사례기반추론 기법을 이용한 교량 공사비 추론 모형 구축

Development of an Approximate Cost Estimating Model for Bridge Construction Project using CBR Method

김민지* 문현석** 강인석***
Kim, Min-Ji Moon, Hyoun-Seok Kang, Leen-Seok

Abstract

The aim of this study is to present a prediction model of construction cost for a bridge that has a high reliability using historical data from the planning phase based on a CBR (Case-Based Reasoning) method in order to overcome limitations of existing construction cost prediction methods, which is linearly estimated. To do this, a reasoning model of bridge construction cost by a spreadsheet template was suggested using complexly both CBR and GA (Genetic Algorithm). Besides, this study performed a case study to verify the suggested cost reasoning model for bridge construction projects. Measuring efficiency for a result of the case study was 8.69% on average. Since accuracy of the suggested prediction cost is relatively high compared to the other analysis methods for a prediction of construction cost, reliability of the suggested model was secured. In the case that information for detailed specifications of each bridge type in an initial design phase is difficult to be collected, the suggested model is able to predict the bridge construction cost within the minimized measuring efficiency with only the representative specifications for bridges as an improved correction method. Therefore, it is expected that the model will be used to estimate a reasonable construction cost for a bridge project.

Keywords : Case-Based Reasoning, Genetic Algorithm, Selection, Construction Cost, Bridge Project

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

건설공사의 사업 초기단계에서는 공사비 예측을 위한 가용 정보가 부족하며, 예측기준이 모호하여 초기에 제시되는 공사비 내역의 현실성을 확보하기 어렵다. 특히 국내 도로공사의 경우 현행 개략공사비 산정 기준은 과거의 설계사례를 단순산술 평균하여 단위 길이 당 공사비를 산정하는 선형방식이기 때문에(곽수남 외 2009), 실무적으로 활용 가능한 수준의 공사비를 산정하는데 있어 정밀도를 고려하지 못하고 있다. 이로 인해 교량의 공사비 영향 요인을 반영하지 못해 초기 설계단계에

서 예측공사비의 오차가 과다 발생될 수 있다. 따라서 교량의 예정 공사비 예측 정확성 및 신뢰성을 확보하고 공사비를 보다 정밀한 예측 기준으로 반영하기 위해 기획 및 초기 설계단계에서 실무적으로 활용 가능한 교량 공사비 예측모델의 개발이 요구된다.

본 연구는 초기 설계단계에서 교량의 구조형식별 특성에 적합한 최적의 교량 공사비를 예측하고, 이를 통해 교량 형식별 계획공사비를 책정하는데 있어 합리적이며 신뢰성 있는 교량 공사비 산정체계를 제시하는 것이 목적이다. 이를 위해 국내외 교량공사 공사비의 현황 및 제원분석을 통해 교량의 다양한 공사비 영향인자를 분석한다. 이를 기반으로 사례기반추론

* 일반회원, (주)도명이엔씨, 과장, 공학석사, jiya84@nate.com

** 중신회원, 한국건설기술연구원, ICT융합연구실, 수석연구원, hsmoon@kict.re.kr

*** 중신회원, 경상대학교 토목공학과, 공학연구원, 교수(교신저자), Lskang@gnu.kr

(CBR; Case-based Reasoning)기법을 활용하여 Microsoft Excel에서 공사비 추론이 가능한 스프레드시트 기반 예측 모델을 구축한다. 이와 함께 추론모형을 통해 도출된 예측공사비의 범위를 최소화하여 최적의 공사비 선택 구간을 갖도록 GA (Genetic Algorithm)기반의 선택연산 (Selection)을 도입함으로써 최종 추론공사비를 제시하고 있다. 연구에서는 다양한 형식의 교량사례분석을 통해 제시한 추론모형의 타당성을 검증한다.

1.2 연구 범위 및 방법

본 연구에서는 교량공사비 예측을 위한 분석 데이터로서 국내 도로업무편람 및 공공공사 데이터 등을 활용한다. 이를 통해 교량 공사비 영향인자를 도출하고 교량 형식별 제원정보를 확인한다.

그림 1. 연구 흐름도

그림 1에서 교량공사비 영향인자들은 상관분석을 통해 각 인자별 가중치를 산정하며, 교량 구성요소별 유사도를 평가한다. 이를 기반으로 교량을 대상으로 사례분석을 실시한다. 제시된 공사비 추론모형의 정확도 및 타당성 검증을 위해 회귀분석 및 단순 선형방식(m , m^2 당 단가) 산정 값과 비교·분석한다.

1.3 연구동향

기존 연구에서 기획 및 설계단계에서의 가용정보를 활용하

여 도로를 대상으로 공사비를 분석하거나, 특정 교량형식에 대한 공사비 추정 모델을 제시한 바 있다.

강찬성 외(2008)는 기획단계에서 가용한 정보를 활용하여 사례기반추론에 의한 PSC법 교량의 개략공사비 산정 모델을 개발하였으며, 김병수 (2007)은 개략공사비의 과다한 오차율의 문제해결을 위해 RC라멘교의 특성을 고려하여 공사비의 변동특성에 따라 그룹핑 (Grouping) 및 대표물량방식, 합성단가를 사용한 모델을 개발하였다. 또한 실무적 차원에서의 공사비 예측모델 이외에도 공사비 예측의 정확도를 향상시키기 위하여 다양한 연구가 수행되고 있다. Chou et al. (2005)은 도로공사 공사비 예측업무의 정확성 향상을 위하여 확률적 시뮬레이션 기법을 사용한 모델을 제시하였으며, Bouabaz, M et al. (2008)은 인공지능망 기반의 교량 보수공사 비용 예측모형을 제시하여 96%의 정확도를 달성하였다. Kim et al. (2004)은 사례기반추론을 이용하여 건축 비용견적 예측모형을 구축하였으며, 다중회귀분석과 인공지능망의 정확도를 비교하였다. Chester (2005)은 공사비에 영향을 미치는 다양한 영향인자를 규명하고 기존 공사비 자료를 활용하여 인공지능망을 훈련시킴으로써 공사비 예측모형을 제시하였다.

