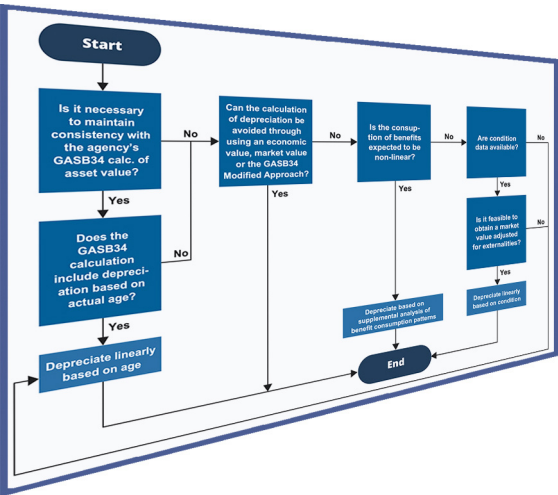


# 도로시설물의 성능을 고려한 자산가치 평가 Asset Valuation Considering Road Facilities Performance



## 1. 서론

미국, 영국을 비롯해 선진 각국은 우리나라보다 먼저 도로시설물의 노후화를 경험하여 도로관리에 기존의 공학적인 개념 이외에도 회계, 경영, 재무, 경제학적 자산개념을 도입하고 있다. 이를 통해 도로시설물의 서비스수준(Level of Service; LOS)을 최대화하는 동시에 예산지출을 최적화하고 장기적인 자산운용 계획을 수립하는 자산관리시스템을 운영 중에 있다[1]. 미국 주도로교통협회(American Association of State Highway and Transportation Officials; AASHTO)[1]에서는 자산관리에서 자산의 가치평가를 핵심 구성요소로 설명하고 있다. 관리자가 관할 내 자산의 가치에 대한 정확한 인식은 수리 또는 교체가 필요한 자산의 자금 조달 기회를 향상시킬 수 있을 뿐만 아니라 국가의 고속도로 인프라 개선에 지출되는 예산의 투자에 대한 성과지표가 될 수 있기 때문이다[2]. 즉 사회기반시설의 자산가치 평가는 자산의 유지관리를 위한 합리적인 의사결정에 필수적이며 자산을 올바르게 인식하기 위한 지표가 될 수 있다[3]. 본 글에서는 기존 자산가치 평가가 시설물 자산관리에 어떻게 적용되고 있으며 효율적인 시설물의 자산관리를 위해 성능을 고려한 자산가치 평가 사례를 살펴보고자 한다.



이 용 준

토지주택연구원 건설기술연구실 박사후연구원



그림 1 성능 기반 자산가치 평가 개요

## 2. 사회기반시설 자산가치 평가 현황

### 2.1 자산가치 평가 관련 제도

국내 도로시설물의 자산가치 평가는 「국가회계기준에 관한 규칙[4]」(이하 국가회계기준) 제정에 따라 사회기반시설을 자산으로 인식하고 이를 국가 재무제표에 표기하기 위해 시작되었다. 사회기반시설의 평가는 국가회계기준 제37조, 제38조에 따라 해당 자산의 건설원가 또는 매입가액에 부대비용을 더한 금액을 취득원가로 하고 정액법(Straight-Line Depreciation; SLD) 등을 적용하여 건물, 구축물 등 세부 구성요소별로 감가상각한다.

미국은 1999년 정부회계기준위원회 GASB(Government Accounting Standards Board)에서는 정부회계기준 34번(GASB 34)[5]에서 제정된 것을 기준으로 중앙 및 지방정부의 사회기반시설에 대한 자산가치를 매년 산정하도록 의무화하였다. GASB 34에서 제안하는 자산가치 평가 방법은 크게 감가상각법(Depreciation Approach)과 수정접근법(Modified Approach)으로 나누어진다. 감가상각법은 SLD 방법을 사용하여 취득원가를 감가상각함으로써 사회기반시설의 자산가치를 평가하는 방법이고 수정접근법은 취득원가에 대해 감가상각 없이 자산가치를 평가하는 방법이다. 수정접근법은 자산관리체계를 활용하여 사회기반시설이 최소한의 상태수준으로 유지관리되고 있다는 것을 전제로 하는 산정 방식으로 수정접근법을 적용하기 위해서는 포장관리시스템, 교량관리시스템 등의 유지관리시스템을 활용하여 관리해야 한다고 규정하고 있다[6].

