

# 지하공간정보 정확도 향상을 위한 품질등급제 연구

## A Study on Quality Level of Underground Spatial Information for Accuracy Improvement

김원대<sup>1)</sup> · 이강원<sup>2)</sup> · 김태훈<sup>3)</sup>

Kim, Wondaе · Lee, Kang Won · Kim, Tae Hoon

### Abstract

Facilities located in the underground space are closely related to the sanitation and safety of the city, and the underground spatial information is precisely constructed and used as important information for facility maintenance, safety, and underground space development. In this study, a method was studied to increase the field usability by increasing the reliability of underground spatial information constructed in Korea and used in the field. For this study, the current status of the construction of underground spatial information in Korea was summarized, and cases of the underground spatial information quality grading system applied in the US, UK, Canada, France, and Australia, which are advanced geospatial information countries, were investigated. In terms of field usability, a questionnaire was conducted on the systems, standards, and management methods related to underground spatial information of field experts and consumers working in related fields in Korea, and statistical analysis was conducted to analyze the relevance of the introduction. Through this study, it was concluded that it is necessary to introduce a quality grading system according to the construction method of underground spatial information, accuracy and reliability, and to improve related systems and regulations.

Keywords : Underground Spatial Information, Quality Level, Underground Facility, Accuracy

### 초 록

지하공간에 위치한 시설물은 도시의 위생 및 안전과 밀접한 관련이 있으며, 지하공간정보를 정밀하게 구축하여 시설물의 유지 관리, 안전, 지하 공간 개발 등에 주요한 정보로 사용하고 있다. 본 연구는 국내에서 구축되어 현장에서 활용되고 있는 지하공간정보의 신뢰도를 증대하여 현장 활용성을 증대하기 위한 방안을 연구하였다. 이를 위하여 국내의 지하공간정보 관련 구축 현황을 정리하고, 공간정보 선진국인 미국, 영국, 캐나다, 프랑스, 호주 등에서 적용되고 있는 지하공간정보 품질등급제의 사례를 조사하였다. 현장 활용성 측면에서 국내의 관련 분야에서 종사하는 현장 전문가 및 수요자의 지하공간정보 관련 제도 및 기준, 관리 방안 등에 대한 설문을 진행하고, 통계 분석을 실시하여 도입에 따른 연관성을 분석하였다. 본 연구를 통하여 지하공간정보의 구축 방법, 정확도 및 신뢰도 등에 따른 품질 등급제의 도입이 필요하며 관련 제도 및 규정 등의 정비도 필요하다는 결론을 도출하였다.

핵심어 : 지하공간정보, 품질등급제, 지하시설물, 정확도

Received 2021. 05. 18, Revised 2021. 05. 26, Accepted 2021. 06. 22

1) Member, Dept. of Civil and Environmental Engineering, Inha Technical College (E-mail: kimwd@inhac.ac.kr)

2) Member, Sachan G&I (E-mail: kwlee52@gmail.com)

3) Corresponding Author, Member, Spatial Information Quality Management Service (E-mail: maverick08@naver.com)

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

## 1. 서론

지하시설물은 도시의 생명줄이라고 할 수 있으며, 도시의 위생 및 안전과 밀접한 관련이 있다. 지하시설물은 도로를 기반으로 지하에 설치되어있는 상수도, 하수도, 전기, 통신, 가스, 송유, 난방 등 지하에 매설된 모든 시설물 및 이와 연계된 지상 설비를 말한다. 지하시설물은 그 종류가 다양하고 지상구조물에 비해 관리하기가 매우 어렵고 관리 비용 또한 많이 소모되며, 제대로 관리하지 못했을 경우 오수 누출, 지하수 오염 등의 환경오염 사고나 가스폭발 사고, 땅꺼짐 등과 같은 막대한 인명 및 재산상의 손실이 발생할 수도 있다(MOLIT, 2013).

공간정보를 이용하여 지하시설물의 과학적이고 체계적이며 효율적인 유지 관리를 통해 국민의 안전사고 예방은 물론, 업무의 신속한 처리, 예산 절감 및 효율적 투자 효과, 대민 서비스의 질적 향상 등을 도모하고, 도시 행정의 생산성 제고 등을 목적으로 시작된 지하시설물도 전산화 사업은 여러 단계를 거쳐 현재에 이르고 있다. 우리나라의 지하공간정보 구축의 경우에 있어서는 구축 시기, 방법, 기관 또는 규정 변화 등에 의하여 상이한 수준의 데이터가 존재하고 있으며, 현재까지도 혼재되어 사용되고 있는 실정이다.

지하공간정보를 구축하여 활용하는 미국, 영국 등을 비롯한 공간정보 활용 선진국에서는 정보의 취득 방법, 측량 및 탐사 기법 및 정확도 등에 따라 품질등급을 도입하여, 사용자의 입장에서 정보에 대한 신뢰도를 예측할 수 있는 제도를 도입하여 운영중에 있다(Kim and Lee, 2021). 우리나라의 지하공간정보에 있어서도 이러한 정확도를 예측하고 이를 활용하는 측면에서 위험도 분석 또는 굴착 등의 안전 확보 등에 도움이 될 수 있는 지표를 제시하기 위한 방안이 필요하다고 할 수 있다. 이를 위해서는 우리나라의 현황을 분석하고 해외 현황 및 관리 방법에 대한 사례와 비교하고, 이를 구축하거나 사용할 실무진의 인식도 및 제도의 필요성에 대한 의견을 청취하는 과정이 필요하다.

