

지하시설물 품질등급 정보의 활용을 위한 관련 규정 및 건설기준 개정 방안

Revision of related Regulations and Construction Standards for the Use of Information on Underground Facilities Quality Level

박준규¹⁾ · 김태훈²⁾ · 김원대³⁾

Park, Joon Kyu · Kim, Tae Hoon · Kim, Won Dae

Abstract

The computerization project for underground facilities in Korea began in earnest after the city gas explosion in Seoul in 1994, and the Daegu subway explosion in 1995. As such a large-scale gas explosion accident caused enormous economic loss including human casualties and potential benefits, the need for computerized for efficient management of underground facilities was greatly emphasized in society. Meantime, computerization of underground facilities has been carried out according to the basic plan for building national geographic information system. In this study, problems were identified based on the current status of construction and management of underground facility information, as well as laws and regulations, and directions for establishing quality standards were presented. In addition, construction work standards such as 「Public Survey Work Regulations」, design standards, standard specifications, and technical specifications, gas technology standards, design standards, and communication works so that underground facility information can be linked and utilized in construction work by examining the linkage of the underground facilities, the targets that can be used for quality level information on underground facilities were derived, and a proposal to revise the construction standards was presented. In the future, if the quality standards are established, it is expected that the accuracy and utilization in the construction field will be increased.

Keywords : Construction Standard, Public Survey Work Regulations, Geospatial Information, Underground Facility, Quality Level

초 록

우리나라에 지하시설물 전산화사업이 본격적으로 추진된 것은 1994년 12월 서울 북악현동 도시가스 폭발 사고에 이어 1995년 4월 대구 지하철 폭발 사고 이후부터이며, 이와 같은 대형 가스 폭발 사고로 인해 인명 피해와 잠재적 편익을 포함한 막대한 경제적 손실이 발생함에 따라 지하시설물의 효율적인 관리를 위한 전산화 필요성이 사회적으로 크게 부각되었다. 우리나라는 국가지리정보체계 구축 기본계획에 따라 지하시설물에 대한 전산화를 수행하고 있지만 지하시설물 정보의 관리 및 활용 확산을 위해서는 지하시설물 데이터의 품질등급에 대한 제도적 개선이 필요한 실정이다. 본 연구에서는 지하시설물 정보 구축 및 관리 현황과 법령 및 규정 조사를 바탕으로 문제점을 파악하고, 지하시설물 정보의 품질등급 정립을 위한 방향을 제시하였다. 또한 실제 건설공사에 지하시설물 품질등급 정보가 연계 활용될 수 있도록 「공공측량 작업규정」과 설계기준, 표준시방서, 전문시방서 등 건설공시기준과 가스기술기준, 전기설비 및 정보통신공사의 설계기준 및 표준시방서의 연계성을 조사하여 지하시설물 품질등급 정보의 활용이 가능한 대상을 도출하고 건설기준 개정안을 제시하였다. 향후, 지하시설물의 품질등급이 확립된다면 건설 분야에서 지하시설물 품질등급 정보의 활용도를 높이고, 현장 적용에 있어서 정확도를 향상시킬 수 있을 것으로 기대된다.

핵심어 : 건설기준, 공공측량 작업규정, 공간정보, 지하시설물, 품질등급

Received 2022. 08. 02, Revised 2022. 08. 05, Accepted 2022. 08. 10

1) Member, Dept. of Civil Engineering, Seoul University (E-mail: jkpark@seoul.ac.kr)

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

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

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

우리나라는 GIS를 활용한 국가 인프라에 대한 체계적 리를 위해 소관법령에 따라 NGIS (National Geographic Information System) 기본계획을 수립하고, 국가지리정보체계를 구축하고 있다(Park and Lee, 2022). 우리나라에 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 피해와 잠재적 편익을 포함한 막대한 경제적 손실이 발생함에 따라 지하시설물 정보의 효율적인 관리를 위한 GIS 전산화 필요성이 사회적으로 크게 부각되었다(Ryu *et al.*, 2021; Lee, 2021; Kim and Lee, 2021). 지하시설물에 대한 공간정보 구축은 제1차 NGIS 구축 기본계획의 10대 핵심 사업 중 하나로 추진되었으며, 현재 제6차 NGIS 구축 기본계획에 따라 사업이 추진되고 있다(<http://www.molit.go.kr/>). Fig. 1은 국가 공간정보정책 추진경과를 나타낸다.

