

# 고층 사무소건축의 공사비계획을 위한 웹 기반 개산견적 프로그램

## Web-Based Cost Planning Program for High-Rise Office Building

김기홍\* · 박찬식\*\* · 장선호\*\*\*

Kim, Ki-Hong · Park, Chan-Sik · Chang, Sun-Ho

### Abstract

The purpose of cost planning at the early phase of construction projects is to provide the clients with the appropriate cost information during the design decision-making process. Therefore, the cost planning process is expected not only to predict projects' cost accurately but also closely to coordinate with the design decision-making activities. This paper proposes a new cost planning method for the effective and efficient directions relating a design decision-making process. Strategies for this method are i) to utilize elemental cost breakdown system, and ii) to apply probabilistic distribution theories. Based on these strategic directions, this paper proposed a probabilistic cost planning model for high-rise office building projects. The suggested model provides appropriate cost information to meet clients' limited budget and various projects' requirements during the design decision-making process. This study is based on probabilistic distribution variables theories and the range estimating technique. This study also develops a web-based software program in order to apply the proposed cost planning model effectively in high-rise office building construction practices.

키워드 : 공사비계획, 웹 기반 프로그램, 범위견적, 설계의사결정

Keywords : Cost Planning, Web-Based Program, Range Estimating, Design Decision-Making

## 1. 서론

### 1.1 연구의 배경 및 목적

건축 프로젝트의 초기단계에서 공사비계획 모델의 기본적인 역할은 설계안에 내포된 공사비정보를 빠르고 정확하게 예측하는 것이다. 이러한 기본적인 역할 이외에도 공사비계획 모델은 설계가 시작되기 이전에 공사비를 예측·분석하여 향후 발생할 수 있는 제반 문제점을 미리 파악·대처할 수 있도록 하여야 한다. 또한 설계가 진행되는 과정에서는 각종 설계대안들을 공사비 측면에서 비교·분석하고 최적 대안을 선정하는 역할도 수행해야 한다. 즉 공사비계획 업무는 설계업무와의 “통합과정”으로 설계의사결정을 지원할 수 있어야만 한다.

공사비계획 모델이 설계의사결정에 필요한 공사비정보를 제공하기 위해서는 두 가지 설계과정의 주요한 특성을 고려해야

한다. 우선 프로젝트 초기단계에서 발주자와 설계자 사이의 정보교환의 기준이 되는 공간 및 부위별 공사비분류체계를 사용해야 한다. 다음으로는 설계의 진행 과정에서 확정되지 않은 설계 변수들의 불확실성을 반영할 수 있는 범위견적(range estimating) 기법을 사용해야 한다.

현재 실제 프로젝트의 초기단계에서 가장 많이 사용하고 있는 공사비계획 기법은 단위면적법으로, 여기에는 많은 문제점이 따른다. 그중에서 대표적인 것은 첫째, 전체공사비를 대표하는 파라미터(parameter)가 연면적으로만 제한되기 때문에, 계획된 프로젝트의 다양한 특성들을 반영하지 못하는 것과, 둘째, 파라미터의 값이 확정되어야만 공사비를 산출할 수 있다는 것을 들 수 있다. 이는 다시 말하면, 공사비계획 업무가 설계의사결정 업무와 연계되지 못한다는 것을 의미한다. 특히 고층 사무소건축 프로젝트의 경우, 다양한 발주자의 요구사항으로 설계의사결정의 범위가 넓어지기 때문에, 다른 유형의 프로젝트에 비해 두 가지 업무의 연계가 더욱 어렵다고 할 수 있다.

이에 본 연구에서는 고층 사무소건축 프로젝트를 대상으로 초기단계에서 발주자의 예산과 설계의사결정 사항에 따라 공사비

\* 종신회원, (주)경원건축사무소 대표이사, 공학박사

\*\* 종신회원, 중앙대 건축학과 교수, 공학박사

\*\*\* 학생회원, (주)경원건축사무소 기획실장, 공학석사

정보를 제공할 수 있는 공사비계획 모델을 개발하고자 한다. 또한 제안된 모델을 실무에서 쉽게 사용할 수 있도록 웹 기반의 프로그램으로 개발하여 모델의 적용성을 높이고자 한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구에서 제시하는 공사비계획 모델은 건축 프로젝트의 초기단계의 주요 설계의사결정 과정에서 활용하기 위한 것이다. 그 과정에는 발주자의 예산 설정과 설정된 예산에 맞추어 프로젝트의 목표를 설정하는 브리프단계 및 이에 따라 여러 설계변수들을 결정하고 대안을 평가하는 기획설계단계가 포함된다. 또한 본 모델의 적용 대상은 전체 층수 15층 이상, 연면적 10,000m<sup>2</sup> 이상의 SRC조 고층 사무소건축으로 제한하였다. 이는 고층 사무소건축이 다른 유형의 프로젝트에 비해 발주자의 요구사항이 다양하여 발주자의 의사결정 사항이 프로젝트에 더 많은 영향을 미칠 뿐만 아니라 이러한 의사결정을 보조하기 위한 실적 공사비데이터의 축적이 미비하기 때문이다. 한편 제안된 모델의 프로그래밍에는 웹 기반의 객체지향 프로그래밍 언어인 Java가 사용되었다.

그림 1은 본 연구의 범위를 나타낸 것이다.

대상 프로젝트	층수15층, 연면적 10,000m <sup>2</sup> 이상의 SRC조 고층 사무소 건축
적용 단계	프로젝트 초기 기획단계
공사비 분류체계	설계의사결정 항목과 연계된 부위별 분류체계
공사비 데이터	공종별 내역서를 부위별 내역서로 전환 사용
활용 기법	확률적 시뮬레이션 기법
프로그래밍	자바를 활용한 웹(Web) 시스템 구축

그림 1. 연구의 범위

본 연구의 수행절차는 다음과 같다.

- 1) 공사비계획 모델과 범위견적에 관한 이론적 고찰을 실시한다.
- 2) 주요 설계의사결정 과정을 정보의 흐름 측면에서 정리하여 문제점을 분석하고, 설계의사결정 과정과 공사비계획과의 연계를 위한 방안을 제시한다.
- 3) 새로운 공사비계획 모델의 개념을 제안하고, 모델에 활용될 정보들과 구성요소들을 정의한다.
- 4) 모델의 실무 적용을 위하여 웹 기반으로 프로그램을 개발, 제시한다. 이 프로그램을 통해 사용자는 각종 설계변수들을 범위로 입력하고 확률분포그래프로 표현되는 공사비정보를 얻을 수 있다.
- 5) 본 연구에서 개발한 공사비계획 모델의 타당성을 검증하기 위하여 실제 수행된 프로젝트를 대상으로 사례연구를 실시한다.

1.3 기존 연구의 고찰

오피스빌딩 프로젝트의 초기단계에서 공사비를 계획하기 위한 기존의 연구들은 주로 회귀식을 이용한 통계적 기법을 활용하였다(홍성휘 1999, 신현익 외 2인 2001). 또한 여러 견적기법들의 장점을 이용한 혼합형 기법을 개발하여 공사비를 보다 정확히 예측하기 위한 연구들도 수행되었다(이חק 외 1인 1995, 최인성 외 3인 1999, 윤창식 외 1인 2000). 이 외에도 프로젝트 기획단계에서 설계도면 없이 부위별 공사비계획을 마련할 수 있는 프로세스 모델도 제시되었다(홍영배 1999). 이러한 기존 연구들은 프로젝트 초기의 제한된 정보만을 활용하여 비교적 정확한 공사비를 예측하였으나, 다음과 같은 단점이 있다.

