

3D 가시화를 이용한 지반침하지역의 시추자료와 토모그래피 자료의 비교 Comparison of the borehole and tomography data in subsidence area using 3D visualization

안조범¹⁾, Jo-Beom Ahn, 윤왕중²⁾, Wang-Jung Yoon, 김진회³⁾, Jin-Hoi Kim

- ¹⁾ 전남대학교 자원공학과 박사과정, Ph.D. Candidate, Dept. of Mineral and Energy Resources Engineering, Chonnam Nat'l University
²⁾ 전남대학교 건설지구환경공학부 교수, Professor, Dept. of Civil. Earth & Environmental Engineering, Chonnam Nat'l University
³⁾ 농업기반공사 전라남도본부 지하수부, Dept. of Groundwater, Chonnam Provincial Office, KARICO

SYNOPSIS : The understanding of underground geologic structures is of great importance for the surface and subsurface constructions, prevention of natural hazards such as land-slides and subsidence, and many other areas. To get the information on the geologic conditions, many of investigations such as geologic survey, geophysical explorations, testings on the physical properties of rocks, drilling tests and logging, and groundwater surveys are usually conducted, and tremendous data are collected accordingly. In general, however, these huge amount of data are interpreted in the individual areas only. If these data are analyzed collectively, much more information on the geologic conditions can be obtained.

In this study, 3D visualization of borehole logging data is attempted. Borehole logging data are obtained at the urban subsidence area. To compare the 3D logging data with other geologic and geophysical data such as resistivity tomography data, interface module was developed. The 3D visualization of logging data and the comparison with other data can be helpful for the understanding of underground geologic structures.

Key words : 3D Visualization, Borehole data, Resistivity tomography data, Subsidence

1. 서 론

우리나라의 경우 1987년 석탄합리화조치 이후 수많은 폐광이 발생하여 침하현상이 지속적으로 발생해 오고 있으며, 도로와 터널 등의 건설에 따른 침하도 계속하여 발생하고 있다. 그 대표적인 예로, 1993년 부산 구포지역의 터널 건설현장에서 발생한 철도사고로 인해 재산적인 피해 외에도 수많은 인명피해가 발생하였다.

건설현장이나 자연재해 특히 지반침하 원인 규명을 위하여 지질 및 지반조사를 수행하는 경우에는 지하구조를 정확하게 파악하려고 하는데 목적이 있다. 지하구조를 파악하기 위한 방법으로, 지구물리탐사, 지질조사, 암반공학조사, 토질시험, 지하수조사 등이 수행되어져 왔다. 지질 및 지반조사의 경우에는 각 분야별 전문성이 매우 높기 때문에 현장 조사자가 각 자료에 대해 모두 파악하기는 대단히 힘들다. 그리고 자료의 상호간 연계도 드물게 이루어져왔다. 따라서 조사 후 획득된 현장자료가 매우 많음에도

불구하고 현재까지는 조사자의 경험적 지식에 의하여 자료가 제한적으로 사용되어져 왔다.

현재 지질 및 지반조사의 수준이 매우 높아져 있다. 지표 및 지하에서 획득한 자료를 효율적으로 사용하기 위해 데이터베이스화하는 연구가 진행되고 있다.(서울특별시, 1997; 이수곤 외, 1999; 함형생, 2000).

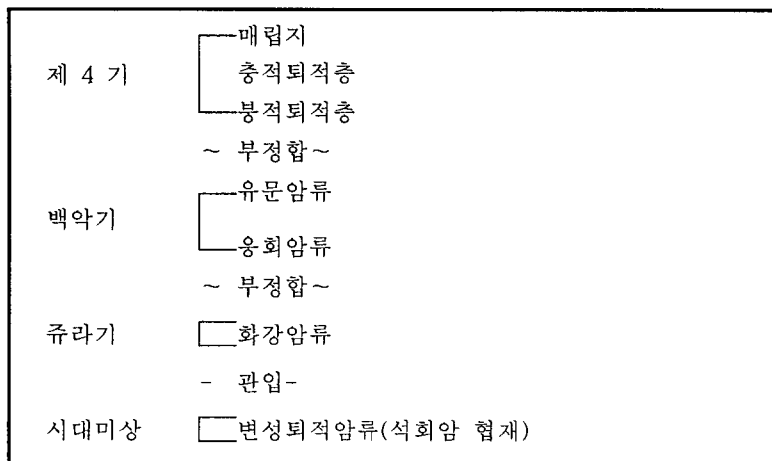
본 연구에서는 전남지역에서 발생한 우리나라 최초의 인구밀집지역 지반침하에 대한 원인 규명을 위해 실시한 지질 및 지반조사 자료 중 시추자료와 전기비저항 토모그래피 자료를 상호 연계하여 비교하여 지하구조에 대한 이해를 증진시키고, 향후 각종 조사 자료와의 병합에 대비한 기초적인 인터페이스를 구축하여 보았다.

