

단지공사의 공사비 예측모형 개발

- 토공사를 중심으로 -

A Development for Construction Cost Prediction Model of Site Development Project

이원용* 이태식** 박종현*** 배건****
 Lee, Won-Yong Lee, Tai-Sik Park, Jong-Hyun Bae, Keon

요 약

현대 건설산업의 특징은 전문화, 복잡화, 대형화 등으로 다각적으로 변하고 있다. 따라서, 전통적인 공사비 관리체계로는 증가하는 건설공사의 불확실성을 감당할 수 없는 것이 현실이다. 이로 인하여 수많은 공사에서 공사비 증가현상이 발생하면서 건설사업의 성공적인 수행에 영향을 주고 있다. 따라서, 공사비 증가 현상을 방지하고, 효과적인 공사비 관리를 위해서는 정확한 견적을 통하여 관리 목표를 설정하고, 목표를 달성하기 위한 활동들이 필요하다. 본 연구에서는 효율적 공사비 관리를 위하여 기존에 사용된 공사비 모형을 분석하고, 단지조성 공사의 공사비 모형 구축에 필요한 표준 분석체계를 구축하여, 실제 단지조성 공사 사례 분석을 통하여 계획 및 설계단계에서 이용할 수 있는 공사비 모형을 제시하고자 한다.

키워드: 공사비, 공사비 모델

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

현대 건설산업이 전문화, 복잡화, 대형화 등 다각적으로 변모함에 따라 전통적인 공사비 관리체계로는 증가하는 건설공사의 불확실성을 감당할 수 없는 것이 현실이다.

1996년부터 2000년까지 국내 건설공사 총사업비 관리대상사업(토목:500억원, 건축:200억원 이상) 중 공사비 변경사업수는 평균 105.8개에 이르고 공사비 증가비는 평균 4.5조에 이른다. 외국에서도 이러한 현상을 살펴 볼 수 있는데 Thompson & Perry(1992)의 조사결과에 따르면 1974년부터 1988년까지 세계은행(World Bank)의 재정지원을 받은 1,778개 사업 중 64%가 공사비 증가 현상을 보였다(이상호, 2000). 따라서, 공사비 증가 현상을 방지하고, 효과적인 공사비 관리를 위해서는 정확한 견적을 통하여 관리 목표를 설정하고, 목표를 달성하기 위한 활동들이 필요하다. 또한, EVMS (Earned Value Management System)의 활용이 최근 들어 국내에서 광범위하게 적용되고 있는 시점에서 성공적인 EVMS를 수행하기 위해서는 정확한 공사비 예측이 선행되어야 할 것이다.

1.2 연구의 범위 및 방법

<그림 1>은 본 연구의 흐름을 나타내는 흐름도를 나타내고 있다.

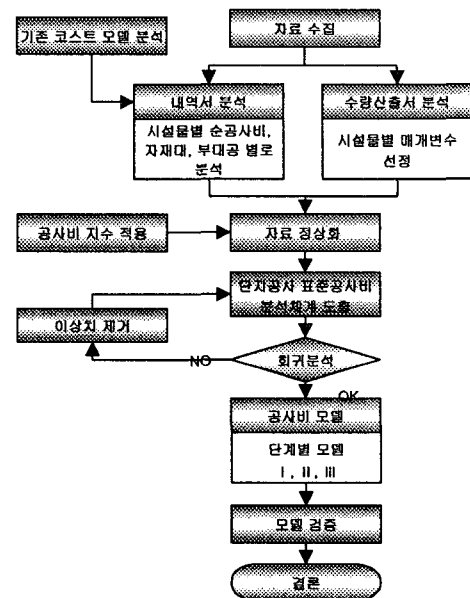


그림 1. 연구흐름도

* 학생회원, 한양대학교 토목환경공학과 석사과정
 ** 중신회원, 한양대학교 건설환경시스템공학과 교수, 건설경영학박사
 *** 일반회원, 한양대학교 토목환경공학과 겸임교수, 공학박사
 ****학생회원, 한양대학교 토목환경공학과 석사과정, 기술사

현재 연구가 진행중인 단계에 있기 때문에 본 논문에서는 주로 토공사를 중심으로 기술하고자 한다.

