

지하시설물 정보 관리 개선을 위한 품질관리 사례 분석 연구*

김원대** · 이강원***

Case Analysis Study of Quality Control for Improving Information Management of Underground Facilities*

Wondae Kim** · Kang Won Lee***

요약 : 도시가 발전하고 위생적이고 안전한 환경을 구축하기 위하여 지하 공간의 활용은 필수 불가결한 사항이다. 지하 공간의 개발이 진행될수록 시설물의 위치 관련 정보를 취득하고 관리하고자 다양한 기법이 적용되고 있으나, 현장에서 적용할 수 있는 정확한 정보는 부족한 실정이다. 본 연구에서는 이러한 지하시설물의 정보를 정확히 관리하고, 신뢰성에 기반한 현장 작업이 가능하도록 지하시설물 정보 품질 등급제의 세계적 현황을 조사하고 분석하였다. 연구 결과 정보 관리 선진국의 경우 지하시설물 정보에 대한 등급제를 통해 신뢰성에 기반한 관리가 이루어지고 있었으며, 이를 통해 활발한 현장 적용이 가능하였다.

주요어 : 지하시설물, 정보 관리, 정확도, 품질등급제, 수치지도

Abstract : The use of underground space is indispensable for the city to develop and to build a hygienic and safe environment. As the development of the underground space progresses, various techniques are applied to acquire and manage information related to the location of facilities, but information based on reliability in the field is insufficient. In this study, the global status of the underground facility information quality rating system was investigated and analyzed in order to accurately manage information on such underground facilities and to enable on-site work based on reliability. As a result of the research, information management In advanced countries, management based on reliability was carried out through a rating system for information on underground facilities, and through this, active field application was possible.

Key Words : Underground facility, Information management, Accuracy, Quality level, Digital map

I. 서론

우리나라는 1995년 『제1차 국가지리정보체계 구축사업』 시행으로 전국 지방자치단체 및 지하시설물 관리기관에서 7대 지하시설물(상수·하수·전기·가스·통신·송유·열난방) 정보 구축에 착수하였다. 당시 「지하시설물도 작성 작업규칙」을 준용하여 절대측량, 상대측량, 공사도면 전산화 등 다양한 위치 정보 취득방법으로 지하시

설물도를 구축하였으며, 「지하시설물도 작성 작업규칙」은 2003년 폐지 후 「공공측량 작업규정」에 편입되어 시행되고 있다. 현재는 『제6차 국가공간정보정책 기본계획』(2018~2022년)을 수립하여 국가공간정보 기반을 확충하여 디지털 국토실현을 목표로 추진 중에 있다(국토교통부, 2013).

지하시설물도 전산화사업은 『국가GIS구축기본계획』의 10대 핵심사업 중 하나로 1995년 지하시설물 관리에 대

*이 논문은 공간정보품질관리원의 연구지원으로 진행되었음

**인하공업전문대학 토목환경과 교수(Professor, Department of Civil and Environmental Engineering, Inha Technical College, kimwd@inhac.ac.kr)

***새한지앤아이 대표이사(CEO, Saehan G&I, kwlee52@gmail.com)

한 실태조사를 실시하였고, 1996년 지하시설물도 작성에 필요한 표준품셈을 제정하였으며, 1997년 4월 지하시설물 관리체계 시범사업을 수행하였다. 1997년 말 IMF(International Monetary Fund) 관리체제라는 국가경제위기에 따라 발생한 대규모 실업 상태를 해소하기 위한 방안으로 1998년 정보화근로사업(지하시설물도 전산화)을 시작으로 하여 1999년 공공근로사업(지하시설물도 수치지도화), 2000년 지하시설물도 수치지도화사업을 연속하여 진행하였다.(건설교통부, 2006) 1998년부터 2014년까지 시(市)급 지자체 지하시설물(상·하수도) 전산화를 완료하였으며, 군(郡)급 지자체 확산 구축 중에 있다. 현재 84개 시, 26개 군을 대상으로 약 39만 km의 7대 지하시설물 통합 DB구축이 완료되었다. 그러나 기 구축된 지하시설물도는 측량성과의 품질과 관계없이 획일적으로 적용·관리되고 있어 지하시설물 DB 성과 간 상호 정확도 차이가 발생하여 사용·개선·유지·활용 시 많은 제약과 유발하므로 현행 관리체계의 미비점 개선이 필요한 실정이다.

