

# 實績 勞務 生産性 基盤의 建設工事費 概略見積 시스템

## Order of Magnitude Estimating System based on Historical Labor Productivity

정 영 수*	박 현 석**	이 영 환***
Jung, Youngsoo	Park, Hyunsuk	Lee, Younghwan
이 복 남****	김 정 섭*****	오 영 석*****
Lee, Bok-Nam	Kim, Jung-Seop	Oh, Young-Seok

### Abstract

Preliminary estimating, especially for the design-build contracts, is a critical process to predict the total cost of a project with incomplete information under uncertain conditions. Several different methodologies have been utilized to enhance the accuracy of the estimate. However, integrating estimating systems with on-site project control data has not been properly addressed in previous research, while this integration can continuously provide with real-time and vital information. In this context, the purpose of this paper is to develop a prototype system for the order of magnitude estimates by means of a shared code of account (COA) and shared construction performance databases focused on actual labor productivity. The proposed system also enables the effective use of historical database, adaption of earned value management systems (EVMS), and evaluation of craft performance. The concept, methods, and brief discussion of an on-going research for real-world implementation are introduced.

키워드 : 개략견적, 노무량, 실적공사비

Keywords : Order of magnitude estimate, Labor productivity, Historical database

### 1. 서 론

건설사업 초기에 있어 타당성 및 경제성을 판단하는 기준이 되는 개략견적의 결과는 상당한 중요성을 가지며, 이 때 제공되는 정보의 신뢰성은 프로젝트 수행의 성과와 직결된다 (Abrain, 1993).

최근, 국내에서도 현장공사 실적자료(즉, 공사비 및 노무량, 공종별 및 시스템별 비용)의 체계적 축적과 이를 바탕으로 한 사업비 개략견적의 선진기법 개발에 많은 노력이 이루어지고 있다 (건교부, 1999; 과기부, 1994). 그러나, 현재의 실적자료는 공종분류 위주로서, 시설물별 분류가 불가능하므로 공사원가분석 및 견적작업 활용에 부적절한 것으로 판단된다 (건교부, 1999). 또한, 발주방식의 세계적인 변화 추세에서, 기존의 실적 공사비 자료 및 개략견적 시스템으로는 턴키 프로젝트 또는 제안형 프로젝트의 추진이 쉽지 않을 것으로 판단된다<sup>1)</sup>.

\* 정희원, 명지대 건축학부 조교수, 공학박사  
 \*\* 정희원, 한국건설산업연구원 연구원  
 \*\*\* 정희원, 한국건설산업연구원 부연구위원  
 \*\*\*\* 정희원, 한국건설산업연구원 선임연구위원  
 \*\*\*\*\* 정희원, 포스코개발(주) 과장  
 \*\*\*\*\* 정희원, 포스코개발(주) 부장

본 논문은 1999년도 포스코개발(주) 연구비 지원에 의한 '실적 공사비에 의한 개략견적 시스템 개발' 연구의 일부임.

따라서, 본 연구의 목적은 현재의 복잡한 견적방식에서 탈피한 효율적 개략견적 시스템 모델의 제시를 통하여 턴키프로젝트 수행을 위한 제철설비 공사비 추정의 정확도와 신속성을 제고하는 데 있다. 이를 위해, 기존문헌을 통하여 프로젝트 생애주기 단계별 견적용도를 구분하고, 정보의 유형에 따른 견적기법을 고찰하였으며, 또한 개략견적기법의 국내의 적용사례를 조사 분석하였다. 새로운 시스템 개발을 위하여, 국내 제철설비 프로젝트의 개략견적 프로세스를 분석하고, 이의 개선안을 위한 개략견적 방법론을 제시하였다.

### 2. 견적 기법

건설 프로젝트는 일련의 과정으로 진행되는 생애주기를 가지며, 이때 프로젝트의 타당성 및 규모가 결정되는 단계는 기획 혹은 계획 단계이다. 이 시기의 견적은 기획 및 계획 단계뿐만 아니라, 설계, 구매, 그리고 시공 단계를 거치면서 각기 다른 용도로서 서로 다른 프로젝트 수행자를 위한 의사결정 정보를 제공한다 (Smith, 1995). 또

1) 미국은 2005년도까지 전체시장에서 금액기준으로 50%가 턴키로 발주될 것으로 예상되며, 국내는 2002년도까지 100억 이상 공공공사에서 건수 기준으로 50%이상이 턴키 프로젝트로 추진될 예정이다.

한, 이때 제공되는 정보는 견적에서 산출된 비용 및 물량 정보이며, 이는 프로젝트 수행자가 얻을 수 있는 정보의 양과 상세에 의존한다 (Peurifoy and Oberlender, 1989).

표 1은 견적의 종류를 용도 및 방법의 관점으로 정리한 것이다. 즉, 프로젝트 생애주기를 통해 각 단계마다 실시하는 견적은 그 사용 용도를 달리하며, 각 단계마다 취득할 수 있는 정보의 양에 근거하여 견적의 방법은 각기 다르게 적용됨을 알 수 있다.

2.1 개략견적 기법

개략견적은 미래에 발생 가능한 금액을 예측한다는 의미로서 표 1에서 보는 것과 같이 기본단위견적, 타당성견적, 기본 견적, 개략 견적, 개념 견적 등으로 표현된다.

개략견적은 일반적으로 사업초기에 혹은 기획초기에 실시됨으로 과거 유사한 프로젝트 자료와 프로젝트 수행자의 경험에 의존해 실시된다. 이때 적용하는 개략견적 기법으로는 취득한 정보의 상세 정도와 프로젝트의 특성을 고려하여 단위당가법, 요소견적법, 변수견적법 및 비용지수법으로 구분할 수 있다<sup>2)</sup>.

(1) 단위당가법(unit estimate method)은 기본 단위에 대한 비용자료, 예로서 건물바닥의 단위 면적, 건물의 단위체적 등에 근거하여 비용을 산출하거나 건물의 용도 단위를 기준으로 하여 비용을 산출한다. 기본단위에 대한 비용은 과거의 유사 프로젝트들의 비용자료를 토대로 산출된 비용공식에 의해 계산된다.

(2) 요소견적법(factor estimate method)은 프로젝트의 사업비 혹은 공사비를 구성하는 각 요소에 대한 비용과 이의 기준요소에 대한 비용의 비율을 이용하여 개략견적 가격을 산정한다. 기준요소의 비용이 산출되면 다른 요소에 대한 비용은 각 요소의 계수와 기준요소의 비용을 곱하여 산정하며, 프로젝트 전체의 비용은 모든 요소들에 대한 비용의 합으로 산출된다. 요소견적법은 공사비의 구성비율 중 하나의 요소가 상대적으로 많은 공사비를 차지하는 경우, 예로서 플랜트 공사의 경우 적합하다.

