

우 수 논 문

[박 사 급]

- 연제: 댐저수지 하상의 퇴적물 관리를 위한
GIS 시스템 개발
Development of GIS System for the
Monitoring of the Riverbed Sediment
on Dam Reservoir
- 연사: 박 준 규 / 충남대학교

댐저수지 하상의 퇴적물 관리를 위한 GIS 시스템 개발

Development of GIS System for the Monitoring of the Riverbed Sediment on Dam Reservoir

박 준 규¹⁾
Park, Joon Kyu

Abstract

The interest of sediment has been increased daily because most of domestic dam reservoir's operation time have been extended and wide basin area is the main characteristics for artificial reservoir which the speed of water flow in artificial reservoir is slower than that of natural reservoir. Therefore a lot of sediment has been significantly accumulated. In this study, the accurate topographic data were obtained using echo-sounding system. GPS survey, low-frequency sub-bottom profiler, and high-frequency echo-sounding system were used to compute the exact amount of sediment. Based on the results, DEM(Digital Elevation Model) and DSM(Digital Surface Model) were generated. The GIS system for the management of sediment was created based on topographic data on the riverbed and this system can be efficiently used for the management of sediment which caused the problems of reservoir capacity and water quality.

Keywords : Dam reservoir, Sediment, Echo sounder survey, GIS system

요 지

국내 대부분의 댐저수지는 완공후 운영기간이 길어지면서 퇴적물에 대한 관심이 날로 증가하고 있으며 인공 조성된 저수지이므로 일반적으로 유역 면적이 넓다는 특징을 가지고 있다. 이로인해 자연호에 비해 수체의 흐름이 느려지고 유입물이 상당량 퇴적되는 것으로 알려지고 있다. 이에 본 연구에서는 퇴적물의 분포 및 특성을 조사하는 방법 중 음파의 파동을 이용한 퇴적물 탐사기법을 통하여 하상의 정밀 지형조사를 실시하였다. 정확한 퇴적물 산정을 위해 GPS 측량, 저주파 천부지층탐사기 및 고주파 음향측심기의 조합을 통해 데이터를 획득하였으며 이를 바탕으로 하상에 대한 3차원 공간 데이터인 DEM과 DSM을 생성하였다. 또한 본 연구에서는 구축된 하상 지형 데이터를 기반으로 하는 퇴적물 관리 GIS 시스템을 개발하였으며 이를 댐저수지에 축적되어 저수지의 용적 및 수질에 악영향을 미치는 퇴적물의 관리시스템으로 활용하고자 하였다.

핵심용어 : 댐저수지, 퇴적물, 음파탐사측량, GIS시스템

1. 서 론

댐저수지의 퇴적물은 유역으로부터 유입되는 것과 저수지 자체에서 생성되는 입자성 물질의 양에 따라 그 특성을 달리 한다. 일반적으로 유역에서 유입되는 것은 토지 이용과 토양특성 및 강

우특성 등에 따라 달라지게 되며 자체에서 생성되는 것은 저수지의 구조적 형태특성과 이·치수를 위한 저수지 운영특성 및 수질에 따라 차이를 나타낸다. 이러한 퇴적물들이 저수지에 많이 쌓이게 되면 저수지 용량이 작아지고 수질에 문제를 일으키는 등 수자원 관리에 어려움을 가중시킨다.

해양GIS 사업과 함께 육지 및 해저의 통합지형에 관심이 증대되면서, 해저나 하상의 수치지형도형 제작에 관한 연구도 활발하게 진행 중이다.

1)정회원 · 충남대학교 토목공학과 박사수료(survey@empal.com)

1986년 해양연구소에서 해저면 탐사자료의 계수화처리 기술에 관한 연구를 시작으로 기본적인 처리기법과 해저 퇴적물 물성관계에 관한 연구가 진행되었으며 이를 바탕으로 아산만 부근 해역에서 해저면 탐사자료의 수치수심모형을 시도하였다(김성렬 등, 1987). 또한 퇴적물의 변동과 관련하여 금강하구 조석 및 조류를 고려한 부유퇴적물의 변화양상을 연구하였으며(조주환 등, 1988) 특히 낙동강 유역에서 하구둑 설치 전후의 퇴적환경변화가 삼각주 지형변화에 미치는 영향에 대한 연구도 수행되었다(최순학 등, 1993). 최근 USLE를 이용하여 섬진강 하상퇴적물의 기원암과 토양유실 우세지역의 위치를 상호 비교함으로써 각 하천으로 유입되는 퇴적물에 대한 공급원을 규명한 연구가 수행되었으며(곽재호, 2003) 다목적 댐저수지의 퇴적물 상태를 탐사하는 조사기법을 제시하고 퇴적물의 수질영향을 평가하여 저수지 수질관리를 위한 평가자료 제공에 기여하였다(이요상 등, 2003) 그러나 아직까지 이러한 연구들은 실제 지형을 정확하게 추출하지 못하고 있으며 퇴적량 산정에 있어 측심선상의 퇴적분포나 수심의 변화만을 이용함으로써 여러 가지 문제점을 가지고 있다.

이에 본 연구에서는 댐저수지 하상의 3차원 지형공간정보변화를 조사하기 위한 음파탐사 시스템을 적용하여 하상 퇴적물에 대한 정밀 모니터링을 수행하며 이를 기반으로 댐저수지 하상의 퇴적물 관리를 위한 GIS 시스템을 개발하고자 하였다.

