

# 사업 수행 단계별 강박스거더교 공사비 산정 모델 제시 및 검증

## Suggestion and Verification of Assessment model on Construction Cost of Steel Box Girder Bridge in Project Performance Phases

전 은 경<sup>1)</sup> · 경 갑 수<sup>2)</sup> · 박 진 은<sup>3)</sup> · 강 신 화<sup>4)</sup>  
*Jeon, Eun Kyoung Kyung, Kab Soo Park, Jin Eun Kang, Sin Hwa*

요약 : 공공 건설공사에서 공사 단계별 합리적인 공사비를 산정하는 것은 국가 예산의 효율적 확보 및 집행 등에 있어 매우 중요한 요소이다. 일반적으로 공사예정가격은 대상 구조물의 설계 종료시점에서 산출된다. 그러므로 대상 구조물의 구체적인 상세 단면이 주어지지 않은 기획단계 및 설계초기단계에서 교량 구조물에 대한 단순 정보만을 가지고 개략공사비를 추정하는 것은 상당히 어려운 문제일 것으로 생각된다. 본 연구에서는 선행연구에서의 61개의 강박스거더교 공사비 분석에 의해 효율적이고 적절한 기획단계 및 설계초기단계의 개략공사비 산정 모델의 제시 및 타당성을 검증하고자 한다. 연구결과, 본 연구에서 제시된 공사비 산정 모델에 의해 얻어진 추정공사비는 기존에 사용된 방법과 비교할 때 매우 높은 신뢰도를 갖는 것을 알 수 있었다.

ABSTRACT : To effectively secure and execute the national budget, it is very important to estimate the reasonable construction cost of each process in the construction of public facilities and works. The construction cost is generally estimated at the time when the design of the targeted structures has been completed. Without detailed sectional drawings and with only simple information on bridge structures in the planning stage or in the early design stage, it would be very difficult to predict the approximate construction cost. In this study, a more efficient and appropriate approximate construction cost estimation model in the planning stage and in the early design stage is presented and verified as reliable by analyzing the construction cost data of 61 existing steel box girder bridges from previous studies. The results of this study show that when the construction cost that was predicted using the construction cost estimation model in the design stage was compared with the cost from the conventional standards, the suggested model in this study produced results with a very high confidence level.

핵심 용어 : 강박스거더교, 공사비, 기획단계, 설계단계, 개략공사비

KEYWORDS : steel box girder bridge, construction cost, planning phase, design phase, approximate construction cost

### 1. 서론

공공 건설공사에서 합리적이고 효율적인 공사를 수행하기 위해서는 각 사업수행 단계별 적합한 예산을 수립하고 이를 집행하는 것이 필요하다. 이것은 건설 분야 국가예산의 효율적 확보 및 집행 등에 있어 매우 중요한 요소이다.

한편 건설공사에 관련된 예산은 예산 수립 및 집행의 주체, 대상 건설공사의 예산 집행 시점 등에 따라 예산의 결정 방법 및 규모 등이 달라진다. 따라서 건설공사 예산 수립의 객관성 및 효율성 등을 확보하기 위해서는 각 공사 단계별 가용 정보

및 영향인자 등에 대한 분석을 객관적이고 충분하게 검토하는 것이 필요하다.

건설공사 예산수립 과정은 공사단계 특성에 따라 가용정보 수준이 달라지기 때문에 예산 수립의 정확성 및 결정 방법 등에 차이를 나타낸다.

일반적으로 건설공사의 사업수행단계는 크게 기획단계에서 예비타당성 조사단계 및 타당성 조사단계, 설계단계에서 기본 및 실시설계단계로 분류되어진다. 여기서, 전자는 주로 기획재정부 관련 부서 등에서, 후자는 국토해양부 및 기획재정부 관련 부서 등에서 실시하는데 각 업무별 특성은 다음과 같다.

1) 한국해양대학교 토목공학과 석사과정(sh8368@naver.com)  
2) 교신저자. 한국해양대학교 토목공학과 부교수, 공학박사  
(Tel. 051-410-4464, Fax. 051-403-3762, Email: kyungks@hhu.ac.kr)  
3) 한국해양대학교, 토목공학과, 박사과정(pje1101@naver.com)  
4) SK건설, 한국해양대학교, 토목공학과, 박사과정(sina@skcc.co.kr)

본 논문에 대한 토의를 2010년 8월 31일까지 학회로 보내주시면 토의 회답을 게재하겠습니다.

예비타당성 조사단계는 대규모 사업에 대한 예산편성을 위해 사전에 사업의 경제적 타당성을 개괄적으로 검증하는 것이고, 타당성 조사단계는 예비타당성 조사 통과 후의 본격적인 사업 착수를 위한 조사단계로 기술적 타당성에 기초하여 해당 사업의 효율적인 추진방안을 확정하는 단계이다. 또한 설계단계에서의 기본설계단계는 대상 건설공사에 대한 개략공사비 등을 포함한 관련 조사 및 검토를 거쳐 최적안을 선정하고 실시설계에 필요한 서류 도서를 작성하는 단계이며, 실시설계단계는 기본설계를 토대로 대상건설공사의 설계예정가격산출을 포함한 세부조사 및 검토를 거쳐서 최적안을 선정하고 이와 관련된 설계도서를 작성하는 단계이다.

건설공사의 실제사업비인 설계예정가격은 대상 구조물의 설계 종료시점에서 산출된다. 즉, 대상 구조물의 설계도가 완성된 후, 대상 공사에 대한 수량 산출 및 이에 따른 단가 산출을 실시하고 최종적으로 이들을 집계하여 산출되므로 설계예정가

격 산출에 많은 시간과 비용이 소요된다. 그러므로 대상 구조물의 구체적인 상세 단면이 주어지지 않은 기획단계 및 설계초기단계에서 교량 구조물에 대한 단순 정보만을 가지고 개략공사비를 추정하는 것은 상당히 어려운 문제일 것으로 생각된다. 그러나 국가 예산 확보 측면에서는 대상 구조물의 기본 정보만으로 이들 단계에서의 개략공사비를 정확하게 추정할 수 있다면 예산 수립의 측면에서 그 효율성이 매우 클 것으로 생각된다.

한편 최근 도로구조물에서 강교량 비율은 강교량의 장점 등에 의해 그 적용실적이 증가하여 교량구조물의 약 15%를 차지하고 있으며, HSB 등의 고강도재의 사용(이종관 등, 2008) 및 LRFD 설계로의 기준 변화 등의 향후 시장의 환경 변화를 고려한다면 그 점유율은 점차 증가할 것으로 판단된다. 따라서 강교량 적용에 있어서 건설공사비 수립과 관련한 개략공사비 산정의 정확성 향상은 강교량 적용성의 중요 인자의 하나가 될 것으로 판단된다.

