

## GPR을 이용한 경주 월성 지하유구의 고고학적 해석

오현덕, 신종우<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>국립문화재연구소 유적조사연구실

### Archaeological Interpretation for Wolseong Fortress in Gyeongju using GPR

Hyundok Oh, Jongwoo Shin<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>*National Research Institute of Cultural Properties, Archaeological Studies Division*

**요 약 :** (반)월성은 세계문화유산으로 등록된 '경주역사유적지구'에 위치한 왕성으로 특유한 반달모양을 하고 있어 유래된 이름이다. 우리의 신라 천년왕조의 역사를 가진 자랑스러운 월성은 오랜 역사만큼이나 그 신비함이 아직까지 간직되어 오고 있다. 따라서 월성의 신비를 그대로 보존하면서 고고학적인 호기심을 충족시킬 수 있도록 GPR(Ground Penetrating Radar)탐사 조사법을 적용하여, 향후 발굴계획이나 고고학적 연구에 과학적이고 체계적인 접근과 현대고고학과 지구물리학의 접목의 전기를 마련하고자 조사를 실시하였다.

탐사면적은 월성 전체면적의 10%에 해당하는 12,000m<sup>2</sup>로 석빙고 앞 및 그 주변을 탐사하였으며, 그 결과, 8×8m 크기의 건물 7채와 담장 및 성의 출입시설, 수많은 초석들, 도로(추정), 그리고 직경 35m크기의 연못으로 추정되는 반응들이 확인되었다.

**주요어 :** 경주, 월성, GPR, 건물지, 초석, 도로, 연못

**Abstract :** The name of (Ban)wolseong thanks to its having a shape like a half-moon. Wolseong fortress is one of 'Gyeongju Historic Area', world heritage. The Silla kingdom's royal palace previously maintained its capital fortress at the locale of Wolseong. However its real face has been kept in mystery.

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 complement archaeological curiosity without destroying Wolseong fortress.

The exploration area is 12,000m<sup>2</sup> in front of Seokbinggo(stone storage for ice). It is only 10% area of Wolseong fortress.

As a conclusion, GPR detected 7 of squared buildings(8×8m size), stone wall, an entrance for the fortress, lots of foundation stones, road(presumptive), and a presumptive pond which size is 35~40m in diameter.

**Keywords :** Gyeongju, Wolseong fortress, GPR, Building foundation, Foundation stone, Road, Pond

## 1. 서론

경주의 월성(사적 제16호)은 천년의 왕조를 이룩하였던 신라의 수도 서라벌의 중요 지역이었으며 2,000년에는 세계문화유산으로 등록된 '경주역사유적지구'에 포함되어 있는 유적이다. 하지만 아쉽게도 신라 왕성의 본질적인 정체에 대해서 삼국사기, 삼국유사 등의 문헌 및 의관상의 조사 외에는 구체적인 연구가 없었다.

이 문화유적들은 고고학자들과 문헌사학자들에 의하여 지난 십수 년간 연구되고 발굴되어 원래의 모습으로 보존하기 위하여 노력되어지고 있다. 하지만, 역사가 오래고 세계문화유산으로 등록된 우리의 자랑스러운 문화재임에도 불구하고 월성에 대한 구체적 실체가 드러나고 있지 않을 뿐 아니라 향후 발굴계획이 수립되어 있지 않아 고고학적인 접근보다는 보다 과학적이고 체계적인 조사법인 GPR탐사를 실시하여 학술적 호기심을 보완할 수 있게 되었다.

이번에 실시한 물리탐사의 목적은 발굴을 위해 실시하는 사전조사가 아니며 향후 발굴의 계획이 없다할지라도 물리탐사를 이용하여 중요 문화 유적지의 본 모습을 조금이나마 이해하고자 한 것이다. 땅속에 간직되어져 있는 1,000년 역사의 자연적, 인위적 숨결을 탐지하는데 있어서 물리탐사가 발굴이 가지는 능력을 대신할 수는 없다. 하지만 발굴이 기어코 벗겨내어야지만 완전히 알 수 있다면 이곳 월성에서는 물리탐사를 통하여 땅속을 그대로 간직한 채 조금의 정보만을 얻는데 만족하고자 한다.



