

# 신뢰성 해석을 이용한 교량구조물의 설계VA기법 연구

## A Study on the Design Value Analysis Methodology for Bridge Structure Using Reliability Analysis

김성일\*      이광모\*\*      최석원\*\*\*      정준화\*\*\*\*      김성일\*\*\*\*\*  
 Kim, Seong-il      Lee, Kwang-mo      Choi, Suk-won      Jung, Jun-hwa      Kim, Seong-il

### 요 약

본 연구에서는 확률적 LCC 및 확률적 성능평가를 고려한 설계 VA분석 방법을 제안하였으며, 신뢰성 해석의 개념을 도입하여 신뢰도를 확보한 의사결정을 지원하고자 하였다. 상기와 같은 목적과 방법에 따라 진행된 본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다: 1) 기능정의가 완료된 이후 도출된 대안들의 대안평가시 신뢰성 있는 분석을 위하여 개선된 설계VA 절차와 가치상태함수를 정식화하였으며, 가치평가절차에서의 일관성 및 효율성을 확보하기 위하여 평가지표방안을 제시하였다. 2) 교량의 LCC분석을 위한 DB를 수집 및 분석하였다. 자료의 수집범위는 기존에 수행된 교량의 LCC분석 연구 문헌을 기초로 하여 분석하였으며, 분석결과에 대한 신뢰도 확보 및 수집된 자료의 불확실성 처리를 위해 MCS 기법을 적용하였다. 3) 대안별 성능평가를 위한 가중치 및 평가등급과 LCC 분석을 위한 LCC 분석모델, 분석기간, 할인율, 사용자비용, 안전점검 및 안전진단비용에 대한 조건을 제시하였다. 끝으로, 사례대상인 “OO대교 및 연결도로 건설공사 실시설계” 프로젝트에 대한 VA수행 사례를 중심으로 타당성을 검토하고 결론을 도출하였다.

키워드 : 가치공학, 가치분석, 생애주기비용, 신뢰성해석

## 1. 서론

### 1.1 연구의 배경 및 목적

VE(Value Engineering)검토제도가 2005년 건설기술관리법 시행령 개정에 따라 100억원이상 정부발주공사로 확대 강화되면서, 정부는 2007년 말 VE세부 시행방안을 마련하였다. 특히 주목할 만한 내용으로 무자격 VE건설전문회사 또는 무자격 VE 컨설턴트에 대한 제재를 가하기 위해 사전적격성심사제도(설계의 경제성 등 검토 효율화방안, 건설교통부, 2007. 12.)를 도입한 것은 큰 이슈라 하겠으며 이는 국내 VE의 올바른 정착과 질적 향상에 크게 기여할 것으로 판단된다.

국내에 일반적으로 사용되고 있는 설계VE 절차는 준비단계,

분석단계 및 실행단계로 구분된다. 준비단계에서는 관련자료의 수집, 사용자요구측정, VE대상선정 등을 수행하고, 분석단계에서는 기능분석, 아이디어창출, 개략평가 및 구체화, 상세평가 및 대안의 구체화를 수행하며, 실행단계에서는 VE제안서 검토/승인 및 후속조치를 수행한다. 그림 1은 칼트라스에서 제시하고 있는 VE Job Plan을 보여주고 있다.

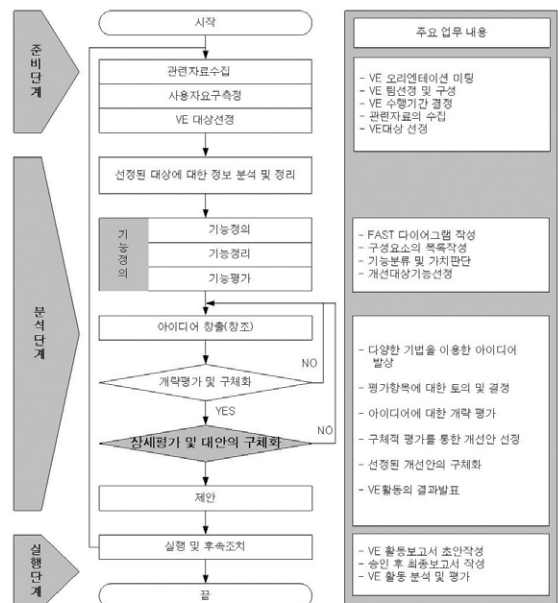


그림 1. VE Job Plan

\* 일반회원, (주)에스아이엠플랜 대표이사, 국제공인VE전문가(CVS), s0509i@naver.com  
 \*\* 일반회원, (주)새늘유비아이 대표이사, 토목기사, 가치관리전문가(KCVS) kmuvi@uvi.co.kr  
 \*\*\* 일반회원, (주)새늘유비아이, 민자사업부 부장 가치관리지도사1급(KVMP), opcsw@uvi.co.kr  
 \*\*\*\* 일반회원, (주)새늘유비아이, VE사업부 부장 가치관리전문가(KCVS), aplor@nate.com  
 \*\*\*\*\* 일반회원, (주)에스아이엠플랜, 민자사업부 부장 ga\_zl016@hanmail.net

그러나 이와 같은 일반적인 설계VE 절차는 분석단계의 대안 평가시 성능평가와 LCC분석에 대한 상세한 절차 및 분석결과에 대한 평가지수 산정에 대한 명확한 규명이 되어있지 않아 실무 활용에 있어 다소간의 혼란이 야기되고 있는 실정이다.

또한 실무 활용자 대부분이 성능 및 LCC분석시 입력변량에 대한 불확실성을 고려하지 못하는 확정적인 분석기법이 사용되어 지고 있어 분석결과에 대한 신뢰도가 상당히 낮은 수준이다. 따라서 본 연구에서는 성능 및 LCC 분석에 대한 신뢰도 향상을 위해 확률적 분석기법을 도입한 설계VA 방법론을 제시하였으며, 본 연구에서 제안된 절차에 의해 “OO대교 및 연결도로 건설공사 실시설계” 프로젝트에 대한 VA수행 사례를 중심으로 타당성을 검토하였다.

### 1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구는 다음 그림 1과 같은 절차 및 방법에 따라 진행한다.

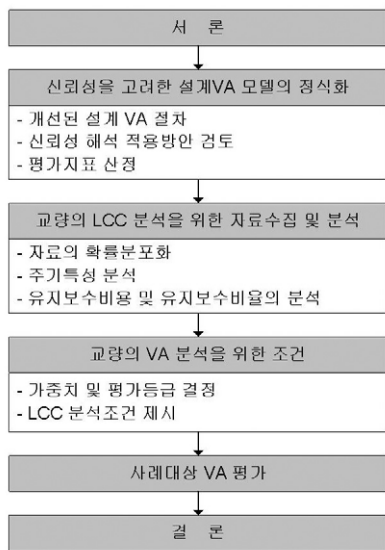


그림 2. 연구의 범위 및 절차

상기의 그림 2와 같은 본 연구의 절차를 구체적으로 설명하면 다음과 같다.

첫째, 기능정의가 완료된 이후 도출된 대안들의 대안평가시 신뢰성 있는 분석을 위하여 개선된 설계VA 절차와 가치상태함수를 정식화하였으며, 가치평가절차에서의 일관성 및 효율성을 확보하기 위하여 평가지표방안을 제시하였다.

둘째, 교량의 LCC분석을 위한 DB를 수집 및 분석하였다. 자료의 수집범위는 기존에 수행된 교량의 LCC분석 연구 문헌을 기초로 하여 분석하였으며, 분석결과에 대한 신뢰도 확보 및 수집된 자료의 불확실성 처리를 위해 MCS 기법을 적용하였다.