표 1. 개략공사비 추정 대상교량

No.	신설/확포장	통과 형태	연장 (m)	총폭 (m)	면적 (m <sup>2</sup> )	차선 수	설계예정가격 (천원)	No.	신설/확포장	통과 형태	연장 (m)	총폭 (m)	면적 (m <sup>2</sup> )	차선 수	설계예정가격 (천원)	
1	신설 (국도)	육상	40	26	1040	4	1,828,646	32	신설 (국도)	하상	160	11.4	1824	2	3,499,236	
2			45	9.9	445.5	2	1,031,536	33			160	21.6	3451	4	6,563,447	
3			50	29	1450	6	2,419,617	34			190	36	6840	8	10,102,869	
4			50	21	1050	4	1,501,079	35			210	20.9	4389	4	6,477,888	
5			55	20.9	1150	4	4,624,856	36			228	7.9	1801	2	2,447,786	
6			64	29.8	1907	6	4,519,189	37			285	7.9	2252	2	4,046,417	
7			80	20.9	1672	4	2,388,035	38			295	12.4	3658	2	6,300,863	
8			140	11	1540	2	1,991,422	39			320	20.9	6688	2	10,887,339	
9			155	35.5	5498	8	6,914,810	40			320	20.9	6688	4	8,419,757	
10			230	20.9	4807	4	7,555,464	41			330	12.4	4092	2	7,585,589	
11			240	15.8	3792	2	6,520,413	42			330	20.9	6897	4	8,901,695	
12			250	24.9	6225	4	4,775,500	43			335	23.3	7819	4	11,371,135	
13			270	20.9	5643	2	10,190,407	44			350	35.5	12415	8	19,047,494	
14			300	15.8	4740	2	8,503,054	45			386	20.9	8074	4	12,938,456	
15		340	28	9520	6	17,131,565	46	405	7.9	3199	2	5,603,495				
16		495	20.9	10346	4	13,199,748	47	55	20.9	1149	4	1,122,704				
17		하상	육상	45	17.9	805.5	2	1,638,409	48	확포장 (국도)	육상	90	22.2	2002	2	3,641,673
18				47	24.4	1147	4	3,040,006	49			170	21.1	3594	4	5,229,401
19				50	20.9	1045	4	1,801,538	50			175	24.9	4349	4	6,200,759
20				60	20.9	1254	4	2,870,636	51			300	21.1	6321	4	10,974,193
21				80	15.8	1264	2	2,328,985	52			50	21.1	1054	4	2,055,807
22				80	7.9	633	2	910,173	53			150	28	4200	6	7,299,722
23				90	20.9	1885	4	2,311,729	54			180	20.9	3762	4	6,117,958
24			105	20.9	2195	4	3,866,774	55	200		21	4200	4	7,172,366		
25			115	20.9	2404	4	3,242,255	56	310		21	6510	4	11,270,761		
26			135	20.9	2822	4	4,107,768	57	329		20.9	6876	4	10,614,520		
27			144	20.9	3009	4	7,817,842	58	560		20.9	11704	4	19,478,399		
28			145	21.2	3080	4	5,503,617	59	570		21	11970	4	22,845,217		
29			150	20.9	3135	4	4,540,222	60	745		15	11175	4	31,266,702		
30			160	21.9	3504	4	6,061,594	61	873		11.4	9947	4	14,545,889		
31		160	24.6	3934	4	6,077,066										

신설 → 46개소, 확포장 → 15개소

강교량 예정가격 산정과 관련된 기존 연구로는 강교량 제작과 관련된 표준품셈의 제·개정을 위한 일련의 연구(한국건설기술연구원, 1994; 경갑수 등, 2004, 2005) 및 강박스거더교 공사비 분석(박혜연 등, 2007a, 선창원 등, 2009), 강교량의 예정가격 및 실행가격에 관한 연구(박혜연 등, 2007b) 등이 수행되었을 뿐 사업수행 단계에 따른 강교량 건설공사비 예정가격의 변동특성 등을 포함한 개략공사비와 관련한 연구는 그 중요성에 비해 아직 연구가 수행되고 있지 않은 것으로 조사되었다. 다만 일부 연구자에 의해 콘크리트교량인 RC라멘교에 대해 영향인자별 공사비변동에 관한 연구가 수행된 것으로 조사되었다(김경수, 2007).

따라서 본 연구에서는 선행 연구(선창원 등, 2009)에서 실시한 강교량 공사비 자료 분석의 연구에 개략공사비 추정을 위해 공사비 자료를 추가하고, 강교량 대표 공종별 비중과 수량 분석을 통하여 보다 효율적이고 합리적인 방법에 의해 기획단계 및 설계초기단계의 개략공사비 모델의 제시 및 검증을 실시하고자 한다. 이를 통하여 기존 연구에 비하여 높은 타당성을 갖는 강교량 개략공사비 산정 방안을 제시하고, 강교량 건설공사의 효율성 향상을 도모하고자 한다.

연구에서는 먼저 선행연구에서 실시한 공사비 영향 요인 분석 및 61개의 강박스거더교의 자료 분석을 바탕으로 기존 방법과의 비교 분석을 통하여 기획단계 개략공사비 산정모델을 제시하였다. 본 연구에서 사용된 총 61개의 강박스거더교는 선행연구에서 사용된 37개의 강박스거더교와 본 연구를 위해 추가 수집된 24개의 강박스거더교로 표 1에 대상교량의 기본 정보를 나타내었다. 또한 설계 초기단계의 합리적 공사비 산정을 위해 61개 강박스거더교에 대해 공사비 구성 비율 분석과 영향요인 분석을 통해 공사비 비중 및 공사비 결정 영향력을 고려하여 대표공종을 선정하고, 수집 데이터 분석에 기초한 대표공종에 대한 단위 물량을 산출하여 설계초기단계 개략공사비 추정 방법을 제안하였다. 또한 제안된 각 추정방법에 대해 추정모델의 검증을 실시하여 제안모델의 타당성을 검증하였다.

## 2. 기획단계 개략공사비 추정

### 2.1 기획단계 개략공사비 영향 요인 조사

이 장에서는 관련 문헌 등을 통한 공사비 예측 프로세스 및 공사비 관련 의사결정을 위한 활용 정보 수준으로부터 공사비 영향 요인을 분석하고, 교량 공종별 공사비를 산출하여 공사비 예측을 위한 기초 데이터 조사 등을 활용하여 기획단계의 예정 공사비 평균단가를 산정하였다.

기획단계의 공사비 추정은 대상 구조물의 구체적인 상세 단

면이 주어지지 않은 단계에서 몇 가지 단순정보만을 활용하여 개략공사비를 추정하는 단계이다. 따라서 개략공사비 산정에 영향을 미치는 영향인자를 어떤 것으로 하는가가 공사비 산정에 중요한 요인이 된다.

현재 각 단계별 공사비에 대한 산정목적과 공사비 산정을 위해 단계별 가용 정보 등을 포함한 건설공사비 산정체계의 개요 및 기존 공사비 산정기준을 표 2 및 표 3에 나타내었다.