도로공사에 관련된 기존 연구들은 대부분 터널, 교량, 암거 등이 복합적으로 포함된 도로전체를 대상으로 공사비를 분석하고 있으므로, 단일 교량 프로젝트만을 대상으로 할 경우는 신뢰성 있는 계획공사비 산정이 용이치 않은 점이 우려된다. 또한 단일형식 교량의 공사비는 선형방식 또는 사례 수에 영향을 받는 회귀분석을 통해 추정하거나 도로공사 전체 구간에 포함된 교량의 기초 제원을 대상으로 개략적인 공사비를 사례기반추론 기법으로 추정하고 있다. 그러나 교량 형식별 공사비 분석 인자의 수가 적고 교량의 기초적 제원만으로는 공사비 예측범위가 제한적이며, 연관된 교량형식 별 사례의 축적이 부족하여 해당 교량 형식에 적합한 최적 공사비를 예측·산정하는데 한계를 갖게 된다. 이에 본 연구는 교량의 다양한 형식과 상세제원 정보에 의한 초기 설계단계의 가용정보를 통해 교량공사비 영향인자를 선정하였다. 이를 활용하여 예측당시의 공사비지수를 고려함으로써 시공시점에서의 합리적인 개략공사비 평가방법을 제시하고 있다. 또한 공사비 오차의 최소화를 위해 선택연산 절차를 적용하여 최소의 사례만으로 예측 가능한 최적 공사비 구간을 선정하고 교량 형식에 적합한 최적 공사비를 제시하기 위한 방법론 구성을 시도하고 있다.

2. 사례기반추론 기법

사례기반추론 기법은 어떠한 상황이나 문제가 발생하면 기

존의 사례 데이터베이스에서 가장 유사한 사례를 검색한 후, 그 사례가 제시하는 해결책으로 문제에 대한 답을 제시하는 인공지능의 한 기법이다(이재균 1996).

그림 2. 사례기반추론 흐름도

사례기반추론의 절차는 사례조회(Retrieval), 재이용(Reuse), 수정(Revise) 및 저장(Retain)의 4가지 단계로 분류된다(그림 2). 이러한 절차는 사례를 저장한 사례지식베이스(Case Knowledge Base)라는 추론 베이스를 통해 수행되고 사례기반추론을 위한 중요한 역할을 한다. 제시된 4단계의 절차는 다음과 같이 수행된다.

(1) 사례조회 (Retrieval): 본 단계에서는 우선 대상 문제가 정의되면, 구축된 사례 Database(DB)를 통해 하나 이상의 적절한 유사 사례를 검색한다. 이는 상당한 수준의 유사성을 갖는 사례를 통해 대상 문제를 성공적으로 해결하는데 있어 결정적인 영향을 미친다. 이때 사례와의 유사도 평가를 수행하기 위해 최근 이웃 조회 방법을 적용하며, 이를 위해 영향인자 도출, 속성 유사도 점수 산정, 속성 가중치 산정, 사례 유사도 평가 및 유사사례 추출 과정을 거친다(이현수 외 2011). 이와 함께 귀납적 조회방법 및 지식기반 조회 방법이 활용된다.

(2) 재이용 (Reuse): 이는 유사사례로서 조회된 과거사례의 데이터와 지식을 재사용하는 단계이다. 이를 위해 이전의 축적된 사례 DB로부터 정의된 대상 문제의 인자들과 연결한다. 이것은 새로운 상황에 적응시키기 위한 단계로 구성된다.

(3) 수정 (Revise): 이전의 사례에서 분석 대상의 사례와 연결시킨 후, 현 문제와 조화된 사례사이의 차이점 분석 및 수정 사항을 테스트 하고 필요하면 적절한 해결방안을 수립하기 위한 수정과정이 요청된다.

(4) 저장 (Retain): 대상의 사례에 대한 문제해결이 완료된 후, 새로운 사례로서 DB에 저장한다. 이는 향후 유사문제해결을 위해 축적된 사례로서 참조 및 활용될 수 있다.

3. 사례기반추론 교량공사비 예측모형 구성

3.1 교량공사비 예측 프로세스 구성

현재 건설공사의 개량공사비 예측은 선형적인 분석방법 즉, 단위 길이 또는 단위 면적당 공사비를 예측하고 있는 실정이다. 이러한 공사비 추정방법은 각 공사의 영향요소 및 구조물 형식별 특성을 고려하지 않는 산정 방법으로 공사비 측정의 정확도 및 신뢰도가 결여될 수 있다. 따라서 본 장에서는 교량의 형식별 공사비 구성 및 상세제원에 의한 공사비 영향요소를 고려하여 과거 수행완료 된 교량 공사사례를 기반으로 유사 프로젝트와의 부합도 검증을 통해 최적의 교량 형식별 공사비를 예측하기 위한 사례기반추론에 의한 공사비 추정모델을 제시한다(그림 3).

그림 3. 사례기반추론에 의한 교량공사비 예측 프로세스

3.1.1 사례 데이터베이스(DB) 구축

사례기반추론 수행에 있어 공사비를 추정하기 위해서는 개별 사례에 대한 구체적인 실적 데이터의 축적이 요구된다. 따라서 교량 형식에 따른 공사비 구성의 실적 데이터베이스 구축을 위해 도로업무편람, 투자평가지침서, 예비타당성 조사지침을 분석하였다. 이를 통해 박스형 거더교 등의 일반 형식 교량을 포함하여 사장교, 현수교 등의 특수교량의 형식을 대상으로 총 84건의 완공된 교량공사 사례들을 수집·분석하였다. 그런

다음 수집된 교량 형식별 사례의 공중 분석을 통해 교량공사비 결정에 영향을 미치는 인자를 분류하였다.

3.1.2 영향인자 선정 및 속성 값 선정

본 연구에서는 기획단계에서 가용정보의 공개가 제한되어있는 점을 고려하여, 교량 형식별 공사비를 추정하기 위한 영향 인자로서, 도로업무편람, 투자평가지침서, 예비타당성 조사지침 및 기초제원 정보를 근거로 하여 교량연장, 교량형식, 교량 폭원, 차로 수, 기초형식, 건설기간을 설정하였다. 여기서 현수교, 사장교, ED(Extradosed)교의 경우 공사비의 주요 요소가 되는 주탑 높이까지 포함한다.

표 1. 영향인자 선정 및 속성 값 설정

사례설명			공사비 추정		
속성	형식	허용 값	속성	형식	허용 값
주탑높이	수치	모든 양의 실수	총 공사비	수치	모든 양의 실수
교량연장	수치	모든 양의 실수			
교량형식	문자열	거더교, 트러스교, 아치교, 현수교, 사장교, 라멘교, ED교			
건설기간	수치	모든 양의 실수			
기초형식	문자열	말뚝, 우물통, 현장타설말뚝			
교량폭원	수치	모든 양의 실수			
차로수	문자열	2, 4, 6, 8, 10			

도출된 영향인자와 각 인자별 속성 값은 표 1과 같으며, 공사비 영향 요소의 속성별 특성에 따라 표현 형식은 수치와 문자열로 구성한다. 허용 값은 길이, 규모 및 기간의 개념은 양의 실수로 설정하고, 교량, 기초형식 등은 지정된 문자열로 설정한다.

