



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

工學碩士 學位論文

강박스교량 건설비 추정 영향요인 분석 및
LCC 활용성 연구

A Study on the Effect-factor Analysis of Construction-cost
Estimation and Utilization of LCC
in Steel Box Girder Bridge

指導教授 慶 甲 秀



2010 年 8 月

韓國海洋大學校 大學院

土木環境工學科

田 恩 慶

本 論文을 田恩慶의 工學碩士 學位論文으로 認准함.

委員長 工學博士 金 度 三 (印)

委 員 工學博士 慶 甲 秀 (印)

委 員 工學博士 田 雙 順 (印)



2010 年 06 月 25 日

韓國海洋大學校 大學院

A Study on the Effect-factor Analysis of Construction-cost Estimation and Utilization of LCC in Steel Box Girder Bridge

by

Jeon, Eun-Kyoung

Department of Civil and Environment Engineering
Graduate School of Korea Maritime University

ABSTRACT

It is very important to estimate the reasonable cost of construction for each process in a construction for public facilities and works when securing and executing the national budget effectively. Construction-cost Estimation in the existing national budget-establishment process used to make full use of various statistical data like Standard guide for preliminary propriety, Guide for highway work and Guide for investment and evaluation. But, it is difficult to estimate construction-cost using like that. Also, when the government estimate approximate construction-cost, they are not taking any chances in the safety and maintenance of infra-structures upon this opportunity like the breakdown of Sung-Su bridge and Chang-sun bridge.

This study collects and analyzes data on the historical construction-cost of Steel Box girder bridge, identifies key cost impact factors, provides approximate cost estimating model based on Case-Based Reasoning(CBR). The results of cost estimating by the construction-cost estimating model and by the conventional standards at the early project stage were compared and the suggested model in this study gave the results with higher confidence level. Also, in order to predict the LCC of Steel Box girder bridge and PSC Box bridge, the initial cost estimate using the CBR I and CBR II model. Though Steel Box girder bridge is more disadvantageous than PSC Box bridge in the results of whole life cycle cost, Steel Box girder bridge is superior to PSC Box bridge in maintenance cost and scrap value cost. Therefore, if the initial cost is cut down, Steel Box bridge have their competitiveness compared to PSC Box bridge.

강박스교량 건설비 추정 영향요인 분석 및 LCC 활용성 연구

전 은 경

한국해양대학교
토목환경공학부 토목공학과

요 약

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 있어서 매우 중요한 요소이다. 현재 건설공사의 예산수립 과정에서 사업초기단계의 공사비 산정은 예비타당성 표준지침단가, 공공투자평가지침단가, 한국도로공사 평균단가 등 여러 가지 통계적 데이터를 활용하여 산정하고 있으나 이러한 지침들로 산정된 공사비는 공사비 예측에 어려움이 있다. 또한, 성수대교, 창선대교의 붕괴 등 대규모 건설사고의 계기로 인해서 정부는 교량을 포함한 각종 사회기반 시설물과 민간 시설물의 유지관리 및 안전관리를 예산수립과정에서 적극적으로 수행하기 시작하면서 구조물의 개략공사비 산정시 시설물의 안전 및 유지관리의 경계도 늦추지 않고 있다.

본 연구는 다양한 도로교량 가운데 강박스교량을 대상으로 사업수행단계별 가용 정보의 수준에 따른 강교량 개산견적의 정확도 향상을 위하여 사례기반 추론 기법을 적용한 개략공사비 산정 모델을 제안하였다. 연구결과, 사례기반 추론 기법을 적용한 산정 모델을 사용한 개략공사비 추정 결과, 편차가 -14.06 ~ 6.66%로 AACE의 목표치 내로 수립하여 신뢰성을 검증하였다.

또한, 사례기반추론 기법을 적용한 개략공사비 산정모델을 이용하여 제원이 비슷한 강박스교와 PSC Box교를 사례교량으로 선정하여 초기투자비용을 구하였으며, 유지관리단계의 LCC 비용을 예측한 결과, 전체 생애주기비용면에서는 강박스교가 PSC Box교보다 더 불리하지만, 유지관리비, 잔존가치비에서 우위를 나타내므로 초기투자비만 절감하면 PSC Box교와 충분히 경쟁력이 있는 것으로 판단된다.

따라서 이상의 연구 결과로부터 본 연구에서는 강박스교량의 적용에 있어서 사업수행단계의 가용정보 수준에 따른 개략공사비 산정모델을 정립하고, 이를 통하여 기존 연구에 비하여 높은 타당성을 갖는 강박스교량 개략공사비 산정 방안을 제시하며, 강박스교량 건설공사의 효율성 향상을 도모하고자 한다.



목 차

ABSTRACT	i
요약	ii
목차	iv
표목차	vi
그림목차	viii
1장. 서 론	1
1.1 연구의 배경과 목적	1
1.2 연구의 범위 및 방법	2
2장. 개략공사비 추정방법 및 연구동향	4
2.1 개략공사비 산정방법 및 현황	4
2.1.1 공사비 산정 개요	4
2.1.2 공사비 추정 기법	5
2.2 국내·외 공사비 산정에 관한 연구동향	10
3장. 사례기반추론에 의한 개략공사비 산정 및 검증 14	
3.1 사례기반추론에 의한 개략공사비 산정 방법	14
3.1.1 사례기반추론(CBR, Case-Based Reasoning) 정의	15
3.1.2 사례기반추론 프로세스	15
3.1.3 유사사례 조회 방법	16
3.1.4 유전자 알고리즘(GA, Genetic Algorithm)	18
3.2 공사비 데이터를 이용한 사례베이스 구축	22
3.2.1 공사비 기초자료 현황 분석	22
3.2.2 개략공사비 산정모델의 영향요인	22

3.3 사례기반추론을 이용한 강박스교량 공사비 모델	27
3.3.1 모델 설정	27
3.3.2 유사도 점수 산정기준	28
3.3.3 공사비 보정	30
3.3.4 신규 공사비 예측	31
3.4 영향요인 분석	32
3.4.1 영향요인 분석 범위	32
3.4.2 오차범위에 따른 영향요인의 가중치 분석	33
3.4.3 영향요인에 대한 가중치	42
3.5 CBR에 기초한 개략공사비 산정 모델 검증	43
3.5.1 CBR에 의한 공사비 산정 개요	43
3.5.2 CBR 모델의 공사비 검증 결과	44
 4장. 사례 교량의 LCC 분석 및 예측	47
4.1 사례교량에 대한 자료의 수집 및 분석	47
4.1.1 사례연구대상의 개요	47
4.2 사례 교량 LCC분석을 위한 기본 가정 설정	50
4.2.1 교량의 분석기간	50
4.2.2 실질할인율	51
4.3 LCC 구성항목 및 비용산정 방식	52
4.3.1 초기투자비 (Initial Cost : IC)	53
4.3.2 유지관리비 (Maintenance Cost : MC)	53
4.3.3 해체·폐기처분비 (Demolition & Disposal Cost :DC)	60
4.4 LCC 예측 및 평가	61
4.4.1 LCC 결과 분석	61
 5장. 결 론	65
5.1 결론	65
5.2 향후 과제	66
 참고문헌	67

표목차

표 2-1. 개략공사비 추정 기법의 적용 현황	9
표 2-2. 연구문헌에 따른 기획단계 공사비 영향인자	11
표 2-3. 영향요인분석 사례 조사(1)	11
표 2-4. 영향요인분석 사례 조사(2)	13
표 3-1. 유사도 점수 부여 방법	18
표 3-2. 교량연장과 순공사비의 관계식	24
표 3-3. 바닥판 면적과 순 공사비의 관계식	24
표 3-4. 강박스교량 공사비 모델의 영향요인	27
표 3-5. 강박스교량 공사비 산정 모델의 유사도 산정 기준	28
표 3-6. 오차범위 5%에 대한 영향요인별 가중치 분석	33
표 3-7. 오차범위 10%에 대한 영향요인별 가중치 분석	36
표 3-8. 오차범위 15%에 대한 영향요인별 가중치 분석	38
표 3-9. 오차범위 20%에 대한 영향요인별 가중치 분석	40
표 3-10. 오차범위에 따른 4개와 10개 영향요인에 대한 가중치	42
표 3-11. 강박스교량의 추정 공사비 검증 작업 교량	43
표 3-12. 강박스교량의 CBR I 모델 검증결과	44
표 3-13. 강박스교량의 CBR II 모델 검증결과	46
표 4-1. 비교 대상 교량의 기본정보	48
표 4-2. 사례대상교량의 설계 대안 개요	49
표 4-3. LCC 구성항목별 비용산정방식	52
표 4-4. CBR 산정모델에 의해 추정한 교량 형식별 초기투자비	53
표 4-5. 교량 형식별 연간 일반관리비	54
표 4-6. 사례교량의 연간 일반관리비	55
표 4-7. 교량의 기준과 직접인건비 기준 인원수	56
표 4-8. 교량의 조정비	56

표 4-9. 직접경비 대가기준	57
표 4-10. 점검 및 진단 소요 인원수	58
표 4-11. 1회 점검 및 진단 비용	58
표 4-12. 강박스교와 PSC Box교의 보수율 및 보수·교체주기	59
표 4-13. 교량 형식별 해체·폐기처분비용 및 잔존가치	60
표 4-14. 사례교량에 대한 대안별 LCC 분석 (불변가격)	62
표 4-15. 사례교량에 대한 대안별 LCC 분석 (할인가격)	63
표 4-16. 사례교량에 대한 대안별 초기투자비용과 LCC 예측비용	64



그림목차

그림 2-1. 설계시기에 따른 확정공사비 범위	5
그림 3-1. 사례기반추론 프로세스 (Watson, 1997)	16
그림 3-2. 최근접 추출방법 프로세스	17
그림 3-3. 연산자 적용 과정	20
그림 3-4. GA를 이용한 사례학습	21
그림 3-5. 교량연장과 순공사비의 관계	23
그림 3-6. 바닥판면적과 순공사비의 관계	23
그림 3-7. 교량연장과 순공사비와의 관계	25
그림 3-8. 교량면적과 순공사비와의 관계	25
그림 3-9. 교량폭원과 순공사비와의 관계	26
그림 3-10. 교량차로수와 순공사비와의 관계	26
그림 3-11. 최대경간장과 순공사비와의 관계	26
그림 3-12. 교량경간수와 순공사비와의 관계	26
그림 3-13. 영향요인별 가중치 산정 및 유사도 점수 부여	29
그림 3-14. 연장에 대한 가중치 변화	34
그림 3-15. 폭원에 대한 가중치 변화	34
그림 3-15. 상부면적에 대한 가중치 변화	34
그림 3-16. 차로수에 대한 가중치 변화	34
그림 3-17. 경간수에 대한 가중치 변화	35
그림 3-18. 최대경간장에 대한 가중치 변화	35
그림 3-19. 가설위치에 대한 가중치 변화	35
그림 3-20. 기초형식에 대한 가중치 변화	35
그림 3-21. 발주청에 대한 가중치 변화	35
그림 3-22. 가설형태에 대한 가중치 변화	35
그림 3-23. 연장에 대한 가중치 변화	36

그림 3-24. 폭원에 대한 가중치 변화	36
그림 3-25. 상부면적에 대한 가중치 변화	37
그림 3-26. 차로수에 대한 가중치 변화	37
그림 3-27. 경간수에 대한 가중치 변화	37
그림 3-28. 최대경간장에 대한 가중치 변화	37
그림 3-29. 가설위치에 대한 가중치 변화	37
그림 3-30. 기초형식에 대한 가중치 변화	37
그림 3-31. 발주청에 대한 가중치 변화	37
그림 3-32. 가설형태에 대한 가중치 변화	37
그림 3-33. 연장에 대한 가중치 변화	38
그림 3-34. 폭원에 대한 가중치 변화	38
그림 3-35. 상부면적에 대한 가중치 변화	39
그림 3-36. 차로수에 대한 가중치 변화	39
그림 3-37. 경간수에 대한 가중치 변화	39
그림 3-38. 최대경간장에 대한 가중치 변화	39
그림 3-39. 가설위치에 대한 가중치 변화	39
그림 3-40. 기초형식에 대한 가중치 변화	39
그림 3-41. 발주청에 대한 가중치 변화	39
그림 3-42. 가설형태에 대한 가중치 변화	39
그림 3-43. 연장에 대한 가중치 변화	40
그림 3-44. 폭원에 대한 가중치 변화	40
그림 3-45. 상부면적에 대한 가중치 변화	41
그림 3-46. 차로수에 대한 가중치 변화	41
그림 3-47. 경간수에 대한 가중치 변화	41
그림 3-48. 최대경간장에 대한 가중치 변화	41
그림 3-49. 가설위치에 대한 가중치 변화	41
그림 3-50. 기초형식에 대한 가중치 변화	41

그림 3-51. 발주청에 대한 가중치 변화	41
그림 3-52. 가설형태에 대한 가중치 변화	41
그림 3-53. CBR I 모델의 추정 개략공사비 비교	45
그림 3-54. CBR II 모델의 추정 개략공사비 비교	46
그림 4-1. Web상의 사례기반추론 기법을 적용한 공사비 산정 모델	47



1장. 서 론

1.1 연구의 배경과 목적

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 있어서 매우 중요한 요소이다.

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 설계예정가격 산출에 많은 시간과 비용이 소요된다. 그러므로 대상 구조물의 구체적인 상세 단면이 주어지지 않은 기획단계 및 설계 초기단계에서 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.

그러나 현재 건설공사의 예산수립 과정에서 사업초기단계의 공사비 산정은 예비타당성 표준지침단가, 공공투자평가지침단가, 한국도로공사 평균단가 등 여러 가지 통계적 데이터를 활용하여 산정하고 있으나 이러한 지침들은 단위 연장당 단가 혹은 단위면적당 단가를 사용하여 산정된 공사비로 공사비 예측에 어려움이 있다. 또한 기본 및 실시설계 단계의 공사비 산정은 설계회사의 자체 데이터를 사용하여 공사비를 산정하는 경우가 대부분이며 설계의 진행

에 따라 가용정보에 따른 공사비 예측이 이루어지지 않고 있다.

또한, 최근 성수대교, 창선대교의 붕괴 등의 대규모 건설사고의 계기로 인해서 정부는 1995년에 『시설물의 안전관리에 관한 특별법』을 제정하고 국토해양부의 안전부서, 지방자치단체의 건설안전관리본부 및 시설안전관리공단 등을 설치하여 교량을 포함한 각종 사회기반 시설물과 민간 시설물의 유지관리 및 안전관리를 예산수립과정에서 적극적으로 수행하기 시작하면서 구조물의 개략공사비 산정시 시설물의 안전 및 유지관리에 관한 내용을 병행하고 있다. 따라서 본 연구에서는 강박스교량 사업비 산정에 있어서 사업수행단계의 가용정보 수준에 따른 개략공사비 산정모델을 정립하고, 이를 통하여 기존 연구에 비하여 높은 타당성을 가지며, 또한 생애주기비용을 고려할 수 있는 강박스교량 개략공사비 산정 방안을 제시하여 강박스교량 건설공사의 효율성 향상을 도모하고자 한다.

1.2 연구의 범위 및 방법



본 연구에서는 건설공사 사업비 관리의 핵심 기술인 개략공사비 예측기술과 인프라를 구축하기 위하여 실적 데이터를 활용한 사업초기단계의 정보수준을 바탕으로 공사비 산정결과의 신뢰도를 높일 수 있는 도로구조물 중 강박스교량(강박스거더교, Steel Box Girder)의 개략공사비 산정 모델을 제시하고자 한다. 사업 수행단계별로 발생하는 정보를 기반으로 교량 공사비에 영향을 미치는 요인을 분석하고 그 문제점을 조사하여 적절한 건설공사 사업수행단계별 교량공사 개략 공사비 산정모델을 구축하는데 그 목적을 두고 도로구조물을 중심으로 연구를 수행하였다.

2000년 이후 설계된 국토해양부 국도건설공사의 강박스교량에 대한 보고서, 내역서, 도면, 수량산출서를 수집, 활용하여 분석하였고, 여기서 국토해양부 국도건설공사를 연구 범위로 선정한 이유는 2006년 도로예산의 68.6%가 국도인 것을 감안하여 국도 건설공사로 연구 범위를 제한하였다.

연구의 방법으로는 사례기반추론(Case Based Reasoning : CBR) 기법을 적용하여 개략공사비를 추정하였고, 사례기반추론 기법을 적용한 산정모델을 활용하여 강박스교와 PSC박스교(PSC박스형교, PSC Box Girder)에 대한 LCC(Life Cycle Cost , 이하 LCC)를 비교·분석하였다.

본 논문은 총 5장으로 구성되며, 각 장의 주요내용은 다음과 같다.

제 1장에서는 본 연구의 배경 및 목적, 연구의 내용 및 범위에 대해 기술하였다.

제 2장에서는 개략공사비 추정방법 및 기존 연구동향에 대해 간단히 기술하였다.

제 3장에서는 사례기반추론 기법을 적용하여 개략공사비 산정모델을 제시하고, 제시한 산정모델에 대한 영향요인 및 가중치를 분석하고 사례 대상교량에 대해 개략공사비를 추정 및 검증하였다.

제 4장에서는 3장에서 제시한 산정모델을 활용하여 강박스교와 PSC박스교에 대한 LCC를 비교·분석하였다.

제 5장에서는 본 연구로부터 도출된 결론을 서술하였다.

2장. 개략공사비 추정방법 및 연구동향

2.1 개략공사비 산정방법 및 현황

2.1.1 공사비 산정 개요

최근 건설 사업은 건설기술의 발전과 함께 보다 복잡화·대형화 되는 추세를 나타내고 있다. 또한, 대안설계, Turn-Key 등과 같은 발주방식의 변화를 포함하여 다양한 건설사업 관리기법이 개발 연구되고 있는 가운데 무엇보다도 건설공사비 예산에 대한 관리 방식은 건설사업 초기단계에서부터 유지관리단계에 이르기까지 사업 전체 단계에 걸쳐 발주자뿐만 아니라 건설사업 참여자 모두의 관심 대상이 되고 있다.

일반적으로 발주자나 시공자가 사업 수행단계별로 공사비를 산출하는 목적은 투자 규모의 파악 및 그에 따른 경제성 분석을 하기 위한 것과 사업의 수행단계에 따른 공사비를 관리하기 위한 것이다. 그러나 대부분의 견적담당자는 사업 수행단계별 공사비 관리의 목적은 간과하고 단지 공사비 산출 결과의 정확도에만 관심을 갖고 있는 경향이 있다. 결과적으로 이와 같이 산정된 공사비는 투자라는 측면의 목적에서 보면 매우 정확한 결과이나 사업을 시행 또는 관리하는 측면의 목적을 달성하기에는 미흡하다.

그럼 2-1과 같이 보통 기획단계에서부터 기본설계단계 과정에 이르는 동안 최종 공사비의 80% 이상이 결정된다(Ferry, Brandon & Ferry, 1999). 그러나 국내의 경우에는 기본설계가 완료되어야만 공사비를 파악할 수 있는 절차를 따르고 있어 많은 문제점이 내재될 수 있다. 즉, 공사비를 관리할 수 없는 상태에서 80% 이상의 공사비가 결정되고 있는 상황이다.

또한, 건설 산업 초기단계에서 기존의 공사비 산출방법은 부적절한 사업정보를 이용하여 건설 사업에 대한 의사결정을 하기 때문에 많은 문제점을 야기시킬 수 있다. 또한, 이러한 방법에 의한 공사비 산출결과와 정확도는 $\pm 40\%$ 정도인 것으로 알려져 있다(이태식 & 박종현, 2000).

