

# 지하시설물도 현황 및 정확도 분석에 관한 연구

## A Study on Status and Accuracy of Underground Facilities Maps

이용욱<sup>1)</sup> · 허민<sup>2)</sup> · 이재원<sup>3)</sup> · 배경호<sup>4)</sup>

Lee, Yong Wook · Heo, Min · Lee, Jae One · Bae, Kyoung Ho

### Abstract

As the centralization of city, underground facilities is increasing and being more important. Although the importance of underground facilities map has been emphasized, there were many accidents related underground facilities. The inaccuracy of existing data and the carelessness of management caused many accidents. It is very important to update and to have high quality accuracy of underground facilities maps. But the underground facilities maps are mapped and updated by each institutes. So it is difficult to verify the accuracy of the data. In this study, Field Test is performed to analyze the horizontal accuracy of existing maps using Electromagnetic Induction Method, Total Station and GPS. Surveying of underground facilities in Seoul was performed for 6 institutes of underground facilities during 3 years. The aim of this study is to verify the horizontal accuracy of data and to improve the accuracy of underground facility maps. As the result of analysis, the horizontal accuracy of 6 underground facilities management institutes is 73 cm (2004), 78 cm (2005) and 75 cm (2006).

Keyword : Underground Facilities Map, Horizontal Accuracy, GPS

### 초 록

도시의 집중화로 지하시설물이 폭발적으로 증가하였으며, 그에 따른 지하시설물도의 중요성이 부각되고 있다. 하지만, 부정확한 지하시설물도와 지하시설물에 대한 관리부재로 인하여 크고 작은 사고가 계속하여 발생하고 있는 실정이다. 또한 지하시설물도는 자료의 최신성과 정확성이 확보되어야 하나, 현재의 지하시설물도는 각 기관별 작성 및 갱신체계를 가지고 있어, 자료의 최신성과 정확성을 검증하기 힘든 상황이다. 따라서, 본 논문에서는 서울특별시에 소재한 6대 유관기관의 지하시설물도 위치정확도를 분석하기 위해 3년간 지하시설물에 대한 현장 조사/탐사 작업과 기준점에 기반한 위치측량을 수행하였다. 이를 바탕으로 연차별, 기관별 지하시설물도의 위치정확도를 비교분석하였으며, 그 결과 지하시설물도의 평균 73cm(2004), 78cm(2005) 그리고 75cm(2006)의 위치정확도 결과값을 획득하였다.

핵심어 : 지하시설물도, 위치정확도, GPS

## 1. 서 론

사회기반시설물인 지하시설물은 도시의 집중화로 인해서 수가 폭발적으로 증가하였으며, 지하시설물도 역시 공공의 안전성과 필요성에 의해 중요성이 그 어느 때보다 부각되고 있는 실정이다. 하지만 94년 12월 아현동 도시가스공급기지 폭발사고, 95년 4월 대구 지하철공사장 가

스폭발사고 등에서 알 수 있듯이 부정확한 지하시설물도와 체계적인 관리부재로 인해 크고 작은 사고가 계속 발생하고 있으며, 많은 인명, 재산상의 피해를 야기하고 있다(손홍규 등, 2004).

이런 문제점을 극복하기 위해 서울특별시에서는 1995년 서울시 GIS 기본계획을 수립하여 현재 “지하시설물 통합정보시스템”을 운영하고 있다. 그러나, 현재 지하시설물도

1) 정희원 · 대한측량협회 측량정보기술연구원 책임연구원, 공학박사(E-mail:ywlee@kasm.or.kr)

2) 정희원 · 대한측량협회 측량정보기술연구원 연구부장(E-mail:heomin61@gmail.com)

3) 정희원 · 동아대학교 토목해양공학부 교수, 공학박사(E-mail:leejo@dau.ac.kr)

4) 연결저자 · 정희원 · 대한측량협회 측량정보기술연구원 선임연구원, 공학박사(E-mail:khbae@kasm.or.kr)

표 1. 서울특별시 지하시설물 DB구축현황

구분	관리기관	구축연장
상수	서울시(상수도사업본부), 수자원공사	16,746km
하수	서울시(하구계획과)	10,157km
전기	한국전력공사 (송전, 배전)	2,751km
통신	KT, 하나로통신, 데이콤, 서울특별시(e-Seoul Net)	10,404km
가스	가스공사, 강남·극동·대한·서울·한진도시가스	11,806km
난방	한국지역난방공사, SH공사	823km
계	16개 기관	52.687km

는 각 기관별 작성 및 갱신체계를 구비하고 있어 정확성과 최신성을 객관적으로 검증하기가 어려운 상황이다.