셋째, 교량 VA 분석을 위한 기본 가정사항을 제시하였다.

대안별 성능평가를 위한 가중치 및 평가등급과 LCC 분석을 위한 LCC 분석모델, 분석기간, 할인율, 사용자비용, 안전점검 및 안전진단비용에 대한 조건을 제시하였다.

넷째, 사례대상인 “OO대교 및 연결도로 건설공사 실시설계” 프로젝트에 대한 VA수행 사례를 중심으로 타당성을 검토하고 결론을 도출하였다.

### 1.3 선행연구의 고찰

현재까지 국내에서 수행되어온 교량의 VA 분석에 관한 연구들은 VA 분석과정 중 발생할 수 있는 모든 불확실성을 고려하기 보다는 불확실성이 많이 내재되어 있다고 판단되어진 LCC 측면에서만 불확실성을 고려하였으며 LCC 분석을 위한 내용년수, 주기, 단가 등의 DB 수집 등이 그 중심에 있다. 이러한 선행연구들은 ‘LCC분석을 이용한 교량 유지관리수준에 관한 연구’(천용현, 2005), ‘LCC기법을 이용한 PSCI형 교량의 경제성분석에 관한 사례연구’(강창희, 2004), ‘확률적 보수보강 주기 추정법을 적용한 경량전철 교량의 LCC추정에 관한 연구’(김현배, 2008) 등이 있다.

따라서 본 연구에서는 확률적 LCC 및 확률적 성능평가를 고려한 설계 VA분석 방법을 제안하였으며, 신뢰성 해석의 개념을 도입하여 신뢰도를 확보한 의사결정을 지원토록 하였다.

## 2. 신뢰성을 고려한 설계VA 모델의 정식화

### 2.1 개선된 설계VA 절차

기능정의가 완료된 이후 도출된 대안들의 대안평가시 신뢰성 있는 분석을 위하여 그림 3과 같이 개선된 설계VA 절차를 정식화하였다.

개선된 설계VA 절차는 성능분석 단계, LCC분석단계, 가치분석 단계의 3단계로 구분하였다. 성능분석 단계에서는 기능분석을 통한 대안도출과정이 포함되어 있지 않으며 기 도출된 비교 대안의 성능비교를 위한 품질모델을 기준으로 대안의 성능평가(정성적평가)를 수행하고, LCC분석 단계에서는 설계초기단계에서부터 유지관리 및 해체·폐기시까지 발생하는 총 비용을 고려한 정량적 평가를 수행하며, 가치분석 단계에서는 LCC분석과 성능평가결과의 상관성을 규명하고 이를 활용하여 가치분석을 수행하도록 하였다.

또한 개선된 설계VA모델은 성능분석 단계, LCC분석 단계, 가

치분석 단계의 전 단계에서 모든 변수 즉 성능분석 단계의 항목별 가중치, 비교형식별 등급점수, 비교형식별 성능점수와 LCC 분석 단계의 시간, 주기, 단가, 보수율, 할인율의 불확실 특성치를 모든 변수에 대한 불확실 변량으로 처리하여 분석을 수행할 수 있도록 하여 설계VA결과에 대한 신뢰도를 향상 시켰다.

또한 의사결정에 있어서도 신뢰성 해석의 개념을 도입하여 가치 한계상태모형에 대하여 대안 비교형식안에 대한 기준 비교형식안의 가치 초과확률을 산정함으로써 신뢰도를 확보한 의사결정을 가능하게 하였다. 개선된 설계VA 절차는 다음 그림 3과 같다.

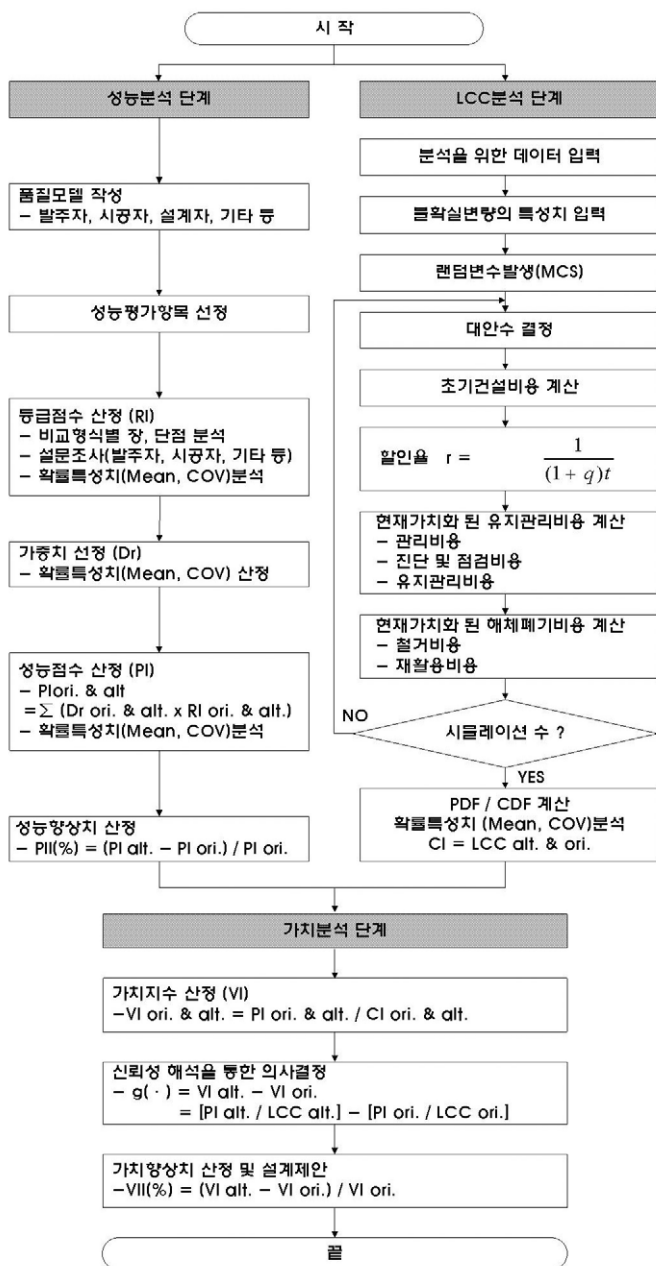


그림 3. 신뢰도를 강조한 설계VA 절차

## 2.2 신뢰성해석의 도입

확률적 방법에 의한 가치분석 결과에서 누적확률분포 (Cumulative Distribution Function)의 발생확률이력에 따른 대안별 비용분포가 그림 4에서 보는 바와 같이, 결과의 일관성을 유지하지 못하는 경우 즉, 발생확률이 65% 이하에서는 대안 B가 대안 A보다 가치가 더 높으며, 발생확률이 65% 이상의 경우에는 대안 A가 대안 B보다 가치가 더 높은것을 알 수 있다. 이와 같은 경우 두 대안 중에서 임의 대안의 상대적 우수성을 평가하기에는 다소 무리가 따른다.

따라서, 신뢰성해석 개념을 도입하여 대안 A와 B가 무작위변량인 경우, 상대적 우위성은 무작위변량인 안전여유(Safety Margin)  $V = B - A$ 로 표현되며,  $V > 0$ 일 때 대안 A가 상대적 우위를 가지며,  $V \leq 0$ 일 때 상대적 우위성을 상태가 되어 대안 B가 상대적 우위성을 가지게 된다.

