

## 비교사례 연구를 통한 인프라 유지관리 기술 분류체계 도출

김두연<sup>1</sup>, 차용운<sup>2</sup>, 박원영<sup>2</sup>, 박태일<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>경일대학교 토목공학과, <sup>2</sup>한국건설기술연구원 공사비원가관리센터

### Identification of Breakdown Structure for Infrastructure Maintenance, Repair, and Rehabilitation Technologies using Comparative Case Study

Du Yon Kim<sup>1</sup>, Yongwoon Cha<sup>2</sup>, Wonyoung Park<sup>2</sup>, Taeil Park<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Civil Engineering, Kyungil University,

<sup>2</sup>Cost Engg. & Mgmt. Center, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology

**요약** 본 연구에서는 해외 선진국의 유지관리 체계를 벤치마킹하여 시설물의 생애주기 차원에서 종합적 자산 관리 개념을 고려한 유지관리 기술 분류체계를 제안하였다. 이를 위하여 비교사례 연구 기법을 적용하였으며, 국내·외 유지관리 제도, 정의, 기술 분류체계 등을 비교·분석하였다. 비교사례 분석을 위하여 유지관리 비용 집행 비율이 높은 미국, 영국, 일본을 대상 국가로 선정하였고, 해당 국가들의 유지관리 체계를 분석하였다. 다음으로, 국내 유지관리 관련 법에 내포되어있는 인프라 유지관리 기술의 분류 및 정의에 대하여 분석하였다. 그 결과 해외 선진국들은 유지관리 기술의 효과에 따라 유지보수와 개선을 명확하게 분류하고, 예방적 유지관리 활동 중심의 체계를 구성하고 있었다. 반면, 우리나라의 시설물 유지관리 기술은 그 분류 및 정의가 명확하게 구분되지 않고 아직도 사후 대응적 구조 중심으로 이루어져 있어 개선이 필요한 것으로 나타났다. 비교사례연구 결과를 토대로 제안한 분류체계는 유지관리, 유지보수, 성능개선의 개념을 정립하고, 예방적 유지보수와 대응적 유지보수를 명확하게 구분하였다. 결과적으로 제안된 기술 분류체계는 자산관리 관점에서 선제적 유지관리 활동과 합리적인 유지관리 예산 분배를 위한 기초연구로서의 활용도가 높을 것으로 기대된다.

**Abstract** This study proposed a breakdown structure for maintenance and management technologies under the concept of comprehensive asset management at the life cycle level of infrastructure based on benchmarking with other developed countries. For this purpose, a comparative case study was performed to review and analyze the existing definitions and hierarchies for infrastructure maintenance, repair, and rehabilitation (MR&R) systems under major industrialized countries and South Korea. In accordance with the ratio of maintenance costs to GDP, the U.S., U.K, and Japan were selected to review their systems. The classifications and definitions of MR&R technologies under the laws were analyzed. The result showed that most developed countries differentiate maintenance and repair from improvement and constitute a system centered on preventive maintenance activities. On the other hand, Korea's system for facility management is not definitely classified and still focused on reactive structures, which need to be improved. In this study, as proposed, a breakdown structure established the concept of Maintenance and Management, Maintenance & Repair, and Performance Improvement. Consequently, this study could be used as the basis for the implementation of preventive MR&R activities and reasonable resource allocations from an asset management point of view.

**Keywords** : Comparative Case Study, Infrastructure, Maintenance, Repair and Rehabilitation(MR&R) Technology, Breakdown Structure, Asset Management

본 논문은 한국건설기술연구원 주요사업(주요-대3-정책: 생활밀착형 인프라 개선사업 원가산정 기준 마련 연구 2/3)지원으로 수행되었음

\*Corresponding Author : Taeil Park(Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology)

email: taeilpark@kict.re.kr

Received August 25, 2020

Revised September 23, 2020

Accepted October 5, 2020

Published October 31, 2020

## 1. 서론

우리나라는 경제성장과 사회발전에 수반되는 다양한 필요성에 따라 사회기반시설(Infrastructure)에 대한 투자를 지속해 왔으며, 사회기반시설의 범주도 산업기반시설에서 복지, 생활 기반시설로 그 목적과 역할이 확장되어왔다. 지속적인 인프라 확충 노력으로 우리나라는 세계경제포럼(World Economic Forum, 이하 WEF)의 국가경쟁력 평가(Global Competitiveness Index, 이하 GCI) 인프라 분야에서 2019년 기준 92.1점으로 전체 140개국 가운데 6위를 차지하였다[1].

그러나 주요 기반시설의 건설이 1970~80년대 고도 경제성장 시기에 집중되어 향후 시설물의 노후화에 따른 유지관리 부담이 지속적으로 가중될 것으로 전망되고 있다. 2014년을 기준으로 「시설물의 안전관리에 관한 특별법」에 따라 관리되고 있는 대형 기반시설은 17,514개이며, 이중 30년 이상 노후화된 시설물은 1,864개로 전체의 11% 수준으로 나타났다. 또한, 향후 5년 뒤에는 2,848개로 16.3%, 10년 뒤에는 4,271개로 24.4%까지 급격히 증가할 것으로 예상된다[2]. 이에 더하여 각종 이상기후에 따른 풍수해, 지진과 같은 재난, 재해의 빈도와 규모가 증가함에 따라 시설물의 유지관리는 더욱 중요해지고 있다[3].

이에 정부에서는 인프라 시설물 증가에 따른 유지관리 부담 증가에 대응하기 위하여 시설물 유지관리체계와 관련된 제도를 수립하였다. 1995년 「시설물의 안전관리에 관한 특별법」을 제정하여 시설물을 규모, 위험도, 공공성, 중요도 등에 따라 제1종 및 제2종 시설물로 구분하고, 시설물 관리 주체에게 안전점검, 정밀안전진단 및 유지관리의 실시책임을 부여하였다. 이후 시설물안전관리 일원화를 위하여 「시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법」을 2018년 1월부터 시행하고 있다.

