

교량 자산관리의 서비스수준 결정을 위한 성능척도 개발에 관한 기초연구

A Study on Development of Performance Measures for Level of Service(LOS) of Bridge Asset Management

선 종 완*
Sun, Jong-Wan

박 경 훈**
Park, Kyung-Hoon

이 민 재***
Lee, Min-Jae

박 철 우****
Park, Cheolwoo

요 약

사회기반시설물 중 교량은 다른 시설물보다 열악한 환경에 노출되며, 파손 등이 발생할 경우 훨씬 심각한 결과를 야기할 수 있으므로 일정 수준 이상의 안전에 관한 성능을 반드시 유지하여야 한다. 하지만 향후 교량의 유지관리를 위한 예산 및 인적자원은 더욱 한정되어 갈 것이다. 자산관리기법은 이러한 한정된 자원으로 효율적인 교량의 유지관리를 위한 중요한 대안이 될 수 있다. 자산관리기법을 적용하기 위해서는 교량이 제공하는 서비스의 수준(Level of Service; LOS)을 평가하기 위한 방법이 결정되어야 하며, LOS는 성능척도(Performance Measures; PM)를 통해 정량적으로 결정될 수 있다. 본 논문은 교량 자산관리를 위한 PM을 개발하였으며, PM을 활용한 LOS 평가 방법을 정립하였다. 이러한 LOS 평가 결과를 활용하여 자산관리 대상, 항목 등을 결정할 수 있으며, 효율적이고 합리적인 교량의 자산관리관련 의사결정을 도울 수 있을 것으로 판단된다.

키워드 : 교량, 자산관리, 서비스수준, 성능척도, 가치함수

1. 서론

도로 교량의 경우에도 2008년 12월 기준으로 전체 교량 중 약 80%가 사용기간 20년 미만으로 보고되고(국토해양부 2009) 있는데서 볼 수 있듯이 국내의 주요 사회기반시설물들은 경제 규모의 성장과 함께 최근 20여 년간 급격한 증가를 보여 왔다. 하지만 국내의 경우 대규모 유지보수가 필요한 시기가 아직 도래하지 않았기 때문에 시설물의 유지관리를 위한 투자는 선진국 대비 약 1/3수준에 불과하며, 재정적인 곤란으로 인해 유지관리가 지연 되는 등의 문제는 발생하지 않고 있다.

그러나 현재까지 유지관리 비용 지출 추세나 선진국 사례에 비추어 보면 2010년 중반부터 국내 교량의 유지관리 수요는 급격하게 증가될 것으로 추정되며, 2030년 이후부터는 순차적으로 다수의 교체수요가 발생할 것으로 예상되기 때문에 이에 대

한 대비가 필요한 실정이다.

사회기반시설물의 합리적 자산관리를 위해서는 목표 관리 수준의 정의, 현재 관리수준의 평가, 예산 투입에 따른 미래 관리수준의 변화 예측이 선행되어야 하며, 이를 위해 선행적으로 자산의 바람직한 정도를 평가하는 과정이 필수적이다.

이를 위해 본 논문에서는 교량 자산의 관리수준 판단을 위한 평가지표를 '교량시설물이 사용자 및 관리자에게 제공하는 서비스수준(Level of Service; LOS)'으로 정의하고 이를 평가하기 위한 도구로 성능척도(Performance Measure; PM)를 제안하였다. 또한 가치이론을 접목하여 LOS를 정량화하기 위한 방법을 제시하였으며 PM별 가중치와 교량별 가중치를 이용하여 PM수준, 고객가치수준, 정책목표수준, 교량수준, 네트워크수준의 LOS 평가를 위한 모델을 제안하였다. 본 논문에서 제안된 내용은 관리주체별 자산관리 수준 파악, 조치 대상의 선정 및 관리

* 일반회원, 한국건설기술연구원 기반시설연구본부 구조교량연구실 연구원, 공학박사, jwsun@kict.re.kr

** 일반회원, 한국건설기술연구원 기반시설연구본부 구조교량연구실 수석연구원, 공학박사, paul@kict.re.kr

*** 중신회원, 충남대학교 공과대학 토목공학과 부교수, 공학박사, lmjcm@cnu.ac.kr

**** 일반회원, 강원대학교 공과대학 토목공학과 부교수, 공학박사(교신저자), tigerpark@kangwon.ac.kr

전략 수립에 적용할 수 있을 것으로 기대된다.

2. 국내 및 해외 관련 기술 동향

미국의 경우 1990년대 전후 시설물의 노후화로 유지관리비용이 급증하면서 재정적 압박이 심해지자, 미국 도로교통협회(American Association of State Highway and Transportation Officials; AASHTO)에 자산관리 특별전문위원회가 구성되었고 연방도로청(Federal Highway Administration; FHWA)에서는 자산관리국을 신설하였다. 두 기관에서는 자산관리와 관련된 규준 제정 및 정비와 장기 투자 전략에 의한 사회기반시설물의 효율적 관리와 유지관리 비용의 절감 및 예산의 효율적 사용에 대한 연구, 그리고 관련 시스템 개발 등을 수행 중에 있다. 또한 미국의 정부회계위원회(Government Accounting Standards Board; GASB)의 기준서 34(Statement 34)에서는 사회기반시설물 자산을 자본 가치화하여 이를 정부회계기준 연간 재무제표에 보고하도록 요구하고 있다. 교통연구위원회(Transportation Research Board; TRB)의 NCHRP Report 551(2006)에서는 도로시설물 자산관리를 위해 관리주체에서 사용가능한 약 200여개의 성능척도를 제시하고 있다.

또한 유럽, 일본 등 선진국에서도 80년대 후반부터 사회기반시설물의 정량적인 평가 및 이에 근거한 예산투자관련 의사결정 등 사회기반시설물의 관리를 위한 자산관리 개념의 도입을 연구하기 시작하였다. 특히 호주와 뉴질랜드는 2006년 미국, 유럽 등 다국적 연구진이 참여하여 국제자산관리지침서(International Infrastructure Management Manual; IIMM)(INGENIUM & IPEWA 2006)를 발간하였으며 2007년도에는 Developing of Service and Performance Measures(National Asset Management Steering Group 2007)라는 지침서를 발간하여 사회기반시설물을 관리주체의 자산으로 인식하고 관리자뿐만 아니라 사용자 측면에서의 만족도에 대한 고려를 바탕으로 전체 시설물을 효율적으로 관리하고자하는 노력을 경주하고 있다.

국내에서도 정부는 시설물의 안전 및 유지관리에 관한 기본계획(건설교통부 고시 제2007-660호)을 통해 시설물의 효율적 관리 체계 확립을 위한 다양한 전략을 추진 중에 있다. 이를 위한 중점 과제 중 하나로 시설물 고유의 구조적 특성, 상태, 경제적 파급효과 등을 종합적으로 고려해 총생애주기비용(Life-Cycle Cost; LCC) 및 자산관리 관점에서 유지관리를 수행할 수 있도록 마스터플랜 수립하고 이에 대한 기술개발을 수행할 것을 규정하고 있다. 이와 같은 사회적 요구에 따라, 교량을 포함하는 사회기반시설물의 유지관리에 있어 자산관리기법을 도입하기

위하여 한국건설기술연구원, 한국도로공사 및 한국시설안전공단 등 공공기관을 중심으로 자산관리 방법 및 체계 수립을 위한 연구를 수행 중에 있다(한국시설안전공단 2005, 2010, 한국건설기술연구원 2009a, 2009b, 한국도로공사 2009).

