

경량전철 교량의 생애주기비용 분석에 관한 연구

A Study on the Life Cycle Cost Analysis of Light Railroad Transit Bridges

이 두 현*, 김 균 태**, 안 동 근***, 전 진 태****, 한 충 희*****
Lee, Du-Heon, Kim, Kyoong-Tai, An Dong-geun, Jun, Jin-Taek, Han, Choong-Hee

요 약

최근 경량전철 건설사업에 대한 수요가 증가하고 있으며, 경량전철 건설 사업은 주로 민자사업의 형태로 추진되고 있다. 따라서 사업에 투자할 비용을 계약기간 동안 해당 시설물 운영을 통해 수익창출을 해야 하는 민간건설업체 입장에서 생애주기측면에서 보다 정확한 비용의 산정이 요구되고 있다. 특히, 경량전철 건설사업에 있어서 비용측면에서 많은 부분을 차지하고 있는 교량은 기존의 생애주기비용 산출방식보다 정밀한 비용 산출이 필요하였다. 이에 본 연구에서는 문헌고찰을 통해 LCC 분석 모델을 개발하고, 비용분류체계를 제시하였다. 제시된 비용분류체계를 바탕으로 경량전철 교량 상부구조 형식별 공사비와 보수·보강·교체 이력자료를 바탕으로 비용발생주기 및 비용단가 등을 수집·분석하였다. 또한, LCC분석을 위한 기본적인 가정사항을 설정한 후, 각 항목별 실적자료 정보를 활용하여 LCC 측면에서의 경제성 평가를 실시하였다. 그간 경량전철을 비롯한 철도교량에 대한 LCC분석연구가 많이 이루어지고 있지 않은 상황임을 감안할 때, 본 연구를 통해 제시된 비용분류체계와 유지관리 관련 데이터는 철도교량의 체계적인 유지관리 활동에 대한 기반이 될 것으로 기대된다.

키워드: LCC(Life Cycle Cost), 경제성 평가, 비용분류체계(CBS)

1. 서 론)

최근 경량전철 건설사업은, 김해경전철, 용인경전철 사업을 시작으로 하여 다양한 노선들이 추진되고 있다. 추진일정은 각종 민간단체 등의 여론에 따라서 사업의 구체적 추진 시기가 조정되고 있으나, 향후 5년 정도의 단기적인 기간 동안에 다양한 노선이 사업화 되어 경량전철 건설사업의 시장이 점차 커질 것으로 기대되고 있다. 현재 서울-하남 경전철, 의정부경전철 등의 여러 사업의 추진이 가시화되고 있으며, 이들 사업의 총 규모는 대략 4.3조원 규모이다. 또 30년 정도의 중장기적인 시각에서 볼 때, 경기도 지역에서 의정부 경전철을 비롯한 약 22개의 노선, 서울시 지역에서는 강남신교통 등 약 13개의 노선, 경상남북도 지역에서는 김해경전철 등 약 10여 개 노선을 비롯하여 수십 개의 노선들이 계획되고 있으며, 이들의 총 예산은 대략적으로 15조원 이상의 규모가 될 것으로 예상된다.

이러한 경량전철 사업은 주로 민자(BTL 사업)에 의해 추진되므로, 사업의 수익성 여부가 사업의 추진 여부를 결

정하는데 결정적인 요소라고 할 수 있다. 다시 말하면, 대부분의 경량전철 건설사업은 건설회사가 민간자본을 투자하고 운영기간 동안 발생한 수익금으로 투자금을 회수하게 되므로, 시설물을 위한 투자금 예측치 보다 운영기간 동안의 수익금 예측치가 커야 사업을 추진하게 되는 것이다. 따라서 사업의 성공을 위해서는 설계단계-시공단계까지의 초기비용, 운영 및 유지관리 단계에서의 운영비용, 그리고 운영단계에서의 수익금 등을 정확히 예측하는 것이 필수적이라 할 수 있다.

그러나 정확한 예측을 위해서는 다양한 공사경험, 실적자료, 노하우 등이 축적되어야 하나, 현재까지는 각종 비용의 정확한 추정에 한계가 있는 실정이다. 일 예로, 최근 경량전철 구조물의 공사비 추정을 위해 고가구조물의 경우는 300억원/Km, 지하구조물의 경우는 600억원/Km라는 값을 일괄적으로 적용한 사례가 있다. 그런데 이 값은 근거도 불충분하고 신뢰도 역시 매우 낮은 형편이다. 또 장기적인 운영 및 유지관리를 위한 비용을 산정함에 있어서도 단순히 공사비의 일정비율을 매년 유지관리비로 산정하고 있는 실정이다. 한편 교량은 경량전철 건설사업을 구성하고 있는 각종 시설물 중 규모나 운영 및 유지관리에 소요되는 자원의 양에 있어서 많은 비중을 차지하고 있다. 또한, 교량은 다양한 상부구조 형식에 따라 공사비는 물론 보수보강 비용, 시기, 비용 등 서로 다른 형태로 나타나고 있다. 따라서 다양한 대안을 적용하여 생애주기비용(Life Cycle Cost; LCC)을 분석할 필요성이 더욱 큰 분야라 할 수 있다.

