

실적공사비 산정시스템에 관한 연구

공동주택을 중심으로

A Study on the Construction Cost Estimating System based on Historical Data in Apartment Housing

전 석 한*

Jun, Seok-Han

최 인 성**

Choi, In-Sung

Abstract

This study purposed to derive a model to estimate appropriate construction costs for the application of the estimation system based on historical construction data. For this purpose, it analyzed data (1999-2004) on the construction costs of reinforced concrete apartments (Long-Lamina-type apartments), which have been highly standardized and have a lot of relevant objective data using statistical analysis techniques and developed an estimation model.

키 워 드 : 실적공사비, 공사비, 공동주택

Keywords : Historical Data, Cost, Apartment Housing

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

건설산업의 환경은 기술·경제·사회·문화의 발전으로 다양화와 대형화의 추세에 있으며, 이러한 변화는 건설사업 예정가격의 불확실성을 증대시키는 요인이 되고 있다. 정부는 2004년부터 공공공사에서 예정가격을 산정하는데 사용했던 표준품셈 방식을 점진적으로 축소하고 적산업무의 합리성 제고 및 정부예산절감을 위하여 단계적으로 실적공사비 제도를 도입하기로 하였다.

이에 따라 정부는 1993년부터 실적공사비 도입 연구를 시작하여 시행을 유보하여 오다가 최근 표준품셈 방식이 갖고 있는 많은 문제점을 보완하기 위하여 「국가를 당사자로 하는 계약에 관한 법률」 동시행령 및 시행규칙에 실적공사비에 의한 예정가격 산정근거를 마련하였으며, 본 제도의 시행을 위한 세부규정인 회계예규 등을 제·개정하기에 앞서 적정예정가격을 산정하기 위해서는 기 수행한 실적공사비를 근간으로 하여 건설공사의 다양성과 불확실성을 반영할 수 있는 실적공사비의 축적이 우선되어야 한다는 의견이 있어서(재경부 회계 4101-457, '96. 3.12) 회계예규인 「내역입찰 집행요령」을 개정하여 실적공사비 축적근거를 마련하였다.('96.10. 7).

그러나 실적공사비 적산제도 도입에 따른 공사단가의 객관

성, 신뢰성 확보의 문제점과 시간, 지역, 공사특성 및 규모에 다른 단가보정지수 부재 등으로 인하여 예정가격지원 시스템을 효율적으로 운영하고 있지 못하는 실정이다.

본 연구에서는 우리나라의 건축공사 중에서 실적공사비의 적용이 비교적 용이한 공동주택의 공사비 실적자료를 통계적 분석을 통해 예측모형을 도출하고 다른 공사에 적용하여 검증을 함으로써 적용가능성을 파악하며 도급금액을 추정하기 위한 접근방식과 공사비 예측모형을 제시하는 것을 본 연구의 목적으로 한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구의 범위는 건축공사의 실적공사비 적용에 관하여 향후 건축공사에서 많은 부분을 차지할 공동주택공사를 대상으로 계약공사비와 실적공사비의 축적된 자료를 수집하여 통계적인 분석을 한다. 실적공사비축적을 위한 시범발주공사의 발주시점(1996년) 이후 1999년부터 2004년까지 준공된 철근콘크리트구조의 공동주택(판상형아파트)에 한정하고, 지역적으로는 수도권인 경인권에서 시공한 27개의 현장을 대상으로 회귀식에 의한 모형식을 제안하는 것을 연구의 범위로 한다.

분석방법은 일반통계처리를 하여 평균값, 표준편차, 분산을 검토하여 각 공사비의 도급금액과 실행금액의 차이로 인한 모형 산정 유의성을 검토하였으며, 공종별 공사비에서의 특이치를 검출해 내어 자료의 통계분석 사용여부를 결정한다.

다음으로 일반통계의 결과를 바탕으로 각 공종별 공사비의 회귀분석 및 분산분석을 함으로써 특이치를 가진 실행금액을

* PICC 대표이사 공학박사, 정회원

** 명지대학교 교수, 정회원

제외한 나머지 실행금액을 기준으로 도급금액을 보정한 모형을 도출·검증한다.

그 외에 도급금액만으로 실행금액을 기준한 모형 도출에 어려움이 있어 건축면적, 연면적, 층위변수, 공사기간 등의 변수를 보정하며 각 공종별로 각 변수의 영향 유무도 확인한다.

전체적으로 통계처리는 전문 통계 분석 소프트웨어인 SAS(Statistical Analysis System) 8e를 사용한다.

2. 실적공사비 산정의 이론적 고찰

2.1 실적공사비의 적산방식

현행 국내 공공공사 적산은 예정가격 산정시 원가계산방식에 의해 수행되고 있고, 이러한 원가계산에 의한 예정가격 산정방법은 공사에 투입되는 재료비, 노무비, 경비 등 원가비목 각각을 계산하여 합산하고 여기에 일정율의 일반관리비와 이윤을 제상하는 방식이다. 즉, 표준품셈은 공사원가 계산시의 비목별 물량(투입공량 : 재료량, 노무량 등)결정의 근거로 활용하고 있다. 그러나 이러한 적산방식은 건설공사의 다양한 작업형태, 작업조건 및 작업환경을 반영하기 어렵고, 활용상의 경직성으로 인해 급속한 발전에 따른 신기술 및 신공법 적용 품의 적정성에 대한 논란이 지속적으로 제기되고 있다.

따라서 현재의 표준품셈에 의한 적산방식의 문제점을 극복하고 발주자의 적산업무를 간소화 하며 시장거래가격을 적정하게 반영할 수 있는 실적공사비에 의한 적산방식 도입을 필요로 하고 있다. 또한 우리나라와 적산체계가 유사한 일본에

서도 도입을 추진하고 있는 등 국제적인 추세이다. 이에 맞추어 정부에서는 그동안 계약의 투명성 확보, 시공업체의 기술 경쟁력 제고 및 시장경쟁원리에 입각한 시중거래가격을 반영할 수 있는 적산제도를 마련하기 위해 실적공사비 적산방식의 도입을 추진하고 있으며, 추진체계를 살펴보면 <그림 1>와 같다.

즉, 실적공사비 적산방식은 입찰자(시공자)가 공사를 수행하기 위해 요구되는 공기 및 각종 자원(노무, 자재, 장비 등)의 제 원가에 시공회사의 일반관리비 및 이윤을 고려하여 산정한 단가를 발주기관별로 축적하여 향후 유사 공사 발주시 예정가격 산정의 기준단가로 활용한다는 기본개념을 가지고 있다.

2.2 예정가격의 산정

원가계산에 의해 예정가격을 산정하기 위해서는, 먼저 설계도서를 토대로 공법 및 작업방법 등을 고려하여 시공계획을 수립하고, 여기에 따라 필요한 공사항목(세부공종)을 도출하여야 한다. 다음단계는 세부공종별로 수량을 산출하고, 단위 수량을 시공하기 위해 필요한 노무·자재·기계의 소요량과 각각의 단위당가격을 표준품셈과 물가정보지 등을 이용하여 산출하는 단계이다. 이러한 과정을 통해 산정된 재료비, 노무비, 기계경비 등에 공통경비와 일반 관리비 및 이윤을 합산하여 예정가격이 산정되며, 동시에 세부공종별 수량과 단가를 기입하여 예정가격조서를 작성하게 된다.

