

# UTIC System을 이용한 지하매설물 자료기반 구축에 관한 연구 A Study on the Underground Utilities Data Base by UTIC System

이재기\* · 최석근\*\* · 이재동\*\*\* · 이현직\*\*\*\*

Lee, Jae-Kee · Choi, Seok-Geun · Lee, Jae-Dong · Lee, Hyun-Jik

## 요 旨

도시의 급속한 팽창에 따라 지하매설물의 역할이 증대되고 기존에 구축된 자료로서는 정확도와 전산화 처리에 많은 어려움을 갖고 있고 특히 현장에서 기존의 지하매설물의 도면을 이용하기에는 많은 부정확성을 내포하고 있다. 본 연구는 기존의 도면 관리 방식에서 직접 현장에서 지형도와 지하매설물의 위치를 동시에 측량함으로써 정확도 향상과 전산화된 도면과의 접합이 가능한 방안을 제시한다. 본 연구에서는 지형측량과 지하매설물 측량을 동시에 실시하여 자료를 수집하고 이 수집된 자료를 컴퓨터작업을 통해 도화함으로써 실제의 지하매설물의 위치와 심도 그리고 각각의 지하매설물에 대한 속성정보들을 제시하는데 있다.

## ABSTRACT

As the expansion of metropolis has been going, the role of underground utilities has importantly increased. The existed data is difficulty to acquire accurate data and computerize it. In the construction site, particularly, the map of existed underground utilities has included so much inaccurate data. This study suggests that making terrain map and surveying if the position of underground utilities are simultaneously done, also this method improves data accuracy and makes the computerized map such as CAD easy match the map of established underground map. The execution of this study collectes data by surveying of terrain and under ground utilities. Through new data collection, we can plot and acquire the position of real under ground utilities and attribute data about them.

## I. 서 論

도시의 급속한 팽창에 따라 지하에 대한 정보를 기록,관리,유지,갱신하는 지하매설물정보는 또 다른 관리 대상으로 대두되고 있다. 특히 부정확한 자료는 많은 어려움을 낳게 하고 종래의 방법 즉 통계에 의한 자료나 아날로그 방식의 한계를 보이고 있다. 따라서 도면 전산화의 필요성과 정확한 자료의 구축이 앞으로 현대 도시의 관리에서 중요하게 된다.

현대도시는 상수도, 하수도, 전기, 통신, 가스, 소방 등 통합체계를 이루는 각종시설물들이 도시의 생명선

역할을 하고 있다. 이러한 도시의 시설물들이 복잡해짐에 따라서 통합체계를 원활히 유지하고 효과적으로 관리하는 것은 매우 중요한 일이 되었다. 시설물을 효과적으로 관리하기 위해서는 그 위치, 형태, 하중능력, 재질등을 파악하여 유지관리하는 기본자료가 된다. 도시의 통합체계를 이루는 시설물은 지상 및 지하에 설치되어 있으며 도시의 복잡화 및 사회의 정보화가 진행됨에 따라 지하매설물은 비중이 높아지고, 특히 지상에 설치되었던 전기 및 통신 시설물에 대해서도 도시미관, 유지보수의 용역성 및 전압의 증가에 따른 위험방지 등의 이유로 지하에 매설하는 경향이 높아지고 있지만 종합관리를 위한 자료의 결여로 지하공간의 무계획적인 활용을 초래하고 있는 실정이다.

한편 지하공간 및 시설물의 이용현황을 알 수 있는 종합관리가 작성되어 있지 않아 도로의 보수, 신설, 관

\*충북대학교 토목공학과 교수  
\*\*경북실전 지적과 조교수  
\*\*\*충북대학교 대학원 박사과정  
\*\*\*\*충북대학교 강사

리하는데 어려움이 있을 뿐만 아니라 지하공사등 안전 사고를 유발하여 인명 및 재산피해의 초래는 물론 다양한 정보시대에 국가정보의 일시중단시 많은 경제적 손실을 가져오고있는 것이 현실이다. 이러한 상황에서 지하시설물에 관한 체계적인 등록과 배치, 정확히 파악하여 관리케 함으로서 국민생활에 편익 및 도시통계 수립에 기초자료로 활용하여 복지사회건설에 이바지 할 수 있도록 함에 있어서 지하시설물의 측량은 시급한 문제가 되고 있다. 따라서 본 연구에서는 지하시설물의 측량기법과 종합관리 시스템 기법을 제시함으로서 지하시설물 측량 발전에 기여하고자 한다.