(3) 변수견적법(parameter estimate method)은 프로젝트의 규모 또는 범위에 영향을 주는 설계변수에 근거한다. 즉, 프로젝트의 건축, 토목, 설비, 전기 등 각 시스템에 대한 비용은 설계변수의 수량과 각 변수의 수량 단위에 대하여 견적된 시스템 비용을 곱하여 산출된다. 그러므로, 프로젝트의 전체 비용은 프로젝트를 구성하는 모든 시스템들의 비용을 합하여 산출된다. 변수견적법은 최소한 각 변수의 수량을 산출하기에 충분한 기본 도면이 필요하며, 설계자가 설계의 초기단계에서 각 시스템의 여러 대안 중 적합한 것을 선택할 수 있도록 각 대안들의 비

표 1. 견적기법의 종류 (용도 및 방법별)

구분	(Ferry & Brandon, 1991)	(Adrain, 1993)	(Smith, 1995)	(AACE, 1995)	(Gould, 1997)
기획	기본 단위 견적	타당성견적	기본견적	개략견적	개념견적
계획	부위 견적	개략견적	평가견적	예산견적	개략견적
설계		상세견적	제안견적		상세견적
입찰/계약		관리견적	승인견적		상세진행 견적
시공	관리견적	자산견적	관리견적		
유지/보수			자산견적		
관점	견적방법 + 견적용도	견적용도	견적용도	견적방법	견적방법

표 2. 개략견적 기법의 종류

구분	(Ferry and Brandon, 1991)	(Adrain, 1993)	(Smith, 1995)	(AACE, 1995)	(Gould, 1997)
단위 당가법	단위 (unit), 공간 (space), 부위 (element), 상세 (feature)	단위당가 (unit)	단위 (global, unit rate)	단위 (scale up and down, approximate ratio)	단위 (unit, square feet), 부위 (assemblies)
요소 견적법		요소 (factor)	요소 (factorial)		
변수 견적법		변수 (parameter)			
비용 지수법					비용지수 (cost index)
기타 기법		범위 (range)	MH (man-hour)	용량 (capacity curve)	

용을 견적하는데 주로 이용된다.

(4) 비용지수법(cost index estimate method)은 다른 시간과 장소에서 공사금액을 지수를 사용하여 조정한다. 새로운 프로젝트의 공사비 견적에 참고하기 위해서, 과거에 수행된 유사 프로젝트 혹은 시설물의 공사비용은 지수를 사용하여 현재의 금전가치에 맞도록 환산되며, 비용지수법은 건설장비 및 플랜트 설비의 비용을 견적하기 위하여 주로 사용된다.

표 2에서 보는 바와 같이 가장 많이 이용되고 있는 개략견적기법은 단위당가법이며, 이는 설계의 변수 혹은 건물의 요소 중 한가지 특징적인 '단위'를 설정하는 것에 관한 문제에 있어 연구자 각자의 관점에 의해 다르게 정의하고 있다. 그러나, 여기에서 공통점은 과거의 실적데이터 중, 프로젝트 특성을 고려하여 신뢰할 수 있는 단위를 설정하여 과거의 공사비를 현재의 공사비로 변환하는 것이다. 또한, 보다 상세한 개략견적가격을 위해 시간과 단위 용량의 보정을 하며 비용지수법이 이용된다. 그러므로, 표 2의 개략견적기법들은 각각 독립적으로 운용된다기 보다는 프로젝트의 특성과 규모를 고려하여 종합적으로 활용된다.

2) 개략견적의 기법은 표 2와 같이 여러 연구자에 의해 다소 다르게 분류하여 정의되고 있으나 (Adrain, 1993; Lee, 1992; Purifoy and Oberlender, 1989), 본 연구에서는 이들을 단위당가법, 요소견적법, 변수견적법, 비용지수법의 4가지로 구분함.

2.2 개략전적 응용사례

프로젝트 초기에 예측되는 개략 사업비 또는 공사비는 부족한 견적정보에 의존하게 되므로, 이 때 예상되는 오차율은 일반적으로 +50~-30%로 추정된다 (AACE, 1995). 이처럼, 과거 실적 데이터 또는 견적자 경험 등에 의하여 개략전적의 정확도는 매우 달라질 수 있다. 따라서, 기존의 연구에서는 확률적, 통계적, 신경망 조직 기법 (neural network; 이하 NN이라 칭함) 등을 함께 이용함으로써 개략전적의 오차를 줄이려는 많은 노력이 있었다 (예; 표 3의 사례 A~E).

국내의 개략전적 기법 응용사례(표 3의 사례 F~H)는 주로 단위단가법을 사용하였으며, 응용도구로는 관계형 데이터베이스(RDB; relational database)를 이용하며, 적용대상으로는 발전소, 공동주택, 도로공사 등이다. 개발 후 적용 초기 단계로서, 현재는 예정가의 예측정확도를 판단하기는 어려우며 사업 기획용으로 사용하고 있다.

이상의 사례에서 보듯이, 기존의 개략전적기법과 응용도구를 효과적으로 활용함으로써 단일 기법의 활용보다는 그 오차율이 20% 정도 감소하는 것으로 판단된다. 또한, 실질적인 적용 사례에서 보듯이 RDB를 이용하여 데이터를 시스템화함으로써, 보다 정확한 견적가격을 위한 최선의, 일관성 있는, 또한 신뢰할 수 있는 정보의 제공을 가능하게 하고 있다.

3. 정보 분류 체계

본 연구에서의 정보분류체계는 연구대상인 제철설비 플랜트의 견적 및 원가 관리를 위한 프로젝트 표준체계를 위주로 한다. 따라서, 표준분류체계 활용의 기반방향 설정을 위하여 정보분류체계의 구성을 정의하고, 현재 사용중인 분류체계의 현황을 파악하여, 이의 활용 원칙과 방안을 수립하였다.

3.1 분류체계의 구성

정보분류체계란 명료한 부류(部類) 기준에 의하여 자료를 분개(分介)하고 정의하는 시스템이라고 할 수 있으며, 정보분류체계의 이용 목적은 자료의 체계적이고 효율적인 관리와 활용에 있다 (정영수, 1998).

일반적인 요구조건을 만족시키는 표준분류체계의 구성을 위해 세부적인 분류 기능상의 특성이 충족되어야 하며, 이러한 요구조건은 표준분류체계의 여러 분류관점 (facets)을 결정짓는 요인이 된다. 국제표준기구인 ISO에서는 건설정보를 위한 8가지의 분류관점을 권장하고 있으며 각 분류관점의 정의 및 사용 예는 표 4와 같다.

따라서, 본 연구에서는 이러한 국제표준의 관점을 준수함으로써 향후 분류체계 표준화에 대비하는 것을 원칙으로 설정하였다. ISO의 정보분류체계의 관점에 의하여 시범프로젝트인 제철설비의 기존 분류체계와 이의 관리형

표 3. 응용 개략전적 기법 사례

	개략전적 기법	주 응용도구	적용 대상	용도	비고
사례 A (Bradley 외 2명, 1989)	단위단가법	확률적집근 시뮬레이션	sewerage project	의사결정용 (investment proposal)	리스크 감소를 위해 개인적 견해를 줄이도록 제안 ± 20%의 예측 정확도
사례 B (Yeh, 1998)	단위단가법 변수전적법	통계적 접근			비선형 모델에 적용을 할수없음
사례 C (Yeh, 1998)	변수전적법 범위전적법	NN	RC 빌딩	문제해결용 (problem solving)	NN 구축을 위한 수학적 접근. 피기분석 보다 20%, 전형적 NN 보다 12% 오차감소
사례 D (Hegazy and Ayed, 1998)	변수전적법	NN	도로공사	원가예측 (cost prediction) (LCC 예측)	NN의 trial and error method의 위험성 지적. 변수전적법 보다 30% 오차감소
사례 E (Bode, 1998)	변수전적법	NN	제조업	원가전적 (cost estimation)	변수전적법 보다 2.5배의 정확도
사례 F (K 기업)	비용지수법 기타(MH)	RDB	발전소	사업기획용	총사업비 예측을 위한 다양한 요소 고려. 표준사업비 DB를 기반으로 이용
사례 G (D 기업)	단위단가법 비용지수법	RDB	공동주택 도로공사	건설공사이 산정	
사례 H (H 기업)	단위단가법 변수전적법	RDB RuleBase	아파트	의사결정용 (타당성 분석)	공정을 함께 산출하며, 예측정확도는 검증안됨
본 연구 제안(案)	비용지수법 변수전적법 기타(MH)	RDB	제철소 (제철설비)	사업기획용	공사관리 DB와 연결 MH 생산성 분석