원가계산방식에서 예정가격의 비목은 재료비, 노무비, 경비 등 주요자원의 소요비용을 중심으로 구성되어 있으며, 현재

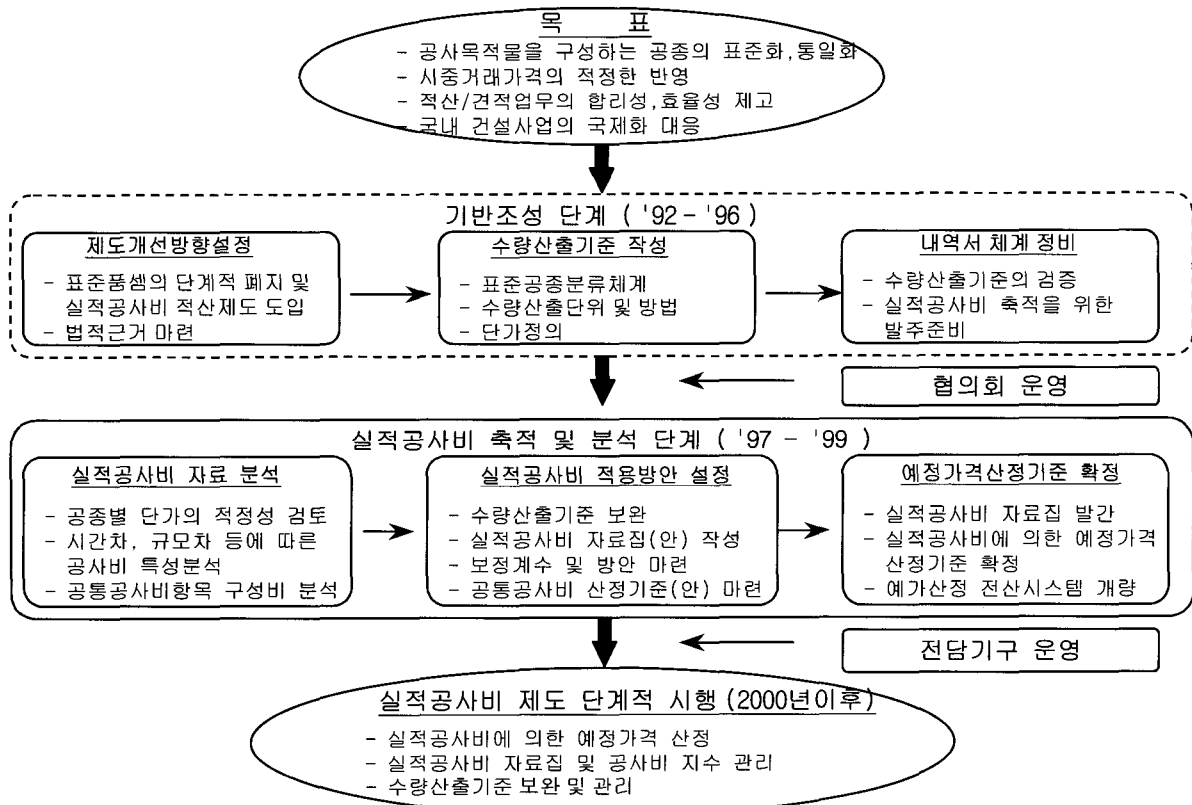


그림 1. 실적공사비 적산제도 추진체계¹⁾

우리나라의 공사비 구성비목을 살펴보면 재료비, 직접노무비, 기계경비 등의 비목은 표준품셈과 단위당 가격에 의해 산정이 가능한 비목이지만, 간접노무비, 보험료, 일반관리비, 이윤 등의 비목은 표준품셈에 기준이 제시되어 있지 않은 비목으로서 일반적으로 비율분석방법에 의해 산정되고 있다.

모, 지역차 등에 대한 보정을 실시하여 차기 건설공사의 예정가격 산출에 활용하는 방식이지만, 건축공사의 특성을 무시한 채 모든 공사에 적용하는 것이 비합리적이라는 지적이다.

3. 실적공사비 적용 및 문제점

3.1 적산방식에 대한 인식조사

본 연구에서는 현행 이용하고 있는 표준품셈에 의한 원가계산방식의 입찰방법과 정부에서 기 입법하여 수행하고 있는 실적공사비에 관한 내용 적용시 예상되는 문제점에 관한 의견을 조사한 결과 다음과 같은 문제점 들을 파악할 수 있다.

1) “기준에 사용하고 있는 표준품셈에 의한 원가방식을 통한 입찰시 문제점이 있는가?” 라는 질문에 실무자들은 관행적인 일로 문제점을 인식하고 받아들이고 있다.

(1) 기준에 대부분 이용되고 있는 예정가격 산정시 이용하고 있는 원가계산방법은 일반적으로 공종 및 공법에 대하여 표준품셈상의 시공 소요량에 대한 단위당 가격만을 반영함으로써 해당공사별 특수성은 반영하지 못하는 문제점이 있다. 또한 내역 입찰시 배부되는 공종별 물량내역서도 시공자가 선정하여야 하는 공법 및 장비규격까지 지정하거나 가설공사에 대한 세부물량까지 명시함으로써 입찰시 건설업체가 보유하고 있는 신기술 및 신공법 등을 적용하는 것이 어려운 실정이다.

(2) 표준화된 공종분류체계와 이에 따른 내역서 작성지침 또한 없어서 단가산정에 정확한 근거를 마련하기 어렵고 이로 인한 공사 중 부당한 설계변경 사례를 유발시키고 있는 게 현실이다.

2) “정부에서 시행중에 있는 실적공사비에 관하여 알고 있는가?” 라는 질문에 대부분이 알지 못하고 있다.

(1) 표준품셈에 의한 현행 원가방식의 문제점을 해결하고 또한 발주자 적산업무의 간소화 및 효율화를 추구하고 적기에 시장 거래가격을 예정가격에 반영하고자 기존의 표준품셈에 의한 예정가격산정방식을 점차 폐지하고 실제 계약단가를 근거로 하는 새로운 예정가격산정방식인 실적공사비 적산방식을 도입하고자 하는 것에 대해서 이해하지 못한 것으로 나타났다.

3) “정부의 입찰방식을 실적공사비 적용시 적용단가가 합리적일 것 같은가?” 라는 질문에 그렇지 못한 것 같다는 응답이다.

(1) 이러한 실적공사비 적산제도는 기존 방식인 건설공사로부터 산출된 공종별 계약단가를 기초로 하여 시간, 규

4) “실적공사비 적용시 문제점이 없는가?” 라는 질문에 문제점이 많을 것이라는 것이 대부분의 의견이다.

(1) 중소건설업체의 수주가 어려워지자 업체에서는 적정공사비 산정을 위한 견적과정을 무시한 채 전략적으로 입찰금액을 결정하여 투찰하고 있는 실정이다. 따라서 공사수행지역, 공사특성, 공사규모에 대하여 공사비를 보정할 수 있는 지수를 활용한다는 것은 상상조차 할 수 없는 상태이다.

(2) 현실적인 단가를 실적공사비 적산제도에 도입하면 공공공사의 공사가격은 점차 하락될 것이고 중소 업체가 수주를 하더라도 적정공사비 확보가 되지 못하여 공사수행 중 도산하는 상황이 전개될 수도 있다.

(3) 수주할 당시 적정공사비가 확보되지 못한 금액으로 낙찰되었을 경우 공사수행 중 설계변경이나 물가변동으로 인한 계약금액의 변동도 설계변경의 기준 미비 및 공사비 지수의 부재로 인하여 원천적으로 합리적이고 적정한 공사비 확보가 불가능하게 되는 상황이 된다.

5) “실적공사비 적용을 위하여 준비과정이 필요한가?” 라는 질문에 필요하다는 의견들이 대부분이다.

(1) 영국의 경우에는 적정예산 확보를 위하여 기획단계로부터 적정공사비를 산정하는 코스트 모델링의 노력과 전문적산사(Quantity Surveyor)에 의하여 원가검토의 기능을 수행하고 있는 정도를 고려하면 제도적인 준비가 필요하다.

(2) 지역과 공사특성 및 규모 등 대상공사의 차이점을 예정가격산정에 반영할 수 있는 각종 보정치수들 활용과 공사수행 중 설계변경에 의한 계약금액을 변경 할 수 있는 기준 마련, 물가변동에 따른 계약금액을 조정할 수 있는 지수도 확립 등이 필요하다.

6) 공동주택공사의 경우 입찰현황을 분석하여 실적공사비 적용의 가능성에 대한 의견은 긍정적이다.

(1) 일정기간 동안 실적공사비 축적을 위하여 실적공사비를 예정가격 산정에 적용하는 과정으로 수량산출기준 검중단계와 시범발주 및 실적공사비 축적단계, 실적공사비 적용단계 등으로 구분하여 단계별로 추진하는 등 점진적 추진이 가능할 것이다.

7) 공동주택 입찰의 적용을 위한 시스템 구축과 타당성을 검증해야한다는 의견이다.

- (1) 발주자 및 입찰자 측면의 적정공사비 확립 차원에서 추진되어야 하며 실적공사비 단가는 원도급자와 하도급자간에 계약된 공종별 하도급 단가로 이루어져야 한다.
- (2) 실적단가 및 시장단가에 대하여 통계적으로 유의성이 있는 Data의 축적을 위하여 공사를 시범 발주하여 낙찰률과 원도급자간의 계약단가로 초기치를 설정하는 시범 발주방식을 도입해야 한다.

문헌조사 결과와 설문내용을 종합하면 다음과 같은 준비가 필요한 것으로 귀결되어진다.

- 1) 실적공사비 단가의 합리적 구축이 정부에서 주도해 주되 기업체 및 제3의 기관에서도 실적공사비를 시장가격에 기초하여 구축해야 한다.
- 2) 실적단가를 공사의 특성, 지역, 여건이 감안되어야 하고 시간에 의한 편차가 감안되는 기준이 함께 설정되어야 한다.
- 3) 적산전문가 자격제도를 도입하여 합리적 단가의 적용방법을 구축하고, 공동주택 실적공사비 적용을 위하여 발주자, 입찰자, 제3의 기관의 객관적 검증을 할 수 있는 시스템을 구축함으로써 실제 운영시 예상되는 문제를 최소화하여야 한다.

3.2 공사비 산정방식

1) 기존 원가계산방식

일반적으로 건설 산업은 기상상태에 노출된 옥외에서 단일 품목을 수요자의 요구에 맞추어 생산하는 특성을 가지고 있다. 따라서 건설 산업은 동일한 성능, 규격의 목적물을 얻기 위한 공사로 하더라도 각 공사 현장의 조건과 시간에 따라 가격이 변화하는 특성을 가지고 있다.

