

석회석 원소재의 고품위대 조사를 위한 연구

김준경¹⁾

¹⁾세명대학교, kimjk1@unitel.co.kr

A Study on High Graded Limestone Population Area

Jun Kyoung Kim¹⁾

¹⁾Semyung Univ

Abstract: Geophysical methodology using GPR(Ground Penetrating Radar) were applied both to the limestone producing area(Sambo Mine Company & Haksanri Area) and to Landfill area(Mureung Landfill Site). The investigation results resultant from both the limestone producing area(Sambo Mine Company & Haksanri Area) showed that there are a few events reflected from boundaries between caves and basement rocks. Those from landfill area showed that more complicated and small size events are found. These events could be from different electric characteristics of various kinds of composition materials in the landfill site.

key words : GPR(Ground Penetrating Radar), landfill area

1. 서론

지구물리탐사 방법중에서 지하레이다 탐사방법이 토목, 자원 및 환경분야에 도입되어 방법에 대한 적용성에 대한 연구가 진행되고 있다. 또한 특의 지반조사 분야 등에서는 본 방법의 적용성이 뛰어 난 것으로 평가받고 있다. 본 연구는 토목, 자원 및 환경분야에 대한 각각의 적용성을 비교 및 분석하였다. 이러한 목적을 위해 석회암기반암 지역 및 폐기물매립장 지역을 조사하고 상호 특성을 비교하였다. 본 연구에서 적용된 석회석 기반암 지역은 체천 및 단양지역에 소재하고 있는 삼보돌로마이트 광산과 학산리 석회암 지역을 선정하여 조사하였고 폐기물매립장지역은 충주 무릉 매립장에 대해 조사하였다.

2. 연구방법 및 결과

2.1 GPR 탐사법 개요

레이다(Radar: Radio Detecting and Ranging)는 원래 라디오파를 이용하여 비행기나 군함 등 수 킬로미터 떨어진 공간에 위치해 있는 물체의 존재를 파악하고 (Detecting), 거리를 알아내기(Ranging) 위해 만들어진 장비로써 20세기 초 이래 군사적 목적으로 활용되어 왔다. 1960년대 초 극지 탐사자들이 그 전에는 공기 중으로 방사하던 레이더파를 얼음 속으로 방사하고 암반으로부터의 반사시간을 측정하여 수 십 또는 수 백 미터에 달하는 얼음의 두께를 성공적으로 측정하였다. 레이더가 기

술은 80년대에 이르러 지반을 연구하는 사람들에 의해 수 미터 또는 수십 미터 내의 지표연구, 매설물탐사 등에 응용하게 되었는데 이를 GPR(Ground Penetrating Radar) 탐사법이라고 한다. GPR 장비의 기본 신호처리 시스템은 그림 2.1과 같다.

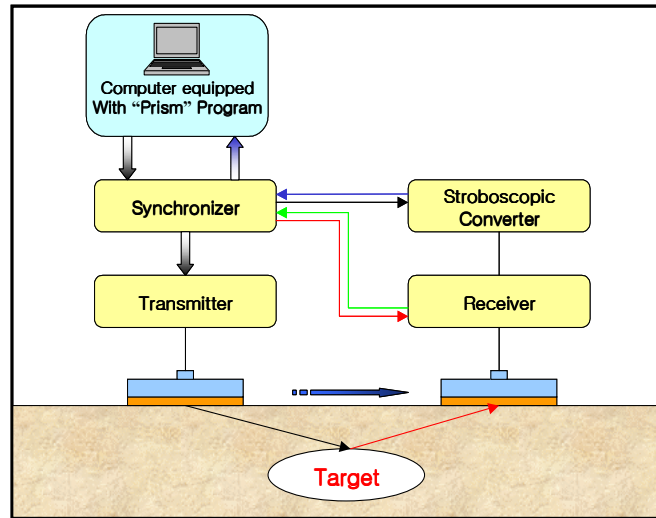


Fig. 2.1 GPR 신호처리 시스템

2.2 기초이론

2.2.1 탐사원리

송신안테나(Transmitter)로부터 수 MHz~GHz 범위의 전자기파를 지표면이나 구조물의 노출면에서 내부로 방사시킨 후, 전자기적 물성이 다른 매질을 만나 반사되어 돌아온 신호를 수신안테나(Receiver)에서 받고 이를 시간축에 기록한다. 이러한 과정을 미리 설계된 탐사 축선을 따라 안테나를 수평으로 이동시키면서 계속하여 시간을 표시하는 수직축과 수평거리를 나타내는 수평축에 반사강도를 표시하는 2차원 단면도를 얻는다. 그림 2.2는 GPR 탐사의 기본원리를 보여 준다.