영국에서는 2005년에 영국 교통국(Department for Transport)에서 발행한 고속도로 자산가치 평가 지침(Guidance Document for Highway Infrastructure Asset Valuation)(Roads Liaison Group et al, 2005)을 기준으로 자산가치 평가 방법을 정의하고 있으며 도로의 자산가치 산정 방식을 감가대체원가법(Depreciated Replacement Cost)으로 규정하고 있다[7]. 감가상각을 위한 방법으로는 전통방법(Conventional Method)과 갱신회계방법(Renewal Accounting Method)의 두 가지를 제안하고 있다. 전통방법은 GASB 34의 감가상각법과 동일한 개념에 기초하여 가로등, 토지 등에 적용하고 있다. 갱신회계방법은 GASB 34의 수정접근법과 동일한 전제조건을 가지지만 별도의 감가비용 산출 방식을 이용하여 도로, 구조물 등의 가치평가에 적용한다[6]. 표 1은 국내와 해외 선진국의 자산가치 평가 방법 및 감가상각법을 비교한 결과로 사회기반시설의 자산가치를

표 1 국내외 자산가치 평가 방법 비교

구 분	기준법	자산가치 평가 방법	감가상각 방법
한국	Government accounting act	취득비용 공정가치	SLD
미국	GASB	공정가치	SLD
영국	FReM/IFRS	공정가치	SLD

최초로 측정할 때 취득원가로 측정하고 있으며 감가상각 방법은 SLD 방법을 사용하는 것으로 나타났다.

### 2.2 전통적 자산가치 평가 방법

국가회계기준에서 사회기반시설의 자산가치 평가는 일반유형자산과 동일하게 평가하도록 규정하고 있다. 사회기반시설 자산의 분류는 「일반유형자산과 사회기반시설 회계처리지침[8]」(이하 회계처리지침)에 따라 토지, 건물, 구축물, 기타 4가지로 분류하고 있다. 도로시설물은 구축물에 해당되며 구축물의 자산가치는 취득원가로 평가하거나 대체적 평가방법을 적용할 경우 SLD 방법에 의한 상각후 대체원가법(Depreciated Replacement Cost Method; DRC)으로 평가하도록 규정하고 있다. DRC 방법은 취득원가 또는 재조달원가에 물리적 감가 등을 반영하여 재평가 금액을 산정하는 방법을 말하며 아래 식과 같다.

$$SLD_{DRC} = Cost_{Replacement} \times \frac{t_{Remaining\ Useful\ Life}}{t_{Standard\ Useful\ Life}}$$

여기서 내용연수는 자산의 사용 가능한 수명으로 기대되는 기간을 의미하며 회계처리지침에서는 도로시설물의 기준내용연수를 제시하고 있다(교량 및 터널: 20년).

재조달원가( $Cost_{Replacement}$ )는 동일한 용역잠재력을 가진 자산을 현재 재생산 또는 재취득하는데 소요되는 현금등가액으로서 취득 또는 건설에 투입될 원가 추정액을 말하며 구축물의 재조달원가 산정식은 아래 식과 같다.

$$Cost_{Replacement} = Cost\ per\ Unit\ Area_{Replacement} \times Quantity$$

여기서 단위면적당 재조달단가( $Cost\ per\ Unit\ Area_{Replacement}$ )는 5년 이내 유사 사회기반시설의 실제 원가를 건설면적  $m^2$ 당 단가로 환산하여 산정하도록 하고 있으나 실제 건설원가의 자료가 없을 경우에는 평균 설계단가나 건설예정원

가 등을 적용하도록 규정하고 있으며 아래 식과 같다.

$$Cost\ per\ Unit\ Area_{Replacement} = \frac{Cost_{Construction}}{Quantity_{Construction}}$$