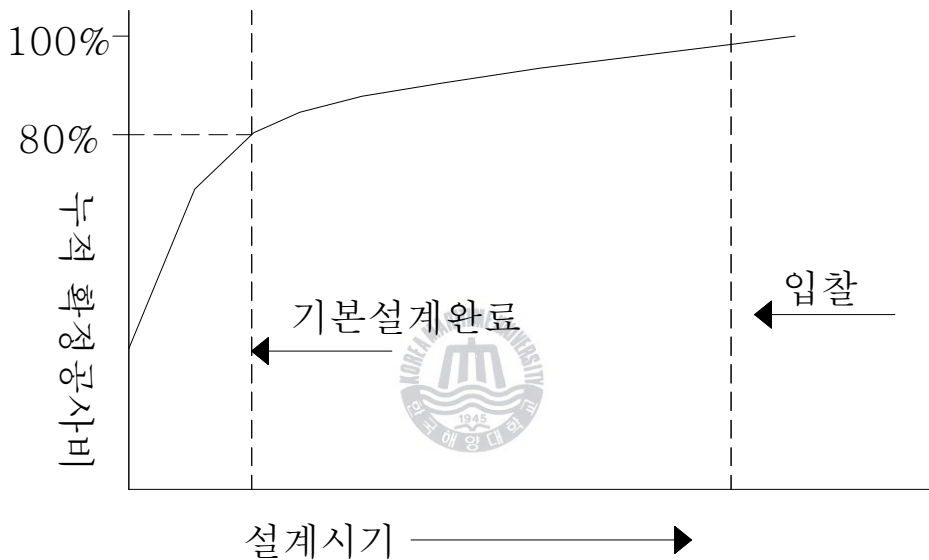


그림 2-1. 설계시기에 따른 확정공사비 범위

2.1.2 공사비 추정 기법

공사비를 예측·계획하는 기법과 방법론을 코스트 모델이라고 하며, 코스트 모델은 건설사업 전(全) 단계에 걸쳐 공사비 측면에서 각종 설계 및 시공대안을 비교·분석하여 최적 대안을 선정하고 소요비용을 산정하는데 활용된다. 또한 코스트 모델로 공사비를 예측하므로 향후 발생할 수 있는 문제점을 파악하고 대처할 수 있도록 하여준다.

1) 개략전적모델 유형

(가) 설계최적화 모델(Design Optimization Models)

설계최적화 모델은 시설물 본질을 결정하는 설계과정에서 각종 설계 대안을 비용측면에서 비교·분석하고 최적설계대안을 선정하기 위해 활용하는 코스트 모델을 의미하며, 건설공사비는 설계변수와의 관계는 식(2-1)과 같은 함수관계로 정의할 수 있다.

$$C=f_1(V_1, V_2, V_3, \dots V_n) \dots\dots\dots (2-1)$$

여기서, C : 공사비 , $V_1, V_2, V_3 \dots V_n$: 설계변수

설계과정에서 건설공사비를 예측하고 계획·관리하는데 있어서 사업초기 단계에는 기본정보밖에 알 수 없기 때문에 시설물의 특정 매개변수(parametric) 또는 회귀모델 등을 이용하여 코스트를 예측하는 기법이 주로 활용되고 있고, 설계가 진행되면서 물량의 상세화 또는 시설물을 구성하는 요소들을 이용하는 모델이 활용되고 있다.

특히, 설계단계에서의 코스트 모델은 비용자체보다는 시설물의 품질/성능과의 상관관계를 규명하여 궁극적으로 발주자의 가치향상에 초점을 두고 있는데, 이러한 설계단계에서의 코스트 모델을 공사비 계획(cost planning)이라 한다.

(나) 입찰가격 예측모델(Tender Price Prediction Models)

입찰가격 예측모델은 건설공사비가 실제 소요되는 것은 설계변수보다는 시공에 투입되는 자원이라는 관점에서 자원기반적산모델을 의미하며, 건설공사비와 자원과의 관계를 식 (2-2)와 같이 정의할 수 있다.

$$C=f_2(\Sigma R_j) \dots\dots\dots (\text{식 } 2-2)$$

여기서, C = 공사비, R_j = 소요자원

이와 같이 입찰가격예측모델은 건설공사에서 발주자의 예정가격 또는 시공자의 입찰가격을 예측하는데 활용되고 있으며, 현행 건설실무에서 가장 널리 활용되는 입찰가격 예측모델은 내역서(bid of quantities)에 의한 코스트 모델이다.

2) 개략공사비 추정 기법

사업초기에 적용 가능한 개략견적방법은 비용지수법(Cost Index Method), 변수견적법(Parameter Estimating Method), 기본단가법(Base Unit Price Method), 비용용량법(Cost Capacity Method), 계수견적법(Factor Estimating Method)이 있다.

(가) 비용지수법 (Cost Index Method)

기준이 되는 시간과 장소에서의 비용지수 값과 다른 시간과 장소에서의 비용지수 값에 대한 비율에 근거하여 비용정보를 조정하여 과거의 실적데이터를 개략공사비 추정에 이용하는 기법이다. 새로운 시설물의 공사비 견적에 참고하기 위하여 과거에 수행된 시설물의 공사비용을 현재의 금전가치에 맞도록 환산하거나, 건설장비와 같은 특정한 자산의 대체 비용을 견적하기 위하여 사용되고 있다.

(나) 변수견적법 (Parameter Estimating Method)

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 변수항목에 해당하는 수량만을 산출하고, 공종별 변수비용은 실적 자료를 보유하고 있으면 가능하다는 것이다.

(다) 기본단가법 (Base Unit Price Method)

각 건설공사의 기본단위에 대한 비용자료, 예를 들어 건물 바닥의 단위면적, 건물의 단위체적 등에 근거하여 비용을 산출하는 것이다. 기본단위에 대한 비용은 이전의 유사 건설공사들의 비용자료를 토대로 도출된 비용 공식에 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 기법을 이용할 수 있다. 기본단가법에는 단위면적당 단가방식, 단위체적당 단가방식, 내부 면적당 단가방식, 공종단위당 단가방식이 있다.

(라) 비용용량법 (Cost Capacity Method)

비용용량법은 어떤 프로세스의 생산출력과 이에 필요한 자원간의 관계에 근거한 방법이다. 건설공사에서 시공과정의 생산은 공사수량이 되고 공사를 완성하는데 필요한 자원은 재료, 인력 및 장비가 되므로 공사수량과 자원의 관계는 비용으로 표현될 수 있다. 이 방법은 기기(Equipment)의 용량(capacity), 규모(size), 혹은 사양(speculation)의 변화에 따른 비용(cost)의 차이 관계를 이용하여, 동일한 종류의 기기 혹은 산업용 시설물이 규모만을 달리하는 경우에 그 비용에 대한 개략견적을 수행할 때 사용된다.

(마) 계수견적법 (Factor Estimating Method)

계수견적법은 하나의 비용요소가 다른 비용요소에 비해 현저하게 차이가 나는 사업에서 가장 적합한 방법이다. 정제시설, 주물시설 등이 계수견적법이 적용되는 대표적인 사업이다. 화학플랜트의 경우, 주요 장비의 생산용량과 관련 시설물의 규모사이에 밀접한 관계가 있다. 이러한 관계를 이용하여 해당 시설물의 주요 장비비용을 기준으로 관련 공사비를 산출하는 방식이다.

표 2-1에 현재까지 주로 사용되는 개략공사비 추정 기법의 적용현황 사례를 나타내었다.

표 2-1. 개략공사비 추정 기법의 적용 현황

구 분	개략견적기법	주 응용도구	적용대상	용 도	비 고
전용배 외 (2000)	비용용량법 비용지수법	회귀분석	골프장	예산 추정	● -8% 오차
김선국 외 (2000)	기본단가법	회귀분석 아케이케 정보관별법	도로공사	사업비 예측	● 3.3% 오차
김예상 외 (2000)	변수견적법	수량개산법 조건대응법 비용가중치법 요율결정법	오피스 건물	공사비 예측	● 직접공사비의 4.7%오차 ● 코딩시스템 (Coding System) 사용
정영수 외 (2001)	비용용량법 비용지수법	회귀분석 RDB(Relational DB)	제철 플랜트	공사비 예측	-
박종현 외 (2002 a)	변수견적법	통계적 방법	도로공사 (국도)	공사비 추정	● 코스트 모델1 오차 : 26.4% ● 코스트 모델2 오차 : 11.3% ● 코스트 모델3 오차 : 8.1% ● 코스트 모델4 오차 : 3.9%
박종현 외 (2002 b)	기본단가법	회귀분석	도로공사	공사비 관리	● 표준공사비 분석체계구축
박종현 외 (2003)	비용지수법	RDB	도로공사	공사비 추정	● -7.5% 오차
강경인 외 (2005)	변수견적법	전문가의견을 통한 AHP분석 사례기반추론 기법	공동주택	공사비 예측	● 4.14% 오차

2.2 국내 · 외 공사비 산정에 관한 연구동향

국내 연구에 있어서 조영준(1991)이 제안한 공사비 산정방법은 프로젝트 진행 단계에 따라 획득 정보의 수준차이가 발생하는 점에 착안하여 기획단계에서는 회귀식에 의한 공사비 산출, 기본 설계단계에서는 부위별 공사비 산정, 실시설계단계에서는 기본설계와 연계시켜 공종별 공사비를 산출하는 방식을 제안하였다. 이유섭(2003)은 아파트공사를 대상으로 코스트 중요항목 분석을 통한 비용모델 지수를 제시하였고, 우성권(2001)은 플랜트 공사용으로 용량, 시간, 지역, 생산성과 같은 공사비 영향요인을 보정계수 방법론을 이용하여 개략전적시스템을 제시하였다. 박종현(2003)은 각 요소시설별 공사비지수를 이용한 개략전적시스템을 재현하였다.

외국에서는 Hackney(1985)가 체크리스트 기반의 공사비 예측모델을 제시하고 기존에 수행된 30건의 프로젝트를 바탕으로 제시된 모델을 검증하였다. Oberlender(2001)는 67건의 건설공사자료에 대한 통계적 분석을 통하여 45개의 영향인자를 제시하고 이를 이용하여 다중회귀분석을 활용한 공사비 예측모델을 제시하고자 하였다.

그러나 기존연구들은 각 개별영향요인별 공사비 영향의 정도를 분석하는 것이 미흡하고 프로젝트 단위로 공사비를 추정할 수 있는 것이므로 개별 시설물의 특성을 반영한 개략전적모델로는 부적합한 것으로 조사되었다.

현재까지 국내 · 외의 기획단계에서의 공사비 영향인자에 대한 연구자료를 보면 시설물의 면적과 연장이 주로 공사비에 크게 영향을 미치는 것으로 나타났다. 또한, 여기에 각각의 구조체의 특성에 맞는 요소, 즉 구조물의 부위별 공사비를 활용하거나 또는 구조체의 지역적 환경이나 현장여건에 따른 변동요인을 도출한다면 공사비 모델에 적합하게 활용될 수 있을 것이다. 표 2-2에 연구문헌에 따른 기획단계 공사비 영향인자를 나타내었다.

표 2-2. 연구문헌에 따른 기획단계 공사비 영향인자

구 분	공사비 영향인자
한국개발연구원 (2004)	• 총연장, 건설지역(도시/지방), 사업종류(신설/확장), 차로수 • 도로구성인자 : 구조물 구간의 비율, 토공구간의 비율
건설교통부 (2004)	• 도로구분(고속도로/일반도로), 사업종류(신설/확장), 차로수
박종현 (2002)	• 도로면적, 설계속도, 교량면적, 터널면적, 암거연장, 포장재료의 종류
신준수 (2005)	• 도로연장, 폭, 왕복차로수, 포장종류

계획단계 도로공사의 통계적 코스트 모델에 관한 연구로는 김선국 등 (2000)의 연구가 있다. 표 2-3에 나타난 것과 같이 크게 도로공사를 이루는 공사개요 부분과 해당 시설물별(도로, 터널, 교량)로 분류할 수 있으며, 각각의 시설물은 공종별 공사비로 구성되어 있고 시설물별 공사비는 시설물 및 공종별 공사비의 영향요인 및 공종별 공사비로 구성된다.

표 2-3. 영향요인분석 사례 조사(1)

연구자	공사비 영향요인 분류		
계획단계 도로공사의 통계적 코스트 모델			
김선국 외 3명 (2000)	구 분		공사비 영향요인
	도로공	공사개요적 요인	공사종류, 도로종류, 공사위치, 포장종류, 공기, 도로연장, 도로폭, 차선수 등
		시공관리적 요인	교차로, 중앙분리대, 길어깨, 오르막차선, 지하차도, 방음벽, 부체도로, 방호시설, 방음벽, 가드레일, 본선 휴게소, 표지판, 암거, 배수관, 측구, 옹벽 등
	교량공	공사개요적 요인	공사종류, 교량종류, 교량위치, 기초종류, 교각종류, 공기, 교대종류, 교량설치공법, 상판포장종류, 교량연장, 교량폭, 최대경간길이 등
		시공관리적 요인	기초깊이, 기초단면적, 교각수, 교각높이, 교각면적, 가교, 교대높이, 교각높이, 보도유무, 가물막공사유무, 공사용가도유무 등
	터널공	공사개요적 요인	터널위치, 터널공법, 단면형태, 환기형태, 갭문형식, 배수형태 등
		시공관리적 요인	라이닝콘크리트, 특수지반유무, 공기, 터널 단면적, 터널연장, 터널차선수, 락볼트수, 강지보공수 등

국도 및 지방도를 대상으로 설계단계별 공사비 산출모델에 관한 연구로는 박종현 등(2002)의 연구가 있다. 이 연구에서는 공사비 모델을 표 2-4에 나타낸 것과 같이 코스트 모델 I, II, III, IV와 같이 분류하였다. 표 2-4에 나타낸 코스트 모델에서 제시한 바와 같이 각 시설요소별로 공사비에 영향을 미치는 공사조건을 기록하여 공사 조건 의 차이에 따른 공사비 변동 범위의 추정이 가능하다. 따라서, 이를 토대로 코스트 모델에서 산출된 결과를 보정하면 보다 신뢰성이 높은 공사비를 추정 할 수 있을 것으로 판단된다.

또한, LCC에 대한 연구로는 1980년대 초에 처음 소개되어 국내에 도입되기 시작하였으나, 다른 선진국에 비하여 실제 건설공사에서 효과적으로 적용되지 않았다.

김상범(2001)은 LCC기법을 이용하여 RC Slab교량에 대한 LCC분석 모델을 제안하고, 이 모델을 바탕으로 교량의 LCC를 예측하고 이를 통한 교량의 비용절감을 위한 손실비용을 예측하여 교량의 경제성을 평가하였다. 최태희(2001)는 국내 고속국도상이 교량 중 대표적 교량구조인 PSC I형교를 대상으로 국내실정에 적합한 교량의 LCC 비용항목을 도출하고, 분석모델을 제시하여 현행유지관리수준 및 필요관리수준과 같은 유지관리수준에 따른 손실비용을 예측하여 교량의 경제성 분석을 하였다. 조효남(2003) 등은 강관형교와 강상자형교를 수치해석을 통하여 허용응력변화에 따른 초기비용 최적설계를 수행하여 최적설계 LCC의 비용효과 및 비용절감에 대한 고찰을 하였다. 고주상(2005)은 경간길이 50m 이상의 PSC Box교, Steel Box교 및 Steel Plate교를 대상으로 교량형식별 LCC를 예측하여 경제성 평가를 실시하였다.

따라서 프로젝트 초기단계에 신뢰성 있는 개략공사비를 산출하기 위해서는 제한된 정보를 바탕으로 공사비에 영향을 미칠 수 있는 공사비 영향인자에 따라 공사비 변동현황을 분석할 필요가 있다.

표 2-4. 영향요인분석 사례 조사(2)

연구자	적용대상	공사비 영향요인 분류			
설계단계별 도로공사 공사비 산출 모델개발					
박종현 외 1명 (2002.1)	국도 및 지방도	모델	구분	CERs 변수	
		코스트 모델 I	직접공사비	도로면적, 설계속도, 교량면적, 터널면적, 암거연장, 포장재료	
		코스트 모델 II	토공	성토량, 사토량	
			배수공	총암거연장	
			교량	총교량면적	
			터널	터널면적, 환기방식	
			포장	도로면적, 재료유형	
			교통안전시설	도로면적	
		코스트 모델 III	토공사	성토량, 사토량, 연약지반면적	
			측구공	총측구 연장	
			배수관공	배수관 연장	
			암거	암거 연장	
			집수정	집수정 갯수	
			도수로	도수로 연장	
			용수개거	용수체적	
			수로이설	수로이설연장	
			라멘교	상판면적	
			강교	상판면적	
			PSC Beam	상판면적	
			Preflex	상판면적	
			RC Slab	상판면적	
			터널	터널면적, 환기방	
			옹벽	옹벽면적	
			포장공	콘크리트수량, 보조기층, 기층수량	
			교통안전시설	도로면적	
		코스트 모델 IV	토 공 사	절토공	도로면적, 발파암수량
				성토공	도로면적, 성토량
				법면보호	법면면적, 식재공
				연약지반	연약지반면적
				윤반공	절토량, 성토량, 윤반량, 연약지반면적, 도로면적
			배수관공		배수관총연장, D1000연장, D1200연장
			강교		상판면적, 토공량
			보강토옹벽		콘크리트수량, 보조기층, 기층수량, 크라샤유무
			표지판		교통표지판 수량, 안내표지판 수량

3장. 사례기반추론에 의한 개략공사비 산정 및 검증

3.1 사례기반추론에 의한 개략공사비 산정 방법

일반적으로 건설공사 예산기준이 되는 대상 구조물의 공사에정가격은 건설과 관련된 모든 정보가 명확하게 결정되는 설계 종료시점에서 산출되므로 대상 구조물의 구체적인 상세 단면이 제공되지 않은 기획단계, 예를 들어 교량 구조물에 대한 단순 정보만으로 교량공사에 대한 개략공사비를 추정하는 것은 현실적으로 많은 어려움이 있을 것으로 판단된다.

그러나 이 단계에서의 초기 사업의 방향결정 및 VE의 적용효과가 높은 이유는 프로젝트의 성패에 미치는 영향이 최대이므로 이 단계에서의 효과적인 사업비 관리방식의 개발 및 적용이 매우 중요하다.

기획단계에서의 공사비 추정은 대안노선을 비교하여 최적노선을 선정하고, 구조물의 위치 및 형식을 선정하기 위한 것이다. 공사비 추정에 이용할 수 있는 가용정보는 대단히 제한적이어서 교량의 연장, 폭원, 차로수, 신설/확포장의 구분, 가설위치(육상/하상) 등 이다. 설계가 진행됨에 따라 교량 연장에 따른 경간구성(단경간/다경간), 교대 및 교각의 높이, 개략적 지반에 대한 정보를 확보할 수 있다. 본 장에서는 사업 초기단계 가용한 정보가 제한된 시점에 교량 형식별 개략적인 공사비 추정을 지원하기 위한 사례기반추론을 이용한 모델을 구축하고자 한다. 사례 데이터베이스로부터 사업 초기단계에 획득 가능한 공사비 영향인자를 추출한 후 이를 반영할 수 있는 공사비 예측모델을 구축하고, CBR 예측모델을 기존 설계사례에 대해 적용하여 본 연구에서 제시한 개략공사비 추정모델의 정확성을 검증하였다.

3.1.1 사례기반추론(CBR, Case-Based Reasoning) 정의

Kolodner, J.는 사례기반추론(Case-Based Reasoning : CBR) 기법을 ‘새로운 요구에 부응하기 위해 과거 해를 적응시키고, 새로운 상황을 설명하기 위해 과거 사례를 사용하고, 새로운 해를 평가하기 위해 과거 사례를 사용하거나 새로운 문제에 대한 유용한 해를 도출하기 위해 과거 사례로부터 추론하는 것이다.’라고 정의하고 있다. 이와 같이 사례기반추론의 기본적인 아이디어는 인간이 사고하는 과정에서 과거의 문제에 사용되었던 해결책을 새로운 문제의 해결을 위해서 사용하는 것이다. 즉, 사례기반추론은 전혀 새로운 해결안을 제시하는 혁신적인 기법이라기보다는 과거의 유사한 사례로부터 해결방안을 도출하는 추론기법이다.

사례기반추론의 처리과정은 문제해결에 있어 기존 사례를 활용하는 사람의 의사결정 과정과 유사하다. 예를 들어 우리가 새로운 문제에 부딪혔을 때, 우리는 새로운 사례와 유사한 기존 사례를 생각하고, 다양한 방면에서 신규사례와 유사사례를 비교하여 최적의 대안을 제시할 수 있다. 즉, 기존 경험과 이와 관련된 처리 결과를 비교하여 새로운 문제에 대한 처리방법을 결정할 수 있다.

