

# 불확실성을 고려한 철도 교량의 LCC분석 시스템 개발

## Development of Uncertainty-Based Life-Cycle Cost System for Railroad Bridges

조중연\* · 선종완\*\* · 김이현\*\*\* · 조효남\*\*\*\*

Cho, Choong-Yuen · Sun, Jong-Wan · Kim, Lee-Hyeon · Cho, Hyo-Nam

### ABSTRACT

Recently, the demand on the practical application of life-cycle cost effectiveness for design and rehabilitation of civil infrastructure is rapidly growing unprecedentedly in civil engineering practice. Accordingly, it is expected that the life-cycle cost in the 21st century will become a new paradigm for all engineering decision problems in practice. However, in spite of impressive progress in the researches on the LCC, so far, most researches in Korea have only focused on roadway bridges, which are not applicable to railway bridges. Thus, this paper presents the formulation models and methods for uncertainty-based LCCA for railroad bridges considering both objective statistical data available in the agency database of railroad bridges management and subjective data obtained from interviews with experts of the railway agency, which are used to anew uncertainty-based expected maintenance/repair costs including lifetime indirect costs. For reliable assessment of the life-cycle maintenance/repair costs, statistical analysis considering maintenance history data and survey data including the subjective judgments of railway experts on maintenance/management of railroad bridges, are performed to categorize critical maintenance items and associated expected costs and uncertainty-based deterioration models are developed. Finally, the formulation for simulation-based LCC analysis of railway bridges with uncertainty-based deterioration models are applied to the design-decision problem, which is to select an optimal bridge type having minimum Life-Cycle cost among various railway bridges types such as steel plate girder bridge, and prestressed concrete girder bridge in the basic design phase.

### 1. 서 론

최근 생애주기비용 분석이 경제성 평가 분야의 새로운 방법론으로 대두됨에 따라, 합리적인 방법으로 각 시설물의 생애주기비용을 산정하기 위한 노력이 경주되고 있다. 하지만 철도교의 경우에는 유지관리 전략 및 구성요소의 특성 등 많은 부분에서 도로교량과는 상이하므로 별도의 연구가 이루어져야 하지만, 현재까지 철도교량을 위한 실용적인 비용 모델 분야의 연구는 미진한 상태이다. 따라서 본 연구에서는 비교적 연구가 활발히 진행되어 왔던 도로교량의 LCC분석 모델을 기초로 하여 이전까지 연구가 진행되지 못했던 실제 철도 교량의 설계단계 LCC분석을 위한 비용모델의 구체적인 정식화를 제안하고, 총 생애주기 동안 발생 가능한 유지관리 항목 중 발생률이 높은 항목들을 기존 교량 이력 데이터와 정밀안전진단보고서 분석을 통해 규명 하였다. 또한, 전문가 인터뷰를 통해 실질적인 간접비

\* 학생회원 · 한양대학교 토목공학과 석사과정 · E-mail : howhow1205@hanmail.net

\*\* 학생회원 · 한양대학교 토목공학과 박사과정 · E-mail : powersun77@hanyang.ac.kr

\*\*\* 정회원 · 정회원, 철도기술연구원 선임연구원, 한양대학교 토목공학과 박사수료(ikim@krii.re.kr)

\*\*\*\* 정회원 · 한양대학교 건설환경시스템공학과 교수 · 공학박사 · E-mail : ryfid@hanyang.ac.kr

용의 항목을 기대 직/간접비용에 대한 모델로 정식화하였다. 이러한 기대 직/간접비용 모델은 재해나 인재에 대한 신뢰성 기반 LCC분석을 수행 시 활용 가능한 비용 항목이라 할 수 있다.

