

## 해수침투 조사자료의 통합적 해석을 위한 GIS의 적용

최선영\* · 황세호\* · 박권규\* · 신제현\* · 윤왕중\*\*

### Application of Geographic Information System for Synthetic Analysis of Multidisciplinary Data in Seawater Intrusion Assessment

Sun-Young Choi\* · Seho Hwang\* · Kwon Gyu Park\* · Je-Hyun Shin\* · Wang-Jung Yoon\*\*

#### 요 약

국내 연안지역에서 광범위하게 발생하고 있는 해수침투를 정확하게 평가하고, 이에 대한 대책을 수립하기 위해서는 다양한 분야의 연구와 이들 상호간의 자료 통합과 유기적인 해석은 매우 중요하다. 현재 수리지구화학, 지구물리탐사 및 수리지질 등의 다양한 분야에서 해수침투 연구를 수행하고 있지만, 이들 자료의 공유나 체계적인 관리 분야는 초보적인 수준으로 다양한 자료에 대한 검색과 관리가 어려울 뿐만 아니라, 자료를 통합하여 해석하는데 어려움이 따른다. 따라서 본 연구에서 정밀조사 지역인 전남 영광군 백수읍 일대에서 획득하고 분석한 지표 및 시추공 물리탐사자료와 수리지화학자료를 데이터베이스로 구축하고, ArcView 스크립트어인 Avenue를 이용하여 데이터베이스 관리 및 시추공 3차원 가시화 인터페이스를 개발하였다. 이와 같은 지리정보시스템(GIS; Geographic Information System) 기반의 데이터베이스 구축과 사용자 인터페이스 개발로 다양한 종류의 해수침투 조사자료를 효율적으로 관리하고 통합할 수 있기 때문에 보다 정확하고 종합적인 분석이 가능할 것이다.

**주요어** : 해수침투, 통합적 해석, 지표 및 시추공 물리탐사자료, 수리지화학자료, 데이터베이스, 사용자 인터페이스

**ABSTRACT** : In order to effectively, and accurately assess seawater intrusion in coastal area, multidisciplinary data including geophysical, well logging, and hydrogeochemical data should be managed in systematical way. Such systematical management of data is critical key

\* 한국지질자원연구원 환경재해연구소(zzomhae@empal.com)

\*\* 전남대학교 건설지구환경공학부

to improve the re-usability of the data as well as the accuracy of the assessment by means of providing a method of synthetic analysis.

Therefore, for systematical management of multidisciplinary data in seawater intrusion problem, we have developed a database management system and 3-D visualization interface based on geographic information system in this study. All geophysical survey, well logging, hydrochemical, as well as drilling, data are classified as attribute data using Microsoft Access, and joined with spatial information based on ArcView. The database management system and 3-D visualization interface to handle these data, also, developed using the script language of ArcView. We think the development of database and 3-D visualization system will improve the efficiency of data management, user-friendliness of data access, and accuracy of data analysis.

**Keywords** : seawater intrusion, multidisciplinary data, synthetic analysis, database management system, 3-D visualization interface

## 1. 서 론

국내에서 발생하는 해수침투는 주로 서-남해 연안지역과 제주도 등에서 광범위하게 발생하고 있다. 국내의 해수침투에 대한 연구는 일부 전문기관(한국지질자원연구원, 농업기반공사, 한국수자원공사, 한국원자력연구소 등) 및 국내 각 대학의 지구시스템공학과와 지구시스템과학과, 환경공학과, 토목공학과 등에서 수행된바 있으며, 대부분의 경우 독자적이며, 단편적으로 해수침투에 대한 연구를 수행하였다(이상규 등, 2003). 해수침투는 증발산양에 의한 지하수면의 변화, 조석의 영향, 기후이상으로 인한 해수면 상승 등과 같은 자연적인 요인과 연안지역에서 무분별한 지하수 개발에 따른 지하수위 하강 및 지하수의 고갈 등과 같은 인위적인 요인에 의해 담수지하수계로 염수가 침입하여

발생한다. 따라서 어느 한 분야의 단편적인 연구보다는 수리지구화학, 지구물리탐사 및 지하수 모델링 등 여러 분야의 자료 통합 및 유기적인 연구가 필요하다.

