

# 자산관리개념을 접목한 네트워크 방식의 도로시설물 유지관리시스템 개발

## Development of Network Level Management System of Road Facilities Based on the Asset Management Concept

지 승 구<sup>1)\*</sup>

Ji, Seung Gu

서 종 원<sup>2)</sup>

Seo, Jong Won

### Abstract

Recently, the paradigm of social infrastructure investment has been changed from new construction to maintenance and management. As a consequence, the management and maintenance system of existing highway facilities needed an innovation involving the concept of asset management. This paper discusses the new facility management system suitable to local highway agencies. The new system incorporates asset management concept so that it can analyze the network level facility management solution and it can also improve the budget efficiency for local government. This paper also presents systematic method to integrate various facilities for management system.

**Keywords** : Management, Facility, Asset, Bridge, Tunnel, LCC

### 1. 서론

현재 국내 도로분야 투자 여건을 보면 신규건설에 대한 지출이 감소하고 유지관리 분야에 대한 지출이 점진적으로 늘어나는 추세를 알 수 있다. 신규건설투자는 1999년 6조원에서 계속 증가하다가 2001년을 정점으로 해마다 감소하였다. 그러나 2009년의 경우 세만금 방조제 도로, 4대 강 하천 정비(제방도로) 등 대규모 국책 사업의 영향으로 일시적으로 증가하였다. 도로구조물 유지관리 투자액은 1999년 0.5조원에서 2007년 현재 1.0조원으로 지속적으로 증가하여 도로건설대비 유지관리 비율은 9%에서 15%까지 증가하였고 구조물의 공용년수를 고려하면 지속적으로 증가할 예정이다. 따라서 현 시설물의 유지관리 체계를 개선하기 위해 보다 진보된 접근이 필요한 실정이다. 근본적으로 방법론을 개선하고 이를 프로그램으로 구현하여 전반적인 논리적 타당성을 검증하는 것이 필요하다. 최근 해외에서는 국가기관 시설물의 유지관리에 자산관리(Asset Management)라는 개념을 접목하여 보다 생애주기관점에서 근본적인 시스템을 개선하고 있으며, 보다 효율적이고 거시적인 관점의 의사결정프로세스를 구축하고 있다.

본 연구에서는 기본적으로 시설물정보관리종합시스템(Facility Management System, 이하 FMS)의 DB를 활용하여 중소규모 도로관리주체에서 사용할 수 있는 유지관리시스템의 기본 방향을 제시하고자 한다. 시설물의 유지보수 이력자료를 토대로 시설물의 개별 부재별 보수보강 주기와 성능을 파악하고 이를 토대로 유지관리 예산 편성이 가능하며 보수보강 공법의 선정이 가능한 기능을 포함하고, 자산관리(Asset Management)라는 개념의 접목을 고려한다. 자산관리는 도로 시설물의 성능 및 수명을 극대화하고 유지관리예산을 최적화하는 진일보된 투자 의사결정방법으로 사용될 수 있다. 자산관리 개념의 경우에는 의사결정 과정에서 기존 유지관리보다 더 다양한 판단요소들이 적용되며 예산 편성 기준에 따라 유지관리 시나리오 분석을 수행하며 예산을 배분할 수 있다.

### 2. 적용기법

본 연구에서는 도로시설물의 제한된 유지관리예산 하에서 시설물의 수명을 연장하고 공용성능을 극대화하기 위해서 기존의 사후 유지관리(Reactive Maintenance)가 아

1) 정희원, 한양대학교 건설환경공학과 박사과정, 한국시설안전공단 차장

2) 정희원, 한양대학교 건설환경공학과 부교수

\* Corresponding author : sgji@kistec.or.kr 031-910-4155

• 본 논문에 대한 토의를 2011년 8월 31일까지 학회로 보내주시면 2011년 9월 호에 토론결과를 게재하겠습니다.

년 예방적 유지관리방안(Preventive Maintenance)에 대한 분석이 가능하도록 개발되며, 적용 기법은 다음과 같다.

### 2.1 자산관리개념

자산관리는 지금까지 공학적인 관점 위주로 바라보던 시설물의 유지관리 업무 체계에 경영학적 경제학적인 개념을 적용하여 유지관리 업무의 혁신을 이룰 수 있는 개념이다. 자산관리의 기능은 관리대상인 자산현황에 대한 다각적인 분석과 자산의 현재 상태, 그리고 자산에 대한 투자전략으로 요약될 수 있다. 즉, 관리주체 입장에서 볼 때 관리주체가 소유하고 있는 자산을 먼저 파악하고 관리 대상 자산의 현재 상태를 파악한 후 성능에 기반을 둔 최적의 투자의사결정을 내리게 되는 것이다.

예산의 합리적인 배분과 의사결정 측면에서 자산관리 체계는 기존 유지관리 시스템의 운영과정에서 정부 및 준정부 조직에서 보여준 의사결정 방법을 개선할 수 있다. 장기적인 관점에서 예산계획이 수립되고, 수립된 예산에 따라 변화할 도로 및 시설물의 상태를 시나리오 분석을 통해 확인할 수 있다. 또한 비용 효율적인 예산배정이 가능한 최적화 이론들이 적용됨으로서 예산집행 담당자들이 자의적인 의사결정을 할 수 없도록 유도할 수 있다.

