

# 첨단기술을 이용한 시설물 점검 및 진단장비 성능인증체계에 대한 연구

## A Study on the Performance Certification System of Inspection and Diagnostic Equipment for Infrastructure using Advanced Technologies

홍성호<sup>1</sup> · 김정곤<sup>2\*</sup> · 조재용<sup>3</sup> · 김도형<sup>4</sup> · 김정렬<sup>5</sup> · 김영민<sup>6</sup> · 이동욱<sup>7</sup>

Sung-Ho Hong<sup>1</sup>, Jung-Gon Kim<sup>2\*</sup>, Jae-Young Cho<sup>3</sup>, Do-Hyoung Kim<sup>4</sup>, Jung-Yeol Kim<sup>5</sup>, Young-Min Kim<sup>6</sup>, Dong-Wook Lee<sup>7</sup>

<sup>1</sup>Senior Principal Researcher, Future Strategy Division, Korea Research Institute For Construction Policy, Seoul, Republic of Korea

<sup>2</sup>Head Researcher, Department of Research Planning, Disaster Research Management Center, Seoul, Republic of Korea

<sup>3</sup>Senior Researcher, Future Strategy Division, Korea Research Institute For Construction Policy, Seoul, Republic of Korea

<sup>4</sup>Senior Researcher, Department of Research, Society of Disaster Information, Seoul, Republic of Korea

<sup>5</sup>Associate Professor, Department of Architecture (Engineering), Inha University, Incheon, Republic of Korea

<sup>6</sup>Principal Research Manager, Korea Authority of Land & Infrastructure Safety, Jinju, Republic of Korea

<sup>7</sup>Professor, Department of Civil Engineering, Jeju National University, Jeju, Republic of Korea

\*Corresponding author: Jung-Gon Kim, garoo72@dmrc.kr

### ABSTRACT

**Purpose:** It is expected that various infrastructures diagnosis equipment will be needed as infrastructures management is strengthened to implement the Framework Act on Sustainable Infrastructure Management. It is necessary for a certification system to supply certified products of a reasonable level in accordance with market requirements for various convergence equipment. This paper deals with the introduction of certification system of inspection and diagnosis equipment for infrastructure using advanced technologies. **Method:** The basic elements, systems and procedures of certification system were reviewed through analyzing and comparing the existing similar certification system in Korea. In addition, a survey was conducted on a catalog method and the minimum performance criterion (sampling survey and complete enumeration survey) to equipment developers (manufacturers), clients and equipment users. **Result:** This survey showed that clients preferred complete enumeration method on the basis of minimum performance, and equipment users also preferred complete enumeration survey and sample survey, for minimum performance, at a similar rate. On the other hand, equipment developers preferred the catalog method. **Conclusion:** Clients and users who are the users of the diagnostic equipment preferred the minimum performance criterion because their trust in quality is important. On the other hand, developers(manufacturers) preferred the catalog method which adopts self certification because it is regulated in developing various products. There is no specific plan for the minimum performance standards required for the introduction of the method which users demand, at present. In addition, it is not desirable to force to introduce a certification system because it requires a considerable period of study to prepare the specific standards. Therefore, it is appropriate to operate the system for a certain period of time centering around the catalog method for the stable and continuous development of the infrastructure diagnosis and test equipment market in Korea. Also, it is effective to expand and develop the certification system to the extent that it minimizes the impact on the market when specific plans for the standards are prepared in the future.

**Keywords:** Infrastructure, Inspection and Diagnostic Equipment, Catalog Method, Performance Certification System, Minimum Performance

Received | 28 December, 2020

Revised | 22 February, 2021

Accepted | 10 March, 2021

 OPEN ACCESS



This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted noncommercial use, distribution, and reproduction in anymedium, provided the original work is properly cited.

© Society of Disaster Information All rights reserved.

## 요약

**연구목적:** 지속가능한 기반시설 관리 기본법 시행으로 시설물관리가 강화되면서 다양한 시설물 진단장비가 필요할 것으로 예상되고 있다. 다양한 융합장비에 대한 시장요구에 맞춰 합리적인 수준의 인증제품 공급하기 위한 인증제도가 필요하다. 본 논문에서는 첨단 기술을 이용한 시설물 진단장비에 대한 인증체계 도입방안에 대하여 연구하였다. **연구방법:** 기존 국내 유사인증제도에 대한 상세분석 및 비교를 통하여 인증제도의 기본적인 요소와 체계 및 절차에 대하여 검토하였다. 또한, 카탈로그방식, 최소성능기준(표본조사, 전수조사)에 대하여 진단장비 개발자(제조사), 발주자, 장비사용자를 대상으로 설문조사를 실시하였다. **연구결과:** 설문결과 발주자는 최소성능기준 전수조사 방식을 선호하였으며, 장비사용자 역시 최소성능 전수조사 방식과 표본조사를 거의 비슷한 비율로 선호하였다. 반면, 장비개발자는 카탈로그방식을 선호하였다. **결론:** 진단장비의 사용자 입장인 발주자와 사용자는 품질에 대한 신뢰가 중요하므로 최소성능기준제시를 선호하였다. 반면, 개발자(제조사)는 다양한 제품의 개발에 규제가 되므로 자기인증방식인 카탈로그방식을 선호하였다. 현재 사용자가 요구하는 최소성능기준 방식의 도입에 필요한 최소성능기준에 대한 구체적 방안이 마련되지 않은 상황이다. 또한 구체적인 최소성능기준 마련에도 상당한 기간의 연구가 필요하므로 무리하게 인증 제도를 도입하는 것은 바람직하지 않다. 따라서 현실적으로 국내 시설물진단 및 점검장비 시장의 안정적이고 지속적인 발전을 위해서는 카탈로그 방식을 중심으로 일정기간 제도를 운영하는 것이 적절하다. 또한, 향후 필요에 따라서 최소성능기준에 대한 구체적 방안이 마련되면 시장에 대한 영향을 최소화 하는 범위에서 인증 제도를 확대 및 발전시켜 나가는 것이 효과적이다.

**핵심용어:** 시설물, 진단장비, 카탈로그방식, 성능인증체계, 최소성능

## 서론

최근 노후시설물에 대한 체계적인 유지관리가 중요한 사회적 관심사가 되고 있다. 특히, 2020년10월에 「지속가능한 기반 시설 관리 기본법」의 시행으로 시설물관리 체계가 확립되면서 본격적인 시설물관리의 시대가 시작되었다(MOLIT, 2019). 「지속가능한 기반시설 관리 기본법」에서는 시설물에 대한 체계적인 진단과 성능평가를 통해 시설물에 대한 유지관리 또는 성능개선을 판단하도록 하고 있으며, 성능평가에는 시설물의 구조적 안전성, 내구성, 사용성 등을 종합적으로 고려하도록 하고 있다. 따라서 정확한 시설물의 상태진단을 통한 시설물의 성능평가가 무엇보다 중요하므로 진단장비에 대한 지속적인 연구 및 개발이 필요한 상황이다(Lee et al., 2020). 국내 및 해외에서는 드론, 로봇, 차량 등을 활용하여 진단업무를 개선하거나 전파나 광학 기술을 활용하여 시설물 내·외부를 좀 더 정확하게 파악할 수 있는 기술(Yamashita et al., 2019) 또는, 지반 내부를 탐색할 수 있는 진단장비에 관한 연구 및 개발이 활발하게 이뤄지고 있다(Mizutani, 2019). 일본에서는 시설물 건설과 진단에 드론 및 다양한 로봇의 활용을 촉진하고 있으며, 시설물에 접근이 어렵거나 위험성이 높은 경우에 드론과 같은 이동체에 시설물 진단장비를 결합시킨 융합기술 진단 장비의 활용 사례가 증가하고 있다(Nitta, 2016). 이러한 추세는 향후 우리나라를 포함하여 세계적으로 4차산업혁명 기술의 보급과 함께 가속화 될 것으로 예상되고 있으며, 다양한 형태의 시설물 진단장비 제품이 시장에 대량으로 공급되게 되면, 성능에 문제가 있는 일부 제품이 시장에서 유통될 가능성이 있다. 또한, 이러한 부적절한 진단 장비를 활용하여 측정된 자료가 시설물의 안전성을 판단하는데 영향을 미칠 가능성도 있다. 따라서 일정수준 이상의 성능을 확인받은 제품이 시장에 공급 및 유통 될 수 있도록 인증제도 등을 통해 관리체계를 갖출 필요가 있다(Hong et al., 2020).