## 2. 일반적인 LCC분석 모델을 위한 비용분류체계 및 실용적 적용 방안

### 2.1 철도교량의 일반적인 LCC분석 모델을 위한 비용분류체계

지금까지는 철도교량과 관련된 LCC분석은 비용분류체계에 대한 기준이 없이 관련 전문가들 사이에서 다양한 방법으로 적용되어 오고 있다. 하지만 LCC분석의 일관성을 위해서는 비용분류체계에 대한 기준이 필요한 실정이므로 도로교량의 비용분류체계와 전문가 인터뷰 결과를 통해 철도교량의 비용분류체계를 재구성 하였다. 도로교량의 비용분류체계를 철도교량에 적용시킴에 있어 가장 중요한 점은 간접비용의 발생 유무에 있다. 철도교량의 간접비용이라 함은 신설교량을 공용수명 내 열차 통행에 지장을 주는 유지보수를 수행함으로써 철도운영의 장애가 생기는 경우(운영 지연, 등), 즉 당초에 의도된 교량의 기능을 발휘하지 못하는 경우 교량이 속해있는 철도의 시간지연비용(time delay cost), 철도운영비용(railway operating cost) 등과 같은 “철도이용자비용(railway user cost)”과 그로 인해 발생할 수 있는 해당 지역의 유·무형적 가치하락 등과 같은 “사회-경제적인 손실(socio-economic losses)”의 합계를 의미한다. 이러한 비용 항목에 대해 도로 교량의 경우에는 보수, 보강, 재시공 등의 유지보수작업으로 인해 교량의 일시적인 교통 통제 및 우회 시 간접비용이 발생하겠지만, 도표 1에 나타나 있는 바와 같이 철도유지관리주체(한국철도공사)의 인터뷰 결과, 철도교의 경우 유지보수는 열차통행에 지장을 주지 않는 심야에 수행되므로 구조적으로 문제가 없이 설계된 교량의 경우에는 이와 같은 간접비는 발생하지 않는다는 것을 알 수 있다. 이러한 결과를 바탕으로 철도교의 비용분류체계는 도로교량과는 다르게 간접비용을 일반적인 LCC분석에서 고려하지 않아도 된다고 정의하였다. 하지만 천재지변, 차량충돌 등에 의해 구조물이 붕괴 또는 손상되어 열차통행에 지장을 일으켜 시급한 복구가 필요한 경우 간접비용은 발생된다. 이 때 발생하는 비용은 기대 복구/간접비용으로 신뢰성 기반 LCC분석 수행 시 이를 고려하도록 철도교량의 비용분류체계를 도로교와 비교하여 도표 2와 같이 나타내었다.

도표 1. 전문가 인터뷰 결과

항목	질문 내용	답변 내용	설문 결과
간접비용 발생 여부	열화에 따라 발생하는 일 반적인 유지보수활동으로 인해 열차의 통행에 지장을 주는지 여부	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 통행에 지장을 주지 않음.</li> <li>· 열차차단공사는 열차 비운행 시간(야간시간 대)를 이용하여 유지보수를 실시함.</li> <li>· 다만, 열차 서행이 이루어지는 경우도 있음.</li> </ul>	실제 철도교량에서는 간접비용이 발생하지 않음.

도표 2. 철도교와 도로교의 비용분류체계

구분	도로교의 비용분류체계 구성항목		철도교의 비용분류체계 구성항목	
일반적인 LCC분석	관리주체비용	초기투자비용	관리주체비용	초기투자비용
		유지관리비용		유지관리비용
		해체·폐기비용		해체·폐기비용
	간접비용	도로이용자비용 사회·경제손실비용	간접비용	※ 철도교에서는 간접비용이 발생하지 않음.
신뢰성기반 LCC분석	기대복구비용	교량 구성요소 보수, 보강, 교체 비용, 가교량 설치 및 철거 비용 등		
	기대간접비용	지연에 따른 업무/비업무 승객의 보상비, 화물의 지연비용, 사회경제 손실비용 등		

