LCC 분석에 기초한 UDPSC 교량의 유지관리비 예측에 관한 연구

Prediction of UDPSC Bridge's Maintanence Cost based on Life Cycle Cost Analysis

심 보현* · 이 흥철** · 우 성권***
Shim, bo-hyun · Lee, Heung-Chol · Woo, Sungkwon

요 약

본 연구에서는 UDPSC(Up-Down Precast Concrete) 교량을 유지관리하는데 발생되는 비용인 유지관리 비용의 산출 방법에 대하여 제안하였다. 신공법을 이용한 교량인 UDPSC 교량의 시공실적은 2000년도 이후 공사가 완료된 교량만 109건에 이르며, 2006년 현재 37건의 공사가 진행중에 있고 설계납품도 194건에 이른다. 이러한 시공실적에도 불구하고 신공법의 교량이라는 이유로 사용기간이 길지 않아 유지관리비에 대한 실적 데이터의 축적이 이루어지지 않았다. 때문에 건설교통부의 유지관리비 산출지침과 선행연구 분석을 통해 교량의 주요자재별 내구연한을 판단하여 유지관리비를 산출하는 방법을 제안하였으며, 실제로 시공된 교량을 토대로 유지관리비용을 산출하였다.

키워드 : LCC, 생애주기비용, 유지관리비, UDPSC

1. 서론

1.1 연구배경 및 목적

기존의 P.S.C 빔교량은 연결지점 마다 신축이음을 갖는 단순보 형식의 교량이었다. 하지만 이러한 단순보 형식의 교량구조는 연속화 되지 못한 것이 대한 많은 단점을 가지고 있다.(구민세, 1999) 연결지점 마다 설치해야 하는 신축이음장치는 주기적인 교체와 보수가 필요하며 불연속 면의 방수가 완벽하지 못해 교량하부구조 및 교량받침 등의 손상을 유발시킬 수 있으며, 다수의 신축이음부를 생성하는 것은 차량의 주행성 저하와 교량의 내구성에 문제점을 발생시킬 수 있다.

이러한 기존 PSC교량의 단점을 보완하여 교량을 연속화 시키고, 이로 인해 발생되는 부모멘트는 Up-Down 공법으로 극복한 교량이 UDPSC 교량이다. UDPSC 교량의 경우 국내 300여건에 이르는 시공실적에도 불구하고 교량의 생애주기 동안의 비용을 산출하는 LCC 분석이 이루어 지지 않고 있다. 본 연구는 UDPSC 교량의 LCC 분석을 위한 선행연구로서 LCC분석에 필수적인 항목으로 포함되어야 하는 유지관리비 항목의 산출방법을 제안하여 차후에 이어질 LCC분석에 기초자료를 제공하고자 한다.

본 연구에서는 UDPSC 교량의 유지관리비 산출방법을 제시하였고, 실제 3경간 길이 105m(35@1, 34.95@2) 폭 11m의 UDPSC교량을 이용하여 유지관리비용을 산출하였다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구에서는 UDPSC교량의 유지관리비 산출방법을 제시하고, 실제데이터를 이용하여 그 비용을 산출하였다. 본 연구의 수행절차는 그림 1과 같다.