표 2. 건설공사비 산정 체계의 개요

사업수행 단계	기획단계 및 예비타당성 조사단계	기본 및 실시설계단계	
공사비 산정목적	· 대상사업선정 · 예산규모 파악 · 타당성 분석	· 구조물 개략공사비 추정 (설계대안 평가) · 공사비 예정가격 추정	
가용정보	연장/폭원/차선수/ 지역적특성/ 가설조건(육상, 하상)	경간구성/ 횡단구성/ 구조물형식/ 주요단면제원	구조물 상세제원

표 3. 기존 공사비 산정기준

자료 종류	예비타당성 표준지침(KDI)	도로업무편람 (건설교통부)	투자평가지침 (건설교통부)
기존 공사비 산정기준	· 단위길이/ 면적당 평균건설단가	· 단위면적당 평균건설단가	· 단위길이당 평균건설 단가

표 4. 기획단계 공사비영향요인 분석

구분		공사비 영향요인	비고	
기 획 단 계	기 준 모 델	예비타당성 조사표준지침 (표 4로 계산)	교량형식	표준단가/m 표준단가/m <sup>2</sup>
			차로수	
			교량연장, 폭원 고속도로/국도	
	제 안 모 델	투자평가지침서 (표 6으로 계산)	교량형식	표준단가/m 표준단가/m <sup>2</sup>
			교량연장 고속도로/국도	
			교량형식 신설/확장 가설위치(육상/하상) 차로수 교량연장/폭원 국도	

표 4에 예비타당성 조사 표준지침(한국개발연구원 2004, 제 4판), 투자평가 지침서(건설교통부 2004, 2007) 및 본 연구의 제안모델에서의 공사비 영향요인을 나타내었다. 3가지 모델의 공사비 영향요인은 모델별로 약간의 차이를 나타내고 있으나, 기본적으로는 표준단가의 기준이 되는 가장 기본 요소인 길이(m) 또는 면적(m<sup>2</sup>)에 대한 정보를 포함하고 있다. 다만 본

연구의 제안모델의 경우는 기존 모델에 비하여 기획단계에서 충분히 고려할 수 있는 항목인 신설/확장, 가설위치(육상/하상)도 영향요인으로 추가하였다.

기획단계의 예정공사비 산정에서 사용되는 3가지 모델에 대한 연구 대상교량인 강박스거더교의 표준공사비를 표 5 ~ 표 7에 나타내었다. 표 5에 예비타당성 조사 표준지침(한국도로공사 건설표준단가 사용, 2004)에 대한 단가, 표 6에 투자평가지침서(2007)에 대한 단가, 표 7에 본 연구의 제안모델에서 적용한 단가를 나타내었다. 표 7에 제시된 단가는 선행 연구(선창원 등, 2009)에서 사용된 37개의 강박스거더교와 본 연구를 위해 추가 수집된 강박스거더교 24개의 총 61개의 강박스거더교에 대한 공사비를 분석하여 얻어진 값이다. 추가된 24개의 강박스거더교에 대해서도 선행연구와 동일한 방법으로 자료를 정리하였다.

표 5. 예비타당성조사 표준지침의 표준 공사비(단가/m, 단가/m<sup>2</sup>)  
(단위 : 천원)

구분	왕복2차로	왕복4차로	왕복6차로	왕복8차로
강박스거더교	20,421	1,723	41,271	1,681

(자료 : 예비타당성조사 표준지침(2004) 중 한국도로공사 내부자료, 2003년 고속도로 건설 평균단가)

표 6. 투자평가지침서의 도로 교량구간 공사비 기준단가

구분	교량유형	기준단가 (천원/m)
고속도로	강박스거더교	56,213
국도	강박스거더교	54,000

표 8. 개략공사비 추정 대상교량

No.	신설/확포장 (국도)	통과 형태	연장 (m)	총폭 (m)	면적 (m <sup>2</sup> )	설계예정공사비 (천원)	No.	신설/확포장 (국도/고속)	통과 형태	연장 (m)	총폭 (m)	면적 (m <sup>2</sup> )	설계예정공사비 (천원)
1	신설	육상	50	21.0	1050	1,501,079	18	신설	하상	160	21.9	3504	6,318,551
2			55	20.9	1150	4,624,856	19			160	24.6	3936	5,798,046
3			80	20.9	1672	2,388,035	20			210	20.9	1389	6,477,888
4			230	20.9	4807	7,555,464	21			320	20.9	6688	8,419,746
5			248	24.9	6163	4,775,500	22			330	20.9	6897	8,901,695
6			495	20.9	10346	13,199,748	23			335	23.3	7819	11,371,135
7			47	24.4	1147	3,040,006	24			386	20.9	8074	12,938,456
8		50	20.9	1045	1,801,538	25	육상	55	20.9	1150	1,122,704		
9		60	20.9	1254	2,870,636	26		170	21.1	3587	5,229,411		
10		90	20.9	1885	2,311,729	27		175	24.9	4358	6,200,759		
11		하상	하상	105	20.9	2195	3,866,774	28	300	21.1	6321	10,974,193	
12				115	20.9	2404	3,242,265	29	50	21.1	1054	2,055,807	
13				135	20.9	2822	4,107,768	30	180	20.9	3762	6,117,958	
14				144	20.9	3010	6,251,655	31	200	21.0	4200	7,172,366	
15				145	21.24	3080	5,503,617	32	310	21.0	6510	11,270,761	
16				150	20.9	3135	4,540,222	33	329	20.9	6876	10,614,520	
17				160	21.57	3451	6,563,447	34	565	20.9	11809	19,478,399	

왕복 4차로 → 신설:24개소, 확포장:10개소

표 7. 본 연구 제안모델의 표준 공사비(단가/m, 단가/m<sup>2</sup>)  
(단위 : 천원)

구분	왕복2차로	왕복4차로	왕복6차로	왕복8차로
강박스 거더교	24,172	1,756	35,586	1,657

대상 강박스거더교 61개에 대한 자료 분석 결과, 왕복4차로 강박스거더교의 사용실적이 가장 많은 것으로부터 기획단계 공사비 추정은 34개의 왕복4차로 도로를 대상으로 실시하였다.

표 4의 공사비 영향요인을 고려하여 표 8에 기획단계 제안 모델(안)에서 사용한 34개 대상교량의 특성을 정리하여 나타내었다. 신설교량이 24개, 확포장교량이 10개이며, 육상교량이 10개, 하상교량이 24개이다. 한편 교량 연장은 47m의 단 순교부터 565m의 연속교로 분포되어 있고, 교량면적은 최소 1,050m<sup>2</sup> ~ 최대 11,809m<sup>2</sup>까지 분포되어 있다.

그림 1 및 그림 2에 표 8에 나타난 34개의 4차선 대상교량에 대해 교량연장 및 바닥판 면적에 대한 설계예정 공사비와의 관계를 나타내었다. 교량의 연장 및 면적이 증가함에 따라 설계예정 공사비도 선형적으로 나타났으며, 또한 이들 변수와 공사비의 관계는 높은 결정계수를 갖는 것으로 나타났다.

따라서 향후 기획단계 개략공사비 추정에서는 이들 관계를 사용하고자 한다. 그림 3 및 4에는 대상교량에 대해 교량연장 및 바닥판 면적에 대한 단위 길이당 및 단위면적당의 설계예정가격 공사비의 관계를 신설/확포장 및 육상/하상으로 분류하여 나타내었다.