2. 파동을 이용한 퇴적물 탐사기법

파동이란 한 부분에서 생긴 진동이 물질이나 공간을 따라 차례로 퍼져나가는 현상을 말하며 파동의 세기는 단위시간에 단위면적을 통과하는 에너지로 표시한다. 파동의 전달속도는 매질의 탄성률과 밀도에 의해 결정되며 각 매질에 따라 일정하다. 수중에 방사한 파동은 퇴적층에 침투하거나 반사하여 돌아오고 이때의 시간간격 및 파동의 세기 등을 취득하여 호저 퇴적층의 분포 및 특성을 파악한다. 이와 같은 탐사기법은 전자 탐사와 레이저 탐사, 반사법 탄성파탐사, 굴절법 탄성파탐사 등 여러 가지가 있으나 일반적으로 담수의 퇴적물 탐사는 레이저 탐사, 반사법 탐사만을 활용한다.

2.1 레이저 탐사

레이저 탐사(또는 지표레이저 탐사, GPR)는 고주파 대역의 전자기파를 송신 안테나를 통하여 수중으로 방사시켜 하상 및 퇴적층으로부터 반사파를 수신하고 이 파형을 처리·분석하여 하부 상태에 대한 정보를 얻는다. 이러한 레이저 탐사는 천부(10m 내외)의 정밀 지질 구조조사 및 정밀 비파괴 검사기법으로 널리 사용되고 있다.

레이저 탐사 수행은 탐사설계, 현장 탐사작업, 현장에서 얻은 자료에 대한 처리 및 해석의 4단계로 나뉜다. 탐사결과는 주로 유전상수, 전기전도도와 같은 지반의 물리적 성질과 안테나의 중심주파수, 안테나 간격, 측정 간격, 신호의 기록범위, 샘플링 간격 등으로 구성된 탐사 설계변수의 영향을 받는다.

2.2 반사법 탐사

반사법 탄성파 탐사는 물리적 또는 전기적으로 생성한 탄성파를 수중에 방사하여 하상이나 퇴적물에 반사하고 되돌아오는 파를 수신기로 기록하여 지하 지질구조나 암석의 물리적 특성을 규명하는 것이다. 파원을 수면 부근에서 발생하면 해저에 도달하여 파의 입사각 및 반사계수 등에 따라 일부는 반사하고 일부는 지층을 투과한다. 그리고 투과한 탄성파는 해저 지층의 음향 임피던스 경계면에서 반사하여 되돌아온다. 파는 에너지가 클수록 더 깊은 경계면에서 반사한다. 탐사선을 이동하면서 일정한 간격으로 음파를 발생시키고 매 발파마다 반사파를 수신함으로써 해저면의 지질구조를 파의 왕복시간 단면으로 나타낸다.

반사법 탄성파 탐사는 채널의 수에 따라 단일채널 탄성파 탐사와 다중채널 탄성파 탐사로 나뉜다. 단일채널 탄성파 탐사는 해저의 다중반사를 1차적인 기준으로 삼을 수 있다. 한편 다중채널 탄성파 탐사는 퇴적층이 두꺼우면 2,000~3,000m 깊이까지 조사할 수 있으나 탐사심도가 깊어질수록 해상도는 저하한다.

3. 하상의 지형공간정보 구축

3.1 연구대상지 선정

본 연구의 대상지는 유역면적이 4,134km²인 충청북도 청원군 대청댐 일대 중 청주 취수탑 부근의 품곡천 유역이며 그림 1에 연구대상지역을 제시하였다.



그림 1. 연구대상지역

본 연구대상지역은 재래식 측량방법을 이용한 하상의 지형측량이 어려운 지형이며 넓은 유역을 포함하고 있어 최신 측량 기술의 적용이 반드시 필요한 지역이다. 그리고 유역 주변의 지형변화가 심해 기존의 측량을 이용한 위치결정도 불가능하여 정밀한 3차원 하상의 지형공간정보 획득을 위해서는 GPS와 음파탐사측량을 이용한 연구가 이루어져야 한다.

또한 본 대상지는 유역의 주변에 안정적인 GPS 지상기준점의 확보가 가능하고 유속이 거의 없는 대규모의 저수지로 측량선의 유동이 최소화 될 수 있는 지역이므로 본 연구의 수행에 있어 바람직한 연구대상지라 판단하여 선정하였다.

3.2 데이터 획득 및 처리

본 연구에서는 하상에 대한 정밀 관측을 위해 GPS와 2종류의 음파탐사 시스템을 이용하여 하상에 대한 지형정보를 획득하고 이를 통해 하상의 3차원 지형공간정보를 구축하였다.

연구대상지인 대청댐 하상에 대한 음파탐사 데이터는 2004년 8월과 2005년 2월 2차례에 걸쳐 한국수자원공사의 탐사선인 물빛호를 이용하여 획득하였다. 정확한 퇴적물 산정을 위해 파동을 이용한 탐사기법 중 3.5kHz 타입의 천부지층탐사기(Sub-bottom Profiler)와 200kHz 타입의 음향측심기(Echo Sounder)를 조합하여 데이터를 획득하였으며 이를 처리하여 3차원 공간 데이터인 DEM(원지반하상)과 DSM(퇴적된하상)을 생성하여 퇴적물의 현황을 파악하였다. 그림 2는 GPS 및 음파탐사 장비를 이용한 데이터획득 및 처리과정을 나타낸 것이다.