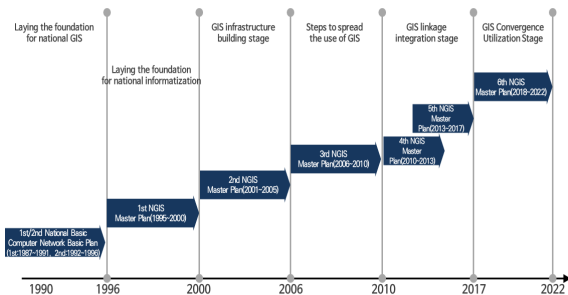


Fig. 1. Progress of national geographic system policy

국가공간정보정책 관련 소관법령에서 정하고 있는 국가 공간정보정책 기본계획의 수립은 “국가지리정보체계의 구축·관리에 관한 기술의 연구·개발”에서 “국가공간정보체계에 관한 연구·개발”로 범위가 확장되었으며, 단순히 국가지리정보체계와 관련되었던 범위가 공간정보 분야 전제로 확대되었다(Kim *et al.*, 2022, Park and Lee, 2021). 하지만 제6차 NGIS 구축 기본계획에서 추진하고 있는 공간정보의 연계 활용 확산을 위해서는 법령 및 규정 등 제도에 대한 조사를 바탕으로 지하시설물 정보의 품질기준 고려한 제도적 개선방안이 마련되어야 한다. 이에 본 연구에서는 국내 지하시설물 정보의 구축 및 관리 현황과 지하시설물 관련 법령 및 규정 조사를 바탕으로 지하시설물 정보의 문제점을 파악하고, 지하시설물 관리를 위한 방안을 제시하며, 지하시설물 품질등급 정보의 활용성 제고를 위해 설계기준, 표준시방서, 전문시방

서 등 건설공사 기준의 개정안을 제시하고자 한다. Fig. 2는 연구흐름도를 나타낸다.

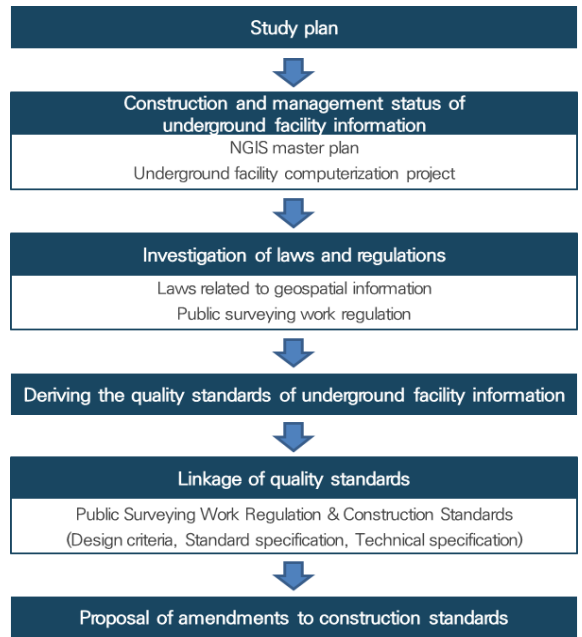


Fig. 2. Study flow

2. 지하시설물 정보 구축 및 관리 현황

1994년과 1995년 지하시설물 관련 대형사고 발생 후 우리나라는 NGIS 구축 기본계획에 따라 1996년부터 지하시설물에 대한 데이터베이스 구축을 수행하여 왔다. Fig. 3은 지하시설물 전산화 사업에 대한 추진 경과를 나타낸다(<http://www.molit.go.kr/>).

