

GPR 탐사기법에 의한 지하매설물 탐사 적용 사례

박상규¹⁾

1. 서론

GPR(Ground Penetrating Radar) 탐사는 지하에 20~1000MHz 대역의 전자기파(Electromagnetic Wave) 펄스신호를 방사시켜 지하에서 반사, 회절, 감쇠, 분산 등의 파동현상을 일으키는 전자기파를 수신함으로써 지하에 매설된 대상체를 규명해내거나 지하에 존재하는 불균질대, 파쇄대 등의 지질구조와 성질에 대한 정보를 취득하는 비파괴 물리탐사 방법이다.

GPR 탐사 방법은 조사수행이 간단하며 대상체의 고해상 영상화가 가능하다. 기존의 탄성과 탐사방법과 비교하면 동적인 현상(Dynamic Behaviors, 진폭감쇠 및 분산 등)은 다른 양상을 나타내며, 운동학적인 현상(Kinematic Behaviors, 펄스전파시간 등)은 탄성과와 비슷한 개념이므로 레이더자료처리시 탄성과 자료처리기술을 유사한 알고리즘으로 이용 가능하다.

최근에 토목현장에서 비파괴 탐사기법이 다양하게 활용되고 있으며 특히 구조물 안전진단시 본 GPR 탐사기법이 많이 활용된다. 그리고 지중에 매설된 가스파이프, 송유관, 상수도관, 우수관, 하수도관 등을 신속하고, 정확하게 찾아낼 수가 있어 그 실용화가 빠르게 진행되고 있다. 또한 본 GPR 탐사기법이 지하공동 탐사, 토질조사, 토양오염도 조사, 연약지반 탐사, 구조물 기초지반의 지질조사, 교량기초지반, 파일시공전 정밀지반조사 등의 지하지질조사분야와 터널라이닝 배면 공동조사, 콘크리트 철근배근조사, 콘크리트 구조물 두께조사 등에도 널리 사용되고 있다.

본 논문은 공사현장에서 안전사고 방지를 위해 영종전력구현장과 쓰레기매립장 침출수처리현장에서 GPR 탐사로 지하매설물을 조사한 사례에 대해 분석한 것이다.

2. GPR 지하매설물 탐사 적용 사례분석

1) 전력구현장의 지하매설물 탐사

인천에 소재한 전력구현장 수직구공사와 관련하여 도로주변 지하에 매설되어 있는 각종 매설물에 대해 GSSI사의 Sir System-2 탐사기를 사용하여 탐사를 수행하였으며, 이는 굴착공사에 따른 위험관로에 대한 안전대책을 수립하여 시공을 안전하게 수행할 목적으로 실시된 과업이었다.

기존자료를 검토한 결과 본 조사지역내 도시가스관(Ø200), 전력선, 상수도관(Ø150), 하수도관(Ø300), 송유관, 차집관(Ø300)로 박스 등이 복잡하게 매설되어 있었다. 전력선은 GPR 탐사로는 지난하므로 RD400PXL2 탐지기를 사용하였고, 가스관, 상수도관, 송유관 등은 GPR 탐사기를 사용하여 총 13개소에서 탐사실시하였다. 사용된 안테나는 400MHz, Monostatic 안테나였으며 자료처리는 RADAN 프로그램을 사용하였다.

1) 동아건설산업(주) 기술연구소 지반연구팀장, 수석연구원

GPR 탐사결과 도시가스관이 당초 1.5m 심도로 예상되어 상대유전상수(이하 유전상수로 함)를 3으로 적용하여 심도를 해석하였다. GPR 해석에서 Monostatic 안테나에 대해 왕복주파수(f)는 $t = \frac{2z}{v}$ 이며, 유전체매질에서의 레이다파속도는 $V = \frac{3 \times 10^8}{\sqrt{\epsilon_r}}$ 으로써 속도는 유전상수의 제곱근에 반비례한다.

본 유전상수 적용(안테나주파수 400MHz)의 타당성을 확인하기 위해 터파기 공사시 가스관 위치를 실측한 결과, 심도 1.9m로 확인되어 유전상수를 계산한 결과, 당초 3이 아니라 2 정도로 해석되었다. 이 값은 일반적 토질의 유전상수 4~25와 차이가 있지만, Clay Dry 2.4, Soil Sand Dry 2.6, Loamy Dry 2.5와는 유사한 값을 보여주었다.

금회탐사에서 송유관(심도4.0m), 콘크리트하수관, 차집관로박스 등은 탐지가 되지 않았으며, 1.9m 깊이의 $\phi 200$ mm 도시가스관(강관)은 예정위치에서 비교적 잘 탐지되는 것으로 확인하였다. 탐사현황인 그림1은 현장 조사측선 및 매설물 관망도이며 그림2는 대표적인 GPR 탐사단면인 측선7로써 참고로 첨부한다.

2) 매립지반에서의 지하매설물 탐사

매립지내 침출수 처리장 이송관로 공사 터파기 예정구간에 대하여 GPR과 전자기장 탐지기 RD400PXL2를 이용하여 지하에 배설된 파이프류 및 전선류에 대한 정보를 사전에 해석해 내어 굴착에 따른 안전대책을 수립하고자 하였다.

전선류 탐지에 사용한 지하매설물 탐지기(RD400PXL2)는 전자장유도 방식으로 전도체에 전기가 흐르면 도체 주변에 자장이 형성되는 원리를 이용하며, 전류가 통하는 도선에서는 동심원 형태의 자장을 형성, 그 크기는 전류의 강도 및 거리에 따라 좌우된다.

