

택지개발사업의 공공주택건설공사비 추정의 실증적 분석

An Empirical Analysis on the Presumption of Public Apartment's Construction Cost in Housing Land Development Project

김 성 희*

Kim, Seong-Hee

요 약

최근, 공공주택에 대한 소비자의 요구사항이 더욱 다양해지는 반면, 이를 공급하는 공급자 입장에서 개발사업의 불확실성은 상대적으로 증가되고 있어 건설공사 예정가격의 불확실성을 더욱 가속시키는 요인으로 작용하고 있다. 이에 본 연구는 택지개발사업 공공주택건설공사의 사업초기단계에서 공사비를 합리적으로 추정하여 발주자 입장에서 적정한 자금 투자계획 마련과, 공사수행 전반의 원가관리를 지원할 수 있는 신뢰성 있는 도구 개발을 목적으로 하였다. 2007년 상반기에서 2008년 상반기에 설계된 총 20개 공공아파트 단지를 사례로 하여 회귀분석을 실시하였다. 사례의 대표성 및 설명력을 높이기 위해 건축, 기계, 토목, 승강기, 조정, 전기, 통신공사의 단지 내 총공사금액을 합산하여 1개 표본으로 활용하였다. 또한 모형의 적합성과 실제 활용도를 높이기 위해 총공사비를 설계, 계약, 준공금액으로 구분하여 분석을 다양화 하였다. 개발모형을 실제공사비와 검증한 결과 총공사비를 준공, 설계 금액으로 설정한 추정모형은 오차율 2%이내의 매우 우수한 결과를 보였다. 본 연구를 통해 개발한 공사비 추정모형은 사업초기단계에서 소수의 데이터만으로 실제공사비에 근접하게 개발공사비를 추정할 수 있는 유용한 도구로 활용되리라 기대한다.

키워드 : 공공주택건설공사, 공사비추정, 공사비예측

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

2010년 현재 전국의 미분양 아파트는 외환위기 직후보다 훨씬 많게 집계되고 있으며, 공공주택의 경우에서도 상당수가 미분양으로 적체되어 있는 실정이다. 공공주택에서의 이러한 미분양 사태는 거시적인 부동산시장 침체 등의 외부적 환경요인을 포함해 다양한 관점에서 해석될 수 있으나, 이제 공공주택도 완전분양을 장담할 수 없고, 이에 적극적으로 대처할 수 있는 유연한 시스템을 구축해야 한다는 사실을 보여주고 있다. 이러한 불확실성과 급변하는 시기적 요소는 개발사업자의 의사결정을 매우 혼란스럽게 하고 있으며 개발사업 초기단계의 공사비 추정의 중요성을 더욱 부각시키고 있는 현실이다.

한편, 건설사업에 있어서 공사초기단계에 공사비를 추정하려는 시도는 여러 가지 방법에 의해 진행되어왔다. 일반적으로 회

귀분석, 인공신경망, 사례기반추론 등이 이용되고 있으나, 인공신경망은 적절한 제어변수를 찾는 과정에서 시행착오적인 방법으로 반복될 수 있고, 사례기반추론은 충분한 데이터의 수가 존재해야 하고, 가중치를 결정하는 과정이 명확히 정립되지 못하다는 단점이 있다(김광희 외, 2004).

따라서 본 연구는 회귀분석의 방법을 이용하여 공공주택건설공사의 단지별 사례를 근간으로 사업초기단계에서의 공사비를 합리적으로 추정하여 발주자 입장에서 신속한 자금 투자계획을 마련함과 동시에 내부 관리회계적 관점에서 목표원가 및 추정원가로 활용하고, 공사수행 전반의 원가관리를 지원할 수 있는 신뢰성 있는 도구 개발을 목적으로 한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구는 공사비 추정을 위하여 회귀분석의 통계적 기법을 활용해 실증분석 하였다. 2007년 상반기에서 2008년 상반기에

* 일반회원, SH공사 책임연구원 경영학박사, starwar33@empal.com

설계된 총 20개 공공아파트 단지를 표본으로 하였고, 선정된 표본의 1개 단지는 표본의 설명력을 높이기 위해 건축, 기계, 토목, 승강기, 조정, 전기, 통신공사의 단지 내 총공사금액을 합산하여 1개 표본으로 활용하였다. 공사비 추정을 위한 연구방법은 표본의 수가 20개로 다소 부족할 수 있으나, 표본 1개의 구성이 단지의 총공사비임을 감안한다면 충분히 사례로써 대표성을 가지며, 공사비예측을 주제로 하는 선행연구의 우수성(2009)은 23개 현장을 사례로써 활용하였고, 임소연(2010)은 15개 사례를 기반으로 분석하였음을 감안할 때 표본수는 무리 없는 것으로 사료된다. 분석에 활용된 독립변수는 마감공사비, 연면적, 대지면적, 건축면적, 건폐율, 용적률, 평균층수, 지하층수, 동수, 총세대수, 평균평수, 주차장면적의 12개 변수이고 종속변수는 총공사금액이다.

특히 공사비 추정 변동성에 많은 영향을 미치는 건축공사의 마감공사비를 독립변수에 포함하여 연구모형의 정확성을 높였다. 마감공사비는 아파트공사의 골조 및 공동공사를 제외한 조적, 방수, 타일, 석, 목, 금속, 미장, 창호, 유리, 도장, 수장, 지붕 및 흙통, 가구, 발코니, 잡공사, 지급자재비의 합이다. m²당 마감공사비는 전체 마감공사비를 공급면적으로 나눈 값이며, 실제 분석에서는 m²당 마감공사비를 사용하였다. 또한 마감공사비는 도급금액과 설계금액의 차이가 의미있음을 감안하여 최초계약당시금액과 설계금액으로 구분하였으며, 최종 분석시 용도에 적합하게 사용하였다.

