

RC라멘교의 기본설계단계 개략공사비 산정모델

The Conceptual Cost Estimate Model on Preliminary Design Phase for RC Rahmen Bridge

김 병 수*
Kim, Byung Soo

권 석 현**
Kwon, Suk Hyun

요 약

건설공사에 소요되는 공사비의 개략적인 산정은 건설프로젝트의 계획단계뿐만 아니라 기본설계단계에서 예산을 확정하기 위해서 필수적이다. 현재 국내의 개략공사비 산정모델은 단위길이당 단가 또는 단위면적당의 단가를 이용하여 계산하는 선형적인 단순 모델로써 오차율이 너무 큰 문제점이 있다. 본 연구에서는 과도한 오차율의 문제를 해결하기 위하여 RC라멘교의 특성을 고려하였으며 공사비의 변동특성에 따라 그룹핑(Grouping) 및 대표물량방식 그리고 합성단가를 사용한 모델을 개발하였다. 본 연구의 결과 실제 설계공사비와의 오차를 상당히 줄일 수 있었으며 따라서 발주처나 용역업체에서 RC라멘교의 예산을 산정하는데 기여할 것으로 기대한다.

키워드 : RC라멘교, 개략공사비산정모델, 오차율, 대표물량방식, 합성단가, 기본설계단계

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

현재 국내 도로공사의 개략공사비산정은 선형적인 분석방법 즉, 길이당 혹은 면적당 공사비를 예측하고 있는 실정이다. 이러한 공사비 추정방법은 각 공사의 변동적인 요소를 고려하지 않는 산정방법으로서 공사비 측정의 정확도에 어려움을 겪고 있다.

이러한 점을 보완하고자 RC라멘교만의 특성을 고려하여 모델을 고안하였고 기본설계단계에서의 가용한 정보가 무엇인지를 정확히 파악하여 그것들을 활용하여 정확한 공사비 예측을 하였다. 이러한 정보를 이용하여 대표공종을 도출하고 가용한 정보와 대표공종을 보다 효율적으로 분석함에 따라 공사비 오차를 최소화 할 수 있는 모델을 제안하였다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구의 범위는 건설시설물의 기획, 계획, 타당성조사, 기본

설계, 실시설계, 시공, 유지관리의 생애주기중 기본설계단계를 대상으로 개략공사비 산정모델을 제시하는 것으로 하며, 일반국도의 RC라멘교를 대상으로 한다.

연구의 방법으로는 기존의 개략견적기법을 조사하여 본 연구에 적합한 기법을 개발한 결과 대표공종방식을 바탕으로 하고 응용도구로서 회귀방정식을 이용하였다. 과거 공사비 자료수집은 2001년 이후 설계된 RC라멘교 43개에 대한 보고서, 내역서, 도면, 수량산출서를 수집, 활용하여 분석하였다.

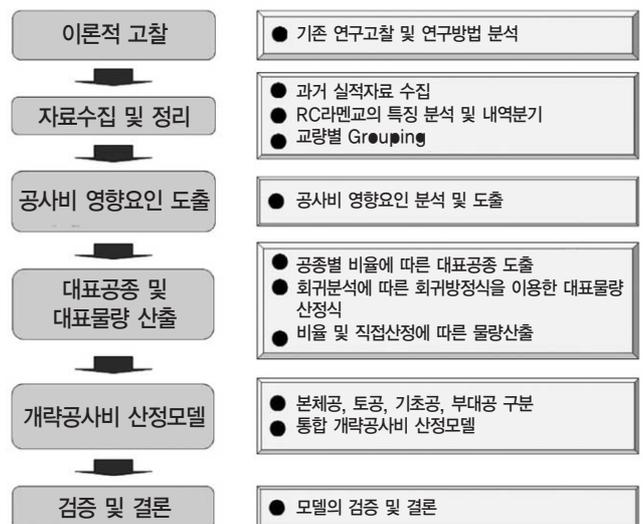


그림 1. 연구의 절차 및 방법

* 일반회원 · 경북대학교 이공대학 토목공학과 조교수, 기술사, 공학박사, bskim65@knu.ac.kr (교신저자)

** 일반회원 · (주)도명이엔씨 대표이사, 공학박사, ksh6407@chol.com

본 연구는 국토해양부 건설교통R&D정책인프라사업의 연구비지원(과제번호 : 06기반구축A03)에 의해 수행되었습니다.

또한 각 공종별 물량이나 비용이 전체 공사비와 어떤 상관관계를 보이는지 분석하기 위하여 공사비 내역을 분개하고 교량의 가설위치나 가설형태에 따른 그룹핑(Grouping)을 실시하였다.

공사비에 미치는 영향요인의 도출은 공사비에 대한 각 영향요인별 상관분석을 실시하였으며, 공사비 비중분석결과를 바탕으로 공사비 비중 및 중요도가 높은 항목을 대표공종으로 선정하였다. 개략공사비 산정모델은 각 대표공종별로 회귀방정식 또는 직접산정식, 철근비율, 기타요율을 사용하여 공종별 수량을 산정하고 이에 합성단가나 실적단가를 곱하는 대표물량방식으로 공사비를 추정하는 모델을 개발하였다. 그림 1은 본 연구의 절차와 방법을 나타내고 있다.

1.3 기존연구 고찰

기존연구에 대한 고찰을 해보면, 이유섭(2003)은 아파트공사를 대상으로 코스트 중요항목 분석을 통한 비용모델 지수를 제시하였으며, 우성권(2001)은 플랜트 공사용으로 용량, 시간, 지역, 생산성과 같은 공사비 영향요인을 보정계수 방법론을 이용하여 개략견적시스템을 구축하였으며, 박종현(2003)은 각 요소 시설별 공사비지수를 이용한 개략견적시스템을 재현하였다. 또한 현재 가장 널리 이용되고 있는 RC라멘교의 개략공사비산정 모델은 한국개발연구원(2004) 도로·철도부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완연구 보고서(제4판)가 있다.

한편 외국에서는 Hackney(1985)는 체크리스트 기반의 공사비 예측모델을 제시하고 기존에 수행된 30건의 프로젝트를 바탕으로 제시된 모델을 검증하였다. Oberlender(2001)는 67건의 건설공사자료를 수집하고 통계적 분석을 통하여 45개의 영향인자를 제시하고 이를 이용하여 다중회귀분석을 활용한 공사비 예측모델을 제시하였다.

