

송산리 고분군의 지구물리학적 조사를 통한 고분축조방법 고찰

서만철 · 이창환 · 정계옥* · 김동현*

공주대학교 지질환경과학과, 충남 공주시 신관동

*국립문화재연구소, 서울특별시 종로구 세종로 1번지

A Study on the Construction Method of the Songsanri Tombs Using Geophysical Exploration Method

Mancheol Suh, Changwhan Lee, Gyeok Jeong*, Donghyun Kim*

Dept. of Geoenvironmental Sciences, Kongju National University, Kongju, Chungnam

**National Research Institute of Cultural Properties, One Sejongro, Jongrogu, Seoul*

초 록 : 자력, 자연전위, 비저항 측정을 포함하는 지구물리탐사를 송산리고분군 지역에 적용한 결과 지하구조물의 위치, 고분축조 지반 및 원지반의 차이점 등에 대한 정보를 비교적 정확하게 얻을 수 있었다. 비저항의 분포로 확인된 기존 지반의 지역에서는 자연전위 값도 매우 낮다. 기존 지반의 경우 0.3 mV/m의 매우 낮은 전위차와 1000~1500 ohm-m의 상대적으로 높은 비저항치를 보이는 반면, 고분축조지역의 지반은 -20 ~ 30mV/m의 큰 자연전위값과 200 ohm-m 이내의 낮은 비저항을 보여 매우 대조적이다.

전기비저항 및 자연전위분포로 볼 때 백제시대 당시 고분축조를 위하여 절개했던 부분이 남북방향으로 약 35 m 정도이었음을 알 수 있다. 원래의 지반과 고분축조를 위해 굴착한 부분의 지반의 매질이 확연히 다르다는 것은 고분축조가 동굴을 파서 그 내부에 축조했다기 보다는 전체 축조부지를 절개하여 평탄화한 후 모형을 만들어 축조한 후 그 후에 다시 파낸 암석부스러기 및 흙을 채워 원래 지형을 복원하였을 것으로 해석된다. 그 후, 모형을 내부로부터 제거하여 고분을 축조하였을 것으로 사료된다.

ABSTRACT : An integrated geophysical survey was conducted to study a construction method of the Songsanri tombs including the Muryong royal tomb. With the distribution of soil resistivity and self potential values, the boundary between original ground and the construction site was delineated clearly. The original ground has relatively high resistivity of 1,000 ~ 1,500 ohm-m and low self-potential values of $0 \pm$

3 mV/m, while the construction site has low resistivity less than 200 ohm-m and quite high self-potential values of -20 ~ 30 mV/m.

It is interpreted that the open site for construction of subsurface tomb has the size of about 35 m in the north-south direction. Big difference in characteristics of ground between the tomb site and the original site gives a clue for the construction method of tombs in Baekje dynasty. The site was opened about 35 meters in the north-south direction and then a mold structure was constructed with a brick frame outside. The brick frame consists of bricks cemented each other and structurally combined. The mold structure was removed from inside after refill of the opened construction site with some cemented rock debris and soil.

1. 서론

우리나라는 반만년의 역사를 가진 민족으로 그에 따른 조상들의 예술, 생활, 풍습이 잘 담겨 있는 많은 유적, 유물을 가진 민족이다. 더욱이 충남 공주와 부여 일대는 옛 백제의 도읍이었던 웅진과 사비라는 명칭으로 더욱 유명하다. 그러나, 백제의 고분 유물은 옛 신라의 유적에 비해 발굴이 적을 뿐만 아니라, 그에 따른 투자도 한층 낮은 것으로 알려지고 있다. 그래서, 요즘 백제권 개발을 위한 많은 정부의 투자와 개발 관심이 극대화되고 있다. 이에 따른 새로운 유적의 발굴에 대한 관심 또한 고조되고 있다.

매장유적에 대한 지구물리학적 접근은 능의 특별한 구조인 현실에 의한 지하공동효과와 매장유적 내 존재하는 금속물질에 의한 높은 자력이상치를 발견함으로써 이루어질 수 있으나, 지금까지의 지하공동의 조사 연구는 자원의 개발 및 지하 공간의 활용뿐 아니라 토목 및 기타분야에서만 그 필요성이 요구되어져 왔다. 그간의 공동연구는 터널, 탄전 등에서 유출수에 의한 붕괴위험성을 줄이고자 연구되고

실현된 것이 대부분이다. 최근의 연구결과를 살펴보면, 모형실험을 통한 이론적인 모형계산을 시도해 온 바 있으며, 주된 모형으로는 야외에서 지표 근처에 폐기된 터널이나 폐광갱도가 이용되었다.