독립요인과 종속요인간의 인과관계를 분석하여 모형을 개발하였고, 이의 검증은 회귀식을 통해 산출한 예측값과 실제공사비와의 차이를 비교하여 오차율을 산정하였다. 또한 종속변수인 총공사금액을 준공금액, 최초계약금액, 설계금액으로 분석을 다양화함으로써 회귀모형의 정확성을 높이려 노력하였다.

변수간의 상관정도도를 분석하는 상관분석, 변수의 설명력과 유의성을 검증하기 위한 주성분분석, 모형개발 및 회귀식을 도출하기 위한 회귀분석을 실시하였다. 이를 위해 사용된 통계적 분석 프로그램은 SPSS Ver 15.0이다.

2. 공공주택건설공사비 추정

2.1 건설공사비 구분

건설공사비 구분에 있어서 Barrie, D.S.(1992)는 효율적 공사비 관리를 위해서 산정해야 하는 단계별 견적으로서 개산견적(Preliminary Estimates)과 공정거래가견적(Fair-Cost Estimates), 상세견적(Definitive Estimates)을 제시하였다. 김문한(2009)은 견적을 정확도에 따라 크게 개산견적과 상세견적으로 분류하고 견적시기에 따라 사전원가와 사후원가로 구분하

였다. 사전원가는 건축공사에서 공사가 완성되기 전에 예측하는 원가로서 개산견적, 설계견적, 공사견적, 실행예산으로 구분하고, 사후원가는 실제로 소비된 결과를 나타낸 것으로서 실제원가라고도 하며 공사결산서 작성이나 경영상의 지표가 되는 재무제표 작성에 기초자료가 되는 것을 의미한다. 임재인(2008)은 견적의 종류를 개산견적, 상세견적, 기성견적, 정산견적으로 구분하였다. 선행연구에서 구분하는 견적의 종류 및 특징은 다음과 같으며(표1 참조), 선행연구에서 일관되게 주장하는 가장 이상적인 결과는 사전원가와 사후원가가 일치하는 것이다.

표 1. 건설공사비 구분

구분	시기	내용
개념견적	기획 및 개념설계단계	· 거의 아무런 정보가 주어지지 않음 · 대부분 과거자료나 기술자의 경험에 의존함으로써 견적자의 능력에 따라 실제원가와 차이가 발생함
개산견적	기획설계단계~ 실시설계 완료 전	· 계획설계도면 및 기본설계도면을 바탕으로 물량을 산출하여 공사비를 추정함 · 예산에 맞추어 설계를 진행하는 COST계획의 지표 · 설계개념의 경제성 비교자료로 활용
상세견적	설계완료~ 입찰시	· 완료된 도면을 근거로 정밀도가 높은 공사비 산출 · 최종견적, 명세견적, 입찰견적 등으로 표현됨 · 계약가격을 심사하기 위한 기준으로 활용됨
공사견적	입찰 또는 계약시	· 일반적으로 시공자가 입찰 혹은 계약을 위해 설계도서에 바탕을 두고 계산한 원가
기성견적	계약 후	· 하도급 기성금을 지급하기 위한 견적과 단가 계약시 공사 기성을 산출하기 위한 견적

2.2 건설공사비 추정

건설공사비 추정에 대한 선행연구 조사를 통해 연구자별 건설공사비 추정기법에 대한 분석결과를 정리하였다(표2 참조). 건설공사비 산정방법에 의한 결과 값은 총공사비로 표현되었다. 산정방법은 회귀분석, 인공신경망, 사례기반추론 등이 이용되고 있으나, 일반적으로 회귀분석의 방법이 자주 이용되고 있으며, 예측정확도가 상대적으로 높음을 감안할 때 회귀분석을 이용한 추정모델로 개발함이 타당할 것으로 사료된다.

표 2. 건설공사비 추정기법¹⁾

No	저자	건설공사비 추정기법
1	김기동 외(1990)	· 회귀분석
2	박우열 외(2002)	· 회귀분석 · 인공신경망
3	김광희, 강경인(2003)	· 인공신경망 · 유전자알고리즘
4	이유섭(2003)	· 회귀분석
5	김광희, 강경인(2004)	· 회귀분석 · 인공신경망 · 유전자알고리즘 · 사례기반추론 · 경사하강법
6	김광희, 강경인(2004)	· 사례기반추론 · 회귀분석
7	전석환, 최인성(2005)	· 회귀분석
8	김광희 외(2006)	· 신경망 · 유전자알고리즘

표 2. 건설공사비 추정기법(계속)

No	저자	건설공사비 추정기법
9	김대석(2009)	· 회귀분석
10	권호석 외(2008)	· 회귀분석
11	임소연(2010)	· 사례기반 추론
12	kamel et al.(1994)	· 인터뷰, 설문지 표본조사
13	Oberlender and Trost(2001)	· 요소분석/회귀분석
14	Karshenas and Tse(2002)	· 사례기반추론
15	Trost and Oberlender(2003)	· 요소분석/회귀분석
16	Attalla and Hegazy(2003)	· 회귀분석
17	kim et al.(2005)	· 인공신경망
18	Soutos and Lowe(2005)	· BPN/T&E · BPN/GAs, · NNS/GAs
19	Lowe et al.(2006)	· 선형회귀모델
20	Dogan et al.(2006)	· 인공신경망

3. 연구모델

3.1 실적자료에 대한 개요

공사비 추정모델 개발을 위하여 2007년 상반기부터 2008년 상반기에 설계 완료된 택지개발사업의 공공주택건설공사 20개 단지의 사례를 수집하였다. 프로젝트 수행시기와 수행지역이 공사비에 미치는 영향을 고려할 수 있으나, 본 연구 사례 전 지역이 서울이며 발주시기도 비슷하여 특별히 지역과 시기를 고려한 보정치는 계산하지 않았다.

