 시설의 공간과 장비의 모든 생산능력을 활용하는 전체용량 생산라인을 구성하는 신축공사 유형과 제품의 시장 유동성에 따라 양산 시기와 생산량 조절을 목적으로 기본라인만 구성하는 유형으로 분류할 수 있다. 이는 곧 제품 생산을 위한 생산량(Capacity)과 연관되어 있다.

하이테크 공장의 FAB동 건설 시, 전체 생산량을 고려하여 건설공사를 진행하지만, 공사 기간이 많이 소요되어 제품 양산 시점이 늦어지는 문제가 발생한다. 초기 공장 가동을 위한 생산량을 산출하고, 이를 기반으로 기본라인 구성을 위한 공사를 우선으로 수행하고, 공장 가동 이후 시장 상황, 주문량, 운영 일정 등 여러 가지 요인을 고려하여, 생산량을 늘리기 위한 증축공사를 하는 경우가 빈번하다. 기존의 개산전적은 이러한 특수한 상황에 대한 고려가 이루어지지 않아, 공장 가동을 위한 필수적인 금액산출에 어려움이 발생하며, 공사의 유무, 세부 공사 발생 비중 등 세부 공사비를 분개하기 위한 어려움이 있다. 따라서 본 연구에서는 전체 생산량을 고려한 생산라인 구성 유형(이하 A 유형)과 일부 생산량을 목표로 한 기본라인 구성 유형(이하 B 유형) 등 두 유형으로 기존 프로젝트를 분류하고 공사비 내역을 유형에 맞게 재구성하였으며, 유형별 수행되는 공사의 종류, 각각의 세부 공사의 공사비 비율 등을 고려하여, 유형 간 연관 관계를 분석하였다.

### 1. 실적공사비 기반 영향도 분석(1차 공사 분류)

과거 하이테크 산업 생산 공장 실적공사비 내역 총 6건을 바탕으로 프로젝트 목표 생산량(Capa)에 따른 구성 차이를 기준으로 하여, 전체 생산라인 구성(3건), 기본라인 구성(3건)으로 프로젝트 유형을 분류하였다. 생산량에 따라 공사 수행 범위, 세부 공사의 비중, 세부 공사의 수행 여부가 달라지며, 전체 생산라인 구성의 경우 목표 생산량이 (평균) 80~100K(월 생산량), 기본라인 구성의 경우 (평균) 10~45K 수준으로 나타났다. 이를 기반으로 세부 공사의 공사 여부를 우선으로 분석하였으며, [그림 2]는 과거 프로젝트별로 공사 진행 여부에 관한 내용을 나타내고 있다.

Item	Code	CBS Level	PF1 (60K)	PF2 (15K)	PF3 (15K)	PF4 (10K)	GF1 (45K)
<b>FAB</b>		0	Entire	Standard	Standard	Standard	Entire
<b>Construction</b>		1					
Temporary work		2	○	○	○	○	○
Reinforced Concrete work		2	○	○	○	○	○
Steel Structure work		2	○	○	○	○	○
Masonry work		2	○	○	○	○	○
Plaster work		2	○	○	○	○	○
Tile work		2	○	○	○	○	○
Water proof work		2	○	○	○	○	○
Interior work		2	○	○	○	○	○
Interior finishing work		2	○	○	○	○	○
Window work		2	○	○	○	○	○
Glass work		2	○	○	○	○	○
Coating work		2	○	○	○	○	○
Metal work		2	○	○	○	○	○
External pannel work		2	○	○	○	○	○
Demolition work		2	○	○	○	○	○
Environment management work		2	○	○	○	○	○
A/F work		2	○	○	○	○	○
General Construction		2	○	○	○	○	○
MRO(Construction)		2	○	○	○	○	○
<b>Electric</b>		1					
General electrical work		2	○	○	○	○	○
Electric power line work		2	○	○	○	○	○
Cable Tray work		2	○	○	○	○	○
			●	●	●	●	●
<b>UT</b>		1					
N2 plumbing work		2	○	○	○	○	○
CDA plumbing work		2	○	○	○	○	○
Process gas work		2	○	○	○	○	○
PCW plumbing work		2	○	○	○	○	○
PV plumbing work		2	○	○	○	○	○
HV plumbing work		2	○	○	○	○	○
Duct work		2	○	○	○	○	○
Organic exhaust work		2	○	○	○	○	○
Chemical work		2	○	○	○	○	○
Irrigation work		2	○	○	○	○	○
TOXIC work		2	○	○	○	○	○
ACID exhaust work		2	○	○	○	○	○
Industrial water work		2	○	○	○	○	○
General UT work		2	○	○	○	○	○
Outdoor exhaust work		2	○	○	○	○	○
CW Plumbing		2	○	○	○	○	○
Pump exhaust work		2	○	○	○	○	○
Coolant work		2	○	○	○	○	○
A/F work		2	○	○	○	○	○
MRO(UT)		2	○	○	○	○	○

