

UTIC 시스템을 이용한 지사매설물 측량

한일엔지니어링

대표 이재동

UTIC 시스템을 이용한 지하매설물 측량

이 재 동
(한일엔지니어링 대표)

I. 서 론

정보(Information)라는것은 정확한 자료를 의미하므로 부정확한 데이터를 구축하여 실제 건설현장에서의 지하굴착공사시 이를 근거로 공사를 진행할때 예기치 못하는 건설사고를 유발시키는 일이 최근의 대구지하철공사장에서의 가스관 폭발사건을 비롯하여 수도권 파열, 고압선, 통신케이블 절단사고등 무수히 많은 사고가 발생하고 있다.

도시의 공급체계를 이루는 시설물은 지상 및 지하에 설치되어 있으며 도시의 집중화 및 사회의 정보화가 진행됨에 따라 지상에 설치되었던 전기, 통신케이블, 상하수도, 가스등의 시설물에 대해서도 건설안전, 도시미관, 유지관리의 용이성등으로 지하에 매설하는 경향이 높아지고 있고, 토지에 대한 정보를 기록, 관리, 유지, 갱신하는 토지에대한 정보는 날로 늘어나 이것을 관리하는 데에 어려움이 생기게되고, 종래의 아나로그나 통계자료들을 한눈에 파악 할 수 있는 전산화의 필요성이 증대되고 있지만, 토지에대한 정보를 기록, 관리, 유지, 갱신하는 토지에대한 정보는 날로 늘어나 이것을 관리하는데에 어려움이 생기게되고, 종래의 아나로그나 통계자료들을 한눈에 파악 할 수 있는 전산화의 필요성이 증대되고 있다. 정확한 지하매설물 탐지기법과 이들을 종합적이고 체계적인 관리결집으로 도로의 유지관리뿐만아니라 지하 굴착공사시 건설안전사고를 유발하여 인명 및 재산상의 피해는 물론 다양한 정보의 일시차단에 따른 경제적 손실을 가져오고 있다.

이러한 상황에서 각종 지하매설물측량기법과 지하매설물 자료구축 방안을 제시하고자 한다.

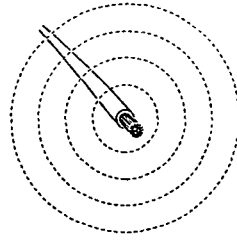
II. 지하매설물 측량기법

1. 전자유도탐사기법(Electromagnetic induction method)

1.1 해석 이론

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

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



여기서

- H: 도체에서 r만큼 떨어진 점의 자장의 세기
- r: 도체에서 임의의 점까지의 거리
- J: 전류

그림 2.1 전자유도탐사원리

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, 난방관 등 금속관로에 적용된다. 만일 전도체속에 교류 전류를 통하면 교류 자기장이 형성되어 이 자기장을 유도 법에 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
- Δt : 시간 변화
- $\Delta \varphi$: 자속 변화

자기 유도에 의해 생긴 전압의 크기는 자속의 변화율과 코일의 감은 수에 비례하며, 이러한 현상을 패러데이의 전자 유도 법칙이라고 한다.

이러한 코일에 유도된 전압은 금속체를 따라 유도되어 지하 시설물 탐사 측량에 응용될 수 있다. 탐사 장비로 이용되는 탐사 코일은 자력선 위치에 따라 최대 전압을 일으켜 탐사 장비로써 사용한다.

이것은 시각적인 표시와 이외에 청각적 요소인 소리의 강도로서 구별할 수 있다.

전자 유도 탐사 기법은 매설된 시설물 라인을 지표면으로부터 탐지, 목표 라인의 추적 및 확인, 접속 센서를 이용한 하수관로나 비금속관로의 추적 및 확인으로 붕괴 위치 탐지, 전력, 전화 케이블, 가스관, 수도관 등 매설 시설물의 위치 측정, 케이블의 접속 지점 및 파이프의 분기점, 케이블의 고장 위치 확인 및 라인의 코팅 상태 등을 지표의 재질에 관계없이 탐지 가능하며 장비 조작이 용이하고 비교적 가격이 저렴하고 운반이 용이하여 지하 시설물 탐지기법중 가장 많이 이용되고 있다.