3.1.3 영향인자별 가중치 산정

교량 공사비에 미치는 영향요인은 교량의 형식이나 공사 특성에 따라 서로 상이하다. 특히 각 교량 형식의 특성에 따라 공사비를 구성하는 주요 인자들의 상관수준이 달라질 수 있다. 따라서 공사비-영향인자별 상관분석을 통해 영향인자별 가중치를 부여하여 공사비를 추정할 필요가 있다. 이와 같이 상관분석은 두 변수 사이의 선형적 관련성을 분석하는 것으로 산포도를 통해 일관성을 규명할 수 있다. 이는 총 공사비와 변수간의 관계를 알아보는 척도이므로 총 공사비를 독립변수로, 연장, 폭원, 차로 수, 건설기간을 종속변수로 지정하였으며, 사장교와 현수교, ED (Extradosed)교의 경우 주탑 높이까지 종속변수로 포함된다.

그림 4는 상관분석을 통해 도출된 교량형식별 영향인자의 상관계수를 토대로 영향요인별 가중치를 산정한 것이다. 상관분석을 실시하기 위해 총공사비와 변수(영향인자)간의 관계를 도출하는 척도로서 주탑 높이, 연장, 폭원, 차로 수, 건설기간

등을 분석대상으로 지정하였다. 그런 다음, 엑셀의 'COLLER' 상관계수 분석 함수를 활용하여 영향 인자별 공사비의 상관계수를 각각 분석하였다. 여기서 상관성이 낮은 인자는 제외하고 상관계수를 재계산한다. 따라서 현수교나 사장교 등의 경우 주탑 및 교량 연장에 따른 공사비 구성 비율(상관관계)이 높으며, 라멘교나 거더교 등의 일반 형식 교량은 상관관계 분석을 통해 주로 연장이나 차로 수에 공사비 영향을 많이 받는 것으로 나타났다.

예를 들어 사장교의 계산 결과 연장-총공사비의 상관계수는 0.916으로 상관성이 매우 높은 것으로 분석되었다. 또한 연장에 대한 가중치는 영향인자들의 상관계수 총 합계(3.682)에 해당 연장에 대한 상관계수의 비율로 산정된다. 따라서 사장교의 연장-총공사비 산정 가중치는 0.25 (0.916/3.682)로 계산된다. 본 가중치는 단일 교량에 대한 개략공사비 영향 인자들의 공사비 구성 비율로 산정된다. 트러스교에서 연장의 가중치 값 0.35는 해당 교량에 대한 연장부분 공사비의 비중이 35%임을 의미한다.

3.1.4 유사도 점수 계산

3.1.2 항목에서 도출된 영향인자별 유사도 계산방법은 문자열과 수치, 즉 형식에 따라 다르게 계산된다. 문자열로 설정된 교량형식, 기초형식 속성들은 신규사례와 기존사례에 대하여 대조되는 두 사례의 속성 값이 일치할 경우에만 1점을 부여하고, 그렇지 않을 경우 0점을 부여한다.

수치로 설정된 교량연장, 교량폭원, 주탑높이, 건설기간, 차로 수 속성들은 3.1.3에서 산정된 영향인자별 가중치에 따라 교량형식별 부합도 점수의 최대치를 설정한다. 또한 속성 값의

그림 4. 영향인자별 가중치

유사도 비율에 따라 점수가 각각 다르게 부여된다. 문자열 및 수치유형에 따른 유사도는 식(1), 식(2)와 같다.

$$SS_{st} = \sum_{i=1}^p S_i \quad (1) \quad SS_{nt} = \sum_{i=1}^r C_i S_i \quad (2)$$

SS_{st} : 문자열유형 유사도
 S : 유사도
 SS_{nt} : 수치유형 유사도
 S : 가중치
 S : 부합도점수

예를 들어, 사장교의 경우 공사비와의 상관도가 높은 교량 연장과 주탑높이의 경우 부여점수 최대치를 10점으로 설정하며, 속성 값의 유사도가 $\pm 10\%$ 이내에 포함될 때 10점의 점수가 부여되며, $\pm 20\%$ 이내 포함 시 8점, $\pm 30\%$ 이내 포함 시 6점, $\pm 40\%$ 이상의 값일 때 예는 모두 0점을 부여한다. 또한 공사비와의 상관도가 낮은 교량폭원, 건설기간의 경우 부여점수 최대치를 5점으로 설정하며, 사장교에 대한 수치형식 부합도 점수를 표 2와 같이 부여한다.

표 2. (사장교) 수치형식 부합도 점수 분류

속성	허용오차	부여점수
교량연장, 주탑높이 (m)	$\pm 10\%$	10
	$\pm 20\%$	8
	$\pm 30\%$	6
	$\pm 40\% \sim$	0
교량폭원(m), 건설기간(개월)	$\pm 10\%$	5
	$\pm 20\%$	4
	$\pm 30\%$	3
	$\pm 40\% \sim$	0

이와 같이 수치유형 및 문자열 유형에 따른 항목별 유사도가 선정되면 각 교량형식에 따른 사례별 유사척도는 식(3)을 통해 판별된다.

$$NSS = SS \div PMS \quad (0 < NSS < 1) \quad (3)$$

NSS : 상대적인 유사척도

SS : 사례별 유사척도 ($= SS_{st} + SS_{nt}$)

PMS : 완전부합 (matching) 점수

3.2 선택연산기법의 적용

본 연구에서는 사례기반추론을 통해 개략공사비를 예측함에 있어 공사비 선택범위의 예측 오차를 최소화하기 위하여 유전자알고리즘의 유전연산자 중 하나인 선택연산을 적용한다. 공사비 예측 범위의 선정은 예측된 공사비의 선택 구간을 최소화하여 해당 선택 구간의 범위 내에서 최적 공사비를 산정할 수 있도록 효율적 의사결정과정을 제공하는데 목적이 있다. 이는 더 적합한 개체일수록 더 많이 선택되는 선택연산의 특성을 바탕으로 정확한 공사비를 예측할 수 있을 것으로 판단된다.

그림 5. 선택연산 프로세스

선택연산은 유전알고리즘의 교차에 쓰이는 두 개의 부모 해를 고르기 위한 연산자이다. 다양한 선택 연산자들이 있으나 공통 원칙은 우수한 해가 선택될 확률이 높아야 한다.