본 연구의 목적은 경량전철 교량을 대상으로 하여 LCC를 분석함으로써, 민간건설업체의 경량전철사업 참여여부의

* 일반회원, 한국건설기술연구원 연구원 ldh24@kict.re.kr

** 종신회원, 한국건설기술연구원 선임연구원, 공학박사(교신저자), ktkim@kict.re.kr

*** 일반회원, (주)포스코건설기술연구소 토목환경기술연구팀장, andong@poscoenc.com

**** 일반회원, (주)포스코건설기술연구소 토목환경기술연구팀 대리, jtjun@poscoenc.com

***** 종신회원, 경희대학교 토목건축대학 교수, 공학박사, chhan@khu.ac.kr

의사결정을 지원하는 것이다. 즉 기존 연구문헌을 고찰하여 LCC 분석절차와 모델을 수립하고, 경량전철 교량건설사업에 적합한 비용구조를 파악한다. 이렇게 파악한 비용구조를 바탕으로 기존의 철도 및 도로의 비용자료를 확보하여 실제 경량전철 교량시설물을 대상으로 LCC분석을 실시한다. 분석결과는 LCC 비용분석을 위한 주요 가정사항에 대해 민감도 분석을 실시함으로써 결과의 신뢰성을 제고하고자 한다. 이처럼 실제 대상시설물에 적용하여 LCC 측면에서의 비용을 검토함으로써, 민간건설업체의 경량전철 건설사업 추진여부의 결정을 지원하고자 한다.

2. 경량전철 교량의 LCC 분석

2.1 LCC 분석절차

본 연구에서 수행한 경량전철 교량건설의 LCC분석 절차는 다음 그림1.과 같다. 우선 경량전철 교량을 적용하는 현장상황에 적합한 여러 교량상부구조를 분석대상으로 선정하고, 선정된 분석대상에 대한 비용항목 선정과 비용자료를 수집·분석한다. 할인율, 분석기간 등의 가정사항을 설정한 후, 현재가치법으로 대안에 대한 LCC분석을 실시한다. 미래가격에 대한 불확실성을 고려하고자 가정사항과 비용항목에 대하여 민감도 분석을 실시하여, 분석자료의 불확실성에 대한 LCC분석 결과의 변화를 분석한다.

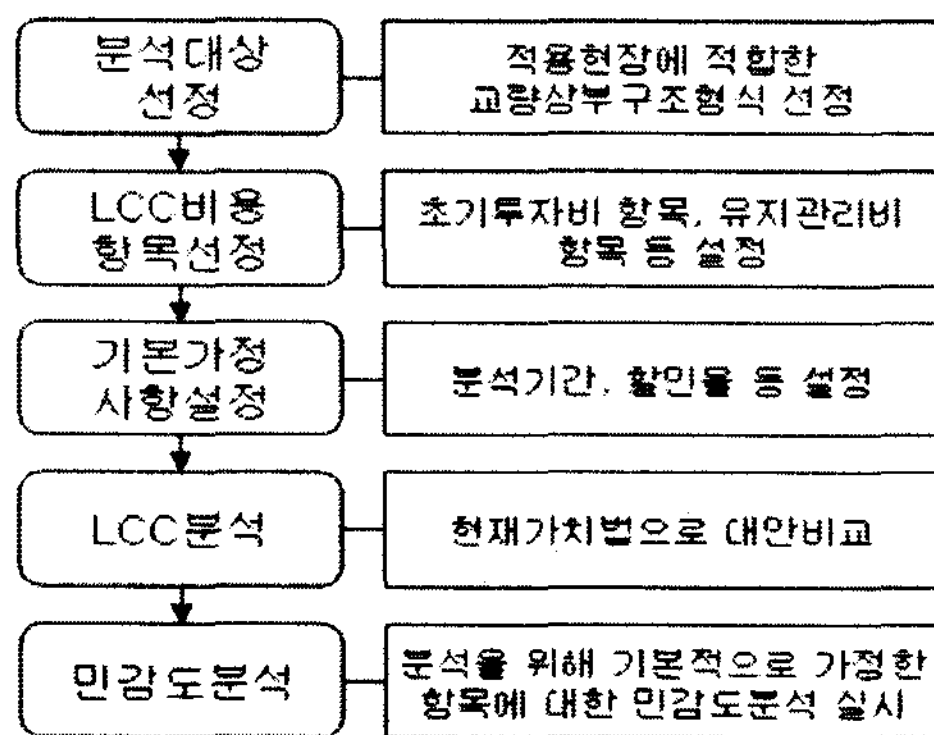


그림1. LCC분석 절차

2.2 LCC 분석모델

본 연구에서 사용된 LCC분석모델은 Ehlen & Marshall(1996)의 분석모델 및 비용분류 모델을 따랐다.

$$PVLCC = IC + PVOMR + PVD \dots \dots \dots \text{식(1)}$$

여기서, PVLCC : 현재가치의 생애주기비용
 IC : 초기비용, PVOMR : 유지관리비용
 PVD : 폐기처분비용

위 식(1)에서 제시된 초기비용, 유지관리비용 및 폐기처분비는 아래 표1.과 같이 세분화된다. 이들 비용항목들 중 본 연구에서는 민간건설업체의 투자 및 회수비용에 영향을 미치기 때문에, 민간건설업체에서 고려할 필요가 있는 비용요소들만을 비용분석요소로 선정하였다. 왜냐하면 본 연구는 민간건설업체의 의사결정을 지원하는 것이 목적이기 때문이다.

