

실적자료 분석에 의한 적정 공사비 산정방법의 전산화 알고리즘 구축에 관한 연구

A Study on the Construction of Computerized Algorithm for Proper Construction Cost Estimation Method by Historical Data Analysis

전 재 열*

Chun, Jae-Youl

요 약

본 연구는 공공건설 공사에 실적자료에 의한 공사비산정 방법의 전산화 적용을 목적으로 먼저 실적공사비의 정의 및 구조와 현행 실적공사비 운영체계 이해를 통해 전산화의 문제점 및 개선기준을 공사비 산정방법 중심으로 분석 기술하였으며 제안한 기준에 따라 전산화 알고리즘을 제시하였다.

기존 예정공사비 산정방법은 일반적인 공종별 분류에 따른 실적자료조건과 단순히 물가지수, 연면적규모에 따른 시공단가를 적용함으로써 공사비산정의 정확성이 요구되며, 본 연구는 이에 대한 개선안으로 부위와 부분별 공종분류 방식에 의한 데이터 추출조건으로 실적자료의 적용성과 신뢰성을 높였다. 또한 물량규모에 의한 공사비 변동요인을 물량규모 대비 단가의 확률적 회귀분석으로 예측 추정하여 실행 가능한 적정 공사비 산정방법을 제시하였다. 따라서 본 연구에서는 전산화 적용 방안으로 확률적 예정공사비산정방법을 기준으로 시스템 프로세스를 각 영역별로 구축하고 그에 따른 윈도우 어플리케이션 활용 틀과 개별 전산화에 대한 알고리즘을 구축하였다.

키워드 : 실적자료, 몬테카를로 시뮬레이션, 초기단계비용견적, 계약단계

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

지난 1970년부터 지금까지 정부, 지자체, 정부투자기관 등의 공공기관에서는 [표준품셈]을 사용하여 건설공사 예정가격을 산정하였으나, 단계적으로 공공건설공사에서는 [실적공사비]를 적용할 예정에 있다.¹⁾ 실적공사비에 의한 예정가격 적용방법은 입찰을 통해 계약된 시장가격을 그대로 적용하는 방법이다. 그동안 표준품셈은 30여년간 정부의 예산편성과 공사비 산출 및 설계변경에 의한 계약금액 조정의 기초자료로 사용되었으나 획일적인 품셈이 적용됨에 따라 적절한 예정가격을 산정하기에 어려움이 있어 왔다. 이러한 주요 원인은 다양한 공사환경, 시공방

법, 기술수준에 따른 예정공사비의 불확실성 및 변동성에 대한 현실성이 결여되어 저가 낙찰로 인한 부실공사 원인 또는 과다 비용이 산정되어 예정공사비 산정 시 불합리한 요인으로 작용하고 있기 때문이라 할 수 있겠다.²⁾³⁾ 이에 따라 공공기관에서는 시장가격을 반영하는 건설공사 계약단가로 예정가격을 산정할 수 있도록 실적공사비를 우선 적용할 수 있는 공종과 각종건설공사의 계약단가 등 시장거래가격을 조사하고, 부대경비 및 적절한 이윤율을 적용하도록 기준을 제정하고 있다.

이러한 실적공사비의 활용계획은 향후 공공기관이 발주하는 공사에 단계적으로 적용하여, 토목·건축공사 전체 공종의 80%까지 실적공사비가 적용되도록 할 계획에 있으며 실무활용을 위해 국내·외 관련 전산시스템 개발 연구가 활발히 진행되어 왔다.

1) 건설교통부 보도자료 2003.4.25

2) 한국건설기술연구원, 실적공사비측정 및 적용방안 3차, 1999.

3) 김경래, 대한건축학회 구조계 논문집 (통권161호), 국내건설산업에서의 적정공사비 개념과 기준에 관한 연구 2.1절, 2002, 3

* 정회원, 단국대학교 건축대학 교수, 공학박사
이 연구는 2003년도 대학 연구비 지원에 의한 연구 결과임

또한 실적자료를 활용하기 위하여 건축공사수량산출기준이 선행 연구되었으며 실적자료를 통한 작업분류체계(Work Breakdown Structure), 공사비분류체계(Cost Breakdown structure)를 구축하여 공사진행 단계별 예정공사비와 공기의 성과를 측정하는 EVMS(Earned Value Management System)이 국내에서도 활발하게 연구되고 있다.

그러나 전산화 시스템 개발에 있어서 우선적으로 실적자료의 객관성 및 신뢰성 확보의 문제점과 시간 및 규모에 따른 공사비 자료의 보정방법 등 복잡한 산정작업 등으로 인하여 실무에 효율적으로 운영하고 있지 못한 실정이다.

이러한 전산시스템의 효과적인 실무운영과 개발을 위해서는 우선 전산시스템 운영의 기초가 되는 예정공사비산정방법을 개선하여야 할 것이다. 이를 실적자료의 축적과 예정공사비 산정 측면에서 기술하면 다음과 같다.

첫째, 실적자료의 축적측면에서는 실적자료의 표준화된 분류체계를 구축하고 건설공사의 다양성을 반영할 수 있도록 수집 가능한 모든 실적자료를 표준화 분류체계에 맞추어 D/B화하여 객관성 및 신뢰성을 확보하여야 한다.

둘째, 예정공사비 산정측면에서는 수집된 실적자료를 시간·규모에 따른 비용변동요인을 고려하여 현재시점으로 보정하고 다양한 건설환경에 따라 불가피하게 발생하는 공사비의 불확실성을 반영하여 적절한 예정공사비를 산정하여야 할 것이다.

따라서 본 전산화 시스템 적용 연구⁴⁾에서는 현행 실적공사비 적산기준에 의한 공공 건설공사의 적정 예정공사비 산정 시 효율적 업무수행 및 실무 적용성을 극대화하기 위하여 기 연구⁵⁾를 통해 제안한 확률 시뮬레이션을 활용한 예정공사비산정 방법의 전산화 적용방안 및 알고리즘 제안을 목적으로 한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구는 기 연구를 통해 제안한 적정 예정공사비 산정방법을 토대로 전산화 모델 및 시스템 프로세스를 구현하고자 한다. 본 전산화 프로세스에 적용되는 예정공사비 산정 방법은 기존 연구를 통해 기술한바와 같이 현행 실적공사비적산제도 도입·운영 시 예정공사비 산정과정에서 발생할 수 있는 실적자료의 유사조건기준과 확정적 비용예측방법의 문제점 고찰을 통해 개선안으로 제시하였다.