본 연구에서는 국내에서 구축되어 있는 다양한 공간정보의 양적인 측면이 아닌 활용의 질적인 향상을 위하여 다음과 같은 연구를 진행하였다. 우선 국내에서 구축된 지하공간정보 현황을 분석하여 양적인 분석을 실시하였다. 세계적으로 공간정보의 구축이나 활용측면에서 선진국에 속하는 국가들의 지하공간정보 관리 기법을 조사하였다. 이를 기반으로 국내의 지하공간정보를 구축하고, 이러한 정보를 활용할 전문가, 실무진 등에 대한 기술 현황, 해외 사례 인지 여부, 국내 적용 가능성 등에 대한 설문을 실시하고 제도 개선에 대한 통계 분석

을 실시하였다. 이러한 연구를 통하여 국내에서 구축된 지하공간정보의 활용도를 증대하고 신뢰도를 증대시킴으로서 안전한 도시환경 구축에 기여하고자 한다.

## 2. 국내 지하공간정보관련 현황

선진국에서는 1980년대부터 지하시설물의 과학적이고 체계적인 관리를 위하여 공간정보체계를 도입하여 상·하수도관, 가스관 등 복잡하고 다양한 지하시설물 공간정보를 관리하기 시작하였다. 우리나라는 1990년대 들어 지하시설물의 체계적인 관리에 지리정보체계를 도입하려는 노력이 시작되었다. 대구광역시, 광주광역시 등 일부 지방자치단체에서 GIS를 근간으로 하는 도로관리체계를 시범적으로 개발하였으며, 한국전력, 가스공사 등 정부투자기관에서도 각 기관별로 고유 업무에 따라 GIS를 이용한 시설물 관리체계를 구축하기 시작하였다(MOCT, 2002).

지하시설물 전산화사업이 본격적으로 추진된 것은 1994년 12월 서울 북아현동 도시가스 폭발 사고에 이어 1995년 4월 대구 지하철 폭발 사고와 같은 대형 가스 폭발 사고로 인한 인명 피해(사망 113명)와 잠재적 편익을 포함한 막대한 경제적 손실(6,540억 원)이 발생함에 따라 지하시설물의 효율적인 관리를 위한 GIS 전산화 필요성이 사회적으로 크게 부각되었다(MOLIT, 2013).

지하시설물도 전산화사업은 제1차 국가GIS구축기본계획(1995~2000년)의 10대 핵심 사업 중 하나로 추진되었다. 1995년 지하시설물 관리에 대한 실태조사를 실시하고, 1996년 지하시설물도 작성에 필요한 표준품셈을 제정하였으며, 1997년 4월 과천을 대상 지역으로 지하시설물 관리체계 시범사업을 수행하면서 본격적으로 지하시설물 전산화사업이 시작되었다(MOLIT, 2013). 이 사업에서는 약 14억 원을 들여 지하시설물 관리 전산화를 위한 관련제도 정비방안, 지하시설물 관리 전산화를 위한 도형자료 정비방안, 지하시설물 관리체계 개발지침(안), 지하시설물 관리체계 유지관리지침(안), 지하시설물 조사 및 탐사 방법과 비용발생요인 연구, 지하시설물 자료형식 변환에 관한 연구, 지하시설물 관리체계 개발 해외사례 등 본격적인 지하시설물 전산화사업에 앞서 필요한 다양한 연구 성과를 제시하였다.

1997년 IMF 사태로 인한 대규모 실직 사태가 발생함에 따라 1996년 및 1998년 공공근로사업으로 선정되어 19대 거점도시(서울, 울산, 고양, 원주, 청주, 전주, 여수, 포항, 창원, 제주, 부산, 인천, 광주, 대구, 수원, 부천, 시흥, 천안, 대전)를 대상으

로 지하시설물도 전산화사업이 시작되었으며(MOCT, 2002), 이후 2002년까지 지하시설물도 수치지도화사업으로 지속되어 완료되었다.

그러나 지방자치단체 간의 지하시설물 관리 업무가 유사함에도 불구하고 개별적으로 사업을 진행하여 예산이 중복되었음을 감사원에서 지적하였고, 이에 지방자치단체에서 공통적으로 활용 가능한 지하시설물관리 범용프로그램 개발 필요성이 대두되었다. 이에 2000년 “지하시설물 관리 범용프로그램 개발지침 연구” 및 2002년 “지하시설물(상·하수도)관리 범용프로그램 활용방안 연구” 수행결과를 바탕으로 2003년 “지방자치단체의 도로 및 상·하수도의 시설물관리를 위한 범용프로그램의 기본설계서 및 품질인증기준”이 고시되면서 이후 지하시설물도 전산화사업은 범용프로그램 기본설계서를 바탕으로 추진되었다. 또한 2002년 “도로와 지하시설물 통합관리 시범사업 연구”를 통하여 정확도 확보 및 비용절감 차원에서 도로, 상수, 하수시설물을 공동 구축하도록 하였다(MOCT, 2006). 위와 같은 연구 성과를 바탕으로 2003년부터 2010년까지 성남, 안양, 의정부 등의 시(市)급 지자체에서 도로와 지하시설물 공동구축사업을 추진하였다.

1996년 지하시설물 전산화사업이 시작된 후 도로·상수·하

수 등 지자체에서 관리하는 시설물에 대해서는 구축이 완료되었지만, 유관기관에서 관리하는 지하시설물(가스·통신·전력·송유관·열난방)의 통합 작업은 유관기관의 실정 때문에 제대로 이루어지지 못하였다. 이에 국토교통부(당시 국토해양부)에서는 2008년 지하시설물 통합관리 정보화전략계획(ISP) 수립 이후 지하시설물 통합관리체계 구축 시범사업(2009년), 지하시설물 통합관리체계 구축(2차) 사업(2010년), 지하시설물 통합관리체계 구축 확산사업(2011년)을 통하여 시(市)급 지자체의 7대 지하시설물 통합 작업을 완료하였다. 2012년부터는 활용시스템 개발 및 시(市)·군(郡) 지역으로의 확산을 통하여 지하시설물 구축 및 통합작업을 수행하고 있다(MOLTM, 2010).