본 연구는 매장유적의 존재 및 위치 확인을 위한 효과적 지표 지구물리 탐사방법의 적용을 목적으로 진행되었으며 그 결과를 이용하여 고고학적 해석을 시도하는데 또한 연구목적에 두었다. 매장 유적은 그 자체의 공간, 부장품(유물) 및 주위의 토양이나 암질의 차이 등에 기인한 물리량의 차이 때문에 지구물리 탐사방법의 적용이 가능하게 된다¹⁻³. 지구물리 탐사방법 중에는 지표에서의 물리량 측정에 의한 탐사방법⁴ 외에도 여러개의 시추공을 뚫고, 시추공 간의 물리량 변화를 측정하는 방법도 있으나, 시추공을 이용한 방법은 유적을 파손할 우려와 함께 경제적, 시간적 부담을 가지게 된다. 따라서 본 연구에서는 고고학적 발굴 및 해석을 과학적인 방법으로 지원하기 위하여 여러가지 지구물리학적 탐사방법을 이용하였다⁵⁻⁸. 본 연구의 적용은 공주시 송산리 고분군 중 5, 6, 7호분을 중심으로 한 지역을 선택하였다. 실험적 모형으로는 주로 백제 25대 무령왕의

능인 송산리 고분군 내 7호분(무령왕릉)으로 하였다. 위치는 충남 공주시 금성동 산 5-1 번지 일대이며, 현재는 발굴 및 개발이 종료된 상태이다. 본 지역에서는 백제문화재 유적정비 사업의 일환으로 고지자기 탐사가 수행된 바 있으며⁹⁾, 그 밖의 지구물리학적 연구가 진행된 경우는 거의 없는 실정이다.

2. 지구물리 탐사방법

송산리 고분군 5호분, 6호분 7호분 지역에서 측선 A 및 측선 B 두 개의 측선을 설정하여 자력, 자연전위 및 전기 비저항탐사가 이루어졌다. 측선 A는 1994년 1월 21일, 측선 B는 1994년 3월 29일에 각각 실시되었다. 측선 A는 N10E 방향으로 3m 간격으로 34 개의 측정점을 설치하였으며, 측선 B는 측선 A와 같은 방향이며 동쪽으로 6m 평행이동하여 1m 간격으로 61 개의 측정점을 설치하였다. 측선 A와 측선 B는 5호분과 6호분의 사이를 통과하여 7호분(무령왕릉) 현실의 상부를 지나도록 하였다(Fig. 1). 자력탐사에 이용된 탐사기는 미국 EG&G사의 G-856 모델 magnetometer로서 측정에서의 전자력의 세기를 측정하도록 되어 있다. 측선 A에서는 3 m 간격으로 측정점을 설치하여 각 측정점에 대하여 5회씩 반복측정하여 비정상적인 값으로 판단되는 측정치를 제외하고 평균값을 취하여 각 측정점에서의 자력치로 결정하였다. 측선 A에서는 자기측정 sensor를 대지에 맨 상태로 측정하고 또 2m 높이에 위치하여 비교 측정하였다. 측선 B에서는 1m 간격으로 측정점을 설치하여, 각 측정점에 대하여 3회씩 반복측정하여 평균값을 이용하였다. 자력탐사에서는 지자장의 일변화에 대

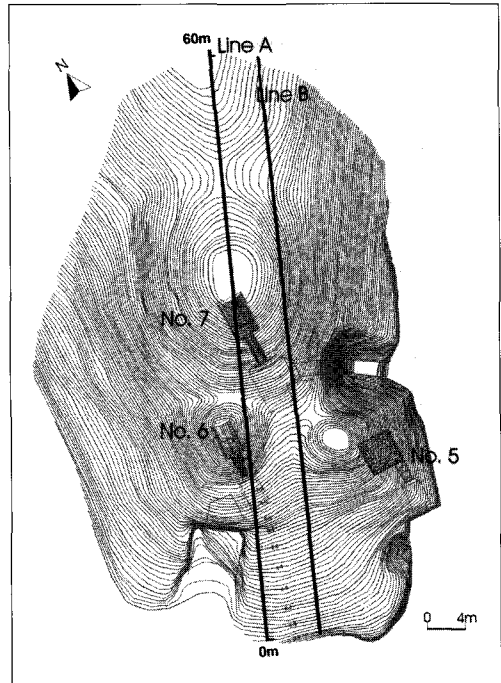


Fig. 1. Topography of the Sonsanri Royal tomb site and locations of tombs. Geophysical surveys were carried out along Line A and Line B. Line A is continued to the northeast along the ridge