그러나 인증제도가 너무 강하게 시장에 영향을 미치는 경우, 특정 산업을 보호하는 진입규제의 장벽이 될 수 있어서 장기적으로는 관련 산업의 경쟁과 발전을 저해하는 장애요소가 되기도 한다. 특히, 제조자는 정해진 규격에 따라서 인증을 받게 되므로 시장에서 사용자의 요구사항을 반영한 제품을 만들기 보다는 인증규격을 따르는 성향이 강해서 결국 인증기관과 제조사 간에는 의존관계가 형성된다. 한편 사용자는 제조사로부터 제품을 공급을 받기도 하지만 전체적으로는 유통시장을 통해서 공급받기 때문에 사용자와 유통시장 간에도 의존관계가 형성된다(Fig. 1). 예를 들면, 산업안전과 관련하여 산업안전보건법에서 규정된 규격에 따라 인증을 받도록 하고 있는 안전인증제품의 경우, 실제 시장에서는 인증제품 가운데 저가의 제품을 중심

으로 유통시장이 형성되면서 성능이 우수한 고가의 신제품이 시장에서는 외면 받는 현상이 나타나는 실정이다(Kim, 2020).

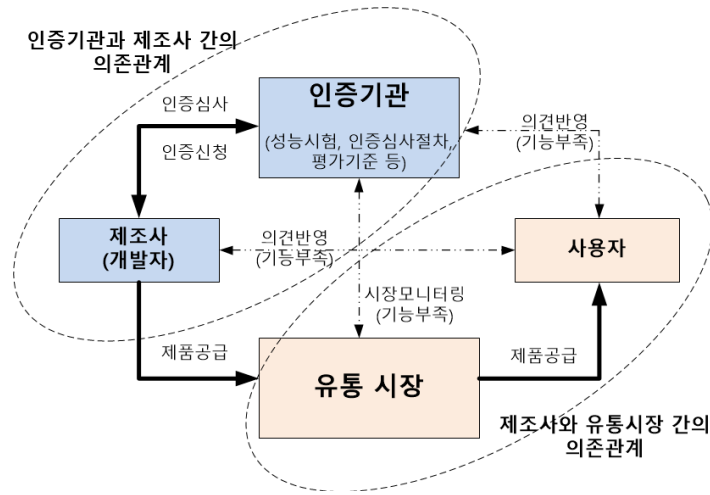


Fig. 1. Dependent relations in a certification system

따라서 인증제도의 도입에 있어서는 장기적인 시각에서 시장에 공급될 제품의 기술적인 발전과 사회적 변화를 고려하여 신중하게 접근해야하며, 시장을 중심으로 검인증제도가 적절한 역할을 할 수 있는 체계가 되도록 하여야 한다.

본 논문에서는 이러한 기존 인증제도의 한계점을 최소화하면서 진단장비 사용자와 시장의 요구를 만족시킬 수 있는 합리적인 시설물진단장비에 대한 인증방안에 대하여 검토하며, 상세한 연구목적은 다음과 같다.

첫째, 국내외 유사인증제도에 대한 상세한 조사 및 비교분석을 통하여, 첨단 기술을 이용한 시설물진단장비에 대한 합리적 인증시스템의 도입방향에 대하여 검토하고 인증제도 구성요소와 방식에 대한 종합적인 검토를 통해 국내에 적용 가능한 복수의 첨단 기술을 이용한 시설물 점검 및 진단장비 인증방안을 구성하여 제시한다.

둘째, 국내 적용 가능한 복수의 첨단 기술을 이용한 시설물 점검 및 진단장비 인증방안에 대하여 시설물 점검 및 진단업무와 관련된, 발주자, 장비사용자, 개발 및 제조(유통)자 등을 대상으로 설문조사를 실시하여 인증방안에 대한 의견을 조사 분석한다.

셋째, 인증제도에 대한 현황 조사결과, 인증제도 구성방안 그리고 관련자들을 대상으로 실시한 의견을 종합하여 합리적인 인증제도 도입 및 운영에 대하여 고찰한다.

## 국내외 유사인증제도에 대한 분석

국내외에 다양한 인증제도가 존재하지만 본 연구에서 다루고자 하는 시설물 진단장비에 대한 인증과 관련된 연구 또는 사례는 매우 부족한 실정이다. 따라서 연구내용에 참고가 될 수 있는 국내외 유사인증제도 사례를 조사 분석하여 참고가 될 수 있는 시사점을 도출하고자 하였다. 국내의 경우, 정부부처별로 운영되고 있는 안전과 관련된 장비, 기기, 제품, 용품에 대한 인증제도 운영현황을 조사하여, 시설물 점검 및 진단장비 검인증제도와 유사한 성격의 제도로 분류되는 인증 제도를 유형별로 그룹화하고, 단계별(제작 및 수입, 인증심사, 장비사용, 사후관리 등) 운영체계에 대하여 분석하였다. 또한, 조사된 분석

자료를 바탕으로 시설물 점검 및 진단장비 검인증제도 설계와 관련법령 정비에 기여할 수 있는 시사점 및 벤치마킹 사항을 도출하였다. 국외사례로는 정식인증제도는 아니지만 일본에서 적용하고 있는 “신기술 성능 카탈로그” 방식에 대하여 조사 및 분석하였다.

### 국내 시설물 진단장비 유사 인증제도 분석

먼저, 국내 법정인증제도를 가운데 본 연구에서 다루고자 하는 시설물 점검 및 진단장비 검인증제도와 유사한 성격의 제도 사례를 조사하기 위하여, 고려하는 시설물 진단장비 특성을 분석하고 유사제도 탐색 범위 및 분야를 설정하였다. 조사는 국가기술표준원에서 공개하고 있는 정보를 활용하였다. 고려한 시설물진단장비의 특성으로는 정량적 수치를 계측하는 장비, 장비자체의 성능이 확인된 장비, 안전한 정도를 측정하는 장비 그리고 드론, 로봇 등과 같은 운반 장비와 계측장비가 결합된 장비 등이다. 국내 시설물진단장비 유사인증제도 조사범위는 Fig. 2와 같이 설정하였다.



Fig. 2. Searching the scope of similar certification system

시설물 진단장비의 특성을 고려하여, 국내 188개 인증제도(2020년 7월 기준) 가운데 장비, 측량, 성능, 진단, 융합의 5가지 분야의 유사제도 범위 및 분야로 한정하여 조사를 실시하였다. 조사 결과본 연구에서 고려하고 있는 진단장비 검인증제도와 유사한 성격을 지니고 있는 국내인증제도는 약 25종으로 분석되었다.

