

연구논문

경주 월성 지하유구에 대한 GPR 탐사자료의 고고학적 해석

오현덕¹⁾ · 신종우¹⁾

Archaeological Interpretation of GPR Data Applied on Wolseong Fortress in Gyeongju

Hyundok Oh¹⁾ and Jongwoo Shin¹⁾

요약 : 경주의 월성에 대한 발굴 작업 없이도 고고학적인 호기심을 충족시킬 수 있도록 비파괴 조사방법의 일환인 GPR(Ground Penetrating Radar) 탐사법을 적용하여 지하유구의 존재 상황을 조사하였다. 이는 현대고고학과 지구물리학을 접목하여 향후 발굴계획이나 고고학적 연구에 과학적이고 체계적인 접근 전기를 마련하고자 하는 의의가 있다. GPR 탐사는 석빙고 앞 및 성의 동편 끝 지역에서 실시되었으며 향후 3차원 자료처리 및 해석을 위해 조사대상지 전체에 대해 조밀한 축선을 설정하였다. 구성된 3차원 볼륨 자료를 고고학적으로 해석한 결과, 대형 건물지 7채와 담장 및 성의 출입시설, 수많은 초석들, 도로, 그리고 원지 등을 추정할 수 있었다.

주요어 : 월성, GPR, 건물지, 초석, 도로, 원지

Abstract : This study grafts geophysics on modern archaeology and approaches with scientific and systematic methods to an excavation plan or archaeological study by means of GPR exploration which can assist archaeologists to study Wolseong fortress without excavating it. We investigated the areas in front of Seokbinggo (ice storage facility built of stone) and in the eastern corner of the castle with GPR. As a result, we detected 7 large squared building foundations, stone walls, an entrance for the fortress, many other foundation stones, a road and a garden.

Keywords : Wolseong fortress, GPR, building foundation, foundation stone, road, garden

서론

경주의 월성(사적 제16호)은 천년의 왕조를 이룩하였던 신라의 수도 서라벌의 중요 지역이었으며 2000년에는 세계문화유산으로 등록된 '경주역사유적지구'에 포함되어 있는 유적이다. 하지만 이렇게도 신라 왕성의 본질적인 정체에 대해서 삼국사기, 삼국유사 등의 문헌 및 외관상의 조사 외에는 구체적인 연구가 활발히 진행되고 있지 않다.

고고학자들과 문헌사학자들은 지난 십수 년간 문화유적들을 발굴하고 연구하여 원래의 모습으로 보존하기 위하여 노력해왔다. 하지만, 월성은 역사가 오래고 세계문화유산으로 등록된 문화재임에도 불구하고 이에 대한 구체적 실체가 드러나고 있지 않을 뿐 아니라 향후 발굴계획이 수립되어 있지 않다. 이러한 이유로 인하여 전통적인 고고학적 접근보다는 보다 과학적이고 체계적인 조사 방법으로 비파괴 물리탐사방법인 GPR 탐사를 실시하여 기존의 발굴기법을 보완하고 학술적 호기심을 충족시키고자 하였다.

이번에 실시한 물리탐사는 발굴을 위해 실시하는 사전조사

가 아니며 향후 발굴 계획이 없다고 할지라도 물리탐사를 이용하여 중요 문화 유적지의 본 모습을 조금이나마 이해하고자 한 것이다. 땅속에 간직되어져 있는 유구한 역사의 자연적, 인위적 숨결을 탐지하는데 있어서 물리탐사가 발굴이 가지는 능력을 모두 대신할 수는 없다. 발굴이 가지는 장점은 시각적 또는 촉각적으로 유구를 분석하며 유물을 직접적으로 습득할 수 있는 가장 정확한 방법이기 때문이다. 하지만 발굴은 많은 시간과 인력이 소요되며 무엇보다 조사와 동시에 유적의 파괴도 함께 이루어지게 된다. 이러한 면에서 기어코 벗겨 내어야지만 완전히 알 수 있는 발굴을 대신하여 이곳 월성에서는 비파괴 조사방법인 물리탐사를 통하여 땅속을 그대로 간직한 채 가능한 최대한의 정보를 얻고자 하였다.