한 보정이 이루어져야 하지만 측정소요시간이 짧은 관계로 일변화보정은 생략하였다. 또한 정량적인 해석을 위해 각 측선의 측정 0을 기준으로 하여 측선 A에서 50,139.00 γ 를, 측선 B에서 50,143.88 γ 의 표준자력치를 이용하여 이상값을 취하여 해석하였다. 표준자력치의 결정은 미국지질조사소에서 발간한 위치와 시각에 따른 전자력치 계산공식을 이용하였다.

자연전위탐사는 전류를 지하에 공급하지 않은 상태에서 지표에 두개의 전극을 매설하여 전위차를 측정함으로써 지하에 자연적으로 흐르는 전류에 의해 형성된 자연전위(self-potential)를 측정하는 방법이다. 이는 전기화

학적, 전기역학적 현상과 광화전위에 기인하기 때문이며, 포화된 황산구리용액을 넣은 다공질 그릇을 이용한 비분극 전극과 전위차계 (potentiometer)를 이용하여 측정하는 것이 보통이다. 측정에 이용된 기기는 미국 Soil Test 사의 Potentiometer이며, 측정시에는 P2를 측선의 증가방향으로 향하고 P1과 P2의 전극 간격을 6m로 고정하여 측정 하였다. 측선 B에서는 측정 간격을 1m로 하여 54개의 data를 취득하였으며, 측정치는 두 전극 중간지점에서의 두 전극 사이의 전위 기울기 (mv/6m)로 나타내었다. 자연전위 측정자료를 해석하는 과정에서 전위를 (-)로 표시한 것은 P1쪽의 전위가 P2쪽의 전위에 비해 낮은 경우로 판단하였다. 자연전위의 분포는 배경 전위의 변화를 염두에 두고 전반적인 전위분포의 양상을 통하여 정성적으로 해석하였다.

전기 비저항탐사는 전류전극에서 인공적으로 대지에 전류가 공급되도록 하여 전위분포를 일으키게 되며, 이때 대지에 공급된 전류의 크기와 이에 의해 발생한 전위의 크기를 측정함으로써 전기 비저항치의 변화양상을 탐지하고, 이를 해석하여 주로 지하의 지질구조, 광상, 지하수 그리고 공동 등의 존재여부 및 부존양상을 탐사하는데 이용되고 있다^{10, 11}. 본 조사에서는 전극 사이의 간격을 일정하게 유지하는 Wenner 전극배열방법을 이용하였다. 전극간격을 고정한 채로 측선을 따라 측정하여 전기 비저항의 수평적 분포를 파악한 후, 전극간격을 점차 증가시켜 지하심부의 심도에 따른 전기 비저항의 변화를 측정하고 지하구조를 해석하였다.

전기 비저항탐사는 Strata Scout사의 EC-6317 모델을 사용하여 수행되었다. 측선 A에

서는 측정간격을 3m로 하고 전극간격(a)을 3m, 6m, 9m로 하여 비저항자료를 취득하였으며, 측선 B에서는 1m 간격의 측점을 따라 전극간격(a)을 1m, 2m, 3m, 5m, 7m, 9m, 11m로 하여 측정 하였다.

3. 탐사자료 해석

3.1. 자력분포

측선 A의 측정 3에서 10 사이, 즉 21m 정도의 구간 내의 대부분의 자력이상치가 다른 측정에서의 평균치보다 높은 $-1,000\gamma$ 에서 $7,000\gamma$ 사이의 자력이상의 분포를 나타내고 있다(Fig. 2). 또한 측선 B의 측정 5에서 26사이의 약 21m 구간 내에서도 측선 A에서와 마찬가지로 대부분의 자력이상치가 $-2,000\gamma$ 에서 $7,000\gamma$ 사이의 자력이상을 보이며 다른 구간에서는 전측선을 따라 일관되게 약 $50,000\gamma$ 의 값을 보이고 있다(Fig. 2).