Table 1. Infrastructure diagnosis equipment similar certification system survey target (25 types)

분야	조사대상
장비	항만시설장비의 검사제도 등 장비,기기 등에 대한 인증제도 6종
측량	측량기기 성능검사 등 측량, 측정 등에 대한 인증제도 5종
성능	소방용기계, 기구 성능인증 등 성능, 형식 등에 대한 인증제도 8종
진단	급경사지 재해예방용 계측기기의 성능검사 등 진단, 안전 등에 대한 인증제도 2종
융합	산업융합신제품의 적합성 인증 등 융합, 신제품 등에 대한 인증제도 4종

25종의 시설물 진단장비 유사 인증 제도를 분석한 결과, 인증대상 및 여건에 따라 조금씩 차이가 있었으나 장비, 측량, 성능, 진단 관련 인증제도는 비교적 정형화 및 획일화된 제도 운영방식을 보이는 반면, 가장 최근에 도입된 융합 관련 인증제도는 규격화된 기준보다 성능에 기반 한 인증을 실시하고 있어서 인증제도 유형은 크게 두 가지로 분류가 가능하다.

이러한 두 가지 인증유형에 대하여 주요 행정절차를 장비 제작 또는 수입시, 인증 심사시, 장비 사용시, 사후관리 단계별로 구분하여 업무를 정리하였다. 또한, 행정절차별 제도 운영주체 및 관련 기준을 세부적으로 분석하여 시설물 진단장비 검인증 제도 설계를 위하여 적용 가능한 시사점을 도출하였다. 두 가지 유형의 제도 운영체계를 인증제도 단계에 따라 정리한 내용은 Fig. 3 및 Fig. 4와 같다.

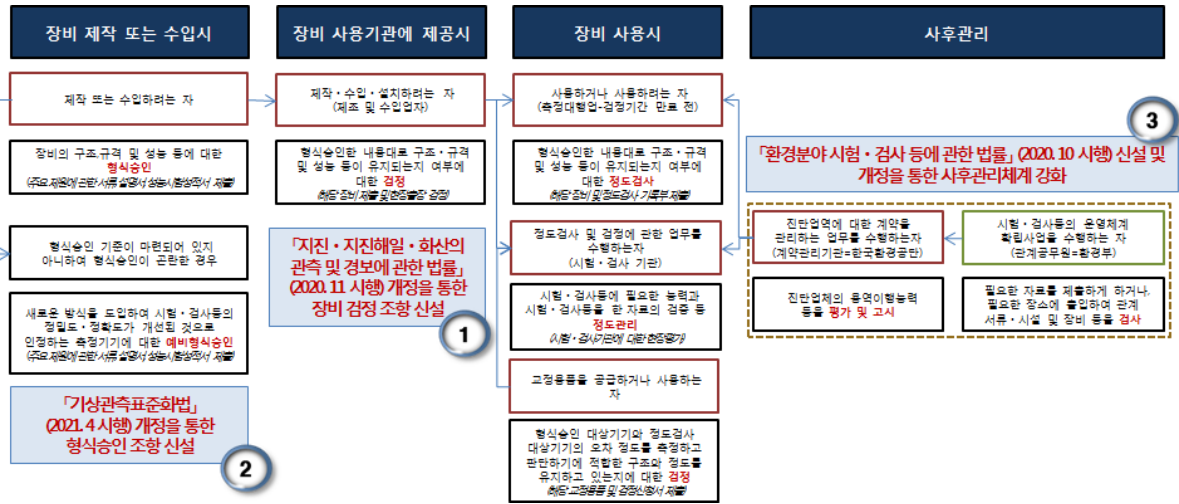


Fig. 3. Equipment, surveying, performance, and diagnosis related certification operating system

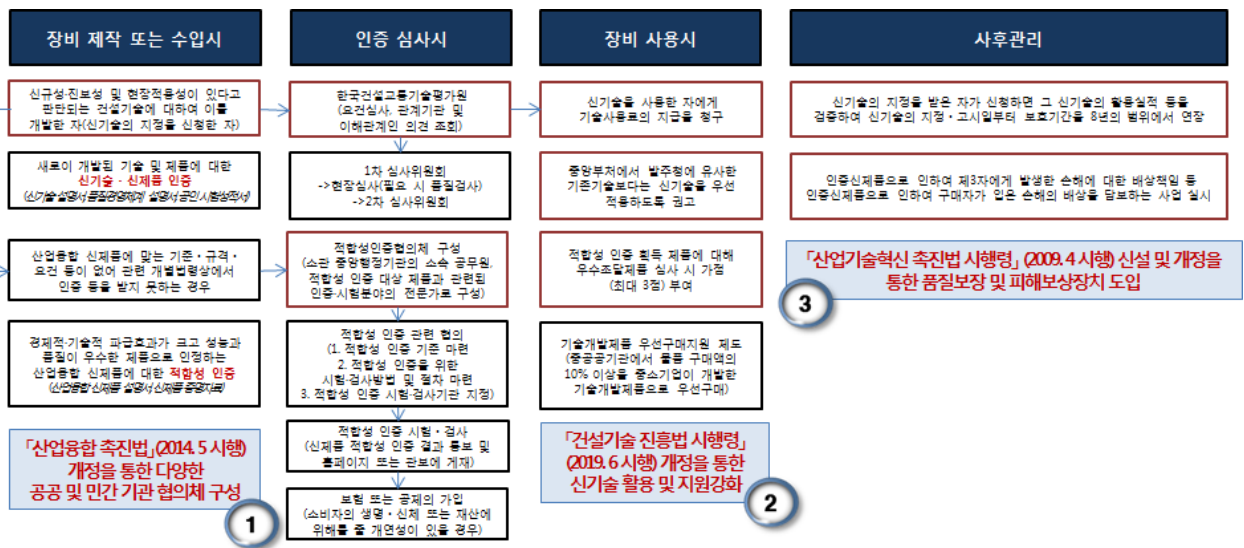


Fig. 4. Convergence-related certification system operating system

분석 결과 인증제도 도입 시기에 따라 행정절차 도입 및 세부적인 운영 기준 수립 등에서 다소 차이를 보였으나, 전반적으로 동일한 운영체제로 작동하고 있는 것으로 분석되었다. 기준에 널리 사용되어 정형화된 제품의 경우 형식승인, 정도검사, 검정제도 등을 통해 사전관리체계를 구축하고 있으며 새로운 방식이 도입된 제품에 대한 예비형식승인제도와 사후관리로

시험 및 검사기관의 서류, 시설, 장비 등을 검사하고, 능력을 평가 및 고시하는 정도관리(精度管)제도 등을 운영하고 있었다.

융합제품 및 신제품의 경우, 신기술·신제품 인증, 융합신제품 적합성 인증제도 등을 통해 관련 기준 및 규격 부재로 인하여 개별법령상에서 인증을 받지 못하는 제품을 인증해주고 있었다. 특히, 인증기준 마련 및 현장심사 등을 위한 소관 중앙행정기관의 소속 공무원, 인증대상 제품관련 전문가 등으로 구성된 인증협의체를 구성해 검토하며, 소비자의 생명 또는 재산에 위해를 줄 개연성이 있는 제품의 경우 사고발생시 개인 또는 단체의 피해를 보상 받을 수 있도록 보험 또는 공제계약을 의무화하는 등 안전장치를 구축하고 있다.