표 1. 경량전철 교량의 LCC 비용항목

| 구성요소 | 내용 | 선정 | 비고 |
|-------|-----------------|----|--------------------------------------|
| 초기투자비 | 공사비 | ○ | 민간건설업체 입장에서 고려할 수 있는 비용요소만을 분석요소로 선정 |
| | 설계 및 감리비 | ○ | |
| | 용지 및 지장물 보상비 | × | |
| 유지관리비 | 관리주체비용(점검 및 진단) | ○ | 민간건설업체 입장에서 고려할 수 있는 비용요소만을 분석요소로 선정 |
| | 유지관리비(보수,보강,교체) | ○ | |
| | 사용자비용 | × | |
| 폐기처분비 | 폐기처분비 | × | |

2.3 비용분류체계(CBS, Cost Breakdown Structure)

교량건설에 소요되는 비용을 파악하기 위해서는 체계적인 비용분류체계가 필요하다. 경량전철 교량을 비롯한 철도 교량은 도로교량과 서로 활용되는 목적이 상이하므로, 투입되는 자재와 비용발생항목도 다소 차이가 있다. 이러한 차이는 교량의 바닥판 시공 후 교면포장이 이루어지는 도로교량과 도상과 레일이 설치되는 철도교량의 상이한 특성에 기인하며, 이로 인해 설치되는 교량받침이나 신축이음 등 활용되는 자재의 종류도 달라지게 된다. 본 연구에서는 상기와 같은 점을 고려하여 그림 2.와 같이 비용분류체계를 작성하여 이에 따른 비용자료를 수집하였다.

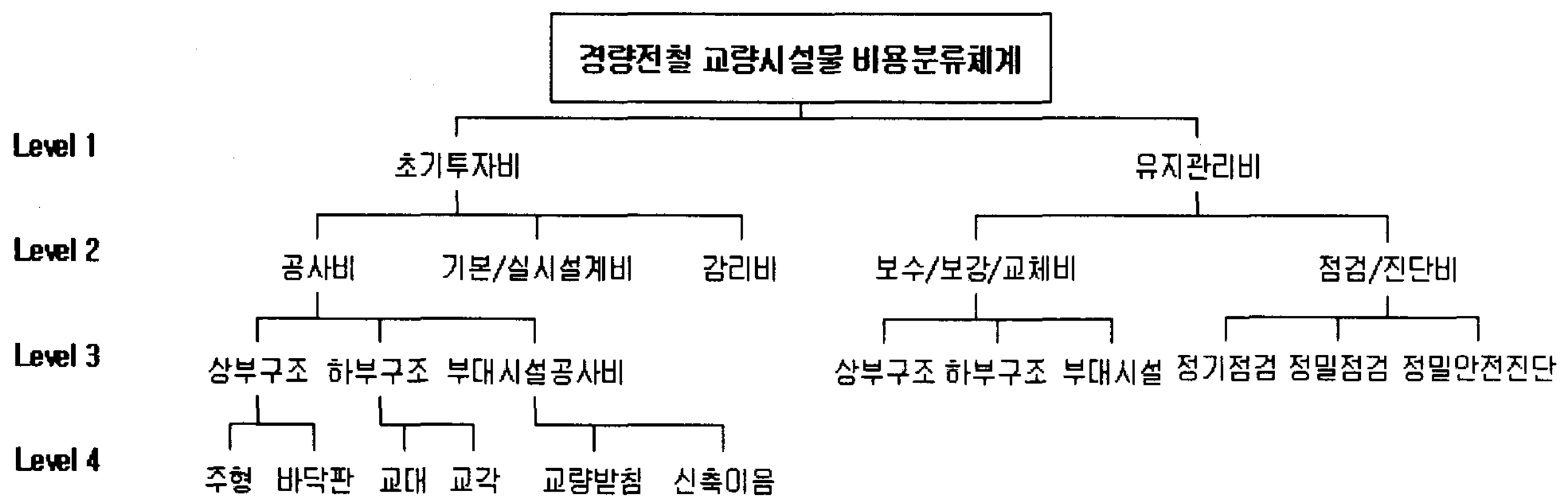


그림 2. 경량전철 교량시설물 비용분류체계(Cost Breakdown Structure)

2.4 LCC 분석을 위한 비용항목

2.4.1 초기투자비

초기투자비(초기비용) 중 가장 많은 비중을 차지하고 있는 공사비는 기존의 실적자료를 바탕으로 교량상부구조 형

식별로 표 2와 같이 추정하였다. 표2는 국내 철도교량으로 많이 적용하는 교량형식에 대한 실적자료를 토대로 작성된 것이며, 교량의 상부구조 형식은 적용하는 현장의 상황에 맞게 선정하여야 한다.

또한, 초기투자비 중 설계비와 감리비는 국내에서 일반적으로 적용하고 있는 엔지니어링사업대가 기준(과학기술부 공고) 및 건설공사감리대가 기준(한국건설감리협회)을 바탕으로 산출하였다.

표 2. 교량 상부구조형식별 추정공사비

| 형식 | 적용경간장 | 공사비 | 적용상황 |
|------------------|-------------|--|-----------------------------|
| PSC BEAM | 20.0m-25.0m | 상부 : 629.2 만원/m 하부 : 569.8 만원/m 총 공사비 : 1,199 만원/m | ·표준구간 |
| IPC GIRDER | 30.0m-35.0m | 상부 : 1,003 만원/m 하부 : 758 만원/m 총 공사비 : 1,761.만원/m | ·표준구간 ·형하고 확보 및 중지간 필요구간 |
| PPC GIRDER | 20.0m-35.0m | 상부 : 1,090 만원/m 하부 : 758 만원/m 총 공사비 : 1,848 만원/m | ·표준구간 ·형하고 확보 및 중지간 필요구간 |
| U-GIRDER | 30.0m-35.0m | 상부 : 1,137 만원/m 하부 : 694 만원/m 총 공사비 : 1,831 만원/m | ·표준구간 |
| PF BEAM | 30.0m-35.0m | 상부 : 2,180 만원/m 하부 : 758 만원/m 총 공사비 : 2,938 만원/m | ·형하고 확보 및 중지간 필요구간 |
| RPF BEAM | 30.0m-35.0m | 상부 : 2,112 만원/m 하부 : 758 만원/m 총 공사비 : 2,870 만원/m | ·형하고 확보 및 중지간 필요구간 |
| STEEL BOX GIRDER | 40.0m-50.0m | 상부 : 1,903 만원/m 하부 : 811 만원/m 총 공사비 : 2,714 만원/m | ·하천 및 도로 횡단구간 |
| PSC BOX GIRDER | 40.0m-50.0m | 상부 : 1,641 만원/m 하부 : 946 만원/m 총 공사비 : 2,587 만원/m | ·하천 및 도로 횡단구간 |
| SCP GIRDER | 40.0m-50.0m | 상부 : 1,517.4 만원/m 하부 : 810.6 만원/m 총 공사비 : 2,328 만원/m | ·하천 및 도로 횡단구간 |