1.2 위치 측정

전자 유도 탐사 조사 기법에 의한 위치 측정 방법은 크게 직접 접속법(direct connection method)과 간접 접속법(indirect connection method)으로 구분된다.

즉, 탐사하려는 시설물의 송신기의 접지 선을 직접 접속시키느냐 또는 접지 선을 직접 시설물에 접속시키지 않고 지하 시설물에 전류를 보내어 유도된 주파수에 의해 탐사하느냐에 따라 직접 또는 간접 탐사 법으로 분류된다.

1.2.3 최대법

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

1.2.4 최소법

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

'0' 신호는 최대 신호보다 감지하기 쉽기 때문에 수직 안테나는 대단히 정확한 선을 감지할 수 있지만, 혼선의 경향이 있으므로 수평 안테나보다는 다소 정확도가 떨어지며, 선 방향에 대한 표시가 없기 때문에 표준적인 위치 선정이나 출처 조사 업무에는 다소 부적합하다. 그러므로 수직 안테나는 수평 안테나로 위치를 탐사할 경우 정확도를 점검하는데 이용된다. 따라서, 본 기법은 최소 전류 반응을 나타낼 때 위치를 탐사하므로 최소법(null method)이라 한다.

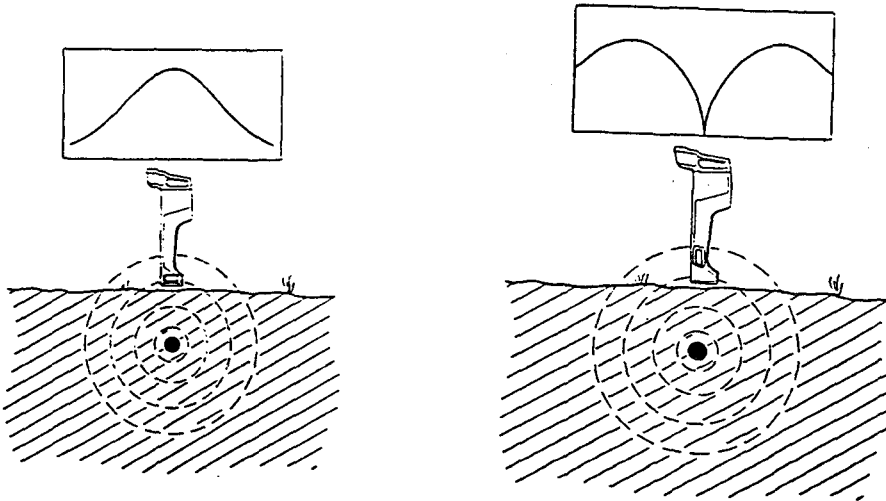


그림2.3 최대반응과 최소반응

1.2.1 직접 접속법

직접 접속법(direct connection method)은 송신기를 이용하여 지하 시설물과 부근 근접 지점에 접지 선을 접속하여 탐사하는 방법으로서, 수신기의 수평 또는 수직 안테나의 상태에서 하나의 접지 선은 송신기의 외부 연결부(connection - outputs)에 접속하고, 또 다른 접지 선은 노출 시설물에, 접지 시킨다. 수신기의 발생 음을 잘 듣기 위하여 헤드폰의 플러그를 수신기의 증폭 소켓(amplitude socket)에 접속하고, 송신기의 주파수와 고정된 다음 수신기의 주파수 스위치를 일치시킨 후 송신기의 동일 주파수에 고정시킨 후 탐사한다.