표 1은 2006년 12월 현재 서울특별시의 지하시설물 통합정보시스템에 등록된 6대 지하시설물에 대한 DB구축현황이다. 총 연장은 52,687km이며 서울특별시에서 상수, 하수, 통신(e-Seoul Net)의 3개 기관에서 관리하며, 나머지 지하시설물에 대해서는 유관기관에서 각기 관리하고 있다.

따라서 본 논문에서는 서울특별시의 6대 지하시설물도에 대한 정확도 검증을 위하여 서울특별시의 18개 자치구에 대하여 2004년부터 2006년까지 3년동안 서울특별시 전체 지하시설물의 약 0.6%에 해당하는 총 318km 연장에 대한 지하시설물 조사/탐사 작업을 수행하였다.

## 2. 지하시설물 측량 방법

상수, 하수, 전기, 가스, 난방 및 통신시설 등의 지하시설물은 국민생활에 필수적인 도시기반시설이며, 사회적

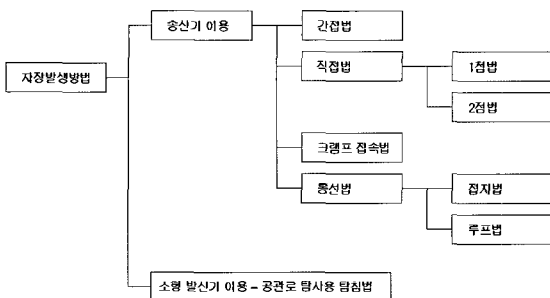


그림 1. 전자유도 탐사법 분류

활을 영위하기 위한 기초시설로서 주로 지하에 설치되어 있기 때문에 관리나 확인이 어렵다는 문제점을 가지고 있다. 이들 시설물들을 조사하는 방법으로는 전자유도 탐사법, 지중레이다 탐사법, 음파 탐사법, CCTV 카메라 조사법 등이 있다(이강원, 1995).

### 2.1 전자유도 탐사법

전자유도탐사법(Electromagnetic induction method)은 전도체가 전기가 흐르면 도체 주변에 자장이 형성된다는 전기장 법칙에 따라 전류가 통하는 물체는 동심원적인 자장을 형성하며, 그 크기는 전류의 강도 및 거리에 따라 좌우되는 원리에 기초한다. 전자유도탐사기법은 지표로부터 매설된 금속관로 및 케이블을 탐지와 탐침(Sonde)을 이용한 공관로 혹은 비금속관로를 탐지할 수 있으며, 장비 가격이 비교적 저렴하고 조작이 용이하며 운반이 편리하여 지하 시설물 탐지기법 중 가장 보편적으로 이용되는 방법이다(박운용 등, 2003).

### 2.2 지중레이다 탐사법

지중레이다(GPR : Ground Penetration Radar)란 전자파의 전파와 반사파의 성질을 이용하여 지중의 각종 현상을 밝혀내는 기법으로, 1970년대 이전에는 주로 남극과 북극의 빙하 두께측정에 사용되었으나, 이후에 Annan과 Davis에 의하여 지반조사에 응용되기 시작하면서 1980년대 이후에 상업적 이용이 가능해진 기술이다. 또한 이 방법은 전자파가 지하매질을 전파해 나갈 때 전자파는 반사를 하게 되고 반사되어 온 전자파를 수신하여 전자파의 경로 시간과 전자파의 속도로 반사가 일어난 곳의 위치를 확인하는 것이다. 탐사 방법은 지표에서 전자파를 지하에 반사시켜 탐사를 수행하는 것으로 전자파가 일차적으로 통과하게 되는 표토층의 전기 전도도가 비교적 높아 이 표토층에서 전자파의 감쇠가 많이 일어나 지표아래 심부까지의 탐사가 불가능하며, 대략 30m 정도가 한계 심도라고 알려져 있다(문두열 등, 2002 ; 이종출 등, 2003).

