

# 수륙혼합 환경에서의 전기비저항 탐사에 관한 연구

김정호<sup>1)</sup>, 이명종<sup>1)</sup>, 정승환<sup>1)</sup>

## 1. 서론

하천과 같은 수계는 약선대를 따라 형성되어 있는 경우가 많으며, 단층 자체가 강의 유역을 형성하는 경우 또한 많다. 강 하부에는 연약대가 발달하고 있을 가능성이 육상보다 더욱 높음에도 불구하고 토목 건설을 위한 지반조사에서 강 하부에 대한 조사는 물이 지반을 피복하고 있다는 특수성 때문에 시추조사에만 의존한 경우가 대부분이었다.

전기비저항 탐사는 탐사자료의 획득이 쉽고 우리나라의 지반의 전기비저항이 높기 때문에 비교적 정확한 지하구조 영상의 획득이 가능하여 현재 국내에서는 지반조사의 목적으로 가장 많이 응용되고 있다. 그러나 연약대 또는 지질 구조선이 발달할 가능성이 높은 하천 하부의 조사에서는 거의 적용되지 않고 있는 실정이다. 이는 현장탐사가 어렵다는 점에 기인하기도 하지만 수상 전기비저항 탐사에 대한 적절한 해석 기법이 개발되지 않았기 때문이기도 하다. 수상 탐사에 있어서는 탐사축선이 하천 자체에만 국한되는 경우도 있지만, 소규모 하천인 경우 육상구간이 축선에 포함되는 경우 또한 많이 있을 수 있다. 이 연구에서는 수상탐사 자료뿐만 아니라 탐사지역이 육상지역까지 연장되는, 즉 수륙혼합 환경에서의 전기비저항 탐사자료 해석 방법을 연구하였다. 개발된 해석 방법은 유한요소법을 이용한 2.5 차원 수치 모델링(오석훈, 1994)과 ACB 법(Yi and Kim, 1998)을 이용한 평활화제한 최소자승 역산법에 근간을 두고 있다.

## 2. 수륙혼합 환경하에서의 전기비저항 탐사자료 해석 알고리즘 개발

수상 전기비저항 탐사자료에 해석에 있어서 가장 큰 영향을 미치는 요소는 물의 영향이다. 수상 탐사자료의 해석은 수상구간에서 획득한 탐사자료에서 물의 영향을 보정하는 방법과 물을 지하구조의 일부로 간주하여 지하 영상을 구성하는 방법이 있을 수 있다. 물의 영향을 보정하는 방법은 육상 전기비저항 탐사자료의 해석에 사용되는 지형보정 방법을 원용한 것이다. 그러나 수상탐사의 경우 물의 영향을 보정하는 방법은 지하 전기비저항이 물과 지반의 경계면을 기준으로 급격하게 달라지므로 육상의 지형보정과 달리 상당한 오차를 야기할 가능성이 매우 높다.

정확한 지하 영상을 얻기 위해서는 강물뿐만 아니라 물의 전기전도도 변화까지도 해석을 위한 컴퓨터 수치 모형에 정확하게 반영할 수 있어야 한다. 이 연구에서는 유한요소 수치모형에서 일정한 수의 유한요소를 물의 수치 모형에 할당하고 유한요소의 수직 길이를 수심의 변화에 연계하여 변화하도록 함으로서 주어진 수심의 변화에 따라 수치모형을 자동적으로 구성할 수 있도록 하였다. 뿐만 아니라 육상구간에 대응되는 부분은 지형까지 포함하여 수치 모형을 구성할 수 있도록 수치 모델링 프로그램을 작성하였다. 그러므로 개발된 알고리즘은 수상탐사는 물론 육상탐사에 대하여서도 적용이 가능할 뿐만 아니라 지형까지 포함하여 수치 모델을 구성하므로 육상탐사에서 지형의 변화가 심할 경우 지형보정에 의한 지하 영상보다 더욱 정확한 영상의 구성이 가능하다.

Fig. 1은 산악지형 내 골짜기에 하천이 흐르고 있는 지역에 대한 예로서 (b)는 개발된 프로그램에서 (a)의 모형을 모사하기 위하여 자동적으로 만들어진 유한요소 격자망을 나타낸 것이다. 그림 (b)에서 축점 11에서 16까지는 하상탐사 구간이며 축점 하부의 굵은 선으로 나타낸 부분이 물과 지반의 경계면이 된다.

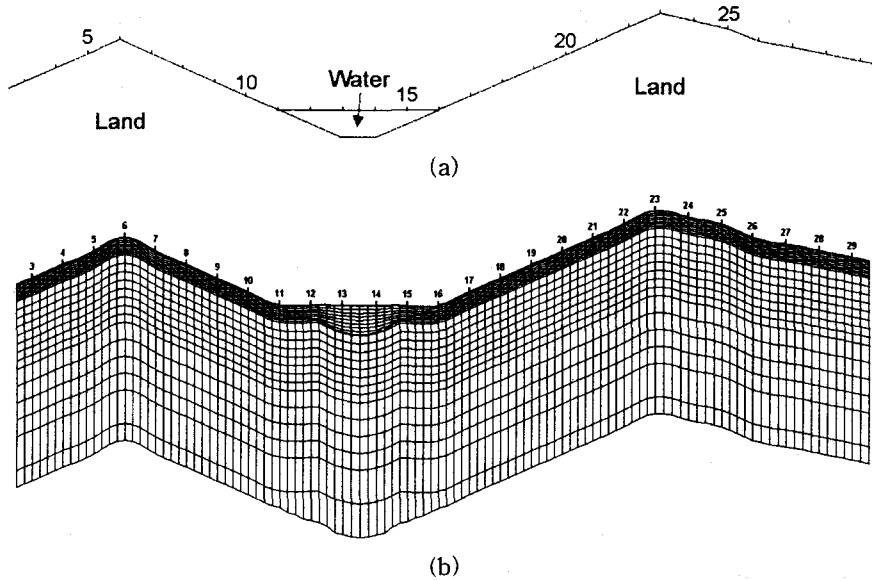


Fig. 1. An example of the generation of mesh system for the finite element numerical modeling. (a) Topographic model incorporating water channel, and (b) the mesh system simulating the given model of (a).