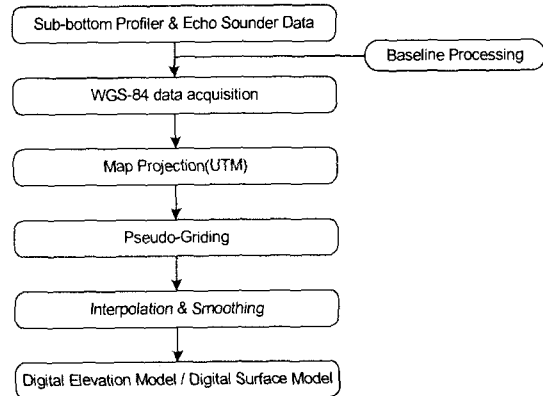


그림 2. 음파탐사 데이터 획득 및 처리

본 연구의 데이터 획득에 사용된 장비는 미국 ORE사 3.5kHz 타입의 sub-bottom profiler와 영국 OHMEX사 200kHz 타입의 Echo-Sounder이며 두 시스템을 선박에 설치하여 수심측량을 실시하였다. 그림 3은 음파탐사 장비가 장착된 탐사선이고 그림 4와 5는 각각 천부지층탐사기와 음향측심기를 보여주고 있다. 표 1과 2는 각각의 장비에 대한 제원을 나타내고 있다.

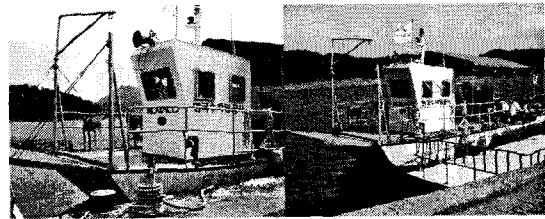


그림 3. 탐사선

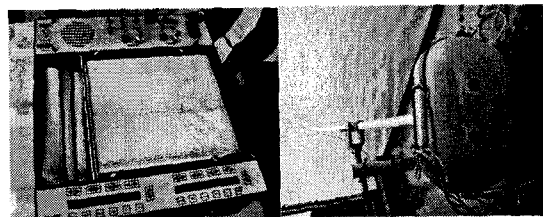


그림 4. Sub-bottom Profiler

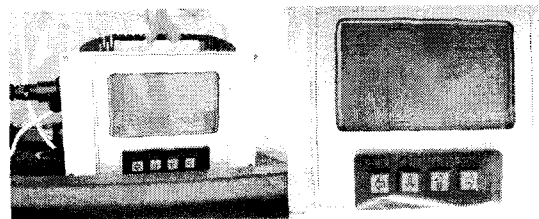


그림 5. Echo Sounder

표 1. 고해상도 지층탐사기

기종	Geopulse Pinger System
송·수신기	Model 132B transducer
송파기	Model 5430A transmitter
수신기	Model 5210A receiver
기록기	Model 3202 graphic recorder
제작사	Ocean Research Equipment
음원	3.5 kHz
파장	약 40cm
분해력	약 10cm

표 2. 음향측심기

기종	SonarLite
제작사	OHMEX Inc.
주파수	200kHz
조사심도	0.3~80m
빔각도	8~10°

연구대상지 유역에 대한 GPS 지상기준점 측량을 위하여 품곡천 주변에 안정적인 2개의 기준점을 설치하였으며 각각 4시간 이상의 정지측량을 실시하였다. 또한 국토지리정보원에서 운용하는 상시관측소인 청주, 전주, 상주를 연결하여 자료처리 및 3차원 망조정을 수행하였다. 기선해석을 위해 범용 상용 프로그램인 Trimble Geomatics Office를 사용하였으며 평균오차는 6.125mm, 타원체고 성과에 대해서는 23mm의 RMSE를 얻었다. 그림 6은 GPS 기준점측량 광경을 보여주고 있으며 표 3에 본 연구를 위해 설치한 지상기준점의 성과를 제시하였다.

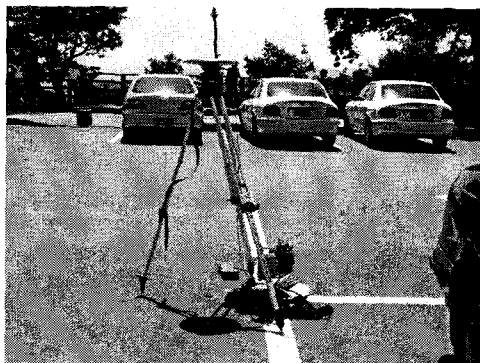


그림 6. GPS 기준점 측량

표 3. GPS 지상기준점

Station	Latitude	Longitude	Height
기준점 1	36-28-30.67176	127-28-56.76163	111.07m
기준점 2	36-31-06.46563	127-29-38.76250	136.96m

본 연구에서는 수심측량을 위해 미리 대청댐유역에 예정항로(측심선)를 설정하고 유역의 지상기준점에 GPS 수신기를 설치하였다. 본 연구에서 사용한 GPS 장비는 Trimble 5700 이주파 수신기이며 예정 측심선을 따라 수면위치는 GPS 측량 방식으로 측정하고 수심은 음파탐사 장비에 의해 측정하여 두 데이터의 동기화를 통해 하상에 대한 3차원 위치를 결정하였다. 그림 7은 하상의 3차원 지형정보 획득에 대한 흐름도를 나타내고 있으며 그림 8은 수심측량에 의해 획득한 음향측심 데이터를 보여주고 있다.