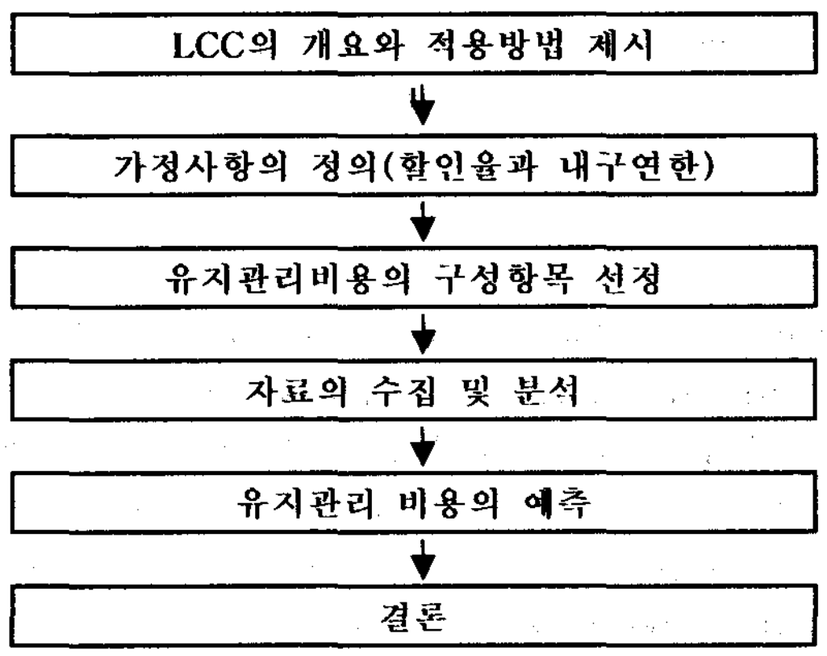

그림 1. 연구흐름도

* 일반회원, 인하대학교 토목공학과 석사과정
** 일반회원, 인하대학교 토목공학과 석사과정
***종신회원, 인하대학교 토목공학과 조교수, 공학박사

2. LCC의 분석방법

2.1 현재가치법

현재가치법은 Cash Flow 상에 발생하는 모든 비용을 현재의 가치로 환산하는 방법이다. 현재가치로의 환산 시 초기비용의 경우는 현재 투자된 비용이므로 현재가치로 환산 할 필요가 없다. 하지만 유지관리비용이나 폐기처분 비용과 같이 미래의 시점에서 발생될 것으로 예상되는 비용은 다음과 같은 식을 이용하여 현재의 가치로 변화시켜 주어야 한다. 미래비용을 현재가치로 환산하는 식은 다음과 같다.

$$P=\frac{1}{(1+i)^n}\times F \quad \cdots\cdots \text{식(1)}$$

F : n년 후의 미래의 비용
n : 시설물의 내구연한
i : 할인율

2.2 할인율의 가정

지금까지 국내의 공공시설물에 관한 사회적 할인율 등이 정립되지 않은 상태이며 기존의 연구에서는 각기 다른 할인율을 적용하여 왔다. 따라서 본 연구에서는 2005년의 시점으로 등가 환산하기 위하여 최근 9년간(1993~2006)의 소비자 물가지수 및 시중은행 일반대출금리를 조사하여 실질할인율을 가정하였다. 실질 할인율을 구하는 식은 다음과 같다.

$$i=\frac{1+i'}{1+j}-1 \quad \cdots\cdots \text{식(2)}$$

i = 실질할인율
i' = 이자율
j = 물가상승율

표 1. 이자율, 물가상승율, 실질이자율의 변화추이

년도	시중은행 정기예금 금리	인플레이션		실질 할인율
		소비자 물가 지수	물가 상승율	
1993년	8.50	74.2	4.80	3.53
1994년	10.00	78.8	6.20	3.58
1995년	10.00	82.3	4.44	5.32
1996년	9.00	86.4	4.98	3.83
1997년	10.59	90.2	4.40	5.93
1998년	13.39	97.0	7.54	5.44
1999년	7.05	97.8	0.82	6.17
2000년	7.08	100.0	2.25	4.72
2001년	5.46	104.1	4.10	1.31
2002년	4.71	106.9	2.69	1.97
2003년	4.50	110.7	3.60	0.87
2004년	3.75	114.7	3.61	0.14
2005년	3.62	117.8	2.70	0.9
평균	8.21	93.5	4.17	3.40%

*주 : 소비자물가지수는 2000년을 100으로하여 산출된 것임.

표 1에서와 같이 국내의 최근 13년간의 평균 실질할인율을 본 연구에서의 적용할인율(3.4%)로 가정하였다.

2.3 내구연한의 가정

2.3.1 교량의 내구연한

시설안전기술공단(2001)의 "도로교의 공용수명 연장방안 연구"에 따르면 PSC I형교의 내구연한을 24.20년이라 제안 한바 있고, Piringer(1993)는 PSC교의 내구 연한을 70년이라 제안하기도 하였다. 선행연구의 고찰에서와 같이 교량의 공용수명은 다양하게 나타나고 있다. 때문에 본 연구에서는 선행연구에의 공용수명을 바탕으로 한 전문가들과의 면담 결과 PSC 교량의 공용수명은 40년으로 보는 것이 적절하다고 판단하여 UDPSC 교량의 공용수명을 40년으로 가정하였다.

2.3.2 주요 자재별 내구연한

교량의 완공 후 공용기간 동안 교량의 안전한 유지관리를 위하여 시설물의안전관리에 관한 특별법에서 정한 규정에 따라 점검 및 진단을 실시하게 된다. 교량에 대한 점검 및 진단 결과에 따라 보수 및 보강, 교체행위가 수행되므로 이로 인한 비용이 공용기간 동안 발생하게 된다. 유지보수비용을 산출하기 위해서는 보수, 보강, 교체가 이루어지는 항목과 그 주기를 파악하여야 한다. 본 연구에서 유지보수항목과 주기를 파악하기 위하여 PSC빔 교량의 선행연구를 분석하여 얻은 자료를 바탕으로 전문가면담을 실시하였고, 수집된 자료를 분석하여 교량의 주요자재별 보수, 보강, 교체주기를 파악하였다. 교량의 주요자재별 내구연한은 표 2와 같다.