Fig. 1. Aerial photo-view of Wolseong fortress(World Heritage). The name of (Ban)Wolseong thanks to its having a shape like a half-moon. The Silla kingdom's royal palace previously maintained its capital fortress at the locale of Wolseong. As the Samguksagi records, in 101 A.D. - the 22nd year of King Pasa's reign - this defensive fortress was built.

현재 월성은 성벽과 성내부에 30년 이상 된 나무들이 자라고 있으며 관광객들을 위한 민속 체험장과 시민공원으로써 활용되고 있어 유적의 파괴를 염려하는 부분도 있다. 주변의 유적으로는 침성대, 천마총, 황남대총 등의 고분군이 있으며, 북동편으로는 안압지, 동편으로 경주박물관이 있다(Fig. 1).

## 2. 유적설명

월성은 AD 101년 파사이사금이 월성을 쌓은(삼국사기) 이후 통일신라 때까지 전각, 문지 등이 여러 번 개축 되었을 것으로 추정하고 있다.

외형상의 특징으로는, 성벽의 둘레가 약 1,841m(이원근, 1980), 동서길이 860m, 남북길이 260m의 초승달 모양이며 성 내부 면적은 112,500㎡이다. 성벽의 높이는 성밖에서 측정하면 약 11~16m이고, 성안에서는 4~11m 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, 연회와 일본 사신을 접견했던 송례전 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.

표 1. 기록상 월성 내 건축물 현황

문지	남문, 귀정문, 북문, 인화문, 현덕문, 무평문, 준례문, 임해문
관청	남당, 조원전, 송례전, 평의전, 좌우사록관, 영각성, 월정당
왕궁	내성, 임해전, 안압지, 동궁, 동궁만수방, 영창궁, 영명궁, 월지궁, 내황전, 내전, 내정
기타	석빙고

## 3. 자료취득

성의 면적(내부 112,500㎡)이 넓어 전체지역을 탐사하기 위해서는 비용과 시간에 대한 문제가 동반되므로, 짧은 시간에 탐사의 효과를 극대화하기 위하여 유구가 집중해 있을 것으로 생각되는 곳을 설정하였으며 또한 탐사자료를 검증할 수 있는 방법이 필요하였다.

경주문화재연구소의 도움으로 회랑지의 초석(礎石) 이라고 생각되는 석재들이 지표에 노출되어 있는 곳(활쏘기 체험장 부근)을 시작으로 조선시대에 축조된 석빙고 주변, 그리고 월성의 중심부에 대하여 2004년 4월부터 6월까지 3차례에 걸쳐 GPR탐사를 실시하였다(Fig. 2, 3). 노출된 초석들에 의하여 유구의 존재여부는 확인할 수 있으며 유구의 성격 또한 추정할 수 있어 GPR 데이터를 해석 및 검증할 수 있는 지표(指標)로 충분하다고 판단하였다.



Fig. 2. Exploration area. This scene was taken on Seokbinggo (Stone Storage for Ice) built in A.D 18C.



Fig. 3. GPR survey was executed on some exposed building foundation stones. GPR pulse radar reflects strongly on stone material, for example building foundation and wall etc. 500MHz antenna and SIR-2 were taken.

예상되는 목표물이 석재로 이루어진 건물지, 담장과 같은 유구로 추정 되므로 GPR 전자파에 강한 반사강도를 가질 것이다.

이번 연구에 사용된 장비는 Geophysical Survey System Inc. 의 SIR-2이며 사용된 레이다 안테나는 500MHz이다.

1차 탐사 지역은 측선을 0.5m 간격의 남북방향으로 하였으나 탐사의 기준 좌표가 월성 주변의 해자(壕字) 발굴을 위하여 설정된 발굴 기준 좌표 B.M(Bench Mark)과 다르게 설정되었다. 2차, 3차 탐사에서는 발굴 좌표축에 상응한 측선에 탐사를 실시하였으며 0.5m 측선

간격의 동서방향으로 데이터를 획득하였다.

