

유지관리를 위한 교량 시설물 자산 평가 방법에 대한 연구

Study about the Evaluation of Bridge Asset Valuation for Maintenance

이 동 현 Lee Dong Hyun
김 주 엽 Kim, Joo Yeub
지 승 구 Ji Seung-Gu
이 상 순 Lee Sang Soon
김 지 원 Kim Ji-won

정회원 · (주)토탈페이브시스템 부장 (E-mail : ssam74@daum.net)
삼성물산 해외사업팀 차장 (E-mail : jooyeub.kim@samsung.com)
한국시설안전공단 진단계획팀 차장 (E-mail : jsg1230@hotmail.com)
한국도로공사 부산외곽건설사업단 품질기술팀 팀장 (E-mail : lssp@ex.co.kr)
정회원 · (주)토탈페이브시스템 대표이사 (E-mail : aircraft1@paran.com)

ABSTRACT

PURPOSES : This study is to improve the highway management and rehabilitation efficiently by method for asset management.

METHODS : Based on the literature review, The concept of this paper is to investigate the use of asset values from a Bridge management system to improvement of maintenance system more efficiently. This study is suggested for an evaluation method based on the current bridge condition by Written-down replacement cost of the assets.

RESULTS : We suggests the optimization methodology of road asset valuation for budge distribution and performance measure.

CONCLUSIONS : We evaluate all of national highway's bridge by the optimization methodology of road asset valuation, and suggest application methods of asset result.

Keywords

asset valuation, maintenance, bridge evaluation, road

Main Author : Lee, Dong Hyun, General Manager
R&D Department, Total Pave System Co, 245-4 Seohyun,
Bundang-Gu, Sungnam-Si, Kyunggi-Do, 463-824, Korea
Tel : +82.31.709.6293 Fax : +82.31.709.6295
email : ssam74@daum.net

International Journal of Highway Engineering
<http://www.ksre.or.kr/>
ISSN 1738-7159 (Print)
ISSN 2287-3678 (Online)

1. 서론

해외에서는 도로 유지관리를 좀 더 체계적이고 효율적으로 개선하기 위하여 1990년대 이후부터 자산관리에 대한 연구 및 실무 적용이 활발해지기 시작하였다. 최근 국내에서도 도로관리에 자산관리 도입방안이 활발히 논의되고 있으며, 자산관리의 요소기술인 상태평가, 성능예측, 생애주기비용분석(Life cycle cost analysis) 등에 대해 많은 연구들이 수행되고 있다. 이러한 기술적 개선사항을 자산관리의 궁극적인 지향점인

효율적 예산분배에 연결시키기 위해서는 최적의 자산가치평가(Asset valuation)기법 개발이 필수적이다. 본 연구에서는 유지관리 예산분배 및 성과측정방식 개선을 위하여 필요한 자산가치평가기법을 제시하고자 한다. 이를 위하여 국내외 자산가치평가에 관한 이론 및 사례를 분석하고 효율적인 도로자산관리를 위한 자산가치평가에 대한 연구를 수행하였다.

전세계적으로 공용중인 도로연장의 증가 및 노후화된 시설물의 증가로 인하여 유지관리에 대한 소요는 지속

적으로 증가하는 반면, 사회간접시설에 대한 재정지출 한계에 의한 유지관리 예산 확보는 점점 더 어려워지고 있다(D. J. Vanier, 2001). 예산제한 하에서 도로 시설물의 공용수명을 연장하고 도로 이용자들을 만족시키는 서비스 수준을 달성하기 위하여 미국, 영국, 호주 등 선진 외국에서는 기존의 유지관리(Maintenance, Repair and Rehabilitation, MR&R)에서 한 단계 진일보된 자산관리(Asset management, AM)를 도입, 실행하고 있다(Federal Highway Administration, 1999; Country Surveyors Society, 2004; Austroads, 1994). 미국에서는 자산관리를 “도로의 유형자산을 비용 효율적으로 운영, 관리하고 향상시키는 체계적인 과정”으로 정의하고 있다. 즉, 경제이론, 경영기법 및 회계원리를 도입하여 기존의 도로 유지관리 방식을 좀 더 효율적이고 체계적으로 개선하는 것이다.

도로자산관리는 도로, 교량, 터널 등을 포함한 전체 도로자산을 운영하고 관리하는 전체 생애주기비용을 최소화하는 데 그 목적이 있다. 이러한 접근방식은 자산의 상태와 명확히 정의된 관리목표치에 바탕을 둔 의사결정을 통하여 경영과 기술분야에서 예산을 분배하고 활용하는 것에 초점이 맞추어지게 된다.

포장, 교량, 터널, 옹벽, 사면 등 서로 다른 자산에 예산을 분배하기 위해서는 도로자산들의 상대적인 가치를 이해하는 것이 필요하다. 각각의 도로자산들은 용도, 재료, 설계방식, 서비스 수준, 그리고 시설물 상태가 매우 다를 수 있다. 이러한 개별 자산에 대한 가치평가를 통하여 적절한 예산이 분배되어야 도로시설물의 수명을 연장시키고 관리비용을 최소화할 수 있는 것이다.

도로자산관리에서 자산가치평가(Asset valuation)라는 것은 도로자산의 화폐가치(Monetary value)를 계산하는 것이다. 이러한 자산가치평가는 자산관리과정에서 필요한 의사결정과 이를 위해 투입될 관리비용을 결정하고, 자산관리를 통하여 자본화되는 비용을 파악하는데 필수적이다. 자산관리를 수행하기 위해서는 자산의 가치를 화폐로 환산하는 것이 필요하며, 자산의 가치와 이 가치의 변화는 유지관리 예산투자 수요를 파악하는데 사용될 수 있다(World Road Association, 2005). 즉, 도로자산에 대하여 화폐가치를 부여하는 것은 도로자산의 중요성을 부각하는 동시에 자산보전을 위한 예산투입의 정당성을 부여할 수 있다(County Surveyors Society, 2005). 또한 자산평가의 결과는 단일 자산에 대한 가치뿐만 아니라 포장, 교량, 터널 등 하나의 도로 네트워크를 구성하는 서로 다른 도로자산

에 대한 상대적인 가치를 제공함으로써 유지관리 예산 분배 의사결정기준의 하나로 사용될 수 있다(Michael B. Johnson, 2003). 지금까지 국내의 유지관리 예산 분배방식은 자산 종류별 유지관리소요를 담당부서에서 취합한 후 예산신청을 하는 방식으로, 자산간 상충효과 분석(Trade-off analysis)을 통한 예산분배가 이루어지지 않았으나, 자산평가를 통하여 예산분배에 따른 자산별 가치상승효과 비교가 가능함에 따라 효율적 자원 분배를 도모할 수 있는 것이다.

