

# 저수지의 효율적 관리를 위한 퇴적량 산출 시스템 개발

## Development of Calculation System of the Sediment for Efficient Management of the Reservoir

박준규<sup>1)</sup> · 강준묵<sup>2)</sup>

Park, Joon Kyu · Kang, Joon Mook

### Abstract

The establishment of the scheme which could be managed the national reservoir efficiently and consideration of a variable management scheme by the application of a new technique for it is very important for the improvement of national service quality and application of related techniques. In this study, sediment information which was accumulated in the reservoir for a long time and occasioned the decrease of pondage and increase of water pollution was constructed rapidly and accurately using GPS, sub bottom profiler and echo sounder. And the calculation system of sediment was efficiently designed through the applications of 2D and 3D spatial information processing techniques. As a results, the calculation system of sediment which was accomplished a various functions was developed and a basic information of management for the reservoir which was constructed quite a while ago was presented.

Keywords : System Development, Sediment Calculation, Sub Bottom Profiler, Echo Sounder, GPS

### 초 록

국가의 저수지를 효율적으로 운영할 수 있는 체계를 확립하고 각종 신기술의 적용을 통한 다양한 관리 방안을 모색하는 것은 향후 대국민 서비스의 질 향상 및 관련 기술들의 활용도 증대를 위해 매우 중요하다. 본 연구에서는 저수지에 장기간 축적되어 수질악화 및 저수용량의 감소를 야기하는 퇴적물 정보를 GPS, 음향측심기, 음파탐사기의 조합을 통해 신속 정확하게 구축하고 이러한 자료들을 2차원 및 3차원 공간정보 처리 기술의 적용을 통하여 객관적이고 효율적으로 퇴적량 산출을 수행할 수 있는 시스템을 설계하였다. 이를 토대로 저수지의 퇴적물 관리를 위해 필요한 여러 기능을 수행할 수 있는 퇴적량 산출 시스템을 개발하였으며 이의 적용을 통하여 건설된 지 오래된 저수지들에 대한 관리 기반 자료를 제시하고자 하였다.

핵심어 : 시스템 개발, 퇴적량 산출, 음파탐사기, 음향측심기, GPS

## 1. 서 론

일반적으로 댐 건설은 유역의 하천을 정체 형태의 저수지로 변화시키며 이러한 수체의 물리적 변화는 부유물질의 침전과 퇴적현상의 원인이 된다. 저수지나 호수에 유입된 오염물질 속의 영양염류들은 퇴적물에 축적되며 환경요인의 변화에 따라 심각한 수질 오염의 원인이 되기도

한다. 또한 퇴적물들이 저수지에 많이 쌓이게 되면 저수용량이 작아지고 수자원 관리의 어려움을 가중시키므로 저수지의 퇴적물 정보는 반드시 파악되어야 한다.(이요상 등, 2001)

국토 개발의 범위가 육지에서 하천 및 해양으로 확대되고 하상 및 해상지형에 대한 관심이 증대되면서 육지와 해저의 지형 구축과 관련된 연구들이 활발하게 진행 중이

1) 정회원 · 충남대학교 대학원 토목공학과 박사과정(E-mail:surveyp@cnu.ac.kr)

2) 연결저자 · 정회원 · 충남대학교 공과대학 토목환경공학부 교수(E-mail:jmkang@cnu.ac.kr)

다. 실시간 DGPS와 음향측심측량 자료를 이용하여 방파제 사석의 투하 토공물량을 확인하여 효율적 사석투하관리 방법을 제시한 연구(서용운 등, 2000)가 수행되었으며 음향측심기와 RTK-GPS를 이용하여 격자 수심도를 작성하고 그 정확도를 분석하여 음향측심기와 RTK-GPS에 의한 수심측량의 가능성을 제시한 연구도 있다(정영동 등, 2002). 또한 GPS와 GPR(Ground Penetration Radar)을 사용하여 저수지의 수평위치 및 수심을 결정하고 동시에 원 지반에 분포하고 있는 퇴적물의 분포를 추정하여 이를 준설에 적용하고자 한 연구도 수행되었다(이동락 등, 2006). 아울러 RTK-GPS와 음향측심측량을 조합하여 3차원 하천측량 성과를 도출할 수 있는 프로그램을 개발하였으며(이진덕 등, 2007) 다목적 댐 저수지의 퇴적물 상태를 탐사하는 조사기법을 제시하고 퇴적물의 수질영향을 평가하여 저수지 수질관리를 위한 평가자료 제공에 기여한 연구도 있다(이요상 등, 2003). 또한 수심이 얇은 지역에서 3개의 멀티빔 음향측심측량기를 측량선에 적용하고 수심측량을 실시하여 그 사용가능성을 검토하였고(Yoshihiro Matsumoto, 1986) 수로측량에 있어서 멀티빔 음향측심기를 적용하여 안정적인 수로측량을 위한 자세각을 제시하였으며(Kenneth C. Kiesel, 2000) Tree 구조를 이용한 3차원 해저 지형 가시화를 시도한 연구도 수행되었다(Loke R.E. 등, 1999). 그러나 지금까지 대부분의 연구들은 해상 및 하상 지형에 대한 수치지형정보를 구축하는데 관련된 것들이며 특히 하상의 경우 퇴적물 정보의 추출을 근간으로 댐 저수지 관리를 위한 기반 자료를 제시할 수 있는 연구들은 매우 부족한 실정이다.

본 연구에서는 GPS, 음향측심기, 음파탐사기 시스템을 적용하여 저수지 하상의 3차원 지형공간정보를 구축하고 이를 기반으로 저수지 하상 퇴적물에 대한 모니터링을 수행할 수 있는 저수지 퇴적량 산출 시스템을 개발하여 효율적이고 객관적인 저수지 관리에 기여하고자 하였다.

## 2. 시스템 구성을 위한 적용 이론

### 2.1 COM

COM은 소프트웨어 컴포넌트를 구축하기 위해 사용되는 하나의 프로그래밍 모델이다. COM을 이용하면 한 컴포넌트에서 소스 코드 없이도 다른 컴포넌트를 재사용할 수 있기 때문에 COM을 바이너리 표준이라고 부르기도 한다. 또한 COM은 바이너리 표준뿐만 아니라 소프트웨

어 컴포넌트를 작성하는데 필요한 여러 가지 규칙과 요구 사항들을 규정하고 있다. 하지만 규정에 불과하기 때문에 컴포넌트 소프트웨어를 구현하기 위한 프로그래밍 언어, 도구, 운영체제 등에 대해서는 제한을 두지 않는다.

### 2.2 3계층 구조

3계층 표현 방식(triple layer expression formula)의 아키텍처는 3개의 층으로 구성된 표현 형태를 가진 아키텍처를 의미하는 것으로 사용자와 연관이 되는 User Related Layer와 주요기능을 담고 있는 Primary Business Layer, 그리고 추가적인 기능이나 종속적인 기능을 가진 Secondary Business Layer로 구성되어 있다.

#### 2.2.1 User Related Layer

실제 시스템이 외부 환경과 접촉하는 외적 인터페이스(External Interface) 관련 부분으로 일반적으로 사용자나 운영자가 다루는 UI(user interface)나 윈도우(window), 폼(form), 메뉴(menu), 버튼(button)등의 그래픽에 관련된 컴포넌트를 담고 있는 층이다.