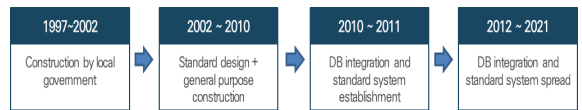


Fig. 3. Progress of computerization of underground facilities

지하시설물 전산화 사업을 통해 현재 전국 160여개 지방자치단체와 시설물관리기관에서 지하시설물도를 작성하였으며 (Oh *et al.*, 2020; Kim *et al.*, 2020; Jeon *et al.*, 2018) 사업을 지속적으로 추진하고 있다. 제1차 NGIS 구축 기본계획에서는 1995년~2000년까지 지하시설물도 수치지도화 사업을 추진하여 지하시설물 정보 구축을 위한 기반을 조성하였으며, 제2

차 NGIS 구축 기본계획은 2001년~2005년까지 7대 지하시설물 지리정보시스템을 구축하고, 이기종 시스템과 축척간 상호 호환·연계활용을 위한 시범사업 및 방안을 마련하였다. 제3차~제5차 NGIS 구축 기본계획에서는 공공GIS 응용시스템에서 지하시설물과 관련된 공간정보의 활용을 위한 시스템 통합에 중점을 두고 정책을 추진하였으며, 현재는 제6차 NGIS 구축 기본계획에 따라 타 공간정보와 지하시설물 관련 공간정보의 연계 및 통합을 추진 중에 있다. 현재 전국 지방자치단체 및 지하시설물 관리기관에서 상수, 하수, 전기, 가스, 통신, 송유, 열난방의 7대 지하시설물에 대한 공간정보가 구축되고 있으며, 지하시설물 전산화 사업의 범위는 지하시설물 위치측량, 지하시설물도 제작 등을 포함하고 있다. 하지만 지하시설물 측량의 방법을 정하고 있는 「공공측량 작업규정」에서는 위치측량의 정확도와 탐사에 대한 정확도를 명시하고 있으나 지하시설물 정보의 품질기준을 정하고 있지 않다. Table 1은 「공공측량 작업규정」의 위치측량 및 탐사 정확도를 나타낸다.

Table 1. Positioning and exploration accuracy in 「Public Surveying Work Regulations」

Positioning accuracy	Exploration Accuracy
±10cm	Metal: plane ±20cm, depth ±30cm Non-metal: plane ±20cm, depth ±40cm

한편, 지하시설물 전산화 사업에서는 성과심사 기관의 심사를 필하는 것으로 성과물의 품질을 관리하도록 하고 있다. 공공측량성과에 대하여 그 내용 및 정확도를 확인하는 성과심사는 「측량성과 심사수탁기관의 심사업무 및 지정절차 등에 관한 규정」에 따르도록 하고 있어 품질관리를 위한 명확한 기준 적용이 어렵기 때문에 구축된 지하시설물 정보의 활용에 제약이 있는 실정이다. 지하시설물 측량에 대한 성과심사 항목 및 판정기준 중 일부는 Table 2와 같다.

Table 2. Items and criteria for result review for underground facility surveying

Inspection item	Inspection standards	Inspection method
Exploration interval	Public Surveying Work Regulations	±20m
Position accuracy		±30cm
Attribute Accuracy		on-site visual and tape measure