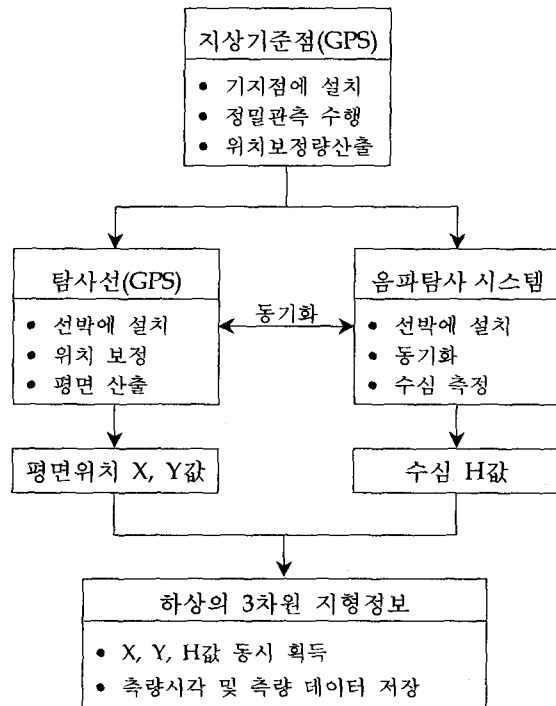


그림 7. 하상의 3차원 지형정보 획득

니터링 시스템을 위하여 관리 구역에 대한 전국 지역 데이터베이스를 구성하였고 단일화 되어있지 않은 구역의 분류와 향후 필요에 의한 구역의 변경에 유연하게 대처할 수 있도록 구역 선택 모듈의 인터페이스를 구성하였다.

4.1.2 자료 처리 모듈 설계

정밀음파탐사 자료의 편리한 추가를 위하여 x,y,z 좌표를 나열한 나선 형태의 텍스트 형식의 자료를 입력받아 3차원 그리드 형식의 자료로 보관하게 되며 이 자료를 3차원 DEM 형식으로 변환하여 항공 LiDAR 자료와 같이 처리할 수 있도록 하였다.

기반이 되는 하상의 DEM 자료와 하상에 퇴적된 퇴적물의 DSM 자료를 일정 단면에 대하여 3차원 비교·분석을 수행할 수 있도록 3차원 지형 공간정보 처리를 수행하는데 기초적으로 ESRI사의 ArcGis 9.0 제품을 연계하여 시스템 내부에서 활용하였다.

4.1.3 화면 출력 모듈 설계

처리된 DEM 및 DSM 자료를 효과적으로 분석하기 위하여 MDI 인터페이스를 지원하는 화면을 구성하였다. 메인창에 유역 전체의 지형을 표현하고 이를 바탕으로 사용자의 편의에 따라 전체 지형이나 음파탐사 자료 또는 단면 측정 지점의 자료 표현을 선택적으로 수행할 수 있도록 레이어 창을 지원하도록 구성하였다.

메인창으로 유역 전체의 지형을 표현하며 음파탐사 자료나 단면 측정 지점의 자료, 강우침식인자 등을 MDI Child 창을 통해 추가로 화면에 표현하도록 구성하였다.

4.2 시스템 구조

본 시스템은 처리될 자료를 품곡천 유역 일대로 한정하여 개발하였다. 그러나 향후 중·대규모 지역의 자료 처리와 처리 알고리즘의 추가 및 기능의 수정 등 유지보수를 위하여 시스템 구조를 3계층 구조를 응용하여 설계하였고 각 계층의 기능을 COM 규약에 의거하여 제작하였다.

3계층 구조는 그림에서 보는 바와 같이 자료의 입출력, 처리, 그리고 표현을 각 계층 별로 분리하여 해당 기능의 추가 확장성 및 유지보수의 편의성을 제공한다. 예를 들어 시스템을 웹 접목을 통해 제공하여야할 경우 단일 계층으로 설계된 시스템의 경우 시스템의 구조 자체를 수정해야하

는 반면 3계층 구조의 경우 사용자에 표현하는 표현계층에 웹 출력 모듈을 추가로 구성하는 것으로 시스템의 업그레이드가 완료된다.

이러한 3계층 구조는 ESRI사의 ArcGis 및 Oracle 등 중대형 규모의 구조를 갖는 서비스에 주로 응용되어지나 개발의 용이성 및 확장의 유연성을 위하여 본 연구에서도 적용하였다.

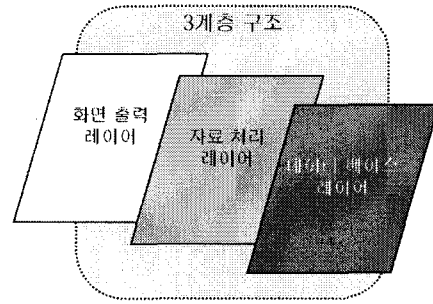


그림 11. 3계층 구조

4.3 GIS 시스템 개발

퇴적물 모니터링 시스템의 개발을 체계적으로 하기 위하여 3계층 구조를 적용한 설계 구조로 각 레이어 단계의 개발을 진행하였다. 향후 유역 및 퇴적물 규정의 변화에 대비하여 시스템 개발 모듈을 COM 규약에 맞추어 개발하였다.