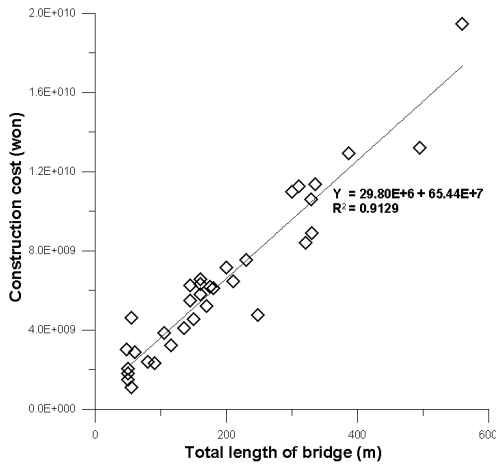


그림 1. 교량연장과 설계예정 공사비의 관계

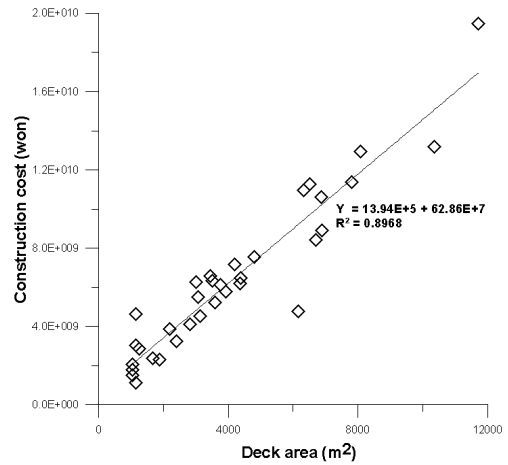


그림 2. 교량면적과 설계예정 공사비의 관계

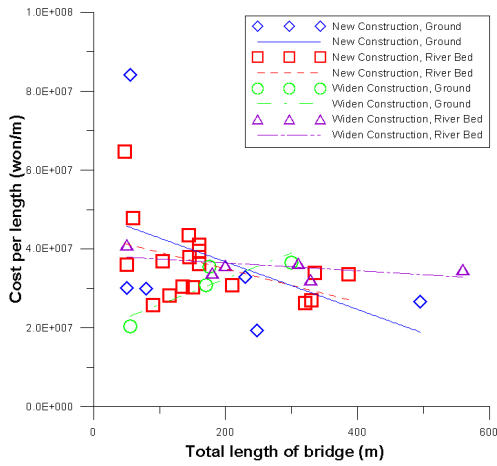


그림 3. 교량연장과 단위길이에당 설계공사비의 관계

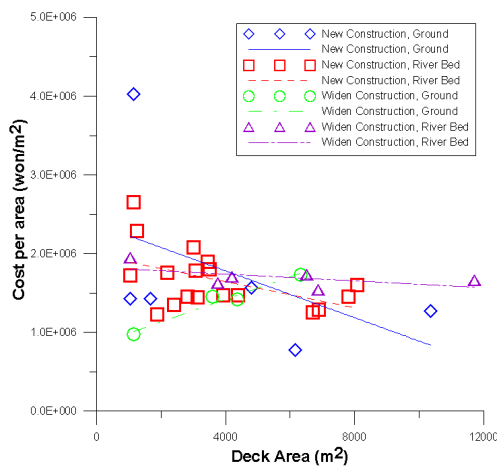


그림 4. 바닥판 면적과 단위면적당 설계공사비의 관계

(신설 · 육상)  
 $Y = -60428.22868X + 48786155.88$  (1)  
 $R^2 = 0.195941$

(신설 · 하상)  
 $Y = -41997.59803X + 43328327.72$  (2)  
 $R^2 = 0.213761$

(확포장 · 육상)  
 $Y = 65532.0565X + 19328788.39$  (3)  
 $R^2 = 0.792801$

(확포장 · 하상)  
 $Y = -9906.370552X + 38417871.97$  (4)  
 $R^2 = 0.325673$

여기서, X=교량연장(m), Y= 공사비(원/m)

(신설 · 육상)  
 $Y = -148.6231818X + 2374516.828$  (5)  
 $R^2 = 0.226894$

(신설 · 하상)  
 $Y = -82.9201878X + 1975803.624$  (6)  
 $R^2 = 0.238438$

(확포장 · 육상)  
 $Y = 143.5498572X + 845225.8192$  (7)  
 $R^2 = 0.95532$

(확포장 · 하상)  
 $Y = -21.46010688X + 1826084.766$  (8)  
 $R^2 = 0.317421$

여기서, X=바닥판 면적(m²), Y= 공사비(원/m²)

또한 교량 신설 유무, 통과 형태로 분류하여 교량 길이 및 바닥판 면적을 사용한 추정공사비 산출식도 나타내었다. 또한 교량 신설 유무, 통과 형태로 분류하여 교량 길이 및 바닥판 면적을 사용한 추정공사비 산출식도 나타내었다. 이들 관계를 나타낸 것은 향후 설계단계에서의 공사비 추정을 위한 자료 제공 및 설계 변수로서의 영향 정도를 파악하기 위한 것이다. 그림 3 및 그림 4에 나타낸 것과 같이 교량연장 및 바닥판 면적이 증가함에 따라 단위길이당 또는 단위면적당 설계예정 가격이 감소하나, 확포장 교량의 통과형태가 육상일 경우는 교량연장 및 바닥판 면적이 증가함에 따라 단위면적당 공사비가 증가하는 경향을 나타내고 있다. 그러나 보다 정확한 관계를 추정하기 위해서는 향후 추가적인 데이터 수집이 필요할 것으로 판단된다.

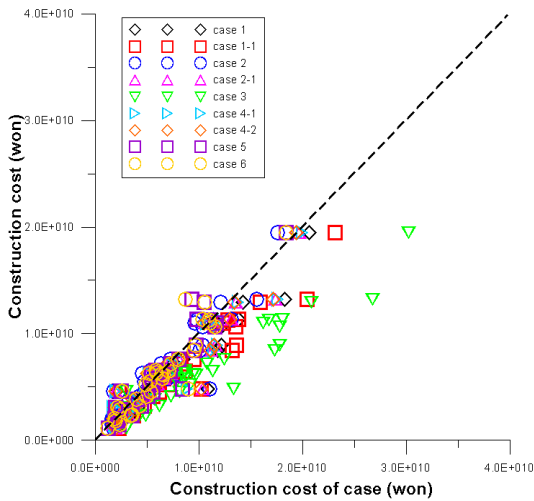


그림 5. 설계예정 공사비와 기획단계 추정공사비의 관계

그림 5에 34개의 4차선 대상교량에 대해 표 8에 나타낸 설계예정 공사비와 표 4에 제시된 방법에 의해 산정된 기획단계 추정공사비와의 관계를 나타내었다. 기획단계 추정공사비는 약간의 분산을 나타내고 있으나 비교적 설계예정가격과 직선적인 선형관계를 나타내고 있는 것을 알 수 있다.