이러한 연구가 이루어지기 위해서는 각기 다른 분야의 자료의 공유가 쉽고 이를 체계적으로 관리해야 한다. 그러나 현재 이들 분야에서 획득하고 분석한 방대한 자료는 한 곳에 저장되거나 보관되지 않고 분산되어 있기 때문에 통합적 분석을 위한 자료 검색에 많은 시간과 인력이 소요되고 있으며, 자료 관리 측면에서 비효율적이다. 이렇게 자료가 체계적으로 관리되지 못하면 정보로서의 이용가치와 효용성이 떨어지고, 해수침투 현상을 보다 정확히 해석하기 위한 다양한 분야의 자료통합이 어렵다. 따라서 조사자료 및 분석자료의 효과적인 활용을 위해서는 데이터베이스 구축과 아울러 활용 시스템의 개발이 필요하다.

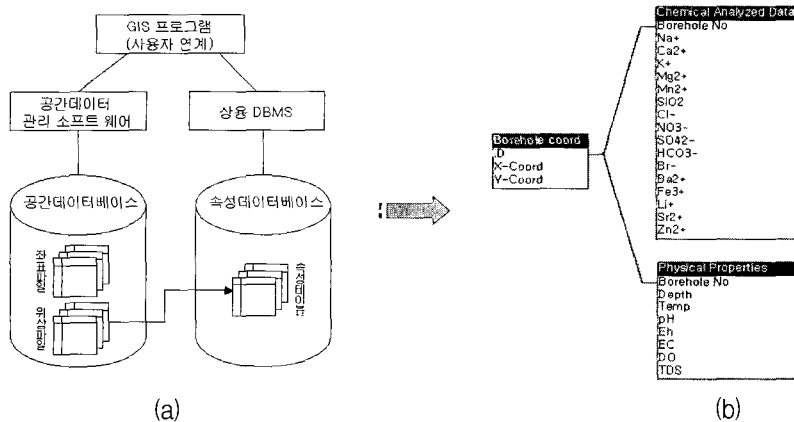
지리정보시스템 (GIS; Geographic Information System)은 다양한 형태의 정보를 통합, 관리 및 표현할 수 있기 때문에 분산된 자료를 이용하는 것보다 폭넓은 범위의 작업을 제공하며, 공간데이터와 속성데이터의 연결로 공간적인 일치성을 부여할 수 있다. 이는 구축된 기존자료에 많은 가치 증대를 가져 올 수 있을 뿐만 아니라, 서로 다른 전문적인 자료들을 수집, 분석, 통합함으로써 고부가가치의 정보를 추출해 낼 수 있다.

따라서 본 연구는 해수침투 평가를 위해 다양한 분야에서 광범위하게 이루어진 조사자료 및 분석자료에 대한 데이터베이스를 구축하고, 이를 체계적으로 관리하기 위한 GIS 기반의 사용자 인터페이스를 개발하는데 그 목적이 있다. 본 연구의 대상지역은 전라남도 영광군 백수읍 일대로(이상규 등, 2003), 본 연구에서는 최근 수년간 이 지역에서 해수침투 평가를 위해 광범위하게 수행된 지표 및 시추공 물리탐사 결과와 관정 및 시추공에서의 수리지화학분석 결과를 공간 데이터베이스

와 속성 데이터베이스로 구축하였다. 또한 GIS 기반의 데이터베이스 관리 인터페이스와 시추공 3차원 가시화 인터페이스를 개발하여 기존 자료를 효과적으로 관리하고 다양한 자료간의 통합 분석이 용이하게 이루어질 수 있도록 하였다.

## 2. 데이터베이스 구축

본 연구의 데이터베이스 모델은 객체-관계형 데이터모델 중 공간데이터베이스와 속성데이터베이스를 각각 독립적인 방식으로 구축하는 혼성데이터 모델을 본 연구의 데이터베이스 모델로 [Fig. 1]과 같이 적용시켰다. 혼성 데이터 모델은 많은 양의 데이터를 갖고 있는 공간데이터를 다룰 때 주로 사용되는 데이터베이스 모델로, 해수침투 연구의 경우 여러 다양한 분야에서 획득된 방대한 자료를 관리해야 하기 때문에 이 모델을 적용하는 것이 적합하다.



[Fig. 1] (a) Hybrid data model, and (b) the application of hybrid data model in this study.

