

스트리머 전기비저항탐사를 이용한 담수호 바닥 퇴적물 특성 분석

송성호¹⁾, 이규상¹⁾, 강미경¹⁾, 김영인¹⁾, 김양빈¹⁾, 조인기²⁾

¹⁾한국농촌공사 농어촌연구원, shsong84@hanmail.net

²⁾강원대학교 지구물리학과

Sediments Characteristics at the Bottom of Shallow Reservoir using Streamer Resistivity Survey

Sung-Ho Song¹⁾, Gyu-Sang Lee¹⁾, Mi-Kyung Kang¹⁾,
Young-In Kim¹⁾, Yang-Bin Kim¹⁾, and In-Ky Cho²⁾

¹⁾Rural Research Institute, KRC

²⁾Kangwon National University

요약 : 방조제에 의해 조성된 담수호 바닥 퇴적물의 특성 파악을 위하여, 스트리머 케이블을 이용한 수상 쌍극자배열 전기비저항탐사를 수행하였다. 담수호에서 얻어진 전기비저항 탐사 자료는 전극전개수가 작은 경우에는 낮은 겘보기 비저항 값을 보이며, 전극전개수가 증가함에 따라 증가하는 양상을 보인다. 따라서 고정된 전류전극에 대하여 전극전개수가 증가할 경우 겘보기 비저항값이 크게 감소하는 자료는 역산자료에서 제외하는 기법을 적용하는 것이 필수적인데, 하부층에 대한 상부층의 비저항이 0.6~0.8 사이의 값을 적용하는 경우 역산 결과가 양호한 것으로 나타났다. 또한 바닥 퇴적물을 2층과 3층으로 설정한 후 역산 결과 담수호 물의 비저항을 고려한 역산 결과가 하부 퇴적물의 비저항 분포를 파악하는데 효과적인 것으로 나타났다.

주요어 : 방조제, 담수호, 스트리머 전기비저항탐사, 역산

Abstract : Streamer resistivity surveys in shallow marine environments were carried out to analyze sediment characteristics at the bottom of reservoir. Because the resistivity values of reservoir water are very low and those of sediment are relatively high, apparent resistivity values increase with depth. And it is necessary to eliminate the apparent resistivity data decreased highly when the number of separation increases. According to the repeated data processing, we proposed the resistivity ratio of upper-to-lower layer is 0.6~0.8 because the RMS error of inversion leads to the minimum in these range. As a result of the inversion for two- and three-layer model, the inversion including water depth is proved to be more effective than conventional method.

Keywords : embankment, reservoir, streamer resistivity survey, inversion

1. 서론

우리나라에서 조성된 방조제의 담수호(정확하게는 기수호) 하부 퇴적물에 대한 조사는 제한된 시추 작업과 이와 연계한 수심 측량을 연계한 퇴적물의 준설 계획량을 추정하는 방법이 주로 이용되어 왔다. 최근들어 전자기 기술이 발전함에 따라 지금까지 해저 표면 구조 및 해저면 지장물 조사 등에 주로 사용되는 Side-scan sonar 방법과 다중빔 정밀 수심 측량(multi-beam echo sounding survey) 방법 등이 일부 사용되고 있다 (김성렬 등, 2006). 그러나 이러한 방법들의 가탐심도(penetration depth)는 퇴적물이 입자 크기가 상대적으로 큰 사암으로 구성된 경우 퇴적물의 상부에 한정되는 단점이 있다. 따라서 퇴적물의 종류 및 환경 등에 대한 정확한 분포 파악에는 한계가 있다. 이에 따라 담수호 하부 기반암까지의 퇴적물의 입도 분포 및 기반암의 경계 등을 정확하게 규명할 수 있는 체계적인 조사 기법이 필요하다.

해양 환경에서 수행되는 전기비저항 탐사는 긴 케이블에 전극을 설치하고 이를 이동하면서 측정을 수행하는 것이 효과적이다. 이때 전극을 수면에 설치하는 방법과 해저면에 설치하는 방법으로 나누어진다. 수면에 전극이 위치할 경우 스트리머(streamer) 케이블이 수면에 위치하므로 지형의 변화가 없어 현장조사가 용이하다는 장점이 있다. 반면 해저면에 전극을 설치할 경우에는 해저면의 지형변화 때문에 전극이 해저면에 정확하게 위치하지 않을 수도 있다는 단점이 있으며, 육안으로 케이블이 정상적으로 움직이는지를 확인할 수 없다. 그러나 이 경우 전극이 조사 대상체인 해저 지층에 보다 가까이 위치하므로 감도 측면에서는 수면조사보다 유리하다.