1차 및 2차 탐사구간에서는 사람이 직접 안테나를 끌며 측정하였고, 3차 탐사지역에서는 그 면적이 넓고 풀이 많이 자라 있어 차량을 이용하여 측정하였다.

Meter 단위의 거리를 표시하는 핸드 마커(Marker)를 이용시 지형과 지표의 상태에 따른 안테나의 이동 속도 차이에 의하여 GPR 수직 데이터가 변하게 되므로 각 마커 마다의 간격을 32 scans로 보정하였다(Goodman 등, 1994).

측정된 GPR 수직 데이터는 전자파가 왕복한 시간에 대하여 같은 시간대에 대하여 잘라내는 이른바 Time Slice를 실시하여 반사강도의 세기에 따른 수평단면상의 이상대(Anomaly) 단면도를 작성하였다. Time Slice에 의한 Anomaly 수평 단면도는 건물지 및 기타 여러 유구의 크기, 모양, 위치 및 깊이 등에 대한 정보를 알기 쉽게 나타내 준다(Goodman 등, 1995, Nishimura, 2003).

데이터 처리는 1, 2, 3차 탐사에 대하여 각각의 Grid를 만들었으며 최종적으로 이들을 하나의 Gridset으로 취합하였다. 이때, 1차 때 얻어진 데이터는 발굴 기준 좌표로 보정하였다.

탐사 전체 면적은 12,000m<sup>2</sup>로 성 전체 면적의 약 10%에 해당한다.

Time Window는 60nanosecond(ns)로 한정하였으며, Time Slice는 5ns 단위로 실시하였다. 각각의 slice는 2ns 씩 겹치도록 하여 깊이 내려 갈수록 이상대의 변화가 단절되지 않고 연속적으로 변화하도록 하였다.

Time Slice 및 3D volume 분석에 사용된 프로그램은 GPR-SLICE Software이다.