영광지역에서 해수침투 평가 목적으로 수행된 조사는 수리지화학조사와 전기비저항수직탐사 그리고 물리검층이다. 전기비저항수직탐사는 지하 하부지층의 전기적 특성을 반영하는 것으로 총 43개 측정점에서 탐사가 수행됐으며, 지하수의 물리·화학적 특성을 반영하는 수리지화학조사는 68개 시험 시추공 및 지하수관정에서, 시추공에서 심도에 따른 지층의 원위치 물성과 공내수의 물리적 특성을 평가하는 물리검층은 21개의 시험시추공에서 조사가 수행되었다. 따라서 각 조사자료는 공간적인 좌표가 필요하며 전기비저항수직탐사나 물리검층은 심도에 따른 정보가 산출된다.

본 연구에서는 영광지역 수치지형도와 각 조사지점의 좌표를 ArcView Shape (ESRI, 1996) 파일로 변환하여 공간데이터베이스로 구축하였으며, 속성데이터는 각 조사지점에서 수행한 수리지화학, 전기비저항수직탐사 및 물리검층 자료를 Microsoft 사의 Access (Microsoft, 1999)를 이용하여 데이터베이스로 구축하였다. <Table 1>은 속성데이터베이스와 공간데이터베이스를 구분한 것이다.

공간데이터로부터 속성데이터를 검색하고 관리하기 위해서는 공간데이터와 속성데이터간의 연결이 필요하다. 따라서 본 연구에

서는 ODBC (Object DataBase Connectivity)를 통해 Access의 속성 데이터베이스를 ArcView에 불러들이고, 공간데이터와 속성데이터 테이블의 ID (관정 및 시추공 번호, 탐사측점 번호)를 테이블의 식별자 (또는 기본키; Primary Key)로 설정하여 이 키를 통해 공간데이터와 속성데이터를 연결하였다. 데이터베이스는 사용자 입장에서 편리하게 메뉴별 일반검색과 도면상에서의 검색이 가능하도록 구축하였다.

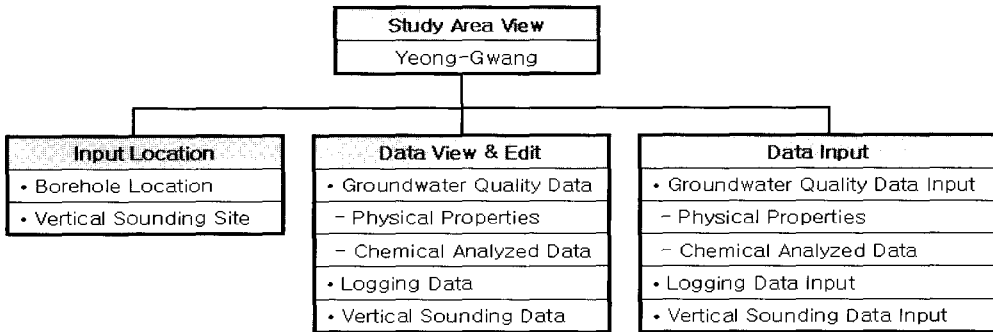
### 3. 해수침투 자료 관리 인터페이스 개발

데이터베이스의 자료를 효율적으로 관리하고, 보다 정확한 해수침투 조사자료의 분석을 위해 본 연구에서는 ArcView의 스크립트 언어인 Avenue (Razavi, 1997)를 이용하여 데이터베이스 관리 인터페이스를 개발하였다. 데이터베이스 관리 인터페이스는 각 조사 위치에서 획득하고 분석된 다양한 자료를 쉽게 확인하고 관리할 수 있도록 구성하였다. [Fig. 2]는 해수침투 자료관리 인터페이스의 구성 메뉴로 자료검색 및 수정기능, 자료입력 기능을 수행할 수 있게 구현하였다.

**Study Area View** 메뉴는 ArcView의 View

<Table 1> Spatial and attribute data in this study.