표 2. 주요자재별 내구연한

구성항목		구분	최초주기(년)	주기(년)
교면 포장	기존 아스팔트포장	보수	3	2
		재포장	6	6
	SMA 포장	보수	7	5
		재포장	15	15
	LMC 포장	보수	9	6
		재포장	17	17
바닥판		보수	18	15
		보강	25	23
주형		보수	10	8
		보강	19	11
		보강 (외부강선)	19	11
교량 받침		보수	8	8
		교체	22	22
신축 이음		보수	4	4
		교체	9	9

3. 유지관리비용의 항목선정 및 분석

UDPSC 교량의 유지관리비를 산출하기 위하여 유지관리비용항목을 일반관리비, 점검 및 진단비용, 유지보수비용으로 선정하였다.

3.1 일반관리비

일반관리비의 가장 중요한 비용항목은 인건비이다. 인건비를 산출하기 위하여 조사하여 본 결과 교량관리를 담당하는 인원의 차이가 관리기관 및 지역별로 큰 차이를 나타내고 있다. 따라서 특정 교량 하나에 대한 일반관리비를 분류하기는 현실적으로 어렵다. 때문에 본연구에서는 일반관리비 항목을 제외하였다.

표 3. 점검 및 진단비용

구분	단위	정기점검비 (천원)	정밀점검비 (천원)	정밀안전진단비 (천원)	비고
1. 직접인건비		923.6	1,794.1	11,283.0	
가. 외업	인,일	791.7	897.0	3,552.9	
나. 내업	인,일	131.9	897.0	7730.1	
2. 직접경비		1,048.3	955.4	4,112.9	
가. 체재비		360.0	407.9	1,615.6	
(1)일비,숙박비	인,일	360.0	407.9	1615.6	일비 : 25,000원/일 숙박비 : 35,000원/일
나. 차량운행비		24.2	23.2	69.7	
(1) 손료	대	8.4	8.3	25.1	차량 : 6,150,000원/대 (1.5 승용) 손료계수 : 1,706*10^(-7)
(2) 연료비	리터	14.4	13.5	40.5	주연료 (휘발유) : 10리터/일,대
(3) 잡품	식	1.4	1.4	4.0	주연료비의 10%
나. 현지보조인부	인,일	133.1	-	266.3	적용인수 : 4인인/일일 소요일수 : 연장/100m*2*보정계수
라. 위험수당	식	138.5	134.5	532.9	직접인건비의 15%
마.기계기구손료	식	92.3	89.7	1,128.3	직접인건비의 10%
바.보고서인쇄비	식	300.0	300.0	500.0	200P, 50부 기준
3. 제경비	식	1,062.1	2063.2	1,2975.5	직접인건비의 115%
4. 기술료	식	595.7	1,157.2	7,277.5	(직접인건비+제경비)의 30%
총계(1+2+3+4)		3,629.9	5,970.0	35,649.1	

3.2 점검 및 진단비용

점검 및 진단비용을 산출하기 위하여 건설교통부(2003)의 "시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 지침"을 이용하였다. 비용의 적용방법과 산출결과는 표 3과 같다.

3.3 유지보수비용항목의 선정

표 4은 유지보수비용항목의 선정에 대한 세부적인 비용구성항목을 나타내고 있다. 유지관리비용항목의 선정은 한국도로공사(2004)의 "고속도로 교량의 생애주기비용(LCC) 분석 지침(안)"에서 교량의 주요자재별 내구연한을 제시하고 있는 항목 중 두 교량의 유지관리비용에 많은 비중을 차지하는 항목을 선정하여 교체주기에 따른 비용발생을 고려하여 산정하였다.