국내의 기존 몇몇 연구에서 다루고 있는 자산관리의 개념은 상태등급이나 내하력 등의 기술적인 지표나 회계학적 가치(book value)를 이용해 최적 유지관리 전략을 수립하는 방향으로 적용되고 있다. 그에 비해 국외에서는 사회기반시설물 대부분이 사용자의 편의를 제공하기 위해 건설된 것이기 때문에 이러한 목적을 달성하기 위해 사용자나 관리자가 필요한 LOS를 체계적으로 정의하고 이를 달성하기 위한 방법을 모색하는 방식으로 적용되고 있다. LOS는 공공시설물의 최종 사용자의 입장에서 정의된 서비스요구를 포함하여 평가되기 때문에, 기존의 국내 시설물유지관리시스템에 비해 개선된 방법으로 평가할 수 있다. 최근 국내에서도 이러한 자산관리 방법의 적용을 위한 기초적인 연구 결과가 발표되고 있다(박경훈 외 2009, 채명진 외 2009).

3. 교량의 자산관리를 위한 서비스수준 및 성능척도의 정의

3.1 교량 서비스수준의 정의 및 설정

서비스수준(LOS)은 자산관리주체가 정의한 선언적 형태의 관리목표를 의미하며, 측정이 가능하고 목표 달성을 위한 현실적인 방안이 있으며 특정 분야별로 세분화되어 있는 특징을 가지고 있다. 기존 시설물 유지관리에서는 관리자 관점만이 고려된 성능척도(PM)만을 이용하는데 비해 자산관리에서는 LOS라는 지표를 이용해 사용자 관점과 관리자관점을 모두 고려한 의사결정을 수행한다는 점에서 구별된다. LOS는 관리자 및 사용자에게 교량시설물이 제공하는 LOS의 평가, 평가된 LOS의 공지, 유지관리 조치 수행의 우선순위 선정, 제공되는 LOS와 비용 분석, 수행된 조치에 따른 LOS의 변화에 대한 예측 등 다양한 관리 활동을 수행하는데 활용할 수 있다.

본 논문에서는 자산관리 분야 기술 선도국인 호주 및 뉴질랜드의 자산관리 매뉴얼(INGENIUM and IPEWA 2006, National Asset Management Steering Group 2007) 및 다각적인 연구(한국건설기술연구원 2009a, 2009b)를 통해, 표 1과 같이 국가 차원에서 전체 사회기반시설물의 자산관리¹⁾를 위한 공통의 평가 지표로 환경, 경제, 사회/문화로 구분된 정책목표(Policy Goal;

1) 전체 사회기반시설물을 구성하는 다양한 이종(異種) 시설물간의 자산관리(cross asset)를 의미함.

PG)를 선정하였으며, 해당 정책목표에 동반하는 고객가치(Customer Value; CV)를 7가지로 정의하였다. 전체 사회기반시설물을 고려하여 정의된 정책목표와 고객가치에 기반을 두고 교량 측면에서 각 항목들을 평가하기 위한 지표로서 LOS를 정의하였으며, 정의된 LOS의 정량화를 위해 세분화된 PM와 평가기준을 개발하였다.

표 1. 서비스수준

| 정책목표(PG) | 고객가치(CV) | 서비스수준(LOS) |
|------------|----------|---------------------------|
| 환경 | 지속 가능성 | 환경에 대한 역기능 없이 지속적인 서비스 제공 |
| | 접근성 | 사용자의 제약 없는 교량 접근 |
| 경제 | 비용의 적절성 | 교량을 효율적으로 관리 |
| | 품질 | 교량의 기본기능 발휘 적절성 |
| 사회/문화 | 건강/안전 | 사용자가 안전하게 사용 |
| | 신뢰성/대응 | 예측가능하고 연속성 있는 서비스 제공 |
| | | 위급발생 시 즉각적인 대응으로 영향 최소화 |
| | 고객서비스 | 서비스 요구에 대한 친절한 응대 |
| 민원 발생을 최소화 | | |

3.2 교량 자산관리를 위한 성능척도의 정의

성능척도(PM)는 교량 또는 시설물의 자산관리에 있어 대상의 현 상태가 자산관리주체가 정의한 LOS에 도달하였는지 여부를 정성적/정량적으로 평가하기 위한 지표로 사용된다. 본 논문에서는 이상적인 교량 자산관리를 위해 표 2와 같이 LOS와 연계된 21개의 PM과 PM을 평가할 수 있는 정성적/정량적 평가기준(안)을 제시하였다. 표 1의 각 고객가치(CV)에 해당하는 LOS에 연계되는 표 2의 PM은 다음과 같다. 지속가능성(PM1~PM5), 접근성(PM6~PM8), 비용의 적절성(PM9, PM10), 품질(PM11~PM13), 건강/안전(PM14~PM17), 신뢰성/대응(PM18, PM19), 고객서비스(PM20, PM21).

제시된 PM은 NAMS(National Asset Management Steering) Group의 연구결과 및 국내의 도로 및 기반시설물의 현황과 사용 환경 등을 고려하여 결정하였다. 각 PM에 대하여 평가는 A~E로

표 2. 성능척도 및 평가기준(안)