## 3. 지하시설물 조사/탐사 작업

### 3.1 지하시설물도 최종정확도

현재, 지하시설물도의 정확도는 공공측량의 작업규정 세부기준에는 명확하게 정의되지 않고 있다. 하지만 탐사 장비의 위치허용범위 20cm(공공측량의작업규정세부기준 제 303조), 위치측량의 허용오차 10cm(공공측량의작업규

정세부기준 운용세척 제 169조), 정위치 편집 정확도 20cm(공공측량의작업규정세부기준 제 332조)를 고려한다면 1/1,000 지하시설물도의 최종 정확도는 30cm 이내여야 한다(대한측량협회, 2002).

$$\begin{aligned} & \sqrt{(\text{탐사오차})^2 + (\text{측량오차})^2 + (\text{입력오차})^2} \\ & = \sqrt{(20\text{cm})^2 + (10\text{cm})^2 + (20\text{cm})^2} \\ & = 30\text{cm} \text{ (최종정확도)} \end{aligned}$$

### 3.2 연구대상지

지하시설물도의 현황 및 정확도 분석을 위해 서울특별시의 대부분의 지역이 포함될 수 있도록 18개 자치구를 연구대상지역으로 선정하였으며 자치구당 20개의 대상구간을 선정하였다. 대상구간은 평균 150~200m이며 선정 기준은 상수, 하수, 전기 등 각 지하시설물이 분포되어있으며, 탐사장비의 특성을 고려 및 인접지역 등 현장여건을 감안하여 선정하였다.

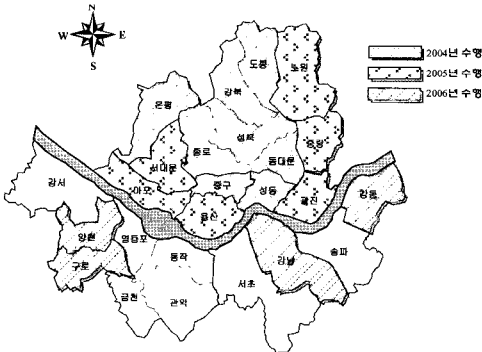


그림 2. 연구대상지 선정



그림 3. 대상구간 선정

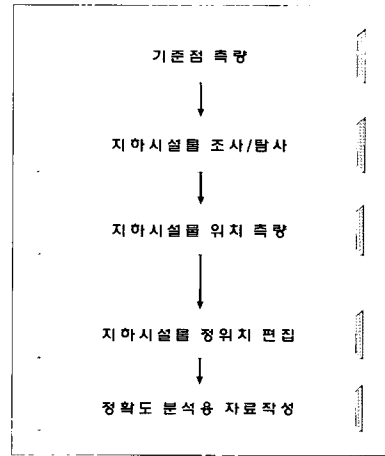


그림 4. 현장작업수행 흐름도

그림 2와 그림 3은 연구대상지역과 대상지 내의 구간 선정을 나타낸 그림이다.

또한 조사/탐사된 지하시설물의 위치측량을 위하여 구간 내 시통가능한 기준점을 각 구간당 2개씩 매설하였으며, 서울시 소유의 1급, 2급 도시기준점을 이용한 DGPS 기법을 이용하여 성과값을 산출하였다.

대상구간 내 조사/탐사 및 위치측량을 수행하였으며, 이 때 측량 결과의 신뢰성 향상을 위해 도로선형 등 주위 현황에 대한 보완측량을 실시하였다. 이는 기관별 입수한 1/1,000 수치지도와 지하시설물도와 비교분석하기 위함이다. 분석용 자료는 선정된 대상구간에서 20.0m 간격으로 기존의 지하시설물도와의 정확도를 비교분석하였다.

측량결과는 정위치 편집작업을 통하여 최종 정확도 분석자료를 산출하였으며 각 시설물별, 연차별 분석을 수행하였다.

## 4. 지하시설물도 현황 및 정확도 분석

지하시설물도의 정확도 분석은 6대 지하시설물에 대한 시설물별 정확도 분석과 함께 3년 동안의 연차별 정확도 분석을 실시하였다. 이는 특정지역과 특정시기가 아닌 전반적인 지하시설물도의 정확도 분석을 조사하기 위함이다.

