

사업기획단계에서 흙막이 공사비 예측에 관한 연구 -서울시내 아파트 건설사업을 중심으로-

이진규¹, 양경진¹, 박기현², 김찬기^{1*}
¹대전대학교 대학원 토목환경공학과, ²대전대학교 대학원 토목공학과

A Study on Prediction of Earth Retaining Work Cost in the Project Planning Stage -Focusing on Apartment Construction Projects in Seoul-

Jin-Kyu Lee¹, Kyung-Jin Yang¹, Ki-Hyeon Park², Chan-kee Kim^{1*}
¹Department of Civil and Environmental Engineering, Graduate School, Daejin University
²Department of Civil Engineering, Graduate School, Daejin University

요약 일반적으로 건설공사의 흙막이공사는 구조물의 건설을 가능하게 하고, 주변 지반의 변위를 최대한 억제하며, 주변 구조물이나 현장 작업자의 안전을 확보하는데 중요한 역할을 하고 있다. 지반 특성, 주변의 지형 특성, 수리학적 환경 등의 설계 조건에 따라 흙막이공법 및 시공방법이 달라진다. 그 결과 흙막이 공사비도 변동하게 된다. 특히 서울시의 경우 지역에 따라 다양한 환경과 지반조건이 있다. 본 연구의 목적은 주로 서울시내의 아파트 건설사업의 흙막이 공사비를 분석하고, 사업기획단계에서 대략적인 흙막이 공사비를 산출하는 것이다. 서울시의 특성에 맞는 흙막이 공사비를 예측하는 모델을 개발하고, 이를 이용하여 흙막이공사의 공사비를 예측한다. 본 연구에서는 10개(대지면적, 연면적, 동수, 건축면적, 지하층면적, 굴착깊이, 굴착량, 굴착면적, 흙막이둘레길이, 흙막이면적)의 사업개요를 독립변수로 이용한 다중회귀모델에 의한 흙막이 공사비의 예측치를 제시한다. 다중회귀모형을 이용한 서울시 아파트 건설사업의 흙막이 공사비 예측 결과 오차율은 10.75%였다. 이는 서울시내 아파트 건설사업의 기획단계에서 흙막이 공사비 산정업무에 적용될 가능성이 높고, 서울시내 아파트 건설사업의 흙막이 공사비 산정작업에 크게 기여할 것으로 사료된다.

Abstract In general, earth retaining work in construction works enables the construction of structures, prevents the displacement of the surrounding ground to the maximum extent, and plays an important role in ensuring the safety of the surrounding structures and field workers. The earth retaining work and the construction method differ according to the various ground characteristics, surrounding topographical characteristics, repair environment, and design conditions. In particular, in the case of Seoul city, the environments and ground conditions differ according to the area. This study analyzed the earth retaining work cost mainly for the apartment construction project in Seoul and calculated the approximate earth retaining work cost at the project planning stage. A model was developed to predict the cost of earth retaining work that matches the characteristics of Seoul City and predict the construction cost for earth retaining work. This paper presents the predicted earth retaining work cost using a multiple regression model that applies 10 project outlines as independent variables. The error rate of the prediction result of the earth retaining work cost of the apartment construction project in Seoul using multiple regression models was 10.75%.

Keywords : Apartment Construction Project, Planning Stage, Earth Retaining Work Cost, Multiple Regression, Seoul City

*Corresponding Author : Chan-kee Kim(Daejin Univ.)

email: ckkim@daejin.ac.kr

Received September 18, 2020

Accepted January 8, 2021

Revised October 21, 2020

Published January 31, 2021

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

최근에는 과학기술의 발달과 함께, 건설기술 또한 이에 부응하여 날이 발전하고 있다. 2000년대 들어서는 건설공사의 세분화, 다양화, 복잡화로 인해 이에 따른 건설사업의 불확실성이 점차 증가하고 있는 추세에 있다. 따라서 사업기획단계에서 정확한 공사비 예측은 아파트 건설사업 발주자의 사업추진 의사결정을 지원하고, 아파트 건설사업의 추진방향을 결정할 수 있게 해줄 뿐만 아니라 향후 실제 투입 공사비에 대한 정보를 제공함으로써 효율적인 예산수립을 가능하게 한다. 사업기획단계에서는 아파트의 도면 및 내역서가 산출되기 이전의 단계로써 공사비 예측을 위한 가용 정보가 부족하게 되고, 따라서 공사비 예측에 한계가 나타난다. 또한 공사비 예측 기준이 모호해짐에 따라 기획단계에서 제시되는 예정공사비에는 현실성이 결여되게 된다.