3. 지하시설물 관련 법령 및 규정 조사

지하시설물 정보의 문제점을 파악하기 위해 관련 법령 및 규정을 조사하였다. 관련 공간정보와 관련된 법령에는 「국가공간정보 기본법」, 「공간정보산업 진흥법」, 「공간정보의 구축 및 관리 등에 관한 법률」이 있으며, 지하시설물의 범위는 「공공측량 작업규정」과 「도로법」, 「지하안전관리에 관한 특별법」, 「수도법」, 「하수도법」, 「도시가스사업법」 등의 법령에서 정하고 있다. 지하시설물의 설치는 「도로법」, 「도로법 시행령」에 따라 설계도면을 제출하고, 도로점용허가를 받아 수행하도록 하고 있다. 한편, 「공공측량 작업규정」, 「도로법 시행령」, 「지하안전관리에 관한 특별법 시행령」은 지하시설물을 정의하고 있으며, 이와 관련된 법령으로는 「도로법」, 「수도법」, 「하수도법」, 「도시가스사업법」, 「전기통신기본법」, 「전기사업법」, 「송유관안전관리법」, 「집단에너지사업법」, 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」, 「도시철도법」, 「철도의 건설 및 철도시설 유지관리에 관한 법률」, 「시설물의 안전관리에 관한 특별법 시행령」이 있다. Table 3은 지하시설물 관련 법령 및 규정을 나타낸다.

「공공측량 작업규정」, 「도로법 시행령」, 「지하안전관리에 관한 특별법 시행령」에서 지하시설물을 나타내는 용어는 “지하시설물”, “지하매설물”, “주요지하매설물” 등으로 통일되지 못하고 있어 이에 대한 개선이 필요한 실정이다. 본 연구에서는 지하시설물의 범위와 지하시설물 관련 법령 및 규정 조사를 바탕으로 법령 및 규정을 지하시설물의 범위, 공간정보, 측량, 건설공사, 건설공사 외, 건설엔지니어링으로 구분하였다. Fig. 4는 법령 및 규정 간의 관계를 나타낸다.

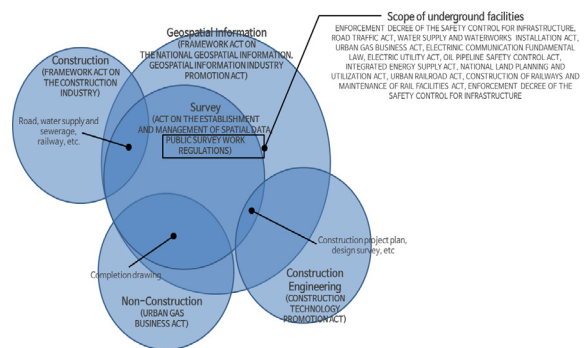


Fig. 4. Relationship between laws and regulations

「공공측량 작업규정」에서는 시설물 조사, 탐사 대상 및 범위(도로, 수도, 하수도, 가스공급시설, 전기통신설비, 전기설비, 송유관, 난방열관 등)를 정하고 있으며, 시설물 탐사 오차의 허용 범위를 정하고 있다. 지하시설물의 품질등급 정보 적용을 위

Table 3. Laws and regulations related to underground facilities

Field	Laws and regulations related to underground facilities
Geospatial Information	FRAMEWORK ACT ON THE NATIONAL GEOSPATIAL INFORMATION
	GEOSPATIAL INFORMATION INDUSTRY PROMOTION ACT
	ACT ON THE ESTABLISHMENT AND MANAGEMENT OF SPATIAL DATA
	PUBLIC SURVEY WORK REGULATIONS
	UNDERGROUND GEOSPATIAL INTEGRATED MAP PRODUCTION WORK REGULATIONS
Construction	FRAMEWORK ACT ON THE CONSTRUCTION INDUSTRY
	CONSTRUCTION TECHNOLOGY PROMOTION ACT
Non-Construction	FRAMEWORK ACT ON TELECOMMUNICATION
	ACT ON THE ELECTRICITY BUSINESS
Scope of underground facilities	ROAD TRAFFIC ACT
	SPECIAL ACT ON THE UNDERGROUND SAFETY MANAGEMENT
	PUBLIC SURVEY WORK REGULATIONS
	WATER SUPPLY AND WATERWORKS INSTALLATION ACT
	SEWERAGE ACT
	URBAN GAS BUSINESS ACT
	ELECTRIC COMMUNICATION FUNDAMENTAL LAW
	ELECTRIC UTILITY ACT
	OIL PIPELINE SAFETY CONTROL ACT
	INTEGRATED ENERGY SUPPLY ACT
	NATIONAL LAND PLANNING AND UTILIZATION ACT
	URBAN RAILROAD ACT
	CONSTRUCTION OF RAILWAYS AND MAINTENANCE OF RAIL FACILITIES ACT
	ENFORCEMENT DECREE OF THE SAFETY CONTROL FOR INFRASTRUCTURE