매질 내에서의 전자기파의 속도를 알면 단면도에 나타난 수신파의 시간, 거리 간격으로부터 반사체의 거리, 방향과 같은 정보를 얻게 된다.

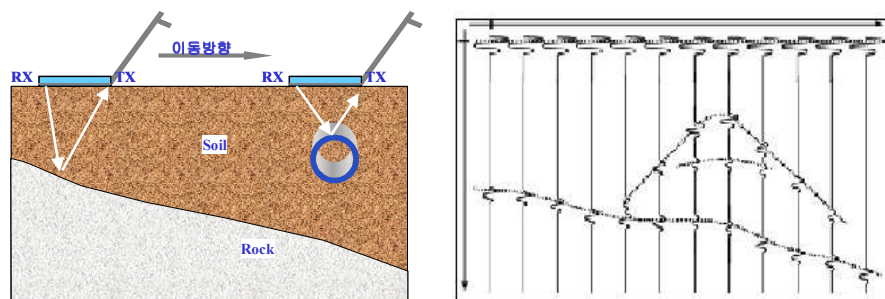


Fig. 2.2 GPR 탐사모식도

2.2.2 전자파특성

레이다파의 전파특성은 매질의 2개의 물리적성질 즉, 유전상수(Dielectric Constant)와 전기전도도(Electric Conductivity)에 영향을 받는다. 유전상수는 매질분자의 극성과 관련된 상수로, 그 값이 큰 물질 내에서 전자기파는 진행에 방해를 받으며 전파속도는 줄어든다. 매질간 유전상수의 차이가 클 때 반사계수가 커진다. 공기의 유전상수는 1 이며, 물의 유전상수는 81 이다. 금속을 제외한 대부분의 지표물질의 유전상수는 1~81 사이에 있으며, 같은 물질일 때는 함수율이 증가하면 유전상수도 증가한다.

전기전도도는 전자장 내에 놓인 물질내 자유전자의 흐름을 표시하는 상수로 전자파의 감쇠율을 결정한다. 금속과 같이 전기전도도가 큰 물질 내에서는 전자파의 에너지는 표면에서 급속히 감소하여 곧 진행이 차단된다. 일반 지표물질에서 전자기파는 전기전도도에 비례하여 감쇠한다. 표 2.1은 지반을 구성하는 대표적인 물질의 전자기적 특성을 보여준다. 점토는 모래보다 유전상수와 감쇠율이 커서 전자파의 투과 깊이가 짧고, 따라서 탐사가능심도가 훨씬 낮을 것임을 예측할 수 있다. 철근은 일반물질 중 유전상수와 감쇠율이 가장 높다.

Table. 2.1 일반적 물질의 전자기적 성질

| 물질 | 유전상수 | 속도(cm/nsec) | 감쇠율(dB/m) |
|-------|----------|-------------|-----------|
| 공기 | 1 | 30 | 0 |
| 물(담수) | 81 | 3.3 | 0.1 |
| 모래 | 4 | 15 | 0.01 |
| 점토 | 9~25 | 10~6 | 1~300 |
| 아스팔트 | 5~6 | 13 | (0.4~1) |
| 콘크리트 | 6~12 | 12~8 | (1~100) |
| 화강암 | 4~6 | 13 | 0.01~1 |
| 현무암 | 8~12 | 10~9 | |
| 석회암 | 4~8 | 15~10 | 0.4~1 |
| 철근 | (200~) | ~2 | 300~ |

2.2.3 반사계수

송신안테나에서 펄스 형태로 방출된 전자파는 방사상으로 하부로 진행하다가, 서로 다른 두 매질의 경계면에서 에너지의 일부는 반사되고 나머지는 투과하여 전파를 진행한다. 수신안테나에서는 반사파를 수신하게 되는데, 반사파의 강도는 반사계수에 비례하며, 반사계수는 두 매질의 유전상수의 제곱근의 차이에 비례한다. 식 (1)과 (2)는 두 매질의 유전상수로부터 반사계수와 투과계수를 계산하는 식이다.

$$R = \frac{\sqrt{\epsilon_1} - \sqrt{\epsilon_2}}{\sqrt{\epsilon_1} + \sqrt{\epsilon_2}} \quad (1)$$

$$T = 1 - R \quad (2)$$

여기서, R은 반사계수, T는 투과계수, ϵ_1 및 ϵ_2 는 두 매질의 유전상수이다. 식 (1) 식 (1)의 반사계수는 총 에너지에 대한 반사 에너지의 강도 비율을 의미하고, 식 (2)의 투과계수는 표면으로 되돌아오지 않고 매질 내부로 전달·소산되어 버리는 파의 에너지의 강도 비율을 의미한다.

