회귀분석을 통한 공동주택 공사예비비 산정에 관한 연구

A Study on the Estimation of the Contingency by the Regression Analysis on the Apartment

이 만 희* 이 학 기**
Lee, Man-Hee Lee, Hak-ki

요 약

건설사업관리자는 사업을 진행하기 전에 사업의 실패 및 예측하지 못한 위험 발생 가능성에 대비한 공사예비비를 항상 고려해야 한다. 공사예비비를 충분히 이해하지 않고 판단을 내리게 되면 리스크로 인한 총공사비에서의 초과 비용이 누적되어 향후 사업진행에 지장을 줄 수도 있기 때문이다. 그러나 공사예비비를 사업초기부터 고려한다면, 그 사업의 실행 여부를 결정할 시점에서 여러 가지 리스크에 충분히 대비할 수 있다. 그럼에도 불구하고 국내 건설사업에서 실제로 공사예비비를 사업투자나 분석에 반영하고 있는 경우는 적으며, 공사예비비를 정당하게 평가할 수 있는 프로세스 역시 부재하다. 따라서 본 연구에서는 건설사업에서 리스크를 고려한 총공사비가 수렴될 수 있도록 공사비 증감요인을 분류하고, 적정 공사예비비의 산정을 보장하기 위해 회귀분석을 통한 공사예비비 산정 프로세스를 제시한다.

키워드 : 공사예비비, 회귀분석, 시뮬레이션

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

건설사업의 초기에 가장 중요한 것은 합리적인 방법으로 산정된 총공사비를 기준으로 계약을 체결하는 것이다. 이를 위해서는 정확한 견적과 더불어 사업에 내재된 불확실성 및 리스크에 대비한 공사예비비(contingency)의 산정이 중요하다. 특히 건설사업이 더욱 대형화, 전문화, 복합화 되어감에 따라 더 많은 리스크 요인들에 직면하게 되면서 이러한 변화는 총공사비의 불확실성을 가중시키고 있다.

따라서 건설사업관리자는 사업을 진행하기 전에 사업의 불확실성으로 인한 실패 및 예측하지 못한 위험 발생 가능성에 대비한 공사예비비를 항상 고려해야 한다. 그럼에도 불구하고 국내 건설사업에서 리스크를 반영하여 현실적인 공사예비비를 수립할 수 있는 프로세스가 부재하다.

따라서 본 연구에서는 공동주택에서의 대표적인 리스크 요인을 대상으로 회귀분석을 활용한 공사예비비 산정 프로세스 제시를 연구의 목적으로 한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

프로젝트별로 공종이 일정하고 공사의 성격이 유사한 공동주택을 연구의 대상으로 한다. 그리고 공사예비비가 공사비와 공기에 대한 리스크를 완화하기 위한 것이지만, 본 연구에서는 건설단계에서 발생하게 되는 공사비 증감요인만을 리스크 요인으로 가정하고 이에 대비한 공사예비비 산정을 연구의 범위로 한정한다.

연구의 절차 및 방법은 다음과 같다.

(1) 공동주택에서의 공사비 증감요인을 추출하기 위해 2003년도 대한주택공사에서 분류한 공사비 변동요인을 중심으로 분석한다.

(2) 7개 공동주택 사례를 대상으로 공사비 증감요인을 SPSSWIN으로 회귀분석 하여 공사예비비 산정 회귀모형을 제시하고, 회귀모형을 Microsoft사의 Excel을 사용하여 민감도분석을 실시한다.

(3) 모의 시뮬레이션을 통해 회귀모형의 입력변수를 생성하여 공사예비비 산정 방법을 예시한다.

2. 공사예비비의 일반사항 및 입력변수 결정

2.1 일반사항

(1) 공사예비비의 정의

공사예비비는 규정된 사업범위 안에서의 공사비나 공기의 불확실성에 대비하기 위한 것이라고 할 수 있다. 건설사업의 특성이 계약에 의한 주문생산체제란 것을 고려하면, 건설사업의 운영 및 관리 기준은 바로 계약에 의해서 정해지는 것이다. 결국 이러한 계약 사항은 반드시 이행해야 하는 관리의 한계범위를 말하는 것으로 규정된 사업범위가 되는 것이다.

따라서 공사예비비는 순수하게 계약 금액의 조정을 위하여 사용되어야 하며 파업, 지진 등과 같은 불가항력과 사업범위 및 품질의 변경에 따른 공사비와 공기의 증감에는 사

* 학생회원, 동아대 대학원 건축공학과, 석사과정
** 종신회원, 동아대 건축학부 부교수, 공학박사

용되지 않는다.