사례기반추론에서 사례(Case)는 핵심 부분이며, 사례베이스(Case Base)는 이러한 사례들을 집적한 것이다. 또한 사례베이스(Case Base)에 내재된 값은 인위적으로 만들어진 것이 아닌, 과거에 발생한 실제 값을 사용하고 새로운 문제 해결에 있어서 주어진 조건에 적합한 과거 사례를 적용하거나 유추, 또는 변형하는 과정을 통하여 보다 개선된 해결안을 제시한다.

3.1.2 사례기반추론 프로세스

그림 3-1에 사례기반추론 프로세스를 나타내었다. 그림에 나타난 것과 같이 사례기반추론의 기본 프로세스는 4'Re's라고 하는 검색(Retrieve), 재사용

(Reuse), 수정(Revise), 유지(Retain)의 4단계로 구성된다. 1단계인 검색은 신규사례에 대하여 가장 유사한 과거사례를 검색하는 단계이다. 2단계인 재사용 단계는 새로운 문제 해결을 위하여 과거의 사례를 재사용하는 것이다. 3단계인 수정 단계는 새로운 문제를 해결하기 위해, 필요하다면 과거 사례를 수정하는 단계이다. 마지막 유지단계는 새로 해결된 해를 사례로 저장하는 단계이다.

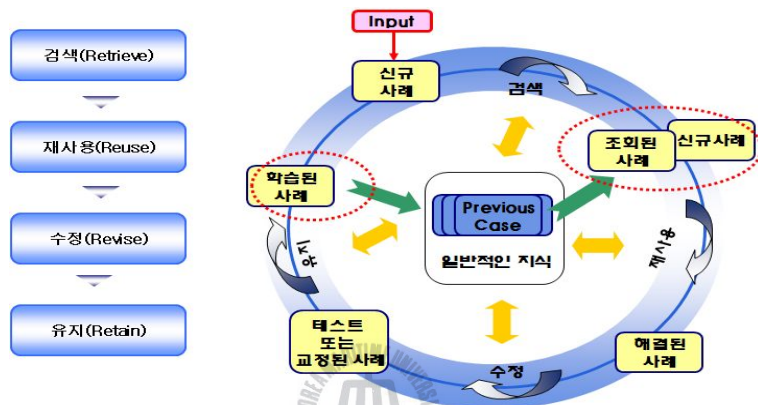


그림 3-1. 사례기반추론 프로세스

사례기반추론은 앞에서 설명한 것과 같이 과거에 발생한 실제값을 사용하고, 새로운 문제를 해결하기 위해 주어진 조건들에 적합한 과거 사례를 적용하거나 유추, 변형하는 과정을 거치면서 보다 개선된 해결안을 제시하는 것이다.

3.1.3 유사사례 조회 방법

유사사례의 조회는 색인을 부여하는 방법(Indexing)과 밀접한 관계를 지니며, 사례기반추론에서 사례베이스에 들어있는 사례와 새로운 사례 사이에서 유사한 사례를 추출하는 방법으로, 일반적으로 귀납적 추출방법과 최근접 추출방법이 보편적으로 사용되고 있다.

귀납적 추론방법은 개발자에 의해서 정의된 지표에 따라 많은 단계를 거쳐 유사사례를 검색하는 방법이다. 문제가 잘 정의된 경우에 유용하게 활용될 수 있으며, 지표의 숫자만큼 검색만을 실시하기 때문에 최근접 추출방법보다 상대적으로 빠른 검색을 실시할 수 있다.

최근접 추출방법은 현재의 문제와 가장 유사한 과거사례를 비교하고 검토하기 위해 새로운 사례와 기존사례의 거리를 분석하고 저장된 사례 중에서 일정한 유사성 척도에 의해 대상사례와 가장 높은 유사도 점수를 가지는 사례를 찾아내어 적용하는 방법이다.

최근접 추출방법은 귀납적 추론방법에 비해 기존 사례가 적은 경우에 효율적으로 적용될 수 있으므로 본 연구의 모델에서는 유사사례 검색에 최근접 추출방법을 적용하였다.

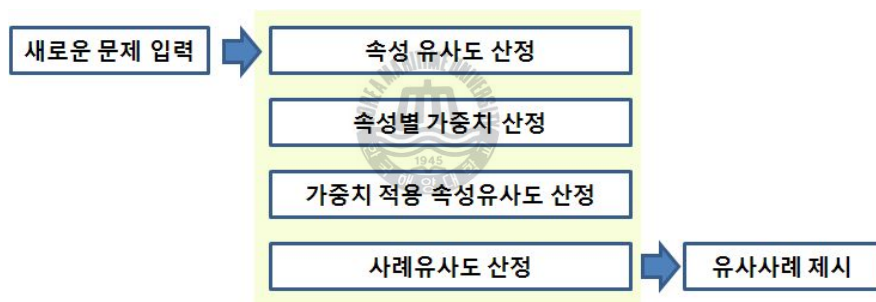


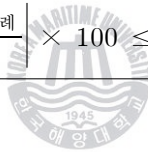
그림 3-2. 최근접 추출방법 프로세스

그림 3-2에서 최근접 추출방법 프로세스를 나타내었다. 먼저 사례베이스에 저장되어 있는 사례들과의 비교를 위한 사례별 속성을 검색하고, 각 속성별 속성유사도(Attribute Similarity)를 산정한 다음, 각 속성별로 산정된 속성가중치(Attribute Weight)를 속성유사도에 곱하여, 각 속성별 가중치가 적용된 유사도 점수(Weighted Attribute Similarity)를 산정하였다. 이와 같이 산정된 속성별 유사도 점수를 합산하여 사례유사도(Case Similarity)를 계산한다. 이러한 과정을 거쳐 사례 유사도 점수가 가장 높은 사례, 즉 대상 사례와 가장 유사한 사례를 제시하는 것이다.

한편, 최근접 추출방법에서 속성 사이의 유사도를 판단하기 위해서는 그 속성들이 어떤 자료유형으로 존재하느냐에 따라 다른 방법이 적용된다. 자료유형은 일반적으로 문자열, 문자, 단어, 수치 유형 등으로 분류되며, 각 유형에 따른 일반적인 점수 부여방법은 표 3-1과 같다.

표 3-1. 유사도 점수 부여 방법

자료 형태	적합도 점수 부여방법
문자열	대조되는 두 사례의 특성이 완전히 동일한 경우에만 점수 부여
문 자	한 단어에서 가능한 모든 연속적인 3자를 대상으로 비교하여 일치하는 비율에 따라 점수 부여
단 어	대조되는 두 사례의 특성이 공통으로 갖는 단어의 수와 제시된 새로운 사례의 단어의 수의 비율에 의해 점수 부여
수 치	두 수간의 거리에 의해 그 유사성이 결정되어 점수 부여 $\frac{ V_{\text{기존사례}} - V_{\text{대상사례}} }{V_{\text{대상사례}}} \times 100 \leq \text{범위}$



3.1.4 유전자 알고리즘(GA, Genetic Algorithm)

본 연구에서는 사례기반추론을 이용하여 프로젝트 초기 기획/기본설계단계의 강박스교량 공사비 예측모델을 구축하기 위해서 최소의 예측오차를 얻기 위한 사례의 유사도 산정 및 유사사례의 추출에 필요한 속성별 가중치를 산정하기 위한 방안으로 유전자 알고리즘(GA, Genetic Algorithm)을 활용하였다. 이것은 CBR에 의해 추정공사비 오차의 최소화를 위해서는 비선형성의 특성을 나타내는 목적함수와 영향요소의 가중치를 결정하는 것이 중요하다. 이것은 기존 선형 및 비선형 최적화 알고리즘을 사용하는 경우 최적해로서 Global maximum이 아닌 Local maximum을 제시할 수 있기 때문이다. 이러한 문제를 해결하기 위해 공사비 영향요소별 가중치의 산정에 Genetic Algorithm을 적용하였다.

1) 유전자 알고리즘의 정의

유전자 알고리즘은 1970년대 초 Holland에 의하여 본격적으로 연구되기 시작한 학문으로서 자연 유전학 및 자연 도태의 원리(The genetics and natural selection)에 근거한 최적화 기법의 일종이다. 이것은 해공간을 확률적으로 탐색하는 것과 동시에 개체간의 체계적 정보교환을 통하여 주위 환경에 가장 적절한 해를 구하는 방법이다.

유전자 알고리즘을 이용하여 어떤 문제의 해를 얻기 위해서는 우선 후보해(candidate solution)를 염색체처럼 코드화하여 표현할 수 있어야 하며, 또한 후보해의 적합도를 평가할 수 있는 기능과 함께, 주어진 해로부터 새로운 해를 만들어 낼 수 있는 연산자가 정의되어야 하고 초기 염색체를 구성하는 방법도 정의되어야 한다.

2) 유전자 알고리즘의 구성 및 과정

일반적으로 유전자 알고리즘은 선택(selection), 교차(crossover), 돌연변이(mutation)의 세 가지 연산자로 구성된다. 이들 연산자에 대한 특성은 다음과 같다.

- 선택(selection) : 이 연산자는 재생산을 위하여 개체집단에서 염색체들을 선택한다. 더 적합한 염색체일수록 더 많이 선택되어 재생산되는 경향이 있다.
- 교차(crossover) : 이 연산자는 랜덤하게 어떤 위치를 선택하고, 두 염색체들 사이에 그 이전과 이후의 배열의 일부분을 교환하여 두 개의 자손을 생성한다.
- 돌연변이(mutation) : 이 연산자는 염색체내의 어떤 비트들을 랜덤하게 역전시킨다.

그리고 이들 연산자 적용 과정은 그림 3-3과 같다.

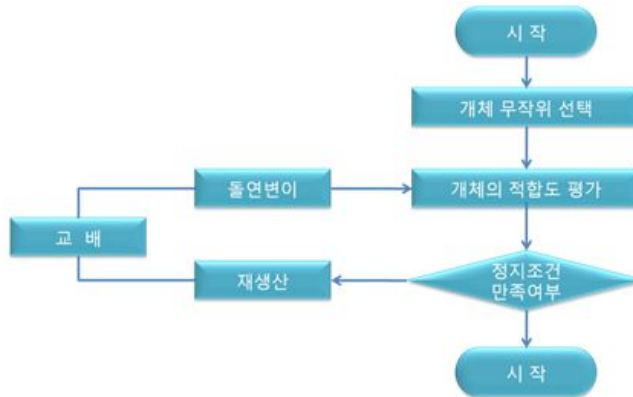


그림 3-3. 연산자 적용 과정

연산자 적용과정에서 초기 모집단(initial population)안의 개체들은 무작위로 구성된다. 현재 모집단 안의 각 개체들의 적합도(fitness function)를 계산하여 다음 세대의 새로운 모집단을 구성하기 위하여 적합도가 높은 개체들을 선택한다. 일반적으로 적합도가 좋을수록 후손을 남길 확률이 높아지고 나쁠수록 확률이 낮아지는 적자생존의 법칙이 적용된다. 선택된 두 개체로부터 교차점을 무작위로 선택하여 그 교차점을 기준으로 교차연산을 적용한다. 지역 최적화(local optimum)가 되는 것을 막기 위하여 각각의 개체에서 무작위로 돌연변이 시킨다. 정지조건을 만족하면 결과를 도출하고 만족하지 않는다면 개체의 적합도 평가를 다시 시작하게 된다.

3) 유전자 알고리즘의 적용방법

유전자 알고리즘을 이용하여 추정 공사비의 편차를 최소화하는 공사비 영향요인에 대한 가중치를 산정하기 위한 과정은 그림 3-4와 같다.

이 과정은 먼저 기존 사례를 바탕으로 Case base를 구성하고 가중치를 산정하기 위한 것으로, 공사비 영향요인에 대한 유사도 함수에 각 영향요인의 중요도인 가중치를 곱하여 신규(학습)사례에 대한 Case base에 저장되어 있

는 각 사례와의 유사도 점수를 산정한다. 이때 각 영향요인에 대한 가중치는 학습과정을 통하여 신규사례에 대한 추정 공사비의 편차를 최소화하고자 하는 목적함수를 만족시키기 위한 변수(changing cells)로 설정한다. Case base로부터 신규사례와 유사도 점수가 높은 상위 n개의 사례에 대한 조정된 공사비를 조정하기 위하여 교량의 연장 및 폭원과 공사비지수를 고려하여 각 사례의 공사비를 조정한다. 가장 유사도가 높은 n개의 사례에 대한 조정된 공사비를 유사도 점수를 이용하여 가중 평균한 값을 신규(학습)사례의 추정 공사비로 하고, 추정 공사비와 신규(학습)사례의 원 공사비와 비교를 통하여 공사비 추정편차를 구한다.

이러한 과정을 반복하여 각 신규사례의 공사비를 예측하고 추정편차를 구하는 학습과정을 수행한다. 이러한 학습의 과정에서 모든 신규학습사례에 대한 추정 공사비 편차 평균값을 최소화하는 것을 목적 함수로 설정하고, Genetic Algorithm을 이용하여 목적함수를 만족시키는 공사비 추정 영향요인에 대한 가중치를 산정하게 된다.

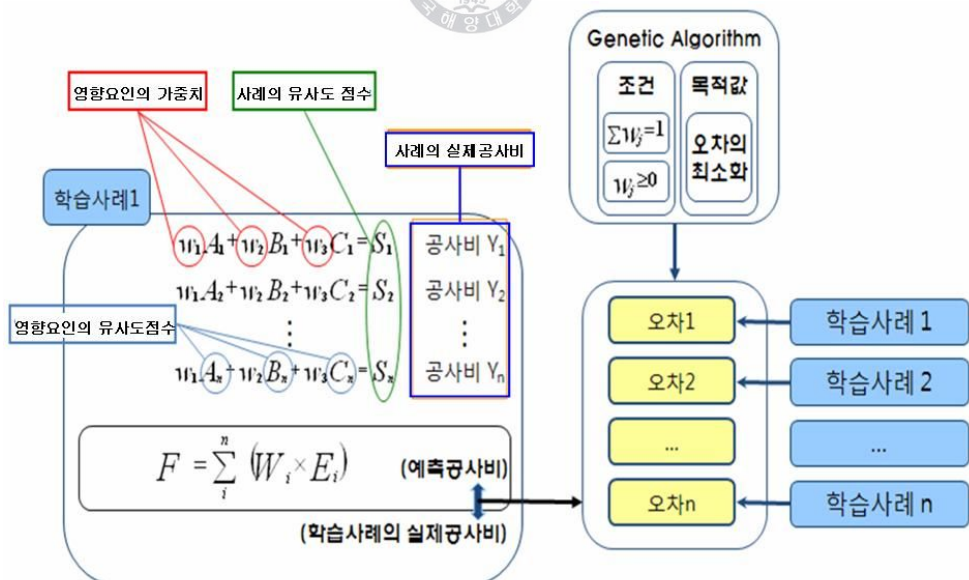


그림 3-4. GA를 이용한 사례 학습

3.2 공사비 데이터를 이용한 사례베이스 구축

3.2.1 공사비 기초자료 현황 분석

사례기반추론을 이용한 강교량 개략공사비 산정모델을 제안하기 위한 사례베이스 데이터를 구축하기 위하여 일반국도 공사를 대상으로 2000~2009년에 설계가 완료된 사업 중 총 151개 강교량의 공사비 기초자료를 수집하였고, 일반국도 공사비 데이터 수집대상은 신설 및 확포장으로 한정하였다. 또한, 유지 보수 공사는 제외하였으며, 수집된 강교량의 설계 내역서, 수량산출서, 종합 보고서, 설계도면 등공사비 분석을 위해 필요한 기초자료를 바탕으로 151개 교량의 내역분기를 실시한 후, 상부공, 하부공, 토공, 부대공으로 분류하여 부위별 공사비를 집계하여 교량 순공사비를 산출하였다.



3.2.2 개략공사비 산정모델의 영향요인

1) 사례기반추론에 의한 개략공사비 추정에서의 영향요인 검토

기존의 연구(강신화, 2010)에서 수집한 61개 강박스 교량을 대상으로 교량연장과 바닥판 면적과 순공사비와의 상관관계를 분석한 결과, 그림 3-5와 그림 3-6과 같이 교량연장 및 바닥판 면적이 증가할수록 순공사비는 증가하였으며, 상부공 공사비가 다른 항목에 비해 교량연장 및 바닥판 면적의 증가 따른 순공사비 증가율이 크게 나타났다. 그러나 교량연장 및 면적이 증가함에 따라 상부구조의 증가비율은 순공사비 증가에 비하여 감소하였는데, 이것은 바닥판 면적이 증가할수록 상부구조 공사비 이외의 하부공사비 등의 항목에 대한 공사비 증가비율이 증가하기 때문이다.

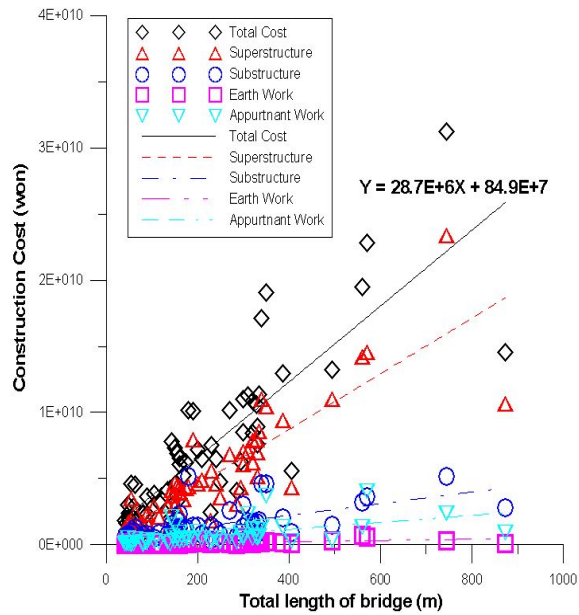


그림 3-5. 교량연장과 순공사비의 관계

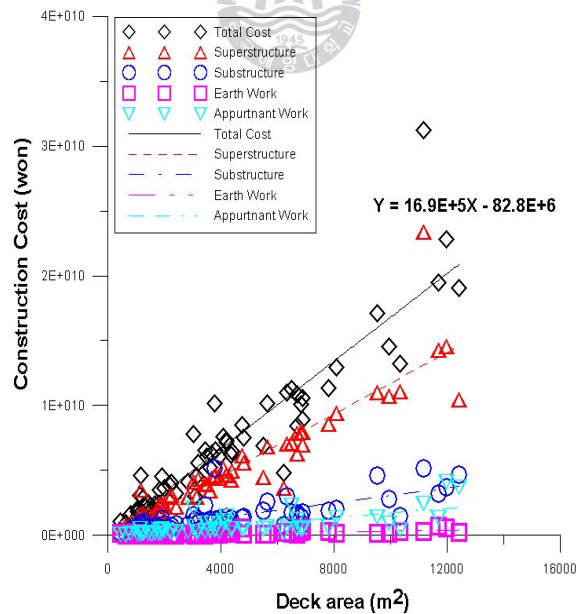


그림 3-6. 바닥판면적과 순공사비의 관계

표 3-2에 교량연장과 순공사비의 관계식, 표 3-3에 바닥판 면적과 순공사비의 관계식을 나타내었다. 이들 선형회귀분석에 의해서 얻어진 결정계수 R^2 를 보면 순 공사비 및 상부구조 공사비에 대한 회귀분석식은 높은 적합도를 나타내고 있다. 또 순공사비는 교량연장을 변수로 하는 것보다는 바닥판 면적을 변수로 하여 나타내는 것이 더 높은 적합도를 나타내고 있다.