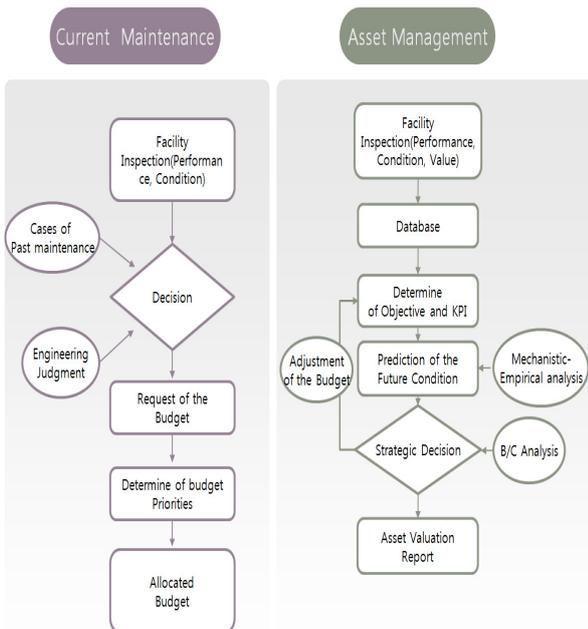


Fig. 1 Present maintenance and asset management

### 2.2 네트워크방식 관리

네트워크 차원의 합리적인 유지관리는 대상 시설물에 대해 최적의 보수시기에 최선의 보수 공법을 실시하여 전체 시설물에 대하여 목표로 정한 관리 수준에 맞추어 합리적으로 예산을 배정하는 것이다. 다수의 교량과 터널 시설물을 통합적으로 분석하기 위하여 네트워크 레벨 유지관리 프로그램을 개발하여 교량과 터널을 동일 선상에서 자산가치를 평가하여 비용편익을 산출하고 우선순위를 산출할 수 있다. 국내의 경우 시설물에 대한 성능을 판단할 수 있는 지표가 시설물 안전 등급이 유일하다. 따라서 본 연구에서는 관리 목표를 시설물 안전 등급으로 설정하였다. FMS 데이터(시설물 안전등급)를 바탕으로 사용자가 설정된 연간 예산 수준에 다년간의 유지보수 시나리오를 계획할 수 있으며, 사용자가 설정한 연간 예산에 따른 자산가치를 평가할 수 있다.

## 3. 분석알고리즘

### 3.1 개요

개발된 유지관리 프로그램의 목적은 네트워크 수준에서 부재별, 시설물별 실제 자료를 입력하여 자산평가 방법론의 논리적 타당성을 검토하는 것이다. 또한, 자산 가치 평가, 예산 우선순위 배분 등 기능 시현을 통하여 장기적으로 FMS와 접목 방법론도 판단한다. 시스템의 기본구조는 각 시설물에 대한 상태 등급을 입력하면 연간 예산과 해당 시설물에 대한 비용편익을 고려하여 분석기간(5~10년)동안 시설물 상태(전체, 개별, 부재별 집계) 및

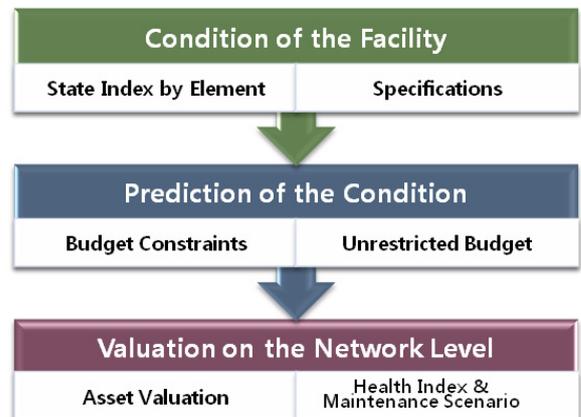


Fig. 2 Procedure for network level analysis

보수 시나리오를 제시한다.

네트워크 레벨 비용 분석 방식은 크게 입력 모듈(Input module), 분석 모듈(Analysis module), 결과 모듈(Output module)의 3가지로 구성되어 있다. 보다 세분화하여 보면 분석조건을 설정하고 자산목록을 구성하여 자산상태평가 및 조치소요분석을 실시하고, 조치 순위선정 및 네트워크예산을 분배한다. 프로그램 흐름 및 각 모듈별 세부내용은 Fig. 3과 같다.

분석모듈에서의 예산 미수립, 예산 무제약, 예산제약의 세 가지 경우에 대한 조치 비용과 생애 주기 비용 그리고 네트워크 상태의 상관관계는 Table 1로 나타내었으며, 네트워크 상태 변화를 매년 산출하여 이를 통해 예산 수준에 따른 네트워크 상태 변화 및 생애주기비용 예측이 가능하다.

