

지하레이더를 이용한 유적지 위치 해석

Positioning Analysis of Archaeological Sites Using GPR

장호식* · 김진수** · 이종출***

Jang, Ho-Sik · Kim, Jin-Soo · Lee, Jong-Chool

要 旨

본 연구는 대구 - 부산간 고속도로 건설구간 내에서 고고학적 유적지가 분포 예상되는 지역에서 비파괴 물리탐사방법인 GPR 탐사방법을 이용하여 트렌치 조사 이전과 이후로 나누어서 각각 실시하였다. 이 결과로 자갈 및 모래가 많은 지층은 실트 및 점토가 많은 지층보다 불규칙한 반사면들로 구성되어 있고, 일부 구간에서는 불규칙적인 요철 모양의 반사면들이 위치하는 것으로 해석되며, 이는 트렌치 조사 후에 지석묘 또는 다수의 석기가 출토된 것으로 확인되었다.

Abstract

This study was performed in two ways, which are 'Before' 'After' carrying out trench search through GPR which is called 'Non Destructive Geophysical' to the expected area where the remains of historic interest could be distributed within the highway construction site from Dae-gu to Busan. As a result, the layer containing gravel and sand has more irregular specular surface then others containing silt and clay. And, apart block, irregular specular surfaces of prominence and depression pater appeared. After performing trench search, verified that the site yield dolmens and lots of stone implements.

1. 서 론

최근 급속한 경제개발과 삶의 질 향상에 수반되는 사회기반시설의 수요증가로 인하여 우리 나라는 무분별한 국토개발이 진행되고 있으며, 역사적 또는 문화적 가치가 있는 고고학적인 유적지가 소실되어 국가적으로 큰 손실을 보고 있다. 따라서, 국토개발로 인한 고고학적인 유적지의 손실을 막기 위해, 최근에 들어서 첨단 비파괴 탐사 방법인 GPR(Ground Penetration Radar) 탐사 방법을 적용하여 국토건설사업 시행에 앞서 사전에 미리 유물 및 유적이 있는 곳을 빨리 찾아 건설공사 공기를 단축할 수만 있다면 이는 국가적으로 큰 이익을 도모할 수가 있다고 본다.

GPR 탐사법은 1920년대에 이미 이론적으로 완성이 되었으나, 이를 뒷받침할 전자기술의 부족으로 1980년대 초에 이르러서야 처음으로 지하레이더 탐사기술이 실무에 적용하여 가능하게 되었으며, GPR 탐사분야의 선

진국인 미국, 캐나다, 스웨덴, 그리고 일본 등 일부 국가에서 GPR 탐사 장비를 이용하여 응용개발 연구와 함께 자원 개발 및 건설현장에서의 실무적용을 통하여 그 활용영역을 확대해 나가고 있다(한국건설기술연구원, 1995).

그리고 국내에 있어서 매장 문화재 탐사를 처음으로 시험적으로 수행된 사례가 있으며(오순옥, 1995; 서만철 외, 1995; 서만철, 1997; 서만철 1997), 국외에 있어서는 매장 문화재를 발굴시에 지구물리탐사 범위를 그 목표물의 규모를 수cm~수m 범위의 소규모로부터 대규모까지 가능하다고 하였다(Weymouth, 1986).

따라서, 본 연구에서는 불규칙하게 매장되어 있는 유적지를 비굴착 방법으로 탐사하고자 한다.