현재 공간정보 관리를 선도하는 나라들의 경우 지하시설물을 관리하는데 있어서 직접측량, 탐사, 도면 존재 여부 등으로 등급을 부여하고(Santhakumar, 2009), 이에 따른 확률적 위험도를 사전에 예측할 수 있는 정보를 제공하고 있다(Zeiss, 2021).

본 연구에서는 미국, 영국, 호주 등 지하시설물 등급제 도입의 선진사례 조사 및 분석을 실시하고, 등급제 도입 전 측량기준 및 탐사방법 등 현행 제도의 문제점을 분석하고 상호 비교하는 연구를 수행한다. 이를 통해 사용자 요구수준에 따른 맞춤형 등급제 도입의 청사진을 제시하고, 실시간 측량 규정 보완, 비공속관로 장비 검사 환경 조성 등 현행 제도를 보완 방안을 제시하고자 한다.

II. 지하시설물 정보 구축 현황

지하시설물은 대부분 우리 생활에 필요한 상수도, 가스, 통신, 전기, 송유관, 난방열 등을 공급하고, 하수를 처리하는 도시기반시설물로서 지하공간에 인공적으로 매설된 정보를 의미한다. 상수를 제공하기 위해 사용되는 관의 종류로는 주철관, 강관, PVC관 등이 있으며, 하수의 경우 우수, 우수, 공장폐수로 나누어지는데, 여기서 사용되는 관 대부분이 시멘트 토관이 사용된다. 이러한 지하시설물들은 각기 다른 기관에서 별도로 관리되고 있다.

1. 지하시설물 정보화 현황

국내 지하시설물 구축 현황을 파악하기 위하여 관리주체별 현황 및 실태를 조사하였으며, 품질관리원에서 보유하고 있는 지하시설물에 대한 공공측량 성과심사 현황 및 타 기관 지하시설물 현황 자료를 활용하여 분석을 수행하였다.

표 1은 시행주체별 도로 및 지하시설물 구축 비율을 나타낸 것이며, 각 시행주체별 지하시설물 구축 현황으로 지방자치단체의 경우 대부분 도로 및 상·하수도 시설물 위주의 DB 구축이 수행되었으며, 도로 및 상·하수도 외에도 전기 644,586km(화성시, 포천시 등), 가스 439,151km(울산광역시, 여주시 등), 난방 71,485km(부산광역시, 세종특별자치시 등) 일부 유관기관 시설물을 구축하였다. 지리정보시스템 구축 및 부지 단위(U-city, 국가산업단지 등) GIS DB구축은 사업 시 전기, 가스, 송유, 공동구 등도 함께 구축하는 경우(화성시, 송도국제도시, 울산·온산 국가산업단지 등)도 존재하는 것으로 확인되었다.

두번째 국가 및 유관기관의 경우 상·하수도(한국수자원공사, 한국환경공단), 전기(한국전력공사), 가스(한국가스공사, 한국LPG배관망사업단), 난방 및 열배관(한국

표 1. 시행주체별 지하시설물 DB구축 성과심사 비율

(단위: %, km)

구분	상수	하수	전기	가스	난방	통신	송유	크린넷	공동구
지자체	84.5	76.7	2.4	2.9	3.3	9.5	32.2	1.2	88.8
국가 및 유관기관	12.3	12.7	96.3	38.5	56.1	38.3	45.3	92.7	3.5
기타	3.2	10.6	1.4	58.7	40.6	52.2	22.5	6.1	7.7
연장	101,715	120,916	27,127	15,211	2,180	3,133	212	437	594

지역난방공사) 위주로 DB 구축을 수행하였다. 한국토지주택공사 및 도시공사, 개발공사 등 지역 공사에서는 택지·산업단지·지구 단위의 도로 및 상·하수도 구축을 수행하였으며, 해양수산부, 지방해양항만청 등에서는 항만 및 배후단지 지하시설물 DB구축을 수행하였다.

마지막 민간기업 등의 경우에는 건설사, 시공사에서는 택지·지구 단위의 도로 및 상·하수도 DB 구축을 수행하며, GS파워, 경남에너지, 경동도시가스, 중부도시가스 등 지역 도시가스 공급사에서는 가스 및 열배관 시설물을 구축하고, SK TNS, KT, LG유플러스 등 통신사에서 통신 관련 시설물을 구축하였다.