2 본 론

2.1 연구대상지역의 지표지질

본 연구 대상지역을 포함하는 무안도폭 지역은 중생대 지각의 진화과정에 커다란 영향을 끼친 전주전 단대와 광주단층이 북북동-남남서 방향으로 발달하고 있으며 이 지역의 지질은 대상(帶狀)으로 분포하는 시대미상의 변성퇴적암류, 이를 관입한 쥬라기의 화강암류, 백악기의 화산암류, 그리고 제 4기층으로 구성된다.(한국자원연구소, 2000) 표 1은 연구대상지역의 지질계통도이다.

표 1. 지질계통도 (무안군, 2001)



본 연구대상지역의 기반암 분포도를 살펴보면 그림 1과 같이 크게 세부분으로 나뉘어진다.

2.2 현장 시추자료와 전기비저항 토모그래피 자료 개요

본 연구대상지역에 대하여 대략 0.36km² 면적에 대하여 37공의 시추가 수행되었으며, 시추조사 외에도 지표 지질조사와 지구물리탐사, 암반공학 조사 등이 수행되었으며, 지하구조의 연장성을 위해서 연구대

표 2. 사용된 시추공 목록

사용된 시추공 목록 (BH - 생략)							비고
3	5	10	14	16	18	19	총 17공
20	22	24	25	26	28	29	
31	32	33					



그림 1. 대상지역의 기반암 분포도(무안군, 2001)

상 외곽지역에 대해서도 방대한 양의 지표 지질 및 지반조사가 수행되었다. 그 중 본 연구에서는 시추공 자료와 전기비저항 토모그래피 자료를 사용하여 자료 병합처리를 시도하였으며, 총 37공의 시추공 가운데 17개의 시추공 자료를 추출하여 사용하였다<표 2>.

사용하고자 하는 시추자료는 지하구조를 확인할 수 있도록 회전식(Rotary) 시추가 수행되었다. 시추조사에 의해 획득된 총 37공의 위치도를 그림 2에 도시하였다. 화면의 위쪽이 북쪽을 가리키며, 각 시추공의 좌표는 측량을 통하여 TM 좌표를 획득하여 입력하였다.

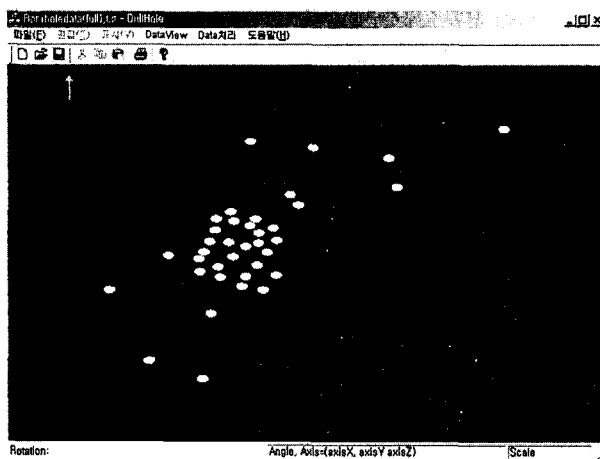


그림 2. 시추공 위치도

그림 3과 그림 4는 총 37공의 시추주상도 중 지하구조를 잘 나타낼 수 있도록 추출한 17공의 시추자료에 대하여 지층을 공학적 분류와 지질적 분류로 도시한 것이다. 본 연구대상지역은 기반침하는 석회규산염암층에 발달한 천연공동에 의한 것으로 지하의 지질적 분류에 의해 침하대상지역 초기예측이 가능해질 것으로 사료된다. 따라서 기반침하지역에서는 지층의 공학적 분류와 더불어 지질적 분류에 의한 해석이 필수적임을 알 수 있다.

시추자료의 3차원 가시화를 통한 지하구조 파악은 한 지점에 대한 값을 나타내는 것이므로 시추공과 시추공 사이의 지하구조 파악은 지구물리탐사를 실시하여 층간 물성 분포를 알아내 유추 해석하는 방법이 사용된다. 그러나 본 대상지역은 인구밀집지역인 주거지 지역에 위치한 관계로 조사를 방해하는 노이즈 발생원이 많은 관계로 지구물리탐사를 수행하는데 많은 제약이 따른다. 따라서 본 연구에서는 노이즈를 최대한 극복하고 지하의 특성을 잘 나타내고 있는 한국지질자원연구원에서 수행한 전기비저항 토모그래피 자료를 사용하고자 한다.