국내 지하시설물은 『제1차 국가지리정보체계 구축사업』 시행 이후 지방자치단체 및 유지관리기관에서 신규 설치 및 갱신을 위하여 지속적인 지하시설물 전산화를 수행하고 있다. 2009년부터는 상수, 하수, 전기, 가스 등에 대한 실시간 측량이 시행되었으며, 2010년 이후 하수 등 비금속관로에 대한 탐사를 수행하였다. 2018년에는 지하시설물 정확도 개선을 위한 실시간 측량 명문화를 통해 노출관로 측량이 증가하는 추세이다(Table 1).

Table 1. Portion of roads and underground facilities information by management organization(2019)

	Road	water works	Waste Water	Electric	Gas	Heating	Communi-cation	Oil pipeline	Clean eet	Utility tunnel	Heat pipeline	Etc.
Local government	79%	85%	77%	3%	3%	3%	10%	32%	1%	89%	0%	0%
Maintenance Agency	15%	12%	13%	96%	96%	84%	83%	47%	93%	4%	82%	96%
Etc.	6%	3%	10%	1%	1%	13%	7%	21%	6%	7%	18%	4%

Table 2. Undetectable Ratio of Exam. of Public Survey Results(PSR) for each Underground Facility

	PSR Exam. Amount(km)	Undetectable Amount(km)	Undetectable Ratio(%)
waterworks	101,715.399	40,985.849	40.3
Waste Water	120,915.869	9,614.900	8.0
Electric	27,126.523	918.749	3.4
Gas	15,210.657	1,062.873	7.0
Heating	2,180.856	139.652	6.4
Communication	3,133.105	346.564	11.1
Oil pipeline	212.274	75.154	35.4
Clean eet	437.529	22.849	5.2
Utilitytunnel	593.713	316.022	53.2
Heat pipeline	1,312.892	83.252	6.3
Etc.	478.100	252.277	52.8
<b>Total</b>	<b>273,316.917</b>	<b>53,818.141</b>	<b>19.7</b>

\* Korea Spatial Information Quality Management Service Data from 2000 to 2019

그러나, Table 2 에서와 같이 2000년부터 2019년까지 공공 측량 성과심사 현황에 따르면, 상수관로의 경우 공공측량 성과심사 현황 대비 불탐 물량은 약 40%가 존재하는 것으로 나타났다. 또한 통신, 난방 시설물 구축 성과는 도면이기 성과가 상당수 존재하는 것으로 확인되었다. 따라서 현재의 지하시설물 DB에는 불탐, 도면이기 등으로 인하여 정확도가 낮은 성과가 존재하며, 이로 인해 실제 활용에 많은 제약이 따르고 있다.

### 3. 해외 사례 분석

2019년 기준 국가 공간정보 준비 지수(CGRI) 중 공간정보 선진국의 지하공간정보 관리 현황 및 운영 현황을 조사하였

다(Geospatial Media and Communication. 2019).

#### 3.1 미국

미국토목학회(ASCE: American Society of Civil Engineers)가 제안한 SUE (Subsurface Utility Engineering, 천심도 시설 공학)는 지하 매설물을 효과적으로 관리하는 기법이다(ASCE, 2002). Table 3과 같이 SUE는 ASCE 38-02 품질등급에 의하여 직접 측량을 실시한 A등급, 지표면 탐사 또는 지하시설물 추정 기법 등에 의한 B 등급, 문헌 또는 도면의 정보와 기준정보를 연결한 C 등급, 문헌 또는 도면 정보만 존재하는 D 등급까지 4가지 등급으로 정의되어 있다(ASCE, 2020).

Table 3. SUE Quality level classification

Level	Description
A	Precise horizontal and vertical location of utilities obtained by the actual exposure and subsequent measurement of subsurface utilities, usually at a specific point. Accuracy is typically set to 15-mm vertical and to applicable horizontal survey and mapping accuracy as defined or expected by the project owner.
B	Information obtained through the application of appropriate surface geophysical methods to determine the existence and approximate horizontal position of subsurface utilities.
C	Information obtained by surveying and plotting visible above-ground utility features and by using professional judgment in correlating this information to Quality Level D.
D	Information derived from existing records or oral recollections.

Table 4. PAS 128 Quality level classification

Survey type (Establish with client prior to survey)		Quality level (Practitioner to determine post survey)	Post-processing	Location accuracy		Supporting data
				Horizontal	Vertical	
D	Desktop utility records search	QL-D	-	Undefined	Undefined	-
C	Site reconnaissance	QL-C	-	Undefined	Undefined	A segment of utility whose location is demonstrated by visual reference to street furniture, topographical features or evidence of previous street works (reinstatement scar).
B	Detection 3)	QL-B4	No	Undefined	Undefined	A utility segment which is suspected to exist but has not been detected and is therefore shown as an assumed route.
		QL-B3	No	±500mm	Undefined (No reliable depth measurement possible)	Horizontal location only of the utility detected by one of the geophysical techniques used.
		QL-B3P	Yes			
		QL-B2	No	±250mm or ±40% of detected depth whichever is greater	±40% of detected depth	Horizontal and vertical location of the utility detected by one of the geophysical techniques used. 4)
		QL-B2P	Yes			
		QL-B1	No	±150mm or ±15% of detected depth whichever is greater	±15% of detected depth	Horizontal and vertical location of the utility detected by multiple 5) geophysical techniques used.
QL-B1P	Yes					
A	Verification	QL-A	-	±50mm	±25mm	Horizontal and vertical location of the top and/or bottom of the utility.

### 3.2 영국

영국은 공공활용표준(PAS: Publicly Available Specification)에서 PAS 128로 지하시설물 품질 등급을 정의하고 있으며, ASCE의 표준을 기반으로 탐사 성과 구분을 위하여 정확도 수준을 B1~B4로 확장하였다(The British Standards Institution, 2014). Table 4에 나타난 바와 같이 PAS 품질등급은 매설된 자산의 위치, 상태 및 특성을 효과적으로 기록하고 공유할 수 있도록 데이터 프로토콜을 설정하고, 기존 자산 기록을 업데이트 및 조합하는 방법을 규정하고 있다(The British Standards Institution, 2017).