미국, 호주, 캐나다 등 선진국에서는 정부 재무제표에 교통 인프라의 자산가치 보고를 의무화하고 있으며, 이를 통하여 실제로 자산관리 개선효과를 얻고 있다. 다만, 여기서의 자산가치는 단순히 화폐가치만을 의미하는 것이며, 도로시설물을 통하여 제공되는 서비스나 지역사회에 대한 가치를 포함하는 것은 아님을 주지할 필요가 있다.

2. 자산가치평가 사례분석

본 장에서는 대표적인 해외 사례로 미국과 영국의 자산평가 도입에 대하여 고찰하고 적용가능한 자산가치평가 기법에 대한 분석을 통하여 효율적인 자산가치평가 방법론을 제시하고자 한다.

2.1. 미국 자산가치평가 사례

1999년 미국 정부회계기준위원회인 GASB(Government Accounting Standards Board)에서는 중앙 및 지방정부의 사회기반시설에 대한 책무를 강화하고자 정부회계기준 34번(GASB 34)을 개정하였다(GASB, 2000). 개정된 GASB 34는 2002년부터 정부 재무제표에 의무적으로 사회기반시설의 가치를 매년 산정할 것을 요구하고 있다. 자산가치평가 방법으로 GASB 34는 두가지 방법을 선택할 수 있도록 하고 있는데, 첫 번째는 감가방식(Depreciation approach)이고 두 번째는 수정방식(Modified approach)이다. 감가상각방식은 기존회계방식인 정액법(Straight-line depreciation)을 사용하여 취득원가를 감가상각함으로써 자산가치를 평가하는 방법이고, 수정방식은 취득원가를 감가상각 없이 자산가치로 평가하는 방법이다. 수정방식은 자산관리를 통하여 시설물들이 적절히 보전되고 있다는 것을 가정하는 것으로, 수정방식을 선택하기 위해서는 정부가 최소상태수준(minimum condition level)를 수립해야 하며 교량관리시스템(BMS), 포장관리시스템(PMS) 등 자

산관리시스템을 사용하고 있어야 한다. 또한, 정기적인 시설물 상태평가 결과를 바탕으로 유지관리 예산을 수립해야 하며 실제 집행된 유지비용(Maintenance cost)과 보전비용(Preservation cost)을 재무제표에 명기해야 한다. 여기서 보전비용이란 가용수명(Useful life)을 원래 산정된 수명 이상으로 연장하는 데에 투입된 비용을 의미하며 추가 및 개선비용, 즉 자산의 용량(Capacity)이나 효율(Efficiency)을 증대하는 비용과 구별된다.

GASB 34에서 제시한 유지보수 및 개선비용에 대한 자본화 방식은 Table 1에 제시하였다. 감가방식에서는 자산에 대한 감가상각을 하는 대신 보전비용은 자본화하도록 하고 있으며, 수정방식에서는 자산에 대한 감가상각을 하지 않는 반면 보전비용은 비용처리할 것을 제시하고 있다.

Table 1. Comparison of Depreciation and Modified

Items	Depreciation approach	Modified approach
Maintenance cost	expense	expense
Preservation cost	capitalize	expense
Additions and improvement	capitalize	capitalize

2.2. 영국 자산가치평가 사례

영국 교통국(Department for Transport)에서는 2005년에 고속도로 자산가치평가 지침(Guidance Document for Highway Infrastructure Asset Valuation)을 발간하였다. 이 지침은 미국 GASB 34 보다 자산가치평가방법에 대하여 매우 상세하게 기술되어 있다. 이 지침에서는 도로시설물의 자산가치를 감가대체원가(Depreciated Replacement Cost)로 정의하였으며 Eq. (1)로 표현된다.

$$\text{감가대체원가} = \text{총대체원가(Gross Replacement Cost)} - \text{누적소비액(Accumulated consumption)} \quad (1)$$

여기서, 누적소비액은 노후화, 공용, 파괴, 쇠퇴, 서비스 수준의 하락 등에 의한 손실분을 의미한다.

영국 지침은 감가상각방법으로 전통법(Conventional Method)과 갱신회계법(Renewal Accounting) 두 가지를 제시하고 있다. 전통방식은 가로등, 교통관리시스

템, 토지 등에 적용하고 갱신회계법은 도로, 구조물, 보도 및 자전거 도로에 적용하도록 규정되어 있다. 전통법은 GASB 34의 감가방식과 동일한 개념인 반면, 갱신회계법은 수정방식과 동일한 전제조건을 가지나 GASB 34의 수정방식에서 정의되지 않은 감가비용 산출방식을 Eq. (2)와 같이 제시하고 있다.

$$\text{감가비용(Depreciation charge)} = \text{필요유지관리비} - \text{집행유지관리비} \quad (2)$$

갱신회계법에 대한 예외 규정으로 영국 지침은 수정 갱신회계법을 제시하고 있는데 이것이 GASB 34의 수정방식과 동일한 개념이 된다. 이밖에 영국 지침은 산사태나 지진 등에 의한 급격한 손상에 따른 자산가치의 감소도 아울러 고려하고 있다.