2.4.2 유지관리비

1) 관리주체비용

관리주체비용은 정기점검, 정밀점검 및 정밀안전진단 등으로 구별되며, 각각의 대가산출은 건설교통부 고시 제 2003-195호('03.8.2)의 안전점검 및 정밀안전진단대가(비용산정)기준에 의해 산정한다.

2) 유지관리비용

유지관리비용은 경량전철 교량이 건설된 후 지속적으로 소요되는 비용으로써 보수, 보강, 교체비용으로 구분되며, LCC 비용에서 매우 중요한 부분이다. 기존의 유지관리비 산출방식은 자료획득의 어려움 등을 이유로 공사비의 일정 비율을 매년 유지관리비용으로 추정하는 방식이 주로 활용되어 왔다. 그러나 보다 정확한 예측을 위해서 과거의 유지보수자료 또는 산정기준 등에 근거하여 주기, 보수(강)율, 비용을 산정해야 한다.

국내의 경우, 경량전철 교량을 비롯한 철도교량에 대한 유지관리데이터는 도로교량에 비해 잘 축적되어 있지 않고, 축적된 자료의 형태도 부위별로 세분화되어 있지 않은 실정이다. 따라서 본 연구에서는 한국도로공사의 유지관리데이터를 활용하였다. 또한 표 2.에서 제시한 교량상부구조 형식 중 도로와 철도교량으로 일반적·공통적으로 적용하

표 3. 교량 상부구조형식별 유지관리 데이터

| 구성요소 | 형식 | 적용주기 | | | | | 보수율 | 보강율 | 교체율 | 보수 단위비용(천원) | 보강 단위비용(천원) | 교체비용 단가(천원) |
|------|-------------------|------|-----|----|-----|----|-------|-------|--------|----------------|----------------|------------------------|
| | | 보수 | 재보수 | 보강 | 재보강 | 교체 | | | | | | |
| 주형 | PSC Beam교 | 10 | 8 | 19 | 11 | | 18.4% | 21.6% | - | 124.248 | 346.000 | |
| | PSC Box Girder교 | 10 | 8 | 20 | 12 | | 18.4% | 21.6% | - | 124.248 | 346.000 | |
| | Steel Box Girder교 | 10 | 7 | 20 | 12 | | 19.1% | 19.8% | - | 151.889 | 321.453 | 392.180/m ² |
| | IPC Girder교 | 8 | 7 | 20 | 11 | | 18.4% | 21.6% | - | 124.248 | 346.000 | |
| | PF Beam교 | 9 | 8 | 20 | 13 | | 18.4% | 21.6% | - | 124.248 | 346.000 | |
| 바닥판 | PSC Beam교 | 18 | 15 | 25 | 23 | | 21.0% | 22.3% | - | 150.220 | 249.366 | |
| | PSC Box Girder교 | 17 | 14 | 23 | 20 | | 21.0% | 22.3% | - | 150.220 | 249.366 | |
| | Steel Box Girder교 | 18 | 13 | 22 | 21 | | 21.0% | 22.3% | - | 150.220 | 249.366 | |
| | IPC Girder교 | 15 | 12 | 22 | 20 | | 21.0% | 22.3% | - | 150.220 | 249.366 | |
| | PF Beam교 | 15 | 12 | 23 | 20 | | 21.0% | 22.3% | - | 150.220 | 249.366 | |
| 교량받침 | | 8 | 8 | - | - | 22 | 18.3% | - | 100.0% | 219.560 | - | 1,199.781 |
| 신축이음 | | 4 | 4 | - | - | 9 | 20.2% | - | 100.0% | 398.290 | - | 1,971.733 |
| 도장 | 내부 | | | | | 15 | - | - | - | | | |
| | 외부 | | | | | 13 | - | - | - | | | |
| 하부구조 | 교각 | 12 | 8 | 23 | 20 | | 28.6% | 20.6% | - | 180.180 | 180.180 | |
| | 교대 | 17 | 8 | 23 | 20 | | 24.4% | 20.6% | - | 174.870 | 174.870 | |

자료 : 한국도로공사, 2003을 참조하여 작성

고 있는 5개 형식의 교량에 대한 유지관리데이터를 활용하였다.(표 3. 참조)

표3.에서 교량 유지관리비용 데이터의 구성요소를 주형, 바닥판, 교량받침, 신축이음, 도장 및 하부구조로 구분하여 데이터를 수집하였다. 다만 이들 중에서 교량받침과 신축이음에 대한 적용주기와 교체비용단가는 형식별로 분류하지 않고 각각의 형식에 대한 주기와 비용값의 산출평균치를 활용하였다. 왜냐하면 도로교량과 철도교량에 적용하는 교량받침과 신축이음의 형식이 서로 상이하고, 철도교량에 적합한 데이터 수집이 현실적으로 어렵기 때문이다. 그러나 기존 도로교량에 관한 LCC 분석시 교량받침이나 신축이음의 보수, 보강에 대한 보수율과 단위비용도 교량받침과 신축이음의 형식에 상관없이 일괄적으로 동일한 값을 부여하고 있으므로, 본 연구에서 적용주기와 교체비용의 산출평균한 값을 적용하는 것이 LCC 분석결과에 미치는 영향은 그다지 크지 않으리라 판단하였다.