표 3. 실적자료의 개요

시기	사례
2007 상반기	4 개
2007 하반기	5 개
2008 상반기	11 개
합계	20 개

3.2 연구변수 도출 및 선정

회귀분석의 경우 관련성이 낮은 영향요인을 공사비 추정 프로세스에 적용하게 되면 정확도가 심각하게 저하되는 문제점을 발생시킬 가능성이 있기 때문에 공사비 영향요인 선정에 있어 충분한 고려가 필요하다. 이에 본 절에서는 선행연구 고찰을 통해 주택건설 추정에 필요한 영향요인을 도출하여 공사비 관련 전문가 면담조사를 통해 최종 선정하였다.

선행연구 및 전문가 면담조사를 통해 고려된 영향요인은 크게 명목적 요인과 수량적 요인으로 구분하였다. 명목적 요인으로 선정한 구조, 기초형식은 본 연구대상의 사례를 조사한 결과, 그 형식이 유사함으로 연구결과에 의미 있는 차이를 발견할 수 없

1) 권호석 외 5인(2008), “공공아파트 계획설계단계에서의 공사비 예측모델,” 한국건설관리학회 논문집, 표의 일부내용 추가

표 4. 선행연구의 공사비 연구변수²⁾

연구자	연구변수
김기동 외(1990)	기간, 평균층수, 행태계수, 지하율, 연면적, 평균평수, 용적률, 지역, 구조형식, 평면형식, 지붕형식
김기동(1991)	지역성, 대지면적, 연면적, 용적률, 건축면적, 지하율, 총세대수, 평균평수, 지상층수, 형상계수, 지붕형식, 난방방식, 구조형식, 공사기간, 벽체형식
박우열 외(2002)	지역, 대지면적, 재건축, 기초공사, 공사기간, 동수, 평균층수, 지하주차장, 평균평수, 연면적, 총세대수, 마감수준
김성규(2003)	연면적, 마감수준, 층수, 총세대수, 필로티 형태, 공용형태, 기초형식
김광희 외(2003)	아파트연면적, 주차장연면적, 대지면적, 최고층수, 지하층수, 동수, 총세대수, 평균평형, 공사기간, 지역, 공사유형, 기초형식, 마감수준
김광희 외(2004_1)	연면적, 층수, 세대수, 공사기간, 지붕형식, 기초형식, 지하층형식, 마감수준
김광희 외(2004_2)	지역, 연면적, 최고층수, 층당세대수, 총세대수, 평균평형, 지붕형식, 기초형식, 지하층유형, 마감수준, 공기
김광희 외(2004_3)	지역, 연면적, 층수, 층당세대수, 총세대수, 평균평형, 지붕형식, 기초형식, 지하층유형, 마감수준
전석환 외(2005)	건축면적, 연면적, 공사기간, 층수
안성훈 외(2005)	연면적, 최고층수, 총세대수, 평균평형, 지역, 지하층 활용, 마감수준, 기초 형태, 지붕형태
이준성(2006)	공기, 연면적, 지하층수, 지상층수, 동수, 총세대수
박우열 외(2007)	연면적, 층수, 총세대수, 공기, 지붕형식, 기초형식, 지하층, 마감수준
손보식(2007)	건축용도, 공기, 기준층고, 총연면적, 대지면적, 세대수, 평균평형, 지상동수, 지상층, 지하층
구충원(2007)	공사기간, 발주방식, 공동주택유형, 총세대수, 공사수행지역, 동절기공사불능일수, 연면적, 지상층수, 지하층수, 세대규모
박문서 외(2008)	지역, 대지면적, 공사기간, 동수, 지하주차장면적, 기초형식, 연면적, 건축면적, 세대수, 층당세대수, 지하층수, 지부형식, 층수, 코어수, 필로티형태, 필로티 수, 동평면 형태, 층고, 세대면적, 세대조합, 공용형태, 최상층활용, 구조형식, 마감수준
지창윤(2009)	연면적, 총세대수, 대지면적, 동수, 건축면적, 지하층연면적, 건폐율, 용적률, 사업유형
임소연(2010)	기초형식, 지붕형식, 마감수준, 연면적, 대지면적, 건축면적, 주차장면적, 건폐율, 용적률, 평균층수, 지하층수, 동수, 총세대수, 평균평수, 층고

표 5. 최종 선정된 공사비 연구변수

대분류	중분류	영향요인		
		요인명	채택여부	
명목적 요인	명목적도	구조	공통적특징	X
		기초형식	공통적특징	X
수량적 요인	비율척도	마감공사비		0
		연면적		0
		대지면적		0
		건축면적		0
		건폐율		0
		용적률		0
		평균층수		0
		지하층수		0
		동수		0
		총세대수		0
		평균평수		0
		층고	전문가의견	X
		최고높이	전문가의견	X
		주차장면적		0
공사기간	예측불가	X		
공사불능일수	예측불가	X		