| 성능척도 | 평가기준(안) | | |
|---------------------------|---|--|---|
| | 매우 좋음(A) | 보통(C) | 매우 나쁨(E) |
| 교량주위소음(PM1) | 소음에 노출된 거주인구가 없으며, 도로변소음에 의한 불편이 전혀 없고, 소음에 의한 운전자의 불편함이 전혀 없는 경우 | 소음에 노출된 거주인구가 다소 있으나, 도로변소음기준(65dB)을 만족하는 수준이며, 운전자 소음에 의한 불편함을 크게 인지하지 못하는 경우 | 소음에 노출된 거주인구가 매우 많으며(대도시수준), 도로변 소음기준 매우 높고 초과하며, 소음에 의한 운전자의 불편함이 아주 심한 경우 |
| 외관 및 주변경관과의 조화(PM2) | 교량 미관 및 주변경관과의 조화가 뛰어나며, 시각적 개방감이 매우 좋음 | 교량미관 및 주변경관과의 조화가 보통이며, 시각적 개방감이 일반적인 수준임 | 교량이 주변 경관을 해치며, 시각적으로 매우 답답함 |
| 환경 및 생태에 대한 영향(PM3) | 환경 및 생태에 대한 영향이 매우 적음 | 환경 및 생태에 대한 영향이 보통 수준임 | 환경 및 생태에 대한 영향이 매우 큼 |
| 유해물질 배출정도(PM4) | 낮음 | 일반적인 수준임 | 높음 |
| 에너지 효율성(PM5) | 에너지 효율성이 높은 교량 부대시설을 대부분 사용 | 일반적인 수준임 | 에너지를 낭비하는 부대시설을 대부분 사용 |
| 차량통행제한 여부(PM6) | 제한 없음 | 설계하중(DB-18) | 차중 20tonf 미만 |
| 접근수단의 다양성(PM7) | 접근수단의 다양성이 매우 좋음 | 일반적인 수준임 | 접근 수단의 다양성이 매우 불편함 |
| 도로와 효율적으로 연계(PM8) | 교량에 진입하는데 전혀 문제가 없음 | 일반적인 수준임 | 교량을 진입하는데 문제가 많아 지체가 크게 발생 |
| 교량관리에산투입의 적절성(PM9) | 매우 효율적으로 관리 | 보통으로 관리 | 매우 비효율적으로 관리 |
| 교량 통행 비용의 적절성(PM10) | 무료도로 | 일반적인 통행료 | 통행료가 매우 높음 |
| 공용내하력(PM11) | 설계 내하력의 1.5배 이상 | 설계 내하력의 1.0~1.2 | 설계 내하력의 0.7배 이하 |
| 상태등급(PM12) | 상태등급 A | 상태등급 C | 상태등급 E |
| 재해 취약도(PM13) | 재해에 대한 대비가 매우 잘 되어 있음 | 일반적인 수준임 | 재해에 대한 대비가 매우 부족함 |
| 기상변화 민감도(PM14) | 기상변화에 매우 신속히 대처하여 안전하게 통행할 수 있음 | 기상변화에 대한 대처가 일반적인 수준임 | 기상변화에 대한 대처가 아주 미흡하여 통행이 매우 위험함 |
| 운전자의 안전운행 가능여부(PM15) | 운전자가 교량 통과시 매우 안정감을 느끼며, 안전 및 편의시설이 매우 잘 갖추어져 있음 | 운전자가 교량 통과시 불안감을 느끼지 못하는 수준이며, 안전 및 편의시설이 일반적인 수준임 | 운전자가 교량 통과시 매우 불안감을 느끼며, 안전 및 편의시설이 없음 |
| 보행자 등 안전한 사용 여부(PM16) | 매우 안전하게 이용할 수 있음 | 일반적인 수준임 | 매우 불안감을 느낌 |
| 안전한 점검/진단 가능여부(PM17) | 점검을 위한 보조시설을 갖추고 있으며 점검이 매우 용이함 | 점검을 위한 보조시설을 갖추고 있으며 점검 용이성이 일반적인 수준임 | 점검을 위한 보조시설이 갖춰져 있지 않으며 점검이 매우 어려움 |
| 교통통제 계획 등 교통정보 제공여부(PM18) | 교통정보 제공이 매우 신속하며 정확함 | 교통정보 제공이 일반적인 수준임 | 교통정보 제공이 없음 |
| 위급사항 발생시 대응정도(PM19) | 방재계획이나 응급복구에 대한 대응이 매우 좋고, 비상전화나 대피시설 등이 매우 잘 갖추어져 있음 | 방재계획이나 응급복구에 대한 대응과 비상전화나 대피시설 등이 일반적인 수준임 | 방재계획이 미흡하고 응급복구에 대한 대응이 매우 늦으며, 비상전화나 대피시설 등이 갖추어져 있지 않음 |
| 서비스요구에 대해 적절하게 응대(PM20) | 서비스 요구에 매우 친절, 신속, 적절하게 처리하며, 접수방법이 매우 다양함 | 서비스 요구에 대한 친절한 대응과 처리 정도가 보통수준임 | 서비스 요구에 매우 불친절하며, 대처하지 않음 |
| 민원발생정도(PM21) | 매우 낮음 | 일반적인 수준임 | 매우 높음 |

총 5단계로 구분하였으며, 표 2에서는 지면관계상 중간 단계인 ‘중음(B)’과 ‘나쁨(D)’은 포함하지 않았다. 표 2에서 제시한 평가 기준(안)은 실제적인 기준이라기보다는 교량 자산관리를 위해 적용되어야 할 개념적인 기준을 제안한 것이다. 실제적이고 효율적이며 합리적인 자산관리를 위해서는 적용될 PM의 선정과 선정된 PM 각각에 대해 보다 객관적이고 정량적인 평가기준의 마련이 지속적이고 광범위하게 수행되어야 할 것으로 판단된다.

4. 서비스수준 평가 모델의 개발

4.1 서비스수준의 평가방법

교량의 종합적인 LOS 평가를 위해서는 각 세부 LOS 항목별 달성도 또는 만족도 여부를 평가하기 위해 정의된 성능척도(PM)에 따른 평가가 필요하며, 이 결과를 의사결정에 활용하기 위해서는 성능척도(PM)별, 고객가치(CV)별, 정책목표별(PG), 개별교량수준(Project Level)별, 교량군(群)수준(Network Level)별 등 다양한 수준별로 LOS를 평가할 수 있어야 한다.

본 논문에서 다루는 문제와 같이 교량의 LOS가 다양한 평가 인자의 조합으로 구성되고, 각각의 평가 인자가 서로 다른 중요도를 가지며, 목표에 대한 바람직한 정도를 규정할 수 있는 경우, 다속성가치이론(Multi-Attribute Value Theory; MAVT)을 적용하여 대표 선호도 값²⁾으로 정의할 수 있다.

다속성가치이론을 적용하기 위해서는 관련 속성들의 목표에 대한 바람직한 정도를 반영하는 종합적인 가치함수(value function)를 산출하여야 하며, 가치함수는 사용자, 관리자의 선호구조(preference structure)를 반영해야 한다. 또한 각 PM별 평가기준은 같은 물리적인 특성, 규모, 정도, 크기를 갖는 것은 아니며³⁾, 각각의 PM별 평가 결과가 바람직한 순으로 선형 증가하는 가치를 갖는다고 가정할 수 없으므로 이를 고려하기 위한 방법이 필요하다.

예를 들어 임의의 관리주체가 교량의 상태등급을 A(매우 좋음)~E(매우 나쁨)로 구분하고, A와 B로 관리하는 것은 허용하나, C(보통) 이하로 관리하는 것은 허용하지 않는다고 하면, 이를 가치 측면에서 살펴보면 A나 B등급으로 유지하는 것은 C등급으로 유지하는 것에 비해 현저히 큰 가치를 갖는다고 할 수 있으며, C등급을 A, B등급으로 향상시키는 것은 B등급을 A등급으로 향상시키는 것에 비해 가치 측면에서 우수하다고 할 수 있다.

그리고 일반적으로 LOS를 평가하기 위해 선정된 각 PM은 등가의 중요도를 갖는 것은 아니며 관리자와 사용자의 관점을 고려하여 각 PM별로 중요도를 결정하여야 한다.