2.3. 국내 자산가치평가 사례

국내의 경우 2009년에 국가회계기준에 관한 규칙을 개정하여 사회기반시설에 대한 가치를 정부 재무제표(재정상태표)에 명기하도록 하였다. 이 규칙에서는 먼저 자산의 정의와 분류를 제시하였는데, 자산은 과거의 거래나 사건의 결과로 현재 국가회계실체가 소유(실질적으로 소유하는 경우를 포함) 또는 통제하고 있는 자원으로, 미래에 공공서비스를 제공할 수 있거나 직접 또는 간접적으로 경제적 이익을 창출하거나 창출에 기여할 것으로 기대되는 자원을 일컫는 것으로 정의하였다. 또한, 자산을 유동자산, 투자자산, 일반유형자산, 사회기반시설, 무형자산 및 기타 비유동자산으로 구분하여 재정상태표에 표시하도록 하였다. 이 중 사회기반시설은 국가의 기반을 형성하기 위하여 대규모로 투자하여 건설하고 그 경제적 효과가 장기간에 걸쳐 나타나는 자산으로서, 도로, 철도, 항만, 댐, 공항, 기타 사회기반시설 및 건설 중인 사회기반시설 등을 일컫는 것으로 정의하였다. 이들 사회기반시설의 평가는 일반유형자산평가를 준용하였는데, 일반유형자산은 해당 자산의 건설원가 또는 매입가액에 부대비용을 더한 금액을 취득원가로 하며, 물가상승분을 합산하여 평가한다. 이와 같은 방식이 어려운 경우 상각후대체원가법이란 방법을 적용하는데, 동일한 자산을 현재시점에서 재취득하는 경우 투입될 최적의 건설원가액(재조달원가)에 물리적 감가 등을 반영한 방법으로 감가대체원가와 유사하나, 감가하는 방법이 상이하다. 감가상각 방식은 내구수명을 토대로한 정액법(定額法) 등을 적용한다. 이 경우 감가상각은

건물, 구축물 등 세부 구성요소별로 차별화하였다. 그러나 예외 규정이 존재하는데 사회기반시설 중 관리·유지 노력에 따라 취득 당시의 용역 잠재력을 그대로 유지할 수 있는 시설에 대해서는 감가상각하지 않으며, 이를 감가상각대체 시설로 정의하고 있다. 다만, 이를 위해서는 효율적인 사회기반시설 관리시스템으로 사회기반시설의 용역 잠재력이 취득 당시와 같은 수준으로 유지된다는 것이 객관적으로 증명되는 경우로 한정하고 있다. 이에 따라 현재 PMS(Pavement Management System)가 활성화된 포장분야에는 감가상각대체 방식을 적용하고 있다.

이와 같은 방식을 통해 2011년 최초로 정부 주도로 사회기반시설에 대한 실사를 진행하였는데, 이와 같은 평가방식은 재정의 투명성을 높이고 회계의 자기 검증을 강화하는 재무회계적 측면에서는 큰 기여를 하였으나, 이용자를 고려한 상대적인 상태 평가가 어려워 유지 관리 분야에서는 적용하기 어려운 실정이다.

2.4. 자산가치평가방법 비교

자산가치평가제도 분석을 통하여 Eq. (3), (4)와 같이 크게 두 가지 자산가치평가방법을 도출할 수 있다.

역사적 원가 방법(Historical cost)

$$: \text{자산가치} = \text{역사적 원가} + \text{자본적 유지관리비} - \text{감가상각비} \quad (3)$$

현행대체원가 방법(Current replacement cost)

$$: \text{자산가치} = \text{현행대체원가} - \text{자산가치감소분} \quad (4)$$

역사적 원가방법은 역사적 원가주의 회계에 입각하여 자산의 준공시점에서의 취득원가에서 매년도 자본적 유지관리비를 더하고 감가상각비용을 제외한 금액이다. 여기서 자본적 유지관리비는 유지관리비용 중 성능개선 혹은 부재 교체 등 자산가치의 증가를 가져오는 자본화(Capitalization)가 가능한 비용을 의미하고, 감가상각비는 역사적 원가에서 잔존가액을 제외한 금액을 잔존수명으로 나누어 구하게 된다. 국내에서도 하헌구(2001) 등은 이러한 역사적 원가 주의에 입각하여 교통 자본스톡(Transportation capital stock) 추정에 대한 연구를 수행하였으나, 이 연구에서 제시한 총자본스톡 추정방법은 거시경제학적 관점에서 국가 재정 투자와 경제성장의 상관관계 및 지역균형투자여부를 판단하기

위한 것으로, 자산관리에 적용하기에는 세부적이지 못하고 너무 오차가 크다는 문제점이 있다.

미국 GASB 34에서는 기본적으로 역사적 원가주의에 입각하여 자산의 가치를 보고할 것을 의무화하고 있으며, 현행대체원가 방법은 자산의 가치가 너무 과대평가 되고 또한 감가상각비 또한 과대 계상되어 도로관리주체의 재무상태를 왜곡할 수 있다고 판단하고 있다. 이러한 역사적 원가방법은 자산의 손상이나 노후화에 따른 자산가치 감소분 및 자산관리 수행에 따른 자산 상태(Asset condition)의 개선효과를 가치화할 수 없는 단점이 있다. 또한, 오래된 자산일수록 현재시점에서 볼 때 디플레이션 효과를 많이 받게 되어 동일한 경제적 편익(Economic benefit)을 제공하는 최근에 취득한 자산에 비하여 상대적으로 낮은 가치를 나타내게 된다. 따라서, 역사적 원가방법은 재무회계 관점에서 도로관리주체가 보유하고 있는 자산에 대한 회계정보 제공 혹은 거시경제학적 관점에서 총자본스톡을 추정하는 데에는 적용이 가능하나 효율적 자산관리를 위한 자산평가방법으로는 적절하지 않은 것으로 판단된다.

영국에서 채택하고 있는 현행대체원가 방법은 역사적 원가방법에서 고려할 수 없는 자산가치의 감소분을 고려할 수 있는 방법으로 이 방법에 의하여 계산된 자산가치를 감가대체원가(Written-down replacement cost)라고도 한다(Cowe Falls et. al., 2004). 감가대체원가는 대체원가를 계산한 후 시설물의 현 상태를 기준으로 감가한 가격을 의미한다.

3. 자산가치평가기법(Asset Valuation Method)

도로시설물과 같은 유형자산(tangible asset)에 대한 가치를 산정하는 방법은 취득원가인 역사적 원가(Historical cost), 재무제표에 기입되는 장부가액(Book value), 시설물의 현재 상태를 반영하여 대체원가를 감가한 감가대체원가(Written-down replacement cost) 방법 등이 있다(KISC, 2005). 아래에 각 가치평가기법에 대한 분석을 통하여 도로시설물 가치평가를 위한 방법을 개발하고자 한다.

