

# 상수도 지하시설물 탐사 개선에 관한 연구

## Improving the Detection of the Water Mains Underground Facilities

김재명\*

이병운\*\*

최윤수\*\*\*

윤하수\*\*\*\*

Jae Myeong Kim

Byung Woon Lee

Yun Soo Choi

Ha Su Yoon

**요약** 상수도 시설물은 도시 인프라를 구성하는 필수적인 요소이다. 이러한 상수도 지하시설물을 체계적이고 과학적으로 관리하기 위하여 상수도 GIS를 구축하였으며, 이러한 상수도 GIS 구축을 위해서는 지하에 매설된 상수도 시설물을 정확히 탐사하여 DB를 구축하여야 한다. 본 연구에서는 상수도 지하시설물에 대한 탐사율 제고방안을 모색하기 위하여 통계적인 자료를 통하여 탐사율 저하 원인을 분석하고, 서울시 상수도 GIS의 사례 조사를 통하여 탐사에 대한 표준화 방안을 제시하였다. 연구결과 상수도 지하시설물 측량 시 비금속 관로는 탐사 결과가 불확실하고 공공측량 성과심사를 받기가 어렵기 때문에 탐사를 하지 않고 있으며, 탐사에 대한 표준 작업규정이 없어 체계적인 탐사를 시행하지 못하고 있는 것으로 조사되었는데, 이 두 가지 요인이 탐사율 저하의 주요 원인으로 파악되었다. 본 연구를 통하여 상수도 지하시설물 탐사에 대한 업무 표준화 방안을 제시하였으며 탐사 작업 시 체계적인 탐사가 가능하여 탐사율을 향상시킬 수 있을 것으로 판단되며, 탐사율 제고를 위한 정책 제언으로 비금속 관로에 대한 효과적인 성과심사 방안을 제시하고, 공공측량 작업규정을 보완할 탐사관련 사항을 체계적으로 기술하였다.

**키워드** : 상수도 지하시설물, 탐사율, GIS

**Abstract** Water mains underground facilities are essential components to make up urban infrastructure. In order to manage these water mains underground facilities systematically and scientifically, GIS(Geographic Information System) had been constructed. For the sake of construction of GIS for water mains underground facilities, an exact underground detection and the construction of DB(Data Base) for buried water mains underground facilities should be preceded. In this study, in order to find out the ways to improve exact detection rate of data, the statistical analysis for the causes of detection rate degradation was done, and standardization methods of detection through a case study were suggested. When water mains underground facilities were measured, the detection of non-metallic water pipes was not carried out. The reason was that the results of detection was uncertain and detection was difficult because the assessment of public measurements was vulnerable. Moreover, due to the absence of standardized operating regulations for detection, systematic surveys weren't conducted. In this study, methods to standardize works over the detection of water mains underground facilities were presented so that we can improve the detection rate when we are doing that. As the proposals to improve detection rate, effective performance assessment over non-metallic pipes were presented, and related issues to supplement work regulations of public survey were described systematically.

**Keywords** : Water Mains Underground Facilities, Detection Rate, GIS(Geographic Information System)

† 이 논문은 공간정보 전문인력 양성사업의 지원을 받아 수행된 연구임.

\* 서울시립대학교 공간정보공학과 박사수료 kimjaemyeong@uos.ac.kr

\*\* 서울시 상수도사업본부 lbw2750@uos.ac.kr(교신저자)

\*\*\* 서울시립대학교 공간정보공학과 교수 choisy@uos.ac.kr

\*\*\*\* 서울시립대학교 공간정보공학과 박사과정 hasu9@uos.ac.kr

### 1. 서론

상수도 시설물을 체계적이고 과학적으로 관리하기 위하여 상수도 GIS를 구축하였다. 그리하여 2007년도 12월말 현재 특·광역시 7개 대도시 GIS 구축율이 평균 93.7%에 달한다(환경부, 2008). 그러나 그동안 구축된 상수도 지하시설물에 대한 위치 정확도는 서울특별시를 대상으로 한 조사에서 평균 79cm의 위치 오차를 보일만큼 정확도가 낮아 정확도 개선사업이 필요하게 되었다.

정확도 개선사업을 시행하여 다시 구축한 상수도 GIS도, 지하시설물 측량 시 탐사가 되지 않은 구간이 많이 발생하면 위치 정확도 확보가 어려워진다. 지방자치단체의 상수도 지하시설물 측량의 최근(2004년~2009년) 공공측량 성과심사 결과를 분석한 결과 탐사율이 평균 52.4%로 저조하여 당초 사업 취지에 걸림돌이 되고 있는 실정이다.

이에 따라, 본 연구에서는 상수도 지하시설물에 대한 탐사율 저하 원인을 조사하여 문제점을 도출하고, 탐사관련 전문가 면담 및 서울시 상수도 GIS 정확도 개선사업의 사례를 고찰하여, 상수도 지하시설물에 대한 탐사율 제고방안을 제시하고자 다음과 같은 과정으로 연구를 수행하였다.

첫째, 최근(2007년~2009년) 공공측량 성과심사를 받은 지방상수도의 탐사자료를 분석하고, 서울시 상수도 GIS 정확도 개선사업의 사례를 고찰하였다.

둘째, 12개 지방상수도 GIS 사업을 대상으로 탐사관련 자료조사 및 사업 책임자의 면담을 통하여 탐사율 저하 원인을 파악하였다.

셋째, 현행 탐사관련 규정 및 관리 부문을 검토하여 문제점을 도출하였다.