그림 2. 신축공사 유형 분류 및 세부공사 수행여부

분석 결과, 2개의 프로젝트 유형에 모두 해당하는 세부 공사는 총 71개 공사 중 50개, 전체 생산라인 구성 유형에만 해당하는 공사는 21개로 나타났다. 일반적인

건설공사와는 달리, 목적, 성격, 라인구성, 생산량 (Capacity) 등 다양한 요인들로 인하여 공사의 우선순위와 공사 수행이 선별적으로 진행되고 있음을 알 수 있다. A, B 유형에 모두 해당하는 공사들을 공사비 금액 기준으로 살펴보면, 전체 공사비(FAB동 기준) 중 건축공사 비율(A:65%, B:75%)이 가장 높은 것으로 나타났다. 설비, 전기, UT(Utility), 공통가설, 토목 순으로 나타났다.

각각의 공사들의 구체적인 영향도를 살펴보기 위해서는 다른 요인들에 대한 검토가 추가로 필요하다. 공사비 구성 내의 빈도수뿐만 아니라 유형별 개별 공사금액의 규모 비중이 다르기 때문에, 보다 정확하고 신뢰도 높은 부분 공사비 산출을 위해서는 유형에 따른 연관 관계 분석이 필요하다.

표 1. 프로젝트 유형에 따른 세부공사 분류

프로젝트 유형	FAB동
모든 프로젝트 유형에 포함	가설공사(가설사무실, 증장기, 가설전기공사, 가설설비공사, 환경관리, 시험/용역비, 기타 공통가설), 건축공사(가설공사, 철근콘크리트, 철골공사, 조적공사, 미장공사, 방수공사, 수장공사, 창호공사, 유리공사, 도장공사, 금속공사, 외벽판넬공사, 철거공사, A/F공사, 일반건축, MRO(건축)), 전기공사(일반전기공사, 전력간선공사, Cable Tray공사, 동력설비공사, 전열설비공사, 전등설비공사, 통신/방송설비공사, 수변전설비공사, 피뢰설비공사, FFU설비공사, 매입배관공사, 가설공사, 접지설비공사, MRO(전기)), 설비공사(일반설비 공사, 시스템 실링 공사, 공조설비공사, T.A.B 공사, DCC 배관공사, 위생설비 공사, 도시가스공사, 소화배관공사, 장비설치, 제연설비공사, 도급자재, 가설공사(설비/소방), 기가지재공사, 소화장비설치공사, MRO(설비)
전체 생산라인구성 유형에만 포함	건축공사(타일공사, 인테리어공사, 환경관리공사), 전기공사(송강기 공사, Hook-up 설비공사, 보수공사), UT공사(N2배관공사, CDA배관공사, Process 가스공사, PCW배관공사, HV배관공사, 열일반 배기공사, 유기 배기공사, Chemical공사, 시수공사, Toxic공사, ACID배기공사, 공업용수공사, 일반UT공사, A/F타공사, MRO(UT))

2. 유형에 따른 비용하중 분석

1차 선별된 공사 중 FAB동, 부속동, UT(Utility)동, 모듈동 등 다양한 부분에 공통으로 적용되는 가설공사는 제외하였으며, A와 B유형의 연관 관계를 분석하기 위하여 A유형에만 해당하는 UT공사를 제외한 건축, 설비, 전기 공사에 대하여 범위를 한정하였다. 이들 공사를 대상으로 유형에 따른 면적당 단가 비교 및 개별 공사비 비중을 분석하였다.

2.1 유형/공사별 면적당 단가 비교

앞서 제시한 두 가지 유형에 따라 공사가 적용되는 범위가 다르며, 전체 공사 공정 측면에서 B유형의 경우, 가동을 위한 최소한의 공사가 진행된다는 점에서 면적당 단가가 A유형과 차이를 보인다. 또한 유형 간 차이를 면밀히 살펴보면, 공사수행 시점, 목표 산출물 등에서 차이를 보인다. 평균 프로젝트 시작 시점을 비교해보면 A유형의 경우 평균 2013년, B유형의 경우 평균 2017년 프로젝트 착수가 이루어졌으며, 목표 산출물 간 비교를 해보면, 유형의 차이는 존재하나, 같은 유형의 경우 같은 종류의 산출물을 생산하고 있는 것으로 나타났다. 이는 시장의 상황과 요구에 따른 제품의 변화에 따라 신축 공사가 수행된 결과라고 볼 수 있다.