Spatial Data	Attribute Data
<ul style="list-style-type: none"> <li>· Digital Topological Map(1: 5,000)</li> <li>· Borehole Location</li> <li>· Survey Site</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Groundwater Quality Data(Physical &amp; Chemical Data)</li> <li>· Logging Data</li> <li>· Vertical Sounding Data</li> </ul>

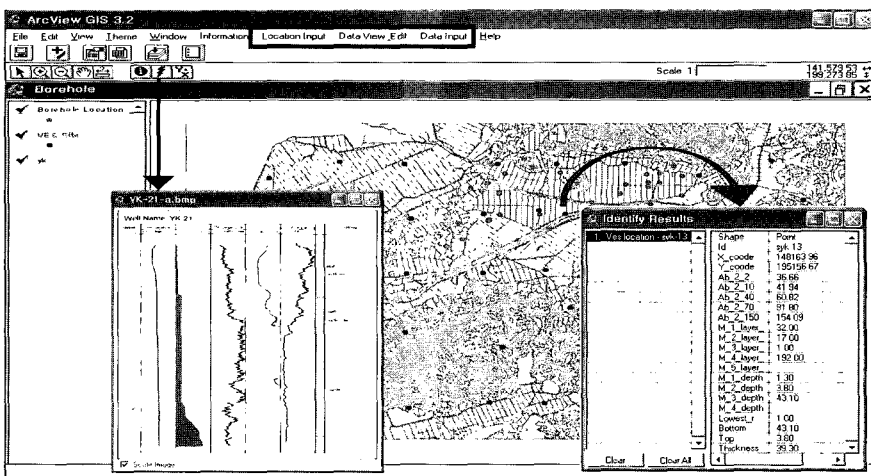


[Fig. 2] Menu of database management interface.

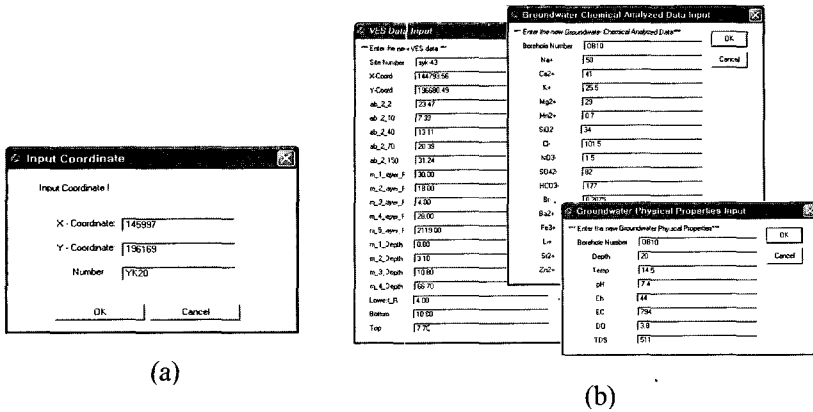
Document에 연구지역 Map (지형도 shape 파일)을 활성화시킬 수 있도록 구현하였다. 또한 다른 해수침투지역에 대한 정보를 추가할 수 있기 때문에 하나의 관리 시스템에서 여러 지역의 자료를 관리할 수 있도록 하였다.

- 자료 검색 및 수정 기능
- Data View & Edit** 메뉴는 수리지화학분

석 결과, 물리검층 자료, 전기비저항수직 탐사 자료를 테이블 형태나 분석결과를 이미지 형태로 보여주고, 테이블 내용을 수정할 수 있는 기능을 수행한다. 수리지화학분석 결과나 물리검층의 경우, 동일한 관정이나 시추공에서 수차례의 조사가 수행되기 때문에 각 측정 시기에 따른 조사 자료를 검색할 수 있도록 하였다([Fig. 3] 참조).



[Fig. 3] Search and modification for attribute of spatial data.



[Fig. 4] Data input form. (a) Spatial data, and (b) attribute data.

- 자료 입력 기능

**Input Location** 메뉴는 시추 및 관정 위치와 수직탐사 측정 등의 위치 데이터 (x, y)를 읽어 들여 메뉴 선택 시 자동으로 기본 map에 위치 데이터를 point shape로 추가할 수 있도록 기능을 구현하였다.