2) 임소연(2010), “공동주택 개발사업 초기공사비 예측정확도 향상에 관한 연구,” 전남대학교 석사학위논문, 표의 일부내용 추가

다고 판단하여 영향요인에서 제외하였으며, 수량적 요인의 증고, 최고높이는 전문가 면담조사 결과, 공사비 추정에 크게 영향이 없을 거라는 의견을 받아들여 영향요인에서 제외하였다. 또한 공사기간과 공사불능일수 역시 사업기획단계에서 이를 정확하게 예측하기가 어렵다는 이유로 영향요인에서 제외하였다. 이러한 방법을 통하여 최종 선정된 연구변수는 수량적 요인에 해당하는 연면적, 대지면적, 건축면적, 건폐율, 용적률, 평균층수, 지하층수, 동수, 총세대수, 평균평수, 주차장면적, 마감공사비 총 12개이다.

3.3 연구모델의 구성

본 연구는 회귀분석의 방법을 이용하여 독립변수와 종속변수를 설정해 이들 간의 인과관계를 분석하였다. 독립변수는 연면적, 대지면적, 건축면적, 건폐율, 용적률, 평균층수, 지하층수, 동수, 총세대수, 평균평수, 주차장면적, 마감공사비의 12개의 영향요인이며, 종속변수는 총공사금액이다. 독립변수에 사용된 연면적에서 주차장면적까지의 11개 변수는 실시설계 후 확정된 수량을 입력하였으며, 마감공사비는 공사내역을 기준으로 집계하였다.

특히, 최근 주택건설공사의 마감공사비가 전체 공사비 추정에 많은 영향을 미친다는 선행연구 및 전문가 의견을 참고하여, 마감공사비 산정시 건축공사의 골조공사와 공통가설공사를 제외한 조적, 방수, 타일, 석, 목, 금속, 미장, 창호, 유리, 도장, 수장,

지붕 및 흙통, 가구, 발코니, 잡공사, 지급자재비를 합산하여 공급면적으로 나눈 m²당 마감공사비를 분석에 활용하였다. 종속변수인 총공사금액은 준공금액과 최초계약금액, 설계금액을 구분하였으며, 최종 분석 시 준공금액을 종속변수로 설정한 「시나리오 1」, 최초계약금액을 종속변수로 설정한 「시나리오 2」, 설계금액을 종속변수로 설정한 「시나리오 3」으로 구분하여 분석을 다양화 하였다.

표 6. 연구모델의 구성

구분	변수명	개수	분석도구
독립변수	마감공사비, 연면적, 대지면적, 건축면적, 건폐율, 용적률, 평균층수, 지하층수, 동수, 총세대수, 평균평수, 주차장면적	12	SPSS 15.0
종속변수	총공사비	1	

3.4 입력변수의 표준화

공사비에 영향을 주는 각 변수들의 단위가 서로 달라 입력데이터의 표준화작업을 선행하였다. 연면적, 대지면적, 건축면적, 주차장면적, 평균평수는 m²을 사용하는 반면에, 건폐율, 용적률은 %, 평균층수, 지하층수, 동수, 총세대수는 개수를, 마감공사는 공급면적당 금액을 사용하게 되는데, 이는 회귀분석 과정에서 각 영향요인의 특성을 충분히 반영하지 못하는 문제를 발생할 수 있기 때문에 모든 속성을 동일한 기준으로 분석하기 위하여 수집된 데이터를 표준화된 수치로 변화시켜야 한다. 따라서 선행연구³⁾에서 실시하였던 방법과 동일하게, 마감공사비를 제외한 11개의 연구변수를 아래 식을 이용해 0과 1사이의 수로 변환

표 7. 실적자료의 표준화

구분	연면적(X1)	대지면적(X2)	건축면적(X3)	건폐율(X4)	용적률(X5)	평균층수(X6)	지하층수(X7)	동수(X8)	총세대수(X9)	평균평수(X10)	주차장면적(X11)
사례1	0.2816	0.2472	0.3217	0.8535	0.9853	0.9403	0.50	0.2195	0.2650	0.8719	0.3013
사례2	0.2877	0.2958	0.4466	0.9901	0.8486	0.9797	0.25	0.2683	0.2786	0.8673	0.2527
사례3	1.0000	1.0000	1.0000	0.6560	0.8880	0.9047	0.50	1.0000	1.0000	0.8565	1.0000
사례4	0.4753	0.3940	0.4431	0.7374	0.9927	0.9050	0.50	0.3902	0.4538	0.8245	0.5375
사례5	0.3821	0.3600	0.3786	0.6896	0.8894	0.8678	0.50	0.3902	0.3771	0.8170	0.4049
사례6	0.2544	0.2179	0.2372	0.7140	1.0000	0.8338	0.50	0.2195	0.2576	0.8129	0.2493
사례7	0.1775	0.1975	0.1838	0.6103	0.7520	0.7677	0.50	0.2195	0.1664	0.8603	0.1837
사례8	0.1525	0.1192	0.1816	1.0000	0.9976	0.7713	0.50	0.1463	0.1730	0.6050	0.1956
사례9	0.1819	0.1497	0.2272	0.9956	0.9677	0.9728	0.50	0.1707	0.1796	0.8603	0.2276
사례10	0.1691	0.1642	0.2353	0.9401	0.8078	0.7556	0.50	0.1707	0.1590	0.7634	0.2160
사례11	0.3483	0.3068	0.4018	0.8587	0.9630	0.8595	0.50	0.3659	0.3557	0.8272	0.3584
사례12	0.3824	0.3307	0.4032	0.7999	0.9549	0.8595	0.50	0.3171	0.3894	0.7981	0.4246
사례13	0.0754	0.0676	0.0786	0.7622	0.9881	0.9421	0.25	0.0976	0.0653	1.0000	0.0671
사례14	0.1009	0.0961	0.1104	0.7538	0.9320	0.8926	0.25	0.0976	0.0863	1.0000	0.0924
사례15	0.1354	0.1347	0.1676	0.8163	0.7664	0.7052	1.00	0.1463	0.1375	0.6948	0.1727
사례16	0.2363	0.1954	0.2268	0.7611	0.9684	0.8264	0.50	0.1463	0.2304	0.7807	0.2873
사례17	0.4879	0.3926	0.4237	0.7078	0.9906	0.9739	0.50	0.3171	0.4573	0.8178	0.6155
사례18	0.2141	0.2196	0.2431	0.7261	0.7822	0.7183	0.50	0.2683	0.2094	0.7587	0.2571
사례19	0.2599	0.2286	0.2509	0.7199	0.9982	1.0000	0.50	0.1951	0.2286	0.9843	0.2543
사례20	0.2998	0.3165	0.2975	0.6165	0.8007	0.8831	0.50	0.3415	0.2970	0.8163	0.3258