시설물의 환산 결함도 점수는 “안전점검 및 정밀안전진단 세부지침”에 의거하여 부재 상태등급(a,b,c,d,e)을 다음 표에 의해 계산한다.(이정석, 2008)

이 부재상태등급 값을 부재 가중치를 적용하여 시설물에 대한 환산 결함도 점수를 계산한 다음 아래의 식으로 정의된 건전 지수(Health Index)를 산정한다.

$$\text{건전 지수} = (1 - \text{환산 결함도 점수}) \times 100 \quad (1)$$

자산가치는 건전지수를 백분율로 환산하여 실질적인 시설물 현행 대체원가에 곱하여 산출한다. 시설물의 현행

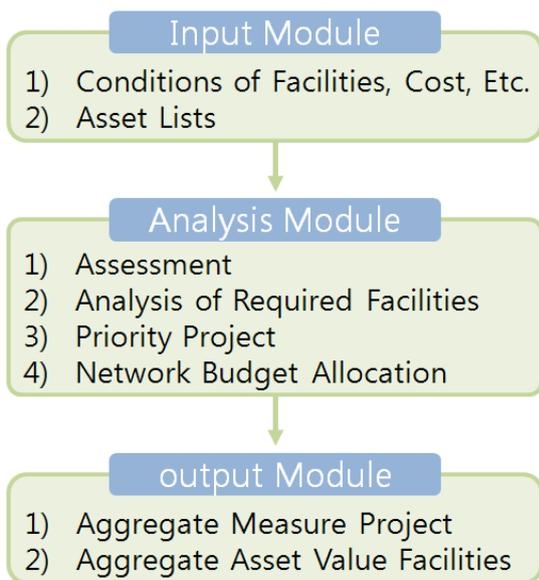


Fig. 3 Work process of network level analysis

Table 1 Relationship between cost and network condition according to budget control

Budget control	Cost	Life-cycle cost	Network condition
No budget	-	Maximum	Worst
Unlimited budget	Total cost required	Minimum	Best
Limited budget	Budget	Normal	Normal

Table 2 Control of condition grade

Grade	a	b	c	d	e
Standard Score	0.9	0.8	0.6	0.3	0.0
Score Range	0.87 ≤ x < 1	0.74 ≤ x < 0.87	0.51 ≤ x < 0.74	0.21 ≤ x < 0.51	x < 0.21

대체원가는 분석 대상 시설물에 대해 부재별 단위원가가 데이터베이스로 구축이 되어야 하나, 현실적으로 불가능하다. 따라서 부재별 가중치와 단위면적당 공사비를 활용하여 산출하였다.(Country Surveyors Society, 2005)

$$\text{자산가치(감가대체원가)} = \frac{\text{건전지수}}{100} \times \text{시설물현행대체원가} \quad (2)$$

비용-편익 분석(Cost Benefit Analysis)을 통하여 조치 예산분배 우선순위를 결정하는 것이다. 조치 편익 계산은 부재별 조치 프로젝트 수행에 따른 분석대상년도 시설물의 조치 편익을 계산하는 것으로, 조치로 인해 발생하는 자산가치 상승분을 의미한다. 편익산정은 우선순위 결정되는데 중요한 역할을 한다. 본 연구에서의 조치 편익은 아래의 식에 의하여 계산한다.(Johnson, 2003) 향후 추가 연구를 통해 편익 항목을 성능 외에 향후 다원화할 수 있다면 보다 합리적인 분석이 가능할 것으로 판단된다.

$$\text{조치편익} = \frac{(\text{조치후 건전지수} - \text{조치전 건전지수})}{100} \times \text{시설물현행대체원가} \quad (3)$$

조치후 건전 지수는 조치되는 부재의 분석대상년도 부재 상태등급 갱신값과 조치되지 않는 부재들의 분석대상년도 부재상태등급 예측값을 사용하여 계산한다. 조치전 건전 지수는 자산 상태 평가의 분석대상년도 건전 지수 계산값을 사용한다. 교량 현행대체원가는 현재시점에서 시설물을 다시 건설할 경우의 공사비를 의미한다.

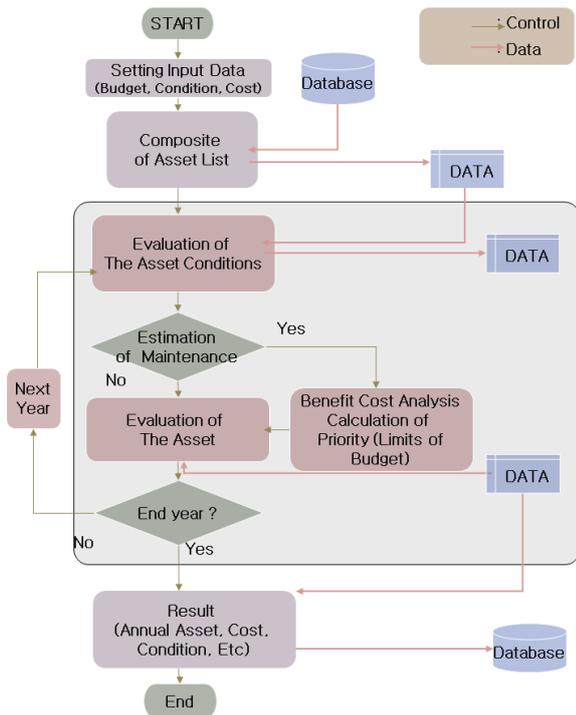


Fig. 4 Flow chart for network level analysis

$$B/C \text{ ratio} = \frac{\text{조치 편익}}{\text{조치 비용}} \quad (4)$$

조치안에 대한 편익/비용 비율 (B/C ratio)은 다음 식에 의하여 계산한다. 예산분배 우선순위는 먼저 조치안을 편익/비용 비율이 큰 순서대로 정렬하여 결정하였다.