유적설명

월성은 특유한 달의 모양을 하고 있어 유래된 이름으로 월성(月城) 또는 반월성이라 부르고 있다. 삼국사기에 의하면 월성은 AD 101년 파사이사금이 축조한 것으로 기록되어 있으며,

*2004년 10월 16일 접수

1) 국립문화재연구소 유적조사연구실

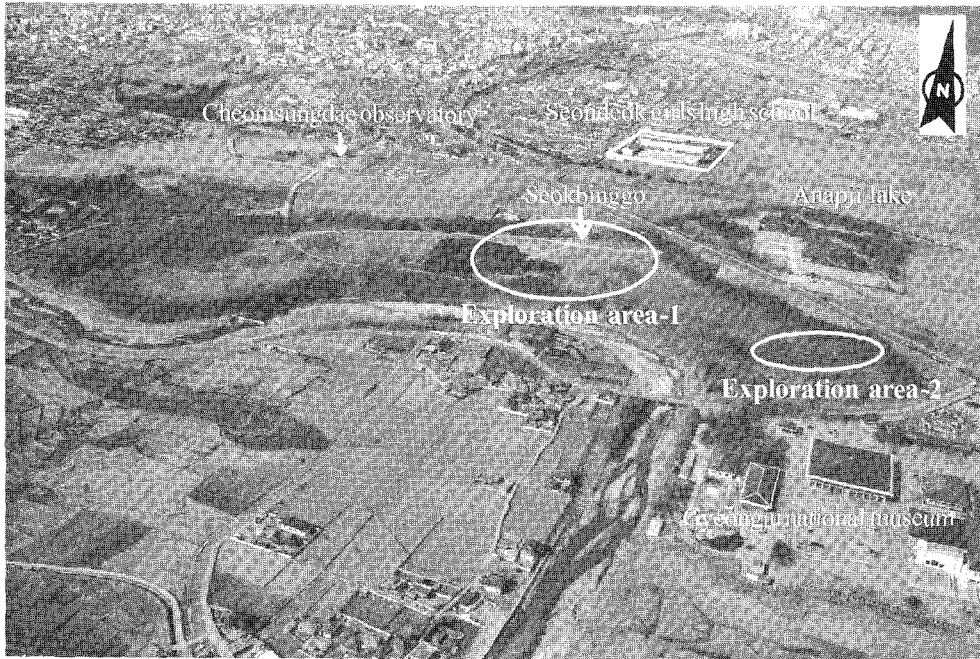


Fig. 1. Aerial view of Wolseong fortress (World Heritage).

이후 통일신라 때까지 전각, 문지 등이 여러 번 개축 되었을 것으로 추정하고 있다. 외형상의 특징으로는, 성벽의 둘레가 약 1,841 m(이원근, 1980), 동서길이 860 m, 남북길이 260 m의 초승달 모양이며 성 내부 면적은 112,500 m²이다. 성벽의 높이는 성밖에서 측정하면 약 11~16 m이고, 성안에서는 4~11 m 정도이다(김낙중, 1998). 월성에는 9~10여개의 문지가 있고, 궁궐과 관계된 건물은 발굴 조사가 이루어지지 않아 확인된 것은 없지만, 삼국사기를 기초로 한 민덕식(1990)에 의하면 월성 안의 궁궐은 '대궁(大宮)'이라고 불렸으며 그 안에는 의식과 일본의 국사를 접견했던 조원전, 연화와 일본 사신을 접견했던 승례전 등 7세기 이후의 건물들이 많았던 것으로 생각된다. 건물들의 위치 및 배치에 대하여는 현재는 알 수 없으며 월성이 고려시대, 조선시대를 거치면서 석빙고(石氷庫, 보물 제66호) 등의 새로운 건축물들이 신축, 개축되었을 것이기 때문에 여러 시대의 유구가 겹쳐 있을 것으로 생각된다.

기록상 월성내 건축물 현황은 다음과 같다.

