

## 현수교 건설 기술수준 비교평가

박태순\* · 박희성\*\*

Park, Tae-Soon\*, Park, Hee-Sung\*\*

# Comparative Assessment of Suspension Bridge Construction and Engineering Technology

### ABSTRACT

This paper is to provide information for quantitative evaluation of suspension bridge engineering and construction technology, technology development, and long-span bridge R&D agenda. Technology classification structure and key words are established and survey to identify technology level is performed. Then, competitiveness of patents and journal articles is evaluated for Korea, USA, Japan, Germany, France, and England. As a result, USA and Japan are generally competitive countries for all technology categories based on patents and journal articles. Korea is grouped in upper-middle class for overall technology level of suspension bridge. However, there are some variances among the level of technologies. This research results could be utilized as reference to establish future long-span bridge R&D. Also, it can be a standardized methodology to compare technology levels among countries.

**Key words :** Long span bridge, Technology level, Quantitative evaluation

### 초 록

본 연구는 현수교 분야 기술수준의 정량적인 평가와 기술개발, 국토교통 R&D의 전략적 방향 모색 및 기술정책 수립 등 수요에 대응할 수 있는 기초자료 제공을 목적으로 수행하였다. 이를 위해 현수교 분야의 기술 분류체계를 구축하고 기술별 핵심 키워드를 도출하여 한국, 미국, 일본, 독일, 영국의 기술수준 조사를 실시하였다. 기술수준 평가결과 미국과 일본이 모든 기술분야에서 상위의 특허 및 논문기술경쟁력을 보유한 것으로 나타났다. 한국의 경우 전반적으로 중위권의 기술경쟁력을 보유한 것으로 나타났으나, 기술별 편차가 있는 것으로 나타났다. 본 연구결과는 향후 현수교 분야 기술개발 및 계획수립 시 기초자료로 활용될 수 있다. 그리고 기술 경쟁국간의 기술 수준 비교 방법론의 표준화를 위한 연구에 활용될 수 있다.

**검색어 :** 장대교량, 기술수준, 정량적 평가

## 1. 서론

### 1.1 연구의 배경 및 목적

정부는 우리나라의 건설기술수준 분석을 위해 1993년, 1998년, 2004년, 2007년에 시설물 분야별로 건설기술수준에 대한 전문가 인식도 조사를 수행하였다. 이와 같이 선진국과 국내 건설기술수준을 비교한 분석연구는 장기간에 걸쳐 반복적으로 수행하였으나 각 분야별 전문가의 설문조사를 근거로 수행한 주관적 관점의 기술수준조사는 신뢰성에 대한 한계가 있다. 이러한 한계를 보완하기 위하여 한국건설기술연구원에서 2013년 국토교통분야의 특성을 반영하고 특허·논문 등의 계량정보를 활용하여 정성적 평가결과를 보완하여

\* 국립한밭대학교 건설환경공학과 일반대학원 석사과정 (Hanbat National University · xotns0914@naver.com)

\*\* 종신회원 · 교신저자 · 국립한밭대학교 건설환경공학과 교수 (Corresponding Author · Hanbat National University · jackdaniel@hanbat.ac.kr)

Received August 19, 2015/ revised September 18, 2015/ accepted November 10, 2015

국토교통분야의 기술수준을 국민과 정책 입안자, 국토교통 R&D추진의 전략적 방향을 모색 할 수 있는 기술수준의 조사를 수행함과 동시에 계량 조사를 기반으로 전문가의 설문조사를 통해 기술수준 분석을 보완하는 방식으로 연구를 수행하였다(KICT, 2013). 건설 전(全)분야에 대한 개괄적인 건설기술수준을 제시하였으나 시설물별, 사업단계별 세부기술에 대한 정밀한 기술수준 조사는 미흡하였다. 그리고 교량분야 중 장대교량에 해당하는 현수교 분야의 계량적인 기술수준 분석은 수행된 사례가 없다.

따라서 본 연구는 장대교량 중 현수교 분야에 대해 주요 경쟁국 대비 우리나라의 기술수준 및 기술경쟁력을 분석·제시하여 현수교를 포함한 장대교량 R&D의 방향을 제시하고 기술정책 수립, 신규 과제 발굴 및 기획 등을 위한 기초자료의 제공을 목적으로 한다.

## 1.2 연구의 범위 및 내용

본 연구를 위한 방법론은 2013년 한국건설기술연구원의 연구사례를 벤치마킹하였다(KICT, 2013). 장대교량분야의 특허 및 논문을 활용한 계량적 기술경쟁력 조사를 위해 기존 연구결과에 대해 사전에 도출된 기술별 핵심 키워드를 토대로 영문 검색어와 검색식을 도출 하고, 전문가 자문을 통해 검증·확정한 후 특허와 논문에 대한 기술수준 조사를 실시하였다.