표 9에 34개의 4차선 대상교량에 대한 설계예정가격과 표 4에 제시된 모델에 따라 계산된 기획단계 추정개략공사비와의 분석결과를 나타내었다. 표 9의 예비타당성 조사표준지침은 표 5의 기준 폭원 23.4m의 왕복 4차로를, 투자평가지침은 표 6의 국도를 적용하였다. 또 표 9의 제안모델(안)-1인 case 4에 대한 기획단계 추정개략공사비는 표 7의 왕복4차로의 길이당 평균단가를 사용하여 산정하였고, 제안모델(안)-2인 case 4-1에 대한 기획단계 추정개략공사비는 표 7의 왕복4차

표 9. 적용지침에 따른 기획단계 추정공사비 분석

구분		결정계수	
예비타당성 조사표준지침	도로폭원 고려	원/m (case 1)	0.8968
		원/m <sup>2</sup> (case 2)	0.9129
	도로폭원 고려하지 않음	원/m (case 1-1)	0.8600
		원/m <sup>2</sup> (case 2-1)	0.8968
투자평가지침	원/m (case 3)	0.9129	
제안모델(안)-1	원/m (case 4-1)	0.9129	
제안모델(안)-2	원/m <sup>2</sup> (case 4-2)	0.8968	
제안모델(안)-3	원/m (case 5)	0.8955	
제안모델(안)-4	원/m <sup>2</sup> (case 6)	0.8836	

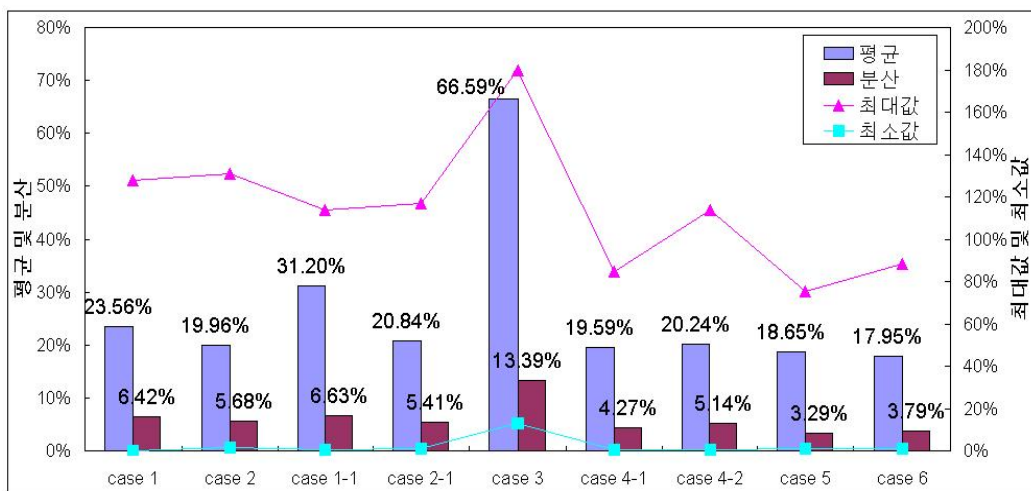


그림 6. case별 추정 개략공사비와 설계예정가격 공사비와의 오차

로의 면적당 평균단가를 사용하여 산정하였다. 제안모델(안)-3인 case 5 및 제안모델(안)-4인 case 6의 추정개략공사비는 각각 그림 3과 그림 4의 교량연장 및 바닥판 면적에 대한 공사비 추정함수식을 사용하여 산정하였다. 여기서 표 9의 예비타당성조사 표준지침에서 도로폭원을 고려한 case 1과 case 2의 경우는 기준폭원 23.4m를 기준으로 폭원비례식을 사용한 경우이다. 표 9로부터 제안모델이 기존 모델에 비하여 결정계수가 유사하거나 약간 큰 것으로 나타나 상관관계가 약간 높은 것으로 판단된다.

그림 6에 34개의 4차선 대상교량에 대한 각 case별 추정개략공사비와 설계예정가격 공사비와의 오차 분석을 나타내었다. 각 교량에 대한 case별 추정개략공사비와 설계예정가격과의 오차에 대한 평균과 분산, 오차의 최대값과 최소값을 나타낸 것이다. 각 case에 대한 오차 분석으로부터 본 연구의 제안모델인 case 5와 case 6의 평균과 분산이 상대적으로 낮게 나타나는 것으로부터 본 연구의 제안모델은 기존 모델과 비교하여 기획단계의 추정 개략공사비를 보다 신뢰성 있게 추정할 수 있을 것으로 판단된다.

### 3. 설계단계 상부공사 개략공사비 추정

#### 3.1 대표공종 선정 및 단위물량 산출

수집한 61개 강박스거더교의 설계예정 공사비 가운데 각 공사별 공사비의 평균은 상부공사비가 약 68%, 하부공사비가 약 21%, 토공공사비가 약 3%, 부대공사비가 약 9%로, 상부공 공사비의 비율이 가장 크게 나타나는 것으로 조사되었다. 또한 수집한 61개 강박스거더교의 상부공사비가 전체 설계예정 공사비에서 차지하는 비율이 43.69 ~ 83.59%로, 상부공사가 전체 설계예정 공사비에 큰 영향을 차지하는 것으로 판단된다. 따라서 설계초기단계 개략공사비 산정을 위하여 61개 강박스거더교 실시설계자료의 공사비 구성 비율 및 영향요인 분석, 설계초기단계의 가용정보 수준 분석을 통하여 상부공사비에서 차지하는 비중이 크고, 공사비 결정에 영향력이 높은 공종을 중심으로 총 7개의 대표공종을 선정하였다.

표 10에 강박스거더교 상부공사의 각 공종별 공사비 비율을 나타내었다. 표 10에 나타낸 것과 같이 강박스거더 교량 상부공사는 크게 강재 구조물 공종인 강교, 그 위에 설치되는 바닥판 공종인 자재대, 교면방수, 철근가공조립, 동바리, 거푸집, 콘크리트타설의 총 7개 공종이 대표공종인 것을 알 수 있다.

이들 7개 대표공종이 상부공 전체 공사비의 99.85%, 나머지 공종이 0.15%를 차지하는 것을 알 수 있다. 본 연구에서는 이와 같이 결정된 대표공종에 대해 각 공종별 단위수량을 산정

하고, 여기에 공종별 단가를 곱하여 대표공종에 의한 공사비를 예측하며, 그 이외 공종에 대해서는 일정 요율을 곱하여 강박스거더교 상부공 전체 공사비를 예측하고자 한다.

표 10. 강박스거더교 상부공사의 각 공종별 공사비 비율

공 종 명	비 율(%)	누적비율(%)
1. 강교		
1.1 강교제작	59.35	59.35
1.2 강교가설	14.23	73.58
1.3 강교운반	2.00	75.58
1.4 강교도장	11.20	86.78
1.5 비파괴검사	1.05	87.83
2. 자재대	3.40	91.23
3. 교면방수	2.32	93.55
4. 철근가공조립	2.43	95.98
5. 동바리		
5.1 일반 목재	1.77	97.75
5.2 Deck Finisher	0.29	98.04
6. 거푸집	1.45	99.49
7. 콘크리트타설	0.36	99.85
8. 표면처리	0.086	99.936
9. 무수축콘크리트	0.031	99.967
10. 스페이서설치	0.021	99.988
11. 시공이음(스치로폴)	0.001	99.989

선행 연구(선창원 등, 2009)에서 강교제작·운반 및 가설은 교량 연장이나 바닥판 면적과 높은 상관관계를 나타내고 있는데 교량 연장보다는 바닥판 면적과 더 높은 상관관계를 나타내고 있는 것으로 보고되었다. 따라서 본 연구에서도 강교량 제작과 가설·운반 및 도장에 대해서는 면적당 단위중량을 단위공종으로 사용하여 공사비를 산출하고자 한다.