## II. 전자유도탐사기법의 해석 이론

### 2.1 해석 이론

전자유도 탐사원리는 패러데이의 전자유도법칙(Faraday's Law of electromagnetic induction method)에 기본원리를 두고 있으며, 자기장에서 움직이는 전도체는 전기가 생산된다는 원리에 의해 적용된다.(그림 1)

$$H = \frac{J}{r} \quad (2.1)$$

여기서

H : 도체에서 r만큼 떨어진 점의 자장의 세기

r : 도체에서 임의의 점까지의 거리

J : 전류

식(2.1)에서 표시한 것과 같이 자장의 세기는 전류에 비례하고 거리에 반비례한다는 것을 알 수 있다.

이러한 법칙은 비록 중심의 도체가 전류를 통하지는 않지만 전류가 통할 수 있는 전도체, 즉 상수도관, 가스관, 난방관등 금속관로에 적용된다. 만일 전도체속에 교

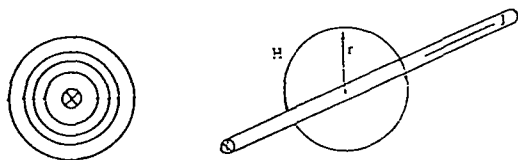


그림 1

류전류를 통하면 교류자기장이 형성되어 이 자기장을 유도법에 따라 자기장내에 있는 코일에 전압이 형성된다.

$$V = \frac{\Delta \varphi}{\Delta t} \times k \quad (2.2)$$

여기서,

V : 자기장내에 있는 코일에 생긴 전압

k : 코일의 감은 수

$\Delta t$  : 시간 변화

$\Delta \varphi$  : 자속 변화

자기유도에 의해 생긴 전압의 크기는 자속의 변화율과 코일의 감은 수에 비례하며, 이러한 현상을 패러데이의 전자유도법칙이라고 한다. 이러한 코일에 유도된 전압은 금속체를 따라 유도되어 지하시설물 측량에 응용될 수 있다. 전자유도탐사기법은 매설된 시설물 라인을 지표면으로 부터 탐지, 목표라인의 추적 및 확인, 접속 센서를 이용한 하수관로나 비금속관로의 추적 및 확인으로 붕괴위치탐지, 전력, 전화케이블, 가스관, 수도관 등 매설시설물의 위치측정, 케이블의 접속지점 및 파이프의 분기점, 케이블의 고장위치 확인 및 라인의 코팅상태 등을 지표의 재질에 관계없이 탐지가능하며 장비조작이 용이하고 비교적 가격이 저렴하고 운반이 용이하여 지하시설물 탐지기법중 가장 많이 이용되고 있다.

### 2.2 위치 측정

전자유도탐사조사기법에 의한 위치 측정방법은 크게 직접 접속법(direct connection method)과 간접 접속법(indirect connection method)으로 구분된다.

즉 탐사하려는 시설물의 송신기의 접지선을 직접접속시키느냐 또는 접지선을 직접 시설물에 접속시키지 않고 지하시설물에 전류를 보내어 유도된 주파수에 의해 탐사하느냐에 따라 직접 또는 간접탐사법으로 분류된다.

#### 2.2.1 직접 접속법

직접 접속법(direct connection method)은 송신기를 이용하여 지하시설물과 부근근접지점에 접지선을 접속하여 탐사하는 방법으로서, 수신기의 수평 또는 수직안테나의 상태에서 하나의 접지선은 송신기의 외부연결부

(connection -outputs)에 접속하고, 또 다른 접지선은 노출 시설물에 접지시킨다. 수신기의 발생음을 잘 듣기 위하여 헤드폰의 프리그를 수신기의 증폭소켓(amplitude sockt)에 접속하고, 송신기의 주파수와 고정된 다음 수신기의 주파수 스위치를 일치시킨 후 송신기의 동일 주파수에 고정시킨 후 탐사한다.

### 2.2.2 간접 접속법

간접 접속법은 일명 유도법(induction-method) 이라 하며, 송신기를 지하시설물위에 놓고 수신기로 시설물을 추적하는 방법이다. 먼저 송신기 기능 스위치(function switch)를 중파(mediaum frequency)에 놓고 진행하다가, 만약 다른 지하시설물이 유도되면 작용 스위치를 저주파에 놓고 신호조절키(signal control key)로 조작한다. 송신기로부터 주파수의 직접신호를 받지 않고 매설물에서 출력하는 주파수신호를 탐지하기 위하여서는 10m 쯤 떨어져서 탐지하여야 하며, 유도법은 지표면 재질이 철근콘크리 포장도로에서는 정확도가 떨어진다.