해서는 공공측량 성과의 표준화 및 정확도 확보 등을 위한 품질기준 관련 조항 신설이 필요하며, 이에 따른 허용오차 범위가 정해져야 할 것이다. 향후 지하시설물 품질등급 정보의 구축 및 활용을 위해서는 지하시설물에 대한 실측, 탐사, 조사의 성과 등의 품질기준 적용이 필요하다. 지하시설물 관련 법령 및 규정과 지하시설물 관련 데이터 신뢰도와 불탐, 폐관 등의 이슈, 구축방법을 고려한 품질등급 정보의 요소는 Table 4와 같다.

Table 4에서 도면을 이용하는 방법은 우선적 관리를 통해 측량 등급으로 상향이 필요하며, 폐관 등급은 씽크홀 등의 문제를 야기하므로 관리 범주에 두어 폐관에 대한 관리 근거를 제공하는 것이 바람직하다. 현재 지하시설물 정보의 관리는 위치정보 중심으로 이루어지며, 시설물 생애주기 관리, 속성 정보와 연결에는 난관이 많다. 따라서 「공공측량 작업규정」의 지하시설물 관련 부분에 지하시설물 품질등급 정보의 기준을 신설하는 것이 바람직하다.

Table 4. Elements of quality level information

Acquisition method	Remark
survey	Quality management
exploration	
Drawing (existence check)	Quality improvement
Drawing (existence unknown)	
undetectable	
Disposal(existence check)	safety management

한편, 우리나라는 건설공사의 기술성·환경성 향상 및 품질 확보와 적절한 공사 관리를 위한 설계기준, 표준시방서를 국가기준으로 정하고 있다. 가스 관련 시설의 경우 시설기술·검사 등의 기술적인 사항에 대한 기술기준을 정하고 있으며, 전기설비 및 정보통신공사는 설계기준 및 표준시방서를 정하고

Table 5. Construction standards

Sector	Standards code	Institution
Water Supply	KDS 29 10 00 : 2021	Ministry of Land, Infrastructure, and Transport
	KDS 57 65 00 : 2017	Ministry of Environment
	KDS 57 55 00 : 2017	Ministry of Environment
	KCS 57 10 10 : 2017	Ministry of Land, Infrastructure, and Transport
	KCS 57 20 20 : 2017	Ministry of Land, Infrastructure, and Transport
	KCS 57 30 05 : 2017	Ministry of Land, Infrastructure, and Transport
Sewer	KDS 61 40 00 : 2017	Ministry of Environment
	KCS 61 10 15 : 2017	Ministry of Land, Infrastructure, and Transport
	KCS 61 10 35 : 2017	Ministry of Land, Infrastructure, and Transport
	KCS 61 20 15 : 2017	Ministry of Land, Infrastructure, and Transport
	KCS 67 25 10 : 2018	Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs
Tunnel	KCS 27 20 00 : 2016	Ministry of Land, Infrastructure, and Transport
Road and Ground	EXCS 10 30 05 : 2021	Korea Expressway Corporation
	EXCS 11 20 15 : 2021	Korea Expressway Corporation
Civil Engineering	20510 Construction measurement and reference frame	Korea Land & Housing Corporation
Gas	KGS FP11 2022	Korea Gas Safety Corporation
	KGS FP12 2022	Korea Gas Safety Corporation

