

# 지열에너지 개발용 GIS 모델링

박 형동\*<sup>1)</sup>, 최 요순<sup>2)</sup>, 현 창욱<sup>3)</sup>

## Modeling of GIS for geothermal energy development

Hyeong-Dong Park, Yosoon Choi, Changuk Hyun

Key words : Geothermal energy(지열에너지), GIS(지리정보시스템)

Abstract : For the development of geothermal energy, many different kind of geoscientific data including both surface geological data and underground geomechanical data, are acquired. Integration of such data itself for better understanding of underground condition is not a simple process due to complexity of the data, i.e. mixture of 2D and 3D data, mixture of geological data, geochemical data, geomechanical data and hydrogeological data. This paper reports a preliminary suggestion of GIS modeling for such specific purpose. Data used for GIS modeling mainly came from British case studies. The modeling is much more focused on the design of database for 3D underground geotechnical data in this study.

### 1. 서 론

지열에너지 개발과정에서는 지하구조에 대한 다양한 지질정보들이 이용되게 된다. 즉, 지열에 대한 기초자료가 되는 물리탐사자료에서부터 지하수와 암석과의 상호반응에 대한 지구화학적 자료에 이르기까지 종합적인 지질정보가 이용되어 개발을 위한 분석에 활용된다. 국내의 경우 아직 본격적으로 개발되지 않은 단계이므로 종합적 개발이나 향후 관리를 위해 GIS기반의 모델 개발 필요성이 대두된다. 국내의 적절한 분석사례가 아직 없으므로 오랜 연구기간동안 체계적인 정보를 축적해온 영국의 지열에너지 개발과정에 사용된 각종 지질정보를 바탕으로 국내 지열에너지 개발에 필요한 모델링을 제안해 보고자 한다.

된 절리의 방향문제도 추가 개발은 중단되었으나 지열에너지 개발에 필요한 지질정보의 중요성을 부각시켰다.<sup>5)</sup> 특히 현지 지반의 응력방향 뿐만 아니라 암석 내의 미세균열의 방향에 따라서도 유도절리의 방향이 결정되는 현상이 보고되었으므로 종합적인 지질정보의 구축이 필수적임을 알 수 있다.

### 2.2 지질정보의 종류 선정

영국의 경우 우리나라에 비해 지열에너지 연구 역사가 오래되었고, 투입된 연구비의 규모도 크므로 단순히 선진국 사례를 이용하는 것은 어려우나 국내의 기술적인 여건을 고려할 때 향후 지열에너지 개발에 있어 영국을 포함한 선진국의 지질정보 종류를 기본으로 선정하는 것이 타당하다.

정보의 종류는 기본적인 부분과 부가적인 부분으로 나눌 수 있다. 지열에너지 개발의 기본이 되는 것으로는 지질도, 지열류량 산정 물리탐사

### 2. 지열에너지 개발에 필요한 지질정보

영국의 기존 연구 사례를 바탕으로 국내에 필요한 지질정보 종류를 분석하고 선택한다.

#### 2.1 지질정보의 종류 분석의 필요성

지열에너지의 다양한 개발형태 중<sup>1)</sup> 영국의 경우에는 Hot Dry Rock의 형태로 개발되었다.<sup>2)</sup>  
<sup>3), 4)</sup> 지하의 저류층형성을 위한 수압파쇄시 유도

- 
- 1) 서울대학교 지구환경시스템공학부  
E-mail : hpark@snu.ac.kr  
Tel : (02)880-8808 Fax : (02)871-8738
  - 2) 서울대학교 지구환경시스템공학부  
E-mail : yspower@hanmail.net  
Tel : (02)880-8808 Fax : (02)871-8738
  - 3) 서울대학교 지구환경시스템공학부  
E-mail : hyuncu99@hanmail.net  
Tel : (02)880-8808 Fax : (02)871-8738

자료, 지형도 등을 들 수 있다. 이상의 자료는 국내의 지열에너지 개발단계에서 모두 디지털 형태의 GIS자료로 확보가능한 형태이다. 지질도의 경우 물리탐사나 추가적인 시추조사 등에 의해 수직방향의 분포를 포함한 3차원 지질도 확보가 더 바람직하다.

부가적인 자료 중 지하수에 관한 것으로는 지하수의 분포자료, 지하수의 지구화학적 성분분석 자료 등으로 특히 지구화학적 성분은 물-암석 상호반응에 대한 기초자료로 이용될 수 있다. 지질도에서는 암석 자체의 지구화학적 특성이 일부에 국한되므로 전체 지역을 포함하는 분석정보가 필요하다.

암석의 물리적 특성 중 열적 특성은 광물별로 이미 알려져 있어 지열류량 산정에 이미 반영되어 있다.

자연적인 피압대수층이 덜 발달한 경우 시추공을 통해 인공절리를 유도하여 저류층을 형성시키며 암석의 역학적 특성에 대한 정보가 필수적이다. 특히 미세조직 상의 광물의 입자배열, 균열의 방향성에 의한 이방성 (anisotropy), 압축강도, 인장강도 등이 필수적인 항목으로 선정될 수 있다. 인공절리는 인장파괴로 유도되므로 지열에너지 개발 부지의 암석에 대한 인장강도 측정 및 거동분석이 필수적이다.