### 3.3 캐나다

캐나다표준협회(CSA: Canadian Standards Association)에

서는 ASCE 38-02를 기반으로 하는 CSA S250 표준을 제정하였다. Table 5에 나타난 바와 같이 CSA S250 표준은 정확도에 따라 1~5, 0 등 6개의 수준으로 정의하고 있다. 굴착공사시 시설물이 노출된 경우 지하시설물의 위치의 정확도 수준을 정의하였다(CSA Group, 2020).

### 3.4 호주

AS 5488 지하시설물 표준은 호주의 지하 서비스에 관한 정보 분류(SUI: Subsurface Utility Information)를 위하여 일관된 프레임워크를 제공하기 위한 목적으로 개발되었다(Standards Australia, 2019). Table 6에 나타난 바와 같이 위험도, 정확도 등에 대한 분석이 가능한 등급으로 A, B, C, D 등급으로 구분하여 정의하고 있다.

Table 5. CSA S250 Quality level classification

Accuracy level	Description	Reference
1	Accurate to within $\pm 25\text{mm}$ in the x, y, and z coordinates, and referenced to an accepted geodetic datum with a 95% confidence level.	Absolute
2	Accurate to within $\pm 100\text{mm}$ in the x, y, and z coordinates, and referenced to an accepted geodetic datum with a 95% confidence level.	Absolute
3	Accurate to within $\pm 300\text{mm}$ in the x, y, and z coordinates, and referenced to an acceptable geodetic datum or topographical and cadastral features with a 95% confidence level.	Absolute or relative
4	Accurate to within $\pm 1000\text{mm}$ in the x, y, and z coordinates, and referenced to an acceptable geodetic datum or topographical and cadastral features with a 95% confidence level.	Absolute or relative
5	Accurate to within $\pm 1000\text{mm}$ in the x and y coordinates, and referenced to an acceptable geodetic datum or topographical and cadastral features with a 95% confidence level.	Absolute or relative
0	No information available related to spatial accuracy.	-

Table 6. AS 5488 Quality level classification

Quality level	Risk	Accuracy	Comment
A	meets location accuracy standards for minimum risk when excavating	horizontal and vertical $\pm 50\text{mm}$	Is the highest Quality Level accuracy and consists of positive identification of the attribute and location of a subsurface utility at a point to an absolute spatial position in three dimensions. It is the only quality level that defines a subsurface utility as 'Validated'.
B	significant risk reduction	horizontal $\pm 300\text{mm}$ vertical $\pm 500\text{mm}$	Provides relative subsurface feature locations in three dimensions. The minimum requirement for QL-B is relative spatial position, this can be achieved via an electromagnetic frequency locating device. An electronic location provided by a DBYD Certified Locator to QL-B standard would have a maximum horizontal tolerance of plus or minus 300mm and a maximum vertical tolerance of plus or minus 500mm.
C	low accuracy and a high risk of damage	horizontal $\pm 300\text{mm}$	Is described as a surface feature correlation or an interpretation of the approximate location and attributes of a subsurface utility asset using a combination of existing records and site survey of visible evidence – for example you can see the pit lids shown on the plan but the actual position of underground connection between pits is still assumed.
D	least accurate level and if used on its own has a high risk of damage	least accurate level	QL-D information is generally obtained from existing records provided by utilities as a result of a Dial Before You Dig enquiry being lodged. In many cases the asset depicted on the plan is in a schematic format only and intended only to indicate its presence.

### 3.5 프랑스

프랑스에서는 지하시설물 관련 사고로 인해 2010년 새로운 규정 제정을 위한 계획을 추진하였다. 2012년 작업프로젝트 선언(DT)과 작업시작 의사선언(DICT) 2가지 용어를 기반으로 관망 근처에서 작업을 하는 경우 위험 예방 및 안전을 다루는 규정 DT-DICT (Déclaration de travaux à proximité de réseaux)를 제정하였다(Observatoire National DT DICT, 2016). Table 7에 나타난 바와 같이 기대 정확도에 따라 A, B, C 등급으로 구분하고 있다.

## 4. 국내 전문가 설문 조사 및 분석

지하공간정보 정확도 향상 연구를 위해서 중요한 사안은 지하시설물의 운영관리 및 DB구축과 관련된 업무를 수행하는 공공측량 계획기관과 수행업체 담당자의 의견을 통해 실무 현황을 파악하고자 하였다. 이 과정을 통해 전문적인 견해를 파악하고, 현재 우리나라의 지하시설물 측량 기준과 관리체계의 현황, 문제점 파악 및 개선 방안을 마련하는 것을 목

적으로 하였다.

2021년 1월 20일(수)부터 2월 19일(금)까지 설문을 진행하였으며, 그 대상자는 공공측량 성과심사 시행사(지역도시가스, 지자체, 한전, LH 등) 24명, 수행사(공간정보, 측량 등) 16명, 총 40명이었다. 설문조사자의 구성은 단순히 선호도를 측정하는 설문조사의 형태를 지양하고, 설문조사 대상의 전문적 의견을 도출하기 위해 질의의 난이도를 높여 총 17문항으로 설계했다. 이러한 설문문의 응답 결과를 바탕으로 빈도분석, t검정, 카이제곱검정 등의 사회조사방법론을 활용하여 통계적 유의미한 결과를 도출하였다.

### 4.1 설문 구성

설문은 Fig. 1과 같이 크게 설문안내, 응답자 인적사항, 설문내용에 대한 정보 전달, 질의문으로 구분하여 3~4문항씩을 그룹화하여 관련 내용을 먼저 인지하도록 지문을 구성하였다. 이는 설문 내용이 제도/규정과 관련된 측면이 있고, 해외 사례에 대한 의견 청취를 목적으로 하였기 때문에 선 지문, 후 질의 식의 설문으로 구성하였다.