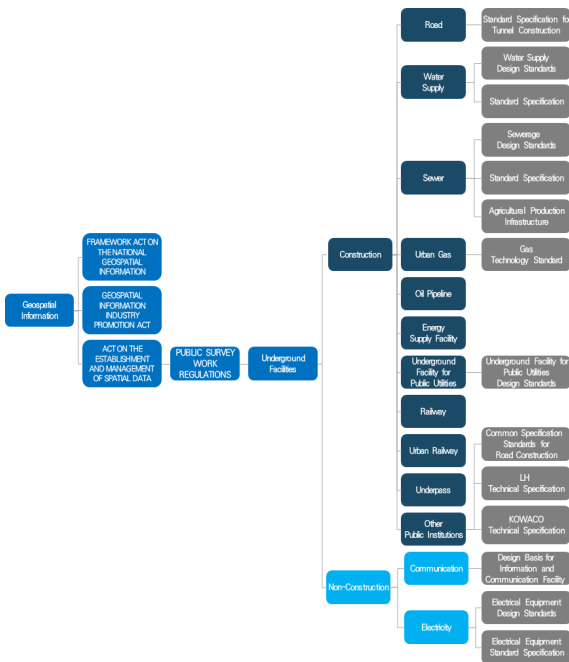


Fig. 5. Relationship between laws and regulations and construction standards

있다. 또한 도로공사, 한국토지주택공사, 수자원공사 등 공공 기관에서는 별도의 시방기준을 정하고 있다. 본 연구에서는 지하시설물 품질등급 정보의 활용을 위해 건설기준과 공간 정보 관련 법령 및 「공공측량 작업규정」의 연계성을 조사하였다. Table 5는 건설기준이며, Fig. 5은 법령 및 규정과 건설기준 간의 관계를 나타낸다.

4. 지하시설물 품질등급 정보 활용을 위한 건설기준 개정안

「공공측량 작업규정」과 건설기준의 연계성을 조사를 바탕으로 건설기준의 내용에서 공공측량 작업규정의 준용 및 지하시설물 품질등급 정보 활용 가능 여부를 확인하여 활용이 가능한 대상을 도출하였다. Table 6은 연구에서 조사한 건설 기준 중 지하시설물 품질등급 정보를 활용할 수 있는 대상을 나타낸다.

Table 6에 나타난 대상에 대하여 「공공측량 작업규정」의 준용, 지하시설물 정보의 우선 활용 등을 추가하여 지하시설물 품질등급 정보의 활용을 위한 건설기준 개정안을 제시하였다. Table 7은 건설기준 개정안을 나타낸다.

Table 6. Target of utilization of quality level information on the construction standards

Item	Target construction standards
Underground Facility for Public Utilities	Design standards
Water Supply	Design standards for Water Supply
	Standard Specification for Water Supply structure
	Standard Specification for Groundwater Intake Facility
	Standard Specification for Laying of Water Supply Pipelines
Sewer	Pipeline design standards
	Standard Specification for Field Investigation
	Standard Specification for Structures and Sewer Pipes
	Standard Specification for Excavation and Backfill
	Standard Specification for Agricultural Irrigation Channel
Tunnel	Standard Specification for Tunnel Excavation
Road	Specification standards for public institutions(Construction Survey)
Ground	Specification standards for public institutions(Excavation)
Civil Engineering	Specification standards for public institutions(LH technical specification)
Gas	Gas Technology Standards

Table 7. Amendments of construction standards

Item	Code	Amendments of Construction Standards
Underground Facility for Public Utilities	KDS 29 10 00	2.1 Investigation 2.1.1 Investigation general ∴ (6) For the investigation of underground facilities, data on the appropriate completion of performance evaluation related to underground facilities are used. If there is a performance with a quality standard, it is used preferentially.
		1.6 Arrangement of drainage facilities ∴ (6) For the investigation of underground facilities, data on the appropriate completion of performance evaluation related to underground facilities are used. If there is a performance with a quality standard, it is used preferentially.
Water Supply	KDS 57 65 00	1.6 Arrangement of drainage facilities ∴ (6) For the investigation of underground facilities, data on the appropriate completion of performance evaluation related to underground facilities are used. If there is a performance with a quality standard, it is used preferentially.
	KDS 57 55 00	1.2.1 New or expanded ∴ (4) Investigation of underground facilities: Data that has been properly completed for performance evaluation related to underground facilities are used, and if there is a quality standard, it is used preferentially.
	KCS 57 10 10	3.1.1 Construction general ∴ (8) For ~ preferentially(Added the same content as (6) of 1.6 of KDS 29 10 00).
	KCS 57 20 20	3.1 Borewell ∴ (3) For ~ preferentially(Added the same content as (6) of 1.6 of KDS 29 10 00).
	KCS 57 30 05	3.1 Construction general ∴ (2) For ~ preferentially(Added the same content as (6) of 1.6 of KDS 29 10 00).