### 4.1 시설물별 현황 및 정확도 분석

시설물별 정확도 분석에는 2006년 자료를 이용하여 도식화하였으며 오차구간별 개체발생수를 산출하였다. 그림 5에서 그림 15까지는 오차구간 1.0m이하는 10cm간격

으로 도식화하였으며, 1.0m 초과값에 대해서는 1.0m간격으로 도식화한 것이다.

#### 4.1.1 상수

상수도 관망은 서울특별시 상수도 사업본부에서 관리하고 있으며, 1996년부터 1/500 관로도를 작성하였다. 그러나, 초기 DB 구축시 부정확한 작업과 지저측량에 의존한 작업으로 인해 정확도가 비교적 낮은 지하시설물도를 구축하였다.

연구대상지역의 지하시설물도를 분석한 결과 0.69m(06년), 0.89m(05년) 그리고 0.79m(04년)의 평균정확도를 획득하였으며, 1/1,000 지하시설물도의 최종정확도를 만족시키지 못함을 알 수 있었다.

그림 5는 2006년 상수의 지하시설물도 정확도를 나타내는 것으로 오차값이 증가할수록 개체발생수가 감소함을 알 수 있었다.

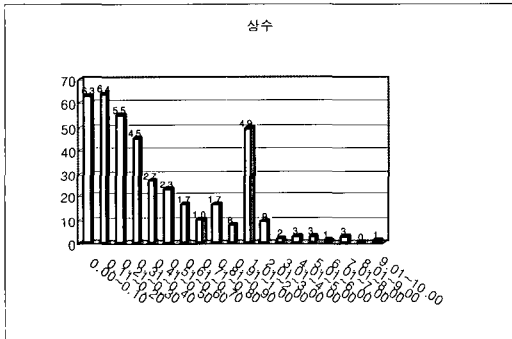


그림 5. 상수

#### 4.1.2 하수

하수의 지하시설물은 지자체의 하수도과에서 관리를 하며, 1996년부터 하수도 기본계획에 의해 DB를 구축하였다. 하수의 가장 큰 특징으로 흠관, 암거 등 하수관로는 대부분 직진성을 보유한 관망으로 맨홀 등의 지상구조물에 의한 측량으로 대체적인 지하시설물 조사/탐사가 가능하다. 따라서, 다른 지하시설물도에 비하여 정확도가 높음을 알 수 있었다.

평균정확도는 0.37m(06년), 0.31m(05년) 그리고 0.38m(04년)이며, 비교적 정확도가 높지만 최종정확도는 만족하지 못하고 있는 실정이다. 그림 6은 2006년 하수의 지하시설물도의 정확도를 나타낸 것이다.

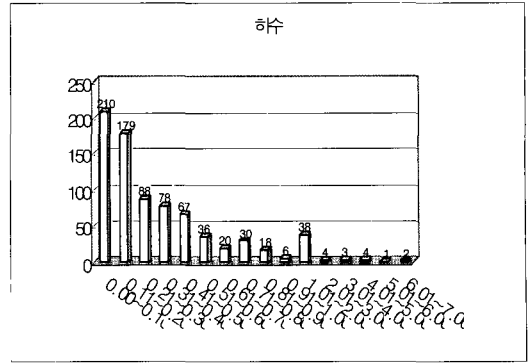


그림 6. 하수

#### 4.1.3 전기

전기는 한국전력공사에 관리하여 현재 기준점 기반의 위치측량을 실시하여 DB 구축중이다, 하지만 04년 평균정확도보다 점진적으로 향상됨을 알 수 있었으나, 최종정확도는 만족 못하고 있는 실정이다.

평균정확도는 0.44m(06년), 0.51m(05년) 그리고 0.50m(04년)이다.