조사항목 결정을 위해 사전에 계량적 기술경쟁력 평가지표를 특허 기술경쟁력지표와 논문 기술경쟁력지표로 구분하여 결정한 평가모델은 기존 연구 모델을 활용하였다. 검색된 특허와 논문은 연구진과 전문가들을 활용하여 유효논문 여부를 1차 필터링, 2차 필터링을 통해 노이즈 제거를 수행하였다. 이를 통해 유효 데이터를 추출하였다. 그리고 이를 각 국가 간 데이터 개수의 차이로 인해 지표의 변동성과 왜곡된 분포를 나타낼 가능성이 높으므로 Log-normal 방법을 통해 데이터 안정화를 확보하였다. 또한, 복합지표 개발 시에는 지표들의 단위 값이 상이하므로 평가지표간의 표준화를 위해 Re-scaling을 통하여 데이터 표준화를 수행하였다.

도출된 계량적 분석결과와 정성적 분석결과를 비교하여, 전문가 검토를 통해 불일치성을 검토하고 검색식을 수정한 후 재검색을 실시하여 평가결과의 신뢰성을 확보하였다.

## 2. 이론적 고찰

### 2.1 기술수준의 정의

기술수준이란 특정시점의 기술능력의 측정치를 나타내는 상대적인 비교개념으로서, 국가나 조직 또는 특정제품이나 공정의 비교와 관련된 기술수준은 기술수준 비교상대나 비교시점의 존재할 때 측정이 가능하다.

Gorden (1981)는 기술수준을 “기술이란 특정한 목적을 달성하

기 위해 개발되는 것이며, 각종 모수들과 이를 반영하는 기술수준지수는 목적을 달성하는데 있어 동 기술의 우수성을 반영”으로 정의하였으며, 기술수준측정을 충족시키는데 필요한 5가지 기준을 다음과 같이 제시했다. 첫째, 여러 분석자가 동일한 기술을 대상으로 기술수준을 추정할 때 같은 값에 도달할 수 있어야한다. 둘째, 기술수준의 이상적인 형태로는 지수가 바람직하며, 동 지수는 기준값을 토대로 작성되어야 한다. 이렇게 되면 동 지수는 기준값에 대한 현 기술수준의 근접성을 나타내고, 또한 분석자에게 유용한 수치를 제공하게 된다. 셋째, 지수방법은 기술분류의 어느 수준에서도 적용될 수 있다. 넷째, 기술이란 특정한 목적을 달성하기 위해 개발되는 것이므로, 각종 모수들과 이를 반영하는 기술수준지수는 목적을 달성하는데 있어 동 기술의 우수성을 반영하지 않으면 안 된다. 다섯째, 기술수준은 기술 간의 비교를 용이하도록 하기 위해 단위가 없는 형태이어야 한다.

Martino (1993)는 기술수준을 “기술이 목적으로 하는 기능을 얼마나 잘 수행하는가를 기능을 얼마나 잘 수행하는가를 기능모수와 기술모수로 정략적으로 나타낸 것”으로 정의 하였다. 기술모수란 사용자가 바라는 효용을 얻기 위해 설계자가 제어하는 모수를, 기능모수란 기술이 사용자의 요구를 만족시키는 정도로 측정하는 모수를 말한다. 기술수준의 측정치는 기능모수 또는 기술모수가 될 수가 있다. 그러나 기술수준을 어떻게 사용할 것인가를 고려해서 적절한 모수를 선정하는 것이 중요하다.

한편 Schmookler (1966)는 기술수준을 “산업생산과 관련된 기술지식의 축적정도(Stock of Knowledge)”라고 정의하였으며, Solow (1957)는 기술을 “지식의 축적정도가 아니라 투자, 생산, 혁신에 있어 기술지식을 효율적으로 사용하는 능력”이라 정의하였다.

### 2.2 기술수준 조사방법론

기술수준은 전문가 의견조사, 각종 지표분석 등에 의해 평가되는데, 기술수준평가를 위한 구체적으로 통일된 기준이나 평가방법은 정해져 있지 않다. 그 이유는 기술자체가 무형의 지식이며, 하나의 기술은 특성이 다양한 세부기술로 분류될 수 있고, 평가대상 범위에 기술관련 아이디어, 인력 및 인프라를 고려한 잠재력 등이 포함될 수 있는 등 그 대상과 범위가 다양하기 때문이다(Jeong et al, 2001). 일반적으로 기술수준 평가방법은 기술 분류 전개를 통한 평가대상의 선정, 평가지표선정, 가중치 설정 등의 평가모형 개발, 지표별 자료 수집 및 분석을 통한 평가 실시 등의 순서로 이루어진다.