표 4. ISO의 건설 정보 분류

분류	정의	분류의 예	사용의 예
시설물 (facilities)	용도 관점의 물리적 시설물	공장, 병원, 주택등	건축법규, 설계요건 등
공간 (spaces)	설계 또는 이론적인 공간	사무공간, 주거공간 등	설계요건 시방서 등
부위 (elements)	기능 관점의 시설물 구성요소	기초, 보, 기둥, 천장재 등	도면번호, 설계자료, 시방서 등
공종 (work sections)	결과물 관점의 작업	토공사, 철콘공사 등	시방서, 견적서, 원가관리 등
자재 (construction products)	시설물을 구성하는 원재료	목재, 가구, 콘크리트 등	설계자료, 물가정보, 구매관리 등
장비 (construction aids)	시설물의 구성요소가 아닌 도구	거주점, 건설기계 등	장비자료, 물가자료, 구매관리 등
관리 (management)	활동 주체 관점에 의한 관리	기획, 설계, 건설관리 등	건축법규, 계약서 등
속성 (attributes)	물리적 개체의 특성	형태, 규격, 열효율 등	시방서, 제품정보 등

자료: ISO Technical Report 14177, (ISO, 1994)

태를 살펴보면, 동일 프로젝트 내에서 공간 및 부위분류의 개념은 중요하게 사용되지 않는다. 시설물분류로는 설비분류(physical breakdown structure; PBS)가 정의되어 있으며 견적을 위한 기자재 목록(equipment list) 작성에서부터 견적 및 예산관련 내역서 까지 일관되게 활용되고 있다. 공종, 자재, 장비 분류는 표준 분류가 있으나 단위 프로젝트에서는 적극적으로 활용되지 못하고 프로젝트마다 다른 일련번호를 활용하고 있다.

따라서, 제철설비의 개략전적 및 원가관리를 위한 분류체계로서 ISO의 시설물, 공종, 그리고 관리관점을 중심으로 고찰하였다. 본 연구에서는 제철설비의 설비분류(시설

물), 공중분류(공중), 작업조분류(관리), 그리고 노무직종분류(관리)를 정의하며, 이의 기본 원칙은 다음과 같다. ① 각 분류간 가능한 독립성을 유지한다. 예로서, 설비분류에 공중 개념이 포함되지 않도록 하며, 반대로 공중분류에 설비 개념의 항목이 포함되지 않도록 한다. ② 가능한 회사, 산업계, 또는 국제적 표준을 적용한다. 제철설비만을 위한 표준을 사용할 시에는 상위 표준으로의 변환 코드를 명기한다 (conversion table). ③ 각종 업무처리 또는 양식을 위한 분류체계는 각 분류관점(facet)의 조합을 통하여 활용한다.

(1) 설비 분류 체계: 제철설비의 개략전적을 위한 설비 분류체계는 표 5와 같이 기능별 시설물 구분을 기준으로 한다. 이는 대분류, 중분류, 소분류의 3자리 숫자로 이루어지며, 단계별 위계항목을 정의하여 제철설비의 공통 표준으로 사용한다.

(2) 공중 분류 체계: 본 연구에서는 효율적이며 가변적인 개략전적의 구조를 설정하기 위하여 별도로 건적용 표준 공중분류를 작성하여 사용한다. 건적용 공중분류는 14가지의 대분류를 가지며 영문자로 시작한다 (표 6). 건적용 공중분류 작성의 목적은 건적시 공사비에 영향을 주는 요소별로 검색, 집계, 그리고 보정이 용이토록 하기 위함이다. 이와 같은 요소로는 배관소재의 재질, 규격, 작업환경(내부,외부) 등이 있다. 본 연구에서는 이러한 건적용 분류체계를 제철설비의 특성에 맞도록 신규 작성하였다.

(3) 작업조 분류 체계: 작업조(crew mix) 분류체계는 건적용 공중분류체계와 일치한다. 즉, 작업조의 대분류는 13가지로서 (표 6의 공중 대분류에서 경상비 제외) 영문자를 사용하며, 이의 하위 단계 분류 또한 공중분류와 일치한다. 이러한 작업조 분류체계의 형식은 뒤에서 서술할 본 연구의 개략전적 노무비 단가 산출근거가 된다. 즉, 작업조의 대분류 (첫 자리 알파벳 분류) 데이터는 개략전적을 위한 해당 공종의 평균노무량 산정에 사용되며, 소분류(둘째 자리 이하)는 실적자료의 축적 및 조회 시 활용된다. 따라서, 작업조의 최하위 단계는 공중분류의 최하위 단계와 일치하게 된다.

(4) 노무직종 분류 체계: 직종분류는 가능한 적은 수를 유지하도록 하며, 이를 사용하여 작업조를 구성한다. 본 연구에서는 31개의 직종을 분류하여 사용하였으나, 제철설비 실적자료 작성에 사용된 노무직종의 수는 21개이다. 이처럼 적은 수를 유지하려는 노력은 노무직종 단가의 변경만으로 전체 건적금액의 보정이 가능하기 때문이다.

3.2 계정번호 체계

본 연구에서는 앞서 정의된 표준분류체계를 기반으로 하여 내역서 항목의 계정번호체계(code of account)를 설정하였으며, 이는 크게 건적자료 계정번호와 실적자료 계정번호로 나뉘어 진다.

표 5. 제철설비 설비 분류체계 (대분류)

코드	내용	코드	내용
000	경상비	500	(Blank)
100	Raw Material Preparation	600	Civil & Arch
200	Raw Material Handling	700	Auxiliaries
300	Reactor Tower	800	Utility
400	Cast House	900	Electrical I&C

표 6. 건적용 공중분류의 구조 (대분류)

A Earthwork A10 토공사 A20 조정공사 A90 부대공사	F Electrical F10 전기기기 F20 전선공사 F30 전선반로 F40 조명공사 F50 케이블 트레이 F90 기타공사	K Refractory K10 정형 내화물 K20 부정형 내화물
B Concrete B10 구조체 철근 B20 매트 기초 B30 기타 기초	G Instrument & Control G10 계장기기 G20 Local Instrument G30 계장배관	T Temporary L10 가설시설 L20 가설공사 L30 임시동력 L40 임시용수
C Structure C10 철골 구조물 C20 철골 지지대	H Painting H10 바탕처리 H20 에폭시 H50 에폭시 매스틱	Y 중기비 Y10 크레인 Y20 윈치
E Equipment D10 제철기계설비 D20 제강기계설비 D30 압연기계설비 D60 동력기계설비 D70 운반기계설비 D80 일반기계설비	I Insulation I10 기기보온 I20 배관보온	Z 경상비 Z10 직원급료 Z20 공사경비 Z30 간접경비 Z40 시운전비
E Piping E10 배관 E20 밸브 E30 부속	J Bldg/Arch J10 내장공사 J20 외장공사	

(1) 건적 계정번호 체계: 건적내역서 각 항목의 계정번호(이하, 건적 COA)는 설비분류(PBS)의 세 자리, 공중분류의 다섯 자리, 그리고 일련번호 세 자리를 사용한다 (그림 1). 설비분류 및 공중분류는 각각의 단계별로 집계 가능하나, 기본적으로 설비 소분류를 기준으로 하여 건적내역을 구성한다. 예로서, Reactor Tower(300)의 Reducing Reactor(331)에 필요한 모든 공중내역을 공중분류에 의하여 집계한다. 즉, PBS에 의한 설비분류를 첫 번째로 하며 (시설물별, locator), 공중분류에 의한 항목분류