COM은 다양한 언어로 만들어진 소프트웨어 컴포넌트들이 자신의 기능을 다른 소프트웨어와 공유하고 통합될 수 있도록 하는 이진 코드 레벨에서의 표준과 서비스를 총칭하는 말이다. COM을 통하여 비슷한 기능을 모듈화 시켜 개발의 시간을 절약할 수 있고 표준화된 인터페이스로 다른 회사에서 개발된 모듈을 본 시스템에 추가하여 사용할 수도 있게 되며 본 시스템의 기능을 다른 응용프로그램에서도 사용할 수 있게 한다.



그림 12. 프로그램 가동시 스플래쉬 화면

초기 프로그램 가동시 프로그램 실행에 필요한 모듈들이 제대로 설치되거나 구성되어 있는지 확인하는 절차를 나타내주는 스플래쉬 화면이다.

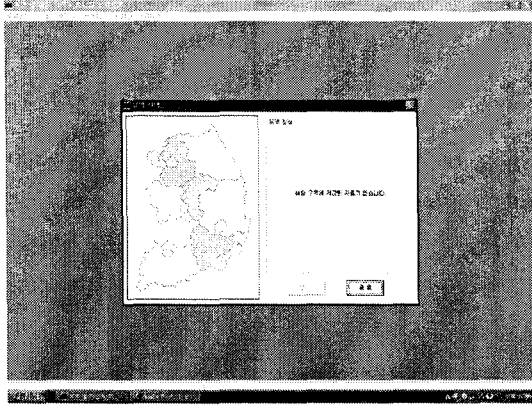


그림 13. 유역 선택 화면(유역정보 無)

초기 프로그램 작동시 유역을 선택하도록 구성되어 있다. 유역에 관련된 지형정보 또는 음향측심 자료 등이 저장된 지역은 노란색으로 구별하여 표시한다. 이때 마우스가 유역 관련 정보를 저장한 지역위에 있을 경우 우측의 유역 정보 패널에 해당 자료가 표현되며 유역 관련 정보가 없는 지역은 "해당 구역에 저장된 자료가 없습니다."라는 메시지를 출력한다.



그림 14. 유역 선택 화면(유역정보 有)

유역 선택시 유역 관련 정보가 저장된(노란색으로 표현된) 지역에 마우스가 위치할 경우 우측의 유역 정보 패널에 해당 지역 내에 저장된 유역 정보가 표현된다. 이때 유역 관련 정보가 저장된 지역을 선택하면 해당 지역이 파란색으로 표현되며 해당 지역의 유역을 선택하여 관리할 수 있게 된다.

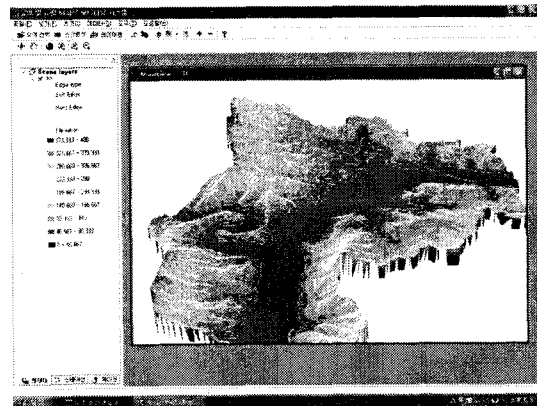


그림 15. 프로그램 시작 화면

유역 선택 후 해당 유역의 지형 정보를 표현하고 지형 정보에 대한 자료를 화면 좌측의 레이어틀에 표현하게 된다. 이때 유역 정보의 기본 표현 방법은 3차원 이며 사용자의 편의를 위하여 3차원 뷰 외에 2차원 뷰를 제공한다.

또한 유역 및 지형정보의 feature 자료에 대한 정보를 표현하는 레이어를 제공한다. 화면에서 보는 바와 같이 지형의 높이에 따른 색상 구분과 색상에 따른 높이값을 표시하고 있다.

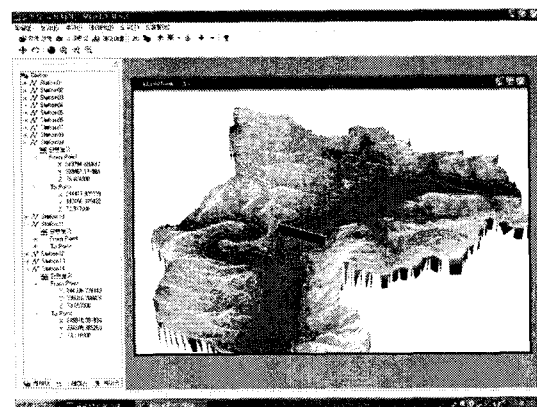


그림 16. 기 설정 단면 분석

기 설정된 단면을 분석하기 위한 것으로 기 정해진 단면 중 선택한 단면의 자료를 표현한다. 자료에는 각 스테이션의 양쪽 끝단에 대한 좌표 값

이 저장되어 있고, 단면보기 아이টে를 더블클릭하여 해당 단면을 직접 볼 수 있게 된다. 스테이션 레이어들에서 해당 스테이션 밑의 단면보기를 클릭하였을 경우 화면과 같이 단면의 위치를 3차원 자료상에 직접 표현하게 된다.