본 연구에서 적용되는 룰렛 휠 선택연산은 가장 대표적인 유전자알고리즘의 선택연산 방법으로서 각 개체의 적합도의 비율만큼 슬롯면적을 할당한다. 그리고 룰렛을 돌려 할당된 슬롯의 면적만큼 선택의 횟수를 반복적으로 증가시킴으로써 해당 구간의 공사비 적합도가 더 많이 선택되도록 하는 원리이다. 여기서 공사비의 적합도는 이미 유사도에 의해 산정되었기 때문에 추가적인 적합도 산정은 고려하지 않는다. 따라서 적합도 값으로 활용되는 공사비 수치는 과거계약 시점의 공사비를 기준으로 공사비 지수를 반영한 현재 시점에서의 공사비이다.

3.3 예측공사비 선택범위 최소화

사례기반추론에 의해 검색되어진 유사 프로젝트공사비 범위의 최대값과 최소값 사이에서 랜덤하게 공사비를 생성한다. 정해진 표본 수만큼의 랜덤 값이 생성되면 랜덤 생성된 각 공사비들의 선택확률을 계산한다. 선택확률은 일반적으로 개별 적합도에 대한 적합도 총합의 비로 나타내며 식(4)와 같다. 공사비의 적합도는 랜덤 생성된 공사비 값으로 대신한다.

$$Ps(S_i(\chi)) = \frac{f_i(\chi)}{fsum(\chi)} \quad (4)$$

선택확률의 계산 후에는 누적확률을 구한다. 누적확률이 계산되면 표본 수만큼 확률 값의 범위를 지정하고, [0, 1] 범위의 난수를 표본 수만큼 발생시킨다. 발생된 각 난수가 누적확률의 어느 범위에 속하는지를 찾아내고, 그 중 발생빈도수가 가장

많은 누적확률의 범위를 해당 공사비 범위 값으로 추정한다(그림 5). 이러한 과정을 통해 1회 사이클의 공사비 범위 값을 산출한다. 여기서, 공사비 랜덤 생성수가 많을수록 선택 범위는 최소화 되어 좀 더 근접한 공사비의 범위를 선택할 수 있다.

4. 사례적용

본 장에서는 3장에서 제시한 공사비 예측 추론모형을 검증하기 위해 대표적인 교량형식을 대상으로 사례적용을 수행하였다.

4.1 사례기반추론기법 적용

4.1.1 유사도 점수 산정

우선 공사비 영향인자의 속성들을 기반으로 신규 교량 사례의 제원정보를 입력한다. ‘교량1’의 경우 아치교 시공사례로 연장(510m), 폭원(35m), 차로 수(6차선), 교량형식(아치교), 기초형식(우물통), 건설기간(48개월)을 입력한다. 우선 교량형식에 따라 사례 DB로부터 1차 검색되며, 아치교 시공사례의 DB로부터 목록화 과정을 거친다.

여기서, 기초형식과 차로 수는 문자열 속성이므로 ‘교량1’의 입력정보와 데이터베이스의 정보가 일치하면 1점, 불일치하면 0점을 부여한다. 나머지 수치형식 정보들은 표 3의 부합도 점수에 의해 계산된다.

표 3. (아치교) 수치형식 부합도 점수 분류

속성	허용오차	부여점수
교량연장(m), 건설기간 (개월)	±10%	10
	±20%	8
	±30%	6
	±40%~	0
교량폭원(m)	±10%	5
	±20%	4
	±30%	3
	±40%~	0

연장의 경우 데이터베이스의 연장이 신규사례 연장의 편차 ±10%인 $(510 - (510 \times 0.1)) < L < (510 + (510 \times 0.1))$ 을 계산한 459m 와 561m 사이에 포함될 때 10점을 부여하며, ±20%의 편차 408m 와 612m사이에 포함될 때는 8점, ±30%의 편차 357m 와 663m사이에 포함될 때는 6점, 나머지 ±40% 이상의 편차 값을 가질 때에는 0점을 부여한다.

건설기간은 사례DB의 건설기간 값이 신규사례 건설기간 값의 ±10% 편차 값인 43.2개월과 52.8개월 사이에 포함 될 때는 10점을 부여한다. ±20% 편차 값인 38.4개월과 57.6개월

사이 값 일 때는 8점, ±30% 편차 값 33.6개월과 62.4개월 사이일 경우에는 6점을 부여하며, ±40% 이상의 편차의 경우에는 0점을 부여한다.

폭원은 사례DB의 폭원 값이 신규사례의 폭원 35m의 ±10% 편차인 31.5m 와 38.5m사이에 포함될 경우에는 5점을 부여한다. 또한 편차가 ±20%인 28m 와 42m 사이는 4점, ±30% 편차 값 24.5m 와 45.5m사이에서 정의될 경우에는 3점을 부여하며, 타 사례DB의 속성들과 동일하게 ±40%이상의 편차 값을 가질 때에는 0점을 부여한다.

4.1.2 유사사례 검색

그림 6에서 노란색 블록으로 강조된 데이터는 입력된 아치교 형식의 교량 사례에 대하여 유사도가 가장 높은 사례를 검색한 결과를 나타낸 것이다. ‘교량1’의 경우 연장과 폭원의 유사성이 가장 높은 청호대교 시공사례가 유사사례로 도출되며, 유사도는 식(3)에 의해 70.36%로 산정된다.

4.1.3 현재단가 산정

교량공사의 경우 계약시점의 단가와 준공시점의 단가에는 물가 변동폭에 따라 차이가 발생한다. 따라서 입력된 신규사례를 기준으로 검색된 교량사례뿐만 아니라 신규사례의 준공년도에 따라 공사비지수를 반영한 현재단가로 환산하여야 한다. ‘교량1’의 경우 준공년도가 1997년으로 2005년 기준 공사비지수인 74.1과 2009년 7월 공사비지수인 130.5를 적용한다. 또한, 유사사례로 검색된 청호대교는 2000년 4월 공사비지수인 74.5와 2009년 7월 공사비지수 130.5를 적용하여 환산한다. 여기서 적용된 공사비지수는 ‘한국건설기술연구원’에서 2004년 2월부터 매월 발표하는 ‘연도별 건설공사비 지수표’를 참조하였다. 공사비지수에서 교량에 대한 지수가 반영되어 있지 않아 포괄적인 토목 구조물을 나타내는 ‘토목 및 특수건설’ 항목의 ‘교통시설건설’에 대한 월별 공사비 지수를 채택한다. 이와 같이 과거 계약단가를 기준으로 현재 시점에서의 공사비 지수를 반영한 사례 교량의 현재가격을 산정하는 식은 다음과 같다(식 5).