- 1) 설계과정 이후의 결정된 설계변수들만을 고려하기 때문에 설계 이전 또는 설계가 진행되는 동안에는 활용될 수 없다.
- 2) 공종별 공사비 분류체계를 사용하기 때문에 프로젝트 초기의 부위별 정보의 내용을 공사비모델에 반영할 수 없다.

즉 발주자의 예산을 설계 과정에서의 중요한 제약요인으로 고려하기 위하여 주요 설계의사결정 과정과 연계된 공사비계획 모델에 대한 연구는 아직 수행되지 못하고 있는 실정이다.

2. 이론적 고찰

2.1 공사비계획과 설계의사결정

공사비계획은 건축 프로젝트에 대한 설계와 공사비의 관련성을 나타내는 시스템으로 프로젝트의 품질, 사용목적, 외관 등을 전체적으로 고려하여 공사비를 경제적인 한도에 맞추어 계획하는 것이다. 이는 프로젝트의 각 단계에서 발생하는 자원의 양과 이에 따른 공사비를 절감하기 위해 적용된다. 특히 프로젝트 초기 단계에서의 공사비계획이 중요한 이유는 이때 만들어진 의사결정사항이 향후에 이루어질 의사결정사항에 비해 더욱 광범위하고 경제적인 효과를 생산해 내기 때문이다(김기홍 2003).

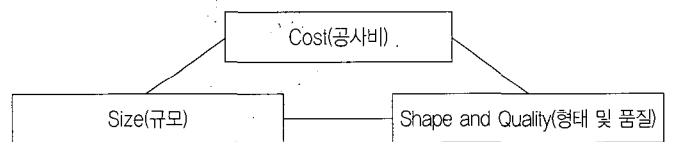


그림 2. 기본적인 설계와 공사비와의 관계

그림 2는 가장 기본적인 설계와 공사비와의 관계를 나타낸 것이다. 이 그림은 가장 단순한 공사비 시스템이지만, 설계와 공사비 사이의 복잡한 관계를 이해하는 시작점이 된다. 건축물의 품질과 함께 규모가 결정되면 공사비가 확정될 수 있고, 반대로 건축물의 규모와 함께 공사비가 결정되면 가능한 품질의 정도가 결정된다. 반면에 형태와 품질의 기준이 공사비와 함께 결정되

면 시설의 편의성이 설계변수로 제한되게 된다. 이들 요인들이 합성되어 결과를 이루기 때문에 이들 사이의 적당한 균형을 이끌어 낼 수 있는 기술이 프로젝트의 성공과 실패를 결정할 수 있게 된다(Ferry 1991).

이러한 공사비 시스템에 근거한 주요 설계의사결정의 내용은 다음과 같다. 이들은 본 연구에서 제시하는 공사비계획 모델에 활용될 설계변수들의 기준이 된다.

- 1) 제약요인 ; 제약요인에는 발주자의 요구사항과 법규가 해당된다. 이들은 설계의사결정을 제약하는 변수들로 발주자 예산, 대지면적, 지역·지구에 의한 허용 용적율 및 건폐율, 주차기준면적 등이 포함된다.
- 2) 규모 ; 건축물의 규모를 나타내는 대표적인 변수는 연면적으로 공사비와 가장 강한 상관관계를 갖는다. 이를 부위별로 나누면 지하 및 지상층 면적, 외장면적 등이 포함된다.
- 3) 품질 ; 건축물의 품질은 사용의 편리성으로 해석할 수 있으며, 이는 선정되는 주요 자재와 등급으로 나타낼 수 있다. 본 연구에서는 주요 자재의 유형과 건축물의 등급을 분류하여 공사비계획 모델의 변수로 사용한다.
- 4) 형태 ; 건축물의 형태 역시 공사비에 중요한 영향을 미치는 설계변수로, 정방형, 원형, 십자형 등 여러 형태가 가능하다. 이는 건축물의 둘레길이와 외장면적에 영향을 준다.

### 2.2 범위견적

범위견적이란 프로젝트를 수행함에 따라서 발생할 수 있는 불확실성(uncertainty)을 고려하기 위한 확률적 견적기법이다. 공사비가 초과될 확률, 더 나아가 과연 얼마의 공사비가 초과될 것이고, 어느 정도의 리스크(risk)를 고려할 수 있는지, 이를 위한 예비비로 얼마를 고려해야 할 것인지 등을 나타내는 것으로, 하나의 견적 시스템이라기보다는 전통적인 견적의 개념을 보조하는 의사결정기법이라고 할 수 있다(Curran 1989). 범위견적에서는 설계변수들과 항목별 공사비를 범위, 즉 분포함수로 표현하는데, 일반적으로 그림 3과 같은 삼각형분포(triangular distribution)가 가장 적합한 것으로 알려지고 있다(Uher 1996, Back 2000). 삼각형분포는 최소값(a), 최빈값(m), 최대값(b)의 세 가지로 표현되는 범위를 갖는 분포이다.

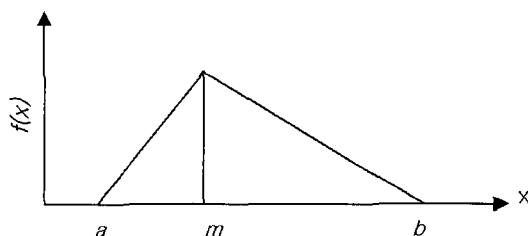


그림 3. 삼각형분포함수

### 2.3 설계의사결정과 공사비계획의 연계방안

설계의사결정의 가장 중요한 기준 중 하나는 공사비이기 때문에 공사비계획과 설계의사결정 과정의 연계는 필수적이다. 이러한 연계를 위해서는 부위 및 공간별 공사비분류체계에 따라 결정되지 않은 설계변수들을 공사비계획 모델의 입력정보로 활용해야만 하는데, 이는 설계변수들을 확률적으로 정의함으로써 가능해진다. 즉 설계변수를 각각의 특성에 맞는 분포함수(범위)로 표현하고, 실적 공사비데이터로부터의 공사비정보를 역시 확률분포(삼각형분포)로 나타낸 후, 시뮬레이션을 통해 공사비를 누적확률분포로 나타내는 것이다. 이 누적확률분포를 기준으로 발주자의 예산 범위 내에서 주요 설계변수들을 결정할 수 있게 되고, 이후 결정된 설계변수들에 의해 설계가 진행되게 된다. 그림 4는 이러한 연계방안을 나타낸 것이다.