한편 기존의 기반시설 유지관리는 현황 및 상태 중심의 사후대응 방식이었다. 그러나 기반시설의 지속가능성을 위해서는 선제적 유지관리가 중요하다[3, 4]. 이에 2020년부터 기반시설의 선제적 유지관리 및 성능개선을 위한 「지속가능한 기반시설 관리 기본법」이 시행중이다. 그러나 이러한 제도적 기반 구축에도 불구하고, 유지관리 업무를 정의하고 있는 「건설산업기본법」과 기타 유지관리 관련 법률 간에 유지관리의 정의, 범위, 분류 등이 상이하여 혼란이 가중되고 있다. 더불어, 국내 시설물 유지관리 체계 관련 연구는 시설물 유지관리에 대한 수요증가와 함께 활발히 이루어져 왔는데, 전반적인 제도 개선 차원

의 접근을 취한 연구가 주를 이루고 있어[5-8] 현행 제도 내의 유지관리 기술 분류를 위한 연구는 부족한 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 시설물의 효율적인 유지관리 기반 구축을 위하여 주요 선진국들의 시설물 유지관리 현황 및 제도, 기술 분류체계 등을 비교·분석하여 국내 실정에 맞는 시설물 유지관리 기술 분류체계를 제안하고자 한다.

## 2. 비교사례 분석 프레임워크

### 2.1 분석방법 및 절차

본 연구에서는 국내 유지관리 체계상의 기능 정의의 문제점을 개선하고 유지관리 기능 분류체계를 도출하기 위하여 비교사례 연구(Comparative Case Study) 기법을 활용하고자 한다.

비교사례 연구는 두 개 이상의 사례를 대상으로 연구 문제를 접근하는 방법이다. 비교사례 연구는 질적 연구방법론의 하나로, 이론적 조망에 근거하여 특정 사례 또는 사례들을 대상으로 총체적인 자료수집을 통해 연구를 수행하는 설계 논리를 말한다[9]. 사례분석은 주로 사회과학, 경영, 행정 분야에서 정책, 제도, 프로그램, 실행과정 등 대상 사례에 대한 심층진단으로 활용된다. 본 연구의 특성상 다수의 데이터 수집을 통한 정량적 분석, 인과분석 등의 접근이 어렵기 때문에 비교사례 연구를 활용하여 유지관리 기능 분류체계를 분석하고자 하였다.

비교사례 연구의 분석절차는 Fig. 1과 같이 먼저 사례 분석의 주제를 선정하고, 문헌조사 등을 통해 사례별 분석요소를 설정하게 된다. 이를 바탕으로 사례분석에 포함시킬 대상 사례들을 선정하게 되며, 각 사례별 데이터를 수집한다. 사례별 분석을 수행하여 주제와 연계되는 주요 분석요소들을 도출하며, 마지막으로 이를 종합하여 결과를 도출하게 된다.

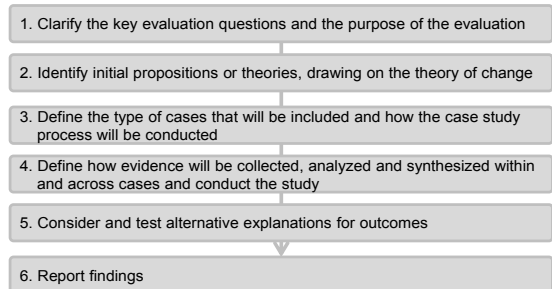


Fig. 1. The Logic of Comparative Case Studies: Adopted from [6]

## 2.2 비교사례 분석 요소 도출

「지속가능한 기반시설 관리 기본법」 제2조에서 ‘유지관리’란 “완공된 기반시설의 기능을 보전하고, 기반시설 이용자의 편의와 안전을 높이기 위하여 기반시설을 일상적으로 점검·정비하고 손상된 부분을 원상복구하며, 경과 시간에 따라 요구되는 기반시설의 보수·보강 등에 필요한 활동을 하는 것”으로 정의하고 있다.

하지만 해외에서는 보다 다양한 용어로 유지관리 개념이 적용되고 있기 때문에, 국문 정의에 의해 유지관리를 단순히 ‘Maintenance’라는 용어로 한정하기에는 무리가 있다. 통상 시설물의 유지관리는 생애주기(Life-cycle)적 관점에서 운영 및 유지관리(Operation and Maintenance)라는 용어를 활용한다[10]. 또한, 기관에 따라 시설물의 자산관리(Asset Management) 개념 하에 물리적 자산관리(Physical Asset Management)를 유지관리 행위의 범주로 보기도 하며[11], ‘유지(Maintenance)’, ‘보수(Repair)’, ‘보강(Rehabilitation)’ 등을 포함하여 ‘MR&R’이라는 용어도 널리 활용되고 있다.

따라서 보다 포괄적인 유지관리 개념 하에서 사례분석을 접근할 필요성이 있다. 이를 위하여 본 연구에서는 다음 요소들을 기준으로 비교사례 분석을 수행하고자 한다.

- ① 포괄적 범주에서 시설물 유지관리 체계의 구성
- ② 시설물 유지관리의 정의 및 범위
- ③ 시설물 유지관리 하위 기술의 분류체계 및 구성

## 3. 비교사례 분석 대상 국가 도출

비교사례 분석을 위한 비교 국가의 선정을 위하여 국가별 경제지표(GDP, GDP per capita), 인프라 만족도 수준(GCI Infrastructure Score), 인프라 투자 비율 등을 조사하였다. Table 1과 같이 우리나라의 GDP는 2018년 기준 1.619조 달러, 1인당 GDP는 3.136만 달러로 나타났다[9]. WEF GCI에 따르면 국내 인프라 만족도 수준은 92.1점으로 나타났으며[12], GDP중 내륙 인프라 투자 비중은 1.75%(2015년)를 기록하였다[13]. 또한 국내 도로 인프라의 유지관리 투자 비중은 신규 투자 대비 16.75%로 나타났다[14].

산업화가 빨랐던 미국, 영국, 프랑스 등 서구 선진국의 경우 인프라의 노후화로 인하여 인프라 만족도 수준이 후발국 대비 상대적으로 낮은 75~90점대를 나타내고 있다. 또한 도로 인프라의 유지관리 투자 비중은 적게는 25%에서 많게는 74.36%까지 상대적으로 높은 비중을 보이는 것을 확인할 수 있다. 반면 개발 수준이 떨어지는 인도, 멕시코, 터키 등은 아직 인프라 수준이 높지 않아 전반적인 인프라 투자가 필요한 것을 확인할 수 있다.