이와 같은 특성으로 인해 건설공사의 소요비용은 통상 공사현장의 조건과 시공프로세스를 고려하여 요구되는 자재, 노동력, 장비 등에 소요되는 비용과 현장관리 및 기업의 유지에 소요되는 비용 등을 순차적으로 집계하는 원가계산방식에 의해 추정하는 원가계산제도를 도입하고 있다.

(1) 효율성과 정확성

정부공사원가계산 원칙은 일반적으로 기업회계 원칙과 일치하나 건설업회계처리기준과 상이하며, 일부내용에 한하여 공공성을 고려하여 예외를 인정하고 있으나 예정가격준칙에 명시된 비목 외의 경비항목은 인정치 않고 있다. 현행 원가계산방식 즉, 원가요소별 계산방법은 건설공사의 특수성으로 인해 독특한 방식을 택하여 직접공사비는 표준품셈에 의한 표준 원가를, 간접공사비는 직접공사비에 대한 일정비율로 계산하는 방법을 혼용하여 사용함으로써, 비효율성과 부정확성을 함께 지니고 있다.

(2) 표준원가와 비율

건설공사는 건물의 종류, 용도, 형상 등과 재료의 종류, 품질 가격이 다양하고 작업공정이 대부분 표준화되지 못해 현장조건과 자연영향 등에 따라 공사비가 일률적이지 못하므로 표준원가를 설정하기란 많은 어려움을 가지고 있다. 그러므로 공사원가계산은 여러 가지 조건을 고려하여 정리된 「표준품셈」을 적용하여 산출된 원가를 표준원가로 사용하고 있으며, 간접공사비의 원가계산을 실제 원가를 적용하지 않고 비율분석방법 또는 공신력 있는 기관의 통계자료 즉, 대한건설협회 발간 「완성공사 원가 구성분석」과 매년 발행되는 한국은행발간 「기업경영분석」을 기준으로 공사부문 예정가격작성 활용자료로 사용되고 있다.

(3) 원가지식

정부공사의 원가계산은 예정가격을 결정하기 위한 수단으로 행하여지기 때문에 일반적으로 견적계산이 필요하며, 이 견적원가의 계산을 적산이라고 부르고 있는 바 이 점이 정부공사 원가계산제도의 특성이라 할 수 있다. 공사원가를 산출하기 위해서는 기술적인 측면도 많으나, 제조원가 및 수입 원가를 산출하기 위해서는 기업의 회계자료를 객관적 입장에서 조사, 분석할 수 있는 회계학적 지식이 필요하다.

4. 실적공사비 산정 모형

4.1 적정공사비 모형의 공종

본 연구에서 적정공사비 산정모형을 만들기 위해 도급 및 실행에 대한 예산 금액 자료를 분석하는데 있어서 각 현장별로 표준화되지 못한 공종분류내역체계로 인해 자료의 통일화에 어려움을 가지고 있어 정부에서 규정한 수량산출기준의 분류체계에 맞는 내역 정리가 어려워 본 연구에서 사용할 목적으로 분류를 정의하였다.

첫째로 대분류, 중분류, 소분류의 공종분류 구조에서 적절한 측정레벨을 선정하는데 있어 중분류 이하로는 각각 포함하고 있는 항목에 맞게 현장별 내역을 맞추는데 어려움이 있어 가장 상위레벨인 대분류를 기준으로 공사비 분석을 시행하였다.

둘째로 대분류에서도 현장에 따라 토공사와 기초공사가 분류되어 내역이 작성된 곳이 있는 반면 두 항목이 하나의 항목으로 통합되어 작성된 내역의 현장도 있어 서로간의 비교를 위해 토공사와 기초공사는 기초및토공사로 하나의 분류로 정의하였으며 그 외의 여러 공종에 있어서 같은 문제점들을 가지고 있어 다음 <표 1>와 같이 분류 정의하였다.

위의 공종분류에 포함되어 있지 않은 대분류 항목에 대해서는 본 연구를 위해 입수한 자료의 특성상 정리가 어려워 생략하였으며 생략된 항목은 공사비에서 차지하는 비율이 낮아 결과에 큰 영향을 미치지 않는다.

표 1. 본 연구를 위한 건축공사 공종분류

A1	기초 및 토공사	A8	수장공사
A2	골조공사 (철근콘크리트공사, 철골공사)	A9	창호공사
A3	조적공사	A10	유리공사
A4	미장공사	A11	도장공사
A5	방수공사	A12	금속공사
A6	타일공사	A13	지붕 및 흙통공사
A7	석공사	A14	가구공사

표 2. 통계 분석방법 및 분석도구

분석내용	분석방법	분석도구
Data 탐색 및 특이치 제거 모형설정 및 검증	EDA(탐색적 자료분석) 회귀분석, 분산분석	SAS 8e

4.2 적정공사비 산정을 위한 실적공사비 예측모형

1) 공동주택 원가

본 연구의 실적공사비원가 자료는 기존의 객관적 데이터 수집이 용이하고 가장 표준화가 잘 된 공동주택을 중심으로 낙찰된 도급금액과 실행금액을 기준으로 사용하여 분석하였으며 예정가격 산정을 위해 통계적 기법에 의해 각 실행금액의 보정 방법으로 공종별 비용산정 예측모형을 도출하였다. 기본 자료는 1999년에서 2000년 사이에 발주하여 2004년 이전에 준공한 철근콘크리트조의 공동주택(판상형아파트)으로 범위를 정하여 총 자료 50개를 입수하였으며 그 중에서 본 연구를 위한 분류체계에 맞게 항목이 정리되지 않는 23개의 현장을 제외한 총 27개 현장의 공사비 자료를 정리하여 모형을 산출하였다.

원가 분석은 일반통계처리를 하여 평균값, 표준편차, 분산을 검토하여 각 공사비의 도급금액과 실행금액의 차이로 인한 모형 산정 유의성을 검토하였으며, 공종별 공사비에서의 특이치를 검출해 내어 자료의 통계분석 사용여부를 결정하였다.

다음으로 일반통계의 결과를 바탕으로 각 공종별 공사비의 회귀분석 및 분산분석을 함으로써 특이수치를 가진 실행금액을 제외한 나머지 실행금액을 기준으로 도급금액을 보정한 모형을 도출·검정하였다.

그 외에 도급금액만으로 실행금액을 기준한 모형 산출에

어려움이 있어 건축면적, 연면적, 층위변수, 공사기간 등의 변수를 보정하였으며 각 공종별로 각 변수의 영향 유·무도 확인할 수 있었다.

표 3. 통계분석에 사용될 변수

항 목	변수명		
	도급금액(a)	실행금액(b)	도급금액과 실행금액의 차이(비율)(c)
1. 기초 및 토공사	a1	b1	c1
2. 골조공사	a2	b2	c2
3. 조적공사	a3	b3	c3
4. 미장공사	a4	b4	c4
5. 방수공사	a5	b5	c5
6. 타일공사	a6	b6	c6
7. 석공사	a7	b7	c7
8. 수장공사	a8	b8	c8
9. 창호공사	a9	b9	c9
10. 유리공사	a10	b10	c10
11. 도장공사	a11	b11	c11
12. 금속공사	a12	b12	c12
13. 지붕 및 흙통	a13	b13	c13
14. 가구공사	a14	b14	c14
건축면적(m)	m2		
연면적(m)	ym2		
층수(연면적/건축면적)	floor		
기간(일수)	term_t		

전체적으로 통계처리는 전문 통계 분석 소프트웨어인 SAS 8e를 사용하였다.

<표 2>는 분석방법 및 분석도구를 나타낸 것이며, <표 3>은 분석에 사용된 변수이다. <표 4, 5>은 도급 및 실행에 대한 공사비를 공종별 보합로 정리한 것이다.