표 2. 프로젝트 요약

프로젝트 구분	PJT-a	PJT-b	PJT-c	PJT-d	PJT-e	PJT-f
위치	A지역 (국내)	A지역 (국내)	B지역 (국내)	B지역 (국내)	B지역 (국내)	B지역 (국내)
생산품 유형	ㄱ, ㄴ, ㄷ	ㄱ, ㄴ, ㄷ	ㄱ, ㄹ	ㄱ, ㄹ	ㄱ, ㄴ, ㄷ	ㄹ, ㅁ
연면적 비율 (㎡)	1 (기준)	1.3615	1.4304	3.0851	3.3653	4.60861
초기 생산량(K) 비율	1 (기준)	1.2222	1.5556	2.6667	0.8889	0.3333
유형 (논문제시)	A	B	B	B	A	A

표 3. 유형/공사별 면적당 단가 비율

프로젝트 유형	건축 (전체 대비 면적당 단가 비율)	전기 (면적당 단가 비율)	설비 (면적당 단가 비율)
전체 생산라인 (A유형)	1(기준)	1(기준)	1(기준)
기본 생산라인 (B유형)	1.0599	0.7871	0.4586

[표 3]는 유형 간 건축, 전기, 설비 공사별 면적당 단가의 평균값 간의 비율을 나타내고 있다. (A유형 프로젝트 3건, B유형 프로젝트 3건[표 2])을 나타내고 있다. 공사별 수행 시점이 다르기 때문에, 건설공사비지수(불가 상승률)를 대입하여 연도별 2018년을 기준으로 공사비를 환산하였다. 건축공사를 살펴보면, B유형의 면적당 단가가 A유형에 비해 더 높은 것으로 나타났으며,

전기, 설비 공사에서는 A유형의 공사에서 면적당 단가가 더 높은 것으로 나타나며, 특히 설비공사의 경우, B 유형과의 단가 차이가 가장 큰 것을 볼 수 있다. 이는 설비공사가 생산량 증가 시 가장 큰 변화가 발생하며 영향도가 큰 것을 알 수 있다.

### 2.2 유형/공사별 세부공사비 비중

A유형에 해당하는 프로젝트 3건의 비용 구성을 종합적으로 살펴보기 위하여, FAB동 전체 공사비 및 각 세부 공사들에 대한 평균값을 도출하였으며, 프로젝트 당 면적 값이 다르므로 면적당 단가를 계산하여 비교 분석하는 데 활용하였다. 다음 [표 4]은 건축 공사의 세부공사의 비중평균 및 분포 상태를 나타내고 있으며, [표 5]은 [표 4]와 동일한 방법을 적용하여 전체 공사에 대한 사별 세부 공사의 비중 및 유형에 따른 비율, 전체 평균 대비를 나타내고 있다.

표 4. 유형/공사별 세부공사비 비중분포 및 T 검정 결과 값(건축공사 예시)

건축공사		
공사	A유형: 3프로젝트 (비중 분포 및 평균)	B유형: 3프로젝트 (비중 분포 및 평균)
가설공사	0.02548/0.02708/0.02698 평균:0.0264 표준편차:0.0087 표준오차:0.005	0.00299/0.003122/0.00308 Avg:0.0031 표준편차:0.0087 표준오차:0.005
T:46.284 유의확률:0.024 유의함(<0.05)		
철근콘크리트	0.2696/0.2789/0.2778 평균:0.2754 표준편차:0.00509 표준오차:0.00294	0.29951/0.29397/0.29699 평균:0.2969 표준편차:0.00277 표준오차:0.00160
T:-6.395 유의확률:0.213 유의하지 않음(>0.05)		
철골공사	0.4181/0.4201/0.4045 평균:0.4142 표준편차:0.00849 표준오차:0.00490	0.41978/0.42855/0.42564 평균:0.4257 표준편차:0.00507 표준오차:0.00293
T:-1.998 유의확률:0.262 유의하지 않음(>0.05)		
조적공사	0.0026/0.0029/0.0027 평균:0.0027 표준편차:0.00017 표준오차:0.0010	0.00418/0.00403/0.00399 평균:0.0041 표준편차:0.00010 표준오차:0.00006
T:-11.827 유의확률:0.522 유의하지 않음(>0.05)		
미장공사	0.0108/0.0106/0.0094 평균:0.0100 표준편차:0.00077 표준오차:0.00044	0.00711/0.00742/0.00743 평균:0.0073 표준편차:0.00018 표준오차:0.00011
T:6.444 유의확률:0.051 유의하지 않음(>0.05)		
타일공사	0.0089/0.0080/0.0085 평균:0.0085	-
방수공사	0.0085/0.0086/0.0090	0.01291/0.01279/0.01277