그러나 기존연구들은 가설위치, 신설/확장, 노출/지중, 직교/사교 등과 같은 개별영향요인별 공사비 영향의 정도를 분석하는 것이 미흡하고 프로젝트 단위로 공사비를 추정할 수 있는 것이므로 개별 시설물의 특성을 반영한 개략견적모델로는 부적합한 것으로 조사되었다. 또한 현재 국내에서 가장 널리 사용되고 있는 모델인 예비타당성조사 표준지침(한국개발연구원, 2004)은 위에서 언급한 공사비 영향요인을 반영하지 않고 단위m 또는 단위m² 당 단가를 사용하여 오차율이 크기 때문에 신뢰성에 문제가 있는 것으로 조사되었다.

1.4 개략견적방법 고찰

사업초기에 적용가능한 개략견적방법은 비용지수법(cost indexes method), 비용용량법(cost capacity method), 계수견적법(factor estimating method), 변수견적법(parameter estimating method), 기본단가법(base unit price method)이 있다.

비용지수법은 기준이 되는 시간과 장소에서의 비용지수 값과 다른 시간과 장소에서의 비용지수 값에 대한 비율에 근거하여 비용정보를 조정하여 과거의 실적데이터를 개략공사비 추정에 이용하는 기법이다.

비용용량법은 기기(Equipment)의 용량(capacity), 규모(size), 혹은 사양(speculation)의 변화에 따른 비용(cost)의 차이 관계를 이용하는 것으로, 동일한 종류의 기기 혹은 산업용 시설물이 규모(혹은 용량)만을 달리할 때 그 비용에 대한 개략견적을 수행할 때 사용된다.

계수견적법은 하나의 비용요소가 다른 비용요소에 비해 현저하게 차이가 나는 사업에서 가장 적합한 방법이다. 정제(정련)시설, 주물(주조)시설 등이 계수견적법이 적용되는 대표적인 사업

표 1. 개략공사비 추정 기법의 적용 현황

구분	개략견적기법	주 응용도구	적용대상	용도	비고
사례 ①	비용용량법	회귀분석	골프장	예산추정	-92% 추정공사비
사례 ②	기본단가법	-	대형유통업체 점포	경제성 검토 초기투자비확보	-±3%예측 정확도
사례 ③	기본단가법	회귀분석	도로공사	사업비 예측	-3.3% 오차
사례 ④	변수견적법	수량개산법 조건대응법 비용가중치법 요율결정법	오피스건물	공사비 예측	-직접공사비의 4.7% 오차 -코딩시스템(Coding System) 사용
사례 ⑤	비용용량법 비용지수법	회귀분석	제철 플랜트	공사비 예측	-
사례 ⑥	기본단가법	회귀분석	도로공사	공사비 관리	-표준공사비 분석체계구축
사례 ⑦	비용지수법	관계형태데이터베이스	도로공사	공사비 추정	-7.5% 총공사비 오차
사례 ⑧	변수견적법	통계적 방법	도로공사(국도)	공사비 추정	-단계별 모델 사용
사례 ⑨	변수견적법	전문가의견을 통한 AHP분석	공동주택	공사비 예측	-오차율 4.14% -전문가의 지식활용

이다. 화학 플랜트의 경우 주요 장비의 생산용량과 관련 시설물의 규모 사이에 밀접한 관계가 있다. 이러한 관계를 이용하여 해당 시설물의 주요 장비비용을 기준으로 관련 공사비를 산출하는 방식이다.

변수견적법은 기 수행된 공사들의 실적데이터의 구성요소를 변수화하여 코드로 분류시키고 각 요소에 해당하는 공종별 공사비 자료 분석을 통해 얻어진 데이터를 이용하여 수행하고자 하는 프로젝트의 견적에 적용시켜 개략공사비 추정에 이용하는 기법으로 1개의 구성요소를 이용하는 기본단가법과는 차이가 있다. 변수견적법의 장점은 공사비 산출시, 변수 항목에 해당하는 수량만을 산출하고, 공종별 변수비용은 실적자료를 보유하고 있으면 가능하다는 것이다. 다시 말해서, 업무용 건물의 경우 공사비를 산출하는 데 필요한 수량자료는 오직 14개 항목으로 충분하다는 것이다.

기본단가법은 각 건설공사의 기본단위에 대한 비용자료, 예를 들어 건물 바닥의 단위면적, 건물의 단위체적 등에 근거하여 비용을 산출하는 것이다. 기본단위에 대한 비용은 이전의 유사한 건설공사들의 비용자료를 토대로 도출된 비용공식에 의거하여 계산된다. 비용공식은 제안된 건설공사에 대하여 상대적으로 정확한 기본단가를 얻기 위하여 몇몇의 관련된 속성에 근거하여 통계적인 추론에 의해서 발전될 수 있다. 이 경우에 가장 중요한 변수들과 이들의 비용에 미치는 영향을 결정하기 위하여 회귀분석과 같은 통계적인 기법이 될 수 있다.(허중혁, 2006)

표 1은 개략공사비추정기법의 적용현황을 정리한 것으로서 각 기법의 특징에 따라 적용대상과 용도가 달라짐을 알 수 있다. 본 연구에서 적용한 개략견적방법은 변수견적법과 기본단가법을 일부 응용한 것이지만 전혀 새로운 기법으로 공사비 내역서의 단위공종 중 공사비 비율이 큰 공종을 대표공종으로 하고 이 공종의 물량을 회귀방정식이나 직접산정식에 의해 산출하는 대표공종법으로서 대표공종의 단가는 개별공종의 합성단가와 단위공종당 실적단가를 이용하였다.