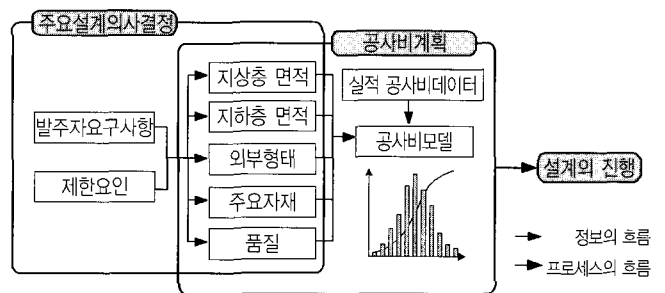


그림 4. 설계의사결정과 공사비계획의 연계방안

## 3. 공사비계획 모델

### 3.1 공사비계획 모델의 개념

그림 5는 본 연구에서 제시하는 확률적 공사비계획 모델의 개념을 나타낸 것이다. 설계의사결정 과정에서의 정보들이 각각의 성격에 따라 제약요인, 설계변수, 공사비변수 등으로 분류되고, 이중 설계변수는 다시 품질변수, 기본변수, 규모변수로 재분류된다. 이러한 변수들은 서로 정보의 흐름을 갖게 되며, 정보의 흐름을 따라 정의된 수식을 통해 프로젝트의 부위별 공사비를 산출하게 되고, 이들을 합계하여 직접공사비를 얻을 수 있다. 또한 공사비의 산출을 위해 필요한 실적 공사비데이터는 공종별 분류체계에 의한 데이터를 설계정보와 함께 수집한 후, 본 연구에서 제시하는 부위별 분류체계에 맞도록 전환하여 사용하게 된다<sup>1)</sup>. 이는 공사비계획 모델을 통해 설계정보 데이터베이스와 공

1) 본 연구에서의 공사비계획 모델은 초기단계의 발주자 의사결정을 목적으로 하는 것으로, 주요 설계의사결정의 내용에 맞춘 부위별 분류체계를 사용한다. 본 연구에서 사용하는 “부위”는 건축물의 구성요소(element)를 의미하는 것이 아니라, 단순히 건축물을 구성하는 일정 부분(part)을 구분한 것이다. 박찬식 외 2인, 설계의사결정과정에 대한 확률적 공사비계획 모델, 대한건축학회 논문집, 구조계, 19권, 11호, p185, 2003.11 참고

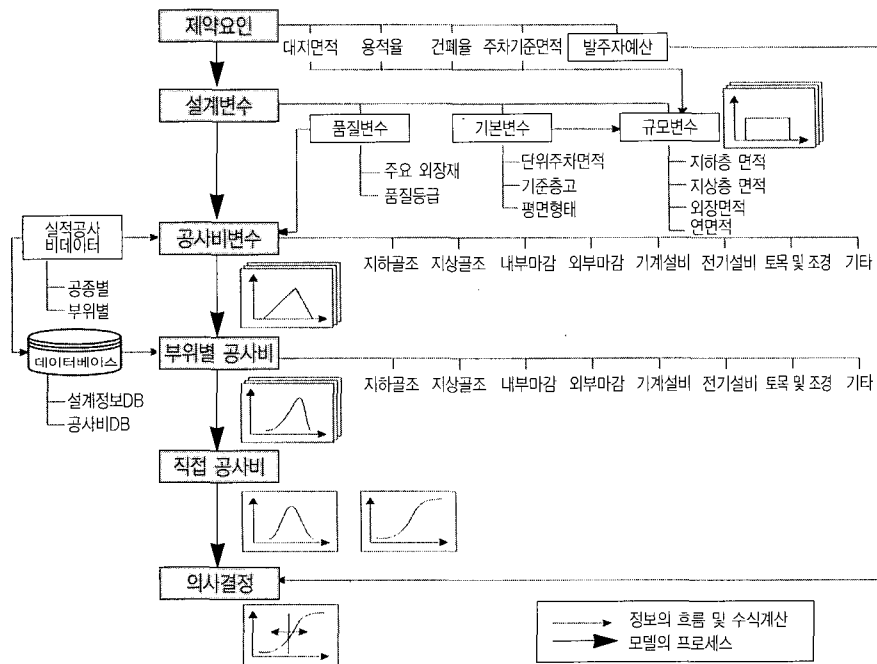


그림 5. 공사비계획 모델의 개념

사비 데이터베이스로 저장된 후 공사비산출에 적용된다.

이러한 과정을 통해 산출된 공사비정보는 발주자의 초기예산과 비교되어, 발주자의 경제적 의사결정과 설계자의 설계의사결정 과정에서 유용하게 활용될 수 있다.

이러한 공사비계획 모델의 특징은 다음과 같다.

- 1) 고층사무소 건축 프로젝트를 대상으로 공사비의 산출뿐만 아니라 초기단계의 설계의사결정 과정에서 활용할 수 있는 공사비정보를 제공할 수 있다.
- 2) 부위별 공사비 분류체계에 의한 실적공사비 데이터베이스를 구축하였으며, 향후 지속적으로 데이터베이스의 축적이 가능하다.
- 3) 법규에 의한 제약요인, 즉 용적률, 건폐율, 주차기준면적 등의 정보만으로 직접공사비의 산출이 가능하기 때문에 더욱 빠른 시기에 공사비정보를 제공할 수 있다.
- 4) 설계의사결정 과정의 확정되지 않은 정보들을 활용함으로써 공사비계획 과정에서 프로젝트의 다양한 특성을 고려할 수 있다.

### 3.2 공사비계획 모델의 변수 구성

이상의 개념을 반영하기 위해서는 먼저 설계의사결정 과정의 정보들을 공사비계획 모델에서 활용하기 위한 변수로 정의하여야 한다. 다음의 표 1은 제약요인, 설계변수 및 공사비변수를 세분화하여 정의한 것이다. 이들 변수들은 설계의사결정과 관련된 개개의 정보로서 공사비모델에 있어서 최소 정보단위를 이루게 된다.

## 4. 모델의 프로그래밍

### 4.1 프로그램의 구조 및 알고리즘

표 1. 모델링을 위한 변수의 정의

구분	변수명	비고			
제약요인	발주자예산	$Cbud$	Client budget		
	대지면적	$Asit$	Area site		
	허용 용적률	$Rgromax, Rgromin$	Ratio gross floor area		
	허용 건폐율	$Rbimax, Rbimin$	Ratio building to land		
	주차기준면적	$Rpar$	Regulation parking		
설계변수	규모변수	지상층면적	$Agromax, Agromin$	Area ground	
		지하층면적	$Abasmax, Abasmin$	Area basement	
		외장면적	$Aeximax, Aeximin$	Area exterior	
		연면적	$Aotimax, Aotimin$	Area total	
	품질변수	주요외장재	$Mext$	Material exterior	
		건축물품질	$Qbui$	Quality building	
		기본변수	단위주차면적	$Apar$	Area parking
			기준층고	$Hsto$	Height story
공사비변수	평면형태	$Pbui$	Plan building		
	지하골조	$Usub$	Unit Price substructure		
	지상골조	$Usup$	Unit Price superstructure		
	내장	$Uint$	Unit price interior		
	외장	$Uext$	Unit Price exterior		
	기계설비	$Umec$	Unit Price mechanical		
	전기설비	$Uete$	Unit Price electric		
토목 및 조경	$Uciv$	Unit Price civil			
기타	$Ugen$	Unit Price general			

프로그램의 구조는 그림 6에 나타나는 바와 같이 입력 모듈, 수식계산 모듈, 출력 모듈 그리고 실적공사비 데이터베이스의 네 가지로 구성되어 있다. 입력 모듈에서는 각종 제약요인을 입

력하고, 이러한 제약요인과 실적공사비 데이터베이스의 축적된 자료를 활용하여 수식계산 모듈에서 실제 공사비를 계산하게 된다. 계산된 결과는 출력 모듈을 통해 그래프를 포함하는 설계의 사결정 지원 자료를 제공하게 된다.