- 1) 문지 : 남문, 귀정문, 북문, 인화문, 현덕문, 무평문, 준례문, 임해문
- 2) 관청 : 남당, 조원전, 승례전, 평안전, 좌우사육관, 영각성, 월정당
- 3) 왕궁 : 내성, 임해전, 안압지, 동궁, 동궁만수방, 영창궁, 월지궁, 내황전, 내전, 내정
- 4) 기타 : 석빙고

현재 월성은 성벽과 성내부에 30년 이상 된 나무들이 자라고 있으며 관광객들을 위한 민속 체험장과 시민공원으로 활용되고 있어 유적의 파괴를 염려하는 부분도 있다. 주변의 유적

으로는 Fig. 1에서와 같이 첨성대 및 경주 왕릉 등이 있으며, 북동편으로는 안압지, 동편으로 경주박물관이 있다.

자료취득 및 처리

성의 면적(내부 112,500 m²)이 넓어 전체지역을 탐사하기 위해서는 비용과 시간에 대한 문제가 동반되므로, 짧은 시간에 탐사의 효과를 극대화하기 위하여 유구가 집중되어 있을 것으로 추정되는 곳을 설정하였으며, 탐사자료를 검증할 수 있는 방법 또는 자료가 필요하였다.

경주문화재연구소의 도움으로 Fig. 2와 3에서 보는 바와 같이 회랑지의 초석(礎石)이라고 생각되는 석재들이 지표에 노출되어 있는 곳을 탐사지역-1(exploration area-1)로 선정하였는데 이곳은 조선시대에 축조된 석빙고, 활쏘기 체험장 그리고 월성의 중심부에 해당하는 지역이다. 또한 월성의 동편 끝에 초석들이 일부 노출되어 있는 곳을 탐사지역-2(exploration area-2)로 선정하여 2004년 4월부터 8월까지 4차례에 걸쳐 GPR탐사를 실시하였다. 탐사지역-1 과 탐사지역-2의 전체 면적은 13,800 m²로 성 전체 면적의 약 12%에 해당한다. 노출된 초석들에 의하여 유구의 존재여부는 확인할 수 있으며 유구의 성격 또한 추정할 수 있어 이들을 GPR 탐사자료의 해석 및 검증의 지표(指標)로 사용하였다.

탐사는 월성 주변의 해자(壕字) 발굴을 위하여 설정된 발굴 기준좌표(B.M, 0,0)를 기준으로 측정하였으며 측선간의 간격은 0.5 m로 하였다. 이번 연구에 사용된 장비는 Geophysical Survey System Inc. 의 SIR-2이고 사용된 레이더 안테나의 중

Table 1.

acquisition parameter	
mode	Continuous
profile space	0.5 m
marker	1 m
scans/second	32
scans/meter	32
time window	60 ns
antenna frequency	500 MHz

심주파수는 500 MHz이다.

현장 자료의 취득 시 기록시간(time window)은 60 nanosecond(ns)로 한정하였다. 미터 단위의 거리를 표시하는 핸드 마커를 이용시 지형과 지표의 상태에 따른 안테나의 이동 속도 차이에 의하여 GPR 수직 데이터에서 미터당 스캔수가 변하게 되므로 각 마커 마다의 간격을 32 스캔으로 보정하였다(Goodman *et al.*, 1994). 측정시 채택된 탐사자료취득매개변수는 Table 1에 정리하였다.

측정된 GPR 수직 데이터는 전자파가 왕복한 시간에 대하여 같은 시간대에 대하여 잘라내는 이른바 등시간수평단면도(time slice)를 실시하여 반사강도의 세기에 따른 수평단면상의 이상대 단면도를 작성하였다. 처리된 3D volume 자료의 해석 시 등시간수평단면도는 5 ns 단위로 실시하였다. 각각의 수평 단면(slice)은 2 ns 씩 겹치도록 하여 깊이 내려 갈수록 이상대의 변화가 단절되지 않고 연속적으로 변화하도록 하였다. 이러한 수평 단면도는 건물지 및 기타 여러 유구의 크기, 모양, 위치 및 깊이 등에 대한 정보를 알기 쉽게 나타내 준다(Goodman *et al.*, 1995; Nishimura, 2003).

등시간수평단면도 작성 및 3D volume 자료해석에 사용된 프로그램은 GPR-SLICE 소프트웨어이다.