## 국외 시설물 진단장비 유사 인증제도 분석

국외 유사인증 제도에 대해서는 일본 시설물 유지관리 로봇 제도를 선정하여 도입경위, 도입 성과물, 진단장비 성능평가 체계 및 제도 운영체계 등을 검토하였다. 일본은 2012년 발생한 ‘사사고터널 붕괴사고’ 이후 시설물관리체계를 대대적으로 개선하였으며, 그 일환으로 시설물 유지관리를 위한 로봇 도입전략을 추진하고 있다(Ohta, 2020). 구체적으로는 2013년부터 국토교통성과 경제산업성 등이 협력체계를 구축하고 공모 등을 통해 산업계의 참여를 유도하였다. 2014년 1차 공모-현장 검증-평가를 거쳐 시범 도입을 실시하였으며, 이를 기반으로 2015년에 2차 시범적 도입을 위한 평가방법을 검토하여 2016년 시범도입을 실시하였다. 로봇이 도입되는 유지관리 분야는 크게 교량, 터널, 수중(댐, 하천)으로 구분하여 공모를 받았으며, 그 결과 드론기술 4건 포함하여 교량 7건, 도로 4건 등 기술이 제출되어 성능평가를 실시하였다(Cho, 2018). 한편 일본정부는 2014년부터 2018년까지 본격적인 관련 연구개발을 진행하였으며, 국토교통성이 시설물 유지관리 기준수립 및 자산관리 시스템을 주로 담당하고, 진단장비 개발은 주로 경제산업성의 산하연구기관인 NEDO를 통해서 추진하였다(Cho, 2018). 그리고 경제산업성은 ‘사회 인프라용 로봇 현장 검증회’를 구성하여 기술검증을 위한 평가항목, 평가지표, 상세항목 등을 선정하여, 이를 바탕으로 「신기술 이용 가이드라인」, 「신기술 성능 카탈로그」를 작성하여 수주자가 업무계획서를 작성할 때나 발주자와 수주자 간의 협의·승인 할 때 참고할 수 있도록 하였다. 신기술 성능 카탈로그의 경우, 로봇 장비의 성능이 통일적인 기준으로 비교될 수 있도록 표준성능항목에 따라 제작사가 카탈로그를 작성하도록 하여 점검 수주자가 스스로의 책임으로 점검지원기술을 선택할 수 있도록 가이드라인을 제공하고 있는 것이다(Cho, 2018). 예를 들면, 드론 계측 장비 표준성능항목의 경우 운동성능과 계측성능으로 크게 구분하여, 그 아래 단계에 각각 5개씩의 세부 기준을 제시하고 있으며, 지표의 의도, 정의, 성능을 나타내는 동작조건 및 환경조건 등으로 세분화하여 구체적이고 정량적인 기준을 제시하고 있다. 일본은 이와 같이 세계에서 처음으로 첨단 기술을 이용한 시설물 진단장비에 대한 성능평가 기준 및 실험장을 마련한 상태이며, 현재는 성능평가만을 실시하고 있고 제품인증 등은 실시하고 있지 않다. 또한 일본은 진단장비에 대해서 새로운 등록 및 관리 시스템을 만들지 않고 기존에 활용하고 있는 건설신기술 등록제도(NETIS)를 통해 관리하고 있다(Cho, 2018).

일본에서 실시하고 있는 성능평가 방식의 체계는 Fig. 5와 같다.

일본의 성능평가 방식의 경우, 시장 및 환경 변화에 능동적으로 대응할 수 있고, 이미 적용되고 있는 제도여서 직접적으로 본 연구에서 고려될 수 있는 진단장비 인증제도의 대안이 될 수 있다. 그러나 일본과 우리나라는 법제도적인 체계가 다르고 무엇보다 진단장비에 대하여 일본에서는 기술로 보는 측면이 큰 반면, 우리나라에서는 제품으로 보는 미묘한 차이가 있어서 「신기술 성능 카탈로그」 방식의 도입을 위해서는 많은 검토가 요구된다.

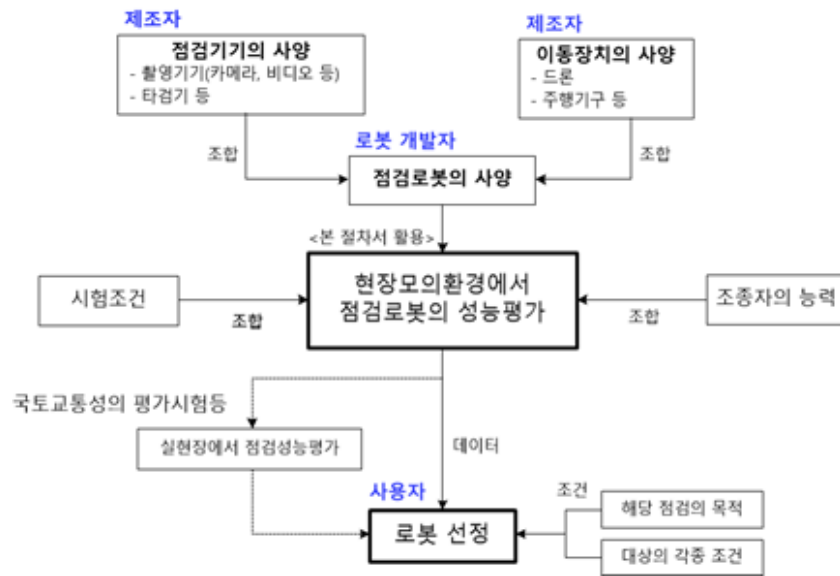


Fig. 5. Japanese infrastructure maintenance robot certification system

## 첨단 기술을 이용한 시설물 점검 및 진단장비 인증방안 도출

인증제도는 대상제품의 종류에 다양한 형태로 운용될 수 있으며, 제품 공급에 대한 정책에 따라서 다양한 인증방식 가운데 선정해야 한다. 먼저, 인증주체 측면에서 보면, 제품의 시장 유통 이전에 인증기관으로부터 검사 및 인증을 받는 사전인증방식과 제품제조자가 성능을 시험하여 공개하고 인증기관에 등록한 다음 시장에 유통시키는 자기인증방식으로 대별된다. 또한, 제품의 적합성 판정 측면에서 보면, 정해진 규격에 부합하는지를 평가하는 규격방식 그리고 제품이 요구되는 성능을 발휘하는지 여부를 평가하는 성능방식으로 구분할 수 있다. 그러나 제품별로 요구하는 성능과 규격이 다양하기 때문에 제품유형별로 적절한 시험 및 인증에 필요한 기초데이터를 축적하는 것이 어려워 새로운 제품에 대한 규격 및 성능 평가 기준이 부실하게 운영되는 경우가 많다. 다양한 인증제도 운영사항을 고려하여, 기존제도를 통해 운영이 될 수 있는 부분을 제외하고, 새로운 시설물 점검 및 진단 장비에 대하여 신뢰성을 확보하기 위한 인증제도 도입 방안을 검토하였다. 현실적으로 운영이 가능한 진단장비 검인증방식으로 3가지 방식을 제시하였다.

먼저 새로운 제도를 도입하기 위해서는 기존제도와와의 정합성에 대한 검토가 필요하다. 검토 방법은 Fig. 6를 활용하여, 진단장비와 관련된 기존의 국내제도와와의 관련성을 분석하여 새로이 진단장비 검인증 제도를 제안하는 경우 중복 및 음영이 발생하지 않도록 제도 설계를 진행 하였다. 특히, 새로운 진단장비 검인증 제도를 제안하는 경우 기존의 국토교통부가 심사를 거쳐 기술의 우수성을 인증해주는 「건설신기술지정제도」 및 국가표준기본법에 기초한 「검교정 제도」와 중복 가능성이 있다. 따라서 기존 건설신기술지정제도와 검교정 제도를 적용하는 진단 장비는 해당 제도의 결과를 인정하고, 그 외의 장비를 대상으로 하는 새로운 제도가 되어야 한다. 이런 측면에서, 4차 산업혁명 등 급격한 기술 발전에 따른 기존 틀을 벗어나는 유형의 장비가 등장하는 경우, 국가기술표준원이 운영하는 산업융합 신제품의 적합성 인증제도의 방식과 유사한 인증프로세스를 새롭게 도입하고자 하는 인증제도에 포함하여 제도운영이 유연하게 이뤄질 수 있도록 하는 것이 가능할 것이다.