2 공사비 예측 연구 고찰

2.1 공사비 모형 관련 연구동향

지금까지 연구된 공사비 모형은 대부분 건축 부문을 중심으로 이루어지고 있으며, 토목분야에서는 제한적으로 이루어지고 있는 실정이다. 토목분야의 경우 대부분이 고속도로, 국도, 지하철 등과 같이 가로축조공으로 이루어진 공사를 중심으로 연구가 진행되었으며 단지조성공사를 비롯한 그 이외의 공사에서는 거의 없는 실정이다. 김수진(1999)은 공동주택의 주요자재와 주요노무 실적자료를 바탕으로 통계적코스트 모델링을 이용하여 공사비를 추정하였다. 또한, 민병선(1999)은 설계예산서의 각 공종의 금액을 축적하여 모수견적법을 통한 회귀분석을 통하여 토공, 배수공, 교량공, 터널공, 포장공, 교통안전공, 부대공의 예측모형을 만들어 전체적인 도로공사비 예측모형을 제시하였다. 하지만 이러한 모형은 초기 계획단계(Conceptual Phase)에서의 공사비만을 예측할 수밖에 없는 단점이 있으며, 설계단계에서는 그 기능을 발휘하지 못한다. 박종현(2001)은 도로공사 표준분석체계를 구축하고, 과거의 자료를 보정하기 위하여 도로공사 공사비 지수와 지역별 물가차이를 보정하기 위하여 지역물가 보정계수를 구하여 설계단계별 도로공사 공사비 산출모형을 개발하였다. 표준분석체계의 같은 경우 시설요소를 중심으로 요소그룹(Element group), 요소(Element), 세부요소(Subelement), 규격(Spec.)의 4단계로 분류하였다. 이 모형은 계획단계뿐만 아니라 설계단계에서도 이용할 수 있도록 발생하는 정보의 양에 따라 공사비를 예측할 수 있다.

3. 실적자료의 수집 및 분석

3.1 실적자료 분석

단지조성공사의 공사비 모형을 구축하기 위하여 1990에서 2002년 사이에 수행된 수도권 신도시(일산, 분당) 택지개발사업(이하 단지조성공사라 함)을 중심으로 한 단지조성사업 설계내역서와 수량산출서, 단가산출서 등을 수집하여 활용하였다. 공사비 모형의 정확성을 고려하면 일산 및 분당지구만을 분석대상에 포함시켜야 하지만, 실적자료의 관리 부실과 수집자료의 한계성 등으로 인하여 수도권 일

부지역(파주, 아산신도시 등)의 택지개발사업도 분석자료에 포함하였다. 분석대상 공사는 총 21개 단지공사, 공사비는 60~520억원 정도의 규모이다.

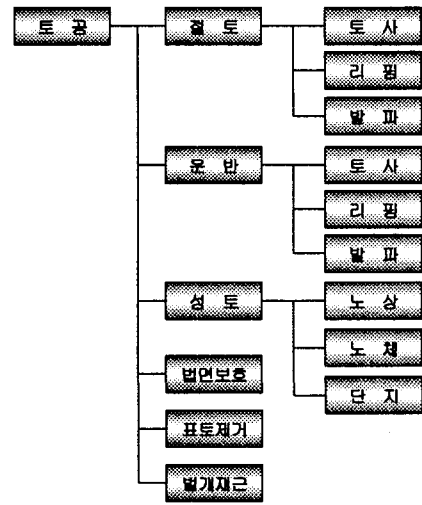


그림 2. 단지공사 토공의 공사비 분석체계

3.2 공사비 지수

과거에 작성되었던 실적자료들을 현재로 정상화하기 위해서는 공사비 지수가 필요하다. 하지만, 국내에는 사용할 만한 공사비 지수가 없는 실정이라 본 연구에서는 노무비, 기계경비 및 재료비의 비목별비중을 분석하여 지수를 구하였다. 1986년 12월을 기준(=100.0)으로 하여 2002년 7월까지 산정된 공사비 지수는 표 1과 같다.