사업기획단계에서 공사기간 중 투입될 자재, 인력, 장비 등에 대하여 미리 예측하고, 공사비를 산정하여 사업성을 판단하는 여러 가지 통계학적 예측기법들이 활용되고 있다. 이러한 예측기법들의 정확도 및 신뢰성을 향상하기 위해서는 예측에 활용이 되는 최근 유사사례의 공사자료를 이용하여 통계학적인 방법으로 동일한 패턴을 찾고 공통적인 요소를 분석하여 체계적인 예측을 수행하는 것이 중요하다. 이에 본 연구에서는 사업계획승인을 받은 서울시내 아파트 건설사업 중 정보공개가 가능한 모든 지역의 사업 관련자료(사업개요, 총사업비산출 총괄표, 공종별 총공사비구성 현황표, 공정계획서)를 분석하여 흠막이 공사비에 영향을 미치는 요인을 파악하고, 향후 아파트 건설사업에서 활용할 수 있는 흠막이 공사비 예측모델을 개발하여, 검증 사례를 대상으로 개발된 흠막이 공사비 예측모델의 타당성과 효용성을 검증하는 것을 연구목적으로 한다.

아파트 건설사업의 기획단계는 사업의 규모 및 범위 등을 결정하는 단계로서, 사업발주자는 사업비를 정밀하고, 정확하게 추정하기 위하여 공사비와 간접비를 예측하게 된다. 이때 예측된 공사비와 간접비는 사업의 진행단계에 따라 반복적인 수정과 검정작업의 단계를 거치면서 구체화 된다. 이러한 사유로 사업발주자의 정확하고 합리적인 공사비 예측은 아파트 건설사업의 성공에 중요한 요소이다.

통상적으로 사업 초창기의 사업기획단계에서는 사업

의 정보가 단편적이고 추상적인 까닭에 사업개요 수준의 개략적인 정보를 이용하여 유사한 사례를 수집하고, 이를 기초로 한 공사비 예측모델을 연구하고, 개발하여 공사비를 예측한다. 즉, 사업의 건축개요 등의 개략적인 정보를 활용하여, 과거의 유사한 사례의 공사비 자료를 수집하며, 이를 기초로 하여 사업의 면적당 공사비를 사용하거나, 사업규모가 비슷한 사업들의 공사비 내역을 변형하고, 수정하여 사업의 공사비를 예측한다. 최근 들어서는 다양한 통계 프로그램을 사용하여 다양한 형태의 예측모델 Neural Networks(인공신경망), Regression Analysis(회귀분석), Genetic Algorithm(유전자알고리즘), Case Based Reasoning(사례기반추론), Building Information Modeling(빌딩정보모델링), Monte Carlo Simulation(몬테카를로시뮬레이션)을 이용하여 공사비를 예측한다. 이는 기존의 공사비 예측기법인 설계도면에서 물량을 뽑아 산출내역서를 작성하고, 단가를 계산하여 공사비를 산정하는 Bottom-up(상향식) 공사비 예측방법과 반대되는 Top-down(하향식) 공사비 예측방법으로 사업초기 시점인 기획단계에서 신속하고 정확한 공사비 예측을 위해 사용된다.

특히 아파트 건설사업 흠막이 공사비는 자세한 설계정보 및 자료가 부족하며, 다양한 흠막이공법과 시공방법을 사용하므로 이에 대한 표준화, 규격화가 현실적으로 불가능하고, 이에 따른 흠막이공사비도 정확도 및 신뢰성이 부족해진다. 본 연구에서는 이러한 사업초기 기획단계에서 흠막이 공사비 예측의 어려움을 해결하기 위해 개략적인 정보(대지면적, 연면적, 동수, 건축면적, 지하층면적, 굴착깊이, 굴착량, 굴착면적, 흠막이둘레길이, 흠막이면적)를 이용하고, 유사프로젝트의 공사비를 활용하는 Top-down 방식을 적용한 합리적이고 정확한 흠막이 공사비 예측모델을 개발하였다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구에서는 서울시내 아파트 건설사업 사업승인 시점까지의 사업초기단계에서 아파트의 건설을 위해 산정되는 공사비 중에서 흠막이 공사비에 대한 예측으로 연구의 범위를 한정한다. 흠막이 공사비에 영향을 미치는 요인을 추출하고, 흠막이 공사비 예측모델을 구축하기 위한 공사비 자료는 서울시 지역으로 대상을 제한하여 자료를 수집하였다.