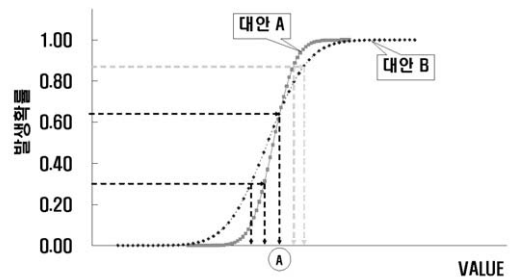


그림 4. 신뢰성해석의 필요성

따라서 본 연구에서는 각 대안별 확률적 LCC 및 성능의 두가지 변수 모두를 무작위변량으로 고려하여, 이들 각각의 값을 근거로 확률적 및 신뢰성 해석을 통한 합리적이며 신뢰도가 높은 가치분석을 수행할 수 있도록 하였다. 이를 위한 가치한계상태 함수는 식 1과 같이 정식화하였다.

$$g(\cdot) = VI_{alt.} - VI_{ori.} = [PI_{alt.} / LCC_{alt.}] - [PI_{ori.} / LCC_{ori.}] \quad \text{식 1}$$

여기서,  $VI_{alt.}, VI_{ori.}$  = 대안 및 원안의 확률적 가치지수

$PI_{alt.}, PI_{ori.}$  = 대안 및 원안의 확률적 성능지수

$LCC_{alt.}, LCC_{ori.}$  = 대안 및 원안의 확률적 LCC 값

식1에서 보는 바와 같이  $PI_{alt.}, PI_{ori.}, LCC_{alt.}, LCC_{ori.}$  는 정규 분포, 균등분포, 삼각형분포와 같은 형태의 랜덤변량이며, 평균 (Mean)과 변동계수(Coefficients Of Variation, COV)로 표현된다. 식1에서와 같이 제안된 한계상태함수에 대한 신뢰성해석은 대안의 가치지수가 원안의 가치지수 보다 더 높게 산정될 확률

을 정량화 할 수 있게 된다. 따라서 제안된 방법론은 LCC분석을 위한 입력데이터(시간, 비용, 비율, 할인율 등)와 성능지수 산정값(가중치, 등급 등)의 불확실성과 변동성을 고려하여 분석하는 것이 가능하다.

### 2.3 평가지표 산정방안

기존의 일반적인 설계VA 프로세스는 가치평가를 위한 평가지표가 일원화되지 못하여 분석수행자에 따라 분석결과 지표의 상이성을 나타내고 있다. 따라서 가치평가절차에서의 일관성 및 효율성을 확보하기 위하여 평가지표 산정방안을 표 1에 나타내었다.

표 1. 가치평가를 위한 평가지표

구분	산출식
품질모델가중치(Dr)	$\Sigma(\text{각항목별 } Dr)$
등급점수(RI)	$\Sigma(\text{각항목별 } RI)$
성능지수(PI)	$PI = \Sigma(Dr \times RI) / 10$
상대 LCC지수(CI)	$CI = LCC_{alt} / LCC_{ori}$
가치지수(VI)	$VI = \Sigma(PI / CI)$

주) 하첨자 ori는 원안, alt는 대안임.

## 3. 교량의 LCC분석을 위한 자료수집 및 분석

구성요소별 LCC분석을 위해서는 우선 유지관리조치에 대한 보수·보강 / 교체주기 및 단가에 대한 특성 파악이 무엇보다 중요하다. 따라서 본 장에서는 국내의 연구 문헌 자료인 도로교의 공용수명연장방안(시설안전기술공단/건설교통부, 2000), 교량의 LCC분석모델개발 및 DB구축방안연구(한국시설안전기술공단, 2002), 고속도로 교량형식별 생애주기비용(LCC)분석 연구 1, 2차(한국도로공사, 2002, 2003) DB를 분석 제시하였다.

### 3.1 자료의 확률분포화

많은 입력변수의 불확실성을 동시에 고려하기 위해 MCS 기법이 많이 이용한다. 불확실성을 내포한 입력변수는 확률분포로서 정의될 수 있는데 MCS 기법에서는 입력변수의 확률분포로부터 표본을 추출하여 결과를 산정한다. 이 과정을 정해진 횟수만큼 반복하여 추정된 결과의 분포를 구하게 된다.

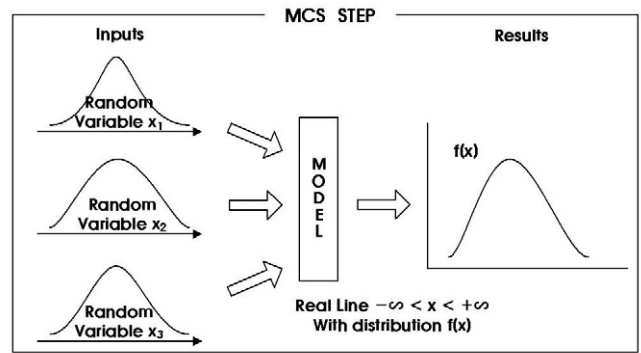


그림 5. MCS기법에 의한 확률분포화

따라서, MCS 기법을 이용하는 경우에는 최고의 경우와 최악의 경우 등 모든 경우의 조합이 가능하게 된다. 또한 MCS 기법에 의해 입력자료 분포로부터 하나의 표본을 산출할 때는 표본에 대한 발생확률이 고려되므로 현실적이라고 할 수 있다. 그림 3은 이러한 MCS 방법의 개념을 보여준다. MCS 기법은 또한 입력 변수가 어떤 확률분포라고 가정하더라도 적용하기가 편리하다. 따라서 본 연구에서는 수집된 자료의 불확실성 처리 및 확률분포화를 위해 MCS 기법을 적용하였다.

### 3.2 주기특성 분석

수집된 DB에 대한 주기특성 분석 결과를 부재별, 손상유형별 및 공법별로 구분하여 표 2에 제시하였다. 또한 각 부재별 세부 분석결과는 표 3과 같이 제시하였다. 예를 들어 표 3의 교면포장의 절삭오버레이 공법의 주기특성분석은 자료A의 확률특성치(Mean : 10년, COV : 0.1)와 자료B의 확률특성치(Mean : 12.26년, COV : 0.12)를 MCS기법을 사용하여 하나의 확률특성치(Mean : 10.89년, COV : 0.08)로 분석한 결과를 나타낸다. 그리고 확률분포차트는 2개의 Input DB와 하나의 Result DB의 확률밀도함수(PDF)의 결과를 보여주고 있다. 이하 모든 부재별 분석결과도 MCS기법을 사용하여 결과를 도출하였다. 본 논문에는 지면관계상 하나의 예시만 제시하였으며, 나머지는 결과로 대신 하였다.

### 3.3 유지보수비용 및 유지보수비율의 분석

부재별 유지보수비용 및 비율도 3.2에서 제시한 MCS기법을 적용하여 분석하였으며 분석결과는 표 4와 같다.