2.5 LCC 분석을 위한 기본가정

2.5.1 분석기간

현재 국내에는 경량전철 시설물에 대한 내구연한 자료가 마련되어 있지 않다. 따라서 기존의 철도시설물의 내구연한 자료를 참조하여 분석기간을 설정하였다. 본 연구에서는 아래 표 4.의 교량의 내구연한 60년을 분석기간으로 설정하여 LCC분석을 수행하였다.

표 4. 철도시설물별 수명(대한교통학회, 2003)

| 구분 | 차량 | | | 시설 | | | | | | | | | | |
|------|-----|----|----|----|----|----|-----|----|----|----|----|-----|----|----|
| | 동력차 | | 객차 | 노반 | | | | 궤도 | 건물 | 신호 | 통신 | 전차선 | 전력 | 기계 |
| | 디젤 | 전기 | | 토공 | 교량 | 터널 | 정거장 | | | | | | | |
| 내구연한 | 25 | 30 | 25 | 80 | 60 | 60 | 60 | 25 | 60 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |

2.5.2 실질할인율

실질할인율은 비용분석 과정에서 발생주거나 시점이 서로 다른 화폐의 가치를 객관적으로 비교하기 위해 특정 시점으로 화폐의 가치를 환산하는데 이용되며, 정부채권의 수익률, 시중금리, 물가상승 등 여러 가지 복합적인 요인을 포함하고 있다. 실질할인율 산정에 필요한 명목할인율(nominal discount rate)은 흔히 시장이자율(market discount rate)을 지칭하는 것으로, 명목할인율은 장기정부채권의 이율을 사용하는 것이 원칙이다. 그러나 국내의 경우 장기정부채권의 시장규모가 적어 금리의 주도적 역할을 담당하지 못하므로, LCC 분석에서는 흔히 은행 이자율을 명목할인율로 사용하고 있다(국토연구원, 한국건설안전기술원, 2000.6).

본 연구에서는 실질할인율을 산정함에 있어서, 명목할인율은 민간건설업체에서 가장 많이 접하는 '기업대출금리'를 기준으로 하였으며, 물가상승률은 일반적으로 적용하고 있는 척도인 '소비자 물가상승률(CPI)'을 기준으로 하였다. 이들 값을 바탕으로 하여 실질할인율은 위 식(2)와 같이 구

할 수 있다. 본 연구에서는 최근 10년간의 실질할인율을 구하고 이들의 산술평균값인 4.83%를 LCC 분석에 적용하였다(표 5. 참조).

$$i_r = \frac{(1+i_n)}{(1+f)} - 1 \dots \dots \dots \text{식(2)}$$

이때, i_r : 실질할인율, i_n : 명목할인율, f : 물가상승률

표 5. 실질할인율 설정 (단위: %)

| 년도 | 명목할인율(i_n) | 인플레이션(f) | 실질할인율(i_r) |
|------|----------------|--------------|----------------|
| 1996 | 10.98 | 4.90 | 5.80 |
| 1997 | 11.75 | 4.40 | 7.04 |
| 1998 | 15.20 | 7.50 | 7.16 |
| 1999 | 8.91 | 0.80 | 8.05 |
| 2000 | 8.18 | 2.30 | 5.75 |
| 2001 | 7.49 | 4.10 | 3.26 |
| 2002 | 6.50 | 2.70 | 3.70 |
| 2003 | 6.17 | 3.60 | 2.48 |
| 2004 | 5.92 | 3.60 | 2.24 |
| 2005 | 5.65 | 2.70 | 2.87 |
| 평균 | 8.68 | 3.66 | 4.83 |

자료 : 한국은행(<http://www.bok.or.kr>)

위 표 5.에서 1998년과 1999년 사이의 명목할인율과 인플레이션율이 산출된 평균값과 많은 차이를 나타내고 있는데, 이는 외환위기 당시 IMF 구제금융의 영향에 기인한 것이다. 이 때문에 여러 기존연구에서는 LCC분석을 위해 실질할인율 설정을 할 때 해당 기간의 값을 제외하고 산출하고 있다. 그러나 할인율 자체가 불확실한 요소이기 때문에, 본 연구에서는 이 값들을 제외하지 않았다. 그리고 LCC분석 수행이후에 할인율에 대한 민감도를 분석하여 산출된 생애주기비용의 변화값을 살펴보는 것으로 하였다. 그러나 많은 경제전문가들은 향후 10년 이후에는 국내의 명목할인율 및 인플레이션율이 선진국 수준(2~3%)으로 낮아질 것이라는 의견들이 지배적이므로(대한주택공사, 2000), 보다 정확한 실질할인율 산출방법이 개발되어야 할 것으로 생각된다..

3. 사례교량에 대한 LCC분석

3.1 LCC분석 대상 개요

본 연구에서는 최근 공사중인 ○○경전철 건설사업에서 2개의 기존 도로를 횡단하는 구간인 "A-B구간"의 교량을 대상으로 경량전철 교량에 대한 LCC분석 모델을 수립하였다. 대상교량 "A-B구간" 평면도 및 종단면도는 그림 3.과 같다.

그림 3.에서 "A-B구간"은 교량상부구조 형식을 보면, 적용현장 상황에 관계없이 모두 강박스거터교로 구성되어 있는 것을 알 수 있다. 다시 말하면 2개의 기존 도로를 횡단하는 구간 뿐 만 아니라, 도로를 횡단하지 않고 장경간도 필요하지 않는 "가"와 "나" 부분에 대해서 까지도 강박스거터교 형식을 적용하고 있다. 따라서 본 연구에서는 "가"와 "나" 부분에 대해서 다른 교량상부구조형식을 적용하여 대안을

제시하고, 원안가 대안의 LCC를 분석하였다. 당초 원안과 제시된 대안에 대해 구체적인 구조물 제원을 살펴보면 다음 표 6.과 같다.