### 2.2.3 최대법

수신기를 전류가 흐르는 전도체에 대하여 수평으로 이동시키면 자력선은 코일의 방향에 따라 진행하므로 전도체 위에서는 최대신호가 발생하며, 시설물의 양쪽 끝에서는 자력선이 코일축의 방향으로 진행하므로 자력선은 점점 작아져서 신호가 감소된다. 따라서 매설된 전도체의 가장 근접한 곳에서 직각을 이루는 정확한 배열일때는 전류가 가장 높은 반응을 나타낸다. 따라서 이 방법은 최대 전류일때의 반응을 이용하여 탐지하므로 최대법(peak method)라 한다.

### 2.2.4 최소법

수직안테나의 수신기를 전류가 흐르는 시설물에 대하여 수직으로 이동시키면 코일의 축 방향으로 진행하는 자력선이 없기 때문에 시설물 위에서는 최소의 신호가 발생하게된다. 이와 같이 시설물 양쪽의 강한 신호와 시설물 위에서의 약한 신호의 대비로 인해 매설물 위치를 확인 할 수 있다. 즉, 중심부와 연결되는 전기의 흐름이 정확하게 전도체위에 도달함으로써 확실히 0(zero)으로 떨어지기 때문에, 안테나의 수직 방향표정은 전혀 다른 현상을 나타낸다.

0신호는 최대신호보다 감지하기 쉽기 때문에 수직안

테나는 비교적 정확한 선을 감지할 수 있지만, 혼선의 경향이 있으므로 수평안테나보다는 다소 정확도가 떨어지며, 선 방향에 대한 표시가 없기 때문에 표준적인 위치선정이나 출처 조사 업무에는 다소 부적합하다. 그러므로 수직안테나는 수평 안테나로 위치를 탐사할 경우 정확도를 점검하는데 이용된다. 따라서 본기법은 최소 전류반응을 나타낼때 위치를 탐사하므로 최소법(null method)이라 한다.

## 2.3 심도 측정

지하에 매설되어 있는 단일 전도체를 탐사하는 경우에는 단일안테나 기구만을 사용하여 쉽게 찾을 수 있지만, 매설된 파이프나 케이블선은 보통 다른 전도체와 인접해 있는 경우가 많이 있고, 그 위에 전력선이 놓이거나 다른 전원에 의해 전파를 간섭받게 된다.

전자유도탐사장비는 동일신호를 탐사하기 위해서 두 개의 수평안테나가 약 400mm정도 떨어져 있는 이중안테나를 사용하여 탐사하며 그 반응도 및 심도측정은 그림 2 및 식 (2.5)과 같다.

그림 2에서

$$E_t = \frac{I}{d+x} \quad (2.3)$$

$$E_b = \frac{I}{d} \quad (2.4)$$

$$\begin{aligned} E_b - E_t &= \frac{I}{d} - \frac{I}{d+x} \\ &= \frac{I(d+x) - I \cdot d}{d(d+x)} \\ &= \frac{I \cdot X}{d(d+x)} \end{aligned} \quad (2.5)$$

여기서,

- b,t : 수평감지기
- d : 전도체로부터 수평감지기 b까지의 깊이
- E<sub>b</sub> : 수평감지기 b에서의 반응식
- E<sub>t</sub> : 수평감지기 t에서의 반응식
- I : 전도체
- X : 수평감지기 t와 b사이의 거리

식(2.3)에서 I=E<sub>t</sub>(d+x)이므로 식 (2.5)에 대입하면

$$E_b - E_t = \frac{E_t(d+x) \cdot x}{d(d+x)}$$

$$= \frac{E_t \cdot x}{d} \quad (2.6)$$

따라서

$$d = \frac{E_t \cdot x}{E_b - E_t} \quad (2.7)$$

### III. 지하매설물 자료기반 구축

UTIC(Utility Information Center)시스템은 현장에서 직접 지형도와 상하수도, 전력, 통신케이블, 가스관 등 지하매설물의 자료를 획득하여 전자야장을 통해 입력하여 지하매설물들의 종합적인 관리를 위한 시스템으로 건설안