3.1. 역사적 원가법(Historical Cost Method)

역사적 원가 방법은 시설물이 준공될 당시의 도로시설물의 건설비용을 자산가치로 정하는 방법이다. 시설물에 대한 준공당시의 관련기록이 있을 경우 역사적 원

가는 쉽게 산정될 수 있으나, 대부분의 경우 이러한 자료를 확보하는 것이 어려우므로 미국 정부회계기준(GASB 34)에서는 역사적 원가를 실제원가 대신 실질 대체원가(현재시점에서의 대체원가를 준공시점으로 디플레이트(Deflate)하여 산정)를 사용하는 것을 허용하고 있다. 대체원가는 과거에 완성된 도로시설물을 현재 시장가격 하에서 신설했을 때의 가격을 의미한다.

$$\text{역사적 원가(Historical Cost)} = \frac{\text{대체원가(현재시점)}}{(1+i)^n} \quad (5)$$

(i : 물가상승률, n : 현재시점과 준공시점의 년수 차이)

이러한 역사적 원가 방법은 시설물의 유지관리 효과를 제대로 반영할 수 없기 때문에 유지관리에서는 참고적으로만 사용할 수 있는 방법이다. 예를 들어, 동일 시점에서 완공된 규모가 비슷한 두 교량 중 하나는 지속적으로 유지관리가 이루어졌고 다른 한 교량은 방치되어 있었다고 가정해보면 두 교량의 대체원가는 동일시점과 규모의 유사성에 의하여 비슷하게 산정될 것이다. 하지만, 두 교량의 실제 상태의 차이에 의하여 그 가치는 명확히 차이가 있다.

3.2. 장부가액법 (Book value method)

장부가액은 Eq. (6)과 같이 역사적 원가를 감가상각한 가치를 의미한다. 장부가액은 재무회계를 위한 목적으로 사용되며, 관리주체의 전반적인 재무건전성을 파악할 수 있는 정보를 제공한다.

$$\text{장부가액(Book Value)} = \text{역사적 원가} + \text{자본적 유지관리비} - \text{감가상각비} \quad (6)$$

여기서, 자본유지관리비는 유지관리비용 중 성능개선 혹은 부재교체 등 가산가치의 증가를 가져오는 자본화(Capitalization)가 가능한 비용을 의미하고, 감가상각비는 감가기초가액은 역사적 원가에서 잔존가액을 제외한 금액이다.

이 방법은 GASB 34에서 자산가치평가 방법으로 제시하는 방법 중 감가법(Depreciation approach)에 해당하며, 유지관리비용 중 시설물의 가용수명(Useful life)을 연장하는 보전비용(Preservation cost)을 자본적 유지관리비로 자본화하도록 규정하고 있다.

이 평가방법의 단점은 첫째로, 오래된 시설물일 경우 잘못된 가치를 부여할 수 있다. 예를 들어 오래된 교량이 여전히 사용할 수 있는데도 불구하고 장부가액이 0으로 부여될 수도 있다. 또한, 이 방법은 유지관리를 통한 성능개선효과를 제대로 반영할 수 없다. 마지막으로, 장부가액은 시설물의 상태를 왜곡할 수 있다. 예를 들어 잘못된 시공으로 막대한 시공비가 지출되고 이를 유지관리하기 위하여 지속적으로 많은 비용이 사용되고 있다면 장부가액은 엄청나게 큰 가치를 나타내는 반면에 낮은 수준의 물리적인 상태와 잔존수명을 가지는 시설물이 된다. 따라서 장부가액에 의한 가치평가는 자산관리의 효과를 제대로 반영하지 못하는 방법이다.

3.3. 감가대체원가법 (Written-down Replacement Cost Method)

감가대체원가는 대체원가를 계산한 후 시설물의 현 상태를 기준으로 감가한 가치를 의미한다. 이 방법은 시설물의 서비스 수준이 반영된 가치로서, 자산관리개념을 반영할 수 있는 가치평가방법이다. 이 방법은 도로 시설물의 실제 건설년도 및 건설비용자료가 필요하지 않으며, 자산평가과정에서 기존에 수행된 유지보수 수준이 반영될 수 있다는 점에서 기술된 방법보다 실제 자산가치를 산정할 수 있는 방법이 된다. 이 방법은 GASB 34에서 제시하는 자산가치평가방법 중 수정법(Modified approach)에 근접한 개념이며, 유지보수에 의한 감가상각비는 고려하지 않는다.

시설물의 현 상태를 고려한 감가대체원가를 산정하는 방법은 여러 가지가 있다. 가장 단순한 방법으로는 시설물의 현 상태등급을 백분율로 환산하여 대체원가에 곱하는 방법이다. 이 방법은 현시점에서의 시설물의 개략적인 자산가치를 간단하게 계산할 수 있다는 장점이 있는 반면, 상태등급 감소치와 대체원가 감소치가 정확히 일치하지 않는다는 단점이 있다.

위와 같은 단점을 개선하기 위해서 캘리포니아교통국(Caltran)에서는 개발된 교량 건전지수(Bridge health index)를 적용하여 감가대체원가를 계산하는 방법을 제시하였다(Johnson, 2003). 교량건전지수는 준공 시의 자산가치에 대한 현재상태의 자산가치의 백분율로, Eq. (7)과 같이 정의된다.

$$HI = \sum_{i=1}^n \frac{CEV_i}{TEV_i} \times 100 \quad (7)$$

여기서, TEV(Total Element Value): 전체부재가치

$$TEV = FC \times \sum_{s=1}^5 (s \text{ 상태등급의 부재수량})$$

CEV(Current element value) : 현재부재가치

$$CEV = FC \times \sum_{s=1}^5 (k_s) (s \text{ 상태등급의 부재수량})$$

n : 부재종류수(바닥판, 주형, 교좌장치 등)

s : 상태등급수(시트법 적용 시 $s=5$)

k_s : 건전지수계수($k_1=1.00, k_2=0.75,$

$k_3=0.50, k_4=0.25, k_5=0.00$)

FC : 파괴비용(Failure cost)으로 교체비용에 해당

중요한 부재일수록 단가가 높아지므로 파괴비용(Failure cost)은 시트법에서 부재별 상태등급으로부터 전체교량의 상태등급 계산 시에 사용하는 부재별 가중치(Weighting factor)로 변환하여 적용할 수 있다. 위와 같이 교량상태가 건전지수계수의 형태로 고려되어 건전지수가 계산되므로 이 건전지수를 실질대체원가(Deflated replacement cost)에 곱하면 감가대체원가를 얻을 수 있다.