$$\text{현재가격} = \frac{CONDEX_P}{CONDEX_0} \times \text{과거 계약단가} \quad (5)$$

$CONDEX_P$ = 예가산정시점의 건설공사비 지수

$CONDEX_0$ = 계약시점의 건설공사비 지수

위의 식 (5)에 따라 ‘교량1’의 현재단가는 다음과 같이 970억원으로 책정되었다.

$$\frac{130.5}{74.1} \times 551 (\text{억원}) = 970 (\text{억원})$$

교량명	연장	종류	차로수 (양쪽)	교량형식	기초	건설기간(개월)	총공사비 (억원)	건설기간
교량 1	510	35	6	아치교	우물통	40	-	93-97

									연장	연장+가중치	목원	목원+가중치	차로수	기초	기간	기간+가중치	합계	평균	순위
고령대교	4,710	13.5	2	아치교	우물통	96	743	-	0	0	0	0	0	1	0	0	1	10.73	13
구수포교	140	20	4	아치교	직접기초	48	200	-	0	0	0	0	0	0	10	2.73	2.73	29.29	6
김연대교	125	-	4	아치교	-	-	320	1.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	14
동작대교	1,330	40	6	아치교	우물통	73	563	78.10-84.11	0	0	4	0.864	1	1	0	0	2.864	30.73	4
모암교	125	17	2	아치교	현장타설말뚝	21	115	00.09-02.12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	14
백야대교	325	12	2	아치교	직접기초	58	377	00.06-05.04	0	0	0	0	0	0	6	1.638	1.638	17.58	11
부산대교	260	20.3	4	아치교	-	45	88	76.04-80.01	0	0	0	0	0	0	10	2.73	2.73	29.29	6
서강대교	1,706	29	6	아치교	우물통	96	869	-99.8	0	0	4	0.864	1	1	0	0	2.864	30.73	4
선유교	90	10.4	2	아치교	직접기초	60	40	03.12-06.12	0	0	0	0	0	0	6	1.638	1.638	17.58	11
익산연대교	306	10	2	아치교	-	-	-	98.11-99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	14
지도연육교	182	13	2	아치교	-	29	-	02.07-04.12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	14
정호대교	530	32.1	4	아치교	-	42	484	80.04-03.10	10	3.51	4	0.864	0	0	8	2.184	6.558	70.36	1
소양대교	202	14.5	2	아치교	직접기초	100	155	94.12-03.04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	14
소지대교	1,200	17.6	4	아치교	-	-	590	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	14
한양교	167	12.3	2	아치교	직접기초	51	87	97.02-01.05	0	0	0	0	0	0	10	2.73	2.73	29.29	6
예오교	213	39.5	8	아치교	현장타설말뚝	37	365	06.07-09.08	0	0	4	0.864	0	0	6	1.638	2.502	26.85	9
강화초지대교	1200	17.6	4	아치교	-	82	590	95.10-02.08	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	14
통영대교	549	20	4	아치교	-	60	392	94-98	10	3.51	0	0	0	0	6	1.638	5.148	55.24	2
보길대교	620	10	2	아치교	우물통	96	539	-	6	2.106	0	0	0	1	0	0	3.106	33.33	3
문덕교	308	10	2	아치교	직접+말뚝	23	263	86.05-88.04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	14
양해대교	3,583	25.4	4	아치교	우물통	95	2124	00.06-08.05	0	0	3	0.648	0	1	0	0	1.648	17.68	10

$$\text{현재가액} = \frac{\text{CONDEX}_p}{\text{CONDEX}_0} \times \text{과거 계약단가}$$

CONDEX_p = 예가산정시점의 건설공사비 지수
CONDEX₀ = 계약시점의 건설공사비 지수

최대값
1093.7억원
최소값
601.9억원

그림 6. '교량1' 사례검색 결과 및 공사비 범위 계산

검색 대상인 청호대교의 경우는 다음과 같이 847.8억 원으로 책정되었다.

$$\frac{130.5}{74.5} \times 484 (\text{억원}) = 847.8 (\text{억원})$$

4.1.4 선택연산에 의한 공사비 범위 추론

계산된 청호대교의 현재단가를 기준으로 공사비 범위를 설정하고, 공사비 범위의 최소화 과정을 거쳐 신규사례 '교량1'의 최종 예측공사비 범위를 추론한다. 이를 위해 앞서 산정된 청호대교의 현재단가 환산 금액인 847.8억 원을 기준으로 신규사례의 공사비 추정 범위를 설정한다. 사례기반추론에 의해 검색된 청호대교의 속성별 유사도는 70.36%로 측정되었다. 따라서 공사비도 측정된 유사도에 의한 범위 값을 가질 것이므로 최소 및 최대 공사비 범위 값을 산정한다. 이를 위해 다음 식 (6)을 적용한다.

$$\text{최대값} = Sc + (Sc \times X) \quad (6)$$

$$\text{최소값} = Sc - (Sc \times X)$$

Sc = 유사사례공사비

$$X = \frac{(100 - \text{유사도점수})}{100}$$

여기서 유사사례공사비(Sc)는 847.8억이며, 공사비 구간 범위(X)값은 유사도 비율인 70.36%에 의해 29.64%로 계산된다.

4.2 선택연산 적용

산출된 예측공사비 최대값 1093.7억 원과 최소값 601.9억 원사이의 범위는 최대값, 최소값이 500억 원의 차이로 예측공사비로 선택하는 경우 과다한 오차율이 발생될 수 있다. 따라서 선택 범위구간이 넓어 적절한 공사비 구간의 예측이 곤란하다. 이를 위해 1093.7억 원과 601.9억 원의 선택 범위를 최소화하기 위해 다음과 같이 GA의 선택연산을 활용한다.

첫째, 계산된 1093.7억 원과 601.9억 원 사이에서 적절한 공사비 구간을 추출하기 위해 두 공사비 사이의 공사비 값을 랜덤하게 생성한다. 생성 표본수가 많을수록 랜덤 생성 값의 편차가 적어 공사비 선택범위가 최소화된다. 본 사례는 선택연산 반복회수를 50회로 설정한다. 따라서 두 공사비 구간사이에서 발생된 랜덤 공사비 50개를 생성한다.