(2) 공사예비비 산정방법

공사예비비를 산정하는 가장 간단하고 일반적인 방법 중 하나는 유사한 프로젝트의 이전 경험을 기초로 한 견적금액의 백분율로 고려하는 것이다. 그러나 리스크 분석을 반영하지 않은 견적금액 기준의 산정일 경우 상세한 리스크 요인을 기준으로 하지 않기 때문에 정확성이 떨어진다.

따라서 본 연구에서는 공동주택 공사에서의 공사비 증감요인을 리스크 요인으로 하여 이 요인들을 분석함으로써 공사예비비를 산정한다.

2.2 조사대상 및 공사비 증감요인

조사대상의 선정 기준 및 개요는 다음과 같다.

① 조사 대상별 단위 공사비는 기준 년도(2002년 상반기)를 기준으로 비용지수를 적용하여 환산한다. 조사대상 공사에 대한 비용증감은 공종별로 예산서와 정산서의 대조를 통해 도출한다.

② 부대시설 및 공동시설 공사비가 제외된 순수 아파트 공사비를 기준으로 한다.

대한주택공사의 주택공사비 분석자료와 본 연구에서의 조사 대상과의 인적·물적비용의 평균치 편차를 검토한 결과 ±2% 이내의 적은 차이를 나타내 데이터로서 신뢰할 수 있음을 알 수 있다. 조사 대상은 표 1과 같다.

표 1. 조사대상 공동주택의 개요

구분	규모	동수	연면적(㎡)	총공사비(천원)
A 아파트	지상 23층 지하 4층	4개동	40,705	18,134,742
B 아파트	지상 11~12층 지하 1층	4개동	24,908	9,573,800
C 아파트	지상 18~24층 지하 2층	4개동	57,638	21,950,500
D 아파트	지상 17~24층 지하 4층	12개동	94,080	37,846,908
E 아파트	지상 9층 지하 4층	3개동	9,412	5,605,293
F 아파트	지상 24층 지하 2층	8개동	93,623	49,661,982
G 아파트	지상 11층 지하 3층	1개동	7,044	3,596,238

표 2. 공사비 증감요인

구분	변수명	공사비 증감요인
내적리스크	R_1	시중노임등락
	R_2	자재비등락
	R_3	품질향상 (설계도서에 부합하는 적정품질 확보를 위한 제작업)
	R_4	제잡비조정
외적리스크	R_5	관련법령개정

또한 공사비 증감요인은 대한주택공사의 공사비 변동요인 중 공사예비비 사용 목적에 적합한 요인을 표 2와 같이 추출하였다.

2.3 주요 공종 결정

주요 공종을 결정하기 위해 F 아파트를 기준으로 공사규모별 지수를 산정한 후 공종비중과 곱하여 전체 사례 중 해당 사례의 공종별 영향도인 비용비중을 결정한다. 이를 비용정산 후 증감된 비용증감율로 곱하면 해당 공종의 비용증감율 비중이 도출된다. 이는 단순히 비용증감율이 큰 공종보다 비용비중이 큰 공종의 비용변화율에 대응하는 것이 효율적인 관리 방법이기 때문이다.

비용증감율 비중을 가중평균하여 공종별 중요도를 결정하면 표 4와 같다.

표 3. 비용증감율 산정의 예

	F 아파트			
	공종비중 ①	비용비중 ②	비용증감률 ③	비용증감율 비중④
가설	4.63	4.63	6.0	0.28
기초	10.25	10.25	13.0	1.33
철콘	28.13	28.13	1.0	0.28
조적	1.07	1.07	-8.0	-0.09
방수	1.08	1.08	-17.0	-0.18
미장	5.96	5.96	10.0	0.60
타일	5.20	5.20	-6.0	-0.31
목공사	4.53	4.53	0.0	0.00
단열재	0.00	0.00	0.0	0.00
수장	5.05	5.05	1.0	0.05
도장	1.44	1.44	-5.0	-0.07
창호	9.32	9.32	2.0	0.19
유리	1.46	1.46	1.0	0.01
금속	0.00	0.00	0.0	0.00
가구	14.56	14.56	0.0	0.00
잡공사	2.92	2.92	6.0	0.18
조경	1.62	1.62	0.0	0.00
기타	2.79	2.79	10.0	0.28
계	100.0	100.0		
전체증감율			2.6	