하지만, 이 방법을 명확하게 적용하기 위해서는 부재별 단위원가가 데이터베이스로 구축이 되어야 하며, 실제로 공사비를 산출하는 데는 부재별로 산출하는 것이 아니라 교량전체에 대하여 산출하므로 이러한 자료를 확보하기가 어렵다. Dewan의 연구에서는 이연유지관리비(Deferred Maintenance Cost)을 대체원가에서 감하는 방법으로 감가대체원가를 계산하였다. 여기서 이연유지관리비란 공용초기상태를 유지하기 위해 필요한 유지관리비와 실제 할당된 유지관리비의 차이이다. 공용초기상태를 유지하기 위해서는 매년 상당한 예산이 투입되어야 하지만 현실적으로는 예산제약에 의해 이러한 수준의 유지관리비용을 투입하는 것은 쉽지 않다. 한정된 예산 하에서는 우선순위에 의하여 유지관리비용이 투입되므로 우선순위에서 밀려난 시설물에는 이연유지관리비가 발생하게 된다. 유지관리비용이 투입되지 않은 만큼 자산의 가치가 감소한다고 보는 것이다. 상태등급이 높을수록 이연된 유지관리비는 줄어들 것이고 이에 따라 자산가치는 높게 평가될 것이다.

그러나 이 방법을 적용하기 위해서는 이연유지관리비를 정확히 산출하는 것이 중요하다. Vanier에 따르면,

이연유지관리비는 단순히 연간유지관리비 부족분을 합한 것이 아니라, 유지관리비가 지연됨에 따른 유지관리비의 복리적 증가(Compounding) 효과를 고려해야 한다는 것이다. 즉, 올해 투입되어야 할 예산이 내년에 투입된다면 이연유지관리비는 내년으로 이연된 유지관리비에다 유지관리 이연에 대한 비용상승분을 더해야 하는데, 이 부분을 계산하기란 현실적으로 쉽지 않다(D. J. Vanier, 2001).

Sirirangsi 등은 부동산 가치평가(Real estate valuation) 방법 중의 하나인 원가법(Cost approach)을 적용하여 시설물의 감가대체원가를 계산하였다(Poovadol Sirrangsi et al., 1824). 부동산 가치평가 방법에는 크게 매매사례비교법(Sales comparison approach), 원가법(Cost approach), 수익환원법(Income capitalization approach)이 있다. 도로와 같은 공공시설물(Infrastructure)은 특성상 시장거래가 가능하지 않고 수익발생은 유료도로에 한정되므로 원가법이 부동산 가치평가기법 중 도로시설물에 적용하기 위한 일반적인 방법이 된다.

원가법은 Eq. (8)로 정의된다.

$$\text{자산가치} = \text{토지비} + \text{대체원가} - \text{감가상각비} \quad (8)$$

여기서, 감가상각비는 Eq. (9)로 정의된다.

$$\begin{aligned} \text{감가상각비} = & \text{유형적 감가상각비} + \text{기능적 노후비} \\ & + \text{외생적 노후비} \end{aligned} \quad (9)$$

여기서, 유형적 감가상각비(Physical deterioration)는 시설물의 손상에 의한 공용성의 감소분을 의미하며, 기능적 노후비(Functional obsolescence)는 설계기준이나 법규의 변경에 따른 감소분을, 그리고 외생적 노후비(External obsolescence)는 기술, 환경, 사회경제적 외생변수의 변화에 의한 감소분을 의미한다.

이 원가법에 의하여 자산가치를 계산할 때는 역사적 원가와 장부가액과의 동일비교를 위하여 토지비용은 제외하는 것이 옳으며 감가상각비 중 기능적 노후비와 외생적 노후비 또한 계량화하기 어렵고 타 방법과의 동일비교를 위하여 제외하는 것이 바람직하다. Sirirangsi 등은 유형적 감가상각비 계산 시 여러 유지관리대안에 따른 감가상각비를 표준화(Normalization)하는 방법을 제시하였다.

4. 자산가치평가기법 개발

전술된 바와 같이 여러 자산가치평가기법 중에서 감가대체원가법이 효율적 자산관리를 위한 자산가치평가법으로 가장 적절한 것으로 판단된다. 그리고 현재 시설물의 상태를 반영한 감가상각을 고려하기 위하여 Caltran의 Health Index 개념을 도입한 시설물의 건전지수를 산정하여 적용하는 것이 가장 효과적인 것으로 판단된다. 다만 이 건전지수를 산정하는 데 파괴비용을 바탕으로 계산하는 것이 아니라 한국시설안전공단의 “시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 지침”에 제시된 가중치 및 환산결함도점수 계산법을 사용하여 건전지수를 산정하는 것이 막대한 시간과 비용을 절감할 수 있을 것으로 판단된다. 대체원가의 경우 실적공사비를 통해 산출된 2010년 도로업무편람의 교량형식별 단위 면적당 공사비를 적용하였다. 시설물의 건전지수를 산정하기 위해서는 부재별 상태등급조사가 선행되어야 한다. 이를 통해 얻어진 부재별 상태등급에 가중치를 적용하여 환산결함도점수를 구한 다음 건전지수를 Eq. (10)에 의하여 구할 수 있다.

$$\text{건전지수} = 1 - \text{환산결함도점수} \quad (10)$$

Eq. (10)과 같이 계산하는 이유는 결함도점수와 건전지수의 의미 차이에서 기인한다. 결함도는 그 수치가 낮을수록 시설물의 건전도가 높아지는 반면, 건전지수는 그 수치가 높을수록 시설물의 건전도가 높음을 나타내기 때문이다. Fig. 1은 감가대체원가를 구하는 순서를 나타낸 것이다.

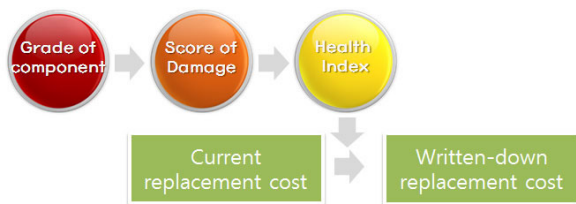


Fig. 1 Flow-Chat of the Asset Value Calculation

5. 자산가치평가 사례

본 절에서는 전술된 자산가치평가방법을 사용하여 시설물에 대한 자산평가를 수행함으로써 자산가치평가의 효율성을 제시하고자 한다. 이를 위하여 도로시설물 중 가장 복잡한 시설물인 교량 시설물에 대하여 자산가치

평가를 수행하였다. 부재는 교면포장, 바닥판, 주형, 교량받침, 신축이음, 기타부재(하부구조 등)로 크게 6개로 구분하였다.