첫째, 유사조건기준으로서는 건설공사의 공정별 부위·부분 분류방식을 제안하였다. 둘째, 시간보정방법으로서는 유사물량 조건별 실적자료의 시계열에 따른 비용상승 지수를 반영하였다.

셋째, 확정적 비용예측방법의 대안으로 회귀분석을 통한 물량 대비 단가의 신뢰범위를 추정하는 방법을 제안하였다. 이에 대한 보다 구체적인 기술내용은 기 연구를 통해 제시하였다.

따라서 본연구의 방법은 먼저 적정예정공사비에 대한 정의와 실적자료의 세부적인 구조분석을 통해 현행 실적공사비 적산기준에 대한 기본적 절차 및 방법을 이해하고, 전산화 적용을 위하여 선행 국내외 전산화 시스템 개발 현황 및 산정방법에 대한 고찰을 통해 실무적용상의 문제점을 공사비산정방법 측면에서 기술하고자 한다. 이를 통해 제안한 적정예정공사비 산정방법의 개선안을 토대로 전산화 적용을 위한 시스템 프로세스를 구축하고 전산화 시스템 절차 이해를 위하여 정확성(오차율)과 유용성을 정량적으로 검증할 수 있는 사례를 제시하고자한다. 마지막으로 시스템 절차를 전산화 활용 툴의 화면과 함께 제시하여 연구의 전산화 적용 가능성을 기술하고자 한다. 다음 그림1은 기연구와 본연구의 연관성을 비교 기술하여 전체적인 연구수행절차를 도식화하였다.

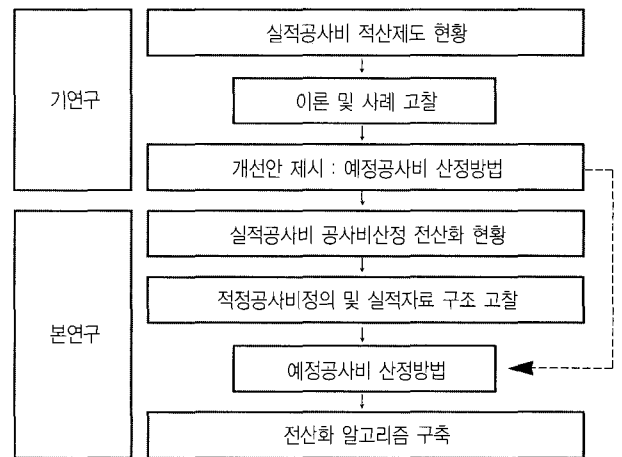


그림 1. 연구수행절차

본 연구의 범위는 실질적인 통합 전산화 개발 및 운영을 위한 기초적 연구단계로서 통합전산화에 적용할 수 있도록 개별적 시스템 프로세스 및 부분 전산화 모델을 제시하는 것으로 연구의 범위를 한정하며, 본 연구의 방법은 다음과 같다.

- (1) 적정 예정공사비 정의 및 실적자료(순공사비)의 구조
- (2) 현행 실적공사비 적산기준에 대한 고찰
- (3) 국내 전산화 시스템 개발 현황 및 문제점 고찰
- (4) 전산화 적용을 위한 적정 예정공사비 산정방법 제안
- (5) 적정 예정공사비산정 시스템 프로세스 구축
- (6) 전산화 시스템 적용을 위한 사례
- (7) 전산화 알고리즘 및 활용툴 예시

4) 전재열, 실적자료 분석에 의한 건축공사비 산정 방법 적용에 관한 연구, 대한건축학회 구조계 논문집, 2002. 4.

5) 전재열, 전계서, 2002. 4

2. 이론적 고찰

2.1 적정 예정공사비의 정의 및 실적자료의 구조

건설공사의 원가는 건설공사투입 공사비로서 건설현장에서 공사가 시작되면 재료비, 노무비, 경비, 외주공사비 등 각종 원가요소에 대한 비용이 발생하게 된다. 비용발생 형태별로 비용을 간단히 분류해 보면 크게 직접공사비, 간접공사비, 기타간접비로 분류될 수 있으며 다음 그림 2와 같이 표현된다.

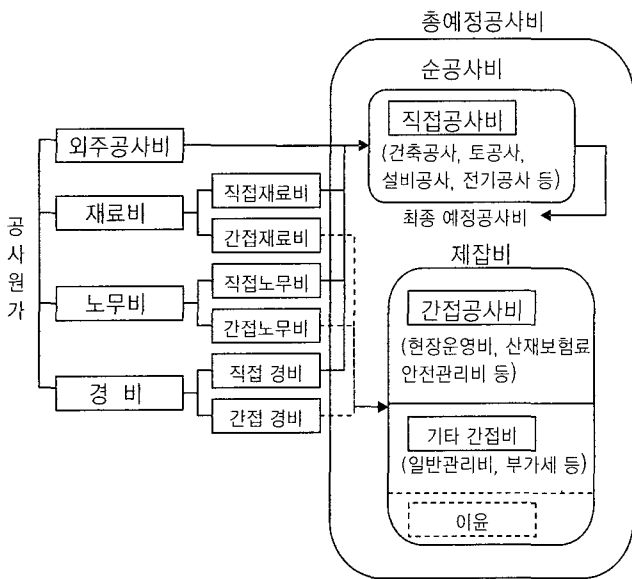


그림 2. 건설원가 및 총예정공사비 구성요소

여기서 예정공사비란 공사를 수행함에 있어서 목적물이 완성 될 때까지의 향후 발생하는 공사예정원가를 계상한 것으로서, 도급자(건설회사)가 각 공사의 공종별 투입비를 설계도서에 의한 공사투입물량을 산출하여 시장가격조사와 물가정보 등으로 도급자가 예상되는 공사투입비를 재료비, 노무비, 외주공사비, 경비 등으로 구분하여 산출한 공사비용이라 할 수 있다.