표 6. 원안과 대안의 구조물 제원

| 구분 | 원안 | 대안 |
|-----------|--------------------------|-------------------------------|
| 적용 경간장 | 2@60+2@40+3@50 = 350m | 3@20+1@60+4@20+3@50 = 350m |
| 폭원 | 8.9m | 8.9m |
| 상부형식 | Steel Box Girder | PSC Beam, Steel Box Girder |
| 하부형식 | T 형 | T 형 |

3.2 LCC비용 산정

앞장에서 제시한 비용데이터와 LCC분석을 위한 가정사항을 바탕으로 2006년을 기준으로 현재가치로 환산한 LCC 분석 결과는 다음 표 7.과 같다.

표 7.에서 보듯이 강박스거더교로만 구성된 원안보다는 PSC빔교와 강박스거더교와 혼합된 형태의 대안이 LCC측면에서 유리하다는 것을 알 수 있다. 그러나 대안이 더 유리한 이유는 초기 투자비가 원안보다 저렴하기 때문이다. 따라서 초기투자비를 제외한 유지관리비용만을 놓고 보았을 때 오히려 원안인 강박스거더교가 더 경제적인을 알 수 있다. 왜냐하면 콘크리트교인 PSC빔교가 강교인 강박스거더교보다 보수, 보강 및 교체가 자주 이루어지기 때문이다.

그러므로 본 연구에서 고려되지 않은 사용자 비용이나 해체 및 폐지처분비용 등의 비용항목까지 고려한다면, 반드시 대안이 LCC 측면에서 원안보다 유리하다고 말할 수 없다. 또한 불확실한 요소인 분석기간과 할인율 등의 변화에 따라 최종 산출된 LCC 결과값이 달라질 수 있기 때문에 최종의사

결정자는 이러한 사항들까지도 종합적으로 고려하여 설계안을 선정하여야 한다.

표 7. LCC분석 결과

| 구분 | | 원안 (A) | 대안 (B) | 비교 (A-B) |
|--------|-----------------|----------|----------|----------|
| 초기 투자비 | 공사비 | 94.99 억 | 73.78 억 | 21.21 억 |
| | 기본 및 실시설계, 감리비용 | 4.96 억 | 3.85 억 | 1.11 억 |
| 보수 | 바닥판 | 0.50 억 | 0.57 억 | -0.07 억 |
| | 주형 | 0.00 억 | 1.20 억 | -1.2 억 |
| | 가로보 | 0.00 억 | 0.00 억 | 0.0 억 |
| | 강교도장 | 1.97 억 | 1.17 억 | 0.80 억 |
| | 교량받침 | 0.02 억 | 0.04 억 | -0.02 억 |
| | 신축이음장치 | 0.06 억 | 0.16 억 | -0.1 억 |
| | 하부구조 | 0.79 억 | 1.36 억 | -0.57 억 |
| | 소계 | 3.34 억 | 4.50 억 | -1.16 억 |
| 유지관리비용 | 보강 | | | |
| | 바닥판 | 1.25 억 | 1.14 억 | 0.11 억 |
| | 주형 | 5.54 억 | 5.18 억 | 0.36 억 |
| | 가로보 | 0.00 억 | 0.00 억 | 0.0 억 |
| | 강교도장 | - | - | - |
| | 교량받침 | - | - | - |
| | 신축이음장치 | - | - | - |
| | 하부구조 | 0.21 억 | 0.36 억 | -0.15 억 |
| 소계 | 7.00 억 | 6.68 억 | 0.32 억 | |
| 교체 | 바닥판 | 0.0 억 | 0.0 억 | 0.0 억 |
| | 주형 | - | - | - |
| | 가로보 | - | - | - |
| | 강교도장 | 4.87 억 | 2.90 억 | 1.97 억 |
| | 교량받침 | 0.46 억 | 0.65 억 | -0.19 억 |
| | 신축이음장치 | 0.10 억 | 2.26 억 | -2.16 억 |
| | 하부구조 | - | - | - |
| | 소계 | 5.43 억 | 5.8 억 | -0.38 억 |
| 안전진단비용 | | 9.00 억 | 14.55 억 | -5.55 억 |
| 총 LCC | | 124.73 억 | 109.16 억 | 15.57 억 |