#### 2.2.2 Primary Business Layer

시스템이 제공하고자하는 주요 서비스나, 기능에 대한 내용을 담고 있는 층으로 실제 시스템에서 가장 중요한 역할 들만을 모아 놓은 층이라고 생각 할 수 있다. 즉 User Related Layer를 통해서 들어온 데이터나 정보를 가지고 실제 요구사항에 맞게 핵심기능(core business)이나 중앙 제어 기능을 가진 컴포넌트를 담고 있는 기능 중심의 층이다.

#### 2.2.3 Secondary Business Layer

이 층은 위의 Primary Business Layer에서 작성한 시스템의 주된 기능에 대해서 데이터베이스에 저장을 해주는 기능과 같은 보조기능을 수행하는 컴포넌트나, 시스템의 외부적으로 보여지지 않고 내부적으로 특정한 알고리즘이나 기능을 가지고 있으면서, 시스템 내부 인터페이스를 통해서 Primary Business Layer에 종속된 컴포넌트를 위한 층이다.

## 3. 퇴적량 산출 시스템의 개발

저수지의 효율적인 관리를 위한 퇴적량 산출 시스템은 비교적 자료의 양이 많은 음향측심측량 및 음파탐사측량

자료들을 기반으로 2차원 및 3차원 공간정보 처리 기술의 적용을 통하여 수치지형자료를 생성할 수 있도록 설계하고자 하였다. 또한 3차원 지형공간정보의 생성을 토대로 저수지 하상에 대한 퇴적량 산출 시스템을 설계 및 개발하여 GIS 기반의 저수지 퇴적물 관리를 위한 객관성 및 효율성을 제고시키고자 하였다.

본 연구에서의 저수지 퇴적량 산출 시스템은 유역 및 하상의 지형자료를 바탕으로 구성되었으며 이로 인해 항공 LiDAR 자료와 수심측량 자료를 기반으로 처리된 수치지형자료들을 저장할 수 있는 자료 입출력 단계와 입력

된 자료를 이용하여 하상이나 저수지에 누적된 퇴적량을 처리하는 처리 단계, 그리고 처리된 자료들을 분석하거나 재처리를 위하여 화면에 표현하는 화면 출력 단계로 나누어진다. 그림 1은 시스템 구성도를 보여주고 있다.

퇴적량 산출 시스템의 개발을 보다 체계적으로 수행하기 위하여 3계층 구조를 적용한 설계 구조로 각 레이어 단계의 개발을 진행하였다. 또한 유역 및 퇴적물 규정의 변화에 대비하여 시스템 개발 모듈을 COM 모델에 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 모듈화시켜 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.

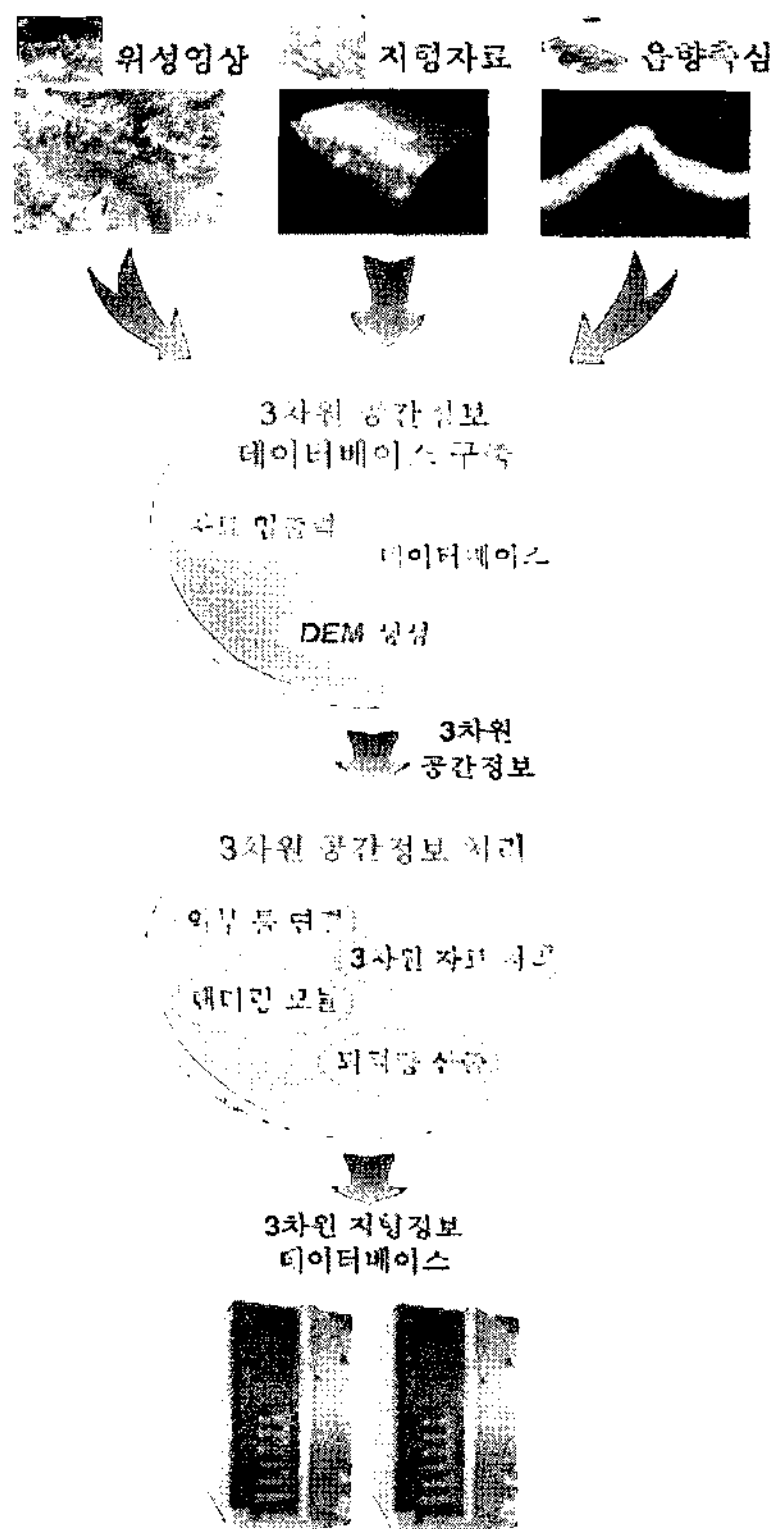


그림 1. 시스템 구성도

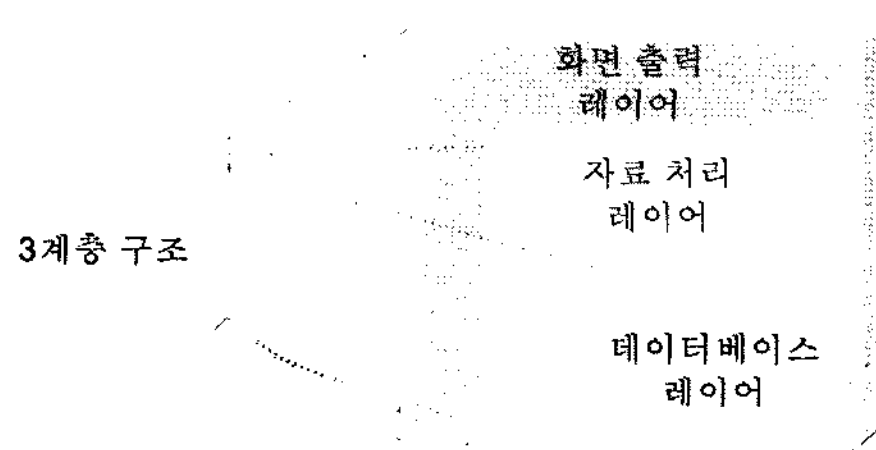


그림 2. 3계층 구조

## 4. 퇴적량 산출 시스템의 구현

### 4.1 데이터 취득 및 처리

본 연구의 대상지는 충청북도 청원군 대청댐 유역으로 전체 유역 중 상대적으로 퇴적량이 많을 것으로 판단되는 품곡천 지역을 선정하였으며 그림 3에 연구대상지역을 제시하였다.