표 3-2. 교량연장과 순공사비의 관계식

구 분	선형회귀식	결정계수
순 공사비	$Y = 28.7E+6X + 84.9E+7$	0.7073
상부 공사비	$Y = 21.0E+6X + 30.9E+7$	0.7607
하부 공사비	$Y = 44.3E+5X + 45.0E+7$	0.3991
토공 공사비	$Y = 44.4E+4X + 62.7E+6$	0.2660
부대공공사비	$Y = 26.6E+5X + 92.2E+6$	0.3168

표 3-3. 바닥판 면적과 순 공사비의 관계식

구 분	선형회귀식	결정계수
순 공사비	$Y = 16.9E+5X - 82.8E+6$	0.8524
상부 공사비	$Y = 11.9E+5X - 22.1E+7$	0.8406
하부 공사비	$Y = 28.6E+4X + 19.6E+7$	0.5806
토공 공사비	$Y = 28.4E+3X + 38.5E+6$	0.3783
부대공공사비	$Y = 18.0E+4X - 96.4E+6$	0.5065

또한, 151개 강박스교량을 대상으로 교량의 세부정보와 순공사비와의 상관관계를 검토한 후 영향요인을 설정하였다.

그림 3-7과 3-8에 각각 교량연장 및 교량면적과 순공사비와의 관계를 나타내었다. 교량연장과 교량면적이 증가할수록 순공사비가 증가하는 경향을 나타낸다.

그림 3-9에 교량폭원과 순공사비와의 관계를 나타내었다. 교량폭원이 증가할수록 순공사비가 증가하는 경향을 나타내나, 교량폭원과 순공사비의 상관관계는 낮게 나타났다. 교량폭원은 주로 20.9m의 폭원을 가진 교량이 많은 것을 알 수 있다.

그림 3-10에 교량차로수와 순공사비와의 관계를 나타내었다. 교량의 차로수가 증가할수록 순공사비가 증가하는 경향을 나타내나, 차로수와 순공사비의 상관관계는 낮게 나타났다. 교차로수는 주로 4차로의 교량이 많은 것을 알 수 있다.

그림 3-11과 3-12는 각각 최대경간장 및 교량경간수와 순공사비와의 관계를 나타낸 것이다. 최대경간장 및 교량경간수가 증가할수록 순공사비도 증가하는 선형적인 그래프를 나타내는데, 교량경간수와 순공사비와의 높은 상관관계를 나타내고 있는 것을 알 수 있었다.

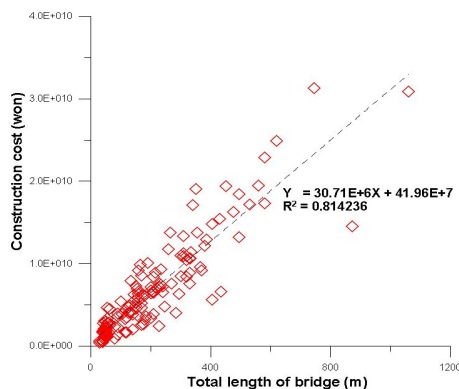


그림 3-7. 교량연장과 순공사비와의 관계

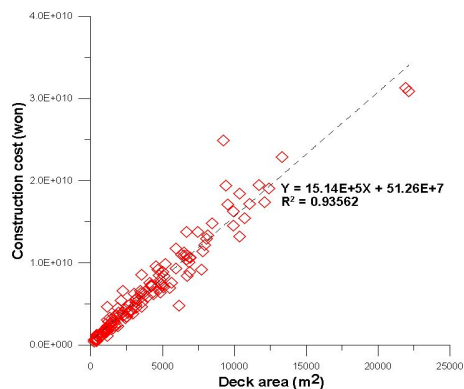


그림 3-8. 교량면적과 순공사비와의 관계

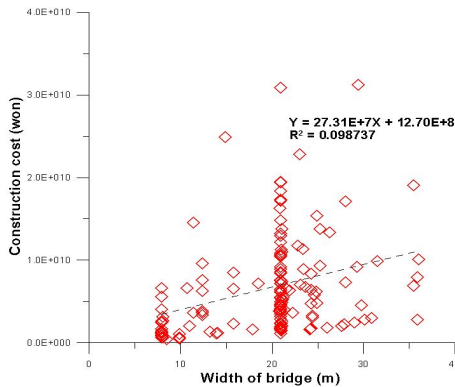


그림 3-9. 교량폭원과 순공사비와의 관계

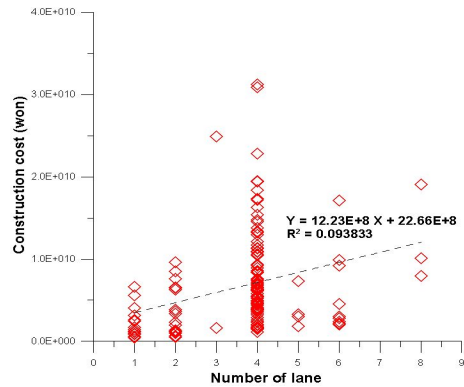


그림 3-10. 교량차로수와 순공사비와의 관계

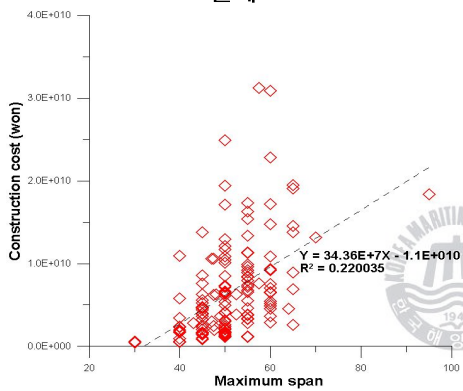


그림 3-11. 최대경간장과 순공사비와의 관계

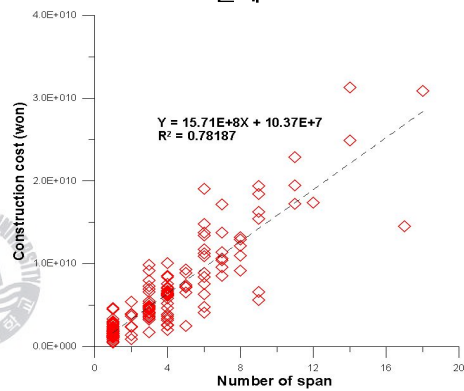


그림 3-12. 교량경간수와 순공사비와의 관계

2) 영향요인 선정

그림 3-7 ~ 3-12에서 검토한 교량의 영향요인과 순공사비와의 상관관계 분석한 결과, 사례기반추론을 적용한 강박스교량에 대한 공사비 산정모델의 영향요인은 표 3-4와 같이 나타내었다.

CBR I 모델은 사업 기본구상 단계시 획득할 수 있는 가장 기본적인 정보를 모델의 영향요인으로 선정하였고, CBR II 모델은 사업 예비타당성 조사 및 설계 초기단계 시 획득할 수 있는 세부적인 정보를 모델의 영향요인으로 선정하였다. CBR II 모델은 CBR I 모델과 비교하여 구조물의 하부 및 지반 정보가 추가되었다.

표 3-4. 강박스 교량 공사비 모델의 영향요인

구 분	CBR을 이용한 기획단계 개략공사비 산정모델의 영향요인									
CBR I	연장	폭원	상부 면적	차로 수	-					
CBR II	연장	폭원	상부 면적	차로 수	경간 수	최대 경간장	가설 위치	가설 형태	발주 청	기초 형식

3.3 사례기반추론을 이용한 강박스교량 공사비 모델

3.3.1 모델 설정

사례기반추론을 이용한 강교량 개략공사비 산정모델을 구축하기 위하여 사업 수행 단계별 획득할 수 있는 가용정보에 따른 2가지 모델을 제안하였다.

1) CBR I 모델

최소한의 정보로 개략공사비 산정 모델을 개발하여 도로사업 계획수립단계에서의 사업비 추정을 위한 용도로 사용하고자 하며, 국토해양부나 발주처 등이 주요 사용자가 될 수 있다.

2) CBR II 모델

신뢰도가 높은 개략공사비 산정 모델을 개발하여 예비타당성 조사단계 및 설계 초기단계에서 예산 확보 및 도로 구조물의 개략 공사비 산정을 위한 용도로 사용하고자 하며, 설계사나 시공사 등이 주요 사용자가 될 것으로 판단된다.

3.3.2 유사도 점수 산정기준

1) 유사도 산정 기준 설정

신규사례와 기존사례(사례DB)와의 유사도 검색 시에 유사도 점수가 높은 상위사례를 추출하기 위하여 편차(%)와 순위로 유사도 산정기준을 설정하였다.

일반적으로 편차(%)의 경우 5%, 10%, 15%, 20% 범위로 설정하며, 순위의 경우는 1순위, 2순위, 3순위, 4순위, 5순위로 각 모델별 차등범위로 설정할 수 있다.

본 연구의 모델에서 유사도 산정기준은 CBR I, CBR II인 두 모델에 관계없이 표 3-5와 같이 설정하였다.

표 3-5. 강박사고량 공사비 산정 모델의 유사도 산정 기준

구 분	편 차 (%)	순 위
유사도 산정 기준	5	1
	10	2
	15	3
	20	4
	20 이상	5
CBR I	10	3
CBR II	10	3

2) 유사도 점수 산정

본 연구의 모델에서 유사도 점수를 산정할 때는 3.1장의 표 3-1과 같은 방법으로 산정하였고, 영향요인별 유사도 점수가 부여되는 방법은 그림 3-13과 같이 분류하였다.



그림 3-13 영향요인별 가중치 산정 및 유사도 점수 부여

본 모델에서는 문자열과 수치가 유사도 점수 부여방법으로 사용되었고, 문자열 유사도 점수와 수치의 유사도 점수는 다음과 같다. 영향요인 중 지역, 가설위치, 가설형태는 문자열 유사도 점수방법이 적용되었고, 대조되는 두 사례의 특성이 완전히 동일한 경우에만 점수가 부여된다. 문자열이 일치하면 100점을 부여하고, 일치하지 않으면 0점을 부여한다. 또한, 나머지 영향요인은 수치 유사도 점수방법이 적용되었고, 식 (3-1)과 같이 두 수간의 거리에 의해 그 유사성이 결정되어 점수가 부여된다.

$$\text{수치의 유사도 점수} = \left| \frac{\text{기존사례값} - \text{신규사례값}}{\text{신규사례값}} \right| \times 100 \leq X\% \dots\dots (3-1)$$

3) 기존사례(사례DB)의 유사도 점수 부여

각 영향요인별 유사도 점수에 각 영향요인의 가중치를 부여하여 가중치가 부여된 각 영향요인의 유사도 점수를 합계하여 식 (3-2)와 같이 산출하였다.

$$S_i = \sum_j^n (I_j \times w_j) \dots\dots\dots (3-2)$$

여기서, S_i : 사례 i 의 유사도 점수

I_j : 영향요인 j 의 유사도 점수

w_j : 영향요인 j 의 가중치

3.3.3 공사비 보정

유사도 산정기준에 따라 상위 유사사례를 추출하고, 사례의 원 공사비를 신규 사례에 적합하도록 공사비 지수를 적용하여 보정하여 산출한다. 사례교량들의 설계시점이 각각 다르기 때문에 추정하고자 하는 신규사례의 공사비 추정시점과 동일하게 가정하였다. 교량의 공사비는 연장 및 폭원에 비례하는 특성을 이용하여 추출된 유사사례의 공사비를 식 (3-3)과 같이 보정한다.

$$E_i = \sum_i^n (R_i \times C_i) \dots\dots\dots (3-3)$$

여기서, E_i : 유사사례 i 로부터 신규사례에 대한 추정공사비

C_i : 유사도 점수 상위 유사사례 i 의 공사비

R_i : 신규사례의 유사사례 i 에 대한 연장 및 폭 비율

3.3.4 신규 공사비 예측

신규 공사비를 추정하기 위하여 추출된 상위 유사사례의 보정 공사비에 유사도 점수의 가중치를 곱하여 계산된다. 추출된 유사사례의 유사도 가중치는 식 (3-4)과 같다.

$$W_i = \frac{S_i}{\sum_{i=1}^n S_i} \dots\dots\dots (3-4)$$

여기서, W_i : 추출된 유사사례 i 의 유사도 가중치

S_i : 사례 i 의 유사도 점수

n : 추출된 유사사례의 수

신규 공사비 추정에 있어서 가중 평균값을 적용한 추정공사비의 합은 식 (3-5)과 같이 나타낸다.

$$E_i = \sum_i^n (R_i \times C_i) \dots\dots\dots (3-5)$$

여기서, E_i : 유사사례 i 로부터 신규사례에 대한 추정공사비

C_i : 유사도 점수 상위 유사사례 i 의 공사비

R_i : 신규사례의 유사사례 i 에 대한 연장 및 폭 비율

3.4 영향요인 분석

3.4.1 영향요인 분석 범위

본 연구에서는 3.1절과 3.2절에서 수집한 강박사고량의 세부정보와 순공사비와의 상관관계를 검토하고 그에 따른 영향요인을 설정하였다. 기본적으로 CBR I 모델은 사업 기본 구상단계에서 획득할 수 있는 가장 기본적인 정보인 연장, 폭원, 상부면적 및 차로수로 영향요인 4개를 선정하였고, CBR II 모델은 예비타당성 조사 및 설계 초기단계에서 획득할 수 있는 세부적인 정보를 모델의 영향요인으로 선정하였다.

그러나 CBR II 모델에서 사용할 수 있는 가용정보는 예비타당성 조사 및 설계 초기단계에서 획득할 수 있는 정보로 이 단계에서 CBR II 모델의 영향요인 10개가 모두 획득되는 것은 쉽지 않다.

따라서 본 장에서는 각 영향요인과 순공사비와의 상관관계를 고려하여 CBR II 모델에서 사용할 수 있는 영향요인의 개수를 조정하여 오차범위 5%, 10%, 15%, 20%에 따른 가중치 변화 및 오차율을 분석하였다.

각 경우에서 학습사례 교량은 6개, 검증대상 교량은 10개로 정하였고, 영향요인의 개수만 4개 ~ 10개로 변화시켰다.

3.4.2 오차범위에 따른 영향요인의 가중치 분석

1) 오차범위 5%

표 3-6은 오차범위가 5%일 때, 각 영향요인에 대한 가중치를 분석한 것을 나타내었다. 영향요인에 대한 가중치 분석은 Microsoft사의 Excel프로그램에서 쓸 수 있는 Solver 프로그램을 사용하였다.

표 3-6. 오차범위 5%에 대한 영향요인별 가중치 분석

영향요인	4개	5개	6개	7개	8개	9개	10개
연장	0.0115	0.0000	0.0004	0.1533	0.1111	0.1452	0.1479
폭원	0.0000	0.4682	0.4997	0.1411	0.2777	0.2322	0.0741
상부면적	0.4999	0.0000	0.0005	0.1411	0.1112	0.1069	0.0034
차로수	0.4886	0.0318	0.0000	0.1351	0.0000	0.0000	0.0519
경간수	-	0.4999	0.4994	0.1472	0.2777	0.2546	0.0677
최대경간장	-	-	0.0000	0.1351	0.0000	0.0870	0.1715
가설위치	-	-	-	-	0.1111	0.0000	0.0929
기초형식	-	-	-	-	0.1111	0.0870	0.0454
발주청	-	-	-	0.1472	-	0.0870	0.0913
가설형태	-	-	-	-	-	-	0.2538
오차율	7.52%	6.41%	8.81%	9.64%	8.89%	8.39%	5.58%
표준편차	5.44%	5.58%	5.68%	4.81%	5.24%	7.22%	4.95%
최대값	20.48%	20.59%	20.69%	21.98%	16.32%	26.13%	16.75%
최소값	2.60%	0.44%	0.44%	4.74%	0.03%	0.06%	3.06%

그림 3-14 ~ 그림 3-22는 각 영향요인에 대한 오차범위 5%에서의 가중치를 분석한 것을 나타낸 것이다. 그림 3-14는 영향요인 중 연장에 대한 경우로, CBR I 모델의 필수적인 영향요인이다. 영향요인이 4, 5, 6개인 경우 연장에 대한 가중치는 0에 가까우나, 영향요인이 7, 8, 9, 10개인 경우 연장의 가중치가 높으며, 그 비율도 높은 것을 알 수 있다. 그림 3-15는 영향요인 중 폭원에 대한 경우로, 연장과 같이 CBR I 모델의 필수적인 영향요인이다. 영

향요인이 4개인 경우, 가중치가 거의 0에 가깝다. 이것은 강박스 교량 폭원이 주로 20.9m이어서 이에 대한 영향요인이 4개인 경우에서 차지하는 가중치가 낮기 때문으로 판단된다.

그림 3-16은 영향요인 중 상부면적에 대한 경우로, 영향요인 상부면적도 CBR I 모델의 필수적인 영향요인이다. 그러나 오차범위 5%에서는 상부면적에 대한 가중치가 전체적으로 낮은 경향을 나타낸다. 그림 3-17은 영향요인 중 차로수에 대한 경우로, 영향요인 차로수도 CBR I 모델의 필수적인 영향요인이다. 그러나 오차범위 5%에서는 강박스교량의 차로수가 주로 4차선인 교량이 많으므로 차로수에 대한 가중치가 전체적으로 낮은 경향을 나타내는 것으로 판단된다. 그림 3-18은 영향요인 중 경간수에 대한 가중치 변화를 나타낸 것이다. 영향요인 경간수는 영향요인 연장과 매우 상관관계가 높은 영향요인이다. 그림과 같이 하부 및 지반정보를 포함한 영향요인이 포함되지 않은 5개 및 6개 영향요인을 사용한 경우에는 가중치가 높게 나타난다.

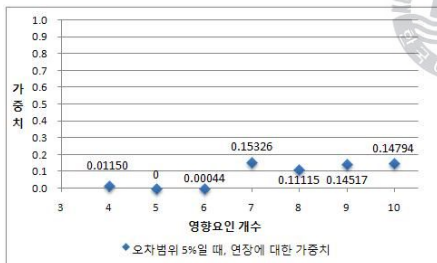


그림 3-14. 연장에 대한 가중치 변화

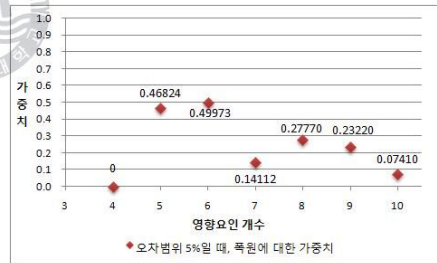


그림 3-15. 폭원에 대한 가중치 변화

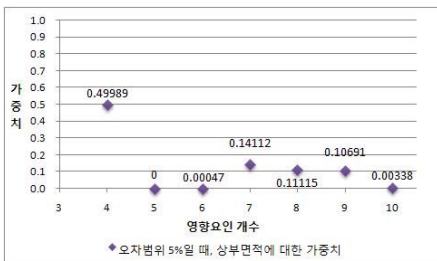


그림 3-15. 상부면적에 대한 가중치 변화

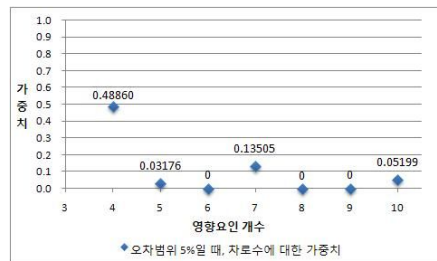


그림 3-16. 차로수에 대한 가중치 변화

그림 3-19는 영향요인 중 최대경간장에 대한 가중치 변화를 나타낸 것이다. 주로 45~70m의 최대경간장이 분포되어있다. 그림 3-20은 가설위치에 대한 가중치 변화이며, 그림 3-21은 기초형식에 대한 가중치 변화이다. 또한, 그림 3-22는 가설형태에 대한 가중치 변화를 나타낸 것이다.

