

사례기반추론을 이용한 개략공사비 산정모델 개발

- PSC BEAM교를 중심으로 -

Approximate Estimating Model Using the Case Based Reasoning

- PSC BEAM Bridge -

강 찬 성* · 이건희** · 김경민*** · 김경주****

Kang, Chan Sung · Lee, Geon Hee · Kim, Kyoungmin · Kim, Kyong Ju

요 약

국내 도로건설사업에 있어서 개략공사비 산정 기준은 건설교통부 및 기획예산처, 한국도로공사 등에서 제시하는 평균 건설단가를 기준으로 활용하고 있다. 이때 도로의 등급, 구조물 구간의 구성 비율 등에 따라 공사비를 보정하고 있으나 다양한 공사 특성을 반영하고, 지속적인 공사비 갱신의 기준 등에 한계를 가지고 있다. 대규모 재원이 투입되는 건설공사의 공사비를 합리적인 방법으로 적정하게 예측하는 것은 사업비 관리 측면에서 필수적인 요소 기술이라 할 수 있다. 본 연구에서는 기획단계에서 가용한 정보를 활용하여 공사비를 예측할 수 있는 사례기반추론 PSC BEAM교의 개략공사비 산정모델을 개발하였다. 제시된 공사비 예측모델을 검증하기 위하여 표본교량을 대상으로 공사비를 추정된 결과 -11.92%~3.20%의 추정편차를 나타내었으며, 기존 개략공사비 산정 기준에 비해 신뢰도가 향상되었다.

키워드: 개략공사비 산정(Approximate Estimating), 사업비 관리(Cost Management), 공사비 영향요인(Phased Influence Factors), 사례기반추론(Case-Based Reasoning)

1. 서 론

국내의 공공 부문은 기획예산처의 총사업비 관리지침에서 대규모 공사의 경우에 한하여 기본적인 틀이 마련된 상태이지만, 체계적이고 통합적인 사업비 관리체계로서는 시작단계라고 할 수 있다. 선진국에서는 사업비관리에 관한 전문적인 서비스를 제공하는 전문 업역으로 민간 협회 차원에서 공사비 예측 업무에 관한 실무 기준을 제공하고 있다. 미국의 경우, 캘리포니아 교통국에서는 유사 시설물별 공사비 실적데이터를 축적하여 개산견적에 활용할 수 있도록 다양한 기초 데이터를 제공하고 있다(김경주 2007). 국내의 경우, 선진국과 비교하여 상대적으로 공사비 예측기술이 미흡한 수준으로 사업비 관리를 체계

적으로 수행하기에는 미비한 실정이다. 따라서, 본 연구에서는 사업초기단계의 가용정보수준을 바탕으로 공사비 산정결과의 신뢰도를 높일 수 있는 사례기반추론 개략공사비 산정 모델을 개발하고자 한다. 사업 수행단계별로 활용할 수 있는 정보 수준은 제한적이므로 기획 및 설계 단계에서 가용한 정보를 도출하기 위하여 문헌조사를 수행하여 가용한 정보수준을 분석하였다. 또한, 사업 수행 단계별로 발생하는 정보를 기반으로 과거의 유사한 사례교량공사를 바탕으로 신규 PSC BEAM교의 개략공사비를 추정할 수 있는 모델을 개발하였다.

2. 국내 도로건설사업의 개략공사비 산정 기준

국내 도로건설사업에 있어서 개략공사비 산정의 기준은 건설교통부 및 기획예산처, 한국도로공사 등에서 제시하는 평균건설 단가를 기준으로 활용하고 있다. 「공공교통시설개발사업에 관한 투자평가지침(건설교통부 2007)」에서는 최근 2년내 완료한 같은 등급의 유사도로 실시설계 자료의 단위 공사비 평균치를 사용하고 있다. 예비타당성 지침에서는 차로수에 따라 면적당 단위공사비의 평균치와 연장당 단위공사비

* 일반회원, 중앙대학교 일반대학원 토목공학과 석사과정(교신저자) kagreement@gmail.com

** 일반회원, 중앙대학교 일반대학원 토목공학과 석사과정 wearblack@hanmail.net

*** 일반회원, 중앙대학교 방재연구소 전임 연구원 kmkim@wm.cau.ac.kr

**** 종신회원, 중앙대학교 건설환경공학과 교수, 공학박사 kjkim@cau.ac.kr

본 연구는 국토해양부 연구비 지원에 의한 연구의 일부임. 과제번호 06기반구축A03

의 평균치를 제시하며, 이는 2003년 고속도로의 건설 평균단가로써 국도 적용 시에는 폭원에 비례하여 평균단가를 적용시킨다. 각각의 개략공사비 산정 기준에서 제공하는 PSC BEAM교의 평균 건설단가는 표 1과 같다.