본 연구의 대상지는 유역 전반에 걸쳐 비교적 경사가



그림 3. 연구대상지역

급한 산지주변의 지형이며 넓은 저수지를 포함하고 있어 기존의 재래식 측량방법에 의한 하상 지형측량이 어려운 지역이다. 따라서 저수지 하상에 대한 지형공간정보의 취득을 위해 GPS, 음파탐사측량, 음향측심측량의 조합 시스템에 의해 하상의 3차원 공간정보를 구축하였다.

본 연구의 데이터 취득에 사용된 장비는 3.5kHz 타입의 음파탐사기(sub bottom profiler)와 200kHz 타입의 음향측심기(echo sounder)이며 두 시스템을 한국수자원공사 대청댐관리단의 선박을 이용하여 하상에 대한 3차원 공간정보를 취득하였으며 정확한 퇴적량 산출을 위해 파동을 이용한 탐사기법 중 음파탐사기와 음향측심기를 조합하여 데이터를 취득하였다. 또한 이를 처리하여 3차원 공간정보인 원 지반의 자료(DEM)과 퇴적된 표층의 하상을 나타내는 자료(DSM)을 통해 퇴적물의 현황을 파악하

였다. 연구대상지 유역에 대한 GPS 지상기준점 측량을 위하여 2개의 지상기준점을 설치하였으며 각각 4시간 이상의 정지측량을 실시하였다. 또한 국토지리정보원에서 운영하는 상시관측소인 청주, 전주, 상주를 연결하여 자료처리 및 3차원 망조정을 수행하였다. 기선해석을 위해 범용 상용 프로그램인 Trimble Geomatics Office를 사용하였다. 그림 4는 하상의 3차원 지형정보 획득에 대한 흐름도를 보여주고 있다.

#### 4.2 퇴적량 산출 시스템의 구현

그림 5는 시스템의 가동 명령 시 시스템을 구성하고 있는 각종 모듈들이 제대로 설치되거나 구성되어 있는지 확인하는 단계로 이에 대한 상태를 나타내주는 스플래시 화면이다.

그림 6은 퇴적량 산출을 위해 선정된 대상지에 대한 시스템의 시작 화면으로 대상지 선택 후 해당 저수지의 지형 정보를 표현하고 그에 대한 공간 정보를 화면 좌측의 레이어 틀에 표현하게 된다. 이때 메인 화면에 표시되는 기본 표현 방법은 3차원이며 사용자의 편의를 위하여 3