각각의 PM 간의 상관관계를 고려하는 것은 현실적으로 어려움이 있으므로 PM별 가치함수가 상호 독립(mutually independent)이라 가정한다면, 각 교량의 종합적인 가치 $v(X_1, X_2, \dots, X_n)$ 는 세부 PM별 가치함수 값과 가중치의 곱의 총 합 형태로 식 (1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$v(X_1, X_2, \dots, X_n) = \sum_{i=1}^n w_i \times v_i(X_i) \quad (1)$$

$$X_i = f(x_1, x_2, \dots, x_k)$$

여기서, X_i 는 각각 세부 PM i 별로 k 속성(요인)에 의해 결정된 평가등급(A~E 중 하나의 값), n 은 세부 PM의 수, w_i 는 각각 세부 PM별 가중치, 그리고 v_i 는 세부 PM별 단일속성 가치함수(single attribute value function)이다. 그리고 본 논문에서는 종합적인 가치를 교량의 LOS로 명명하였으므로, $v(X_1, X_2, \dots, X_n)$ 는 임의의 교량의 LOS를 의미한다.

4.2 성능척도별 가치함수 및 가중치의 결정

PM별 가치함수를 결정하기 위해서는 우선 각 평가등급간의 변화(즉, E→D, D→C, C→B, B→A)의 중요도 순서를 선호도(preference)에 따라 결정할 수 있어야 한다. 본 논문에서는 가치이론(value theory)(김인호 2001)의 방법론을 참고하여, 각 등급의 변화 중 그 중요도가 가장 낮은 경우와 비교하여 나머지 등급 변화의 중요도를 상대적인 값으로 결정하는 방법을 적용하였다. 이를 위해 최하위 등급인 E와 최상위 등급인 A를 각각 0%와 100%의 가치(value)를 가지는 것으로 가정하였다. 각 등급변화에 따른 중요도의 변화를 수식으로 표현하면 식 (2)와 같다⁴⁾.

$$\begin{aligned} v_i(A_i) - v_i(B_i) &= \alpha [v_i(D_i) - v_i(E_i)] \\ v_i(B_i) - v_i(C_i) &= \beta [v_i(D_i) - v_i(E_i)] \\ v_i(C_i) - v_i(D_i) &= \gamma [v_i(D_i) - v_i(E_i)] \end{aligned} \quad (2)$$

여기서, A_i, B_i, \dots, E_i 는 평가등급 결과 값을 의미하며, α, β 및 γ 는 최하위 중요도의 등급 변화(여기서 는 $[v_i(D_i) - v_i(E_i)]$)를 기준으로 평가한 나머지 등급변화의 상대적인 중요도 값이다. 그리고, $v_i(B_i), v_i(C_i)$ 및 $v_i(D_i)$ 의 값은 식 (2)의 세 연립방정식을 풀이하여 결정할 수 있다⁵⁾.

2) 바람직한 정도를 나타내는 지표로 본 논문에서는 이를 교량의 서비스수준(Level of Service: LOS)으로 정의.

3) 대표적인 사례로 교량의 예산 투입의 적정성을 평가인자인 유지관리비용과 교량의 품질을 평가하기 위한 인자인 상태등급은 물리적으로 다른 척도를 가진다.

4) 식 (2)은 등급 E에서 D의 변화가 최하위 중요도 순서를 가지는 것으로 가정한 상태에서 정의된 수식임.

5) $v(A) = 1.0, v(B) = (\beta + \gamma + 1) / (\alpha + \beta + \gamma + 1),$
 $v(C) = (\gamma + 1) / (\alpha + \beta + \gamma + 1), v(D) = 1 / (\alpha + \beta + \gamma + 1),$
 $v(E) = 0.0$

교량의 LOS 평가를 위해 구분된 세부 평가인자별로 LOS에 미치는 영향의 정도가 다른 점을 고려하기 위해 중요도(가중치)를 정의하여야 한다. Saaty & Vargas(2001)가 제안한 AHP(Analytic Hierarchy Process)기법이 한 번에 두 개의 대상(objects) 또는 기준(criteria)을 비교하는 방법(개별비교법, pairwise comparison method)으로 수학적 일관성이 검증된 종합적인 우선순위 또는 가중치를 결정할 수 있다는 점에 착안하여, LOS 세부 평가인자별 중요도(가중치)를 결정하는데 AHP기법을 적용하였다.

LOS의 평가 항목별 중요도를 결정하기 위해 표 1과 표2의 정책목표, 고객가치, 성능척도로 구성되는 3단계 계층 구조를 이용하였으며, 개별 비교법 적용시 인자의 선호도는 5점 척도를 적용하여 평가하였다. 표 3은 정책목표에 대한 가중치 분석을 위한 설문 양식을 나타내고 있다.

표 3. 항목별 가중치 평가를 위한 설문조사 사례

| X | X가 Y보다 중요 | | X와 Y가 동등 | Y가 X보다 중요 | | Y |
|----|-----------|----|----------|-----------|------|------|
| | 매우중요 | 중요 | 보통 | 중요 | 매우중요 | |
| 환경 | | | √ | | | 경제 |
| 환경 | | √ | | | | 사회문화 |
| 경제 | | √ | | | | 사회문화 |

4.3 다양한 수준별 서비스수준 평가

다양한 수준별 LOS를 평가하기 위해 선행적으로 세부 LOS 평가 항목별로 유지관리주체의 업무범위 내에 포함되어 있는 모든 대상 교량의 LOS를 평가해야 한다. 이와 같은 결과를 이용해 PM 별, CV 별, PG별, 교량 수준별, 네트워크 수준별(노선별, 지역별, 교량가설위치 특성별, 교량형식별, 공용년수별) 등 다양한 범주에 따라 LOS를 평가할 수 있으며, 이를 LOS에 미치지 못하는 대상을 선별(gap분석)하거나 예산 산정 및 분배를 위한 의사 결정 등에 활용할 수 있다. 다양한 수준에 따른 LOS를 평가하는 과정은 식 (3)-(8)과 같이 정식화하여 나타낼 수 있다(한국건설기술연구원 2009a, 박경훈 외 2009).

$$LOS_{ijk}^p = v_k(X_k) \tag{3}$$

$$LOS_{ij}^p = \sum_{k=1}^{M_{ij}} w'_{ijk} \cdot LOS_{ijk}^p, w'_{ijk} = w_{ijk} / \sum_{k=1}^{M_{ij}} w_{ijk} \tag{4}$$

$$LOS_i^p = \sum_{j=1}^{M_i} w'_{ij} \cdot LOS_{ij}^p, w'_{ij} = \sum_{k=1}^{M_{ij}} w_{ijk} / \sum_{k=1}^{M_i} w_{ijk} \tag{5}$$

$$LOS^p = \sum_{i=1}^M w'_i \cdot LOS_i^p, w'_i = \sum_{k=1}^{M_i} w_{ijk} \tag{6}$$