표 1 국내 PSC BEAM 개략공사비 산정 기준

구분	평균 단가(천원)		비고
도로업무편람	1,547		단위면적(m ²)당
예비타당성 조사 표준지침	2차로	18,802	단위연장(m)당
	4차로	26,839	
	6차로	42,396	
	8차로	48,708	단위면적(m ²)당
	2차로	1,275	
	4차로	1,080	
	6차로	1,227	
	8차로	1,041	
투자평가지침서	1,482		단위면적(m ²)당

현행 교량 개략공사비 산정 기준은 평균단가의 사용으로 인해 시설물과 사업의 특성을 반영하기가 어려운 실정으로, 추정공사비의 신뢰성 및 검증이 미비한 상태이다. 따라서, 본 연구에서는 다양한 공사 특성을 반영하기 위하여 기존의 공사비 자료로부터 사업초기단계에 도출 가능한 공사비 영향인자를 추출하고 사례기반 추론을 이용함으로써 과거 유사 교량공사를 검색하고 다양한 공사의 특성을 반영할 수 있는 PSC BEAM 개략공사비 산정모델을 개발하고자 한다.

3. 이론적 고찰

3.1 사례기반추론(Case-Based Reasoning)

사례기반추론은 인공지능과 관련된 여러 가지 기법 중의 하나로 인간이 어떤 문제를 해결하는 과정에서 과거의 경험을 바탕으로 한다는 것을 모방하여 새로운 문제에 대하여 단순하게 해결하는 기법이며, CBR시스템은 사례기반을 이용한 넓은 의미의 전문가 시스템이다(김광희, 2004). 그림 1(Watson, 1997)은 검색(REtrieve), 재사용(REUse), 수정(REVise), 저장(REtain)하는 4가지 단계의 사례기반추론 과정을 나타내고 있다. 1단계인 검색은 신규사례에 대하여 가장 유사한 과거사례를 검색하는 단계이다. 2단계인 재사용 단계는 새로운 문제 해결을 위하여 과거의 사례를 재사용하는 것이다. 3단계인 수정단계는 새로운 문제를 해결하기 위해, 필요하다면 과거 사례를 수정하는 단계이다. 마지막 저장단계는 새로 해결된 해를 사례로 저장하는 단계이다.

3.2 유사사례조회 방법

일반적으로 유사사례의 유사도를 계산하는 방법은 데이

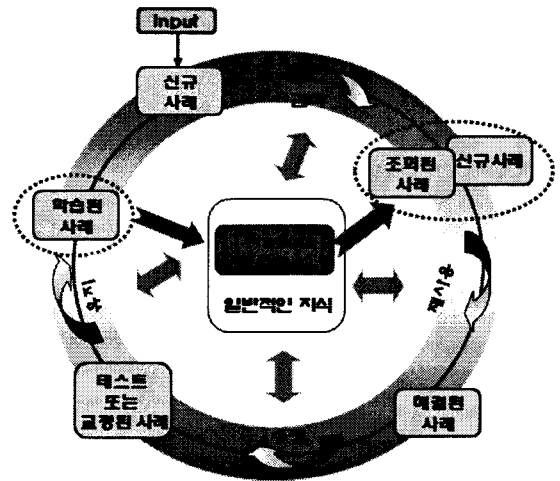


그림 1. 사례기반추론의 수행단계(Watson, 1997)