	평균:0.0087 표준편차:0.00027 표준오차:0.00015	평균:0.0128 표준편차:0.00016 표준오차:0.00009
T:-22.996 유의확률:0.305 유의하지 않음(>0.05)		
인테리어공사	0.0047/0.0047/0.0048 평균:0.0047	-
수장공사	0.0564/0.0565/0.0570 평균:0.0567 표준편차:0.00034 표준오차:0.00020	0.06538/0.05897/0.06428 평균:0.0628 표준편차:0.00343 표준오차:0.00198
T:-3.141 유의확률:0.032 유의함(<0.05)		
창호공사	0.0174/0.0179/0.0177 평균:0.0177 표준편차:0.00026 표준오차:0.00015	0.00687/0.00700/0.00664 평균:0.0066 표준편차:0.00052 표준오차:0.00030
T:32.835 유의확률:0.169 유의하지 않음(>0.05)		
유리공사	0.0051/0.0057/0.0058 평균:0.0056 표준편차:0.00037 표준오차:0.00021	0.00274/0.00276/0.00260 평균:0.0027 표준편차:0.00009 표준오차:0.00005
T:13.088 유의확률:0.044 유의함(<0.05)		
도장공사	0.00132/0.00131/0.00128 평균:0.0013 표준편차:0.00002 표준오차:0.00001	0.00601/0.00655/0.00698 평균:0.0065 표준편차:0.00049 표준오차:0.00028
T:-18.558 유의확률:0.097 유의하지 않음(>0.05)		
금속공사	0.00550/0.00568/0.00556 평균:0.0056 표준편차:0.00009 표준오차:0.00005	0.01892/0.02137/0.02055 평균:0.0203 표준편차:0.00125 표준오차:0.00072
T:-20.376 유의확률:0.063 유의하지 않음(>0.05)		
외벽판넬공사	0.01287/0.01395/0.01414 평균:0.0137 표준편차:0.00069 표준오차:0.00040	0.02687/0.030481/0.02828 평균:0.0285 표준편차:0.00182 표준오차:0.00105
T:-13.263 유의확률:0.226 유의하지 않음(>0.05)		
철거공사	0.00068/0.00067/0.00066 평균:0.0007 표준편차:0.00001 표준오차:0.00001	0.00174/0.00169/0.00179 평균:0.0017 표준편차:0.00005 표준오차:0.00003
T:-35.377 유의확률:0.159 유의하지 않음(>0.05)		
환경관리공사	0.01242/0.01251/0.01197 평균:0.0123	-
일반건축	0.08948/0.09102/0.09112 평균:0.0905 표준편차:0.00092 표준오차:0.00053	0.07851/0.07287/0.07218 평균:0.0745 표준편차:0.00347 표준오차:0.00200
T:7.724 유의확률:0.053 유의하지 않음(>0.05)		
MRO(건축)	0.04491/0.04515/0.04592 평균:0.0453 표준편차:0.00053 표준오차:0.00030	0.04955/0.04778/0.04651 평균:0.0465 표준편차:0.00384 표준오차:0.00222
T:-0.529 유의확률:0.049 유의함(<0.05)		

본 연구에서는 A유형과 B유형의 세부 공사별 비중 분포, 평균, 편차 등을 분석하여, 결과 값의 상관계수를 파악하고, 유형에 따른 공사비의 비중 평균값이 세부공

사별로 유의미한지에 대한 판단을 하기 위하여 t검정 (t-test)을 실시하였다. [표 4]는 T-검정 결과를 정리한 것이다. 유의 수준은 0.05보다 작을 경우 대립 가설 채택하며, 유형에 따라 평균 공사비의 차이가 유의미하다고 판단하였다. 건축 공사의 경우 가설공사, 수장공사, 유리공사, MRO(건축)에서 유형에 따른 평균값이 유의미하다고 나타났다. 전기공사의 경우, Cable Tray 공사, 수변 전설비공사, FFU설비공사, 가설공사, Hook-Up 설비공사, MRO(전기)가 유의미한 값으로 나타났으며, 설비공사의 경우, 모든 세부공사가 유의미한 값으로 나타났다.