2. 지하시설물 정보 취득 방법

2000년부터 2019년까지 총 20년 간의 지하시설물의 연도별 구축 현황에 대한 분석결과로는 상수도관로의 경우 전체 구축물량 101,715.399km 중 40,985.849km(약 40.3%)의 불탐이 발생하였으며, 이는 타 관로 대비 높은 불탐 비율로 나타났다.

하수도관로의 경우 전체 구축물량 120,915.869km 중 9,614.900km(약 8.0%)의 불탐이 발생하였다. 전기 시설

의 전체 구축물량 27,126.523km 중 918,749km(약 3.4%)의 불탐이 발생하였으며, 이는 타 관로 대비 가장 적은 불탐 비율로 나타났다. 가스 시설의 전체 구축물량 15,210.657km 중 1,062.873km(약 7.0%), 난방 시설의 전체 구축물량 2,180.856km 중 139.652km(약 6.4%), 통신 시설의 전체 구축물량 3,133.105km 중 346.564km(약 11.1%), 송유관의 전체 구축물량 212.274km 중 75.154km(약 35.4%), 크린넷의 전체 구축물량 437.529km 중 22.849km(약 5.2%), 공동구의 전체 구축물량 593.713km 중 316.022km(약 53.2%), 열배관의 전체 구축물량 1,312.892km 중 83.252km(약 6.3%), 기타 전체 구축물량 478.100km 중 252.277km(약 52.8%)의 불탐 비율로 나타났다.

3. 지하시설물 구축 현황 분석 결과

2000년부터 2019년까지 총 20년간 공공측량 성과심사 결과를 바탕으로 연도별, 시행주체별(지방자치단체, 공공 및 국가기관, 민간기업 및 기타) 국내 지하시설물 구축 현황에 대하여 분석하였으며, 그 결과 지하시설물 관련 성과심사 건수는 매년 증가하는 것으로 나타났다.

공공측량성과심사 시행주체의 경우 지하시설물 DB구

표 2. 지하시설물 DB구축 방법별 구성비율

(단위: %)

구분	상수	광역상수	하수	전력	통신	가스	난방
노출상태 측량	12	35	3	13	18	32	47
조사/탐사	35	54	57	70	-	68	9
불탐	21	11	9	1	-	0	2
기타(센싱)	7	0	8	0	-	-	-
도면이기	25	0	23	16	82	-	42

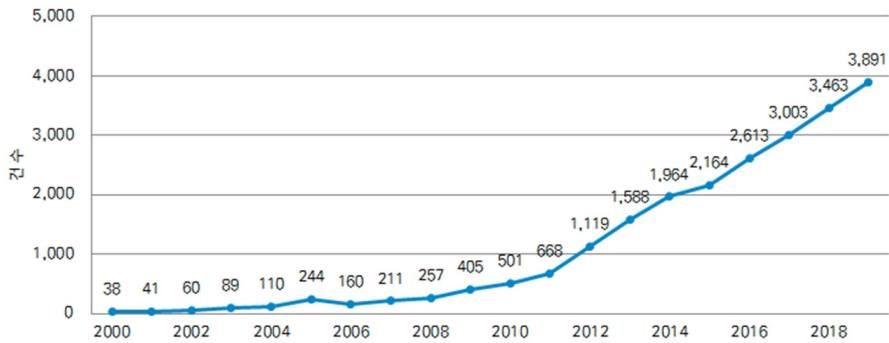


그림 1. 지하시설물도 구축 성과심사 현황

측은 지방자치단체가 수행하는 상·하수 시설물과 유관 기관이 수행하는 전기, 가스 시설물이 대부분을 차지하는 것으로 나타났다. 지방자치단체의 지하시설물 구축은 서울특별시, 부산광역시, 울산광역시 등 특·광역시 구축 물량이 가장 많으며, 군 단위 지방자치단체의 경우 상대적으로 적게 구축된 것을 확인할 수 있었다.