넷째, 이상에서 나타난 문제점을 검토하여 기술적인 측면과 제도적인 측면으로 나누어 탐사율 제고방안을 제시하였다.

## 2. 상수도 지하시설물도 전산화 현황

### 2.1 상수도 지하시설물도 구축 현황

지하시설물도 전산화사업은 1995년 제1단계 국가 지리정보체계(NGIS)구축 사업의 10대사업 중 하나로 잇따른 도시안전 사고를 미연에 방지하고자, 전국 84개 시에 대하여 지속적으로 사업을 추진하여 2008년까지 전체의 90.6%를 추진하고 2010년에 완

료를 목표로 하고 있으며, 표 1과 같이 도로 및 상·하수도는 총 사업대상 연장 220,156km중에 199,547km를 완료하고, 기타 지하시설물은 총 사업대상 연장 442,873km중에 439,814km 완료하였다(국토해양부, 2008).

표 1. 지하시설물 전산화 추진현황(국토해양부, 2008)

구분	도로, 상·하수도				기타 지하시설물								
	상수도	하수도	도로	계	광역상수도	가스	도시가스	전기	통신	송유관	난방열관	계	
대상(km)	87,184	76,359	56,613	220,156	4,830	2,720	30,041	13,587	387,893	946	2,880	442,873	
실적	km	80,396	70,246	48,905	199,547	4,830	2,720	29,707	13,587	387,024	16	1,930	439,814
	%	92.2	92.0	86.4	90.6	100	100	98.9	100	99.8	1.7	67.0	99.3

### 2.2 상수도 지하시설물도 작성 방법

지하시설물 측량이란 지하에 설치된 시설물을 효율적이고, 체계적으로 유지·관리하기 위하여 지하시설물에 대한 조사, 탐사 및 위치측량과 이에 따르는 도면제작 및 데이터베이스 구축까지를 말한다. 지하시설물 조사라 함은 지하시설물과 관련된 지상 노출물 및 맨홀 등을 직접 확인하여 자료제원 및 속성을 확인하는 것을 말하며, 지하시설물 탐사라 함은 지하시설물에 대하여 굴착하지 않고 탐사기에 의하여 지하시설물의 위치 및 심도를 측정하는 방법으로서, 주로 전자 유도 탐사법이나 지중레이더 탐사법을 이용한다.

일반적인 지하시설물 측량은 1) 작업계획 및 준비 2) 기본도 현장 확인 및 수정 3) 자료조사 및 편집 4) 지상조사 5) 관로조사 및 탐사 6) 지하시설물도 원도작성 7) 대장정리 8) 정리점검의 순서로 작업이 진행된다.

## 3. 상수도 지하시설물 탐사 현황

### 3.1 지하시설물 탐사 현황

2007년부터 2009년까지 대한측량협회에서 시행한 상수도, 하수도, 배전, 가스 등 4개 종류의 지하시설물 측량에 대한 공공측량 성과심사는 상수도 시설물이 272건 17,521km, 하수도 시설물이 276건 21,573km, 전기 시설물이 447건 2,989km, 가스 시설물이 31

건 771km 이었으며, 지하시설물에 대한 평균 탐사율은 표 2에서 보는 바와 같이 상수도는 52.4%, 하수도는 93.4%, 전기는 94.3%, 가스는 93%로 조사되어, 상수도 시설물을 제외한 3개 시설물은 3년간 평균 탐사율이 93% 이상으로 높은 반면, 상수도는 평균 탐사율이 52.4%로 낮게 나타났다.

표 2. 공공측량 성과심사 현황(2007년~2009년)

구 분	상수	하수	전기	가스
건 수	272	276	447	31
총 지하시설물 (km)	17,521	21,573	2,989	771
탐사 연장(km)	9,071	20,231	2,820	709
불탐 연장(km)	8,450	1,342	169	62
평균 탐사율	52.4%	93.4%	94.3%	93.0%

### 3.2 상수도 지하시설물 탐사 현황

#### 3.2.1 탐사율과 비금속 관로의 관계

탐사율과 비금속 관로의 상관관계를 알아보기 위하여 공공측량 성과심사를 받은 74개 지방자치단체에 대하여, 환경부에서 발표한 2008년도 상수도 통계연보에서 PVC관, PE관, 흙관, 등 비금속 관로의 연장을 추출하여, 비금속이 차지하는 비율을 비교 분석하였다. 분석 결과 표 3에서 보는 바와 같이 비금속관로가전체 상수도 연장의 41.7%로 높게 차지하고 있으며, 그림 1에 나타난 것과 같이 비금속 관로의 비율이 높을수록 불탐율도 높게 나타나는 것으로 분석되어, 상수도 시설물의 탐사율이 낮은 원인이 상수도관로를 구성하고 있는 비금속 관로에 원인이 있다고 생각할 수 있다.