Table 7. DT-DICT Quality level classification

Quality level	Accuracy	Comment
A	Incertitude < 40cm (rigide) < 50cm (flexible)	Pas d'Investigations Complémentaires/Mesures de Localisation
B	40cm < incertitude < 1.5m	Investigations Complémentaires ou Mesures de Localisation obligatoires, hors cas d'exemption
C	Incertitude > 1.5m Absence de plans	

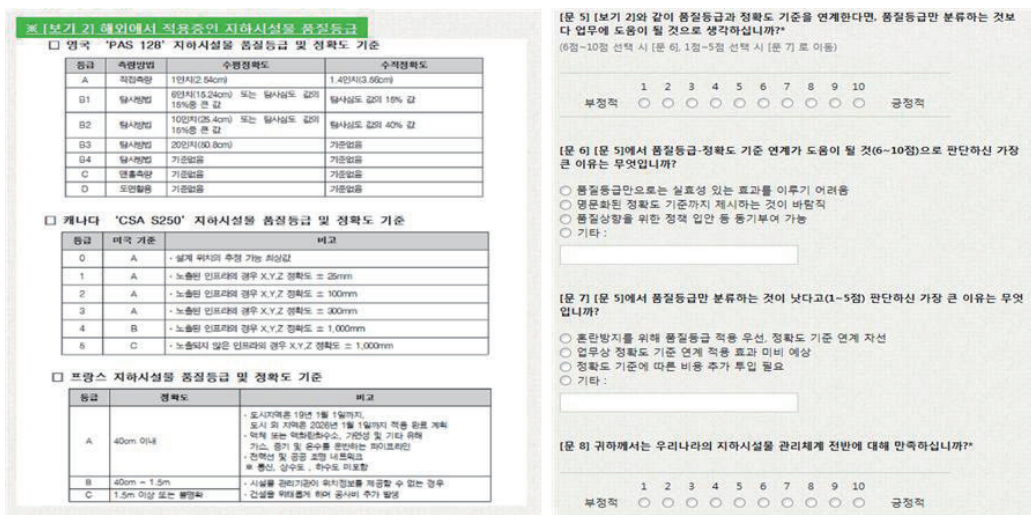


Fig. 1. Questionnaire on linking quality grade and accuracy of underground facilities

첫 번째 질의는 해외 지하시설물측량 기준에 대하여 국내 적용시 현업에서 도움이 될지 여부에 대한 질의로, 미국 토목학회에서 정의한 지하시설물 품질등급을 지문으로 수록하고, 이에 대한 인지 여부, 업무에 도움이 될지에 대한 정도 파악, 그렇게 판단한 가장 큰 이유를 청취하고자 하였다. 두 번째 질의는 영국, 캐나다, 프랑스 등 해외 지하시설물 품질등급과 정확도 기준을 지문으로, 품질등급 + 정확도 기준까지 연계했을 때의 의견을 청취하는 부분과 우리나라 지하시설물 관리체계 전반에 대한 포괄적인 만족도를 측정하고자 하였다. 세 번째 질의는 국내 지하시설물측량 관련 기준을 지문으로, 장비성능기준/탐사오차허용범위/위치정확도기준에 대한 인지 여부, 업무 적용시 적정성, 현행 기준에 대한 완화/유지/강화에 대한 의견을 청취하고자 하였다. 네 번째 질의는 미국 지하시설물 품질등급 대비 국내 현황 분석결과를 지문으로, 공공근로 방식의 지하시설물 DB구축으로 시행된 '도면이기' 성과에 대한 의견을 청취하고자 하였고, 다섯 번째 질의는 불탐원인 분석결과를 기준으로 이에 대한 대응방안에 대한 의견, 2018년부터 명문화된 노출관로 실시간 측량이 불가능한 불탐 관로의 경우 공공측량성과심사를 받을 수 있게 하는 방향에 대한 의견을 구하고자 하였으며, 마지막 다섯 번째 질의는 비금속관로탐사에 대한 시행규칙 개정안을 지문으로 이에 대한 인지여부, 필요 요건에 대한 질의로 마무리하였다.

4.2 설문 결과

설문조사는 Fig. 2와 같이 공공측량 성과심사 시행사(지역도시가스, 지자체, 한전, LH 등) 24명, 수행사(공간정보, 측량 등) 16명으로 총 40명의 인원이 설문조사에 응답하였고, 직급별로 보면 임원급(12%), 책임급(22%), 선임급(43%), 사원급(23%)의 비율로 나타났다. 업무 종사기간은 5년 미만(17%), 5년~10년 미만(27%), 10년~15년 미만(23%), 15년~20년 미만(23%), 20년 이상(10%)까지 고르게 분포하였고, 업무에 활용하고 있는 지하시설물은 도로, 상수, 하수 시설물을 주로 활용하고 있는 것으로 나타났다.

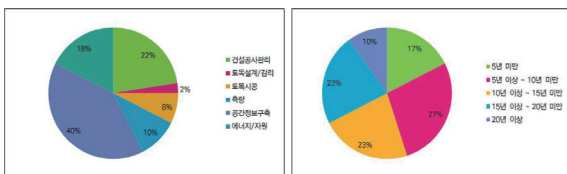


Fig. 2. Field of work and period of employment of survey respondents

[문 1]부터 [문 4]까지 항목은 해외 지하시설물측량 기준 관련 설문조사로 미국 SUE 지하시설물 품질등급을 소개하고, 해당 분류체계가 업무의 도움이 되는지 여부에 관한 파트이다. 설문조사 결과 지하시설물 품질등급에 대하여 알고 있다(12%), 어느 정도 알고 있다(55%), 모른다(33%)로 나타났다, 지하시설물 품질등급이 업무에 도입 된다면 도움이 될 것이라고 한 응답이 80%로 높게 나타났다. 업무에 긍정적인 도움이 될 것이라고 판단한 이유는 체계적인 관리로 지하시설물 품질확보 및 상향을 위한 활동이 가능(60%), 각종 계획/설계 및 정책수립에 적용 용이(26%), 사용자 요구수준에 맞는 맞춤형 지하시설물 데이터 제공가능(14%) 순으로 나타났다. 부정적으로 답변한 이유로는 업무상 효과가 미비 예상(40%), 새로운 체계 도입으로 추가비용 발생 부담(40%), 기타(20%) 순으로 나타났다.(Fig. 3)