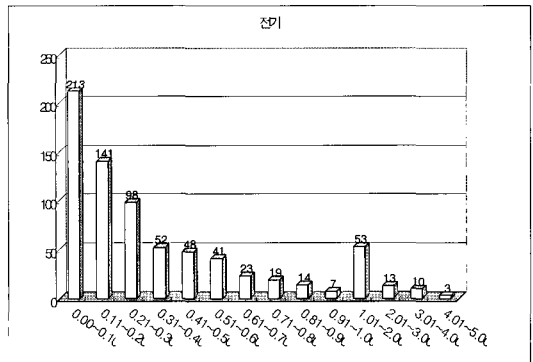


그림 7. 전기

#### 4.1.4 통신

통신은 한국전기통신공사(KT), 데이콤, 하나로 통신, 파워콤 및 e-Seoul Net 등 각 기관에서 개별관리하고 있다.

아래 그림에서도 알 수 있듯이 타 지하시설물은 오차값이 증가할수록 개체발생수가 줄어들지만, 통신에서는 오차크기에 상관없는 개체발생수를 보인다. 이는 지하시설물도의 정확도가 상대적으로 낮을뿐만 아니라 개체발생의 경향도 불특정하게 나타남을 의미한다. 이런 이유는 통신관로의 특성상 유연성으로 인하여 매설시 지장물이 존재하면 유연하게 매설되기 때문으로 사료된다.

06년 평균정확도는 1.61m(KT), 1.38m(하나로), 0.31m

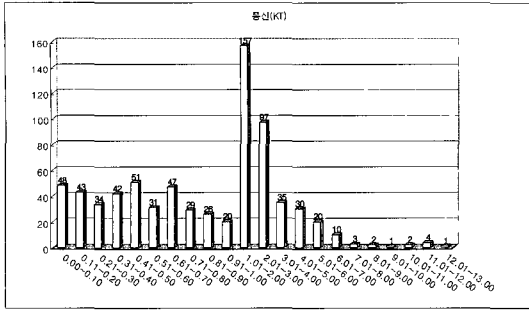


그림 8. 통신(KT)

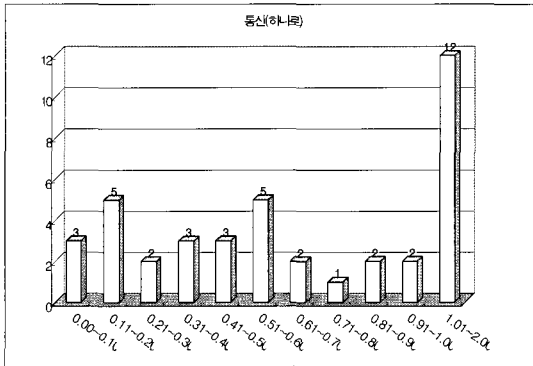


그림 9. 통신(하나로)

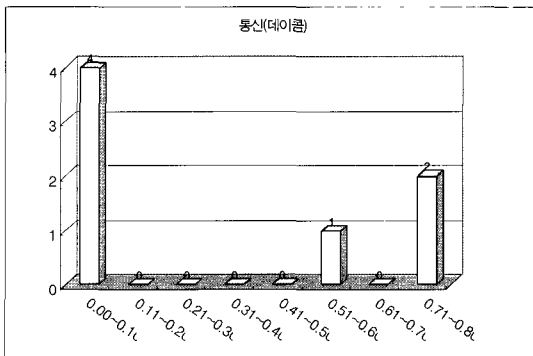


그림 10. 통신(데이콤)

(데이콤), 0.85m(파워콤)이다.

특이사항으로, 데이콤의 정확도가 일시적으로 좋게 나타나는 것은 한 구간에서만 대한 조사/탐사가 이루어졌기 때문이다.

#### 4.1.5 가스

가스는 한국가스공사, 서울가스, 강남가스 등에서 개별 관리하고 있다. 가스는 공공의 안정성과 직결되므로 타 지하시설물도보다 높은 정확도를 확보하여야 한다. 따라

서 한국가스공사는 현재 기준점기반의 위치측량을 실시하여 DB를 구축하고 있으며, 그 결과 지하시설물도 역시 정확도가 높은 편이다.

06년 평균정확도는 0.13m(한국가스공사), 0.41m(강남가스), 0.35m(대한), 0.45m(서울)로 타 지하시설물도에 비해 대체적으로 높은 정확도를 보이고 있다. 하지만 1/1,000 지하시설물도의 최종정확도를 만족하는 것은 한국가스공사의 지하시설물도이며 다른 기관의 가스의 지하시설물도는 최종정확도를 만족하지 못하고 있는 실정이다.