본 연구에서는 댐저수지 하상의 효율적인 퇴적물 관리를 위하여 하상 단면에 대한 다양한 분석 기능을 개발하여 구현하였다. 향후 다양한 확장성에 대한 인터페이스를 위하여 분석의 주체를 지형 단독 및 지형과 하상 병행 분석을 처리할 수 있도록 하여 양방향 분석이 가능하도록 개발하였다. 또한, 지형 또는 하상의 분석은 2차원 뷰 및 3차원 뷰 어느 화면에서나 제공이 되므로 사용자의 편의성을 향상시켰다.

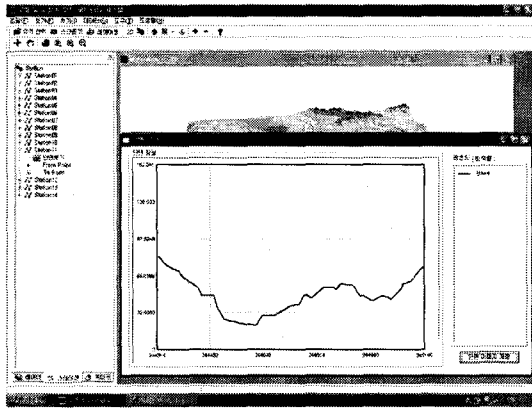


그림 17. 지형 독립적 단면 분석

지형 단독으로 단면 분석을 수행한 결과 화면으로 지형 분석은 단순히 기 설정된 단면 뿐만 아니라 유역 관련 지형의 어느 곳에서나 3차원 두 점을 사용자 임의로 선택하여 단면 분석을 수행할 수 있다. 우측의 레전드에 지형의 베이스에 대한 레전드만이 표현되고 있다.

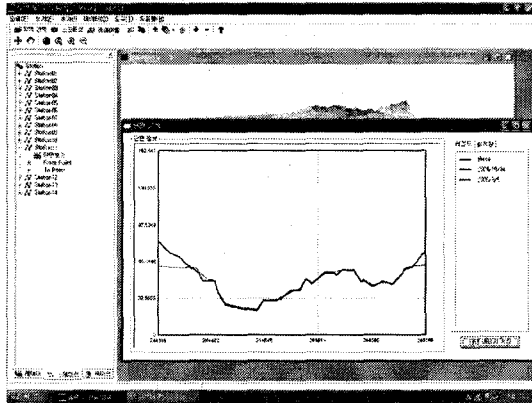


그림 18. 지형과 하상의 동시 분석

지형과 하상의 동시 분석으로 기 설정된 스테이션 중 11번을 선택 하였을 경우의 화면이다. 지형과 추가된 음향측심자료들의 동시 분석이 가능하다. 단면 분석 창의 좌측 그래프는 기반 지형과 추가된 음향측심자료들의 단면이며 우측에는 좌측의 그래프에 대한 베이스 및 하상퇴적층(음향측심데이터) 레전드가 표시되어 있다.

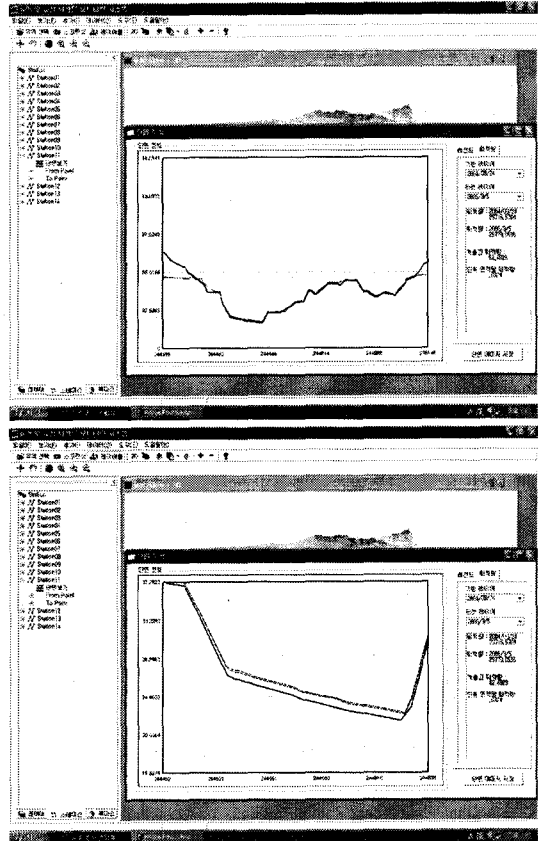


그림 19. 단면의 정량적 분석

지형과 하상의 동시 분석이 이루어질 경우 레전드 우측의 퇴적량 탭을 이용하여 퇴적물의 정량적 분석이 가능하다. 퇴적량 탭에 표시된 자료는 각 음향측심자료별 퇴적량과 년도별 음향측심자료 간의 퇴적량을 계산하여 표시하고 있다. 보다 자세한 분석을 위하여 단면그래프의 확대 기능을 추가하였다.