### 2.3 기존 연구사례

2004년 전문가 대상 설문조사를 기준으로 수행된 현수교 기술수준 분석 자료에 의하면 우리나라 장대교량 분야 종합 기술수준은 최고기술보유국을 100으로 할 때 76.4로 조사되었다. 미국과 일본의 경우 91.3과 93.5로 국내 기술력이 상당히 뒤떨어져 있었다.

따라서 향후 현수교분야에서 집중 개발 및 투자할 부문은 ‘계획 및 기본설계’와 ‘감리’, 그리고 ‘연구 및 실험’ 부문 등으로 파악되었다(KICT, 2004). 그 후 2013년 한국건설기술연구원에서 수행한 교량분야 기술수준 및 기술경쟁력 연구결과에 의하면 교량분야의 최고 기술국은 미국이며, 일본이 96.3%로 2위로 조사되었다. 한국은 교량분야 기술수준은 79.5%로 기술격차는 4.5년으로 나타났다. 특허기술 경쟁력은 일본이 최고 기술국이며 미국, 한국 순으로 분석되었다. 논문기술경쟁력은 미국, 한국, 중국 순으로 높았으며, 중국과 미국은 논문 게재활동이 가장 활발한 것으로 평가되고, 한국이 논문 영향력이 가장 높은 것으로 분석되었다. 따라서 최근 관련 기준제정으로 실적과 경험을 축적한다면 조만간 선진국 수준으로 기술이 상승 할 것으로 전망되었다. 하지만, 2004년 조사결과는 정량적 기술수준분석을 수행하지 않고 전문가를 대상으로 주관적인 의견을 수렴하여 수행한 결과이며, 2013년 조사결과는 정량적, 정성적인 평가를 수행한 결과이지만 그 대상이 강구조 및 합성구조 교량, 콘크리트 교량, 신소재 복합재료 구조 및 특수교량으로 구분하여 수행하였다. 따라서 본 연구에 추진하는 현수교를 대상으로 정량적, 정성적 평가를 복합적으로 수행한 기술수준 분석을 수행한 사례는 없는 실정이다.

### 3. 기술수준 분석

#### 3.1 기술수준 분석 방법

본 연구를 위한 기술수준조사는 2013년 한국건설기술연구원의 도로교통분야 연구사례를 벤치마킹하여 국가별 기술수준을 판단을 위한 객관적인 지표인 특허와 논문을 활용한 계량적 기술경쟁력을 조사하였다. 본 연구의 수행 방법은 Fig. 1과 같다. 장대교량의 기술 분류체계를 확립을 통해 기존 연구결과를 토대로 사전 도출된 기술별 핵심키워드를 Table 1과 같이 영문검색어와 검색식으로 도출하여 전문가의 검증을 통해 확정하였다. 그리고 특허/논문 검색 후 연구진과 전문가들을 활용하여 데이터의 신뢰성 및 타당성 증진을

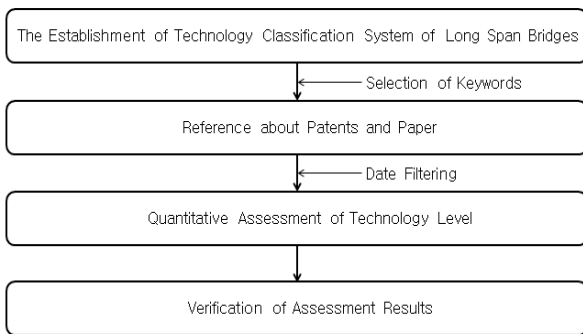


Fig. 1. Assessment Procedure of Technology Level

Table 1. Technology Classification Structure

Level 1	Level 2	Level 3		
Materials	Materials	Steel		
		Wire		
		Strand		
		Bolt		
		Concrete		
		Pavement & Overlay		
		Coating		
		Bearing, Expansion Joint, Expansion Shoe & Barrier		
		Welding		
		Materials		
Plan & Feasibility	Plan & Feasibility	Feasibility		
		Landscape		
		Design & Engineering		
		Materials		
		Methods		
		Survey & Test		
		Plan & Design	Design & Engineering	Structure, Analysis & Load
				Bracing, Stiffener, Rib & Diaphragm
				Cable
				Post
Abutment, Pier, Coping & Column				
Pile, Footing, Cassion & Settlement				
Bearing, Expansion Joint, Expansion Shoe & Barrier				
Wind				
Seismic				
Support, Scaffolding, Form, Precast & Transportation				
Construction & Maintenance	Construction	Life Cycle Cost		
		Tower Foundation		
		Anchorage		
		Steel Tower		
		Concrete Tower		
		Erection of Cable		
		Erection of Stiffening Girder		
		Appendage		
		Time		
		Cost		
Construction & Maintenance	Management	Quality		
		Equipment		
		Safety		
		Engineering Monitoring / Inspection & Design Monitoring / Inspection		
		Construction Monitoring & Construction Inspection		
		Cost, Organization & Staff		
Construction & Maintenance	Maintenance	Manual, Damage, Degradation & Integrity Estimation		
		Instrumentation & Meter		
		Dehumidification, Tension & Corrosion		