표 3. 지방상수도의 비금속 관로 비율(환경부, 2008)

상수도관로 연장(km)	비금속 관로 연장(km)		비금속 관로 비율(%)					
	배수관 이상	급수관	전체	비율(%)				
관로	배수관 이상	급수관	전체	비율(%)				
139,433	78,626	60,807	58,074	22,506	35,568	41.7%	28.6%	58.5%

보다 정확한 탐사율을 분석하기 위해 상수도관로에 대한 공공측량을 시행한 지방자치단체 가운데 일회성 사업을 제외하고, 2007년부터 2009년까지 지

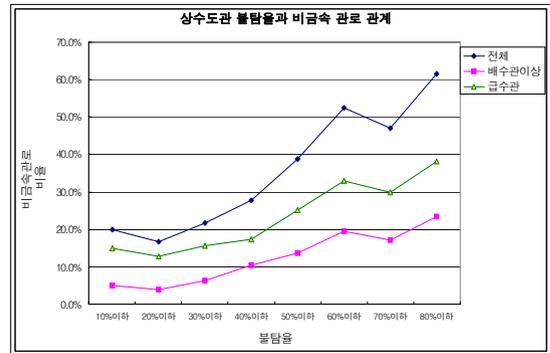


그림 1. 상수도관 불탐율과 비금속 관로 관계

속적으로 상수도관로에 대한 공공측량을 시행한 12개시를 선정하여 비교해 본 결과 탐사율과 비금속 관로의 비율은 표 4와 같으며, 12개 지자체의 전체 상수도관에서 비금속 관로가 차지하는 비율과 상수도 지하시설물 탐사율의 관계는 아래 그림 2와 같이 반비례를 보여 비금속 관로가 많으면 전체 탐사율이 저조함을 알 수 있었다.

표 4. 지방상수도의 탐사율과 비금속 관로 관계

구분(시)	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
탐사율(%)	93.8	92.9	70.4	63.7	49.8	47.6	44.9	36.4	32.4	28.8	28.1	18.7
비금속관로율(%) (비금속/전체)	2.6	8.2	17.0	29.3	82.3	70.4	72.6	34.0	61.7	55.6	61.2	68.1

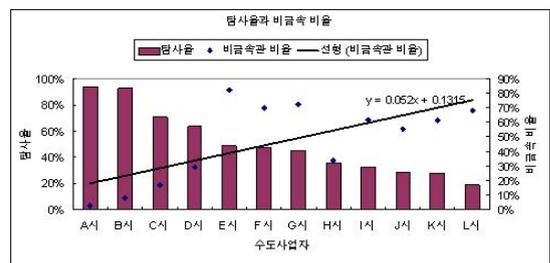


그림 2. 비금속관(비금속 관로/전체)과 탐사율

#### 3.2.2 탐사관련 전문가 면담

상수도 지하시설물 탐사와 관련하여 상수도 GIS 사업에 대한 발주방법과 탐사방법에 대하여 알아보 고자 2007년부터 2009년까지 GIS사업을 지속적으로 수행한 12개 지방자치단체의 사업을 수행한 업체의 사업 책임자 10명을 대상으로 e-mail로 설문 을 실시한 결과 다음과 같은 답변을 얻었다.

대부분의 지자체에서 비금속 관로는 조사 항목으로 구분한 설계 내역을 작성하여 발주하고, 비금속 관로에 대한 탐사는 실시하지 않고 있다. 비금속 관로에 대한 탐사를 실시하지 않은 원인으로는 1) 탐사를 해 봐야 정탐이 나오기 어렵기 때문에, 2) 탐사를 해서 정탐이 나와도 공공측량 성과심사를 받기 어렵기 때문에, 3) 비금속 탐지에 대한 구체적인 작업지침(규정)이 없기 때문에, 4) 탐사를 해서 불탐이 나오면 탐사비를 주지 않기 때문이다. 라고 조사되었다.

사업을 수행한 업체가 생각하는 상수도 지하시설물에 대한 불탐의 이유로는 1) 동일선상에 타 시설물이 중복 매설된 자장장애, 고심도 및 지상 장애물 등 기술적인 분야 이외에, 현재 사용 중인 탐사 장비의 성능이 매뉴얼에 기재된 성능에 못 미친다. 2) 시설물 관리기관의 시설물 관리 미흡 및 관망도등 자료가 부실하다. 3) 탐사자가 상수도 시공 경험이 없는 상태에서 오로지 장비 운용법에만 의존한 탐사 작업의 한계가 있다. 4) 비금속 관로에 대한 장비는 장비 가격이 고가인 반면 고난도의 탐사기법 및 분석이 요구되어 비금속관에 대한 탐사를 회피하는 경향이 있다. 5) 시설물 탐사분야에 대한 전문적인 교육이 없다. 6) 상수도 지하시설물에 대한 탐사율은 발주처 담당자 및 업체 사업관리자의 의지에 많이 좌우되는 경향이 있다. 라고 총 6가지 원인으로 응답하였다.

따라서 위 설문결과 지하시설물 탐사에 대한 전문적 교육체계를 마련하여 전문인력 양성 및 현실적인 지하시설물 탐사체계 구축이 시급한 것으로 분석되었다.

### 3.3 서울시 상수도 GIS 사례

#### 3.3.1 탐사결과 분석

2006년부터 2009년까지 시행한 ‘서울시 상수도 GIS 정확도 개선사업’의 측량 데이터 중에서 각 관종별 탐사대상 연장에 대한 정탐률을 조사한 결과 그림 3과 같이 금속관로인 닥타일주철관(DCIP)은 86.5%, 강관(SP) 88.5%, 회주철관(CIP) 93.7%, 스텐레스강관(SSP) 83.4%로 평균 탐사율이 88.0%이고, 비금속 관로인 PE관은 11.5%, PVC관은 9.8%로 조사되어 비금속 관로가 금속관로에 비교하여 월등하게 낮은 탐사율을 보였다.