1.2.2 간접 접속법

간접 접속법은 일명 유도법(induction - method) 이라 하며, 송신기를 지하 시설 물위에 놓고 수신기로 시설물을 추적하는 방법이다. 먼저 송신기 기능 스위치(function switch)를 중파(medium frequency)에 놓고 진행하다가, 만약 다른 지하 시설물이 유도되면 작용 스위치를 저주파에 놓고(low frequency)에 놓고 신호 조절키(signal control key)로 조작한다. 송신기로부터 주파수의 직접 신호를 받지 않고 매설물에서 출력하는 주파 신호를 탐지하기 위하여서는 10m 쯤 떨어져서 탐지하여야 하며, 지표의 재질에 관계없이 탐지 가능하며 장비 조작이 용이하고 비교적 가격이 저렴하고 운반이 용이하여 지하 시설물 탐지기법중 가장 많이 이용되고 있다.

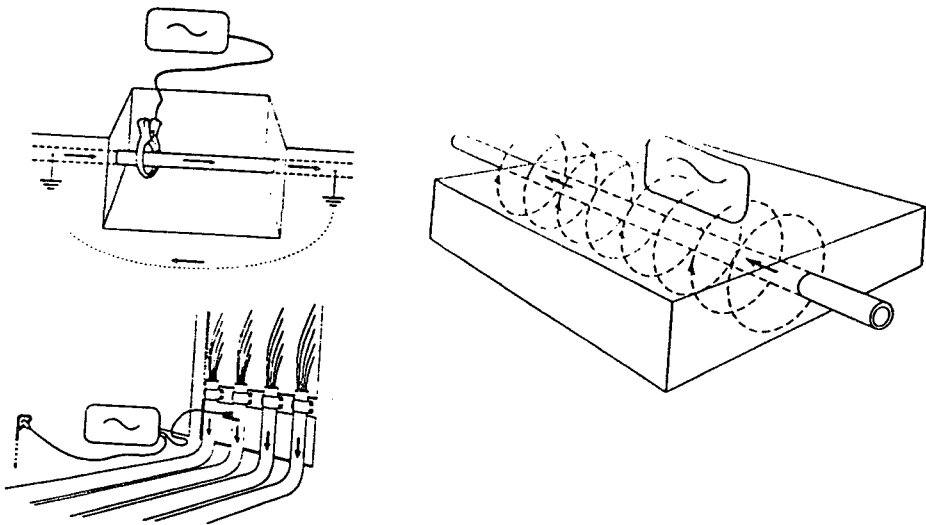


그림2.2 직접접속과 간접접속

1.3 심도(깊이) 측정

지하에 매설되어 있는 단일 전도체를 탐사하는 경우에는 단일 안테나 기구만을 사용하여 쉽게 찾을 수 있지만, 매설된 파이프나 케이블 선은 보통 다른 전도체와 인접해 있는 경우가 많고, 그 위에 전력이 놓이거나 다른 전원에 의해 전파를 간섭받게 된다.

전자 유도 탐사 장비는 동일 신호를 탐사하기 위해서 두개의 수평 안테나가 약 400mm정도 떨어져 있는 이중 안테나를 사용하여 탐사하며 그 반응도 및 심도 측정은 그림 2.2 및 식 (2.5)과 같다.