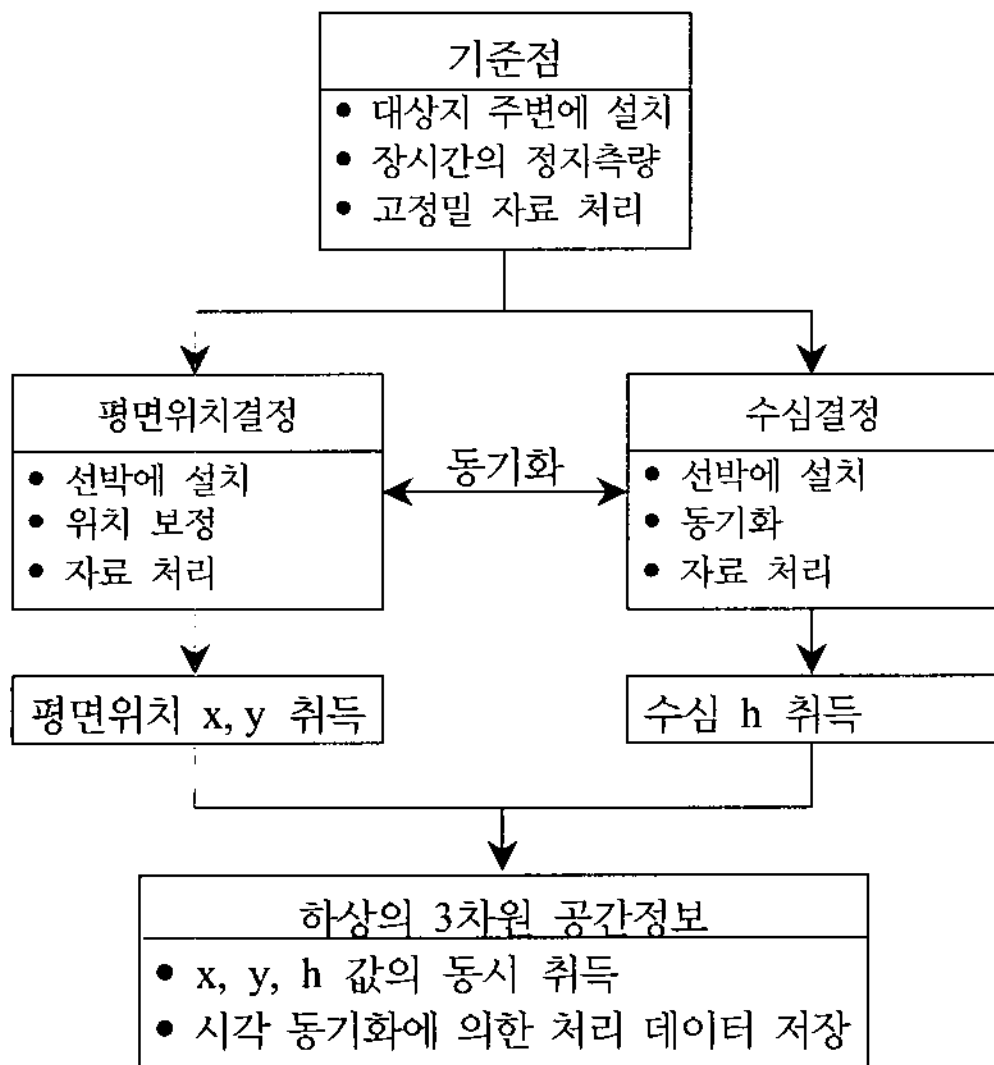


그림 4. 하상의 3차원 지형정보 취득

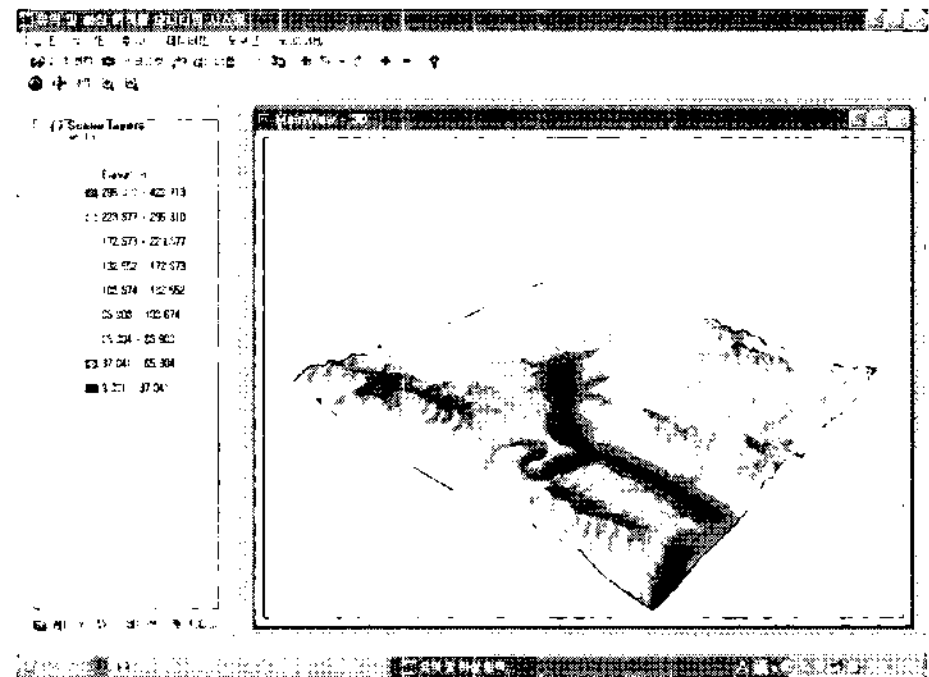


그림 6. 시스템 시작 화면



그림 5. 시스템 가동 시 스플래시

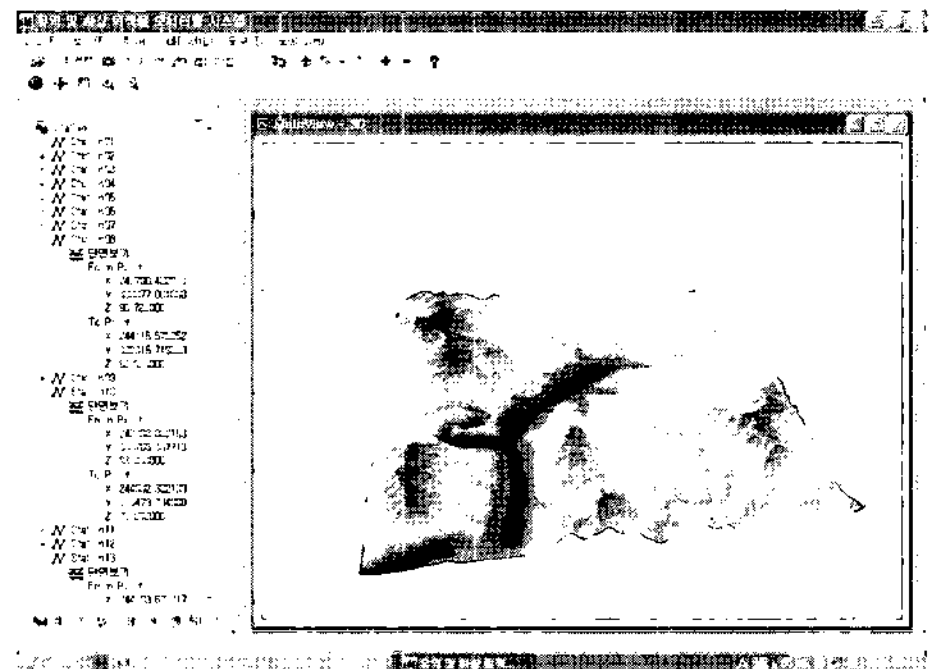


그림 7. 스테이션 설정 분석

차원 뷰 외에 2차원 뷰를 제공하도록 개발하였다.

그림 7은 연구대상지 저수지의 중요 지점에 대한 단면을 미리 설정해 두고 이에 대한 분석을 하기 위한 것으로 화면의 레이어 툴에는 정해진 스테이션의 번호와 이에 대한 정보를 가지고 있으며 메인 화면에는 해당되는 스테이션을 선택하였을 경우 해당 지역에 대한 단면이 표시되도록 하였다. 레이어 툴에서는 각 스테이션의 양쪽 끝단에 대한 좌표 값을 보여주게 되며 스테이션 레이어툴에서 해당 스테이션 밑의 단면보기를 클릭하였을 경우 메인 화면에 그림과 같은 단면의 상태가 3차원 지형 자료상에 직접 표현되도록 구현 하였다.

본 연구에서는 효율적인 저수지의 관리를 위한 퇴적량 산출 시스템을 개발하기 위하여 저수지 하상 단면에 대한 퇴적량 자동 산출 기능을 개발하여 구현하였다. 향후 다양한 확장성에 대한 인터페이스를 위하여 퇴적량 산출의 방식에 있어서 지형 단독 및 지형과 하상 병행의 이중 처리가 가능하도록 개발하였다. 또한 퇴적량 산출을 위한 지형자료의 접근을 2차원 뷰 및 3차원 뷰에서 동시에 제공되므로 사용자의 편의성을 향상시켰다.

그림 8은 지형 단독으로 단면 및 퇴적량 분석을 수행한

결과에 대한 화면으로 지형 분석은 단순히 기 설정된 단면뿐만 아니라 저수지 관련 지형의 어느 곳에서나 두 점을 사용자 임의로 선택하여 수행할 수 있도록 개발하였다. 우측의 레전드 탭을 선택하면 지형의 베이스에 대한 레전드가 표현되며 퇴적량 탭을 선택하면 퇴적량 정보를 제공할 수 있게 구성하였다.

그림 9는 지형과 하상에 대한 자료의 동시 분석으로 설정된 스테이션 중 임의 스테이션을 선택 하였을 경우의 화면이다. 지형과 추가된 수심측량자료들의 중첩에 의한 화면으로 단면 분석 창의 좌측 그래프는 기반 지형과 추가된 수심측량자료들의 단면이며 우측에는 좌측의 각 그래프에 대한 베이스 및 시기가 다른 수심측량자료의 레전드가 색의 차이를 나타내며 표시된다.

그림 10은 선택한 단면의 퇴적량 산출 화면으로 지형과 하상의 지형자료들에 대한 동시 분석이 이루어질 경우 레전드 우측의 퇴적량 탭을 이용하여 퇴적물의 정량적 분석이 가능하다. 퇴적량 탭에 표시된 자료는 기반 레이어와 타겟 레이어의 선택을 통해 기반 지형과 수심측량자료 간의 현황 파악은 물론 시기가 다른 수심측량자료 간의 퇴적량 산출도 가능하도록 구현하였다. 퇴적량 탭의 경우