Fig. 2. GPR survey in the exploration area-1.

탐사 자료의 해석

본 조사에서 GPR 탐사 시 예상되는 목표물은 석재로 이루어진 건물지, 담장과 같은 유구로 추정 되므로 이들은 GPR 전자파에 강한 반사강도를 가질 것이다.

Fig. 4의 등시간수평단면도 자료에서 가장 천부의 지표에 해당하는 첫 번째 수평단면도(0~5 ns)에서는 주민들의 산책로 및 잔디에 의한 반응들이 'T'자 모양으로 나타나고 있다. 두 번째 층위(3~8 ns)와 세 번째 층위(6~11 ns)구간을 보면 발굴 기준점 주변으로 폐곡선 형태의 반응이 나타나고 있다. 이곳은 현재의 석빙고와 석빙고 옛터 중간 지점이며 약 50 m 남쪽에 위치한다. 폐곡선의 크기는 지름 35~40 m 정도의 크기이며 그 안쪽에 강한 반사를 나타내는 곳도 있고, Fig. 5(a)의 GPR 단면상에서는 반응 형태가 접시의 옆모습과 비슷하게 형성되어 있어 궁원지 또는 연못이 아닐까 생각한다. 그 깊이는 5 ns에서부터 중심부의 최고 깊이는 바닥 면은 15 ns에 위치하고 있다.

이곳 토양은 지표상으로 보았을 때는 마사토이나 그 내부는 알 수 없는 상태이기 때문에 구체적인 깊이를 계산하기가 어렵다. 일반적으로 토양이 마른모래와 자갈로 이루어져 있으면 유전상수(ϵ)는 약 7 정도로 가정할 수 있는데, 이때 전자파의 속도(v)는 0.113 m/ns이고, GPR 반응이 5 ns에서부터 15 ns 구간에 형성되어 있으므로 유구의 분포깊이는 약 0.3 m부터 0.8 m에 걸쳐 있을 것이다. 유전상수를 25로 가정한다면 속도(v)는 0.06 m/ns, 이때의 유구 분포 깊이는 약 0.2 m부터 0.5 m 정도가 될 수 있다.

참고로 오승연(2002)의 논문에서, 국립경주박물관 부지내의 원지 규모는 15 m × 5 m, 깊이는 1.3~2 m이며, 신라시대의 경주 구황동 원지는 길이가 최소 46 m에 깊이는 0.6 m 미만이다.

Fig. 5(b)의 탐사지역-1에서 지표에 노출된 회랑지의 초석으로 추정되었던 지역에서는 이상반응의 형태로 보아서 7채의 건물이 2열 지어 나란히 배열되어 있는 것으로 생각되어 회랑이 아닌 것으로 추정된다. 한 채의 건물은 약 8 m × 8 m 정도의 크

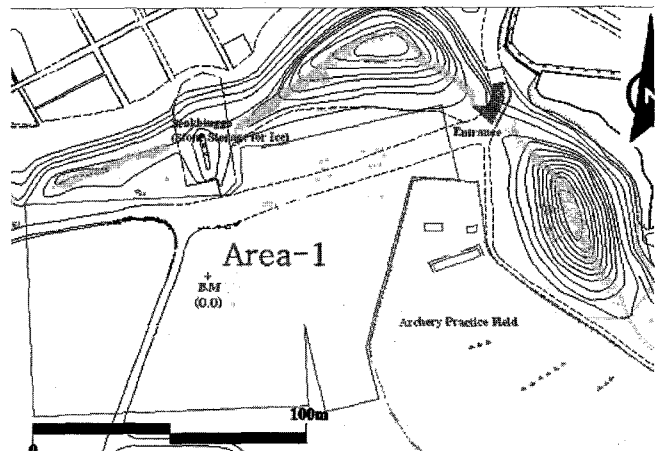


Fig. 3. Local map of the exploration area-1.