### 2.2 철도교의 초기비용 적용 방안

2.1절의 비용분류체계 중 초기건설비용은 관리주체가 부담하게 되는 계획, 설계, 시공, 감리, 신기술

도입비용 그리고 하자보수비용의 현재가치의 합을 의미한다. 여기서, 계획비용 및 설계비용, 감리비용은 일반적으로 건설비용의 비율로 결정되는 값이며 이를 건설비용과 비율의 곱으로 구성할 수 있다. 건설비용의 정보는 과거의 예산서, 유사 프로젝트의 과거실적 및 적산 및 구축할 데이터베이스로부터 추정할 수 있으며, 교량의 형식별 건설단가, 상하부 및 기초 건설단가 등의 자료를 참조하여 구할 수 있다. 본 논문에서는 과거 예산서를 통해 일반/고속 철도 교량의 대표적인 몇 가지 형식의 건설단가를 도표 3에 초기비용의 실용적인 적용 방안을 나타내었다. 하부공의 교대와 교각은 기당 단가가 비슷하게 집계되어 기당 단가로 LCC분석 시 고려하였다. 다만, 하부 기초에 있어 말뚝공사에 한하여 비용차이가 상당하므로 말뚝공사에 한하여 현장타설말뚝, PHC 말뚝, 강관말뚝으로 구분하여 분석하였다. 그래프에서 보는 바와 같이 수집된 비용데이터의 최저치와 최고치의 범위를 두어 사용자로 하여금 최저치, 최고치, 평균치 중 선택하여 활용할 수 있게 하였다. 상부공은 교량형식별로 PSC빔교, PF빔교, PSC박스교, 라멘교를 대상으로 비교분석하였으며, 각 교량 형식별 최적연장의 기준은 PSC빔교(5SPAN,  $l = 25.0m$ ), PF빔교(5SPAN,  $l = 30.0m$ ), PSC박스교(5SPAN,  $l = 40.0m$ ), 라멘교(복선,  $l = 10.9m$ )이다.

도표 3. 교량형식별 초기건설단가

구성항목		규격	단위	m@단가 (천원)	
상부공	고속철도	PSC BOX	L = 40.0m	경간 20,536~42,594	
		소수주형	L = 40.0m	경간 742~27,975	
	일반철도	PSC BOX	L = 40.0m	경간 18,482~38,334	
		PSC 빔	L = 25.0m	경간 18,591~41,856	
		PF 빔	L = 30.0m	경간 41,222~55,760	
		강관형	L = 40.0m	경간 21,139	
라멘교	L = 10.9m	경간 20,958			
하부공	말뚝기초	현장타설파일(Ø1500mm)	기	2,220	
		강관파일(Ø508mm)	기	306~371	
		PHC파일(B종, Ø500mm)	기	129~180	
	교대	H = 13.0m	기	237,072~410,865	
	교각	기초+코핑	-	기	118,906
		기둥	Ø2.0 × 2 개	기	6,782

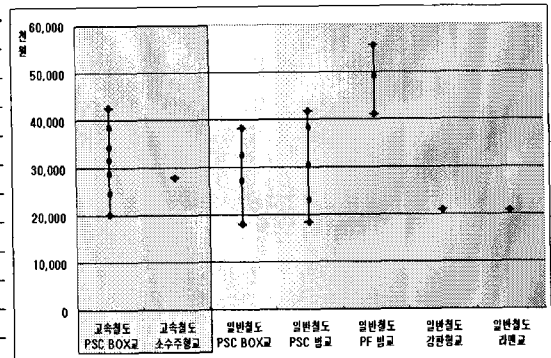


그림 1. 상부공 형식별 m당 공사비

### 2.3 철도교의 유지관리비용 적용 방안

유지관리비용은 교량 혹은 교량을 구성하는 각 요소에 대한 관리비용, 점검 및 진단비용과 보수 및 교체에 소요되는 유지보수비용 등 공용기간동안 소요되는 비용의 합계를 의미한다. 이 중 일반관리비용과 점검 및 진단비용의 산정은 비교적 간단하나 유지보수비용은 구조물의 기대수명동안 예상되는 가능한 모든 보수, 교체비용으로 구분하여 구조물에 고려되는 구성요소의 특성, 그에 따른 손상요인이나 손상유형과 관련된 보수공법, 그에 따르는 제반비용, 공사구간의 유형, 공사소요일수 등이 체계적으로 고려되어야 한다. 유지관리단계 LCC에서는 유지보수비용의 전체 항목을 크게 구성요소별로 보수, 보강, 교체의 세 가지 항목에 대해서 분류하여 나타낼 수 있지만, 설계단계 LCC에서 실시되는 유지보수는 유지관리단계 LCC에서 실시하는 설계수준으로 복구나 그 이상으로 보강의 의미와는 다르게 일상적인 상태 회복 수준의 보수(repair)를 의미하는 것이므로 보수와 교체에 대해 대해서만 비용을 고려해야 한다. 교량형식별, 구성요소별 여러 가지의 유지보수비용 항목이 존재하나 LCC분석 시 이 모두를 고려함은 타당하지 않으므로 실제 발생이 되었던 유지관리항목에 중점을 두어 LCC분석을 수행할 필요가 있다. 이를 위해 현재 국내 철도교량의 교량이력카드와 정밀안전진단보고서를 바탕으로 철근콘크리트교, PSC교, 강교에 대해 실제 발생이력이 존재하는 유지관리항목에 대한 주요 손상내용과 발생 빈도가 높은 유지보수공법을 도표 4에 나타내었다. 이러한 결과를 바탕으로 실제 LCC분석 수행 시 주요 손상 내용에 따른 유지보수공법에 대해 비중을 두어 유지보수비용을 고려함이 적합하리