표 2. 부재별 주기특성 분석결과

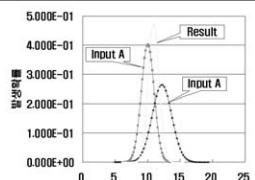
부재구분	손상유형	공 법		주 기(년)		
		공 법 명	평균	COV		
교면포장	균열	절삭오버레이	10.89	0.08		
	요철	아스팔트오버레이	11.06	0.08		
배수시설	체수	교체	7.58	0.14		
	기타	보수	7.4	0.14		
난간/연석	부식	보수	9.19	0.15		
	기타	교체	11.54	0.13		
신축이음(본체)	파손	교체보수	11.08	0.13		
	노화	비배수화공	10.52	0.12		
신축이음(후타재)	파손	교체보수	10.86	0.13		
	유간	조인트단부보강	9.93	0.12		
받침	부식	보수	8.8	0.11		
	노화	교체	11.85	0.12		
비דפאן	균열·탈락	수지주입	10.98	0.22		
		강판접착	21.52	0.25		
	누수·백태	교량방수	5.65	0.12		
		강판접착	20.67	0.25		
콘크리트	주형중양부	수지주입	13.25	0.15		
		강판접착	30.16	0.2		
	주형지점부	강판접착	24.29	0.3		
		수지주입	15.32	0.14		
	가로보	수지주입	6.93	0.11		
		모르타르펫칭	11.37	0.12		
강재주형	주형균열파손	프리스트레스도입	19.57	0.16		
		탄소섬유보강	20.3	0.16		
	주형연결부	볼트의 교체	9.77	0.15		
		용접보수공법	13.21	0.15		
	가로보	겹침부재	29.32	0.17		
		주형표면	도장보수	11.34	0.19	
		겹침부재	13.21	0.18		
	교대/교각	구체	그라우트주입	13.69	0.15	
토류벽 콘크리트충전			14.5	0.15		
기초		기초보강말뚝증설	13.55	0.13		
		RC 보강	11.51	0.12		

표 4. 부재별 유지보수비용 분석결과

부재구분	손상유형	공 법		단위단가(천원)			보수율 (%)
		공법명	평균	COV	단위		
교면포장	균열	절삭오버레이	24.75	0.2	m <sup>2</sup>	52	
	요철	아스팔트오버레이	38.1	0.2	m <sup>2</sup>	23	
배수시설	체수	교체	152.9	0.2	개	59	
	기타	보수	146.2	0.2	개	38	
난간·연석	부식	보수	33.24	0.163	m	43	
	기타	교체	141.5	0.2	m	24	
신축이음(본체)	파손	교체보수	2081.2	0.509	m	93	
	노화	비배수화공	644.1	0.2	m	4	
신축이음(후타재)	파손	교체보수	526.3	0.2	m	79	
	유간	조인트단부보강	133.4	0.005	m	6	
받침	부식	보수	544.6	0.2	개	61	
	노화	교체	4748.9	0.005	개	34	
비דפאן	균열·탈락	수지주입	140.4	0.213	m <sup>2</sup>	53	
		강판접착	415.8	0.2	m <sup>2</sup>	21	
	누수·백태	교량방수	190.9	0.249	m <sup>2</sup>	40	
		강판접착	415.8	0.2	m <sup>2</sup>	19	
콘크리트	주형중양부	수지주입	190.9	0.249	m <sup>2</sup>	26	
		강판접착	359	0.2	m <sup>2</sup>	25	
	주형지점부	강판접착	359	0.2	m <sup>2</sup>	54	
		수지주입	125.7	0.2	m <sup>2</sup>	26	
	가로보	수지주입	127.9	0.2	m <sup>2</sup>	76	
		모르타르펫칭	271.5	0.2	m <sup>2</sup>	12	
강재주형	주형균열파손	프리스트레스도입	10448.9	0.2	m <sup>2</sup>	34	
		탄소섬유보강	266.75	0.2	m <sup>2</sup>	17	
	주형연결부	볼트의 교체	266.75	0.2	개	40	
		용접보수공법	266.75	0.2	m <sup>2</sup>	10	
	가로보	겹침부재	266.75	0.2	m <sup>2</sup>	20	
		주형표면	도장보수	17.5	0.2	m <sup>2</sup>	93
		겹침부재	266.75	0.2	m <sup>2</sup>	4	
교대·교각	구체	그라우트주입	187.9	0.141	m <sup>2</sup>	24	
		토류벽 콘크리트충전	137.1	0.2	개	13	
	기초	기초보강말뚝증설	104.62	0.2	m <sup>2</sup>	61	
		RC 보강	368.3	0.2	m <sup>2</sup>	8	

표 3. 교면포장 절삭오버레이의 주기특성 분석(예시)

구 분	자료A	자료B	확률분포 차트	
			Input A	Result
교면포장	손상유형	균 열		
	공 법	절삭오버레이		
	Input DB	평균	10	12.26
	COV	0.1	0.12	
result DB	평균	10.89		
	COV	0.08		



## 4. 교량 VA분석을 위한 조건

### 4.1 가중치 및 평가등급 결정

평가항목에 대한 가중치 및 평가등급은 정성적 평가에 의한 대안 결정에 있어 대단히 중요한 요소이다. 따라서 가중치는 국

내에서 가장 많이 사용되어지고 있는 계층화분석과정(Analytic Hierarchy Process : AHP)과 델파이기법(Delphi Technique)을 복합적으로 적용하여 분석결과에 대한 신뢰도를 높일 수 있도록 하였으며, 평가항목에 대한 평가등급은 델파이기법을 적용하여 발주청, 원설계사, 시공사, 설계사 등 모든 분야의 의견을 종합적으로 분석하여 데이터의 신뢰도를 높일 수 있도록 하였다.

또한 데이터의 불확실성을 반영할 수 있도록 평가항목별확률 특성치로 분석 제시하였다.

### 4.2 LCC분석 조건

#### (1) LCC분석 모델

본 프로젝트의 대안을 구체화 하기위해 사용된 생애주기비용 분석 모델을 정식화 하면 식 2와 같다.

$$PVLCC = IC + PVORM + PVD \quad \text{식 2.}$$

여기서, PVLCC = 현재가치의 총기대비용

IC = 초기비용

PVORM = 유지관리비용

PVD = 해체 및 폐기비용

또한 시설물의 생애주기에 발생하는 모든 비용을 현재 시점으로 환산하는 방법으로 현재가치법을 사용하였다.

n년 후에 1회 발생하는 비용을 F, 할인율 i, 분석기간이 n년이면, 이 비용의 현재 가치(P)는 식 3에 의해 산출한다.

$$P = \frac{1}{(1+i)^n} \times F \quad \text{식 3.}$$

### (2) 분석기간

일반적으로 LCC분석을 위한 분석기간은 비교대안 중 가장 긴 수명을 가진 대안이 적어도 1번 이상의 교체가 이루어지도록 분석기간을 설정하도록 권장하고 있다. 본 논문에서는 최근의 연구결과를 사용하여 분석기간은 100년으로 가정하였다.

### (3) 할인율

할인율은 돈의 시간적 가치를 나타내는 계수로서 발생기기가 서로 다른 비용을 일정한 기준시점으로 환산하며, 시간경과에 따른 물가변동효과를 고려하여 적용하여야 한다.

본 연구에서는 통계청과 한국은행에서 자료를 인용해 금리 자유화가 시작된 이후의 과거 15년(1993~2007)의 소비자 물가지수, 시중은행 일반대출금리를 조사하여 실질할인율 3.75%(표준편차 : 0.023)를 기준으로 적용하였다.

### (4) 사용자비용

사용자 비용은 초기 건설시, 보수·보강 등의 유지관리 조치 시 주로 발생된다. 또한 사용자 비용은 광범위한 의미를 갖기 때문에 교량의 이용자가 교량의 정상적으로 통행을 못하게 되어 추가로 지불되는 비용 즉 교량의 재포장, 신속이음교체 등의 작

업시 교량을 우회하거나 차량통행시 운행속도의 지연에 의해 발생하는 비용의 합으로 나타낼 수 있다.