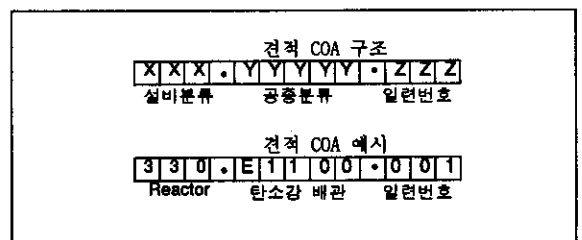


그림 1. 건적 계정 번호 (COA)

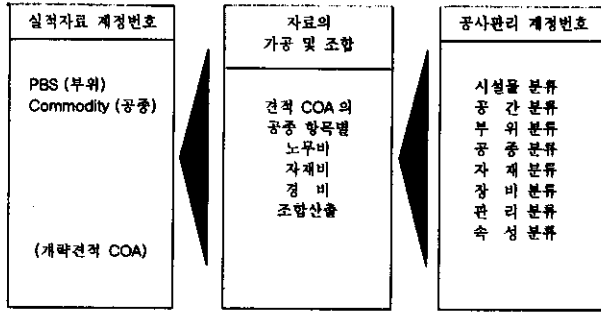


그림 2. 실적 자료의 계정번호 변환

를 (공종별, commodity) 두 번째로 설정한다. 각 설비별 내역은 다시 몇 가지의 대표공종을 가지며, 이러한 대표 공종은 두 단계 정도에 걸쳐 세분화된다. 예로서, Transport System to Drier(162)는 철골(C), 기계(D), 전기(F), 계장(G)을 포함하며, 철골은 다시 토공사(A), 콘크리트공사(B), 철골공사(C), 건축마감공사(J)로 나뉘어져 각 공종의 대표물량 및 내역을 포함한다. 따라서, 설비와 공종이 혼용된 작업분류(COA)의 상세도에 의하여 개략전적, 기준전적, 상세전적 등 전적방법이 결정지어 질 수 있게 된다.

(2) 실적 계정번호 체계: 공사 실적자료는 기본적으로 공사관리 시스템의 정의에 의한 분류체계를 가지게 된다. 그러나, 이를 본 연구에서 제시하는 개략전적시스템의 실적자료로 사용하기 위해서는 전적 COA에 맞도록 재구성되어야 할 필요가 있다. 따라서, 전적용 실적자료 각 항목은 전적 COA와 같은 구조를 가지며, 이는 공사관리 분류체계 계정번호와의 변환코드를 통하여 조합 가공된다(그림 2). 변환코드의 주요 항목은 공사 COA의 공종분류 조합에 의한 전적 COA의 공종분류, 공사 COA의 자재분류 조합에 의한 전적 COA의 공종분류가 있다. 따라서, 공사관리 과정에서 이러한 전적 COA 요구사항이 반영되어야 한다 (즉, PBS 별 원가분개).

4. 제철설비 실적자료 작성

본 연구의 시범사업인 제철설비의 실적공사비는 앞서 서술된 분류체계에 의하여 재구성되었다. 시범사업은 새로운 기술을 적용한 현장으로서, 비교적 규모가 작은 현장이나 이전의 공사자료가 없다는 점에서 실적자료 구축의 의미가 큰 사례이다.

4.1 실적자료의 구성

시범사업의 실적자료는 크게 사업개요, 대표공종, 그리고 세부항목의 자료를 갖는 형태로 구성되어 있다.

(1)사업개요: 모든 실적자료는 해당 프로젝트의 명칭, 생산용량, 총 사업비, 일정, 그리고 특징을 포함하는 사업개요를 포함한다.

(2)대표공종: 각 PBS별로 대표공종 및 대표용량(또는

수량)이 기재되며, 이는 PBS별로 용량보정 또는 상세수정 시 참고 자료로 활용한다. PBS는 세 단계까지 위계를 가질 수 있으며, 최하위 PBS 내에서는 다시 공종을 2단계로 그룹화 하여 단계별 대표 공종 및 수량을 표시한다.

(3)세부항목: 과거 실적자료로부터 집행 수량, 단가, 노무량 분석하고 이를 새로운 사업의 개략전적에 반영하기 위하여, 본 연구에서의 실적자료는 3.2절에서 설정한 전적 COA 별로 구성되어야 한다. 이러한 전적 COA에 따른 각 실적항목의 구성은 PBS 코드 (표 5), 전적공종 코드 (표 6), 일련번호, 내용, 단위, 수량, 노무비, 자재비, 경비, 그리고 직종별 투입 노무량을 포함한다(그림 3).

4.2 시범사업 실적자료 작성

본 연구의 제철설비 시범사업은 최근 준공이 이루어졌으며, 따라서 비교적 충분한 자료가 확보된 상태에서 실적자료의 재구성 작업을 실시하였다. 기본적으로 PBS 별 분개를 중심으로 작업을 진행하였다.

(1)노무비 실적 자료: 노무비 단가는 실 투입 노무량을 기준으로 작성하였다. 우선, 전적 COA에서 정의된 최하위 공종 항목(예로서, E1110: 탄소강 배관 50mm 이하)별로 실제 투입 노무량을 직종별로 조사하였다. 즉, 직종별 노무량 구성(crew mix)을 갖는 항목별 노무량을 산정하여 공사당시 실제 노무단가를 곱함으로써 항목별 노무단가를 정하였다. 따라서, 실적자료의 노무단가는 외주계약단가와 차이가 있을 수 있으며, 본 연구에서는 시범사업의 현실적 노무단가를 산정하여 향후 활용도를 높이기 위하여 이러한 방법을 택하였다.

(2)자재비 실적 자료<sup>3)</sup>: 자재비단가는 실적 집행단가를 기준으로 작성하였다. 자재비 단가도 노무비의 경우와 마

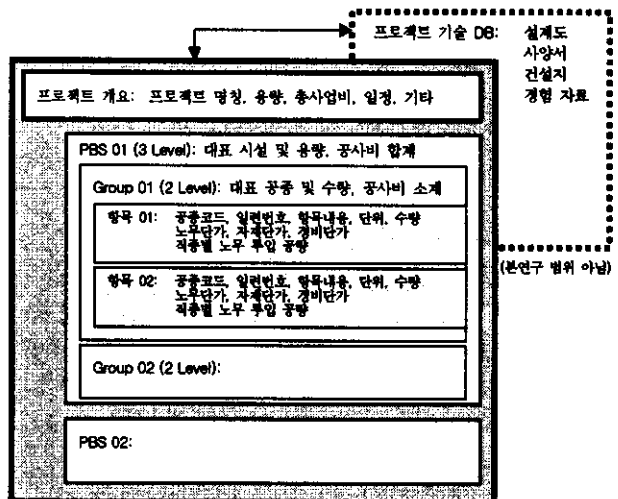


그림 3. 실적 자료의 구성

3) 본 연구의 자재비 범위는 설비비(equipment)를 제외하였음. 설비비는 일반적으로 플랜트 공사에서 발주자가 별도 계약하는 기자재의 비용을 의미함.

표 7. 보정계수의 종류 및 내용

구분	내용
용량보정	용량보정의 초기자료로서, 플랜트 산업에서 일반적으로 쓰이고 있는 지수 <sup>4)</sup> 에 의한 보정 값을사용함. 즉, 보정 용량의 0.6승 값을 실적자료의 수량에 곱하여 새로운 견적자료의 수량을 산출함.
시기보정	시기보정은 현재가격에서 공사수행시점의 미래가격으로의 물가 상승 분을 보정하며, 초기자료는 국내 도매 물가의 과거 추이에 의한 향후 예상치를 사용함.
장소보정	장소보정은 두 가지로 나뉘어 짐. 첫 번째 장소보정은 지역별 물가의 차이에 의한 단가보정을 목적으로 하며 자재비와 경비에만 적용하고, 두 번째 장소보정은 지역별 노무비 차이에 의해 노무단가의 보정에 적용함. 장소보정 초기자료는 세계 물가자료와 국내의 현재 노무 단가를 사용함.
생산성보정	생산성보정은 국가별 생산성의 차이에 의한 투입 노무량의 보정을 목적으로 하며, 따라서 노무비에만 적용함. 생산성보정의 초기자료는 세계 생산성자료를 사용함. 각 보정계수는 실적자료가 축적됨에 따라 각 조직의 특정 공사비 보정계수로 바꾸어 나가는 구조를 가짐.