4. 공사비 모델구축

공사비 모형은 일반적으로 시설물의 공사비와 그 공사비를 구성하고 있는 특정 매개변수(공사정보)와의 관계를 수학적 또는 기호학적으로 표현하는 시스템이다. 따라서, 본 연구에서는 수집된 실적자료를 공사비 지수를 이용하여 정상화 한 후, 공사비와 매개변수간의 회귀식을 산정하여 단계별 공사비 산출모형을 3단계로 구축하였다. 회귀분석을 하기 위하여 본 연구에서는 SPSS Windows Version 8.0을 사용하였으며, 변수입력방법으로는 단일변수인 경우에는 Enter방

표 2. 단지공사 토공사 공사비 지수

년	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
1	102.5	112.8	124.3	140.5	144.2	171.5	189.4	206.9	252.7	223.2	234.0	247.8	249.4
2	102.7	112.9	124.5	140.5	144.0	171.5	189.9	207.0	259.3	224.2	234.2	247.4	250.2
3	102.9	112.9	124.6	140.7	144.2	171.3	189.7	206.7	243.0	224.3	233.6	249.3	253.2
4	103.1	112.9	124.7	140.8	144.2	170.1	190.2	206.5	242.1	225.1	233.2	250.5	255.2
5	103.2	112.9	124.9	140.9	144.0	170.5	191.2	206.1	234.8	228.9	231.9	248.0	256.4
6	103.3	113.0	125.7	140.9	144.4	170.9	191.6	206.5	233.5	228.2	235.0	248.3	255.7
7	103.3	113.3	127.4	140.9	144.9	170.8	193.7	204.0	230.5	229.4	235.0	249.2	258.9
8	103.3	113.4	127.4	140.9	145.4	177.3	195.0	203.0	232.6	230.0	237.5	250.7	
9	103.2	113.7	127.2	140.9	145.7	178.2	198.3	211.0	228.8	233.7	242.0	250.2	
10	103.2	113.8	127.3	140.9	145.7	178.4	199.1	212.4	231.8	236.1	246.2	249.7	
11	103.2	114.0	127.4	140.9	145.3	177.6	200.4	219.2	230.3	237.3	247.6	246.4	
12	103.3	114.0	127.6	140.9	145.2	178.1	200.5	245.7	225.3	236.1	248.8	243.7	

식을 사용하였고, 다변수인 경우에는 Stepwise방식을 사용하였다. 공사비 모델을 모델 1같은 경우는 기획단계에서 간단한 공사정보만을 이용하여 공사비를 추정하는 사용하는 것이다. 단지조성공사에서 간단한 정보란 단지면적, 배수관 연장, 암거 연장, 통신관로 연장, 구조물(교량,옹벽, 지하도 등) 면적, 포장면적 등을 들 수 있다. 하지만 본 논문에서는 단지조성공사 중 토공에 대해서만 서술하기 때문에 모델 I에 관해서는 생략하기로 한다. 모델 II는 설계 초기 단계에서 사용되는 정보를 이용하여 구축하였다. 이 때 사용되는 정보는 시설물의 형식이나 구성에 관계없이 시설물에 소요되는 전체 수량 등을 매개변수로 선택하는 것이다. 즉, 단지조성공사의 토공사 같은 경우에는 절토 수량, 성토수량, 운반수량, 법면 수량 등이 이용된다. 하지만, 사용할 수 있는 정보의 양이 제한적이기 때문에 추정오차는 큰 것으로 나타났다. 표 2는 공사비 모델 II의 요약을 나타내고 있다.