연구의 흐름과 연구 방법은 다음과 같다.

첫째, 서울시내 아파트 건설사업 기획단계에서의 흠막이 공사비 예측모델을 제시하기 위해 2015년 1월 1일에

Table 1. Fluctuation of construction cost index(Housing)

Year \ Month	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2015	100.28	100.16	100.09	99.71	99.59	99.54	99.64	99.59	100.69	100.51	100.40	99.79
2016	100.71	100.64	100.71	101.54	101.79	102.15	102.21	102.09	103.76	103.82	103.97	104.31
2017	106.25	106.40	106.43	106.44	106.41	106.39	106.29	106.43	108.48	108.74	108.86	108.98
2018	110.74	110.73	110.80	110.98	110.99	111.33	111.44	111.43	114.11	114.36	114.24	114.12
2019	116.09	115.96	116.05	116.12	116.11	116.06	116.07	116.00	117.55	117.37	117.27	117.24

서 2019년 12월 31일까지 나라장터(국가종합전자조달 시스템)[1]에 아파트 감리자 선정을 위해 고시된 서울시내 아파트 건설사업의 흠막이 공사비 자료를 수집 한다. 수집된 흠막이 공사비 자료는 서울시내로 지역은 동일하나 시점이 다르므로 2019년 12월을 기준으로 하여 공사비 산정 시점을 통일시키기 위해, 156개의 공사비 자료에 건설기술연구원에서 매월 고시하는 건설공사비지수(주거용 건물)를 적용하였다. Table 1은 2015년에서 2019년까지의 월별 공사비지수를 정리한 것이다.

둘째, 선행연구에 대한 검토를 실시하며, 기존 연구의 문제점과 본 연구의 합리성과 독창성을 제시한다.

셋째, 서울시내 25개 구청에서 수집한 사업승인

서류와 서울시 재개발·재건축클러스터시스템[2]에서 정보 공개한 재건축 및 재개발조합주택 현황자료에서 아파트 및 부대복리시설의 개요, 건축물의 종류와 규모 등을 파악하고, 회귀분석에 사용할 독립변수를 선정한다.

넷째, 10개의 독립변수와 종속변수 사이의 흠막이공사비 변동요인을 파악하고, 분석하기 위해 통계분석 프로그램인 SPSS 18에서 다중회귀분석을 실시하여 여러 가지 형태의 공사비 예측모델을 도출한다.

다섯째, 다중회귀식을 이용한 아파트 건설사업 기획단계의 흠막이 공사비 예측모델의 신뢰성을 검증하기 위해 2020년 1월에서 2020년 3월까지의 12개 아파트 건설사업을 검증대상으로 활용하여 흠막이 공사비 예측모델을 통해 산출한 예측 값과 실제 값의 차이를 비교하여 흠막이 공사비 예측모델을 검증한다.

여섯째, 서울시내 아파트 건설사업 기획단계에서의 흠막이 공사비 예측모델의 실제 적용 가능성과 합리성을 제시한다.

1.3 연구자별 선행연구

흠막이공법 선정에 관련된 연구가 주를 이루고 있으며, 흠막이 공사비에 관련된 연구는 많지 않다. 특히 아파트 건설사업 기획단계에서의 흠막이 공사비에 대하여 분석한 선행연구는 없으므로 경제성, 공법선정, 다른 공중

에 대한 공사비 등 다른 유형의 관련된 선행연구를 포함하여 검토하였다.

김태호(2007)의 연구는 건설공사에서 일반적으로 사용된 흠막이 공법의 경제성에 대하여 분석 하였고, 공법별 경제성을 여러 현장사례의 자료를 가지고 분석하였다. 연구 결과 지하수위와 주변 환경, 토질상태, 공사기간, 인접건물, 등에 따라 경제성의 차이가 나타났다[3].