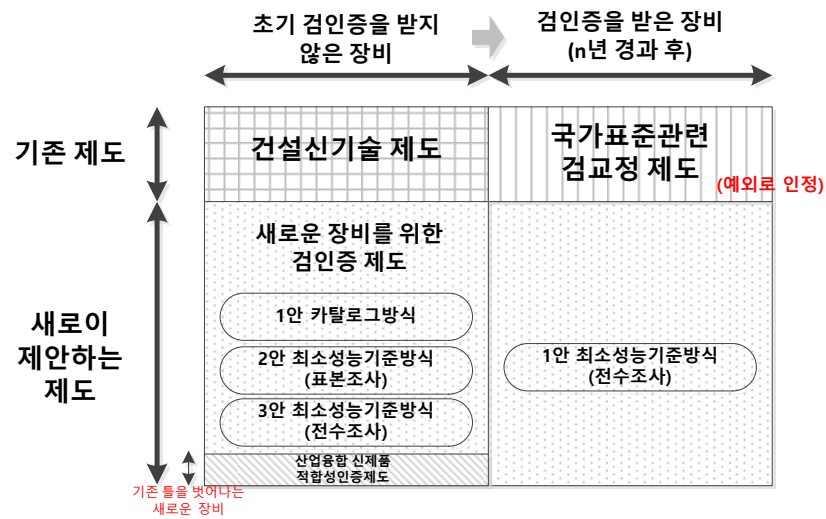


Fig. 6. Reviewing the concept of certification area

다음은 구체적인 인증제도 후보에 대하여 검토하였다. 합리적인 제도 마련을 위하여 다양한 분야의 진단장비 관련 전문가인 개발자(제조사), 사용자(진단업체), 발주자 등을 대상으로 자문회의를 실시하여 본 제도의 도입취지에 적합한 3가지 방안을 도출하였다. 새로운 인증제도는 새로이 도입될 검인증을 받지 않은 장비와 검인증을 받고 일정기간(장비에 따라 소요연수는 달라짐)이 경과된 장비를 대상으로 하는 2가지 축으로 구성된다. 새로이 도입될 검인증을 받지 않은 장비에 대한 제도는 첫째, 진단장비의 제조(유통)자가 성능 사양을 제시하고, 제시한 성능의 발휘 여부만 인증기관이 검사 및 확인하는 카탈로그 방식을 대안1, 둘째, 표본조사를 통해 조사항목 별(균열, 내구성 등)로 최소한의 성능기준을 제시하고, 성능기준 만족 여부를 검사 및 확인하는 최소성능기준방식(표본조사)를 대안2, 그리고 셋째, 대안2와 동일하나 표본조사가 아닌 전수조사를 진행하는 최소성능기준방식(전수조사)를 대안3으로 하여 3가지 대안을 구성하였다.

Table 2. Comparison of characteristics of certification methods

구분	(대안1) 카탈로그 방식	(대안2) 최소성능기준 + 표본조사 방식	(대안3) 최소성능기준 + 전수조사 방식
제도성격	- 모든 진단장비에 동일한 성능기준을 적용하지 않음 - 각 진단장비의 제조(유통)자가 성능사양을 제시 - 제시한 성능의 발휘 여부만 인증기관이 검사 및 확인	- 모든 진단장비에 동일한 성능기준을 적용 - 조사항목 별(균열, 내구성 등)로 최소한의 성능기준을 제시 - 최소한의 성능기준 만족 여부를 검사 및 확인하여 인증	- 모든 진단장비에 동일한 성능기준을 적용 - 조사항목 별(균열, 내구성 등)로 최소한의 성능기준을 제시 - 최소한의 성능기준 만족 여부를 검사 및 확인하여 인증
개요	조사방법: 성능사양 검증 조사대상: 표본조사	조건 합격 여부 표본조사	조건 합격 여부 전수조사
실시시기		장비 유통(수입) 전	
관련주체		장비제작사(개발사, 수입사)	



**Table 2.** Comparison of characteristics of certification methods (Continue)

구분	(대안1) 카탈로그 방식	(대안2) 최소성능기준 + 표본조사 방식	(대안3) 최소성능기준 + 전수조사 방식
장점	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 발주자 또는 사용자가 현장의 사용 환경에 맞는 적절한 진단 장비의 선택이 가능</li> <li>- 제조자가 제시한 진단장비 성능을 인증기관이 확인함으로써 장비에 대한 신뢰성이 향상</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 성능검사 검사기관의 표준적인 시험환경 조성이 가능해 여러 시험기관이 시험을 할 수 있음으로 인증업무지연 발생 적음</li> <li>- 진단업무에서 최소한의 품질이 확보될 수 있음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 성능검사 검사기관의 표준적인 시험환경 조성이 가능해 여러 시험기관이 시험을 할 수 있음으로 인증업무지연 발생 적음</li> <li>- 모든 진단장비의 성능을 확보할 수 있음</li> </ul>
단점	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 진단장비의 성능발휘 조건에 맞춰 시험을 위한 다양한 시험환경(ex 매우 춥거나 더운 환경)조성이 필요</li> <li>- 인프라 구축에 시간과 예산이 필요하여 특정한 기관이 전담할 수밖에 없음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 제시된 성능기준 이외의 새로운 사양에 대한 검사 및 인증대응에 한계 발생</li> <li>- 기존의 검교정 제도와 비슷한 형태의 제도로 운영</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 제시된 성능기준 이외의 새로운 사양에 대한 검사 및 인증대응에 한계 발생</li> <li>- 기존의 검교정 제도와 비슷한 형태의 제도로 운영</li> <li>- 전수조사이기 때문에 인증업무 과다로 업무 부담이 커짐</li> </ul>

대안1 카탈로그 방식의 경우, 다양한 모든 장비에 대한 성능기준을 마련하는 것은 현실적으로 불가능 하며, 획일적인 규격 기준의 제시로 인하여 새로운 제품 개발 및 기술발전에 장애가 될 수 있는 문제를 고려하였다. 즉, 인증기관의 관여를 최소화 하고 융합기술 발전을 위해서 시장기능을 강화하는 것이다. 그러나 시설물진단 장비를 사용하려는 사람이 장비의 성능을 직접 확인하는 것이 매우 어려운 문제가 있으므로 인증기관은 각 진단장비의 제품출시 이전에 제조(유통)자가 자체적인 시험을 통해 제시하는 사용 환경 및 성능 등에 대해서 사실여부만을 검증하여, 과다한 성능이 포함된 경우 이를 수정하는 방식이다.

한편, 최소성능기준 방식은 타 인증제도와 유사한 성격을 가지고 있으나 이 방식 또한 균열, 내구성 등 장비가 수행하는 조사항목 별로 최소한의 성능기준만을 정하고, 이를 만족하는 지 여부를 확인하는 방식이다. 그리고 최소성능기준 방식은 다시 조사대상이 표본조사(대안2)인지, 전수조사(대안3)인지에 따라 다시 2가지 방식으로 구분된다.