둘째, 랜덤공사비 생성 후 각 공사비의 선택확률을 계산한다. 선택확률을 이용하여 각 선택된 공사비 구간의 선택확률에 의한 공사비 구간별 누적확률 값을 계산한다. 선택확률 값은 별도의 적합도 값을 활용하나 본 연구는 전체공사비 값을 적합

도 값으로 이용한다. 따라서 선택확률은 (랜덤선택공사비/전체 공사비의합)으로 계산된다(그림 7).

셋째, 누적확률을 구한 후, 0과 1사이의 난수를 랜덤하게 생성된 공사비 회수만큼 발생시킨다. 그런 다음 누적확률 구간 내에서 난수의 범위 값을 찾아 난수 발생 값의 범위가 누적확률의 어느 범위 내에 포함되는지 범위 값을 탐색한다. 난수발생의 범위 값을 찾았다면 가장 많이 선택된 난수 범위 값에 해당하는 랜덤 공사비를 찾아낸다.

이와 같이 공사비 범위 예측의 정확도와 신뢰도 확보를 위해 총 50회에 걸쳐 반복 수행한다. 그림 7과 같이 1회 선택연산에서 난수 발생범위의 최빈값은 15구간으로서 예측공사비는 범위 값 14와 15사이의 공사비를 선택하게 된다. 1회의 선택연산을 통해 확률적으로 산출된 랜덤 공사비는 706억~964억 원으로 추정공사비의 최소화된 선택범위 확인이 가능하다.

그림 7. '교량1' 선택연산에 의한 공사비 범위 최소화

4.3 최종 예측 교량공사비

표 4는 601.9억 원과 1093.7억 원의 범위 내에서 총 50회의 선택연산 과정을 통해 산출된 예측공사비의 개별 추정 구간 값을 나타낸 것이다.

표 4. '교량1' 선택연산 예측공사비

1	2	3	4	5
786~964	861~1027	1039~1075	973~758	683~696
6	7	8	9	10
935~721	906~956	977~780	1039~782	723~1052
.	.	.	.	.
41	42	43	44	45
865~981	635~721	917~1301	935~1123	785~1071
46	47	48	49	50
795~1001	975~991	1006~1098	685~721	988~782

선택연산에 의해 산출된 50개의 공사비 범위들 중 가장 많이 선택되는 공사비의 범위를 재탐색한다. 표 4의 범위 값들로 추정된 결과, 최종 예측공사비는 906억~956억 원 사이로 추정될 수 있다. 이를 통해 실제공사비와 추정공사비 상호간의 예측결과에 대한 정확도를 평가할 수 있다.

4.4 사례분석 결과

본 연구에서는 추론모델의 검증에 위해 '교량1'을 포함한 신규사례 4개를 사례적용 하였다. 표 5는 사례적용 결과를 나타내고 있다.

'교량1'의 경우 신규 보정공사비가 970억 원이며, 추정공사비는 906억~956억 원으로 실제공사비 대비 오차율이 -6.6%~1.44% 발생하였다. '교량2'의 공사비는 1,100.7억 원이며 추정공사비는 981억~1,005억 원으로 산출 되었고, -10.87%~8.69%의 오차율을 가진다. '교량3'의 경우는 신규 보정공사비가 452.6억 원인데 비해 추정공사비가 463억~508억 원으로 2.3%~12.24%의 오차율이 산출되었다. '교량4'의 경우 신규보정공사비는 317억 원, 추정공사비는 273억~274억 원으로 오차율이 -13.88%~-13.56%로 다른 사례들에 비해 오차율이 다소 크게 산출되었다.

이와 같이 사례적용 대상교량 전체의 평균오차는 8.69%로 분석되었다. 이러한 결과는 개략적인 도로공사비 추정에 널리 활용되는 일반적인 선형 회귀식에 의해 도출된 교량 공사비 분석 결과와 본 연구의 교량 추정공사비를 비교함으로써 본 연구에서 제시하는 교량공사비 추정방법론의 타당성을 검토한다.

표 5. 사례적용 결과

	실제 공사비	추론 공사비	오차율	평균오차
교량1	970억	906억~956억	-6.6% ~ 1.44%	8.69%
교량2	1100.7억	981억~1005억	-10.87% ~ 8.69%	
교량3	452.6억	463억~508억	2.3% ~ 12.24%	
교량4	317억	273억~274억	-13.88% ~ -13.56%	

5. 타당성 검증

5.1 회귀분석

본 연구에서 제시한 공사비 추론모델의 타당성을 검증하기 위하여 다중 회귀분석을 수행한다. 다중 회귀분석은 종속변수의 변화를 설명하기 위하여 독립변수가 2개 이상인 추정식을 이용하는 회귀분석이다. 회귀식의 신뢰도를 높이기 위해 교량 형식별로 회귀분석을 통한 회귀식을 산출하며, 독립변수의 선택은 각 교량형식별 속성 가중치를 바탕으로 전진선택법에 의

해 설정하였다. 회귀방정식과 실제 데이터 분포를 얼마나 적합하게 반영하는가를 말해주는 결정계수 값인 R^2 은 일반적으로 0.4 이상이면 통계적으로 유의하고, 0.5 이상이면 높은 수준이며, 0.7 이상이면 매우 높다고 판단한다. 따라서 표 6에 의하면 '교량1'은 R^2 값이 0.981로 회귀방정식이 실제 데이터 값에 적합하다고 할 수 있다.

또한 유의확률은 일반적으로 0.05보다 작을 경우 회귀계수의 유의성이 확보되었다고 할 수 있다. 이때 회귀방정식은 95%의 신뢰구간에서 유의성을 가짐을 의미하는데, '교량1'의 경우 유의확률이 0.001으로써 회귀계수의 유의성이 확보되어 있다.

또한 표 6에서 '교량2'의 R^2 값은 0.861으로써 '교량1'과 마찬가지로 회귀식의 적합성이 매우 높았으며, 유의확률도 0.001로 낮은 값을 보였다. '교량3'의 경우에는 사례 데이터수의 부족으로 단순 회귀식으로 분석되었으며, R^2 값이 0.799으로 회귀식의 적합성이 높은 것으로 분석되었다. '교량4'는 다른 적용사례에 비해 독립변수의 값이 5개로 선정되었으며, R^2 값이 0.999, 유의확률 0.023으로 회귀계수의 유의성이 확보되는 것으로 나타났다.