Sewer	KDS 61 40 00	3.1 Buried location ∴ (4) For ~ preferentially(Added the same content as (6) of 1.6 of KDS 29 10 00).
	KCS 61 10 15	1.3 Sewer pipeline survey ∴ (5) For ~ preferentially(Added the same content as (6) of 1.6 of KDS 29 10 00).
	KCS 61 10 35	2.3.1 Confirmation of construction conditions ∴ (2) For ~ preferentially(Added the same content as (6) of 1.6 of KDS 29 10 00).
	KCS 61 20 15	1.3 Construction ∴ For the investigation of underground facilities, data on the appropriate completion of performance evaluation related to underground facilities are used. If there is a performance with a quality standard, it is used preferentially. If there is no public survey result, refer to the design for investigation.
Sewer	KCS 67 25 10	3.1.1 Excavation ∴ (6) For ~ preferentially(Added the same content as (6) of 1.6 of KDS 29 10 00).
Tunnel	KCS 27 20 00	3.2.1 Investigation of surrounding obstructions ∴ (2) For ~ preferentially(Added the same content as (6) of 1.6 of KDS 29 10 00).
Road	EXCS 10 30 05	3.12 Survey of underground facilities (1) For underground facilities in the construction area, an underground facility map shall be prepared in accordance with the public survey work regulations before construction and approved by the construction supervisor.
Ground	EXCS 11 20 15	3.1 Excavation construction general ∴ (3) For ~ preferentially(Added the same content as (6) of 1.6 of KDS 29 10 00).
Civil Engineering	LH Technical Specifications	1.5.6 Maintenance of survey results ∴ B. For underground buried parts such as sewage pipes during construction, temporary facilities to be dismantled after construction is complete, and major structures, a survey drawing showing the dimensions, location, angle and elevation of construction and field work shall be prepared in accordance with the Public Survey Work Regulations.
Gas	KGS FP111	4.2.1.2 Basic Verification Method ∴ 4.2.1.2.2 (8) For ~ preferentially(Added the same content as (6) of 1.6 of KDS 29 10 00).

5. 결론

본 연구에서는 국내 지하시설물 정보 구축 및 관리 현황과 지하시설물 관련 법령 및 규정 조사를 바탕으로 국내 지하시설물 관리를 위한 지하시설물 품질등급 정보의 정립을 위한 방향을 제시하였으며, 지하시설물 품질등급 정보의 활용

성 제고를 위해 설계기준, 표준시방서, 전문시방서 등 건설공사 기준과 연계성 조사를 수행하였다. 우리나라는 현재 제6차 NGIS 구축 기본계획에 따라 타 공간정보와 지하시설물 관련 공간정보의 연계 및 통합을 추진 중에 있으며, 전국 지방자치단체 및 지하시설물 관리기관에서 상수·하수·전기·가스·통신·송유·열난방의 7대 지하시설물에 대한 공간정보를 구축하고