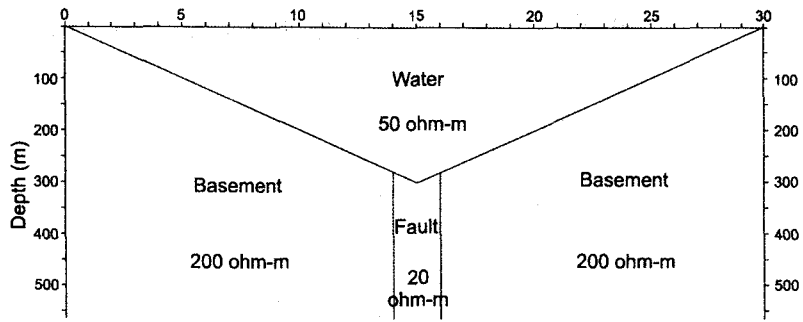
### 3. 수치모형 실험

수상전기비저항 탐사에서 전극은 물의 표면에 띄울 수도 있으며, 물 바닥에 설치할 수도 있다. 현장탐사 작업의 능률 측면에서 볼 때에는 전자가 후자보다 훨씬 유리하나, 전극을 물 표면에 띄울 경우에는 전류가 정보를 획득하고자하는 지하에 도달하기 위하여 물을 필수적으로 통과하여야 하므로, 지하 영상의 분해능 및 신뢰도는 전극을 물 바닥에 설치하여 땅에 직접 접촉되어 있는 경우보다 훨씬 떨어진다. 뿐만 아니라 탐사대상이 되는 지반에 흐르는 전류의 양이 물 표면에 전극이 설치되어 있을 경우보다 물 바닥에 전극이 설치되어 있을 때가 훨씬 많음은 자명하다.

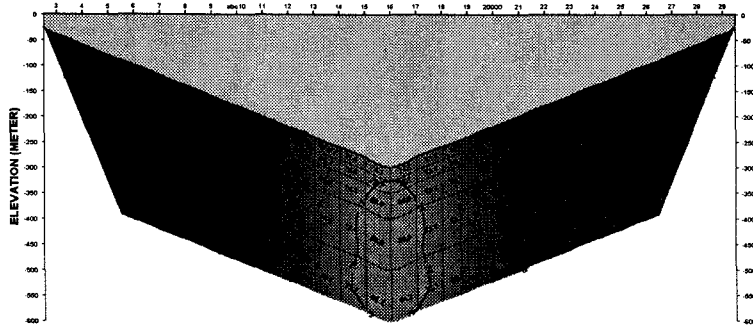
Fig. 2는 하상 물리탐사에 대한 모형 실험으로 전극이 물 표면에 설치된 경우와 물 바닥에 설치된 경우에 대하여 비교한 것이다. 지하구조는 물과 수직 단층 파쇄대, 그리고 기반암으로 구성된 간단한 모형이다. 그림 (b)와 (c)는 이 연구에서 개발된 프로그램을 이용하여 유한요소 수치모형에 물과 땅의 경계를 구현한 후 수치 모델링 자료를 역산하여 얻은 지하 영상들이다. 물 표면에 전극을 설치한 경우는 축선의 중앙부위에 상대적인 저비저항이 존재함을 알 수는 있으나 단층의 형상을 뚜렷하게 보여주지 못하고 있다. 이에 반해 물 바닥에 전극을 설치한 경우의 영상은 단층의 모습을 잘 재현하고 있음을 알 수 있다.

### 4. 참고 문헌

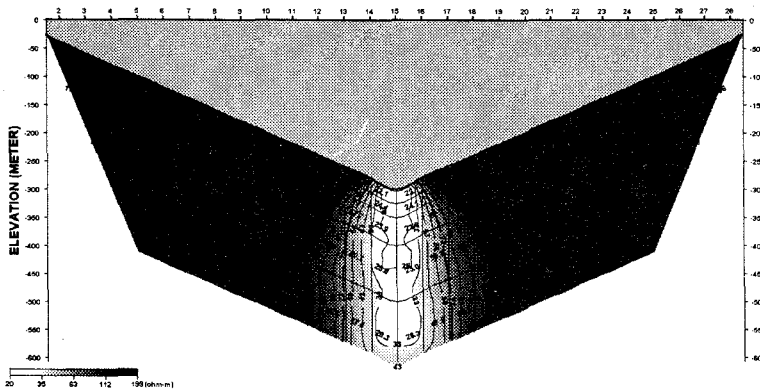
- 오석훈, 1994, 유한요소법을 이용한 2 차원 전기탐사의 지형보정 : 교육학 석사학위 논문, 서울대학교.  
 Yi, M.-J., and Kim, J.-H. (1998), "Enhancing the Resolving power of the Least-squares inversion with Active Constraint Balancing", *68th Ann. Internat. Mtg., Soc. Expl. Geophys., Expanded Abstracts*, pp. 485-488.



(a)



(b)



(c)

Fig. 2. Numerical modeling test of the aquatic electrical resistivity survey. (a) Underground model comprised of water channel and vertical fault fracture. Inverted underground image, when electrodes are installed (b) at the water surface, and (c) at the water bottom.

주요어: 수상 전기비저항탐사, 수륙혼합

1) 한국지질자원연구원