2. 적용방법

담수호에서 수행하는 수상 전기비저항탐사는 탐사선, 전극과 연결된 스트리머 케이블, 비저항탐사기, 자료획득 시스템, GPS 항법 시스템, 해저측량 장치, 자료 처리 및 해석 시스템 및 담수호 전기전도도 측정 시스템으로 구성된다. 수상 전기비저항탐사는 먼저 탐사에 필요한 스트리머 전극 간격에 적합한 속도를 낼 수 있는 규모의 선박을 선정하여야 한다. 선박이 결정되면 항적과 위치를 제어할 수 있는 GPS 수신 시스템과 수심측량이 가능한 수심측량기를 설치한 후 이를 동시에 제어할 수 있는 프로그램과 연동시킨다. 위치 및 수심 측량과 관련된 시스템이 설치되면 실제 탐사에 필요한 수상 전기비저항탐사와 관련된 장치를 설치한다. 우선 전극은 탐사 목적에 맞게 구성할 수 있는데, 만약 2차원 쌍극자배열 전기비저항탐사를 하는 경우에는 전류전극 2개와 전위전극 9개를 등간격으로 스트리머 케이블에 연결한 후 선박을 천천히 움직이면서 선박에서 가까운 쪽부터 전류전극이 위치하도록 수상에 펼쳐 놓는다. 이때 각 전극이 물에 잘 뜰 수 있도록 각 전극 좌우에 부이를 연결한다. 설치된 스트리머 전극은 비저항 측정 시스템에 연결하여 설치를 완료한다.

2.1 자료 획득 및 처리 시스템

수상 전기비저항탐사 시스템은 위치정보를 얻기 위한 GPS, 수심자료 획득을 위한 수심측량기 및 전기비저항탐사기로 구성된다. 선박은 움직임에 따라 스트리머 케이블이 곡선을 따라 움직이는 경우가 발생함에 따라, 스트리머 케이블이 항적을 따라 움직이는 곡선 궤적(curved tail)으로 가정하고 각 전극의 위치를 계산한다.

선박의 항해 궤적이 따라 스트리머 전극이 실제로 곡선 경로를 따라 위치하기 때문에, 이때의 전극의 위치를 실제 역산에 사용할 수 없다. 또한 각 측정점 사이의 거리가 서로

다르므로 역산을 위해서는 직선의 측선에 계산된 겉보기값을 투영시킨 다음 이를 내삽하여 측선상의 측정 기준 겉보기비저항 값을 얻어내야 한다. 그러나 역산을 위해서는 직선상에 측정값이 위치해야 하므로 측선상으로 투영된 겉보기비저항 자료는 다시 내삽을 통하여 등간격 자료로 변환해야 한다. 이 경우 겉보기비저항은 항상 양의 값을 가져야 하므로 자연대수를 취하여 내삽을 수행하게 된다.

2.2 자료 해석 시스템

육상에서 수행되는 전기비저항탐사와 달리 자료획득이 모두 자동으로 이루어지는 수상 전기비저항 탐사에서 자료의 질을 육상의 결과와 동일 수준으로 유지하는 것은 매우 어렵다. 따라서 불량한 자료를 제거할 수 있는 적절한 자료 처리 혹은 편집 기준이 마련되어야 한다. 이러한 문제점의 해결을 위하여 고정된 전류전극에 대하여 n 값이 증가할 경우 겉보기비저항값이 크게 감소하는 자료는 역산자료에서 제외하는 기법을 적용하였다. 물론 이때 증가하는 자료만을 사용하는 것이 역산오차를 줄이는 데는 유리하지만, 이 경우 너무 많은 수의 자료가 제외된다는 문제점이 있다. 자료의 질에 따라 차이는 있지만 대개 ρ_n/ρ_{n-1} (n 은 전극전개수)가 0.6~0.8 사이의 값을 적용하면 양호한 결과를 얻을 수 있었다. Fig. 1은 이러한 자료 처리 과정을 거쳐 ρ_n/ρ_{n-1} 를 0.65로 설정하여 얻어진 2차원 역산 단면도로, 겉보기비저항 가단면도에서 처리된 자료의 숫자와 역산 시 RMS 오차가 0.08~0.1 정도로 매우 낮게 나타남에 따라 실제 육상에서 얻은 탐사 결과에 비해 상대적으로 양호한 결과로 판단된다 <Fig. 1>.

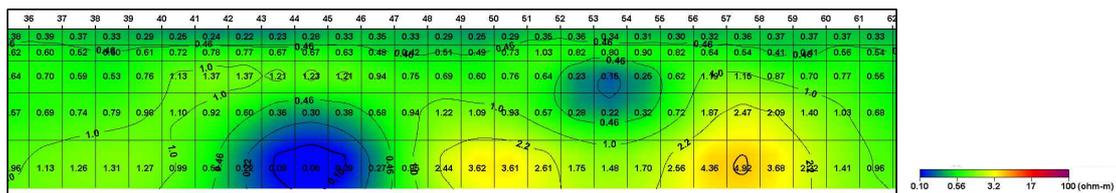


Fig. 1. Inversion result of streamer resistivity survey using conventional inversion method at reservoir

그러나 담수호의 전기전도도가 매우 높은 경우에는 물의 깊이를 고려한 역산 기법이 효율적이며, 특히 본 연구 지역과 같이 3층인 경우에 효과적인 것으로 알려져 있다 (Song *et al.*, 2008). Fig. 2는 Fig. 1과 동일한 측선에 대하여 물의 깊이와 전도도를 고려하여 역산된 단면으로, 바닥 퇴적물의 비저항 분포에 대한 분해능이 개선된 것으로 확인할 수 있다.