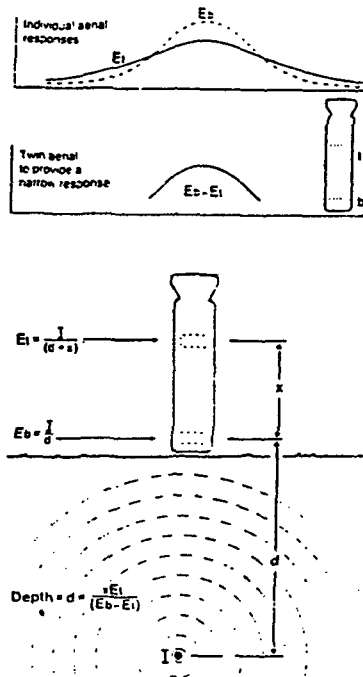


그림 2.4

그림(2.2) 에서

$$E_1 = \frac{I}{d+x} \quad (2.3)$$

$$E_2 = \frac{I}{d} \quad (2.4)$$

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

여기서,

b, t: 수평감지기

d : 전도체로부터 수평감지기 b까지의 길이

E_b : 수평감지기 b에서의 반응식

E_t : 수평감지기 t에서의 반응식

I : 전도체

X : 수평감지기 t와 b사이의 거리

식(2.3) (2.5)에서

$$\begin{aligned}
E_b - E_t &= \frac{E(d+x) \cdot x}{d(d+x)} \\
&= \frac{E_t \cdot x}{d} \quad (2.6)
\end{aligned}$$

따라서, 매설심도 d는 식(2.7)으로 구할 수 있다.

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

2. 지중 레이더 탐사법(Ground Penetrating Radar : GPR)

지하 방향으로 전자파를 발사하면 흙과 전기적 성질이 다른 물질(매설관, 空洞, 지하수등)로부터 반사 파를 수신하여 발사 시간과 도달 시간간의 차이로부터 매설물의 위치와 심도를 측정 할 수 있다.

전자파의 반사는 지중의 재질과 전기적 성질이 다른 경계 면에서 반사되므로 금속, 비금속 관로탐지가 가능하나 직경 50mm 이하의 관로나 케이블의 탐지가 불가능하고 장비 가격이 고가이고 판독 기술이 요구된다.

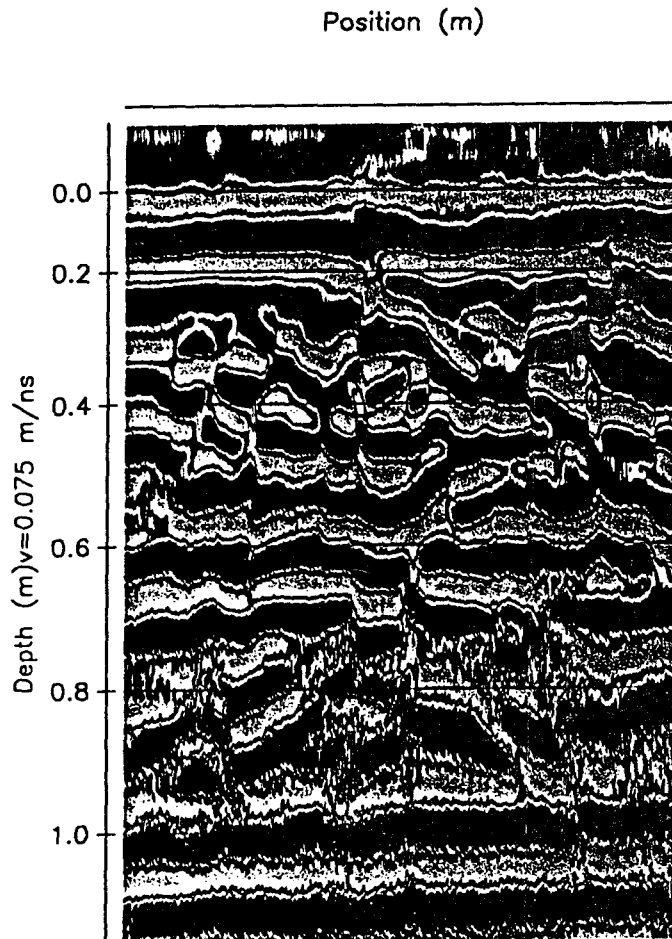


그림 2.5 지중탐사기에 의한 지하 매설물 탐사

3. 음파탐사법

물이 가득차 흐르는 관로상에 설치된 소화전이나 수도계량기에 음파 신호(Sound wave signal)를 보내 관내에 전파시키면 전파된 신호 음파를 수신기를 이용하여 매설 위치를 탐지할 수 있다.