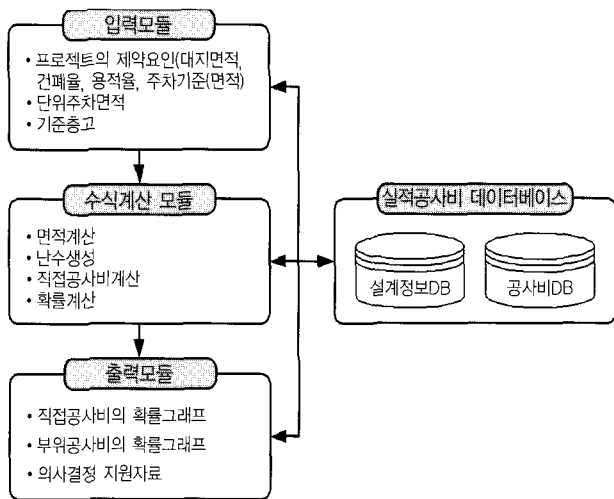


그림 6. 프로그램의 구조

(1) 입력 모듈

입력 모듈에서는 계획된 프로젝트의 제약요인과 수식계산을 위한 기본변수가 입력된다. 여기에는 대지면적, 건폐율, 용적률, 주차기준면적, 자동차 1대당 단위주차면적, 기준층고 등이 포함된다. 이들은 각각의 특성에 따라 대지면적은 결정값으로, 건폐율과 용적률은 최소값과 최대값을 갖는 범위로, 주차기준면적은 대지가 위치한 지역·지구에 따라 결정값 또는 최소값과 최대값을 갖는 범위로 입력된다. 또한 단위주차면적과 기준층고는 프로그램의 사용자가 임의로 결정하여 결정값으로 입력하게 된다.

(2) 수식계산 모듈

수식계산 모듈은 면적계산, 난수생성, 직접공사비계산, 확률계산 등의 모두 네 가지의 절차로 구성된다. 우선 입력 모듈에서 입력된 제약요인들을 이용하여 지상층면적, 지하층면적, 외장면적 등의 규모변수를 계산하고, 이어서 시뮬레이션을 위한 난수생성이 이루어진다. 난수는 규모변수와 공사비변수의 확률분포를 기준으로 모두 1,000개가 발생되며, 이는 1,000회에 걸친 시뮬레이션<sup>2)</sup>을 시행하는 것을 의미한다. 발생한 난수를 이용하여 직접공사비들이 계산되고, 마지막으로 출력 모듈로 전달될 의사

결정 지원 자료를 위한 확률계산이 수행된다. 표 2는 이러한 수식계산 모듈의 상세한 내용을 설명한 것이다.

(3) 출력 모듈

의사결정 지원 자료는 그래프와 표의 두 가지 형식으로 출력된다. 여기에는 직접공사비의 누적확률과 각 부위별 공사비의 누적확률 정보를 담게 되고, 표에는 상세한 누적확률별 공사비를 나타냄으로써 발주자의 의사결정을 돕게 된다. 출력결과와 활용에 관한 내용은 5장의 사례연구를 통해 설명한다.

표 2. 수식계산 모듈의 내용

분 류	내 용	수 식
면적 계산	- 최대 지상층면적	- $Agromax = Asit \times Rgromax$
	- 최소 지상층면적	- $Agromin = Asit \times Rgromin$
	- 최대 지하층면적	- $Abasmax = Agromax \div Rpar \times Apar$
	- 최소 지하층면적	- $Abasmin = Agromin \div Rpar \times Apar$
	- 최대 외장면적	- $Aextmax = (Agromax \div (Asit \times Rotimax) + 1) \times Hsto \times Pbui$
	- 최소 외장면적	- $Aextmin = (Agromin \div (Asit \times Rotimax) + 1) \times Hsto \times Pbui$
난수 생성	- 일양분포 - 1,000회 시뮬레이션 (지상층면적, 지하층면적, 연면적, 외장면적 등 규모변수)	- 난수생성: $Math.random()^*$
	- 삼각형분포 - 1,000회 시뮬레이션 (지하골조, 지상골조, 외부마감, 내부마감, 기계설비, 전기설비, 토목 및 조경, 기타 등 공사비변수)	- 1,000회 실시: $int i=0:i(Constant.1000i+ +^*$
		- 삼각형분포: $getTriang^*$
직접공사비	- 직접공사비	- $C_{sa} = \sum_{i=1}^n C_i = \sum_{i=1}^n A_i \times U_i$
확률 계산	- 도수분포표 계산 - 확률과 누적확률을 계산	- 1,000개의 직접공사비를 80개의 구간으로 나누어 각 구간별 도수를 계산한 후, 확률과 누적확률 계산*

주) \*: Java 수식함수

(4) 실적공사비 데이터베이스

실적공사비 데이터베이스는 설계정보 데이터베이스와 공사비 데이터베이스로 구성되며, 각 데이터베이스의 세부항목은 앞서 정의된 설계변수와 공사비변수를 기본으로 구성되었다. 여기에 공사비변수의 정의를 위한 부위별 공사비와, 향후 데이터베이스의 확장을 위한 공종별 공사비가 포함된다. 그림 7은 이들이 포함된 실적공사비 데이터베이스의 구조를 나타낸 것이다.

4.2 프로그램의 코딩 및 실행

프로그램의 코딩을 위해 공사비산출과 그래프의 작성에는

2) Kim(1994)에 의하면, 시뮬레이션의 수행횟수는 특별한 규정이 없고, 시뮬레이션 모델의 상세정도, 분포의 모양, 요구되는 정확도 등에 영향을 받는다. 경험적으로 100-1,000회 정도를 수행하며, 시뮬레이션 결과로 생성된 그래프의 모양이 일정하게 수렴(convergency)한다면 충분한 횟수라고 판단한다.

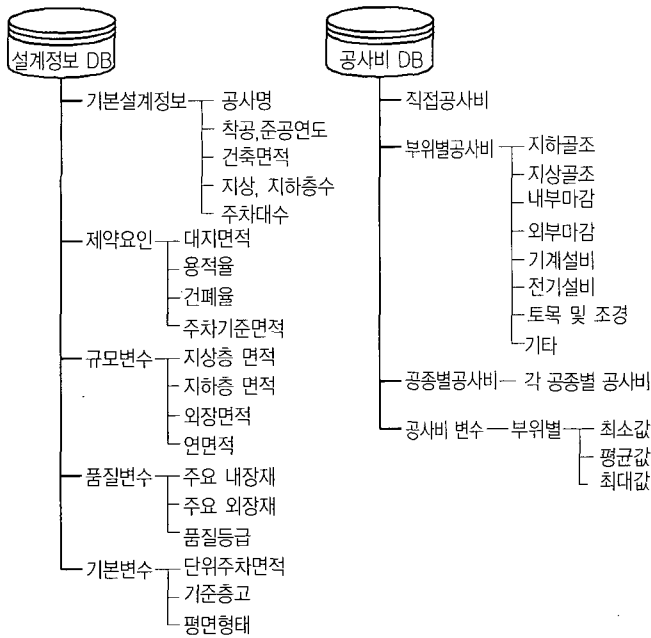


그림 7. 실적공사비 데이터베이스의 구조

Java<sup>3)</sup>가, 실적공사비 데이터베이스의 구축에는 MySQL<sup>4)</sup>이 사용되었다.