Kalaitzidakis 와 Kalyvitis은 국가의 공공 인프라 투자에 있어서 신규 투자와 유지관리 투자 비중이 적정 비율에 도달할 때 국가 성장이 극대화된다는 모델을 제시한 바 있다(Fig. 2)[15]. 실제로 Table 1의 국가들을 x축-경제발전 수준(1인당 국민소득), y축-인프라 만족도 수준, 원 크기-도로 유지관리 투자 비중을 Fig. 3과 같이 도식화할 수 있다.

Table 1. Country Statistics

Country	GDP: current US B\$, 2018 [12]	GDP per Capita: current US\$, 2018 [12]	GCI Infrastructure Score [12]	Infrastructure Investment - Percentage of GDP: Inland Total 2015 [13]	Infrastructure maintenance ratio - Road 2015 [14]
Australia	1,433.90	57,373.69	79.2	1.21%	40.05%
Belgium	542.76	47,518.64	87.3	0.50%	58.74%
Denmark	355.68	61,350.35	87.1	0.88%	74.36%
Finland	276.74	50,152.34	83.4	0.86%	40.94%
France	2,777.54	41,463.64	89.7	0.89%	25.95%
India	2,718.73	2,009.98	68.1	1.21%	54.70%
<b>Japan</b>	<b>4,971.32</b>	<b>39,289.96</b>	<b>93.2</b>	<b>0.93%</b>	<b>51.30%</b>
<b>Korea</b>	<b>1,619.42</b>	<b>31,362.75</b>	<b>92.1</b>	<b>1.75%</b>	<b>16.75%</b>
Mexico	1,220.70	9,673.44	72.4	0.52%	25.39%
Norway	434.17	81,697.25	75.8	1.39%	54.73%
Sweden	556.09	54,608.36	84.0	0.72%	63.58%
Turkey	771.35	9,370.18	74.3	1.31%	2.64%
<b>U.K.</b>	<b>2,855.30</b>	<b>42,943.90</b>	<b>88.9</b>	<b>0.90%</b>	<b>34.91%</b>
<b>U.S.A</b>	<b>20,544.34</b>	<b>62,794.59</b>	<b>87.9</b>	<b>0.58%</b>	<b>50.04%</b>

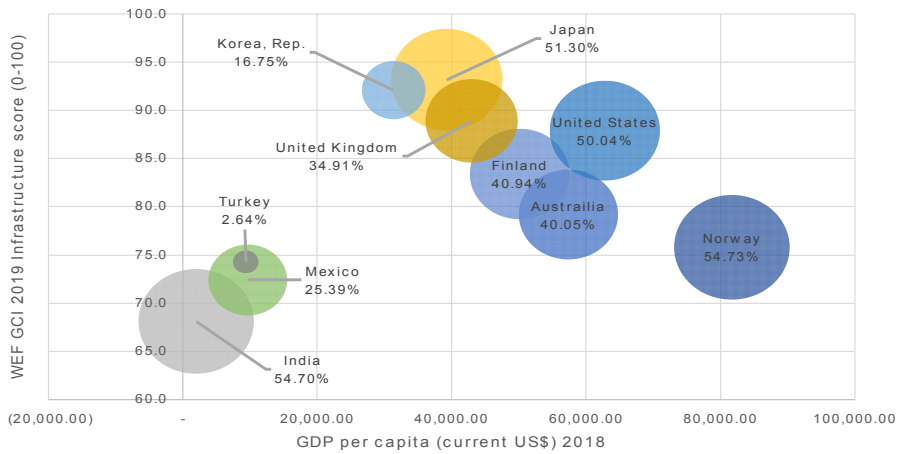


Fig. 2. GDP per Capita, Infrastructure Score, and Maintenance Investment Ratio

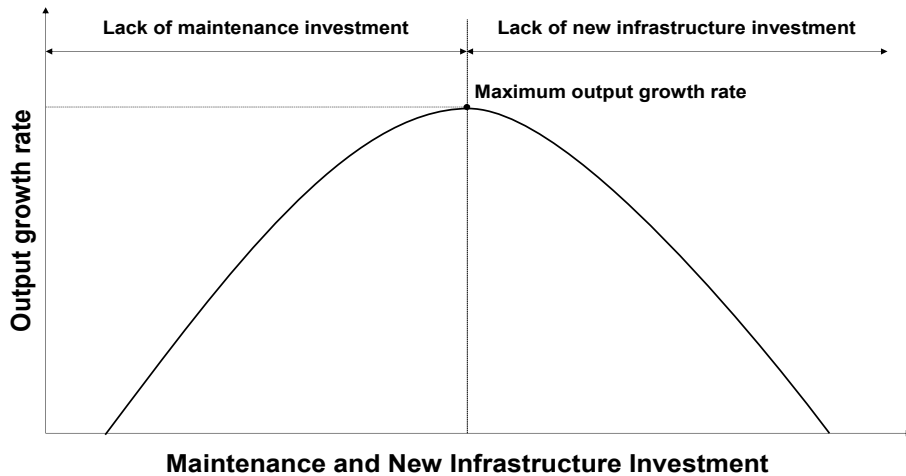


Fig. 3. Relationship between Growth and the Ratio of Maintenance to New Investment: Adopted from[12]