위하여 데이터 필터링 실시하였다. 그 후 도출된 분석결과를 토대로 기술수준 분석 및 평가를 실시하여 평가결과의 신뢰성을 확보하여 평가결과를 검증하였다. 이를 통해 기술수준 분석을 수행하였다.

### 3.2 기술수준 분류 기준/체계

본 연구의 기술수준 분류 기준은 현수교 기술의 주안점과 특성을 고려하였다. 첫째, 다양한 사람들에게 쉽게 이해와 인지가 가능한 목적물 중심의 현수교 분야의 R&D 추진체계를 반영하였다. 둘째, 기술수준 결과 도출이 가능한 기술분류체계를 마련하였다. 다음으로는 현수교 기술의 특성을 고려하였다. 그리고 학제적 분류를 지양하고, 각 분야의 속성과 연구개발 목적을 통하여 분야별 전문가 등의 협의를 통해 유연한 분류체계를 구축하여 활용하였다. 또한 기존에 수행된 연구와 향후 연구 로드맵을 고려하여 연구 수행 및 성과의 활용 극대화를 유도하였다. 기술수준의 분류 체계는 Table 1과 같이 대분류는 재료기술, 계획 및 설계기술, 시공 및 유지관리기술로 구분하였다. 그리고 재료기술의 중분류는 현수교 재료이며, 계획 및 설계기술의 중분류는 계획 및 타당성과 설계로 구분하였고, 시공 및 유지관리기술의 중분류는 시공, 건설관리, 유지관리로 분류하였다. 그리고 이하로 총 48개의 소분류로 세분화하여 기술수준조사에 활용하였다.

### 3.3 기술수준 조사

#### 3.3.1 조사대상국의 기준

본 연구의 조사대상국의 기준으로는 OECD 국가의 1인당 GDP를 기준으로 활용하였다. 1~10위 국가 중 미국, 11~20위권 국가 중 일본, 영국, 독일을 선정하여, 일본, 미국, 독일, 영국과 우리나라를 포함한 5개국의 기술수준 및 경쟁력을 분석하였다.

#### 3.3.2 분석범위

##### 3.3.2.1 특허분석 범위

특허조사는 Wisdorian 특허검색시스템의 데이터베이스를 이용하여 현수교 관련 48개 소분류 기술에 대해 분석 및 평가하였다.

Table 2. Patents Survey Scope

Items	Survey Scope
Technology Area	Suspension bridge (3 Major Classification, 6 Division, 48 Sub-Category)
Countries	5 Countries of KOR, USA, JPN, DEU, GBR
Data	Patents (Registration/Publicized on WISDOMAIN DB)
Index of Evaluation	Patent Activity Index, Patent Intensity Index Patent Market-power Index Patent Strength Index, Patent Citation Index
Data Base	WISDOMAIN DB (www.wisdomain.com)

조사대상국의 기준을 통하여 한국, 미국, 일본, 유럽의 특허청에 출원/등록된 특허 중 5개국 출원인 국적을 분석대상으로 제한하였다. 이를 통해 Table 2와 같이 소분류별, 국가별 특허정보를 수집하고, 유효특허를 대상으로 5개의 항목을 분석 및 평가하였다.

##### 3.3.2.2 논문분석 범위

논문조사는 SCOPUS 논문검색시스템 데이터베이스를 이용하여 현수교 관련 48개 소분류 기술에 대하여 분석 및 평가하였다. Table 3과 같이 한국, 미국, 일본, 독일, 영국의 논문을 분석대상으로 하였으며, 소분류별, 국가별 논문정보를 수집하고, 유효논문을 대상으로 분석 및 평가하였다.