또한 『제1차 국가지리정보체계 구축사업』 시행 이후 지자체 및 관리기관에서는 지속적으로 지하시설물 DB구축 및 유지관리 수행 중이다. 2009년부터 상·하수, 전기, 가스 등에 대한 실시간 측량이 시행되었으며, 2010년 이후 하수 등 비급속관로에 대한 탐사도 수행 중에 있다. 2018년에는 지하시설물 정확도 개선을 위한 실시간 측량 명문화를 통해 노출관로 측량이 증가하는 추세이다. 하지만 아직도 노출관 측량은 매우 낮은 비율을 차지하고 있으며, 정보 취득에 따른 특성 관리가 부족한 실정이다.

III. 해외 지하시설물 품질 관리 사례 분석

1. 미국

미국토목학회(ASCE, American Society of Civil Engineers)에서 개발한 SUE(Subsurface Utility Engineering)는 지하시설물 관련 사고와 피해를 줄이는 효과적인 표준으로 입증된 엔지니어링 프로세스이다. (ASCE, 2002) 최근 연방고속도로관리국(FHWA, Federal Highway Administration)

및 주 교통부 외에도 SUE는 연방항공국(FAA, Federal Aviation Administration), 국방부(DoD, Department of Defense), 에너지부(DoE, Department of Energy), 총무청(GSA, General Services Administration) 및 지자체, 엔지니어링 회사 등에서 표준을 적용 중이다(NAS, 2009).

1) ASCE 38-02 품질 등급

설계 엔지니어, 건설자 및 프로젝트 관리자가 활용할 수 있는 SUE 품질 등급은 Stutzman과 Anspach에 의해 A부터 D까지 4가지 등급으로 정의되어 있다. 품질 등급은 기존 기록 조사, 현장 조사/측량, 지구물리학적 위치측정 기술의 다양한 조합으로 나타나며, 품질 등급이 D에서 A로 상향됨에 따라 우수한 기술 및 프로세스가 수반되어 데이터의 정확성과 신뢰성이 향상된다. 지하시설물 데이터 취득 시 발생하는 비용은 기후, 토양, 지리, 프로젝트 조건 등 다양한 요인에 따라 변화하지만 일반적으로 목표 품질 등급이 높을수록 데이터 취득 비용이 높아지며, 데이터의 정확성과 신뢰성이 증가하면 시설물 관련 손상 및 사고 가능성이 낮아진다. 시설물 손상 위험과 비용에 따른 SUE 품질 등급은 아래 표 3과 같다(ASCE, 2002).

2) 미국 품질등급제 관련 동향

2020년 미국토목학회는 “시설물 인프라 데이터 기록 및 교환을 위한 표준 지침”에 대한 백서를 개발하고 있다. 표준 지침의 목적은 시설물의 위치 정확도를 전달하기 위한 공통 정의를 제시하고, 유형, 기능, 소유권, 재료, 상태 및

표 3. SUE 품질등급 분류

등급	설명
A등급 (측량)	<ul style="list-style-type: none"> • 매설공사 현장에서의 실측 및 지하시설물의 사후 관리 과정에서 노출된 부분에 대한 측정에 의해 얻어진 지하시설물의 정확한 '평면위치 및 깊이' 정보로서 지하시설물의 관종, 관경, 관재질 등의 속성정보도 포함 • 일반적으로 깊이 정확도는 15mm이며, 평면위치 및 수치지도 정확도는 공사 발주처에서 요구하는 수준으로 정함 • 진공굴착 후 노출된 상태, GNSS, 토털스테이션, 라이다, 사진측량 등
B등급 (물리탐사)	<ul style="list-style-type: none"> • 전자유도 탐사, 지하투과레이더(GPR) 탐사 방법이 기본 • 그 외 음파탐사, 관성탐사, 피그에 의한 자이로 방법 등의 적절한 지구물리탐사 방법을 적용하여 얻은 지하시설물의 '수평 위치' 정보로서, (전자)기록은 물론 페인트 및 깃발 표시 등도 포함 • 위치 오차는 다양한 품질 등급으로 되어 있음
C등급 (지상시설물 측량)	<ul style="list-style-type: none"> • 맨홀, 전력구, 소화전 등 지상에 드러난 시설물의 측량을 하여 얻은 결과값으로 기존의 정보, 도면 및 기록으로 편집방법 • (D등급의 정보)에 대한 전문가의 판단 등을 포함
D등급 (조사자료)	<ul style="list-style-type: none"> • 기존 기록 및 구두자료로부터 얻은 정보로서 지하시설물의 '대략적인 평면 위치를 파악하여 전문가가 판단하여 서명한 자료

기타 관련 정보와 함께 위치를 전달하는데 필요한 최소한의 데이터 속성 집합을 정의하는 것이다. 또한 표준 지침은 표준 관행, 계약 요구사항 및 관할 요구사항의 채택을 장려하여 직접 측량 방법에 의해 결정된 위치에 대한 영구적인 기록과 신규 시설물 인프라에 대한 데이터 수집을 목적으로 한다(ASCE, 2020).