### 2.3 기존 자산가치 평가의 한계점

기존 전통적인 자산가치 평가는 그림 2와 같이 도로시설물의 현재 성능을 고려하지 않고 시간의 경과에 따라 기준 내용연수 동안 일정한 금액만큼 감액한다. 또한 도로시설물의 기준내용연수가 경과되면 자산가치는 다 소멸되어 잔존가치가 0원이 되며 0원이 되는 경우 재평가 시행을 원칙으로 하고 있으나 국내에서는 실제 적용된 구체적인 사례 그 결과들을 포함하는 공식 결과는 찾아보기 어려운 실정이다. 그러나 도로시설물 대부분은 공용 중 적절한 유지보수를 통해 성능을 유지하거나 회복하여 수명을 연장할 수 있어 회계처리집상의 기준내용연수를 초과하여도 실제로 소멸되지 않는다. 예를 들어 교량의 경우 2022년 말 기준 전국 도로교량 38,598개소의 평균 공용연수가 약 20.4년인 것을 고려하면 기준내용연수 20년은 실제 수명에 비해 매우 짧게 설정되어 있다. 일본은 기준 법령에서의 내용연수를 기초로 수명분석을 통해 교량의 사용수명을 약 67년으로 추정하였다[9]. 또한 미국은 1960~2010년에 준공된 미국 펜실베이니아 교량에 대하여 LCC분석을 통해 평균수명을 약 73년~83년으로 추정하였다[10]. 표 2는 국내의 시설물별 기준내용연수를 비교한 표이다.

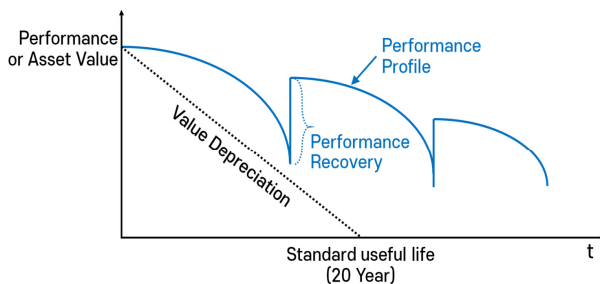


그림 2 기존 자산가치 평가의 한계점

표 2 국내의 시설물별 지침상의 기준내용연수 비교

	USA	Japan	Korea
Pavement	50년	-	20년
Bridge	73년~83년	70년	20년

## 3. 성능 기반 자산가치 평가

### 3.1 필요성

전통적인 자산가치 평가 방법은 지침상의 기준내용연수 동안 일정한 금액을 감가하는 방식으로 실제 도로시설물의 성능을 고려하지 못한다는 한계점이 있다. 또한 동종 시설물이라도 시설물마다 외부 환경요인에 따라 수명에 대한 길이는 달라지므로 기준내용연수를 기준으로 자산가치 평가 및 감가상각률을 결정하는 것은 부적절하다[11]. 도로시설물의 서비스수준이나 파손 특성 등의 여부를 반영하여 자산가치를 평가하여 보다 객관적이고 현실성 있는 가치평가가 이루어질 필요성이 있으므로 성능을 고려한 자산가치 평가 사례를 살펴보고자 한다.

### 3.2 국외 사례

도로시설물의 자산가치 평가에서 감가상각은 “노후화에 따른 자산 또는 자산 클래스의 가치 손실”로 정의된다[12]. 감가상각은 자본의 소비 또는 자산 이익의 소비를 나타내며 회계 관점에서 보면 일정 기간 동안 계산된 감가상각은 자산가치가 소진되는 것을 의미한다. 자산 관리자의 관점에서 감가상각은 자산의 기준내용연수에 얼마나 더 가까워졌는지를 측정하는 것이라 할 수 있다.

미국[12]에서는 감가상각 방법을 표 3과 같이 수명기반 감가상각(Age Based Depreciation; ABD), 상태기반 감가상각(Condition Based Depreciation; COBD), 비선형 편익소비기반 감가상각(Non-Linear Patterns of Benefit Consumption Based Depreciation; BCBD) 세가지 방법으로 구분하였다. ABD 방법은 실제 수명에 따라 선형적으로 감가상각하는 것으로 자산의 기준내용연수에 따라 감가하는 전통적인 감가상각 방법이다. COBD 방법은 기준내용연수에 대해 신뢰할 수 없는 경우 자산의 신뢰할 수 있는 상태 데이터를 기반으로 자산에 대한 새로운 내용연수를 추정하고 추정된 내용연수에 따라 감가상각하는 방법이다. BCBD 방법은 자산의 열화형태가 비선형일 때 적용하는 방식으로 성능예측 모델 등에 의해 추정된 자산의 열화형태를 감가상각률에 적용하여 자산의 가치를 평가하는 방법이다.