찬가지로 견적COA에서 정의된 최하위 공중 항목별로 산정하였다. 따라서, 최하위 공중항목은 일반적 실행예산의 항목 수준보다 포괄적이며, 따라서 여러 부속자재의 단가를 포함한다.

(3) 중기비 실적 자료: 중기비는 주요 중기에 한하여 해당 PBS 레벨에서 집계하여 별도로 작성하였다. 이러한 중기비의 별도항목 표기는 당 공사 성격이 시범 프로젝트이며, 비교적 소규모이고, 또한 공사완료 시점에서 항목별 중기비 분개가 어려움에 기인한다.

(4) 보정계수 자료: 본 연구에서 보정계수 자료는 크게 네 가지를 설정하였으며, 이는 용량, 시기, 장소, 생산성 보정이다 (표 7).

4.3 시범사업 실적자료 개요

작성된 시범사업 실적자료는 7개 PBS 대분류, 24개 PBS 중분류, 35개 PBS 세분류, 93개 대표공중 대분류, 135개 대표공중 중분류, 그리고 총 1000여 개의 내역항목으로 구성되어 있다.

앞서 언급된 바와 같이, 시범사업의 실적자료 노무비는 실투입 노무량에 당시의 직종별 단가를 적용하여 산출하였으며, 자재비 및 경비는 정산자료 및 물가자료를 참조하여 작성하였다. 따라서, 이는 준공정산 금액 또는 실행 예산 금액과는 다르다. 그러나, 실적자료의 신뢰도를 파악하기 위하여, 예산 및 정산자료를 실적자료와 같은 형태로 집계하여 물량 및 금액을 비교 검토하였다. 검토결과 실적자료의 내용이 신뢰할 수 있는 범위에 속함을 검증하였다<sup>5)</sup>.

표 8. 효율적 COA 운동을 위한 관리방법

구분	내용
관리단위 조정	COA의 레벨을 적절한 단위에서 조정함으로써 관리대상 개별 항목의 수를 줄임.
관련업무 기능통합	자재관리, 노무관리, 중기관리, 품질관리 등의 현장 일상 업무에서 발생하는 모든 자료는 원가자료 분개의 기본이 됨. 따라서, 이들 업무의 전산화 및 통합화는 자료 수집을 위한 노력을 큰 폭으로 줄일 수 있음.
관련성과 측정통합	원가, 공정을 통합하는 기법(예, EVMS)을 도입함으로써 업무의 중복을 피하고, 효율적 관리가 가능해짐. 또한 EVMS에서 제시하는 진도를 산정방법과 함께 각종 지수의 사용을 통하여 업무량의 감소가 가능함.

4.4 향후 실적 자료 수집

계약견적에 활용하기 위한 실적자료로서 뿐만 아니라, 효과적인 현장관리를 위하여 사업 진행중의 비용은 체계적으로 작성 유지되어야 한다. 더욱이, 효과적인 실적자료 축적을 위해서는, 자료가 공사 진행과정에서 그림 5와 그림 7에서 표현한 계정번호에 의한 구조로 취합될 수 있도록 하는 것이 바람직하다. 그러나, 이는 공중뿐만 아니라 설비관점에서도 함께 분류된 실적공사비의 수집을 요구하므로 다음의 조치가 필요하다.

(1) COA에 따른 예산내역서의 편성: 계약견적, 상세견적, 또한 예산내역서는 반드시 공통의 PBS를 1차 분류, 그리고 공중을 2차 분류로 하여 작성한다. 따라서, 현재의 예산 내역서보다는 다소 항목수가 증가할 것이나, 제철설비 시설물별의 특성에 따라 관리 가능한 예산 작성이 가능하다 (문지용 외, 2000; 정영수 외, 2000).

(2) COA에 따른 실행기성고 및 원가현황의 작성: 현장에서 실행기성고 작성 시 반드시 COA에 따른 예산 내역서 별로 산정한다. 이는 기성고뿐만 아니라 원가집계와 상호 관계를 가짐으로 인하여 (특히, 외주비) 반드시 수행되어야 할 사항이다. 투입 원가장의 분개 또한 COA에 따른 예산내역서 항목에 따른다.

(3) COA에 따른 실행예산, 기성고, 그리고 투입원가의 작성은 현재보다 다소 많은 관리노력을 필요로 한다. 그러나, 선진 현장의 사례에 의하면, 이러한 추가 관리노력은 그 비용에 비하여 얻는 기대효과가 더 큰 것으로 나타난다. 그럼에도 불구하고, 추가 노력 및 비용을 줄일 수 있는 방법의 개발(표 8. 참조)이 필요하며, 이러한 방법들은 정보화의 기반에서 이루어 져야 한다 (정영수 · 이영환, 1999; 정영수 외, 2000).

5. 계약 견적시스템 개발

본 연구에서 제시된 분류체계와 실적자료를 기반으로 하여 개발하는 계약견적의 시스템이 갖추어야 할 기본요건을 정리하면 다음과 같다; ① 공사비 계약견적의 상세 산출근거 명시, ② 노무량이 포함된 계약견적 산출, ③ 시설(PBS)별, 공중(commmodity)별 견적작성, ④ 견적시점의

4) Six-Tenths Factor; 비용B/비용A=(용량B/용량A)<sup>n</sup>, 일반적 n 값은 0.6 (AACE 1995), 본 연구에서는 비용을 수량으로 바꾸어 사용함.  
5) 실적자료에 의한 프로젝트 비용은 준공정산자료 및 실행예산의 -10%로서 AACE(1995)에서 제시한 계약견적 오차율 +50~-30%의 범위에 포함됨.

정보 상세도에 따른 가변성을 요건으로 한다.

5.1 시스템 기본 구조

상기 요건 충족을 위하여 개략전적 시스템의 기본적인 구조는 표준사업비, 실적사업비, 보정계수, 그리고 개략전적의 데이터 모듈과 이를 뒷받침하는 표준 및 기본 DB를 갖도록 개발한다 (표 9. 및 그림 4. 참조).

표준사업비 DB를 통한 (그림 4 상의 ①경로) 개략전적에서는 비용지수법 위주(비교적 상세자료가 없을 시)의 견적과 변수견적법 위주(비교적 상세자료 보유 시)의 견적이 함께 사용될 수 있도록 설계한다. 또한, 실적사업비 DB를 통한 (그림 4 상의 ②경로) 부분적 개략전적에서는 변수견적법을 위주로 사용하여 주요 설비별 보정을 통한 개략전적의 신뢰도를 높이며, 이 과정에서 표준 노무량이 적용됨으로써 노무공량의 계획 뿐 아니라 노무직종 단가 선택을 통한 노무비의 보정이 가능케 한다.

5.2 시스템 표준 단가

개략전적의 각 항목을 위한 단가자료는 표준단가 DB로부터 적용하며, 이러한 표준단가 DB는 현재가격을 기준으로 유지·관리한다. 이 중 특히 공사비 중 가장 비중이 높으며 정확도를 요구하는 노무비의 표준단가는 기본적으로 실적 노무량을 바탕으로 하여 산출한다.