그림 7에 시간길기와 면적당 단위중량과의 관계를 단경간교와 연속교로 분류하여 나타내었다. 평균 강재중량은 시간 길이에 비례하여 증가하는데, 단경간교의 경우 시간장의 변화에 따라 면적당 단위중량이 0.32~0.44tonf/m<sup>2</sup>으로 비례하여 급격하게 증가되며, 연속교의 경우 시간길이가 변화에 따라 0.27~0.37 tonf/m<sup>2</sup>으로 비례하여 증가하나 변화의 폭이 작아지는 경향을 나타내었다. 따라서 연속교가 단경간교에 비해 단면이 더 효율적으로 활용되고 있는 것을 알 수 있다.

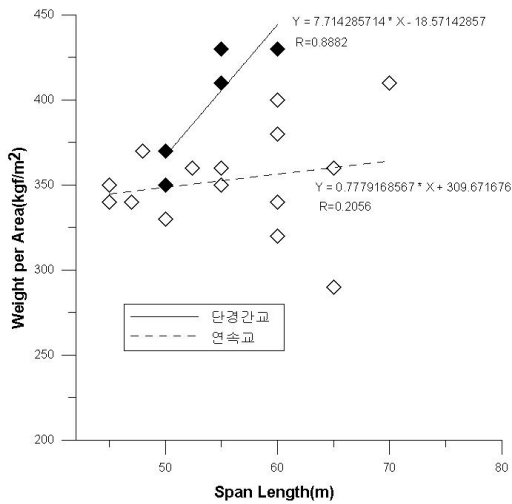


그림 7. 지간 길이와 면적당 단위중량과의 관계

표 11에 본 연구에 사용된 박스교량에 대한 내역서 분석에 기초하여 산정된 대표공종별 단위수량을 나타내었다. 표 11에 나타낸 것과 같이 강교제작, 가설·운반 및 도장에 대한 단위 수량은 지간길이와 최대지간길이를 변수로 하는 회귀식을 사용하여 산정하였고, 나머지 대표공종에 대해서는 표준단면을 가진 교량에 대해 연장으로 나눈 수량의 평균을 단위수량으로 산정하고 대표공종에 해당하는 단가를 곱하여 대표공종의 공사비를 산출하도록 하였다.

표 12에 본 연구에서 제안한 대표공종별 공사비 산출방법을 나타내었다. 각 공종에 따른 공사비 산출은 기본적으로는 표 11에 제시한 단위수량에 공종별 단위수량을 곱하여 전체수량을 산정하고 여기에 단가를 곱하여 공종별 공사비를 산출한다.

표 11. 대표공종별 단위수량

공종	단위	단위수량
1. 강교		
1.1 강교제작	ton/면적	단경간교(X=지간장) f(x)=(7.71X-18.57)/1,000 연속교(X=최대지간장) f(x)=(0.78X+309.67)/1,000
1.2 강교운반	ton/면적	
1.3 강교가설	ton/면적	
1.4 강교도장	m <sup>2</sup> /면적	단경간교(X=지간장) f(x)=0.09X+4.29 연속교(X=최대지간장) f(x)=0.10X+3.59
2. 자재대		
2.1 레미콘	m <sup>3</sup> /연장	6.836
2.2 철근	ton/연장	0.236
3. 교면방수	m <sup>2</sup> /연장	19.493
4. 철근가공조립	ton/연장	1.448
5. 동바리		
5.1 일반목재	공/m <sup>3</sup> /연장	16.583
5.2 Deck Finisher	공/m <sup>3</sup> /연장	5.535
6. 거푸집	m <sup>2</sup> /연장	15.062
7. 콘크리트타설	m <sup>3</sup> /연장	7.181

(공 : 연장당 투입되는 동바리의 공수)

표 12. 대표공종별 공사비 산출방법

공종	단위	공사비 산출방법	공종	단위	공사비 산출방법
1. 강교			3. 교면방수	m <sup>2</sup>	단위수량×연장=전체수량 공사비=전체수량×단가
1.1 강교제작	ton	회귀식으로 단위수량 산출 후 전체 수량산출  공사비=수량×단가	4. 철근가공조립	ton	단위수량×연장=전체수량 공사비=전체수량×단가
1.2 강교운반	ton		5. 동바리		
1.3 강교가설	ton		5.1 일반목재	공/m <sup>3</sup>	단위수량×연장=전체수량 공사비=전체수량×단가
1.4 강교도장	m <sup>2</sup>		5.2. Deck Finisher	공/m <sup>3</sup>	단위수량×연장=전체수량 공사비=전체수량×단가
2. 자재대			6. 거푸집	m <sup>2</sup>	단위수량×연장=전체수량 공사비=전체수량×단가
2.1 레미콘	m <sup>3</sup>	단위수량×연장=전체수량 공사비=전체수량×단가	7. 콘크리트 타설	m <sup>3</sup>	단위수량×연장=전체수량 공사비=전체수량×단가
2.2 철근	ton	콘크리트수량×철근단위수량=전체수량 공사비=전체수량×단가	8. 기타공종	식	대표공종 공사비×0.015



3.2 설계단계 강교량 상부공 개략공사비 검증

이 절에서는 본 연구에서 제시한 단위수량과 회귀식을 연구 대상교량에 적용하여 제안된 강교량 공사비 산정 모델의 타당성을 검증하고자 한다. 대상교량의 공사비는 각 대표공종에 대한 전체수량을 계산하고, 여기에 설계단가를 곱하여 각 공종에 대해 산출하였다. 단위수량 산정은 본 연구 대상 교량의 표준 폭원 20.9m에 대해 산정하였으므로 폭원에 대해서는 표준 폭원과 검증대상 교량의 폭원과의 비율에 따라 단위수량을 보정하였다.

표 13에 61개의 대상 교량 가운데 총 15개의 다양한 폭원을 가진 대상교량의 상부공에 대한 설계예정 공사비와 추정 개략공사비를 비교하여 설계단계 상부공 공사비 산정 모델의 타당성을 검증하였다. 기획단계 상부공 추정공사비는 그림 3 및 4에서 나타난 교량연장 및 바닥판 면적을 사용한 추정공사비 산출식으로 추정한 전체공사비를 각 대상교량의 전체공사비에서 차지하는 상부공사의 비율을 적용하여 추정하였다. 15개 교량의 설계예정 상부공 공사비와 본 연구의 제시 모델을 이용하여 계산한 추정 개략공사비의 오차는 -3.89 ~ +5.86%를 나타내었다. 이들 오차는 대부분 강박스거더교의 상부공 공사비에 많은 비중을 차지하는 강교제작, 가설 및 운반에 대한 단위수량에 대한 오차이며, 그 값은 작은 오차에도 공사비에서의 비율이 높아 전체공사비에 미치는 영향은 큰 것으로 판단된다.

그림 8에 대상교량의 상부공에 대한 설계예정 공사비와 추정 개략공사비의 오차를 나타내었다. 그림 8에 나타난 연장 및 면적에 대한 추정공사비는 기획단계에서 대상교량의 단위수량이 산정되지 않은 조건하에서 3장에서 제시한 본 연구의 단위면적 및 단위길이에 대한 제안식을 사용하여 추정된 공사비이다.