2) 실적공사비 변위도

공사비 기초분석으로는 기본통계측도에서 위치측도로 평균값과 중앙값의 차이를 보며 특이치의 유무를 확인하였으며

표 4. 공동주택 실행공사비 보합 분석

공 종	현 장																											최대값	평균값	최소값	범위	평균 순위	
	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5	A-6	A-7	A-8	A-9	A-10	A-11	A-12	A-13	A-14	A-15	A-16	A-17	A-18	A-19	A-20	A-21	A-22	A-23	A-24	A-25	A-26	A-27						
1. 기초토공사	6.68	9.88	9.67	17.61	23.28	24.88	19.86	14.41	35.24	27.14	9.71	3.21	5.68	3.25	1.79	1.09	1.07	1.08	0.90	1.08	8.87	12.32	13.14	21.26	8.28	20.99	12.28	27.14	11.21	0.79	26.35	2	
2. 골조공사	35.99	46.51	31.26	46.56	36.28	36.53	49.13	37.40	42.72	37.54	33.27	24.80	27.30	47.89	50.04	46.71	47.14	46.96	48.85	46.85	19.71	42.15	38.48	26.61	36.83	21.76	38.37	50.04	37.77	19.71	30.33	1	
3. 조적공사	1.68	1.35	1.69	1.78	1.25	1.71	1.87	1.64	1.69	1.27	1.71	1.80	1.52	1.15	1.13	1.12	2.06	2.51	2.49	2.29	2.92	1.29	1.90	2.15	1.12	1.53	1.81	3.12	1.91	0.90	2.23		
4. 미장공사	7.31	8.59	2.87	3.93	4.48	4.97	3.82	3.96	3.24	4.51	3.59	6.27	8.88	4.79	4.82	5.63	4.79	5.14	5.11	5.37	8.41	3.89	3.58	8.99	7.71	5.24	4.56	8.99	5.34	2.87	6.12		
5. 방수공사	4.56	3.72	3.35	2.62	3.29	2.98	2.14	1.99	2.06	2.17	3.24	4.08	4.19	2.56	3.75	2.46	2.20	2.31	2.65	2.38	6.88	2.25	2.20	3.59	3.38	4.41	6.88	6.88	3.05	1.72	5.16		
6. 타일공사	2.98	2.39	2.07	1.96	2.73	2.87	1.82	3.57	2.21	2.31	1.20	3.82	3.84	1.54	1.62	4.45	4.55	4.51	3.92	4.48	9.81	4.72	4.08	3.82	3.37	3.33	2.39	9.81	3.45	1.82	7.99		
7. 석공사	0.57	0.89	3.33	2.34	0.73	0.26	0.20	1.01	0.26	0.12	2.12	1.55	1.35	0.48	0.61	0.31	0.37	0.34	0.50	0.33	0.87	0.57	0.83	1.70	0.95	1.59	1.14	3.33	0.93	0.12	3.21		
8. 수장공사	8.28	6.44	6.28	6.75	7.17	5.76	4.20	4.20	27.01	1.72	6.85	26.84	35.29	5.03	5.03	7.30	5.14	6.05	5.84	6.62	7.98	3.99	4.31	6.59	7.12	9.42	10.13	17.00	7.30	1.72	15.29	4	
9. 창호공사	15.66	17.62	12.39	8.74	8.01	16.76	26.76	26.97	5.07	8.91	12.95	16.14	14.47	11.64	11.51	8.15	13.83	11.44	10.31	9.93	7.76	11.09	18.76	7.98	11.24	4.89	9.73	18.76	11.28	2.98	15.78	3	
10. 유리공사	3.12	2.32	1.35	1.78	1.37	1.16	1.26	3.33	1.33	1.59	2.21	3.43	2.63	1.79	1.79	2.27	4.47	3.54	3.25	2.96	3.13	2.56	1.67	2.32	2.64	4.26	3.82	4.47	2.58	1.16	3.30		
11. 도장공사	1.71	3.08	2.59	2.01	1.87	1.26	1.66	1.77	1.85	1.63	1.97	1.67	1.97	2.86	2.91	2.44	2.50	2.47	2.74	2.46	4.22	1.50	3.48	3.16	1.29	3.67	1.67	4.22	2.26	1.26	2.97		
12. 금속공사	2.21	2.64	0.69	1.81	2.85	1.74	2.27	4.57	2.09	5.07	4.30	2.15	7.55	5.27	5.52	6.56	5.30	5.83	5.89	6.16	3.85	5.51	3.82	4.31	7.35	5.50	2.47	7.55	4.55	0.69	6.86		
13. 지붕·흙통	3.03	8.49	1.41	0.49	1.29	0.83	1.21	1.27	0.78	1.21	1.83	0.30	0.39	1.44	1.02	0.55	1.01	0.82	0.85	0.69	1.50	1.20	1.67	2.08	0.99	3.27	1.20	3.27	1.14	0.30	2.97		
14. 가구공사	90.12	2.69	22.26	5.85	6.44	4.80	3.99	5.91	3.59	14.71	7.04	18.5	4.93	5.51	5.45	8.96	5.57	7.03	6.71	7.89	14.07	6.37	4.07	10.44	8.51	10.25	4.71	14.71	7.23	3.39	11.32	5	
합 계	201	201	100	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	

표 5. 공동주택 도급공사비 보합 분석

공종	현장																											최대값	평균값	최소값	범위	평균 순위
	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5	A-6	A-7	A-8	A-9	A-10	A-11	A-12	A-13	A-14	A-15	A-16	A-17	A-18	A-19	A-20	A-21	A-22	A-23	A-24	A-25	A-26	A-27					
1. 기초토공사	6.68	9.88	19.67	17.60	23.25	24.38	19.86	14.04	15.24	27.14	9.71	3.21	5.68	3.25	0.79	1.09	1.07	1.08	0.90	1.08	8.87	12.32	13.14	21.26	8.28	20.99	12.28	27.14	11.21	0.79	26.35	2
2. 골조공사	35.99	40.51	31.26	40.56	36.28	36.52	39.13	37.40	41.72	27.54	38.27	28.90	27.30	47.89	50.04	46.71	47.14	46.96	48.85	46.85	19.71	42.15	38.48	26.61	36.83	21.76	38.37	50.04	37.77	19.71	30.33	1
3. 조적공사	1.68	1.15	1.69	1.75	1.25	2.31	1.87	0.94	1.60	1.27	2.71	1.80	2.52	2.15	2.13	3.12	2.06	2.51	2.49	2.79	2.92	1.29	0.90	2.15	1.32	1.53	1.81	3.12	1.91	0.90	2.23	
4. 미장공사	7.31	8.59	2.87	3.93	4.48	4.97	3.82	3.96	3.24	4.50	3.59	6.27	8.88	4.79	4.82	5.62	4.79	5.14	5.11	5.37	8.41	3.89	3.58	8.99	7.71	5.14	4.46	8.99	5.34	2.87	6.12	
5. 방수공사	4.56	1.72	2.25	2.62	2.29	1.98	2.14	1.99	2.06	2.37	3.24	4.08	4.19	2.56	2.75	2.46	2.20	2.31	2.65	2.38	6.88	2.25	2.20	3.59	3.38	4.41	6.81	6.88	3.05	1.72	5.16	
6. 타일공사	2.98	2.19	2.07	1.96	2.73	1.87	1.82	3.57	2.21	2.31	3.20	3.82	2.83	3.54	3.62	4.45	4.55	4.51	3.92	4.48	9.81	4.72	4.08	3.82	2.37	3.35	2.39	9.81	3.45	1.82	7.99	
7. 석공사	0.87	0.39	3.33	2.34	0.73	0.26	0.20	1.00	0.26	0.12	2.12	1.55	1.35	0.48	0.61	0.31	0.37	0.34	0.50	0.33	0.87	0.57	0.83	1.70	0.95	1.59	1.14	3.33	0.93	0.12	3.21	
8. 수장공사	8.18	6.44	6.28	6.75	7.17	5.70	4.20	4.20	17.00	1.72	6.85	16.84	15.29	5.03	5.03	7.30	5.14	6.05	5.84	6.62	7.98	3.99	4.31	6.59	7.12	9.42	10.13	17.00	7.30	1.72	15.29	4
9. 창호공사	15.66	12.02	12.39	8.74	8.00	10.70	16.76	16.97	7.02	8.93	12.95	16.14	14.47	11.64	11.51	8.15	13.83	11.44	10.31	9.93	7.76	11.69	18.76	2.98	11.24	4.89	9.73	18.76	11.28	2.98	15.78	3
10. 유리공사	3.13	2.32	1.35	1.78	1.37	1.16	1.26	2.33	1.53	1.59	2.21	3.42	2.63	3.79	3.79	2.27	4.47	3.54	3.25	2.96	3.13	2.56	1.67	2.32	2.64	4.26	2.82	4.47	2.58	1.16	3.30	
11. 도장공사	1.71	3.08	2.59	2.01	1.87	1.26	1.66	1.77	1.65	1.63	1.97	1.67	1.97	2.66	2.91	2.44	2.50	2.47	2.74	2.46	4.22	1.50	2.48	3.16	1.29	3.67	1.67	4.22	2.26	1.26	2.97	
12. 금속공사	1.21	3.64	0.69	3.81	2.85	3.74	2.77	4.57	2.09	5.07	4.30	7.15	7.55	5.27	5.52	6.56	5.30	5.83	5.89	6.16	3.85	5.51	3.82	4.31	7.35	5.50	2.47	7.55	4.55	0.69	6.86	
13. 지붕, 흙통	1.03	0.40	1.41	0.49	1.29	0.83	1.11	1.37	0.78	1.10	1.83	0.30	0.39	1.44	1.02	0.55	1.01	0.82	0.85	0.69	1.50	1.20	1.67	2.08	0.99	3.27	1.20	3.27	1.14	0.30	2.97	
14. 가구공사	9.02	7.69	12.16	5.65	6.44	4.30	3.39	5.90	3.59	14.71	7.04	4.85	4.93	5.51	5.45	8.96	5.57	7.00	6.71	7.89	14.07	6.37	4.07	10.44	8.51	10.25	4.71	14.71	7.23	3.39	11.32	5
합계	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100					

표준편차, 분산, 범위, 사분위범위의 변위측도를 통해서 각 공종의 공사비 모형 산출의 필요성 여부를 측정하였다.