2. 지하탐지 레이더(GPR) 탐사법

2.1 GPR에 의한 탐사법

GPR 탐사법은 고주파 대역(6~1800MHz) 전자파

* 부경대학교 대학원 토목공학과 박사수료

** 부경대학교 대학원 토목공학과 박사과정

*** 부경대학교 건설공학부 교수

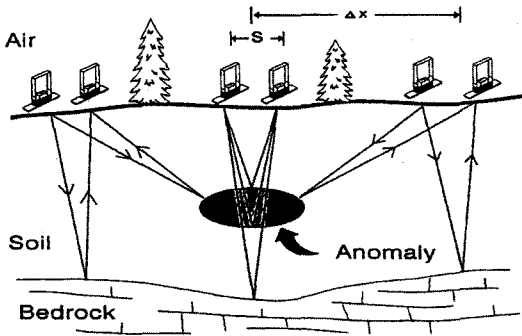


그림 1. GPR 탐사법 모식도

(Electromagnetic Wave)를 송신기에 의하여 지하 또는 인공의 구조물로 방사시켜 서로 전기적 물성이 다른 지하매질 또는 인공 구조물의 경계면에서 반사되는 파를 수신기로 수집하여 기록한 뒤, PC에 의한 좌표처리와 해석과정을 거쳐 지하 또는 인공 구조물의 구조와 상태를 규명하여 영상화하는 매우 간편한 첨단 비파괴 탐사법이며, 이 탐사법의 모식도를 나타내면 그림 1과 같다.

2.2 GPR 탐사법의 종류

지하레이다 탐사법에는 반사법, CMP법, 투과법의 3가지가 있으며 그림으로 나타내면 그림 2와 같다.

2.2.1 반사법(Reflection Mode)

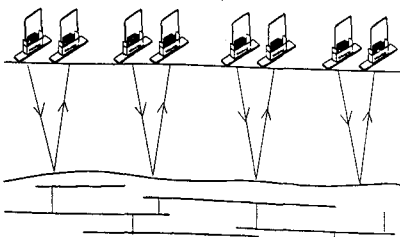
지반조사를 위한 가장 일반적인 방법으로써, 송신기와 수신기를 일정한 간격(AS:Antena Seperation)으로 고정시킨 후, 일정한 간격(Δx)으로 이동시키면서 조사하는 방법이다.

2.2.2 CMP법(Common Mid Point Mode)

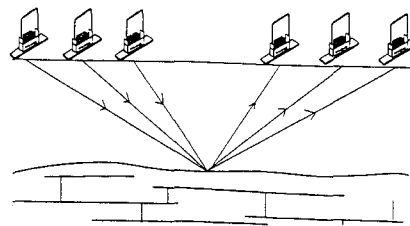
송신기와 수신기를 일정한 간격으로 별려가면서 탐사하는 방법이다. 이 방법을 쓰면 지반내에서 전자파의 전파속도를 구할 수 있기 때문에 목표물까지의 깊이를 정확히 알아낼 수 있다.

2.2.3 투과법(Transillumination Mode)

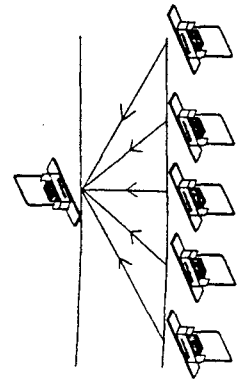
건물의 기둥이나 교각 내부의 균열조사등에 이용할 수 있는 방법으로써, 반사파가 아닌 투과파를 수신한다는 점에서 반사법과는 크게 다르다. 이 방법은 시추공을 뚫



(a) 반사법



(b) CMP법



(c) 투과법

그림 2. GPR 탐사법의 종류

표 1. GPR 장비 제원(Pluse EKKO Series)

종 류	저주파 레이더(Pulse EKKO 100)	고주파 레이더(Pulse EKKO 1000)
안테나	12.5, 25, 50, 100, 200 MHz	110, 225, 450, 900, 1200 MHz
Maximum system performance	172 dB	162 dB
Sampling interval	10-20,000ps in 2ps	10-20,000ps in 2ps steps
Equivalent sampling rate	100 Ghz	100 Ghz
Programmable stacking	-	1~2048
Programmable time window	-	1 ns~32767 ns

현장 자료의 측정
1. 지표면에 있는 송신안테나에서 파를 방사 2. 지하 매질에서 반사되어 온 레이더파 및 전자파를 수신안테나를 통해 기록
측정 자료의 처리
3. 지하매질의 유전율, 전기비저항, 속도, 감쇠계수 등을 이용하여 기록된 자료 해석
자료의 획득
4. 탐사된 자료로부터 지층의 층서 구조 및 지하지질 구조에 대한 정보 획득

그림 3. GPR 탐사 진행 과정 흐름도

어 지하단면을 영상화하는 지오토포그래피(Geotomography)와 같은 원리이다.