본연구의 실적자료는 본체공사에 소요되는 제잡비를 제외한 직접공사비(순공사비)를 기준으로 구성하였다. 총공사비에 포함되어 있는 제잡비(간접재료비, 간접노무비, 산재보험료, 안전관리비, 일반관리비, 기타간접비, 이윤 등)는 공사규모, 시설유형, 공사지역, 공사시기 등의 순공사비에 대한 영향변수들뿐만 아니라 경기상황, 발주기관, 계약방식 등에 따라 구성비율이 상이하 여 총공사비의 또 다른 변동요인으로 작용하고 있다. 따라서 실적자료에 의한 총예정공사비 산정시 제잡비는 현행 원가체계에서 적용하고 있는 제잡비에 대한 세부비목이 순공사비에 따라 상세히 구분되어 있으므로 순공사비를 기초로 일정요율을 적용하는 것을 유지하며, 발주기관, 계약방식, 경기상황에 따라 개별

프로젝트가 상이함으로 발주처의 정책적 기준을 설정하여 일정요율을 산정 보완하는 방안이 현실적 대안으로 판단된다. 따라서 본 연구에서는 제잡비를 제외한 직접공사비(순공사비)를 근간으로 하여 적정예정공사비를 산정하도록 한다.

본연구의 총공사비(=총예정공사비)란⁶⁾ 건설과정에 투입되는 순수생산요소로서 도급자의 재료비, 노무비, 경비 등의 직접공사비(순공사비)와 앞서 기술한 제잡비를 합한 금액이며, 적정예정공사비란 도급자가 건설공사를 직접공사비(순공사비)의 범위 내에서 정상적으로 시행하여 발주자가 기대하는 품질과 공기를 보장할 수 있는 예정 직접공사비(순공사비)를 말한다. 또한 최종 예정공사비란 직접공사비에 대한 도급자의 최종 예상비용이며 제잡비를 통해 적정이윤을 확보할 수 있는 금액을 포함하면 적정 총예정공사비가 된다. 여기서 직접공사비(순공사비)의 범위는 발주자가 하도급이나 외주를 통해 투입하는 원가(외주공사비용과 하도급자의 제잡비 등 이윤이 포함됨)의 실적자료를 지칭한다.

실적자료의 구성체계를 보면 내역서작성시 사용되는 수량산출기준인 공종위주의 분류와 적산과 물량산출에 사용되는 요소별 기준으로 부위위주의 분류로 나누어질 수 있으며 상이한 분류체계를 하나의 코드체계로 정의하여 사용자가 요구하는 정보로 분리·통합할 수 있다.

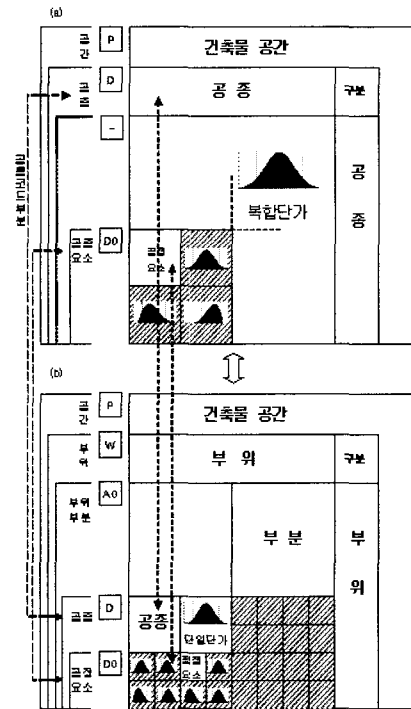


그림 3. 실적자료의 구조

6) 건설기술연구원, 실적공사비 측정 및 적용방안에 관한 연구(3차분), 1999, 12

위의 그림 3⁷⁾는 실공사비 적산체계에서 사용되고 있는 실적자료(순공사비)의 구조(Data Structure)로서 그림 3(a)의 자료형태는 각 공종별 수량산출기준에 의한 공종(터파기, 거푸집, 콘크리트타설 등)에 공종요소인 재료비, 노무비, 경비 등으로 구성된 단위단가의 통계적 실적자료 구조이다. 그림 3(b)의 자료형태는 차기 공사의 예정공사비 산정과정에서 물량산출 및 예정공사비 단가에 적용되는 형태로서 건축물 부위(바닥, 벽, 기둥 등)와 부위에 속한 부분별공종(구조체, 마감, 설비 등)의 형태이다. 여기에는 다시 부위·부분별공종에 공종요소인 재료비, 노무비, 경비 등으로 단위단가가 통계적으로 분포되어 있는 구조이다. 이러한 실적자료형태는 공사의 고유환경, 시공조건 등이 반영되어 있어 예정공사비 산정시 실적자료의 신뢰성 있는 정보를 제공할 수 있다.

이러한 부위와 부분별 실적자료는 그림 3(a)의 공종코드와 그림 3(b)의 부위·부분별 공종코드를 통하여 필요조건에 따라 각 공종별 재집계 또는 부위·부분별 공종으로 분리집계 할 수 있으며 결과적으로 총예정공사비의 산정이 가능하게 된다.

2.2 현행 실적공사비적산기준

실적공사비적산기준은 본 연구의 시스템 프로세스 구축의 근간이 된다. 현행 기본적인 예정공사비산정 개념절차를 기술하면 실적자료를 축적한 수량산출기준⁸⁾에 의하여 지역별, 시설종류별로 공사단가를 추출한 다음 물가지수에 의한 시간차를 보정하고 필요한 유사물량에 따라 단가를 직접적 조건대응법에 의하여 사용하거나 규모-비용지수에 의한 단가를 회귀식에 의해 확정적 비용값으로 추정하게 된다. 따라서 최종 예정공사비 산정은 추정된 단가에 의해 필요한 모든 공종의 산출 수량을 곱하여 예정총공사비를 산정하게 된다. 다음 그림 4는 현행 실적공사비 적산기준에 의한 예정가격 산정 개념 절차도를 도식화하였다.