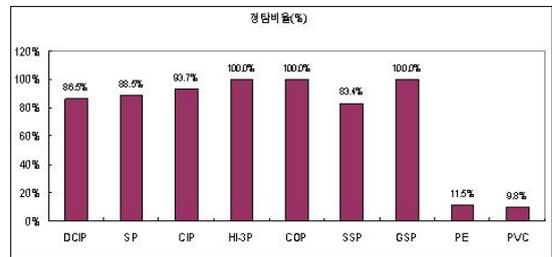


그림 3. 관종별 정탐비율(서울시 상수도 GIS DB)

#### 3.3.2 불탐의 최소화 방안

서울시 상수도 지하시설물은 불탐의 최소화를 위하여 불탐으로 최종 판정하기 전에 먼저 탐사 조별로 자체 탐사를 실시하고, 다음 1차 탐사결과 불탐 관로를 탐사 총괄팀장이 재 탐사하고, 마지막으로 2차 탐사결과 불탐 관로를 시행사의 확인팀과 탐사팀 합동으로 재확인하는 3단계의 절차를 거쳐 심사한 후 최종 불탐 처리하였으며, 아래와 같은 방법을 병행하여 수행하였다.

불탐으로 확정된 관로라도 사업기간 중에 굴착공사로 상수도관로 위치가 확인되면 측량하여 관망도를 수정하여 입력하며, 불탐 처리된 관로는 파선으로 GIS 도상에 표시하고 지속적으로 관리하여 불탐원인의 제거로 인하여 탐사가 가능할 때는 즉시 현장 조사·탐사를 실시할 수 있도록 하며, 아래 그림 4의 양식과 같이 불탐 대장을 작성하여 관리하였다.

탐사결과에 대한 속성 입력은 001 : 탐사, 002 : 불탐, 003 : 보완탐사 필요한 구간, 004 : 미탐사 관로, 005 : 확인으로 구분 관리하여 향후 기술이 발전된 탐사기가 개발되거나, 타 공사로 인하여 굴착이 시행될 경우에 구분된 속성에 따라 효율적으로 탐사계획을 시행하도록 관리하였다.

## 4. 상수도 지하시설물 탐사율 제고방안

### 4.1 기술적인 측면

상수도 지하시설물 탐사율 제고방안에 대한 기술적인 요인으로는, 먼저 탐사기에 대한 상세한 사용법과 탐사 매뉴얼을 숙지하여 상수도 재질에 맞는 가장 적합한 탐사를 시행해야 하고, 탐사에 영향을 주는 외부 환경요인을 파악하여 불탐의 요인을 사전에 제거하는 것이 중요하다. 또한, 탐사원들이 상수도 공사에 대한 기본적인 지식을 가지고 있어야 공사 준공도 등 관련 자료를 활용할 수 있기에 때

문에 그와 관련된 교육도 필요하다.

#### 4.1.1 최적 탐사시행

지하시설물에 대한 탐사는 탐사장비를 이용하기 때문에 탐사 장비의 유형별 특성을 파악하고 각 지하시설물 종류에 맞는 탐사장비를 선정하여 그에 맞는 탐사장비의 원리에 대한 이해와 각 장비에 대한 숙련된 노하우를 필요로 한다.

각 지하시설물 특성에 맞는 적절한 탐사기기를 선정하였으면 가장 효율적인 탐사방법을 동원하여 탐사를 시행해야 한다. 상수도 지하시설물 탐사 시 불탐이 예상되는 유형별로 효율적인 탐사방법을 제시하면 다음과 같다.

첫째, 인접한 타 관로의 간섭에 의한 자장 장애 시에는 탐사강도가 양호한 타 관로의 주파수대별 탐사를 실시하여 타 관로를 우선적으로 포착한 후, 상수도관로에 대하여 직·간접, 루프법에 의한 다각적인 탐사를 실시한다.

둘째, 신설 관로는 관로의 부식방지를 위한 도복 및 연결부의 고무링등에 의한 자장 전도의 장애로 인하여 연속적으로 탐사가 진행되지 않을 수 있으니 시차를 두어 탐사한다.

셋째, 탐사 강도가 미약한 구간에 재 탐사를 할 경우에는 비가온 뒤 약간의 습윤 상태가 유지될 때 현장탐사를 실시함으로써 자장의 흐름을 원활하게 유지하여 탐사 포착율을 향상시킬 수 있다.

넷째, 주택이 어떤도로에서 자장 전달이 원활하지 못하여 불연속적으로 불탐이 발생하는 구간에 대하여는 인입관, 계량기 등 접지시설물을 최대한 이용한 역 탐사를 시행한다.

다섯째, 동일선상에 타 관로가 중복 매설되어 수평 위치는 확인이 되나 상수도관위에 매설된 타 시설물의 심도가 탐사기 상에 포착되어 불탐이 유발되는 경우는, 양쪽 끝의 변실 심도를 참고하여 체인별로 분배 조정하고 그에 따른 현장 조사 현황도를 공공측량 성과심사 시 첨부하여 탐사로 인정받음으로서 탐사율을 향상 시킨다.

#### 4.1.2 환경적 불탐 요인 해소

상수도 지하시설물의 불탐 원인은 어느 한 분야에 집중되어 있지 않고 여러 가지 복합적인 요인에 의하여 발생하기 때문에, 탐사장비 사용법이나 탐사 방법도 잘 알아야겠지만 그 외에 외부 환경적인 요인도 고려하여야 한다. 직 간접으로 영향을 주는 외

부 환경적인 분야에 대한 탐사율 제고방안을 제시하면 다음과 같다.