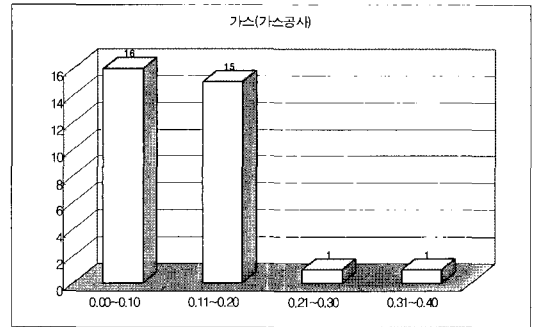


그림 11. 가스(가스공사)

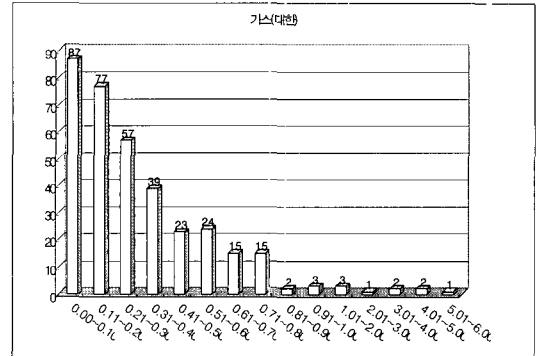


그림 12. 가스(대한)

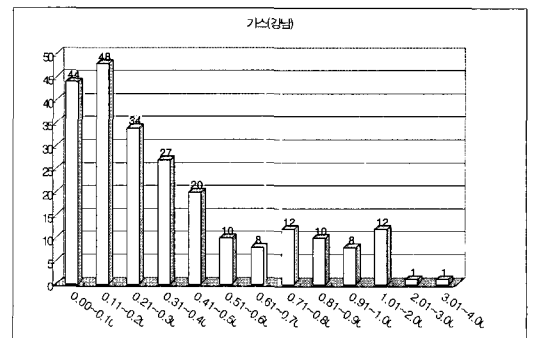


그림 13. 가스(강남)

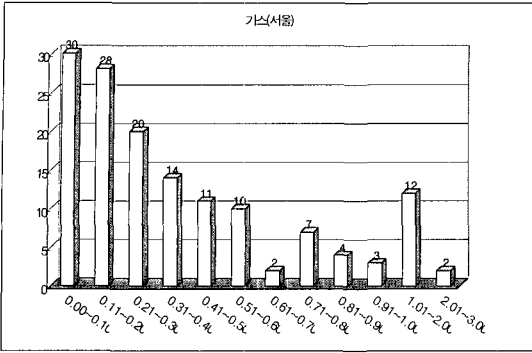


그림 14. 가스(서울)

#### 4.1.6 난방

난방은 한국지역난방공사와 SH공사에서 관리하고 있다. 현재 SH공사에서는 자체적으로 지하시설물도에 대한 DB구축과 기 구축된 DB를 갱신하고 있다, 본 연구에서는 SH공사의 지하시설물도는 상대적으로 높은 정확도를 보였지만, 한 구간에서 큰 오차값을 보였다.

전체 난방의 지하시설물도를 분석한 결과, 통신관로에 서처럼 개체발생수가 오차구간에 상관없이 발생함을 알 수 있었다. 이는 오차분포의 통일성이 없으며 지하시설물도의 정확도 역시 떨어짐을 말하는 것이다.

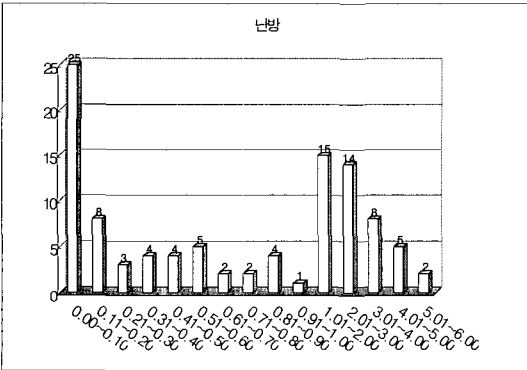


그림 15. 난방

그림 16은 6대 지하시설물에 대한 백분율 누적분포도이며, 오차값의 증가에 따른 개체발생수를 누적하여 나타내고 있다. 20cm간격으로 도식화하였으며, 최대 3.0m까지의 누적분포를 나타내고 있다.