라 본다. 유지관리비용의 항목 중 유지보수비용의 실용적인 산정을 위해 유지관리 주체의 데이터를 통계적 기법을 사용하여 주기, 단가, 조치율을 산정하였다. 우선, 과거 정밀안전진단보고서와 교량이력카드를 통해 교량형식별 주요 손상 내용의 주기를 산정하고, 공법별 단가와 조치율을 산정하였다. 이러한 데이터를 도표 5에 나타내었으며, 향후 철도교의 유지보수비용 산정을 위한 기초 자료로 활용될 것으로 기대된다.

도표 4. 교량형식별 주요 손상 내용 및 발생 유지보수 현황

구성요소	항목	주요 손상 내용	주요 유지보수 현황
상부 구조	철근콘크리트 바닥판	· 받침부(단부)의 부서짐 · 균열, 박리, 박락, 층분리, 철근노출, 누수 및 백태(유리석회)	단면 보수
	철근콘크리트 거더 및 가로보	· 박리, 박락, 층분리, 파손, 철근노출, 백태(유리석회) · 복부 사인장 균열, 횡방향 균열, 경사균열	단면 보수
	PSC 거더 및 가로보	· 균열, 박리, 박락(파손), 철근노출, 백태 · 거더처짐	단면 보수
	강재 거더	· 도장 손상 및 부식 · 스프라이스 볼트 탈락 · 가로보, 세로보, 브레이싱 변형 · 용접부 및 용접부 주변 균열	강재 도장 볼트 재체결
하부 구조	교대	· 날개벽 이동, 전도 · 교대 회전(기울음), 침하 · 균열, 박리, 박락, 층분리, 철근노출, 백태, 콘크리트 파손	단면 보수
	교각	· 두부 불고임 · 수면접촉부 침식 · 균열, 박리, 박락, 층분리, 철근노출, 재료분리, 백태, 콘크리트 파손	보자리 보수 단면 보수
	기초	· 박리, 박락, 철근노출, 백태 · 침식, 세굴, 이동, 침하, 말뚝 노출	세굴 보강
부속 시설	교량받침	· 균열 및 콘크리트 파손 · 하부공동 및 침하 · 가동면 부식, 부속물 파손(부상방지장치 및 이동제한장치)	받침장치 교체
	신축이음매	· 배수구불량 · 신축이음부 불량	·
	배수관	· 관의 연결부 어긋남, 파손	·