위의 두 측선상의 구간들은 위치상으로 평행한 위치로서 두 측선의 자력이상치의 변화양상이 거의 일치되고 있다. 그러나, 이러한 Data의 분포는 지하 공동에 의한 효과보다는 발굴 후에 매설된 시설물 즉, 전선이나 전시설 및 배수로 내부의 철제시설물에 의한 효과로 해석하는 것이 더 옳을 것이다. 또한 측선 A와 측선 B의 60m 부근에서 보이는 피크치는 고분군의 경계구분을 이루는 철제펜스의 영향이다. 특히, 측선 A의 경우 자력계의 sensor가 지상에서 2m에 위치한 경우 약 $53,000\gamma$ 지표에 접지하여 측정한 경우 평균치보다 $4,000\gamma$ 정도 작은 $46,000\gamma$ 정도의 세기를 보여 동일지점에서 약 $7,000\gamma$ 정도의 차이를 보이고 있다. 이는 지표에서 측정할 경우, 상부에 있는 철제

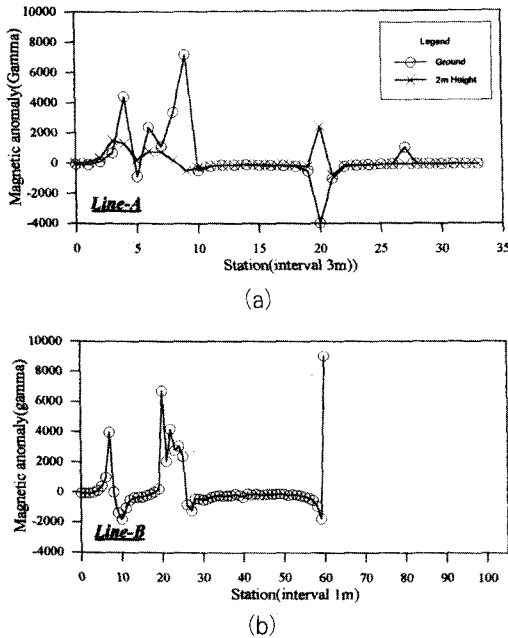


Fig. 2. Magnetic anomalies along Line A and Line B. Note the station interval is different.

펜스의 영향으로 주위보다 자기장의 세기가 감소되었고 지상 2m에서 측정할 경우는 하부에 있는 철제펜스가 자기장의 세기를 증가시킨 때문으로 해석된다.

측선 A에서 2m 높이에서 측정된 자력이상은 sensor를 대지에 접지한 상태에서 측정된 자력이상보다 지하의 영향을 적게 나타내고 있다. 이러한 효과는 2m 높이에서 측정된 것은 측정하는 지점의 직하부의 지하장효과보다는 지표 및 주변부의 지하장효과를 포함하기 때문으로, 이러한 측정방법은 광역적인 조사에서 활용되는 것이 유리하며, 본 조사와 같은 조사 구역이 좁은 경우의 매장유적에 대한 자력탐사법에서는 협소한 분포의 정밀한 자력이상이 요구되므로 sensor가 대지에 접지한 상태에서 측정되는 것이 더욱 유리할 것으로 판단된다.

본 조사에서는 지하공동에 대한 자력이상을 적용하기에는 이미 발굴이 완료된 상태이므로 부적합하였으나, 아직 발굴 및 개발이 수행되지 않은 매장유적에 대한 탐사에서는 유적내 매장되어 있는 철제 유물에 의한 자력이상을 기대할 수 있을 것이다¹². 하지만, 자력탐사는 이상치를 보일 만큼 고분 내에 철제류가 많아야 하는 단점과 함께 오래된 철제류는 부식되었기 때문에, 본 탐사의 결과에서 보듯이 자력탐사는 고분을 발견하기 위한 탐사에 적합하지는 못하다. 결론적으로, 자력탐사는 고분탐사에서는 보조적 자료로서 가능하지만 주요 판단 자료로서는 미흡한 것으로 판단된다. 그러나 기존의 지하매설물에 대한 배치도 등의 사전 정보가 없는 경우, 배수로의 위치, 지하의 철제시설물 등의 위치를 파악하여 사후의 관리를 위한 조사목적으로는 훌륭한 결과를 낼 수 있을 것으로 판단된다.