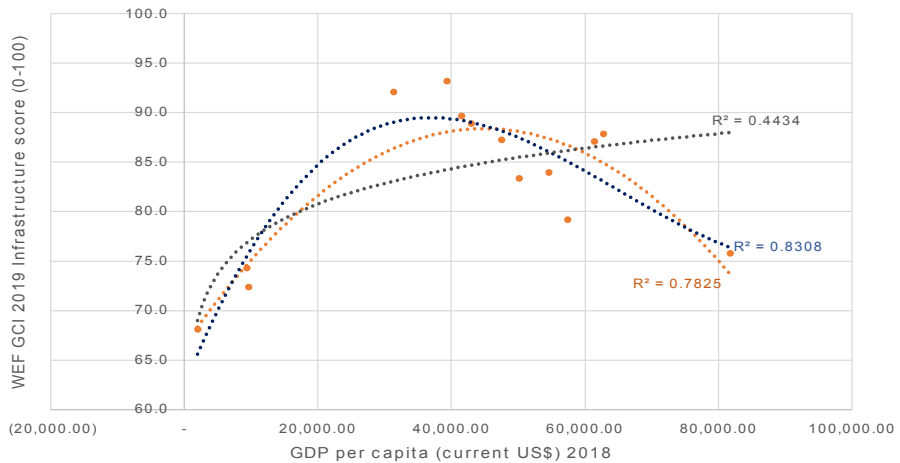


Fig. 4. GDP per Capita versus Infrastructure Score: Trend-line

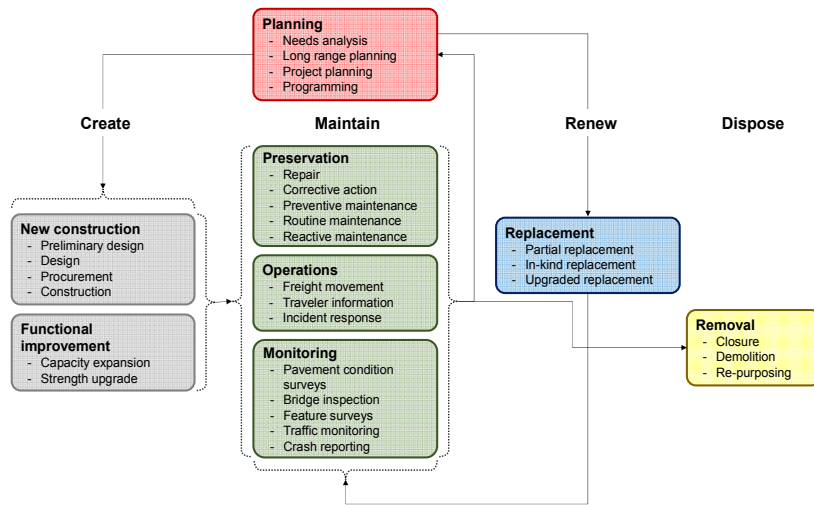


Fig. 5. Asset Life-cycle: Adopted from [13]

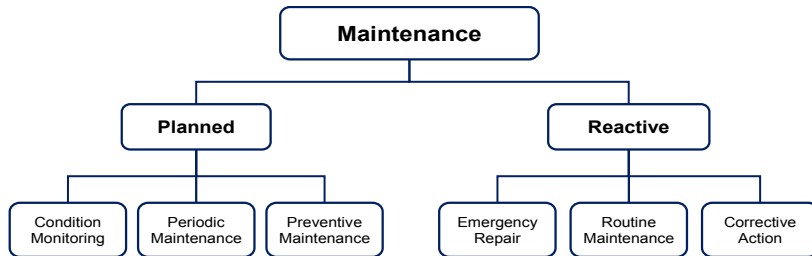


Fig. 6. Maintenance Tasks: Adopted from [14]

인프라 수준이 일정 단계에 이르면 기 구축된 인프라의 유지관리 투자 비중이 급격히 늘어난다. 저 개발 단계에서 인프라 투자 부족은 인프라 만족도 수준의 저하로 나타나며, 개발 과정에서 인프라 투자 확대에 따라 인프라 만족도 수준이 향상되다가 노후화에 따라 다시 만족도 수준이 저감된다. Fig.4의 추세선을 통하여 상기 언급한 인프라 유지관리 투자 비중에 따른 변화를 확인할 수 있다.

상기 결과를 토대로 이미 인프라 투자 비중 큰 선진국 중 유지관리 확대, 데이터의 접근성을 기준으로 미국, 영국, 일본을 비교 대상 국가로 선정하였다.

#### 4. 유지관리 기술 분류체계 사례분석

##### 4.1 미국 유지관리 기술 분류체계

미국의 시설물 유지관리는 공공기관에서 시설물별 표준 지침을 정하여 활용하고 있는데, 본 연구에서는 연방

도로국의 유지관리 지침을 분석하였다. 연방도로국(Federal Highway Administration, 이하 FHWA)의 도로시설 유지관리 기술 분류체계를 살펴보면 Fig. 5와 같다[16]. 크게 Maintain(유지보수), Renew(갱신), Disposal(폐기)로 구분하고 있으며, Planning(계획)과 Create(신설) 과정까지 이어지는 시설물의 생애주기 관점에서 일련의 유기적인 흐름을 강조하고 있다. Maintain 활동은 다시 세부적으로 Preservation, Operation, Monitoring의 세 가지로 구분하고 있고, 추가로 세부 기능들을 정의하고 있다. 예를 들면 Preservation은 Repair, Corrective action, Preventive maintenance, Routine maintenance, Reactive maintenance로 세부 기능으로 정의된다.

다음으로 Fig. 6과 같이, Maintain 단계 활동을 업무의 성격에 따라 계획적 유지관리 활동(Planned maintenance tasks)과, 대응적 유지관리 활동(Reactive maintenance tasks)로 구분하고 있다.

예방적 유지관리 활동은 다시 세부적으로 Condition monitoring, Periodic maintenance, Preventive maintenance, 대응적 유지관리 활동은 Emergency

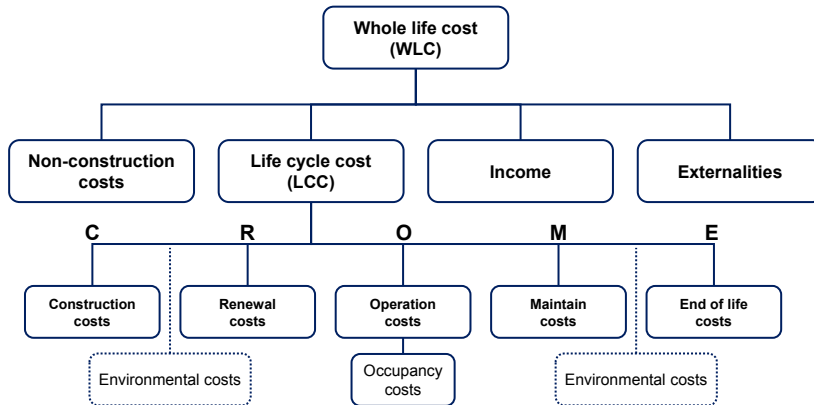


Fig. 7. Cost Elements of WLC & LLC: Adopted from [14]