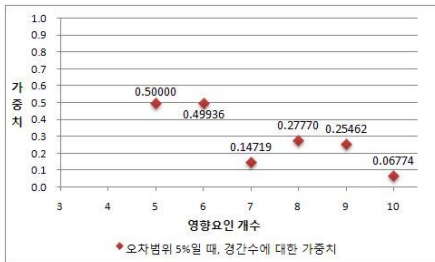


그림 3-17. 경간수에 대한 가중치 변화

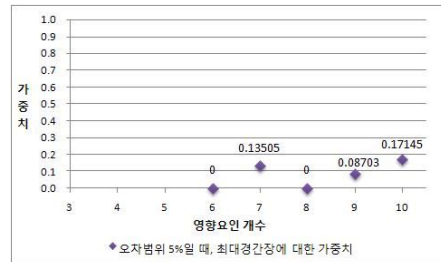


그림 3-18. 최대경간장에 대한 가중치 변화

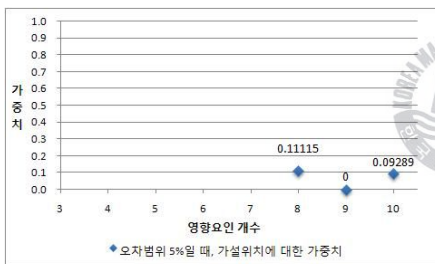


그림 3-19. 가설위치에 대한 가중치 변화

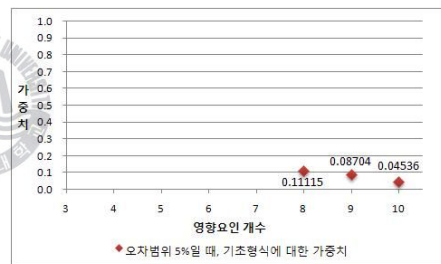


그림 3-20. 기초형식에 대한 가중치 변화

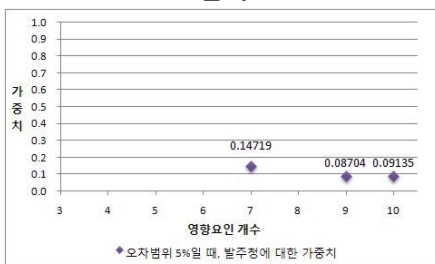


그림 3-21. 발주청에 대한 가중치 변화

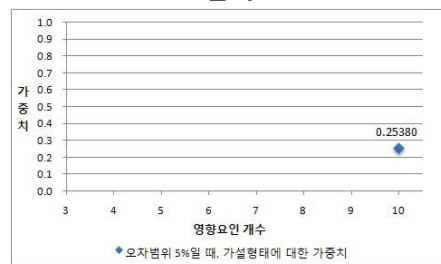


그림 3-22. 가설형태에 대한 가중치 변화

2) 오차범위 10%

표 3-7은 오차범위가 10%일 때, 각 영향요인에 대한 가중치를 분석한 것을 나타내었다.

표 3-7. 오차범위 10%에 대한 영향요인별 가중치 분석

영향요인	4개	5개	6개	7개	8개	9개	10개
연장	0.9954	0.9943	0.1132	0.0791	0.9363	0.1956	0.0554
폭원	0.0025	0.0008	0.1132	0.0791	0.0103	0.0000	0.0868
상부면적	0.0021	0.0049	0.1132	0.1367	0.0393	0.1539	0.1492
차로수	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0062	0.0223
경간수	-	0.0000	0.5471	0.2735	0.0046	0.1132	0.1886
최대경간장	-	-	0.1132	0.2158	0.0000	0.1472	0.0697
가설위치	-	-	-	-	0.0003	0.0993	0.1010
기초형식	-	-	-	-	0.0092	0.0687	0.0016
발주청	-	-	-	0.2158	-	0.2158	0.1072
가설형태	-	-	-	-	-	-	0.2182
오차율	6.89%	6.89%	5.86%	8.74%	9.16%	12.46%	6.16%
표준편차	4.72%	4.72%	3.56%	4.22%	5.30%	7.49%	4.52%
최대값	14.34%	14.34%	12.87%	18.84%	17.21%	26.28%	15.71%
최소값	0.91%	0.91%	0.91%	2.39%	1.60%	1.28%	1.28%

그림 3-23 ~ 그림 3-32는 각 영향요인에 대한 오차범위 10%에서의 가중치를 분석한 것을 나타낸 것이다. 오차범위 10%에서의 가중치 분석은 오차범위 5%에서의 가중치 분석과 유사한 결과를 나타내나, 오차율, 표준편차 및 최대·최소값에서 더 안정적인 결과를 나타내는 것을 알 수 있다.

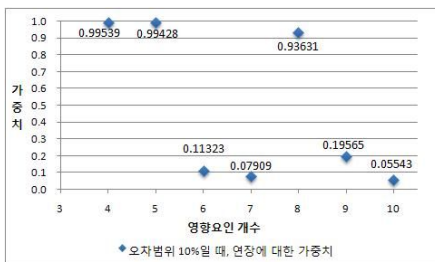


그림 3-23. 연장에 대한 가중치 변화

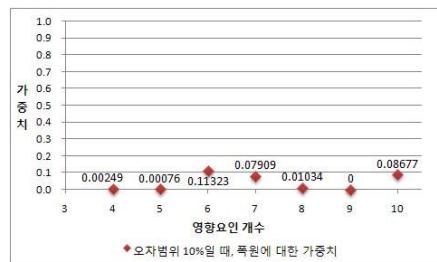


그림 3-24. 폭원에 대한 가중치 변화

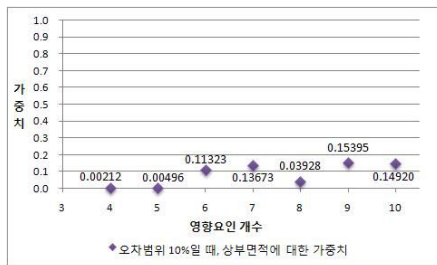


그림 3-25. 상부면적에 대한 가중치 변화

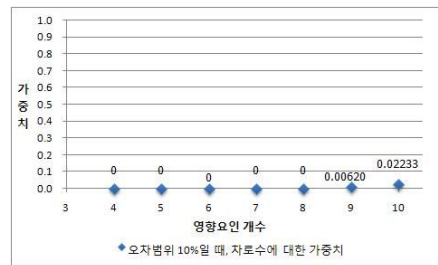


그림 3-26. 차로수에 대한 가중치 변화

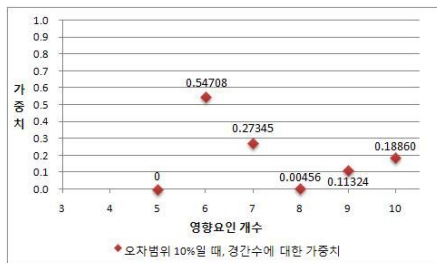


그림 3-27. 경간수에 대한 가중치 변화

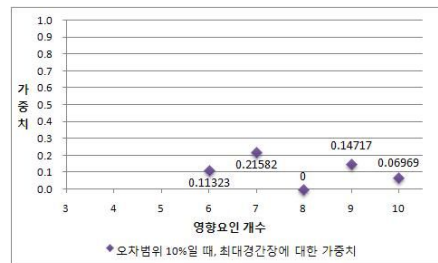


그림 3-28. 최대경간장에 대한 가중치 변화

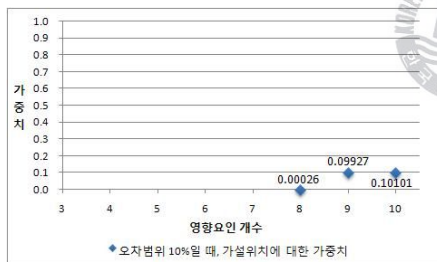


그림 3-29. 가설위치에 대한 가중치 변화

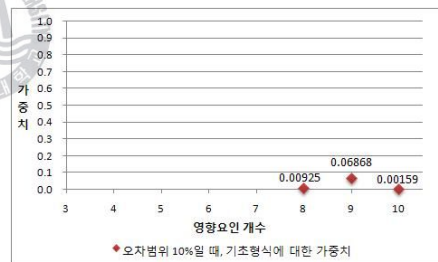


그림 3-30. 기초형식에 대한 가중치 변화

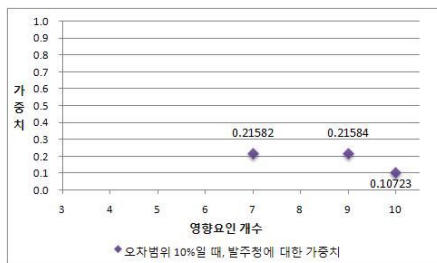


그림 3-31. 발수정에 대한 가중치 변화

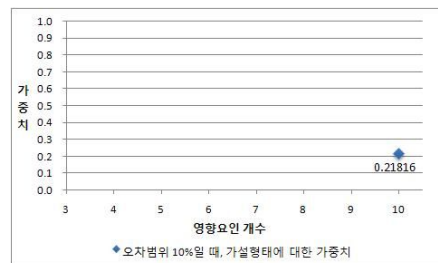


그림 3-32. 가설형태에 대한 가중치 변화

3) 오차범위 15%

표 3-8은 오차범위가 15%일 때, 각 영향요인에 대한 가중치를 분석한 것을 나타내었다.

표 3-8. 오차범위 15%에 대한 영향요인별 가중치 분석

영향요인	4개	5개	6개	7개	8개	9개	10개
연장	0.5131	0.4704	0.5082	0.0837	0.1359	0.1503	0.1101
폭원	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0640	0.0578	0.0000
상부면적	0.4182	0.4744	0.4287	0.2517	0.1999	0.1852	0.1306
차로수	0.0687	0.0000	0.0201	0.1711	0.0640	0.0578	0.1306
경간수	-	0.0552	0.0229	0.1948	0.2000	0.1993	0.1306
최대경간장	-	-	0.0201	0.1912	0.0000	0.0000	0.1306
가설위치	-	-	-	-	0.1359	0.1388	0.0159
기초형식	-	-	-	-	0.2000	0.1993	0.0991
발주청	-	-	-	0.1075	-	0.0115	0.1219
가설형태	-	-	-	-	-	-	0.1306
오차율	5.99%	5.31%	4.72%	5.60%	9.85%	9.59%	6.16%
표준편차	4.81%	5.20%	4.50%	3.29%	5.38%	5.61%	4.52%
최대값	15.71%	16.52%	13.62%	10.69%	16.70%	20.43%	14.06%
최소값	1.28%	0.06%	0.01%	1.28%	2.58%	2.64%	0.57%

그림 3-33 ~ 그림 3-42는 각 영향요인에 대한 오차범위 15%에서의 가중치를 분석한 것을 나타낸 것이다. 오차범위 15%에서의 가중치 분석은 오차범위 10%에서의 가중치 분석과 유사한 결과를 나타낸다.

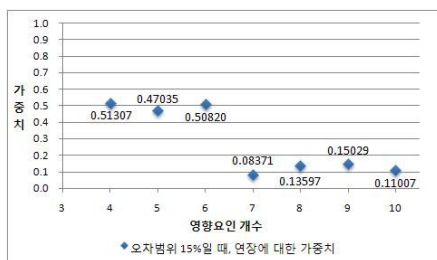


그림 3-33. 연장에 대한 가중치 변화

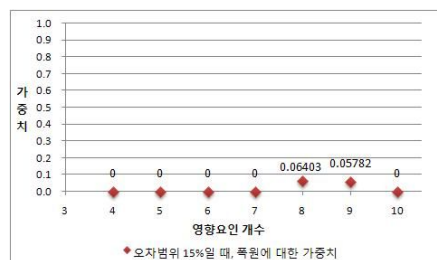


그림 3-34. 폭원에 대한 가중치 변화

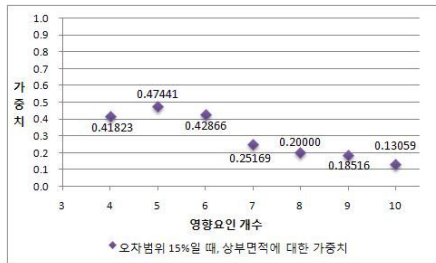


그림 3-35. 상부면적에 대한 가중치 변화

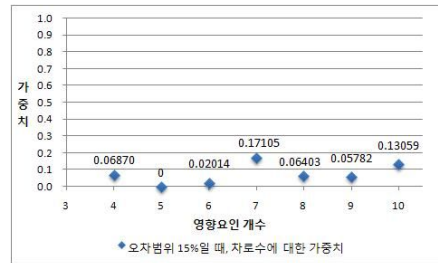


그림 3-36. 차로수에 대한 가중치 변화

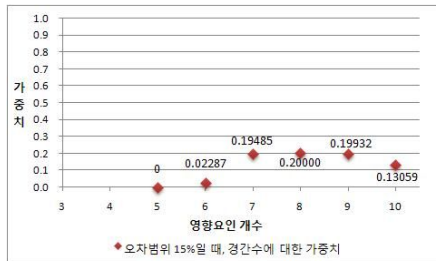


그림 3-37. 경간수에 대한 가중치 변화

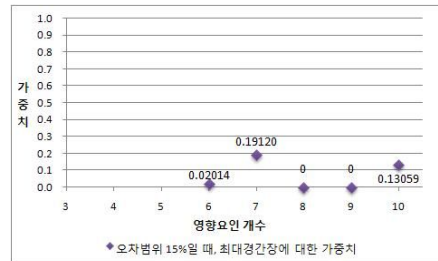


그림 3-38. 최대경간장에 대한 가중치 변화

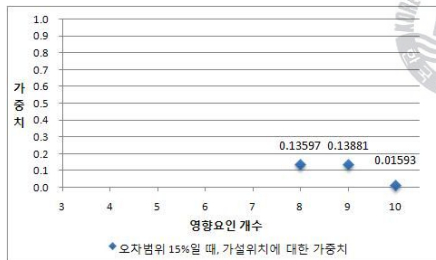


그림 3-39. 가설위치에 대한 가중치 변화

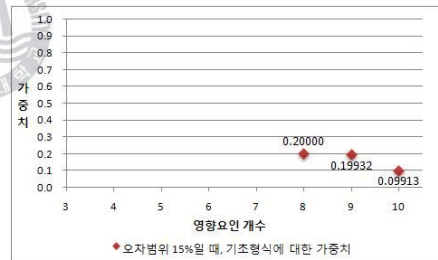


그림 3-40. 기초형식에 대한 가중치 변화

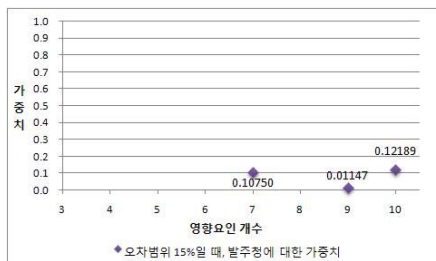


그림 3-41. 발주청에 대한 가중치 변화

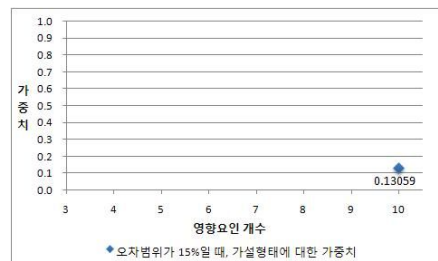


그림 3-42. 가설형태에 대한 가중치 변화

4) 오차범위 20%

표 3-9는 오차범위가 20%일 때, 각 영향요인에 대한 가중치를 분석한 것을 나타내었다.

표 3-9. 오차범위 20%에 대한 영향요인별 가중치 분석

영향요인	4개	5개	6개	7개	8개	9개	10개
연장	0.3333	0.3333	0.1888	0.1657	0.0000	0.0000	0.1169
폭원	0.0000	0.0000	0.1888	0.1657	0.0000	0.0000	0.0577
상부면적	0.3333	0.3333	0.2168	0.2515	0.2834	0.3752	0.1443
차로수	0.3333	0.3333	0.2168	0.2515	0.2833	0.1344	0.0801
경간수	-	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.1443
최대경간장	-	-	0.1888	0.1657	0.1498	0.1924	0.0000
가설위치	-	-	-	-	0.0000	0.0000	0.0273
기초형식	-	-	-	-	0.2834	0.2980	0.2055
발주청	-	-	-	0.0000	-	0.0000	0.0885
가설형태	-	-	-	-	-	-	0.1353
오차율	5.52%	5.52%	5.86%	5.86%	12.10%	12.16%	7.19%
표준편차	4.28%	4.28%	3.77%	3.77%	8.96%	9.01%	6.46%
최대값	15.85%	15.85%	13.98%	13.98%	33.12%	33.12%	20.27%
최소값	1.25%	1.25%	2.14%	2.14%	0.25%	0.25%	0.21%

그림 3-43 ~ 그림 3-42는 각 영향요인에 대한 오차범위 20%에서의 가중치를 분석한 것을 나타낸 것이다. 오차범위 20%에서의 가중치 분석은 오차범위 5~15%에서의 가중치 분석과 유사한 결과를 나타내나, 오차율, 표준편차 및 최대·최소값 부분에서 오차범위 5~15%의 경우와 비교하여 불안정한 결과를 나타내는 것으로 판단된다.

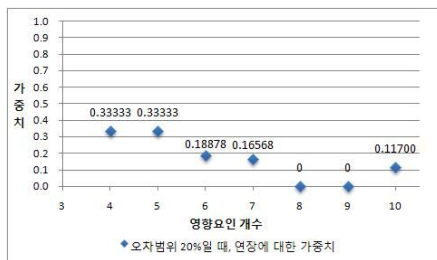


그림 3-43. 연장에 대한 가중치 변화

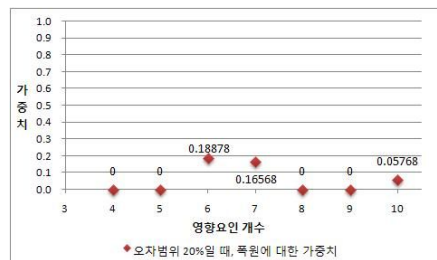


그림 3-44. 폭원에 대한 가중치 변화

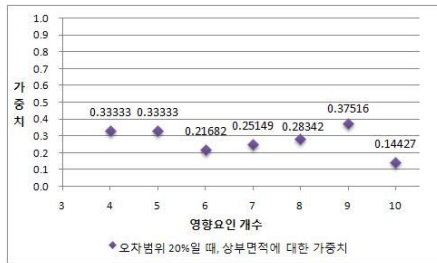


그림 3-45. 상부면적에 대한 가중치 변화

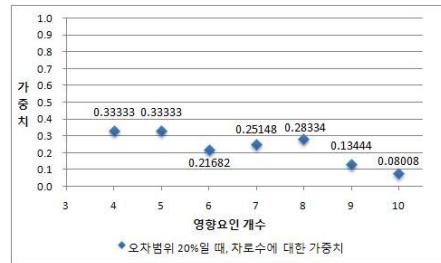


그림 3-46. 차로수에 대한 가중치 변화

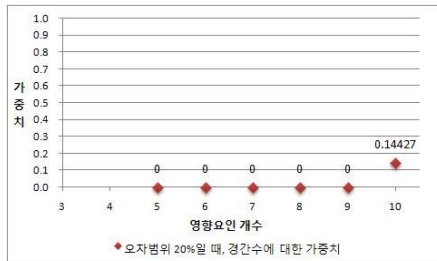


그림 3-47. 경간수에 대한 가중치 변화

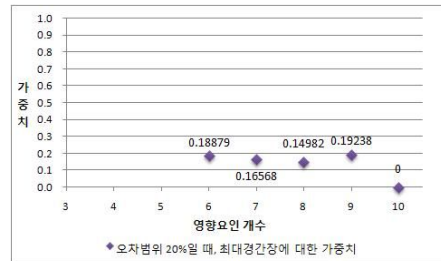


그림 3-48. 최대경간장에 대한 가중치 변화

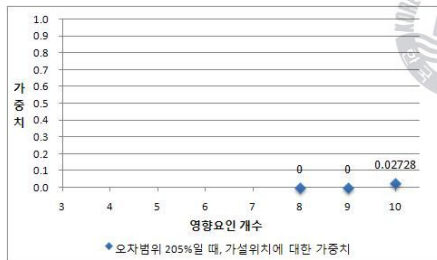


그림 3-49. 가설위치에 대한 가중치 변화

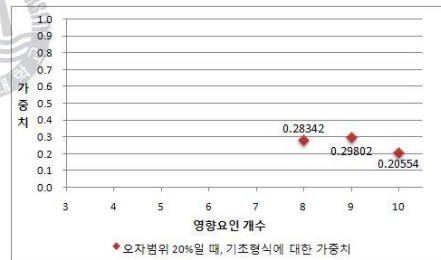


그림 3-50. 기초형식에 대한 가중치 변화

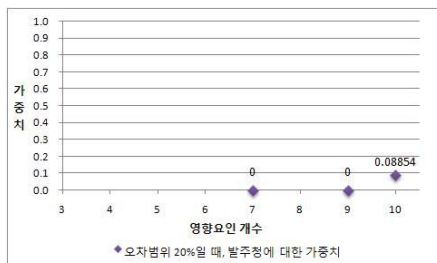


그림 3-51. 발주청에 대한 가중치 변화

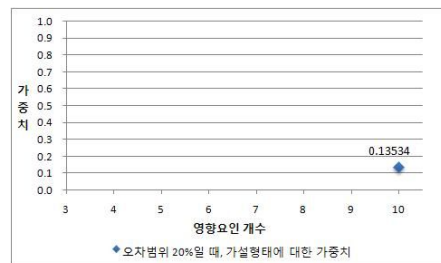


그림 3-52. 가설형태에 대한 가중치 변화

3.4.3 영향요인에 대한 가중치

오차범위 5 ~ 20%에 따른 4개와 10개에 대한 영향요인의 가중치를 분석한 결과를 표 3-10에 나타내었다. 영향요인의 가중치는 각 가중치의 값과 오차율 및 표준편차 등을 고려하여 가장 안정적인 가중치 결과를 나타내는 오차범위 10%의 영향요인 4개와 10개를 선정하였다.