[Fig. 4]는 Data Input 메뉴로 새로 추가되는 자료를 데이터베이스에 입력하기 쉽도록 각 공간 및 속성테이블에 대한 입력폼을 구성하였다. 속성정보의 경우, 전기비저항수직탐사 자료의 데이터 입력 폼과 지하수 물리적 특성 (Depth, Temperature, pH, Eh, EC, DO, TDS)에 대한 측정치 입력폼, 지하수의 주요 양·음이온 (Na<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Mn<sup>2+</sup>, SiO<sub>2</sub>, Cl<sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Br<sup>-</sup>, Ba<sup>2+</sup>, Fe<sup>3+</sup>, Li<sup>+</sup>, Sr<sup>2+</sup>, Zn<sup>2+</sup>)에 대한 측정치 입력폼으로 구성하였다.

#### 4. 시추공 자료의 3차원 시각화

해수침투는 투수성 퇴적층이나 단층과쇄대의 공간적 분포 등 지질학적인 특성

에 의하여 그 정도가 좌우되기 때문에 해수침투 현상에 대한 보다 명확한 해석을 위해서는 지하매질에 대한 공간적인 지질 특성 파악이 중요하다. 따라서 본 연구에서는 지하의 직접적인 정보가 되는 시추공 자료를 대상으로 시추공의 위치, 심도에 따른 지질분포 등의 다양한 정보를 데이터베이스화하고, 이를 3차원적으로 가시화시키는 시추공의 공간적 가시화 (3-D Visualization) 기능을 구현하였다.

이러한 시추공 자료는 지반조사 자료의 일종으로 해당위치에 대한 지반의 성질을 파악하고 그 공간적 분포를 추정하기 위한 자료이다. 즉 공간적 위치를 알 수 없는 지반조사 자료는 지반조사 자료로서의 효용성을 잃은 것이라 할 수 있다. 이러한 이유로 GIS는 지반조사 자료의 분석을 위해 도입할 필요성이 있다(윤수호 등, 2001). 이에 본 연구에서는 GIS를 기반으로 시추공 3차원 가시화를 시도하였다. 이러한 GIS를 이용한 시추공 자료의 3차원 시각화는 외국의 경우 Green 등 (2002)과 Zhou 등 (2003), 국내에서는 김현규 (2001), 윤서연

(2002), 고와라 (2004)에 의해 연구가 수행 되었으며 본 연구에서는 이들의 연구를 바탕으로 연구의 목적에 맞게 수정하였다.

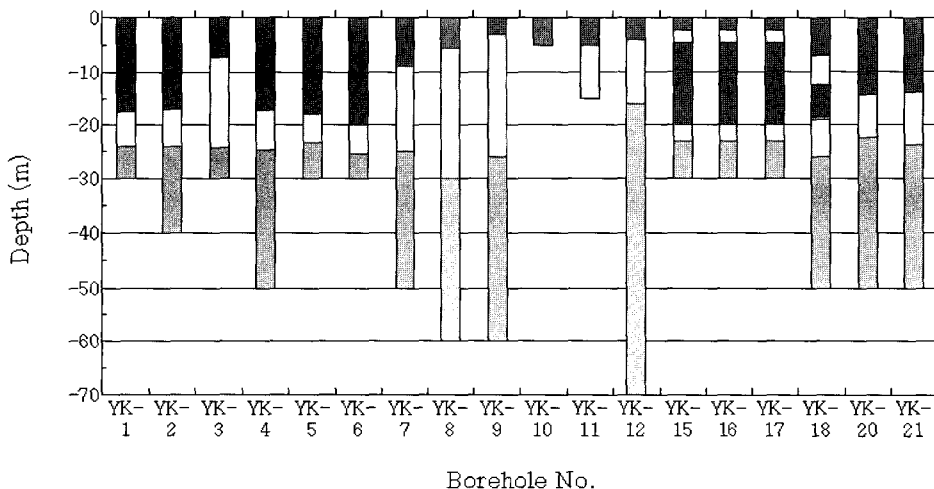
시추공 3차원 가시화를 위해 시추조사가 수행된 시추공 자료를 선택하여 향후 데이터의 입력과 수정이 용이하도록 데이터베이스를 구축하였다. 데이터베이스로 구축된 자료는 ArcView에서 읽어 들여 Avenue (Razavi, 1997)를 이용하여 3차원 가시화 작업을 수행하였다. 이러한 과정을 통해 지하공간의 지질적인 특성을 용이하게 파악하고 동시에 지형정보와의 통합을 통해 연구지역의 지하정보를 보다 사실적으로 묘사하고자 하였다.