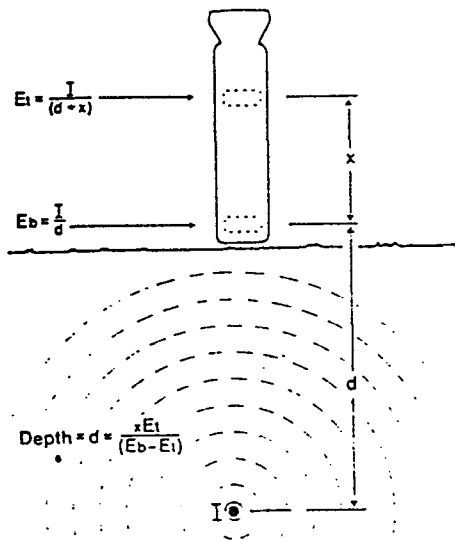
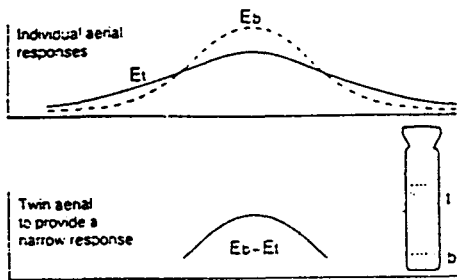


그림 2

전관리와 지하매설물 관리를 위한 정보시스템이다. UTIC시스템의 흐름도는 그림 3과 같다.

지하매설물 탐지기(RD400PXL-2)를 이용하여 통신, 전력, 가스, 상수등의 위치와 매설심도를 도로위에 표시하고, 토탈스테이션을 이용하여 지형측량과 지하매설물측량을 실시하여 Husky전자야장에 입력한 후 입력된 자료들을 UTIC S/W에서 작업하여 지하매설물도면을 완성한다. 지하매설물 코드와 색상은 표1과 같다. 토탈스테이션을 이용하여 상대좌표 또는 절대좌표를 시작점으로 선정하여 방사법 또는 전진법으로 지형측량 및 각각의 지하매설물측량을 한다.

### IV. 관측 및 결과분석

#### 4.1 대상지역의 선정 및 측정장비

본 연구를 수행하기 위하여 지하매설물이 다양하게 분포되어 있고 최근에 문제가 되었던 삼풍 백화점에서 강남 고속버스 터미널지역을 대상지역으로 선정하였고, 본 연구에 사용한 측정장비는 다음과 같다.

#### 4.2 결과 분석

대상지역으로 선정된 강남 고속버스 터미널에서 삼풍백화점까지 지형측량과 세부적인 지하매설물측량을 실시하여 종합관리도를 작성하였다. 모든 종류의 지하매설물을 하나의 도면에 나타낼 수 있고 구축된 자료를

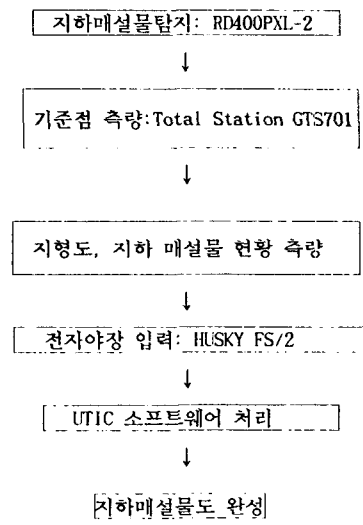


그림 3

표 1. 지하매설물 코드와 색상

지하매설물의 코드	색상	
1	surface, ground level	black
2	surface, rock	
3	surface other	
9	point not for terrain model	
200	electric	red
300	telephone	green
400	water	dark blue
500	raw water	light blue
600	sewer	dark brown
700	drainage	black
800	force sewer	light brown
900	gas	violet

표 2. 지하매설물 탐지기

모델명	RD400PXL-2(영)
측정깊이	4.5m
측정모드	Power cable mode Radio cable mode 8KHZ, 33KHZ(주파수대)
정확도	±95%
측정방식	PICK, NULL방식

표 3. 토탑스테이션

모델명	TOPCON GTS701 (일)
측정단위	1초독
측정정도	±(2mm+2ppm)m,e,s

표 4. 전자야장

모델명	HUSKY FS/2(영)
H/W Features	240×64 pixel full graphics LCD up to lines × 60 characters/integral
S/W Features	MS-DOS v3.3, GWBASIC & MS-DOS utilities in ROM
Memory	4Megabyte built-in RAM
Interface	RS-232/24 serial