실적자료의 각 항목은 노무직종별 투입 공량을 보유하고 있다. 예로서, 시범사업의 철골구조물(C1230) 4톤을 설치하기 위해서 투입된 노무량은 총 19인으로서, 비계공 2인, 철골공 11인, 기계설치공 2인, 용접공 2인, 제관공 2인이다. 따라서, 이러한 실적자료의 투입 노무량은 최하위 공종 항목별(예: C1230)로 평균값을 구하여 단위 당 표준 노무량(crew mix 형태)을 구한다. 표준 노무량은 같은 공종 항목에 일괄적으로 적용된다. 다음으로는 같은 방법으로 최상위 공종별 (예: C0000 철골공사) 노무조합의 비율을 구하고, 여기에 각 직종별 현재의 일당 노무단가를 곱함으로써 공종별 노무비 평균 단가를 구한다.

마지막으로, 각 신규견적 항목의 수량에 평균 노무량(최하위 항목별)과 평균 노무비 단가(최상위 공종별)를 곱함으로써 노무비 금액을 산출한다. 이러한 방법을 통하여, 13가지 공종별로 매우 단순화된 평균 노무조합을 이용하면서도 실적에 의한 정확한 직종별 노무인력 산출이 가능함과 동시에 직종별 노무단가를 바꿈으로서 간단히 전체 공사비 노무비의 시간 및 지역 등 보정이 가능해진다 (그림 5. 참조).

5.3 시스템 전산 구조

본 연구의 프로토타입 시스템은 개별적으로 사용토록 개발되었다. 따라서, 준공 정산된 실적자료와 자재비 관련 자료 등의 정기적 추가 및 갱신이 필요하다. 이러한 프로토타입 시스템의 주요 구조로서는 시설(PBS), 공중

표 9. 시스템의 기본 데이터 모듈

구분	내 용
표준사업비 DB	제설설비 신규 건설 시 가장 일반적으로 적용될 지역, 용량, 규모, 그리고 시설 등의 요소를 설정하고 이의 표준 사업비 DB를 구축한다.
실적사업비 DB	기 준공 또는 진행중인 제설설비 공사의 사업비를 이용하여 각 프로젝트별로 실적사업비 DB를 구축한다. 실적사업비 DB는 현장의 실제 원가관리 관련 DB를 이용하여 작성토록 한다.
보정계수 DB	해당 프로젝트의 특성에 따른 보정계수 DB를 구축하며 이는 용량, 지역, 시간, 생산성 등을 포함한다.
개략전적 DB	실적사업비 DB (또는 표준사업비 DB) 와 보정계수 DB를 사용하여 수행된 임시적인 견적내용을 포함하며 각각의 상세 내역서를 작성한다

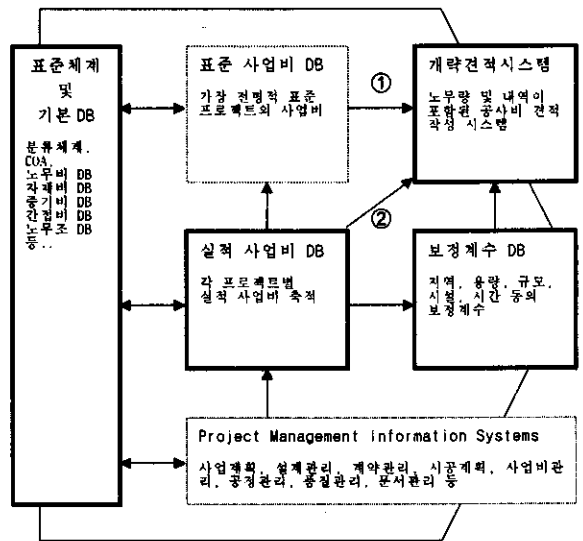


그림 4. 개략전적 시스템 개념도

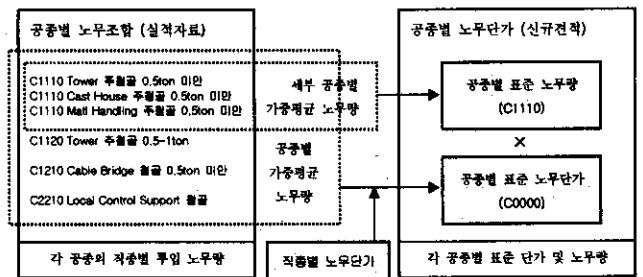


그림 5 시스템 표준 노무비 산정

(commodity), 직종(craft) 등의 표준분류를 포함하는 기본 체계의 DB와 준공 정산 확인을 완료한 실적자료 DB, 그리고, 신규 견적을 위한 견적작업 DB로 나뉘어 진다 (그림 6). 따라서, 자료의 내용상 기본체계 DB와 실적자료 DB는 영구적이며 부분적 수정을 요하는 자료구조로, 견적작업 DB는 임시적이며 전체적 수정이 용이한 구조를 설정한다.

또한, 견적작업을 위한 DB들은 일반적인 상용 관계형

데이터베이스(relational database management systems)를 이용하여 구성하였으며, DB들을 가공하고 관리하는 프로세스를 구성하는 프로그램은 상용 BASIC 프로그램을 사용하여 작성하였다. 이는 프로그램(application)과 자료(data)의 분리를 통한 자료의 개방성 및 확장성 유지와 비전문가의 손쉬운 활용에 목적을 둔다.

5.4 시스템 운영 절차

본 연구의 개략전적시스템을 통한 견적 절차는 그림 7과 같으며, 세부내용은 다음과 같다. ① 신규견적작업에 대한 개요를 작성하고 (그림 8의 a), ② 가장 유사한 과거 실적자료로부터 내역과 수량을 복사하여 신규견적의 바탕자료(Template)을 작성하며 (그림 8의 b), ③ 복사된 신규견적 각 항목 내역에 실적에 의한 표준단가와 노무량을 적용한 후 (그림 8의 c), ④ 전체의 공사 수량을 용량 변화에 의하여 보정하고 (그림 8의 c), ⑤ 지역, 시간, 생산성 등에 의한 단가와 노무량을 보정하고 (그림 8의 c), ⑥ 총괄적인 공사 간접비를 산출한 후 (그림 8의 d), ⑦ 신규견적의 결과를 과거 실적자료와 비교 검토하고 (그림 8의 e), ⑧ 추가 수정 사항이 없는 경우, 작업을 종료한다 (그림 8의 f).

앞서 서술한 견적절차는 신규공사에 대한 견적시점의 자료 상세도와 견적 작업을 수행하는 엔지니어의 경험도에 따라 다르게 진행된다 (표 10). 즉, 상세 판단의 자료가 매우 부족한 경우에는 그림 7의 주요 견적기능 순서에 따라 세부자료의 수정 없이 일괄적인 보정 작업과 간접비 산출만으로 견적을 종료할 수 있다. 또한, 그림 4상의 표준사업비 DB를 활용하는 경우도 같은 절차에 따를 수 있다. 상세 판단의 자료가 다소 확보된 상황에서는, 그 자료의 상세도에 따라 일부 PBS 또는 대표 공종별로 추가, 삭제, 또는 수정을 하게 되며 이는 특정 그룹을 함께 보정한다. 이때의 보정 과정은 전체 보정과 같은 절차를 따른다. 마지막으로, 비교적 상세한 도면이 일부 출도 되었거나 기타 상세자료가 파악된 경우에는 각 항목별 수정을 할 수 있다. 이때에는 각 항목의 내용표기, 단가, 노무량 등을 직접 수정한다. 수정과정에서 같은 공종 항목의 과거 실적자료를 전체적으로 조회할 수 있다.

5.5 시스템 유지 관리

앞 그림 6에서의 기본체계 DB와 실적자료 DB는 일반 사용자가 임의로 수정할 수 없도록 유지되어야 하며, 반면에 견적작업 DB는 견적자의 필요에 따라 생성·조회·갱신·삭제할 수 있다.