### 3.2 상태등급 예측곡선

#### 3.2.1 교량시설물

상태예측모델 개발을 위해 교량 구조물에 대한 보수이력 등 통계분석 자료는 총 9개소의 국토관리사무소를 대상으로 216개소의 교량을 선정하여 분석하였다.

정확도 향상을 위해 데이터의 신뢰도가 불확실한 데이터를 사전에 제외하고 부재별 보수 원인 및 주기와 대표적인 공법을 파악하였다.

자산 상태 평가는 상태등급변화곡선을 사용하여 분석 대상년도의 부재상태등급을 예측하고 이 값을 사용하여 분석대상년도의 상태를 예측하는 것이다. 교량의 경우 본 프로그램에서는 아래의 식과 같이 부재별로 상태등급변화곡선을 정의하였다.

Table 3 Structural types of sample bridges

Unit : site

Type	Su won	Uijeongbu	Gwangju	Jeonju	Namwon	Suncheon	Chungju	Hongcheon	Jinyoung	total
STB	8	3	2	2	6	6	6	2	5	40
RCS	12	7	3	2	9	4	16	9	14	76
RA	1	5	2	2	7	5	2	5	4	33
PSCI	10	7	5	9	0	6	12	3	9	61
PSCB	0	1	3	1	0	0	1	0	0	6
총계	31	23	15	16	22	21	37	19	32	216

보수사유	보수공법	보수물량(보수단위)	보수유형	시공회사	보수비(천원)	교동형태	설계회사
바리 파손	모르타르 충전공법	7	도급보수(유역)	원원건설(주)	530	통계없음	수원국도 자체
교면(월)	콘크리트 보강공법	20	도급보수(유역)	진택시업(주)	54987000	부부차단	BNT ENG
상시(구조체)	기초보강 및 말뚝경설공법	1	도급보수(유역)	태원중화건설주식회사	11700000	통계없음	-
교면(월)	그라우트 주입공법	1	도급보수(유역)	(주)코오롱건설	288574	통계없음	전주국도
바리 파손	그라우트 주입공법	128	도급보수(유역)	(주)의용	38778	통계없음	수원국도
노수 열회 백태	플리머피복공법	166			1303	통계없음	수원국도
바리 파손	그라우트 주입공법	51			4500	통계없음	수원국도
노수 열회 백태	플리머피복공법	94			3728	통계없음	수원국도
갈근노출	형상보강공법	80			788	통계없음	수원국도
노수 열회 백태	모르타르 충전공법				22000	통계없음	수원국도
바리 파손	모르타르 충전공법	49			5721	통계없음	수원국도
노수 열회 백태	플리머피복공법	277				통계없음	수원국도
노수 열회 백태	모르타르 충전공법	80			2168	통계없음	전주국도(이음)
바리 파손	도급보수(유역)	10	원원건설(주)				
교면(월)	도급보수(유역)	2	원원건설(주)				
교면(월)	도급보수(유역)	6	원원건설(주)				
교면(월)	도급보수(유역)	8	대도시업				
노수 열회 백태	모르타르 충전공법		원원건설		20000	통계없음	수원국도
교면(월)	그라우트 주입공법		원(주)				수원국도
교면(월)	그라우트 주입공법		원(주)				수원국도
교면(월)	그라우트 주입공법		원(주)				수원국도
바리 파손	모르타르 충전공법		원원건설		3882	통계없음	수원국도

Fig. 5 Reliability analysis of bridge data

$$y = (x^2 - a^2)/a^2 \quad (5)$$

(y : 상태등급, x : 연도, a : 교체주기)

곡선은 효율성을 위하여 2차식으로 정의하였으며, x 절편을 수평 이동함으로써 조치 후 상태등급변화 예측이 용이하도록 하였다. 교체주기는 공용시작년도에서 전면재시공까지의 평균 년수를 교체 주기로 정의하였으며, “도로교의 공용수면 연장방안에 관한 연구(한국시설안전공단)”과 “교량 생애주기비용 산정에 관한 연구(한국도로공사)”를 참조하였으며, 본 프로그램에 적용된 부재별 교체주기 및 부재별 상태등급변화곡선은 Fig. 6과 같다.

#### 3.2.2 터널 시설물

터널의 경우 라이닝 결함지수만을 대상으로 자산가치를 평가하며, 터널시설물의 특성상 유지관리 시스템이나 기초자료가 미흡하여 본 연구에서는 “지하도로시설물 LCC 예측모델 및 시스템 개발” 연구 과제에서 개발된 모델을 보정하여 차용하였다. 터널 예측 모델은 터널 굴착 방법에 따라 NATM, ASSM, 지하차도로 구분되어있다. 여기서 터널 건전지수는 1(라이닝 결함지수를 의미함)은 결함지수가 0인 경우를 나타낸다. 기본적으로 보통 상태에서 공용 10년 전후로 조치가 발생되도록 구현하였다. 지하차도의 경우 NATM 및 ASSM 터널 보다 라이닝 손

Table 4 Replacement periods of bridge members

Member	Type	Period(years)	
		Low traffic	High traffic
Pavement	Asphalt	12	8
	Concrete	23	19
Slab	with girder	29	28
	no girder	26	24
Girder	Concrete	37	
	Steel	41	
Bearing support	-	15	
Expansion joint	-	10	8
Curb	-	12	9
Secondary member	-	37	
Drainage	-	15	
Substructure	-	42	
Foundation	-	47	