2. 영국

영국의 PAS(Publicly Available Specification) 표준은 일명 ‘공공활용표준’, ‘범용표준’ 또는 국제표준 이전 단계를 의미하는 ‘잠정국제표준’으로 해석될 수 있다. PAS는 제품, 서비스 또는 프로세스의 구성요소에 대해 표준화 작업

을 거친 문서라고 할 수 있다.

1) PAS 128 품질 등급

PAS 128은 ASCE 38-02 표준을 기반으로 하는 A, B, C, D 품질 등급을 포함할 뿐만 아니라 표 5와 같이 탐사 성과 구분을 위하여 정확도 수준을 B1~B4로 확장하였다(The British Standards Institution, 2014).

2) 영국 품질 등급제 동향

PAS 256 표준을 제정하였다. “매설 자산- 위치 정보 데이터 수집, 기록 및 공유”는 2017년 4월에 시행되었으며, 기존 PAS 128 표준을 보완하기 위한 것이다. PAS 256은 매설된 자산의 위치, 상태 및 특성을 효과적으로 기록하고

표 4. ASCE 표준지침 위치 정확도 요구사항

등급	위치 정확도 한계	적용	비고
1	±25mm(±0.1ft) 수직	높이(Z) 데이터	ASCE 38 (현재 버전) 품질 등급 A (QL-A) 요구 사항과 일치
	±50mm(±0.2ft) 수평	X, Y 데이터	
2	±50mm(±0.2ft)	X, Y, Z 데이터	등급 1과 거의 동일하지만 정밀한 오차 소거법을 사용하므로 일반적으로 수준측량 없이도 달성 가능
3	±150mm(±0.5ft)	X, Y, Z 데이터	일반적으로 GPS 장비 및 RTK 방법을 사용하여 가능
4	±300mm(±1ft)	X, Y, Z 데이터	일반적으로 후처리된 매핑 등급 GPS 장비로 달성 가능
5	±1,000mm(±3ft)	X, Y, Z 데이터	일반적으로 매핑 등급 GPS로 달성 가능
6	±1,000mm(±3ft)	X, Y 데이터	Z 데이터의 위치 정확도는 신뢰할 수 없거나 사용 불가
7	미정		X, Y 및 Z 데이터의 위치 정확도 불확실

표 5. PAS 128 품질 등급 분류

조사 유형	품질등급	후처리	위치 정확도 한계		지원 데이터	
			수평	수직		
D	지하시설물 기록	QL-D	-	불확실	불확실	-
C	현지 조사	QL-C	-	불확실	불확실	복구 흔적 등 위치를 확인할 수 있는 지하시설물 일부
B	탐사	QL-B4	No	불확실	불확실	존재가 예측되거나 미탐사
		QL-B3	No	±500mm	불확실(신뢰할 수 있는 심도 측정 불가)	하나의 지하탐사기법을 사용하여 탐사된 수평위치
		QL-B3P	Yes			
		QL-B2	No	±250mm 또는 탐사심도의 ±40% 중 큰 값	탐사 심도의 ±40%	하나의 지하탐사기법을 사용하여 탐사된 수평, 수직 위치
		QL-B2P	Yes			
		QL-B1	No	±15mm 또는 ±15% 중 큰 값	탐사 심도의 ±15%	다양한 지하탐사기법에 의해 탐사된 수평 및 수직 위치
QL-B1P	Yes					
A	검증	QL-A	-	±50mm	±25mm	지하시설물의 상단 또는 하단의 수평 및 수직 위치