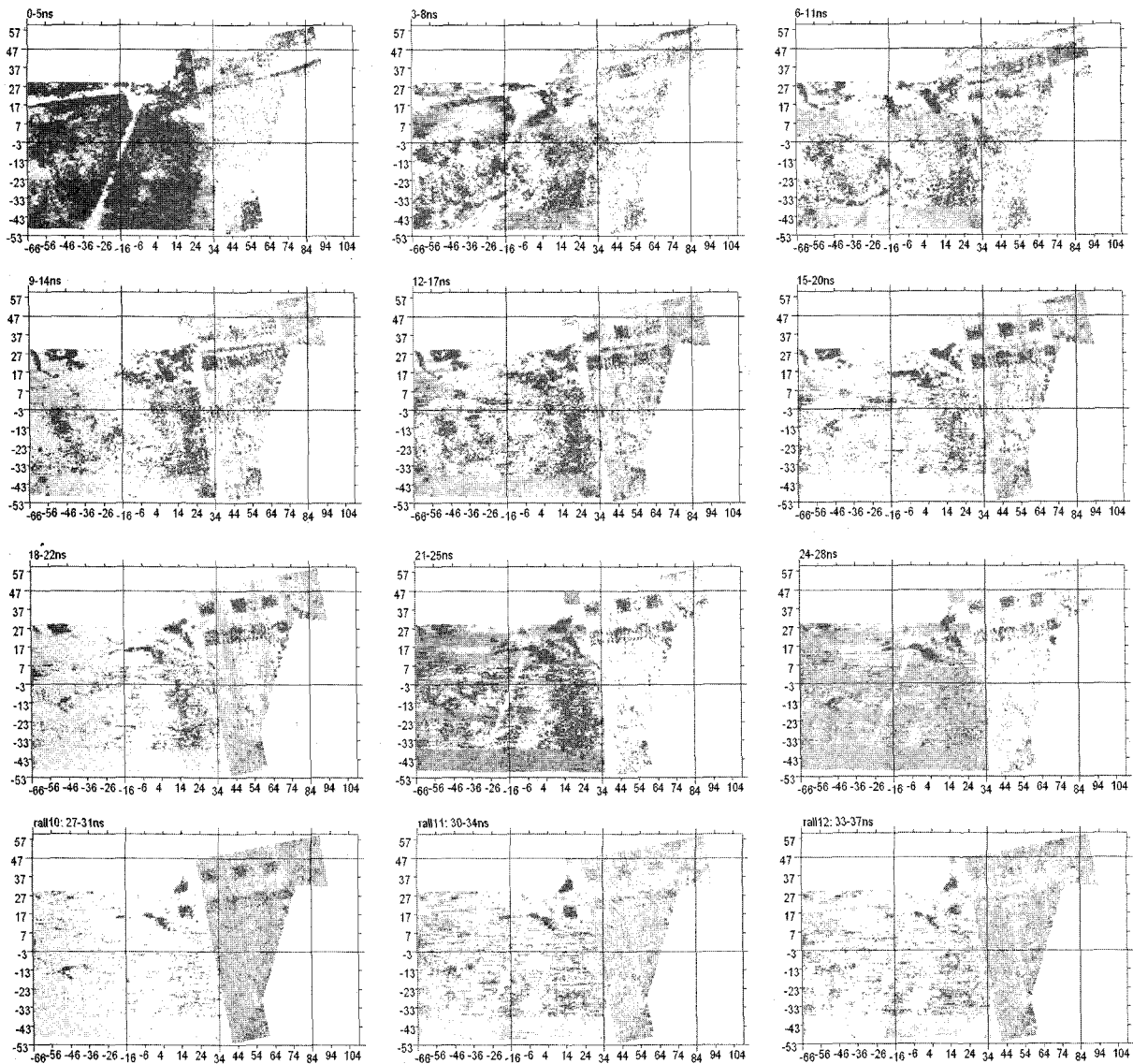


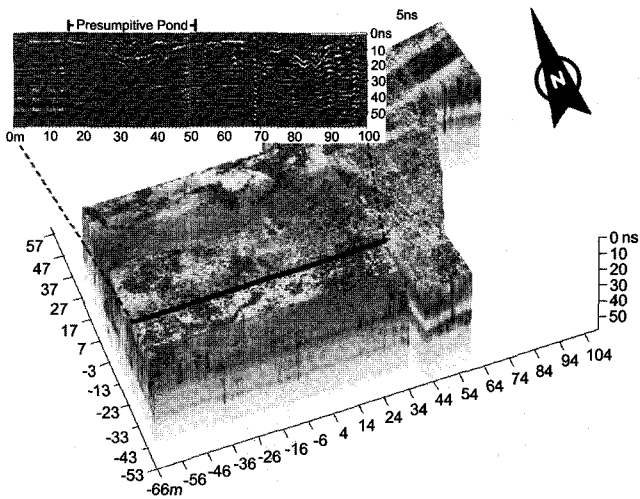
Fig. 4. GPR time slices of the exploration area-1 at the Walseong Fortress in Gyeongju. The time slice in 0~5 ns shows geometric figures which corresponds to a dirt lane of T shape. Many archaeological features are revealed in 3~34 ns.

기이며 한 변에 4~5개 정도의 초석이 있을 것으로 생각된다. 먼저 얇은 층위에서 바둑판 형태의 초석 배열이 나타난 후 깊이 내려가면서 사각형 모양의 건물터가 나타나는 것으로 보아서 건물의 기초 부위를 8m×8m 크기 안에 판축 또는 어떠한 기법으로 축조한 다음에 그 위에 초석을 얹은 것으로 보인다. 건물의 배열은 동서방향이기는 하나 성의 특유한 윤곽선을 따라 약간 비스듬하게 자리하고 있다.

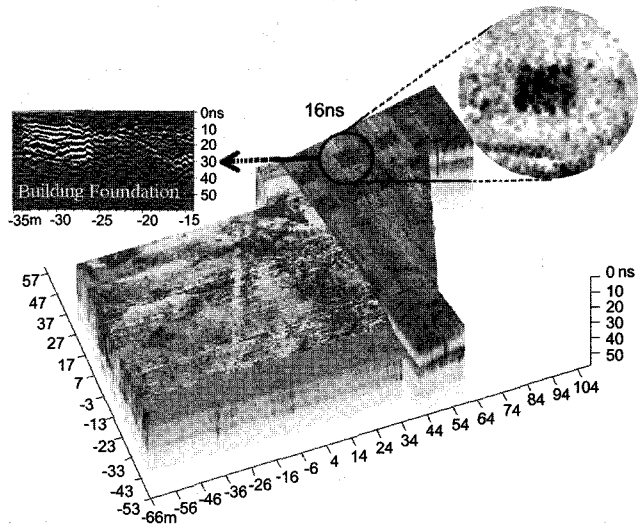