3.2. 자연전위 분포

측선 B를 따라 측정된 자연전위의 변화 경향은 크게 두 부분으로 구분되는데, 측선 양끝 부분의 자연전위가 매우 낮은 부분과 측선 중앙부분의 자연전위가 상대적으로 큰 값을 보이는 부분이다. 측선의 양끝의 경우 0 ± 20 mv/6m로 매우 낮은 자연전위를 보이는데 비하여 측선의 내부측은 -120 mv/6m에서 $+220$ mv/6m사이의 높은 자연전위 경사를 보이고 있다(Fig. 3). 낮은 자연전위를 보이는 측선의 남쪽과 북쪽 양 끝부분은 원래 지반으로 추정되는 곳으로서 지반 내에 흐르는 자연전류가 미약함을 나타낸다. 한편, 측선 중앙부의 남쪽부분은 북쪽으로 자연전위가 감소하는 특징을 보이는 반면, 북쪽부분은 북쪽으로 자

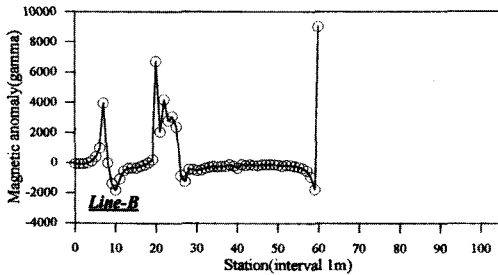


Fig. 3. Gradients of self-potential data along Line B.

연전위가 높아지는 특징을 보이고 있다. 자연 전위의 형성기작이 정립되어 있지 않은 상황에서 정확한 원인을 밝히기는 어렵지만 지반의 물성이 다른 것은 분명하다. 이는 두 곳의 구성지반이 다를 수도 있겠으나, 축조시기가 서로 달라 서로 다른 재질의 흙이나 점착재료를 사용함으로 인하여 초래된 결과로 해석하는 것이 타당하다고 사료된다.

측점 11 - 14의 구간에서 낮은 전위값을 나타내는 것으로 보아 이 구간은 측점 0에서 부터 측점 10까지의 구간과 측점 17부터 19까지의 구간의 주변 구성 토양 및 일반적인 지하 구조와 차이를 나타내고 있음을 가르키고 있다. 즉, 측점 10에서 봉토와 배수로의 매질의 차이에 따른 전위차를 나타내며, 측점 0에서부터의 거리로 보아 6호분의 배수구의 위치와 유사하게 분포된다. 측점 21에서 측점 33까지의 구간에서는 (-)전위 사이에서 (+)전위로 분포하게 되는데 이는 7호분(무령왕릉)의 전실과 봉토 사이의 매질차에 의한 전위차의 영향으로 해석이 가능하다. 측점 43의 북쪽은 자연전위가 매우 미약한 구간으로서 전기 비저항분포에서 저비저항대에서 고비저항지대로 급변하는 부분과 정확히 일치하고 있다. 이 부분은 무령

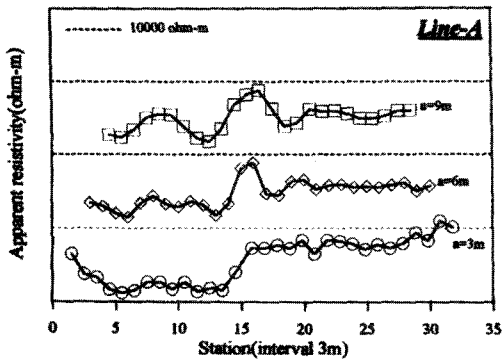
왕릉의 축조 당시 고분축조구간과 원지반과의 경계, 즉 사대를 방지하기 위한 석회가 혼합된 흙으로 이루어진 지중옹벽이 위치한 곳으로 판단된다⁹(Fig. 3).

자연전위 탐사법은 이론이 확실히 정립되어 있지 않아, 특수한 경우를 제외하고는 지구물리탐사법에서 잘 이용되지 않으나, 본 조사 결과와 같이 지하 구조물과 주변부의 매질차에 의한 전위차를 나타냄으로서 정확한 위치판단에 유용한 방법으로 판단되며, 매장 유적에 관한 탐사에서 지하공동의 위치나 지중옹벽 등의 매질경계부를 밝히는데 있어서 매우 유용한 것으로 판단된다.