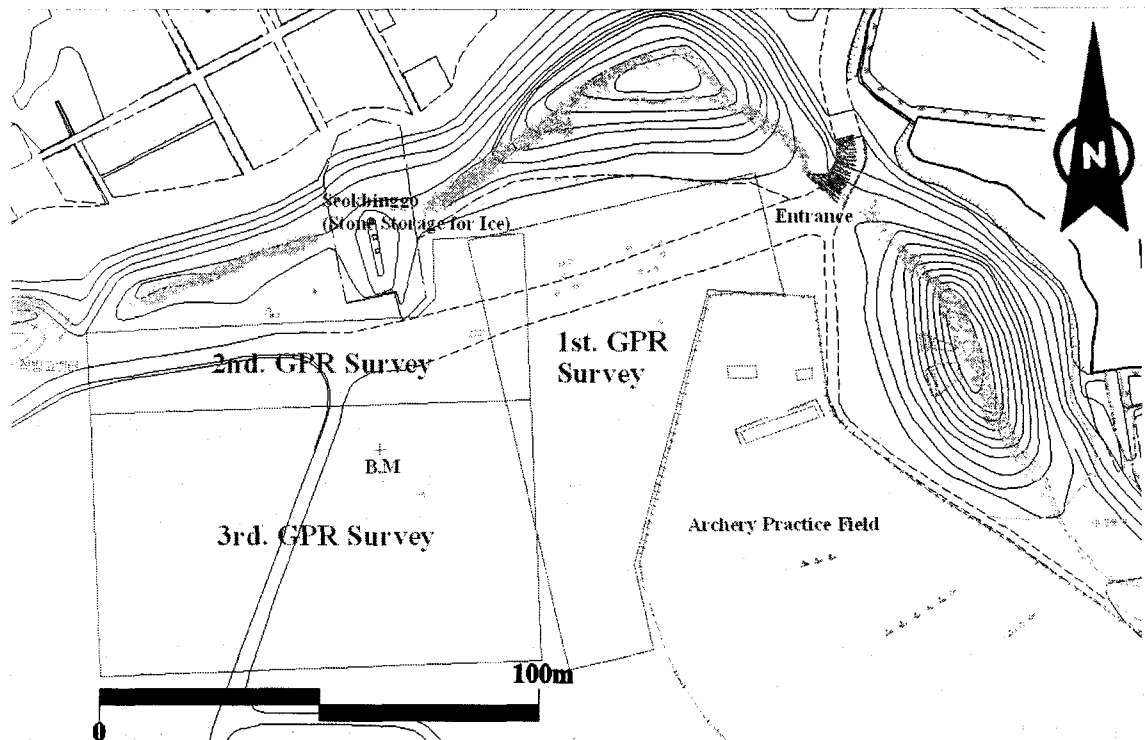


Fig. 4. GPR survey sectors. The explorations are executed in 3 areas. The total area is 12,000m<sup>2</sup>. There are some stones exposed for building foundations in the first GPR survey area and a part of stone wall is exposed in the second GPR survey area. Lots of stones are scattered on the fortress wall.

#### 4. 결 과

가장 천부의 지표에 해당하는 첫 번째 수평단면도(0~5ns)에서는 주민들의 산책로 및 잔디에 의한 반응들이 'T'자 모양으로 나타나고 있다. 두 번째 층위(3~8ns)와 세 번째 층위(6~11ns)구간을 보면, 3차 탐사지역에서 폐곡선 형태의 반응이 나타나고 있다(Fig. 5). 이곳은 현재의 석빙고와 석빙고 옛터 중간 지점이며 약 50m 남쪽에 해당한다. 폐곡선의 크기는 지름 35~40m 크기이며 그 안쪽에 강한 반사를 나타내는 곳도 있고, GPR profile 상에서는 반응 형태가 접시의 옆모습과 비슷하게 형성되어 있어 연못이 아닐까 생각한다. 그 깊이는 5ns에서부터 중심부의 최고 깊은 바닥 면은 15ns이다(Fig. 6-(a)).

이곳 토양은 지표상으로 보았을 때는 마사토이나 그 내부는 알 수 없는 상태이기 때문에 구체적인 깊이를 계산하기가 어렵다. 하지만 토양이 마른모래와 자갈로 이루어져 있다면 일반적으로 유전상수( $\epsilon$ )를 10으로 가정할 수 있는데, 이때 전자파의 속도( $v$ )는  $0.134 \frac{m}{ns}$ 이며 반응이 5ns에서부터 15ns 구간에 형성되어 있으므로 그 깊이는 약 1.34m일 것이다. 젖은 모래질 토양으로 가정한다면 유전상수는 23.5이며 속도( $v$ )가  $0.062 \frac{m}{ns}$ , 깊이는 0.62m 정도이다. 참고로 오승연(2002)의 논문에서, 국립경주박물관 부지내의 연못 규모는 15×5m, 깊이는 1.3~2m이며, 신라시대의 경주 구황동 연못은 길이가 최소 46m에 깊이는 0.6m 미만이다.

회랑지로 추정되었던 초석이 노출된 지역(1차 탐사지역)에서는 7채의 건물이 2열 지어 나란히 배열되어 있는 것으로 보아 회랑이 아닌 것으로 판단된다. 한 채의 건물은 약 8×8m<sup>2</sup>의 크기이며 한 변에 4개 정도의 초석이 있다. 먼저 얕은 층위에서 바둑판 형태의 초석 배열이 나타난 후 깊이가 내려가면서 사각형 모양의 건물터가 나타나는 것으로 보아서 건물의 기초 부위를 8×8m<sup>2</sup> 크기 안에 판축 또는 어떠한 기법으로 잘 만든 다음에 그 위에 초석을 얹은 것으로 보인다(Fig. 6-(b)). 건물의 배열은 동서방향이라는 하나 성의 윤곽선을 따라 약간 비스듬하게 자리하고 있다.

석빙고 옛터 근처의 문지로 추정하는 곳에서는 담장이 입구쪽에서 시작하여 휘어져 동쪽으로 연결되어 있어 통로를 유도하기 위한 것으로 보이는 석열이 있고 입구의 오른쪽 편에 건물지가 있다(Fig. 5. 3~20ns).