감가상각 계산을 위한 모든 방법론이 유효하지만 방법론별로 특정 교통 자산 관리(Transportation Asset Management; TAM) 응용 프로그램과 사용 가능한 데이터에 따라 선호되

표 3 감가상각 계산 방법[12]

구분	설명	특징
전통적인 감가상각	· 감가상각은 실제 연령의 함수로 선형적으로 증가	· 새로운 자산에 대한 계산이 간단함 · 추가 가정이 거의 필요 없음
상태기반 감가상각	· 감가상각은 상태 조건에 맞게 조정된 연령의 함수로 선형적으로 증가.	· 광범위한 유지보수에 대한 고려 사항 수용 · 과거 데이터 없이 계산 가능 · TAM에 대한 유지보수 선택 및 시기에 대한 평가 지원
비선형 편익소비 기반 감가상각	· 감가상각 패턴은 이익이 소비되는 방식에 대한 맞춤형 분석을 기반으로 결정	· 유연한 접근 방식 · 미국 및 국제 회계 표준과 일치 · 자산의 실제 사용 패턴을 일치시키는 최상의 접근 방식

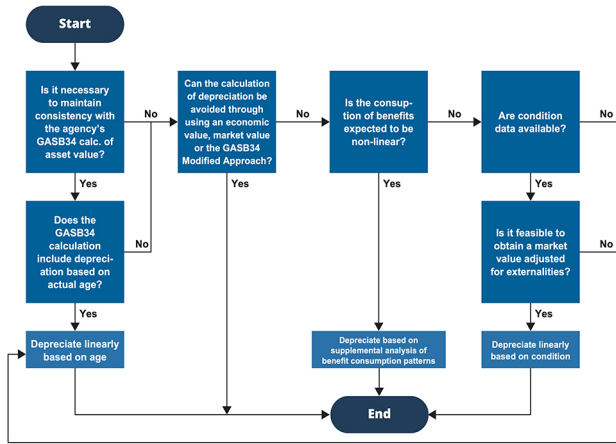


그림 3 감가상각 방법론 선택 흐름도[12]

기도 한다. 그림 3은 감가상각 계산을 위해 적용되는 방법론을 결정하는 흐름도이다. 흐름도에 따라 감가상각 계산을 수행하지 않거나 실제 수명에 따라 선형적으로 감가상각하거나 상태기반 접근법을 사용하여 선형적으로 감가상각하게 된다. 또한 신뢰할만한 분석모델에 의해 감가상각이 비선형이라고 판단되는 자산에 대해서는 비선형 편익소비기반의 감가상각 방법론을 적용하게 된다.

켄터키 교통국(KYTC)은 도로시설물 자산 가치 평가에 상태 기반 감가상각 방식을 사용한다. KYTC는 각 교량의 상판, 상부 구조 및 하부 구조에 대한 상태등급(NBI Rating)을 기준으로 감가상각액을 산정한다. 그림 4는 KYTC의 시설물의 상태등급에 따른 내용연수를 가정하여 감가상각률

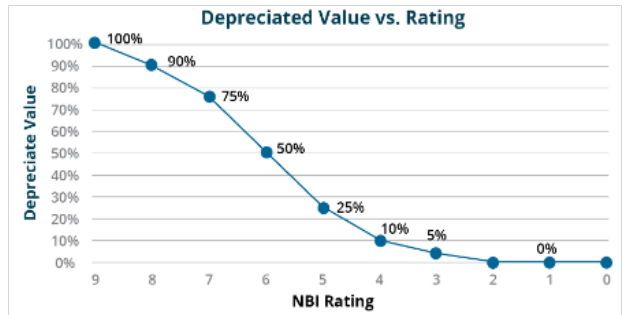


그림 4 예상 감가상각 대 상태 평가[13]

표 4 상태 등급별 유효 잔존 수명 및 감가상각 계산[12]

상태 등급	감가상각 가치	유효 잔여 내용 수명 (년)	\$10M(\$M)의 초기 가치를 고려한 감가상각	\$10M(\$M)의 초기 가치를 고려한 현재가치
9	100%	75	0	10
8	90%	67.5	1	9
7	75%	56.25	2.5	7.5
6	50%	37.5	5	5
5	25%	18.75	7.5	2.5
4	10%	7.5	9	1
3	5%	1.75	9.5	0.5
2	0%	0	10	0
1	0%	0	10	0

을 산정한 그래프이다. 표 4는 초기 값이 1,000만 달러인 도로시설물에 대한 자산가치 평가 계산 예를 나타냈다.