석빙고 옛터 근처의 문지(門地)로 추정하는 곳에서는 이상반응이 담장 입구 쪽에서 시작하여 휘어져 동쪽으로 연결되어 있어 통로를 유도하기 위한 것으로 보이고 입구의 오른쪽 편에 건물지로 추정되는 이상반응도 있다(Fig. 4의 동시간수평단면도 3~20 ns). 석빙고 앞은 구지형이 약간 낮게 형성 되어 있으며 건물지의 흔적이 낮은 층위에서 보이고 있으나 상부층으

로 갈수록 반응의 모양이 변화하고 있어 시대적 흐름에 따라 유구가 중복된 것으로 생각된다(Fig. 4. 6~34 ns). 이곳보다 좀더 남쪽에서 남북방향으로 넓고 길게 연장되어있는 이상반응들이 연속되어 나타나고 있다(Fig. 4. 6~25 ns). 국립경주문화재연구소(2003)에 의하면 석빙고의 북쪽으로 약 500m에 위치한 선덕여사 중·고등학교에서 폭 10.2m 크기의 남북도로가 발굴되었다. 만약 이 이상반응들이 이 도로유구와 관련이 있다면 성내부와 연결되는 도로가 아닐까 생각되며 그렇다면, 석빙고가 있기 전 통일신라 때에는 그 곳이 문지였을 가능성이 있다. 그러나 GPR에서의 반응의 폭은 약 20m로 발굴된 도로보다 약 2배 정도 넓어 약간의 의문이 제기 되는 바이다.