※ ② = ① × 공사규모별 지수
(가장 공사비가 높은 F 아파트를 기준 1)
④ = ② × ③

표 4. 공종별 중요도

	변수명	A 아파트	B 아파트	C 아파트	D 아파트	E 아파트	F 아파트	G 아파트	가중평균	중요도
가설	A_1	1.62	-0.07	-1.26	0.51	0.09	0.28	-0.01	0.16	7
기초	A_2	0.00	0.04	-1.47	3.64	0.00	1.33	0.00	0.50	2
철콘	A_3	-0.24	0.56	13.73	1.32	-0.32	0.28	0.03	2.20	1
조적	A_4	-0.15	0.44	0.08	0.14	0.02	-0.09	0.01	0.06	14
방수	A_5	-0.15	0.79	0.55	-0.53	0.05	-0.18	-0.01	0.07	13
미장	A_6	-0.07	-0.16	1.12	-0.39	0.05	0.60	0.00	0.16	6
타일	A_7	0.00	0.17	-0.13	-0.51	-0.70	-0.31	-0.02	-0.21	5
목공사	A_8	0.00	0.00	-0.37	0.43	0.06	0.00	0.00	0.02	16
단열재	A_9	-0.39	0.07	0.00	0.27	0.00	0.00	0.00	-0.01	17
수장	A_{10}	-0.12	0.15	-0.29	1.71	0.03	0.05	-0.01	0.22	4
도장	A_{11}	-0.18	0.47	0.32	0.04	0.01	-0.07	0.00	0.08	12
창호	A_{12}	0.00	0.04	-0.45	1.18	0.10	0.19	0.00	0.15	8
유리	A_{13}	0.11	-0.32	-0.55	0.06	-0.04	0.01	0.00	-0.10	11
금속	A_{14}	-0.40	0.18	0.65	0.45	-0.07	0.00	0.00	0.11	10
가구	A_{15}	-0.07	0.69	0.27	1.27	0.22	0.00	0.06	0.35	3
잡공사	A_{16}	-0.03	0.00	0.18	-1.25	-0.05	0.18	0.00	-0.14	9
조경	A_{17}	0.00	-0.01	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	18
기타	A_{18}	-0.16	0.00	0.21	0.20	0.05	0.28	-0.15	0.06	15

3. 회귀분석에 의한 공사예비비 산정

3.1 회귀분석

회귀분석은 변수들이 서로 상관관계를 가질 때 독립변수가 변화함에 따라 종속변수가 어떻게 변화하는가를 규명하는 통계기법이다. 회귀분석에서 변수들간의 관계를 나타내는 수학적 모형을 회귀모형이라고 하며, 종속변수와 독립변수들간의 함수관계를 나타내는 통계모형이라고 할 수 있다.

(1) 총공사비 회귀분석

총공사비에 통계적으로 유의한 영향을 미치는 변수들의 설명력을 알아보기 위해 회귀분석을 실시한다. 그리고 다중회귀모형을 다음과 같은 검증절차를 활용하여 유효성을 검증한다.

① 추정된 다중회귀모형에 대한 모형의 적합도 검증
- 결정계수(R^2)를 활용(0.7 이상)
- 유의수준 5%에서 F 검정
- F값에 대한 P값과 유의수준과의 비교분석

② 개별회귀계수에 대한 해석 및 검증
- 검정통계량 t의 P값과 유의수준 비교분석
- 분산팽창요인에 의한 다중공선성 검증 (VIF<10)

독립변수들 중에서 회귀모형에 포함되어야 하는 변수를 선택하기 위해 SPSSWIN에서 단계적 선택방법(stepwise selection)을 사용하였으며, 그 결과 공종별 중요도가 높은 철근콘크리트, 기초, 가구, 타일공사가 변수로 선택되었다.

표 5. 총공사비 회귀모형 요약[b]

모형	R	R^2	수정된 R^2
1	0.964[a]	0.930	0.791

a. 예측값 : (상수), 가구, 철근콘크리트, 타일, 기초공사
b. 종속변수 : 총공사비 증감율

표 6. 총공사비 회귀계수

모형	비표준화계수		표준화계수	t	유의확률	공선성 통계량	
	B	표준오차	베타			공차한계	VIF
(상수)	1.269	2.554		0.497	0.066		
철콘	0.409	0.088	1.022	4.626	0.004	0.715	1.398
기초	0.138	0.090	0.334	1.527	0.025	0.728	1.374
타일	0.0425	0.045	0.189	0.935	0.034	0.854	1.172
가구	0.01053	0.099	0.021	0.106	0.009	0.870	1.150

위의 검증절차로부터 선형모형의 적합도를 측정하는데 이용되는 R^2은 전체 설명력이 0.930, 즉 93%로 나타났다. 그리고 유의확률이 유의수준 0.05보다 작기 때문에 통계적인 유의성이 존재한다고 볼 수 있다. 또한 개별회귀계수의 VIF가 10보다 작기 때문에 다중공선성을 유발시키지 않는다고 할 수 있다.