2차 탐사지역인 석빙고 앞은 구지형이 약간 낮게 형성 되어 있으며 건물지의 흔적이 낮은 층위에서 보이고 있으나 상부층으로 갈수록 반응의 모양이 변화하고 있어 시대적 흐름에 따라 유구가 중복된 것으로 생각된다(Fig. 5. 6~34ns).

이곳보다 좀더 남쪽에서 남북방향으로 넓고 길게 연장되어있는 이상반응들이 연속되어 나타나고 있다(Fig. 5. 6~25ns). 국립경주문화재연구소(2003)에 의하면 석빙고의 북쪽에 위치한 선덕여자 중·고등학교에서 폭 10.2m 크기의 남북도로가 발굴되었다. 이곳은 석빙고로부터 약 500m 떨어져 있는데 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 제기되는 바이다.

추정되는 도로의 오른쪽 편에서 점으로 보이는 수많은 반응들은 어느 정도 일정한 크기에 일정한 간격으로 배치되어 있어 건물의 초석으로 생각된다(Fig. 5. 0~17ns). 이곳의 건물의 초석은 앞에서 설명한 8×8m<sup>2</sup> 크기의 기초를 잘하고 초석을 놓은 건물지와는 다른 형태를 하고 있다. 많은 초석들이 산재해서 나타나고 있지만 정방형의 다짐형태의 기초시설은 보이지 않고 오직 초석만 있음을 알 수 있다. 이것으로 보아서 앞에서 설명한 7채의 건물보다는

## 돌리탕사 기술 심포지움

규모나 용도 면에서 좀더 덜 중요한 건물이지 않았을까 생각한다. 정방형의 기초를 한 건물들의 사이사이에서도 건물의 초석이라고 생각되는 반응들이 나타나고 있어 통일신라시대 이후의 후대에 세워진 건물들로 생각되어진다.