상기 관계로부터 유전상수의 대비가 큰 물질은 뚜렷한 반사 신호를 얻을 수 있음을 알 수 있다. 예를 들어, 지하에 존재하는 강관이나 공동, 물 등은 잘 탐지될 수 있다. 그러나 이러한 반사체의 배면에 있는 또 다른 이상체는 식 (2)에서 보이듯이 이미 앞서의 반사에너지가 크므로 투과에너지가 작고 따라서 반사에너지가 미약하기 때문에 탐지되기가 곤란하다.

2.4 탐사결과

2.4.1 무릉매립장 탐사결과

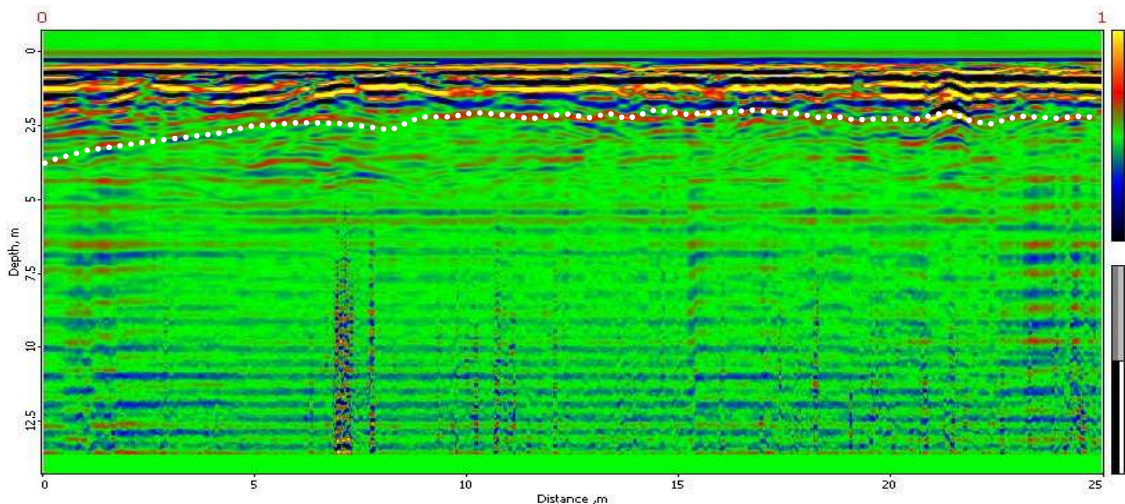


Fig. 2.3 무릉매립장 석회석기반암 지역탐사 결과

조사대상 지역인 무릉매립장은 세일층이 발달해있는 곳으로 계곡형 매립지이다. 측선은 진입로의 LINE 1-T[300MHz] 과 LINE 1[100MHz], 매립지 상부의 LINE 2[75MHz] 로 구분되며, LINE 1-T[300MHz]은 LINE 1의 Mark 12~17 까지를 LINE-1[100MHz]은 탄성파탐사 측선을 중심으로 상부 방향으로 48m[Mark 11~20] 하부 방향으로 50m[Mark0~10] 연장구간의 자료를 보여준다. LINE 1-T는 LINE 1의 Mark 12~17[60~85m] 구간 자료로 지반경계면이 상승하는 것을 잘 보여준다. LINE 1에서 나타난 5m 부근의 이상반사면은 나타나지 않고 있다.

2.4.2 학산리 석회석기반암 지역 탐사결과

그림 2.4 및 2.5는 학산리 석회석기반암 지역 탐사결과를 보여주는 그림이다. 그림 2.5는 동일한 측선지형에 대해 반대방향으로 탐사한 결과로서 탐사결과에 대한 신뢰성 제고를 위해 반대방향으로 반복 측정된 결과이다.