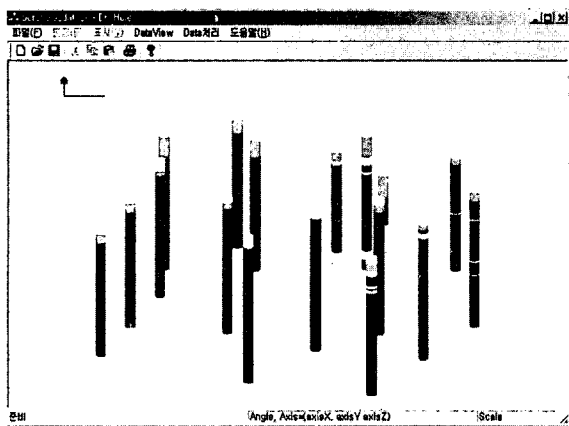


그림 3. 측면도(공학적 분류)

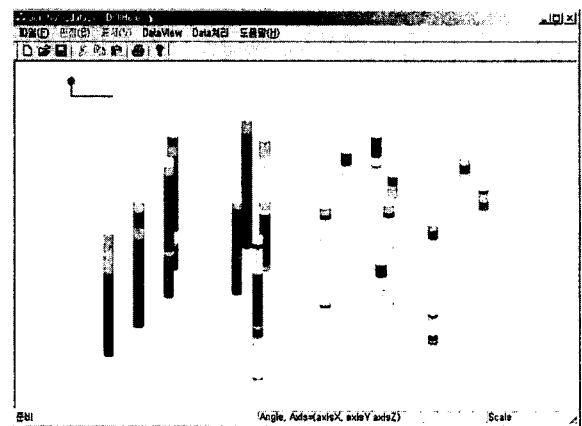


그림 4. 측면도(지질적 분류)

2.3 기반침하지역 시추자료와 토모자료의 병합에 의한 3차원 가시화

지하를 3차원 가시화 해주는 프로그램들은 외국의 경우 시추자료와 3차원 탄성과 탐사 자료를 이용하여 가상현실 시스템을 개발한 사례까지 진행되어 있으며, 우리나라에서는 GIS를 이용한 시추자료 등의 3차원 가시화 사례가 발표되고 있으며(김현규, 이두성, 2001), Geo-Seoul, GOCAD, GeoGen, DIPRO 등의 S/W로 각 조사자료의 3차원 가시화가 진행되고 있는 실정이다.

본 연구에서는 지하의 3차원 가시화를 위해서 Intel pentium-IV processor 기반에서 Visual C++ 6.0을 사용하여 가시화 프로그램을 개발하였으며, 그래픽 처리를 위하여 OpenGL을 사용하였다. 시추자료와 전기비저항 토모그래피 자료를 병합하는 알고리즘을 표 3에 나타내었다. 표 3에 의하여 시추자료와 전기비저항 토모그래피 자료를 병합하여 그림 5에 도시하였다.

본 연구대상 지역의 기반침하는 석회규산염암 층에 자연적으로 발생한 천연공동이 구조적 원인을 제공한 것으로 조사되었으며, 실제 토모그래피 탐사 결과 석회규산염암층에 나타나는 저비저항 지역을 확인 시추하여 미지의 공동을 확인하였다. 따라서 시추자료와 토모그래피 자료 병합은 조사자 및 사용자의 지하에 대한 이해를 높이는 데 중요한 역할을 할 것으로 기대된다.

3 결론

우리나라 최초로 발생한 인구밀집지역에서의 기반침하로 인하여 막대한 재산피해를 입었으며, 물질적 피해 뿐만 아니라 기반침하가 주거지에서 발생하였다는 점에서 인명 피해 등 대형사고가 발생할 수 있