Construct	Renewal	Maintain
<b>Capital building works</b> Construction works Refurbishment works Fit out & adaptations works End of life works (demolitions)  <b>Main contractor's:</b> - preliminaries - overhead and profit  <b>Other specific costs:</b> - project/design team fees - development/project costs  BASE COST ESTIMATE (excluding risks/inflation/VAT)	<b>Forward maintenance</b> Major repairs/ replacements - predicted scheduled actions Refurbish and upgrade works Redecorations - (if separated)  <b>Maintenance contractor's:</b> - management & admin costs - overhead and profit  <b>Other specific costs:</b> - consultant/specialist fees - employer definable works  BASE COST ESTIMATE (excluding risks/inflation/VAT)	<b>Annualized maintenance</b> Planned – scheduled tasks Reactive – unscheduled tasks Proactive – inspect/monitor  <b>Maintenance contractor's:</b> - management & admin costs - overhead and profit  <b>Other specific costs:</b> - consultant/specialist fees - employer definable works  BASE COST ESTIMATE (excluding risks/inflation/VAT)
<b>Risk allowance estimate</b> Inflation estimate (construct) VAT assessment (if included) Other considerations  <b>TOTAL COST LIMIT</b> At the agreed base date costs	<b>Risk allowance estimate</b> Discounting (renewal) VAT assessment (if included) Other considerations  <b>TOTAL COST LIMIT</b> At the base date or discounting	<b>Risk allowance estimate</b> Discounting (maintain) VAT assessment (if included) Other considerations  <b>TOTAL COST LIMIT</b> At the base date or discounting

Fig. 8. Scope of Construct, Renewal, and Maintain: Adopted from [14]

repair, Routine maintenance, Corrective action으로 구분하여 정의하고 있다. Renew 활동은 교체 범위에 따라 Partial replacement, In-kind replacement, Upgraded replacement로 구분하고 있다. 또한 Removal 활동은 Closure, Demolition, Re-purposing으로 구분하여 정의하고 있다.

한편, 국내 기준에서 주로 '성능개선'으로 정의되고 있는 Functional Improvement의 경우 Create 활동의 하위 기능으로 정의하고 있는 것이 특이한 점이다. 이는 계획과정과의 연계 흐름에 따른 배치로 Functional Improvement에는 Capacity expansion과 Strength upgrade를 정의하고 있다.

#### 4.2 영국 유지관리 기술 분류체계

영국은 왕립적산협회(Royal Institute of Chartered

Surveyors, 이하 RICS)의 물량 및 비용산출 기준인 New Rules of Measurement (NRM)를 공공과 민간에서 활용하고 있다. 2014년에는 시설물의 유지관리 물량 산출을 위한 표준인 NRM 3rd가 발간되어 시설물 유지관리 업무를 위한 별도의 표준을 제공하고 있다.

NRM에서는 시설물의 전생애비용을(Whole Life cost, WLC)을 크게 비건설비용(Non-construction costs), 생애주기비용(Life cycle cost, LLC), 수입(Income), 외부효과(Externalities)로 구분한다. 그리고 Fig. 7과 같이 LLC를 신규 건설비(Construction), 갱신비(Renewal), 운영비(Operation), 유지비용(Maintain), 폐기비용(End of life)으로 세분화하고 있다[17].

RICS에서 정의하고 있는 건설(Construction), 갱신(Renewal), 유지(Maintain)의 개념을 살펴보면, Fig. 8과 같다. 건설(Construct)은 신규 작업(Capital building

works)을 의미하는 것으로 건설작업(Construction work), 정비작업(Refurbishment works), 수정 및 조정 작업(Fit out & adaptations works), 폐기작업(End of life works)을 포함한다.

갱신(Renewal)은 예방적 유지관리(Forward maintenance)를 의미한다. 세부적으로는 대규모 수리(Major repairs), 교체(Replacements), 정비 및 업그레이드(Refurbish and upgrade works), 재치장(Redecorations)등을 포함한다.

유지(Maintain)는 정기적인(Annualized maintenance) 유지관리를 말한다. 세부 내용은 계획된(Planned) 유지관리인 주기적 작업(Scheduled tasks), 대응적(Reactive) 유지관리인 비주기적 작업(Unscheduled tasks), 예방적(Proactive) 유지관리의 일환인 점검 및 모니터링(Inspect/monitor)이 포함된다.

### 4.3 일본 유지관리 기술 분류체계

일본은 시설물의 종류에 따라 관리부처가 달라, 각 관리 주체에서 시설물별로 관련 법령 및 근거를 마련하고 있다. 그 중 국토교통성에서 인프라 시설 14종 (도로, 하천·댐, 해안, 하수도, 항만, 공항 등)의 점검·정비·갱신에 대한 기준과 및 유지관리 계획을 매뉴얼을 제공하고 있다[18-20]. 이에 본 절에서는 14종 중 도로(터널, 교량 등) 매뉴얼을 중심으로 일본의 유지관리 분류체계를 고찰하였다.

일본의 도로에 대한 유지관리 프로세스를 살펴보면 다음 Fig.9와 같이 정기점검, 보수·보강 조치, 조치결과에 대한 기록으로 이루어진다. 그리고 정기점검은 육안에 의한 상태평가, 전전성 진단, 대책 판단(단기적인 응급대책, 중장기적인 본대책)등으로 구분된다[18].

다음으로 조치는 모니터링, 보수보강, 통행규제 및 금지 등으로 구분되며, 이러한 유지관리 분류체계는 Table 2와 같이 시설물별 관련 법령·기준·시설물별 매뉴얼에 따라 상세하고, 각각 다르게 표현하고 있다.

따라서, 각각의 용어들이 혼용되어 사용되고 있어 유지·보수·수선과 보강·갱신 등에 대한 정의를 명확히 구분하는데 한계가 있다. 그럼에도 불구하고 일본은 상세한 유지관리 매뉴얼을 시설물별로 구축하고 있어 우리가 벤치마킹할 필요가 있다고 사료된다.