노영창 외 1인(2008)의 연구는 공동주택 입주민들이 이주를 하지 않고, 거주하는 기간 동안에 지하주차장의 규모를 확대하기 위한 흠막이 공법선정 방안을 제안하였다. 흠막이공법 선정시 공사에 미치는 영향요인을 분석하고, AHP기법을 사용하여 가중치를 산정하였다. 또한 전문가를 대상으로 하여 흠막이공법의 적용가능성을 평가하여 거주 중에도 적용 가능한 흠막이공법을 선정하여 제시하고 민감도분석을 실시하였다[4].

김두연 외 3인(2009)의 연구에서는 도로공사현장이 갖고 있는 다양한 특성을 반영하여, 타당성 조사와 초기 설계단계에서 추출 가능한 자료 내에서 주요 독립변수를 결정하며, 실무에 활용 가능한 수준의 정확성과 신뢰성을 보유한 개략공사비 산정모델을 개발하였다[5].

박갑철(2012)의 연구에서는 흠막이 가시설공법의 경제성에 대하여 건축현장 및 토목현장으로 구분한 가상사례 및 실제 시공사례를 통해 굴착폭 별 경제성을 분석을 실시하였다[6].

신대웅 외 1인(2015)의 연구에서는 2열 자립식 흠막이 공법을 흠막이공사에 적용한 건설현장의 사례를 기반으로 하여 사례연구를 실시하였다. 연구의 결과 2열 자립식 흠막이 공법은 기존의 Strut식 및 Raker식 공법과 비교하여 공사비에서 13.23%가 절감되었고, 공사기간에서 35.3%가 단축되었다[7].

정상선 외 3인(2020)의 연구는 기존의 건설사업 초기 단계의 사업비 연구에서는 초기 공사비를 예측하기 위해 사례기반추론(Case Based Reasoning)을 사용했으며, 그중 조희단계의 가중치를 계산하는 방법으로 유전자 알고리즘을 사용했다. 기존 연구의 문제점을 해결하기 위해

임의의 수가 아닌 상관분석을 통한 상관계수를 지역탐색의 방법을 통하여 유전자 알고리즘에 반영하고, 지역탐색과 유전자 알고리즘을 결합한 혼합형 유전자 알고리즘으로 가중치를 산정한다. 산정한 가중치를 사용하여 사례기반추론 모델을 개발하고 데이터를 통해 유효성을 검증하였다. 그 결과, 지역탐색을 적용한 혼합형 GA-CBR이 기존 GA-CBR보다 우수한 성능을 보인 것으로 확인 되었다[8].

오재훈 외 1인(2020)의 연구에서는 상수도과 하수도 관로공사의 공사비산정과 적용을 위한 기준현황, 현장조사내용, 개정사항을 분석하였다.

또한 관로의 유지관리를 위한 각종관의 세척기준을 제정하였으며, 주기적인 개정을 통한 이형관, 곡관의 계상 기준을 명확히 하였다. 이러한 개정의 결과로 인한 공사비의 증감을 분석한 결과 상수도과 하수도 관로공사에서 대략 1.28%의 공사비 절감 효과가 나타났다[9].

2. 공사비 예측모델

2.1 공사비 자료에 대한개요

아파트 건설사업 기획단계의 흠막이 공사비 예측모델을 개발하기 위하여 2015년 1월 1일에서 2019년 12월 31일까지 나라장터(국가종합전자조달시스템)에 등록된 총 156개의 서울시내 아파트 건설사업흠막이 공사비 자료를 Table 2와 같이 수집하였다.