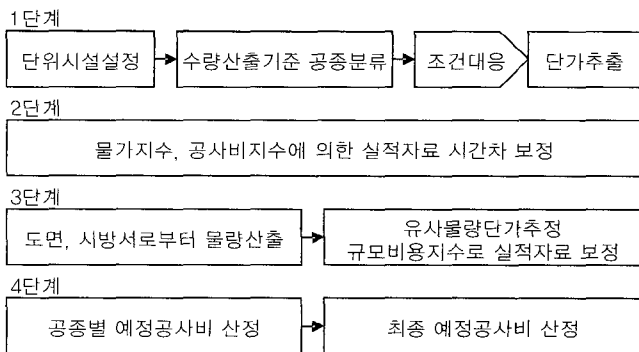


그림 4. 실적공사비적산기준에 의한 예정공사비 산정 절차도

7) P, D, W, A0, D0 등의 기호는 공간, 공종, 부위, 부분의 분류체계를 작성하기 위한 코드체계의 구분표시
8) 건설교통부, 건축공사 수량산출기준, 1997

3. 국내외 전산화시스템 개발현황 및 문제점

3.1. 국내·외 전산화 시스템 개발 현황

영국, 프랑스 등을 중심으로 한 선진국에서는 오래 전부터 각국의 제도와 실정에 맞는 적산 및 공사비 예측에 대한 기법의 개발과 활용에 지속적인 노력을 기울이고 있으며 Expert System 기법, 각종 통계분석법 등을 이용한 전적 S/W가 개발되어 왔다. 이에 국내에서도 공동주택건설 및 토목분야에서 공사실적자료를 이용한 공사비 예측 전산시스템 개발에 대한 연구가 활발히 진행되어 왔으나 국내 건설환경에 맞는 예측기법과 기준이 복잡, 다양하여 실무활용에 어려운 실정이다. 따라서 본 장에서는 국내 공공공사 발주시 국내환경에 맞는 공사비예측기법 및 전산화 프로세스의 기준을 제시하기 위해 선진국과 국내외의 실적공사비 전산화 동향을 공사비 산정방법 중심으로 살펴보고자 한다. 다음 표 1⁹⁾은 국내·외 전산화시스템 및 산정방법에 대한 현황을 기술하였다.

표 1. 예정공사비 대상 국내·외 전산화 현황

구분	전산화시스템	예정공사비산정방법의 특징
국내	CESS 1, II ¹⁰⁾	- 수량산출기준 활용 - 유사조건설정기준 : 규모, 형태, 평형, 서비스면적 등 회귀모형에 의한 예측방식 - 물가변동인자, 건설공사비지수 등 고려
영국	Mark 1, 2	- 유사조건설정기준 : 평면의 크기, 형태, 층수 등 각 부위 및 세부 물량에 따라 적용 - 각 부위별 데이터 관리, Life cycle cost 전 단계에 대한 고려
프랑스	MEG-C, CASC 등	- 유사조건설정기준 : 전문공종별 실비정산방식 - 전문 공종별 데이터 관리

3.2 전산화 활용을 위한 문제점 및 개선방안

국내외 전산화 개발 현황 고찰을 통하여 국내의 현실에 맞는 전산화 시스템 개발시 기준예정공사비산정방법¹⁰⁾의 예상되는 문제점은 다음과 같다.

첫째, 공종실적자료에 의한 공사비 단가를 추정시 유사조건설정 기준(건축물의 기능, 위치, 부위, 물량, 기타 기술사항 등)이 모호함

둘째, 실적자료(공사단가)의 시간보정을 위하여 물가지수와 공사비지수의 활용방법은 물량규모 증감에 따른 공사단가의 변동요인을 고려하지 못함

9) 오정근, 사무소 건축의 공사비분석 평가기법적용에 관한 연구, 홍익대학교 석사학위논문, 1999
10) 한국건설기술연구원, 예정가격지원시스템, 1996

셋째, 실적자료(공사단가)의 확정적 평가 방법으로 예정공사비의 적정범위를 추정하지 못함

따라서 전산화 적용시, 실적공사비에 의한 적정예정가격산정 방법을 위한 개선방안은 다음 표 2와 같다.

표 2. 실적자료에 의한 기존 공사비산정방법의 개선방안

구분	기존 방법	개선 방안
조건적용	공정별 분류, 연면적에 따른 유사실적자료 이용	부위·부분별 및 공정별 조건을 세분화한 실적자료를 이용
시간보정	실적자료의 연도별/분기별 공사비지수 산정에 의한 보정	실적자료의 각 물량조건으로부터 연도별/분기별 평균 증가 추이 적용
물량보정	유사규모 적용	보정된 자료의 물량규모 증감에 따른 확률적 회귀모형에 의한 단가의 신뢰구간추정
단가적용	추정단가의 평균값, 중앙값 단일값 적용	요구물량에 계상되는 추정단가의 최소값, 최빈값 또는 중앙값, 최대값을 시물레이션하여 예정공사비 산정

4. 전산화적용을 위한 적정예정공사비 산정 방법

본장에서는 앞서 표 2에서 제시한 개선방안을 근거로 하여 전산화 적용을 위한 예정공사비 산정절차를 기술하고자 한다. 건설프로젝트에서 공사비가 발생하는 과정을 보면 건설공기 진행에 따라 각 작업공종이 이루어지며 작업공종은 앞서 기술한 부위·부분 공정에 따라 작업순서에 맞게 실행되어진다. 다음 그림 5와 같이 최종 예정공사비는 각 작업공종에 속한 부위와 부분별 공종 요소로 구성되어지며 부분별 공종요소를 대공종별로 재집계를 하여 최종 예정공사비를 추정하게 된다. 이러한 최종 예정공사비는 연도별/분기별 체계적인 실적자료의 통계에 의하여 최소값, 중앙값, 최대값으로 이루어지는 확률적 범위로 예측이 가능하다.

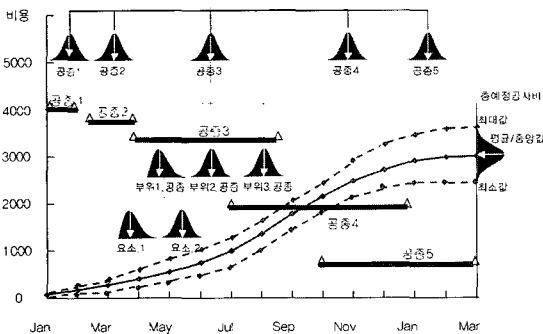


그림 5. 실적자료를 이용한 총예정공사비산정 과정

상기 과정을 통해 제시된 개선 방안들은 전산화 적용을 위하여 다음 그림6과 같은 예정공사비 산정절차도로 표현된다.