#### 4.1. 자료의 입력 및 데이터베이스 구축

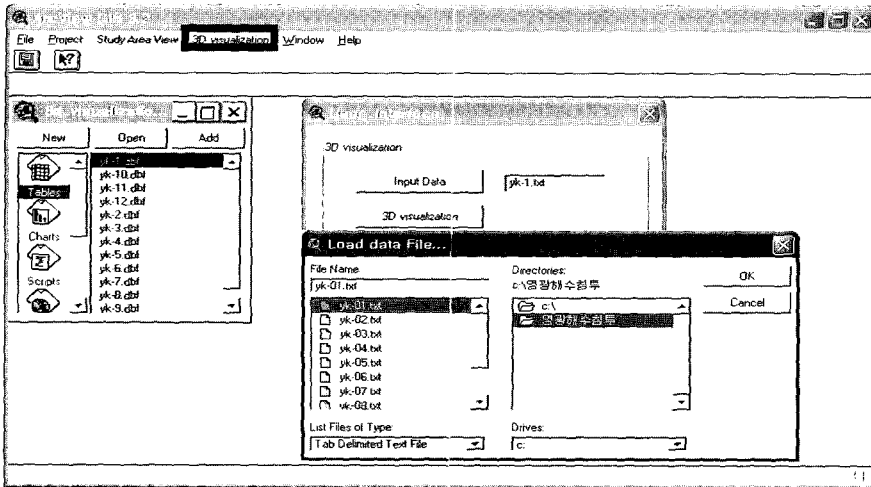
한국지질자원연구원에서는 연구지역의 지질파악과 각종 수리시험, 장기모니터링 및 물리검층을 수행하기 위하여 “해수침투 평가, 예측 및 방지기술 개발” 연구

(이상규 등, 2003)를 목적으로 총 21개의 시험시추공을 굴착하였고, [Fig. 5]는 이에 대한 시추 주상도이다.

시추공 자료에 대한 데이터베이스는 헤더정보와 코아정보로 나누어 구축하였다. 헤더정보에는 시추공 번호와 TM 좌표 시추공의 기본적인 정보를 입력하였고, 코아 정보에는 지층정보를 입력하였다. 시각화되어진 시추공과 데이터베이스를 연결시키기 위하여 시추주상도의 정보를 텍스트 파일로 입력하였다. 이 텍스트 파일을 ArcView에서 읽어 들여 데이터베이스 테이블 (dBASE format; \*.dbf)로 변환하고 저장될 수 있도록 하였다(김현규, 2001). 이 때 데이터베이스 테이블의 각 레코드는 시추공의 한 지층 구간을 나타내는 shape (ESRI, 1996) 파일에 연결되어 있어야 한다. 본 연구에서는 작업의 효율을 높이기 위해 Avenue를 이용하여 시추공 shape를 생성하는 과정과 동시에 각 지층 구간의 3차원으로 시각화되어진 시추공과



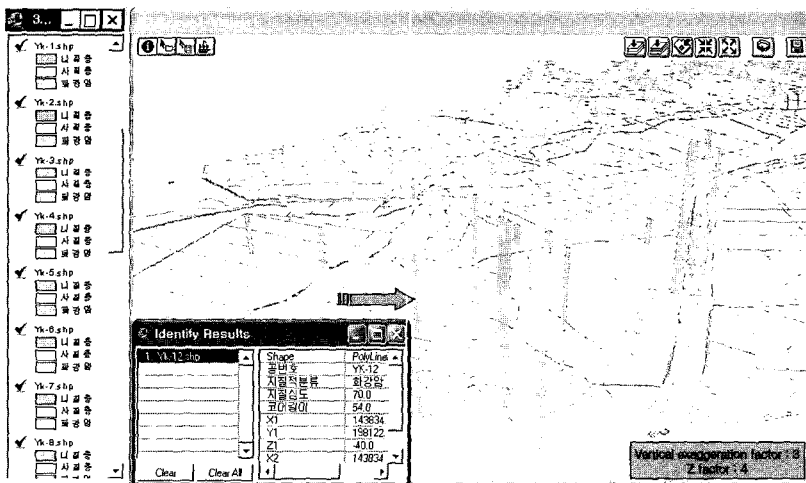
[Fig. 5] Drilling results in study area.



[Fig. 6] User interface for 3-D visualization.