1) 시설물 관리기관별로 기초 자료를 충실히 조사하여 면밀한 관망분석, 준공자료 분석등을 통하여 시각적인 자료를 현장 탐사에 최대한 활용함으로써 탐사율을 높일 수 있으며, 관로 설치 후 변실이 매몰되어 접지시설물이 없는 구간에 대하여는 일차적으로 매몰 변실을 탐사해야 하고, 상수도 불용관은 모두 철거가 되어야 하나 복잡한 도심의 교통난 및 고가의 비용 발생으로 땅속에 방치되는 경우 지하 시설물 탐사 시 오탐의 원인이 되기 때문에 가능한 철거하여야 한다.

2) 자동차전용도로의 차량소음 및 진동으로 인한 탐사장애 지역에 대하여는 차량소통이 적은 야간 시간대에 작업을 수행함으로써 소음 및 진동에 의한 불탐을 해소할 수 있고, 확인굴착에 의한 준공 검측 시 확인 굴착점을 불탐구간에 인접하여 선점함으로써 확인굴착에 의한 시설물 접지를 활용한 탐사로 접지 부재에 따른 불탐 구간을 탐사할 수 있다.

3) 탐사율 저하의 많은 비중을 차지한 비급속 관로에 대하여도 탐사기법 및 분석기법에 대한 연구를 체계화 하여 탐사자의 기술력을 향상시키고 제도적인 규정을 보완하여 대한 탐사율을 향상시켜야겠으며, 상수도 지하시설물 탐사 종사원들을 탐사에 임하기 전에 일정기간 상수도관로의 시공현장 교육을 실시하여 상수도 관로 매설에 대한 지식을 익힘으로서 상수도시설에 대한 종합적인 이해를 바탕으로 탐사율을 향상시킬 수 있고 판단된다.

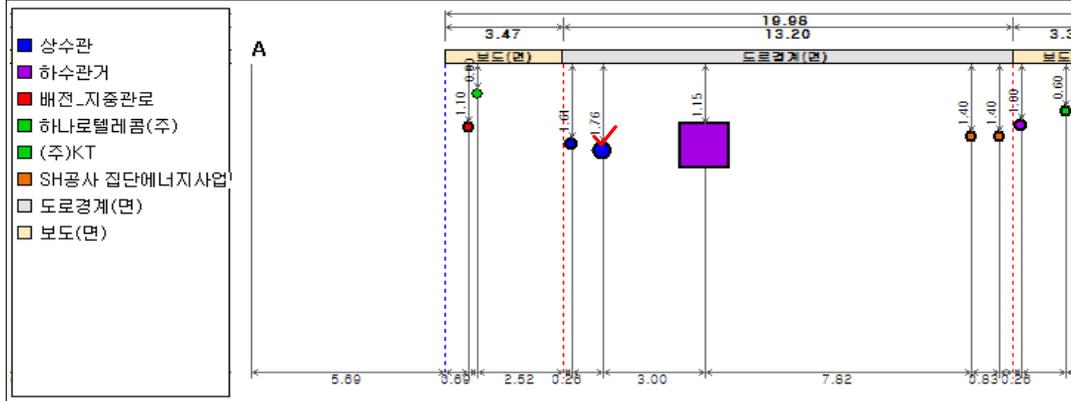
## 4.2 제도적인 측면

### 4.2.1 지하시설물 도로점용 규정 보완

현행 도로법은 도로에 지하시설물을 매설하기 위해서는 도로를 관리하고 있는 주무관청에 점용허가를 받도록 되어있다. 그러나, 지하시설물별로 설치 위치에 대한 기준이 정립되어 있지 않아, 동일 선상에 지하시설물을 상하로 중복 매설하고 타 시설물에 근접하여 매설함으로써 시설물 혼재로 인한 불탐 원인이 되고 있어, 지하시설물 매설에 따른 점용 공간을 도로 점용 기준에 지하시설물 별로 지정하여 지하시설물간에 중복되어 매설되지 않도록 해야 한다.

### 서울시 상수도 불탐 대장

사업명	상수도 GIS DB 정확도 개선사업		관리번호	동부-26	
작업지역	광진구 중곡동 290-4번지 앞 도로				
탐사결과 (최종)	관경	관종(년도)	연장(m)	사 유	
	ø 500	DCIP (1986)	불탐 준탐 47	관로 1m이내에 통신에 의한 자장장애로 위치 및 심도가 불확실하여 불탐처리, 교차 탐사 시 직 간접법을 이용한 탐사결과 탐사 가능하여 132.4m 정탐처리	
탐사현황	회별	탐사일	탐사장비	작업내용	탐사결과(m)
	1차	07월 03일	MPL-10	관로 1m이내에 통신에 의한 자장장애로 위치 및 심도가 불확실하여 불탐처리	불탐 준탐 132.4
	2차	09월 04일	RD4000	RD4000 탐사장비를 사용하였으나 MPL장비와 같이 불탐으로 나옴	불탐 준탐 132.4
	3차	10월 05일	MPL-10	교차 탐사 시 직 간접법을 이용한 탐사결과 탐사 가능하여 85.4m 정탐처리	불탐 준탐 47.0



현 장 대 리 인 : ○ ○ ○  
감 독 관 : ○ ○ ○

그림 4. 서울시 상수도 불탐 대장

#### 4.2.2 공공측량 성과심사 제도 보완

탐사에 대한 현행 공공측량 성과심사 제도는 전체 지하시설물 측량연장에 대하여 2%를 표본으로 선정하여 현장에서 심사자가 탐사하여 심사 요구 시 제출한 자료와 일치여부를 판단함으로써 적합 부적합을 판단하는 제도로 되어있으며, 심사하는 방법이나 탐사를 감지하는 감도에 대한 표준화가 되어 있지 않아 공정성에 대한 의문이 생기기도 한다. 정확하고 공정한 심사를 위해서는 심사에 대한 업무 표준화 규정이 제정되어야 하고, 탐사 숙련도에 따른 공인 자격제도를 도입하여 공정성의 시비를 막아야 한다.

