

지반침하지역 시추자료와 토모그래피 자료의 비교를 위한 3차원 가시화 프로그램 개발

안조범¹⁾ · 윤왕중²⁾

Development of 3D Visualization Program for Comparison of Core Log Data and Tomography Data in Subsidence Area

Jo-Beom Ahn¹⁾ and Wang-Jung Yoon²⁾

요 약 : 본 연구에서는 주거지에서 발생한 지반침하의 원인규명과 대책수립을 위해 다양하게 획득된 지반조사 자료 중 지구물리탐사 자료와 지질자료를 조사자 등 사용자가 쉽게 비교할 수 있도록 보조하는 3차원 가시화 프로그램을 개발하였다. 프로그램은 사용자의 편의성을 고려해 Windows 운영체제에서 OpenGL을 사용하여 Visual C++로 개발하였다. 본 연구에서 개발된 프로그램은 사용자에게 필요한 기능 위주로 개발되었기 때문에 편리하고 소용량이며 GIS나 CAD 등을 모르는 사용자도 쉽게 사용할 수 있는 장점이 있다. 개발된 프로그램을 통해 지반침하지역 지반조사 자료 중 시추자료와 전기비저항 토모그래피 자료를 3차원으로 가시화 시켜 현장 적용성을 살펴보았으며, 그 결과 사용자에게 지하구조 파악을 위한 두 자료의 상호비교가 용이해져 지하구조 해석에 도움을 줄 수 있었다.

주요어 : 3차원 가시화 프로그램, 시추자료, 토모그래피

Abstract : In this study, we have developed a 3-D visualization program that is helpful in the interpretation or comparisons of geologic and geophysical data, which have been acquired to understand the cause of ground subsidence in the residential area and to establish reinforcement strategy. The visualization program was developed under the Windows operating system for convenient use and easy understanding. It uses Visual C++ for the Graphic User Interface and the OpenGL for graphic handling. Since this program is user-friendly, even users who do not have the basic idea about GIS or CAD can get very useful information with this program. The applicability of the program has been verified by visualizing the real core log and resistivity tomography images obtained from the ground subsidence area. These results have shown that the program is very useful for comparisons of these two data for the interpretation of subsurface structures.

Keywords : 3-D visualization program, Core Log Data, Tomography

서 론

지반조사를 수행하는 가장 큰 목적은 지하구조의 정확한 파악이다. 지하구조를 파악하기 위한 방법으로는 지질조사, 지구물리탐사, 압반공학조사, 토질시험 및 지하수조사 등이 있다.

지하구조를 정확하게 파악하기 위해서는 위에 열거한 방법별 세부 조사가 수행되기 때문에 조사 방법은 다양해지며 조사자료의 양도 많아지게 된다. 조사자가 모든 조사자료를 바탕으로 지하구조를 해석하는 데는 많은 시간과 경비가 소요된다. 각 자료들의 보다 효율적이며 쉬운 비교를 위해 그래픽 에디터를 통하여 여러 단계의 조작을 거쳐 2차원 또는 3차원으로 자료를 재구성한다.

본 연구에서는 조사자가 자료를 쉽고 효율적으로 해석하여 지하구조를 파악하는데 도움을 줄 목적으로 시추자료와 지구물리탐사 자료를 동시에 3차원으로 가시화하는 프로그램을 개발하였다.

프로그램 작성에는 Visual C++를 사용하여 Windows 운영체제에서 GUI 환경을 구현하였으며, 조사자료의 가시화를 위한 그래픽 처리를 위해 OpenGL을 사용하였다. 이 프로그램을 사용하면 각 자료의 상호 비교 검토가 쉽게 이루어지기 때문에 지하구조 해석의 신뢰도를 한층 높여줄 수 있을 것으로 사료된다.

본 연구에서는 전남지역에서 발생한 인구밀집지역 지반침하의 원인 규명을 위해 실시된 지반조사(무안군, 2001) 자료 중

*2003년 11월 14일 접수

1) 농업기반공사 환경지질사업처

2) 전남대학교 건설지구환경공학부

시추자료와 전기비저항 토모그래피 자료(무안군, 2001; Kim et al., 2003)를 개발된 프로그램으로 3차원 가시화시켜 그 적용성을 알아보고자 하였다.