추정되는 도로의 오른쪽 편에서 점으로 보이는 수많은 반응들은 어느 정도 일정한 크기와 간격으로 배치되어 있어 건물의



(a) GPR time slice volume at 5 ns and a GPR profile intersecting on the line. The bottom of the dish-shaped anomaly is at 15 ns. The diameter is about 35~40 m.



(b) GPR time slice at 16ns and a GPR profile on a building foundation. The size of square building is 8 m×8 m. Seven building foundations are clearly shown in the time slice and other types of features are appeared as well.

Fig. 5. 3-D analysis of GPR data obtained from the exploration area-1.

초석으로 생각된다(Fig. 4. 0~17 ns). 이곳 건물의 초석은 앞에서 설명한 8 m×8 m 크기의 기초다짐을 하고 초석을 놓은 건물지와는 다른 형태를 하고 있는 것으로 생각된다. 많은 초석들이 산재해서 나타나고 있지만 정방형의 다짐형태의 기초시설은 보이지 않고 오직 초석으로 생각되어지는 이상반응만 나타나고 있기 때문이다. 이것으로 보아서 앞에서 설명한 2열진 건물지 7채보다는 중요도 면에서 떨어지는 건물이거나 축조시대가 서로 달라 건축양식이 달랐을 것으로 추정해 볼 수 있

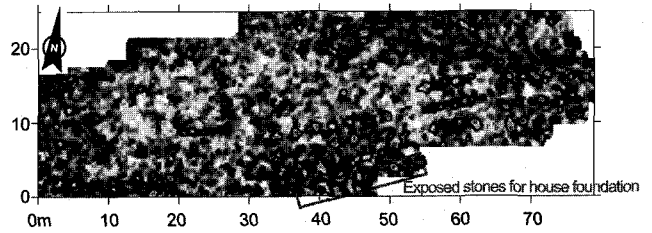


Fig. 6. GPR time slice in 6~20 ns from exploration area-2. There are more house foundation stones in front of the exposed 5 stones. More stones of house foundation are appeared nearby.

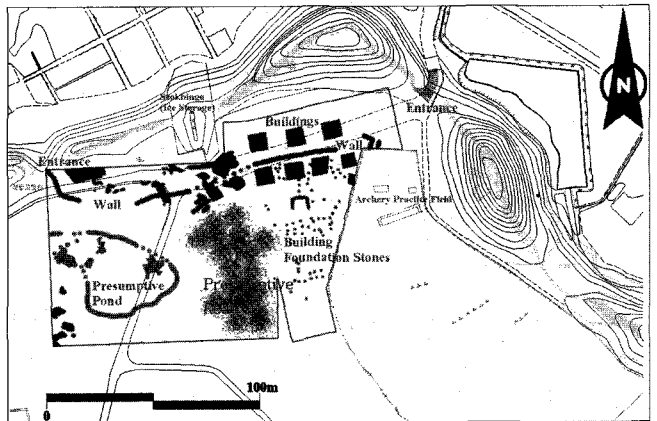


Fig. 7. Interpretive drawing of the exploration area-1.

다. 정방형의 기초를 한 건물들의 사이사이에서도 건물의 초석이라고 생각되는 반응들이 나타나고 있어 시간의 흐름에 따라서 같은 자리에 반복적으로 세워진 건물들로 생각된다.

탐사지역-2의 월성 동편 끝의 지표에 노출된 5개의 초석 주변 탐사(Fig. 6)에서는 초석 앞으로 계속해서 건물지가 확장되어 있음을 추정할 수 있다. 16 m×9 m 크기의 직사각형 대형 건물안에 동서방향으로 뻗은 7개의 초석의 숫자로 보아서 6칸, 남북방향으로 4개의 초석으로 보아서 3칸 규모로 모두 18칸 규모의 건물로 추정된다. 또한 그 주변 사방으로 건물과 관련한 흔적들이 많이 보이고 있어 성 귀퉁이의 단순한 단독 건물은 아닌 것으로 추정된다.