Table 3. Research Paper Survey Scope

Items	Survey Scope
Technology Area	Suspension bridge (3 Major Classification, 6 Division, 48 Sub-Category)
Countries	5 Countries of KOR, USA, JPN, DEU, GBR
Data	Papers (Contributed on SCOPUS DB)
Index Of Evaluation	Paper Activity Index, Paper Intensity Index Paper Citation Index
Data Base	SCOPUS DB (www.scopus.com)

### 3.4 기술수준 분석 및 평가

#### 3.4.1 데이터 안정화 및 평가지표 표준화

본 연구는 데이터의 안정성을 확보하기 위하여 Log-normal을 활용하였다. 예를 들어, 각 국가 간 데이터 개수의 현저한 차이를 보일 때, 평가하고자 하는 지표는 변동성과 왜곡된 분포를 나타낼 가능성이 높기 때문에 Eq. (1)의 방법을 활용하였다.

$$Root\ Square\ Transformation = \chi^\lambda \tag{1}$$

$$\lambda = 0.5$$

$$\chi = \text{각 국가별 출원건수}$$

그리고 표준화를 위해 Re-Scaling 방법을 활용하였다. 본 연구는 복합지표 개발 시 지표들의 단위값이 상이하므로 평가지표간의 표준화작업이 필요하다. 이에 Re-Scaling은 Eq. (2)와 같이 해당 변수의 전체 자료 중 최대값과 최소값을 이용하여 지표를 동일한 범위인 0-1로 표준화를 하였다.

$$Re - Scaling = \frac{\chi_i - \chi_{min}}{\chi_{max} - \chi_{min}} \tag{2}$$

$$\chi = \text{각 국가별 지표}$$

### 3.4.2 평가지표

본 연구의 평가지표로는 양적지표인 특허활동도, 특허집중도와 질적지표인 특허시장력, 특허경쟁력, 특허영향력으로 구분하였다. 다음 Table 4와 같이 특허기술경쟁력과 논문기술경쟁력을 평가하기 위한 개별적인 평가지표를 활용하였다.

Table 4. Technological Competitiveness Performance Index

Index	Quantitative Performance Index	Qualitative Performance Index
Patent Technological Competitiveness	Patent Activity Index	Patent Market-power Index
		Patent Strength Index
	Patent Intensity Index	Patent Citation Index
Paper Technological Competitiveness	Paper Activity Index	Paper Citation Index
	Paper Intensity Index	

#### 3.4.2.1 특허기술경쟁력 평가지표

본 연구의 특허기술경쟁력을 평가하는 양적지표에는 특허활동도와 특허집중도로 구분된다. 특허활동도는 특허청이 발명한 공개/등록 특허공보 수에 근거한 절대적 특허출원 수를 나타내는 지표로 Eq. (3)로 평가한다. 특허집중도는 해당국가가 다른 국가와 비교하여 상대적으로 어떠한 기술 분야에 기술혁신 활동을 집중하고 있는가에 대한 정보를 제공하는 지표로 Eq. (4)로 평가한다. 여기서  $P_{ij}$ 는  $i$ 기술에 대한  $j$ 국가의 특허출원 수이며,  $nt$ 는 전체 국가 수,  $mt$ 는 전체 기술 수이다.

$$Patent\ Activity\ Index_{ij} = \frac{P_{ij}}{\sum_{j=1}^{nt} P_{ij}} \quad (3)$$

$$Patent\ Intensity\ Index_{ij} = \frac{(P_{ij} / \sum_{j=1}^{nt} P_{ij})}{(\sum_{i=1}^{mt} P_{ij} / \sum_{i=1}^{mt} \sum_{j=1}^{nt} P_{ij})} \quad (4)$$

질적지표에는 특허시장력, 특허경쟁력, 특허영향력으로 구분된다. 특허시장력은 해당국가에서 상업적인 이익 또는 기술경쟁 관계에 있을 때에만 해외에 특허를 출원하므로 Family Patent 국가 수가 많을 때에는 특허를 통한 시장성이 크다고 판단하는 지표로 Eq. (5)로 평가한다. 특허경쟁력은 국가 간 특허출원에 가중치를 두기 위해 OECD에서 개발한 평가지표로서 European Patent

Office, Japan Patent Office 및 United States Patents and Trademark Office에 모두 출원된 특허출원건수를 통해 특허기술 경쟁력을 판단하는 지표로 Eq. (6)로 평가한다. 특허활동도는 해당 특허가 향후 특허에 활용되는 정도를 파악하는 지표로 특허의 영향력을 측정, 피인용특허 정보가 있는 미국특허를 대상으로 하는 지표로 Eq. (7)로 평가한다. 여기서,  $FP_{ij}$ 는  $i$ 기술에 대한  $j$ 국가의 패밀리특허국가수,  $TP_{ij}$ 는  $i$ 기술에 대한  $j$ 국가의 삼극특허 수,  $CP_{ij}$ 는  $i$ 기술에 대한  $j$ 국가의 특허 피인용수,  $RP_{ij}$ 는  $i$ 기술에 대한  $j$ 국가의 등록특허 수이다.