표 13. 상부공에 대한 설계예정 공사비와 추정개략공사비 비교

(공사비 단위 : 천원)

교량 번호	가설 위치	선형	차선 수	설계예정 상부공사비	상부공사 차지비율	추정 개략공사비		
						기획단계		대표공종 방법 (오차율)
						변수:연장 (오차율)	변수:면적 (오차율)	
1	육	곡	2	5,581,310	73.87%	5,880,251 (5.36%)	5,735,009 (2.75%)	5,423,522 (-2.83%)
2	육	직	2	11,027,263	64.37%	6,128,993 (-44.42%)	5,649,458 (-48.77%)	10,623,278 (-3.66%)
3	육	직	2	583,632	56.58%	1,163,956 (99.43%)	568,762 (-2.55%)	575,208 (-1.44%)
4	하	곡	4	4,362,723	69.24%	4,744,375 (8.75%)	2,972,256 (-31.87%)	4,278,181 (-1.94%)
5	하	곡	4	5,174,180	68.21%	6,633,356 (28.20%)	4,567,750 (-11.72%)	4,972,711 (-3.89%)
6	하	직	4	10,436,747	54.79%	5,490,402 (-47.39%)	6,435,999 (38.33%)	10,967,460 (5.09%)
7	하	곡	2	919,623	56.13%	1,046,654 (13.81%)	867,753 (-5.64%)	920,535 (0.10%)
8	하	곡	4	2,956,802	76.47%	3,124,782 (5.68%)	3,010,174 (1.81%)	2,845,305 (-2.41%)
9	하	곡	4	1,644,062	57.27%	1,402,302 (-14.71%)	1,344,318 (-18.23%)	1,706,355 (3.79%)
10	하	곡	4	4,913,074	75.84%	5,496,287 (11.87%)	5,365,555 (9.21%)	4,976,038 (1.28%)
11	육	곡	4	814,856	72.58%	915,461 (12.35%)	425,600 (-47.77%)	785,509 (-3.60%)
12	육	곡	4	1,389,052	69.75%	2,783,414 (100.38%)	1,145,387 (-17.54%)	1,470,390 (5.86%)
13	하	곡	2	4,577,232	63.82%	4,650,592 (1.60%)	4,652,941 (1.65%)	4,507,213 (-1.53%)
14	하	직	6	7,071,157	62.74%	6,874,644 (-2.73%)	6,887,689 (-2.59%)	6,956,827 (-1.62%)
15	하	곡	8	14,536,597	63.63%	12,067,951 (-17.05%)	13,070,420 (-10.09%)	14,463,406 (-0.50%)

(육: 육상, 하: 하상, 곡: 곡선, 직: 직선)

그림 8에 나타난 것과 같이 기획단계 상부공사비의 편차는 연장을 변수로 추정한 경우에 -47.39 ~ 100.38 %, 면적을 변수로 추정한 경우에 -48.77 ~ 9.21 %의 편차를 나타내고 있으며, 설계예정 공사비와 비교하여 오차가 큰 부정확한 결과를 나타낸다. 그러나 본 연구에서 설계단계에서의 구조물의 단순 정보만을 활용하여 제시한 모델을 사용한 상부공사비

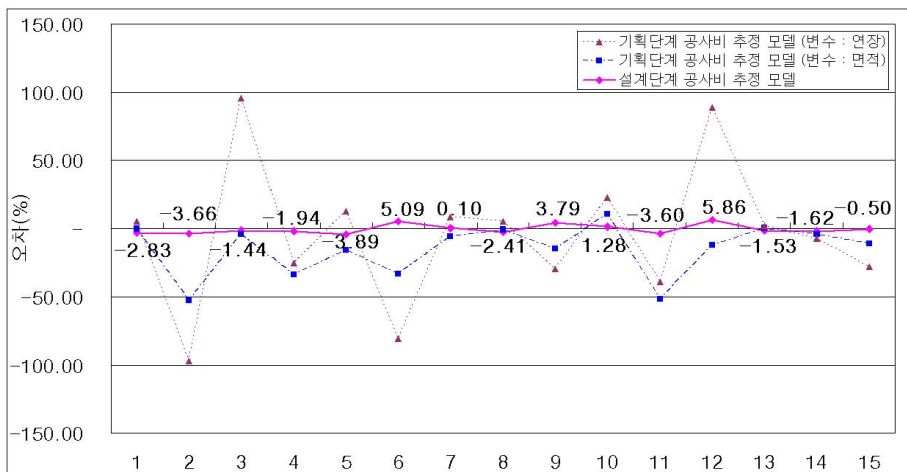


그림 8. 상부공 설계 예정 공사비와 추정공사비의 오차

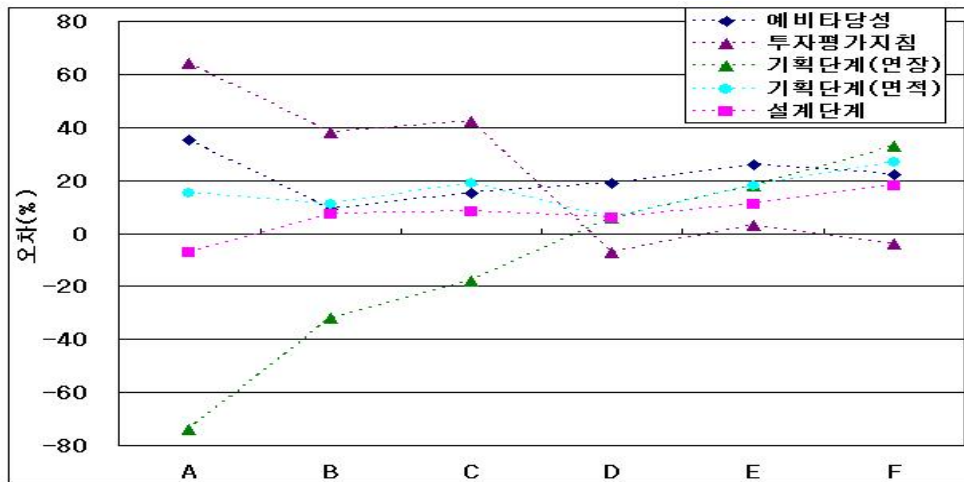


그림 9. 설계예정공사비와 추정공사비의 오차 검증

추정 결과, 편차가 -3.89 ~ 5.86%로 기존의 기획단계 개략공사비 추정과 비교하면 정확도가 매우 높은 것을 알 수 있다. 이로부터 본 연구에서 제시된 상부공 공사비 추정 모델은 충분한 타당성을 갖는 것으로 판단된다.

#### 4. 공사비 추정 제안모델의 검증

연구 대상교량에 본 연구에서 제시한 기획단계 및 초기설계단계 강교량 공사비 산정모델 적용하여 공사비 산정의 타당성을 검증하였다. 기획단계에서 강교량 공사비는 그림 3과 4에서 제시한 회귀분석식을 이용하여 산정하였고, 설계단계 공사비는 3장에서 제안한 것과 같이 교량의 각 대표공종에 대한 전체 수량을 계산하고, 계산수량에 설계단계를 곱하여 전체 공사비를 산출하였다.

표 14에 61개 대상 교량 가운데 총 6개의 다양한 폭원과 형식을 가진 교량을 선정하여 공사비 산정 모델의 타당성을 검증하였다.