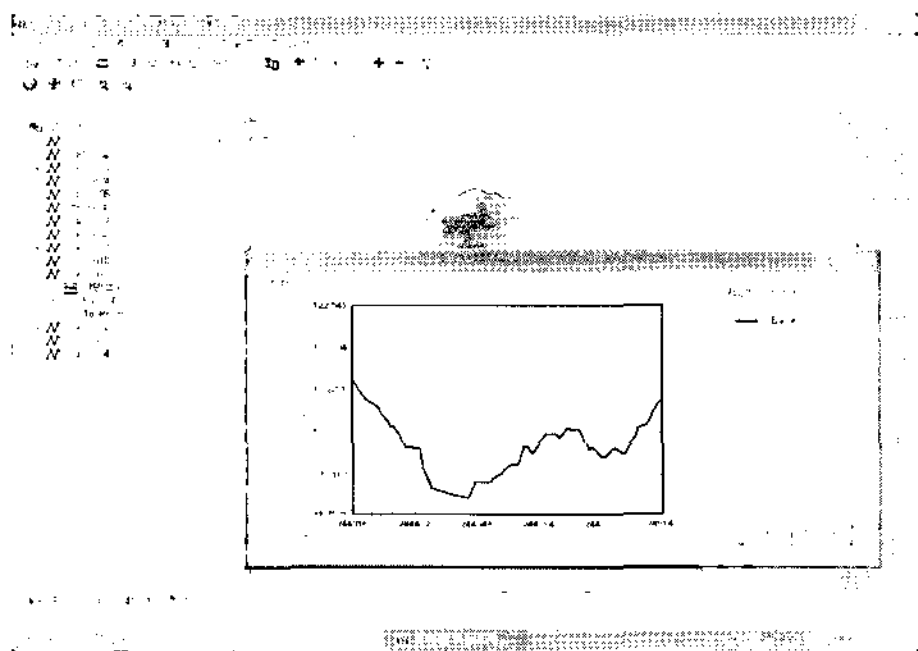


그림 8. 기반 지형에 대한 단면 분석

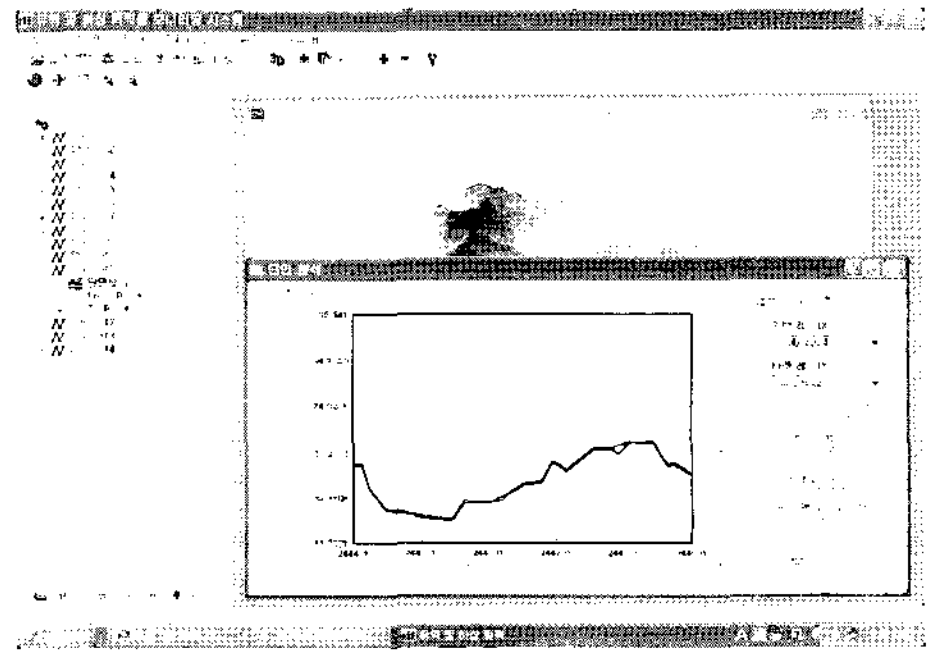


그림 10. 단면의 퇴적량 산출

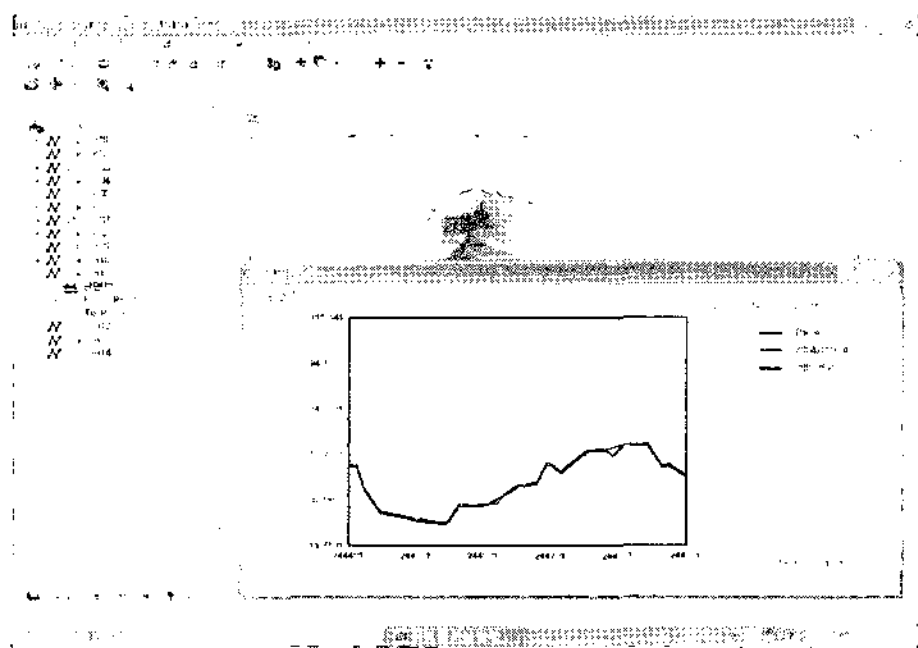


그림 9. 퇴적 지형에 대한 단면 분석



각각의 지형자료별 퇴적량, 선택된 레이어간의 계층간 퇴적량, 단위면적당 퇴적량을 계산하여 표시하도록 하였다. 보다 자세한 단면 상태 확인을 위하여 단면 그래프의 확대 기능을 추가하였다.

그림 11은 시스템 사용자가 임의로 원하는 단면에 대한 퇴적량을 산출하기 위해 측점을 결정하는 단계로 사용자 임의로 두 측점을 선택한 화면을 보여주고 있다. 측점 선택 시 메인 화면의 3차원 공간상에 마우스를 한 번 클릭하면 지정한 위치를 표시하는 화면 효과가 실행되어 공간상에서의 위치 확인을 용이하게 해준다. 이후 다음