미국 연방도로청(FHWA)에서 운영하는 Long-Term Bridge Performance(LTBP) Program에서 교량 시설물의 자산가치 평가시 비선형편익소비기반감가상각 방법을 활용하여 시설물의 가치를 평가한다. 교량 상태등급(NBI Rating) 효용 가치(BCUV)와 부하 조건(운영 등급) 효용 가치(LCUV)를 기준으로 교량 가치를 감가한다. 이 두 수치는 동일한 가중치를 갖는다(BCUVwt = 0.5 및 LCUVwt = 0.5).

Weights for Bridge Components and Culverts			
Deck Weight	Superstructure Weight	Substructure Weight	Culvert Weight
0.34	0.33	0.33	1.0
	0.5	0.5	
0.5		0.5	
0.5	0.5		
	1.0		

그림 5 교량 구성 요소 및 암거의 가중치[14]

예를 들어 세 가지 구성 요소(바닥판, 상부구조, 하부구조)가 모두 있는 교량 시설물의 경우 BCUV는 다음과 같이 그림 5의 구성 요소별 가중치를 적용하여 아래 식과 같이 계산한다.

$$BCUV = (DCV * 0.34) + (SupCV * 0.33) + (SubCV * .033)$$

그림 6과 그림 7의 그래프는 BCUV와 LCUV를 계산하는데 사용된다. 간소화를 위해 보간법을 사용하는 대신 하한값을 사용하여 주어진 조건등급에 대한 LCUV를 미터톤 단위로 계산한다. 최종적으로 교량 시설물의 자산가치는 아래 식을 사용하여 계산한다:

$$EV = (Replacement Value) * ((BCUV * BCUVWt) + (LCUV * LCUVWt))$$

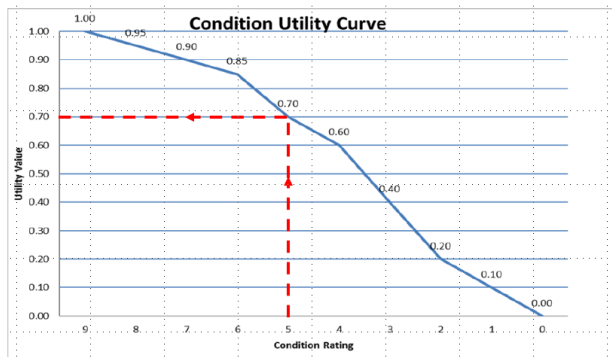


그림 6 상태등급에 따른 효용곡선[14]

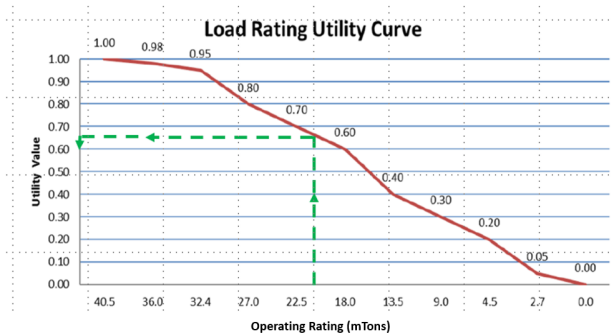


그림 7 부하등급에 따른 효용 곡선[14]

그림 8은 FHWA LTBP 프로그램은 세 가지 교량 구성 요소(데크, 상부 구조 및 하부 구조) 상태예측모델(기본 모델, 생존 모델 및 기계 학습 모델)을 개발하였다.