표 4. 유지보수비용

구성항목	품명	구분	단가 (천원)	수량 (m, 개)	비용 (천원)
교면포장	기존아스팔트 포장	보수	3.783	105	397.215
		재포장	26.88	105	2,822.82
바닥판	-	보수	150.2	105	15,773.1
		보강	249.4	105	26,183.43
주형	-	보수	124.2	105	13,046.04
		보강 (일반)	346	105	36,330
		보강 (외부강선)	295	105	30,975
교량받침	탄성고무받침 (150~300ton)	보수	219.6	20	4,391.2
		교체	3803	20	76,050.53204
신축이음	NB Joint(100mm 이하)	보수	398.3	22	8,762.38
		교체	1,552	22	34,154.56959

4. LCC분석을 이용한 유지관리비용의 예측

3장에서와 같은 방법으로 산출해낸 유지관리비용을 할인율과 내구연한을 적용하여 현재비용으로 계산하여야 한다. 점검 및 진단비의 경우 유지보수비용과 다르게 실시빈도에 따라 할인율을 적용해야 한다. 실시빈도는 건설교통부(2003)에 따르면 정기점검의 경우 시설물의 준공일 또는 사용승인일(임시사용포함) 다음 반기부터 1회이상 실시하여야 한다. 정밀점검의 경우 초기점검은 시설물의 사용승인일(임시사용포함)을 기준으로 6개월 이내에 완료하여야 하며 차회의 정밀점검은 전회의 정밀점검 또는 정밀안전진단 완료일을 기준으로 산정하여 2년에 1회이상 실시한다. 정밀안전진단의 경우 정기적으로 실시하는 정밀안전진단은 완공 후 10년이 경과된 1종 시설물에 대

해 시설물의 준공일 또는 사용승인일(임시사용포함)을 기준으로 산정하여 5년에 1회이상 정기적으로 실시하여야 한다.

실시빈도와 할인율을 적용하여 예측한 점검 및 진단비용과 내구연한과 할인율을 적용하여 예측한 유지보수비용의 세부사항은 표 5와 같다.

표 5. 유지관리비용의 예측

비용항목	구분	불변가 (천원)	변환가 (천원)	불변가 합계(천원)	변환가 합계(천원)
유지 보수 비용	포장	24,484	12,889	578,102	280,264
	바닥판	57,729	25,223		
	주형	186,794	86,483		
	교량받침	93,615	45,853		
	신축이음	215,479	109,814		
점검 및 진단 비용	정기점검	286,762	156,514	634,145	326,350
	정밀점검	101,490	57,186		
	정밀안전진단	245,892	112,649		

5. 결론

본 연구에서는 신공법 교량인 UDPSC 교량의 유지관리비 산출방법을 제안하였으며, LCC분석에 기초하여 실제 데이터를 토대로 그 비용을 분석하였다. 그 결과를 비교·분석하여 본 결과는 다음과 같다.

유지관리 비용의 산출결과를 LCC 개념을 적용하여 할인율에 따라 변환하여 점검 및 진단비용은 정기점검비로 156,514,558원, 정밀점검비로 57,186,231원, 정밀안전진단비로 112,649,641원인 것으로 나타났으며, 유지보수비용으로는 280,264,628원이 소요되는 것으로 예상됐다. 할인율을 적용하여 예측한 변환가와 할인율을 적용하지 않은 불변가의 차이는 크게 나타났으며, 시간의 흐름에 따른 돈의 환산가치를 적용한 변환가의 신뢰도가 더 높음을 알 수 있다.

본 연구에서는 유지관리데이터가 많지 않은 신공법 교량의 유지관리비용을 산출하는 방법을 제안하였으며, 실제 교량을 대상으로 유지관리비를 산출하였다. 그 결과는 향후 후속 연구로 이어질 UDPSC 교량의 LCC 분석에 기초자료로 활용될 수 있을 것이다.

참고문헌

1. 건설교통부, "시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 지침", 2003
2. 구민세, "P.S.C 빔교의 연속화 공법". 대한토목학회지, 대한토목학회, Vol.47, No.8, pp 36~41, 1999,
3. 시설안전기술공단, "LCC 개념을 도입한 시설안전 관리체계 선진화방안연구", 2001
4. 한국도로공사, "고속도로 교량의 생애주기비용(LCC) 분석 지침(안)", 2004
5. Piringer, S. 'Whole-Life Costing of Steel Bridge", Bridge Management 2, Thomas Telford, London, pp.584~593, 1993.

Abstract

In this paper, A calculating cost method of maintenance and repair for bridge which is built up by new construction technique named Up-Down Precast Concrete(UDPSC). After 2000, 109 Bridges which are using UDPSC technique have been built up, 37 bridges's construction work are processing, and 194 designs are presented for construction. Because this technology has developed recently, there are few field data for analyzing the maintenance and repair cost. Therefore, the maintenance and repair cost is computed using Construction and Transportation Ministry's guide line for computation and former research's data.

Keyword : LCC, Maintenance Cost, Operation Cost, UDPSC