일반도

평면도 S=1:600

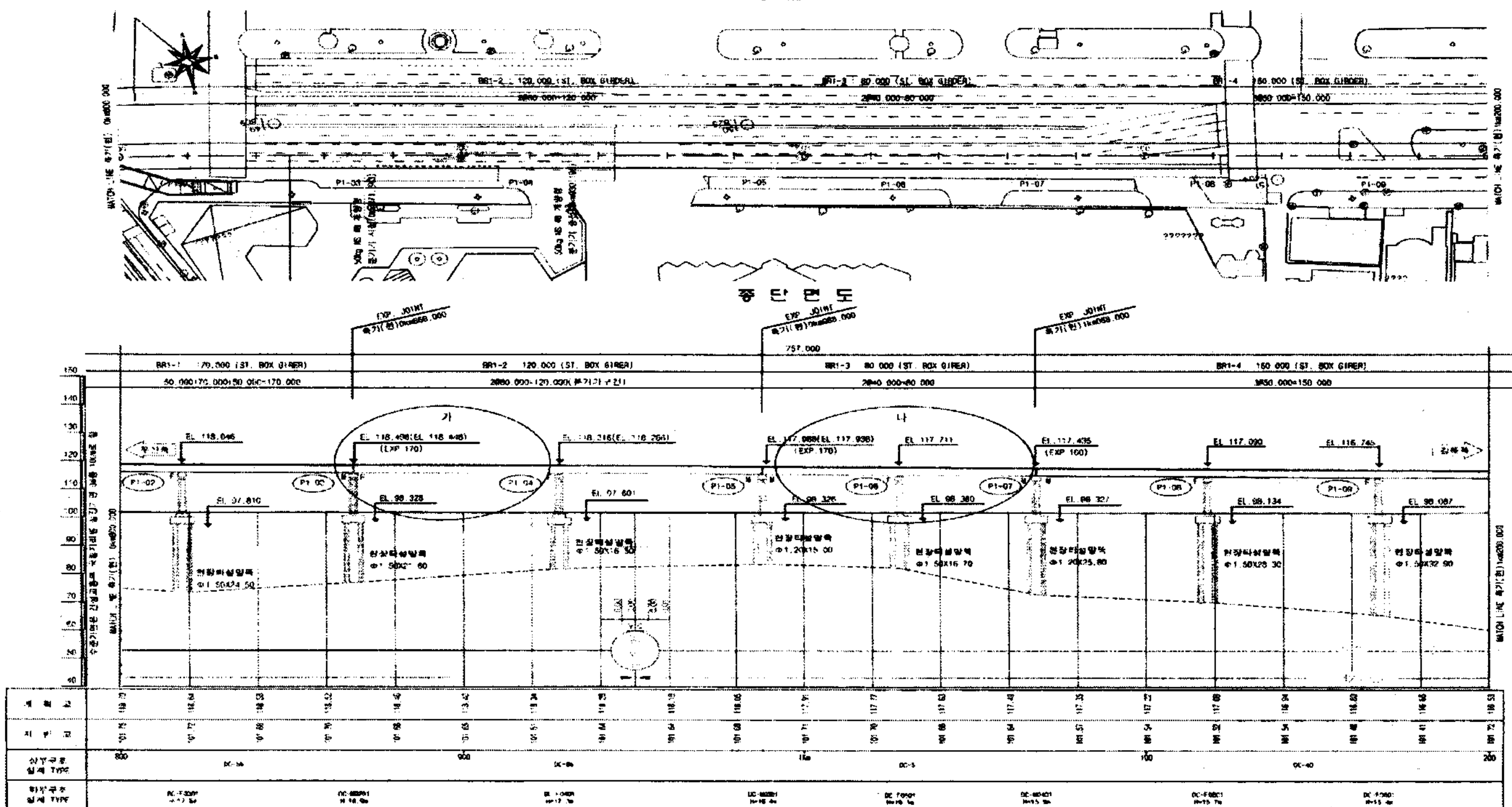


그림 3. LCC적용 사례교량의 일반도

3.3 민감도분석

LCC분석을 위한 가정사항 중 할인율의 불확실성에 따른 분석결과 변화의 파악을 위하여 민감도분석을 실시하였으며, 그 결과는 그림 4와 같다. 그림 4에서 보듯이, 할인율이 변동범위 안에서 변화하더라도 원안과 대안의 비용우위에 대한 변화는 보이지 않고 있다. 그러나, 할인율이 낮아질수록, 원안과 대안의 LCC 분석 결과값의 간격이 점점 좁혀지고 있음을 알 수 있다. 이와 같이 불확실한 요소 중의 하나인 할인율의 변동에 따라 LCC 산출결과가 달라지게 되므로, 향후 심도있는 분석을 통하여 여러 가지 불확실한 요소에 대한 변동폭과 분포형태를 제시한다면 좀 더 의미있는 결과가 도출될 수 있을 것이다.