표 3. 공사비 모델 II

구 분	공사비 모델	결정계수 R ²	오차
토 공	절토량×1348.9+운반수량×1963.5 +3.4×10 ⁸	0.994	1.03×10 ⁹

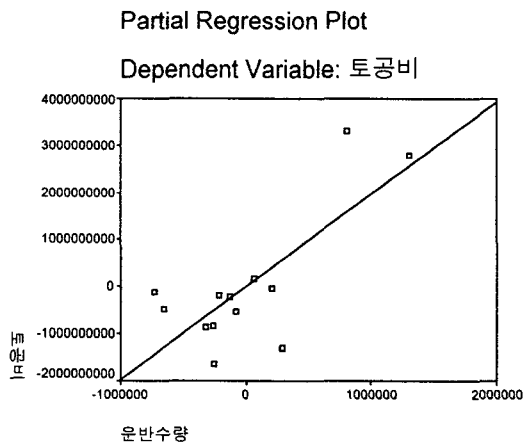
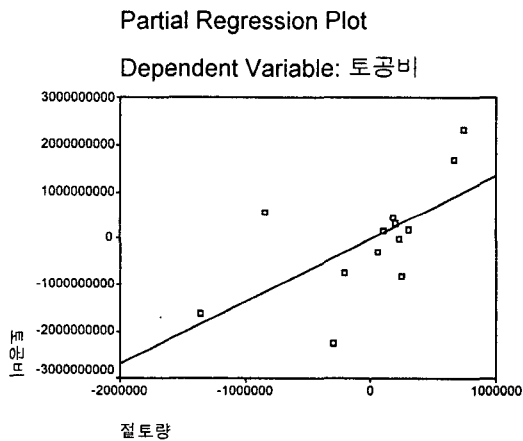


그림 3 단지공사 토공 편회귀 분석

단지조성공사 토공사의 모델 II에서는 절토량, 운반수량이 각각 매개변수로 선정되었다.

또한, 공사비 모델 III은 설계 마지막 단계에서 생성되는 공사정보를 이용하여 공사비를 예측할 수 있도록 하였다. 모델III은 모델 II보다 한 단계 더 낮은 상세 단계로서, 아주 높은 정확도의 공사비를 산출할 수 있다.

표 4. 공사비 모델 III

구 분	공사비 모델	결정계수 R ²	오차
절토공	토사량×1190.7+풍화암량×448.2 +연암량×5909.6-2.5×10 ⁸	0.982	6.04×10 ⁸
운 반	토사운반량×1870.5-풍화암운반량×84 7.1+연암운반량×12691.9+1.6×10 ⁸	0.994	4.82×10 ⁸
성 토	노체수량×550.57+노상수량×729.8 +단지수량×179.2-3.2×10 ⁷	0.994	6.52×10 ⁷
표토제거	표토제거수량×2443.6-2.1×10 ⁶	0.992	2.97×10 ⁶
별개제근	별개제근수량×183.6-7.0×10 ⁶	0.983	8.80×10 ⁶
법면보호	법면보호 면적×6223.6-2.0×10 ⁷	0.996	2.21×10 ⁷
기타공	위6개 비용의 합×5.66%		

5. 공사비 모델의 적합성 검증

공사비 모델의 검증은 추정오차의 검증과 모델의 작성 시 이용되지 않은 단지조성공사의 사례를 수집하여 모델에 실제 적용함으로써 그 적합성을 검증하였다.

5.1 추정오차의 검증

추정오차를 검증하기 위하여 최소자승법의 원리를 이용하였다. 요소그룹의 오차의 자승이 각 개별요소에 대한 오차 자승의 합보다 크다면 추정오차는 적합하다고 할 수 있을 것이다.

$$\left(\sum_{i=0}^n e_i\right)^2 \geq \left(\sum_{i=0}^n e_i^2\right) \dots \dots (1)$$

식 (1)에 의해 계산된 공사비 모델 II,III의 추정오차는 다음과 같다.

표 5. 공사비 모델별 추정오차

구 분	공사비 모델II	공사비 모델III
추정오차	1.03×10 ⁹	7.75×10 ⁸

따라서, 계산에 의해 산출된 추정오차는 (1)식을 만족하므로 적합하다고 이야기 할 수 있으며, 공사정보가 상세해짐에 따라 추정오차가 줄어들면서 정확도가 향상되는 것으로 나타났다.