표 5. 유형/공사별 세부공사비 비중 및 구성

건축공사			
공사	A유형 (비중 평균)	B유형 (비중 평균)	A-B
가설공사	0.0264	0.0031	0.0235
철근콘크리트	0.2754	0.2969	-0.0041
철골공사	0.4142	0.4257	0.0051
조적공사	0.0027	0.0041	-0.0014
미장공사	0.0100	0.0073	0.0031
타일공사	0.0085	-	0.0085
방수공사	0.0087	0.0128	-0.0033
인테리어공사	0.0047	-	0.0047
수장공사	0.0567	0.0628	-0.0024
창호공사	0.0177	0.0066	0.0115
유리공사	0.0056	0.0027	0.0031
도장공사	0.0013	0.0065	-0.0003
금속공사	0.0056	0.0203	-0.0135
외벽판넬공사	0.0137	0.0285	-0.0132
철거공사	0.0007	0.0017	-0.0009
환경관리공사	0.0123	-	0.0105
일반건축	0.0905	0.0745	-0.0338
MRO(건축)	0.0453	0.0465	0.0015
합계	1	1	
전기공사			
일반전기공사	0.0314	0.0030	0.0284
전력간선공사	0.1288	0.1155	0.0133
Cable Tray공사	0.0867	0.0684	0.0183
동력설비공사	0.0207	0.0272	-0.0065
전열설비공사	0.0201	0.0128	0.0073
전등설비공사	0.1104	0.0650	0.0454
통신/방송설비공사	0.0134	0.0070	0.0064
승강기공사	0.0754	0.0710	0.0044
수변전설비공사	0.0127	0.0486	-0.0359
FFU설비공사	0.0413	0.0392	0.0021
매입배관공사	0.0090	0.0086	0.0004
소방전기공사	0.2055	0.2219	-0.0164
가설공사	0.0187	0.0955	-0.0768
접지설비공사	0.0122	0.0061	0.0061
Hook-Up설비공사	0.0351	0.0344	0.0007
보수공사	0.0035	0.0034	0.0001
MRO(전기)	0.1751	0.1724	0.0027
합계	1	1	
설비공사			
일반설비공사	0.0235	0.0210	0.0025

시스템 실링공사	0.1039	0.0974	0.0065
공조설비 공사	0.2293	0.2238	0.0055
T.A.B 공사	0.0064	0.0078	-0.0014
DCC 배관공사	0.1234	0.1310	-0.0076
위생설비 공사	0.0033	0.0032	0.0001
도시가스 공사	0.0019	0.0017	0.0002
소화배관 공사	0.3185	0.3219	-0.0034
장비설치	0.0746	0.0727	0.0019
제연설비공사	0.0091	0.0101	-0.001
기기자재공사	0.0119	0.0103	0.0016
소화장비설치공사	0.0141	0.0135	0.0006
MRO(설비)	0.0801	0.0860	-0.0059
합계	1	1	

유형/공사별 분석 결과, 건축, 전기, 설비공사 모두 전체공사 대비 각각의 세부 공사 비율이 유사한 형태로 구성된 것을 볼 수 있다. 유형에 따른 공사 수행 여부를 살펴보면 건축공사에서 타일공사, 인테리어공사, 환경 관리공사가 B유형에서 수행되지 않는 것으로 나타났다. 세부 공사의 비율을 살펴보면, 건축공사에서는 철골공사(41.42%, 40.07%), 철근콘크리트 (27.54%, 27.95%) 공사가 가장 높은 비중을 차지하고 있으며, 전기공사에서는 소방전기공사(20.55%, 22.19%), 전력간선공사 (17.53%, 17.24%), 설비공사에서는 소화배관공사 (31.85%, 32.19%), 공조설비공사(22.93%, 32.19%) 순으로 나타났다. 각 공사의 유형에 따른 평균 비중 차이를 살펴보면, 건축공사(0.0084), 전기공사(0.0159), 설비공사(0.0029)로 설비공사가 공사별 비중이 가장 유사하며, 전기공사의 비중차이가 가장 큰 것으로 나타났다. 전기공사의 세부공사를 살펴보면, 가설공사 (0.0768), 전등설비공사(0.0454), 수변전설비공사 (0.0359) 순으로, 이는 유형의 변화에 따른 비중 변화가 큰 것을 볼 수 있다.

#### IV. 공사비 산출 및 비교 검증

하이테크 공장 건설 시 생산량 10~45K의 기본라인만 구성할 경우(B유형) 발생하는 공사비 산출의 정확도와 신뢰도를 파악하기 위하여, 다음과 같이 검증을 진행하였다.