또한, 현행 성과심사 규정의 지하시설물 측량의 위치 정확도 판정 기준은 현지에서 직접 탐사 및 측량하여 표준편차 80%를 적용하여 적, 부를 판단하게 되어있고 탐사율에 대한 가이드라인이 없다. 그리하여 사업을 발주하여 관리하고자 할 경우 탐사율을 어느 정도까지 목표하여 설계하고 준공해야 하는 점이 문제가 된다. 보다 적극적인 탐사율 향상을 위해서는 전체 지하시설물 측량연장과 급속, 또는 비급속 관로에 대한 탐사율 기준을 정해 주고, 이에 미달되는 사업에 대하여는 적절한 조치를 취하는 제도를 도입하여야 한다.

비급속 관로는 현실적으로 탐사를 시행하고 있지 않으나, 지하시설물 공공측량 수행 업체를 대상으로 한 면담 조사결과, 탐사를 시행하지 않은 원인으로 탐사를 하여도 공공측량 성과심사를 받기가 어렵다는 응답이 있었다. 이에 대한 대안으로 공공측량 작업규정에 비급속 관로에 대한 상세한 규정을 만들고 탐사대장 등 탐사에 대한 근거자료를 확보할 수 있는 수단을 강구하여, 수행 업체로 하여금 적극적으로 비급속 관로에 대한 탐사를 유도하고, 공정한 성과심사를 통하여 탐사율을 향상을 기대할 수 있다고 판단된다.

#### 4.2.3 탐사자 교육 제도화

우리나라는 현재 지하시설물 탐사분야에 대한 전문적인 학과가 없는 상태에서 탐사자는 현장에서 선임 탐사자의 노하우에 의존 하여 실력을 배양하고, 한국측량협회 및 사이버로 운영하는 국가 GIS 교육센터<sup>1)</sup>나 국가 GIS 거점 대학에서 시행하는 교육을 부 정기적으로 받고 있을 뿐이다.

탐사율은 현장의 환경 및 장비도 중요하지만 탐사원의 탐사 능력에 따라서도 좌우되기 때문에 탐사에 대한 체계적인 교육 과정을 신설하고, 지하시설물 공공측량에 투입되는 탐사원은 일정량의 교육을 필요로 하는 교육 이수제도를 도입하여 탐사원의 자질을 향상시키고, 궁극적으로는 탐사에 대한 국가자격제도가 도입되어야겠다.

### 4.3 탐사작업의 표준화

상수도 지하시설물에 대한 공공측량을 시행하려면 측량·수로조사 및 지적에 관한 법률 제17조 제2항 규정에 따라 먼저 국토지리정보원장이 고시한 공공측량작업규정을 준용하여 공공측량 작업계획서를 작성하여 국토지리정보원장에게 제출하여야 한다. 국토지리정보원장은 제출된 계획서의 타당성을 검토하여 그 결과를 공공측량 시행자에게 통지하고(법 제17조 제4항), 공공측량 시행자는 승인된 공공측량 작업계획서에 따라 사업을 시행하여 공공측량 성과를 얻은 경우 그 사본을 대한측량협회에 제출(법 제18조 제1항)하여 공공측량 성과심사 규정에 의한 성과심사를 하여(법 제18조 제3항) 고시함으로써 사업이 종료된다.

지하시설물 조사·탐사에 대한 품질관리는 공공측량 작업계획서에 내용이 포함되어야 실질적인 효과가 있을 것이나, 국토지리정보원에서 안내하는 공공측량 작업계획서 작성 요령에는 구체적으로 지하시설물 탐사방법 및 절차가 기술되어 있지 않아 사업시행자가 나름대로 탐사 매뉴얼을 만들어 사업관리를 하고 있다.

공공측량의 작업규정에 상수도 지하시설물의 조사·탐사에 대한 표준화된 매뉴얼을 제정하여 보완하는 것이 필요하다고 판단되어 공공측량 작업규정 보완에 필요한 탐사 작업의 표준화 방안을 계획단계부터 대장정리까지 순차적으로 정리하면 다음과 같다.

#### 4.3.1 계획 준비단계

지하시설물 조사 및 탐사 작업은 내업과 외업의 각기 다른 공정을 유기적으로 연결시켜 작업을 수행할 수 있도록 철저한 준비를 하여야 한다. 그러므로 계획 준비단계는 매우 중요한 업무라 할 수 있다.

세부계획을 작성하여 실행하기 위해 작업방법 및 품질관리 계획, 현장답사 및 기초자료 수집계획, 세

1) 사이버 국가 GIS 교육센터 (<http://ngis.go.kr/egis/>)

부공정 계획, 인원과 기기의 투입계획, 보안 및 안전관리 대책과 작업 착수 전 준비사항, 작업의 목적과 공기를 고려한 최선의 조사 및 탐사가 이루어지도록 총괄적인 업무체계를 수립한 후, 발주기관과 협의하여 세부적인 작업계획을 확정하고 준비하는 것을 말한다.