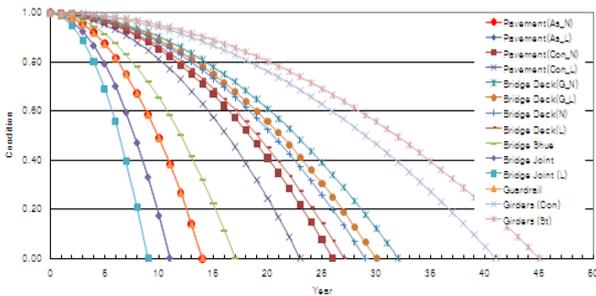


Fig. 6 Condition prediction of each member

상이 적게 발생하여 기울기가 작게 나타났다.(전귀현, 2006)

터널의 손상종류 분포 현황을 보면 균열 항목이 가장 높은 비중을 나타내고 있으며, 균열에 의해 야기 되는 파손까지 합산하면 약 65%로 매우 높게 나타나고 있다. 손상종류에 따른 유발 원인은 매우 다양하며, 외관조사 결과만으로 구체적으로 유추하기는 어려운 실정이다. 균열은 다른 변상유형들과 복합적으로 발생하고 있으며, 종방향 균열과, 단차를 포함하는 경우도 있다. 손상, 박락, 박리, 백태의 경우에는 지배적인 변상이 아니어서 자료의 양이 적고 일정한 경향을 보이지 않았다. 따라서 본 연구에서는 주요 라이닝 변상원인을 균열 및 누수로 한정시켰다.

### 3.3 조치 소요분석

조치 소요 분석은 부재상태등급에 따라 조치 필요여부를 판단하고, 조치가 필요할 경우 그 수준과 조치비용을

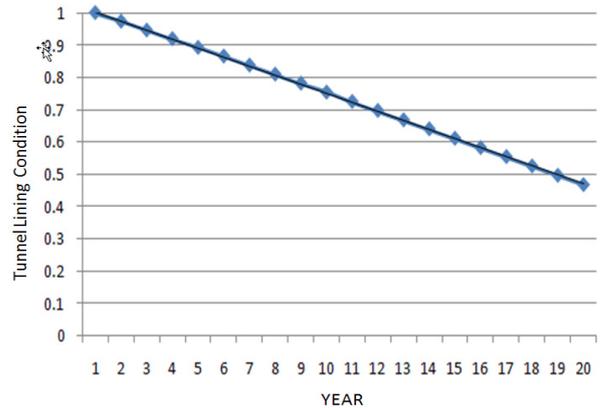


Fig. 7 Condition prediction of ASSM tunnel

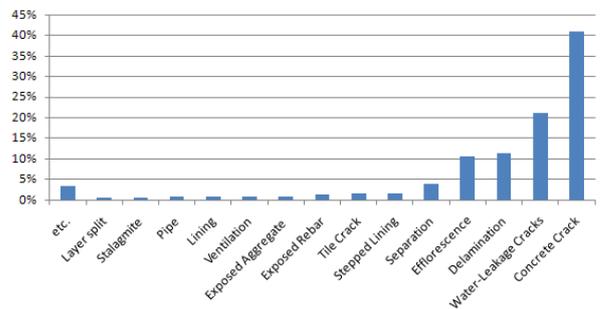


Fig. 8 Failure types of tunnel lining

산정하는 것이다. 본 연구에서 수행된 이력 조사 및 문헌 고찰을 바탕으로 시설물 특성별로 조치 필요 프로젝트 적정 기준을 산정하였으며, 부재 상태등급은 시설물 입력시기의 기준에 따라 개정전 안전점검 및 정밀안전진단 세부 지침의 등급자료를 활용하여야 하므로 2003년도 평가기준을 준용하였다. 자산가치 평가시에는 LCC 분석시 가장 일반적으로 사용되는 현재가치법(Present Worth Method)을 적용하여 환산하였고 프로그램에서는 불변가치와 같이 비교할 수 있도록 구현하였다. 사용자 비용은 Ehlen/Marshall(1996)이 제시한 미 NIST(National Institute of Standards and Technology) 방식을 적용하였으며, 차량 운행 비용(Vehicle Operating Costs), 사용자 지체 비용(User Delay Costs)만을 적용하였다. 사용자 비용 결과가 자산가치 분석 결과에 미치는 영향이 매우 낮기 때문에 교통량 및 운전자 시간 가치 등의 입력변수는 최대한 단순화하였고 결과에 영향이 미비한 변수들은 일반적인 평균 값(지체도, 시간당 교통량 등)을 적용하였다.

#### 3.3.1 교량 시설물

교량 부재 파손에 대한 원인과 보수공법의 효과를 검토

하여 각 보수 공법의 효과가 최적인 시기를 파악하였다. 이를 통해 각 부재별 상태에 따른 개략적인 보수공법, 보수면적, 보수비용을 계산할 수 있다. 선택된 유지보수에 대한 비용을 부재 제원, 보수율 및 보수단가를 사용하여 계산하는데 네트워크 차원의 개략적인 비용을 산출한다. 보수단가는 각 교량 형식별 표준도를 바탕으로 산출하였다. 보수율 산정을 위해 해당 부재의 공법별로 사용되어진 보수비용을 비교하여 공용기간 내에 부재별로 가장 높은 보수비용을 차지하는 주요 보수 공법을 파악하였다. 앞서 언급된 국도 교량(216개소)들에 대한 보수, 보강 이력을 바탕으로 각 부재별 보수물량과 전체 면적을 비교하여 부재별 보수 비율을 산정하였고 이를 교량터널의 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침상에 제시된 비율과 비교하여 조정하였다. 보수 단가는 2008년도 서울특별시 도로 및 시설물 유지보수공사 설계지침서와 2008년도 한국도로공사 유지보수 단가집 자료를 활용하였다.