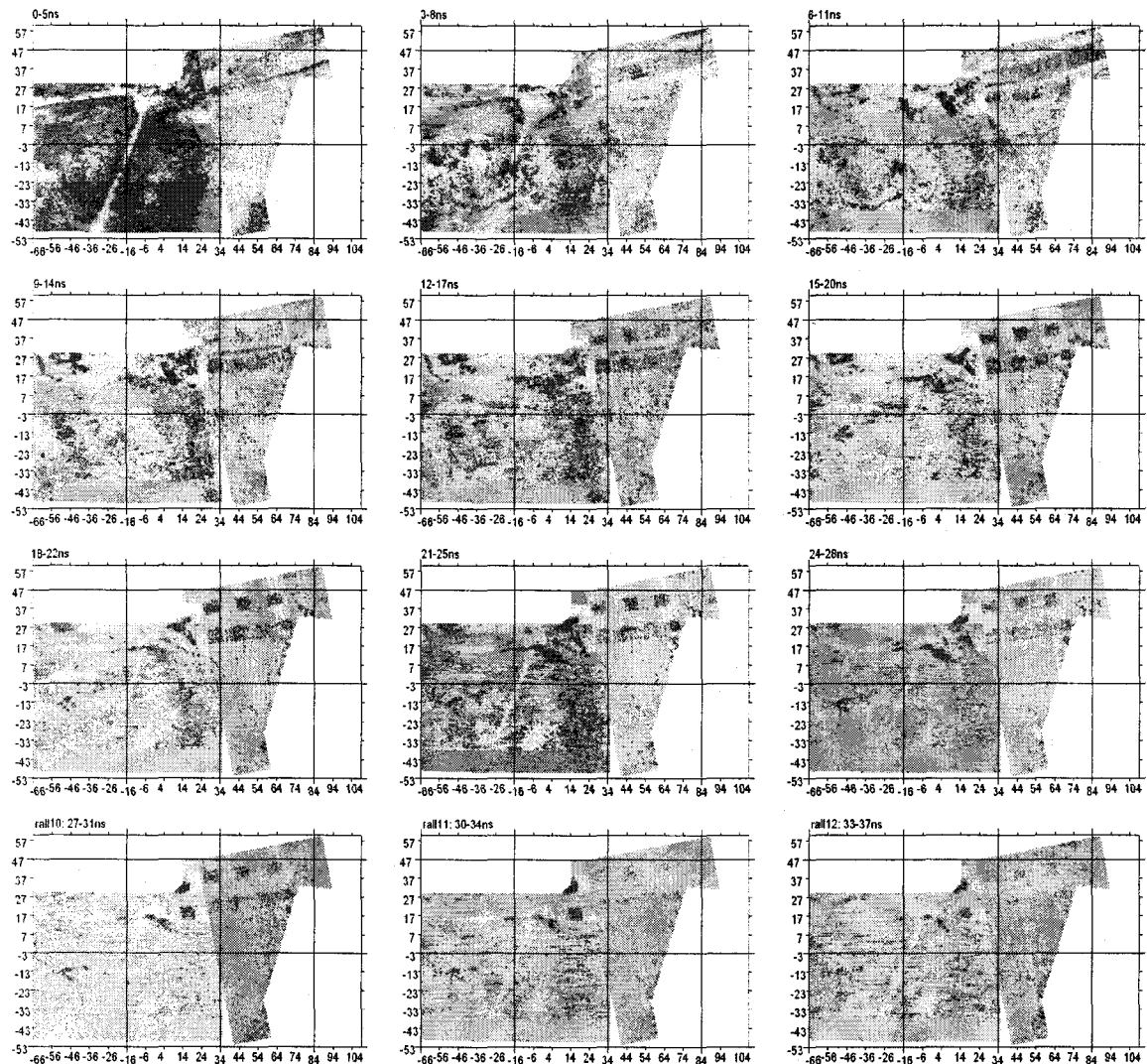
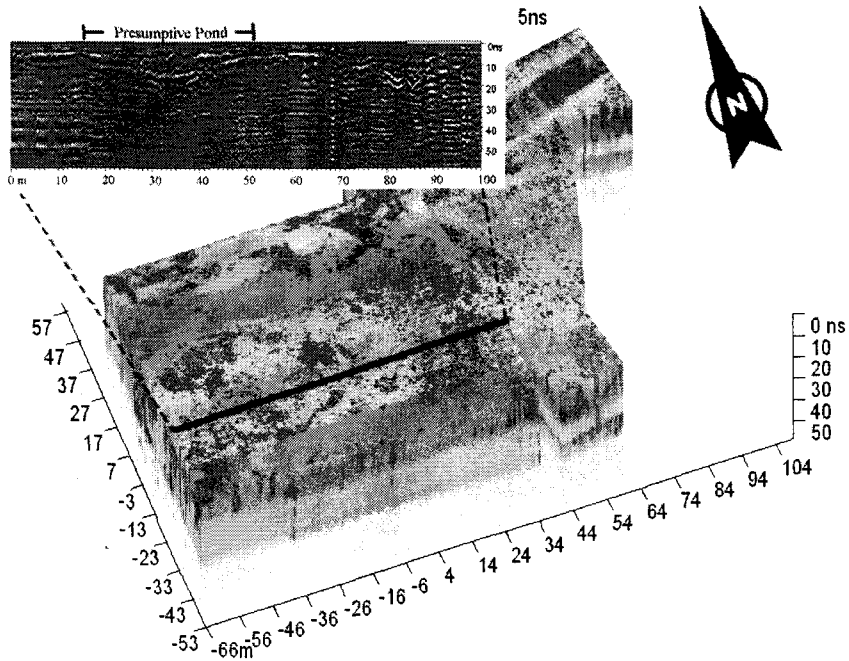