암석의 인장강도는 실험법의 선택이나 시료의 가공조건에 따라 편차가 심하므로 이에 대한 선행연구가 필수적이다.<sup>6)</sup>

또한 암석의 공학적 이방성 해석에는 현지응력조건에 따른 암석 내부의 미세균열분포를 분석하여 미세균열의 방향성, 빈도분석을 할 수 있다 (Fig. 1).

이방성 정보는 지열에너지 개발 대상 지반의 현지응력 조건에 따른 인공절리의 방향에 직접적으로 사용된다.<sup>7)</sup> 영국 지열에너지 개발 현장의 현지응력과 암석의 이방성 관계 분석결과는 이를 뒷받침한다 (Fig. 2).

암반 내의 응력은 과거부터 작용한 고응력 (Paleo stress) 및 현지 주응력을 같이 분석하여 암석의 이방성을 해석할 때 유용하게 된다. 우리나라의 경우 현지주응력 측정자료가 선진국에 비해 덜 축적되어 있으나 향후 추가적인 측정에 의해 GIS의 입력자료가 확보될 것으로 판단된다.

암반 내에 존재하는 절리의 방향성, 빈도조사는 야외노두, 시추공을 통한 영상분석 등을 통해 쉽게 확보될 수 있다.

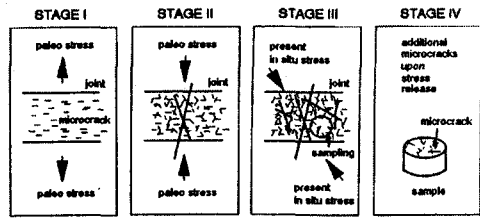


Fig. 1. The importance of microcracks induced during previous geological processes in rock for geothermal energy development site.

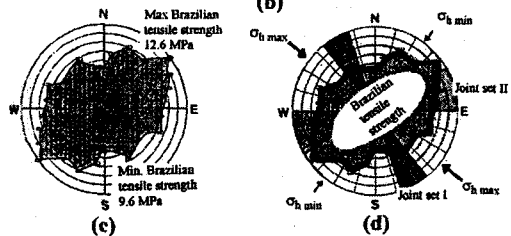
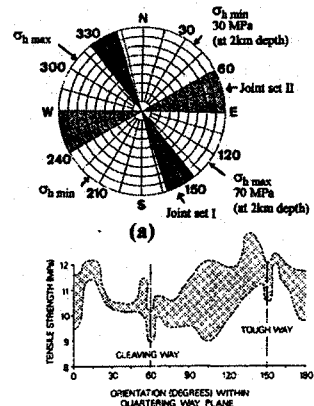


Fig. 2. Proposed relationship between tensile strength and in situ stress in UK geothermal energy experiment site.

### 3. 결론 및 제안

영국의 지열에너지 개발 사례를 분석해 볼 때 지구화학적 정보, 지구물리학적 정보, 지질공학적 정보 등이 종합적으로 필요하며 아직 국내에서 축적이 미비한 정보도 있으므로 이에 대한 체계적인 자료취득이 절실하다.

특히 서로 다른 형태의 정보형태로 말미암아 체계적이고 종합적인 분석이나 관리가 어려우므로 국내에서 이미 개발된 시추정보 분석기반의 GIS 분석모델<sup>8)</sup> 이용을 고려한 자료취득 계획 수립이 필요하다.

## References

- [1] Rybach, L. and Muffler, L.J.P., 1981, Geothermal systems: Principles and case histories, John Wiley & Sons, 359p.
- [2] Parker, R.H., 1989, Hot Dry Rock Geothermal Energy. Final report of the Camborne School of Mines
- [3] 박형동, 1995, 영국지열발전 부지에서의 자연질리의 양상과 인장시험에 의한 파쇄면의 관계에 대한 연구, 대한자원환경지질학회 제 28차 학술발표회 발표논문 요약집, p.74
- [4] Park, H.D., 1994, The application of the hoop tension test to a study of the residual stored strain energy within a jointed rock mass, Proc. 7th Int. Congr. Int. Assoc. Eng. Geol. Lisbon, Portugal, p.645-650
- [5] Pine, R.J. and Batchelor, A.S., 1984, Downward migration of shearing in jointed rock during hydraulic injections, Int. Jour. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr. 21: p.249-263
- [6] Park, H.D. and de Freitas, M.H., 1995, The tolerances for sample preparation in the hoop tension test, International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomech. Abstr., Vol.32, No.2, p.165-169.
- [7] Park, H.D., 1998, The influence of in-situ stress on the tensile fracture pattern induced by hoop tests, International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics Abstracts, Vol. 35, No.4/5, Paper No. 004.
- [8] Chang, Y.S. and Park, H.D., 2004, Development of a web-based Geographic Information System for the management of borehole and geological data, Computers & Geosciences, Vol.30, No.8, p.887-897.