표 3. 시추공과 토모그래피 자료 병합 알고리즘

```

// Part of the borehole data
for all_borehole_data_set
{
    calculate borehole_TM_cordinate and screen_size(sx, sy, sz)
    move location(sx, sy, sz) from active borehole to display screen
    draw borehole_location, color = yellow
    save initial_depth = borehole_location

    for borehoe_depth_data_set
    {
        calculate each_layer_depth_size
        ( distribution scale = existence_layer_depth - front_layer_depth )
        calculate screen_depth_size // existence_distribution_scale
        search color_l // appropriate existence_layer
        draw circle[z] // size = appropriate existence_layer
        move next layer
    }
}

// Part of the tomography data
for all_tomography_data_set
{
    calculate two_borehole_number using existence_borehole
    search two_borehole_data at borehole_data_set
    using two_borehole_number
    calculate nRowSize using nSect and nTotal_size of tomography_data

    /* nRowSize = row number, */
    /* nTotal_size = total size of the tomography data */

    save initial_borehole_location
    mapping 3D_location // consider screen size
    save initial_screen_location = 3D_location [ pp0(sx0, sy0, sz0) ]
    calculate tomography_cell(dx, dy, dz)

    [
    initail location(1)          next location(2)          next location(3)
    sx0, sy0, sz0              sx0+dx, sy0+dy, sz0          sx0+dx+dx, sy0+dy+dy, sz0
    sx0, sy0, sz0+dz          sx0+dx, sy0+dy, sz0+dz          sx0+dx+dx, sy0+dy+dy, sz0+dz
    sx0, sy0, sz0+dz+dz      sx0+dx, sy0+dy, sz0+dz+dz          sx0+dx+dx, sy0+dy+dy, sz0+dz+dz
    (*) name to [ pp(Point Previous) = top_location of tomography_cell ]
    [ pc(Point Current) = bottom_location of tomography_cell ]
    ]

    for same_depth_tomography_data (nRowSize)
    {
        set up initial_location(x,y) (pc1 = pp1 = pp0(sz0, sy0))
        set up initial_starting_depth(sz0) (pp1.z = pp2.z = sz0)
        for same_depth_location_tomography_data (nSect)
        {
            calculate next_cell_location(x,y) (pc2=pp2=pp1+(dx, dy))
            calculate next_depth (pc2.z = pc1.z = s0+dz)
            calculate tomography_color
            using existence_tomography_data_set
            draw tomography_data_set
            using calculating screen_point(pp1, pc1, pc2, pp2)
            set up next_location(pp2) = initial_location(pp1, pc1)
            // moving step : to next cell
        }
        conversing from initial_starting_depth(sz0)
        to next_starting_depth(sz0 = sz0 + sz)
    }
}
}

```

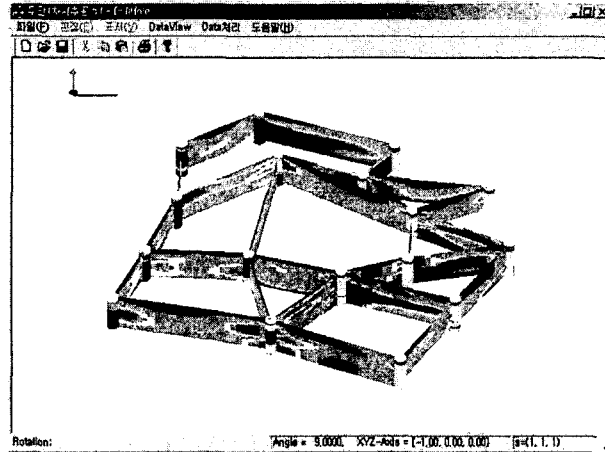


그림 5. 시추공과 토모그래피 자료의 병합

었다. 차후 재발 방지를 위해서 원인규명 및 보강이 필수적인데, 이를 위해 각종 지질 및 지반조사가 수행되었으며, 방대한 자료의 통합 해석이 필요하게 되었으며, 컴퓨터의 발달로 인해 보다 쉽게 지하구조에 대한 가시화 요구가 빈번해졌다.

따라서 본 연구에서는 지질 및 지반조사의 각 분야에 대한 컴퓨터에 의한 자료 통합으로 지하구조를 해석하는 첫 단계의 의미로서 지반침하 지역의 시추자료를 3차원으로 가시화하고, 이를 지구물리탐사 중 전기비저항 토모그래피 자료를 병합하여 보았다.

향후 3차원 가시화 기법의 개선과 더 많은 지질 및 지반조사 자료와의 병합 비교를 통한 지하공간 통합 해석이 이루어지면, 지하구조에 대한 이해의 폭이 매우 넓어질 것으로 사료된다.

4 사사

자료를 제공해주신 한국지질자원연구원 탐사개발부 포텐셜·전자팀과 농업기반공사 전라남도본부에 감사드립니다.

5 참고문헌

1. 김현규, 이두성(2001), "Arc View를 이용한 지하정보 및 시각화 시스템 구축 사례 연구", 물리탐사, 제 4권, 제 4호, pp.101~109.
2. 무안군(2001), 성남주거지 지반침하지구 정밀안전진단조사 보고서
3. 서울특별시(1997), 서울시 지반정보 관리 시스템
4. 이수곤 외(1999), "서울의 지반정보 관리시스템 연구", 대한토목학회 1999년도 학술발표회 논문집, pp.57~60.
5. 한국자원연구소(2000), 지질도폭보고서 무안(1:25000)
6. 함형생(2000), 웹 지리정보 시스템을 이용한 지반조사 정보 시스템의 개발, 인하대학교, 교육학석사 학위논문.