

## 차량자력탐사시스템의 구축

임무택\*, 박영수\*, 임형래\*, 구성본\*, 정현기\*\*

\* : 한국지질자원연구원 지질기반정보연구부, E-mail : limmt@rock25t.kigam.re.kr

\*\* : 한국지질자원연구원 지반안전연구부

### 1. 서론

일반적으로 자력탐사는 중력탐사와 함께 넓은 지역에서의 대규모 암석이나 토양, 단층 등 지질구조를 추출하는 광역물리탐사로 많이 쓰여 왔으나, 최근에는 지반조사 등에 있어서 비교적 얇은 깊이에 대한 물리탐사 수요가 증가함에 따라 자력탐사를 이용하여 유용한 지반정보를 추출할 필요성이 증가하게 되었다. 또한, 자력탐사는 일반적으로 탐사시스템이 간단한 편이고 탐사속도가 빨라 탐사비용이 적게 들기 때문에, 얇은 깊이에 대한 물리탐사에 있어서도 전체 지역에 대한 개략적 탐사단계에서부터 이미 사용된다. 그러한 몇 가지 장점에 더 짧은 시간 안에 더 많은 양의 자료를 얻고, 그 자료를 빨리 해석해서 물리탐사결과의 사용자에게 제공해야 할 경우가 많다. 항공자력탐사나 해양자력탐사는 이러한 점에서 탐사속도를 높였는데, 그렇게 할 수 있었던 것은 자력측정 센서를 자성물체인 항공기나 배로부터 멀리 떨어뜨림으로써 항공기나 배 자체에 의한 자기적 잡음을 줄이는 것이 가능했기 때문이다. 그러나 육상에서 차량을 이용하여 자동자력탐사를 수행할 경우 차량을 자기적 잡음이 충분히 작게 되는 거리까지 이격시키는 것이 어려워, 지금까지 육상에서는 사람이 탐사기기를 휴대하고 이동하면서 자료를 얻는 방식으로 수행되었으므로, 자료획득속도 또는 시간당 탐사면적의 면에서 일정한 한계를 벗어나지 못하였다.

이 연구에서는 위와 같은 요구에 답할 수 있도록 차량을 이용한 자동 연속 자력탐사시스템을 구축하였다. 이 시스템은 전통적인 방법에 차량을 이용하여 빠르게 이동하면서 자료를 얻도록 한 점과 차량이 발생하는 자기적 잡음을 제거할 수 있도록 한 점을 추가한 것인데, 후자는 매우 정밀한 GPS(Global Positioning System) 수신기를 이용한 실시간이동측량(RTK: Real-Time Kinematic Survey)을 사용함으로써 가능하게 되었다. 이 시스템을 이용하여 실험적으로 자력탐사를 수행한 결과 넓은 지역을 단시간에 탐사하고, 획득된 많은 자료를 짧은 시간 안에 처리할 수 있었다.

### 2. 차량자력탐사시스템의 개관

이 연구에서 차량자력탐사시스템을 구축함에 있어서, 전통적인 방법에 추가한 점은 다음

과 같다. 즉, 차량을 이용하여 빠르게 이동하면서 자료를 얻도록 한 점과 차량이 발생하는 자기적 잡음을 제거할 수 있도록 한 점이다. 전자는 비교적 험한 지형에서도 기동할 수 있는 간단한 차량인 EZGO를 사용하여 가능한 한 넓은 지역을 탐사할 수 있도록 함으로써 가능하였다. 그리고 후자를 위해서는 다음과 같은 과정을 거친다. 먼저, 차량이 발생하는 자기적 잡음을 차량과 자력측정센서 사이의 모든 상대적인 위치에 대하여 측정해 둔다. 실제 자력탐사를 수행할 때에는 각 위치에서의 자력값을 기록함과 동시에 차량과 자력측정센서의 위치를 두 대의 실시간이동측량용 GPS를 이용하여 독립적으로 측정한다. 그 뒤, 측정된 각 자력값으로부터 먼저 측정해 놓은 차량에 의한 자기적 잡음을 빼 줌으로써 이루어진다. Photo 1은 구축한 차량자력탐사시스템을 보이고, Fig. 1은 구축한 시스템을 이용한 탐사 및 자료처리의 흐름도이다.