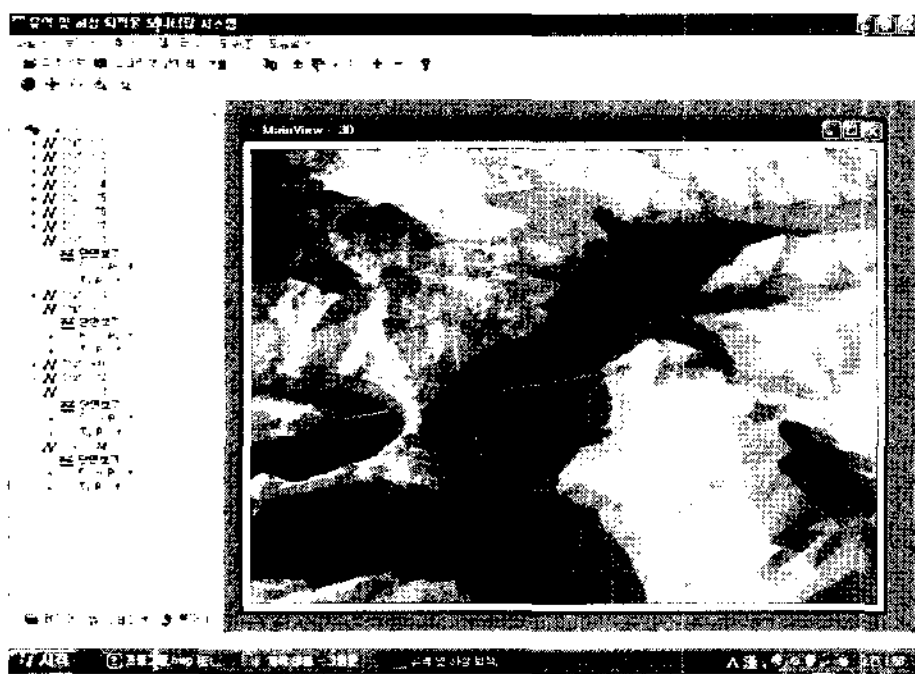


그림 11. 사용자 지정에 의한 단면 설정

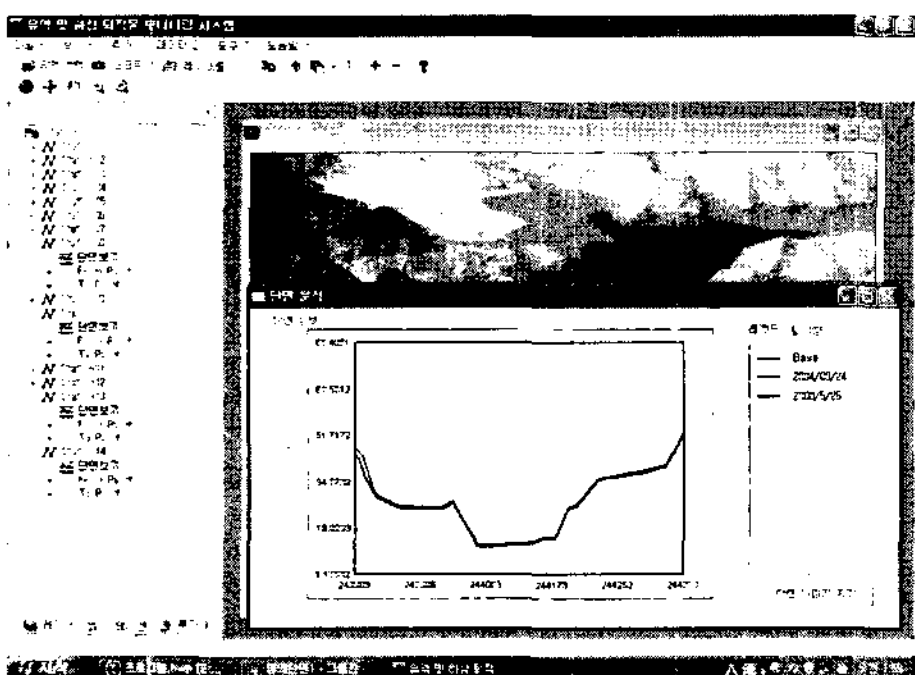


그림 12. 사용자 지정에 의한 퇴적량 산출

점을 선택하게 되면 지정한 단면이 메인 화면의 지형자료 상에 표시되게 된다.

그림 12는 사용자가 임의로 지정한 단면에 대한 퇴적량을 산출하기 위한 화면으로 이 단계는 사용자가 두 측점을 선택함과 동시에 확인할 수 있다. 기 설정된 스테이션의 단면 분석에서와 같이 단면 그래프의 우측에 레전드 탭과 퇴적량 탭을 통해 퇴적량에 대한 정보를 확인할 수 있다.

그림 13은 분석한 단면의 그래프를 결과 자료로서 활용할 수 있도록 화면에 표현된 그래프를 고화질인 1024×768 크기 JPEG 형식의 이미지 파일로 저장하는 기능을 제공한다.

일반적으로 저수지 하상의 퇴적물에 대해 관심을 가지고 주의 깊게 살펴보아야할 지점 혹은 구역이 있을 수 있으며 유사하거나 대비되는 관계를 갖는 단면 구역을 비교·분석해 보아야할 경우도 있을 수 있다. 본 시스템에서는 이러한 사용자의 다양한 접근 방법에 대한 확장성을 제공하고자 3차원 북마크 기능을 제공하여 사용자가 보고 있는 화면의 상태, 즉 확대 비율이나, 위치, 회전각도 등을 추출·저장하여 좀 더 확장된 분석에 응용할 수 있도록 구현하였다. 그림 14는 구현된 북마크 기능을 실행한 화면으로 3개의 3차원 북마크가 지정되었으며 이 모두는 각기 다른 지형, 확대비율, 회전각 등을 갖고 저장되어 있으며 사용자로 하여금 쉽고 편리하게 단면 상태 확인을 할 수 있게 하였다.

그림 15는 시스템 내에서 새로운 대상지에 관한 지형 정보를 추가하고 데이터베이스를 구축할 수 있는 대상지 관리 기능을 나타내는 화면이다. 저수지의 실측 지형자료를 추가하여 실제로 저수지를 관리하는데 필요한 공간 정보를 저장하고 대상지가 속한 지역에 대한 관련 정보를 데이터베이스화 하도록 하고 있다.