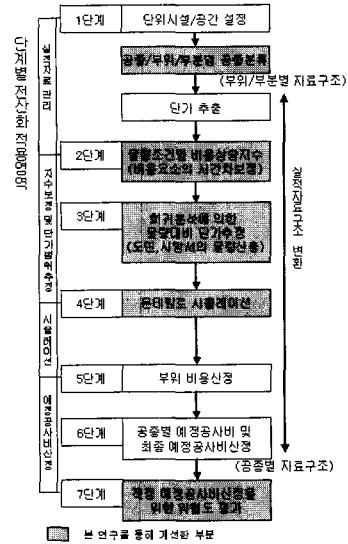


그림 6. 전산화적용을 위한 적정 예정공사비 산정절차

- [1] 1단계 : 차기 공사와 유사한 부위와 부분 공종별 요소 단가 및 유사규모 단가 추출(동종의 건물, 지역)
- [2] 2단계 : 물량조건별 시간차에 의한 공사비 단가 보정
- [3] 3단계 : 회귀분석에 의한 차기공사 물량대비 단가 추정
- [4] 4단계 : 확률분포범위에 의한 시물레이션
- [5] 5단계 : 부위 부분별 공종 공사비산정
- [6] 6단계 : 각 공종별 예정공사비 및 최종 예정공사비 산정
- [7] 7단계 : 최종 예정공사비의 확률분포 평가 및 보고서

5. 예정공사비산정 사례

현행 실적공사비 적산제도 하에 축적된 공사비는 실제 공사를 수행한 단가가 아닌 계약에 명기된 단가를 축적하고 있으며, 본 사례에서는 실제 분기별 실적자료수집의 한계로 실행공사비단가(가상 Data)를 분석대상으로 하여 그림 6의 산정절차 단계별로 예정공사비 산정절차를 예시하였다.

- [1] 1단계: 공종/부위/부분 단가 추출
조건: ○지역○공사DB(제치장콘크리트 마감부위 공종)

표 3. 실행단가 (historical data, 가상 데이터)

ED3300 제치장 콘크리트 마감 (수직면), (단가 : 원/㎡)					
00/1분기 수량	248	1000	3400	4330	16846
00/1분기 단가	36514	35232	31980	32130	26496
00/2분기 수량	260	1230	5600	5700	12450
00/2분기 단가	39900	37980	33460	33210	31496
00/3분기 수량	180	2800	7400	7450	14300
00/3분기 단가	42930	41000	36020	35900	32696

11) 한국건설기술연구원, 실적공사비 축적 및 적용방안 1, 2, 3 차분 1997, 1998, 1999

[2] 2단계: 공사비단가의 비용상승지수산정

표 4. 비용상승(시간보정계수)지수 산출 과정 (단위 : 원)

① 분기별 물량대비 단가 회귀식 산정 (수량대비 단가관계 정의)

00/1분기	00/2분기	00/3분기
$y = -0.5502x + 35312$ (x:수량, y:단가)	$y = -0.675x + 38617$ (x:수량, y:단가)	$y = -0.7534x + 42551$ (x:수량, y:단가)

② 경과분대비 단가의 회귀식산정²⁾ (수량별 단가의 상승추이)

구분	00/1분기(x=0)	00/2분기(x=1)	00/3분기(x=2)
수량:200(m ²)	35201.96	38482	42400.32
경과대비단가 회귀식	$y = 3599.2x + 35096$ (x:경과분, y: 단가)		
수량:7000(m ²)	31460.6	33892	37277.2
경과대비단가 회귀식	$y = 2908.3x + 31302$ (x:경과분, y: 단가)		
수량:15000(m ²)	27059	28492	31250
경과대비단가 회귀식	$y = 2095.5x + 26838$ (x:경과분, y: 단가)		
비용상승 지수	2867.666667 (3599.2, 2908.3, 2095.5 평균값)		

③ 각 분기의 00/4분기 보정 단가 (단위 : 원)

00/1분기: 단가+ 비용상승지수*3	수량	248	1000	3400	4330	16846
단가	45117	43835	40583	40733	35099	
00/2분기: 단가+ 비용상승지수*2	수량	260	1230	5600	5700	12450
단가	45635	43715	39195	38945	37231	
00/3분기: 단가+ 비용상승지수*1	수량	180	2800	7400	7450	14300
단가	45798	43868	38888	38768	35564	

[3] 3단계 : 회귀분석에 의한 단가의 신뢰구간추정

상기 회귀식에 대한 00/4분기 보정단가를 표본으로 분산분석한 결과 수량 10000m²(가정물량)의 신뢰구간 추정과 수량조건 및 신뢰구간추정 없는 단가의 범위는 다음 표 5와 같다.

표 5. 수량 10000m²의 신뢰구간추정에 의한 단가 범위

공종코드	수량조건	최소값(하위5%)	중앙값	최대값(상위5%)
EB5300	10000m ²	36310.53	38034	39757.47
EB5300	없음	35099	40448	45798

$$\text{산출근거 : } \hat{Y}_h = 38034, \text{ MSE} \left[\frac{1}{n} + \frac{(X_h - \bar{X})^2}{\sum (X_i - \bar{X})^2} \right] = 1276.643$$

90%신뢰구간:

$$t\left(\frac{0.1}{2}, 13\right) \text{ 분포} = 1.350 \quad E(\hat{Y}_h) = 38034 \pm (1.350)(1276.643)$$

* 최소값, 중앙값, 최대값은 시공단가의 확률적 범위를 나타내며 공종의 물량 조건에 따라 공사비범위를 산정 할 수 있다.

12) 비용상승지수 산정을 위한 시계열 분석으로는 단순회귀, 이동평균, 지수평활, 박스-젠킨스 방법 등이 있으나 본 연구에서는 건설실적자료의 특수성(계절요인, 현장성, 경기영향 등)과 소수의 자료 및 절차 이해를 위하여 단순회귀방법을 사용하였음, 추후 실제 사례를 통해 적합한 분석방법 선택이 필요

[4] 4~7단계: 단가의 확률분포에 의한 시뮬레이션 및 예정공사비 산정 : 추정된 신뢰구간에 의한 공사비 시뮬레이션 결과, 물량조건을 고려하여 단가의 범위를 추정한 경우 공사비 범위는 360~394(백만원), 물량규모에 대한 변동 요인을 고려하지 않는 경우 공사비 범위는 346~469(백만원)로 공사비 변동폭 및 오차가 큰 것으로 나타났다. (그림 7참조)

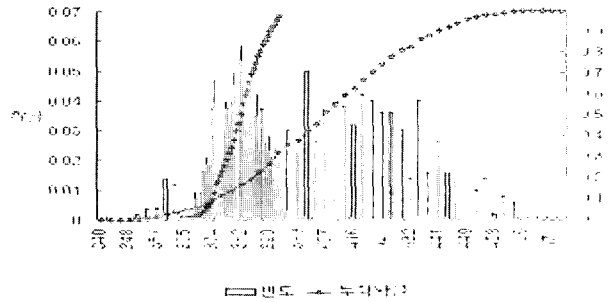


그림 7. 물량에 따른 단가변동을 고려한 추정방법과 고려하지 않은 경우의 공사범위 비교

다음 표 6은 현행 낙찰률 50%~80%(본 연구에서는 50, 80%) 정도를 적용하여 비교한 결과 공사비가 과대 산정되고 있음을 보여주고 있다.