본 연구에서는 Ehlen/Marshnl(1996)이 제시하여 미 NIST (National Institute of Standards and Technology)에서 사용되고 있는 함수를 사용하였다. 적용된 사용자비용은 식4와 같이 차량운행비용(CVOC)과 시간지연비용(CTDC)의 합으로 산출된다.

$$C_r = C_{voc} + C_{TDC} \quad \text{식 4.}$$

$$C_{voc} = \left( \frac{L}{S_a} - \frac{L}{S_n} \right) \times ADT \times N \times r \quad \text{식 4-1.}$$

$$C_{TDC} = \left( \frac{L}{S_a} - \frac{L}{S_n} \right) \times ADT \times N \times w \quad \text{식 4-2.}$$

- 여기서, L = 영향받는 도로의 길이
- S<sub>a</sub> = 보수공사기간동안의 교통속도
- S<sub>n</sub> = 정상상태의 교통속도
- ADT = 평균일일교통량
- N = 공사기간
- r = 차량운행 비용의 기중평균
- w = 운전자의 시간가치

### (5) 안전점검 및 정밀안전진단 비용

교량의 LCC 분석을 위하여 교량의 수명 및 유지관리비용 산출에 직접적인 영향을 줄 수 있는 안전점검 및 정밀안전진단 비용을 고려하여야 한다. 일반적으로 안전점검 및 정밀안전진단의 목적은 현장조사 및 각종 시험에 의해 시설물의 물리적·기능적 결함 및 내재되어있는 위험요인을 발견하고, 이에 대한 신속하고 적절한 조치 및 보수보강 방법을 제시하여 시설물의 안전을 확보하는데 있다. 본 연구에서는 “시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 지침”에 입각하여 정기점검, 정밀점검, 정밀안전진단 비용을 산출하여 적용하였다.

### (6) 기타

본 과업의 대상교량이 복선교량임을 감안하여 작업시간의 산정은 가설장비의 작업 성능에 현장작업의 현실성을 고려하여 가중치를 두어 시간을 산정하였다. 또한 복선교량이므로 포장의 재포장시는 일방향 통제 후 반대방향을 시공하는 것을 원칙으로

하였으며, 재포장만(재포장 1, 2회)을 시행할 시에는 작업시간을 일방향 8시간으로 두어 양방향 교통통제시간을 12시간으로 가정하였으며, 방수층 및 재포장시(재포장 3회)는 작업시간을 일방향 3일로 두어 양방향 교통통제시간을 6일로 가정하였다.

또한 교량의 해체 및 폐기비용은 표 5와 같이 산정하여 적용하였다.

표 5. 교량의 해체·폐기비용 산정 (단위:원/m<sup>2</sup>)

교량형식	철거비용(A)	폐기비용(B)	재활용비용(C)	총비용(A+B+C)
강박스거더교	682,575	23,328	43,022	748,925

## 5. 적용사례 분석 및 고찰

### 5.1 분석개요

본 적용사례는 구리시와 강동구를 직결하는 한강 횡단교량인 OO대교를 대상으로 하였다. 본 대상교량은 중로아치교의 형식을 채택한 교량으로서, 주교량부(중로아치교)와 접속교량부(Steel Box Girder교)로 구분되며, 분석대상 교량은 접속교량에 한정하였다.

교량 시점부는 저지대 농경지로 형성된 개발제한 구역으로 강변북로(천호대교~도평리)와 연계되어있으며, 교량 종점부 또한 개발제한 구역으로 점마을 및 암사정수장이 위치하고 있다.

이러한 주변여건을 고려한 OO대교의 일반현황 및 단면도는 표 6, 표 7과 같다.

표 6. 가설 및 분석조건

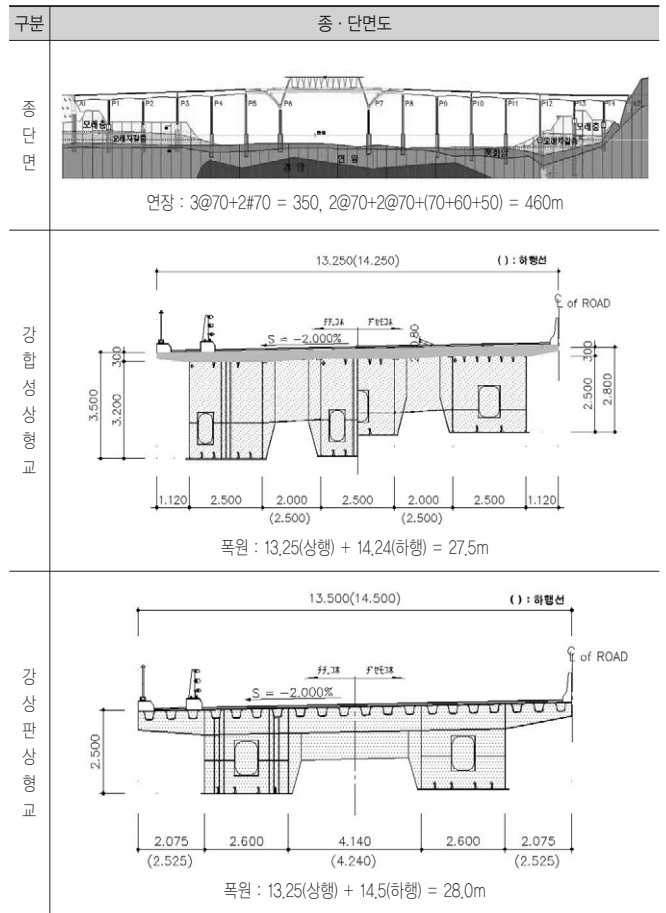
구분	중·단면도
선형조건	평면선형 : 시점부 원곡선부 1개소, 램프접속부 원화, 곡선부 6개소 종단선형 : 1% 및 완화곡선 폭원변화 : 4~6차로, 램프 접속부 확폭, 보도비대칭에 따른 좌우 폭원 상이
지장물조건	광역상수도관 : 종점부 상수도관(직경 2.2m) 2개소
통과조건	한천협의 : 제방내 70m 이상 경간장 필요 한강 및 고수부지 : 수상시공가능형식 필요 통과높이 5.0m로 가설동바리 설치 제한

### 5.2 분석결과

본 사례의 분석은 앞 절에서 제시한 설계VA 절차에 의해 실시하였다. 분석결과는 성능분석 단계, LCC분석 단계, 가치분석 단계의 3단계로 구분 제시하였다.

#### 5.2.1 성능분석 단계

표 7. 분석대안 일반현황



#### (1) 성능 평가항목 선정

기본설계안 검토를 통한 가설 및 분석조건과 발주청 및 사용자의 기대수준 등 다각도로 검토하여 총 8가지의 평가항목을 선정하였다.

- 기능성 : 주교량과의 연속성을 확보하고, 운전자의 시거 확보 및 주행 중 안전성을 확보할 수 있는 형식
- 친환경성 : 한강내 하천부지 점유를 최소화 및 하상 오염을 최소화 할 수 있는 형식
- 선형조건 : 시점부 원곡선부에 따른 시공 가능성 검토
- 공사실적 : 장대교량 건설로 인한 시공어려움 따라서 국·내외 시공실적이 풍부한 형식 선정
- 통과능력 : 통과높이 5m로 가설동바리 설치 제약에 따른 수상시공이 가능한 형식인지 검토
- 경관성 : 주변 한강교량과의 조화성 및 미관을 고려한 형식 선정
- 민원가능성 : 교량 신설에 따른 민원발생 최소화 검토
- 유지관리성 : 운영 중 유지관리 효율성 및 비용 검토

(2) 성능 평가항목에 대한 가중치 선정(Dr)

가중치는 국내에서 가장 많이 사용되어지고 있는 계층화분석 과정(Analytic Hierarchy Process : AHP)과 델파이기법(Delphi Technique)을 복합적으로 적용하여 분석결과에 대한 신뢰도를 높일 수 있도록 하였다. 표 8은 평가항목별 가중치 선정결과를 보여주고 있다.