2. 기초자료 조사 및 분석

2.1 연구대상교량의 선정

본 연구의 대상이 되는 교량을 선정하기 위하여 대상선정기준으로서 범용성을 채택하였다. 우리나라 도로의 대부분은 고속국도와 일반국도로 나뉜다. 고속국도의 경우 한국도로공사의 자체 모델을 사용하고 있으므로 대상에서 제외하고 일반국도의 교량을 조사하였다. 일반국도의 교량을 조사한 결과 표 2 및 그림

표 2. 교량종류별 수량 및 점유율 현황

교량명	PSC Beam교	Steel Box 거더교	RC라멘교	Preflex교	IPC거더교
갯수	71	71	67	32	24
점유율	24%	24%	22%	11%	8%
교량명	RC박스교	PSC Slab교	PSC Box 거더교	합성형 라멘교	기타
갯수	6	3	3	2	18
점유율	2%	1%	1%	1%	6%

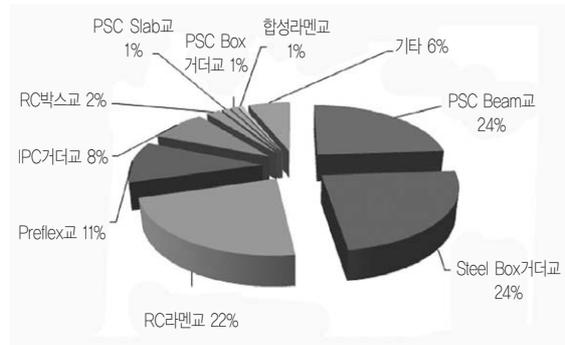


그림 2. 교량종류별 점유율 현황

2와 같이 PSC Beam교와 Steel Box 거더교 그리고 RC라멘교가 전체교량의 70%를 차지하는 것으로 나타났다.

그 중 PSC Beam교와 Steel Box 거더교는 타 연구기관에서 연구대상으로 선정하였으므로 본 연구는 RC라멘교를 대상으로 선정하였다.

참고로 본 연구과제는 국토해양부의 건설교통R&D정책인프라사업 중 건설공사 적정공사비 산정 및 관리시스템 구축 연구단의 한 과제로서 본 연구에서 담당하고 있는 과제는 도로구조물(RC교량) 공사비산정모델 및 기준개발이다.

2.2 RC라멘교의 특징

RC라멘교의 특징을 살펴보면 PSC Beam교량이나 Steel Box 거더교량과는 다르게 폭대비 교량의 길이가 매우 짧은 편이며 길이나 폭에 비해 높이가 상대적으로 높다는 특징이 있다. 또한

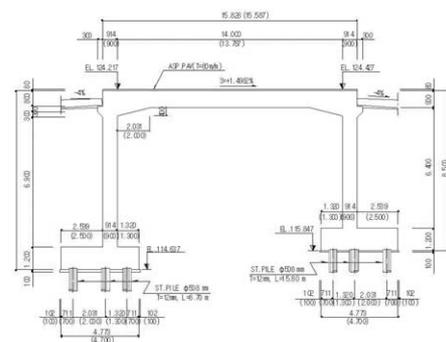


그림 3. RC라멘교의 형태

상부 구조와 하부구조를 따로 나누지 않는 일체형식으로 되어있기 때문에 개략공사비 모델링시 상부구조와 하부구조로 나누지 않고 일체형인 본체공으로 모델링한다. 그리고 공사비가 작은 소규모이므로 공사비 영향인자에 의한 민감도가 아주 높은 것으로 나타났다.

2.3 Grouping

RC라멘교의 경우 공사비특성을 분석하기 위하여 유사한 공사비특성을 나타내는 그룹별로 Grouping을 실시하였다. 그룹핑 결과 그림 4에서와 같이 노출사교가 27개 교량으로서 가장 많고 노출직교가 11개 교량, 지중사교가 4개 교량, 지중직교가 1개 교량으로 나타났다. 4가지 형태(type) 모두 모델링을 하여야 하나 자료수집의 어려움으로 우선 가장 많은 자료를 확보한 노출사교(27개 교량)를 대상으로 개략공사비 산정모델을 구축하였다.

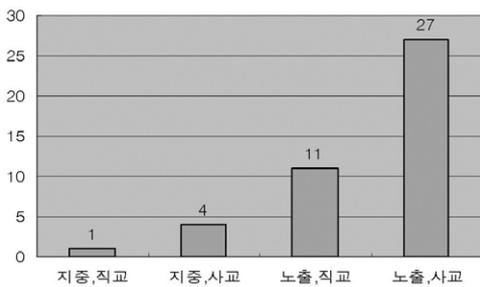


그림 4. RC라멘교의 grouping 결과

2.4 국내의 개략공사비 산정방법

국내의 경우 개략공사비 산정에 활용할 수 있는 지침으로 「도로·철도 부문사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완연구(제4판)」(한국개발연구원, 2004)와 「한국도로공사 고속도로 건설 평균단가」 그리고 「공공교통시설개발사업에 관한 투자평가지침」(건설교통부, 2004)이 있다. 표 3의 예비타당성조사 표준

표 3.교량형식에 따른 교량구간 표준공사비(예비타당성조사지침)

(단위: 천원)

구분		왕복2차로		왕복4차로		왕복6차로		왕복8차로	
		m당	m2당	m당	m2당	m당	m2당	m당	m2당
Slab	RC	10,051	1,546	33,955	1,750	47,466	1,505	61,028	1,576
	PC	20,680	1,466	35,081	1,378	47,957	1,522	62,151	1,605
PSC Beam		18,802	1,275	26,839	1,080	42,396	1,227	48,708	1,041
PSC Box	ILM	28,706	2,036	38,704	1,574	66,916	2,124	86,098	2,224
	FCM	44,500	3,156	68,552	3,105	104,032	3,302	134,947	3,486
	MSS	28,210	1,999	47,844	1,968	56,842	1,804	86,098	2,224
	FSM	26,430	1,873	43,941	1,807	61,560	1,854	79,073	2,041
ST_Box		20,421	1,723	41,271	1,681	54,456	1,729	61,196	1,533
ST_Plate		31,527	2,236	52,405	2,052	73,610	2,337	94,352	2,437
R.C Rahmen		34,822	1,850	44,199	1,689	50,841	1,578	55,501	1,330

주: 상기값은 고속도로를 기준으로 한 금액으로 국도적용시에는 폭원에 비례하여 적용

지침과 고속도로 건설 평균단가는 도로부문사업의 비용추정방법, 항목, 평균단가 등에 대하여 고속도로 공사를 대상으로 과거 실적자료를 활용하여 추정하고 있으며 국도 적용 시에는 도로폭원에 비례하여 적용하고 있다.