3) 구충완(2007), “공동주택 사업특성에 따른 공사기간 및 비용예측을 위한 CBR 기반 Hybrid모델,” 서울시립대학교 석사학위논문, p.75.

표 8. 상관관계분석 결과

	공사금액	연면적	대지면적	건축면적	건폐율	용적률	평균층수	지하층수	동수	총세대수	평균평수	주차장면적	마감공사
공사금액	1	0.998**	0.987**	0.972**	-0.33	0.085	0.259	0.068	0.962**	0.996**	-0.02	0.987**	-0.565
연면적		1	0.988	0.975	-0.34	0.097	0.276	0.044	0.962	0.998	-0.003	0.986	-0.609
대지면적			1	0.978	-0.362	-0.018	0.229	0.036	0.986	0.989	0.013	0.958	-0.616
건축면적				1	-0.188	0.023	0.275	0.006	0.959	0.977	-0.022	0.943	-0.641
건폐율					1	0.197	0.036	-0.064	-0.36	-0.32	-0.292	-0.329	0.298
용적률						1	0.579	-0.316	-0.078	0.09	0.237	0.114	-0.15
평균층수							1	-0.524	0.153	0.244	0.679	0.244	-0.37
지하층수								1	0.046	0.058	-0.595	0.106	0.273
동수									1	0.969	-0.014	0.924	-0.594
총세대수										1	-0.04	0.982	-0.607
평균평수											1	-0.084	-0.253
주차장면적												1	-0.522
마감공사													1

시켰다. 예를 들어 사례1의 연면적을 아래의 식을 이용하여 변환시키면, 85,496㎡를 연면적 변수에서 가장 큰 303,640㎡로 나누어 산출한 값 0.2816으로 사례데이터를 정리하였다. 동일한 방법으로 나머지 변수들을 표준화하여 나타내었다(표7 참조).

$$A_{SV} = \frac{A_{OV}}{\max(A_1, A_2 \dots A_N)} \dots \dots \dots \text{식 3.1}$$

A_{SV} = Standardized Value of AOV : 표준화된 수치
 A_{OV} = Original Value : 표준화 대상 수치의 본래값
 A_1, A_N = All original value belong to one attribute : 분석 대상속성에 포함된 모든 사례
 N = number of the cases

4. 공사비 실증분석

4.1 상관분석

본 연구에서는 앞서 선정된 공사비 영향요인과 공사비 간의 상관관계를 판단하기 위해서 통계프로그램 SPSS 15.0을 이용하여 상관관계분석을 실시하였으며, 상관분석으로 가장 많이 사용되는 피어슨(Pearson)의 상관계수를 이용하였다. 결과는 대 각 성분을 중심으로 아래쪽의 결과는 위쪽과 동일하기 때문에 삭제하였다(표8 참조).

상관관계분석 결과를 살펴본 결과, 연면적과 공사비가 0.998로 가장 강한 상관관계를 나타내었으며, 이외에도 대지면적(0.987), 건축면적(0.972), 동수(0.962), 총세대수(0.996), 주차장면적(0.987)이 공사비와 강한 상관관계를 갖는 것으로 나타났다. 연면적이 가장 높은 상관관계를 보이는 것으로 나타나 연면적당 공사비를 산출하여 견적을 산출하는 방법 역시 그 타당성을 가지고 있다고 판단되나, 공사비와 높은 상관관계를 갖는 연

면적 이외의 변수들에 대해 고려하지 않아 그 한계점을 가지고 있는 것으로 분석된다.

4.2 실증분석

회귀분석 실시에 앞서 입력변수의 신뢰성 및 타당성분석을 수행한 결과, 크로바하 알파값은 0.6이상, 요인적재량 역시 0.6이상으로 나타나, 일반적 수용기준 0.6, 0.5이상의 기준을 만족하였다(Nunnally, 1978).

공사비 추정을 위해 변수간 인과관계 분석을 실시하여 최적의 회귀모형을 개발하였다. 추정모형은 모형의 적합성 향상과 실제 활용도를 높이고자 종속변수인 총공사비를 준공금액, 최초계약금액, 설계금액으로 구분하여 분석을 다양화 하였다. 또한 회귀모형을 통해 도출된 회귀식과 실제공사비와의 차이를 비교하여 본 연구모형을 검증하였다.