Table 2. Analysis of location and cases

Location	Cases	Location	Cases	Note
Jongno	0	Mapo	11	Year \ Cases 2015 \ 41 2016 \ 36 2017 \ 30 2018 \ 23 2019 \ 26 Total 156
Junggu	3	Yangcheon	4	
Yongsan	4	Gangseo	5	
Seongdong	3	Guro	1	
Gwangjin	3	Geumcheon	2	
Dongdaemun	10	Yeongdeungpo	8	
Jungnang	6	Dongjak	7	
Seongbuk	9	Gwanak	2	
Gangbuk	1	Seocho	16	
Dobong	1	Gangnam	12	
Nowon	5	Songpa	6	
Eunpyeong	13	Gangdong	11	
Seodaemun	13	Total	156	

2.2 독립변수의 구성

아파트 건설사업 흠막이 공사비 예측모델을 구축하기 위해서는 사업개요에 나타난 흠막이 공사비에 영향을 미치는 독립변수를 선별하여 선정해야한다. 흠막이 공사비에 영향을 미치는 독립변수를 채택하기 위해 기존 흠막이 공사비에 관련된 선행연구를 분석한 결과, Table 3과 같이 독립변수 10개(대지면적, 연면적, 동수, 건축면적, 지하층면적, 굴착깊이, 굴착량, 굴착면적, 흠막이둘레길이, 흠막이면적)를 선정하였다.

Table 3. The configuration of variables

Division		Variables	Unit
Dependent variables	Y	Construction cost	1,000won
	X1	Site area	m ²
Independent variables	X2	Total floor area	m ²
	X3	Main building	building
	X4	Building area	m ²
	X5	Basement floor area	m ²
	X6	Excavation depth	m
	X7	Excavation volume	m ³
	X8	Excavation area	m ²
	X9	Circumference length	m
	X10	Circumference area	m ²

2.3 예측모델의 구성

아파트 건설사업 흠막이 공사비(Y)를 예측하기 위한 다중회귀분석법은 변수의 입력방법에 따라서 크게 입력선택법, 단계선택법, 전진선택법, 제거법, 후진제거법의 5가지의 형태로 구분된다[10].

본 연구에서는 흠막이 공사비(Y)를 예측하기 위해위의 5가지 방법 중 전진선택법, 후진제거법을 사용하여 공사비 자료의 10개(X1, X2, X3, X4, X5, X6, X7, X8, X9, X10)의 독립변수에 대한 회귀분석을 실시하였다.

3. 공사비 실증분석

3.1 기술통계량

서울시내 아파트 건설사업 흠막이 공사비 156개의 공사비 자료를 분석하여 종속변수와 독립변수의 최소값, 최대값, 평균, 표준편차, 분산을 산출하면 Table 4와 같다.

Table 4. Statistics of variables

Variables	Minimum	Maximum	Mean	Standard deviation	Variance	N
Y	86093.93	91910917.09	9570324.46	12019412.90	144466286630630	156
X1	1011.10	462771	37650.13	54222.22	2940050188.45	156
X2	2519.59	2164314	158629.87	241235.06	58194358701.64	156
X3	1	84	10.61	11.09	123	156
X4	258.26	84399	8087.37	10210.41	104252641.66	156
X5	55	889794	59308.86	95627.09	9144540430.24	156
X6	5.90	35.30	15.01	4.96	24.61	156
X7	324.50	4656588.60	310098.68	498139.64	248143102782.27	156
X8	55	296598	19485.25	30287.79	917350318.97	156
X9	26.29	1930.40	432.72	240.69	57935.36	156
X10	155.09	30307.32	6778.39	4555.37	20751427.64	156

Table 5. The result of pearson correlation analysis

	Y	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10
Y	1										
X1	0.944**	1									
X2	0.946**	0.989**	1								
X3	0.873**	0.906**	0.867**	1							
X4	0.940**	0.983**	0.980**	0.908**	1						
X5	0.937**	0.964**	0.989**	0.818**	0.963**	1					
X6	0.308**	0.202**	0.234**	0.265**	0.257**	0.271**	1				
X7	0.936**	0.965**	0.990**	0.818**	0.964**	0.999**	0.262**	1			
X8	0.904**	0.962**	0.979**	0.798**	0.949**	0.975**	0.118*	0.978**	1		
X9	0.884**	0.897**	0.902**	0.840**	0.901**	0.892**	0.239**	0.894**	0.910**	1	
X10	0.877**	0.829**	0.856**	0.805**	0.861**	0.876**	0.607**	0.872**	0.793**	0.884**	1