시스템 유지 관리를 위한 중요 사항으로는, 우선 분류

- 6) 과거실적과 신규공사의 용량 차이를 말함.
- 7) 단위 단가, 단위 물량 등
- 8) 예로서, PBS 350: dust recycling system의 추가 시, 과거 실적자료 중 유사한 350 단위의 내역과 수량을 복사하여 표준단가를 곱하고 보정작업을 거친 후 신규작업 전체 DB에 추가 함.

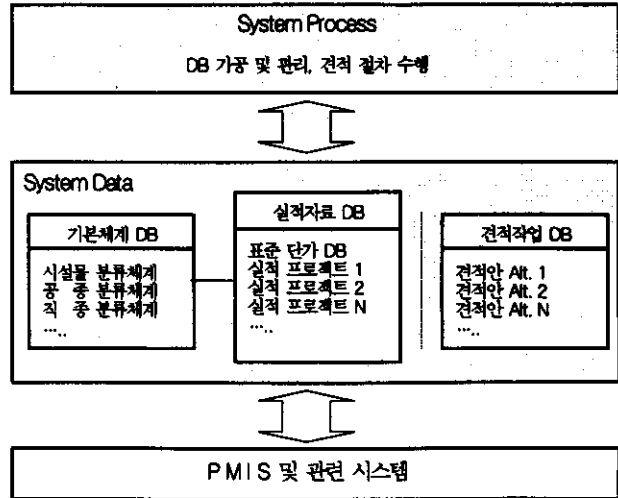


그림 6. 시스템 전산구조

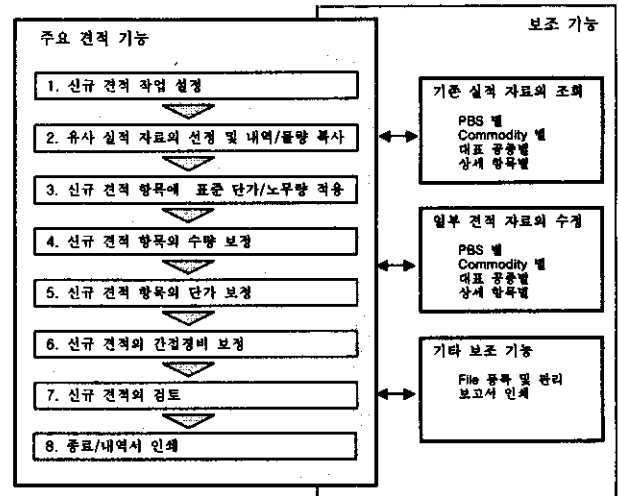
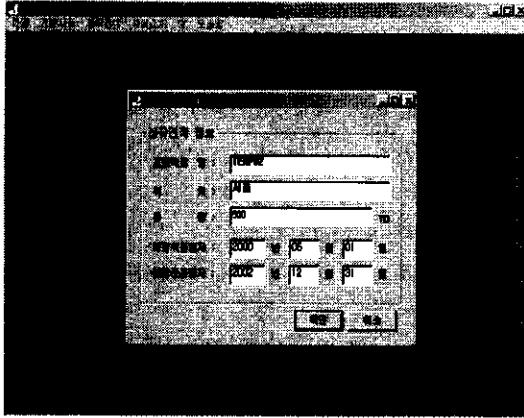


그림 7. 시스템 개략 견적 프로세스

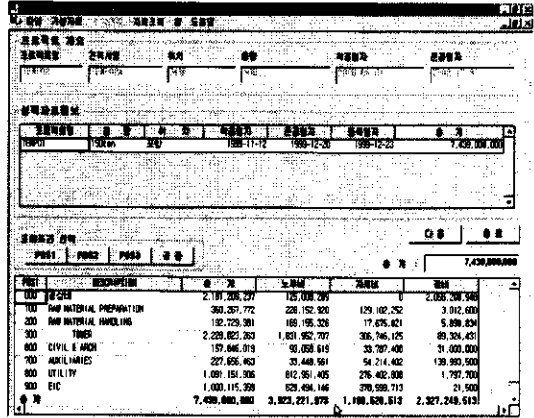
표 10. 자료 상세에 따른 시스템 개략견적 방법

자료 상세도	낮 음	보 통	높 음
주요 기법 (보조 기법)	비용 지수법 (변수 견적법)	변수 견적법 (비용 지수법)	상세 견적법 (변수 견적법)
수량/단가 수정 레벨	프로젝트 전체	PBS 별	항목별
견적 절차	<ul style="list-style-type: none"> <li>내역 복사</li> <li>단가 복사</li> <li>수량 보정</li> <li>단가 보정</li> <li>간접비 산정</li> <li>검토</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>내역 복사</li> <li>단가 복사</li> <li>수량 보정</li> <li>단가 보정</li> <li>간접비 산정</li> <li>검토</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>내역 복사</li> <li>단가 복사</li> <li>수량 보정</li> <li>단가 보정</li> <li>간접비 산정</li> <li>검토</li> </ul> <p>PBS 별 실적 조회 내역 복사 수량 보정 단가 보정 항목 별 실적 조회 내역 복사 수량 수정 단가 수정</p>

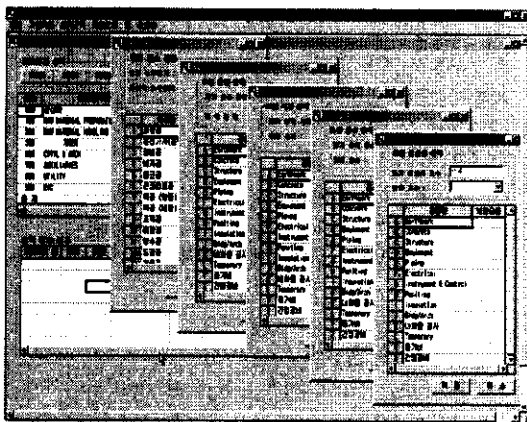




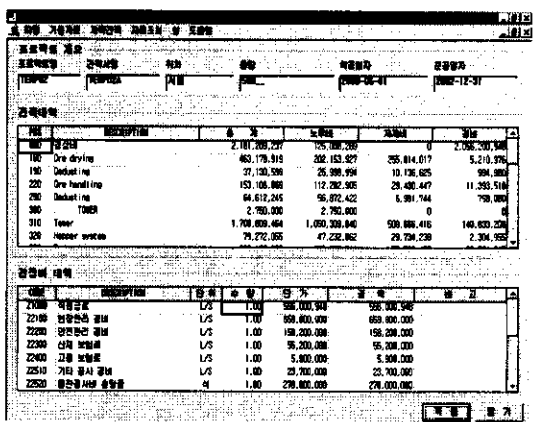
a) 신규 견적 정보 입력 화면



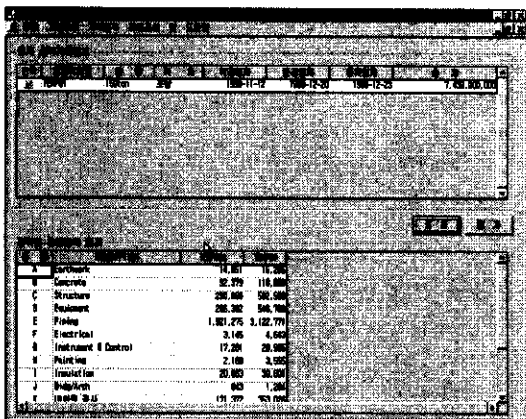
b) 실적 자료 선택 화면



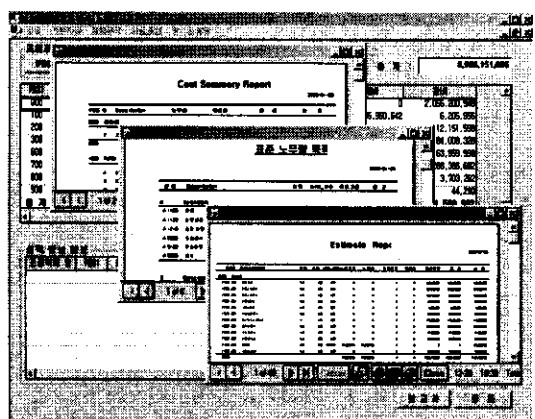
c) 노무단가 및 각종 보정작업 화면



d) 간접비 검토 화면



e) 과거 실적과 비교 검토 화면



f) 보고서 출력 화면

그림 8. 개략 시스템의 견적 절차

체계)의 코드는 해당 사업본부 또는 전사적으로 표준을 유지 관리하며, 수정 시에는 과거 실적자료 해당사항에 영향을 주는 요소에 대한 조치를 취하여야 한다. 실적자료는 준공 정산 시 승인된 내용만을 포함하며, 필요 시 진행 중인 현장의 실적자료를 사용하나 이는 임시등록하