3. GPR를 이용한 매장유적지 탐사

본 연구를 위한 대상지 위치는 현재 대구-부산 간 고속도로 건설공사 구간 중에서 고고학적으로 유적지 분포가 예상되는 ○○지역을 대상으로 비파괴 탐사방법인 GPR를 적용하였다. 연구기간은 2002. 2. 25~2002. 4. 10일의 약 40일간 기간을 두어 유적지 발굴을 위한 트렌치 조사 이전과 이후로 나누어서 실시하였고, 관측 장비는 Pulse EKKO, Sensors & Software, Canada로 연구 대상 위치 여건상 지표면이 고르지 못한 관계로 대상 위치의

자료 획득과 일정한 가탐심도를 유지하기 위해 100MHz와 225MHz 송신안테나를 사용하여 실시하였다. 관측 장비의 제원은 표 1과 같고, 탐사 진행 과정은 그림 3과 같으며, 관측 방법 모습은 그림 4와 같다.

4. GPR 탐사결과 분석

4.1 트렌치 조사 이전의 탐사결과 분석

그림 5와 같이 트렌치 조사 이전의 탐사 구역을 모두 20개의 측선으로 나누어서 탐사를 하였다.

측선 20개의 구간 중에서 그림 6에서와 같이 GR-03은

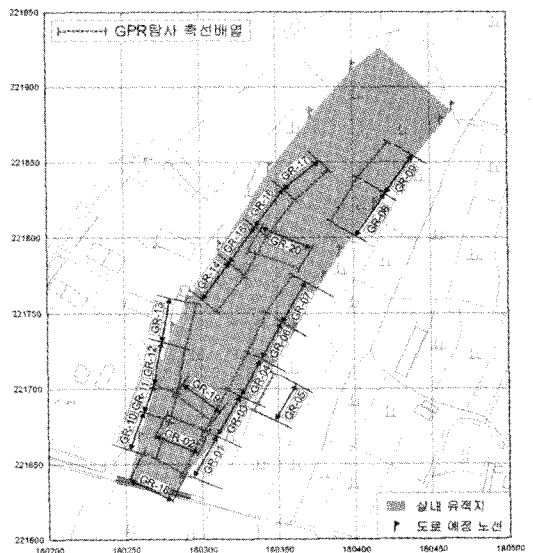


그림 5. 트렌치 조사 이전의 탐사 구역



(a) 100MHz



(b) 225MHz

그림 4. GPR 관측 모습

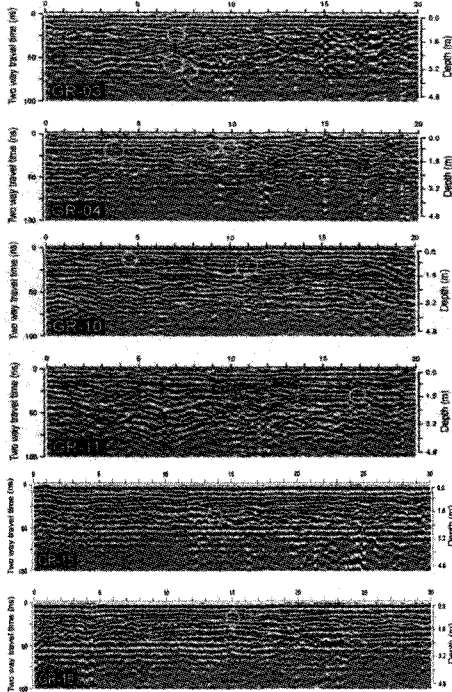


그림 6. 트렌치 GR-03, 04, 10, 11, 15, 16 구간

탐사해석 결과 5~10m 지점에서 전자파의 반사면이 굴곡으로 나타났다. 이것은 이 지점의 지하 상태가 약 2.0 m을 전후로 하여 변화를 보이고 있고, 원지반 즉, 실트질 보다는 자갈 또는 그 이상의 전석으로 해석되었다. 이후 전면 발굴에서는 지석묘 하부에 해당하는 유물인 것으로 확인되었다.

GR-04의 해석결과로는 지표에서 1m 전후의 심도에서 이상대가 나타났는데, 이는 자갈층과 실트질 또는 점토층 경계지점에서 나타나는 것으로 판단되었으나, 트렌치 조사 후 다수의 석기가 발견된 것으로 확인되었다.