$$Patent\ Marketpower\ Index_{ij} = \frac{(FP_{ij} / P_{ij})}{(\sum_{j=1}^{nt} FP_{ij} / \sum_{j=1}^{nt} P_{ij})} \quad (5)$$

$$Patent\ Competitiveness\ Index_{ij} = \frac{TP_{ij}}{\sum_{j=1}^{nt} TP_{ij}} \quad (6)$$

$$Patent\ Strength\ Index_{ij} = \frac{(CP_{ij} / RP_{ij})}{(\sum_{j=1}^{nt} CP_{ij} / \sum_{j=1}^{nt} RP_{ij})} \quad (7)$$

#### 3.4.2.2 논문기술경쟁력 평가지표

논문기술경쟁력을 평가지표 양적지표에는 논문활동도와 논문집중도로 구분된다. 논문활동도는 해당국가의 논문 게재 건수를 나타내는 지표로 Eq. (8)로 평가한다. 논문집중도는 해당국가가 다른 국가와 비교하여 상대적으로 어떠한 기술 분야에 기술개발 활동을 집중하고 있는가에 대한 정보를 제공하는 지표로 Eq. (9)로 평가한다. 여기서,  $T_{ij}$ 는  $i$ 기술에 대한  $j$ 국가의 논문 수,  $nt$ 는 전체 국가 수,  $mt$ 는 전체기술 수이다.

$$Paper\ Activity\ Index_{ij} = \frac{T_{ij}}{\sum_{j=1}^{nt} T_{ij}} \quad (8)$$

$$Paper\ Intensity\ Index_{ij} = \frac{(T_{ij} / \sum_{j=1}^{nt} T_{ij})}{(\sum_{i=1}^{mt} T_{ij} / \sum_{i=1}^{mt} \sum_{j=1}^{nt} T_{ij})} \quad (9)$$

질적지표인 논문영향력은 해당국가 논문의 질적 수준을 다른 국가와 비교하기 위한 정보를 제공하는 지표로 Eq. (10)로 평가한다. 여기서  $CT_{ij}$ 는  $i$ 기술에 대한  $j$ 국가의 논문 피인용 수이다.

$$Paper\ Strength\ Index_{ij} = \frac{(CT_{ij} / T_{ij})}{(\sum_{j=1}^{nt} CT_{ij} / \sum_{j=1}^{nt} T_{ij})} \quad (10)$$

### 3.4.3 기술경쟁력 결정

특허/논문 기술경쟁력 도출은 Eqs. (11) and (12)에 의해 도출하였다. 여기서  $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \epsilon$ 는 해당 평가지표에 대한 가중치이다.

$$\begin{aligned}
 & Patent\ Technological\ Competitiveness \quad (11) \\
 & = (\alpha \times Patent\ Activity\ Index) + (\beta \times Patent\ Intensity\ Index) \\
 & \quad + (\gamma \times Patent\ Markerpower\ Index) \\
 & \quad + (\delta \times Patent\ Competitiveness\ Index) \\
 & \quad + (\epsilon \times Patent\ Strength\ Index)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & Paper\ Technological\ Competitiveness \quad (12) \\
 & = (\alpha \times Paper\ Activity\ Index) + (\beta \times Paper\ Intensity\ Index) \\
 & \quad + (\gamma \times Paper\ Strength\ Index)
 \end{aligned}$$

이를 위하여 각 평가지표별 가중치는 Table 5와 같이 한국건설기술연구원에서 수행한 국토교통분야 전문가를 대상으로 수행한 설문조사 시 계층분석을 통해 제시된 가중치를 활용하였다(KICT, 2013).

Table 5. Evaluation Indices' Weight

Patent Technological Competitiveness	Weight	Paper Technological Competitiveness	Weight
Patent Activity Index	0.230	Paper Activity Index	0.405
Patent Intensity Index	0.207	Paper Intensity Index	0.301
Patent Market-power Index	0.162	Paper Citation Index	0.294
Patent Strength Index	0.167		
Patent Citation Index	0.234		

## 4. 기술수준 분석결과

### 4.1 재료기술

현수교 재료기술의 특허기술경쟁력을 중분류 수준에서 분석한 결과는 Table 6과 같이 나타났다. 일본이 최고 기술국의 특허 경쟁력을 보여주고 있으며, 미국이 그 다음의 특허 기술경쟁력을 갖춘 것으로 나타났다. 유럽국가인 영국, 독일은 중위권과 하위권을

나타냈으나, 우리나라는 현수교 재료기술에 관한 특허 수준이 비교 대상 5개국 중 최하위로 나타났다.

