

## 대한지질공학회

### 제3차 정기학술 발표회 논문 요약

#### Abstracts of papers presented at the third annual society meeting

일시 : 1993년 4월 2일(금)

장소 : 한국자원연구소

학술발표(주제 : 지질환경 조사기술과 해석) : 14 : 00~18 : 00

발표자	제 목	시간(각20분)	지정토론자	좌 장
김 남 종	열극조사기술과 체계해석	14 : 00~14 : 20	이 찬 구	
임 만 빈	지질조건과 지하구조물 Layout 검토에 관한 연구 (양수발전소 사례)	14 : 20~14 : 40	이 은 용	김 천 수
휴 식(20분)		14 : 40~15 : 00		
김 천 수	암반지하수 조사기술과 유동체계 해석	15 : 00~15 : 20	한 규 언	
김 윤 종	지질자료의 GIS 응용	15 : 20~15 : 40	유 일 현	최 순 학
성 익 환	광천수의 수문지질학적 해석과 외국기준	15 : 40~16 : 00	윤 시 태	
휴 식(20분)		16 : 00~16 : 20		
종합토론 16 : 20~18 : 00(100분)			주관 : 윤윤영	

준비위원 : 위원장 : 최순학

위 원 : 강병무, 박남서, 김천수, 유일현, 김원영, 성익환, 최영삼

## 열극 조사 기술과 체계 해석

김 남 종

(한국 수자원 공사)

각종 암반 및 지하 구조물 건설사업의 증가에 따라 암반내에 발달된 열극의 조사기술과 이의 체계적인 해석방법에 관한 중요성의 인식이 크게 증대되어 그간 지속적인 발전이 이루어져 왔다.

암반내에 발달하는 열극은 단층, 절리, 부정합, 틈(crack)등 다양한 유형으로 분류할 수 있는데, 발생빈도로 볼 때 절리는 열극의 제반 특성을 대표한다고 볼 수 있다.

일반적으로 절리조사는 구조물의 용도, 목적 및 건설단계에 따라 조사의 방법과 범위를 달리한다.

굴착, 기초지반 처리, 사면, 터널 및 지하 발전소 등의 분야에서는 열극의 역학 및 안정성 측면이 강조되는 반면 폐기물의 지하 처분장 및 지하비축 시설물에서는 열극의 수리성 및 지하학적 특성에 대한 별도의 세부조사를 필요로 한다.

또한 구조물의 부지선정이나 노선선정등의 계획수립 및 예비조사 단계에서는 위성 및 항공사진 해석에 의한 선구조 분석, 해당 지역의 광역적인 지체구조 검토 및 지표 지질 조사 등을 실시하여 구조지질학적 개념을 바탕으로 한 지역의 절리 발달 상태에 대한 전반적인 경향 분석이 이루어지며, 세부설계 및 시공단계에서는 선정된 부지 지점 및 시공 현장에서 체계적인 절리조사, 시험 및 계측 등을 통하여 획득한 자료를 목적별로 활용할 수 있도록 통계 처리 분석하는 것이 통례이다.

1980년대 이후 ISRM(1981)을 비롯한 여러

학자들에 의하여 절리의 조사 방법 및 절차의 표준화를 위한 연구가 지속적으로 시도되어 왔으며 현재 국내에서도 이러한 기준들이 전향적으로 활용되고 있다.

그러나 실제적으로 지하지반의 노출면에 대한 절리조사를 통하여 구조물 영역내에 발달한 절리체계를 완벽하게 규명하는 데에는 많은 제약점이 따르기 때문에 이의 극복을 위하여 RADAR 탐사 또는 GEOTOMOGRAPHY등의 물리탐사 기술 적용에 의한 절리조사 방법 개발이 최근들어 시도되고 있다.

절리체계 해석의 목표는 구조물의 설계, 운영관리, 보강대책 수립 및 simulation model 분석에 필요한 신뢰도 높은 입력자료를 도출하기 위한 것으로, 조사자료를 정확하게 통계 처리하고 불확정 요소들을 합리적으로 추정해 낼 수 있는 해석 기법의 개발과 적용이 우선적으로 필요하다.