*Correlation is significant at the 0.05 level

**Correlation is significant at the 0.01 level

Table 6. Results of regression analysis

Model summary	R	R ²		Adjusted R ²		Standard error of estimate	Durbin-Watson	
		0.958	0.917		0.916		3.492E6	2.40
Analysis of variance	Sum of squares		Degree of freedom	Mean square	F	p-Value		
	Regression	2.054E16	3	6.846E15	561.291	0.000		
	Residual	1.854E15	152	1.220E13				
	Total	2.239E16	155					
Coefficient	Independent variables	Unstandardized		Standardized	t	p-Value	Collinearity statistics	
		B	Standard error	Beta			Tolerance	VIF
	Constant	-1044813.73	611314.59		-1.71	0.089		
	X2	30.99	2.76	0.622	11.22	0.000	0.177	5.64
	X3	173811.78	52300.55	0.160	3.32	0.001	0.234	4.27
X10	568.66	122.74	0.216	4.63	0.000	0.252	3.97	

3.2 상관관계분석

다중회귀분석에 사용되는 종속변수와 독립변수들 상호간의 관계를 살펴보기 위하여 상관관계 분석을 실시하였다. 상관관계 분석은 서로 관련성이 있다고 예측되는 2개의 변수에 대하여 선형적으로 어느 정도 연관이 있는지 알아보는 분석이다. 1개의 변수가 증가할 때 다른 변수도 증가하는 경향을 보일 때 2개의 변수들 사이에는 양의 상관관계가 있다고 말하고, 1개의 변수가 증가할 때 다른 변수는 감소하는 경향을 보일 때 2개의 변수들 사이에는 음의 상관관계가 존재한다고 분석한다. 본 연구에서는 가장 보편적인 Pearson 상관계수를 이용하였다.

Pearson 상관계수를 사용한 결과는 Table 5와 같다. 독립변수들 중에서는 연면적·X2(0.946), 대지면적·X1(0.944), 건축면적·X4(0.940), 지하층면적·X5(0.937)등의 순으로 종속변수(훅막이공사비·Y)와의 상관관계가 높은 것으로 나타났다.

3.3 다중회귀분석 예측모델

훅막이 공사비에 대한 전진선택법, 후진제거법에 의한 회귀분석 결과, 3가지의 모형이 도출 되었고, 이 중에서 공선성(VIF<10), 유의수준(p<0.1)이 분석기준을 충족하고, 결정계수(R²) 값이 가장 높은 모형 3을 예측모델로 선정하였다. 결과는 Table 6과 같다.

모형요약에서는 독립변수(X)와 종속변수(Y)의 상관계수(R)는 0.958로 나타나고, 회귀식의 예측력을 검증하기 위한 결정계수(R²) 값은 0.917로 종속변수 변동의 91.7%를 회귀식으로 설명할 수 있는 결과로 나타났다. 이결과는 회귀분석에 사용된 훅막이 공사사비 자료의 91.7%가 표본회귀선형에 부합하다는 의미이다. 또한 수정결정계수(R²) 값은 0.916로 도출되어 회귀식의 설명력이 높은 것으로 나타났다.

잔차의 독립성을 검증하는 Durbin Watson값은 2.40으로 기준 값인 2에 근접하고 0 또는 4에 근접 않기 때문에 잔차 상호간의 독립성에도 문제가 없는 결과로 나타났다. 회귀모형에 대한 선형성 검정을 위한 분산분석에서는 집단 간 분산과 집단 내 분산의 비를 나타내는 F-value가 561.291이고, F-value에 대한 P-value(유의확률)는 0.000이다.

계수에서는 회귀식의 상수가 -1044813.73이며, 유의확률 0.1 이하의 통계학적으로 유의하게 도출된 독립변수는 연면적(X2), 동수(X3), 훅막이면적(X1)이다. 공선성 진단 결과는 공차한계 값이 0.1 이하의 수치가 없고,

VIF(분산팽창계수) 수치는 10이하로 나타나 다중공선성은 없다고 판단된다.

도출된 회귀식은 다음과 같다.

$$Y = -1044813.73 + 30.99 \cdot X_2 + 173811.78 \cdot X_3 + 568.66 \cdot X_{10}$$

4. 예측모델의 검증

2020년 1월에서 2020년 3월까지 나라장터(국가종합전자조달시스템)에 등록된 총 12개의 서울시내아파트 건설사업의 훅막이 공사비를 검증 대상으로 하여 실제공사비와 예측모델을 통하여 산출된 예측공사비를 비교한 결과 Table 7과 같이 평균 오차율은 10.75%로 나타났다.