$$LOS^n = \sum_{p=1}^N W^p \cdot LOS^p, W^p = W^p / \sum_{p=1}^N W^p \tag{7}$$

$$w_{ijk} = w'_i \cdot w'_{ij} \cdot w'_{ijk} \tag{8}$$

여기서, i, j, k 는 각각 PG수준, CV수준, PM수준을 의미하는 색인이며, M 은 하부 색인이 지정하는 범위 내 PM의 총 개수, N 은 네트워크에 포함되는 교량의 총 수를 의미한다. 식 (3)의 LOS_{ijk}^p 는 특정 교량(project level)의 PG i , CV j 에 속한 PM k 에 대한 만족도를 의미하며 0에서 100%사이의 값이다. 식 (4)의 LOS_{ij}^p 는 CV수준의 만족도를 의미하며 PM별 가중치 w'_{ijk} 과 식 (3)을 통해 산정된 PM별 만족도 LOS_{ijk}^p 곱을 CV j 를 구성하는 M_{ij} 개의 PM에 대해 합한 값으로 산정되며, 이때 w'_{ijk} 는 CV j 내 모든 PM별 가중치의 합이 100%가 되도록 정규화된 값이다. 식 (5)의 LOS_i^p 는 식 (4)와 마찬가지로 PG 수준의 만족도를 의미하며, PG i 를 구성하는 M_i 개의 PM에 대해 PM수준 가중치 w'_i 와 LOS_i^p 의 곱의 총 합으로 계산되며 0에서 100%사이의 값이다. 식 (6)의 LOS^p 는 교량 수준의 LOS로 식 (4), (5)와 마찬가지로 PG 수준 가중치 w'_i 와 LOS_i^p 의 곱을 모두 합한 값으로 구성되며 역시 0에서 100% 사이의 값이다. 식 (7)의 LOS^n 은 네트워크 수준 LOS를 의미하며, 각 교량의 LOS^p 와 각 개별 교량의 LOS가 네트워크 LOS에 미치는 영향에 대한 가중치 W^p 의 곱을 네트워크를 구성하는 모든 교량의 개수 N 만큼 합한 값을 의미한다. 식 (8)의 각 PM별 가중치는 3개의 계층구조별로 결정된 가중치를 곱하는 방식으로 결정된다. 또한 교량별 가중치 W^p 는 교통량, 우회도로 길이, 우회도로 교통량 등의 교량 이용 측면의 가치와 건설연도, 상징성, 미관 등의 사회·문화적 가치, 교량 교체 및 복구비용과 같은 경제적 가치 등 다양한 항목으로 구성될 수 있으나 본 논문에서는 개념적으로 차량 및 보행자의 통행이라는 도로 교량의 근본적인 기능 구현을 위해 제공되는 서비스면적(상판면적)을 교량별 상대적인 중요도 평가 인자로 고려하였다.

5. 분석사례

5.1 가치함수의 산정

각 세부 LOS항목별 평가를 위한 가치함수를 결정하기 위해 학계, 업계 및 연구소 등 다양한 기관으로부터 총 9명의 교량유지관리 전문가집단을 구성하고 각 항목별로 집단토론 및 설문조사를 실시하였으며, 표 4는 표 2를 통해 제시한 성능척도(PM) 중 안전한 점검/진단 가능여부(PM17)에 대한 LOS 가치함수를 결정하기 위한 설문조사결과의 예를 나타내고 있다.

전문가 집단 평가 결과를 함수 형태로 이용하기 위해 식 (9)와 같이 선형, 2차, 3차 다항식 회귀분석을 수행하였다.

표 4. 성능척도별 가치함수 개발을 위한 설문조사 사례

| 성능 지표 | 판단기준 | LOS 변화를 줄 수 있는 방법 | 평가등급 | | | | |
|---------------------|----------------------------------|-------------------|---------------------------------|------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|
| | | | A | B | C | D | E |
| 안전한점검/진단가능여부 (PM17) | 유지관리를 위한 접근성이 좋고 안전하게 점검진단활동 가능함 | 점검시설 설치 및 교체 | 점검을 위한 보조시설을 갖추고 있으며 점검이 매우 용이함 | 점검을 위한 보조시설을 갖추고 있으며 점검이 용이함 | 점검을 위한 보조시설을 갖추고 있으나 용이성은 일반적인 수준임 | 점검을 위한 보조 시설이 갖춰져 있지 않으며 점검이 어려움 | 점검을 위한 보조시설이 갖춰져 있지 않으며 점검이 매우 어려움 |
| 등급 | A | B | C | D | E | | |
| 중요도순서 | 4 | 3 | 1 | 2 | | 중요도 합, $\Sigma=10$ | |
| 중요도 | x1 | x2 | x4 | x3 | | | |
| 효용가치 | 10/Σ | 9/Σ | 7/Σ | 3/Σ | 0/Σ | | |

$$\begin{aligned}
 & \text{if } c = 0, v(x) = a + bx \\
 & \text{if } c \neq 0, v(x) = a + bx + cx^2 \\
 & \text{if } c, d \neq 0, v(x) = a + bx + cx^2 + dx^3
 \end{aligned} \tag{9}$$

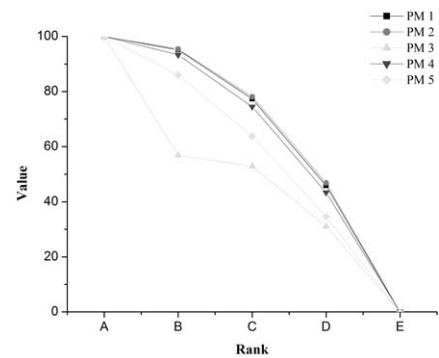
여기서, 각 항목별로 평가를 위해 등급을 활용하였으며, 평가등급이 E등급(=1)일 때 가치함수의 최솟값을 0%, 평가등급이 A등급(=5)일 때 최댓값을 100%를 의미한다; 선형모델($c=0$ 일 때)을 사용하는 경우 계수는 $a=-25, b=25$ 로 결정되며, $c, d \neq 0$ 일 때 계수는 회귀분석을 통해 결정된다.

각 성능척도의 가치함수는 결정계수가 큰 회귀모델을 선택하였으며 분석 결과를 정리하면 표 5와 같다. 그림 1은 각 PM에 대한 회귀모델의 그래프를 PG별로 구분하여 나타낸 것이다.

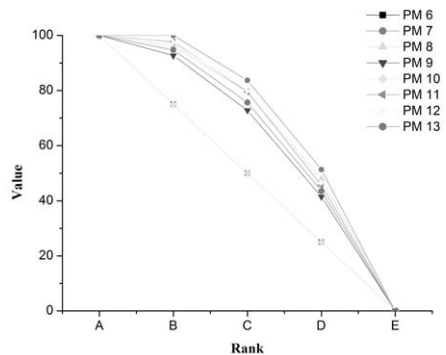
최상위등급 A와 최하위등급 E의 효용가치를 각각 100%와 0%로 가정한 관계로 인하여 결정계수는 상대적으로 높게 나타났다. PM 3, 6, 10, 18을 제외한 모든 PM은 하위등급간의 변화(E→D 또는 D→C)에 상대적으로 큰 효용가치를 나타내었으며 B→A등급 간의 변화는 효용가치가 가장 낮은 것으로 나타났다. 이것은 표 2에서 제시된 각 PM의 평가기준이 '보통(C)'인 경우를 중심으로 배치되었고, 전문가 집단의 대부분이 좋거나 매우 좋은 경우(B와 A등급)에 대한 특별한 차별성을 두고 있지 않은 것에 기인한 결과로 판단된다. 또한 이러한 결과는 현재 교량의 일반적인 목표관리수준이라고 할 수 있는 상태등급 B이상으로 평균적으로 관리되고 있는 것과 무관하지 않은 것으로 판단된다. 그리고 PM 3의 경우 특수하게 C→B로의 변화가 효용가치가 가장 낮으며 D→C, E→D, B→A로의 변화 순으로 중요한 것으로 평가되었으며, PM 6, 10, 18의 경우 선형적인 관계에 있는 것으로 평가되었다.