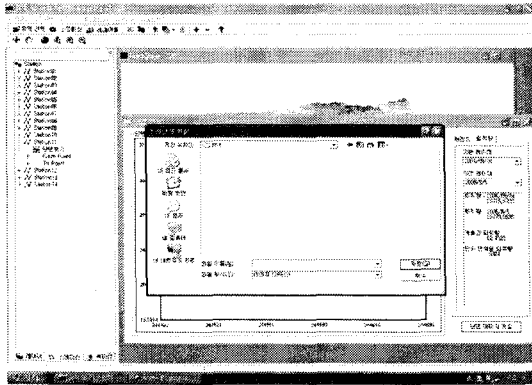


그림 20. 분석 단면의 저장

분석한 단면의 그래프를 활용할 수 있도록 화면에 표현된 그래프를 고화질인 1024x768 크기 JPEG 형식의 이미지 파일로 저장하는 기능을 제공한다.

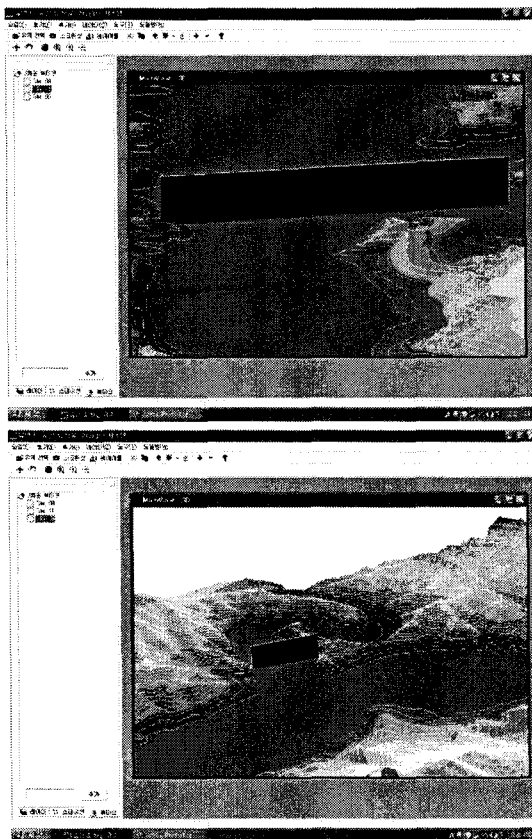


그림 21. 북마크 기능

하상에 대한 단면 분석시 관심을 가지고 주의 깊게 살펴보아야할 단면 혹은 구역이 있을 수 있으며 유사하거나 대비되는 관계를 갖는 단면 구역을 비교·분석해 보아야할 경우가 있을 수 있다. 이러한 사용자의 다양한 분석 방법에 대한 확

장성을 제공하고자 3차원 북마크를 제공하여 사용자가 보고 있는 화면의 상태, 즉 확대 비율이나, 위치, 회전각도 등을 추출·저장하여 좀 더 확장된 분석에 응용할 수 있는 기능을 구현하였다. 위 화면의 경우 3개의 3차원 북마크를 지정하였으며 이 모두는 각기 다른 지형, 확대비율, 회전각 등을 갖는다.

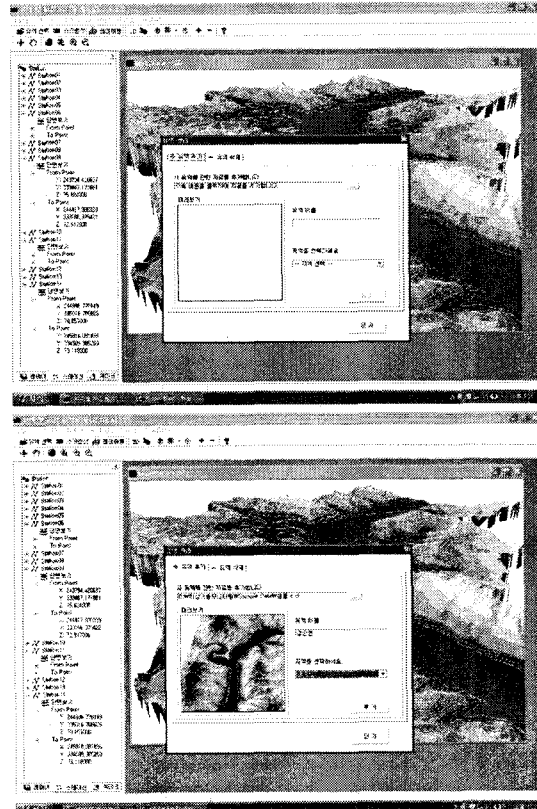


그림 21. 구역 관리 기능

프로그램 내에서 새로운 구역에 관한 지형 정보를 추가하고 데이터베이스를 구축할 수 있는 확장성을 제공하고 있다. 또한 구역의 실측 지형 자료를 추가하여 실제로 구역 관리할 수 있는 데이터를 저장하고 구역이 속한 지역 등에 관한 정보를 데이터베이스화 하도록 하고 있다.

또한, 임의의 구역에 대한 분석을 진행하는 과정에서 현재 관리하던 구역 외의 다른 구역을 선택하고자 할 경우 메인화면에 구성되어 있는 메뉴바 또는 툴바에서 구역선택 아이콘을 클릭하여 보다 편리하게 새로운 구역의 선택 및 분석을 할 수 있도록 개발하였다.