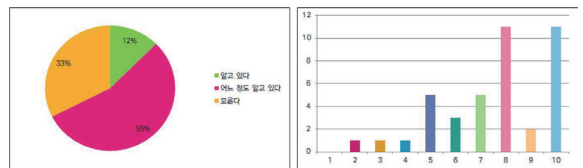
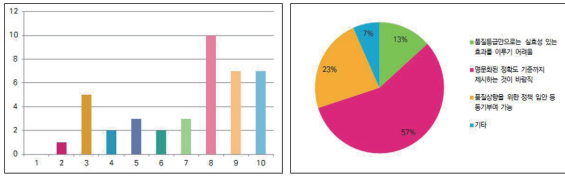


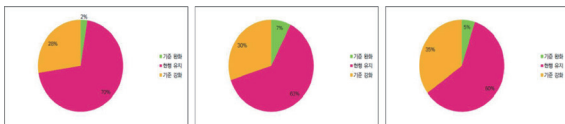
Fig. 3. Understanding the Quality Level of Underground Spatial Information & Expectations for business improvement

[문 5]부터 [문 8]까지 항목은 해외 지하시설물측량에 대한 의견 파트로 해외 지하시설물 품질등급(영국, 캐나다, 프랑스 등)의 품질등급-정확도 연계가 업무에 도움이 되는지 판단하고, 우리나라 지하시설물 관리체계 전반의 만족도에 관련된 파트이다. Fig. 4에 나타난 것처럼 품질등급-정확도 기준 연계 시 업무에 기여가 된다고 설문 응답자 중 73%의 인원이 응답하였다. 업무의 도움이 된다고 판단한 이유는 명문화된 정확도 기준까지 제시하는 것이 바람직(57%), 품질상향을 위한 정책 입안 등 동기부여 가능(23%), 품질등급만으로는 실효성이 있는 효과를 이르기 어려움(13%), 기타(7%) 순으로 나타났다. 품질등급만으로 분류하는 것이 도움이 된다고 판단한 이유는 혼란방지를 위한 품질등급 적용 우선, 정확도 기준 연계 차선(31%), 업무상 정확도 기준 연계 적용 효과 미비 예상(31%), 정확도 기준에 따른 비용 추가 투입 필요(25%), 기타(13%) 순으로 나타났다. 설문 응답자의 우리나라 지하시설물 관리체계 만족도 항목에 대해서는 60%의 인원이 5~7점의 평가를 통해 보통 수준의 만족도인 것으로 나타났다.



**Fig. 4. Expectations In connection with the accuracy standard & Reason for positive judgment**

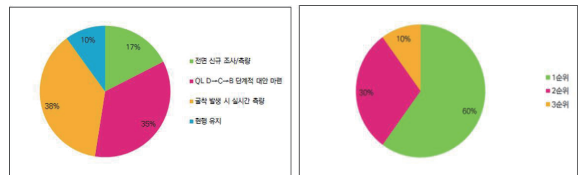
[문 9]부터 [문 12]까지 항목은 국내 지하시설물측량 기준 관련으로 현행 지하시설물 관련 공공측량 기준에 대한 이해와 적정성을 파악하고, 기준 개선 방향의 의견수렴을 목표로 하고 있다. Fig. 5에 나타난 바와 같이 측량과 관련된 기준에 대해서 장비 성능 기준(75%), 탐사오차 허용범위(75%), 위치 정확도 기준(78%)을 모두 인지하고 있다고 나타났다. 또한 현행 기준을 유지하여 적용하는 것이 적절하다고 설문 응답자 중 83%의 인원이 응답하였다. 반면에 적절하지 않다(17%)라고 응답한 한 이유는 위치정확도 기준 부적정(47%), 기타(33%), 탐사오차 허용범위 부적정(13%), 장비 기준 부적정(7%) 순으로 판단하였다. 이로 인하여 장비 성능 기준 강화(28%), 탐사오차 허용범위 기준 강화(30%), 위치정확도 기준 강화(35%)가 필요가 있다는 의견이 나타났다.



**Fig. 5. Direction of change of relevant standards (equipment performance, Tolerance of error, Position accuracy standard)**

[문 13]부터 [문 17]까지 항목은 우리나라 지하시설물측량에 대한 의견 파트로 기 구축 지하시설물의 문제점과 개선 방

안, 향후 도입될 비금속관로 법령 개정에 대한 의견 수렴을 목표로 하고 있다. Fig. 6과 같이 도면이기 성과 및 불탐/준탐 성과에 대한 대응 방안에 대하여 90% 인원이 현행유지보다는 다양한 측량 방법 적용을 통해 개선이 필요하다고 응답하였다. 실시간 측량이 불가능한 구간에 대한 공공측량 성과심사 수검과 관련된 문항에서 문제점을 개선하기 위한 각 항목 4가지 모두 고르게 분포하여 개선에 대하여 다양한 방안을 제시하고자 하는 의견이 있는 것으로 나타났다. 비금속관로 관련 제도 개정에 대하여 65%의 인원이 인지하고 있는 것으로 나타났다, 비금속관로를 탐지하기 위해서 기기 성능 및 정확도 기준 마련이 1순위로 가장 시급하다고 응답하였으며, 이어서 작업 방법 및 품셈, 전문인력 양성 프로세스 순으로 필요성이 있다고 나타났다.



**Fig. 6. Correspondence direction for Quality Level 'D' & Priority for establishing performance standards for non-metallic pipeline detection devices**

**4.3 공공측량 시행자와 수행자간 의견 해석**

공공측량 시행자와 수행자 집단 간 의견 차이를 확인하기 위해 t검정과 카이제곱 검정의 통계적 기법을 사용했다. Table 8.과 같이 설문 유형에 따라 교차분석, 독립표본 t-검정 등을 활용하여 집단 간의 유의미한 차이를 확인하였다.