음파 탐사 법은 반드시 물이 흘러야 하며 위치 탐사만 가능하고 심도 측정은 불가능하다.

탐사 거리는 발신기로부터 30 m 전후 거리이며 지하 1.5 m 이내만 탐사 가능하다.

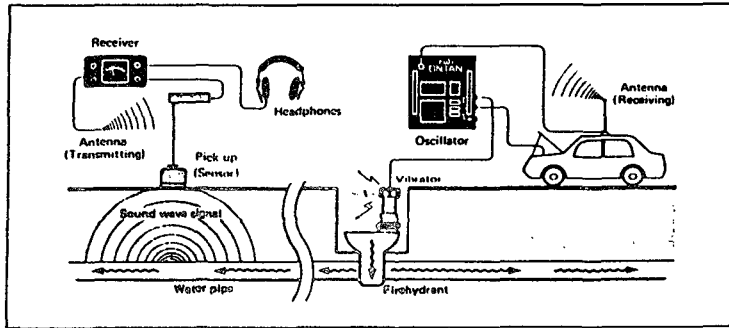


그림 2.6. 음파탐지기 원리

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 건설안전관리와 지하매설물 관리를 위한 정보시스템이다.

UTIC시스템의 흐름도는 그림 3.1과 같다.

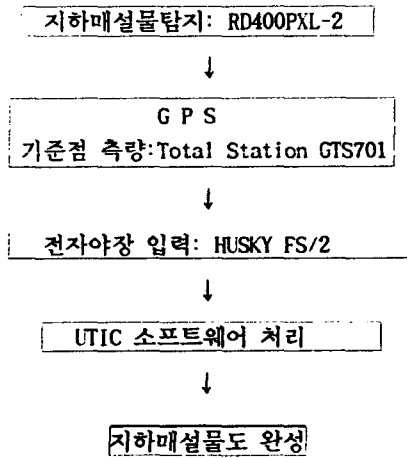


그림 3.1 UTIC 시스템 흐름도

지하매설물 탐지기(RD400PXL-2)를 이용하여 통신, 전력, 가스, 상수등의 위치와 매설심도를 도로 위에 표시하고, 토탈스테이션을 이용하여 지형측량과 지하매설물측량을 실시하여 Husky전자야장에 입력한 후 입력된 자료들을 UTIC S/W에서 작업하여 지하매설물도면을 완성한다.

시통이 잘되는 지점에 GPS를 설치하여 기준점의 절대좌표를 얻었고, 그밖의 지점은 토탈스테이션을 이용하여 상대좌표를 얻은후 좌표변환식에 의해 절대좌표를 얻었다.

표3.1 지하매설물 코드와 색상

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

IV. 관측 및 결과분석

4.1 대상지역의 선정 및 측정장비

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

표4.1 지하매설물 탐지기

모 델 명	RD400PXL-2(영)
측 정 깊 이	4.5m
측 정 보 드	Power cable mode Radio cable mode 8KHZ. 33KHZ(주파수대)
정 확 도	± 95 %
측 정 방 식	PICK, NULL.방식

표4.2 토탈스테이션

모 델 명	TOPCON GTS701 (일)
측 정 단 위	1초독
측 정 정 도	+(2mm+2ppm)m, e, s

표4.3 전자야장

모 델 명	HUSKY FS/2(영)
H/W Features	240×64 pixels 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

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 컴퓨터에 저장하여 전체적인 시설물의 현황을 일목요연하게 나타냄으로서 지하시설물에 대한 정보를 체계화할 수 있다.

이 같은 측량은 현장에서 전자야장을 통해 각각의 코드를 입력하며 측량하므로써 기존의 방법보다 내업의 시간을 많이 단축할 수 있었다.