토의 및 결론

936년 통일신라가 멸망한 이후 약 1000년의 세월이 흐른 뒤에 경주 월성에 대하여 지금까지 수행되었던 전통적인 조사방법인 발굴이 아닌 비파괴 조사방법인 물리탐사를 이용하여 일부나마 그 윤곽이 드러나게 되었다. GPR 탐사를 이용한 조사면적이 성 전체 면적의 12%에 불과하지만 Fig. 7에서 보는 바와 같이 상당수의 유적이 분포하고 있음을 추정할 수 있었으며 탐사결과는 다음과 같다.

(1) 석빙고 동편에서는 약 8 m×8 m 크기의 건물지 7채와 담장이 동서방향으로 성의 모양을 따라 비스듬하게 2열지어

배치되어 있음을 추정할 수 있었다.

(2) 석빙고 옛터 근처의 문지 안쪽에 출입 방향을 유도했을 것으로 추정되는 담장과 그 오른쪽에 건물 1체가 있음을 추정할 수 있었다.

(3) 석빙고 앞은 깊이에 따른 반응이 다양하게 변화하고 있어 유구의 중복이 발생한 것으로 추정된다.

(4) 석빙고 남쪽으로 남북방향의 도로로 추정되는 반응이 확인되었다.

(5) 추정되는 도로의 동편으로 수많은 초석들이 나타나고 있다.

(6) 추정되는 도로의 서쪽으로는 지름 35~40 m 크기의 폐곡선 모양이 나타나고 있는데 궁원지로 추정해 볼 수 있다.

(7) 월성의 동편 끝의 초석이 노출된 지역에서는 16 m×9 m 크기의 대형 건물지가 있음을 추정할 수 있었으며, 그 주변으로도 여러 채의 건물의 흔적으로 추정되는 반응을 확인하였다.

이상으로 경주 월성에서 GPR탐사를 이용하여 유적의 분포 양상 및 추정 가능한 고고학적 이해를 시도해 보았다.

고고학에 있어서 땅을 직접 파는 것보다 확실한 검증 방법은 없다. 하지만 경주 월성과 같이 중요한 유적지에 쉽게 발굴이라는 최후의 수단을 시도하기가 어려운 지역에서는 GPR 탐사와 같은 지구물리탐사방법을 고고학 영역에서 새로운 의미로서 받아들여야만 할 것이다. 이번 탐사가 의미하는 바와 같이 탐사 자체가 주는 정보의 질과 양이 발굴에 비하여 적다고 하지만, 물리탐사가 선진 고고학을 이끄는 ‘디지털고고학(Dig-

ital Archaeology)’이 될 수 있으며 제2의 순수 발굴이라는 점을 묵고하여서는 안 될 것이다.

지구물리탐사를 고고학에 접목하기 위해서는 지구물리 단독의 기술만으로는 어렵다. 반드시 고고학적인 이해와 지구물리학적 상호 이해와 가치의 존중이 무엇보다 중요하며, 이러한 과정 속에서 두 영역의 토론과 상호보완은 적절한 탐사와 정확한 해석을 도출해 낼 수 있을 것으로 확신한다.

참고문헌

- 국립경주문화재연구소, 2003, 경주 인왕동 556·566번지 유적, 발굴조사보고서, 22 p.
- 김낙중, 1998, 신라 월성의 성격과 변천에 관한 연구, 석사학위논문, 서울대학교, 1-6.
- 민덕식, 1990, 신라의 경주 월성고-신라왕경연구를 위한 일환으로, 동방학지, 66, 1-50.
- 오승연, 2002, 한국 고대 궁원지에 관한 연구, 문학석사학위논문, 동아대학교, 36-56.
- 이원근, 1980, 삼국시대 성곽연구, 문학박사학위논문, 단국대학교, 361 p.
- Goodman, D., Nishimura Y., Uno, T., and Yamamoto, T., 1994, A ground radar survey of medieval kiln sites in Suzu city, *Archaeometry*, 36, 320 p.
- Goodman, D., Nishimura, Y., and Roger, J. D., 1995, GPR time slices in archaeological prospection, *Archaeological Prospection*, 2, 85-89.
- Nishimura, Y., 2003, GPR survey for detecting post-hole houses, *Archaeologia Polona*, 41, 241-242.