또한 표 4의 투자평가지침은 최근 2년 내 완료한 동일등급의 유사도로 실시설계 2건 이상의 단위공사비 평균치를 사용하고 있다. 이 지침들은 모두 설계단계 이전의 개략공사비산정에 활용되고 있으며 교량의 경우 과거 공사비자료를 평균하여 기반단가(Base Unit Price)를 제시함으로써 개략공사비산정에 활용하도록 하고 있으며, 도로일반구간은 공종별 개략적인 수량산출을 통해 활용할 수 있도록 평균단가를 제시하고 있다.

그러나 현재의 지침들에서 제시하고 있는 표준단가 및 공사비산정시스템은 고속도로를 기준으로 하고 국도 적용 시에는 폭원에 비례하여 적용하고 있으며, 표본의 수도 적고 공사비에 영향을 미치는 요인 즉, 교량의 형식, 폭원, 높이, 기초지반, 가설위치, 사업종류 등에 대한 고려가 미흡하고, 공사비표준단가의 갱신지연, 사업의 종류에 따라 추정공사비의 신뢰성 및 검증이 미비하며, 많은 시간과 자원이 투입되는 단점이 있어 신속한 의사결정과 신뢰성 있는 공사비산정에 한계를 노출하고 있다.

표 4. 교량구간 공사비 기준단가(투자평가지침)

구분	교량유형	기준단가(천원/m)
고속도로	Slab 교	35,303
	PC Beam 교	34,740
	PC Box 교	52,375
	Steel Box 교	56,213
국도	Slab 교	34,000
	PC Beam 교	32,000
	PC Box 교	49,000
	Steel Box 교	54,000

2.5 외국의 개략공사비 산정방법

미국의 경우 주별로 다른 관습체계 및 법규 등으로 인하여 주 정부, 연방정부, 연방정부의 산하 지방관마다 나뉘는 개략공사

비 산정체계를 가지고 있다. 먼저 미국공병단의 개략공사비 산정방법은 최근의 입찰단가(Current Bid Unit Cost)를 주요 실적자료로 사용하여 인접지역내 유사사업의 단가를 도출하여 건설기간과 물가상승 등을 고려하여 수정을 거치고 최종적으로 적산기술자의 경험과 판단에 의해 적절하게 수정하여 확정한다.

캘리포니아 도로국에서는 사업내용에 있어서 고비용요소(High Cost Item)가 있는가를 확인하고 다음단계의 사업비 산정을 위해서 잘 분류된 표준사업비 예산산정양식(Standard Cost Estimate Format)을 이용하여 공사비를 작성하고 각 항목의 예측불가능한 부분에 대하여 예비비를 별도로 산정함으로써 제한된 정보의 문제를 상쇄시킨다. 직접비의 산정에 있어서 과거 입찰된 실적공사비를 사용하는 방법과 생산원가비율을 분석한 가격자료를 사용하는 방법을 개별적으로 또는 혼용하기도 한다. 텍사스도로국은 사업비 산정을 위한 모든 정보를 주정부가 관장하는 건설정보시스템인 설계 및 시공정보시스템(Design and Construction Information System)에 입력하여 활용한다. 단가결정은 경험과 과거의 실적추세를 기반으로 통계적 수치와 정보 그리고 적산기술자의 지식과 경험을 통해 이루어진다.(재정경제부, 2005)

영국의 경우 입찰전 예산을 산정하는데 있어 부위별 공사비계획(Elemental Cost Planning)에 근거한 설계단계의 공사비관리기법을 활용하고 있다. 이 방법은 설계의 의사결정이 부위별로 이루어지기 때문에 부위별 실적데이터의 구축 및 활용이 뒷받침되고 있다.

이러한 부위별 공사비 데이터베이스(Database)를 바탕으로 시간, 물량, 품질 등에 대한각종 지수 및 전문가적 판단을 통한 보정작업을 통해 조정하고 이에 따라 과거 실적데이터로부터 비

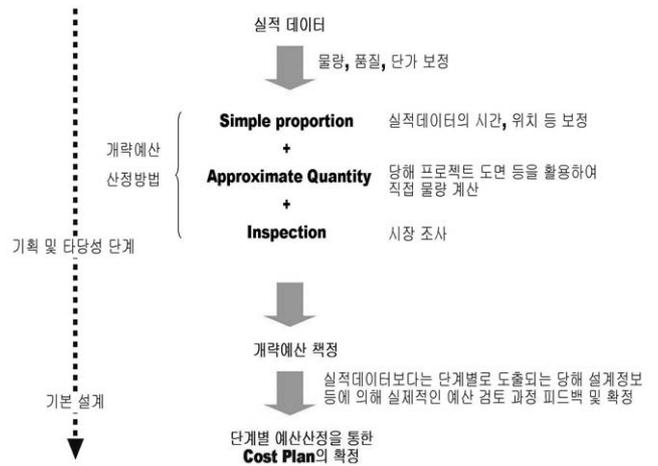


그림 5. 프로젝트 초기단계에서 실적데이터 활용을 통한 개략예산 산정의 개념

율에 의해 물량 혹은 비용을 산정하는 방법, 도면에 기초하여 개략물량을 산정하는 방법, 시장조사 등을 통해 예산을 책정하는 방법 등을 사용하여 개략공사비를 산정한다.(그림 5 참조)

외국의 개략공사비 산정방법은 과거의 실적자료를 기반으로 실적데이터의 시간, 위치 등의 보정을 거치고 적산전문가의 경험과 지식을 통해 수정됨을 알 수 있다. 여기에 각 항목의 예측 불가능한 부분에 대하여 예비비를 별도로 산정함으로써 제한된 정보의 문제를 상쇄시킨다.