가스, 하수, 전기, 상수는 누적분포도가 포물선 형태로 오차가 증가할수록 누적율이 낮아짐을 알 수 있으나, 통신 및 난방의 경우에는 거의 직선형태의 누적분포도를 보

인다. 이는 각 오차구간에서 개체발생수가 골고루 나타남을 의미한다.

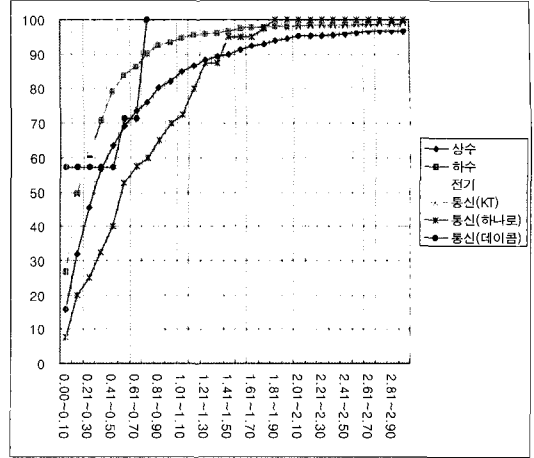


그림 16. 백분율 누적분포도(상수, 하수, 전기, 통신)

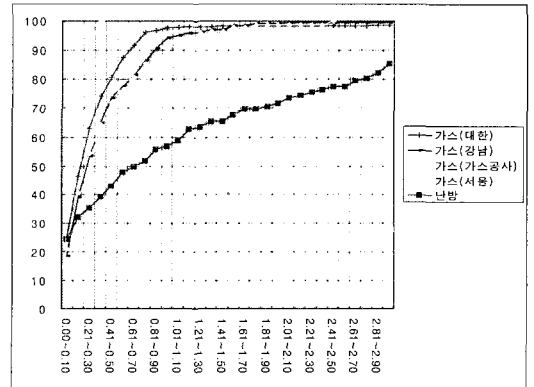


그림 17. 백분율 누적분포도(가스, 난방)

표 2는 2006년도 지하시설물도의 정확도로서, 오차값의 크기에 따른 개체발생수의 백분율을 나타낸 것이다. 표에서 알 수 있듯이, 전체 오차값의 80%에 해당하는 크기 역시 가스(가스공사)의 정확도뿐이었다.

#### 4.2 연차별 정확도 분석

다음은 각 기관별 연차별 평균값을 나타내고 있다. 전체적인 평균값은 04년 사업에서는 0.73m, 05년 사업에서는 0.78m 그리고 06년 사업에서는 0.75m로 비슷한 결과값을 획득하였다. 또한 시설물별 평균 정확도 역시 비슷한 결과값으로 판명되었다. 특이사항은 통신(데이콤)의 경우는 06년 사업에서는 하나의 구간에 대한 조사/탐사

표 2. 기관별 분석 결과

오차 (m)	상수	하수	전기	KT	하나로	데이콤	가스 (대한)	가스 (강남)	가스 (가스공사)	가스 (서울)	난방
0.3	46%	61%	61%	17%	25%	57%	63%	54%	97%	55%	35%
1	82%	93%	89%	51%	70%	100%	97%	94%	100%	90%	57%
3	97%	99%	98%	85%	100%	100%	99%	100%	100%	100%	85%
80%	0.9m	0.51m	0.5m	2.5m	1.2m	0.7m	0.5m	0.7m	0.2m	0.7m	2.8m

표 3. 연차별 분석 결과

	상수	하수	한전	KT	하나로 통신	데이콤	파워콤	가스 공사	극동 가스	강남 가스	대한 가스	한진 가스	서울 가스	지역 난방	SH 난방	난방	난방 (측량)	전체
06년	0.69	0.37	0.44	1.61	1.38	0.31		0.13		0.41	0.35		0.45	2.10	0.73			0.75
05년	0.89	0.31	0.51	1.57	1.09	1.35	0.85	0.14	0.33			0.60	0.54			1.33	0.18	0.78
04년	0.79	0.38	0.50	1.34	1.22	1.13		0.29	0.45			0.73	0.81			0.39	0.39	0.73