아래의 두 가지 방법을 각각 적용하여 B유형에 대한 세부 공사비를 산출하여, 신규 프로젝트 실적 공사비 대비 오차율을 비교·분석하였다. 신규 프로젝트는 B유

형에 해당하며 FAB등의 건축, 전기, 설비 공사로 범위를 한정하였으며, 연면적 1,207,468m2, 공사 시점은 2020년으로 본 연구에서 산출된 보정 비율 적용을 위하여 물가 상승률을 고려하여 2018년 기준으로 환산한 값을 활용하였다.

공사비 산출 및 비교 검증을 위해 다음 두 가지 방법으로 분석을 실시하였다. 1)일반적으로 개산견적 시 활용되는 유사 프로젝트들의 평균 면적당 단가를 사용하는 방법(기본단가법)을 적용하여 B유형에 해당하는 신규 프로젝트에 대한 공사비를 산출하였다, 기본단가법 적용을 위하여, 본 연구에서 수집한 유사 프로젝트 A유형 3건, B유형 3건을 모두 활용하여 세부 공사별 평균 면적당 단가를 산출하였다. A유형 3건의 평균 면적당 단가와 A유형 3건+B유형 3건을 모두 적용한 평균 면적당 단가를 B유형과 비교한 결과 6건 모두 활용하였을 때 높은 정확도가 나타났다. 2) 본 연구에서 제안하는 유형 분류에 따른 세부 공사별 보정 비율을 산출하여 적용하였으며, 앞서 수행한 T-검정 결과에서 유의미한 세부공사와 유의미하지 않은 세부공사들을 분류하여 산출하였다. 결과 검증을 위하여 도출된 결과 값과 새로운 프로젝트의 실제 공사비 내역 간 비교·분석을 실시하였다. 다음 [표 6]은 각각의 결과 값을 나타내고 있다.

표 6. 세부공사별 보정비율 및 공사비 비교·분석

공사	기준(1)	비교(기준대비 비율)	③실제 공사비내역 비교	
	①기본단가법 (평균면적당 단가:10PJT) (m2/원)		②제안 방법 적용 보정 비율	①:③
	건축공사			
가설공사	1(6,658)	0.2251	-1.8891	0.3498
철근콘크리트	1	1.0818	0.1431	0.0730
철골공사	1	1.0580	0.1262	0.0756
조적공사	1(1,603)	1.2386	0.3488	0.1935
미장공사	1(4,028)	0.8876	0.1160	0.2154
타일공사	1(1,894)	-	-	-
방수공사	5,051	1.2335	0.1828	-0.0080
인테리어공사	1	-	-	-
수장공사	1	1.0958	0.0683	-0.0210
청호공사	1	0.5817	-0.3994	0.1859
유리공사	1	0.6930	-0.6480	-0.1421
도장공사	1	1.6909	0.1450	-0.4458
금속공사	1	1.5975	0.5664	0.3074

외벽판넬공사	1	1.3913	-0.1391	-0.5849
철거공사	1	1.4781	0.2663	-0.0844
환경관리공사	1	-	-	-
일반건축	1	0.9471	0.1082	0.1554
MRO(건축)	1(21,494)	1.0571	0.0434	-0.0112
합계(건축 전체)	1	1.0444	0.1069	0.0673
전기공사				
일반전기공사	1(783)	0.1530	-5.4510	0.0128
전력간선공사	1	0.6755	-0.5040	-0.0160
Cable Tray공사	1(3,346)	0.8080	-0.1132	0.1005
동력설비공사	1	1.0592	-0.0985	-0.1635
전열설비공사	1	0.7081	-0.1998	0.1504
전등설비공사	1(3,826)	0.6714	-0.0445	0.2987
통신/방송설비공사	1	0.6217	-0.4513	0.0977
승강기공사	1	0.8968	-0.0594	0.0500
수변전설비공사	1	1.5328	0.3256	-0.0338
FFU설비공사	1	0.8968	-0.0722	0.0385
매입배관공사	1	0.8968	-0.0807	0.0308
소방전기공사	1(9,114)	0.9623	-0.0625	-0.0224
가설공사	1	1.6292	0.3027	-0.1360
접지설비공사	1	0.5994	-0.2134	0.2727
HOOK-UP설비공사	1	0.9142	-0.0260	0.0621
보수공사	1	0.9049	-0.0815	0.0213
MRO(전기)	1	0.7359	-0.1066	0.1856
합계(전기 전체)	-	0.8759	-0.0789	0.0550
설비공사				
일반설비 공사	1(908)	0.6221	-0.2143	0.2446
시스템 실링 공사	1(4,401)	0.6430	-0.2402	0.2025
공조설비 공사	1	0.6606	-0.2082	0.2019
T.A.B 공사	1	0.7631	-0.1187	0.1463
DCC 배관공사	1	0.6985	-0.1743	0.1797
위생설비 공사	1	0.6506	-0.2223	0.2048
도시가스공사	1	0.6216	-0.3595	0.1549
소화배관공사	1(13,831)	0.6763	-0.1970	0.1905
장비설치	1	0.6601	-0.2307	0.1876
제연설비공사	1	0.7174	-0.0528	0.2447
기기자재공사	1	0.6090	-0.3601	0.1717
소화장비설치공사	1	0.6517	-0.2183	0.2061
MRO(설비)	1(3,546)	0.7019	-0.1516	0.1917
합계(설비 전체)	1	0.6715	-0.1999	0.1942