4.2.1 준공금액 기반 추정모델

준공금액 기반 추정모델은 독립변수에 의한 회귀식 모델을 바탕으로 총공사비(준공금액)를 추정하는 모델이다. 회귀식 모델은 후진제거 방식을 적용하여 개발하였다. 후진제거(backward) 방식은 초기 모형이 완전모형이라는 가정 하에 시작하여 불필요한 변수를 제거시켜 나가는 방식을 의미한다. 첫 단계에서는 모든 후보요인을 포함하는 회귀모형을 적합화한 후 기여도가 가장 작은 변수를 찾고, 그 변수에 대한 부분 F검증이 유의수준에서 유의하면 완전모형으로 귀착되고, 그렇지 않으면 그 변수를 제거하고 다음단계로 넘어간다.

후진제거 방식에 의한 회귀분석 결과, 총 6개의 모형이 도출되었고, 회귀계수의 유의수준 검토를 통해서 회귀계수가 통계적으로 유의해야 함을 확인해야 하기 때문에, 회귀계수 유의수준을 살펴본 결과, 모형 6이 가장 적합한 것으로 나타났다. 모형 6을 설

명하고 있는 독립변수는 마감공사, 용적률, 건폐율, 주차장면적, 지하층수, 대지면적, 건축면적 7개이며, 회귀식은 다음과 같다.

$$Y = -6,181,6785,050 + 62,414,364,438(X1) + 144,796,702,118(X2) - 45,809,970,501(X3) + 54,779,359,363(X4) + 9,156,114,084(X5) + 54,633,522,548(X6) + 136,908(X7)$$

주: 대지면적(X2), 건축면적(X3), 건폐율(X4), 용적률(X5), 지하층수(X7), 주차장면적(X11), 마감공사(X12)

잔차의 독립성 검정을 위하여 사용하는 Durbin-Watson 통계량은 자기상관을 판단할 때 사용되며, 일반적으로 값이 2근처에 나오면 1차 자기상관이 없는 것으로 판단할 수 있다. 본 연구 결과 더빈왓슨 통계량은 2.221로 회귀분석에서 자기상관이 없다는 가정을 만족할 수 있다.

표 9. 준공금액 기반 모형 요약

모형	수정된 R제곱	Durbin-Watson	독립변수
1	0.997		마감공사, 용적률, 평균층수, 건폐율, 주차장면적, 지하층수, 평균층수, 동수, 대지면적, 건축면적, 총세대수, 연면적
2	0.997		마감공사, 용적률, 건폐율, 주차장면적, 지하층수, 평균층수, 동수, 대지면적, 건축면적, 총세대수, 연면적
3	0.997		마감공사, 용적률, 건폐율, 주차장면적, 지하층수, 평균층수, 동수, 대지면적, 건축면적, 연면적
4	0.998		마감공사, 용적률, 건폐율, 주차장면적, 지하층수, 평균층수, 동수, 대지면적, 건축면적
5	0.998		마감공사, 용적률, 건폐율, 주차장면적, 지하층수, 평균층수, 대지면적, 건축면적
6	0.998	2.221	마감공사, 용적률, 건폐율, 주차장면적, 지하층수, 대지면적, 건축면적

4.2.2 최초계약금액 기반 추정모델

최초계약금액 기반 추정모델은 독립변수에 의한 회귀식 모델을 바탕으로 총공사비(최초계약금액)를 추정하는 모델로서 입력 선택(enter) 방식을 적용하여 개발하였다. 입력선택 방식은 모든 영향요인을 한 번에 포함하여 분석하는 방법이다. 이 방식은 다른 독립변수가 통제된 상태에서 특정 독립변수의 영향력을 확인할 수 있으며, 연구자가 고려하는 모든 독립변수들이 동시에 종속변수를 설명하는 정도를 알 수 있다. 따라서 모든 독립변수를 입력하여 다음과 같은 회귀식을 도출하였다.

$$Y = -30,298,845,805 + 1,282,674,669,647(X1) + 414,257,659,442(X2) - 664,567,968,311(X3) + 161,382,049,935(X4) - 49,646,704,878(X5) + 191,158,390,765(X6) - 18,541,086,116(X7) + 92,089,949,049(X8) - 794,486,309,056(X9) - 236,920,622,180(X10) - 162,742,930,904(X11) + 94,403(X12)$$

주: 연면적(X1), 대지면적(X2), 건축면적(X3), 건폐율(X4), 용적률(X5), 평균층수(X6), 지하층수(X7), 동수(X8), 총세대수(X9), 평균층수(X10), 주차장면적(X11), 마감공사(X12)

표 10. 최초계약금액 기반 모형 요약

모형	수정된 R제곱	Durbin-Watson	독립변수
1	0.905	2.170	마감공사비, 연면적, 대지면적, 건축면적, 건폐율, 용적률, 평균층수, 지하층수, 동수, 총세대수, 평균층수, 주차장면적

4.2.3 설계금액 기반 추정모델

설계금액 기반 추정모델은 독립변수에 의한 회귀식 모델을 바탕으로 총공사비(설계금액)를 추정하는 모델로서 준공금액 기반 추정모델과 동일하게 후진제거 방식을 적용하여 개발되었다.