본 탐사지역의 원지반토는 해성점토이며 안정화작업후 각종 침출수 이송관(MDPE)이 콘크리트 포장하부에 매설되어 있다. 외부에 노출된 PE파이프가 탐사에 장애가 되어 어려움이 있었으나 적절한 측선배치로 자료를 획득할 수 있었다. 그림3은 탐사측선과 최종 매설물 관망도를 도시하였으며 그림4는 측선5의 GPR 탐사단면도이다.

당초 기존자료로는 도시가스관이 심도 약 1.1m 정도에 매설된 것으로 추정되어 탐사자료해석시 유전상수를 8.5를 적용하였으나 터파기시 확인된 매설물(침출수 이송관)의 매설 심도가 1.5m~2.0m로 확인되어 본 조사지역의 유전상수는 4.8~2.7정도인 것으로 확인되었다. 이는 해안 Clay Silt가 다소 건조압밀된 상태의 토성인 것으로 사료된다. 금회탐사에서 MDPE이송관은 비교적 탐사해석이 가능한 반면 전선류는 GPR로 탐지가 되지 않았으며 RD400PXL2로 탐사한 가로등용 지중선의 매설위치는 정밀히 찾아 낼 수 있었다. 그러나 측선1 주변에서 흙관이 확인됨으로써 GPR 탐사의 한계성을 알 수가 있었다.

3. 결론

상기 2개소에서 GPR 탐사기법으로 매설물탐사를 실시하여 획득된 내용을 요약 정리하면 다음과 같다.

- 1) GPR 지하매설물 탐사시 매질과 매설관의 물성차이가 큰 가스관은 반사이벤틀트가 양호하며, 물성차이가 적은 콘크리트흙관은 탐지가 어렵다.
- 2) GPR탐사는 반사체의 구경이 매설심도에 비해 작을 경우와 대상지반의 함수비가 높을 경우 탐사에 한계성이 있다.
- 3) 전력구 현장 지반의 유전상수가 2.0~2.5, 쓰레기매립지 침출수 처리장 주변지반의 유전

상수가 4.8~2.7정도로 확인된 것을 보아 동일지역내에서도 상당한 유전상수 변화가 폭이 크므로 탐사지역 토성특성에 따라 심도해석시 유의해야 한다.

- 4) 전력선과 같은 소구경 지중선이나 PVC 파이프류는 GPR탐지가 불량하나 전력선은 전자장 탐지기를 사용하면 유용할 것이다.
- 5) 급회 탐사사례를 볼 때 심도 2m이내의 매설 강관류는 비교적 양호하게 탐지되어 그 활용성이 크다.
- 6) 급회 위험 지중매설물을 비파괴적인 GPR탐사 기법을 활용하여 현장 터파기 시공시 많은 도움이 되었다.

4. 참고문헌

1. Fisher et al., 1992, " Examples of Reverse-time Migration of Single-channel, Ground Penetrating Radar Profiles" , GEOPHYSICS, Vol. 57. No. 5, pp. 577-586
2. 1997, " GPR을 이용한 지반 및 지하매설물 탐사기법 개발과 현장실용화 방안" , 동건기연 연구'97-6, 동아건설기술연구소
3. 박상규, 1998, " GPR 탐사 해석시 흙의 유전상수 결정 방법에 관한 연구" , 석사학위논문, 건국대학교, 한국

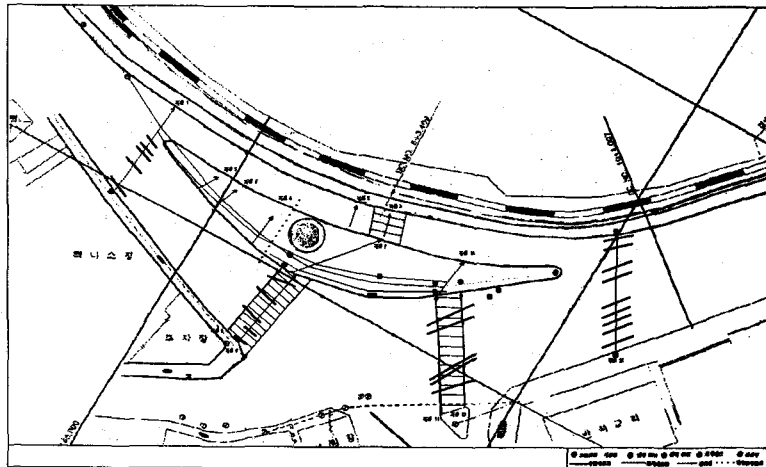


그림 1 전력구 현장 조사 축선도

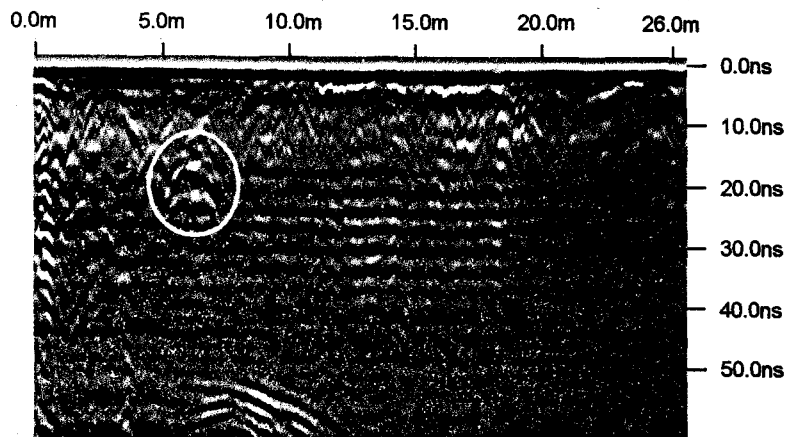


그림 2 전력구 현장 GPR탐사 축선7 단면도