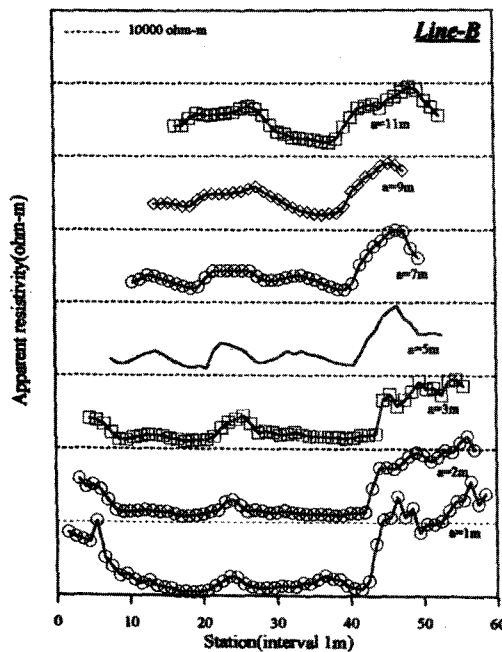
3.3. 전기 비저항 분포

전극간격에 따른 각각의 겘보기 비저항값의 분포를 살펴보면, 측선 A에서 전극간격이 3m 일 경우와 측선 B에서 전극간격이 1m, 2m, 3m인 경우는 측정된 전극간격이 작아 전류의 투과심도가 그리 깊지 않으므로 표토의 영향을 클 것이라는 기준을 먼저 세우고 해석을 하였다.

측선 A의 전기 비저항분포를 살펴보면, 측점 4에서 측점 13 사이 구간의 겘보기 비저항값이 다른 측정점들의 구간에 비하여 상대적으로 낮은 값을 보이며, 측점 13과 측점 16 사이의 구간에서는 겘보기 비저항값이 급격히 증가하는 양상을 보인다. 그리고, 측점 15 이후의 구간에서는 다른 측정점들 구간에 비하여 상대적으로 높은 겘보기 비저항값을 보인다(Fig. 4). 이와 같이 비저항의 분포는 전극간격이 증가할 수록 그 상대적인 차는 감소하지만, 비저항의 변화양상은 거의 유사한 경향을 보인다. 다만, 측점 4~13 구간과 측점 7~10 구간의 겘보기



(a)



(b)

Fig. 4. Resistivity profiles along Line A and Line B. An abrupt change in resistivity value is found at about 45 meter both in Line A and Line B

비저항이 전극간격이 증가함에 따라 증가하고 있는데, 이는 지하에 존재하는 고분의 영향으로 해석된다.

측선 B에서도 전극간격에 따른 비저항의 분

포 및 변화양상이 측선 A의 경우와 유사하게 분포하고 있는데, 특히 측정점 41~43 사이의 구간에서 급격히 상승하는 변화양상을 보이고 있다. 측선 A와 측선 B에서의 겘보기 비저항값의 분포 및 변화양상을 살펴보면, 상대적으로 낮은 값들을 갖는 구간에서는 전극간격이 증가함에 따라 측선 A에서는 측정점 7에서 측정점 10 사이의 구간, 측선 B에서는 측정점 20~30 사이의 구간에서 겘보기 비저항값이 뚜렷하게 증가하고 있다. 이는 전극간격이 증가함에 따라 표토의 영향이 줄어들고, 지하 공동 즉, 능의 현실에 의한 높은 겘보기 비저항값을 나타내고 있는 것으로 판단된다. 또한, 급격한 증가현상을 보이는 구간은 낮은 겘보기 비저항값과 상대적으로 높은 겘보기 비저항 값의 경계가 되는 부분으로서, 이는 능의 축조를 위한 구릉에서의 기반암 또는 기존지반에서의 안식면의 사면굴착 및 수평굴착이 있었으므로 현실의 외부를 덮은 봉토와 기반이 되는 지반과의 물리적 특성의 차이에서 비롯된 것으로 판단된다. 실제로 이 구간에는 사태방지를 위하여 백제시대 축조당시 구축된 것으로 추정되는 석회와 흙을 섞어서 만든 지중 옹벽이 존재하는 것으로 보고 된바 있다⁹. 이러한 원래지반과 고분축조를 위하여 굴착했던 부분과의 경계는 측선 A와 B의 양끝에서 확연히 나타나고 있다 (Fig. 4). 또한, 측선 B에서 전극간격이 3~7m인 경우에 지표로부터 실제 깊이가 4m에서 7m 사이에 존재하는 현실의 위치를 가장 잘 나타내고 있다.