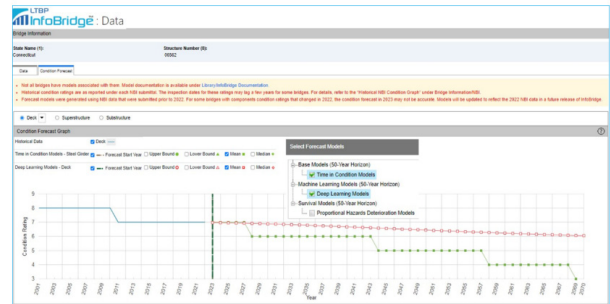


그림 8 교량 열화예측모델을 활용한 장래 상태등급 추이[14]

기본 모델은 통계적으로 결정적이며 과거 NBI(National Bridge Inventory) 데이터에서 각 교량 유형의 평균 상태 유지 시간을 계산하고 이를 각 교량 구성 요소 상태 예측에 적용한다. 생존 모델은 생존 분석 곡선에서 상태 평가 전이 확률을 도출하고 Markov 체인 확률 방법을 사용하여 미래 상태 평가를 예측한다. 기계 학습 모델은 딥러닝 접근 방식을 사용하여 과거 NBI 및 기후 데이터를 마이닝하여 개발하였다.

FHWA에서는 도로시설물의 상태예측모델을 통해 도로 시설물의 유지보수 전·후의 가치변화를 고려하여 유지보수 시기, 공법 결정 등의 의사결정을 지원하고 최적의 증장기 유지관리 전략을 수립하고 있다.

### 3.3 국내 적용가능성 검토

성능을 고려한 자산가치 평가를 적용하기 위해서는 법, 지침 등의 제도적 장치뿐만 아니라 주기적인 점검진단을 통한 시설물의 과거부터 현재 상태를 나타내는 성능 지표가 필요하며 시설물의 상태 자료들을 활용하여 미래 상태를 예측할 수 있는 성능예측모델 개발이 필요하다.

국내 시설물의 가치평가는 2009년 국가회계법의 발생주의회계 도입에 따라 사회기반시설의 가치평가가 의무화되었다. 이에 따라 자산가치평가는 국가회계기준에 따라 기획재정부가 공표한 회계처리지침을 기본적으로 준수해야 한다. 국가회계기준에서의 감가상각방법은 SLD 방법을 적용하도록 정하고 있다. 다만 보다 신뢰할 수 있는 측정방법이 있거나 내용연수를 초과한 경우를 대체할 수 있는 방법을 적용할 수 있다는 예외를 허용하고 있어 성능 기반 자산가치 평가를 위한 제도적 장치는 마련되어 있으나 세부적인 기준이 마련되어 있지는 않다.

또한 국내에서는 「시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법[15]」(이하 시설물안전법)에 근거하여 주요 시설물에 대해 주기적인 점검진단을 실시하고 있다. 점검진단 결과에 따라 도로시설물의 상태평가는 최상의 상태인 A등급부터 최악의 상태인 E등급으로 구분하여 평가하고 있으며 국내에서는 일부 도로시설물을 대상으로 유지보수 및 평가 단계에서 발생하는 정보를 종합적, 체계적으로 관리하는 시스템을 운영 중에 있다. 그러나 현재 운영되는 관리시스템은 단순히 정보를 입력하고 관리하는 수준으로 간단한 통계분석에만 활용하고 있는 수준이다.

국내의 성능 기반 자산가치 평가 적용가능성을 검토한 결과 성능 기반 자산가치 평가를 위한 구성기술들의 요소들은 마련되어 있으나 데이터 활용 미흡, 프로세스, 지침 등의 부재로 구성기술들이 구현되지 않은 실정으로 아래와 같은 연구가 향후 진행되어야 할 것으로 판단된다.