GR-10, GR-11, GR-15, GR-16의 탐사측선 해석단면도에서는 공통적으로 원으로 표시된 부분이 이상대를 나타내는 지점으로, 공통적인 특징은 자갈층과의 경계지점이나 점토 또는 실트층내에 나타나는 경향이 많았고, 전면 발굴 이후에서도 일치하는 것으로 나타났다.

4.2 트렌치 조사 이후의 탐사결과 분석

그림 7과 같이 트렌치 조사 이후의 탐사 구역은 모두 10개의 측선으로 나누어서 탐사하였다.

측선 10개의 구간 중에서 그림 8과 같이 GR-TP-03 구간(GRID 3)에서는 3~7m 또는 13~20m(A~B)의 구간에서 미고결 퇴적층의 최대 두께가 나타나져 있으며,

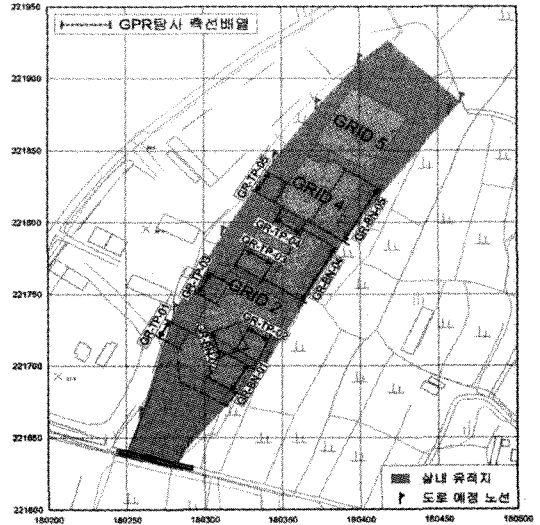


그림 7. 트렌치 조사 이후의 탐사 구역

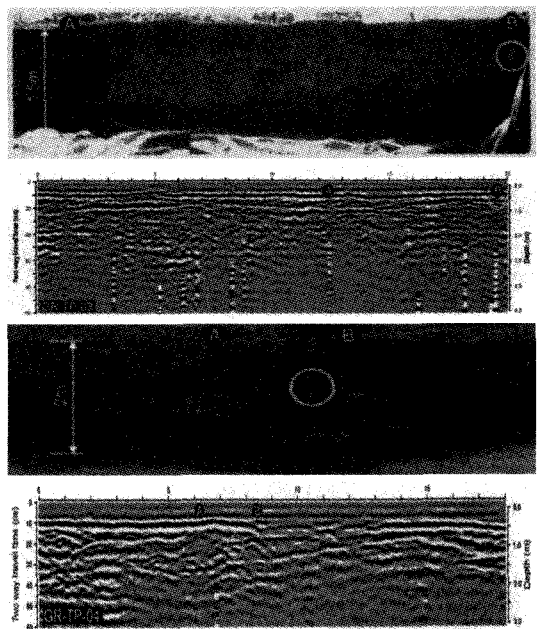


그림 8. 트렌치 GR-TP-03, 04 구간

1m 보다 깊은 심도에서는 투과심도가 측방으로 심한 변화가 나타나고 있고, B지역에서는 석기가 다수 출토되었다.

GR-TP-04 구간(GRID 4)에서는 0~6m 구간까지 최상부에 위치한 모래, 자갈층의 층서 변화를 나타내고 있으며, 깊이 1m 내외에서는 분포하는 자갈층이 불규칙한

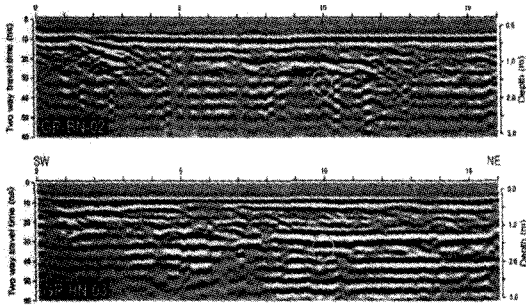


그림 9. 트렌치 바닥 GR-BN-02, 03 구간

반사면을 나타내고 있다.

측선 10개의 구간 중에서 그림 8과 같이 GR-TP-03 구간(GRID 3)에서는 3~7m 또는 13~20m(A~B)의 구간에서 미고결 퇴적층의 최대 두께가 나타나져 있으며, 1m 보다 깊은 심도에서는 투과심도가 측방으로 심한 변화가 나타나고 있고, B지역에서는 석기가 다수 출토되었다.