표 14. 검증 대상 교량 기본 정보

구분	연장(m)	폭원(m)	신설/확장	가설위치	경간구성
A교	45	9.9	신설	육상	단경간교
B교	295	12.4	신설	하상	연속교
C교	330	12.4	신설	하상	연속교
D교	200	21	확장	하상	연속교
E교	310	21	확장	하상	연속교
F교	580	23	확장	하상	연속교

표 15에 설계도서 상의 설계예정 공사비, 본 연구에서 제시한 추정모델을 사용하여 계산한 기획단계 추정 개략공사비, 설계단계 공사비 및 기존 공사비 산정기준인 예비타당성 조사표준지침과 투자평가지침에 의해 산출된 공사비를 나타내었다.

표 15. 설계예정 공사비와 추정공사비 비교 (단위: 천원, 오차율)

구분	설계예정 공사비 (천원)	예비타당성 조사단계				설계단계 본 연구의 추정모델
		예비타당성 조사 표준지침	투자 평가지침	본 연구의 추정모델		
변수 :연장	변수 :면적					
A교	1,179,283	35%	64%	-74%	15%	-7%
B교	6,902,719	9%	38%	-32%	11%	7%
C교	8,261,973	15%	42%	-18%	19%	8%
D교	7,789,316	19%	-7%	6%	6%	6%
E교	13,334,244	26%	3%	18%	18%	11%
F교	25,261,572	22%	-4%	33%	27%	18%

그림 9에 실제공사비와의 오차를 각각 나타내었다. 본 연구에서 제시한 모델로 공사비를 추정한 결과 기획단계의 경우 연장을 변수로 하였을 때는 교량의 폭원에 대한 고려가 되지 않아 오차가 큰 것으로 나타났으나, 면적을 변수로 하였을 때 오차가 +6%~+27%로 기존 지침을 활용하였을 경우보다 신뢰도가 높은 결과를 얻을 수 있었다. 또한 설계단계 추정 모델을 활용하여 공사비를 추정한 결과 오차가 -7%~+18%로 매우 정확도가 높은 것을 알 수 있다. 기획단계 추정모델과 설계단계 추정모델을 비교하였을 때 기획단계에서 얻을 수 있는 최소한의 가용정보를 이용하여 추정한 공사비의 오차율보다 설계단계에서 얻을 수 있는 가용정보를 이용하여 추정한 공사비 오차가 더 낮은 것을 알 수 있다. 따라서 향후 기획단계 추정공사비의 정밀도 향상을 위해서는 사례기반추론 기법 등과 같은 개략공사비 추정 기법을 이용한 공사비 예측 모델을 활용한다면 추정공사비의 오차를 감소시킬 수 있을 것으로 판단된다.

## 5. 결 론

## 감사의 글

본 연구에서는 강박스 거더교를 대상으로 교량 구조물의 상세단면이 완성되지 않은 기획단계 및 설계초기단계에서 구조물의 개략 정보만을 가지고 합리적인 공사비 산정을 위한 예측 모델의 제시 및 검증을 통하여 다음과 같은 결론이 얻어졌다.

본 연구는 국토해양부 건설기술기반구축사업의 연구비지원(과제 번호 : 06 기반구축 A03)에 의해 수행된 것으로 이에 대해 감사드립니다.

## 참 고 문 헌

- (1) 기획단계에서 공사비 추정모델은 기존 및 본 연구에서의 제안식을 적용한 각 case에 대한 추정공사비 결과를 기초로 한 오차 분석으로부터 본 연구의 제안모델인 교량 연장 및 바닥판 면적과 설계예정가격에 대한 선형함수식을 사용하는 case 5 및 case 6의 평균과 분산이 상대적으로 낮게 나타났다. 이로부터 본 연구의 제안모델은 기존 모델과 비교하여 기획단계의 추정 개략공사비를 보다 신뢰성 있게 추정할 수 있을 것으로 판단된다.
- (2) 본 연구에서 구조물의 단순 정보만을 활용하여 제시한 모델을 사용하여 상부 공사비 추정 결과, 편차가 -3.89 ~ 5.86%로 나타나 기존의 기획단계 개략공사비 추정 지침을 사용한 결과인 -48.77 ~ 100.38 %의 편차와 비교하면 정확도가 매우 높은 것을 알 수 있다. 이로부터 본 연구에서 제시된 설계단계 공사비 추정 모델은 충분한 타당성을 갖는 것으로 판단된다.
- (3) 본 연구에서 제시한 기획단계 추정모델과 설계단계 추정모델의 경우 기존의 개략공사비 추정 방법인 예비타당성 조사지침, 투자평가지침 등과 비교하였을 때, 기획단계 추정모델과 설계단계 추정모델이 기존 지침을 활용하였을 경우보다 설계예정공사비와 추정공사비와의 오차가 더 작으므로 신뢰도가 높은 것으로 판단된다.
- (4) 기획단계 추정모델과 설계단계 추정모델을 비교하면, 기획단계에서의 최소한의 가용정보를 이용하여 추정한 공사비의 오차율인 +6%~+27%보다 설계단계에서의 가용정보를 이용하여 추정한 공사비 오차가 -7%~+18%로 더 작은 것을 알 수 있다. 향후 기획단계 추정모델의 경우 사례기반추론 기법 등과 같은 개략공사비 추정 기법을 이용한 공사비 예측 모델을 활용한다면 추정공사비의 오차를 감소시킬 수 있을 것으로 판단된다.

- 건설연구원(2006) 건설공사 표준품셈  
 경갑수, 강지윤, 김경주, 정경섭(2004) 강교량 품셈공수 산정 비교연구, 대한토목학회논문집, 대한토목학회, 제 24권, 제 6D호, pp.919-927.  
 경갑수, 권순철, 김경주, 정경섭(2005) 강교량 합리화에 의한 제작공수 분석, 2005년도 학술발표대회 논문집, 한국강구조학회, pp.450-455.  
 국토해양부(2004) 투자평가 지침서(제1차 개정판 : 국토해양부 고시 제 2004-87호, 제2차 개정판 : 국토해양부 고시 제 2007-529호).  
 김병수(2007) RC라멘교의 영향인자별 공사비변동현황 분석, 대한토목학회논문집, 대한토목학회, 제27권 제6D호, pp. 749-757.  
 박혜연, 경갑수, 신창원, 강신화, 권순철(2007a) 강교량 공사비 통계 자료에 기초한 영향변수 분석, 2007년도 학술발표대회 논문집, 한국강구조학회, pp.930-935.  
 박혜연, 경갑수, 권순철, 강신화(2007b) 강교량 공사비 예정가격 및 실행가격에 관한 분석 연구, 2007년도 학술대회 논문집, 대한토목학회, pp. 310-3111.  
 신창원, 경갑수, 강신화, 권순철(2009) 강박스거더교 공사비 특성 분석, 한국강구조학회 논문집, 한국강구조학회, 제21권 제1호, pp.1-14.  
 이종관, 황민오, 김기석, 권범필, 윤태양, 박영석(2008) 교량용고 성능강(HSB)의 KS등록 및 설계기준 개정안소개, 한국강구조학회지, 한국강구조학회 제20권 제1호, pp.53~57.  
 한국개발연구원(2004), 예비타당성 조사 표준지침, 제4판  
 회계예규 2200-04-157(2003), 실적공사비에 의한 예정가격작성 준칙

(접수일자 : 2009.8. 10 / 심사일 2009. 8. 21 /  
 게재확정일 2010. 1. 22)