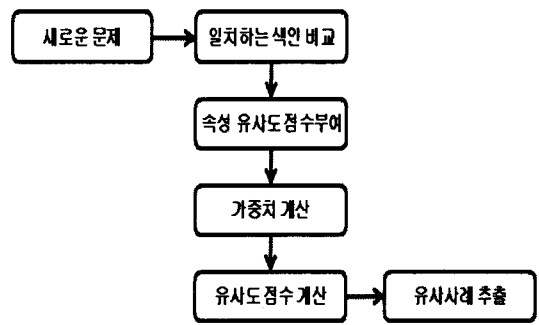


그림 2. 유사사례 추출절차

터의 유형에 따른 유사도 점수를 부여하여 산정한 속성별 유사도 점수와 속성별 가중치를 곱하여 추출하는 방법을 사용한다(그림 2). 속성별 가중치는 학습방법에 따라 경사하강법, 다중회귀분석, 인공신경망 등을 활용하여 산정하며, 유사도 점수를 산정하는 방법은 유사사례 추출을 위한 속성에 따라 계산하는 방식이 다르게 적용된다. 표 2와 같이 속성별 유사도 점수 도출 방법을 통하여, 일치 혹은 10%이내라면 100점을 부여하고, 불일치 혹은 10%이상이라면 0점을 부여한다.

표 2. 속성별 유사도 점수 부여방법

속성	유사도 점수 부여방법
문자열	대조되는 두 사례의 특성이 완전히 동일한 경우에만 점수 부여
문자	한 단어에서 가능한 모든 연속적인 3자를 대상으로 비교하여 일치하는 비율에 따라 점수 부여
단어	대조되는 두 사례의 특성이 공통으로 갖는 단어의 수와 제시된 새로운 사례의 단어의 수의 비율에 의해 점수 부여
수치	속성값의 편차에 의해 유사성이 결정되어 점수 부여 $\left \frac{V_{\text{기준사례}} - V_{\text{대상사례}}}{V_{\text{대상사례}}} \right \times 100 \leq \text{범위}$

4. 사례기반추론을 활용한 PSC BEAM교의 개략공사비 산정모델 개발

4.1 기초자료 수집

개략공사비 산정 모델을 구축하기 위하여 본 연구에서는 일반 국도를 대상으로 최근 5년(2001년도 이후) 내에 설계완료가 된 PSC Beam교(65개 교량)을 대상으로 설계 내역서, 수량산출서, 종합 보고서, 설계도면 등 공사비 분석을 위해 필요한 기초자료를 조사/수집하였고, 분석을 통하여 수집된 각 교량에 대하여 경간 수, 경간 길이, 교량 폭, 면적, 기초형식, 가설위치(육상/하상), 교대/각 높이 등의 사업초기단계의 가용정보를 도출하였다.

4.2 유사도 점수의 차등 부여

일반적으로 유사사례 조회를 위한 속성이 수치일 경우, 유사도 점수를 부여할 때 속성값의 편차가 10%이내가 아니라면, 모두 0점을 부여하게 된다. 예를 들어, 신규사례의 면적이 100㎡ 이고, 유사사례의 면적이 89㎡일 경우 0점을 부여하고, 91㎡일 경우 100점을 부여하여 2㎡ 차이로 유사도가 유무가 결정되는 경우가 발생한다. 따라서, 본 연구에서는 유사사례 조회를 위한 속성의 유사도 점수를 차등 부여하여 사례의 유사도 점수를 산정하는 방법을 적용하고자 한다. 위에서 언급한 수치 속성을 갖는 면적, 교량폭, 하부높이, 연장에 대하여 표 3과 같은 유사도 점수 부여 방법을 적용하였다.

표 3. 수치 속성의 유사도 점수 차별화 부여방법

두 수간의 거리					
$\frac{V_{\text{기존사례}} - V_{\text{대상사례}}}{V_{\text{대상사례}}} \times 100 \leq \text{범위}$					
범위	5%	10%	15%	20%	25%
유사도점수	100	90	80	70	60