지하시설물 위치정보 취득방법에 따라 품질등급을 분류한다면 응답자의 업무에 도움이 될지를 10점 척도로 묻는 질문 ([문 2])에서는 시행사와 수행사는 각각 평균 7.33과 7.94의 긍정적인 답변을 보였다. t검정 결과 t값이 -0.874(p>0.05)로 나

**Table 8. Results of t-test between groups**

	Belonging group	N	Average	Standard Deviation	t	Attention probability
Q2	Implementer	24	7.33	1.903	-0.874	0.388
	Performer	16	7.94	2.462		
Q5	Implementer	24	6.38	2.601	-2.822	0.008
	Performer	16	8.31	1.74		
Q8	Implementer	24	5.92	2.041	0.388	0.680
	Performer	16	5.69	1.448		
Q10	Implementer	24	6.83	1.926	-0.725	0.452
	Performer	16	7.25	1.528		



Table 9. Results of cross-analysis between groups

Question	N	$\chi^2$	Attention probability
Whether or not the underground facilities are quality grade	40	-0.020	0.990
Whether it is a related standard (surveying equipment standard)	40	6.273	0.043
관련기준(측량탐사오차 허용범위) 인지 여부	40	4.306	0.116
Whether the relevant standards (surveying error tolerance range)	40	3.056	0.217
Preferred method of changing survey related standards - Performance standards of surveying equipment	40	4.015	0.134
Preferred method of changing survey-related standards - Tolerance of survey and exploration error	40	1.847	0.397
Preferred method for changing survey-related criteria - based on location accuracy	40	5.352	0.069
How to respond to drawing performance	40	2.927	0.403
Effective countermeasures against undetectable	40	3.809	0.283
Improvements related to real-time surveying	40	2.729	0.435
Whether the law is amended	40	1.220	0.543

타나 집단 간 유의미한 차이는 나타나지 않는 것으로 판단할 수 있다.

품질등급과 정확도 기준을 연계하는 것이 업무에 더 도움이 될지를 10점 척도로 묻는 질문([문 5])에서는 시행사와 수행사는 각각 평균 6.38과 8.31로 긍정적인 답변을 보였으나 집단 간 차이가 다소 나타나는 것으로 확인되었다. t검정 결과 t값이 -2.822 ( $p < 0.05$ )로 나타나 통계적으로도 집단 간 유의미한 차이가 있다는 것으로 확인되었다. 즉, 품질등급과 정확도 기준을 연계하는 방법을 시행사보다 수행사가 더 필요로 하고 있음을 확인할 수 있다.

우리나라 지하시설물 관리체계 전반에 대한 만족도를 10점 척도로 묻는 질문([문 8])에서는 시행사와 수행사는 각각 평균 5.92와 5.69으로, 보통 정도의 만족도를 나타냈다. t검정 결과 t값이 0.388 ( $p > 0.05$ )로 나타나 집단 간 유의미한 차이는 나타나지 않았다.

현재 시행되고 있는 지하시설물측량 관련 기준의 적정성을 10점 척도로 묻는 질문([문 10])에서는 시행사와 수행사는 각각 평균 6.83과 7.25로, 대체로 적정하다는 의견을 나타냈다. t검정 결과 t값이 -0.725 ( $p > 0.05$ )로 나타나 집단 간 유의미한 차이는 나타나지 않았다. 명목척도로 제시된 일반 문항에 대해서는 교차분석을 통해 시행사와 수행사 간의 통계적인 유의미함을 확인하고자 한다. 그 결과는 Table 9와 같다.

$\chi^2$  검정 결과 다수의 문항에서 통계적으로 시행사와 수행사 간의 답변의 차이가 나타나지 않았다. 즉, 대부분의 문항에서 앞선 챕터에서 해석된 설명을 동일하게 적용할 수 있으며 이는 집단에 따라 영향을 받지 않음을 의미한다. 이 중에서 두 가지

문항이 집단 간 유의미한 차이를 보이는데 먼저 ‘관련기준(측량장비 성능 기준) 인지 여부’와 관련된 문항이다. 해당 문항에서 시행사는 “알고 있다” 5명(20.8%), “어느 정도 알고 있다” 10명(41.7%), “모른다” 9명(37.5%)으로 대체로 모르고 있는 경향을 보인 반면, 수행사에서는 “알고 있다” 8명(50.0%), “어느 정도 알고 있다” 7명(43.8%), “모른다” 1명(6.3%)을 보였다. 즉, 시행사 소속의 응답자는 측량장비 성능 기준 관련하여 대체로 잘 모르고 있는 편인 반면, 수행사는 대체로 잘 알고 있는 편인 것이다. 이는  $\chi^2$  검정을 통해 통계적으로 유의미한 집단 간 차이가 보임을 나타냈다( $\chi^2 = 6.273, p < 0.05$ ). 또한 ‘측량관련기준 변경 방법 선호 - 위치정확도 기준’을 묻는 문항의 결과도 주목할 필요가 있다. 해당 문항에서 시행사는 현행유지(45.8%)와 기준 강화(45.8%)에 응답이 몰린 반면, 수행사는 현행유지(81.3%)에 답변이 집중되어, 위치정확도 기준 관련 측량관련 변경에 대해 보수적인 입장을 보이는 것으로 나타났다. 이는  $\chi^2$  검정을 통해 통계적으로 유의미한 집단 간 차이가 어느 정도 보임을 나타냈다( $\chi^2 = 5.352, p < 0.1$ )

#### 4.4 지하공간정보 정확도 향상 방안

미국 등 지하시설물 품질등급을 제도화하여 운영 중인 선진국의 사례와 국내 지하시설물 구축 관계 기관 전문가 의견 수렴 결과 크게 4가지 관점의 지하공간정보 관리 개선 방안이 도출되었다. 첫 번째는 지하시설물 관리의 성격이 ‘비용편익’ 관점의 공학으로 발전하고 있다는 것이다. Table 10과 같이 이미 미국, 영국, 캐나다, 호주 등 많은 나라에서 2010년대 마련된 지하시설물 품질등급을 정비하여 비용 대비 효과를 추구하고

있고, 이를 위해 다양한 기술이 적용될 수 있도록 규정 현행화를 추진하고 있다. 규정 현행화는 궁극적으로 효율이 높은 신기술 발굴을 견인하고, 지하시설물 관리기관이 이를 적극 수용하도록 가이드라인을 제시하고 있다.