## 인증방안에 대한 설문조사

### 설문조사 개요

첨단 기술을 이용한 시설물진단장비에 대한 인증방식으로 3개의 대안을 제시하였다. 각 대안은 주체별로 장단점이 있어서 인증기관, 발주자 및 사용자, 개발 및 제조 유통자는 각 대안에 대하여 선호도가 다를 수밖에 없다. 여기서는 아직 첨단 기술을 이용한 시설물진단장비에 대한 인증기관이 존재하지 않기 때문에 설문조사를 통해 도출한 3가지 인증방식에 대하여 발주자, 사용자, 제조자를 대상으로 의견조사를 실시한다(Fig. 7). 3가지 대안에 대하여 제도 구성의 적정성, 제도가 목적했던 바를 달성할 수 있는지에 대한 효과성, 해당 대안이 도입되었을 경우 해당 주체가 따를 수 있는지에 대하여 조사하였다.

설문조사는 기존 국내외 유사제도 분석을 통해 제시된 3가지 대안(카탈로그방식, 최소성능기준방식(표본조사), 최소성능기준방식(전수조사))을 대상으로 제도 평가를 위한 설문과 고려 요소들의 가중치에 대한 설문으로 구성되었다. 제도 평가 설문에서는 제도 구성의 적정성, 제도가 목적했던 바를 달성할 수 있는지에 대한 효과성, 해당 대안이 도입되었을 경우 해당 주체가 따를 수 있는지의 적응도에 대해서 리커트 5점 척도에 기초한 설문을 진행하였으며, 고려요소들의 가중치에 대해서는

적정성, 효과성, 적응도에 대한 가중치 및 다양한 기대효과에 대한 가중치를 AHP방식에 기초한 설문을 진행하였다. 다만, 장비의 안전성과 관련된 사항은 단순히 사용자나 제조자의 선호도만으로 결정되는 사항이 아니므로 조사에서 제외하였다.



Fig. 7. Alternatives of certification system for inspection and diagnostic equipment for infrastructure using advanced technologies

설문조사는 해당 제도가 도입되는 경우, 직접 및 간접적으로 영향을 받게 되는 주체인 시설물 유지관리 발주기관, 점검 업무를 수행하는 진단업체 그리고 점검 및 진단 장비의 개발자를 대상으로 실시하였다. 전체 응답자는 114명이었으며, 응답자의 유형을 살펴보면 점검 및 진단 장비의 개발자는 20명(약 18%), 점검 및 진단 장비를 직접적으로 활용하는 진단업체는 32명(약 28%), 관련 업무를 발주함으로써 점검 및 진단 장비를 간접적으로 활용하는 발주기관은 62명(약 54%)이 응답하였다. 응답자의 진단장비와 관련된 경력은 2년 이하부터 10년 이상까지 고르게 분포하였다(Fig. 8).

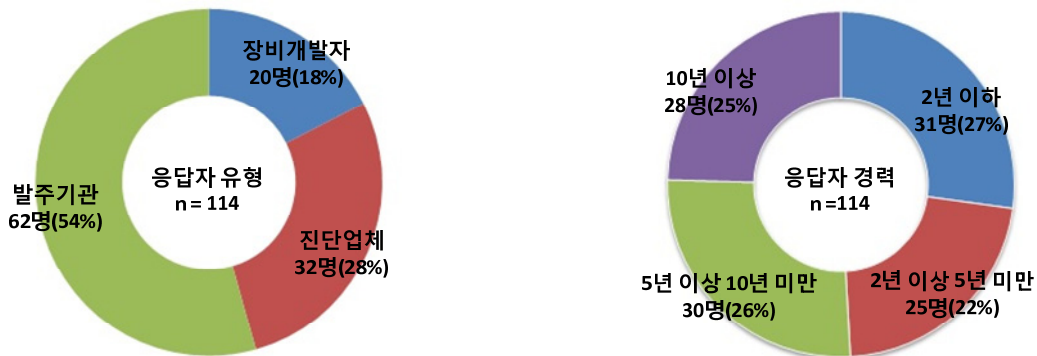


Fig. 8. Information of questionnaire respondents

### 설문조사 결과

대분류(적정성, 효과성, 적응도) 가중치와 관련된 AHP분석 결과, 진단업무발주자와 진단장비 사용자는 적정성과 효과성을 높이 평가하는데 비해, 진단장비 개발자는 효과성을 높이 평가하고, 적정성과 적응도는 상대적으로 낮게 평가하고 있다. 적정성과 적응도의 조사항목은 등가 가중치를 부여하고, 응답자에 따라 다르게 평가될 수 있는 효과성의 세부 항목에 대해서는 부가적인 AHP분석을 진행하였다. 진단업무발주자, 진단장비 개발자, 진단장비사용자 집단 모두 신뢰도 향상을 높게 평가하고 있다. 그러나 신뢰도 향상에 이어 진단업무발주자와 진단장비사용자는 저품질 장비 차단 효과가 중요하다고 판단하고 있으나, 진단장비 개발자는 개발의욕 향상이 중요하다고 판단하고 있다(Table 3).

**Table 3.** Result of questionaries

구분	항목	진단업무발주자	진단장비 개발자	진단장비사용자
대분류	제도 구조의 적정성	0.36	0.29	0.34
	제도의 효과성	0.34	0.45	0.35
	제도 도입 시의 적응도	0.30	0.26	0.30
	가중치 합계	1	1	1
소분류 (효과성)	발주자의 적정한 장비 선정을 지원	0.21	0.20	0.21
	진단장비의 신뢰도 향상	0.31	0.35	0.30
	저품질 진단장비의 차단	0.27	0.16	0.26
	개발자의 기술 개발 의욕 향상	0.21	0.29	0.24
	가중치 합계	1	1	1

리커트 5점 척도에 따른 점수와 앞선 AHP분석을 통한 가중치를 반영하여 점수를 산출하면 Table 4와 같다. 조사결과 진단장비의 검인증 제도의 대안은 진단장비와 관련된 입장에 따라 선호도가 다른 것으로 분석되었다. 진단장비의 직접적인 사용자인 진단업체 응답자들은 3가지 대안에 대하여 모두 비슷하게 평가한 반면, 진단장비의 간접적인 사용자에 해당하는 발주기관은 최소성능기준방식을 높게 평가하였다. 그리고 진단 장비를 공급하는 진단장비 개발자는 카탈로그방식을 가장 높게 평가하였으며, 최소성능기준방식(전수조사)을 매우 낮게 평가하였다.

이러한 결과는 발주자는 자신이 담당하는 시설물에 대하여 신뢰할 수 있는 데이터를 얻기 위한 인증된 장비에 대한 기대치가 높은 것으로 보인다. 반면 장비개발자 또는 제조자 입장에서는 인증기관을 통해 인증을 받아 시장에 제품을 출시하면 여러 가지 제약이 발생하기 때문에 제품을 스스로 인증하고 판매함으로써 시장에서 주도권을 갖기를 원하기 때문으로 보인다. 한편, 장비사용자는 3가지 대안에 대하여 약간의 차이는 있지만 큰 차이를 보이지 않았다. 이것은 장비 사용자입장에서는 어

**Table 4.** Analysis of preference results

구분	방식	카탈로그방식	최소성능기준방식(표본조사)	최소성능기준방식(전수조사)
진단업무 발주자 (62명)		3.17	<b>3.65</b>	<b>3.68</b>
진단장비 개발자 (20명)		<b>4.18</b>	3.27	2.07
진단장비 사용자(32명)		<b>3.22</b>	<b>3.39</b>	<b>3.41</b>

편 방식이 되었던 신뢰할 수 있는 장비를 시장을 통해 공급받을 수 있다면 큰 문제가 없다고 생각하는 것으로 보인다.