2.5 기본설계단계 공사비 가용정보

기본설계단계에서의 공사비관련 가용정보를 알아보기 위해서 표 5(김경주, 2007)와 같이 일반적인 사업수행단계별 사업비 예

표 5. 사업수행단계별 사업비예측 프로세스 분석

수행단계	기획 및 타당성조사단계	설계단계		
		계획설계(~30%)	기본설계(30%~60%)	실시설계(60%~)
주요업무내용	<ul style="list-style-type: none"> 대상사업선정 현황조사 및 수요예측 노선대안 및 차로수검토 경제성분석 	<ul style="list-style-type: none"> 최적노선선정 교통수용분석/예측 구조물위치 형식선정 노선축량/토질조사 VE/LCC 	<ul style="list-style-type: none"> 선형 및 포장설계 세부교통분석 구조물기본설계 토질시험 VE/LCC 	<ul style="list-style-type: none"> 공중별세부설계 공사비 및 보상비산출 경제성분석 설계도서작성 VE/LCC
공사비관련의사 결정수준	의사결정목적	<ul style="list-style-type: none"> 최적노선선정 구조물위치/형식선정 	<ul style="list-style-type: none"> 구조물기본설계 토공계획 	<ul style="list-style-type: none"> 공중별세부사항설계 최종공사비결정
	공사비산정에 필요한 정보	<ul style="list-style-type: none"> 구간별공사비 시공성, 지장물현황 환경영향 사업추진방식 	<ul style="list-style-type: none"> 구간별공사비 시공성, 지장물현황 환경영향/가설공법 구조물위치/형식적절성 	<ul style="list-style-type: none"> 평면/중단/교차로선형 포장재료별공사비 설계기준 가설공법별 공사비
개산건적모델	<ul style="list-style-type: none"> 예타표준지침단가 공공투자평가지침단가 한국도로공사평균단가 유사사업통계데이터 	<ul style="list-style-type: none"> 공공투자평가지침단가 한국도로공사평균단가 유사사업통계데이터 	<ul style="list-style-type: none"> 한국도로공사평균단가 유사사업통계데이터 	<ul style="list-style-type: none"> 주요공종 기초물량 산정방법 표준품셈/실적단가
개산건적활용목적	<ul style="list-style-type: none"> 사업비추정 	<ul style="list-style-type: none"> 대안노선별 공사비추정 구조물별개략공사비추정 	<ul style="list-style-type: none"> 구조물별개략공사비추정 	<ul style="list-style-type: none"> 공사예정가격추정

측 프로세스를 분석하였다. 기본설계단계에서의 구조물과 관련한 주요업무내용은 구조물의 기본설계를 하는 것이다. 경제성을 분석하기 위해서는 개산견적모델을 사용하여 공사비를 추정하여야 하는데 이 단계에서 필요한 공사비정보는 가설공법별 공사비이다. 구조물공사비를 산정하기 위해서는 각 공종별 수량을 집계하여 공사비를 산정하여야 하나 개별수량은 공종별 세부설계단계인 실시설계가 완료되어야 하므로 수량집계방식은 적용할 수 없고 구조물별 평균단가를 이용하는 개산견적모델방식이 적용되어야 한다. 각 단계별 업무내용에 따라 가용정보를 분석해 본 결과 기본설계단계에서의 가용정보는 극히 제한적이라고 할 수 있다. 기초형식과 관련하여 토질조사는 기본설계단계에서 실시되나 개략적인 수준에 지나지 않고 옹벽의 유무 등도 결정되지 않는 수준이다. 따라서 기본설계단계에서의 가용한 정보는 설계관련 전문가와의 인터뷰조사결과 구조물본체의 개략적인 모양과 차로수, 교량의 형태(직교/사교), 가설상태(지중/노출) 정도로 정의할 수 있는 것으로 나타났다.

3. 대표공종 도출 및 단가산출

3.1 대표공종 도출과정 및 기준

본 연구를 위해 수집된 43개의 교량의 대표공종 중 본체공은 총 15개의 대표공종 중 공사비 비중이 큰 7개 공종을 대표공종으로 선정하였으며 본체공에 대한 각 대표공종의 공사비 비율은 표 6과 같다.

표 6에서 알 수 있듯이 비계를 포함한 7개의 대표공종의 적용범위(coverage)가 약 95.38%정도로 본체공 총공사비에 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다. 기타공종은 운반비를 포함하여 아스팔트방수, 스티로폼, 자재대(시멘트), 스페이서 설치 등으로 본체공에서 차지하는 비율이 아주 작은(4.62%) 기타공종으로 분류하였다. 본체공에 대한 대표공종 적용범위(coverage)는 그림 6과 같다.

표 6. 본체공 공사비 공종별 금액비율

공종	비율(%)	공종	비율(%)
철근	23.68	거푸집	10.91
철근가공조립	20.77	콘크리트타설	5.18
레미콘	18.78	비계	2.28
동바리	13.78	기타	4.62

토공은 그림 7과 같이 구조물터파기, 되메우기, 뒷채움이 전체 토공의 96.90%를 차지하고 앞성토, 면정리, 물푸기공 등 기타공종이 3.10%로 나타났다. 따라서 토공의 대표공종은 공사비 비중이 큰 3개 공종으로 선정하였다.