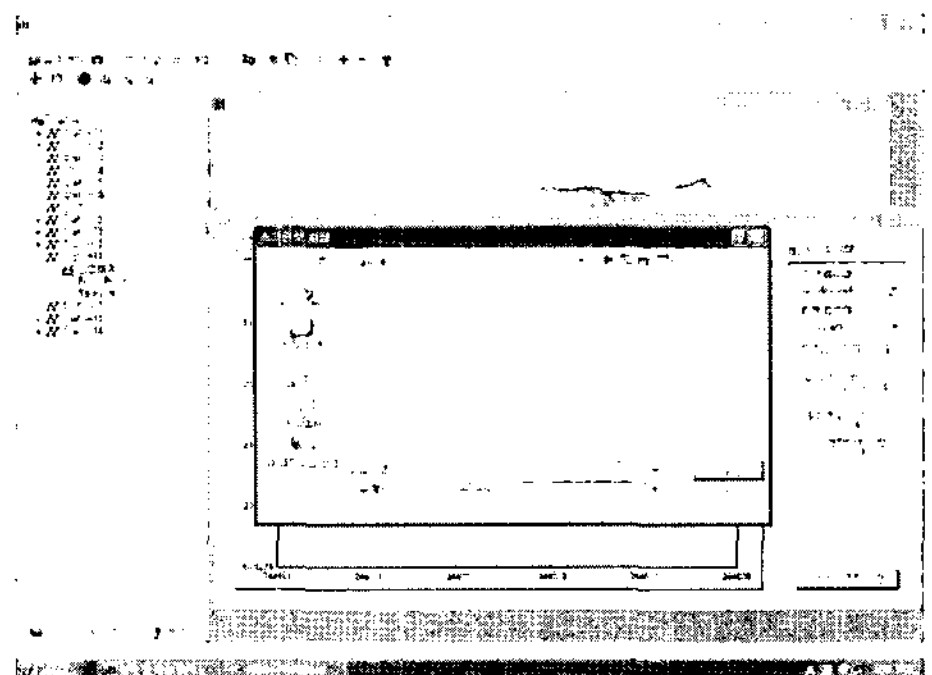


그림 13. 분석된 단면 결과의 저장

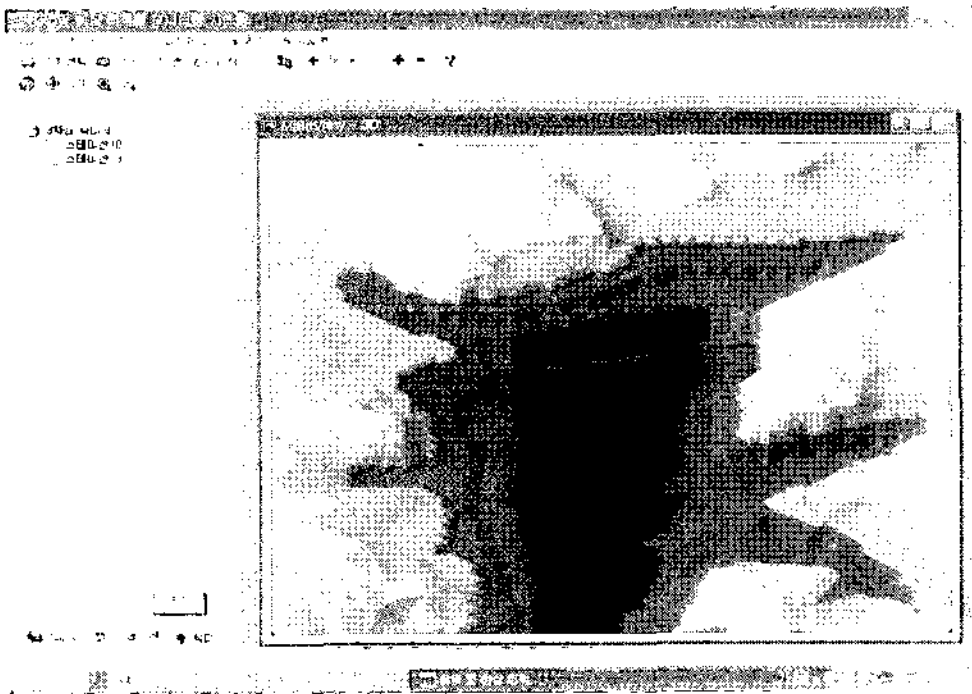


그림 14. 북마크

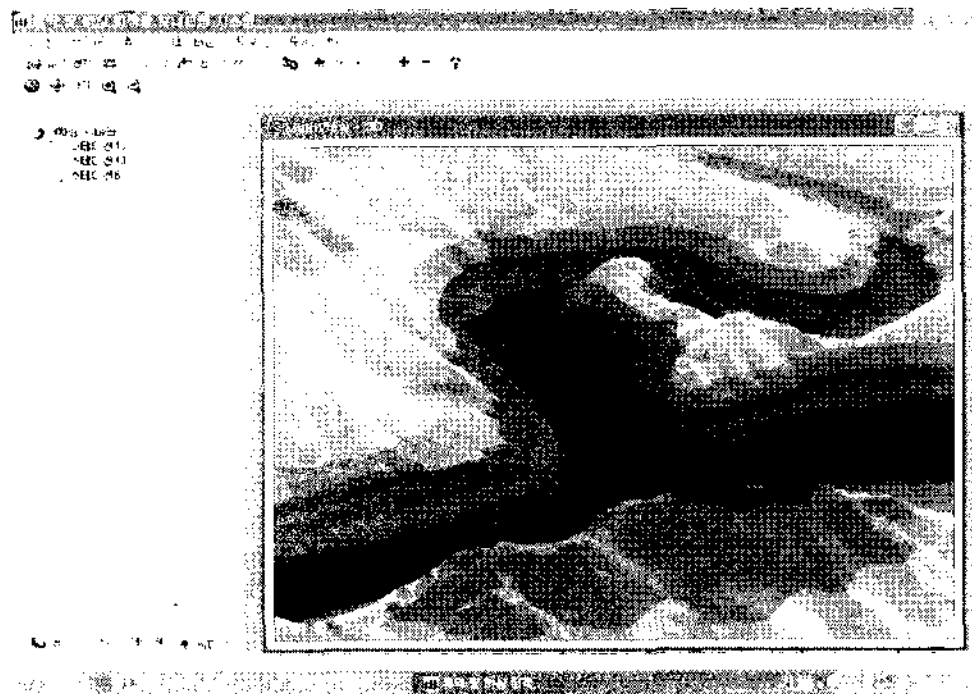


그림 15. 대상지의 추가 및 삭제

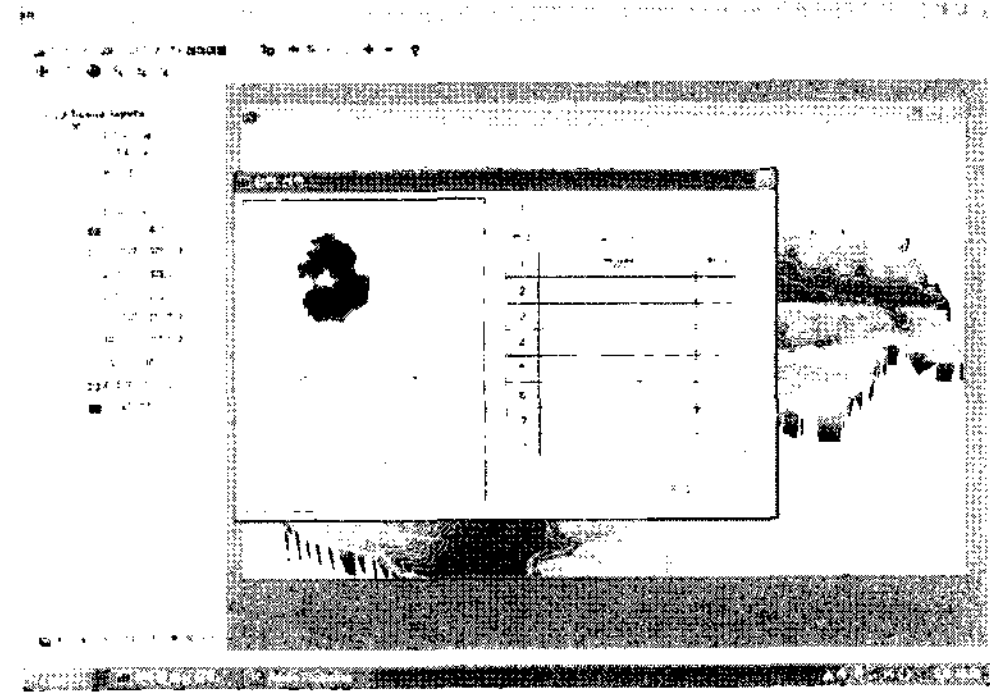
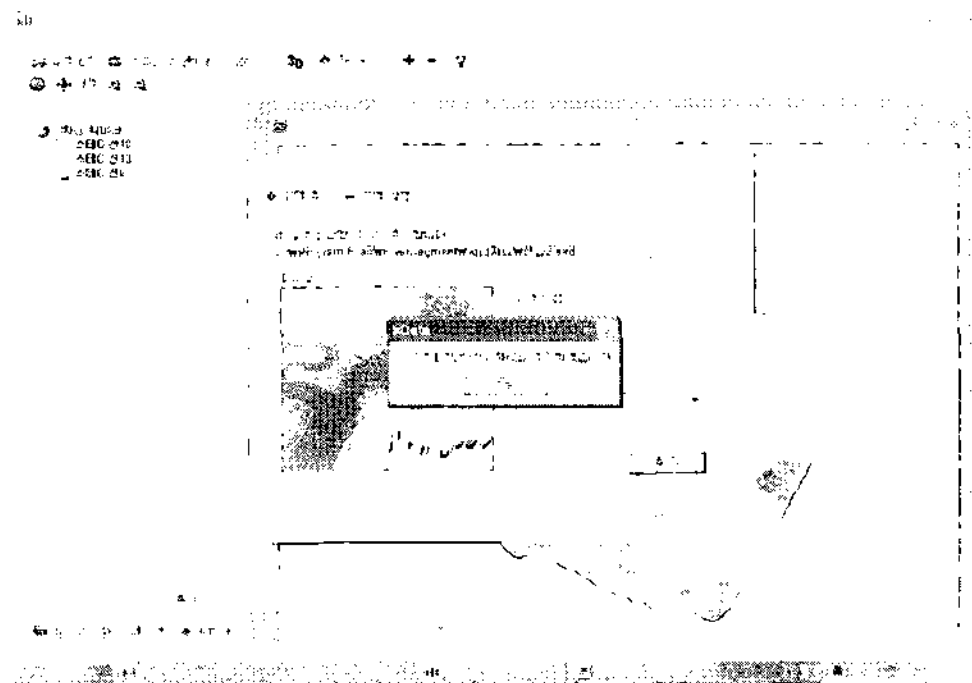
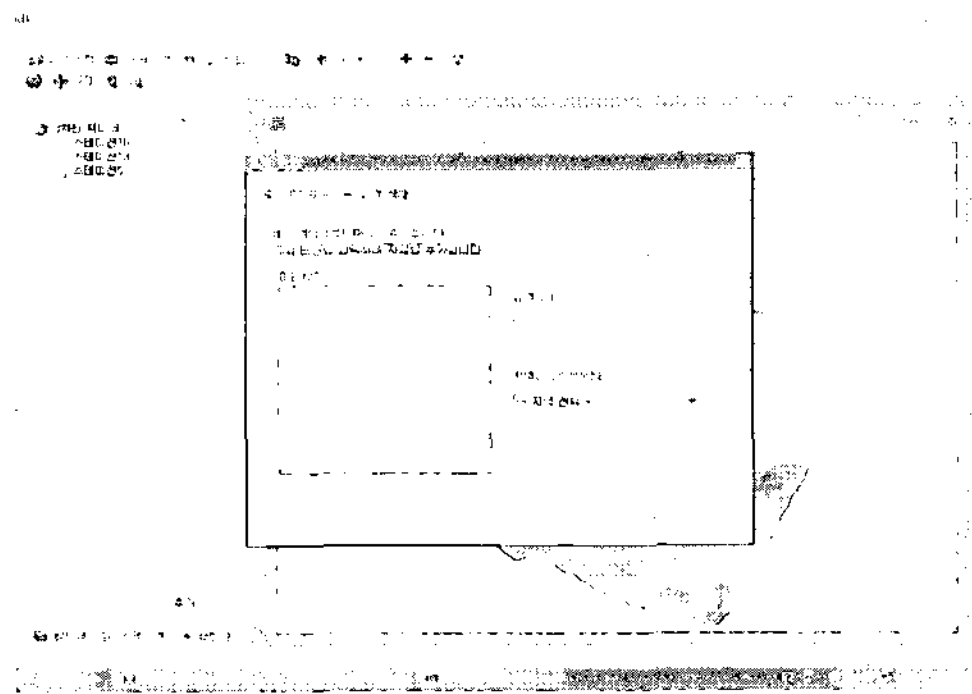