상태조사를 통하여 얻어진 부재상태등급(a,b,c,d,e) 데이터를 바탕으로 한국시설안전공단 “안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(교량)”에 의거하여 부재상태등급 값(0과 1사이의 값)을 계산한다. 이때, 계산된 부재상태등급값은 결함도 개념으로 규정된 값이므로 건전도 개념으로 환산하기 위하여 아래의 Table 2와 같이 조정한다.

Table 2. Modification of Bridge Element's Value

grade	Before		After	
	value	range	value	range
a	0.1	$0 \leq x < 0.13$	0.9	$0.87 \leq x < 1$
b	0.2	$0.13 \leq x < 0.26$	0.8	$0.74 \leq x < 0.87$
c	0.4	$0.26 \leq x < 0.49$	0.6	$0.51 \leq x < 0.74$
d	0.7	$0.49 \leq x < 0.79$	0.3	$0.21 \leq x < 0.51$
e	1	$0.79 \leq x$	0	$x < 0.21$

자산가치평가 후 부재별 예측모델을 통해 향후 자산가치 변화를 예측할 수 있다. 이를 통하여 미래의 자산감소액을 추정할 수 있으며, 향후 전체 유지보수 예산을 계획하는데 근거자료로 활용할 수 있다. 다음은 향후 자산가치 변화 예측 사례이다. 시설물 안전진단지와 LCC 분석지침 등을 참고하여 Table 3과 같이 부재별 가중치와 교체주기를 결정하였으며, 2차 포물선 형태로 부재의 상태등급 변화곡선을 모사하였다.

Table 3. Application of Values for the Bridge Asset Prediction

Bridge element	Weight factor	Replacement times
Pavement	7	12
Bridge deck	18	29
Girder	25	41
Bearing	9	15
Expansion Joint	9	10
ETC element	25	60

기본적으로 보수는 상태등급이 c 이하일 때 시행하고, 보강은 상태등급이 d 이하일 경우 시행하는 것으로 적용하였고 등급별 범위에 해당하는 지수의 중간값을 적용하였다. Fig. 2는 각 부재별 보수 보강 기준을 2차 함수에 적용하여 얻어진 공용년수에 따른 부재별 상태등급 변화를 나타내며, Fig. 3은 부재별 상태등급 변화에 가중치를 적용하여 전체 교량 건전지수 변화를

구한 것이다. 보는 바와 같이 부재별 가중치 및 보수보강이 적기에 이루어진다 하더라도 건전지수의 하락이 상당할 것으로 예상되며, 대체원가를 통해 자산가치의 하락분을 비용화시킬 수 있다. 그러나 자산가치 감소액은 대체원가 기반이기 때문에 현재 상태를 유지하기 위한 적정 유지보수 보수보강 비용과 차이가 발생할 수 있다. 따라서 각 부재의 상태변화 및 유지보수 행위가 자산가치 하락분에 어느 정도 기여하는지 상관관계를 도출하기 위한 향후 연구가 이루어져야 할 것으로 판단된다.

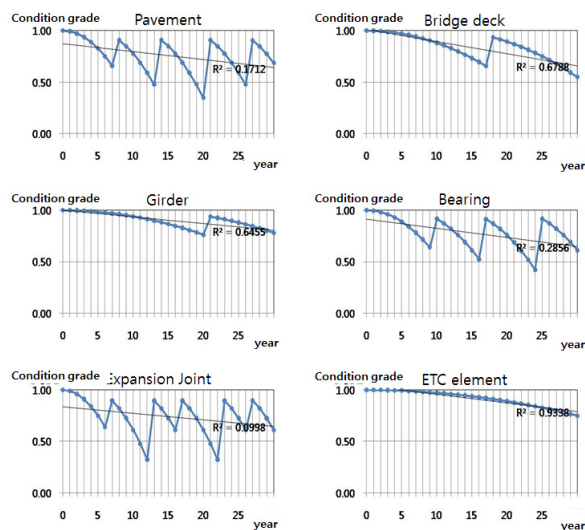


Fig. 2 Condition Deterioration Model of Bridge Elements

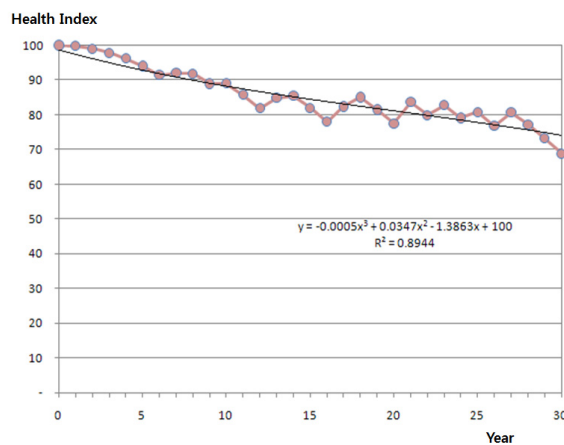


Fig. 3 Prediction of Health Index by Condition Deterioration Model

자산가치평가에 적용된 교량 형식별 단가는 도로업무편람을 참조하여 Table 4와 같이 적용하였으며, 설계 및 감리비와 낙찰률을 고려하여 현행대체원가를 산출하였다.

Table 4. Unit Cost of Bridge Construction(1,000won)

Bridge Type		Unit Cost (M²)
Slab	RC	1,913
	PC	-
PSC Beam		1,586
PSC-Box	ILM	1,794
	FCM	2,276
	MSS	3,012
	FSM	3,342
Steel Box		2,720
Steel Plate		2,439
RC Rahmen		2,553

$$\text{설계가} = \text{단위면적당 설계단가} \times \text{면적}$$

$$\text{공사비} = \text{평균낙찰률}(72.1\%) \times \text{단위면적당 설계단가} \times \text{면적}$$

$$\text{현행대체원가} = \text{설계및감리비}(\text{설계가의 } 5.5\%) + \text{공사비} \quad (10)$$

교량 네트워크에 대한 자산가치평가를 위해서 2011년 공용 중인 고속도로 노선 중 7,598개에 대하여 가치평가를 수행하였다. 대체원가를 산출하기 위하여 2010년 고속도로 평균건설단가에 평균 낙찰률 72.11%와 설계 및 감리비 5.49%를 적용하였다.