도표 5. 교량 형식별의 주기, 공법별 단가 및 조치율

구성요소	변상종류	주기	표준편차	분포모형	유지보수공법	조치율(%)	단가(원)
강주형	도장손상	35	4.6	uniform	도장보수공법	30.98	50,000
	볼트손상	35	-	-	볼트교체	1.55	20,000
					용접보수공법	1.94	17,000
	강재균열	35	-	-	stop hole 설치공법	0.31	100,000
					가우징 후 재용접	0.2	200,000
					강관보강공법	0.01	300,000
거선탄교체					3.37	300,000	
2차부재 손상	64	4.55	lognormal	브레이싱교체	1.67	216,000	
				연결판교체	6.31	300,000	
				미세균열 표면처리	2.01	63,000	
콘크리트 주형	균열	27	1.86	triangle	표면처리 공법-보호제 도포	1.23	30,000
					수지주입공법	2.27	110,000
					표면처리 공법-보호제 도포	3.94	30,000
교대	백태	27	5.59	triangle	백태처리공법	4.19	63,000
					교각	손상	35
기초	세굴	46	13.65	lognormal	철근방청단면보수(충전-철근부식)	0.12	270,000
					돌망태 보호공	47.7	6,500,000
					사각블럭보호공	23.1	9,412,000
					사석보호공	42.96	9,362,500
					단면확대공	43.69	20,798,755
					인공블럭 보호공	35.87	29,000,000
					슈트파일 향타	28.14	20,000,000
확대기초 확대	14.29	14,000,000					
받침장치	균열	46	3.69	uniform	용접보수공법	19.42	7,200
	부식				재도장공법	55.22	14,750
	볼트누락, 이완	62	5.14	lognormal	재체결공법	9.46	35,000
	받침편기, 침하, 균열 및 파단				선발침교체	18.02	4,000,000
	받침물탈 파손, 들뜸, 균열	23	19.06	triangle	면발침교체	10.3	12,000,000
					몰탈보수공법	10.47	300,000
받침물탈교체					15.07	1,000,000	
				실린트 주입	46.56	100,000	
신축이음	누수	21	-	-	유도배수처리	71.43	460,000
	배수관	배수구 막힘	15	-	-	배수관청소	3.03
배수관 타락		15	-	-	부착공법	2.27	70,000
배수관 교체		49	-	-	배수관교체	14.18	100,000

## 2.4 철도교의 해체폐기비용 적용 방안

일반적으로 해체·폐기비용은 공용수명동안 유지보수공사 시나 교량의 수명이 다하는 경우 대대적으로 발생한다. 하지만 유지보수공사동안에 발생하는 해체·폐기비용은 유지보수비용에서 고려되므로 설계단계 LCC분석에서는 대상교량의 기대수명에만 대대적인 철거가 이루어지는 시기, 즉 기대수명에서 발생하는 것으로 고려하였다. 이러한 해체·폐기비용은 교량의 수량산출을 통하여 해체·폐기에 대한 구체적인 공정계획을 세우고 이에 대한 설계예산서를 꾸며서 추정 또는 해체폐기 업무를 전문으로 하는 건설회사에 견적 의뢰하여 처리하는 것이 바람직하다. 해체·폐기비용은 다른 비용과 상대적으로 비교하였을 경우 비교적 신뢰도 있게 추정이 가능하리라고 판단되지만 해체·폐기비용은 기대수명에 발생하므로 할인율을 적용하여 현재비용가치로 환산하는 경우 일반적으로 그 값이 매우 적을 것이라고 알려져 있다.

## 3. 신뢰성 이론에 기초한 LCC분석 모델을 위한 기대비용의 정식화

### 3.1 기대비용의 정식화

기대비용( $C_{EC}$ )이라 함은 신설교량이 공용기간동안 사용하중에 의해 구조물이 붕괴 또는 손상되어 열차 통행에 지장을 일으켜 시급한 복구가 필요한 경우 관리주체 측면에서 소요되는 복구비용 및 간접비용을 의미한다. 이러한 설계단계 생애주기비용 분석 측면에서 기대비용은 아래와 같이 신뢰성 해석을 통해 얻어진 손상 및 파괴확률에 복구비용과 간접비용의 합을 곱함으로써 계산될 수 있다.

$$C_{EC} = P(\text{Failure}) \times (C_{\text{recovery}} + C_{\text{indirect}}) \quad (3.1)$$

여기서,  $P(\text{Failure})$  = 교량의 파괴 확률,  $C_{\text{recovery}}$  = 교량의 복구비용,  $C_{\text{indirect}}$  = 간접비용비용

교량의 복구비용은 교량의 파괴 시 재가설을 위한 공사비를 고려하게 되며, 간접비용은 여객열차와 화물열차의 시간지연 비용을 고려한다.