- 성능 기반 자산가치 평가를 위한 프로세스, 지침, 매뉴얼 등의 개발
- 성능 기반 자산가치 평가를 위한 시설물별 성능예측 모델 개발

#### 4. 결론

도로 관리자들은 한정된 예산으로 많고 다양한 자산들을 관리하여야 한다. 이 과정에서 가장 중요한 것은 실제 유지보수가 꼭 필요한 시설물에 투자할 수 있도록 우선순위를 결정하는 것이다. 이는 곧 프로젝트별 사업성 평가가 필요함을 의미한다. 사업성 평가는 기술성, 경제성, 정책성 등을 평가하는 복잡한 절차를 거치게 된다. 자산가치 평가는 이 중에서 가장 어려운 경제성 평가를 지원할 수 있다. 도로시설물의 경제성 평가는 생애주기동안 발생하는 운영비용과 편익으로 계산할 수 있다. 자산가치 평가는 회계적 관점에서 유지보수 사업을 통해 개선되는 성능만큼 자산의 가치 또한 연계하여 개선되었다고 간주한다. 따라서 자산가치 회복량과 사업비용의 비교를 통해 투자의 편익과 효율성을 산정할 수 있다. 즉 자산가치 평가는 투자와 효과를 비교할 수 있도록 도와주는 도구로써 투자된 비용이 얼마나 현실에 잘 반영되었는지를 평가할 수 있게 해주는 지표이다. 예를들어 전년도 자산가치 총액에서 한 해 감가상각액을 빼주면 해당년도의 자산가치를 알 수 있다. 이 값을 유지보수비용과 비교하면 투자의 편익규모와 효율성을 쉽게 산정

할 수 있다. 수식으로 표현하면 다음과 같다.

- 자산가치증가분 = 올해 자산가치 총액 - (작년 자산가치 총액 - 한해 감가상각액)
- 투자편익(B-C) = 자산가치증가분 - 투자액
- 투자효율성(B/C) = 투자편익 / 투자액

이와같이 성능 기반 자산가치 평가는 도로시설물 유지관리 투입비용 대비 자산의 가치 향상 효과 등을 알 수 있어 증장기 유지보수 계획 수립시 의사결정 지원에 효과적으로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

#### 참고문헌

1. AASHTO (2020), "AASHTO Transportation Asset Management Guide", American Association for Highway and Transportation Officials, Washington D.C.
2. Dojuerek, M., Volovski, M., Labi, S. (2014), "Elemental Decomposition and Multicriteria Method for Valuing Transportation Infrastructure", Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 2460, 137-145.
3. MOSF (2021), "Enforcement Rule of Central Government Accounting Standards", Ministry of Strategy and Finance(In Korean).
4. Lee, Y. J., Park, K. H. and Sun, J. W. (2023), "A Study on the Asset Valuation Method Based on the Performance Information of Bridge", Journal of the Korea Institute for Structural Maintenance and Inspection, Vol.27, No.5, p.57-66(in korean)
5. GASB (1999), Statement No. 34 of the Governmental Accounting Standards Board, Governmental Accounting Standards Board (GASB).
6. Lee, M. J., Park, K. H., Park, C. W., Sun, J. W., and Lee, D. Y. (2010). "A Study on Asset Valuation Method for Bridge Asset management", Korean Journal of Construction Engineering and Management, Vol.11, No.6, pp35-44 (in Korean).
7. Do, M. S., Park, S. H., and Choi, S. H. (2017), "Evaluation of Road Asset Value using Alternative Depreciation methods: Focusing on National Highway No.1", International Journal

- of Highway Engineering, Vol.19, No.3, pp.19-30 (in Korean).
8. MOSF (2016), “Accounting Guidelines of Tangible Assets and Social Infrastructure”, Ministry of Strategy and Finance(In Korean).
  9. 内閣府政策統括官 (2017), 日本の社会資本 2017. Japan
  10. Michael Barker (2020), “Long-Term Analysis for Short-Span Bridges”, Modern Steel Construction, The American Institute of Steel Construction(AISC), Chicago.
  11. David Edgerton FCPA (2013), “Valuation and Depreciation A guide for the not-for-profit and public sector under accrual based accounting standards”, CPA AUSTRALIA.
  12. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (2022), “A Guide to Computation and Use of System-Level Valuation of Transportation Assets”, Transportation Research Board, National Academy of Sciences, Washington D. C.
  13. KYTC (2019), Transportation Asset Management Plan. KYTC.
  14. FHWA (2023), LTBP-InfoBridges, Available at:<https://infobridge.fhwa.dot.gov>(Accessed: July 1, 2023), U.S. Department of Transportation., Washington D.C.
  15. MOLIT (2021), Special Act on Safety Control for Infrastructure. Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Korea(in Korean). 