위의 사실로 미루어 보아 고분축조지역은 기반이 되는 지반에 비하여 공극률과 수분함량이 기존지반보다 클 것으로 예상되므로 상대적으로 낮은 겘보기 비저항값을 갖게 되고, 기존의

지반에서는 상대적으로 높은 겉보기 비저항값을 갖는 것으로 해석된다. 이러한 전기 비저항의 분포 및 변화양상은 앞서 거론된 자연전위의 분포특성과 잘 일치한다.

전기비저항을 이용한 매장유적에 대한 탐사에서 지하 공동 자체 또는 주변부의 구조적 특성으로 인하여 발생하는 전기비저항의 분포 및 변화양상을 특징적으로 인식할 수 있었다. 그러므로 매장유적에 대한 전기 비저항탐사 결과의 적용은 다른 탐사법에 비해 매장유적 자체 및 그 주변부의 구조, 매장 깊이 및 규모까지 인식할 수 있는 장점을 지니고 있다고 할 수 있다.

4. 토의 및 결론

자력, 자연전위, 대지의 비저항 측정을 포함하는 지구물리탐사를 송산리 고분군지역에 적용한 결과 지하의 구조물 위치, 고분축조지반 및 원지반의 차이점 등에 대한 정보를 비교적 정확하게 얻을 수 있었다.

자력탐사결과 $-2,000\gamma$ 에서 $7,000\gamma$ 사이의 자력이상을 보이는 구간이 발견되는바, 이 지역은 왕릉의 전실 및 배수를 위한 지하 철제시설물의 영향으로 해석되며, 지상의 철제시설물에 의한 변화 또한 정확히 나타나고 있다. 미발굴유적에서는 철제 금속유물이 존재하는 경우 본 탐사의 경우와 마찬가지로 높은 자력이상을 예상할 수 있다. 그러나 실제의 미확인 백제고분의 탐사에 있어서 자력이상의 분포가 명확하게 나타날지는 미지수다. 왜냐하면 백제고분의 경우 철제유물이 고분 내에 별로 없고, 또한 존재한다 해도 이미 부식되어 자기장을 띄기 어렵기 때문이다. 그러나 고분 자체에 화

장을 시행했던 형태의 고분이 있다면 자력탐사에 의해 쉽게 확인될 수 있으리라 생각된다.

자연전위 탐사결과 봉토와 배수로의 매질의 차이, 고분의 전실과 봉토의 매질 경계, 봉토와 기존지반사이의 지중용벽에 의한 매질의 변화 등이 뚜렷이 감지되며 비저항탐사의 결과도 고분축조지역과 기존 지반의 경계부에 의한 전기 비저항값의 급격한 변화를 보여 고분축조구간을 뚜렷하게 구분할 수 있었다.

비저항 분포자료는 백제시대 고분축조 당시의 절개지 경계부를 명확하게 보여주고 있다. 기존지반의 경우 비저항의 크기가 표층부의 경우 $1,000\sim 1,500\text{ohm}\cdot\text{m}$ 의 범위를 보이는 반면 고분축조부지의 경우 $200\text{ohm}\cdot\text{m}$ 이하의 저비저항치를 보이고 있다. 비저항의 분포로 확인된 기존지반의 지역에서는 자연전위 값도 매우 낮다. 즉 자연전위의 분포로부터도 기존지반과 절개부분을 확연히 구분할 수 있는데, 기존지반의 경우 $0\pm 3\text{mV}/\text{m}$ 의 매우 낮은 전위차를 보이고 있는 반면 고분축조 부지의 경우 $-20\sim 30\text{mV}/\text{m}$ 의 상대적으로 높은 전위차를 보이고 있다. 이는 기존지반의 경우 상대적으로 높은 밀도, 낮은 수분함량 등으로 인하여 높은 비저항치를 가지므로 자연전류가 매우 미약하게 흐르는 반면, 고분축조 부지의 경우, 고분축조 후 흙을 채운 경우는 밀도가 낮고, 수분함량이 상대적으로 많은 토양이므로 자연전류가 많이 흐를 수 있기 때문으로 해석된다.

전기비저항 및 자연전위분포로 볼 때 고분축조를 위하여 절개했던 부분이 남북방향으로 약 35m 정도이었음을 알 수 있다(Fig. 4). 비저항 및 자연전위등으로부터 원래의 지반과 고분축조를 위해 굴착한 부분을 정확히 구분할 수 있다는 사실로부터 과거 백제시대 고분축조의

방법에 관하여 추정을 할 수 있을 것으로 사료된다. 고분지역과 원지반 지역의 지반특성이 확연히 다르다는 것은 고분축조방법에 관한 단서를 제공할 수 있을 것으로 사료된다. 만일 고분 축조 당시 동굴식으로 건설하였다면 최소한 고분상부층의 물리적 특성은 원지반과 유사하게 나타나게 될 것이다. 그러나 고분지역지반과 능선상부의 원지반의 지반물성이 확연히 다르다는 점은 두 지반간의 물질구성이 근본적으로 다름을 의미한다.