프로그램의 화면은 메인화면, 개선견적시스템 화면, 데이터베이스 화면의 세 부분으로 구성된다. 개선견적시스템 화면에서는 제약요인 및 기본변수의 입력과 이들을 이용하여 계산된 그래프와 의사결정의 지원을 위한 자료가 출력되고, 데이터베이스 화면에서는 실적공사비데이터의 입력, 조회, 수정 작업을 수행할 수 있다. 그림 8은 프로그램의 메인화면을, 그림 9는 개선견적시스템 화면을 나타낸 것이다.

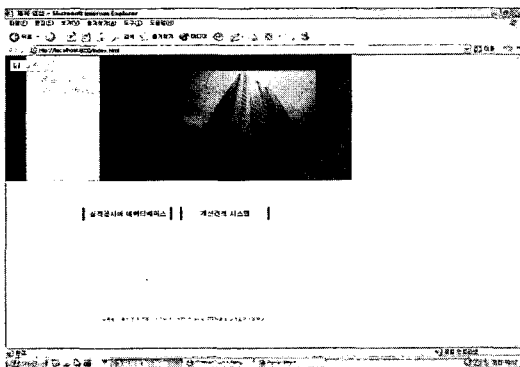


그림 8. 프로그램의 메인화면

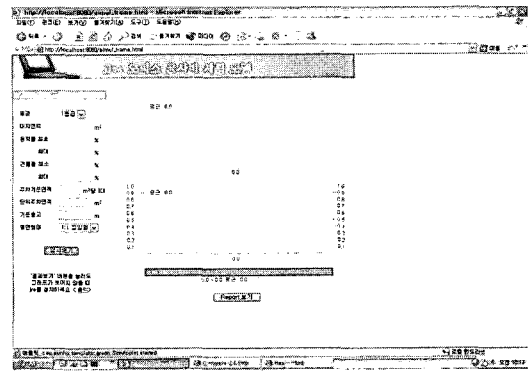


그림 9. 개선견적 시스템 화면

### 5. 사례연구

본 연구에서 제시한 공사비계획 모델의 타당성을 검증하기 위하여 실제 사례를 대상으로 하는 사례연구를 실시하였다. 사례 연구의 방법은 두 가지로, 첫째는 3개의 기 수행된 프로젝트를 대상으로 실제 공사비와 프로그램을 통해 산출된 공사비를 비교하는 것이고, 두 번째는 여러 의사결정 대안들의 평가를 위하여 하나의 프로젝트를 대상으로 다양한 설계변수들의 변화에 따른 공사비의 변화를 비교하는 것이다.

#### 5.1 대상 프로젝트의 선정

본 사례연구는 모두 3개의 프로젝트를 대상으로 하였으며, 표 3은 대상 프로젝트들의 개요를 나타낸 것이다.

표 3. 사례연구 대상 프로젝트의 개요

구분	(가)	(나)	(다)
대지위치	서울 영등포구	서울 강남구	서울 서초구
대지면적(m <sup>2</sup> )	3,175.98	4,832.49	2,331.00
지역지구	일반상업 1종미관 주차장정비	일반상업 1종미관 주차장정비	일반상업 2종미관 주차장정비
용적률(%)	694.10	770.02	834.96
건폐율(%)	39.88	52.23	49.67
주차대수(대)	291	236	236
착공연도(년)	1997	1998	1996
지하층면적(m <sup>2</sup> )	18,395.52	28,084.01	5,370.74
지상층면적(m <sup>2</sup> )	22,044.46	37,211.18	19,462.94
연면적(m <sup>2</sup> )	40,439.98	65,295.19	24,833.64
층수	지하 6층 지상 20층	지하 7층 지상 20층	지하 4층 지상 20층
주요외장재	법랑패널 SST패널	메탈트러스 칼멘레드	화강석재 파스텔유리
주요내장재	수성페인트 카펫타일	수성페인트 카펫타일	수성페인트 카펫타일
총공사비(천원)	26,821,769	50,293,972	23,213,062
총공사비 (천원 2000년 기준)	30,069,248	50,243,728	27,023,355
공사비(원/m <sup>2</sup> )	743,553	769,486	1,088,175

이들은 모두 서울시의 일반상업지구에 위치한 고층 사무소건축으로 법규에 의한 제약요인은 비슷하지만, 규모면에서 연면적

3) 인터넷의 환경에서 사용되도록 설계된 객체지향 프로그래밍 언어로, 웹 페이지의 일부로서 쓰이는 작은 응용프로그램 모듈이나 애플릿 등을 만드는 데에도 사용된다. 본 연구에서는 Java Development Kit 1.4와 Java Server Pages 엔진 resin 2.1.5가 사용되었다.  
4) 관계형 데이터베이스 프로그램으로 MySQL 3.23이 사용되었다.

은 사례(가) 40,439.98m<sup>2</sup>, 사례(나) 65,295.19m<sup>2</sup>, 사례(다) 24,833.64m<sup>2</sup>로 많은 차이를 보이고 있다. 또한 연면적당 공사비는 사례(가)와 사례(나)는 743,553원과 769,486원으로 비슷하고, 사례(다)는 1,088,175원으로 조금 높았다.

5.2 제약요인의 설정

표 4는 대상 프로젝트들의 제약요인을 나타낸 것이다. 이들 중 대지면적은 실제값이고, 용적률과 건폐율은 법규의 한도 내에서 실제 수행된 값을 고려하여 입력하였으며, 주차기준면적<sup>5)</sup>은 법규에 의한 값이다.

표 4. 제약요인의 설정

구분	(가)	(나)	(다)	
대지면적(m <sup>2</sup> )	3,175.98	4,832.49	2,331.00	
용적률(%)	최소	690	780	800
	최대	700	800	850
건폐율(%)	최소	39	45	50
	최대	40	50	60
주차기준면적(m <sup>2</sup> /대)	100	100	100	

5.3 설계변수의 정의

표 5는 설계변수 중 규모변수를 정의한 것이다. 또한 품질변수는 실제 연면적당 공사비를 고려하여 모두 2등급으로 입력하였다. 한편 설계변수 중에서 주요 외장재는 실제 프로젝트에 적용한 경우에 사용할 수 있고, 단위주차면적, 기준층고, 평면형태 등의 기본변수<sup>6)</sup>들은 모델의 사용자가 직접 입력하게 되는데, 본 연구에서는 각각 35m<sup>2</sup>, 3.3m, 2:1 정방형을 기준으로 하였다.

표 5. 설계변수의 정의

(단위 : m<sup>2</sup>)

구분	(가)	(나)	(다)	
지하층 면적	최소	7,670.0	13,192.7	6,526.8
	최대	7,781.2	13,531.0	6,934.7
지상층 면적	최소	21,914.3	37,693.4	18,648.0
	최대	22,231.9	38,659.9	19,813.5
연면적	최소	29,584.3	50,886.1	25,174.8
	최대	30,013.1	52,190.9	26,748.2
외장면적	최소	8,870.8	10,444.9	6,691.6
	최대	8,981.3	12,388.5	9,013.4

5.4 공사비변수의 정의

- 5) 새로운 프로젝트를 계획하는 경우의 주차장 설치 기준은 지방의 조례, 시설물의 종류, 주차시설의 종류 등 여러 조건에 따라 달라 프로젝트에 따라 별도로 계산해야만 한다.
- 6) 이들 기본변수의 수치는 실제 설계사무소에서 가장 일반적으로 사용하는 설계기준을 조사한 것이다.