9) PBS, 공중, 직중, 작업조 분류 등

고 작업종료 후 곧바로 삭제하여야 한다. 실적자료에 의한 표준 단가 DB는 노무비와 노무량의 경우에는 신규 실적자료 등록 시에만 갱신하여 유지하며, 자재비의 경우는 정기적으로 갱신한다. 이러한 갱신은 승인된 관리자에 의하여만 이루어진다. 마지막으로, 실적자료 수집, 등록, 삭제와 더불어 견적작업 진행에 대한 절차를 정의하여 관리하여야 한다.

## 6. 결 론

본 연구의 목적은 공사원가 실적자료 DB 구축과 실적 공사비를 기반으로 한 개략견적 시스템 개발이며, 제철설비 실적자료를 PBS별로 분개(分介)하고 표준단가를 작성하여 공사원가 DB를 작성하였다. 또한, 실적 공사 DB의 항목과 물량을 복사하여, 표준단가를 적용한 후, 물량 및 단가를 보정하는 개략견적의 프로토타입 시스템을 개발하였다.

개발된 시스템의 사용은 짧은 시간의 개략견적 작업을 요구하는 반면에, 표준단가를 반영한 상세 근거자료를 작성하며, 또한 개략견적의 노무비는 각 직종별 투입 노무량에 근거하여 작성되므로 전체 소요 노무량이 즉시 산출된다.

개략견적의 결과는 화면상 또는 보고서의 형태로서 시설(PBS)별 또는 공종별로 여러 단계에서 분석이 가능하며, 정보 상세도에 따라 보정, 수정, 기타 작업의 레벨을 달리 할 수 있다 (표 10).

### 6.1 연구의 기대효과

본 연구의 개략견적 시스템 활용을 통한 기대효과로서는 개략견적의 정확성 제고 및 견적시간 단축이 가능하다. 예로서, 현재 시범회사에서 약 3주일이 소요되는 개략견적 업무를 본 시스템 사용으로 약 2일간 완료할 수 있으며, 더욱이 짧은 시간에 작성한 견적 내역임에도 불구하고 표준 단가와 노무량 등의 활용을 통하여 정확성이 향상된다.

또한, 설계 이전의 개략 견적임에도 불구하고 객관적이며 검토 가능한 상세 내역을 포함함으로써 기획단계에서 대 발주자 또는 내부 관리자에게 신뢰할 수 있는 근거자료 제시가 가능하다. 즉, 다양한 발주방식의 확대에 따른 수주능력의 제고에 공헌할 수 있으므로, 최근 증가하고 있는 턴키계약, CM계약, 대안입찰계약 등 다양한 발주방식에 대비한 사업수행 능력 제고에 기여한다.

### 6.2 연구의 한계

본 연구의 한계점으로서 사업비의 범위에서 설계비, 설비비(기자재비), 금융비, 기타 간접비용은 제외하고 공사비만을 중심으로 하여 연구를 진행하였다는 점이다. 총사업비를 대상으로 한 개략견적과 이의 시간에 따른 비용분배와 사업성 검토 지원 기능을 향후 연구에서 추가할 예정이다. 보정계수 또한 공사비 위주로 고려하였으며, 이의 광범위한 자료 수집은 제외되었다.

또한, 본 연구의 시범사업은 신기술을 이용한 실험적 현장의 성격이 강하여 아직까지 관련자료가 부족한 상황이다. 이에 따라, 신속하고 정확한 개략견적을 위한 표준사업비 DB (가장 일반화된 용량 규모의 사업) 작성이 이루어지지 못하였으며, 견적결과의 기존자료에 대한 검증

도 실시하지 못하였다. 그러나, 실적자료를 작성하는 과정에서 이미 제안된 개략견적의 기법을 적용하였고, 이의 결과가 상당한 정확성을 갖는 것으로 판단된다.

실적사업비 DB 작성에서 중기비 비용이 각 항목별로 분개되지 못하였으며, 이는 소규모의 시범 프로젝트 성격에 기인한다. 향후, 대형 프로젝트 수행 시 중기의 투입 현황을 분석하여 실적자료 작성이 필요하다.

마지막으로, 본 연구에서 분류체계와 실적자료 작성은 제철설비에 국한되었다. 향후 활용의 확대를 위해서는 기타 분야의 프로젝트를 위한 일부 구조의 수정이 필요하다. 그럼에도 불구하고 본 연구의 프로토타입은 이러한 자료구조의 변경을 수용할 수 있는 체계를 구축하였다.

## 참고문헌

1. 건설교통부, 「공사실적자료에 의한 건설사업비 산정 시스템 개발에 관한 연구 보고서」, 건설교통부, 1999
2. 과학기술부, 「코스트 엔지니어링」, 과학기술부, 1994
3. 문지용, 정영수, 김예상, 「건설기업의 원가관리현황과 개선요소」 대한건축학회논문집, 16권, 3호, p.p. 77~83, 2000
4. 정영수, 박현석, 문지용, 「공정원가 통합관리 활성화 방안: 국내 현장 EVMS 적용 방안」, CERIK Working Paper No. 25, 한국건설산업연구원, 2000
5. 정영수, 「건설정보 분류체계의 표준화」, 건설산업동향 32호, 한국건설산업연구원, 1998
6. AACE, *Cost Engineers' Notebook*, AACE, 1995
7. Adrain, J. J., *Construction Estimation*, STIPES Publishing Company, 1993
8. Bode, J., *Neural Networks for Cost Estimation*, Cost Engineering, AACE, Vol. 40, No. 1, p.p. 25~30, 1998
9. Bradley, R. M. 외 2명, *Quantifying Variations in Project-Cost Estimates*, Journal of Management in Engineering, ASCE, Vol. 6, No. 1, p.p. 99~106, 1989
10. Ferry, D. J. and Brandon, P. S., *Cost Panning Building*, BSP Professional Book, 1991
11. Gould, F. E., *Managing the Construction Process*, Prentice Hall, 1997
12. Hegazy, T., and Ayed, A., *Neural Network Model for Parametric Cost Estimation of Highway Projects*, Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, Vol. 124, No. 3, p.p. 210~218, 1998
13. ISO, *Technical Report 14177 1st Edition*, International Organization for Standardization(ISO), Switzerland, 1994
14. Lee, H. S., *Automated Interactive Cost Estimating System For Reinforced Concrete Building Structures*, The University of Michigan, 1992
15. Smith, N. J., *Project Cost Estimating*, Thomas Telford, London, 1995
16. Peurifoy, R. L. and Oberlender, D., *Estimating Construction Costs*, McGraw-Hill, 1989
17. Yeh, I. C., *Quantity Estimating of Building with Logarithm-Neuron Networks*, Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, Vol. 124, No. 5, p.p. 374~380, 1998

(接受: 2000. 1. 20)