그러므로 백제시대의 고분축조기법이 동굴을

파서 그 내부에 축조했다기보다는 전체 능선의 일부구간을 절개하여 고분축조부지를 형성하였던 것으로 판단된다(Fig. 5). 절개한 고분축조부지를 평탄화하고 기초공사를 한 후에 고분의 모형을 건설하고 그 위에 구운 벽돌을 구조적으로 지탱되도록 정교하게 쌓은 후 강회다짐층을 덮어 벽돌을 고정시켰던 것으로 해석된다. 1971년 무령왕릉 발굴당시의 강회다짐층 일부를 취하여 현재 무령왕릉의 전실에 전시하고 있다. 이와 같이 고분을 축조한 후 그 위에 다시 파낸 암석부스러기 및 흙을 채워 원래지형을 복원하였을 것으로 해석된다. 그 후, 고분의 모형을 내부로부터 제거하여 고분을 완성하였을 것으로 사료된다. 다만, 각 고분을 축조한 시기 및 상대적 순서는 고고학적으로 해석되어야만 할 것이다.

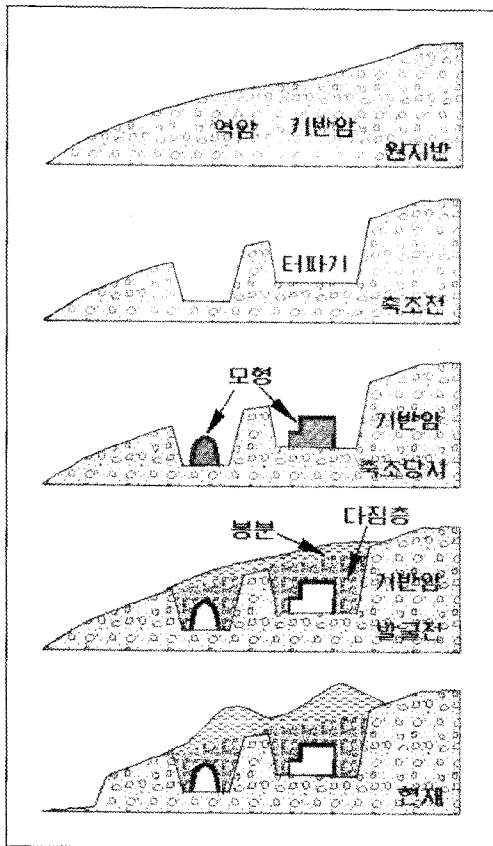


Fig. 5. A schematic model for the construction procedure of subsurface tombs in the Songsanri tomb site.

참고문헌

1. 서백수, 현병구, *대한광산학회지*, 25, 187-198 (1988).
2. 서정희, 주형태, 정현기, *대한광산학회지*, 23, 47-53 (1986).
3. 송영수, 서울대학교 대학원 공학석사학위논문, (1979).
4. 김정호, 서울대학교 박사학위 논문, 1987.
5. A. Apparao, and A. Roy, *Geoexploration*, 9, 175-205 (1969).
6. E. R. Bates, Detection of subsurface cavities (Miscellaneous paper S-73-40), U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Mississippi, 1973.
7. A. Dey, H. F. Morrison, *Geophys. Prospec.* 27, 106-136 (1979).

8. J. J. Diniels, *Geophysics*, **43**, 998-1101 (1978).
9. 윤근일, 공주 송산리 고분 발굴 조사 개요, 307-333, 1988.
10. 이상규, *대한광산학회지*, **22**, 176-186 (1985).
11. Y. J. You, and M. Y. Song, *Korean Earth Sci, Soc.*, **9(2)**, 227-240 (1988).
12. 서만철, 이남석, 조기호, 공주지역 백제 고분조사, 공주대학교 박물관, 충청남도 공주시, 1995.
13. 정승식, 김정호, 현병구, *대한광산학회지*, **23**, 129-138 (1986).
14. 현병구, 김학수, 정승환, *대한광산학회지*, **26**, 79-89 (1989).