Table 6. Patent Technological Competitiveness of Materials

Level		Patent Technological Competitiveness Ranking				
		1	2	3	4	5
Materials	Materials	JPN	USA	GBR	DEU	KOR
		100%	94%	59%	44%	0%

현수교 재료기술의 논문기술경쟁력을 중분류 수준에서 분석한 결과는 Table 7과 같다. 재료기술 분야에 대해서 미국이 최고 기술국의 논문기술경쟁력을 보여주었으며, 일본과 한국이 중위권의 경쟁력을 갖춘 것으로 나타났다. 유럽국가인 영국과 독일은 하위권인 4위와 5위를 기록하였다.

Table 7. Paper Technological Competitiveness of Materials

Level		Paper Technological Competitiveness Ranking				
		1	2	3	4	5
Materials	Materials	USA	JPN	KOR	GBR	DEU
		100%	41.90%	28.00%	12.80%	8.40%

### 4.2 계획 및 설계기술

현수교 계획 및 설계기술의 특허기술경쟁력을 중분류 수준에서 분석한 결과는 아래 Table 8과 같이 나타났다. 계획기술 분야의 특허기술경쟁력은 미국이 최고 기술국의 경쟁력을 보여주고 있으며, 일본이 2위의 순위를 나타냈다. 그리고 한국, 독일과 영국 순으로 계획기술 분야에 관한 특허기술경쟁력이 수준이 나타났다. 반면, 설계기술의 특허기술경쟁력은 일본이 최고의 기술을 보여주고 있으나 계획 기술 분야에서 최고 기술경쟁력을 나타낸 미국이 최하위를 기록했고, 한국과 독일, 영국이 중위권인 3~5위권을 형성하고 있다.

Table 8. Patent Technological Competitiveness of Design

Level		Patent Technological Competitiveness Ranking				
		1	2	3	4	5
Plan & Design	Feasibility	USA	JPN	KOR	DEU	GBR
		100%	57%	0%	0%	0%
Design & Engineering	Design & Engineering	JPN	KOR	DEU	GBR	USA
		100%	53%	38%	38%	0%

현수교 계획 및 설계기술의 논문기술경쟁력을 중분류 수준에서 분석한 결과는 Table 9와 같다. 중분류 기본 및 실시설계 분야에

대해서 미국이 1위의 기술력을 보여주고 있다. 한국은 중분류 계획 기술 분야에 대해서 1위, 기본 및 실시설계 4위 순위를 나타내었다. 그리고 일본의 경우에는 평균 2위와 3위권의 수준을 보여준다. 독일은 최하위의 기술수준이 나타나고 있다.

Table 9. Paper Technological Competitiveness of Design

Level		Paper Technological Competitiveness Ranking				
		1	2	3	4	5
Plan & Design	Plan & Feasibility	KOR	USA	JPN	GBR	DEU
		100%	77%	75%	31%	0%
	Design & Engineering	USA	JPN	GBR	KOR	DEU
		100%	49%	36%	24%	0%

### 4.3 시공 및 유지관리기술

현수교의 시공 및 유지관리 기술의 특허기술경쟁력은 중분류 수준에서 분석한 결과는 Table 10과 같다. 시공기술의 경우 일본이 최고 기술국으로 나타났으며, 미국과 영국이 2~3위권을 형성하고 있다. 그러나 한국은 4위를 나타내고 있다. 건설관리 기술은 5개국 모두 기술경쟁력을 확보하지 못하고 있는 것으로 나타났다. 이는 현수교만을 건설관리 연구결과나 특허가 없음을 의미한다. 반면 유지관리 기술에서는 독일이 최상위 기술을 보여주고 있으며 한국은 2위의 기술력을 보여주어 일본, 미국, 영국보다 앞서고 있는 것으로 나타났다.

Table 10. Patent Technological Competitiveness of Operation & Management

Level		Patent Technological Competitiveness Ranking				
		1	2	3	4	5
Construction & Maintenance	Construction	JPN	USA	GBR	KOR	DEU
		100%	58%	52%	35%	20%
	Management	KOR	JPN	USA	DEU	GBR
		0%	0%	0%	0%	0%
	Maintenance	DEU	KOR	JPN	USA	GBR
		100%	90%	78%	0%	0%

현수교의 시공 및 유지관리기술의 논문경쟁력을 중분류 수준에서 분석한 결과는 Table 11과 같이 나타났다. 모든 분야에서 미국이 최상위의 기술력을 보여주는 최고 기술국으로 나타났다. 한국과 일본은 전반적으로 중위권의 기술력을 나타내고 있으며, 독일이 하위권을 형성하고 있다. 반면, 영국은 시공기술 분야에서 최하위권의 기술력을 나타내고 있다.