## 인증방안에 대한 고찰

첨단 기술을 이용한 시설물진단장비 인증제도 도입 방식에 대하여 검토하기 위해서는 크게 두 가지 관점으로 나누어 생각 해볼 필요가 있다. 첫 번째는 일부 나쁜 사람들이 질이 좋지 못한 제품을 유통시킬 가능성이 있기 때문에 적극적으로 정부가 시장에 직접적으로 관여해야 하고 인증제도 강화를 통해서 질 좋은 제품을 시장에 공급해야 한다는 시각이고, 두 번째는 미래에 어떤 기술발전이 이뤄질지 모르는 상황에서 제도가 기술발전의 장애요소가 되지 않아야 하며, 정부는 과도한 시장개입 보다는 유통질서관리 차원에서 간접적으로 접근하는 것이 바람직하다는 시각이다. 이 두 가지 시각 모두 옳고 그름의 문제는 아니며 근본적인 차이점은 시장에 대한 신뢰성의 시각에 있다. 결국, 신기술 도입이라는 불확실성이 큰 문제에 대하여 사회 전체가 시장에 대해 갖는 신뢰 정도가 전체적인 대응방식을 결정하는 중요한 요소가 되어야 하며, 대응방식에 따라서 정부의 역할 범위도 결정될 수 있다. 한편, 인증제도 도입에 대한 시장접근의 방향성 결정 문제 이외에도 제도운영에 대한 현실적인 문제에 대해서도 검토가 필요하다. 인증제도의 도입과 정착을 위해서는 법령정비 이외에도 기준 및 규격에 대한 정비가 함께 이뤄져야 한다. 또한 시장과 관련된 다양한 주체들의 충분한 이해와 기술수준 향상 등이 뒤따라야 가능하기 때문이다. 앞서 첨단 기술을 이용한 시설물진단장비에 대하여 3가지 인증방식을 제시하고 관련 주체에 대한 설문조사를 통해서 주체별로 서로 다른 생각을 하고 있는 것을 확인할 수 있었다. 여기서는 정부의 제한적 직접 관여의 방법으로써 최소성능기준방식 및 간접적인 관여방법으로써 카탈로그 방식에 대하여 관련 주체별 입장차와 첨단 기술을 이용한 시설물 진단장비 인증제도 도입에 대한 현실적인 문제점을 고려하여 첨단 기술을 이용한 시설물진단장비 인증제도 도입에 대해 검토한다.

### 최소성능기준방식 도입

첨단 기술을 이용한 시설물진단장비에 대한 시장의 안정적 유통을 위해서 정부가 직접 인증에 관여 하는 것을 앞서 최소성능기준방식이라 정의하였다. 그리고 최소성능기준방식에 대하여 관련주체별로 장점과 단점이 다를 수 있다. 장점으로는 장비사용자는 모든 진단장비에 동일한 성능기준을 적용한 장비를 사용함으로써 진단업무에서 최소한 일정한 품질의 데이터 취득이 가능할 것이라 기대할 수 있다. 또한, 인증기관에서는 성능검사 검사기관의 표준적인 시험환경 조성이 가능해지므로, 인증업무 담당 기관이외에 여러 시험기관에서 성능시험을 나누어 실시 할 수 있게 되어 인증업무지연 등으로 인한 민원이 줄어들 수 있다.

반면, 단점으로는 성능기준에 대한 제시와 관련 실험을 통해 성능시험과 인증을 해주는 절차가 정립되어야 하는데, 제도 운용을 위한 성능규격기준 마련에는 많은 데이터 축적이 필요하고, 관련 연구조직 등 인프라를 구축하는데 상당한 기간과 예산이 필요하다. 만약 제도운영 기반이 충분히 갖춰지지 않은 상태에서 제도를 도입하게 되는 경우, 구체적인 시행방안이 모호하여 법에서 규정한 행위와 절차가 제대로 이행되기 어려운 상태가 발생할 수 있다. 그렇게 되면 제도자체가 위법을 유발하거나 일정기간 제도 유예를 통한 편법적인 방법이 운용되면서 장기적으로 시장에 혼란을 초래하거나 나쁜 신호를 줄 수 있는 위험성이 있다. 또한, 미래에 어떤 형태의 기술과 장비가 개발될지 예측할 수 없는 상황에서 모든 규격을 연구하여 준비한다는 것은 현실적으로 불가능하다. 더 큰 문제는 성능평가규격의 영향이 커지게 되면 시장지배력이 발생하여 기술개발에 대한 기업들의 의욕에 좋지 않은 영향을 미칠 수 있다. 따라서 최소성능기준방식의 인증체계가 제대로 운영되기 위해서는 중장

기적인 발전계획을 마련하여 제도운영기반을 충분히 마련한 상태에서 법제도 정비를 실시하고 추진해야 한다.

### 카탈로그방식 도입

최소성능기준방식이 정부가 직접 관여하는 인증방식이라고 한다면 카탈로그방식은 정부중심의 인증제도의 한계점을 인정하고 시장의 안정적 유통에 초점을 두고 정부가 최소한의 역할만을 하는 방식이다. 카탈로그방식은 제조자가 시험을 해서 제시하는 성능을 인증기관이 이상유무만 확인해 준다. 즉, 다양한 수준의 성능을 갖는 제품이 시장에 출시되면 발주자나 사용자는 자유롭게 필요한 수준의 장비를 선택할 수 있고 장비개발자는 시장에서 선택받기 위해서 우수한 장비개발에 투자하게 되는 것이다. 그런데 이러한 장점이 단점으로 작용할 수도 있다. 예를 들면, 발주자나 사용자가 장비에 대한 충분한 이해를 갖지 못한 경우 적절한 장비를 선택하는데 어려움이 발생할 수 있다.

한편 유럽 등에서는 기술 및 제품 개발 속도가 빨라서 인증기관에서 모든 제품과 부품에 대하여 규격 및 성능기준을 마련하는 것이 불가능하기 때문에 안전 등 강제인증 사항을 제외하고는 제조자가 스스로 제작품의 성능을 인증하는 자기인증제도가 보편적으로 적용되고 있으며, 우리나라에서는 자동차분야 등 일부에서만 적용하고 있다(Kim, 2020). 그러나 자기인증제도가 제대로 운용되기 위해서는 사회적으로 제조자에게 배상 책임을 지우는 제조물책임법의 명확한 운용체계가 정착되어 있어야 실질적인 효과를 발휘할 수 있다.

따라서 카탈로그방식이 효과를 발휘하기 위해서는 시장의 자정작용을 강화할 수 있는 방향으로 제도가 운용될 필요가 있다. 정부에서는 감독기관을 통해 시장상황을 정확히 파악할 수 있는 체계를 갖추고 불법에 한정해서 시장에 관여해야 한다.