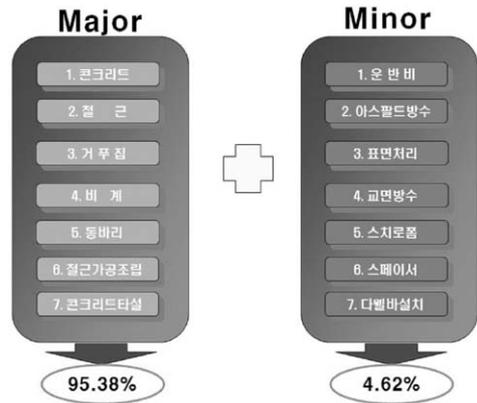


그림 6. 본체공의 대표공종 coverage

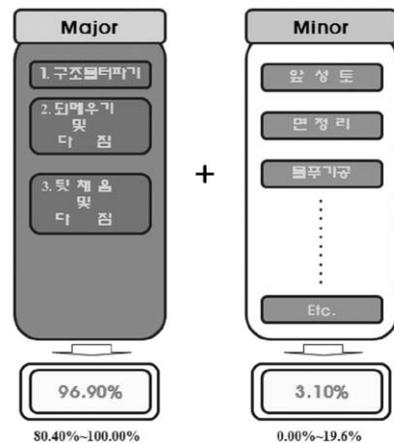


그림 7. 토공의 대표공종 coverage

3.2 대표공종의 물량 및 단가 산출체계

1) 대표공종별 물량산출방법

표 7. 대표공종의 대표물량산출방법

대표공종	대표물량산출방법
1.철근	콘크리트 단위수량당 철근비 이용
2.철근가공조립	콘크리트 단위수량당 철근가공조립비율 이용
3.레미콘	실레미콘수량과 실제적과의 상관분석 실시후 회귀방정식 이용
4.동바리	세가지 타입별로 분류, 각 타입별에 따른 산정식 도출후 식을 이용한 물량 산정
5.거푸집	실거푸집 수량과 추정식에 의한 수량의 상관분석 실시후 회귀방정식 이용
6.콘크리트타설	실콘크리트타설수량과 실제적과의 상관분석 실시 후 회귀방정식 이용
7.비계	본체공 대비 공사비 비율(2.28%) 적용
8.구조물터파기	교량기초의 평균단면적을 이용하여 굴착심도를 곱해서 물량산출
9.되메우기	구조물터파기 물량에서 기초체적을 제하여 산출
10.뒷채움	뒷채움 평균단면적에 굴착깊이를 곱해서 산출
11.강관pile공	기초깊이당 말뚝 분수

본체공 및 토공의 10가지의 대표공종을 선정 후 각 대표공종의 특성에 맞는 상관분석을 실시하여 회귀방정식 혹은 산정식을 이용하여 표 7과 같은 방법으로 물량을 산출하였다. 다만

비계공은 가용한 정보를 바탕으로 비계의 수량을 정확히 예측하기 어렵기 때문에 본체공 대비 비율을 곱해서 산출하는 방법을 사용하였으며, 부대공의 경우 교량마다의 변수가 심하고 총공사비 중 부대공이 차지하는 공사비비율이 작은 것을 감안하여 평균요율(9.06%)를 적용하였다. 기초공의 경우도 강관 파일공을 대표공종으로 선정하여 기초 깊이가 당 말뚝본수를 이용하여 기초공 공사비를 추정하였다.

2) 합성단가 및 실적단가 산출방법 및 적용

거푸집, 철근, 철근가공조립, 레미콘, 콘크리트타설은 그림 8과 같이 규격별 수량과 단가를 모두 합산하여 평균단가개념인 합성단가를 사용하고 나머지 공종은 개별공종의 실적단가를 적용하는 것으로 하였다.

여기서 만들어진 단가자료는 단가 데이터베이스에 저장되어 매달 발표되는 공사비지수(Construction Cost Index)(일반통계 승인번호 제 39701호)와 연동되어 시간의 차이를 보정하도록 하였다.

공종명	규격	쌍암교	
		수량	금액
3,03 거푸집			
a 합판거푸집			
a-1 합판 3회	(0~7M)	1073	25465
a-2 합판 3회	(7~10M)	329	8441
a-3 합판 3회	(10~13M)		
b 합판거푸집 4회	(0~7M)	171	3462
c 합판거푸집 6회	(0~7M)	20	329
d 무늬거푸집			
d-1 무늬거푸집	(0~7M)	258	6902
d-2 무늬거푸집	(7~10M)	50	1419
d-1 무늬거푸집	(10~13M)		
e 원형거푸집	(목재3회, 0~7M)	15	758
e 원형거푸집	(목재3회, 7~10M)		
e 원형거푸집	(목재3회, 10~13M)		
e 원형거푸집	(코팅3회, 0~7M)		
합계	(단위 : 천원)	1,916	46,803

그림 8. 합성단가의 예(거푸집)

(예) 거푸집합성단가 = 거푸집총금액 / 거푸집 총수량
 = 46,830천원 / 1,916 = 24,441(원)

4. 기본설계단계 공사비 산정모델

4.1 적용목적 및 입력정보의 수준 및 내용

개략공사비 산정모델의 적용목적은 발주처나 용역회사, 혹은 건설업자 등 도로공사를 함에 있어서 구조물(RC라멘)의 예산집행 또는 적정성 문제, 타당성에 대한 검토시간과 노력을 절감시키고 보다 정확하고 정밀하게 검토를 하여 보다 효율적으로 활용하고자 함에 있다.

이 모델의 적용시점은 설계단계 중에서 기본설계 단계로서 가용한 정보의 양이 상세하지는 않지만 어느 정도의 정보를 알 수 있는 단계로서 입력정보인 교량의 폭원, 높이, 연장, 부재의 두께, 심도, 기초길이, 기초높이 등 주로 구조물의 사이즈에 대한 정보를 얻을 수 있는 단계로 정하였다. 그 외 사용자의 입력정보로는 교량의 차로수, 교량의 형태(직교/사교), 가설상태(지중/노출), 파일길이 등이 필요하다.

4.2 개략공사비 산정모델

기본설계단계에서 제한된 정보를 이용하여 RC라멘교의 개략공사비를 산정할 수 있는 모델을 제시하면 그림 9와 같다. 그림 9는 2장과 3장에서 제시한 모델링 방법론에 따라 교량을 2개의 모듈(module)에서 공사비를 산정할 수 있는 구조로 구성되어 있다. module1은 본체공이며 module2는 토공 및 기초공, 부대공으로 구성하였다.

사용자가 기본적인 입력자료를 입력하면 대표물량과 단가 데이터베이스가 자동으로 계산되어 저서 전체 공사비가 산정되는 구조로 되어 있다. 단가 데이터베이스에는 공사비지수를 이용하여 현재의 단가로 보정된 자료가 제공될 수 있도록 하여 항상 최신공사비가 산정되도록 하였다.