#### 4.3.2 조사단계

지하시설물의 탐사를 진행하기 위해서는 관련 지상시설물에 대한 조사가 병행되어야 하며, 지상시설물에 대한 조사과정에서는 기본도가 지닌 오류에 대한 사항을 점검하고, 누락된 시설물에 관한 기본적인 조사 및 내용 보완이 이루어진 후 지하시설물에 대한 조사, 탐사가 진행되어야 한다.

일반적으로 자료 조사의 가장 중요한 관점은 정확성, 정밀성, 융통성, 시간성, 완벽성, 호환성이다. 조사 자료의 항목으로는 지하시설물 위치가 표시된 각종 도면자료(관망도, 선로도, 평면도, 준공도면)의 위치정보와 이들 지하시설물에 대한 속성정보를 알 수 있는 관리대장(관의 재질, 설치년도, 보수이력, 관리기관)이 있다.

지하시설물에 대한 조사를 시행하기 위하여 먼저 도로시설 및 맨홀 내부 조사 작업을 할 경우 제반 안전관리에 유의하도록 안전 장비를 착용 및 설치하고 필요시 관계기관의 협조를 얻도록 한다. 다음으로 자료조사 내용이 수록된 1:500의 기본도를 준비하고, 대상지역에 대한 사전답사가 필요할 때는 조사지역을 답사하여 도로 교통상황과 도로굴착지점, 포장공사지점, 지하철공사지역 등의 상황을 조사하여 작업계획을 수립해야 하며, 지하 시설물탐사에 영향을 주는 지상 장애물을 조사하여 탐사에 적합한 탐사시기 및 탐사방법을 강구한다.

지상시설물의 위치 및 상태가 출력한 지형도의 현지 내용과 일치하는지를 확인하고, 도로 덧씌우기 공사 등으로 인하여 변실이 매몰되어 지상 위치를 알 수 없을 때는 탐지기에 의하여 매몰된 변실위치를 표시하여 지하시설물 탐사 시 위치측량을 병행할 수 있도록 하며, 조사단계를 순서대로 정리하면 다음과 같다.

- 1) 조사 시 필요한 제반 안전사항을 확인한다.
- 2) 축척 1 : 500의 가편집도를 준비한다.
- 3) 작업지역에 대한 사전조사를 시행한다.
- 4) 조사 대상 및 항목의 적정성 검토한다.

- 5) 조사팀의 인원 투입계획서를 작성한다.
- 6) 기 작성한 조사도면으로 현장을 확인한다.
- 7) 노출된 지상·지하시설물에 대한 현지조사를 시행한다.
- 8) 매물 변실은 탐사기로 탐사하여 위치를 확인한다.
- 9) 탐사지역의 지형·지물에 대한 현지 보완 측량을 시행한다.
- 10) 상기 조사한 사항을 1:500 기도(基圖)에 정리한다.

#### 4.3.3 탐사단계

- 1) 탐사 대상물별로 재질에 따라 금속관로 탐지기, 비금속 관로 탐지기, 맨홀 탐지기 등 적정 탐사장비를 선택한다.
- 2) 송신기는 정확한 주파수를 설정하고, 리드선, 케이블 등은 교통에 지장이 없도록 설치한다.
- 3) 지하시설물의 매설위치 및 매설깊이 탐사는 동시에 이루어지도록 하고 관중, 관경, 설치년도 등은 조사 자료를 이용한다.
- 4) 측정위치는 직선부는 20m 마다 측정함을 원칙으로 하되, 타 시설물에 의한 위치 변화(우회)와 심도변화(상, 하)가 있는 경우는 최소 0.5m 간격으로 정밀 측정한다.
- 5) 탐사에 의하여 측정된 평면위치와 깊이는 위치측량을 할 수 있도록 노면에 표기한다.
- 6) 횡 방향 지하시설물의 매설 현황을 파악하고자 할 경우에는 횡 방향 탐사장비(지중레이다 장비) 등을 이용하여 횡 방향 탐사를 실시한다.
- 7) 지하시설물에 대한 탐사를 완료할 때는 작업조서를 작성하고 이에 서명 날인한다.
- 8) 작업조서에 기재되는 사항은 작업일자, 작업내용, 작업장비, 작업방법, 작업자의 인적사항과 탐사기의 능력의 범위를 초과하는 지하시설물을 탐사하는 것이 기술적으로 곤란한 경우에는 그 지역의 위치와 사유를 정확하게 작성한다.

#### 4.3.4 대장정리 단계

지하시설물 탐사 성과는 지하시설물 탐사 시 수집한 관련자료, 노출된 지하시설물에 대한 조사 결과를 정리한 도면, 지하시설물 원도, 작업조서 등과 그 외 탐사 시 사용된 기타자료 등을 말하며 지하시설물에 대한 측량을 완료할 때에는 작업 방법별로 대장조서를 작성하고 이에 서명 날인한다.

작업조서 기재내용은 1)작업일자 2)작업내용 3)사용기기 4)작업방법 5)작업자의 인적사항을 기록하며, 현장의 제반 여건상 탐사가 불가능한 시설물은 ‘불탐’으로 구분하고 불탐의 원인을 파악하여 불탐대장을 작성하며, 양식은 서울시 상수도 GIS 사례에서 작성한 ‘서울시 상수도 GIS 불탐대장’을 준용하여 작성한다.