**Table 10. Quality grading system by country**

구분	USA	U.K	Canada	Australia	France
Actual Surveying	A	QL-A	1~5 (by accuracy)	A	A
Detection	B	QL-B		B	B
Site Reconnaissance	C	QL-C		C	C
Records Search	D	QL-D	0	D	

두 번째는 지하시설물 관리의 목적이 과거 지하에 매설된 시설물을 유지보수하는 것에서 후대에 물려줄 ‘공공의 자산’을 관리하는 것으로 전환되고 있다는 점이다. 가까운 일본의 사례에서 기존 하수관거 수명을 50년 기준에서 유지관리 실적에 기초하여 80년으로 상향, 신규 관료로 교체하는 것이 목적이 아닌, 더 오래 쓸 수 있는 관리 기반을 고도화하는 것이 더 중요한 것으로 인식하고 있다는 것이다.

세 번째, 지하시설물을 더 이상 보이지 않는 지하공간으로 분류하던 틀에서, ‘눈에 보이는’ 지상과 연계하여 관리하고자 하는 점이다. 이를 위해 ‘디지털트윈’의 관점으로 지하시설물 데이터 모델을 정의하고, 시각화하거나 다른 공간정보객체 간 연계하는 기술을 개발하고 있다.

네 번째, 지하시설물 관리의 수행은 ‘검증된 SUE 엔지니어’가 수행하도록 제도화하고 있다는 점이다. SUE 엔지니어는 전문 기술자로서 지하시설물 기술 공정의 전체 프로세스를 감독하고, 도면자료에 대한 최종 서명 권한을 가지고 있다. 이러한 SUE 엔지니어를 인증하기 위해 지정기술에 대한 워크숍, 표준 및 도면작성에 관한 전문교육을 이수토록 하고 있다.

이와 더불어 지하시설물 관련 규정 미준수시 강력한 처벌 조항을 명시하고 있다는 점이다. 최근 미국에서는 지하시설물 위치 표기를 게을리한 전력회사에 관련 규정 미이행 문제를 들어 1억 1천만 달러를 부과한 사례에서 보듯이, 규정사항을 위반하지 않도록 강력한 제도적 뒷받침이 수반되는 추세이다.

### 5. 결론

본 연구는 지하시설물에 대하여 구축된 공간정보의 활용도를 높이고, 현장 적용에 있어서 정확도를 향상시키기 위하

여 해외의 지하공간정보 품질등급제 사례를 조사하고, 국내의 전문가 설문을 통하여 개선 방안을 도출하기 위한 연구를 수행하였으며, 다음과 같은 결론을 도출할 수 있었다.

첫째, 미국, 영국 등 공간정보를 선도하는 국가들은 지하공간정보의 신뢰도 향상 및 사고 예방을 위하여 정보의 품질등급제를 실시하여 활용도를 높이고 있으며, 적용 국가는 확대되고 있는 상황이다.

둘째, 국내의 현장 전문가 및 정보를 활용하는 사용자의 입장에서 지하공간정보의 품질등급제 도입 관련 의견이 많았으며, 현장 적용을 신뢰도 향상을 통해 안전한 지하시설물 유지 관리가 가능할 것으로 판단된다.

셋째, 지하공간정보를 구축한 기관, 시대적 상황, 기술 수준, 조사·탐사 방법 등에 따라 구축 내용 및 범위, 정확도, 특성 등의 차이가 있으므로 이를 고려한 정보의 관리 및 평가 제도 등의 개선이 필요하다.

지하공간정보에 대한 품질 등급제를 도입하기 위해서는 정보 구축 특성 및 관리 기관에 대한 분석이 추가로 이루어져야 하며, 제도적 특성상 정부 관련 기관의 선도적 역할이 선행되어야 할 것으로 사료된다.

### 감사의 글

이 논문은 공간정보품질관리원의 지원을 받아 수행된 연구이며, 연구 지원에 감사드립니다.

### References

American Society of Civil Engineers(ASCE), 2002, *Standard Guideline for the Collection and Depiction of Existing Subsurface Utility Data*.

American Society of Civil Engineers(ASCE), 2020, *Standard Guideline for Recording and Exchanging Utility Infrastructure Data*.

CSA Group (2020), *CSA S250:20 Mapping Of Underground Utility Infrastructure*.

Geospatial Media and Communication (2019), *GEOBUIZ 2019 Edition*, Geospatial Media, pp. 40-68.

Kim, W. and Lee, K.W. (2021), *Case analysis study of Quality Control for improving information management of underground facilities*, *Journal of the Korean Cartographic Association*, Vol. 21, Issue 1, pp. 29-37.

- MOCT (2002), *A study on the pilot project for integrated management of roads and underground facilities.*
- MOCT (2002), *The 1st National GIS Project White Paper.*
- MOCT (2006), *The 2nd National GIS Project White Paper.*
- MOLIT (2013), *White Paper of Underground Facilities, Computerized Business.*
- MOLTM (2006), *The 3rd National GIS Project White Paper.*
- Observatoire National DT DICT (2016), *Guide D'application De La Reglementation.*
- Standards Australia (2019), *AS 5488.1:2019 Classification of subsurface utility information.*
- The British Standards Institution (2014), *PAS 128:2014 Specification for underground utility detection, verification and location.*
- The British Standards Institution (2017), *PAS 256:2017 Buried assets - Capturing, recording, maintaining and sharing of location information and data - Code of practice.*