표 6. CSA S250 품질 등급 분류

품질 등급	조사방법	ASCE 38-02	수평·수직 정확도
0	직접측량	QL A	실제위치의 추정 가능 최상 값
1		QL A	노출 상태에서 측량 X, Y, Z 정확도 ±25mm 이내
2		QL A	노출 상태에서 측량 X, Y, Z 정확도 ±100mm 이내
3		QL A	노출 상태에서 측량 X, Y, Z 정확도 ±300mm 이내
4		QL C	노출 상태에서 측량 X, Y, Z 정확도 ±1,000mm 이내
5	탐사	QL B	노출되지 않은 시설물(물리탐사방법) X, Y 정확도 ±1,000mm 이내

표 7. DT-DICT 품질 등급 분류

품질등급	정확도	비고
클래스 A	40cm 이내	통신, 상수도, 하수도 미포함 시설물 보유 기관이 위치정보를 제공할 수 없는 경우 건설을 위태롭게 하며 공사비 추가 발생
클래스 B	40cm ~ 1.5m	
클래스 C	1.5m 이상 또는 불명확	

공유할 수 있도록 데이터 프로토콜을 설정하고, 기존 자산 기록을 업데이트 및 조합하는 방법을 권장한다. 또한 절대 또는 상대 정확도와 관련 증빙자료(사진 등)를 사용하여 공간 데이터 수집을 다룬다.

PAS 128 : 2014에서 확인된 여러 문제점은 표준 개정을 통해 해결되고 있다. 지하 인프라를 탐지하기 위해 여러 기술을 적용하는 것은 지하시설물이 탐지된 위치에 대한 신뢰를 크게 증가시켰지만, 정확도는 증가시키지 않는 것으로 나타났다. 이 개정판의 품질 등급 D, C 및 A는 이전 표준과 크게 다르지 않지만, 품질 등급 B는 두 가지 탐사 기술(EMI 및 GPR)을 최소한 적용해야 한다. 또한 최신 개정판에는 고객/소유자를 대상으로 표준을 어떻게 활용해야 하는지 설명하는 부록도 포함되어 있다(The British Standards Institution, 2017).

3. 캐나다

2011년 캐나다표준협회(CSA, Canadian Standards Association)에서는 미국의 ASCE 38-02를 기반으로 하는 CSA S250 표준을 발표하였다. CSA S250 표준의 목적은 지하시설물 인프라를 식별하고 찾는 데 사용되는 매핑 기록 요구 사항을 지정하는 것이다.

CSA S250 표준은 굴착공사 시 시설물이 노출된 경우 지하 인프라의 위치를 기록하는 정확도 수준을 정의한다(CSA Group, 2020).

이 표준에서 지하시설물의 위치를 정확하게 결정하는 방법은 노출된 위치를 측량하는 것이 유일하다고 강조하며, 현장 기술자의 교육 및 경험을 매우 중요시한다. 노출된 시설물의 절대 정확도를 지정하는 것은 호주와 유사하다.

4. 프랑스

프랑스 당국에서는 지속적인 지하시설물 관련 사고로 인해 기존 법령(1991년 및 1994년 법령) 적용이 한계에 도달했음을 인식하고, 2010년 새로운 법령 제정을 위한 대규모 실행 계획을 추진하였다. 2012년 작업프로젝트 선언(DT)과 작업시작 의사선언(DICT) 2가지 용어를 기반으로 네트워크 근처에서 작업하는 동안 위험 예방 및 안전을 다루는 규정 DT-DICT(Déclaration de travaux à proximité de réseaux, 네트워크 근처의 작업 선언)를 제정하였다(Observatoire National DT DICT, 2016).

특히 지하시설물의 공공안전 중요도에 따라 핵심 인프라와 중요 인프라로 구분하여 적용하였으며, 가스, 운수, 필수 기반시설 등 위주로 우선 구축하고 있다.

5. 호주

호주의 AS 5488 지하시설물 표준은 지하 서비스에 관한 정보 분류(SUI, Subsurface Utility Information)를 위하여

표 8. AS 5488 품질 등급 분류

품질 등급	정확도 한계	위험도	비고
A	수직 및 수평 ±50mm	매우 낮음	낮은 품질 등급에서 발생하는 부족한 부분을 채우고 프로젝트 제공을 위해 준비된 시공 문서 완성
B	수직 ±500mm 수평 ±300mm	낮음	새로운 인프라를 위한 고급 설계, 프로젝트 계획 및 경로 선택에 사용
C	수평 ±300mm	높음	보다 정교한 프로젝트 계획 및 개념 설계를 위해 향상된 수평 위치로 Q-LD 품질 수준 구축. 수직위치 정확도 없음
D	매우 낮음	매우 높음	일반 프로젝트 계획 및 개념 설계를 위해 관심 영역 내에서 시설물의 잠재적 존재를 설정하는 데 사용