교량 상태등급을 백분율로 환산하여 감가대체원가를 산정하였고, 이를 현행대체원가와 노선별, 지사별, 지역본부별로 비교하였다. 전체 고속도로 교량의 대체원가 자산가치는 28.45조 원으로 나타났으며, 현시점의 교량 상태를 고려한 감가대체원가 개념의 자산가치는 약 27.0조 원으로 대체원가 대비 약 5.36%가 감소된 상태이다.

대체원가와 감가대체원가의 차이가 1.45조 원으로 아직까지 전제 교량의 상태가 급격하게 저하되지는 않았다.

대체원가 자산가치는 2003년부터 매년 평균 약 5.9%씩 증가하는 추세로 지속적인 선형 개량 및 확장, 신규 노선 증가에 기인한다. 향후 신규 노선의 증가추세 감소로 대체원가 개념의 자산가치 증가율은 점차 수렴하는 형태로 진행할 것으로 예상된다. 이에 반해 자산가치 감가율은 교량의 노후화 추세에 따라 지속적으로 증가할 것으로 예상된다.

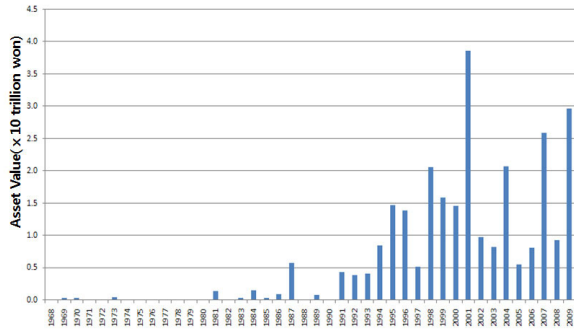


Fig. 4 Annual Highway Bridge Asset Value (Current Replacement Cost)

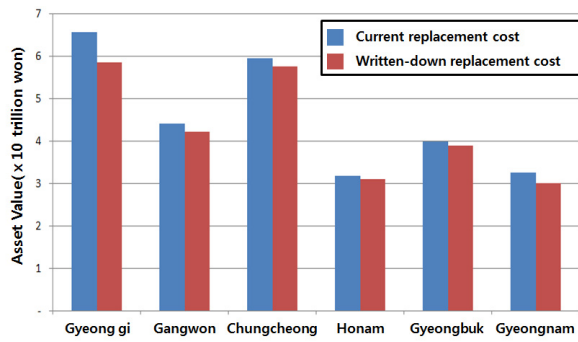


Fig. 5 Comparison of Current Replacement cost and Written-down Replacement Cost by Regional Headquarters

노선별 현행대체원가대비 감가대체원가 비율은 개통한지 30년 이상 된 남해 제2지선이 73%로 가장 낮으며, 다음으로 중앙지선이 86%로 나타났다. 노선별 현행대체원가대비 감가대체원가 차이는 서울외곽순환선이 약 4,400억 원으로 가장 높았다. 서울외곽순환선의 경우 교량의 평균 공용년수가 약 9년인데 반해 건전지수가 낮게 나타났다. 이는 기본적으로 상태가 낮은 원인도 있지만 장대교량이 많은 서울외곽순환선의 특성도 고려하여야 한다. 상태평가 시 각 부재의 상태평가기준 중

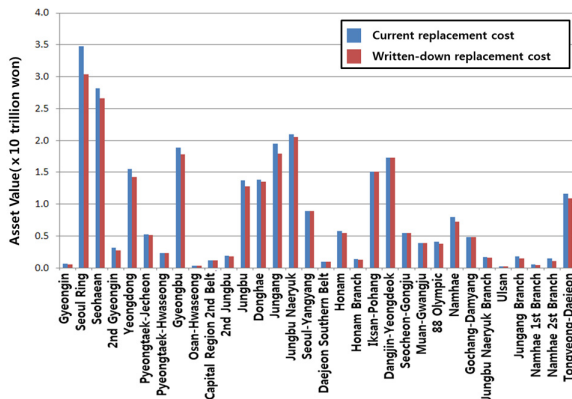


Fig. 6 Comparison of Current Replacement cost and Written-down Replacement Cost by Route

최저값을 바탕으로 상태평가를 수행하기 때문에 전체 구간 중 극히 일부가 파손되더라도 전체 상태가 낮게 나타날 수 있기 때문이다. 이들 노선들에 대하여 우선적으로 유지관리예산이 배분되어야 함을 알 수 있다. 반면에 2009년에 개통한 수도권제2순환선, 평택화성선, 당진영덕선 등은 공용년수가 2년 미만으로 감가율이 매우 낮게 나타났다.

각 지사별 현행대체원가대비 감가대체원가 비율은 인천지사가 89%로 낮게 나타났으며, 영천, 담양, 보은, 공주 등의 지사는 100% 나타나 관리노선의 준공년도가 오래될수록 비율이 낮게 되는 경향이 나타났다. 그러나 상태등급 산정 시 각 지사별 점검자에 따라 상대적 차이가 발생할 여지도 존재하기 때문에 해당 지사에 대한 면밀한 조사가 필요하다. 지역본부별로 비교하였을 경우 경기지역본부의 현행대체원가대비 감가대체원가 차이가 7,194억 원으로 가장 높게 나타났다. 향후 의사결정 시 각 지역별 자산가치 현황을 통해 예산 우선순위 가중치를 적용한다면 관리 교량 상태와 규모를 동시에 고려할 수 있기 때문에 보다 효율적인 유지관리가 이루어질 수 있을 것으로 판단된다.