OpenGL을 이용한 시추자료의 3차원 가시화

시추자료를 3차원으로 가시화한 사례는 우리나라의 경우 GIS를 이용하거나(김현규, 이두성, 2001; 윤서연, 박형동, 2001), CAD(장은주 외, 2002) 및 Unix 기반에서 개발된 프로그램(이수곤 외, 1999)등 시추자료에 대한 많은 가시화가 진행되어왔다. 그러나 GIS, CAD 등의 사용은 프로그램 개발이 용이하고 정보의 사용이 편리한 반면, 3차원 자료를 실시간으로 처리하는 데 수행속도나 사용자 편의성 측면에서 부족함이 있기 때문에 지반조사 자료에 대한 가시화를 위해 OpenGL을 사용하는 연구들이 진행되고 있다(김현규, 이두성, 2002; 안조범, 2003). 일반 사용자의 경우 GIS 등의 프로그램 사용이 익숙하지 않기 때문에 본 연구에서는 조사자 등 사용자가 지하 구조를 쉽게 이해할 수 있고, 사용자가 편하게 사용할 수 있도록 OpenGL(Addson-Wesley Publishing Company, 1992, 1996)을 사용하여 시추자료를 3차원으로 가시화시켜 지하구조를 이해하는데 도움이 되도록 하였다.

본 연구에서는 지반침하지역 현장 시추자료를 사용하기 위해 국립지리원에서 제작한 수치지도를 기준으로 하였으며, 수치지도의 좌표계는 TM도법을 적용하였다(국립지리원, 1998).

본 연구 대상지역의 시추조사는 지반침하 발생지역에 대해 50~100 m 내외의 심도로 수행되었으며, NX 구경($\phi 76$ mm)을 사용한 회전식 유압 시추기가 사용되었다(무안군, 2001).

먼저 시추공의 위치 파악을 쉽게 할 수 있도록 Fig. 1과 같이 평면도로 나타내었으며, 시추공의 위치와 깊이 등의 상황을 3차원으로 Fig. 2에 도시하였다.

본 연구에서 사용된 좌표계는 시추위치도와 같이 직각좌표계이다. OpenGL에서 사용하는 좌표계는 실제 사용되는 좌표계와 차이가 있어 본 프로그램을 개발할 때 이를 고려하여 실

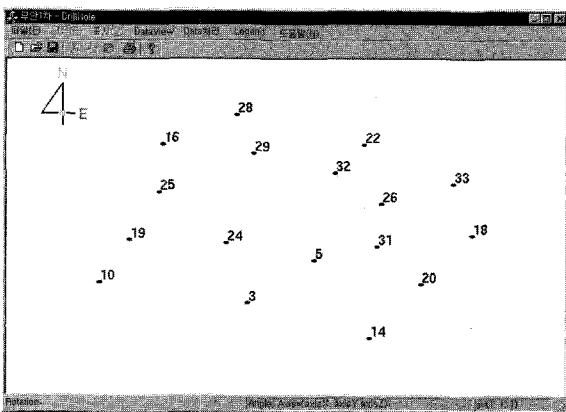


Fig. 1. Plan-view of borehole sites.

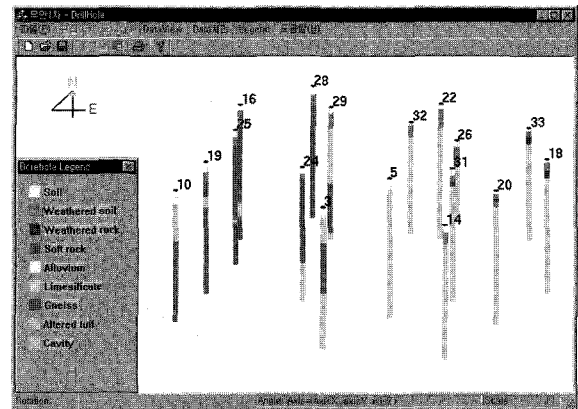


Fig. 2. 3D view of borehole locations and core log data.

제 직각좌표계와 같도록 보정하였다.

Fig. 2는 지질을 고려한 시추자료의 3차원 측면도를 도시한 것으로 붉은색은 화강암, 하늘색은 석회규산염암, 녹색계열은 변질용회암류 그리고 분홍색은 공동을 나타내도록 하였다.

Fig. 2에서 살펴보면 그림 중앙부를 중심으로 왼편(서쪽)에는 화강암이, 오른편(동쪽)에는 석회규산염암이 기반암으로 발달하고 있다. 시추공 31번 근처에서 24 m 깊이의 지반함몰사고가 발생하였는데, 주요한 원인은 석회규산염암 내에 발달하는 천연공동 및 지하수의 과다한 사용에 의한 것으로 조사되었다(무안군, 2001; Kim et al., 2003). 그림에서 분홍색으로 표시되는 공동은 하늘색으로 표시된 석회규산염에만 존재하는 것을 쉽게 파악할 수 있다.

시추자료와 전기비저항 토모그래피 자료의 3차원 가시화

시추조사는 지하에 대한 직접적인 정보를 제공하는 장점이 있지만 한정된 지점과 건물 등 주변요소 등에 많은 제약을 받기 때문에 지표 및 시추공을 중심으로 지구물리탐사 등을 비롯한 다른 조사들이 수행되고 있다.