표 3-10. 오차범위에 따른 4개와 10개 영향요인에 대한 가중치

영향 요인	오차범위 5%		오차범위 10%		오차범위 15%		오차범위 20%	
	4개	10개	4개	10개	4개	10개	4개	10개
연장	0.0115	0.1479	0.9954	0.0554	0.5131	0.1101	0.3333	0.1169
폭원	0.0000	0.0741	0.0025	0.0868	0.0000	0.0000	0.0000	0.0577
상부 면적	0.4999	0.0034	0.0021	0.1492	0.4182	0.1306	0.3333	0.1443
차로수	0.4886	0.0519	0.0000	0.0223	0.0687	0.1306	0.3333	0.0801
경간수	-	0.0677	-	0.1886	-	0.1306	-	0.1443
최대 경간장	-	0.1715	-	0.0697	-	0.1306	-	0.0000
가설 위치	-	0.0929	-	0.1010	-	0.0159	-	0.0273
기초 형식	-	0.0454	-	0.0016	-	0.0991	-	0.2055
발주청	-	0.0913	-	0.1072	-	0.1219	-	0.0885
가설 형태	-	0.2538	-	0.2182	-	0.1306	-	0.1353
오차율	7.52%	5.58%	6.89%	6.16%	5.99%	6.16%	5.52%	7.19%
표준 편차	5.44%	4.95%	4.72%	4.52%	4.81%	4.52%	4.28%	6.46%
최대값	20.48%	16.75%	14.34%	15.71%	15.71%	14.06%	15.85%	20.27%
최소값	2.60%	3.06%	0.91%	1.28%	1.28%	0.57%	1.25%	0.21%

3.5 CBR에 기초한 개략공사비 산정 모델 검증

3.5.1 CBR에 의한 공사비 산정 개요

본 연구에서 제시한 사례기반추론 기법을 적용한 강박스교량의 기본정보에 의한 개략공사비 산정모델에 대해 10개의 검증대상교량을 선정하였으며, 한국개발연구원과 건설교통부에서 제시한 단위면적 및 단위길이당 단가를 이용한 방법의 예측값과 비교하여 적절성을 검증하였다.

표 3-11은 사례기반추론 기법을 적용한 개략공사비 추정 모델로 검증할 대상교량의 기본정보를 나타낸 것이다.

표 3-11. 강박스교량의 추정 공사비 검증 작업 교량

구 분	교량정보									
	연장 (m)	폭원 (m)	상부 면적 (m ²)	차로 수	경간 수	최대 경간장 (m)	가설 위치	가설 형태	발주 청	기초 형식
A교량	160	20.9	3344	4	3	60	하상	확포장	서울	3
B교량	48	20.9	1003	4	1	48	육상	확포장	대전	1
C교량	48	20.9	1003	4	1	48	하상	신설	익산	2
D교량	400	20.9	8360	4	7	60	하상	확포장	원주	3
E교량	495	20.9	10346	4	9	95	하상	신설	익산	3
F교량	130	20.9	2717	4	3	50	육상	신설	부산	2
G교량	235	21.1	4959	4	5	55	하상	신설	익산	2
H교량	45	20.9	941	4	8	45	육상	확포장	익산	2
I교량	150	21.1	3165	4	3	60	육상	신설	서울	3
J교량	365	12.4	4526	2	7	55	하상	신설	원주	3

3.5.2 CBR 모델의 공사비 검증 결과

1) CBR I 모델 검증 결과

표 3-12 및 그림 3-53에 앞에서 기술한 CBR I의 영향요인 및 가중치를 사용하여 모델 검증 교량 10개에 대한 개략공사비 추정 결과를 나타내었다.

본 연구에서 제시한 CBR I 모델은 오차율은 최소 -14.34%에서 13.34%의 분포를 보였으며 안정적인 결과를 제시한다. 반면, 예비타당성 모델은 최소 -55.86%에서 17.58% 값을, 투자평가지침 모델은 최소 15.77%에서 62.63% 값을, 도로업무편람 모델은 최소 14.60%에서 60.98% 값의 분포를 나타낸다.

해외의 선진적인 공사비 예측모델의 목표에 부합될 수 있도록 AACE (Association for the Advancement of Cost Engineering)의 기획단계 공사비 예측모델의 목표인 하한값 -15% ~ -30%, 상한값 +20% ~ +50%와 비교할 경우, CBR I 모델은 AACE의 목표치 내의 결과를 수렴하나, 예비타당성/ 투자평가지침/ 도로업무편람 모델은 하한값과 상한값에서 AACE 목표에 미달인 수준으로 나타났다.

표 3-12. 강박스 교량의 CBR I 모델 검증결과

구 분	원공사비 (억원)	본 공사비 산정 모델		예비타당성				투자평가지침		도로업무편람	
				단위면적(㎡)		단위길이(m)		단위길이(m)		단위면적(㎡)	
		예측값 (억원)	오차율 (%)	예측값 (억원)	오차율 (%)	예측값 (억원)	오차율 (%)	예측값 (억원)	오차율 (%)	예측값 (억원)	오차율 (%)
01교량	7.88	7.74	-1.82	6.76	-14.29	7.94	0.69	10.87	37.85	10.76	36.45
02교량	2.60	2.58	-0.91	2.01	-22.70	2.36	-9.19	3.23	24.32	3.20	23.06
03교량	2.81	2.60	-7.72	2.02	-28.01	2.38	-15.44	3.26	15.77	3.22	14.60
04교량	19.75	19.45	-1.55	16.88	-14.56	19.82	0.36	27.14	37.40	26.87	36.01
05교량	22.86	24.98	9.29	20.88	-8.64	24.53	7.32	33.58	46.92	33.24	45.43
06교량	5.95	6.25	5.12	5.48	-7.83	6.44	8.28	8.82	48.23	8.73	46.73
07교량	9.88	10.26	3.84	10.07	1.95	11.74	18.79	16.07	62.63	15.91	60.98
08교량	2.31	2.62	13.34	1.90	-17.61	2.24	-3.22	3.06	32.49	3.03	31.15
09교량	6.37	7.07	10.98	6.43	0.91	7.49	17.58	10.26	60.97	10.15	59.34
10교량	12.22	10.47	-14.34	5.42	-55.66	10.73	-12.22	14.69	20.18	14.54	18.96
평균 (절대값)			6.89		17.22		9.31		38.68		37.27
표준편차 (절대값)			4.72		15.17		6.33		15.31		15.15

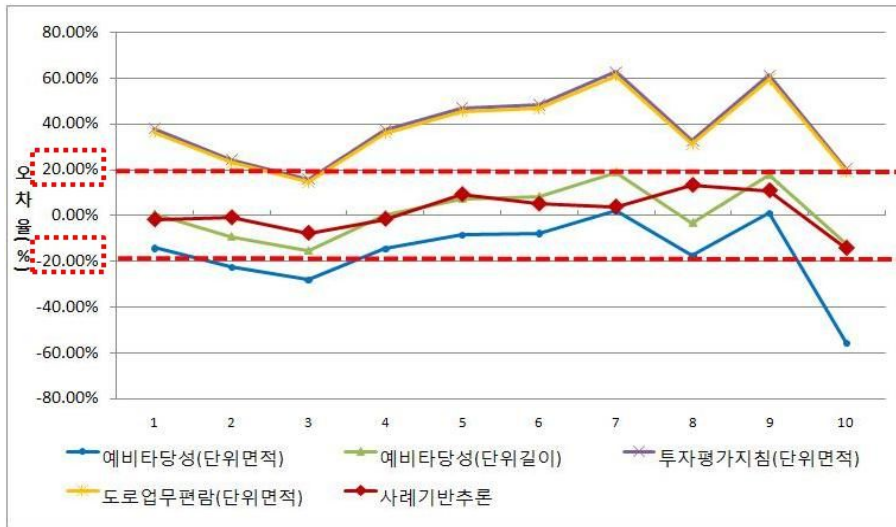


그림 3-53. CBR I 모델의 추정 개략공사비 비교

2) CBR II 모델 검증 결과

표 3-13 및 그림 3-54에 앞에서 기술한 CBR II의 영향요인 및 가중치를 사용하여 모델 검증 교량 10개에 대한 개략공사비 추정 결과를 나타내었다.

본 연구에서 제시한 CBR II 모델은 오차율은 최소 -14.06%에서 6.66%의 분포를 보였으며 안정적인 결과를 제시한다. 반면, 예비타당성 모델은 최소 -55.66%에서 18.79% 값을, 투자평가지침 모델은 최소 15.77%에서 62.63% 값을, 도로업무편람 모델은 최소 14.60%에서 60.98% 값의 분포를 보인다.

CBR II 모델 역시 AACE의 목표치 내의 결과를 수렴하나, 예비타당성/ 투자평가지침/ 도로업무편람 모델은 하한값과 상한값에서 AACE 목표에 미달인 수준으로 나타났다.

이상의 연구로부터 CBR이론에 기초하여 본 연구에서 제시한 CBR I 모델 및 CBR II 모델에 의한 사업초기단계 개략공사비 산정 시스템은 기존 방법에 비하여 오차가 상당히 감소시켜 공사비 추정에 보다 효율적인 방법인 것을 알 수 있었다.

본 개략공사비 산정모델은 교량의 특성을 반영하여 공사비 예측의 정확도

를 향상시켜 기획단계에서의 사업추진 의사결정을 지원하고 향후 공사비에 대한 정보를 제공함으로써 효율적인 예산수립에 일익을 담당할 수 있을 것으로 판단된다.

표 3-13. 강박스 교량의 CBR II 모델 검증결과

구 분	원공사비 (억원)	본 공사비 산정모델		예비타당성				투자평가지침		도로업무편람	
		예측값 (억원)	오차율 (%)	단위면적(㎡)		단위길이(m)		단위길이(m)		단위면적(㎡)	
				예측값 (억원)	오차율 (%)	예측값 (억원)	오차율 (%)	예측값 (억원)	오차율 (%)	예측값 (억원)	오차율 (%)
01교량	7.88	7.01	-11.04	6.76	-14.29	7.94	0.69	10.87	37.85	10.76	36.45
02교량	2.60	2.67	2.76	2.01	-22.70	2.36	-9.19	3.23	24.32	3.20	23.06
03교량	2.81	2.42	-14.06	2.02	-28.01	2.38	-15.44	3.26	15.77	3.22	14.60
04교량	19.75	19.64	-0.57	16.88	-14.56	19.82	0.36	27.14	37.40	26.87	36.01
05교량	22.86	23.39	2.33	20.88	-8.64	24.53	7.32	33.58	46.92	33.24	45.43
06교량	5.95	6.19	4.03	5.48	-7.83	6.44	8.28	8.82	48.23	8.73	46.73
07교량	9.88	10.54	6.66	10.07	1.95	11.74	18.79	16.07	62.63	15.91	60.98
08교량	2.31	2.37	2.30	1.90	-17.61	2.24	-3.22	3.06	32.49	3.03	31.15
09교량	6.37	6.71	5.36	6.43	0.91	7.49	17.58	10.26	60.97	10.15	59.34
10교량	12.22	10.70	-12.51	5.42	-55.66	10.73	-12.22	14.69	20.18	14.54	18.96
평균 (절대값)			6.16		17.22		9.31		38.68		37.27
표준편차 (절대값)			4.52		15.17		6.33		15.31		15.15

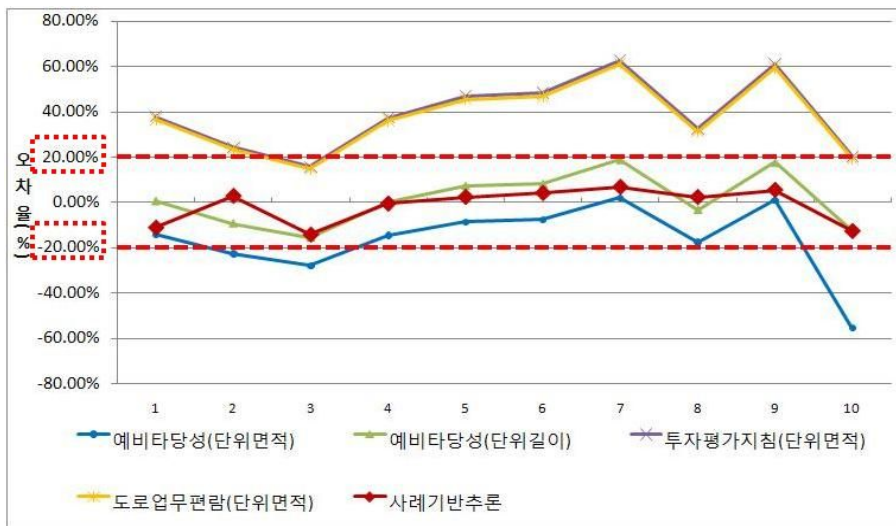


그림 3-54. CBR II 모델의 추정 개략공사비 비교

4장. 사례 교량의 LCC 분석 및 예측

4.1 사례 교량에 대한 자료의 수집 및 분석

4.1.1 사례연구대상의 개요

본 장에서는 강박스교와 PSC Box교에 대한 사례교량을 이용하여 사례기반추론 기법을 적용한 공사비 산정 모델을 활용한 것으로 선행연구에서 실시하여 개발한 CBR I, CBR II 모델을 인터넷 Website에 시스템화한 것에 본 연구의 사례교량의 기본 정보를 입력시켜 개략공사비를 추정하였다. 그림 4-1은 Web상의 개략공사비 산정모델 시스템을 나타낸 것이다.

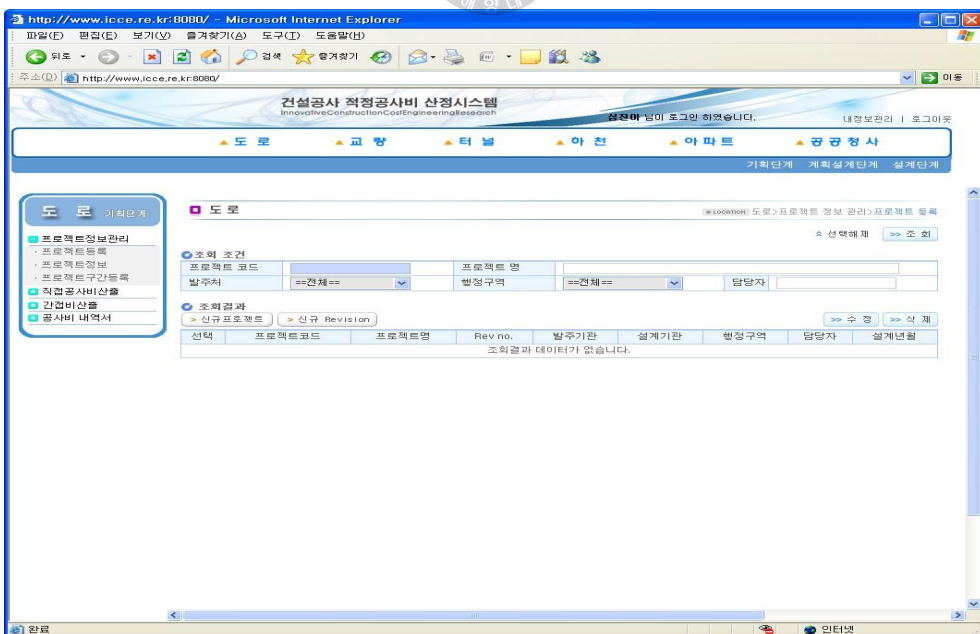


그림 4-1. Web상의 사례기반추론 기법을 적용한 공사비 산정 모델

사례기반추론 기법을 적용한 공사비 산정 모델을 활용하여 대상 교량인 강박스교와 PSC Box교의 추정공사비를 검증하기 위해 먼저 대상교량의 기본정보를 표 4-1과 같이 선정하였다. 표 4-1은 사례교량의 기본정보를 나타낸 것으로, 이 기본정보는 2가지 교량에 대한 CBR I, CBR II 두 모델의 영향요인으로 활용된다. 2가지 교량의 추정공사비를 비교하기 위하여 모든 영향요인을 동일하게 선정하였다. 본 연구의 사례교량은 모두 국도 건설공사를 대상으로 한 사례교량으로 선정하였고, 본 공사비 산정모델로 추정한 공사비는 상부구조와 하부구조를 모두 포함한 공사비로 추정된다.

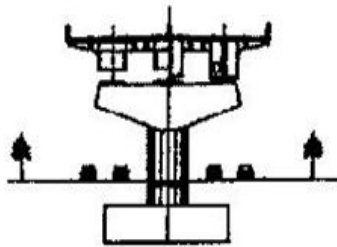
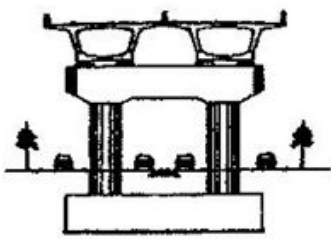
표 4-1. 비교 대상 교량의 기본정보

사례교량의 기본정보	
연 장	150m
폭 원	21m
상 부 면 적	3150m ²
차 로 수	4차로
경 간 장	3 @ 50
하 부 면 적	5000m ²
가 설 위 치	육상
가 설 형 태	신설
기 초 형 식	혼합기초 (직접기초 + 말뚝기초)
공 법	F.S.M
발 주 청	서울

그리고 사례교량 중 PSC Box교의 시공 공법은 F.S.M(Full Staging Method) 공법을 사용하였는데, 이 공법은 콘크리트를 타설하는 경간 전체에 동바리를 설치하여 타설된 콘크리트가 소정의 강도에 도달할 때까지 콘크리트의 자중 및 거푸집, 작업대 등의 중량을 일시적으로 동바리가 지지하는 방식이다. 이 공법은 현재 PSC Box교 건설에서 가장 보편적으로 이용하는 방법이며, 콘크리트교의 특징을 가장 잘 나타내는 공법이다.

표 4-2에 사례대상교량에 대한 설계대안을 나타내었다.