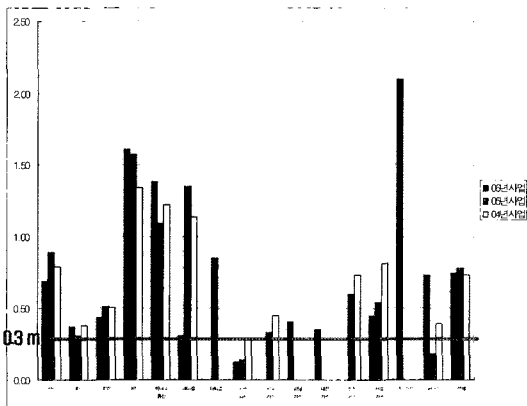


그림 18. 연차별 분석결과

가 이루어졌기 때문에 일시적으로 정확도가 높게 나타나고 있다. 또한 SH난방에서는 04년과 05년에 별도의 조사, 탐사작업을 수행하여 그 결과값을 반영하였으므로 정확도가 향상되었다. 06년 자료에서도 전반적으로 0.3m이하의 정확도를 유지하였지만, 특정구간에서 높은 값을 보임으로써 평균 정확도가 0.73m였다.

표 3과 그림 19는 04년, 05년 그리고 06년의 시설물별 정확도 분석결과를 나타내고 있다.

## 5. 결 론

본 연구에서는 서울특별시에 소재한 6대 유관기관의 지하시설물을 3년간 연차별, 시설물별 정확도 분석을 수

행하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 지하시설물도의 위치정확도는 명확하게 규정되어 있지 않고 있으나, 탐사장비와 위치측량의 허용오차 및 정위치 편집 정확도를 고려하면, 1/1,000 지하시설물도의 최종 정확도는 30cm 이내여야 함을 알 수 있었다.

2. 서울특별시에 소재한 6대 유관기관의 지하시설물에 대한 3년 동안의 연차별 분석 결과는 비슷한 결과값을 획득하였다. 이는 초기 작성된 지하시설물도의 갱신 및 정확도가 크게 향상되지 않고 있음을 의미한다.

3. 시설물별 정확도 분석 결과는 가스, 하수, 전기, 상수, 난방, 통신으로 순으로 정확도가 높음을 알 수 있었다.

4. 시설물별 위치정확도에서 최종 정확도 30cm를 만족하는 지하시설물도는 가스공사이며, 타 기관의 지하시설물도는 최종 정확도를 만족시키지 못하는 상황이었다.

이상의 결론으로 현재 지하시설물도의 위치정확도는 개선되어야 하며, 이를 위해 각 기관별 지하시설물도의 최신성과 정확성을 확보하여야 한다. 굴착현장측량 등의 수시갱신체계과 더불어 도시기준점 체계 정비 및 기준점 밀도가 증가된다면 지하시설물도의 정확도 향상에 기여할 것으로 사료된다.

## 참고문헌

- 대한측량협회 (2002), 공공측량작업규정.
- 문두열, 이용희, 신병철 (2002), GPR의 매설물 검출 능력 측정에 관한 연구, 한국측량학회, 제 20권 제 1호, pp. 77-84.
- 박운용, 이종출, 정성모 (2003), RTK-GPS를 이용한 지하시설물의

위치 정확도 분석, 한국측량학회, 제 21권 제 3호, pp. 237-243.  
손흥규, 한춘득, 김기홍, 손덕재 (2004), 지상·지하시설물의 위치  
정보 신뢰성 분석, 한국측량학회 학술발표대회, pp. 405-410.  
이강원 (1995), 지하시설물 조사 실무 효율화 방안, 한국지형공  
간정보학회 GIS Tutorial 자료집, pp. 159-182.

이종출, 이영대, 이현재, 장호식 (2003), 지하레이더를 이용한 고  
고학적 유적지 탐사에 관한 연구, 한국측량학회 춘계학술발  
표대회, pp. 513-516.

---

(접수일 2007. 5. 19, 심사일 2007. 5. 23, 심사완료일 2007. 6. 26)