그림 16. 대상지 변경 및 선택

그림 16은 퇴적량 정보 분석을 실시하던 상태에서 다른 대상지에 대한 추가 분석을 실시할 경우에 대한 화면으로 현재 저수지에 대한 분석을 진행하는 과정 중 다른 대상지를 선택하고자 할 경우 메인화면에 구성되어 있는 메뉴바 또는 툴바에서 유역선택 아이콘을 클릭하여 보다 편리하게 새로운 대상지의 선택 및 분석을 할 수 있도록 구현하였다.

## 5. 결 론

본 연구는 저수지의 효율적인 관리를 위해 퇴적량 산출 시스템을 개발하고 이를 기반으로 건설된 지 오래된 저수지들에 대한 체계적이고 객관적인 관리 자료 제시를 하고자 한 것으로 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 퇴적물 산출 시스템은 저수지 하상의 퇴적량 산출을 위하여 하상의 퇴적물에 대한 단면 추출 및 퇴적량 산출 기능을 개발하여 구현하였으며 향후 시스템의 확장성에 대한 인터페이스를 위하여 퇴적량 산출에 있어서 그 주체를 기반 지형 단독 및 지형과 하상 병행에 의한 퇴적 지형 분석의 기능을 동시 구현함으로써 효율적인 퇴적량 산출을 실시 할 수 있었다.
2. 본 시스템은 저수지 퇴적물에 대한 체계적인 관리 및 시스템의 확장성을 도모하기 위하여 3계층 구조를 적용한 설계를 통해 각 레이어 단계의 개발을 실시하였으며 각종 규정 변화에 대비하여 기반 모듈을 COM 모델에 맞추어 개발함으로써 향후 중대규모의 지역에 적용할 경우 발생할 수 있는 자료 구조의 문제 해결 및 시스템의 일관성을 유지할 수 있었다.
3. 본 시스템은 새로운 대상지에 관한 지형정보의 추가

및 삭제 등의 공간정보 관리가 가능하도록 구현함으로써 국가 저수지 하상의 퇴적량 변화에 대한 시기별 데이터베이스를 효율적으로 구축할 수 있게 하였다.

4. GPS, 음향측심기 및 음파탐사기를 이용하여 저수지 하상의 데이터를 취득하고 이의 처리에 의해 퇴적 전·후의 수치지형모형을 효율적으로 생성할 수 있었으며 주파수가 다른 수심측량 장비를 조합하여 관측함으로써 저수지의 퇴적양상을 보다 신속·정확하게 파악할 수 있었다.

## 참고문헌

- 박준규 (2006), 댐저수지 하상의 퇴적물 관리를 위한 GIS 시스템 개발, 제11회 측량기술경진대회, pp. 35-45.
- 서용운, 최윤수 (2000), 실시간 DGPS & Echo -Sounding 데이터를 이용한 방파제사석투하 토공물량 확인, 한국측량학회지, 제 18권, 제 4호, pp. 343-350.
- 이동락, 홍정수, 백기석, 배경호 (2006), GPS/GPR을 이용한 저수지 준설능력 향상, 한국GIS학회지, 제 14권, 제 1호, pp. 57-65.
- 이요상, 김형수 (2003), 다목적댐 저수지 퇴사 분포 및 수질 영향-주암댐을 중심으로, 한국수자원공사.
- 이요상, 박종근, 나운철, 김용운 (2001), 댐저수지 퇴적오염물질 분해 및 용출에 관한연구, 한국수자원공사.
- 이진덕, 김현호 (2007), GPS와 Echo Sounder 및 GIS 조합에 의한 3D 하상측량시스템의 구축, 한국콘텐츠학회 2007 춘계 종합학술대회논문집, 제 5권, 제 1호, pp. 1-5.
- 정영동, 강상구 (2002), 음향측심기와 위성항법을 이용한 하천의 수심 측량, 한국측량학회지, 제 20권, 제 4호, pp. 375-381.
- Kenneth C. Kiesel (2000), A New Pitch/Yaw Stabilized Bathymetric Survey System, *L-3 communications/SeaBeam Instruments*, pp. 201-205.
- 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.
- Yoshihiro Matsumoto (1986), Performing Centimeter -level Surveys in Seconds with GPS Carrier Phase : *Initial Results*, *Proceedings of the fourth International Symposium on Precise Positioning with Global Positioning System*, Vol. II, pp. 1229-1250.

---

(접수일 2008. 5. 20, 심사일 2008. 5. 27, 심사완료일 2008. 5. 30)