따라서 표본회귀모형은 표 6에서 비표준화계수를 사용하여 식 (1)과 같이 설정할 수 있다.

$$\text{총공사비 증감율}(Y) = 1.269 + 0.138\ A_2 + 0.409\ A_3 + 0.0425\ A_7 + 0.01053\ A_{15} \quad \text{식 (1)}$$

(2) 주요 공종별 회귀분석

4개의 주요 공종에 대한 각 공사비 증감요인의 회귀분석을 실시한다. 총공사비의 회귀분석과 마찬가지로 각 공종별 회귀분석에 포함되어야 할 증감요인을 선택하기 위해 단계적 선택방법을 사용하였으며, 그 결과는 아래와 같다.

기초공사의 경우 시중노임등락(R_1) · 재료비등락(R_2) · 품질향상(R_3), 철근콘크리트공사의 경우 시중노임등락 · 자재비등락 · 제잡비조정(R_4), 가구공사의 경우 시중노임등락 · 품질향상, 타일공사의 경우 시중노임등락 · 품질향상이 설명력 있는 변수로 나타났다.

$$A_2 = -53.548 + 17.093\ R_1 + 6.072\ R_2 + 13.824\ R_3 \quad \text{식 (2)}$$
$$A_3 = -26.454 + 6.071\ R_1 + 4.040\ R_2 + 9.765\ R_4 \quad \text{식 (3)}$$
$$A_7 = -24.350 + 12.534\ R_1 - 6.742\ R_3 \quad \text{식 (4)}$$
$$A_{15} = -27.458 + 14.720\ R_1 + 11.932\ R_3 \quad \text{식 (5)}$$

회귀모형에서 증감요인을 변화시켰을 경우 발생하는 공사비 증감율 변화의 추이를 분석하여 각 요인의 영향력을 파악하기 위해 민감도분석을 실시한다. 이때 입력변수의 변화로 인해 발생하는 공사비 증감율의 변화는 요인 중요도 산정시 중요한 판단 기준이 된다.

민감도분석에는 설명력이 높은 표준화계수를 사용하게 되며, 이때 회귀모형의 예는 식 (6)과 같다. 그 결과 모든 회귀모형에서 시중노임등락이 가장 영향력이 큰 요인으로 나타났다.

$$A_2 = 0.748\ R_1 + 0.169\ R_2 + 0.358\ R_3 \quad \text{식 (6)}$$

3.2 공사예비비 산정

(1) 입력 데이터 생성 시뮬레이션

건설사업의 리스크는 객관적 자료가 부족하고, 확률판단도 불가능한 경우가 많기 때문에 리스크에 대한 주관적 취향과 판단의 반영이 필요하다. 본 연구에서도 회귀모형의 입력변수를 좀더 실제 상황에 가깝게 생성하기 위해 실적자료에 의한 발생빈도를 바탕으로 주관적인 판단에 따른 발생범위를 지정하였다. 이 범위에 따라 시중노임등락 요인의 500회 시뮬레이션 결과 생성된 발생확률의 빈도는 그림 1과 같다.

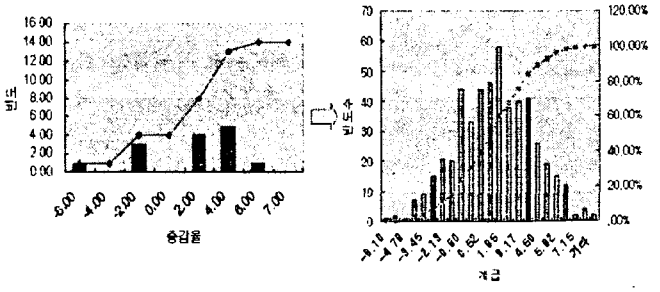

그림 1. 공사비 증감요인 시뮬레이션

(2) 회귀모형에 의한 공사예비비 산정

그림 1에서 생성된 공사비 증감요인 시뮬레이션 데이터를 식 (2)~(5)의 주요 공종별 회귀모형에 입력하면 그림 2의 좌측과 같이 주요 공종별 증감율이 산정된다. 마지막으로 주요 공종별 증감율 값들을 식 (1)의 총공사비 회귀모형에 입력하면 우측과 같이 총공사비에서의 증감율을 산정할 수 있다.