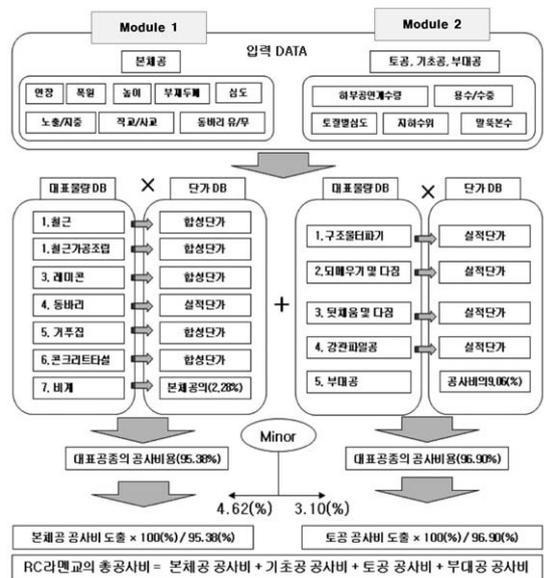


그림 9. RC라멘교의 개략공사비 산정모델

본체공의 개략공사비 산출방법 및 산출식은 표 8과 같으며 module1의 프로세스를 통해 진행된다. 각 대표공종의 물량산출 방법은 회귀식과 개별 산정식에 의해 산출되는데 동바리는 강관 동바리, 목재동바리, 강재동바리가 현장여건에 따라 조합되는 방법에 의해 달라지므로 표 9와 같은 산정식으로 계산된다.

본체공에는 날개벽과 접속슬라브가 포함되며 날개벽의 경우 형태와 크기가 일정하지 않기 때문에 특별한 규칙을 찾을 수 없었다. 접속슬라브의 경우는 교량의 폭에 어느 정도 비례하지만 본체공 물량의 10% 정도를 차지하므로 날개벽과 함께 전체교량의 평균물량을 구해서 본체공에 더해주는 방식을 채택하였다.

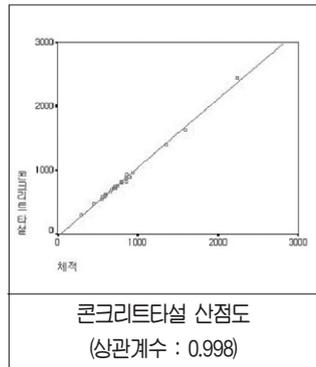
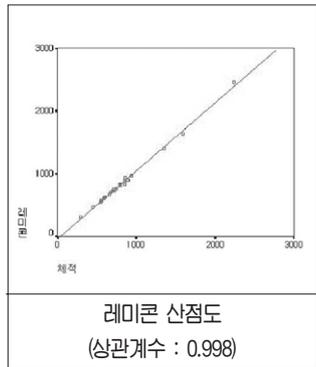
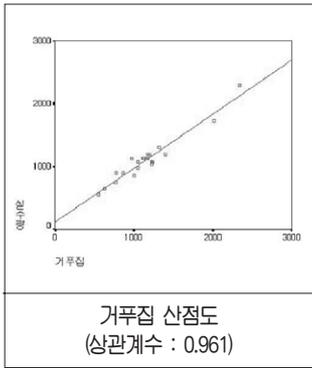


그림 10. 대표공종의 산점도

회귀식은 노출/사교 27개 교량을 바탕으로 교량의 체적(X)을 기반(base)으로 산출되도록 되어 있으며 거푸집, 레이콘, 콘크리트타설 물량이 여기에 해당된다. 철근과 철근가공조립은 콘크리트물량 대비 각각의 비율에 의해 산출되도록 구성되어 있다. 그림 10은 회귀식 산정을 위한 산점도와 상관관계를 나타낸 그림으로 체적을 기반으로 하는 것과 상관계수가 높게 나타나는 것을 알 수 있다. 토공은 기초의 평균단면적을 기반(base)으로 하여 심도를 입력하면 물량이 자동산출되고 여기에 건설기술연구원에서 발표하는 실적단가를 이용하여 공사비가 산정되도록 구성하였다. 기초공은 강관과일이 있는 경우 사용자의 선택에 의해서 말뚝의 길이와 본수가 결정되고 부대공은 토공공사비의 9.06%를 적용하여 계산되도록 구성하였다.

표 8. 본체공 개략공사비산출방법 및 산출식

대표공종	물량산출방법	단가	공사비산출방법
거푸집	회귀식 $Y=1,072X-28,355$	합성단가 (24,294)	물량×단가
레이콘	회귀식 $Y=1,085X-39,823$	합성단가 (474,333)	물량×단가
콘크리트타설	회귀식 $Y=1,074X-39,429$	합성단가 (15,261)	물량×단가
철근	철근/콘크리트타설(0.1399)	합성단가 (474,333)	물량×단가
철근가공조립	철근가공조립/ 콘크리트타설(0.1340)	합성단가 (507,409)	물량×단가
비계	본체공 공사비 × 2.28%		
동바리*	산정식 A,B,C	실적단가	물량×단가
minor공종	본체공 공사비 × 4.62%		

표 9. 동바리 물량산출방법 및 산정식

동바리	산정식
산정식 A	강관=(연장-두께)×(높이-심도)×폭원+(0.3×폭 원×(높이-심도-0.3))×2
산정식 B	강관=(연장-두께-8)×(높이-심도)×폭원+(0.3×폭 원×(높이-심도-0.3))×2 목재=8×폭원×(높이-심도-4)
산정식 C	강관=(연장-두께-8)×(높이-심도)×폭원+(0.3×폭 원×(높이-심도-0.3))×2 목재=8×폭원×(높이-심도-4) 강재=폭원

표 10. 토공 개략공사비 산출방법 및 산출식

대표공종	물량산출방법	단가	공사비산출방법
1.구조물터파기	평균단면적×심도	실적단가	체적물량×단가
a-1육상토사	평균단면적×심도	실적단가	체적물량×단가
a-2육상리핑암	평균단면적×심도	실적단가	체적물량×단가
a-3육상발파암	평균단면적×심도	실적단가	체적물량×단가
b-1용수토사	평균단면적×심도	실적단가	체적물량×단가
b-2용수리핑암	평균단면적×심도	실적단가	체적물량×단가
b-3용수발파암	평균단면적×심도	실적단가	체적물량×단가
2.되메우기 및 다짐	구조물터파기-콘크리트체적	실적단가	체적물량×단가
3.뒷채움 및 다짐	뒷채움평균단면적×길이	실적단가	체적물량×단가
monir공종	대표공종 직접공사비 × 8.82%		

5. 모델의 검증

5.1 검증방법 및 검증용 교량의 정보

모델의 검증방법은 1경간 노출/사교를 비교대상으로 선정하여 모델에서 산정한 공사비를 설계공사비와 비교하였고, 현재 국토해양부에서 제시하고 있는 투자평가지침과, 한국도로공사에서 사용하고 있는 예비타당성 조사지침을 실제공사비와 함께 비교하였다. 검증용 교량의 기본정보는 표 11과 같다.