표 4. 비교/분석용 표본의 교량 기본 정보

교량정보	01교	02교	03교	04교	05교
교량형식	PSC Beam교	PSC Beam교	PSC Beam교	PSC Beam교	PSC Beam교
가설위치(육상/하상)	육상	하상	육상	하상	육상
차로수	4차로	4차로	4차로	4차로	4차로
연장	245m	140m	25m	60m	90m
면적	5120.5㎡	2996㎡	522.5㎡	1368㎡	1881㎡
폭원	20.9m	21.4m	20.9m	22.8m	20.9m
경간수	7경간	4경간	1경간	2경간	3경간
기초형식	직접+말뚝	직접+말뚝	말뚝	직접+말뚝	직접
설계준공년도	2005.12	2002.9	2003.12	2002.3	2005.12

4.3 PSC BEAM교의 개략공사비 산정모델 개발

본 연구에서 제시하고자 하는 PSC BEAM교의 개략공사비 산정모델은 그림 3과 같은 프로세스로 개발하였다. PSC BEAM 교의 공사비 기초데이터 수집하고, 가용정보를 바탕으로 데이터베이스를 구축하였다. 예측하려는 신규공사의 가용정보와 기존 사례의 유사성을 측정하기 위해 유사도 점수를 차등 부여하는 방법을 적용하였다. 유사도 점수가 가장 높은 사례를 추출한 후, 추출된 유사사례의 공사비를 신규공사 공사비 산정에 이용하는 절차로 이루어진다.

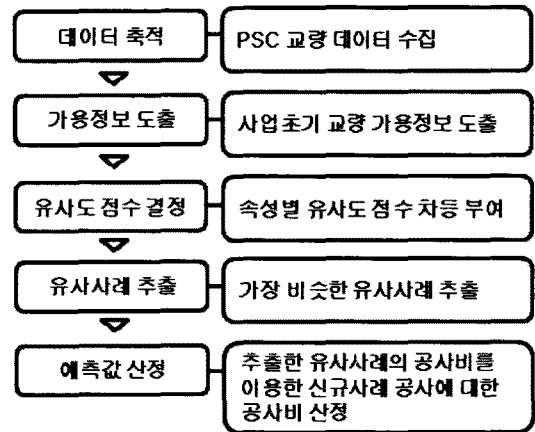


그림 3. 사례기반추론을 활용한 PSC BEAM 교량 개략공사비 추정 단계

「공공 교통시설 개발 사업에 관한 투자평가지침서」, 「예비타당성조사 표준지침」, 「도로업무편람」의 표준공사비 단가를 사용하여 추정된 공사비와 본 연구에서 제시한 개략공사비 산정 모델을 검증하기 위하여, 5개의 표본교량(표 4)에 대하여 공사비를 추정(표 5)하였다. 그림 4와 표 6에 나타난 바와 같이, 투자평가지침 -25.90%~15.73%, 예비타당성 조사 표준지침 -44.21%~3.60%, 도로업무편람 -19.72%~25.37%의 편차를 나타낸 반면, 사례기반추론을 활용한 개략공사비 산정모델은 -11.92%~3.20%의 추정편차를 나타내었다.

표 5 신규사례 공사비 추정 결과

구분	설계가격	투자평가지침		예비타당성 조사 표준지침				도로업무편람		사례기반추론 공사비(원)
		단가 (원/m ²)	공사비(원)	단가 (원/m)	공사비	단가 (원/m ²)	공사비(원)	단가 (원/m ²)	공사비(원)	
01교	6,138,261,429	1,203,435	6,162,191,395	22,516,675	5,516,585,264	906,069	4,639,527,343	1,303,722	6,675,707,345	5,449,427,473
02교	3,875,197,570	1,232,226	3,691,748,516	23,055,351	3,227,749,136	927,745	2,779,525,511	1,334,911	3,999,394,226	3,423,418,869
03교	848,568,743	1,203,435	628,795,040	22,516,675	562,916,864	906,069	473,421,157	1,303,722	681,194,627	856,292,775
04교	2,216,054,889	1,312,839	1,795,963,355	24,563,645	1,473,818,698	988,439	1,352,184,727	1,422,242	1,945,626,968	1,951,834,614
05교	1,956,012,142	1,203,435	2,263,662,145	22,516,675	2,026,500,709	906,069	1,704,316,167	1,303,722	2,452,300,657	2,018,530,339