표 8. 가중치 선정결과

항목구분	평균	COV	항목별 확률밀도함수(PDF)
기능성	24.7	0.06	
친환경성	14.3	0.04	
선형조건	14	0.07	
공사실적	10	0.1	
통과능력	10.7	0.05	
경관성	12.3	0.05	
민원가능성	5	0.2	
유지관리성	9	0.11	
합계	100	0.026	

(3) 대안별 등급평가(RI)

평가항목에 대한 평가지수는 델파이기법을 적용하여 발주청, 원설계사, 시공사, 설계사 등 모든 분야의 의견을 종합적으로 분석하여 데이터의 신뢰도를 높일 수 있도록 하였다. 비교대안별 선정결과는 표 9와 같다.

표 9. 대안별 등급평가 결과

항목구분	강합성상형교		강상판상형교	
	등급(점)	COV	등급(점)	COV
기능성	8.3	0.07	9.3	0.06
친환경성	7.7	0.08	8.7	0.07
선형조건	8.7	0.07	7.3	0.08
공사실적	7.7	0.08	8.3	0.07
통과능력	8.3	0.07	9.3	0.06
경관성	8.3	0.07	8.7	0.07
민원가능성	7.7	0.08	8.3	0.07
유지관리성	7.3	0.08	8.0	0.13
합계	64.0	0.026	68.0	0.027

비교대안에 대한 신뢰구간별 등급지수를 비교해본 결과 강상판상형교가 강합성상형교보다 모든 신뢰구간에서 등급이 우수한 것으로 분석되었다. 신뢰구간 50%에 해당하는 값을 비교해 볼 때 강합성상형교의 등급지수가 64점, 강상판상형교가 68점으로 강상판상형교가 4점(2.7%) 앞서는 것으로 분석되었다. 표 10은 신뢰구간별 등급지수, 그림 6은 불확실성을 고려한 등급지수의 발생확률 및 누적발생확률을 보여주고 있다.

표 10. 신뢰구간별 등급지수 선정결과

구분	등급지수(RI)		등급향상치 (RI <sub>alt.</sub> - RI <sub>ori.</sub> ) / RI <sub>ori.</sub>
	강합성상형교	강상판상형교	
신뢰구간 10%	61.8	65.6	0.061
신뢰구간 20%	62.6	66.4	0.061
신뢰구간 30%	63.1	67	0.062
신뢰구간 40%	63.6	67.5	0.062
신뢰구간 50%	64	68	0.062
신뢰구간 60%	64.4	68.4	0.063
신뢰구간 70%	64.9	68.9	0.063
신뢰구간 80%	65.4	69.5	0.063
신뢰구간 90%	66.1	70.3	0.064
신뢰구간 99%	67.9	72.3	0.065

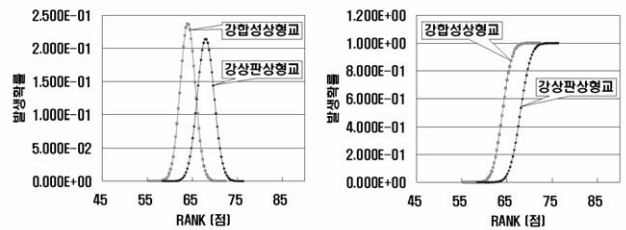


그림 6. 등급지수에 대한 PDF 및 CDF

또한 분석된 등급지수에 대한 일관성을 평가하기 위하여 등급지수에 대한 한계상태 함수식을 식5와 같이 선정하였다.

$$g(RI) = \sum RI_{alt.} - \sum RI_{ori.} \tag{식 5}$$

여기서, RI<sub>alt.</sub>, RI<sub>ori.</sub> = 대안 및 원안의 확률적 등급지수

위 식에 의해 그림 6의 PDF를 한계상태함수 PDF로 변환하면 표 11과 같다.

표 11. 등급지수에 대한 신뢰도 분석

구분	발생확률	한계상태함수 결합 PDF
등급지수 > 0	94.20	
등급지수 < 0	5.80	

최종적으로 등급지수에 대한 신뢰도를 분석한 결과 강상판상형교가 강합성상형교보다 등급지수가 높을 확률이 94.2%로 유리하나, 5.8%는 반대인 경우가 발생할 수 있는 것으로 분석되었다.



(4) 대안별 성능평가(PI)

본 단계에서는 이전단계에서 분석된 평가항목별가중치(Dr)와 대안별 등급지수(RI)에 따라 성능지수(PI)를 산정하였다. 비교대안별 성능지수 산정결과는 표 12와 같다.

표 12. 대안별 성능지수 산정결과

항목구분	강합성상형교		강상판상형교	
	평균	COV	평균	COV
기능성	20.3	0.1	23.2	0.09
친환경성	11	0.08	12.6	0.08
선형조건	12.2	0.1	10.2	0.11
공사실적	7.7	0.13	8.2	0.13
통과능력	8.9	0.09	10	0.08
경관성	10.2	0.08	10.7	0.08
민원가능성	3.9	0.22	4.1	0.22
유지관리성	6.7	0.15	7.1	0.16
합 계	80.9	0.08	86.2	0.04

비교대안에 대한 신뢰구간별 성능지수를 비교해본 결과 강상판상형교가 강합성상형교보다 모든 신뢰구간에서 성능이 우수한 것으로 분석되었다. 신뢰구간 50%에 해당하는 값을 비교해 볼때 강합성상형교의 성능지수가 80.9점, 강상판상형교가 86.2점으로 강상판상형교가 5.3점(6.6%) 앞서는 것으로 분석되었다. 표 13은 신뢰구간별 성능지수, 그림 7은 불확실성을 고려한 성능지수의 발생확률 및 누적발생확률을 보여주고 있다.

표 13. 신뢰구간별 성능지수 산정결과

구분	성능지수 PI = $\sum(Dr \times RI) / 10$		성능항상치 ( $PI_{alt.} - PI_{lori.}$ ) / $PI_{lori.}$
	강합성상형교	강상판상형교	
신뢰구간 10%	77	81.8	0.062
신뢰구간 20%	78.4	83.2	0.062
신뢰구간 30%	79.3	84.3	0.062
신뢰구간 40%	80.2	85.2	0.062
신뢰구간 50%	80.9	86.2	0.062
신뢰구간 60%	81.8	86.9	0.063
신뢰구간 70%	82.6	87.8	0.063
신뢰구간 80%	83.6	88.8	0.063
신뢰구간 90%	84.9	90.3	0.063
신뢰구간 99%	88.2	93.7	0.063

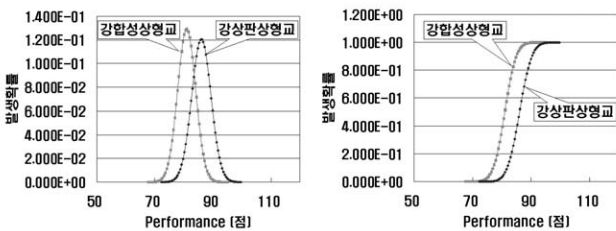


그림 7. 성능지수에 대한 PDF 및 CDF

또한 분석된 성능지수에 대한 일관성을 평가하기 위하여 성능지수에 대한 한계상태 함수식을 식 6과 같이 산정하였다.

$$g(PI) = PI_{alt.} - PI_{lori.} \quad \text{식 6.}$$

$$= \sum(Dr \times RI_{alt.}) - \sum(Dr \times RI_{lori.})$$

여기서,  $PI_{alt.}$ ,  $PI_{lori.}$  = 대안 및 원안의 확률적 성능지수  
 $RI_{alt.}$ ,  $RI_{lori.}$  = 대안 및 원안의 확률적 등급지수  
 $Dr$  = 확률적 가중치

위 식에 의해 그림 7의 PDF를 한계상태함수 PDF로 변환하면 표 14와 같다.