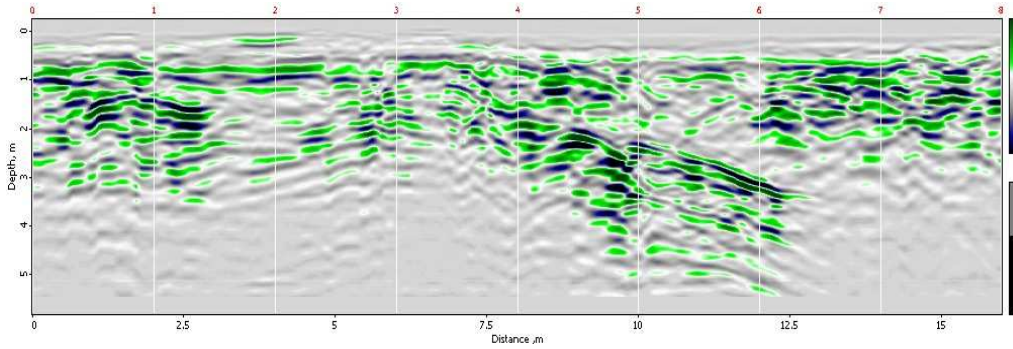


Fig. 2.4 학산리 석회석기반암 지역탐사 결과

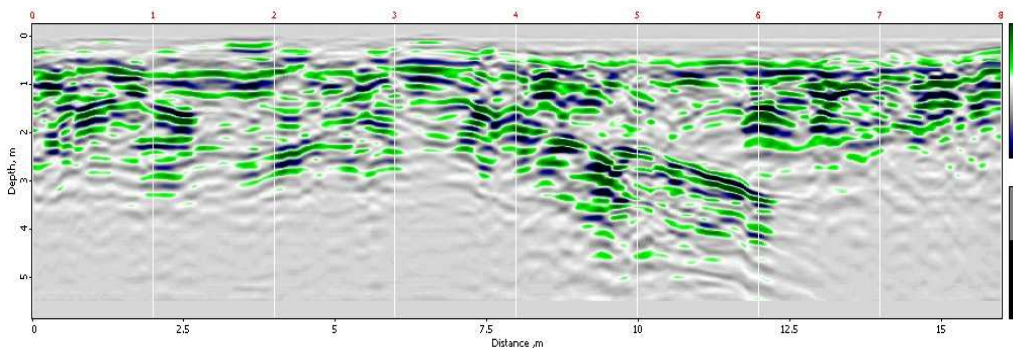


Fig. 2.5 학산리 석회석기반암 지역탐사 결과 (reverse)

2.4.3 삼보돌로이트 광업 석회석기반암 지역 탐사결과

Fig. 2.6 삼보돌로이트 광업 석회석기반암 지역 탐사결과를 보여주는 그림이다.

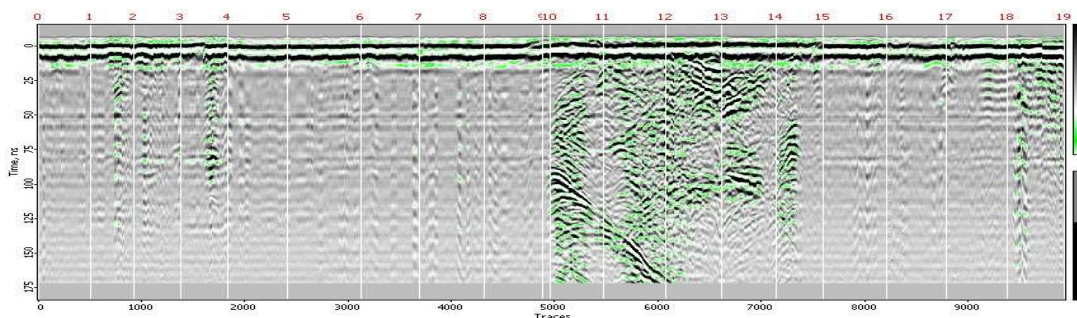


Fig. 2.6 삼보광업 석회석기반암 지역탐사 결과 (reverse)

3. 결 론

석회암 매장지역에 대해 지하레이다 탐사를 한 결과 기반암과 동굴시작 경계부분에서 약간의 event들이 관찰되었고 폐기물매립장지역을 조사한 결과 상대적으로 작은 규모이고 복잡한 event들이 관찰되었다. 폐기물매립장지역에서 작은 규모이고 복잡한 event들은 다양한 폐기물간의 전기적 상수가 다양하기 때문인 것으로 결론지었다. 향후 보다 많은 자료가 축적되면 보다 신뢰성 있는 결론추정이 가능한 것으로 보인다.

감사의 글

본 연구는 2004년 단양석회석신소재재단 RIS사업 연구비 지원사업으로 이루어진 것으로 본 연구를 가능케한 단양석회석신소재재단에 감사드립니다.

참고문헌

송성호, 용환호, 안중기, 김기표, 2003, 제주도 쓰레기매립장 침출수 조사를 위한 전기 및 소형루프 전자탐사의 적용, 물리탐사, 6, 1 ~ 10.

윤왕중, 1991, 대수적 영상재구성법에 의한 탄성파 지오코모그래피의 연구, 공학박사학위논문, 서울대학교.

임해룡, 1992, Fermat 원리 및 수정된 파선경로를 이용한 비선형파선 토모그래피 연구, 공학박사학위논문, 서울대학교.