\* 세부공사별 면적당 단가는 일부만 표시.  
\* 기준에 대한 비율로 표시

6건의 유사 프로젝트들의 공사비와 면적당 공사비 평균값 대비 B유형의 비율을 통하여 보정 비율을 산출하였다. 보정 비율을 살펴보면, 건축공사의 경우, 공기 단축을 위한 인력투입 비용 상승과 목포 산출물에 따라 부재의 종류, 구조 Span 길이, 콘크리트 강도 등 공사 사양(Spec)의 변화로 인한 공사비 상승이 발생한 것으로 판단되며, 이에 따라 보정 비율 1.044로 B유형 공사



가 더 높은 것으로 나타났다. 따라서 건축공사의 경우, 생산량보다 목표 산출물에 따른 공사 Spec이 더 큰 영향 요소로 작용하는 것을 알 수 있다. 전기, 설비공사를 살펴보면, 각각 전기공사 0.8759, 설비공사 0.6715로 보정 비율이 산출되었으며, 전기공사 중 동력설비, 수변전설비공사, 가설공사에서 세부 공사 보정 비율이 1.0 이상으로 산출된 것을 볼 수 있다.

이는 2015년 이후 신규 건설 프로젝트 대상으로 공장 최대 생산량(Capacity) 증가를 반영한 기반 시설 구축에 따른 공사비 상승으로, 시장 상황, 수요에 따른 정책 및 규제가 주요 요인으로 작용하였다. 동력설비, 수변전설비, 가설공사를 제외한 모든 세부 공사에서 유형간 보정비율이 1.0이하로 나타나며, 이는 생산량이 영향요인으로 작용한 것을 알 수 있다.

신규 프로젝트와의 공사내역을 비교해본 결과 건축공사의 공사비의 오차율은 각각 0.1609(①기본단가법 산출 결과 비교), 0.0673(②유형 분류 기반 보정 비율 적용 결과 비교)으로 본 연구에서 제안한 방법을 적용한 공사비 산출 결과는 건축 총공사비의 4%(0.0396) 오차율이 감소하여 공사비 정확도가 향상되었다. ①방법을 적용했을 경우, 기본라인 구성(B유형)에서 수행되지 않는 타일공사, 인테리어공사, 환경관리공사가 산출되며, 총공사비에 포함되게 되며, 이외의 세부별 공사비 비중 역시 차이를 보인다. 각 세부별 오차율을 살펴보면, 금액 비중이 가장 높은 철골 공사(①:0.1252, ②:0.0756)에서는 7%(0.0701), 철근 콘크리트 공사(①:0.1431, ②:0.0730), 5%(0.0506), 일반건축공사 4.7%(0.0472) 공사비 오차가 감소하는 것을 볼 수 있다. 전기공사와 설비공사의 전체 공사 오차율은 전기공사: 0.0789(①기본단가법 산출 결과 비교), 0.0550(②유형 분류 기반 보정 비율 적용 결과 비교), 설비공사 0.1999(①기본단가법 산출 결과 비교), 0.1942(②유형 분류 기반 보정 비율 적용 결과 비교)으로, 전기공사 총공사비의 2.4%(0.239), 설비공사 총공사비의 0.6%(0.0057) 오차율이 감소하여 공사비 정확도가 향상되었다. 세부별 오차율을 살펴보면, 전기공사 내 금액 비중이 높은 소방전기 공사에서(①:0.0625, ②:0.0224) 4%(0.0400), 전력간선공사(①:0.5040, ②:0.0160)에서 49%(0.4880)의 오차율감소를 보였으며, 설비공사의 경우, 소화배관공사

에서(①:0.1970, ②:0.1905) 0.7%(0.0065), 공조설비공사에서(①:0.2082, ②:0.2019) 0.6%(0.0063)의 오차율 감소가 나타났다.