Table 11. Paper Technological Competitiveness of Operation & Management

Level		Paper Technological Competitiveness Ranking				
		1	2	3	4	5
Construction & Maintenance	Construction	USA	JPN	KOR	DEU	GBR
		100%	65%	51%	29%	24%
	Management	USA	KOR	GBR	JPN	DEU
		100%	75%	53%	20%	0%
	Maintenance	USA	JPN	GBR	KOR	DEU
		100%	95%	85%	41%	0%

## 5. 결론

본 연구는 현수교분야 기술수준을 선진국을 포함한 경쟁국과 비교하여 우리나라 현수교 기술의 정확한 현재 위치와 기술개발의 기초자료로 활용하기 위해 수행하였다. 이에 따라 본 연구는 첫째, 현수교 분야의 주요 경쟁국 대비 우리나라의 기술수준 및 기술경쟁력을 분석·제시하였다. 둘째, 장대교량 분야 연구자들의 신규과제 발굴 및 계획 등의 수요에 대응할 수 있는 기초자료를 제공하기 위해 수행하였다.

본 연구의 현수교분야 기술수준분석 결과 미국이 전반적인 분야에서 최상의 특허 및 논문기술경쟁력을 보유한 것으로 나타났다. 우리나라의 경우 기본 및 실시설계 기술과 시공 및 유지관리기술의 특허기술경쟁력은 기본 및 실시설계기술과 유지관리기술에서 상위권을 보이고 있으나, 전반적인 기술에서 중위권 이하의 기술력을 나타나 각 기술 편차가 있는 것을 나타냈다. 논문기술경쟁력은 계획 및 설계기술의 계획기술에서 최고 기술국으로 나타났으나, 이 외의 기술에서는 중하위권으로 나타나 특허기술경쟁력과 마찬가지로 각 기술별 편차가 있는 것으로 나타났다. 일본의 경우에는 특허 및 논문기술경쟁력의 전반적인 기술력들이 상위권을 나타내고 있으나, 시공 및 유지관리의 특허기술경쟁력은 유지관리기술에서 우리나라보다 기술력이 낮은 것으로 나타났으며, 논문기술경쟁력은 계획 및 설계기술의 계획기술과 시공 및 유지관리의 건설관리 기술에서 우리나라보다 기술경쟁력이 낮은 것으로 나타났다. 유럽의 경우에는 전반적으로 우리나라보다 기술경쟁력이 낮은 것으로 나타났다.

본 연구는 기존의 전문가 의견에 의존하던 정성적 평가 중심에서 벗어나 정량적인 기준인 논문과 특허를 활용하여 기술수준을 비교 평가를 수행하였다. 그러나 추후 연구에서는 정량적 평가와 정성적 평가가 상호보완 할 수 있는 평가가 이루어져야 할 것이다. 이를 위해서는 다양한 분야의 전문가 의견을 청취하여 기술 분류체계와 검색 키워드를 설정하는 작업이 선행되어야 한다. 그리고 정량적

지표와 정성적 의견을 융합할 수 있는 방법에 대한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

## References

- Go, D. S., Choi, M. J., Jeong, G. H., Son, S. H. and Gwak, C. G. (2003). "A study on technology foresight and technology level for national S&T planning." *Korea Institute of S&T Evaluation and Planning* (in Korean).
- Gordon, T. J. and Munson, T. (1981). "A proposed convention for measuring the state of the art of products of process." *Technological Forecasting and Social Change*, 20, pp. 1-26.
- Jeong, G. H., Kim, I. H., Han, S. G., Gil, B. J., Park, H. G. and Park, S. D. (2001). "A study on the measurement of functional capability of emerging and strategic technologies." *Korea Institute of S&T Evaluation and Planning* (in Korean).
- Korea Agency for Infrastructure Technology Advancement (KAIA) (2004). Forecast of the Development of Construction Technology of Construction Technology Indicators for International Competitiveness and Technology Report (in Korean).
- Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology (KICT) (1999). Development of Construction Technology Indicators and Technical Competitive Strength In : A for Establishing Policies for the Public Construction Projects (in Korean).
- Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology (KICT) (2013). National Contribution of Construction Industry and Technology Level of Main Infrastructure in Korea. KICT 2013 (in Korean).
- Martino, J. (1993). *Technology Forecasting for Decision Making*, 3rd(ed), McGraw Hill, New York.
- OECD (1992). *Technology and the Economy : The Key Relationships*, OECD, Paris.
- OECD (1996). *Special Issues on Government Foresight Exercises*, STI Review No. 17, Paris.
- Schmookler, J. (1966). *Invention and Economic Growth*, Harvard University Press.
- Solow, R. (1957). "Technical change and the aggregate production ruction." *Review of Economics and Statistics*, Vol. 39, No. 3, pp. 312-320.