있다. 지하시설물측량의 방법을 정하고 있는 「공공측량 작업 규정」에서는 위치측량의 정확도와 탐사에 대한 정확도를 명시하고 있으나 지하시설물 정보의 관리를 위한 품질등급 정보를 정하고 있지 않다. 한편, 지하시설물 정보에 대한 성과심사는 「측량성과 심사수탁기관의 심사업무 및 지정절차 등에 관한 규정」에 따르도록 하고 있어 품질관리를 위한 명확한 기준 적용이 어려워 지하시설물 정보의 활용에 제약이 있는 실정이다. 지하시설물 정보의 활용을 위해서는 실측, 탐사, 조사와 성과 등 지하시설물 품질등급 정보를 적용한 「공공측량 작업 규정」 개선이 필요하다. 「공공측량 작업규정」과 설계기준, 표준시방서, 전문시방서 등 건설공사기준과 가스기술기준, 전기설비 및 정보통신공사의 설계기준 및 표준시방서의 연계성 조사를 통해 지하시설물 품질등급 정보의 건설공사 활용을 위한 대상과 건설기준 개정안이 제시되었다. 향후, 지하시설물 품질등급 정보가 확립된다면 건설 분야에서 관련 정보의 활용도를 높이고, 현장 적용에 있어서 정확도를 향상시킬 수 있을 것으로 기대된다.

감사의 글

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

References

Jeon, S.S., Heo, D.Y., and Lee, S.S. (2018), Earthquake-induced Liquefaction Areas and Safety Assessment of Facilities, *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol. 19, No. 7, pp. 133-143. (in Korean with English abstract)
<https://doi.org/10.5762/KAIS.2018.19.7.133>

Kim, J.S., Lee, C.W., Park, S.H., Lee, J.H., and Hong, C.H. (2020), Development of Fire Detection Model for Underground Utility Facilities Using Deep Learning : Training Data Supplement and Bias Optimization, *Journal of the Korean Cartographic Association*, Vol. 21, No. 12, pp. 320-330. (in Korean with English abstract)
<https://doi.org/10.5762/KAIS.2020.21.12.320>

Kim, K.S., Kim, J.W., and Jang, I.S. (2022), Connection Analysis of Sewer Pipes to Improve the Accuracy of Underground Facility Maps, *Journal of Software Assessment and Valuation*, Vol. 18, No. 1, pp. 79-88. (in Korean with

English abstract)

<http://dx.doi.org/10.29056/jsav.2022.06.10>

Kim, W.D. 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, No. 1, pp. 29-37. (in Korean with English abstract)

<https://doi.org/10.18494/SAM3708>

Lee, J.S. (2021), Efficient 3D Modeling Automation Technique for Underground Facilities Using 3D Spatial Data, *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, Vol. 25, No. 11, pp. 1670-1675. (in Korean with English abstract)

<https://doi.org/10.6109/jkiice.2021.25.11.1670>

Park, J.K. and Lee, K.W. (2022), Facility Monitoring and Construction of Geospatial Information Using Latest Exploration Technology, *Sensors and Materials*, Vol. 34, No. 1, pp. 427-436.

<https://doi.org/10.18494/SAM3708>

Park, J.K. and Lee, K.W. (2021), DEM Construction and Spatial Analysis of the Planned Construction Site for Establishment of Housing Construction Planning, *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol. 22, No. 1, pp. 621-626. (in Korean with English abstract)

<https://doi.org/10.5762/KAIS.2021.22.1.621>

Ryu, J.S., Jang, Y.G., and Park, D.H. (2021), Method to Improve the Location Accuracy of GPR Data for Underground Information Precise Detecting, *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies*, Vol. 24, No. 3, pp. 32-40. (in Korean with English abstract)

<https://doi.org/10.11108/kagis.2021.24.3.032>

Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Policy Issues (2022), National Geographic Information System, *Ministry of Land, Infrastructure and Transport's Homepage*, <http://www.molit.go.kr/> (last date accessed: 21 July 2022)

Oh, W.J., Cho, C.Y.m and Lee, M.J. (2020), A Study on The Improvement of Related Regulation System for The Utility Tunnel Activation, *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol. 21, No. 8, pp. 563-571. (in Korean with English abstract)

<https://doi.org/10.5762/KAIS.2020.21.8.563>