## 5. 결론

본 연구는 상수도 지하시설물에 대한 탐사율 제고방안을 제시하기 위하여 상수도 지하시설물을 대상으로 탐사율과 관련된 통계적으로 나타난 자료를 분석하고, 탐사관련 전문가 면담 및 서울시 상수도 GIS 사례 조사를 통하여 다음과 같이 탐사율 저하 원인 및 탐사율 제고방안에 대한 연구결과를 얻을 수 있었다.

첫째, 7대 지하시설물 측량에 대한 대한측량협회의 공공측량 성과심사 결과를 분석한 결과 상수도 지하시설물의 탐사율이 가장 낮았다.

둘째, 지방상수도 지하시설물 측량 시 비금속 관로는 탐사를 하지 않고 있다. 비금속 관로를 탐사하지 않은 이유는, 탐사 결과가 불확실하고 비금속 탐지기로 탐사를 하여도 공공측량 성과심사 규정이 불확실 하여 성과심사를 받기가 어렵기 때문으로 조사되었다.

셋째, 상수도 지하시설물의 탐사율이 낮은 이유는 비금속 관로 비율이 많고, 탐사에 대한 세부 매뉴얼이 없으며, 탐사율에 대한 규정이 없기 때문에 적극적인 탐사를 유도하기가 어렵기 때문이다.

넷째, ‘서울시 상수도 GIS’ 사례 조사결과 조사와 탐사를 체계적으로 시행하여 탐사율을 높일 수 있었으며, 불탐에 대한 환경적 원인은 인접한 매설관의 영향, 고심도에 의한 탐사불가, 지상 장애물에 의한 순으로 조사되었다.

다섯째, 탐사율을 높이기 위해서는 조사·탐사에 대한 업무 표준화 지침을 만들어 체계적인 탐사를 시행해야 하며 이에 대한 제도적인 보완이 필요하고 판단되어, 본 논문에서는 최적의 탐사 시행 방법을 기술하고, 제도적인 측면에서 보완해야 할 사항으로 지하시설물 탐사의 표준화 작업 내용을 순차적으로 기술하였다.

향후, 상수도 지하시설물의 탐사정확도를 더욱 높

이기 위해서는 비금속 관로 탐사에 대한 연구와 더불어 인접한 지하시설물 관로에 대한 간섭 정도에 관한 추가적인 연구가 필요하다고 판단된다.

## 참 고 문 헌

- [1] 건설교통부, 2006, “제2차 국가 GIS 사업 백서”, pp. 138-142.
- [3] 국토연구원, 1999, “지하시설물 측량의 정확도 제고방안” p. 14.
- [3] 국토연구원, 2000, “지하시설물도 전산화사업 성과분석 연구”, pp. 75-78.
- [4] 권지순, 2008, “지하시설물도 품질 개선방안에 관한 연구”, 경기대학교 산업정보대학원공학석사학위 논문.
- [5] 김상도, 2008, “도시기반시설물(지하)의 위치 정확도 판정 기준 상향에 관한 연구”, 경기대학교 산업정보대학원 공학석사학위 논문.
- [6] 대한측량협회, 2003, “지하시설물 조사 및 탐사실무”, pp. 126-173.
- [7] 신동빈·박경호·김지홍, 2002, “지하시설물도 데이터베이스의 품질향상에 관한 연구”, 국토연구 제34권, pp. 129-148.
- [8] 신영철, 2005, “지하시설물 탐사 포착률 향상에 관한 연구”, 경기대학교 산업정보대학원 공학석사학위 논문.
- [9] 신윤수, 2006, “시설물의 위치정확도 비교 연구”, 서울시립대학교 도시과학대학원 공학석사학위 논문.
- [10] 고광철·김은형, 2002, “지자체 GIS 추진 및 운영 모델에 관한 연구”, 한국공간정보시스템학회논문지, 제4권 제2호, pp. 5-22.
- [11] 이용욱·허민·이재원·배경호, 2007, “지하시설물도 현황 및 정확도 분석에 관한 연구” 한국측량학회지, 제25권 제3호, pp. 223-230.
- [12] 임원식, 2007, “지하시설물도 오류 유형 분석에 관한 연구”, 서울시립대학교 도시과학대학원 공학석사학위 논문.
- [13] 정재훈, 2004, “지하시설물 측량 개선방안 연구”, 서울시립대학교 도시과학대학원 공학석사학위 논문.
- [14] 광태식·김계현·최준훈, 2005, “GIS 감리방법론의 정립에 관한 연구”, 한국공간정보시스템학회논문

지, 제7권, 제2호, pp. 15-27.

[15] 환경부, 2008, “상수도 통계연보”

논문접수 : 2010.09.06

수정일 : 2010.10.06

심사완료 : 2010.10.18



김재명

2006년 충남대학교 토목공학 공학사  
2008년 충남대학교 대학원 지형정보공학 및 건설관리학 공학석사  
2010년 서울시립대학교 대학원 공간정보공학 박사수료



이병운

2005년 서울산업대학교 토목공학 공학사  
2010년 서울시립대학교 도시과학대학원 공학석사  
1986년~현재 서울시 상수도사업본부



최윤수

1992년 성균관대학교 대학원 공학박사  
1994년 측량 및 지형공간정보기술사  
2008년~현재 한국공간정보학회 부회장  
2001년~현재 서울시립대학교 공간정보공학과 정교수



윤하수

2007년 서울시립대학교 지적정보학 공학사  
2009년 서울시립대학교 대학원 공간정보공학 공학석사  
2009년~현재 서울시립대학교 대학원 공간정보공학과 박사과정