## V. 결론

하이테크 산업의 공장 건설은 시장의 변화, 수요 변화, 발주처의 요구사항 등 다양한 요인으로 인하여, 패스트 트랙(Fast-Track) 공사, 기본라인 구성 등 공장 가동 시점을 앞당기기 위한 많은 노력이 이루어지고 있다. 따라서 공사 계획, 초기 단계의 빠른 의사결정을 위한 다양한 유형에 대응 가능하며, 정확도, 신뢰도 높은 공사비 산출 방법이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 하이테크 산업 공사의 특성을 반영하여, 공장 전체 생산량을 고려한 전체라인 구성의 공사 유형과 빠른 생산 가동을 위한 기본라인 구성의 공사 유형으로 기존 공사 내역을 분류하였으며(A유형/B유형), 비교·분석을 통하여 기본라인 구성 유형 공사비 산출을 위한 공사별, 세부공사별 보정비율을 도출하였다. 또한 유사 프로젝트 6건을 수집하여 기본단가법 적용 결과 값과 본 연구에서 제시한 유형 분류기반 보정 비율 적용 방법의 결과 값을 실제 공사비 내역과 비교하여 오차율 확인을 통한 정확도 검증을 실시하였다. 그 결과, 건축공사 4%, 설비공사 2.4%, 철골공사 0.6%로 오차율이 감소하였다. 본 연구의 결과를 통하여 하이테크 공장건설을 위한 초기단계에서 세분화된 유형에 대한 보다 정확도 높은 결과를 도출 가능할 것으로 판단된다. 세분된 비용 지수를 기반으로 지속적인 예측과 실행에 대한 결과 값 분석을 통해 유의미한 건설 비용 데이터를 구축해 낸다면 하이테크 공장 건설 비용이 시스템 활용을 통해 효율적으로 예측·관리할 수 있을 것이다. 하지만 본 연구에서는 FAB동으로 연구범위를 한정하였으며, 생산량만을 고려하여 유형 분류가 수행되었다는 한계가 존재한다. 따라서 후속 연구에서는 공사의 사양(Spec), 생산 제품의 종류, 공법 등 보다 다양한 요인에 대한 검토를 통하여 세부 항목들의 보정 비율의 정확도를 개별적으로 분석하고 정확도를 높이는 방법에 대한 고려가 필요하다.

참 고 문 헌

- [1] 조용래, 이광호, 김명순, “산업주도권 확보를 위한 경쟁과 협력 (coopetition) 의 혁신전략: 세계 디스플레이 산업구도 분석,” 정책연구, pp.1-228, 2016.
- [2] 이승창, “하이테크 산업 내 시장 진입전략 비교연구,” MS thesis, 고려대학교, 2014.
- [3] Suarez, Fernando and Gianvito Lanzolla, *The half-Truth of First-Mover Advantage*, Harvard Business Review, April, pp.121-127, 2005.
- [4] N. Kang and J. Choi, “Construction Cost-Schedule Integration Management Methodolgy by using Progress Integration Unit,” Korean Journal of Construction Engineering and Management, Vol.18, No.3, pp.42-51, 2017.
- [5] 김현중, 최재현, “플랜트 건설 프로젝트를 위한 개산견적 방법론 개발,” 한국건설관리학회논문집, 제20권, 제1호, pp.141-150, 2019.
- [6] 우성권, 정영수, “공사실적자료를 이용한 개략견적시스템의 보정계수 Database 구축 및 활용 사례,” 대한토목학회논문집, 제21권, 제5호, pp.695-702, 2001.
- [7] 최성훈, 김진철, 권순욱, “하이테크 공장의 효율적 건설 사업비 분석 및 예측을 위한 WBS·CBS 기반 건설정보 분류체계 구축,” 한국콘텐츠학회논문지, 제21권, 제8호, pp.356-366, 2021.

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

오 재 영(Jae Young Oh)

정회원



- 1992년 2월 : 고려대학교 정치외교학과(인문학사)
- 2010년 8월 : 고려대학교 전기공학과(공학석사)
- 2011년 3월 ~ 현재 : 성균관대학교 미래도시융합공학과(박사과정)

〈관심분야〉 : ICT융복합 에너지관리, BIM, Smart Energy Factory

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