표 14. 성능지수에 대한 신뢰도 분석

구분	발생확률	한계상태함수 결합 PDF
성능지수 > 0	87.30	
성능지수 < 0	12.70	

최종적으로 성능지수에 대한 신뢰도를 분석한 결과 강상판상형교가 강합성상형교보다 성능지수가 높을 확률이 87.3%로 유리하나, 12.7%는 반대인 경우가 발생할 수 있는 것으로 분석되었다.

5.2.2 LCC분석 단계

(1) 입력데이터 및 가정사항

본 사례를 분석하기 위하여 분석시작년도는 2008년, 분석기간은 100년, 할인율은 3.75%(표준편차 : 0.023)를 적용하였다.

초기공사비 산출을 위한 공사비 산출내역은 표 15와 같으며 단위단가는 2007년 건설표준품셈 및 물가정보를 기준으로 산정하였으며 대안별 초기공사비 산출내역은 표 15와 같다.

유지관리비 산출을 위한 주기, 보수 및 교체단가/보수율 입력 DB는 3. 4장에서 분석한 통계자료를 이용하여 변수들의 불확실성을 고려하였다.

해체 및 폐기비용은 표 5 “교량의 해체·폐기비용 산정” 결과에서 제시한 비용을 반영하였다.

표 15. 대안별 초기공사비 산출결과

구분	기본설계안	실시설계안
면적	23,460 m <sup>2</sup>	23,460 m <sup>2</sup>
강재중량	13,380 tonf	12,434 tonf
면적당중량	0.570 tonf/m <sup>2</sup>	0.530 tonf/m <sup>2</sup>
강교 통당 공사비	도장	338,000
	강교제작	1,924,000
	가설	468,000
	유지관리시설	5,000
	강교검사비	10,000
합계	2,745,000 × 1.46 = 4,000,000 원/ton	2,921,000 × 1.46 = 4,200,000 원/ton
상부공 ①	410,000 원/m <sup>2</sup>	300,000 원/m <sup>2</sup>
하부공 ②	867,000 원/m <sup>2</sup>	867,000 원/m <sup>2</sup>
부대공 ③	300,000 원/m <sup>2</sup>	300,000 원/m <sup>2</sup>
총(①+②+③)	1,577,000 원/m <sup>2</sup>	1,467,000 원/m <sup>2</sup>
총 공사비	<ul style="list-style-type: none"> <li>강교: 4,000,000 × 13,380 = 53,520,000,000원</li> <li>상·하부대공 = 1,577,000 × 23,460 = 36,996,420,000원</li> <li>총공사비: 90,516,420,000원</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>강교: 4,200,000 × 12,434 = 52,221,960,000원</li> <li>상·하부대공 = 1,467,000 × 23,460 = 34,415,820,000원</li> <li>총공사비: 86,637,780,000원</li> </ul>

또한 LCC 산출을 위한 비교대안별 물량은 표 16과 같다.

표 16. 대안별 물량 산출결과

구분	강합성상형교	강상판상형교	기본안대비 물량증감
강표면적	71,043 m <sup>2</sup>	65,703 m <sup>2</sup>	-5,340 m <sup>2</sup>
콘크리트표면적	23,460 m <sup>2</sup>	22,978 m <sup>2</sup>	-482 m <sup>2</sup>
강재도장	142,086 m <sup>2</sup>	131,406 m <sup>2</sup>	-10,680 m <sup>2</sup>
포장면적	11,951 m <sup>2</sup>	12,180 m <sup>2</sup>	+229 m <sup>2</sup>
바닥판면적	12,650 m <sup>2</sup>	12,880 m <sup>2</sup>	+230 m <sup>2</sup>
교좌장치	96 ea(포트받침)	128 ea(포트받침)	+32 ea
신축이음	181 m	174 m	-7 m
난간	3,062 m	3,062 m	0 m

(2) LCC 분석결과

상기의 입력데이터 및 가정사항을 기반으로 LCC분석을 수행하였다. 확률특성치를 고려한 비교대안별 LCC 및 상대 LCC는 표 17과 같다.

표 17. LCC 산정결과

구분	구분	강합성상형교	강상판상형교
LCC	평균	1,285.5	1,238.6
	COV	0.043	0.045
상대 LCC	평균	1.000	0.965
	COV	0.000	0.060

비교대안에 대한 신뢰구간별 LCC를 비교해본 결과 강상판상형교가 강합성상형교보다 모든 신뢰구간에서 LCC가 절감되는 것으로 분석되었다. 신뢰구간 50%에 해당하는 값을 비교해 볼

때 강합성상형교의 LCC가 1,286억원, 강상판상형교가 1,239억원으로 강상판상형교가 47억원(3.7%) 절감되는 것으로 분석되었다. 표 18은 신뢰구간별 LCC, 그림 8은 LCC 발생확률 및 누적발생확률을 보여주고 있다.

표 18. 신뢰구간별 LCC산정결과

구분	LCC(억원)		LCC절감치 (LCCalt.-LCCori.)/LCCori.
	강합성상형교	강상판상형교	
신뢰구간 10%	1,214.14	1,166.55	-0.039
신뢰구간 20%	1,238.64	1,191.28	-0.038
신뢰구간 30%	1,256.31	1,209.12	-0.038
신뢰구간 40%	1,271.41	1,224.35	-0.037
신뢰구간 50%	1,285.53	1,238.60	-0.037
신뢰구간 60%	1,299.64	1,252.84	-0.036
신뢰구간 70%	1,314.74	1,268.08	-0.035
신뢰구간 80%	1,332.41	1,285.92	-0.035
신뢰구간 90%	1,356.92	1,310.65	-0.034
신뢰구간 99%	1,415.12	1,369.39	-0.032

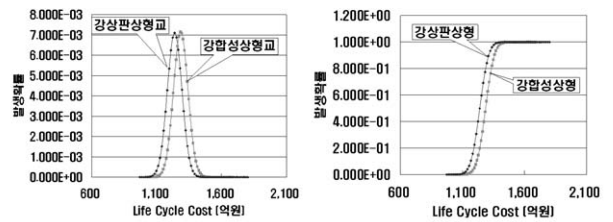


그림 8. LCC에 대한 PDF 및 CDF

또한 분석된 LCC에 대한 일관성을 평가하기 위하여 LCC에 대한 한계상태 함수식을 식 7과 같이 산정하였다.

$$g(LCC) = LCC_{alt.} - LCC_{ori.} \quad \text{식 7.}$$

여기서,  $LCC_{alt.}$ ,  $LCC_{ori.}$  = 대안 및 원안의 확률적 LCC

위 식에 의해 그림 8의 PDF를 한계상태함수 PDF로 변환하면 표 19와 같다.

표 19. LCC에 대한 신뢰도 분석

구분	발생확률	한계상태함수 결합 PDF
LCC > 0	25.0	
LCC < 0	75.0	

최종적으로 LCC에 대한 신뢰도를 분석한 결과 강상판상형교

가 강합성상형교보다 LCC가 경제적인 확률이 75%로 유리하나, 25%는 반대인 경우가 발생할 수 있는 것으로 분석되었다.

### 5.2.3 가치분석 단계

1단계인 성능분석 단계과 2단계인 LCC분석 단계에서 분석한 결과를 토대로 가치지수를 산정하면 표 20과 같다.