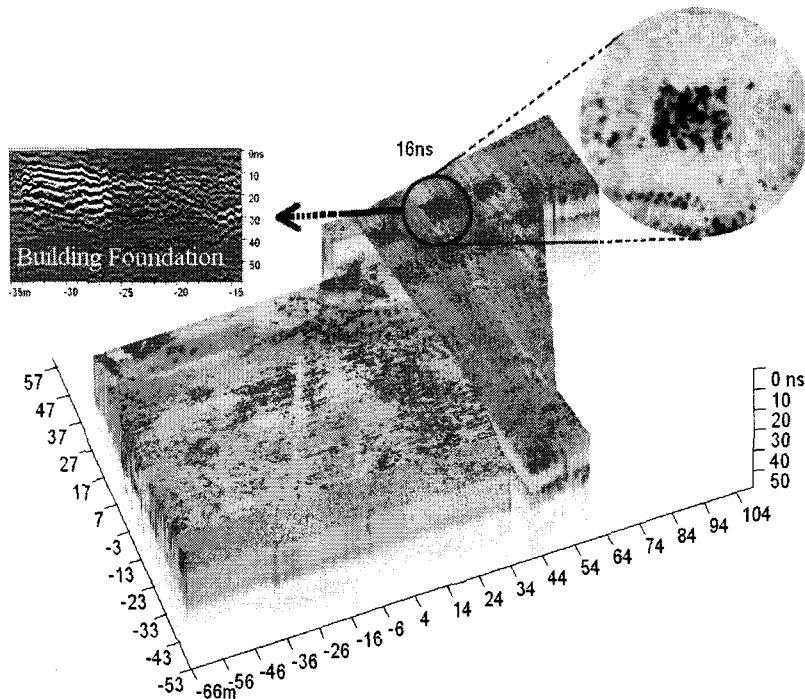