표 6. 회귀분석모델

	분포형태	R	R^2	수정된 R^2	유의확률
교량1	정규분포	0.991	0.981	0.972	0.001
회귀식	$Y=0.1342 \times X1+11.127 \times X2+1.0381 \times X3-140.2983$				
교량2	정규분포	0.928	0.861	0.827	0.001
회귀식	$Y=0.477X1 \times X1+16.5791 \times X2+2.0418 \times X3-301.0527$				
교량3	선형	0.803	0.799	0.771	0.001
회귀식	$Y=0.0183 \times X1+144.99$				
교량4	정규분포	0.999	0.999	0.998	0.023
회귀식	$Y=2.597 \times X1+517.118 \times X2-0.0765 \times X3-5.1613 \times X4-33.9116 \times X5-4276.0315$				

5.2 예측공사비 결과분석 및 타당성 검증

본 연구에서 제시한 공사비 추론 모델에 산정된 예측공사비 추정 결과 예측공사비와 실제공사비와의 평균오차는 표 7에 제시한 바와 같이 '교량1'은 4.02%, '교량2'는 9.78%, '교량3'은 7.27%, 그리고 '교량4'는 13.72%로 산정되었다. 타 교량 사례에 비해 평균오차율이 상대적으로 크게 발생한 '교량4'의 경우는 사장교 시공사례 데이터수의 부족으로 비교적 큰 오차율이 발생한 것으로 분석되었다. 이는 관련 실적데이터의 축적을 통해 오차율을 최소화 할 수 있을 것이다.

표 7. 추론모델 타당성 검증

	사례기반추론(평균오차)	회귀분석
교량 1	-6.6%~1.44% (4.02%)	12.61%
교량 2	-10.87%~8.69% (9.78%)	-6.77%
교량 3	2.3%~12.24% (7.27%)	51.28%
교량 4	-13.88%~-13.56% (13.72%)	-2.02%
전체 평균오차	8.69%	18.17%

이에 반해, 회귀분석에 의한 신규사례들의 공사비 예측은 '교량1'의 경우 12.61%의 오차율이 발생하였으며, '교량2'는 -6.77%, '교량3'은 51.28%, '교량4'는 -2.02%의 오차율이 발생하였다. '교량3'의 경우는 트러스교 시공사례로서 다중 회귀 분석을 수행하기에 사례 데이터수가 부족하여 발생한 오차율이라 할 수 있다. 그러나 '교량4'의 경우는 사장교 시공사례로 타 신규사례와는 달리 연장, 면적, 폭원, 건설기간, 주탑높이 총 5개의 독립변수가 공사비 산정에 활용되어 신뢰성 있고 정밀한 회귀식이 도출됨에 따라 오차율이 가장 적게 발생한 것으로 분석되었다.

사례기반추론 모델에 의한 교량 공사비는 평균오차가 8.69%로 나타났으며, 회귀분석에 의한 공사비 예측 결과에서는 평균오차가 18.17%로 상대적으로 높게 나타났다. 그러나 교량 2와, 교량 4의 경우 연구에서 제시한 공사비 오차범위보다 회귀식에 의한 예측오차가 더 적게 계산되어 후자에 의한 방법이 좀 더 정확한 데이터로 인식할 수 있다. 이는 제시된 방법의 검증을 위해 단순 비교 방식으로 다중회귀 분석 방법을 적용하고 있다. 특히 회귀분석에서는 허용가능한 공사비의 산정 범위를 반영하고 있지 않고 있으며, 공사비지수를 고려한 공사비를 추정하고 있지 않다. 그러므로 본 오차는 단순한 독립변수에 의한 선형적 추정 결과로 계산될 수 있어, 실제 교량 공사비에 근접한 추정 공사비 데이터로 활용되는데 제약이 있다.

'교량2'는 PC-Box교의 시공사례로서 도로업무편람, 예비타당성조사 표준지침, 투자평가지침서에서 제시한 교량공사비 평균단가 계산을 통해 비교분석이 가능하다. '교량2'의 연장(m)과 면적(m^2)값을 넣어 계산한 결과, 실제공사비 대비 도로업무편람의 단가계산은 -47.67%, 투자평가지침서는 -68.62%의 오차율이 발생하였다. 그리고 예비타당성조사 표준지침에서 제시한 단가계산의 경우 연장(m) 적용 계산 시 -48.21%, 면적(m^2) 적용 계산 시 -35.26%의 오차율이 발생하였다. 이에 반해 본 연구에서 제시한 추론모델 적용결과, -9.87%의 오차율로 상대적으로 적은 오차가 발생되었음을 알 수 있다(그림 8). 본 사례의 경우 실적공사비와도 비교가 가능하나 이는 공종별 단위단가를 적용하는 방식으로 일반적 제원이 아닌 공법, 자재 규격 및 노무비율에 따른 공사비를 산정한다. 따라서 본 연구는 교량 공사비 영향인자인 제원만으로 개략공사비를 산정하므로 그 대상과 범위가 달라 실적공사비와의 비교는 제외한다.

그림 8 '교량2'에 대한 기존 지침기반의 산정 값 비교

5.3 결과 해석

본 연구에서 제시한 공사비 추론모형은 평균적으로 8.69%의 오차율로 회귀식에 의한 예측방식과 비교하여 교량공사비 추정치에 있어 상대적으로 높은 신뢰성을 확보할 수 있다. 본 방법은 과거 유사 교량시공 사례, 교량 공사비의 상세 영향요소, 공사비 지수 및 선택연산을 통해 최적화된 공사비 범위 추정 방식 등을 고려하고 있어 단순 독립인자를 고려한 회귀식 보다는 좀 더 신뢰성 있는 방법론으로 구성될 수 있다. 만약 축적된 사례의 수가 많고 공사비 영향 요인이 추가적으로 고려된다면 제시된 방법에 의한 공사비 추정 결과가 좀 더 신뢰성을 확보할 수 있다. 회귀분석에 의한 공사비 추정 방식은 공사비 지수를 반영하도록 초기에 산정된 공사비의 추가적인 보정과정 이 요구된다. 제시된 방법은 초기 설계단계에서 상세제원에 대한 정보를 획득할 수 없을 때 사례 DB를 통해 대표적인 공사개요와 상세제원 정보만으로 공사비를 10% 내외의 오차율로 예측할 수 있다. 그러므로 교량 공사의 합리적 공사비 산정을 위해 프로젝트 계획 및 설계 초기단계에 객관적 비용데이터로 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

6. 결론

본 연구에서는 공사초기단계에 신뢰도 높은 공사비 예측 모형을 제시하기 위하여 기획단계 가용정보를 활용하여 공사비 영향인자를 도출하였으며, 사례기반추론 기법을 활용한 교량 공사비 추론 및 타당성 평가 모형을 제시하였다. 본 연구의 결론은 다음과 같다.