표 20. 대안별 가치지수 산정결과

항목구분	강합성상형교		강상판상형교	
	평균	COV	평균	COV
가능성	20.5	0.09	23.8	0.09
친환경성	11.1	0.09	12.8	0.08
선형조건	12.1	0.09	10.6	0.11
공사실적	7.6	0.12	8.6	0.13
통과능력	8.9	0.09	10.4	0.08
경관성	10.3	0.09	11.0	0.09
민원가능성	3.8	0.23	4.3	0.21
유지관리성	6.6	0.14	7.5	0.16
합 계	80.8	0.04	89.0	0.04

비교대안에 대한 신뢰구간별 가치지수를 비교해본 결과 강상판상형교가 강합성상형교보다 모든 신뢰구간에서 가치가 우수한 것으로 분석되었다. 신뢰구간 50%에 해당하는 값을 비교해 볼때 강합성상형교의 성능지수가 80.9점, 강상판상형교가 86.2점으로 강상판상형교가 5.3점(6.6%) 앞서는 것으로 분석되었다. 표 21은 신뢰구간별 가치지수, 그림 9는 불확실성을 고려한 가치지수의 발생확률 및 누적발생확률을 보여주고 있다.

표 21. 신뢰구간별 가치지수 산정결과

구분	가치지수(VI=PI/LCC)		가치향상치 (V <sub>alt.</sub> - V <sub>ori.</sub> ) / V <sub>ori.</sub>
	강합성상형교	강상판상형교	
신뢰구간 10%	76.7	84.7	0.104
신뢰구간 20%	78.2	86.2	0.103
신뢰구간 30%	79.2	87.3	0.103
신뢰구간 40%	80.1	88.3	0.102
신뢰구간 50%	80.9	89.1	0.102
신뢰구간 60%	81.7	90.0	0.102
신뢰구간 70%	82.6	91.0	0.102
신뢰구간 80%	83.6	92.1	0.101
신뢰구간 90%	85.0	93.6	0.101
신뢰구간 99%	88.4	97.2	0.100

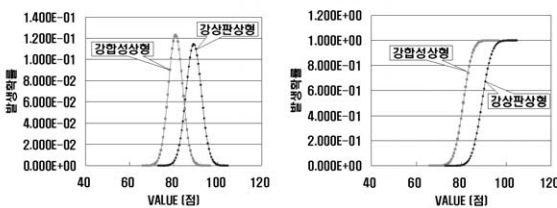


그림 9. 가치지수에 대한 PDF 및 CDF

또한 분석된 가치지수에 대한 일관성을 평가하기 위하여 성능 분석 단계와 LCC분석 단계에서 작성된 한계상태 함수식을 하나의 가치지수에 대한 한계상태 함수식으로 나타내면 식 8과 같이 산정할 수 있다.

$$g(VI) = VI_{alt.} - VI_{ori.} \tag{식 8}$$

$$= (PI_{alt.} / LCC_{alt.}) - (PI_{ori.} \times LCC_{ori.})$$

여기서,  $VI_{alt.}, VI_{ori.}$  = 대안 및 원안의 확률적 성능지수  
 $PI_{alt.}, PI_{ori.}$  = 대안 및 원안의 확률적 성능지수  
 $LCC_{alt.}, LCC_{ori.}$  = 대안 및 원안의 확률적 LCC

위 식에 의해 그림 9의 PDF를 한계상태함수 PDF로 변환하면 표 22와 같다.

표 22. 가치지수에 대한 신뢰도 분석

구분	발생확률	한계상태함수 결합 PDF
가치지수 > 0	95.1	
가치지수 < 0	4.9	

최종적으로 가치지수에 대한 신뢰도를 분석한 결과 강상판상형교가 강합성상형교보다 가치지수가 높을 확률이 95.1%로 유리하나, 4.9%는 반대인 경우가 발생할 수 있는 것으로 분석되었다.

### 5.3 고찰 및 설계제안

본 적용사례는 분석결과와 신뢰도 향상을 목적으로 확률적 LCC분석기법 및 확률적 성능평가를 활용한 개선된 설계VA절차에 의해 교량형식을 선정하였다. 개선된 설계VA절차는 성능분석 단계 - LCC분석 단계 - 가치분석 단계의 3단계로 구분되며 각 단계별 발생할 수 있는 불확실성을 고려한 신뢰성 분석을 수행하였다.

최종적으로 강상판상형교가 강합성상형교보다 성능 및 LCC 모든면에서 유리한 것으로 분석되었으며, 95%이상의 신뢰도를 가지고 있는 것으로 분석되었다.

## 6. 결론

본 연구에서는 확률적 LCC 및 확률적 성능평가를 고려한 설계 VA분석 방법을 제안하였으며, 신뢰성 해석의 개념을 도입하여 신뢰도를 확보한 의사결정을 지원토록 하였다. 또한, 본 연구에서 제안된 절차에 의해 실제 대상사업인 "OO대교 및 연결도로 건설공사 실시설계" 프로젝트에 대한 VA수행 사례를 중심으로 타당성을 검토하였다.

이와 같은 연구결과를 토대로 건설사업의 설계, 시공 및 유지관리 단계에서 VA절차를 실무에 효율적으로 활용한다면 건설사업의 원가절감 및 품질향상을 도모할 수 있을 것으로 기대되며, 교량, 철도, 도로 및 건축시설물 등의 타 분야에서도 충분히 활용 가능할 것으로 기대된다.

## 참고문헌

1. Caltrans (2003), Value Analysis Team Guide
2. Caltrans (2003), Value Analysis Report Guide
3. 김성일, 이광모, 최석원 (2007. 11), VE기법을 적용한 안동 문화예술회관 민간투자사업의 성능개선 사례연구, 한국건설관리학회 정기학술발표대회 논문집, pp. 1005~1010.
4. 건설교통부/시설안전기술공단 (2000), 도로교의 공용수명 연장방안 연구
5. 한국시설안전기술공단 (2002), 교량의 LCC분석모델개발 및 DB구축방안 연구
6. 한국도로공사 (2002, 2003), 고속도로 교량형식별 생애주기비용(LCC)분석 연구
7. 강창희, 최태희, 김용수 (2004), LCC기법을 이용한 PSCI형 교량의 경제성분석에 관한 사례연구
8. 천용현, 이영대, 박혁 (2005), LCC분석을 이용한 교량 유지관리수준에 관한 연구
9. 김현배, 김용수 (2008), 확률적 보수보강 주기 추정법을 적용한 경량전철 교량의 LCC추정에 관한 연구

논문제출일: 2008.06.26

심사완료일: 2008.11.11

## Abstract

In this study, a design value analysis technique that considered stochastic LCC and stochastic performance evaluation was proposed, and by introducing the concept of reliability analysis, a decision making that secured reliability was supported. The results of this study, which was carried out according to the above objectives and methods, are summarized as follows: 1) The design value analysis procedures and value state function, improved in order to carry out a reliable analysis when evaluating alternate proposals that were extracted after the function definition was complete, were formalized, and in order to secure consistency and efficiency for value evaluation procedures, an evaluation index scheme was proposed; 2) Database collection and analysis were done for a bridge's LCC analysis. As for the collection scope of data, literature of previous research done on a bridge's LCC analysis was used as the basis for analysis, and for securing reliability regarding analysis results and dealing with uncertainty of collected data, the MCS technique was applied; 3) Weights and evaluation ranks for performance evaluation of each of the alternate proposals, as well as LCC analysis model, analysis period, discount rate, user expense, safety inspection and safety diagnosis expense conditions for LCC analysis were proposed. Lastly, a feasibility study was done and conclusion was made about "OO grand bridge and connecting road construction work execution design" project centered on value analysis execution case.

Keyword : Value Engineering, Value Engineering analysis, Life Cycle Cost, Reliability Analysis