Table 7. Verification results of regression model

No	Construction costs(A)	Predicted costs(B)	Error A-B =C	Error rate (C/A×100)
1	9,122,831	5,809,860	3,312,970	36.31%
2	6,421,236	5,497,998	923,237	14.37%
3	9,325,068	10,039,303	714,235	7.65%
4	4,356,368	2,734,401	1,621,966	37.23%
5	9,001,810	11,574,113	2,572,303	28.57%
6	11,403,829	7,446,088	3,957,740	34.70%
7	7,171,427	4,658,461	2,512,965	35.04%
8	7,937,371	6,446,033	1,491,337	18.78%
9	92,153,927	92,126,240	27,686	0.03%
10	1,559,051	1,138,684	420,366	26.96%
11	69,207,131	62,031,661	7,175,469	10.36%
12	5,671,171	6,025,147	353,976	6.24%
Total	233,331,220	215,527,989	25,084,250	10.75%

이는 서울시내 아파트 건설사업의 기획단계에서 훅막이 공사비 예측에 관한 기존의 연구가 전무하여 상대적인 비교가 불가하나, 이를 미국 AACE(American Association of Cost Engineers)의 사업예산 추정을 위한 등급 Class3 (공사비산정단계, 건설사업 확정상태 10%~40%)의 공사비 산정의 오차범위 상한선(+10% ~ +30), 하한선(-10% ~ -20%)을 충족하며, -10.75%의 오차율로 AACE의 기준보다 우수한 오차율을 보였다.

또한 ANSI(American National Standards Institute)의 정확도 범위(Budget Estimate, -15% ~ +30%)를 충족하므로 서울시내 아파트 건설사업의 기획단계에서 훅막이 공사비 예측방법으로 향후 실제 적용이 가능하다고 판단된다. 89.25%의 예측정확도로 아파트 건설사업의

기획단계에서 흙막이 공사비 산정업무에 적용 가능성이 높고, 아파트 건설사업의 공사예산 수립에 기여할 것으로 사료된다.

흙막이 공사비에 대한 추가적인 연구가 필요하며, 예측 정확도 향상을 위한 연구가 필요하다고 사료된다.

5. 결론

다중회귀분석 예측모델은 결정계수 값이 0.917이며, 각 통계량에 대한 요인분석, 분산분석, 상관분석, 유의수준, 공선성 등이 통계학적으로 만족한 결과로 나타났다. 또한 이를 검증대상 흙막이 공사비와 비교한 결과 평균 오차율은 10.75%로 나타났다. 아파트 건설사업의 경우 공사 착공 후에는 공사비가 고정되어 있어 공사의 진행에 따라 발생하는 공사비 증감에 대한 의사결정을 내리기 어려운 여건이다. 이런 문제는 기획단계에서 예측한 공사비보다 실제 공사비가 현저히 증감하는 경우에 발생한다.

이에 공사기간 중 투입될 자재, 인력, 장비 등에 대하여 최대한 효율적으로 이용하기 위해서는 기획단계에서 공사에 소요되는 공사비를 정확히 산출할 필요성이 있다. 흙막이 공사비 산출을 위한 공사비 예측모델은 아파트 건설사업의 설계가 완료되기 이전의 사전단계에서 이용 가능한 정보를 활용하고, 공사비를 예측함으로써 착공 이후 단계에서 공사비관리의 편이를 도모하기 위하여 개발되었다. 사업기획단계에서 공사비를 예측함으로써 사업담당자가 이후 발생하는 상황에 즉시 대처하고 해결방안을 수립할 수 있도록 하였다. 흙막이 공사비 예측모델의 오차가 존재 하지만 예측오차에 대한 여유를 두어 계산하고, 예정공사비를 확보하여 공사비 관리를 한다면 매우 유용한 공사비 예측모델로 활용할 수 있도록 하였다.