본 연구대상지역은 주거지를 대상으로 하기 때문에 차량이나 주택 소음 등 인위적인 잡음이 상존하고, 지하수위가 지표하부에서 근접하여 발달하고 있는 점 등 많은 제약 조건 등이 있어 지표에서 조사를 수행하는 데 한계가 있기 때문에 개발된 시추공을 이용한 많은 조사가 수행되었다(무안군, 2001). 시추자료는 지하에 대한 직접적인 정보를 제공해주지 못하기 때문에 이를 보완하기 위하여 본 연구에서는 조사 자료 중에서 전기비저항 토모그래피 자료를 사용하고자 한다(Kim et al., 2003).

많은 조사자료를 비교 검토할 때는 그래픽 에디터를 통해 여러 가지 조작을 거치기 때문에 번거롭고, 시간과 비용이 많이 소요된다. 이러한 점을 감안하여 본 연구 개발한 프로그램

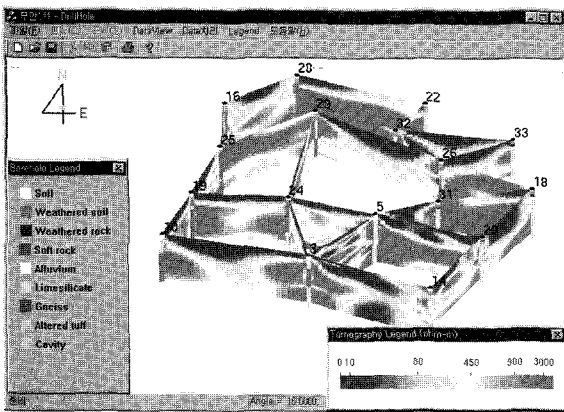


Fig. 3. 3D visualization of borehole data and tomography section.

으로 시추자료와 전기비저항 토모그래피 자료를 동시에 3차원으로 가시화하여 그 결과를 Fig. 3에 도시하였다. 각 시추공에서의 지질변화는 그림의 왼쪽 하단 범례를 참조하여 살펴볼 수 있으며, 전기비저항 토모그래피 자료는 오른쪽 하단에 나타난 전기비저항 범례에 보인 색상표를 이용하여 표시된다.

5번, 20번 및 31번 시추공 사이에서 24 m 깊이의 지반침하가 발생하였는데, 도로 및 건물 등 주변여건을 고려하여 전기비저항 토모그래피 자료 중 5번과 31번 시추공 사이의 전기비저항 토모그래피 단면을 살펴보면, 산출된 전기비저항 값은 수 ohm-m 정도의 낮은 비저항 분포를 보이고 있음을 쉽게 알아볼 수 있다.

연구대상지역의 지반침하는 많은 원인 중에서 석회규산염암에 발달한 천연공동과 그 공동을 채우고 있는 지하수를 과도하게 사용한 것이 주된 원인으로 파악되고 있기 때문에(무안군, 2001) 화강암이 기반암으로 발달하고 있는 화면의 왼편(서쪽)지역은 지반침하 발생 가능성이 적은 반면 석회규산염암이 기반암으로 발달하고 있는 화면의 오른편(동쪽)지역은 지반침하 발생 가능성이 상당히 높은 것으로 분석된다.

석회규산염암이 기반암을 이루는 지역 중에서 전기비저항 토모그래피 수행 결과 수 ohm-m의 낮은 전기비저항 분포를

보이는 18번~20번 시추공 사이에 대하여 확인 시추가 수행되었다. 확인 시추결과 1~2 m의 규모를 가진 공동이 확인되었으며, 주변과 하부에 수 cm의 소규모 공동 및 심한 파쇄가 진행되어 있고, 그 틈을 지하수가 채우고 있음에 따라 전기비저항 토모그래피 영상에 저비저항 분포를 보이는 것으로 해석된다(안조범, 2003). 본 연구에서 개발한 프로그램으로 18-20번 시추공 사이에서 수행된 전기비저항 토모그래피 자료, 18번 20번 시추공의 시추자료를 동시에 가시화하여 Fig. 4에 도시하였다.

18번과 20번 시추공은 석회규산염암을 나타내고 있고 그 사이에 전기비저항 토모그래피는 수 ohm-m의 전기비저항 분포를 보이고 있다. 위에서도 언급했듯이 본 연구대상 지역에서의 지반침하는 석회규산염암에 발달한 파쇄대 및 공동에 지하수의 유동이 주된 원인이므로, 낮은 전기비저항 분포를 보이는 지점에 대한 확인시추 등 정밀조사가 필요하다는 것을 쉽게 파악할 수 있다.