(1) 실적 공사비데이터의 수집

자료의 수집은 2003년 3월 1일부터 7월 31일까지 5달간에 걸쳐 수도권과 대전 지역에 위치한 연면적 10,000m<sup>2</sup> 이상, 전체 층수 15층 이상의 SRC조 고층 사무소건축을 대상으로 하였다. 수집된 자료는 모두 27개로, 이들 중 3개는 사례연구에 나머지 24개는 데이터베이스의 구축에 사용되었다.

자료의 성격에 따른 공사비의 차이를 방지하기 위하여 모든 데이터들은 견적회사의 예가기준<sup>7)</sup>으로 작성된 것만을 수집하였다. 또한 이들의 착공연도는 1993년부터 2002년까지 다양하기 때문에, 한국은행 발표 생산자물가지수를 이용하여 2000년 기준으로 환산하여 활용하였다. 수집된 공사비데이터의 내용은 부록 표 A와 표 B에 나타내었다.

(2) 공사비변수의 정의

표 6은 수집된 공사비데이터를 공사비항목별로 최소값, 평균값, 최대값으로 표현되는 공사비변수로 나타낸 것이다. 각 항목별로 건축물의 품질을 고려하기 위하여 직접공사비의 크기 순으로 3개의 등급으로 나누어 정의하였다.

표 6. 공사비변수의 정의

(단위 : 원/m<sup>2</sup>, 2000년 기준)

구분	변수명	등급	최소값	평균값	최대값
지하골조	U <sub>sub</sub>	1	255,667	294,234	357,231
		2	237,907	243,719	250,955
		3	151,356	194,868	235,067
지상골조	U <sub>sup</sub>	1	217,304	241,980	273,729
		2	176,283	196,169	216,643
		3	128,475	154,599	170,016
외부마감	U <sub>ext</sub>	1	334,992	461,962	846,290
		2	258,226	287,249	326,420
		3	132,142	205,918	250,362
내부마감	U <sub>int</sub>	1	216,227	267,191	390,156
		2	164,398	183,693	209,362
		3	108,397	143,676	162,498
기계설비	U <sub>mec</sub>	1	179,274	218,809	244,457
		2	155,131	164,883	177,115
		3	55,561	113,940	150,033
전기설비	U <sub>ele</sub>	1	169,240	234,741	429,284
		2	139,919	153,634	168,729
		3	36,072	90,948	120,822
토목 및 조경	U <sub>cv</sub>	1	131,026	171,837	242,873
		2	80,034	107,817	126,418
		3	2,288	48,498	78,527
기타	U <sub>gen</sub>	1	78,299	122,551	317,837
		2	47,171	57,406	72,941
		3	0	23,154	43,011

주) 각 부위별 항목별로 적용되는 면적은 지하골조는 지하층면적, 지상골조는 지상층면적, 외부마감은 외장면적, 내부마감, 기계설비, 전기설비, 토목 및 조경, 기타는 연면적으로 상이하게 적용된다.

7) 건설회사의 공종별 내역서는 실행예산 기준으로 견적회사에서 보유하고 있는 예가 기준의 내역자료와는 통상적으로 20~30% 정도의 차이가 있다.

5.5 프로그램의 실행 및 사례연구의 결과

(1) 프로그램의 실행

그림 10은 사례(가)에 대한 프로그램의 실행 결과를 나타낸 것이다. 좌측의 입력 부분에 설계변수를 입력하고 프로그램을 실행시킨 결과, 우측의 확률분포그래프와 누적확률분포그래프를 얻을 수 있었다.

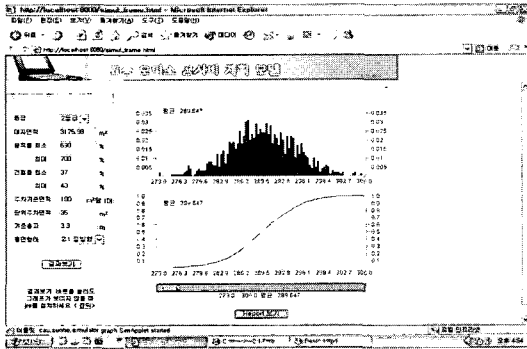


그림 10. 사례(가)의 프로그램 실행 결과

(2) 사례연구의 결과

표 7에 나타난 바와 같이 시뮬레이션 결과를 실제공사비와 비교하면 사례(가)는 3.67%, 사례(나)는 2.86%, 사례(다)는 6.62%의 오차를 보였다. 공사비모델의 입력변수로 대지면적, 용적률, 건폐율, 법정주차기준만을 활용한 것을 고려하면 상당한 정확성을 나타낸다고 할 수 있다. 이러한 정확성은 용적률과 건폐율의

표 7. 사례연구의 결과

구 분	(가)	(나)	(다)	
직접공사비 (백만원)	최소 확률	27,305	45,829	23,574
	5%	28,104	47,123	24,243
	10%	28,310	47,552	24,446
	15%	28,445	47,759	24,564
	20%	28,538	47,974	24,700
	25%	28,619	48,167	24,800
	30%	28,695	48,305	24,887
	35%	28,750	48,421	24,962
	40%	28,824	48,555	25,050
	45%	28,893	48,691	25,124
	50%	28,956	48,791	25,191
	55%	29,028	48,931	25,263
	60%	29,082	49,068	25,333
	65%	29,161	49,191	25,410
	70%	29,246	49,343	25,477
	75%	29,322	49,498	25,554
	80%	29,419	49,644	25,679
85%	29,515	49,827	25,782	
90%	29,621	50,027	25,910	
95%	29,810	50,386	26,156	
최대 확률	30,547	52,855	26,910	
평균	28,965	48,806	25,234	
실제공사비와 평균값과의 오차(%)	3.67	2.86	6.62	

범위를 실제값에 비교적 가깝게 입력하였기 때문으로, 실제 프로젝트의 계획 시에는 입력변수들의 범위에 따라 적합한 공사비 정보를 발주자 또는 설계자에게 제공할 수 있다.

5.6 설계의사결정 과정에서의 활용

두 번째 사례연구로 앞의 사례(가)를 대상으로 하여, 설계변수의 변화에 따른 공사비의 변화를 비교하였다. 표 8은 용적률을 변화하여 입력한 경우의 공사비의 변화를 나타낸 것으로, 용적률을 높게 입력함에 따라 공사비도 증가하는 것을 알 수 있다. 또한 표 9는 품질 등급을 변화하여 입력한 경우로, 객관화하기 어려운 품질에 따른 공사비의 변화를 잘 나타내주고 있다. 표 10은 설계의사결정이 진행됨에 따라 용적률의 범위를 좁게 입력하였을 경우의 공사비의 변화를 나타낸 것이다. 용적률의 범위가 좁아진다는 것은 의사결정의 과정을 거치면서 의사결정의 내용이 확실해진다는 것을 의미하며, 더욱 구체적인 공사비정보를 제공할 수 있다는 것을 나타낸다. 이러한 결과를 종합하면, 본 연구에서 제시한 프로그램을 통해 설계변수가 변화함에 따라 조건에 적합한 공사비를 얻을 수 있다는 것을 알 수 있다.