### 3.2 기대비용항목

기대비용 항목은 교량의 파괴로 인해 소요되는 복구비용과 간접비용으로 크게 나눌 수 있다. 교량의 파괴 시 발생하는 기대 복구비용은 파괴의 원인이 되는 주요 부재에 대한 재가설 비용을 고려함이 타당하다 판단되며, 이러한 재가설 비용은 초기비용을 근거로 산정될 수 있다. 도로교의 간접비용은 사용자비용과 사회간접손실비용으로 구성되지만, 철도교의 경우는 교량의 파괴 및 손상 시 빠른 복구가 이루어지므로, 도로교에서 고려하는 사회간접손실비용은 고려하지 않고 여객이나 화물의 시간지연 비용만을 본 논문에서 고려하였다.

여객열차의 시간지연비용은 통행시간대에 따라 업무와 비업무통행으로 구분하여 아래와 같은 방법의 산정식을 이용할 수 있다. 이러한 시간가치와 업무/비업무의 비율은 도표 6과 같이 한국교통연구원과 철도투자평가 체계개선방안을 기초로 산정하였다.

화물열차의 경우도 마찬가지로 산정식을 사용하여 화물열차지연비용을 산정할 수 있다. 여기서 화물의 시간가치는 「철도투자평가 체계개선방안 연구, 대한교통학회, 2006」 연구 자료를 이용하여 컨테이너화물의 경우 8,670원/40Ft를 벌크화물의 경우 375원/40Ft를 적용할 수 있다.

여객열차지연비용 = 업무/비업무 시간가치 × 업무/비업무 통행비율 × 열차이용인원 × 열차지연시간

$$\text{화물열차지연비용} = \text{화물시간가치} \times \text{수송량} \times \text{열차지연시간}$$

도표 6. 업무/비업무에 따른 시간가치 및 비율

구분		한국교통연구원(2005)	철도투자평가 체계개선방안 (대한교통학회, 2006)	평균
시간가치 (원/시)	업무통행	11,578 (12,523)	12,273 (12,764)	12,644
	비업무통행	2,682 (2,901)	2,843 (2,957)	2,929
비율 (%)	업무통행	36.3	38	37.15
	비업무통행	63.7	62	62.85

#### 4. 적용 예

##### 4.1 적용대상 교량의 일반사항

본 논문에서 제안된 새로운 정식화와 통계적 데이터 결과를 강관형교와 PSC빔교 교량에 적용하여 신뢰성기반 LCC분석을 실시하였다. 할인율은 4%를 적용하였으며, 공용수명은 75년을 가정하였다.

도표 7. 대상구조물의 일반사항

구조형식	강관형교	PSC빔교
하중	LS22	LS22
교량연장	118.8m	118.8m
교량폭원	2m	4.2m
경간구성	6@19.8	6@19.8
하부구조	중력식, 벽식, 말뚝기초	중력식, 타원형, 말뚝기초
단/복선	단선	단선
단면		

신뢰성 LCC분석을 위한 파괴확률은 NCHRP Report 301(1987)에 의해 제안된 일반적인 구조물의 안전기준 ( $\beta = 2.5$ ,  $p_f = 0.00621$ )을 사용하였다. 기대복구비용은 교량의 상판이 붕괴되었을 경우 발생하는 재가설비용을 구조형식별로 계산하였으며, 기대 간접비 산출을 위한 열차 지연시간은 2시간, 열차 이용인원은 열차편당 평균고객수가 약 500명인 것을 감안하였고, 화물은 1회 평균 700 ton 운송을 고려하였다.

##### 4.2 분석 결과

앞 절에서 제시된 분석 일반사항을 고려하여 강관형교와 PSC빔교의 신뢰성기반 LCC분석을 수행한 결과 다음과 같이 비용항목별 발생 비용 그래프와 년도별 누적비용 그래프를 나타내었으며 형식별 발생비용 항목을 도표 8에 나타내었다.