이러한 기초분석은 통계분석을 위한 자료의 유효성을 높여 분석의 신뢰성을 높이기 위한 작업이다.

특이치의 유무를 확인하기 위한 위치측도에 각 평균값과 중앙값의 차이 절대치를 각 공종별로 비교한 결과 기초 및 토공사와 석공사에서 다른 공종의 공사에서 보다 특별히 큰 차이를 보이고 있어 통계입력 자료에 특이치 유입에 대해 의심할 필요가 있음을 확인하였다.

위에서 설명한 위치측도와 변위측도에 대한 정의는 다음과 같다.

(1) 위치측도(measure of location)는 자료의 분포가 어느 위치에 모여 있는지를 나타내는 측도를 말한다.

위치측도의 방법으로는 평균, 중앙값, 최빈값이 사용되었는데 각각의 정의는 다음과 같다

① 평균(mean) : 평균은 가장 널리 쓰이는 대표값으로 개별 자료 값을 x_1, x_2, \dots, x_n 이라고 하고 표본 수를 n 이라고 하면, 표본의 평균은 다음 식으로 나타낸다.

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{n}$$

② 중앙값(median) : 중앙값은 자료들을 크기 순으로 정렬했을 때 가장 가운데의 순위에 해당되는 값이다. 자료의 분포가 좌우대칭일 경우 중앙값은 평균과 비슷한 값을 갖는 반면, 자료의 분포가 좌우대칭이 아니거나, 자료 중 이상 값이 존재할 때 중앙값이 더 바람직한 대표값으로 쓰인다. 표본의 수가 홀수 일 때는 중앙값은 $\frac{(n+1)}{2}$ 번째 값이며, 표본의 수가 짝수 일 때는 중앙값은 $\frac{n\text{번째} + n+1\text{번째}}{2}$ 이다.

③ 최빈값(mode) : 도수분포표에서 도수가 가장 높은 범주의 중앙값을 최빈값이라고 한다. 연속형 자료 보다 범주형 자료인 경우 대표값을 나타내기 위해 많이 활용된다.

(2) 변위측도(measure of displacement)는 자료의 퍼진 정도를 나타내는 측도를 말한다. 즉 자료의 중심을 축으로 얼마나 자료들이 퍼져 있는지를 측정하는 측도이다.

변위측도의 방법으로는 분산, 표준편차, 범위, 절대평균편차가 사용되었는데 각각의 정의는 다음과 같다

① 분산(variance), 표준편차(standard deviation)

모집단에서의 모분산과 표본집단에서의 표본분산에 대한 정의가 다르므로 이들 통계량에 대한 정의를 정확히 알아둘 필요가 있다.

i. 모분산(population variance)

$$\sigma^2 = E(X - \mu)^2$$

(E : 자료의 기대치, X : 각 자료의 측정치, μ : 자료의 평균)

ii. 모표본편차(population standard deviation)

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2}$$

iii. 표본분산(sample variance)

$$s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 \quad (\bar{X} : \text{표본평균})$$

② 표본표준편차(sample standard deviation)

$$s = \sqrt{s^2}$$

③ 범위(range)

범위는 산포의 정도를 나타내는 가장 단순한 측도로써 자료의 최대값과 최소값의 차이로 정의된다.

$$\text{범위(range)} = X_{\max} - X_{\min}$$

④ 절대평균편차(mean absolute deviation)

절대평균편차(MAD)는 산포의 측도범위(range)가 가지고 있는 단점을 보완한 측도로

$$MAD = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |X_i - \bar{X}|$$

로 정의된다.

다음 <표 6, 7>는 각 공종별 위치 및 변위측도를 정리한 것이다.

위치측도를 검토한 결과 다른 값에 비하여 차이가 많이 나

거나, 일정 변위이상의 위치를 가지고 있는 항목의 특이값은 본 연구의 통계분석 자료에서 제외하였다. 특이값은 기초 및 토공사와 석공사에서 각각 1개씩 2개가 발견되었다.

변위측도를 검토한 결과 14개의 전 공종에서 일정 범위의 편차와 분산을 가지고 있는 것으로 나타나 모형의 필요성이 입증되었다.

다음의 <그림 2, 3, 4>는 각 공종별로 변위측도를 분석한 것 중 특이편위를 나타난 공종이며 분석의 신뢰성을 높이기 위해 특이편위치는 제거하여 분석하였으며 내용은 다음과 같다.

기초 및 토공사에서는 <그림 2>에서 보는 것과 같이 다른 공종공사에 비해 값의 차이가 특히 많이 나는 1개의 데이터가 검출되었으며 그 차이의 범위가 상당히 커서 적절한 공사비가 아닌 특수한 상황에서의 공사비 증가 요인을 가지고 있는 데이터로 간주하고 본 통계분석에서 제외하였다.

표 6. 공종별 기본통계 위치측도(기초및토공사~석공사)

구 분	공 종	기초및 토공사	골조 공사	조적 공사	미장 공사	방수 공사	타일 공사	석공사
		평균	1.330601	1.027344	1.032385	1.056065	0.978127	1.023361
위 치 측 도	중앙값	1.004683	1.001103	1.007194	1.040803	1.000000	1.006429	1.000000
	최빈값	-	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000
	평균-중앙값		0.026241	0.025191	0.015262	0.021873	0.016932	0.617922

표 7. 공종별 기본 변위측도 (기초및토공사~석공사)

구 분	공 종	기초및 토공사	골조 공사	조적 공사	미장 공사	방수 공사	타일 공사	석공사
		표준편차	1.18249	0.05437	0.06153	0.05724	0.06855	0.06327
변 위 측 도	분산	1.39827	0.00296	0.00379	0.00328	0.00470	0.00400	2.79648
	범위	4.34965	0.19826	0.16771	0.17727	0.27125	0.23032	6.11429
	사분위범위	0.02520	0.02484	0.10184	0.03879	0.05516	0.05179	0.31919

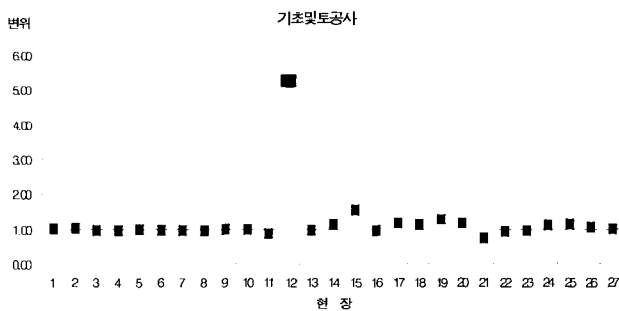


그림 2. 기초 및 토공사 변위도

또한 변위측도에서 특이치 요소를 제외한 값에서도 적정범위의 편위를 가지고 있어 모형 산정에 유의성을 가지고 있음을 확인하였다.

미장공사에서는 <그림 3>에서 보는 것과 같이 다른 현장에 비해 값의 차이가 많이 나는 1개의 데이터가 검출되었으며 그 차이의 범위가 커서 적절한 공사비가 아닌 특수한 상황에서의 공사비 증가 요인을 가지고 있는 데이터로 간주하고 본 통계분석에서 제외하였다. 그 이외의 현장의 변위측도에서는 1.00에서 2.00의 적절한 범위내의 편위를 가지고 있어 모형 산정에 유의성을 가지고 있음을 확인하였다.

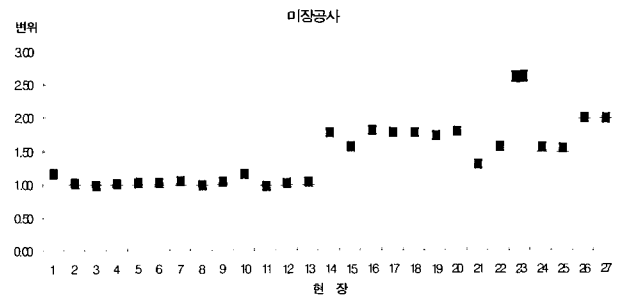


그림 3. 미장공사 변위도

석공사에서는 <그림 4>에서 보는 것과 같이 다른 현장에 비해 값의 차이가 특히 많이 나는 1개의 데이터가 검출되었으며 그 차이의 범위가 1.0에서 7.0으로 상당히 커서 적절한 공사비가 아닌 특수한 상황에서의 공사비 증가 요인을 가지고 있는 데이터로 간주하고 본 통계분석에서 제외하였다. 또한 변위측도에서 특이치 요소를 제외한 값에서도 적정범위의 편위를 가지고 있어 모형 산정에 유의성을 가지고 있음을 확인하였다.