한국시설안전공단 “시설물의 상태평가 기준정립(교량)(2000)”에 따르면 상태등급에 따라 상태등급이 C일 때 보수조치, D일 때 보수·보강조치, E일 때 보강·개축조치가 필요한 것으로 정의하고 있다. 따라서 기본적으로 유지보수 시나리오는 보수, 보강, 교체 순으로 이루어지며, 보수보강이 이루어지면 A등급(준공시점보다 다소

낮은 수준)인 상태로 개선되는 것으로 설정하였다. 조치 필요 부재는 분석대상년도 부재상태등급 예측값을 아래의 부재등급별 조치표에 적용하여 선정한다.

### 3.3.2 터널 시설물

터널 라이닝 구조물의 보수는 상태 등급이 C(0.7) 이하로 발생될 경우 보수 실시하는 것으로 적용하였고 보수 시 조치 전 상태등급과 상관없이 모두 0.95(a등급의 중간에 해당)로 상태가 개선되는 것으로 적용한다. 예산 제약시는 편익/비용에 의해 우선순위에 의해 결정하는데, 0.5 이하로 될 경우는 구조적 안전성을 고려하여 무조건 조치하는 것으로 설정하였다. 라이닝 손상은 균열, 누수, 파손 및 손상, 재질열화(박리, 층 분리 및 박락, 백태, 철근노출, 탄산화, 염화물) 등에 따라 보수보강 물량을 추정하여야 하나, 대부분 적용 공법이 수지게 재료 주입공법이나 표면 처리 공법이 적용되고 있어 단순화하였다.

## 3.4 자산분석방법

네트워크 예산 분배 (Budget Allocation Simulation)는 지정된 예산 범위 내에서 순위대로 수행할 조치 프로젝트를 선택하고 이에 따른 네트워크 상태를 예측하는 것으로서, 네트워크 상태 예측은 부재상태등급을 업데이트함으로써 수행할 수 있으며, 조치 프로젝트 중 선택된 프로젝트에 해당하는 상태등급은 조치 부재 상태등급 갱신 값을 가져오며, 조치 프로젝트 중 선택되지 않은 프로젝트에 해당하는 부재상태등급은 분석대상년도 부재상태등급 예측값을 가져온다. 교량 및 터널 상태조사결과에 따른 부재상태등급 값은 결함도 개념으로 규정된 값이므로 건전도 개념으로 환산하여 적용하고 교량 및 터널 건전지수를 산출한다. 이를 바탕으로 감가대체원가에 근거한 자산가치를 산출할 수 있다.

Table 5 Action plan according to health index score (concrete girder)

grade	Range of health index	Action	Rate	Unit cost (₩1,000)
a	0.87 ≤ degree < 1.00	Do nothing	0%	-
b	0.74 ≤ degree < 0.87	Preventive repair	2%	117(m)
c	0.51 ≤ degree < 0.74	Repair	10%	142(m)
d	0.21 ≤ degree < 0.51	Rehabilitation	20%	359(m <sup>2</sup> )
e	0.00 ≤ degree < 0.21	Replacement	100%	-

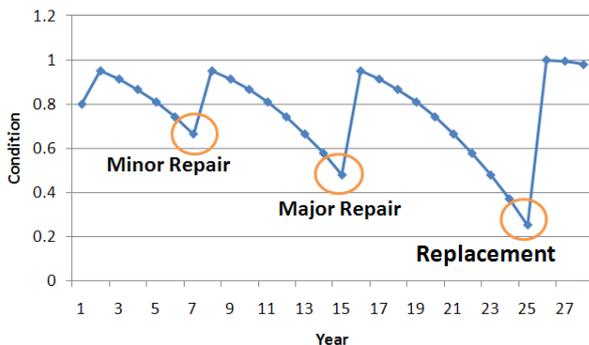


Fig. 9 Treatment based on the condition

Table 6 Action plan according to health index score of tunnel lining

grade	Range of health index	Action	Quantity
a	0.85 ≤ degree < 1.00	Do nothing	-
b	0.70 ≤ degree < 0.85	Do nothing	-
c	0.65 ≤ degree < 0.70	Repair	calculation with unit area according to defect score
d	0.25 ≤ degree < 0.65	Rehabilitation	
e	0.00 ≤ degree < 0.25	-	

## 4. 프로그램 개발

### 4.1 개요

본 프로그램은 네트워크 레벨의 도로 시설물에 대하여 예산 수준에 따른 자산가치를 파악하는 것을 주요 기능으로 Microsoft Visual Studio.Net framework 기반으로 개발되었다. 좌측 트리구조 창을 통해 사용자가 직관적으로 각 단계별 설정을 파악할 수 있다. 도로 시설물에 대한 분석 결과는 우측 정보 창을 통해 확인할 수 있으며, 교량과 터널을 동시에 분석하여야 하기 때문에 공통된 항목을 데이터베이스로 통합하였다. 사용자가 유지관리 계획을 수립하는데 쉽게 사용할 수 있도록 간단하고 FMS DB만으로 구동이 가능하도록 단순화하였다. 입력된 교량 및 터널 DB 중 사용자가 특정 시설물(교량, 터널, 교량 및 터널)들을 선정하여 분석이 가능하며, 위치 및 제원 등을 나타내는 시설물 기본정보, 상태평가정보, 유지관리공법 및 비용 관련 정보로 구분한다. 유지관리공법 및 비용 등의 정보는 이력정보 분석결과에서 산정한 결과를 Default 값으로 적용하였다.