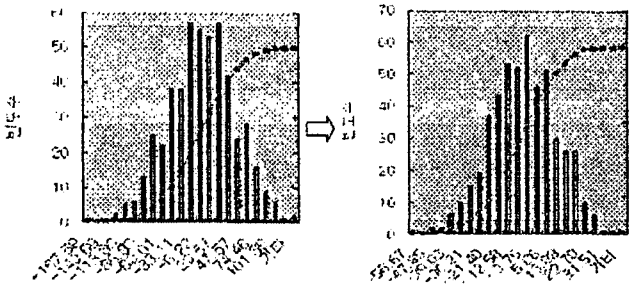

그림 2. 공사예비비 시뮬레이션

본 연구에서는 시뮬레이션 결과를 바탕으로 다음과 같이 4개의 공사비 증감율 시나리오를 구성한다. 이 4가지 경우에 대해 최종적으로 의사결정자가 해당 사업의 공사비 증감율에 대한 공사예비비를 결정할 수 있다.

표 7. 공사예비비 시나리오

시나리오 유형	누적 발생 확률	공사비 증감율
낙관적인 시나리오	20% 지점	-20%
표준적인 시나리오	50% 지점	-8%
비관적인 시나리오	80% 지점	+5%
매우 비관적인 시나리오	100% 지점	+36%

4. 결론

건설사업에 존재하는 모든 리스크 또는 미래에 있을 불확실성을 확실하게 판단 할 수는 없다. 단 추가적인 자료나 이들 자료를 바탕으로 수행된 분석에 따라 리스크를 부분적으로 줄일 수 있을 뿐이다. 이를 위해 모든 리스크 인자를 회피하고자 높은 공사예비비를 설정할 경우 투자가 지나치게 축소되거나, 사업진행 상의 자원의 배분을 왜곡하여 중장기적으로 기업의 성장에 장애가 될 수도 있다.

따라서 회귀분석을 통한 적정 공사예비비 산정을 위한 본 연구의 결과는 다음과 같다.

(1) 공동주택을 대상으로 공사비 증감요인 및 주요 공종을 식별하였다.

(2) 식별된 주요 공종의 공사비 증감율 회귀모형과 총공사비 증감율 회귀모형을 통해 적정 공사예비비를 산정하는 프로세스를 제시하였다.

(3) 시뮬레이션에 의한 가상의 공사예비비 산정을 예시하였다.

공사예비비에 대한 전략적 결정을 할 때 회귀분석이나 시뮬레이션, 기타 부가적인 분석의 결과는 최종 결정이 아니라 불확실한 여건 하에서 실행하는 의사결정 과정의 하나일 뿐이다. 따라서 최종의사결정자는 이상의 연구결과를 바탕으로 해당 프로젝트의 특성을 반영한 최종 의사결정을 내려야 할 것이다.

참고문헌

1. Ali Touran, "Probabilistic Model for Cost Contingency", Journal of construction engineering and management, Vol. 129, No. 3, 2003, pp 280-284
2. David N. Ford, "Achieving Multiple Project Objectives through Contingency Management", Journal of Construction Engineering and Management, Vol. 128, No.1 2002, pp. 30-39
3. 전재열, "실적자료 분석에 의한 건축공사비 산정 방법 적용에 관한 연구", 대한건축학회논문집, 18권4호, 2002,
4. 박근준, 전재열, 노대성, "공동주택공사에서의 공종별 영향분석에 의한 비용 리스크 관리방법에 관한 연구, 대한건축학회논문집, 대한건축학회, 15권4호, 1999, pp. 141-149
5. 강인석, 김창학, 손창백, 박홍태, "대형건설공사의 리스크 분석에 관한 사례적용연구", 한국건설관리학회논문집, 제2권 제2호, 2001, pp. 98-108

Abstract

Construction manager must consider the possibility on the failure of the project in advance and the contingency to provide against the situation, those of which is a dangerous condition not to predict. If they have a quick decision without understanding the contingency, the over-cost in the total cost would be continuously accumulated, and be a barrier at a project going in progress. A various risk could not be coped with at a time to decide either going or stoping the project until the contingency is applied from the first step to progress the project. But a case to apply the contingency to the construction for the investment or the analysis of the project is a little. The process to evaluate it is also absent. The propose of this paper is the followed ; To establish the total cost including the risk, first of all, devide into plus or minus factor of the cost, and then the process to calculate the contingency must be suggested by the regression analysis.

Keywords : Contingency, Regression Analysis , Simulation