표 6. 실행단가 (historical data, 기상 데이터)

낙찰률적용 구분	50% 낙찰률 적용시 (단위: 백만원)	80% 낙찰률 적용시 (현행 평균낙찰가 기준)
신뢰구간 추정	379.7 (단위:백만원)	373.5 (단위:백만원)
신뢰구간추정 안함	406.5 (단위:백만원)	380.6 (단위:백만원)

6. 전산화 적용 프로세스

6.1 시스템 프로세스 구축 및 전산화 모듈의 기능

본장에서는 상기 예정공사비 산정방법을 기준으로 전산화를 위한 프로세스를 4단계로 구축하였다. 첫째, 실적자료 D/B구축 단계. 둘째, 전산화를 통한 자동화 단계로서 실적자료의 보정지수 산정 및 단가의 신뢰구간추정단계, 셋째, 시뮬레이션단계. 넷째, 결과보고서 작성단계로서 예정공사비 산출에 대한 전산화 적용을 단계별로 제시하였다. 따라서 예정공사비산정 단계별 전산화 적용방안으로서는 다음과 같이 4가지 세부 전산모듈로 기술할 수 있다.

- ① 자료관리 모듈 : 실적자료 축적 및 조건추출 관리
- ② 비용상승 지수보정 및 단가범위추정 모듈 : 공사비 상승지수 산정 및 물량대비 단가 범위 추정
- ③ 시뮬레이션 모듈 : 부위·부분 공종의 예정공사비 산정 및

공종별 예정공사비

④ 예정공사비산정모듈 : 최종공사비집계 및 보고

다음 그림 8은 예정공사비산정방법의 전산화 프로세스를 도식화하였다.

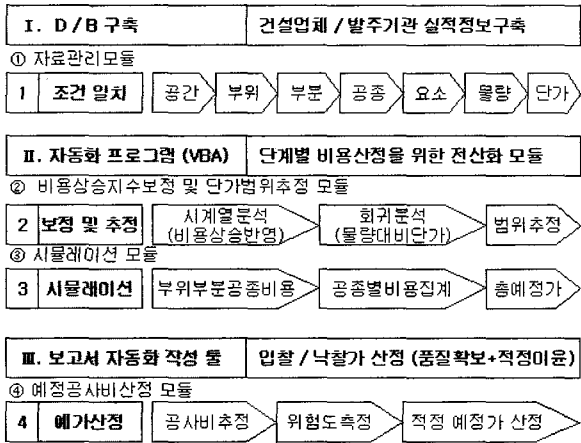


그림 8. 적정예정공사비산정절차의 전산화적용 프로세스

다음 그림 9는 자료관리모듈, 지수보정 및 단가범위추정 모듈, 시물레이션모듈에 대하여 상호관계를 나타낸 것으로 각 모듈의 영역에 따라 앞서 기술한 각 모듈의 고유기능이 실행되어지며 보정된 실적자료와 업데이트한 최근실적자료는 상호 조정 및 보완기능에 의하여 비교검토가 가능하게 된다.

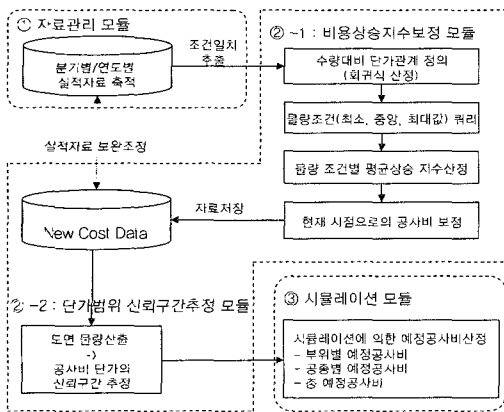


그림 9. 전산화적용을 위한 각 모듈의 기능 및 상호관계

6.2 전산화 모델 및 활용 툴

본 연구의 범위는 통합전산화 전단계로서 시스템 프로세스별 전산화 모듈 제시에 한정하였다. 따라서 본장에서는 앞에서 기술한 예정공사비산정 방법의 전산화 프로세스를 기반으로 각 모듈 영역에 대한 전산화 활용 툴만을 제시하도록 한다.

① 자료관리 모듈

자료관리모듈은 실적자료를 축적하여 여러 조건에 대한 쿼리(특정 정보를 찾기 위한 데이터의 검색 및 업데이트 기능)를 수행하는 기능이다. 본 예정공사비 산정절차에서는 부위와 부분조건 및 물량조건에 따른 자료 검색작업이 필요하며 월별, 분기별 최신 자료가 축적되고 업데이트 되어 자료관리가 계속적으로 반복 수행되어야 한다. 이러한 수많은 데이터의 관리를 위해서는 실적자료에 대한 관계정의가 선행되어야 한다.

공사실적자료는 수량산출기준과 같이 자료와 자료의 관계가 유기적으로 구성되어 있으며 이러한 데이터는 관계형 데이터베이스(Relational Database)에 의하여 관리할 수 있다. 다음 그림 10은 자료관리 모듈의 시스템 알고리즘을 도식화한 것으로 실적자료의 각 구성요소별 자료의 관계정의를 나타내었다.

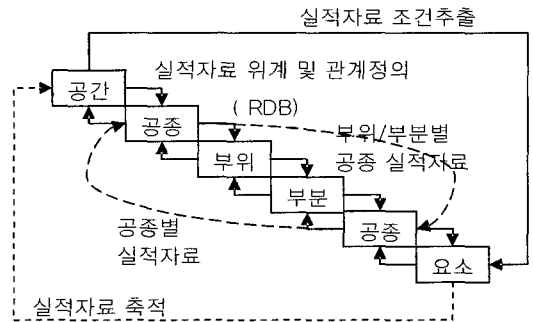


그림 10. 자료관리 모듈의 시스템 알고리즘

이러한 시스템 알고리즘에 근거하여 다음 그림 11은 마이크로소프트사에서 개발한 액세스(ACCESS) 및 Visual Basic 프로그래밍 언어로 사용자가 자료관계를 정의하여 자유롭게 필요한 조건을 설정하여 실적자료 축적 및 쿼리(필요조건추출) 수행할 수 있는 전산화 활용툴로서 자료관리 모듈의 전산화가 가능하다.