표 9. 싱가포르 품질 등급 분류

품질 등급	정확도 한계	비고
1	±100mm	실시간 측량으로 라이다, 토탈스테이션, GNSS측량 (등록된 측량사가 준공측량 수행)
2	±300mm	탐사 장비 이용
3	±500mm	-
4	정확도 확인 불가	-

일관된 프레임워크를 제공하기 위한 목적으로 개발되었다. 이 표준은 두 가지 파트로 이루어지며, 첫 번째 파트는 주로 시설물의 위치 정보와 관련된 내용이고, 두 번째 파트는 시설물 모델 생성, 데이터 명명 규칙, 측량 방법 등을 다룬다(Standards Australia, 2019).

미국 ASCE 38-02 표준을 확장한 호주 AS 5488 표준은 굴착 중 노출된 지하시설물에 대한 측량을 의무화하여 지하 시설물 신규 설치, 유지보수 굴착 작업이 완료되면 반드시 성과를 제출하도록 명시하였다. 또한 사고 발생 시 제출된 성과가 정확할 경우 굴착자에게 책임을 주고, 부정확할 경우 시설물 작업자에게 책임을 주도록 하고 있다. 이로 인해 공공시설물 운영자가 담당하는 지하시설물 성과가 정확히 작성되도록 유도하는 강력한 동기가 되고 있다. AS 5488 품질 등급 분류 및 적용 과정은 다음과 같다.

6. 싱가포르

2017년 8월 싱가포르 토지청(SLA, Singapore Land Authority)은 싱가포르 지하시설물 조사 절차와 실무에 대한 표준 및 사양을 발표했다. 이 표준은 상수도, 하수도, 통신, 전력, 가스 등을 포함한 신규 지하시설물을 위해 획득해야 하는 데이터를 지정한다. 시설물을 설치한 후 등록된 측량

업체가 되메우기 전에 준공 측량을 수행하여 수평 정확도 ±100mm, 수직 정확도 ±100mm인 시설물 위치를 취득하도록 지정한다(SLA, 2017).

싱가포르 지하시설물 표준은 건설 계약 및 허가에 포함되는 기준을 제공하기 위한 것이다. 정부 당국이 규제하는 모든 수자원, 전력, 가스 및 통신 회사는 개방형 트랜치를 사용하여 시설물을 설치하는 새로운 건설 계약의 표준에 따라 취득한 데이터를 제공해야 한다. 또한 싱가포르 토지의 85%가 정부 소유이기 때문에 도시재개발국(URA, Urban Redevelopment Authority)와 같은 정부 주요 토지개발 기관이 토지 개발 및 인허가에 이 표준을 준용함에 따라 전국적으로 통합 관리가 이루어지고 있다. 싱가포르에서 사용 중인 품질 등급은 다음과 같다.

IV. 비교고찰

본 연구에서는 2019년 국가 공간정보 준비 지수(CGRI)에 따른 해외 공간정보 선진국의 지하시설물 정보 관리 현황 및 운영 사례를 조사하였다.

미국의 ASCE 38-02 표준은 지하 인프라의 위치를 결정하는 방법에 따라 네 가지 품질 등급을 정의하며, 최근 표

준 지침 제정에 따라 세부 위치 정확도 기준 및 속성 요구 사항도 마련되고 있다. 영국의 PAS 128 표준은 ASCE 38-02의 네 가지 품질 등급에 따른 위치 정확도와 취득 방법을 체계적으로 규정하고 있으며, 국가 디지털 트윈을 정부의 핵심 개념으로 설정하고 지상 및 지하 자산을 관리하고 있다. 캐나다의 CSA S250 표준은 굴착 등으로 노출된 시설물을 측정하는 것이 지하시설물의 위치를 정확하게 결정하는 유일한 방법이라고 강조하며, 현장 기술자의 교육 및 경험을 매우 중요시하여 규제하고 있다. 프랑스의 DT-DICT 표준의 경우 지하시설물의 공공안전 중요도에 따라 핵심 인프라와 중요 인프라로 구분하여 적용하였으며, 2026년까지 핵심 인프라의 정확도 40cm 이내로 지도화하는 것을 목표로 추진 중에 있다.