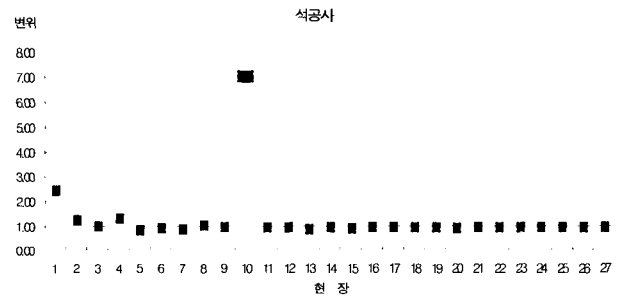


그림 4. 석공사 변위도

4.3 실적공사비 예측모형

각 공종별 모형적합 분석을 위해서 회귀분석을 사용하였으며 사용 변수로는 다음 <표 8>과 같으며, 분석도구로는 통계전문소프트웨어인 SAS 8e를 사용하였으며 회귀모형식은 다음의 <식1>과 같다.

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_p x_p + \epsilon_i \dots <식1>$$

여기서 β_1 의 회귀 계수의 의미는 다른 변수들이 동일한 경우에 X_1 변수가 한 단위 증가할 때 Y의 변화하는 증가분이나 감소분을 의미한다. 다른 β 값들도 이와 같이 설명하면 된다.

모형적합의 분석을 위한 프로그램은 <표 9>와 같다.

기초 및 토공사에 대한 모형적합 결과 적합한 모형으로 실행금액을 99.88%의 신뢰도로 설명할 수 있으며 건축면적(m²) 및 연면적(y^{m2})에 영향을 받는 공사로 건축면적 및 연면적에 의한 보정이 필요한 것으로 나타났다. 따라서 도급금액에 건축면적 × (-300119) + 연면적 × (2458.68182)값을 보정하면 적절한 실행금액에 가까운 도급금액을 책정할 수 있을 것으로 분석되었다.

적합모형(b1) = $-21204203 + 1.00970a1 - 30119m2 + 2458.68182ym^2$

위 모형은 Pr < F의 값이 0.0001로 0.05보다 작으므로 수치의 신뢰도가 높으며 R-Square 값으로 위 모형의 신뢰도가 99.88%의 설명력을 가지고 있는 것으로 나타났다.

골조공사에 대한 모형적합 결과 적합한 모형으로 실행금액을 98.51%의 신뢰도로 설명할 수 있으며 공사기간(term_t)이 설명변수로 유의한 것으로 나타났다. 따라서 도급금액에 공사기간(일수) × (-664280) 값을 보정할 경우 실행금액에 가까운 도급금액을 책정할 수 있을 것으로 분석되었다.

적합모형(b2) = $-530197673 + 1.04191a2 - 664280term_t$

위 모형은 Pr < F의 값이 0.0001로 0.05보다 작으므로 수치의 신뢰도가 높으며 R-Square 값으로 위 모형의 신뢰도가 98.51%의 설명력을 가지고 있는 것으로 나타났다.

조적공사에 대한 모형적합 결과 적합한 모형으로 실행금액을 97.69%의 신뢰도로 설명할 수 있으나 도급금액 이외의 유의하게 나타난 설명변수가 없었으나 설명력을 감안했을 때 도급금액으로도 실행금액을 충분히 예측할 수 있을 것으로 분석되었다.

적합모형(b3) = $5317939 + 0.98282a3$

위 모형은 Pr < F의 값이 0.0001로 0.05보다 작으므로 수치의 신뢰도가 높으며 R-Square 값으로 위 모형의 신뢰도가 97.69%의 설명력을 가지고 있는 것으로 나타났다.

미장공사에 대한 모형적합 결과 적합한 모형으로 실행금액을 99.32%의 신뢰도로 설명할 수 있으며 건축면적(m2), 연면적(ym2) 및 층수(floor)가 설명변수로 모두 유의한 것으로 나타났다. 따라서 도급금액에 건축면적 × (-75391) + 연면적 × (3121.81820) - 층수 × 21097356 값을 보정할 경우 실행금액에 가까운 도급금액을 책정할 수 있을 것으로 분석되었다.

적합모형(b4) = $362692962 + 1.22513a4 - 75391m^2 + 3121.81820ym2 - 2109736floor$

위 모형은 Pr < F의 값이 0.0001로 0.05보다 작으므로 수치의 신뢰도가 높으며 R-Square 값으로 위 모형의 신뢰도가 99.32%의 설명력을 가지고 있는 것으로 나타났다.

방수공사에 대한 모형적합 결과 적합한 모형으로 실행금액을 96.23%의 신뢰도로 설명하고 있으나 도급금액 이외의 유의하게 나타난 설명변수가 없었으나 설명력을 감안했을 때 도급금액으로도 실행금액을 충분히 예측할 수 있을 것으로 분석되며 방수공사와 연관된 추가정보(설명변수)가 있을 경우 좀더 높은 설명력을 갖는 모형을 기대할 수 있을 것으로 분석되었다.

적합모형(b5) = $22609206 + 0.83580a5$

위 모형은 Pr < F의 값이 0.0001로 0.05보다 작으므로 수치의 신뢰도가 높으며 R-Square 값으로 위 모형의 신뢰도가 96.23%의 설명력을 가지고 있는 것으로 나타났다.

타일공사에 대한 모형적합 결과 적합한 모형으로 실행금액

을 99.36%의 신뢰성으로 설명할 수 있으며 층수(floor)가 설명변수로 유의한 것으로 나타났다. 따라서 도급금액에 층수 × 3141026 값을 보정할 경우 실행금액에 가까운 도급금액을 책정할 수 있을 것으로 분석되었다.

적합모형(b6) = $-64572629 + 1.09726a6 + 3141026floor$

위 모형은 Pr < F의 값이 0.0001로 0.05보다 작으므로 수치의 신뢰도가 높으며 R-Square 값으로 위 모형의 신뢰도가 99.36%의 설명력을 가지고 있는 것으로 나타났다.

석공사에 대한 모형적합 결과 적합한 모형으로 실행금액 97.86%의 신뢰성으로 설명할 수 있으나 도급금액 이외의 유의하게 나타난 설명변수가 없는 것으로 나타났다. 그러나 설명력을 감안했을 때 도급금액으로도 실행금액을 충분히 예측할 수 있을 것으로 분석되었다.

적합모형(b7) = $-515156 + 1.07059a7$

위 모형은 Pr < F의 값이 0.0001로 0.05보다 작으므로 수치의 신뢰도가 높으며 R-Square 값으로 위 모형의 신뢰도가 97.86%의 설명력을 가지고 있는 것으로 나타났다.

수장공사에 대한 모형적합 결과 적합한 모형으로 실행금액을 99.41%의 신뢰성으로 설명할 수 있으나 도급금액 이외의 유의하게 나타난 설명변수가 없었다. 그러나 설명력을 감안했을 때 도급금액으로도 실행금액을 충분히 예측할 수 있을 것으로 분석되었다.

적합모형(b8) = $-16278036 + 1.04963a8$

위 모형은 Pr < F의 값이 0.0001로 0.05보다 작으므로 수치의 신뢰도가 높으며 R-Square 값으로 위 모형의 신뢰도가 99.41%의 설명력을 가지고 있는 것으로 나타났다.

창호공사에 대한 모형적합 결과 적합한 모형으로 실행금액을 99.59%의 신뢰성으로 설명할 수 있으나 도급금액 이외의 유의하게 나타난 설명변수가 없었다. 그러나 설명력을 감안했을 때 도급금액으로도 실행금액을 충분히 예측할 수 있을 것으로 분석되었다.

적합모형(b9) = $-10626906 + 1.00851a9$

위 모형은 Pr < F의 값이 0.0001로 0.05보다 작으므로 수치의 신뢰도가 높으며 R-Square 값으로 위 모형의 신뢰도가 99.59%의 설명력을 가지고 있는 것으로 나타났다.

유리공사에 대한 모형적합 결과 적합한 모형으로 실행금액을 97.57%의 신뢰성으로 설명할 수 있으며 연면적(ym²)과 공사기간(term_t)이 설명변수로 모두 유의한 것으로 나타났다. 따라서 도급금액에 연면적 × (2953.08671) - 공사기간(일수) × 157964 값을 보정할 경우 실행금액에 가까운 도급금액을 책정할 수 있을 것으로 분석되었다.

적합모형(b10) = $89386165 + 0.39371a10 + 2953.08671ym^2 - 157964term_t$

위 모형은 Pr < F의 값이 0.0001로 0.05보다 작으므로 수치의 신뢰도가 높으며 R-Square 값으로 위 모형의 신뢰도가 97.57%의 설명력을 가지고 있는 것으로 나타났다.

도장공사에 대한 모형적합 결과 적합한 모형으로 실행금액을 93.47%의 신뢰성으로 다소 낮은 설명력을 갖고 있으며 연면적(y_{m2})가 설명변수로 유의한 것으로 나타났다. 그러나 도장공사의 경우 도급금액에 대한 회귀계수 값이 0.45162로 0.5에 가까운 값으로 나타나 도급금액을 책정할 경우 절반 정도로 책정을 하고 연면적×2643.06853 값을 보정하여야 할 것으로 분석되며 추후 도장공사와 연관된 추가정보(설명변수)를 모형에 반영할 경우 설명력을 높일 수 있을 것으로 나타났다.

$$\text{적합모형}(b11) = -12046657 + 0.45162a11 + 2643.06853y_{m2}$$

위 모형은 Pr < F의 값이 0.0001로 0.05보다 작으므로 수치의 신뢰도가 높으며 R-Square 값으로 위 모형의 신뢰도가 93.47%의 설명력을 가지고 있는 것으로 나타났다.