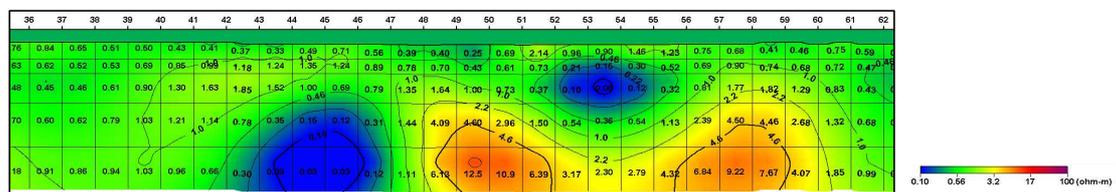


Fig. 2. Inversion result including water depth of streamer resistivity survey at reservoir

2.3 담수호 내 시추공에서 채취한 토양시료의 심도별 입도분석 특성과 비저항 분포
 담수호 내의 시추공에서 채취한 심도별 토양시료에 대하여 입도분석을 실시하여, 입도분포 곡선을 작성하였다. Fig. 3은

대표적인 시추공에서 심도별로 채취한 시료의 입도분포 곡선이다. 상부에서 채취한 시료(A)는 sand의 함량이 누적 백분율 40% 이하로 나타났으며, 하부(C)에서 채취한 시료는 sand의 함량이 약 80% 이상임에도 불구하고 sand의 입경 분포가 조립질이 상대적으로 많은 것으로 나타났다. 중간 심도에서 채취한 시료(B)는 sand의 함량이 누적 백분율로 80% 이상이고, 입도가 거의 세립질로 나타났다. 이러한 기초 자료를 토

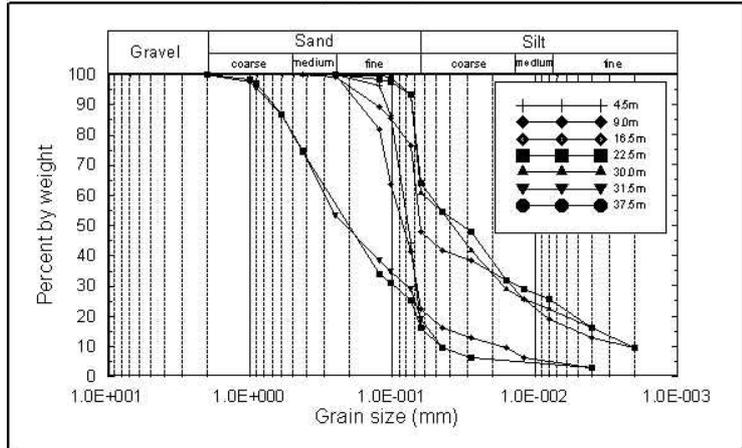


Fig. 3. Grain size distribution curve of samples at borehole

대로 여러 지점의 시추공으로부터 채취한 토양시료의 심도별 입도분포 곡선도를 작성하여 스트리머 전기비저항탐사 자료와 비교 분석하였다. 이때 연구 지역에서 채취한 A, B 및 C 시료의 비저항 측정치는 각각 1.5, 1.0, 1.2 ohm-m로, 이들 값을 기초로 담수호 바닥 퇴적물의 분포 특성을 지구통계기법을 이용하여 제시하였다.

3. 결론

스트리머 케이블을 이용한 수상 전기비저항탐사와 시추 시 채취한 심도별 토양시료의 입도분포 특성을 이용하여, 방조제 담수호(정확하게는 기수호) 바닥의 퇴적물 분포 특성을 추정하는 기법을 아래와 같이 제시하였다.

- 1) 항적 궤도가 곡선으로 전극 사이의 간격이 실제 보다 짧기 때문에, 측선상으로 투영된 겹보기비저항 자료는 다시 내삽을 통하여 등간격 자료로 변환해야 한다.
- 2) 천부 해양 환경에서 얻은 겹보기 비저항값은 전극전개수가 증가함에 따라 커지기 때문에, 하부층에 대한 상부층의 비저항비가 0.6~0.8 사이의 값을 적용하면 양호한 결과를 얻을 수 있었다.

참고문헌

김성렬, 석봉출, 이용국, 정백훈, 2006, Side Scan Sonar 모자이크 매핑에서 중첩영상의 처리, 한국마린엔지니어링학회 2006년도 후기학술대회논문집
 Song, S.H., Lee, G.S., Kang, M.K., Kim, Y.I., Kim, Y.B., and Cho, I.K., 2008, Sreamer resistivity survey to evaluate hydrogeological sequences at the bottom of shallow blackish reservoir, 119th SEGJ Conference in Tokyo, Japan.