5.2 평가항목별 가중치 선정

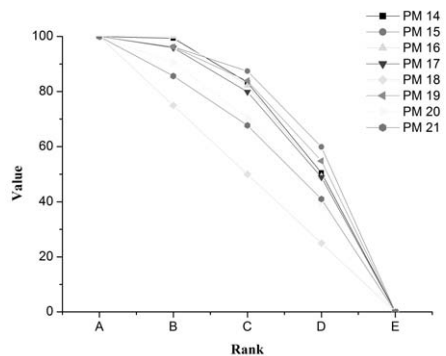
표 6은 동일한 설문조사 대상으로부터 AHP기법을 활용하여 각 PM별 가중치를 도출한 결과이다. 결과에 의하면 교량 예산 투입의 적정성이 가장 높은 가중치를 갖는 것으로 분석되었으



a) PG 1(PM 1~5)



b) PG 2(PM 6~13)



c) PG 3(PM 14~21)

그림 1. 정책목표별 성능척도에 따른 가치함수

며, 그 다음으로 교량 품질(상태등급, 내하력, 재해취약도) 부분이 높은 것으로 평가 되었다. 또한 환경 및 생태에 대한 영향과 유해물질 배출정도, 에너지 효율성 인자가 타 인자에 비해 상대적으로 높은 가중치를 받은 것을 확인할 수 있다. 그리고 사회문화 부분은 모두 평균 가중치(100%/21항목=4.76%) 이하인 것을 확인할 수 있으며, 이는 설문조사 대상에 교량 이용자가 제외되었기 때문에 기인한 것으로 판단된다.

세부적인 평가 항목이 많을수록 중요한 평가 항목의 가중치가 중요하지 않은 평가 항목에 배정된 가중치에 의해 희석되는 경향을 보이며, 이를 예방하기 위해서는 중요한 평가 항목의 선별이 필요할 것으로 판단된다. 또한 제안한 21가지 항목에 대해 세부적이고 정량적인 평가기준을 개발하는 과정에서도 비용·효율적인 측면을 고려했을 때 중요도에 따라 순차적인 개발이 필요할 것으로 판단된다.

5.3 사례 대상 교량 LOS 평가

사례 대상교량의 LOS 평가는 교량 관리 전문가들에 의해 교량의 자산관리가 수행되는 경우를 가상으로 시뮬레이션 함으로써 LOS 평가 절차 및 방법에서 발생할 수 있는 오류를 개선하고, 적용성 및 적합성을 검토하기 위해 수행되었다.

표 5. 성능척도에 따른 가치함수

| 성능 척도 | 가치함수 | 결정 계수 |
|-------|--|-------|
| PM1 | $v_i(X_i) = -6.89X_i^2 + 65.96X_i - 58.55$ | 0.98 |
| PM2 | $v_i(X_i) = -7.02X_i^2 + 66.42X_i - 57.95$ | 0.95 |
| PM3 | $v_i(X_i) = -8.92X_i^2 + 77.34X_i - 66.10$ | 0.99 |
| PM4 | $v_i(X_i) = -6.12X_i^2 + 61.64X_i - 55.37$ | 0.98 |
| PM5 | $v_i(X_i) = -3.43X_i^2 + 46.28X_i - 44.22$ | 0.94 |
| PM6 | $v_i(X_i) = 25X_i - 25$ | 0.93 |
| PM7 | $v_i(X_i) = -7.71X_i^2 + 70.92X_i - 62.88$ | 0.98 |
| PM8 | $v_i(X_i) = -7.40X_i^2 + 68.60X_i - 59.66$ | 0.98 |
| PM9 | $v_i(X_i) = -5.71X_i^2 + 59.88X_i - 55.45$ | 0.96 |
| PM10 | $v_i(X_i) = 25X_i - 25$ | 0.80 |
| PM11 | $v_i(X_i) = -7.84X_i^2 + 73.10X_i - 69.24$ | 0.95 |
| PM12 | $v_i(X_i) = -7.75X_i^2 + 71.97X_i - 66.37$ | 0.95 |
| PM13 | $v_i(X_i) = -6.57X_i^2 + 65.08X_i - 60.42$ | 0.94 |
| PM14 | $v_i(X_i) = -8.42X_i^2 + 74.88X_i - 65.54$ | 0.98 |
| PM15 | $v_i(X_i) = 2.30X_i^3 - 30.07X_i^2 + 134.19X_i - 106.61$ | 0.99 |
| PM16 | $v_i(X_i) = -6.51X_i^2 + 65.55X_i - 55.86$ | 0.95 |
| PM17 | $v_i(X_i) = 0.54X_i^3 - 12.39X_i^2 + 82.70X_i - 71.23$ | 0.99 |
| PM18 | $v_i(X_i) = 25X_i - 25$ | 0.82 |
| PM19 | $v_i(X_i) = 1.47X_i^3 - 21.69X_i^2 + 109.65X_i - 89.55$ | 0.99 |
| PM20 | $v_i(X_i) = -0.23X_i^3 - 3.12X_i^2 + 50.73X_i - 47.54$ | 0.95 |
| PM21 | $v_i(X_i) = 0.92X_i^3 - 12.71X_i^2 + 72.77X_i - 61.02$ | 0.86 |

본 논문에서는 다루고 있는 대상교량은 00시에 있는 국도 00선 상의 7개 교량(각각 a~g로 구분)이다. 전문가 현장조사를 통해 표 2의 평가기준(안)에 따라 각각의 인자를 평가하였으며, 대상교량의 LOS를 평가한 주체는 앞선 LOS 가치평가모델 및 가중치 결정을 수행하였던 9명의 전문가 집단이다.

PM은 교량별로 평가할 수 있는 항목, 노선별로 평가할 수 있는 값, 관리주체에 따라 평가할 수 있는 값으로 구분될 수 있다. 본 사례에서는 21개의 PM 중 현장조사를 통해 획득 가능한 교량별 평가 인자로 한정지어 분석을 수행하였으며, 현재 획득이나 정량화가 곤란한 고객센터 항목(PM 20, 21), 예산관련인자(PM 9, 10)와 노선수준의 평가지표로 교량별로 같은 값으로 평가되는 항목(PM 6, 7, 16, 18, 19)은 평가에서 제외하였다. 향후 보다 세부적인 연구를 통해 PM의 합리적인 선정이 수행될 것이다.

그림 2, 3, 4, 5는 식 (3)~(8)을 통해 분석된 교량의 PM별 LOS, 고객가치별 LOS, 정책목표별 LOS, 교량별 LOS를 각각 의미한다.