### 4.2 사례 분석

FMS에서 추출된 데이터 중 32개(교량 20개소, 터널 12개소, 지역: 고속도로, 국도, 지방도)를 임의로 선정하여 사례 분석을 실시하였다. 분석기간은 5년이며, 예산 제약의 경우 연간 최대 20억원이하로 설정하였다. 사례분석 결과 Table 7과 같이 예산제약에 비해 무제약시가 자산가치, 비용 등이 높게 나타났다. 예산 무제약시 전체 투



Fig. 10 Screen shot of developed program

입 예산은 약 525억원으로 예산 제약시 전체 투입 예산 88억원에 6배 이상으로 나타난다. 자산가치로는 약 385억원 가량 높은 것으로 분석되었다. 비용편의 측면에서는 예산제약시 B/C 비율이 무제약시에 비해 3.4배 가량 높아 매우 효율적으로 파악되었다. 여기서 B/C는 상대적인 수치로 1 이상인 값이 반드시 투자비용대비 효과가 높다는 것을 의미하는 것은 아니다.

분석결과는 엑셀과 더불어 연도별 소요비용, 자산가치 등을 그래프로 파악이 가능하다. 기본적으로 무제약과 제약으로 구분하여 그래프로 표현된다. 자산가치 변화, 교량을 우선적으로 조치하였을 경우와 반대의 경우에 대한 자산가치 변화, 예산 수준을 달리하였을 경우 편익율의 변화 등 다양한 분석을 비교할 수 있다. 2011년부터 2015년까지 연도별 소요비용 변화를 살펴보면 Fig. 11과 같이 무제약 분석에서 분석 초기에 예산 소요가 크게 발생했으며, 이는 무제약 분석 특성상 대부분의 보수보강 조치가 초기에 즉시 이루어지기 때문이다.

연도별 자산가치 변화를 살펴보면 무조치시 자산가치가 급격하게 감소되는 것을 파악할 수 있으며, 무제약 모드인 경우 투입된 비용에 비해 자산가치가 상대적으로 낮은 것을 알 수 있다. 자산가치 변화와 건전지수 변화가 다소 차이가 발생하는데, 이는 건전지수 평균값은 각 시설물별로

Table 7 Results of case analysis

Analysis item (Million Won)	No budget	Limited budget	Unlimited budget
Yearly average asset values	210,853	241,257	279,837
Health index score	0.70	0.76	0.82
Total cost C	-	8,830	52,558
Total benefit B	-	42,733	74,792
B/C	-	1.42	4.84

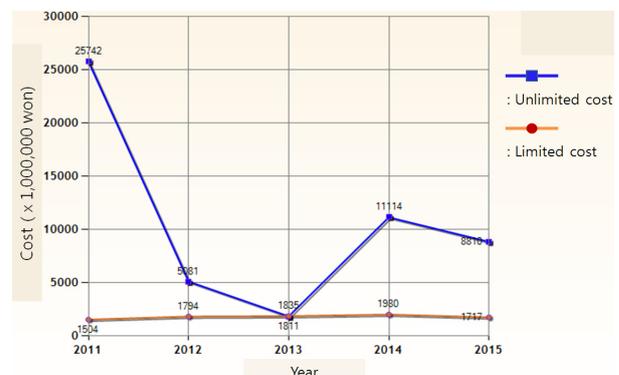


Fig. 11 Prediction of yearly cost (network level)

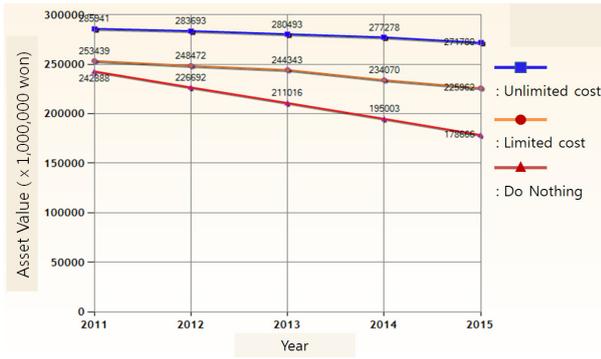


Fig. 12 Yearly asset values (network level)

동등하게 산출되지만 자산가치는 각 시설물 크기(자산가치)에 따라 다르게 반영되기 때문이다. 따라서 연도별 자산가치를 주요 의사결정 지표로 적용하되 건전지수 및 각 시설물별(교량, 터널) 지역별 예산 배정의 적절성 등을 보조지표로 활용하는 것이 바람직하며, Trade-Off 방식으로 다양한 예산에 대한 B/C 및 자산가치를 비교하여 적정 예산을 수립하여야 한다.