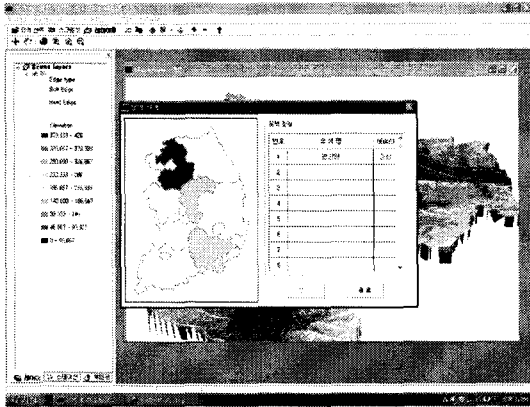


그림 22. 새로운 유역의 선택 기능

5. 결론

본 연구는 댐저수지 하상의 효율적인 퇴적물 관리를 위해 정밀 음파탐사 기법을 적용하여 하상의 3차원 지형공간정보를 획득하고 이를 기반으로 퇴적물 모니터링을 위한 GIS 시스템을 개발한 것으로 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. GPS, 음향측심기 및 천부지층탐사기를 이용하여 수심과 하상면의 데이터를 획득하고 보간법에 의해 퇴적 전·후의 수치지형모형을 효율적으로 생성할 수 있었다. 또한 주파수가 다른 음파탐사 장비를 조합하여 관측함으로써 하상의 퇴적양상을 보다 정확하게 파악할 수 있었다.
2. 본 연구에서 개발한 GIS 시스템은 체계적인 관리 및 응용의 확장성을 확보하기 위하여 3계층 구조를 적용한 설계 구조로 각 레이어 단계의 개발을 진행하였으며 유역 및 퇴적물 규정의 변화를 대비하여 시스템 개발 모듈을 COM 규약에 맞추어 개발함으로써 향후 중·대규모의 지역을 관리할 경우 발생할 수 있는 자료 구조의 문제 해결 및 시스템의 일관성을 유지할 수 있었다.
3. 향후 광역적이고 체계적인 댐저수지 퇴적물 관리를 위해 본 GIS 시스템은 프로그램 내에서 새로운 유역에 관한 지형정보의 추가 및 관리가 가능하도록 구현하였으며 이를 통해 저수지 유역 및 하상의 퇴적물 변화량에 대한 데이터베이스를 효율적으로 구축할 수 있을 것으로 판단된다.
4. 댐저수지 하상에 대한 정밀 지형조사를 기반

으로 하는 GIS 시스템은 퇴적물 관리를 위하여 하상 단면에 대한 다양한 분석 기능을 개발하여 구현하였으며 향후 다양한 확장성에 대한 인터페이스를 위하여 분석의 주체를 지형 단독 및 지형과 하상 병행 분석이 가능하도록 함으로써 하상 퇴적물에 대한 효율적인 모니터링을 수행할 수 있었다.

참고문헌

- 강준목, 강영미, 이형석 (2004), 도심의 정밀 모니터링을 위한 LiDAR 자료와 고해상영상의 융합, 한국측량학회 춘계 학술발표회 논문집, 한국측량학회, pp. 383-388.
- 이요상, 김형수 (2003), 다목적댐 저수지 퇴사 분포 및 수질 영향-주암댐을 중심으로, 한국수자원공사.
- 곽재호 (2003), 지화학 분석과 GIS를 이용한 순창지역 섬진강 하상퇴적물의 공급원에 관한 연구, 충남대학교 석사학위논문.
- 이요상, 나운철 (2002), 댐저수지 퇴적오염물질 분해 및 용출에 관한 연구, 한국수자원공사.
- 김성렬, 유홍룡, 박건태, 이용국, 안충현 (1987), Side Scan Sonar 탐사자료의 영상처리와 해저면 Backscattering 음향특성, 한국해양학회지, 제 22권 제 3호, pp.143-152.
- 박요섭 (1996), 다중 빔 음향 측심 자료 처리를 위한 해저면 맵핑 시스템 개발, 인하대학교 석사학위논문.
- 강동호, 지광훈, 이봉주 (1995), LANDSAT 자료를 이용한 금강하류의 총적주 환경 변화에 관한 연구, 대한원격탐사학회지, 제 11권 제 2호, pp.59-73.
- 최순학, 지광훈, 이봉주, 최영섭, 조민조, 강필중 (1993), 원격탐사 응용연구-낙동강 하구둑에 설치전후의 지질환경 변화연구, 한국자원연구소.
- 우한준 (1998), 해저층 퇴적물 이동 관측 및 예측 기술, 한국해양연구소.
- Loke R.E., Du Buf J.M.H. (1993), Fast Interpolation, Segmentation and Visualization of 3D Sonar Seabottom Data by using Tree Structures, *Proceedings of the Oceans*, pp.1571-1576.
- Osterkamp, W.R., Toy, T.J. (1997), Geomorphic considerations for erosion prediction, *Environmental Geology*, Vol. 29 (3/4), research article.

Wischmeier, W.H. and D. D. Smith (1978),
Predicting rainfall erosion losses, *Agricultural
Handbook 537*, U.S. Depart. of Agric.

Moore and Burch (1986), Physical basis of the
length-slope factor in the Universal Soil Loss
Equation, *Soil Science Society of America
Journal*, Vol. 50, pp.1294-1298.