5.2 사례적용을 통한 모델 검증

표 6 검증용 단지공사 개요

(단위 : 원)

구분		단지공사 A	단지공사 B
실제 토공사비		1,422,810,505	291,005,050
공사년도		1991.10	1991.11
모형Ⅱ	추정 토공사비	1,506,365,170	389,759,035
	오차	+5.87 %	+33.94 %
모형Ⅲ	추정 토공사비	1,393,295,456	211,627,162
	오차	-2.07 %	-27.28 %

모형의 검증을 위하여 분석에 사용되지 않은 2개의 단지공사 사례를 수집하여 분석하였다. 표 5에서 나타난 것처럼 시설요소가 세분화됨에 따라 오차가 줄어드는 것을 알 수 있다. 단지공사 B의 오차가 ±30%대로 나타나는 이유는 분석에 사용된 토공사비는 대략 60~520억원 정도의 규모인데 반해 B공사 같은 경우 토공사비가 2억원으로 매우 작기 때문이다. 또한, 요즈음의 단지공사 규모가 과거에 비해 훨씬 크다는 것을 감안한다면 그 수치는 타당하다고 볼 수 있을 것이다.

6. 결론

본 논문에서는 단지공사의 설계내역서, 수량산출서 등 실적자료를 바탕으로 기획 및 설계단계에서 사용할 수 있는 단지공사의 설계단계별 공사비 모형을 구축하였다.

본 연구에서 제안된 단계별 공사비 모형은 임의의 건설공사를 대상으로 실시한 시뮬레이션을 통해 그 효율성이 검증되었다. 공사비 규모가 작아서 특별한 경우를 제외하면 모형Ⅲ의 경우 오차가 2%정도로 정밀도가 상당히 높은 것

으로 나타났다. 하지만, 전반적인 연구가 아직 분석중인 단계에 있기 때문에 본 논문에서는 토공사를 중심으로 서술하였다. 자료 수집의 한계로 인해 분석에 어려움이 있었으나, 토공사의 경우 요소가 세분화 될 수록 정확한 공사비 모형을 도출할 수 있었다. 따라서, 향후 많은 자료가 수집된다면 더욱 정확한 단지공사의 공사비 모형을 개발 할 수 있을 것이다.

참고문헌

1. 김수진, 김선국, 공동주택에서 주요물량을 이용한 공사비 예측모델 개발, 대한건축학회 학술발표 논문집, 1999, 4
2. 민병선, 모수견적법에 의한 국도 공사비 전적모형에 관한 연구, 중앙대, 석사학위논문, 1999. 12
3. 박종현, 건설공사 설계단계의 공사비 예측모형 개발, 중앙대, 박사학위논문, 2001.6
4. 이상호, 공사예비비제도의 도입필요성과 방안, 한국건설산업연구원, 2000. 12
5. 조지훈 외3인, 유사프로젝트에 의한 건설 사업비 산정 코스트 모델, 대한건축학회 학술발표 논문집, 1998. 10
6. C. R. Tumblin, Construction Cost Estimates, A Wiley-Interscience Publication, 1980
7. Douglas J. Ferry, Peter S Brandon, Jonathan D. Ferry, Cost Planning of Buildings, Blackwell Science, 1999
8. Phillip F. Ostwald, Construction Cost Analysis and Estimating, Prentice Hall, 2001
9. Alex W. Krokowski, Estimating from Process Flow Diagrams: A Conceptual Approach, 1992 AACE Transactions, 1992

Abstract

The features of modern construction industry can be summarized as specialization, complexity, and large-scale. Therefore, increasing uncertainty of construction project can not be effectively dealt with traditional method used for construction cost management. Cost overrun affects on successful execution of managing construction project in a negative way. Therefore, accurate estimation is a priori for effective cost management. First, this work analyzes the previous cost estimation model for the effective cost management. Then, a standard structure required for developing the cost estimation model for site development was presented. In addition, the cost estimation model which can be used in planning and design phases was introduced by analyzing real site development projects.

Keywords : Construction Cost, Construction Cost Model