도표 8. 신뢰성기반 LCC분석 결과

구분	초기비용	유지관리비용	해체폐기비용	기대비용	총비용
강관형교	3,773,773,112	1,764,570,337	8,313,455	23,928,872	5,570,585,776
PSC빔교	4,910,750,977	1,243,306,990	14,055,840	30,542,939	6,198,656,746

(단위 : 원)

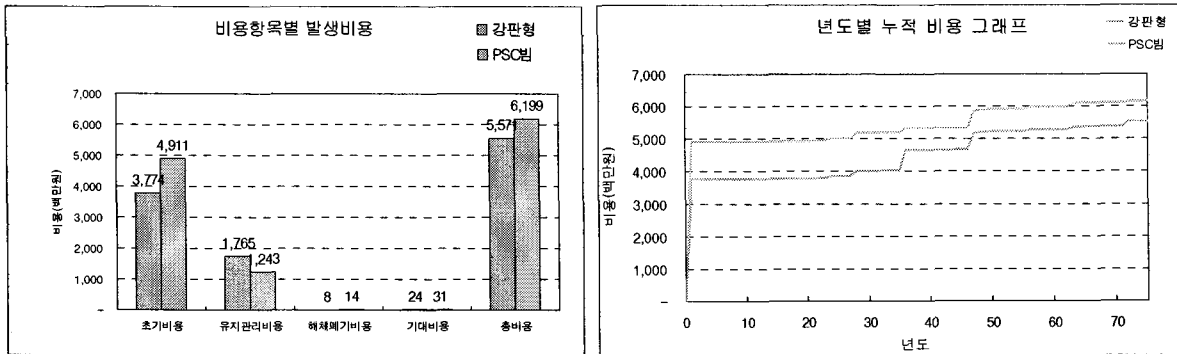


그림 2. 신뢰성 LCC분석 결과

신뢰성기반 LCC분석 결과 PSC빔교의 생애주기비용이 강관형교에 비해 1.1배 크게 분석되었다. 항목별 발생 비용을 분석해보면, 초기비용은 강관형교가 37억원으로 PSC빔교의 49억원보다 적게 분석되었고, 유지관리비용의 경우 강관형이 17억원으로 PSC빔교의 12억원보다 크게 발생한 것을 알 수 있다. 해체폐기비용과 기대비용은 그 값이 비교적 적게 분석되어 의사결정에 미치는 영향이 크지 않지만, 할인율로 인해 그 비용이 적게 분석되는 해체폐기비용과는 달리, 본 논문에서 계산된 기대비용은 사용하중으로 인한 파괴확률만을 고려하였기 때문에 비용이 적게 발생한 것이다. 만약 교량의 신뢰성기반 LCC분석 시 재해에 의한 파괴확률을 고려한다면 파괴확률에 따라 기대비용이 큰 값으로 발생될 것으로 예상되기에 차후 이러한 연구가 진행되어야 할 것이다.

## 5. 결 론

교량의 설계초기에 설계 방법, 공법 등의 적용 가능한 여러 대안들 중에서 최적안을 선정하기 위해서는 교량의 생애주기비용을 분석하는 것이 필수적이다. 도로교의 경우, 이러한 LCC분석 방법들이 활발하게 연구되어져온 반면, 철도교의 경우에는 그렇지 못하기 때문에 도로교의 LCC분석 방법을 철도교에 적용하기 위해서는 새로운 정식화와 철도교에 적용가능한 유지관리 데이터가 필요하다. 이를 위해 본 논문에서는 철도교 전문가의 인터뷰와 실제 유지관리데이터를 분석하여 철도교에 맞는 LCC분석 방법을 제안하였다. 또한, 철도교에서는 도로교의 간접비용과는 다르게 기대복구/간접비용 항목으로 정식화를 해야 한다는 결론을 도출하였다. 이러한 결과는 실제 설계 관련 엔지니어들이 교량의 계획 및 설계 시 적용 가능한 LCC분석 방법을 보여준다.

## 참고문헌

1. 박경훈, 조효남(2004년), "신뢰성에 기초한 교량의 생애주기비용 효과", 대한토목학회 정기학술대회 논문집, 3719-3722
2. 박미연, 조효남 (2005), "철도교량의 생애주기비용분석에 관한 연구", 한국철도학회 춘계학술대회 논문집, pp.141-141
3. 선종완, 조효남 (2005년), "강교의 생애주기비용 분석시스템을 위한 데이터의 불확실성 처리 모듈 개발", 한국강구조학회 학술발표대회논문집, 제16권1호, pp.350~355
4. 한국철도공사 (2005년), "철도통계연보", "철도사고사례집"
5. 대한교통학회 (2006년), "철도투자평가 체계개선방안 연구"