후진제거 방식에 의한 회귀분석 결과, 총 6개의 모형이 선정되었으며, 통계적으로 유의한 회귀모형 6이 가장 적합한 것으로 나타났다. 모형 6을 설명하고 있는 독립변수는 마감공사, 건폐율, 용적률, 주차장면적, 지하층수, 대지면적, 건축면적 7개이며, 회귀식은 다음과 같다.

$$Y = -10,129,903,912 - 154,495,137,110(X2) + 336,208,709,477(X3) - 131,611,434,338(X4) + 58,667,805,148(X5) + 10,231,868,735(X7) + 83,120,052,463(X11) + 165,871(X12)$$

주: 대지면적(X2), 건축면적(X3), 건폐율(X4), 용적률(X5), 지하층수(X7), 주차장면적(X11), 마감공사(X12)

표 11. 설계금액 기반 모형 요약

모형	수정된 R제곱	Durbin-Watson	독립변수
1	0.997		마감공사, 평균층수, 건폐율, 용적률, 주차장면적, 지하층수, 평균층수, 동수, 대지면적, 건축면적, 총세대수, 연면적
2	0.998		마감공사, 건폐율, 용적률, 주차장면적, 지하층수, 평균층수, 동수, 대지면적, 건축면적, 총세대수, 연면적
3	0.998		마감공사, 건폐율, 용적률, 주차장면적, 지하층수, 평균층수, 동수, 대지면적, 건축면적, 총세대수
4	0.998		마감공사, 건폐율, 용적률, 주차장면적, 지하층수, 평균층수, 대지면적, 건축면적, 총세대수
5	0.998		마감공사, 건폐율, 용적률, 주차장면적, 지하층수, 대지면적, 건축면적, 총세대수
6	0.998	2.731	마감공사, 건폐율, 용적률, 주차장면적, 지하층수, 대지면적, 건축면적

4.3 모델검증

총공사비 기반 모델을 준공금액, 최초계약금액, 설계금액으로 구분하여 분석을 실시하였고, 이를 실제공사비와 비교한 결과, 평균 오차율은 1.96%, 11.69%, 1.66%로 나타났다.

표 12. 모델검증

구분	오차율		
	준공금액	최초계약금액	설계금액
사례1	0.86%	9.67%	0.44%
사례2	0.64%	8.02%	0.69%
사례3	0.14%	0.89%	0.13%
사례4	1.34%	0.09%	1.64%
사례5	4.32%	1.68%	0.41%

표 12. 모델검증(계속)

구분	오차율		
	준공금액	최초계약금액	설계금액
사례6	3.09%	8.75%	3.04%
사례7	3.36%	10.74%	2.80%
사례8	3.47%	2.45%	2.09%
사례9	2.19%	16.58%	0.35%
사례10	0.36%	41.70%	2.64%
사례11	4.14%	4.12%	4.33%
사례12	1.54%	21.93%	0.18%
사례13	4.51%	42.30%	4.49%
사례14	2.34%	14.47%	1.20%
사례15	0.97%	0.09%	0.21%
사례16	2.11%	12.60%	1.86%
사례17	1.50%	0.77%	1.74%
사례18	0.67%	22.00%	/
사례19	0.97%	2.32%	
사례20	0.64%	12.56%	
평균	1.96%	11.69%	1.66%

5. 분석결과

5.1 결과의 요약

표 13. 결과의 요약

구분	시나리오1	시나리오2	시나리오3
사례	20개단지	20개단지	17개단지
회귀분석방법	후방제거	입력선택	후방제거
모형 적합도	99.80%	90.50%	99.80%
종속변수	준공금액	최초계약금액	설계금액
평균오차율	1.96%	11.69%	1.66%

「시나리오 1」의 총공사비를 준공금액으로 설정한 모델은 모형 적합도 99.8%이며, 각 통계량에 대한 유의수준 역시 만족하여, 통계적으로 문제가 없는 결과를 나타내었다. 또한 이를 실제공사비와 비교, 검증한 결과 평균 오차율 1.96%의 매우 우수한 결과를 보여, 향후 실제 적용가능성이 높으리라 예상한다.

「시나리오 2」의 총공사비를 최초계약금액으로 설정한 모델은 독립변수를 모두 일괄 투입하는 입력선택의 분석방법을 택하였고, 모형적합도는 위의 결과에 다소 못 미치는 90.5%의 결과를 보였다. 통계량의 유의수준은 만족하여 기술통계적으로 문제가 없으나, 이를 실제공사비와 비교, 검증한 결과에서는 평균 오차율이 11%로 다소 높게 나타났다. 또한 사례별 오차율의 변동이 매우 커 이를 실제 활용하기에는 다소 무리가 있을 것으로 예상한다.

「시나리오 3」의 총공사비를 설계금액으로 설정한 모델은 사례 수집이 20개에 다소 못 미치는 17개의 데이터만으로 분석하였다. 분석결과, 모형적합도 99.8%이고 각 통계량에 대한 유의수준 역시 만족하여, 통계적으로 문제가 없는 결과를 나타내었다. 또한 이를 실제공사비와 비교, 검증한 결과 평균 오차율 1.66%

이내의 매우 우수한 결과를 보여, 「시나리오 1」의 방법과 더불어 향후 실제 적용가능성이 높으리라 예상한다.

본 연구에서 최초계약금액을 대상으로 분석한 「시나리오 2」방법의 상당한 오차를 발생은 설계금액과 계약금액이 다른 여러 상황적 요인, 즉 낙찰자의 입장과, 낙찰을 위한 입찰자의 전략적 선택 등에 기인한 것으로 분석된다.