표 8. 용적률의 변화에 따른 공사비의 변화

용적률(%)	600~650	700~750	800~850	
직 접 공사비 (백만원)	최소 확률	23,925	27,461	31,639
	25%	25,420	29,484	33,577
	50%	25,971	30,019	34,132
	75%	26,434	30,555	34,668
	최대 확률	28,354	32,684	36,613
	평균	25,947	30,024	34,132

표 9. 품질 등급의 변화에 따른 공사비의 변화

등급	1등급	2등급	3등급	
직 접 공사비 (백만원)	최소 확률	28,526	19,156	11,017
	25%	33,529	21,076	13,192
	50%	35,247	21,752	13,853
	75%	37,098	22,476	14,528
	최대 확률	43,882	24,533	17,276
	평균	35,400	21,781	13,847

표 10. 설계 의사결정의 진행도에 따른 공사비의 변화

용적률(%)	500~900	600~800	690~710	
직 접 공사비 (백만원)	최소 확률	21,343	24,989	27,378
	25%	26,673	27,941	28,944
	50%	29,316	29,355	29,368
	75%	32,275	30,812	29,843
	최대 확률	35,031	33,953	31,735
	평균	29,401	29,375	29,382



## 6. 결 론

프로젝트 초기단계에서의 설계의사결정은 발주자의 요구사항을 비롯한 여러 요인들의 제약 내에서 최적의 설계안을 결정하는 과정이다. 이 과정에서 발주자와 설계자 사이 다양한 설계 및 공사비정보의 흐름이 발생한다. 이러한 정보에는 대지 및 법규에 의한 제약요인, 건축물의 규모, 품질등급, 평면형태 등이 포함된다. 프로젝트의 성공적인 수행을 위해서는 발주자의 예산에 근거하여, 각 정보들 사이의 적절한 균형을 찾는 설계의사결정이 필요하다.

본 연구는 건설 실무에서 분리되어 수행되고 있는 설계의사결정 과정과 공사비계획을 연계시킬 수 있는 확률적 공사비계획 모델을 제시하는 것을 목적으로 수행되었다. 이를 위해 주요 설계의사결정 과정에서 활용되는 설계변수들과 공사비계획 과정에서 필요한 공사비변수들을 확률분포로 나타내고, 초기단계의 설계의사결정 사항과 연계된 부위별 공사비 분류체계를 정의하여 활용하였다. 또한 제시된 공사비계획 모델을 실무에서 쉽게 사용할 수 있도록 웹 기반의 전산프로그램으로 개발하였으며, 실제 사례들에 대한 적용을 통해 모델의 타당성을 검증하였다.

본 연구를 통해 얻은 주요 결론은 다음과 같다.

- 1) 건축 프로젝트 초기단계의 공사비계획 업무는 설계의사결정 과정과 연계되어야 하며, 본 연구에서는 부위별 공사비 분류체계와 범위견적의 개념으로 두 가지 업무를 연계시키는 방안을 제시하였다.
- 2) 고층 사무소건축 프로젝트를 대상으로 설계의사결정 과정에서 프로젝트의 특성을 고려하여 발주자의 예산과 다양한 요구사항에 따른 공사비정보를 제공할 수 있는 공사비계획 모델을 제시하였다.
- 3) 제시된 공사비계획 모델을 실제 프로젝트에 효과적으로 적용하기 위해 웹 기반의 개산견적 프로그램을 개발하였다. 프로그램에는 향후 체계적인 실적 공사비데이터를 축적할 수 있는 부위별 공사비 데이터베이스를 포함하였다.
- 4) 사례연구를 통해 모델의 정확성과 적용성에 대한 검증을 실시하였다. 정확성에 대한 검증 결과 실제공사비와의 오차는 3.67%, 2.86%, 6.62%로 나타났고, 적용성에 대한 검증 결과 설계변수들의 변화에 따라 설계의사결정 과정에서 유용한 공사비정보를 제공할 수 있음을 입증하였다.

이상의 결과를 종합하면, 본 연구에서 제시한 공사비계획 모델을 통해 고층 사무소건축의 초기단계에서 발주자의 예산과 다양한 요구사항에 대한 설계의사결정이 가능하다. 즉 본 연구에서 개발한 개산견적 프로그램이 실무에 적용된다면, 주요한 설계의사결정이 이루어지는 초기단계에서 발주자와 설계자에게

유용하고 정확한 공사비정보를 더욱 빠른 시기에 제공함으로써 설계의사결정 업무의 효율성을 높일 수 있다.

## 참고문헌

1. 김기홍, 건축 프로젝트 기획단계의 설계의사결정을 위한 확률적 공사비계획 모델-고층 사무소건축을 중심으로-, 중앙대학교 박사학위 논문, 2003. 12
2. 박찬식, 장선호, 김기홍, "설계의사결정과정에서의 확률적 공사비계획 모델", 대한건축학회 논문집, 구조계, 19권, 11호, p.p. 181-189, 2003. 11
3. 신현익, 권성욱, 최무혁, "사무소건축의 경제적 적정규모 계획방법에 관한 연구", 대한건축학회 논문집, 계획계, 17권, 11호, p.p. 153-164, 2000. 11
4. 윤창식, 김예상, "원가요소의 특성을 고려한 오피스 건물 개산견적 모델 개발에 관한 연구", 대한건축학회 논문집, 구조계, 16권, 12호, p.p. 163-174, 2000. 12
5. 이학기, 강병희, "고층사무소 건물의 공사비 예측기법의 개발에 관한 연구", 대한건축학회 논문집, 11권, 9호, p.p. 257-267, 1995. 9,
6. 전재열, "실적자료 분석에 의한 건축공사비 산정 방법 적용에 관한 연구", 대한건축학회 논문집, 구조계, 18권, 4호, p.p. 121-128, 2002. 4
7. 최인성, 홍성휘, 손창백, 고석철, "SRC조 고층 오피스 건축공사의 공사비예측모델에 관한 연구", 대한건축학회 논문집, 15권, 7호, p.p. 143-150, 1999. 7
8. 홍성휘, 사무소건축의 공사비 예측모델에 관한 연구, 명지대학교 박사학위논문, 1999
9. 홍영배, 사무소건축 프로젝트 기획단계에서의 공사비계획 모델에 관한 연구, 중앙대학교 박사학위논문, 1999
10. Back, W. Edward, Boles, Walter W. & Fry, Gary T., "Defining Triangular Probability Distributions from Historical Cost Data", Journal of Construction and Management, 126(1), ASCE, p.p. 29-37, 2000. 2
11. Curran, Michael W., "Range Estimating-Measuring Uncertainty and Reasoning with Risk", Cost Engineering, 31(3), AACE, p.p. 18-26, 1989. 3
12. Ferry, Douglas J. & Brandon, Peter S., Cost Planning of Buildings, 6th ed., BSP Professional Books, 1991
13. Kim, Yongsu, The Development and Application of a Probabilistic Model for Risk Analysis of Life Cycle Cost Predictions, Ph.D. Thesis, The University of New