GR-TP-04 구간(GRID 4)에서는 0~6m 구간까지 최상부에 위치한 모래, 자갈층의 토층 변화를 나타내고 있으며, 깊이 1m 내외에서는 분포하는 자갈층이 불규칙한 반사면을 나타내고 있다.

그림 9에서는 트렌치 된 바닥면에서 측정된 지하레이더 반사단면으로 0.5m 정도의 심도까지 수평의 지층구조가 잘 나타나져 있고, 트렌치 된 바닥 하부에서는 모래와 실트가 많은 지층으로 반사면들이 연속성으로 양호한 지층을 나타내고 있으며, 측정된 단면의 1m 이상의 심도에서는 불규칙한 반사면이 나타나고 있다.

특히, GR-BN-02에서는 측방으로 투과 깊이의 변화가 잘 관찰되었고, 투과 깊이의 변화가 심한 지역과 불규칙한 반사면들이 대체로 모래와 자갈의 혼합층 내지 자갈층으로 추정되었다. 따라서 현재 트렌치 된 하부 지층도 상부와 같이 자갈이 많은 지층으로 판단되며, 이는 반복적으로 협재되어 있을 것으로 판단된다.

5. 결 론

고고학적 유적지가 분포 예상되는 지역에서 비파괴 검사방법인 GPR 탐사방법으로 트렌치 조사 이전과 이후로 나누어서 각각 탐사한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 전자파의 특성상 자갈층 또는 모래층에서의 반사가 점토 또는 실트질층보다는 반사가 잘 일어나므로 점토 및 실트가 많은 지층은 측방으로 연장성이 좋은 반면에 자갈 및 모래가 많은 지층에서는 불규칙한 반사면들로 구성되어 있는 것으로 판단되었다.
2. 트렌치 조사 이후의 바닥면 경계로 상부와 하부 지층에서도 자갈이 많은 지층이 반복적으로 협재되어 있었고, 이는 발굴이전에도 이 지역에서는 지속적으로 범람이 있었던 것으로 판단된다.
3. 트렌치 조사 이전에 실시한 GPR 탐사에서는 반사단면에서 관찰되는 불규칙적인 요철 모양의 반사면들이 나타나져 있으며, 이는 트렌치 조사 후에 지석묘 또는 다수의 석기가 출토된 것으로 확인되었다.

참고문헌

1. 한국건설기술연구원(1995) 토목공학에서의 GPR 활용성 연구(I), 한국건설기술연구원보고서.
2. 오순옥(1995), 공주 상왕동 지역의 유적 존재 가능성에 대한 지구물리학적 연구, 석사학위논문.
3. 서만철, 이창환, 정계옥, 김동현(1997) 송산리고분군의 지구물리학적 조사를 통한 고분축조방법 고찰, 6(1), 61-70.
4. 서만철(1997) 송산리고분군의 현황과 보존대책, 공주대학교 기초과학연구소, p. 467.
5. 서만철, 이남석, 조기호(1995), 공주지역백제고분조사, 공주대학교 박물관, p. 353.
6. 이종출, 이영대, 차성렬, 장호식(1998), GPS 보조에 의한 지하탐지 레이더 탐사, 대한토목학회 학술발표회 논문집(IV), pp. 385-388.
6. 지반정보연구소, 대구-부산간 고속도로 건설공사내 밀양살내유적 발굴조사
7. Weymouth, J. W., and R. Huggins(1986) Archaeological site surveying program at the Univ. of Nebraska: Geophysics, 51(3), pp. 538-552.
8. Davis, J.L and Annan, A.P.(1989), Ground Penetrating Radar for High Resolution Mapping of Soil and Rock Stratigraphy, Geophys, Prosp., pp. 531-551.
9. Madsen, J.A., McGeary, S., Krantz, D.E., McIntire, S.S., Daniel, W.F. and Storlazzi, C.D.(1994), Ground Penetrating Radar Investigation of a Wetlands Replacement Site, Proc. of the 5th International Conference on Ground Penetrating Radar, Vol 2, pp. 831-841.

(접수일 2003. 1. 13, 심사 완료일 2003. 3. 5)