금속공사에 대한 모형적합 결과 적합한 모형으로 실행금액을 98.10%의 신뢰성으로 설명할 수 있으며 건축면적(m²)과 연면적(y_{m2})이 설명변수로 모두 유의한 것으로 나타났다. 따라서 도급금액에 건축면적×(16626)-연면적×(1756.95659)값을 보정할 경우 실행금액에 가까운 도급금액을 책정할 수 있을 것으로 분석되었다.

$$\text{적합모형}(b12) = 31569459 + 0.97824a12 + 16626m^2 - 1756.95659y_{m2}$$

위 모형은 Pr < F의 값이 0.0001로 0.05보다 작으므로 수치의 신뢰도가 높으며 R-Square 값으로 위 모형의 신뢰도가 98.10%의 설명력을 가지고 있는 것으로 나타났다.

지붕 및 흙통공사에 대한 모형적합 결과 적합한 모형으로 실행금액을 98.64%의 신뢰성으로 설명할 수 있으며 건축면적(m²), 연면적(y_{m2}) 및 층수(floor)가 설명변수로 모두 유의한 것으로 나타났다. 따라서 도급금액에 건축면적×(-24758)+연면적×(1759.22168)-층수×5371288값을 보정할 경우 실행금액에 가까운 도급금액을 책정할 수 있을 것으로 분석되었다.

$$\text{적합모형}(b13) = 87792845 + 0.97463a13 - 24758m^2 + 1759.22168y_{m2} - 5371288f_{loor}$$

위 모형은 Pr < F의 값이 0.0001로 0.05보다 작으므로 수치의 신뢰도가 높으며 R-Square 값으로 위 모형의 신뢰도가 98.64%의 설명력을 가지고 있는 것으로 나타났다.

가구공사에 대한 모형적합 결과 적합한 모형으로 실행금액을 97.48%의 신뢰성으로 설명할 수 있으나 도급금액 이외의 유의하게 나타난 설명변수가 없었다. 그러나 설명력을 감안했을 때 도급금액으로도 실행금액을 충분히 예측할 수 있을 것으로 분석되었다.

$$\text{적합모형}(b14) = -3888148 + 1.06509a14$$

위 모형은 Pr < F의 값이 0.0001로 0.05보다 작으므로 수치의 신뢰도가 높으며 R-Square 값으로 위 모형의 신뢰도가 97.48%의 설명력을 가지고 있는 것으로 나타났다.

4.4 실적공사비 예측모형 검증

1) 적용현장 개요

적정공사비 산정모형의 적정성 검증을 위해 3개의 현장을

선정하여 공사기간(착공일, 준공일), 공사규모(건축면적, 연면적), 공사범위(건축), 도급내역, 실행내역에 대해서 본 연구의 산정모형을 적용시 적합도를 분석함으로써 본 산정모형의 유의성을 검증하였다.

검증 적용현장에 대한 공사개요는 <표 10>과 같다.

표 10. 산정모형 적용 현장개요

현 장		I	II	III	비 고
		건축	건축	건축	
공사 기간	착공일	1999.06.01	1999.09.02	1999.10.14	기초토공포함
	준공일	2001.05.30	2002.02.21	2002.06.23	
공사 규모	건축면적(㎡)	1,524.21	3,405.26	5,264.48	
	연면적(㎡)	20,082.62	52,879.49	61,770.36	
층 수		12층	15층	12층	
구 조		철근 콘크리트	철근 콘크리트	철근 콘크리트	

4.5. 적정공사비 모형 검증분석

검증분석은 도급내역과 실행내역 그리고 모형에 의한 내역과의 비교를 통해 본 모형의 기준이 되는 실행내역에 근접한 정도를 측정함으로써 모형의 유의성을 검증하였다.

적용현장의 도급 및 실행 내역은 다음 <표 11, 12>과 같으며 적정공사비 산정모형에 의한 내역은 <표 13>와 같다.

표 11. 적용 현장의 도급금액 단위:천원

현 장		I	II	III
공 종	기초 및 토공사	1,013,000	1,129,000	922,400
	골조공사	1,231,000	1,313,000	1,406,500
	조적공사	39,000	101,000	152,500
	미장공사	146,700	394,500	526,350
	방수공사	89,000	210,000	313,150
	타일공사	53,000	193,000	406,000
	석 공사	37,000	88,320	78,500
	수장공사	208,700	414,500	439,000
	창호공사	295,600	201,500	320,000
	유리공사	48,700	167,000	164,000
	도장공사	58,900	180,000	222,000
	금속공사	171,800	256,500	247,000
	지붕및흙통공사	42,000	137,500	108,950
	가구공사	216,500	553,000	737,000

표 12. 적용 현장의 실행금액 단위:천원

현 장		I	II	III
공 종	기초 및 토공사	1,071,900	1,236,000	952,500
	골조공사	782,300	776,000	846,700
	조적공사	38,700	101,300	151,500
	미장공사	481,000	737,000	800,000
	방수공사	98,200	201,600	275,200
	타일공사	34,200	196,600	420,000
	석 공사	37,000	88,400	78,400
	수장공사	245,000	454,700	306,000
	창호공사	293,400	207,800	313,800
	유리공사	52,200	169,500	179,400
	도장공사	77,500	219,000	258,000
	금속공사	157,000	209,300	216,800
	지붕및흙통공사	55,400	148,600	108,420
	가구공사	224,800	583,000	762,220

표 13. 적정공사비 산정 모형에 의한 예측값 단위:천원

현 장	I	II	III
기초 및 토공사	1,026,302	1,167,409	924,674
골조공사	798,331	768,183	812,459
조적공사	39,000	101,000	152,500
미장공사	462,417	721,615	778,760
방수공사	96,995	198,127	284,340
타일공사	34,964	195,968	417,763
석 공사	37,000	88,320	78,500
수장공사	208,700	414,500	439,000
창호공사	295,600	201,500	320,000
유리공사	52,711	168,650	181,088
도장공사	79,681	221,054	263,522
금속공사	158,115	214,624	220,617
지붕및흡통공사	55,544	147,114	109,290
가구공사	216,500	553,000	737,000

위의 자료에서 적용현장의 실행금액에 대한 도급금액의 차이(비율)를 구하면 다음 <표 14>와 같다.

표 14. 실행금액 대비 도급금액의 차이(비율) 단위:천원

현 장	I			II			III		
	실행	도급	차이	실행	도급	차이	실행	도급	차이
기초 및 토공사	1,071,900	1,013,000	1.06	1,236,000	1,129,000	1.09	952,500	922,400	1.03
골조공사	782,300	1,231,000	0.64	776,000	1,313,000	0.59	846,700	1,406,500	0.60
조적공사	38,700	39,000	0.99	101,300	101,000	1.00	151,500	152,500	0.99
미장공사	481,000	146,700	3.28	737,000	394,500	1.87	800,000	526,350	1.52
방수공사	98,200	89,000	1.10	201,600	210,000	0.96	275,200	313,150	0.88
타일공사	34,200	53,000	0.65	196,600	193,000	1.02	420,000	406,000	1.03
석 공사	37,000	37,000	1.00	88,400	88,320	1.00	78,400	78,500	1.00
수장공사	245,000	208,700	1.17	454,700	414,500	1.10	306,000	439,000	0.70
창호공사	293,400	295,600	0.99	207,800	201,500	1.03	313,800	320,000	0.98
유리공사	52,200	48,700	1.07	169,500	167,000	1.01	179,400	164,000	1.09
도장공사	77,500	58,900	1.32	219,000	180,000	1.22	258,000	222,000	1.16
금속공사	157,000	171,800	0.91	209,300	256,500	0.82	216,800	247,000	0.88
지붕및흡통공사	55,400	42,000	1.32	148,600	137,500	1.08	108,420	108,950	1.00
가구공사	224,800	216,500	1.04	583,000	553,000	1.05	762,220	737,000	1.03

적용 현장의 실행내역에 대한 모형에 의한 예측값의 차이(비율)를 구하면 다음 <표 15>와 같다.