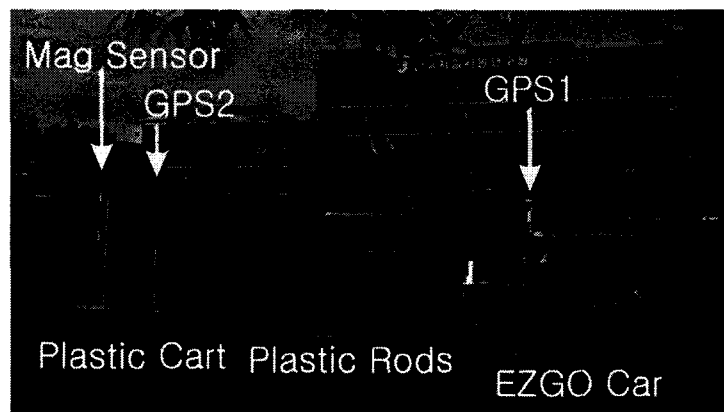


Photo 1. Assembled car-borne magnetic exploration system.

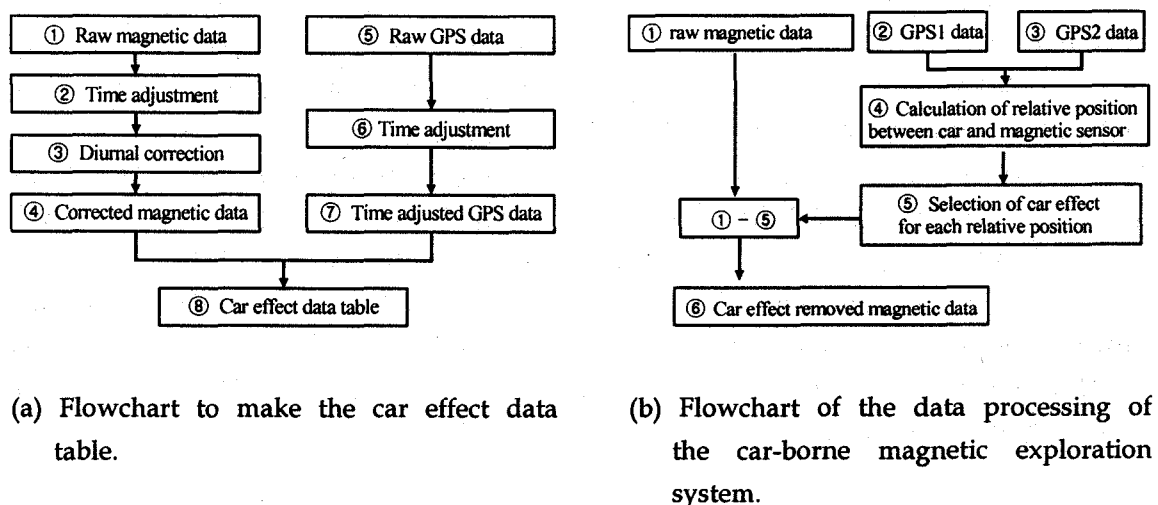


Fig. 1. Schematic diagrams of the data processing of the set up car-borne magnetic exploration system.

### 3. 차량의 자기적 잡음의 측정

자력탐사를 수행할 때에는 센서 근처에 자화 유도를 발생하는 어떠한 자성 물체도 없도록 해야 하는데, 그 이유는 자성 물체가 발생하는 자화 유도의 크기는 이격 거리의 제곱에 반비례하여 거리가 가까울수록 엄청나게 커지게 되기 때문이다. 그러나, 이 연구에서와 같이 차량을 이용할 수 밖에 없고 또한 그 차량을 무한정 멀리 이격시킬 수 없는 경우에는 차량과 자력 센서 사이의 상상할 수 있는 모든 상대적인 위치에 대한 자기적 잡음을 미리 측정해 두어야 한다.