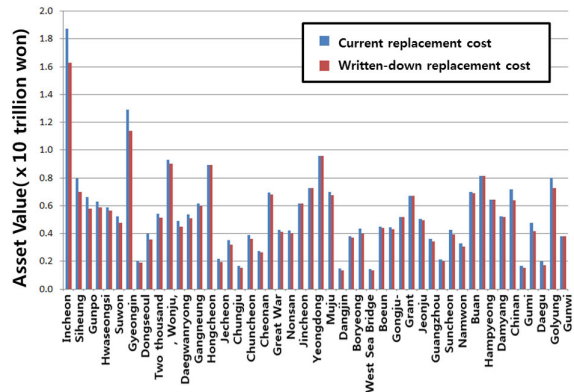


Fig. 7 Comparison of Current Replacement cost and Written-down Replacement Cost by Local Office

전체 교량의 자산 가치는 대체원가에 비하여 약 94% 정도로 감가(Write-off)되는 것으로 나타났다. 연도별 전체 자산가치 감가율은 2003년 4.08%에서 2011년 5.26%로 약 1.2% 증가하였다. 전체 자산가치 감가율은 2003년 4.08%에서 2011년 5.26%로 약 1.2% 증가하였다. 그러나 이는 2000년대 이후 신설되는 교량의 자산가치가 계속적으로 반영된 결과이다. 기존 교량만 고려하여 자산가치 감가율을 파악하기 위해 2003년 기준으로 이후 신규로 건설되는 교량을 제외하고 2003년까지 건설된 교량에 대해서만 자산가치를 산출하였다.

2011년 감가율이 9.11%로 2003년에 비해 크게 감가된 것을 알 수 있다. 기존 교량의 감가율 변화를 추세선으로 도식화한 결과, 2003년 감가율은 4%에 불과했으나, 약 14년이 경과한 2017년에는 2003년 이전에 준공된 교량의 감가율이 24%까지 육박하는 것으로 나타났다. 따라서, 현재의 유지관리비용 투입 수준을 지속할 경우 향후 급격한 상태 저하가 예상되며, 예방적 차원에서 지속적인 예산 증액이 필요할 것으로 판단된다.

Table 5. Annual Asset Values(Total)

Year	Current replacement cost(×0.1 billion won)	Written-down replacement cost (×0.1 billion won)	Depreciation ratio
2003	18,134	17,394	4.08%
2004	18,483	17,685	4.32%
2005	20,524	19,727	3.88%
2006	20,988	20,212	3.70%
2007	21,656	20,864	3.65%
2008	24,363	23,420	3.87%
2009	25,133	23,876	5.00%
2010	27,879	26,340	5.52%
2011	28,448	26,952	5.26%

Table 6. Annual Asset Values (Year of Construction: 1965~2003)

Year	Current replacement cost(×0.1 billion won)	Written-down replacement cost (×0.1 billion won)	Depreciation ratio
2003	18,134	17,413	4.08%
2004	17,108	16,347	4.45%
2005	17,031	16,275	4.44%
2006	16,508	15,787	4.37%
2007	16,079	15,356	4.50%
2008	15,861	14,992	5.48%
2009	14,563	13,421	7.84%
2010	14,324	12,990	9.32%
2011	13,870	12,606	9.11%

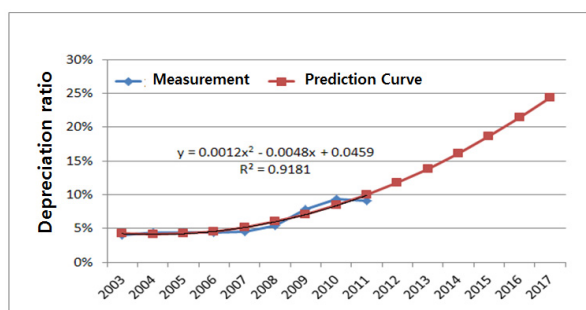


Fig. 8 Prediction of Depreciation Ratio

6. 결론

본 연구에서는 도로시설물 자산평가에 관한 국내의 사례 및 이론분석, 그리고 실제 고속도로 교량에 대한 자산평가 사례 연구를 수행하였다. 이를 통하여 얻은 결론은 제시하면 아래와 같다.

첫째, 자산평가방법인 역사적 원가 방법과 현행대체 원가 방법 중에서 현행대체원가 방법이 자산관리효과를 제대로 반영할 수 있는 방법임을 알 수 있었다.

둘째, 현재 시설물 상태를 반영한 자산가치 평가를 위해 현행대체원가에 건전지수를 곱하여 감가대체원가를 산정하는 방법을 제시하였다.

셋째, 자산평가로 구한 상대적 자산감가율을 노선별 유지관리 예산분배의 기준으로 적용할 수 있을 뿐만 아니라, 집행된 예산의 적정성을 평가하는 지표로도 활용이 가능할 것으로 파악되었다.

본 연구를 통하여 교량에 대한 신뢰도 있는 건전지수 자료가 확보되어야 적절한 자산평가가 가능함을 알 수 있었다. 따라서, 향후 연구방향으로는 교량상태를 예측할 수 있는 손상모델 및 유지관리의사결정모델과 자산평가모델과의 통합에 대하여 수행하는 것이 필요할 것으로 판단된다.

References

- D. J. Vanier, "Why Industry Needs Asset Management Tools," *Journal of Computing in Civil Engineering*, Vol. 15, No. 1, ASCE, 2001
- Federal Highway Administration, "Asset Management Primer," *Office of Asset Management*, 1999
- County Surveyors Society, "Framework for Highway Asset Management," Department of Transport, 2004
- Austrroads, "Road Asset Management Guide," Sidney, 1994
- World Road Association, "Asset Management for Roads-An overview," PIARC Technical Committee on Road Management (C6), 2005
- County Surveyors Society, "Guidance Document for Highway Infrastructure Asset Valuation," Department of Transport, 2005
- Michael B. Johnson, "Condition-based Bridge Asset Valuation," *9th International Bridge Management Conference*, Transportation Research Circular EC049, 2003
- Shameem A. Dewan. et al., "Valuing Pavement Network Assets and Use of Values as Decision Supports," *Journal of Infrastructure Systems*, Vol. 11, No. 4, ASCE 2005
- Governmental Accounting Standards Board, "Guide to implementation of GASB statement 34 on basic financial statements and management's discussion and analysis for state

and local governments, Norwalk, Conn., 2000
Haheongu, "Capital stock estimates by facility Transport Sector,"
Korean society of transportation, Vol, 19 No. 5, 2001
Cowe Falls et al., "Comparison of Asset Valuation Methods,"
Transportation Association of Canada, 2004

Korea Infrastructure Safety Corporation, "*Development of Facility
optimal maintenance system based on life cycle cost,*" KISC, 2005
Poovadol Sirrangsi et al., "Capturing Effects of Maintenance
Practices in Highway Asset Valuation," *Transportation
Research Record*, 1824

(접수일 : 2012. 8. 24 / 심사일 : 2012. 9. 9 / 심사완료일 : 2012. 10. 16)