속성좌표가 계산되도록 하였다. 각 지층 구간의 좌표를 계산하기 위한 정보는 속성에 포함되어 있다. 3차원 가시화를 위해 구성한 사용자 인터페이스는 Fig. 6에서 보는 바와 같이 자료입력 (Data Input) 버튼과 3차원 가시화 (3-D Visualization) 버튼으로 구성되어 있다. 자료입력 버튼

에는 3차원으로 가시화시킬 시추공 텍스트 파일을 불러들여 스크립트를 등록하였고, 3차원 가시화 버튼에는 불러들인 텍스트 파일에서 정보를 읽어 들여 시추공을 ArcView 3D Viewer에 3차원으로 가시화시키는 스크립트를 등록하였다. 3차원 가시화된 시추공 정보는 [Fig. 7]과 같이



[Fig. 7] 3-D visualization of boreholes with core log in study area.



'identify' 기능을 통해 확인할 수 있다.

## 5. 결 론

본 연구에서는 전라남도 영광군 백수읍 일대에서 해수침투 평가 목적으로 수행한 지표 및 시추공 물리탐사와 수리지화학분석 자료에 대하여 공간 데이터베이스와 속성 데이터베이스를 구축하고, 이를 효율적으로 관리하고자 ArcView의 스크립트 어인 Avenue를 이용하여 GIS 기반의 사용자 인터페이스를 구축하였다.

이와 같은 조사 자료의 데이터베이스 및 인터페이스 구축으로 기존 자료의 검색, 저장 및 관리가 용이해질 뿐만 아니라 앞으로 획득될 자료에 대한 관리도 효율적으로 운용 될 것으로 판단된다. 또한 자료의 사장과 중복투자를 막을 수 있어 연구 자료의 활용을 극대화 할 수 있다. 뿐만 아니라 다양한 형태로 취득되는 자료를 체계적으로 데이터베이스화하여 속성정보와 연결함으로써 문자 및 수치에 의한 자체적 분석이 가능하게 되고 그 결과를 시각적으로 표시할 수 있어 해수침투를 종합적으로 분석하는데 용이할 것으로 사료된다. 그리고 GIS를 기반으로 한 시추공 자료의 3차원 가시화는 지표 및 다양한 지하 정보자료의 분석과 해석에 유용하게 이용될 것으로 판단된다.

## 참고문헌

- 고와라, 2004, 3차원 GIS를 이용한 지반 침하 연구, 전남대학교, 석사학위논문.
- 김현규, 이두성, 2001, ArcView를 이용한 지하 정보 및 시각화 시스템 구축 사례 연구, 물리탐사, 4, 101-109.
- 윤서연, 2002, 지구과학적 데이터에 대한 3차원 GIS와 분석함수, 서울대학교, 석사학위논문.
- 이상규, 김세준, 김용욱, 김인기, 김통권, 김현태, 박인화, 신재현, 신현모, 이명중, 이원석, 이태섭, 지세정, 진재화, 허대기, 황세호, 황인걸, 황학수, 윤성택, 장호완, 2003, 해수침투 평가, 예측 및 방지기술개발, 한국지질자원연구원, 00-J-ND-01-B-14.
- 윤수호, 홍성완, 우제윤, 구호분, 이승용, 강동영, 송정규, 2001, 건설분야 첨단지반조사 기술 개발 및 지반 조사자료 구축-구조물의 안정성과 경제성을 높이기 위한 최첨단 특수 지반조사 기술개발 및 D/B 구축(2권) 보고서, 과학기술부, N-NE-18-A-01.
- 이희연, 2003, GIS:지리정보학, 법문사, 241-280.
- ESRI, 1996, Using ArcView GIS, ESRI, Inc.
- Green, A. J., Marken, J. W., Alexander, C. E., and Alexander C. S., 2002, Karst unit mapping using geographic information system technology, Mower Country, Minnesota, USA, Environmental Geology, 42, 457-461.
- Microsoft, 1999, Microsoft Office 2000 Premium, Microsoft Corporation.
- Razavi, A. H., 1997, ArcView GIS/ Avenue Developer's Guide, OnWord Press.
- Zhou, G., Esaki, T., and Mori, J., 2003, GIS-based spatial and temporal prediction system development or regional land subsidence hazard mitigation, Environmental Geology, 43, 665-678.