첫째, 문헌분석을 통해 교량공사비의 영향인자들을 분석한 후 본 연구에 적합한 공사비 영향인자를 도출하였다. 제시된 공사비 영향인자들은 상관분석기법을 이용해 각 인자별 가중치를 산정하였으며, 교량 구성요소별 유사도 계산방법을 제시하였다.

둘째, 사례 DB로부터 신규사례에 대한 유사사례를 검색하기 위해 유사도 계산 방식을 적용하였으며, 현행 공사비 지수를 반영하여 유사도에 의한 공사비 범위를 설정하였다. 이러한 예측 공사비의 최적 공사비 추정 범위를 산정할 수 있도록 GA의 선택연산 방법을 적용하였다.

셋째, 본 연구에서 제시한 공사비 추론모형의 검증에 위하여 4개의 교량공사 사례를 추론모형에 적용하여 교량공사비 추정 값을 도출하였다. 또한 회귀분석모델과 도로업무편람, 예비타당성조사 표준지침, 투자평가지침서에 의해 산정된 공사비를 비교하여 제시된 공사비 추론모형의 정확도와 타당성을 분석하였다. 본 연구에서 제시한 공사비 추론모형이 평균적으로 8.69%의 오차율로 회귀분석모델의 오차율 18.17%에 비해 예측의 정확도가 상대적으로 높게 계산되었다.

본 연구에서 제시한 초기 설계단계의 공사비 예측모형은 기존 공사비 예측 모형의 선형적인 예측 방법 및 교량공사비 예측의 가용정보 부족에 의한 낮은 정확도를 개선하여, 교량공사비 예측 업무의 효율성이 향상 될 수 있을 것이다.

그러나 본 연구의 교량 개략공사비는 실제공사비 예측에 있어 다양한 상황과 여건에 따라 공사비 변동이 달라질 수 있다. 본 대상은 교량의 물리적 구조 제원만을 반영하고 있어 지리적, 물리적 환경을 복합적으로 고려하고 있지 못하며, 공법별, 자재별 공사비 구성인자의 상세 분류가 이루어지지 못하고 있다. 특히 현재 소수의 교량사례 DB만으로 정확한 공사비 예측 범위의 산정이 곤란하다. 그러므로 좀 더 상세화한 제원 분류가 요구되며, 이에 따른 다양한 교량 공사비 사례 DB의 지속적 축적이 요구된다. 또한 상관계수 분석시 영향인자들을 복합적으로 고려하여 좀 더 정확한 공사비 구성항목의 상관성 비율 산정방식이 개선될 필요가 있다.

참고문헌

- 강찬성 · 이진희 · 김정민 · 김경주 (2008). “사례기반추론을 이용한 개략공사비 산정모델 개발”, 정기학술발표대회 논문집, 제8권, 한국건설관리학회, p. 854
- 곽수남 · 김두연 · 김병일 · 최석진 · 한승헌 (2009). “가용정보를 활용한 기획 및 설계초기 단계의 도로 공사비 예측모형”, 한국건설관리학회 논문집, 제10권 제4호, 한국건설관리학회, pp. 87~100
- 김광희 · 강경인 (2004). “사례기반추론 기법을 이용한 공동주택 초기 공사비 예측에 관한 연구”, 대한건축학회 논문집, 제20권 제5호, pp. 83~92
- 김병수 (2007). “RC라멘교의 영향인자별 공사비 변동현황 분

- 석”, 대한토목학회 논문집, 제27권 제6호, pp. 749~757
- 박용성 · 오치돈 · 전용석 · 박찬식 (2008). “사례기반추론을 이용한 웹 기반 건설실폐사레 정보시스템”, 한국건설관리학회 논문집, 제9권 제6호, 한국건설관리학회, pp. 257~267
- 이준성 (2006). “사례기반추론을 이용한 공동주택의 월간투입 비용 예측모델 개발에 관한 연구”, 한국건설관리학회 논문집, 제7권 제2호, 한국건설관리학회, pp. 138~147
- 이현수 · 김수영 · 박문서 · 지세현 · 성기훈 · 편재호 (2011). “사례기반추론 코스트 모델의 정성변수 속성가중치 산정 방법”, 한국건설관리학회 논문집, 제12권 제1호, 한국건설관리학회, pp. 53~61
- 이재규 외 공저 (1996). “전문가 시스템의 원리와 개발”, pp. 75~78
- Bouabaz, M (2008). “A Cost Estimation Model for Repair Bridges Based on Artificial Neural Network.” American journal of applied sciences, 5(4), pp. 334~339
- Chester G. Wilmot, and Bing Mei (2005). “Neural Network Modeling of Highway Construction Costs.” Journal of Construction Engineering and Management, 131(7), pp. 765~771
- Jui-Sheng Chou, Linlin Wang, Wai Kiong Chong, and James T (2005). “Preliminary Cost Estimates Using Probabilistic Simulation for Highway Bridge Replacement Project.” Construction Research Congress 2005
- Kim, G.-H, An, S.-H, and Kang, K.-I (2004). “Comparison of Construction Cost Estimating Models based on Regression analysis, Neural Networks, and Case-based reasoning.” Building and Environment, 39(10), pp. 1235~1242

논문제출일: 2012.10.25
 논문심사일: 2012.10.26
 심사완료일: 2013.03.04

요 약

본 연구는 기존의 선형적인 공사비 예측방법의 한계를 극복하고 사례기반추론 (Case Based Reasoning, CBR)기법을 통해 기획단계의 실적정보를 활용하여 신뢰도 높은 공사비 예측 모델을 제시하는 것이 목적이다. 이를 위하여 사례기반추론 기법과 유전자알고리즘 (Genetic Algorithm, GA)의 선택연산을 복합적으로 활용한 스프레드시트 기반의 교량공사비 추론모델을 제시하였다. 추론모델의 검증에 위하여 국내 교량공사 시공사레 4건을 적용하였으며, 적용 결과 평균 8.69%의 오차율로 나타나 교량공사비의 예측 정확도가 타 분석방법과 비교하여 상대적으로 높은 것으로 파악하였다. 연구에서 제시된 교량공사비 예측모델은 초기 설계단계에서 상세제원에 대한 정보를 획득할 수 없을 경우에, 교량의 대표적 제원정보 만으로 공사비 선택범위를 최소화된 오차율로 예측할 수 있으므로, 개선된 보정 방법으로서 교량공사의 합리적인 개략공사비 산정에 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

키워드 : 사례기반추론 (CBR), 유전자알고리즘 (Genetic Algorithm), 선택연산, 공사비, 교량공사