표 11. 검증용 교량의 기본정보

교량정보	용호석교	쌍암1교	쌍암2교	황강교	가오교
교량형식	RC라멘	RC라멘	RC라멘	RC라멘	RC라멘
사업구간	금산IC도계	순창윤암	순창윤암	양구남면	양구남면
직교/사교	사교	사교	사교	사교	사교
경간수	1	1	1	1	1
노출/지중	노출	노출	노출	노출	노출
기초형식	말뚝기초	말뚝기초	말뚝기초	직접기초	직접기초
설계 준공년도	2003년 5월	2004년 7월	2004년 7월	2004년 11월	2004년 11월

5.2 검증결과

본 연구에서 제안하고 있는 모델안(-9.5%~6.3%)은 투자평가 지침의 오차범위(-40%~3%)와 예비타당성 조사지침의 오차범위(-47%~24%)보다 비교적 정확한 공사비를 추정할 수 있는 것으로 나타났다. 이러한 결과가 나타난 이유는 투자평가지침과 예비타당성조사지침의 경우 공사비 영향요인을 감안하지 않은 단순단가방식 즉 m당 혹은 m²당 단가를 사용함으로써 오차범위가 크게 나타났고 본 연구의 모델안은 영향요인을 감안하였기 때문에 오차범위가 적게 나타난 것으로 판단된다.

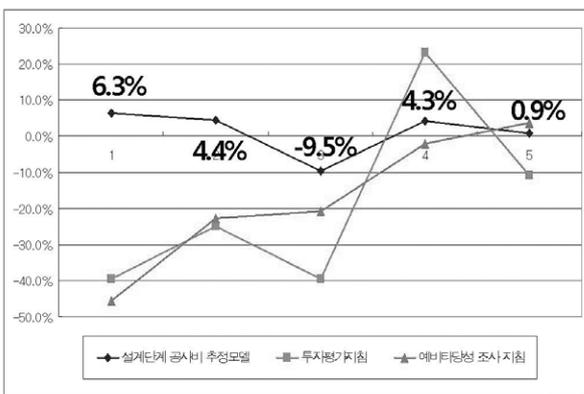


그림 11. 모델의 검증결과

6. 결론

본 연구는 RC라멘교의 특징을 최대한 고려하였으며, 기본설계 단계에서 가용한 정보를 도출하고 개략견적방법론의 고찰을 통해 공사비예측의 정확성을 향상시킬 수 있는 방법론으로서 대표공종 물량, 회귀방정식, 합성단가, 공사비지수 등을 적절히 조합함으로써 기본설계단계의 개략공사비 산정모델을 개발하였다. 본 연구에서 제시한 개략공사비 산정모델의 검증결과 기존의 모델에 비해 오차율이 크게 개선된 것으로 나타났다. 향후 본 논문에서 제외된 3가지 그룹(Group)에 대한 모델과 지역에 따라 달라지는 단가보정 등을 추가 연구하여 정밀도를 향상시킬 필요가 있다.

- 김병수(2007), “RC라멘교 영향인자별 공사비변동 현황 분석”, 대한토목학회 제27권 제6D호 pp.750
- 박중현·배진·이태식(2002), “도로공사용 공사비 지수의 개발”, 대한토목학회, 제22권 제4-D호, pp.707~719
- 박중현·이태식(2003), “복합시설물로 구성된 단일공사의 공사비추정방법 개발”, 대한토목학회, 제23권 제1D호, pp.69~78
- 박중현·이태식(2002), “설계단계별 도로공사 공사비산출모델 개발”, 대한토목학회, 제22권 제1-D호, pp.103~112
- 우성권·정영수(2001), “공사실적자료를 이용한 개략견적시스템의 보정계수 Database 구축 및 활용사례”, 대한토목학회, 제21권 제5-D호, pp.695~702
- 이유섭(2003), “코스트중요항목 분석을 통한 공사비 예측모델 연구”, 한국건설관리학회논문집 제4권 제4호 pp.212~219
- 재정경제부(2005), “최근 외국의 입낙찰제도 운용현황 및 우리나라 입낙찰제도 개선방안 연구”
- 한국개발연구원(2004), “도로·철도부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 수정.보완연구보고서(제 4판)”
- 한승헌·김형관·곽수남·김두연·박정준(2007), “사례기반추론을 활용한 사업초기 도로공사비 예측모델”, 건설교통 R&D 성과포럼 논문집, pp.124~128
- 허중혁(2006), “개략공사비 추정기법의 현황분석”, 중앙대학교 건설환경공학과 학사학위논문, pp.9~24
- Hackney, J. W.(1985), “Applied Contingency Analysis”, Trans., Am. Assoc. of Cost Engrs.
- http://www.kict.re.kr/자료실
- Oberlender, G. D., and Trost, M.,(2001), “Predicting Accuracy Early Cost Estimates Based on Estimate Quality”, J. Constr. Engrg. and Mgmt., 127(3), pp.173~182

논문제출일: 2008.09.25

심사완료일: 2008.11.26

참고문헌

- 건설교통부(2004), “공공교통시설개발 사업에 관한 투자평가지침”
- 김경주·김경민·임원석·허중혁(2007), “사업수 행단계별 교량공사 개략공사비 산정모델 Framework 개발”, 건설교통 R&D 성과포럼 논문집, pp.120~123

Abstract

The conceptual cost estimation used the construction project needs for confirm budget not only at the planning phase but also at the preliminary design phase of the construction project. Present, the conceptual cost estimation model have problems the rate of error is very large because the linear simple model calculate by use the cost of the unit meter or the unit square. This study development the model used grouping and the key quantity method, the mixed unit cost for solve problem of the very large rate of error. The result of this study reduced difference of between the real design construction cost therefor it expect that contribute to the client or the service company estimate budget of RC rahmen bridge.

Keywords : RC rahmen bridge, the conceptual cost estimation model, the rate of error, the key quantity method, the mixed unit cost, the preliminary design phase