컴퓨터에 저장하여 전체적인 시설물의 현황을 일목요연하게 나타냄으로서 지하시설물에 대한 정보를 체계화할 수 있었고, 도로의 끝은 검정색으로 표시(113)하고 도로의 중앙선은 검정 점선(114)으로 표시하였고, 상수도는 파랑, 가스는 옅은 보라, 전기는 빨강, 통신은

표 5. 각각의 코드 예

(단위: M)

코드	point	X	Y	Z	
1	102	1009	-194.173	188.606	100.206
1	102	1010	-245.291	231.176	100.199
1	102	1011	-371.082	282.330	100.459
1	113	1012	264.382	258.282	99.882
1	114	1030	-358.888	312.536	100.069
9	236	1031	-290.786	266.035	99.438
9	236	1032	290.804	266.031	99.425

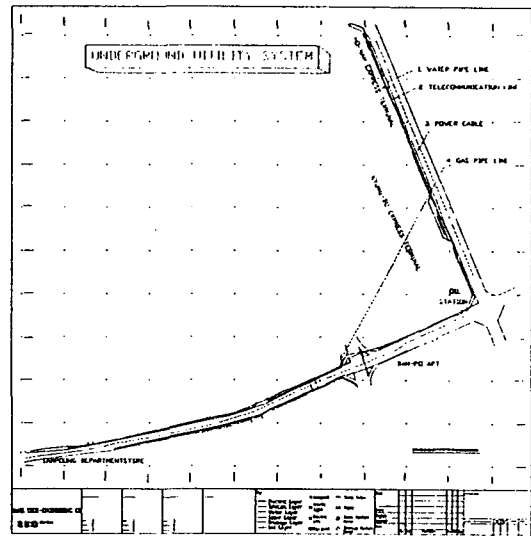


그림 4. 지하매설물도(고속버스 터미널~삼풍 백화점)

초록색으로 표시하였다.

이 같은 측량은 현장에서 전자야장을 통해 각각의 코드를 입력하며 측량하므로써 기존의 방법보다 내업의 시간을 많이 단축할 수 있었다. 특히 맨홀, 소화전, 배전반등의 지표에 있는 지하매설의 시설물들을 직접 측량하여 도면에 나타낼 수 있다.

여기서,

- 1: 지상 시설물
- 114: 도로 중앙선
- 102: 기준점
- 113: 도로 끝

## V. 결 론

전자유도 탐사기법을 이용한 지하매설물 측량과

UTIC System을 이용한 자료구축을 통하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 지형이 복잡한 지역에서 다양하게 매설 되어 있는 지하매설물을 간단하고 빠른 시간 내에 탐지할 수 있었다.

2. 지하매설물의 측량과 지형측량을 동시에 실시하여 전산화 함으로서 정확한 지하매설물의 위치의 심도 그리고 속성자료를 얻을 수 있었다.

3. 구축된 도면은 유지보수관리측면에서 자료의 갱신이 쉽고 타 시설물과의 관계를 쉽게 규명하므로써 무계획한 도로와 도시계획을 방지 할 수 있으며 타시설물의 매설이 부득이한 경우 피해를 최소화 할 수 있고 비용을 줄일 수 있다.

지하시설물측량과 종합관리체계는 앞으로 계속 연구되어야 하며, 정확한 지하매설물측량을 통해 매설물의 위치를 전산화하여 종합적인 관리체계를 확립하여 예기

치 못했던 사고를 미연에 방지 할 수 있으리라 사료된다.

## 참 고 문 헌

1. 이재기, 이재동, 최석근, 조재호, "지중 RADAR를 이용한 지하시설물측량에 관한 연구", 충북대학교 산업과학연구소, Vol.7, No.2, 1993, pp.37-40.
2. "Survey Applications of Ground Penetrating Radar", Technical papers ACSM- ASPRS Annual Convention, Volume 1, 1990, pp.144-152.
3. 김정환, "전자유도탐사기법에 의한 지하시설물 측량", 석사학위논문, 충북대학교 산업대학원, 1993, pp.5-29.
4. 유복모, "측량학원론(II)", 개문사, 1992, pp.303-309.
5. D.C.Gates, R.A.Armistead, "The use of advanced technologies for locating underground obstacles", Stanford Research Institute, 1974, pp.1-14.
6. Cpeter F.Ulriksen, "Application of Impulse Radar to Civil Engineering", pp.1 - 25.