표 15. 실행금액 대비 모형예측값 차이(비율) 단위:천원

현 장	I			II			III		
	실행	예측값	차이	실행	예측값	차이	실행	예측값	차이
기초및토공사	1,071,900	1,026,302	1.04	1,236,000	1,167,409	1.06	952,500	924,674	1.03
골조공사	782,300	798,331	0.98	776,000	768,183	1.01	846,700	812,459	1.04
조적공사	38,700	39,000	0.99	101,300	101,000	1.00	151,500	152,500	0.99
미장공사	481,000	462,417	1.04	737,000	721,615	1.02	800,000	778,760	1.03
방수공사	98,200	96,995	1.01	201,600	198,127	1.02	275,200	284,340	0.97
타일공사	34,200	34,964	0.98	196,600	195,968	1.00	420,000	417,763	1.01
석 공사	37,000	37,000	1.00	88,400	88,320	1.00	78,400	78,500	1.00
수장공사	245,000	208,700	1.17	454,700	414,500	1.10	306,000	439,000	0.70
창호공사	293,400	295,600	0.99	207,800	201,500	1.03	313,800	320,000	0.98
유리공사	52,200	52,711	0.99	169,500	168,650	1.01	179,400	181,088	0.99
도장공사	77,500	79,681	0.97	219,000	221,054	0.99	258,000	263,522	0.98
금속공사	157,000	158,115	0.99	209,300	214,624	0.98	216,800	220,617	0.98
지붕및흡통공사	55,400	55,544	1.00	148,600	147,114	1.01	108,420	109,290	0.99
가구공사	224,800	216,500	1.04	583,000	553,000	1.05	762,220	737,000	1.03

위의 차이에 대해 평균을 구한 후 비교하면 다음 <표 16>과 같다.

모형 검증 분석 결과 차이평균이 1에 가까울수록 실행에 대한 정확한 예측이 가능함을 나타내며 이러한 결과로 기준 도급금액의 최저가 낙찰로 인한 공사비의 신뢰성 결여에 대하여 실행금액을 기준으로 통계분석을 통한 적정공사비 산정 모형을 이용함으로써 좀더 정확하며 적정한 공사비 산정이 가능하다는데 유의성을 가지고 있음을 확인하였다.

표 16. 실행에 대한 도급 및 모형예측값의 차이평균

구 분	도급과 실행의 차이평균	모형예측값과 실행의 차이평균
기초 및 토공사	1.06	1.04
골조공사	0.61	1.01
조적공사	1.00	1.00
미장공사	2.22	1.03
방수공사	0.98	1.00
타일공사	0.90	1.00
석 공사	1.00	1.00
수장공사	0.99	0.99
창호공사	1.00	1.00
유리공사	1.06	1.00
도장공사	1.23	0.98
금속공사	0.87	0.98
지붕및흡통공사	1.13	1.00
가구공사	1.04	1.04

4.6 소결

이와 같이 각 공종별 공사비 산정 모형을 살펴보면 특히 조적공사, 방수공사, 석공사, 수장공사, 창호공사, 가구공사에 대해서는 실행금액 외에 다른 변수에 의한 영향을 받지 않는 것으로 나타났으며 면적 및 공사기간에 대한 특별한 보정이 필요 없는 공종으로 나타났다. 특별히 다른 변수에 영향을 받는 공종별 영향 요소를 정리하면 <표 17>와 같다.

표 17. 공종별 영향 요소

공 종	건축면적	연면적	공사기간	층수	비고
기초및토공사	-	+			
골조공사			-		
미장공사	-	+			
타일공사				+	
유리공사		+	-		
도장공사		+			
금속공사	+	-			
지붕및흡통공사	-	+		-	

* +, - 는 영향요소에 따라 공사비 증감상태를 표시한 것임.

기초 및 토공사, 금속공사는 건축면적과 연면적에 영향을 받고 골조공사는 공사기간에 영향을 받는 것으로 나타났다. 타일공사는 층수, 유리공사는 연면적과 공사기간, 도장공사는 연면적, 미장공사-지붕 및 흡통공사는 건축면적, 연면적, 층수에 영향을 받는 것으로 나타났다. 그 외에 유리공사의 경우에

는 도급금액이 실행금액보다 일반적으로 높게 나타났으며 자재 파손으로 인한 손실비용이 큰 공사이므로 예산 산정시 일반적으로 평균 가격보다 높게 책정한다.

그러므로, 발주자는 실적공사비에 의한 합리적이고 적절한 예정가격을 산정하기 위해서는 시공자의 실행금액(협력업체 계약금액) 내역의 적정성, 보편타당성 등의 검증에 철저히 해야 한다.

공종별로 산정된 모형을 정리하면 다음 <표 18>와 같다.

표 18. 공종별 공사비 산정 모형 (기간 : 1999~2004)

공종명	공사비 산정 모형
초및토공사 (b1)	-21204203+1.00970a1-30119m2+2458.68182ym2
골조공사 (b2)	-530197673+1.04191a2-664280term_t
조적공사 (b3)	5317939+0.98282a3
미장공사 (b4)	362692962+1.22513a4-75391m2+3121.81820ym2-2109736floor
방수공사 (b5)	22609206+0.83580a5
타일공사 (b6)	-64572629+1.09726a6+3141026floor
석공사 (b7)	515156+1.07059a7
수장공사 (b8)	-16278036+1.04963a8
창호공사 (b9)	-10626906+1.00851a9
유리공사 (b10)	89386165+0.39371a10+2953.08671ym2-157964term_t
도장공사 (b11)	-12046657+0.45162a11+2643.06853ym2
금속공사 (b12)	31569459+0.97824a12+16626m2-1756.95659ym2
지붕및흡통공사 (b13)	87792845+0.97463a13-24758m2+1759.22168ym2-5371288floor
가구공사 (b14)	-3888148+1.06509a14

※ a : 도급금액, b : 실행금액, m² : 건축면적 ym² : 연면적 term_t : 기간(일수), floor : 층수

5. 결 론

정부는 2004년부터 공공공사에서 예정가격을 산정하는데 사용했던 표준품셈 방식을 점진적으로 축소하고, 적산업무의 합리성 제고 및 정부예산절감을 위하여 단계적으로 실적공사비 제도를 도입하기로 하였다.

본 연구는 공사비 예정가격을 추정하기 위하여 실적공사비 예측모형을 통하여 건축공사 중 실적공사비의 객관적 데이터 수집이 용이하고 표준화가 잘 된 철근콘크리트조 공동주택(판상형아파트)을 대상으로 하여 수집한 자료(1999년 ~ 2004

년)를 통계적으로 분석하였다. 또한 도급금액만으로 실행금액을 기준한 모형 산출에 어려움이 있어 건축면적, 연면적, 층위변수, 공사기간 등의 변수로 보정하는 방법을 사용하여 회기분석을 한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 각 공종별 공사비 산정 모형을 도출하여 분석한 결과 조적공사, 방수공사, 석공사, 수장공사, 창호공사 및 가구공사는 실행금액 외에 다른 변수에 의한 영향을 받지 않아 면적 및 공사기간에 대한 특별한 보정이 필요 없는 공종으로 나타났다.
- 2) 기초 및 토공사, 금속공사는 건축면적과 연면적, 골조공사는 공사기간, 타일공사는 층수, 유리공사는 연면적과 공사기간, 도장공사는 연면적, 미장공사·지붕 및 흡통공사는 건축면적, 연면적, 층수에 영향을 받는 것으로 나타났다. 그 외에 유리공사의 경우에는 도급금액이 실행금액보다 일반적으로 높게 나타났으며 이는 자재 파손으로 인한 손실비용이 큰 공사이므로 예산 산정시 일반적으로 평균 가격보다 높은 것으로 확인되었다.

따라서 적절한 실적공사비 산정을 위한 공동주택의 공사비에측모형을 도출하였으며

끝으로 공종별 적정공사비 산정식의 신뢰도를 확인하기 위해 3개의 현장조건을 대입하여 검증한 결과, 신뢰성이 떨어지는 도급금액 기준보다 실적공사비내역을 기준으로 도급금액에 대한 보정 및 여러 변수에 대한 보정을 하는 통계적 기법을 사용하여 도출된 모형이 정확한 금액 예측에 유의성이 높은 것으로 나타났다.

나아가 적절한 실적공사비의 효율성을 높이기 위해서는, 자료의 수집과 통계적 처리를 협회나 발주기관 등이 공동으로, 표준공종부위별 분류체계에 따라 5년 이상 실행금액 자료의 D/B구축과, 분기별 물가변동에 따른 구체적인 시계열 보정지수(時系列 補正指數) 개발이 필요하다.

참 고 문 헌

1. 건설교통부, 실적공사비 측정 및 적용방안 연구보고서(1,2,3차분), 1997~1999
2. 건설교통부, 실적공사비 측정 및 적용방안 연구 보고서, 1998.
3. 신광수, 건설실적공사비, 원기술, 2000.
4. 정영수 외, 실적공사비 기반의 개략전적 시스템개발, 대한건축학회 논문 1999. 10
5. 전재열 외, 실적공사비에 의한 적정 건축공사비 산정방안, 단국대학교 2001. 4
6. 전재열, 실적공사비 분석에 의한 건축공사비 산정방법 적용에 관한 연구, 단국대학교, 2002. 4 대한건축학회논문집 18권4호(통권 162호)
9. 강경인 외, 건축공사비지수의 통계적 예측모델 개발 연구, 고려대학교, 2002. 3 대한건축학회논문집 18권3호(통권 161호)
10. FORREST D. CLARK & A.B. LORENZONI, "Applied Cost Engineering, 2nd ed.",
11. RS Means, "Means Heavy Construction Cost Data,"
12. The Department of Transport, "Computerized Cost Estimating Models for Roads users' Manual," 1993.