본 연구는 다중회귀분석모델을 이용하여 서울시내 아파트 건설사업의 156개 사례를 근간으로 사업기획단계에서의 흙막이 공사비를 합리적으로 예측하고, 사업발주자 입장에서 신속한 사업진행을 위한 사업예산수립과 의사결정 통해 명확한 사업계획을 마련할 수 있다. 결론적으로 발주자 입장에서는 아파트 건설사업 기획단계에서 객관적인 정보로 이용될 수 있기 때문에 사업기획단계에 사업타당성을 검토할 수 있어 합리적인 아파트 건설사업 추진계획을 수립할 수 있는 수단으로 활용 가능하리라고 예상된다. 그러나 본 연구의 범위가 서울시내 아파트 건설사업의 흙막이 공사비만을 대상으로 한정하였다는 점은 연구의 한계로 지적되며, 향후 서울 이외의 수도권 및 부산·대구·대전·광주 등 다른 지역의 아파트 건설사업의

References

- [1] Korea ON-line e-Procurement System, Available From: <http://www.g2b.go.kr> (accessed July. 21, 2020)
- [2] Seoul Cleanup System, Available From: <http://cleanup.seoul.go.kr/> (accessed July. 21, 2020)
- [3] T. H. Kim, *A Study on the Economic Feasibility of Sheet Piling Methods*, Master's thesis, The Graduate School of Construction Engineering Chung-Ang University, pp.42-43, 2007.
- [4] Y. C. Ro, C. S. Lee, "Selection of Retaining Wall System for Underground Parking Lots Expansion of Apartments", *Korean Journal of Construction Engineering and Management*, vol.9, no.2, pp.97-105, 2008.
- [5] D. U. Kim, B. G. Kim, D. H. Yeo, S. H. Han, "Quantity-based Early Cost Estimation Model for Road Construction Projects", *Korean Society of Civil Engineers*, vol.29, no.3, pp.373-379, 2009.
- [6] G. C. Park, *Case Studies on the Economic Analysis to Temporary Earth Retaining Methods*, Master's thesis, The Graduate School of Construction Engineering Chung-Ang University, pp.78-79, 2012.
- [7] D. W. Shin, G. H. Kim, "Analysis of construction process and cost of self-supported retaining wall method using two row H-pile", *The Korean Society of Science & Art*, vol.19, pp.425-434, 2015.
DOI: <http://doi.org/10.17548/ksaf.2015.03.19.425>
- [8] S. S. Jung, M. S. Park, H. S. Lee, I. S. Yoon, "Cost Estimation of Case-Based Reasoning Using Hybrid Genetic Algorithm", *Korean Journal of Construction Engineering and Management*, vol.21, no.1, pp.50-60, 2020.
DOI: <http://dx.doi.org/10.6106/KJCEM.2020.21.1.050>
- [9] J. H. Oh, B. R. Ahn, "A Study on the Improvement of Construction Cost Standards for Pipe Laying and Joining Work", *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, vol.21, no.7, pp.675-684, 2020.
DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2020.21.7.675>
- [10] K. S. Ha, J. K. Lee, "A Study on the Prediction of Civil Construction Cost on Apartment Housing Projects at the Early Stage", *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, vol.13, no.9, pp.4286, 2012.
DOI: <http://doi.org/10.5762/KAIS.2012.13.9.4284>

이 진 규(Jin-Kyu Lee)

[정회원]



- 2003년 8월 : 충북대학교 산업대학원 건설공학과 (공학석사)
- 2013년 2월 : 호서대학교 벤처대학원 벤처경영학과 (경영학박사)
- 2018년 9월 ~ 현재 : 대진대학교 대학원 토목환경공학과 박사과정

<관심분야>

지반공학, 건설사업관리(C.M), 도시계획

김 찬 기(Chan-kee Kim)

[정회원]



- 1987년 8월 : 원광대학교 대학원 토목공학과 (공학석사)
- 1994년 8월 : 원광대학교 대학원 토목공학과 (공학박사)
- 1995년 3월 ~ 현재 : 대진대학교 건설시스템공학과 교수

<관심분야>

지반공학

양 경 진(Kyung-Jin Yang)

[정회원]



- 2014년 2월 : 대진대학교 대학원 토목공학과 (공학석사)
- 2017년 3월 ~ 현재 : 대진대학교 대학원 토목환경공학과 박사과정

<관심분야>

지반공학

박 기 현(Ki-Hyeon Park)

[준회원]



- 2019년 2월 : 대진대학교 건설시스템공학과 졸업
- 2019년 3월 ~ 현재 : 대진대학교 대학원 토목공학과 석사과정

<관심분야>

지반공학