표 6. 성능척도에 따른 가중치

| 정책목표 (PG) | 고객가치 (CV) | 성능척도 (PM) | 가중치 | 우선 순위 | |
|-------------|----------------|-----------|-------|-------|---|
| 환경 (PG 1) | 지속가능성 (CV 1) | PM 1* | 3.9% | 10 | |
| | | PM 2* | 3.4% | 13 | |
| | | PM 3 | 6.8% | 6 | |
| | | PM 4 | 7.9% | 5 | |
| | | PM 5 | 6.7% | 7 | |
| 경제 (PG 2) | 접근성 (CV 2) | PM 6 | 4.9% | 9 | |
| | | PM 7* | 2.4% | 15 | |
| | | PM 8* | 3.7% | 11 | |
| | 비용의 적절성 (CV 3) | PM 9 | 9.5% | 1 | |
| | | PM 10 | 5.6% | 8 | |
| | | 품질 (CV 4) | PM 11 | 8.4% | 4 |
| | | | PM 12 | 8.9% | 2 |
| 사회문화 (PG 3) | 건강/ 안전 (CV 5) | PM 13 | 8.6% | 3 | |
| | | PM 14* | 1.5% | 20 | |
| | | PM 15* | 3.6% | 12 | |
| | | PM 16* | 2.1% | 17 | |
| | | PM 17* | 2.0% | 18 | |
| | 신뢰성/대응 (CV 6) | PM 18* | 1.4% | 21 | |
| | | PM 19* | 2.5% | 14 | |
| | 고객서비스 (CV 7) | PM 20* | 1.9% | 19 | |
| | | PM 21* | 2.2% | 16 | |

여기서, *는 가중치가 평균이하인 성능척도를 나타냄.

그림 2는 a교량의 PM별 LOS 만족도를 나타낸다. PM별 LOS의 가중평균값(average) 79.1에 비해 만족도가 낮은 PM는 총 3개이며 가장 낮은 PM는 에너지 효율성(PM 5)인 것을 확인할 수 있다.

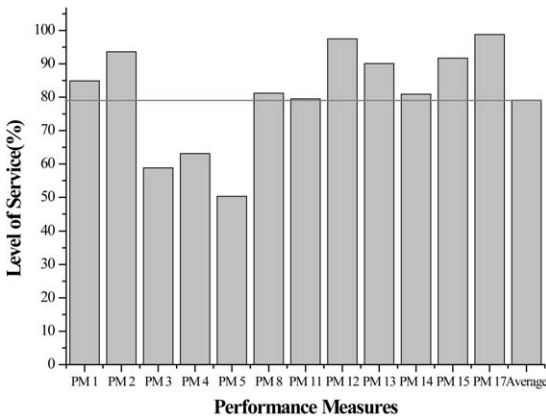


그림 2. 사례 교량 a의 성능척도별 서비스수준

또한 각 교량의 PM 별 LOS 값과 식 (4)를 이용해 그림 3과 같이 CV 별 LOS를 평가할 수 있으며, 식 (5)를 이용해 그림 4와 같이 PG 별 LOS를 평가할 수 있다. 그 결과 전체 교량의 평균 LOS 수준에 비해 지속가능성(CV 1)의 평가 결과가 낮다는 것을 알 수 있으며, 타 항목에 비해 환경 측면(PG 1)의 LOS 수준이 낮음을 확인할 수 있다.

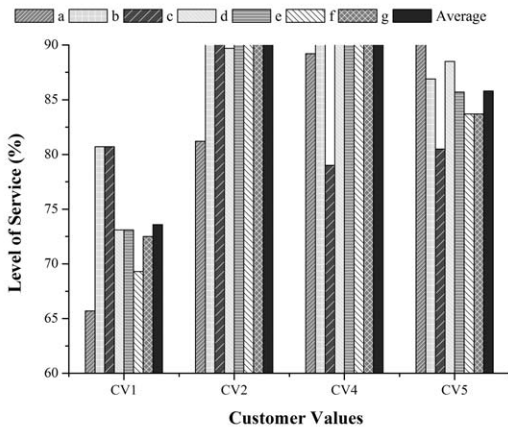


그림 3. 고객가치별 서비스수준

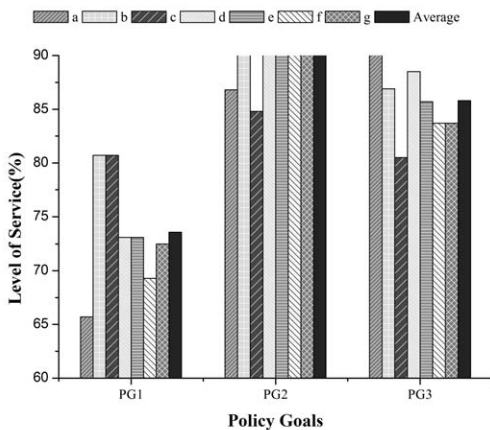


그림 4. 정책목표별 서비스수준

그림 2~그림 4의 분석 결과와 식 (6)을 이용해 대상 교량의 LOS를 분석할 수 있으며, 식 (7)을 이용해 네트워크 수준의 LOS(그림 5의 average 값)를 판단할 수 있다. 분석 결과 네트워크 수준 성능 지표에 비해 a와 c 교량의 LOS가 낮은 수준임을 알 수 있으며, b 교량은 매우 높은 LOS를 나타내고 있음을 확인할 수 있다.

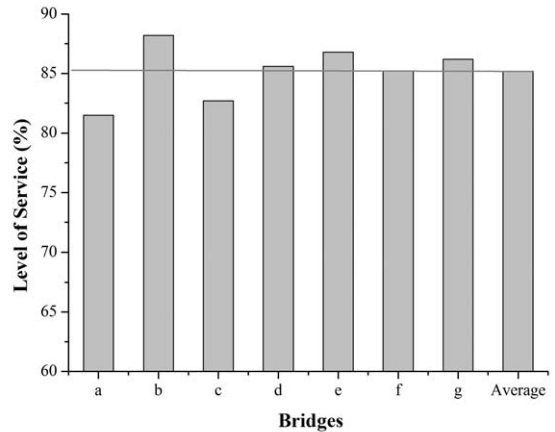


그림 5. 대상 교량별 서비스수준

이와 같은 분석을 통해 전체 LOS의 향상 또는 각 항목별 목표 LOS의 달성을 위해 예산을 투입이 필요한 항목을 확인할 수 있으며, 개별 교량 분석 결과를 통해 고객가치, 정책목표 달성을 위해 필요한 조치 및 대상을 결정할 수 있다.