차량의 자기적 잡음을 측정하는 방식에는 두 가지가 있다. 첫째는, 차량을 고정시켜 두고 가능한 모든 위치에 자력탐사기를 이동하면서 측정하는 것이고, 둘째는 자력탐사기를 고정시켜 두고 차량을 움직이면서 측정하는 것이다. 이 두 가지 방식은 차량을 중심으로 하느냐 또는 자력탐사기를 중심으로 하느냐 하는 점 말고는 똑같은 방식이고, 상대적인 위치만 바꾸면 된다.

일반적인 물리탐사의 경우에는 우리가 탐사하고자 하는 대상이 고정되어 있으므로 자력탐사기를 움직이면서 측정하지만, 이 연구의 경우에는 자력 이상(여기서는 자기적 잡음)을 발생하는 자성 물체는 차량뿐임을 알고 있으므로 둘째의 방식을 택하였다. 또, 둘째의 방식을 선택한 다른 하나의 이유는, 첫째의 경우에는 차량이 없는 상태에서 먼저 가능한 모든 위치에서 한 번의 측정을 하고(blank test), 그 다음에 차량이 있는 상태에서 다시 한 번의 측정을 하여야만 두 자료군의 차이를 구함으로써 차량의 자기적 잡음을 구할 수 있지만, 둘째의 경우에는 전체의 가능한 위치에서 한 번의 측정만을 하고 전체에 똑같이 존재하는 배경값을 빼 줌으로써 차량의 자기적 잡음을 구할 수 있는 잇점이 있기 때문이다. Photo 2는 화강암 좌대 위에 설치된 자력계이며, Photo 3은 차량의 중심에 가까운 한 점에 실시간이동측량의 이동용 GPS 수신기를 단 모습이다.

한편, 차량이 발생하는 총자화는 지구자기장에 의해서 유도된 자화와 차량 자체가 독립적으로 가지고 있는 잔류자화의 합이며, 차량은 자성 물체라는 측면에서 볼 때 균질한 물체가 아니다. 그러므로, 차량이 가지는 총자화는 차량이 어떤 방향으로 서 있느냐에 따라 각각 다르다. 이를 위하여 차량이 남쪽에서 북쪽으로 이동할 때, 북쪽에서 남쪽으로, 서쪽에서 동쪽으로, 동쪽에서 서쪽으로 이동하는 4 경우에 대해서 모두 측정하였다. 그 중 남쪽에서 북쪽으로, 그리고 북쪽에서 남쪽으로 이동하면서 측정한 자료에 대해서 Fig. 1a의 ⑧단계까지의 처리를 한 결과가 각각 Fig. 2의 (a), (b)이며, 각 그림에서 좌표 (0, 0)은 차량에 매단 GPS 수신기의 수평 위치에 해당한다. 이 자료를 보면 차량의 유도자화의 형태를 결정하는 대자율의 분포가 불균질할 것임을 쉽게 추정할 수 있으나, 잔류자화가 차량에 어떻게 분포하고 있는지는 쉽게 추정할 수 없다.

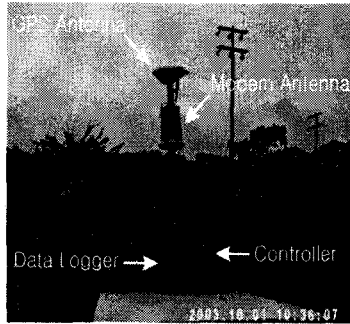


Photo 3. Trimble 5700 GPS-RTK receiver installed on a car.