Fig. 5. GPR time slices computed at the Wolseong Fortress in Gyeongju. The top time slice from 0~5ns shows geometric figures which corresponds to a dirt lane('T' shape). Many archaeological features are coming out in 3~34ns.



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



(b) GPR time slice at 16ns and a GPR profile on a building foundation. The square size of building is  $8 \times 8 \text{m}^2$ . Seven building foundations are clearly shown. And other types of features are appeared.

Fig. 6. GPR three dimensional analysis.



## 5. 결론

936년 통일신라가 멸망한 이후 약 1,000년의 세월이 흐른 뒤에 경주 월성이 지금까지 해왔던 발굴을 통한 방법이 아닌 첨단과학을 이용하여 일부나마 그 실체가 드러나게 되었다. GPR을 이용한 탐사면적이 성 전체 면적의 10%에 불과하지만 Fig. 7에서 보는 바와 같이 상당수의 유적이 분포하고 있음이 확인 되었다.

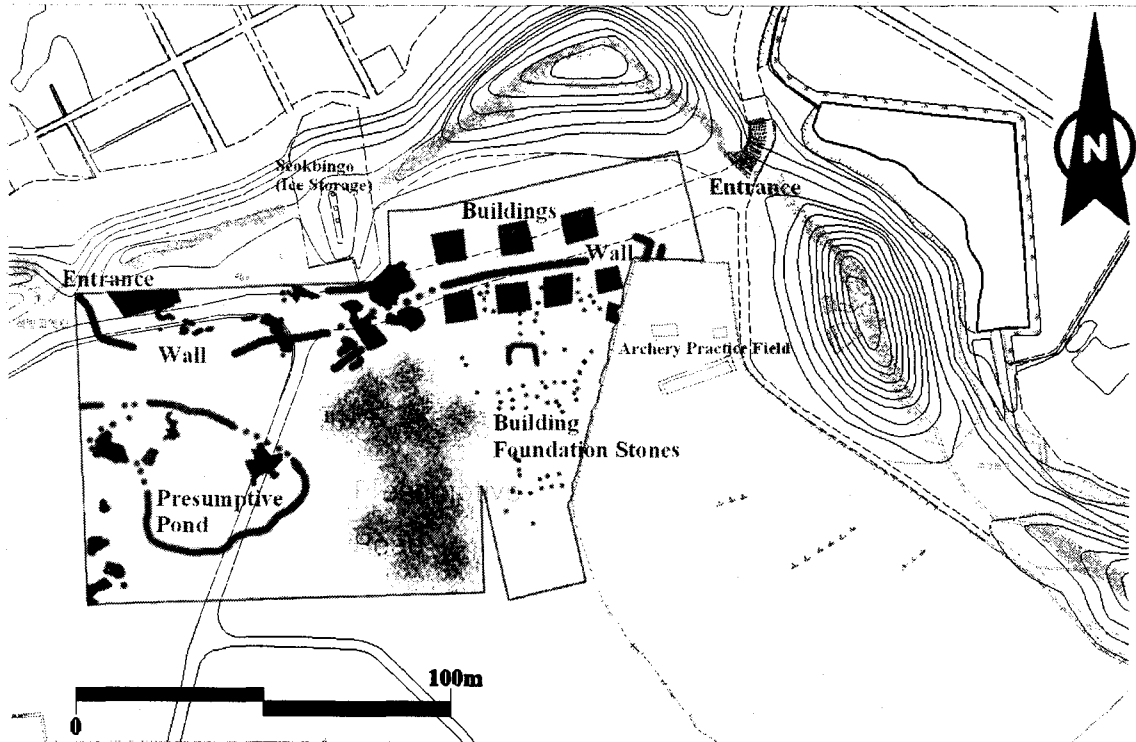


Fig. 7. Interpretive drawing.

- (1) 석빙고 동편에서는 약 8×8m<sup>2</sup> 크기의 건물지 7채와 담장이 동서방향으로 성의 모양을 따라 비스듬하게 배치되어 있다.
- (2) 석빙고 오테터 근처의 문지 안쪽에 출입 방향을 유도하는 담장이 있고 그 오른쪽에 건물이 1채 있다.
- (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 35~40m 크기의 폐곡선 모양이 나타나고 있는데 연못으로 추정해 볼 수 있다.

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 지구물리탐사방법은 고고학 영역에서는 새로운 의미로서 받아들여야만 할 것이

다. 이번 탐사가 의미하는 바와 같이 탐사 자체가 주는 정보의 양이 발굴에 비하여 적다고 하지만, 선진 고고학을 이끄는 ‘디지털고고학(Digital Archaeology)’이 제2의 순수 발굴이라는 점을 묵고하여서는 안 될 것이다.

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

경주 월성은 이번 탐사에서 실시한 내부 면적 10%를 제외하고는 1,000년 왕성의 비밀이 아직도 묻혀 있으며 성벽을 포함하여 아직도 조사할 곳이 너무 많다. 이 거대한 유적지에 대한 연구는 발굴이라는 개념의 고고학적 접근보다는 과학적 그리고 여러 학문의 교류의 장으로서의 고고학이 될 때 가능하여 지리라 생각된다. 그것의 첫발이 지구물리학 우리들이다.

## 참고문헌

- 국립경주문화재연구소, 2003, 경주 인왕동 556·566번지유적 발굴조사보고서, p.22.
- 김낙중, 1998, 신라 월성의 성격과 변천에 관한 연구, 서울대학교 석사학위 논문, p.1-6.
- 민덕식, 1990, 신라의 경주 월성고-신라왕경연구를 위한 일환으로, 동방학지, v66, 연세대학교 동방학연구소, p.1~50.
- 오승연, 2002, 한국 고대 궁원지에 관한 연구: 문학석사학위논문, 동아대학교 p.36, 53, 56. 이원근, 1980, 삼국시대 성곽연구: 문학박사학위논문, 단국대학교 p.361.
- Goodman, D., Nishimura, Y., Uno, T., Yamamoto, T, 1994, A ground radar survey of medieval kiln sites in Suzu city: *Archaeometry*, v36, p.320.
- Goodman, D., Nishimura, Y., Roger, J. D., 1995, GPR time slices in archaeological prospection, *Archaeological Prospection*, v2, p.85~89.
- Nishimura, Y., 2003, GPR survey for detecting post-hole houses: two examples of surveys for the identification of low-contrast soil structures: *Archaeologia Polona: the institute of archaeology and ethnology polish academy of sciences, Warsaw, Poland.* v41, p.241, 242.