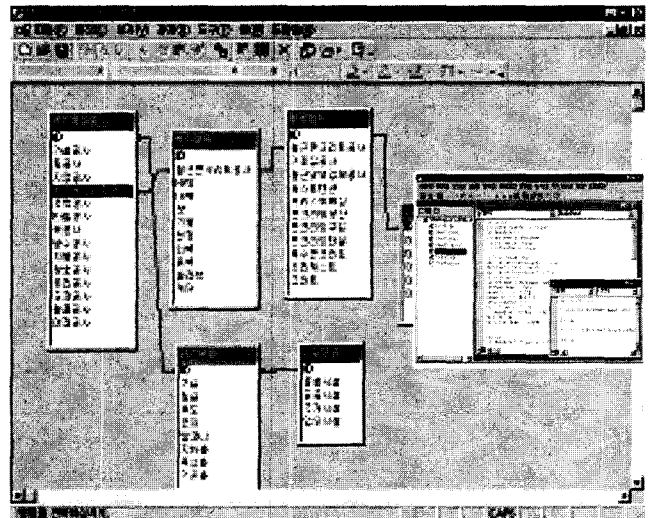


그림 11. 실적자료의 D/B 관계의 전산화 활용툴 개념에서 (마이크로소프트 액세스(Access) 및 Visual Basic에 의한 자료관리 어플리케이션)

② 공사비상승 지수보정 및 단가범위 추정 모듈

지수보정 모듈은 크게 2가지로 공사비 상승지수와 물량대비 단가범위 추정을 위한 자동화 기능이라 할 수 있다. 다음 그림 12는 지수보정 및 단가범위 추정을 위한 전산화 시스템 알고리즘으로서 세부적인 절차를 나타내었다.

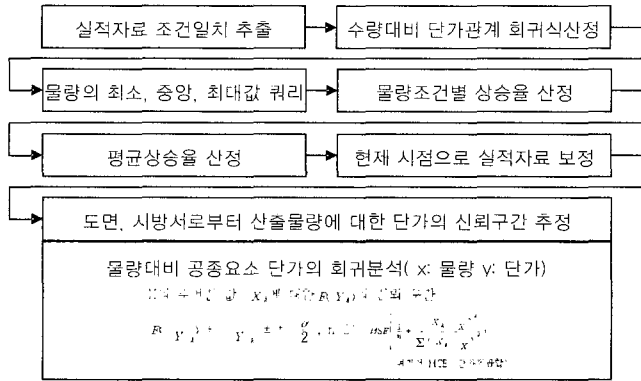


그림 12. 지수보정 및 단가범위추정 모듈의 시스템알고리즘

상기 기술한 모듈영역에 전산화 적용 툴로서는 비주얼베이직 (Visual Basic)언어를 활용할 수 있으며 수량과 단가의 관계정의 및 실적자료의 조건쿼리 결과에 대하여 공사비상승과 필요 물량에 대한 공사단가범위를 자동적으로 추정 할 수 있다. 이러한 Visual Basic 프로그래밍 언어는 윈도우용 소프트웨어를 개발하기 위한 프로그램 언어로 사용되어 왔으며 윈도우 버튼을 양식(form)에 배치해 감으로써 그래픽 사용자 인터페이스(GUI)를 구사하는 특징과 복잡한 함수 및 반복 작업을 사용자가 계획한 인터페이스에 의해 자동화(매크로)할 수 있다.

③ 시뮬레이션 모듈

시뮬레이션 모듈은 추정된 실적자료 정보를 이용하여 예정공사비 산정에 적용하는 기능이다. 예정공사비는 불확실한 미래에 대하여 추정하기 때문에 신뢰성 있는 자료정보를 기준으로 불확실한 미래에 대한 다양한 결과를 예상하여야 한다. 이러한 문제 해결에 가장 적절한 의사결정 방법은 확률 시뮬레이션에 의하여 수행할 수 있다. 다음 그림 13은 시뮬레이션을 위한 전산화 시스템 알고리즘이다.

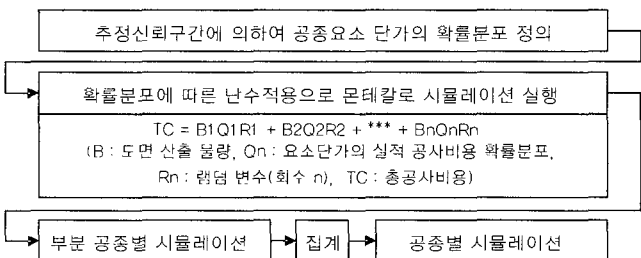


그림 13. 시뮬레이션 모듈의 시스템 알고리즘

이러한 확률 시뮬레이션 응용프로그램으로는 다음 그림14와 같이 예정공사비 산정에 적용할 수 있는 시뮬레이션 프로그램 (RISK@)이 있으며 보정된 실적자료에 대하여 각 실적자료 환경에 맞는 다양한 확률정이가 가능하여 오차를 최소화 할 수 있는 예정공사비를 산정 할 수 있다.

④ 예정공사비 산정 모듈

예정공사비 산정 모듈은 산출한 예정공사비에 대하여 정적인 의사결정을 위한 정보의 요약과 종합하는 기능이라 할 수 있다. 시뮬레이션 모듈에 의해 산정된 예정 값은 각 부분별, 요소별 예정공사비에 대한 정보이며 이를 여러 형태로 종합하거나 최종적으로 원하는 정보를 산출 하여야 한다. 다음 그림 14는 예정공사비 산정의 전산화 시스템 알고리즘의 세부적인 절차로서 공종별 예정공사비 또는 필요에 따라 부위별 예정공사비 등으로 요약할 수 있으며 산정된 예정공사비는 정적인 낙찰률을 적용하여 예정공사비에 따른 위험요인을 최소화 할 수 있도록 의사결정에 대한 정보를 내주어야 한다.