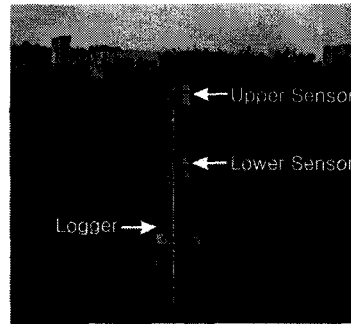
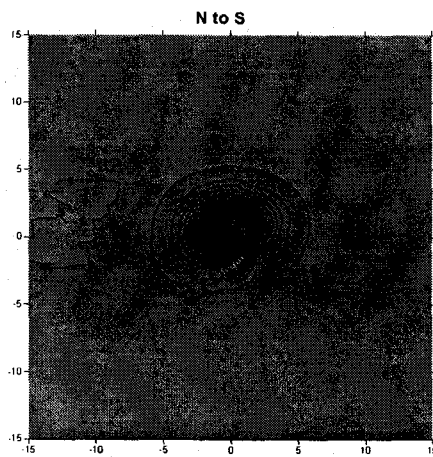
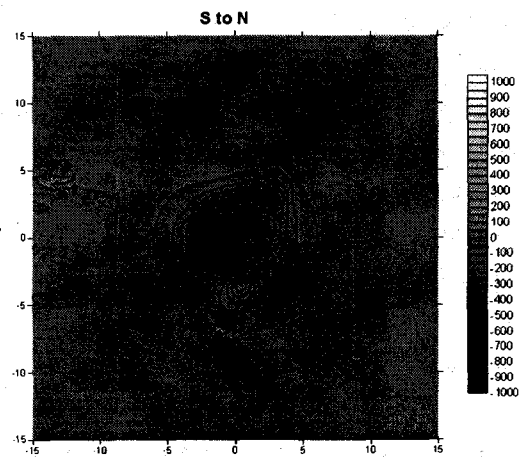


Photo 2. Geometrics G-858 magnetometer installed on a granite plinth.



(b) case of movement of car from North to South.



(a) case of movement of car from South to North.

Fig. 2. Distribution of the car effect in nT.

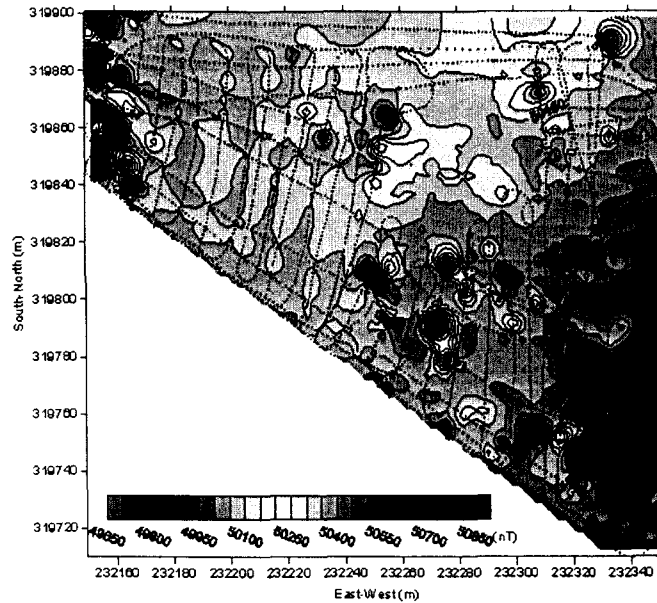
#### 4. 실제로 수행한 차량자력탐사의 예

위와 같이 구축한 차량자력탐사시스템을 이용하여 한국지질자원연구원 앞 잔디밭에서 실제로 자력탐사를 수행하였다. Photo 1은 그 사진이다.

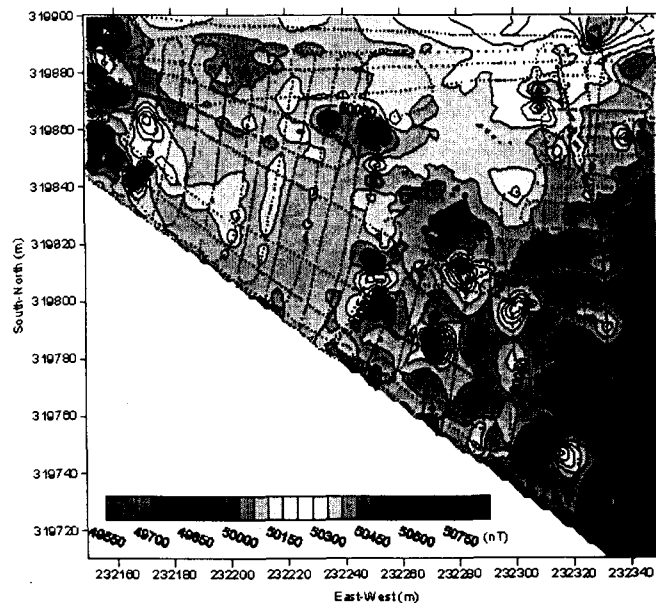
자기장 자료를 빠르고 간편하게 획득하기 위하여 이 시스템은 Photo 1과 같이 비자성 물질로 카트를 제작하여 그 위에 연속적 측정이 가능한 자력계와 GPS안테나를 설치하고, 카트를 견인하는 소형 차량에도 GPS안테나를 설치하였다. 카트 위에 설치한 GPS안테나는 탐사 시 카트의 이동 궤적을 추적하기 위한 것이고, 차량 위에 설치한 GPS안테나는 차량과 카트 위에 설치된 자력 측정 센서 사이의 상대적인 위치를 계산하여 차량이 발생하는 자기