결론

본 연구 대상지역은 인구밀집지역에서의 지반침하로 인하여 막대한 재산피해를 입었으며, 물질적 피해뿐만 아니라 지반침하가 주거지에서 발생하였다는 점에서 인명 피해 등 대형사고가 발생할 수 있었다. 차후 재발 방지를 위해서 원인규명 및 보강이 필수적인데, 이를 위해 각종 지반조사가 수행되었고, 많은 결과 자료의 통합 해석이 필요하게 되었으며, 컴퓨터의 발달에 따라 지하구조의 가시화에 대한 필요성이 제기되었다.

본 연구에서는 이러한 요구에 의해 지하구조를 쉽게 파악할 수 있도록 많은 조사자료의 가시화에 선행하여 시추자료와 전기비저항 토모그래피 자료를 3차원으로 가시화하는 프로그램을 개발하였으며, 지반침하 현장자료를 개발된 프로그램에 적용하여 3차원으로 가시화시켜 보았다.

시추자료와 전기비저항 토모그래피 자료를 동시에 비교할 수 있는 프로그램의 개발로 시추자료의 가시화를 통해서 지하 지질구조를 쉽게 파악할 수 있고, 전기비저항 토모그래피 자료의 가시화를 통해서 시추되지 않은 곳에서의 지반 상태를 추정하기 쉬워지기 때문에 지하에 대한 이해가 쉽게 이루어지도록 두 자료를 동시에 가시화시켰으며, 그래픽 에디터 등을 사용하여 여러 단계의 작업을 거치지 않으므로 간편하고 빠르게 조사자료를 가시화 할 수 있고, 두 조사자료의 상호 비교 검토가 용이해지므로 지하구조 해석에 도움을 줄 수 있을 것으로 사료된다.

사사

자료를 제공해 주신 농업기반공사 전라남도본부와 한국지질자원연구원 지반안전연구부 지반탐사실에 감사드립니다.

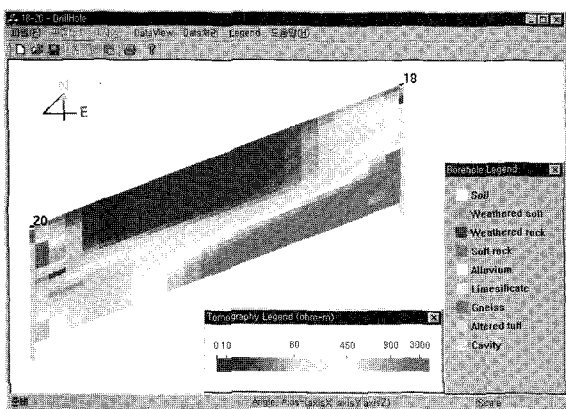


Fig. 4. Resistivity tomography section (BH-18-BH-20).

참고문헌

- 국립지리원, 1998, 수치지도 좌표계에 관한 연구.
- 김현규, 이두성, 2001, ArcView를 이용한 지하정보 및 시각화 시스템 구축사례 연구: 물리탐사, **4**, 101-109.
- 김현규, 이두성, 2002, OpenGL을 이용한 3차원 탄성과 자료 시각화 연구: 한국자원공학회 2002년 학술발표논문집, 135-137.
- 무안군, 2001, 성남주거지 기반침하지구 정밀안전진단조사 보고서.
- 안조범, 2003, 기반침하지역 기반조사 자료의 통합 해석을 위한 전문가시스템 개발, 박사학위논문, 전남대학교.
- 윤서연, 박형동, 2001, 시추데이터와 불연속면 데이터를 이용한 기반공간 3차원 GIS: 한국GIS학회지, **9**, 465-475.
- 이수근, 이인근, 이창노, 유중수, 1999, 서울의 기반정보 관리시스템 연구: 대한토목학회 1999년 학술발표회 논문집, 57-60.
- 장은주, 박형동, 전효택, 2002, 기반 데이터를 대상으로 한 3차원 가시화 및 공간분석기법 개발에 관한 연구: 한국자원공학회 2002년 학술발표논문집, 83-89.
- Addson-Wesley Publishing Company, 1992, OpenGL reference manual, *The official reference document for OpenGL*, Release 1.
- Addson-Wesley Publishing Company, 1996, OpenGL programming guide, *The official guide to learning OpenGL*, Release 1.
- Kim, J., Yi, M., Hwang, S., Song, Y., Cho, S. and Lee, S., 2003, Application of integrated geophysical methods to investigate the cause of ground subsidence of the highly civilized area: *International Symposium on the Fusion Technology of Geosystem Engineering, Rock Engineering and Geophysical Exploration*, 410-415.