표 4-2. 사례대상교량의 설계 대안 개요

구분		기본설계안	비교대안
교량형식		강박스교	PSC Box교
횡단면도			
가설공법		Crane에 의한 일괄가설	System동바리에 의한 현장타설
특징	경관성	장경간 포물선단면 · 날렵함, 도심지에 부합하는 교각 형상	형고가 큰 콘크리트 단면으로 압박감, 도심지에 부적합한 교각 형상
	안전성 및 기능성	지진저항성 양호, 연속화로 주행성 양호, 장경간으로 하부교통처리 원활	지진저항성불량(상부중량 큼), 연속화로 주행성 양호, 장경간으로 하부교통처리 원활
	유지관리 용이성	재도장 필요	유지관리 Tendon 필요
	시공성	시공성 우수 (크레인 일괄 거치)	시공성 미흡 (지보공법으로 기존국도와 통과대책 필요)
	경제성	공사비 다소 고가(강재량 저감), 유지관리비 고가 (재도장)	공사비 고가, 유지관리비 저렴
	예상되는 문제점 및 대책	합성 전 · 후에 대한 세심한 검토 필요, 가설시 단면 변형에 대한 대책 필요	Creep, 건조수축에 의한 장기 변형 및 단면력 변화 검토 필요

4.2 사례 교량 LCC분석을 위한 기본 가정

LCC란 Life Cycle Cost의 약칭으로 생애주기비용이라 한다. 시설물의 생애주기(Life Cycle)는 시설물의 건설에서 철거에 이르는 전 과정을 나타내는 것으로 일반적으로 초기공사비용, 유지관리비용, 해체·폐기비용 등 모든 단계를 의미한다. LCC분석이란 시설물 전체 또는 일부분의 생애주기 동안 발생하는 모든 현금 가치를 파악하여 공용내구년한 동안의 경제능률을 평가하는 기법으로 비용 효율성뿐만 아니라 기능 및 미관 등의 정성적인 평가항목까지 포함하여 의사결정의 합리적 도구로 사용할 수 있는 경제성 평가 기법이다.

LCC분석은 시설물의 미래를 대상으로 하므로 미래의 예측을 위한 가정이 필수적이다. 따라서 LCC분석을 위해서는 일반적으로 다음과 같이 구조물에 대한 분석기간(공용년수), 할인율에 대한 가정이 선행된다.

4.2.1 교량의 분석기간



모든 시설물은 교량의 구조형식, 환경특성 등에 의해 고유의 수명을 갖게 된다. 따라서 LCC에서 분석기간은 시설물의 공용년수를 얼마 동안으로 산정할 것인가에 대한 가정이므로 시설물의 수명에 대한 고려가 필요하다. 교량의 공용년수는 일반적으로 100년으로 알려져 있으나, 독일의 경우는 설계교량의 수명을 100년으로 보고 있으며, 영국의 경우는 120년, 일본은 50년이다(D.A. Hplland, 1993). 교량 형식별로 교량 설계수명을 달리한 경우도 있는데, 자료에 의하면 철근 콘크리트교는 70년, PSC교는 70년, 강교는 80년, 합성교는 70년이라고 이론적 수명을 제시한 경우도 있다(J.E. Harding, 1993). 한편 국내에서는 한국감정원에서 콘크리트교는 45~50년, 강교는 40년이라고 규정하고 있다(한국감정원, 1999).

비교대안에 대한 LCC분석을 위해서는 동일한 분석기간을 적용해야 한다.

여러 문헌 연구결과에서는 고성능 강교량(무성능, PC택 등)의 수명이 200년 이상인 것을 제외하고는 일반교량의 경우 70 ~ 80년 정도가 공용수명인 것으로 나타나고 있으므로 본 연구에서는 공용년수를 80년으로 가정하여 교량 형식별 LCC를 예측하였다.

4.2.2 실질할인율

LCC분석은 각각의 대안에 대하여 전체 생애에 걸쳐서 발생하는 비용을 화폐가치로 평가하여야 하며, 각 비용이 발생하는 시점이 동일하게 때문에 각 비용을 임의의 시점으로 환산하여야 한다.

할인율이란 시간에 대한 화폐의 가치를 나타내는 개념으로써 일반적으로 현재 금액을 미래금액으로 환산하기 위하여 물가상승률 또는 이자율을 적용하며, 미래가치를 현재가치로 환산할 때는 할인율(discount rate) 또는 이자율을 적용한다. 현재의 금액은 시간이 경과함에 따라 이자가 발생되므로 미래 어느 시점에서는 현재금액과 그 동안의 이자를 합한 금액이 되므로 미래의 금액은 현재의 동일한 금액보다 가치가 적어지게 된다. 경제성 분석에서 물가상승률과 이자율에 따라 우선순위가 달라질 수 있기 때문에 물가상승률은 필수적으로 고려해야 한다.

1) 이자율

LCC 산정시 이자율은 한국은행(2000)의 자료에 의한 과거 15년간 시중은행금리를 조사한 것을 기준으로 하였다.

2) 물가상승률

물가상승률은 일반적으로 소비자물가에 의해 측정되며, 통계청(2000)의 자료에 의한 과거 15년간의 소비자 물가지수를 조사하였다.

3) 실질이자율

본 연구에서는 물가상승률과 정기에금 금리를 조사하여 이를 바탕으로 한 실질할인율을 적용하고자 한다. 위와 같은 과정을 통하여 산정된 실질할인율은 표4-3에 나타냈으며, 시중은행의 정기에금금리 및 소비자 물가지수를 바탕으로 물가상승률과 실질할인율을 계산한 결과 본 연구에서는 할인율을 1993년 금리자유화 이후 2009년까지의 실질할인율의 평균값인 3%를 사용하고자 한다.

4.3 LCC 구성항목 및 비용산정 방식

교량의 LCC 구성항목은 크게 초기투자비(기획·설계비, 시공비), 유지관리비(운영비, 폐기처분비, 잔존가치)로 구성될 수 있으며, LCC 구성항목별 비용산정방식은 표 4-3과 같다.

표 4-3. LCC 구성항목별 비용산정방식

LCC 구성항목		세부항목	비용산정방식
초기투자비	계획비용	타당성조사비용, 기본계획비용	설계회사 견적자료에 의한 추정
	설계비용	기본설계비용, 실시설계비용	
	건설비용	상부/하부구조공사비, 공사중 안전점검비, 설계변경비용, 하자보수비, 완공후초기점검비	
	감리비용	설계감리비, 공사감리비	
유지관리비	관리비용	인건비, 장비비 및 기타경비	자료조사에 의한 추정
	점검 및 진단비용	정기점검, 정밀점검 및 정밀안전진단비용	
	유지보수비용	보수비용, 보강비용, 교체비용	
	사용자비용	차량운행비용, 시간지연비용	
해체 및 폐기비용	철거비용	해체비 및 폐기비용	해체 및 폐기처분 전문업체로부터 견적자료에 의한 추정
	재활용비용	폐기물재활용비(잔존가치)	

4.3.1 초기투자비 (Initial Cost : IC)

초기투자비는 크게 계획비용, 설계비용과 건설비용(시공비용)로 구성된다. 일반적으로 계획비용에는 각종 계획비, 용지취득비, 지반조사, 타당성 조사비 등이 포함된다. 그러나 본 연구는 동일 지역에 어떤 교량을 가설할 것인지 대안을 선정하고자 하는 것이므로 대안별로 이 비용은 큰 차이를 나타내지 않는다. 따라서 본 연구에서 계획비용은 설계비에 포함하여 고려하는 것으로 제한한다. 또한 건설비용에는 직접공사비, 간접공사비, 일반관리비/이윤이 포함되나, 본 연구의 개략공사비 산정모델은 설계비용과 건설비용을 합한 전체적인 초기투자비를 추정하므로 설계교량의 대안별 초기투자비는 표 4-4와 같다.

표 4-4. CBR 산정모델에 의해 추정한 교량 형식별 초기투자비

교량형식	강박스교 (원)	PSC Box교 (원)
CBR I	7,095,796,507	6,236,200,910
CBR II	5,726,254,239	5,169,897,939

4.3.2 유지관리비 (Maintenance Cost : MC)

1) 일반관리비

일반관리비는 교량을 유지 관리하는데 발생하는 비용으로써 일상점검비, 인건비, 전기세, 수도세, 차량유지비 등이 포함된다. 본 논문에서는 일반관리비를 산출하는데 가장 중요하다고 판단되는 인건비 이외의 다른 항목들은 제외하였으며, 인건비 산출은 교량형식별 대표적인 경간장을 고려한 가중치를 적용하여 개략적으로 인건비를 산출함으로써 일반관리비를 산출한다.

김상범(2001)에 의하면 표 4-5와 같이 연간 지출하는 일반관리비에 대하여 교량형식별로 평균적으로 적용하는 경간장을 고려하여 가중치를 적용함으로

서 교량 형식별 m당 비용으로 일반관리비를 산출하였다.

표 4-5의 m당 일반관리비는 각 교량 형식별 가중 factor에 교량의 단위 m당 연간 일반관리비 단가를 적용하여 일반관리비를 추정한 것이다. 가중 factor는 교량 형식별로 경간장이 긴 것(50m 이상)은 2, 중간 것(30~50m)은 1.5, 짧은 것(30m 이내)은 1을 적용하여 나타내었다. 본 연구에서 사례교량인 Steel Box교인 강박스교는 연간 m당 10,753원, PSC Box교는 연간 m당 10,753원의 일반관리비가 소요되는 것으로 나타났다.

표 4-5. 교량 형식별 연간 일반관리비

교량형식	연장 (m)	가중 factor	환산연장 (m)	연간 일반관리비 (원)	m당 일반관리비 (원/m)
RC Slab교	6,275	1	6,275	14,981,359	7,168
RC중공슬래브교	4,676	1	4,676	33,519,177	7,168
RCT형교	1,052	1	1,052	7,541,098	7,168
강I형교	835	1.5	1,253	8,978,351	10,753
PSC박스형교	28,933	1.5	43,400	311,102,551	10,753
강판형교	7,729	1.5	11,594	83,106,198	10,753
라멘교	13,617	1	13,617	97,611,342	7,168
트러스교	2,559	2	5,118	36,687,585	14,337
아치교	679	2	1,358	9,734,611	14,337
사장교	7,310	2	14,620	104,801,191	14,337
현수교	4,420	2	8,840	63,368,162	14,337
프리플렉스빔교	6,025	1	6,025	43,189,273	7,168
PSCI형교	66,451	1	66,451	476,343,636	7,168
PSC슬래브교	1,402	1	1,402	10,050,018	7,168
PSC중공슬래브교	943	1	943	6,759,749	7,168
RC박스형교	390	1	390	2,795,654	7,168
강박스형교	83,278	1.5	124,917	895,448,044	10,753
합계	236,574		311,930	2,236,018,000	

표 4-5를 활용하여 본 연구에 해당하는 강박스교와 PSC Box교의 일반관리비에 연장을 곱하여 연간 소요되는 일반관리비를 산출하였으며, 산출결과를 표 4-6에 나타내었다. 연간 일반관리비는 강박스교는 1,612,950원, PSC Box교는 1,612,950원이 소요되며, m^2 당 연간 일반관리비는 강박스교는 512원/ m^2 , PSC Box교는 512원/ m^2 이 소요되는 것으로 산출되었다.

표 4-6. 사례교량의 연간 일반관리비

교량형식	연장 (m)	상부면적 (m^2)	m당 연간일반관리비 (년)	연간 일반관리비 (원)	m^2 당 연간일반관리비 (원/ m^2)
강박스교	150	3150	10,753	1,612,950	512
PSC Box교	150	3150	10,753	1,612,950	512

2) 점검 및 진단비용

교량의 점검은 유지관리의 첫 단계로 효과적이고 효율적인 시설물 관리에 필수적이며, 교량의 장기수명을 가능하게 하는 중요한 요소이다. 점검 및 진단비용의 교량의 안전한 유지관리를 위해 행해지는 정기점검, 정밀점검, 정밀안전진단으로 인하여 발생하는 비용으로써, 현재 국내 교량의 안전점검시기 는 『시설물 안전관리에 관한 특별법』에 의해 정기점검은 반기별 1회, 정밀 점검은 2년에 1회, 정밀안전진단은 준공 10년 후 5년에 1회 이상으로 정해져 있다. 안전점검의 비용 산출은 시설안전공단의 안전점검 및 정밀안전 진단 대가(비용산정) 기준에 따라 산정하였고, 안전점검의 항목으로는 직접인건비, 제경비, 기술료, 직접경비로 나누어진다.

표 4-7은 시설물 기준 및 시설물별 직접인건비 기준 인원수를 나타낸 것이다. 또한, 표 4-8에 나타낸 것과 같이 교량의 조정비를 적용하여 외업 인원수와 전체 기준인원수를 산정할 수 있다.

표 4-7. 교량의 기준과 직접인건비 기준 인원수

기준 시설물 (제 5조 1항 관련)								
시설물	기준규격		계산구분		조정구분			
교량	도로교, 콘크리트구조, 4차선		50, 100, 300, 500, 1000, 2000, 4000, 8000, 16000m 연장별 계산		- 도로교, 시가도로교, 철도교, 전철교 - 콘크리트교, 강교, 특수교 - 2차선(단선), 4차선(복선), 8차선			
시설물별 직접인건비 기준인원수 (제5조 1항관련) 단위: 인·일(고급기술자)								
시설물	기준규격		정밀안전진단		정밀점검		정기점검	
			전체	외업	전체	외업	전체	외업
교량	도로교, 콘크리트 구조, 4차선	50m	82	15	26	10	5	3
		100m	90	19	28	11	6	4
		300m	124	37	36	16	8	5
		500m	157	55	45	21	11	7
		1000m	241	99	67	34	17	10
		2000m	409	188	110	60	29	17
		4000m	630	365	168	112	46	31
		8000m	1,067	720	289	216	80	59
		16000m	1,828	1,431	506	424	140	115

표 4-8. 교량의 조정비

차선별 조정		용도별 조정		구조형식별 조정	
차선수	조정비	용도	조정비	구조형식	조정비
2차선	0.75	도로교	1.00	콘크리트교 강교 특수교	1.00 1.10 1.30
4차선	1.00	시가도로교	1.10		
6차선	1.15	일반철도	1.30		
8차선	1.30	도시(고속)철도	1.50		
		보개구조물	1.10		

직접인건비의 기준인원수에 대하여 직접경비를 시설안전기술공단의 직접경비의 대가기준에 따라 점검 및 진단 비용을 산정하였고, 표 4-9는 직접경비 대가기준을 나타낸 것이다.

표 4-9. 직접경비 대가기준

가. 여비 및 현장체재비
(1) 체재비 : 공무원 여비규정 제2호표 준용 (2) 여 비 : 이동수단 - 새마을호 보통실 기준 인원수 - 정밀점검 : 용역당 8인 1회 왕복 정밀안전진단 : 용역당 10인 1회 왕복
나. 현지 차량운행비
(1) 차량의 종류 : 승용차(배기량2,000cc 이하) (2) 차량대수 : 외업인원수(고급기술자 기준) 4인이내 1대(4인초과시 4인당 1대 추가) (3) 대가방법 : 차량비는 손료와 재료비로 계상한다. 시간당 손료(상각비, 정비비, 관리비) 계수 : 1,547X10-7 주연료(휘발유) - : 10/일 잡품 - 주연료비의 10%
다. 현지보조인부의 노임
(1) 적용인수 : 외업인원수의 40% 적용 (정밀안전진단 및 정밀점검 동일) (2) 적용임금 : 특별인부의 시중 노임단가 적용
라. 위험수당 현장체재비
(1) 시설물별 작업 위험도에 따라 적용 (2) 현지 직접인건비의 10~20%
마. 기계·기구손료
(1) 정밀점검 : 직접인건비(전체인원수)의 5% (2) 정밀안전진단 : 직접인건비(전체인원수)의 10%
바. 보고서 등 인쇄비
(1) 정밀점검 보고서 : 300쪽, 10부(부록포함) 및 CD보고서 5부 기준 (2) 정밀안전진단 보고서 : 400쪽, 20부(부록포함) 및 CD보고서 5부 기준 (3) 기술심의 보고서 : 400쪽, 20부(부록포함)

본 연구의 대상교량들은 연장과 폭원이 동일하지만, 교량형식이 강박스교와 PSC Box교이기 때문에 표 4-7 ~ 4-9를 바탕으로 각 항목별 기준 인원수를 산출하고 시설물별 조정비를 적용하여 표 4-10과 같은 점검 및 진단 소요 인원수를 산출하였다.

표 4-10. 점검 및 진단 소요 인원수

구분 교량형식	정밀안전진단 (인)		정밀점검 (인)		정기점검 (인)	
	전체	외업	전체	외업	전체	외업
강박스교	155	26	43	14	11	5
PSC Box교	141	24	40	13	10	5

표 4-10에 나타난 점검 및 진단 소요 인원수에 대해 직접경비 대가기준을 따라 정밀안전진단, 정밀점검 및 정기점검의 1회 비용을 산출하면 표 4-11과 같다. 표 4-11은 1회의 점검 및 진단비용이므로 정기점검의 경우 1년에 2회 매년 실시하므로 공용년수 동안의 비용 산정시 2배인 금액이 연간 발생하게 된다.

표 4-11. 1회 점검 및 진단 비용

구분 교량형식	정밀안전진단 (원)	정밀점검 (원)	정기점검 (원)
강박스교	95,189,937	27,265,975	7,270,244
PSC Box교	86,536,306	24,787,250	6,609,312

3) 유지보수비

효과적인 유지관리는 교량의 상태를 체계적이고 주기적으로 기록함으로써 손상을 조기에 발견하고, 향후 발생될 손상을 예측하여 교량의 안전성을 확보하고, 설계목적에 부합되도록 하는 것이다. 또한, 보수·보강·교체 등의 의사결정에 필요한 자료를 제공함으로써 축적된 점검결과의 분석을 통해 시간이 경과함에 따라 변해가는 교량의 상태를 예측할 수 있고, 이에 따른 적절한 유지관리계획을 수립하여 예산의 최적분배가 가능하게 된다. 교량의 유

지관리를 위해서는 각 시설물의 보수·보강·교체가 적절한 시기에 시행되어야 교량의 수명을 연장시킬 수 있다.

유지관리단계에서 발생하는 유지보수 항목에는 교체와 보수가 있으며 교량의 구성에 따라 교체만 하는 것, 보수만 하는 것, 교체·보수하는 것으로 구분된다. 따라서 유지보수비의 산출을 위해서는 교량 구성부위별 교체 및 보수주기, 보수율 등에 관한 자료가 필요하다.

유지보수비의 산출과 관련된 자료에는 시설안전공단의 『LCC 개념을 도입한 시설안전 관리체계 선진화 방안연구』와 차강석(2000)의 『Life Cycle Cost 기법을 이용한 교량상부구조의 형식에 따른 경제성 분석에 관한 연구』 및 안장원 외 1명(2000)의 『교량 상부구조형식별 LCC 분석 및 비교에 관한 사례연구』가 있다. 본 연구에서의 초기공사비 및 개략공사비는 본 연구에서 개발한 CBR I, CBR II 산정보델로 추정하여 유지관리 항목에 해당하는 공종의 초기공사비를 알 수 없으므로 차강석의 연구 가운데 교체주기, 보수주기, 보수율과 관련한 자료를 일부 인용하여 유지보수비를 산출하였다.

표 4-12에 강박스교와 PSC Box교의 보수율, 교체 및 보수주기를 나타내었다.

표 4-12. 강박스교와 PSC Box교의 보수율 및 보수·교체주기

유지관리 항목	보수율(%)		보수주기(년)		교체주기(년)	
	강박스교	PSC Box교	강박스교	PSC Box교	강박스교	PSC Box교
신축이음	76	67	5.4	4.7	7.3	6.4
난간 및 연석	34	78	12.4	11.0	24.5	22.0
방호벽	14	78	10.0	10.0	15.0	15.0
교좌장치	45	48	14.2	13.3	25.2	25.7
포장	7	1	6.2	4.7	9.5	8.0
강도장	47	-	10.0	-	-	-
강박스(주형)	7	-	9.3	-	41.9	-
PSC 박스	-	7	-	21.7	-	46.7
배수시설	56	66	9.3	8.6	21.4	18.9

4) 사용자비용

교량의 경우 LCC 항목에 공용기간동안에 발생하는 사용자비용이 포함되나 본 연구에서는 LCC 분석시 사용자비용은 고려하지 않았다.

4.3.3 해체 · 폐기처분비 (Demolition & Disposal Cost : DC)

해체 · 폐기비는 해체비용, 폐기처분비용, 잔존가치로 구성된다. 본 연구에서는 교량의 공용수명 80년 이후에 교량구조물 전체를 해체하는 것으로 가정하였고 해체비용은 마지막 공용년수에 계상하여 산출하였다. 고주상(2005)의 『장경간 교량의 건설사업에 있어서 LCC분석 기법을 이용한 경제성 검토에 관한 연구』에서 경간 길이 변화에 따른 교량 형식별 해체비용이 산출되어 있다. 이 논문에서는 해체 전문업체의 협조를 받아 해체비용을 산출하였고, 교량의 각 형식별 해체비용 분석 내용은 표 4-13과 같다.