## 5. 결론

도로 및 철도 등과 같은 사회기반시설물에 대한 공공투자자는 국가경제발전을 위한 중요한 요소 중 하나로서 국내에서는 1970년대부터 급속한 경제발전에 힘입어 공공건설에 대한 투자가 본격적으로 추진되었다. 이에 따라 1970년대 후반부터 시설물 유지보수에 더 많은 예산과 연구비를 배정하고 1990년대에 기존 LCC 방법론에 자산관리 개념을 도입하였다. 우리나라도 최근 자산관리에 대한 연구가 증대되고 있는데, 이를 실행에 옮기기 위해서는 기존의 시스템을 활용하는 것이 최선의 방법이다. 따라서 본 연구에서는 FMS의 DB를 활용하여 중소규모 도로관리주체에서 사용할 수 있는 유지관리시스템의 개발 방향을 제시하고 기존 LCC 분석 방법에 자산관리개념을 도입하였다. 또한, 축적된 이력자료를 통해 도로시설물에 대한 보수·보강공법 및 상태예측곡선을 산정하였다. 제한된 예산 하에서 전체 시설물에서 최대의 편익을 얻을 수 있는 방법론을 정립하고 이를 바탕으로 교량 및 터널시설물의 상태를 평가하고 예산을 추정할 수 있는 프로그램을 개발하였다.

다만, 현재 개발된 프로그램은 현재 시설물 상태만을 고려하여 유지관리를 결정하였지만 향후 연구를 통해 성능 외 다원화된 성과지표와 목표수준에 따른 다양한 예산

분석 알고리즘이 추가되어야 한다. 후속 연구를 통해 지속적인 개발과 업데이트가 이루어진다면 국내 시설물 유지관리분야에 큰 진전이 있을 것으로 사료된다.

## 감사의 글

본 논문은 국토해양부 산하 한국시설안전공단에서 주관한 “LCC예측모델을 활용한 도로시설물 유지관리계획 수립방안”연구의 일환으로 수행되었으며, 본 연구에 많은 도움을 주신 토탈페이브시스템, 강원대학교에 감사를 드립니다.

## 참고문헌

1. 공정식, “교량상태등급 변화모델 구축을 위한 부재별 LCP 개발”, 한국도로공사 도로교통연구원, 2008, pp.25-32.
2. 김홍배, “교량의 LCC 분석을 위한 사용자 비용 산정 연구”, 한국도로공사 도로교통기술원, 2006.
3. 유동우, “도로교의 공용수명 연장방안 연구”, 시설안전기술공단, 2000, pp.3-2-3-84.
4. 이정석, “상태평가 기준개정 및 프로그램 개발(교량)”, 한국시설안전공단, 2008.
5. 이종우, “생애주기비용에 기초한 시설물 최적 유지관리 시스템 개발”, 한국시설안전기술공단, 2005, pp.89-93.
6. 전귀현, “교량의 LCC분석모델 개발 및 DB구축방안 연구”, 한국시설안전기술공단, 2002.
7. 전귀현, “지하도로시설물(터널, 지하차도)의 LCC 예측모델 및 시스템 개발”, 한국시설안전기술공단, 2006.
8. 한국시설안전공단, “시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 세부 지침”, 2009, 교량편 pp.159-184, 터널편 pp.149-182.
9. County Surveyors Society, “Framework for Highway Asset Management”, Department of Transport, 2004.
10. County Surveyors Society, “Guidance Document for Highway Infrastructure Asset Valuation”, Department of Transport, 2005, pp.64-94.
11. D. J. Vanier, “Why Industry Needs Asset Management Tools”, Journal of Computing in Civil Engineering, Vol. 15, No. 1, ASCE, 2001, pp.15-22.
12. Federal Highway Administration, “Asset Management Primer”, Office of Asset Management, 1999, pp.12-19.
13. M. B. Johnson, “Condition-based Bridge Asset Valuation”, 9th International Bridge Management Conference, Transportation Research Circular EC049, 2003, pp.149-153.
14. World Road Association, “Asset Management for Roads - An overview”, PIARC Technical Committee on Road Management (C6), 2005, pp.17-19.

(접수일자 : 2011년 3월 3일)

(수정일자 : 2011년 5월 24일)

(심사완료일자 : 2011년 5월 30일)

---

## 요 지

최근 사회기반시설물에 대한 공공투자는 신규건설에 대한 지출이 감소하고 유지관리분야에 대한 지출이 점진적으로 늘어나는 추세로 변화되고 있다. 이에 따라 해외 도로시설물에 대한 유지관리분야에서도 선진 개념인 자산관리 방법론이 접목되고 있으며, 보다 근본적인 시스템 개선이 요구되고 있다. 따라서 본 연구에서는 중소규모 도로관리주체에서 사용할 수 있는 자산관리개념의 유지관리 프로그램을 개발하여 예산편성의 효율성을 높이고, 도로망 전체를 고려한 네트워크 방식의 합리적인 유지보수 방안을 제시하고자 한다. 또한, 향후 다수의 시설물을 통합적으로 관리할 수 있는 체계 및 방법론을 정립하였다.

**핵심 용어** : 유지관리, 시설물, 자산, 교량, 터널, 생애주기비용

---