싱가포르의 표준은 신규 설치 시설물의 경우 되메우기 전 측량을 수행하여 정확도 100mm 이내 데이터 취득을 규정하였고, 시설물 측량의 표준 및 사양을 제정하였다. 2019년까지 지하 공간에 대한 마스터플랜을 수립하여 스마트 시티 실현을 목표로 하고 있다. ASCE 38-02 표준을 확장한 호주의 AS 5488 표준은 굴착 공사 중 노출된 시설물에 대한 측량을 의무화하여 신규 설치, 유지보수로 인한 굴착 작업이 완료되면 반드시 측량성과를 제출하도록 규정하였다.

2019년 국가 공간정보 준비 지수에서 상위권에 위치한 대다수의 국가들은 지하시설물 품질등급제를 도입하여 관리하고 있다. 우리나라는 공공측량 성과심사 제도를 통해 측량성과를 관리하고 있으나, 성과심사 적합 요건에 부합되지 않은 시설물 정보는 활용이 어려운 실정이다. 한국형 지하시설물 품질등급제의 도입은 다양한 정확도를 가진 지하시설물의 체계적인 관리를 통해 품질 향상을 도모하고, 사고 예방 및 안전 강화에도 큰 기여를 할 것으로 사료된다.

V. 결론

본 연구는 지하시설물 정보를 관리하는데 있어서 안전하고 활발한 이용을 위한 사례 연구를 진행하였다. 이를 위하여 국내의 지하시설물 정보 구축 현황을 조사하였으며, 관련 선진 사례인 미국, 영국, 캐나다, 프랑스, 호주, 싱가포르 등의 현황 및 동향을 조사 분석하였다. 이 연구의 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

첫째, 우리나라는 지하시설물에 대한 안전 사고를 방지하고 효율적인 행정을 위하여 데이터베이스 구축을 상당수 진행하였으나, 품질에 대한 정보를 포함하고 있지 않았다.

둘째, 미국, 영국, 프랑스, 캐나다 등은 데이터 취득방법에 따라 크게 직접 측량, 조사 탐사, 조정 자료, 문헌 자료 등의 4단계의 품질 등급제를 운영하고 있었다. 이는 데이터의 신뢰도에 대한 예측이 가능하고 현장 굴착이나 공사 등의 사전 분석 자료로 활용할 수가 있었다.

셋째, 분석 대상국 대부분이 구축된 데이터의 정확도에 기반한 데이터의 신뢰도에 대한 등급제를 실시하거나 추가로 정의하는 동향을 보이고 있었다.

이상의 결론에서 나타나는 것과 같이 우리나라도 데이터의 구축에 중점을 두는 성과 중심에서 벗어나 데이터의 신뢰도 및 정확도에 기반한 품질 등급을 도입하여 지하 공간의 활용 확대에 대응하는 정보 관리 방안을 조속히 마련하여야 할 것으로 사료된다.

감사의 글

본 논문은 공간정보품질관리원의 연구지원으로 진행되었음.

참고문헌

- 건설교통부, 2006, 「제2차 국가GIS 사업 백서」.
- 국토교통부, 2013, 「지하시설물 전산화사업 백서」.
- 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*.
- National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (NAS), 2009, *Encouraging Innovation in Locating and Characterizing Underground Utilities*, Washington, DC: The National Academies Press.
- 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*.

Santhakumar, V., 2009, *Evaluation of the Positional Accuracy of Subsurface Utilities*, Master of Applied Science, Civil Engineering, Ryerson University.

Singapore Land Authority (SLA), 2017, <https://www.sla.gov.sg/>

Zeiss Geoff, 2021, <https://geospatial.blogs.com/>

교신: 김원대, 22212, 인천광역시 미추홀구 인하로 100, 인하공업전문대학 토목환경과(이메일: kimwd@inhac.ac.kr)

Correspondence: Wondae Kim, Department of Civil and Environment Engineering, Inha Technical College, 100, Inha-ro, Michuhol-gu, Inchen, Republic of Korea (Email: kimwd@inhac.ac.kr)

투 고 일: 2021년 3월 29일

심사완료일: 2021년 4월 6일

투고확정일: 2021년 4월 7일