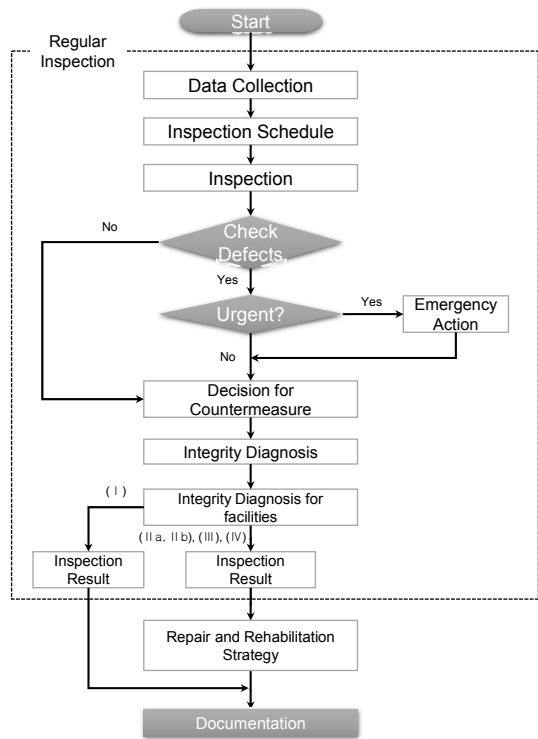


Fig. 9. Road tunnel MR&R process by MLIT

Table 2. MR&R breakdown structure by MLIT

Classification	Bridge	Road	Tunnel	Road facility
Inspection	Monitoring	Routine maintenance		Inspection
Maintenance	Maintenance (Maintain the functional and structural integrity such as cleaning, snow removal, etc.)		Maintenance (Emergency action)	Maintenance (Repair, adjustment, replace small parts )
	Repair	Repair (Restore and maintain function)		
Improvement	Reinforcement	Renewal	Reinforcement	Renewal & replacement

### 4.4 국내 시설물 유지관리 기술 분류체계 고찰

국내 법령에서 정의하고 있는 유지관리에 대한 정의를 살펴보면 다음과 같다.

「건설산업기본법」 제8조 및 동법 시행령 제7조(건설업의 업종 및 업무내용)의 별표1에서 전문건설업으로 분류된 시설물 유지관리업은 시설물 완공 후 그 기능을 보전하고 이용자의 편의와 안전을 높이기 위하여 일상적으로 점검, 정비하고, 개량, 보수, 보강하는 공사를 업무범

위에 포함시키고 있다. 한편 다음의 공사에 대해서는 시설물 유지관리업의 범위에서 제외하고 있다.

- ① 건축물의 경우, 증축/개축/재축 및 대수선 공사
- ② 건축물을 제외한 그 밖의 시설물의 경우 증설/확장 공사 및 주요 구조부를 해체한 후 보수/보강 및 변경하는 공사
- ③ 전문건설업종 중 1개 업종의 업무내용만으로 행해지는 건축물의 개량/보수/보강공사

「건축법」 제2조 16의 2에서는 「건축물의 유지·관리」를 “건축물의 소유자나 관리자가 사용 승인된 건축물의 대지·구조·설비 및 용도 등을 지속적으로 유지하기 위하여 건축물이 멸실 될 때까지 관리하는 행위”로 정의하고 있다.

다음으로 「시설물 안전 및 유지관리에 관한 특별법」 제2조의 11에서는 “완공된 시설물의 기능을 보전하고 시설물 이용자의 편의와 안전을 높이기 위하여 시설물을 일상적으로 점검·정비하고 손상된 부분을 원상복구하며 경과시간에 따라 요구되는 시설물의 개량·보수·보강에 필요한 활동을 하는 것”으로 정의하고 있다.

가장 최근 제정된 「지속가능한 기반시설 관리 기본법」 제2조에서는 ‘유지관리’란 “완공된 기반시설의 기능을 보전하고, 기반시설 이용자의 편의와 안전을 높이기 위하여 기반시설을 일상적으로 점검·정비하고 손상된 부분을 원상복구하며, 경과시간에 따라 요구되는 기반시설의 보수·보강 등에 필요한 활동을 하는 것”으로 정의하고 있다. 또한, 이와 구분하여 “성능개선: 기반시설의 주요 구조부나 외부 형태를 수선·변경하여 기반시설의 가치를 증가시키고 수명을 연장시키는 활동”, “성능평가: 기반시설의 기능을 유지하기 위하여 요구되는 시설물의 구조적 안전

성, 내구성, 사용성 등의 성능을 종합적으로 평가하는 것”으로 각각 정의하고 있다.

이상과 같이 국내 법령에서 정의하는 ‘유지관리’ 기능을 종합하여 보면, 시설물의 기능을 유지하기 위한 제반 활동으로 정의되고 있다. 세부적인 활동으로는 법령에 따라 점검(Inspection), 정비(Routine maintenance), 개량(Amelioration), 보수(Repair), 보강(Reinforcement) 등의 세부 활동을 포함하고 있다는 것을 알 수 있다.

하지만, 「건설산업기본법」의 ‘유지관리업’의 정의에서는 일상적인 유지관리 업무 이외의 활동은 유지관리 범위에서 제외하여 제한적으로 적용하고 있다. 또한 법령에 따라서 ‘개량’, ‘대수선(Substantial-repair)’, ‘개축(Alteration)’, ‘성능개선(Performance improvement)’ 등의 범위가 모호하고, 정비, 보강 등을 포함하거나 그렇지 않은 경우가 있다. 특히, ‘해체(Dismantlement)’, ‘철거(Removal)’ 기능은 시설물의 ‘유지관리’ 범주가 아닌 ‘신축’의 하위 활동으로 분류하고 있다.

이렇듯 유지관리 기능의 분류나 정의가 각종 법률이나 지침 등에서 일관되게 적용되지 않고 개념이 혼재되어 있어 적용과정에 어려움이 있다. 따라서, 보다 명확한 기능 정의 하에 유지관리 기술을 체계를 정비할 필요성이 있다.

## 5. 시설물 유지관리 기술 분류체계 제안

### 5.1 비교사례 연구 결과

4장에서 국내외 유지관리 기술 분류체계를 분석한 결

Framework Act on the Construction Industry	Building Act	Special Act on the Safety Control & Maintenance of Establishments	Framework Act on Sustainable Infrastructure Mgmt.	FHWA	RICS	MLIT by Japan
<b>Maintenance &amp; Mgmt.</b> Inspection Routine maintenance Amelioration Repair Reinforcement	<b>Maintenance &amp; Mgmt.</b> Inspection Amelioration Repair	<b>Maintenance</b> Inspection Routine maintenance Amelioration Repair Reinforcement	<b>Maintenance &amp; Mgmt.</b> Inspection Routine maintenance Repair Reinforcement	<b>Maintenance</b> Routine Maintenance Preventive Maintenance Cyclical Maintenance Condition-based Maintenance	<b>Maintain</b> Proactive: Inspect/Monitor Planned: Scheduled tasks Reactive: Unscheduled tasks	<b>Maintain</b> Inspection Routine maintenance Repair Reinforcement
<b>Buildings</b> Extension Alteration Reconstruction Substantial-repair	<b>SOC</b> Enlargement Expansion	Extension Alteration Reconstruction Remodeling Substantial-repair	Performance evaluation Performance Improvement	Rehabilitation Replacement	<b>Renewal</b> Major Repair Replacements Refurbish and Upgrade works Redecoration	Amelioration Substantial-repair Expansion Dismantlement Removal
Dismantlement Removal	Dismantlement Removal				End of life works	Removal