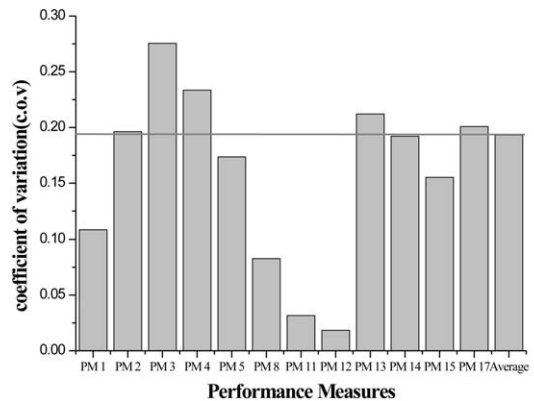


그림 6. 성능척도별 전문가 현장조사 결과의 변동성

또한 평가 항목별 전문가 현장조사 결과를 분석해보면 평가 결과의 변동성 정도가 다른 것을 확인할 수 있다. 그림 6을 보면 PM 2, 3, 4, 13, 17 등 5개 항목은 타 항목에 비해 변동계수 (coefficient of variation)가 현저히 큰 데 비해, PM 11, 12는 공용내하력 및 상대평가와 관련된 성능척도로 정량적인 평가 지침이 있기 때문에 변동성의 정도가 매우 낮은 것을 확인할 수 있

다. 이상의 결과에서 알 수 있듯이 LOS 평가를 위한 현장조사가 전문가 집단에 의해 수행되었지만 PM에 대한 정량적인 판단 근거 없이 정성적인 판단 근거에 따라 주관적인 판단을 요구하는 방식으로 수행되는 경우 상대적으로 불확실성이 커질 수 있다는 것을 확인할 수 있었으며, 실제 적용에 있어서는 이러한 문제를 예방하기 위해서 정량적인 평가지침의 개발 또는 변동성이 큰 평가결과에 대해 집단 토론 등을 통한 의견 조율 등의 과정이 필요할 것으로 판단된다.

5. 결론 및 향후연구

현재 미국을 비롯한 여러 기술선진국에서는 이미 교량을 비롯한 사회기반시설물의 효율적인 유지관리를 위하여 자산관리 개념을 도입하여 대상시설물의 효율적인 유지관리를 위하여 예산 분배, 우선순위 결정 및 정책의 결정 등에 사용하고 있는 실정이다. 하지만 최근까지 국내에서는 이러한 개념의 도입이 기초적인 단계이므로 외국의 개념 및 기법의 지속적이고 정밀한 분석을 통하여 국내의 여건 및 실정에 부합하는 자산관리기법의 도출이 절실히 필요하다. 본 연구에서는 자산관리기법의 도입에 있어 우선적으로 설정하여야 하는 서비스수준(LOS)을 총 9가지로 구분하였으며, 이를 정량적으로 평가하기 위하여 국내 교량의 사용 및 관리 현황에 적합한 개념적 수준의 총 21개의 성능척도(PM)를 정의하였다.

각 교량 또는 고객가치별 LOS를 평가하기 위하여 다속성가치이론을 접목하고 전문가집단의 설문조사를 통하여 각 PM별 LOS 함수와 가중치를 결정하였다. 또한 교량시설물의 자산관리 정책에 따른 다양한 의사결정에 활용할 수 있도록, 결정된 가치 함수와 가중치를 활용하여 정책목표별, 고객가치별, 교량별, 네트워크별 대상교량의 LOS를 평가할 수 있는 정식화 모델을 제시하였다.

제시된 방법론에 따라 개발된 교량의 LOS 평가모델은 자산관리 전체 프로세스 중 자산의 현재 LOS 수준 평가, 예산 투입에 따른 미래 LOS 예측, 예산의 증감에 따른 LOS 변화 예측 등과 특히 예산 수립 및 분배와 관련한 자산관리의 의사결정의 합리성, 효율성을 평가 및 검증 하는데 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

본 연구는 교량의 자산관리를 위한 LOS에 근거한 새로운 평가기준과 평가방법, 활용방안을 제시한 기초연구로 성능척도 항목의 결정, 가치함수의 결정, 가중치의 결정 등을 교량유지관리 전문가집단으로 국한하여 수행하였다. 보다 객관적이며 실제 활용하기 위해서는 향후 교량 이용자와 실제 자산관리를 수행할 관리주체 담당자를 포함한 자산관리 위원회를 구성하고 본 논문

에서 제안한 방식에 따라 절차를 진행해야 할 것으로 판단된다. 또한 분석 결과의 변동성을 제어하기 위해 각 성능척도 중 중요도가 높거나 상대적인 비교가 가능한 항목을 선정하여 정량적인 평가 지침을 개발하여야 할 것이며, 자산관리를 위한 조치 우선순위를 산정하는데 있어 조치를 위해 투입되는 비용과 조치를 차년도로 이연했을 때 발생할 수 있는 위험을 정량적으로 고려할 수 있도록 위험도를 고려한 성능척도 평가 방법에 대한 연구가 필요할 것으로 판단된다.

감사의 글

이 연구는 한국건설기술연구원의 주요사업(교량의 성능 및 사용효율 증대를 위한 자산관리 기법 개발)과 한국연구재단 기초연구사업(No.2009-0090240: 도로시설의 효율적인 유지관리를 위한 자산관리 기법 개발에 관한 연구)의 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

- 국토해양부 (2009). 도로 교량 및 터널 현황
- 김인호 (2001). 건설사업의 리스크관리, 기문당, pp. 256~265
- 박경훈, 선종완, 박철우, 이민재 (2009). "사회기반시설물 자산관리의 교량구조물 적용방안에 관한 연구", 대한토목학회논문집, 제29권, 제6D호, pp. 1~10
- 채명진, 이규, 김정렬, 조문영 (2009). "국내의 사회기반시설물 자산관리 사례분석을 통한 국내 발전방안", 한국건설관리학회논문집 제10권, 제2호, pp. 55~63
- 한국건설기술연구원 (2009a). 교량의 성능 및 사용효율 증대를 위한 자산관리 기법 개발, 2차년도 보고서, pp.170
- 한국건설기술연구원(2009b), 자산관리 통합프레임워크 및 정책 개발(II), 2차년도 보고서, pp. 207
- 한국도로공사 도로교통연구원(2009). 자산관리체계 Framework 개발 용역 보고서, pp. 1~8
- 한국시설안전공단(2005). 생애주기 비용에 기초한 시설물 최적 유지관리 시스템 개발, pp. 297
- 한국시설안전공단(2010). LCC예측모델을 활용한 도로시설물 유지관리계획 수립방안연구 최종보고서, pp. 350
- INGENIUM and IPEWA (2006) International Infrastructure Asset Management Manual - Ver 3.0, ISBN 0-473-10685-X.
- National Asset Management Steering Group (2007)

Developing Levels of Service and Performance Measures: Creating customer value from community assets, Ver. 2.0

Saaty, T.L. & Vargas, L.G. (2001) Models, Methods, Concepts & Applications of the Analytic Hierarchy Process, Kluwer Academic Publishers, Boston/Dordrecht /London, pp. 1~24

TRB, NCHRP Report 551 (2006), Performance Measures and Targets for Transportation Asset Management

논문제출일: 2010.10.06

논문심사일: 2010.10.08

심사완료일: 2011.01.21

Abstract

Because bridges can cause more significant damage than other infrastructure a certain level of safety shall necessarily be secured for users. As most of bridges' service life become 20-30 years there will be a dramatic increase in the maintenance and repair cost but the budget and human resource will be limited. Asset management technique can help the efficiency in maintenance and budget management with the limited resource. For its application, there must be a way to evaluate how bridges provide service to users. The level of service can be quantified by a performance measure. This study introduces performance measures and an evaluation process for the determination of level of service. The evaluation results will be used as a fundamental information in the determination of maintenance/repair/management targets and in the decision making process of the bridge asset management.

Keywords : *Bridges, Asset Management, Level of Service, Performance Measure, Value Function*