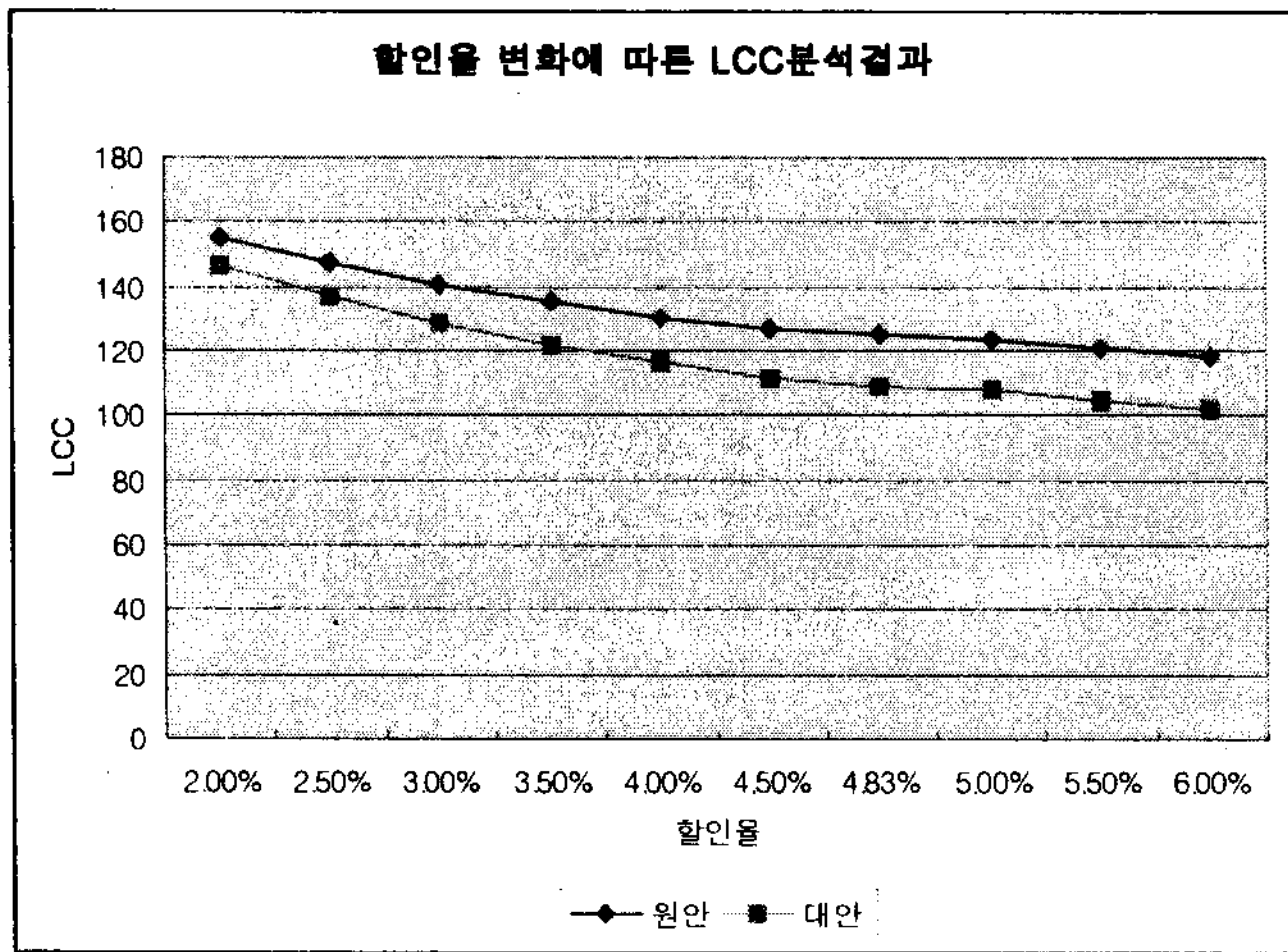


그림 4. 민감도분석결과

4. 결론

본 연구는 최근 수요가 증가하고 있는 경량전철 건설사업에서, 비용측면에서 그 비중이 크고 지속적·주기적으로 유지관리가 이루어지는 교량시설물에 한정하여 LCC를 분석하였다. 이를 위하여 우선적으로 기존 문헌을 바탕으로 LCC분석모델을 마련하였고, 경량전철 교량건설사업에 적

합한 비용분류체계를 제시하였다. 제시된 비용분류체계를 바탕으로 경량전철 교량 상부구조 형식별 공사비와 보수·보강·교체 이력자료를 바탕으로 비용발생주기 및 비용단가 등을 수집·분석하였다.

분석결과 교량형식을 변경할 경우, LCC 측면에서 비용을 절감할 수 있는 대안이 있음을 발견하였다. 다만 이 대안은 공사비 측면에서는 비용이 절감되지만, 유지관리비는 오히려 증가하게 된다. 따라서 실제 적용에 있어서는 보다 종합적인 분석을 수행한 후에 의사결정이 이루어져야 할 것으로 판단된다. 또한 민감도를 분석해 본 결과, 할인율 변화에 따라 결과값의 간격이 차이가 생기므로, 의사결정시 이러한 점도 고려되어야 할 것으로 생각된다.

그동안 경량전철을 비롯한 철도교량에 대한 LCC분석연구가 많이 이루어지고 있지 않은 상황에서 본 연구를 통해 제시된 비용분류체계와 유지관리 관련 데이터는 체계적인 유지관리 활동에 대한 기반이 될 것으로 기대된다. 향후 불확실한 요소인 LCC분석 가정사항과 변수분포형태 등에 대해 추가적으로 자료가 축적될 경우, 보다 신뢰도가 향상된 LCC분석 결과를 얻을 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

1. 국토연구원, 한국건설안전기술원, "LCC개념을 도입한 시설안전관리체계 선진화 방안 연구", 시설안전기술공단 중간보고서, 2000.6.
2. 대한교통학회, "철도투자편람", 2003.
3. 박미연 외 4인, "철도교량의 생애주기비용분석에 관한 연구", 한국철도학회 05 춘계학술대회 논문집, 2005.
4. 소병준 외 5인, "확률적 방법에 의한 철도시설물의 LCC 분석", 한국철도학회 04 춘계학술대회 논문집, 2004.
5. 이덕찬 외 2인, "공동주택의 LCC 검토서 작성 및 평가 지침 개발", 대한주택공사 주택연구소, 2000.2.
6. 한국도로공사, "고속도로 교량형식별 생애주기비용(LCC) 분석 연구", 한국도로공사, 2003.12.
7. Walls, J. III and Smith E. M. R., "Life Cycle Cost Analysis in Pavement Design" Interim Technical Bulletin, FHWA, US DOT, 1998.
8. 한국은행, <http://www.bok.or.kr>

Abstract

The needs for Light Railroad Transit(LRT) have been increased due to the heavy traffic congestions in large cities like Seoul, Korea. Korean government is seeking the LRT system development (including planning, designing, construction, and maintenance and operations) in terms of public-private-partnership (PPP). At the private sector side, it is crucial to estimate the life cycle cost (LCC) to project the cash flow during the O&M period.

Since the most construction and O&M cost of LRT project is at the bridge construction, a cost analysis model and a cost breakdown structures (CBS) on LRT bridges are discussed through in depth literature reviews. Construction and maintenance cost of bridges are collected and analyzed. LCC is analyzed by types of bridge superstructures and historical data of repair and rehabilitation (R&R) is investigated. There have been scarce number of LCC analysis on railway bridges. This research delivers a well-defined CBS and maintenance cost data, which will be a great benefit to the systematic maintenance strategy development for railroad bridges.

Keywords : Life Cycle Cost, economic evaluation, Cost Breakdown Structure