Fig. 10. The Result of Comparative Case Study



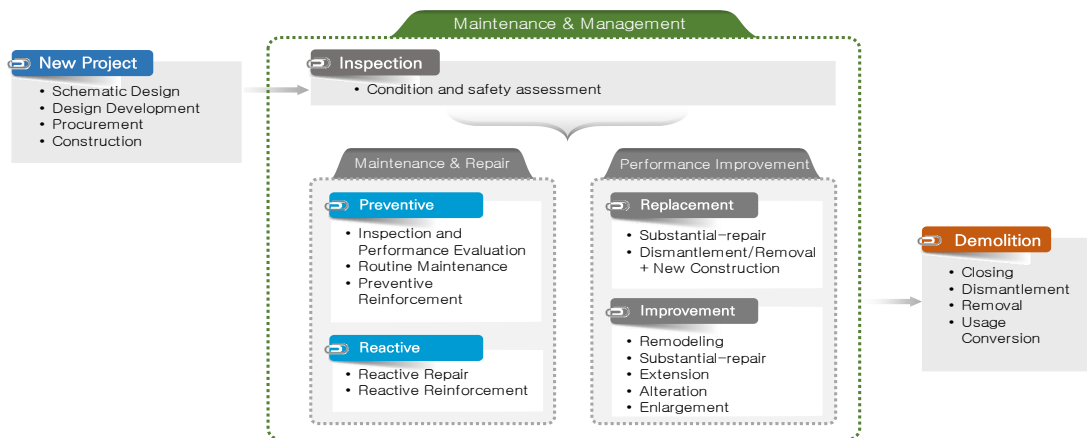


Fig. 11. Maintenance & Management Technology Breakdown Structure

과를 종합하면 다음과 같다(Fig. 10). 첫째, 우리보다 시설물 기반구축이 빠르게 이루어진 해외 선진국들은 저마다 가중되는 시설물 유지관리 부담에 대비하여 유지관리 관련 제도 및 정책을 정비하고, 예산확보 및 조달방안들을 연구하고 대비하고 있다. 그리고 이를 통해 유지관리 비용 산정이나 물량산출을 위한 체계적인 기반을 구축하고 있다. 둘째, 해외 선진국은 시설물의 유지관리에 있어 생애주기를 고려한 예방적 유지관리 활동 체계를 구축하고 있다. 반면, 국내의 시설물 유지관리 기술 분류는 아직까지 정의나 범위 등에 대한 개념이 법률이나 지침에 따라 혼재되어 있고 사후 대응적 구조 중심으로 이루어져 있어 개선이 필요한 것으로 나타났다. 마지막으로, 해외 선진국은 전술한 체계 하에 예방적 유지관리 활동과 대응적 유지관리 활동으로 구분하여 적용하고 있는 것을 공통적으로 확인할 수 있다.

### 5.2 유지관리 기술 분류체계 제안

시설물의 노후화에 따른 유지관리 부담의 경감과 효율적인 시설물 유지관리를 위하여 시설물 점검 결과에 따른 대응적 유지관리에서 종합적이고 예방적 유지관리 체계로의 전환이 필수적이다. 이를 위해 미국, 영국, 일본의 예방적 유지관리 체계와 국내 법령에서 구분하고 있는 정의를 기반으로 시설물의 생애주기 측면에서 종합적 자산관리 개념으로 유지관리 기술 분류체계를 구성하였다(Fig. 11).

먼저 시설물의 생애주기를 신축(New Project), 유지관리(Maintenance Management), 폐기(Demolition)로 구분하였다. 유지관리는 기존의 업역구분에 의한 제한적 정의에서 '시설물의 운영과정에서 시설물의 기능을 유지 또는 개선하기 위하여 행해지는 종합적인 활동'으로

포괄적인 정의를 적용하였다. 특히, 유지관리 활동을 크게 시설물의 '기능을 유지'하기 위한 유지보수 활동과 시설물의 '기능을 개선'하기 위한 성능개선 활동으로 분류하였다. 그 이유는 자산관리관점에서 유지관리 활동의 분류는 회계(Accounting) 처리 기준에 따르며, 시설물의 유지보수 활동은 비용(Cost)으로, 성능개선 활동은 가치향상(Capitalization)으로 구분되기 때문이다.

또한, 예방적 유지관리 체계의 도입을 위해 유지보수를 예방적 활동과 대응적 활동으로 구분하여 개별 기능의 개념과 정의, 범위 등을 보다 명확히 하였다. 예방적 유지보수는 점검 및 성능평가, 주기적 유지보수(청소, 정비 등), 계획적 유지보수(사전 정비, 사전 보수, 사전 보강 등)로 구분하였으며, 세부항목들 간의 선순환 체계를 구축하고자 하였다. 기존의 대응적 유지관리 체계는 점검 및 성능평가의 문제점에 대한 사후 보수, 보강 개념으로 정리하였다. 마지막으로 성능개선은 해외를 벤치마킹하여 대수선과 해체/철거를 포함하는 교체를 추가하였다.

본 연구에서 제안한 유지관리 분류체계는 자산관리 관점에서 시설물의 효과적인 유지관리가 이루어질 것으로 기대된다. 특히, 시설물의 생애주기관점에서 유지관리 계획을 수립하는데 활용할 수 있을 것으로 사료된다.

## 6. 결론

우리나라는 늘어나는 기반시설 유지관리 수요에 대비하여 다양한 법률을 제정하여 시설물의 유지관리를 위한 제도적 기반을 구축하여야 한다. 하지만 관련 법률 간에 유지관리의 정의, 범위, 분류 등이 상이하고, 대응적 구조 중심으로 되어있어, 종합적이고 예방적인 시설물 운영에

어려움이 지적되어 왔다.