적 잡음을 제거하기 위한 것이다.

이 실험의 결과로서 자력탐사기 파일 1 개, 2 대의 GPS 수신기 파일 각 1 개 등 3 개의 파일을 얻었는데, 세 파일에 모두 들어있는 정확한 시간 정보를 매개로 하여 일련의 자료처리를 거쳐서 결국 측정 시간, 차량의 위치좌표, 카트의 위치좌표(센서의 위치좌표는



(a) before car effect correction



(b) after car effect correction

Fig. 3. Test result of the set up car-borne magnetic exploration system in KIGAM, Daejeon.

이와 관련되어 있다), 센서 1의 자력값, 센서 2의 자력값이 모두 포함된 1 개의 자료파일을 만들었다. 이러한 종합된 파일에 기록된 센서 1의 자력값으로부터 Fig. 1b의 ①단계까지의 처리를 거친 자료를 그린 것이 Fig. 3a이고, ⑥단계까지의 처리를 모두 거친 자료를 그린 것이 Fig. 3b이다. 탐사 지역의 동쪽 끝과 서쪽 끝 부근에 낮은 이상이 보이는데, 이 둘은 각각 도로 및 테니스장의 영향인 것으로 보이며, 이는 또한 탐사 지역의 변두리이기 때문에 자료처리 시 생긴 효과일 수도 있다. 이러한 조직적인 이상을 제외한 탐사 지역의 내부를 보면 지역적 배경값으로 생각되는 값 외에 낮은 이상과 높은 이상이 독립적으로 산재하여 있는 것을 볼 수 있다. 이러한 이상은, 한국지질자원연구원을 건설할 당시에 이 잔디밭을 고르기 위해서 갖다 부은 물질들 중에 포함되어 있었을 대자율이 특히 낮은 또는 높은 물질들에 의한 것이라고 생각된다. 즉, 전체적으로 이 실험에 사용된 차량자력탐사시스템은 지하에 존재하는 자력 이상체를 효과적으로 탐사할 수 있음을 보이는 것으로 판단된다.

## 5. 결론 및 제언

이 연구에서는 육상의 넓은 지역에 대하여 짧은 시간 안에 자력탐사를 수행하기 위하여 차량을 이용한 자동자력탐사시스템을 구축하였다. 한국지질자원연구원 내에서 수행한 실제 실험 결과 이 시스템은 지하에 존재하는 것으로 추정되는 대자율이 낮은 또는 높은 물질에 의한 독립된 자력 이상을 보여 줌으로써 자력 이상체를 효과적으로 탐사할 수 있음을 보여 주었다. 이러한 시스템을 이용하면, 언덕, 들판 등에서 측선 설정, 측량 등 아무런 사전 준비 없이 넓은 지역에 걸쳐서 빠른 시간 안에 자력탐사를 수행할 수 있을 것이다.

한편, 실험 자료에 대하여 역산을 적용하여 차량의 각 부분의 잔류자화와 유도자화를 각각 계산해 낼 수 있다면, 이렇게 계산된 자화의 분포로부터 가능한 모든 상대적인 위치에 대하여 차량의 자력 이상을 계산하여 제거할 수 있으므로, 자력탐사자료의 처리 시 좀 더 정확한 해석이 가능할 것이다.

## 참고 문헌

- Blakely, R. J., 1996, *Potential Theory in Gravity and Magnetic Applications*, Cambridge University Press.
- Stanley, J. M., 1977, Simplified magnetic interpretation of the geologic contact and thin dyke, 1236 - 1240, n. 6, v. 42, *Geophysics*.