표 4-13. 교량 형식별 해체 · 폐기처분비용 및 잔존가치

교량형식		해체비용	폐기처분 비용	잔존가치	해체폐기비용	
					불변비용	할인비용
강박스교	L=50m	49,759	14,600	132,483	68,124	4,214
	L=65m	64,686	18,980	172,228	88,562	5,478
	L=85m	84,590	24,820	225,221	115,811	7,163
PSC Box교	L=50m	38,023	33,949	56,171	15,800	977
	L=65m	49,429	44,133	73,022	20,541	1,270
	L=85m	64,638	57,713	95,490	26,860	1,661

(단위 : 천원)

본 연구의 대상교량의 경우 경간구성이 3@50m인 교량이므로 지간 50m에 대한 해체 · 폐기비용과 잔존가치를 사용하였으며, 여기서 해체비용 및 폐기비용은 제압비와 부가가치세를 포함한 비용이며, 잔존가치는 교량폐기물 가운데 철근과 강재의 재활용 이익이기 때문에 LCC 예측시 잔존가치만큼 감소시켜주어야 한다.

4.4 LCC 예측 및 평가

본 장에서는 앞에서 산출한 LCC비용을 종합적으로 집계하여 그 결과를 분석하고 생애주기 동안에 발생하는 비용을 예측하고자 한다. LCC 분석의 비용평가는 가정에 의한 것으로 미래에 발생하는 불확실성을 항상 내포하므로 이러한 불확실성을 제거하여 신뢰성을 높이기 위한 방법으로 실시한다.

4.4.1 LCC 결과 분석

본 연구에서는 LCC 구성항목을 초기투자비, 유지관리비, 해체·폐기비로 구성하였으며, 연장이 150m, 폭원이 21m인 강박스교와 PSC Box교의 LCC를 예측하여 분석하였다. 초기투자비는 본 연구에서 제시한 산정모델인 CBR I 과 CBR II 모델을 활용한 Web시스템에서 산정하여 정확성을 향상시켰다. 총 분석기간은 교량의 공용년수와 동일하게 80년으로 하였으며, 분석기간 중 유지관리를 현행유지관리수준으로 하였다. 교량의 시설물 교체 시에 사용자 비용이 발생하지 않는다고 가정하였으며, 시설물 보수시기는 교체시기부터 주기적으로 실시되는 것으로 가정하였다.

각 대안별로 앞서 조사된 자료에 의해 초기투자비, 유지관리비, 해체·폐기비를 통한 LCC 예측 결과는 표 4-14 ~ 표 4-15에 나타내었다. 또한, Web 시스템에서 산정한 강박스교와 PSC Box교의 초기투자비용을 통한 LCC 예측 결과를 비교하기 위해 기존의 건설공사비 산정 지침인 예비타당성조사표준지침, 투자평가지침, 도로업무편람을 이용하여 강박스교와 PSC Box교의 초기투자비용을 통한 LCC 예측 결과도 나타내었다.

표 4-14는 사례교량인 강박스교와 PSC Box교에 대하여 할인율을 적용하지 않은 불변가격의 LCC 예측 결과를 나타내었다. 표 4-15는 할인율을 적용한 할인가격의 LCC 예측결과를 나타내었다.

강박스교와 PSC Box교에 대하여 불변가격과 할안가격의 LCC 예측결과 모두 PSC Box교의 CBR II 모델의 결과가 가장 경제적인 것으로 분석되었다. 그러나 강박스교가 PSC Box교보다 초기투자비용면에서 2.8%가 더 불리한 것으로 예측되었으나, 유지보수비용에서는 강박스교가 오히려 PSC Box교보다 약 3.0%가 더 저렴한 것으로 예측되었다. 이는 초기투자비용에서는 강박스교가 불리하지만 유지관리단계에서는 PSC Box교보다 유지관리비가 더 저렴하게 소요된다는 것을 알 수 있다.

표 4-14. 사례교량에 대한 대안별 LCC 분석 (불변가격)

구성항목			초기 투자비	유지관리비			해체폐기비		LCC 예측 (천원)
				일반 관리비	점검 및 진단비	유지 보수비	해체비	잔존 가치	
강박스교	CBR I		59.9%	1.1%	31.1%	8.4%	0.9%	-1.1%	11,842,978
			54.7%	1.3%	35.2%	9.5%	0.7%	-1.3%	10,473,436
PSC Box교	CBR I		57.1%	1.2%	30.7%	11.4%	0.1%	-0.5%	10,920,355
			52.5%	1.3%	33.9%	12.7%	0.2%	-0.6%	9,854,052
예비타당성	단위 길이	강박스교	61.1%	1.1%	30.1%	8.2%	0.6%	-1.1%	12,215,515
		PSC Box교	62.9%	1.0%	26.5%	9.9%	0.1%	-0.4%	12,635,647
	단위 면적	강박스교	57.4%	1.2%	33.1%	8.9%	0.6%	-1.2%	11,135,193
		PSC Box교	59.5%	1.1%	28.9%	10.8%	0.1%	-0.5%	11,550,982
투자 평가 지침	단위 면적	강박스교	68.3%	0.9%	24.6%	6.7%	0.5%	-0.9%	14,971,401
		PSC Box교	72.9%	0.8%	19.4%	7.2%	0.1%	-0.3%	17,249,799
도로 업무 편람	단위 면적	강박스교	70.0%	0.8%	23.3%	6.3%	0.4%	-0.8%	15,809,628
		PSC Box교	74.4%	0.7%	18.3%	6.8%	0.1%	-0.3%	18,271,635

표 4-15. 사례교량에 대한 대안별 LCC 분석 (할인가격)

구성 항목		초기 투자비	유지관리비			해체폐기비		LCC 예측 (천원)
			일반 관리비	점검 및 진단비	유지 보수비	해체비	잔존 가치	
강박스교	CBR I	94.6%	0.2%	5.0%	1.0%	0.9%	-1.8%	7,497,145
	CBR II	93.5%	0.3%	6.1%	1.2%	1.1%	-2.2%	6,127,603
PSC Box교	CBR I	93.6%	0.3%	5.1%	1.7%	0.2%	-0.8%	6,661,670
	CBR II	92.4%	0.3%	6.0%	2.0%	0.3%	-1.0%	5,595,367
예비타당성	단위 강박스교	94.9%	0.2%	4.7%	1.0%	0.9%	-1.7%	7,869,682
	PSC Box교	94.9%	0.2%	4.0%	1.3%	0.2%	-0.7%	8,376,962
	단위 강박스교	94.1%	0.3%	5.5%	1.1%	1.0%	-2.0%	6,789,361
	PSC Box교	94.2%	0.2%	4.6%	1.5%	0.2%	-0.8%	7,292,297
투자 평가 지침	단위 강박스교	96.2%	0.2%	0.5%	0.7%	0.6%	-1.3%	10,625,569
	PSC Box교	96.7%	0.1%	2.6%	0.9%	0.1%	-0.4%	12,991,114
도로 업무 편람	단위 강박스교	96.5%	0.2%	3.2%	0.7%	0.6%	-1.2%	11,463,795
	PSC Box교	97.0%	0.1%	2.4%	0.8%	0.1%	-0.4%	14,012,950

Web시스템에서 산정한 초기투자비용은 기존의 연구에 비해 강박스교와 PSC Box교와의 초기투자비용의 차이를 많이 감소시켜 높은 신뢰성을 가진다. 강박스교는 PSC Box교보다 유지관리비와 일반관리비, 해체·폐기비의 잔존가치비에서 우위를 나타내므로 초기공사비만 절감하면 PSC Box교와 충분한 경쟁력이 있는 것으로 판단된다.

표 4-16에 사례교량에 대한 대안별로 산정한 초기투자비용과 기존 지침들에 의해 산정한 초기투자비용을 LCC 예측 결과와 함께 나타내었다. 사례교량에 대해 Web시스템으로 산정한 초기투자비용은 기존 지침들에 의해 산정

한 초기투자비용보다 훨씬 낮은 가격으로 산정된 것을 알 수 있다. 이에 따라 강박스교와 PSC Box교의 LCC 예측 비용도 기존의 지침들에 의해 산정된 LCC 예측 결과 보다 낮은 것을 알 수 있다. 이는 향후 건설공사에서 강박스교량 사업비 산정에 있어서 신뢰성이 높은 개략공사비 산정 모델로 정립되어 불필요한 국가 예산을 절감하고 건설공사의 효율성 향상을 도모할 것으로 판단된다.

표 4-16. 사례교량에 대한 대안별 초기투자비용과 LCC 예측비용

구성항목		초기 투자비용	LCC 예측	
			불변비용(천원)	할인비용(천원)
강박스교	CBR I	7,095,797	11,842,978	7,497,145
	CBR II	5,726,254	10,473,436	6,127,603
PSC Box교	CBR I	6,236,201	10,920,355	6,661,670
	CBR II	5,169,898	9,854,052	5,595,367
예비 타당성	단위길이	강박스교	7,468,334	12,215,515
		PSC Box교	6,866,828	12,635,647
	단위면적	강박스교	6,388,012	11,135,193
		PSC Box교	7,951,492	11,550,982
투자 평가 지침	단위면적	강박스교	10,224,220	14,971,401
		PSC Box교	12,565,645	17,249,799
도로 업무 편람	단위면적	강박스교	11,062,447	15,809,628
		PSC Box교	13,587,481	18,271,635

5장. 결 론

5.1 결 론

본 연구에서는 강교량을 대상으로 사례기반추론 기법을 이용한 사업초기단계에서의 강교량 개략공사비 산정 모델을 제시하고 검증하였으며, 교량의 건설계획과정에서 제시된 여러 가지 설계대안에 대하여 계획, 설계, 시공, 유지관리, 해체·폐기 단계에 이르는 LCC 예측모델을 개발하고 분석하였다.

이상의 연구과정에 의해 도출된 결론은 다음과 같다.

- (1) 사례기반추론 기법을 적용한 개략공사비 산정모델은 해외의 선진적인 공사비 예측모델의 목표에 부합될 수 있도록 AACE(Association for the Advancement of Cost Engineering)의 기획단계 공사비 예측모델의 목표인 하한값 -15 ~ -30%, 상한값 +20% ~ +50%와 비교할 경우 본 연구에서 제시한 모델은 AACE의 목표치 내의 결과를 수렴하지만, 기존의 개략공사비 추정 방법인 예비타당성 조사지침, 투자평가지침, 도로업무편람을 사용하여 추정공사비를 산정한 모델은 하한값과 상한값 모두 AACE의 목표치에 미달하는 것을 알 수 있다.
- (2) 사업초기단계에서 얻을 수 있는 가장 기본적인 영향요인을 사용한 CBR I 모델보다 예비타당성 조사 및 설계 초기 단계에서 얻을 수 있는 세부적인 영향요인을 사용하는 CBR II 모델이 예측한 공사비의 오차율이 더 낮으므로 더 신뢰도가 높은 것을 알 수 있다.

(3) 교량의 수명주기 전 단계를 고려한 LCC 분석모델을 개발하였고, 분석 기간을 80년, 실질할인율을 3%로 가정하여 대안별로 LCC를 예측한 결과, 전체 생애주기비용면에서는 강박스교가 PSC Box교보다 더 불리하지만, 유지관리비, 잔존가치비에서 우위를 나타내므로 초기투자비만 절감하면 PSC Box교와 충분히 경쟁력이 있는 것으로 판단된다.

(4) 사례교량인 강박스교와 PSC Box교에 대해 Web 시스템으로 산정한 초기투자비용과 기존 지침들에 의해 산정한 초기투자비용을 LCC 예측 결과를 비교할 때, Web시스템으로 산정한 초기투자비용은 기존 지침들에 의해 산정한 초기투자비용보다 훨씬 낮은 가격으로 산정되었고, 이에 따라 사례교량의 LCC 예측 비용도 기존의 지침들에 의해 산정된 LCC 예측 비용보다 낮은 것을 알 수 있다. 이는 향후 건설공사에서 강박스교량 사업비 산정에 있어서 신뢰성이 높은 개략공사비 산정 모델로 정립되어 불필요한 국가 예산을 절감하고 건설공사의 효율성 향상을 도모할 것으로 판단된다.

5.2 향후 과제

(1) 향후 교량의 LCC 분석을 위해서 더 상세한 사용자비용 및 해체·폐기 시의 잔존가치에 대한 연구와 민감도 분석에 관한 연구들을 수행하면 더 신뢰성이 높고 유용한 정보를 제공할 수 있을 것으로 판단된다.

(2) 교량세부형식에 대한 자료수집을 통해 보다 실질적인 LCC 예측과 적정 유지관리수준에 대한 LCC 연구도 수행되어야 할 것이다. 현행 유지관리수준으로 보다 적절하게 관리하고 문제를 미연에 방지하기 위하여 필요유지관리수준을 적용한 LCC를 예측한다면, 교량시공시 비용절감을 위한 사업추진 의사결정 과정에서 유용한 정보를 제공할 수 있을 것으로 판단된다.

참고문헌

저 서

건설교통부(2006), 강도로교 상세부설계지침

건설교통부(2007), 공공교통시설개발사업에 관한 투자평가지침서

건설교통부(2007), 도로업무편람

국토해양부(2008), 안전점검 및 정밀안전 진단 대가(비용산정) 기준

국토해양부(2008), 제경비 산정기준, 국토해양부 건설관리처 VE팀

박종현(1994) 코스트 엔지니어링(토목공사), 한국엔지니어링협회

이태식, 박종현(2000) 건설공사 적산학, 동명사, 서울

정경섭 외(2005) 강교량 제작품셈 개정, 대한토목학회

조효남, 박경훈, 임중권, 최영민 공저(2008), 기반시설물의 생애주기비용분석,
구미서관

한국건설기술연구원(2008), 건설공사 표준품셈

회계예규 2200-04-157(2003) 실적공사비에 의한 예정가격작성 준칙

Hackney, J. W(1985), Applied Contingency Analysis, Trans., Am. Assoc. of
Cost Engrs.

Kolodner, J., Case-Based Reasoning, Morgan Kaufmann Publisher, Inc., 1993

학술지 및 학술회의 게재논문

경갑수, 강지윤, 김경주, 정경섭(2004) 강교량 품셈공수 산정 비교연구, 대한토목학회논문집, 제 24 권, 제 6D호, pp.919-927

김경주, 김경민, 임원석, 허중혁(2007) 사업수행단계별 교량공사 개략공사비 산정모델 Framework 개발, 건설교통R&D성과포럼 논문집

김병수(2007), RC라멘교의 영향인자별 공사비변동현황 분석, 대한토목학회논문집 제 27권 제6호, pp. 749-757

김선국, 신진수, 구인완, 김용구(2000) 계획단계 도로공사의 통계적 코스트 모델, 대한토목학회논문집 제 20권 제2-D호, pp. 171-180

김예상, 윤창식(2000) 원가요소 특성을 고려한 오피스 건물 개산전적모델 개발에 관한연구 대한건축학회논문집 제146호, pp. 163-174

박종현, 이태식(2002) 설계단계별 도로공사 공사비산출모델 개발, 대한토목학회 제22권 제1-D호, pp. 103-112

박종현, 이태식(2002) 도로공사용 공사비지수의 개발, 대한토목학회 제22권 제4-D호, pp. 707-719

박종현, 이태식(2003) 복합시설물로 구성된 단일공사의 공사비 추정방법개발, 대한토목학회논문집 제23권 제1-D호, pp. 69-78

박혜연, 경갑수, 선창원, 강신화, 권순철(2007) 강교량 공사비 통계 자료에 기초한 영향변수 분석, 2007년도 학술발표대회 논문집, 한국강구조학회, pp. 930-935

박혜연, 경갑수, 권순철, 강신화(2007) 강교량 공사비 예정가격 및 실행가격에 관한 분석 연구, 2007년도 학술대회 논문집, 대한토목학회, pp. 310-3111

선창원, 이종엽, 강신화, 경갑수(2008), 설계단계에서의 강교량 공사비 산정방법 및 타당성 검증, 2008년도 학술대회 발표집, 한국강구조학회, pp.25-28

선창원, 경갑수, 강신화, 권순철(2009) 강박스교량 공사비 특성 분석, 한국강구조학회 논문집, 제21권 제1호, pp. 1-14

안장원, 김용수(2002), 교량 상부구조형식별 LCC 분석 및 비교에 관한 사례 연구, 대한토목학회 논문집, 제22권 제2-D호, pp. 249-258

이유섭(2003) 코스트 중요항목 분석을 통한 공사비 예측 모델 연구. 한국건설관리 학회논문집 제4권 제4호, pp. 212-219

전용배, 안장원(2000) 실적공사비에 의한 개산견적모델의 개발, 중앙대학교논문집 제31집 pp. 71-80

전은경, 경갑수, 박혜연, 강신화(2009a), 사례기반추론 기법을 적용한 강교량 개략공사비 산정 모델 제시 및 검증, 한국강구조학회 학술대회발표집, pp. 26-27

전은경, 경갑수, 박혜연, 강신화(2009b), 생애주기비용 분석을 통한 소수거더교의 경제성 분석에 관한 연구, 한국철도학회 학술대회발표집

전은경, 경갑수, 박진은, 강신화(2010), 사업 수행 단계별 강박스거더교 공사비 산정 모델 제시 및 검증, 한국강구조학회논문집 제22권 제1호 (통권 104호), pp. 55-65

Ferry, J. Douglas, Brandon, S. Peter and Ferry, D. Jonathan(1999) Cost Planning of Building, 2ed. Blackwell Science, p.96, p. 152.

Halpin, W. Daniel(1985) Financial and Cost Concepts for Construction management, John Wiley & Sons, p. 185.

Oberlender, G. D(2001), Predicting Accuracy Early Cost Estimates Based on Estimate Quality, J. Constr. Engrg. and Mgmt., 127(3), pp. 173-182

Skitmore, R.M. and Marston, Vernon(1999) Cost Modelling, E&FN SPON, p. 20.

Stewart, D. Rodney(1987) Fundamental of cost estimating, Cost Estimator's Reference Manual, John Wiley & Sons Inc., P.2

학위논문

강신화(2010), 강교량 개략공사비 추정에 관한 연구, 박사학위논문, 한국해양대학교

고주상(2005), 장경간교량의 건설사업에 있어서 LCC분석기법을 이용한 경제성 검토에 관한 연구(50-85m 정도 경간의 P.S.C Box, ST.Plate Deck Bridge Type의 교량을 중심으로), 석사학위논문, 중앙대학교

김상귀(2010), 건설사업 수행단계별 가용정보에 기반한 개략공사비 산정모델 개발, 박사학위논문, 중앙대학교

김상범(2001), RC Slab 교량의 Life Cycle Cost 분석에 관한 연구, 석사학위논문, 중앙대학교

박홍길(2004), LCC 기법을 이용한 구조물 유지관리 극대화 연구, 석사학위논문, 서울산업대학교

박혜연(2009), 설계단계에서의 소수거더교 공사비 추정 및 LCC에 기초한 경제성 평가, 석사학위논문, 한국해양대학교

신준수(2005) 일반국도 건설공사비 추이 및 변동요인 분석 연구, 중앙대건설대학원 공학석사학위논문

차강석(2000), LIFE CYCLE COST 기법을 이용한, 교량 상부구조의 형식에 따른 경제성 분석에 관한 사례연구, 석사학위논문, 중앙대학교

보고서

포항산업과학연구원(2003), 설계·제작·가설·유지관리에의 합리화 시스템을 도입한 강교량 개발에 관한 연구

한국개발연구원(2004) 도로·철도부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 수정, 보완 연구서(제4판)

한국건설기술연구원(1994) 강재이용 공중에 대한 현행품셈의 적정성 검토 연구, 포항종합제철주식회사,

한국건설기술연구원(2009) 2009년 9월 건설공사비지수 동향

한국건설기술연구원(2009) 도로구조물(교량, 터널) 공사비 산정모델 및 기준 개발

한국시설안전기술공단(2001), LCC 개념을 도입한 시설안전관리체계 선진화 방안 연구

한국은행(2009), 경제통계연보