표 6 추정방법에 따른 편차

구분	공사비 영향 요인	편차	비고
투자평가 지침서	교량 형식	-25.90%	표준단가/m ² (원단위)
	교량 면적	~	
	고속도로/국도	15.73%	
예비 타당성 조사	교량형식	-44.21%	표준단가/m ² (원단위)
	차로수	~	
	교량연장, 면적, 폭원	3.60%	
표준지침	고속도로/국도	3.60%	표준단가/m ² (원단위)
	교량형식	-19.72%	
	교량면적, 폭원	~	
도로 업무 편람	고속도로/국도	25.37%	표준단가/m ² (원단위)
	교량형식	-19.72%	
	교량면적, 폭원	~	
사례 기반 추론	교량형식	-11.92%	유사사례의 공사비
	폭원		
	가설위치	~	
	차로수	3.20%	
	연장	기초형식	

차등 부여하는 방법을 적용하였으며, 추출된 유사사례의 공사비를 이용하여 신규 공사비를 추정하는 개략공사비 산정 모델을 개발하였다. 제시된 모델을 검증하기 위하여 표본교량을 대상으로 도로건설사업의 개략공사비 산정 기준에서 제공하는 평균 건설단가로 추정한 공사비와 사례기반추론을 활용한 추정공사비를 비교한 결과, 실제 설계가격과의 추정 편차가 개선되어 신뢰도가 향상되는 결과가 나타났다.

본 연구는 개략 공사비 산정지원 인프라 구축을 위한 기반을 제공할 수 있을 것으로 기대되며, 효율적이고 신뢰성 있는 예정 가격의 추정이 가능할 것이다. 또한, 사업비 관리기술 측면에서의 경쟁력을 강화하여 건설 산업의 수익성을 제고할 수 있을 것이다. 향후 연구방향은 연구결과인 모델을 발전시켜 추정 결과의 신뢰도를 개선하고, 공사비 기초자료 관리기준을 제시하여 데이터베이스를 지속적으로 갱신하고 개략 공사비 산정 시스템 구축을 위한 연구와 병행되어야 할 것이다.

참고문헌

1. 건설교통부, “공공교통시설개발사업에 관한 투자평가지침”, 2007
2. 건설교통부, “도로업무편람”, 2007
3. 김경주, “폼셈 이론과 실제”, 구미서관 2007
4. 한국개발연구원, “도로·철도 부문사업의 예비타당성조사표준지침 수정·보완 연구-제4판”, 2004
5. 김광희, 강경인, “사례기반추론기법을 이용한 공동주택 초기 공사비 예측에 관한 연구”, 대한건축학회(구조계), 22(2), p.p 147-154, 2004
6. Watson, I., "Applying Case-Based Reasoning: Techniques for Enterprise Systems, Morgan Kaufmann Publishers, Inc., San Francisco, California, 1997

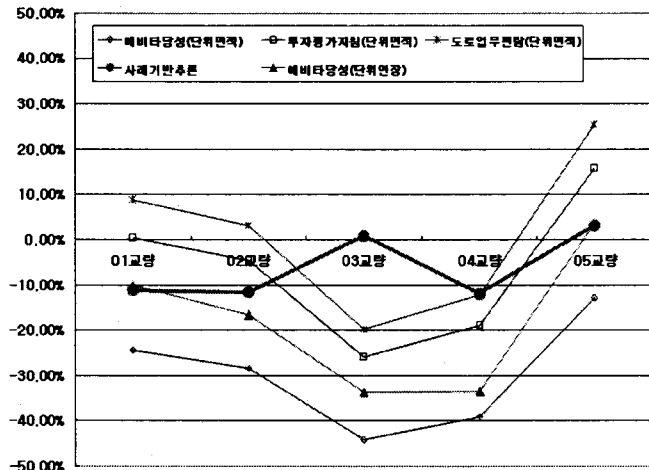


그림 4 추정방법에 따른 편차

4. 결론

본 연구에서는 유사 사례 검색을 위해 유사도 점수를

Abstract

This study attempts to estimate approximate cost on construction of PSC BEAM Bridge using Case-Based Reasoning and suggests approximate estimation model at the planning and design stage. This paper suggests phased influence factors on construction cost and approximate estimation model for integrated project cost management.

Keywords : Approximate Estimating, Cost Management, Phased Influence Factors, Case-Based Reasoning