### 첨단 기술을 이용한 시설물진단장비 인증제도 도입방향

여기서는 첨단 기술을 이용한 시설물진단장비 인증제도와 인증기관의 역할에 대해서 검토한다. 인증제도는 복잡한 기술 사회에서 공신력 있는 기관을 통해 제품의 품질과 안전을 확인할 수 있는 좋은 수단이다. 그러나 인증제도가 강력한 수단으로 활용되는 나라일수록 사회신뢰도가 낮고, 다른 보완적인 장치가 부족한 것으로 볼 수 있다. 인증제도 자체가 사회적 신뢰 비용을 발생시키는 것이기 때문에 과도한 제도가 되지 말아야 한다. 먼저, 인증제도가 시장을 지배하는 형태가 고착화 되지 않도록 유연하게 운용될 수 있는 형태의 제도가 구축되어야 한다. 특히, 시장의 요구를 반영하여 규격의 제정 및 변경이 신속하게 이뤄질 수 있는 체계가 필요하다. 한번 정해진 규격은 큰 문제가 없는 한 잘 변경되지 않기 때문에 제품제조자는 구태여 사용자의 의견을 제품개발에 반영할 필요성을 느끼지 못할 수도 있다. 그러므로 인증기관은 규격으로 정하는 부분을 최소화하면서도 적절하게 시장의 의견을 반영하여 미래기술발전의 불확실성에 적절하게 대응할 수 있도록 제도를 구축해야 한다.

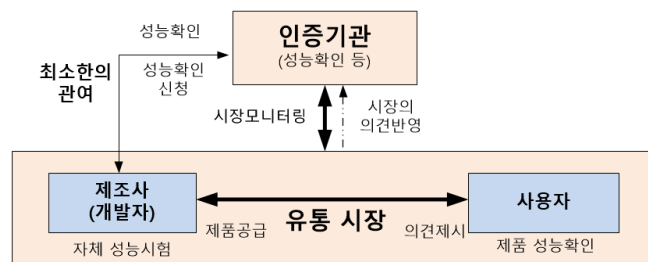


Fig. 9. Ideal certification system of Infrastructure diagnosis equipment

한편, 인증제도가 시장에서 긍정적인 효과를 유발하기 위해서는 관련기술발전을 촉진시키고 건전한 시장거래가 이뤄질 수 있도록 관리해야한다. 인증기관에서는 유통시장의 변화와 동향을 수시로 파악하고 시장의 요구사항을 잘 이해해야한다. 또한 제조사와 사용자 간에는 제품개발에 대한 정보교환이 원활하게 이뤄질 수 있도록 인증기관에서는 가교 역할을 하여야 한다. 즉, 인증기관에서는 인증제도를 통해 시장을 통제하기 보다는 시장모니터링을 포함한 정보공유를 강화하고 조정자 역할을 함으로서 시장의 자율성을 강화하는 방향으로 인증 제도를 운영하여야 한다.

## 결론

본 논문에서는 시설물관리가 강화에 따른 다양한 형태의 융합 첨단 기술을 이용한 시설물 진단장비에 대한 수요가 예상되어 합리적인 수준의 인증제도 도입방안을 검토하였다. 먼저, 국내외 유사인증제도에 대한 조사를 통해 인증제도의 기본적인 요소와 체계 및 절차에 대하여 검토하고, 이를 바탕으로 카탈로그방식, 최소성능기준(표본조사, 전수조사)의 3가지 방안을 제시하였다. 그리고 3가지 방안에 대하여 진단장비 개발자(제조자), 발주자, 장비사용자를 대상으로 설문조사를 실시하였다. 설문조사 결과, 발주자는 최소성능기준방식을 선호한 반면, 장비개발자는 카탈로그방식을 선호하였다. 그리고 장비사용자는 최소성능방식과 카탈로그방식까지 큰 차이 없이 선호하였다. 이러한 결과는 각 주체의 입장에서 기인하며, 진단업무 발주자는 품질에 대한 신뢰가 중요하므로 최소성능기준제시를 선호한 반면, 개발자(제조자)는 다양한 제품의 개발에 규제가 되므로 자기인증방식인 카탈로그방식을 선호한 것으로 판단된다. 그리고 제품사용자는 제품의 사용에 국한되기 때문에 인증에 대해서는 큰 관심이 없으며, 시장을 통해서 신뢰성 있는 제품을 공급받을 수 있으면 만족하는 것으로 생각된다.

본 연구에서 다루고 있는 첨단 기술을 이용한 시설물진단장비의 경우, 향후 다양한 ICT기술의 활용으로 발전이 빠르고 다양한 제품이 시장에 출시될 가능성이 높기 때문에 근본적으로 인증기관에서 모든 기술을 규격을 통해 통제하는 것이 현실적으로 불가능할 것으로 예상된다. 또한 현재 발주자와 사용자가 요구하는 최소성능기준 방식의 인증제도 도입에 필요한 최소성능기준에 대한 구체적 방안이 마련되어 있지 않은 상황이고, 구체적인 최소성능기준의 마련에는 상당한 기간의 연구가 필요하므로 무리해서 성능인증 제도를 도입하는 것은 더 큰 문제를 발생시킬 수 있다.

한편, 인증과 관련된 세계적인 추세는 자기인증방식이 주요하기 때문에 장기적으로 첨단 기술을 이용한 시설물진단장비 분야를 발전시키고 외국과의 기술 경쟁력 강화를 위해서는 자기인증방식을 적용하는 것이 효과적일 수 있다. 그러나 자기인증방식이 도입되기 위해서는 전체적인 시장의 자정능력이 있어야 한다. 따라서 현실적으로는 첨단 기술을 이용한 시설물진단장비에 대한 시장의 안정성을 고려하여 일정기간 인증기관이 성능을 확인해주는 카탈로그 방식을 중심으로 제도를 운영해서 제도를 정착시키고, 최소성능기준에 대한 구체적 방안이 마련되면 시장에 대한 영향을 최소화 하는 범위에서 제도를 확대 및 발전시켜 나가는 것이 안정적인 제도 도입방안이 될 수 있다.

## Acknowledgement

본 연구는 국토교통부 시설물 점검 및 진단 장비 검인증을 위한 성능평가 기술개발(19CTAP-C152144-01)의 연구비 지원으로 수행되었습니다.

## References

- [1] Cho, J.Y. (2018). Analysis of Japanese Construction Production System and Implication. RICON.
- [2] Hong, S.H., Kim, J.G., Cho, J.Y., Kim, T.H. (2020). "A study on the necessity of verification and certification system of inspection and diagnostic equipment for infrastructure using advanced technologies." *Journal of the Society of Disaster Information*, Vol. 16, No. 1, pp. 163-177.
- [3] Kim, J.G. (2020). Investigation of Safety Certification System in Korea. KOSHA Report.
- [4] Korean Standard and Certification, <https://standard.go.kr/KSCI/portalindex.do>
- [5] Lee, Y.H., Bae, S.J., Jung, W., Cho, J.Y., Hong, S.H., Nam, W.S., Kim, Y.M. (2020). "Performance evaluation method for facility inspection and diagnostic technologies." *Journal of the Society of Disaster Information*, Vol. 16, No. 1, pp. 178-191.
- [6] Mizutani, T. (2019). "Automatic big data construction of road surface and underground information by camera, laser and radar data analysis." *Seisan Kenkyu*, Vol. 71, No. 4, pp. 859-863.
- [7] MOLIT (2019). Public hearing material : Sustainable infrastructure management, 2019.12.
- [8] NEDO, <https://www.nedo.go.jp/>
- [9] Nitta, K. (2016). "Promotion of introducing japanese advanced technologies for social infrastructures management by the japanese government: ICT and next generation robots." *Journal of The Society of Instrument and Control Engineers*, Vol. 55, No. 6, pp. 470-476.
- [10] Ohta, K. (2020). "Policy responses to deterioration of transportation infrastructure: Focusing on road facilities." *IATSS Review*, Vol. 44, No. 3, pp. 160-169.
- [11] Yamashita, J., Kimura S., Kawamura, H. (2019). "Maintenance management of transportation infrastructure utilizing 3D point cloud." *Journal of the Japan Society for Precision Engineering*, Vol. 85 No. 3, pp. 228-231.