이에 본 연구에서는 보다 예방적이고 효율적인 시설물 유지관리의 관리를 위하여, 미연방도로국, 영국왕립적산협회, 일본국토교통성의 선진 유지관리 관련 자료와 국내의 유지관리 관련 제도 및 법령을 비교 분석하여 종합적 자산관리 개념의 유지관리 기술 분류체계를 제안하였다.

제안한 분류체계는 시설물의 생애주기차원에서 신축, 유지관리, 폐기 3단계로 구분하였다. 특히, 유지보수와 혼용하여 사용되던 유지관리는 시설물의 운영 및 관리라는 광의의 개념으로 점검, 유지보수, 성능개선을 포함하였다. 다음으로, 유지보수와 성능개선은 회계(Accounting) 관점에서 해당 기술을 통해 시설물의 가치가 상승할 수 있는지(Capitalization) 여부에 따라 분류하였다. 마지막으로 유지보수는 예방적·대응적 유지보수로 구분하여 시설물 관리주체의 유지관리 예산 및 지출에 따라 유연하게 활용할 수 있게 하였다.

본 연구에서 제안한 유지관리 기술 분류체계는 기존에 혼용되어 사용되던 용어의 명확한 정의를 제시하여, 시설물 관리주체 간의 원활한 소통을 지원할 수 있을 것으로 기대된다. 또한 자산관리 개념을 기반으로 대응적 시설물 관리에서 예방적 유지보수로의 전환을 촉진하여 효율적인 시설물 유지관리 체계를 구축하는데 그 의미가 있다.

한편 본 연구에서 제안한 분류체계는 시설물의 구분 없이 만들었기 때문에, 시설물별 적용 기술 및 하위 기술의 상세화에 대한 추가 연구가 요구된다. 또한 제안한 분류체계의 시설물별 적용 효과, 그리고 적용가능성에 대한 검증이 필요하다.

## References

- [1] WEF, The Global Competitiveness Report 2019, World Economic Forum, 2019.
- [2] Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 4<sup>th</sup> Safety and Maintenance Plan(2018~2022), Ministry of Land, Infrastructure and Transport(MOLIT), 2018
- [3] Kim, J., A Study on the Utilization of Regional Development Fund to Promote Investment in Deteriorated Infrastructure, Construction & Economy Research Institute of Korea, CERIK, Mar. 2020, pp.1~7
- [4] Nam, H., "A Study on Effective Asset Management for Infrastructure: Focusing on Accounting Information", *Review of Accounting and Policy Studies*, Vol.22, No.6, pp.193~215, Dec. 2017  
DOI: <https://doi.org/10.21737/kjar.2017.12.22.6.193>
- [5] Chin, K., Chae, M. J., Lee, G., and Lee, K., "Infrastructure Asset Management Policy and Strategy Development", *Korean Journal of Construction Engineering and Management*, Vol.10, No.6, pp.67-77, Nov. 2009.
- [6] Jo, Y., Park, C., and Kim, D., "A Study on the Preventive Maintenance of u-City Infrastructure", *Journal of The Urban Design Institute of Korea*, Vol.15, No.4, pp.91-100, Aug. 2014.
- [7] Kim, S. W., and Ahn, K. H., "A Study on the Problem and Improvement of Safety and Maintenance Management", *Journal of the Korea Institute for Structural Maintenance and Inspection*, Vol.13, No.4, pp.101-106, Aug. 2009.
- [8] Lee, C., "A Comparative Study on Domestic and External Facility Management Standards for Establishment of P-FM Service responding Social Change", *Journal of Korea Facility Management Association*, Vol.12, No.1, pp.5-14, June. 2017.
- [9] Yin, R. K., Case Study Research and Applications: Design and Methods, Sixth edition, SAGE Publications, Inc., US. 2018.
- [10] ISO., ISO 9000:2015 Quality management systems - Fundamentals and vocabulary, International Standard Organization. 2015
- [11] FHWA., Bridge Preservation Guide: Maintaining a Resilient Infrastructure to Preserve Mobility, Department of Transportation, Federal Highway Administration, U.S. 2018
- [12] WB, World Bank national accounts data, and OECD National Accounts data files, World Bank. 2019.
- [13] OECD, Infrastructure investment (indicator), OECD, 2019a  
DOI: <https://doi.org/10.1787/b06ce3ad-en>
- [14] OECD, Infrastructure maintenance (indicator), OECD, 2019b  
DOI: <https://doi.org/10.1787/c73dc965-en>
- [15] Kalaitzidakis, P., and Kalyvitis, S., "Financing new public investment and/or maintenance in public capital growth? The Canadian experience", *Economic Inquiry*, Vol.43, pp. 586-600. 2004
- [16] AASHTO, Transportation Asset Management Guide, American Association of State Highway and Transportation Officials, U.S. 2013
- [17] RICS, New Rules of Measurement 3, The Royal Institution of Chartered Surveyors, U.K. 2014
- [18] MLIT, Road, Tunnel Regular Inspection Technique Manual, Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, Japan. Mar. 2019
- [19] Cho, J. Y., Strategies and Policy implications for Responding to Deteriorated Infrastructure in Japan, Korea Research Institute for Construction Policy, Korea. Nov. 2017
- [20] MOLIT, Research report on institutionalization of infrastructure maintenance, Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Nov. 2015

김 두 연(Du Yon Kim)

[정회원]



- 2009년 2월 : 연세대학교 토목환경공학과 (공학박사)
- 2009년 ~ 2011년 : School of Building Construction, Georgia Institute of Technology (Post-doctoral Research Fellow)
- 2011년 ~ 현재 : 경일대학교 토목공학과 교수

<관심분야>

Risk Management, International Construction, Decision Analysis, Infrastructure Resiliency

박 태 일(Taeil Park)

[정회원]



- 2013년 7월 ~ 현재 : 한국건설기술연구원 수석연구원
- 2019년 1월 ~ 현재 : 공사비원가관리 센터장

<관심분야>

Asset Management, Infrastructure Deterioration, Cost Management

차 용 운(Yongwoon Cha)

[정회원]



- 2019년 : 서울시립대학교 일반대학원 건축공학과 (공학박사)
- 2019년 3월 ~ 현재 : 한국건설기술연구원 박사후연구원

<관심분야>

Constr. Program Management, Cost Management, Sustainable Infrastructure

박 원 영(Wonyoung Park)

[정회원]



- 2008년 4월 ~ 현재 : 한국건설기술연구원 수석연구원

<관심분야>

Cost Management, Construction Policy, Sustainable Infrastructure