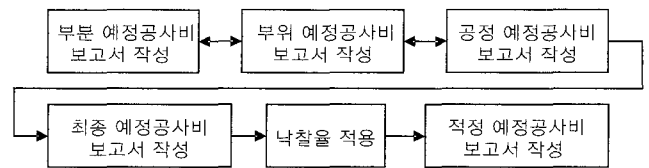


그림 14. 예정공사비 산정모듈의 시스템 알고리즘

다음 그림 15는 예정공사비산정 결과보고서 작성을 위한 전산화 활용툴로서 응용프로그램(예:Risk@)을 활용하여 최종 예정공사비에 대한 요약 정보의 산출한 예이다. 본연구의 전산모듈에 적용하여 최종예정공사비, 각공종별 예정공사비, 부위공사비 등 의사결정 정보를 전산화 시스템으로 구현할 수 있다.

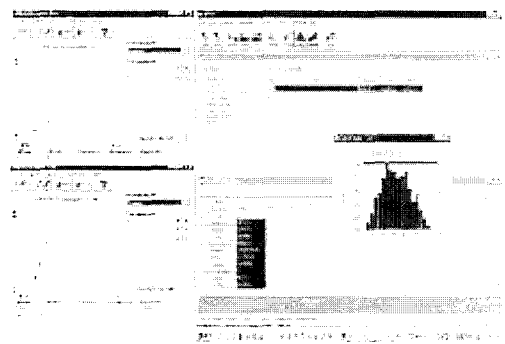


그림 15. 단가의 확률정의 및 예정공사비 시뮬레이션

7. 결론

본 연구에서는 앞으로 공공건설 공사의 실적공사비 예정가격

산정방법을 통한 전산화 적용을 목적으로 먼저 실적자료의 정의 및 구조와 현행 운영체계의 이해를 통해 전산화의 문제점 및 개선기준을 예정공사비 산정방법 중심으로 분석 기술하였으며 제안한 기준에 따라 전산화 적용방안을 제시하였다. 본 논문의 주요 내용을 요약하면 다음과 같다.

첫째, 기존 예정공사비 산정방법은 공종별 공사비의 조건추출 및 보정과정에서 규모에 대한 변동요인의 고려 없이 불가지수, 공사비지수의 활용과 연면적 대비 공종공사비의 추정, 공사단가 적용시 산술평균 및 중앙값을 획일적으로 적용함으로써 신뢰도가 낮으며 이에 따라 본 연구에서는 오차율을 줄일 수 있는 공사비산정 방법으로서 ①공종/부위/부분별 공종분류, ②물량조건별 비용상승지수산정, ③회귀분석에 의한 물량대비 단가추정방법을 제시하였다.

둘째, 예정공사비 산정방법의 구체안으로는 공종, 부위, 부분별로 실적자료의 분류체계를 제안하여 실적자료 추출조건을 더욱 명확히 할 수 있도록 데이터의 적용성과 신뢰성을 높였다. 또한 물량규모에 따른 공사비 상승요인을 반영한 공사비지수 산정방법을 제안하였으며, 물량규모 대비 단가범위를 회귀분석에 의한 확률적 추정방법을 통해 비용의 불확실성을 확률적으로 해석하였다. 마지막으로 보정된 실적자료의 확률분포를 근거로 시뮬레이션에 의한 적정 예정공사비산정방법을 제시하였다.

셋째, 전산화 적용 방안으로는 본 논문에서 제시한 예정가격 산정방법을 기준으로 시스템 알고리즘을 각 영역별로 구축하고 그에 따른 윈도우 어플리케이션에 의한 개발 툴 등을 활용하여 전산화에 대한 적용개념을 제시하였다.

본 연구는 앞으로 공공건설공사에 실적공사비의 단계적 적용에 앞서, 적정수준의 예정공사비산출방법 및 전산화 프로그램 개발을 위한 선행 연구로서 먼저 실질적인 실적자료수집과 D/B 운영 등에 관한 연구가 공공기관 차원에서 필요하며 본 연구의 후속연구로서는 차후 발주기관 및 입찰자가 실무에 실제 활용할

수 있도록 통합화된 전산프로그램개발 연구가 요구된다.

참고문헌

1. 건설교통부, 건축공사 수량산출기준, 1997
2. 건설교통부, 공사실적자료에 의한 건설사업비 산정시스템 개발에 관한 연구보고서, 1999.3
3. 건설교통부, 실적공사비 적산제도 추진현황, 1999
4. 구지희, 실적공사비 적산제도에 의한 예정가격산정지원시스템개발, 건설기술정보, 1996.12
5. 김관영, 실적공사비에 의한 개선견적에 관한 연구, 중앙대학교, 석사학위 논문, 1997.6
6. 김경태, 국내건설산업에서의 적정공사비 개념과 기준에 관한 연구, 대한건축학회 구조계논문집(통권161호) 2.1절, 2002.3
7. 오정근, 사무소 건축의 공사비분석 평가기법적용에 관한 연구, 홍익대학교 석사학위 논문, 1999
8. 이운선, 부위 라이브러리를 이용한 견적시스템 개발 연구, 한양대학교 석사학위논문, 1998
9. 이형배, 엑셀2000VBA, (주)사이버출판사, 2001.4
10. 전재열, 실적자료 분석에 의한 건축공사비 산정 방법 적용에 관한 연구, 대한건축학회 구조계 논문집, 2002.4
11. 한국건설기술연구원, 실적공사비 축적 및 적용방안 3차분, 1999
12. 한국건설산업연구원, 실적공사비 적산제도 효율적 운영방안, 해외사례부분, 1997
13. Albright, Data analysis & Decision Making, 1998
14. F. C. Jelen, Probability, Simulation, Uncertainty, 1985
15. Sydney Newton, Methods of analysing risk exposure in the cost estimates of high quality offices, Australia, 1992

Abstract

The object of this research is to develop a computerized algorithm of cost estimation method to forecast the total construction cost in the bidding stage by the historical and elemental work cost data.

Traditional cost models to prepare Bill of Quantities in the Korea construction industry since 1970 are not helpful to forecast the project total cost in the bidding stage because the BOQ is always constant data according to the design factors of a particular project. On the contrary, statistical models can provide cost quicker and more reliable than traditional ones if the collected cost data are sufficient enough to analyze the trends of the variables.

The estimation system considers non-deterministic methods which referred to as the 'Monte Carlo simulation'. The method interprets cost data to generate a probabilistic distribution for total costs from the deficient elemental experience cost distribution..

Keywords : historical cost data, Monte Carlo simulation, early stage cost estimation, bidding stage