South Wales, 1994  
 14. Uher, Thomas E., "A Probabilistic Cost Estimating

Model", Cost Engineering, 38(4), AACE, p.p. 33-40,  
 1996. 4

부록 표 A 수집된 공사비데이터의 현황

구분	위치	총공사비 (억원)	착공연도 (년)	대지면적 (m <sup>2</sup> )	건축면적 (m <sup>2</sup> )	용적률 (%)	건폐율 (%)	연면적 (m <sup>2</sup> )	지상총면 적(m <sup>2</sup> )	지하총면 적(m <sup>2</sup> )	외장면적 (m <sup>2</sup> )	층수 (지하-지상)	주차대수 (대)
1	서울	1,367.39	2002	5,914.4	2,187.70	999.90	36.99	90,135.35	59,138.9	30,996.5	26,977	6-33	356
2	경기	1,369.69	2001	9,967.8	6,828.40	959.99	68.51	138,456.2	95,690.5	42,765.7	65,095	6-28	1,005
3	경기	912.29	2001	7,784.5	3,919.46	893.04	50.35	94,937.22	69,518.5	25,418.7	27,003.6	4-35	696
4	경기	400.86	2001	3,317.2	2,321.40	541.48	69.98	33,919.73	17,958.5	15,961.2	13,663	6-9	239
5	서울	408.98	2002	3,305.8	1,980.56	384.94	40.65	39,028.37	25,346	13,682.4	16,500.6	5-20	157
6	경기	508.77	2003	7,885.4	4,934.87	318.96	62.58	44,668.79	25,151.3	19,508.5	9,959.6	2-16	225
7	대전	466.27	2002	3,489.8	1,836.81	706.96	47.71	42,462.97	27,216.4	15,246.5	18,115	5-20	160
8	서울	930.41	2001	11,561.8	5,422.89	630.84	46.90	114,955.9	72,936.6	42,019.3	26,080	6-20	516
9	서울	1,657.41	1994	12,550.3	6,256.35	810.12	49.85	141,552.0	101,672.7	39,879.3	42,362	6-38	944
10	서울	259.91	1994	2,563.7	1,387.66	840.83	54.13	29,894.01	21,556.4	8,337.65	10,385	7-21	143
11	대전	594.60	1995	9,875.4	4,055.88	696.43	41.07	86,214.54	68,775.3	17,439.29	22,665	2-21	430
12	서울	601.48	1993	8,556.31	5,132.95	878.01	59.99	90,208.26	75,124.9	15,083.41	20,556	3-24	476
13	서울	931.33	1997	8,364.25	4,556.26	779.97	54.47	87,123.96	65,238.4	21,885.54	18,568	8-24	455
14	서울	394.78	1994	3,488.47	1,740.56	856.69	49.89	39,624.16	29,885.4	9,738.77	12,885	7-20	230
15	서울	668.36	1996	4,815.3	2,173.43	945.77	45.14	75,044.06	45,541.8	29,502.30	24,680	7-24	667
16	서울	181.37	1997	2,862.6	1,282.46	399.93	44.80	20,062.71	11,448.5	8,614.23	5,719	5-13	157
17	서울	320.65	1994	2,558.0	1,165.97	893.61	45.58	39,635.33	22,858.4	16,776.89	14,853	8-23	327
18	대전	173.75	1997	2,334.8	892.60	593.45	38.24	20,691.23	13,855.8	6,835.39	7,866	4-14	168
19	서울	244.43	1997	7,396.0	2,095.11	208.99	28.33	24,853.48	15,457.0	9,396.48	9,856	3-13	230
20	서울	893.75	1997	1,486.38	690.62	776.16	46.46	14,297.88	11,536.7	6,761.20	5,336	5-13	129
21	경기	95.89	1997	1,941.2	687.60	389.98	35.42	12,263.40	7,570.3	4,693.11	4,669	4-12	142
22	경기	195.76	1996	4,058.3	1,328.50	385.89	32.74	25,716.89	15,660.6	10,056.32	12,747	4-16	231
23	서울	264.65	1993	2,660.7	1,280.40	912.15	48.12	40,655.87	24,269.6	16,386.29	15,865	7-20	294
24	대전	229.69	1999	6,317.9	2,728.86	363.23	43.19	39,399.05	22,948.6	16,450.54	12,640	1-18	368

부록 표 B. 수집된 자료의 부위별 공사비현황

(단위면적: m<sup>2</sup>, 단위: 천원, 2000년 기준)

사례 구분	직접 공사비	부위별 공사비							
		지하골조	지상골조	외부마감	내부마감	기계설비	전기설비	토목조경	기타
1	1,529.28	288.18	207.15	846.29	390.16	240.66	156.75	140.34	113.07
2	994.23	250.96	196.54	241.82	209.36	179.27	157.02	78.53	43.01
3	965.77	239.66	176.28	235.66	310.00	160.80	108.69	77.07	48.93
4	1,187.74	255.67	192.30	137.31	162.50	244.46	198.43	242.87	62.05
5	1,056.37	237.91	227.13	324.62	137.25	181.40	169.24	159.69	40.64
6	1,148.41	191.80	184.80	432.40	164.46	215.95	201.58	209.19	72.94
7	1,106.93	178.71	238.12	350.14	185.88	203.12	190.48	48.31	112.9
8	8813.43	241.82	128.48	268.45	161.83	164.86	145.45	60.20	50.29
9	1,472.81	357.23	273.73	433.66	254.81	156.50	429.28	121.24	83.94
10	1,093.64	264.99	232.68	250.36	254.37	155.13	194.40	131.03	30.06
11	880.67	232.62	165.77	553.13	244.84	167.74	36.07	5.87	101.46
12	861.46	333.75	170.02	258.23	250.20	150.03	139.92	61.07	4.01
13	1,198.40	235.07	193.80	275.65	167.38	161.62	168.73	119.92	317.84
14	1,253.22	278.00	266.24	392.99	153.55	226.28	219.67	170.06	86.73
15	1,036.81	246.06	201.84	219.74	146.52	119.03	274.84	157.77	47.17
16	1,013.48	239.02	216.64	307.56	216.93	177.12	114.95	123.74	66.83
17	1,017.61	245.02	168.33	326.42	183.73	175.30	147.92	96.102	53.845
18	941.38	199.32	157.10	223.09	138.57	136.25	160.86	163.76	86.10
19	1,102.55	293.33	255.49	334.99	192.29	203.33	112.24	113.75	78.30
20	547.58	151.36	131.79	132.14	108.40	64.00	85.02	80.03	32.57
21	876.58	181.22	152.91	352.10	202.04	115.67	120.82	126.42	13.84
22	886.17	249.32	225.16	261.17	216.23	121.49	103.07	71.33	0
23	841.03	282.74	217.30	275.90	164.40	149.49	152.42	2.29	21.10
24	594.88	188.85	162.40	207.22	140.80	55.56	46.73	54.67	57.19

주) \*: 각 부위별 항목별로 적용되는 면적은 지하골조는 지하층면적, 지상골조는 지상층면적, 외부마감은 외장면적, 내부마감, 기계설비, 전기설비, 토목 및 조경, 기타는 연면적으로 상이하게 적용된다.