본 연구는 공사비 추정을 위해 통계를 활용한 회귀분석의 기법으로 실증분석 하였고 이를 실제공사비와 비교, 검증하였다. 특히, 종속변수에 해당하는 총공사금액을 준공금액, 최초계약금액, 설계금액으로 구분하여 분석을 다양화하였다. 3가지 형태의 시나리오를 가지고 분석한 결과, 총공사비를 설계금액으로 설정하여 분석한 「시나리오 3」이 가장 오차율이 적은 것으로 나타났으며, 본 모형을 통해 총공사비(설계금액)를 예측할 수 있다.

5.2 기대효과 및 활용

본 연구를 통해 개발한 공사비 추정모델은 사업초기단계에서 소수의 데이터만으로 실제공사비에 근접하게 계약공사비를 추정할 수 있는 유용한 도구이다. 특히 공사비 추정값을 실제공사비와 비교, 검토하여 오차율이 2% 이내로 분석되었던 「시나리오 1」과 「시나리오 3」의 방법은 실제 적용가능성이 높으리라 기대한다.

실제적으로, 도급금액은 입찰자의 전략적 투찰, 저가입찰 등을 이유로 변동성이 매우 크다. 반면에, 발주자 관점에서 설계금액 및 준공금액의 예측은 향후 입찰경쟁에서의 적정한 낙찰가의 결정, 실행예산의 타당성 있는 개략 산정, 공사규모의 신속한 파악, 공시수행기간의 합리적 예산수립을 가능하게 하여 예측정확도를 높이는 중요한 도구로 활용 가능하리라 기대한다. 또한 이러한 관점에서의 공사비 추정활동은 관리회계적 시각에서 실효성 있는 목표원가를 설정할 수 있도록 지원하며, 목표달성을 위한 효과적 원가관리활동을 지원할 수 있게 한다. 궁극적으로 발주자 입장에서는 사업초기단계에 사업타당성을 검토할 수 있어 합리적인 자금 투자계획을 마련할 수 있는 수단으로 활용 가능하리라 예상한다. 그러나 본 연구의 범위가 공공주택 개발사업만을 대상으로 한정하였다는 점은 연구의 한계로 지적되며, 향후 이 분야에 지속적 연구가 진행되길 기대한다.

참고문헌

- 권호석 외 5인(2008), “공공아파트 계획설계단계에서의 공사비 예측모델,” 한국건설관리학회 논문집, 제9권 제3호
 구충원(2007), “공동주택 사업특성에 따른 공사기간 및 비용예측을 위한 CBR 기반 Hybrid 모델,” 서울시립대학교 석사

학위논문

김광희 외 2인(2004), “공동주택 공사비 예측 정확도 비교에 관한 연구,” 대한건축학회논문집, 제20권 제5호

김대석(2009), “공동주택 실적공사비 분석을 통한 초기 사업비 예측에 관한 연구,” 고려대학교 석사학위논문

김문한(2005), 건축의 코스트계획, 기문당

김성규(2003), “공동주택의 공사비 예측과 공사비 변동요인의 특성에 관한 연구,” 연세대학교 석사학위논문

김순영 외 4인(2010), “공공주택공사에서 도급단계 리스크 규명에 관한 연구,” 한국건설관리학회, 제11권 제2호

박문서 외 4인(2010), “사례기반추론을 이용한 초기단계 공사비 예측방법 : 속성가중치 산정을 중심으로,” 한국건설관리학회, 제11권 제4호

박지훈 외 3인(2008), “입력변수 수준에 따른 공사비 예측기법의 정확도 분석에 관한 연구 : 공동주택을 중심으로”

윤우성 외 3인(2009), “실적공사비 분석을 통한 공공주택 공사

비 추정에 관한 연구,” 한국건설관리학회, 제10권 제2호

임소연(2010), “공동주택 개발사업 초기공사비 예측정확도 향상에 관한 연구,” 전남대학교 석사학위논문

정충영, 최이규(2006), SPSS WIN을 이용한 통계분석, 무역출판사

AACE Recommended Practice No. 17R-97(1997) : Cost Estimate Classification System, AACE, Inc.

Barrie, D. S. and Plaulson, B. C. (2002), Professional Construction Management 3rd, McGRAW-HILL.

Nunnally, J. C. (1978), Psychometric Theory, Second Edition, McGraw-Hill, pp.225-255.

논문제출일: 2010.12.01
 논문심사일: 2010.12.10
 심사완료일: 2011.01.06

Abstract

Providers haven't recently had a flexible construction cost estimation system to meet various needs of consumers about public housing. So the subject of this study is to estimate construction cost reasonably in early project stage of public housing and then develop reliable means which is able to support construction cost management and establish a adequate funding investment plan as a provider. In this study, Regression analysis was performed by the case on 20 public apartment complex which were designed from the first half of 2007 to the first half of 2008. A total construction cost of construction, civil engineering, machinery, elevator, land scape, electricity and communication work was used as one sample for increasing explanation and representativeness of the case. In addition, The total construction cost which is devided into design, contract and completion cost was variously analysed for increasing relevance of model and actual utilization. The result of estimation model based on a total construction cost set up completion and design cost showed that error rate is within 2% , which is a excellent result. The estimation model of the construction cost developed by this study is expected to estimate approximate construction cost which is adjacent real construction cost in early stage of the project by using some data.

Keywords : *Public Housing, Construction Cost, Construction Cost Presumption, Construction Cost Prediction.*