절리체계해석 기법으로 stereographic projection method등의 구조지질학적 분석처리 방법이 보편적으로 적용되고 있으며 최근들어 kriging이나 fractal geometry 등의 추계학적인 지질 통계 분석 기법이 개발, 점진적으로 사용되고 있는 추세이다.

앞으로 각종 구조물의 건설과정에서 발생되는 절리와 관련된 지질 공학적 문제점을 해결하기 위해서는 절리의 조사 방법, 절리체계 해석의 구조지질학적 개념의 도입, 추계학적 지질 통계 분석 적용 등에 관한 연구 개발이 지속적으로 이루어져야 할 것이다.

## 지질조건과 지하구조물 LAYOUT 검토에 관한 연구

(양수발전소 사례)

임 만 빈

(현대엔지니어링(주))

무주 양수발전소 건설사업은 날로 급증하고 있는 첨단부하 수용에 대처하기 위하여 한국 전력공사에서 장기 전원개발계획의 일환으로 1988년 5월 착공하여 1995년 6월 준공목표로 현재 공사중에 있다. 본 양수발전소의 주요 공사는 표고 약 850m 와 약 250m 지점에 각각 상부댐과 하부댐을 축조하여 이 두지점간의 표고차를 이용하며, 산악부 지하 250m 부근의 암반내 공동에 2기의 발전기를 설치하여 최대발전 시설용량 600MW, 최대낙차 589m 를 갖는 순양수식 고양정발전소로서 1단의 양수-발전기(One Stage pump-Turbine)로는 세계최대의 고양정발전소 중의 하나로 꼽을 수

있다.

본 고는 양수발전소 사업지구에 대하여 실시된 지질조사 결과 밝혀진 화산암류, 퇴적암류 및 변성암류 등의 지질구조와 지반조건이 상부댐, 지하발전소 및 수로터널 등과 같은 구조물의 기본계획과 세부계획과정의 Lay out에 적용하여 비교검토된 실례를 소개한 것으로서, 이와같은 사례를 통하여 암반의 구조나 지질조건이 계획입안 단계에서부터 확정단계에까지 어떻게 이용되는가를 살펴봄으로써 설계 및 시공분야에 임하는 기술자의 실무에 참고가 되었으면 한다.

## 암반지하수 조사기술과 유동체계 해석

김 천 수

(한국원자력연구소 부설 원자력환경관리센터)

암반에서의 지하수유동이 다공성 매질로 구성된 대수층에서의 유동과 다른점은 표면적의 약 10%에 해당하는 투수성열극을 따라 수로유동(channeling)에 의하여 지배된다는 점이다. 이러한 결과는 함수대의 불규칙한 분포, 위치에 따른 유동조건 변화와 현장 계측의 한계성 등으로 인하여 지하수 탐사나 양수시험결과에 영향을 미친다.

열극체계의 불규칙한 발달로 인한 규모중

속과 이방성의 특성은 지금까지의 해석방법으로는 만족한 결과를 얻을 수 없다. 따라서 암반지하수 체계의 특성은 해석학적 분석방법보다는 확정론적 방법으로 유동과정을 설정하고 추계론적 방법으로 파라미터를 정하며 수치적으로 유동체계를 모사한다.

암반지하수체계의 조사기술과 해석기술은 동전의 앞뒤면과 같아서 동시에 같은 깊이로 개발되어 나가야 한다. 해석기술이 잘 발달

되어 있어도 조사자료 이외의 자료가 요구되는 해석기술은 활용할 수 없게 된다. 조사기술만 발달된 경우에도 마찬가지로 결과를 낳게 된다. 해석기술은 각 사업(project)에서 요구되는 성능목적(performance objectives)에 맞게 설정되어야 하며, 설정된 목적에 필요한 자료도출을 위한 조사기술이 수반되어야 한다.

암반 지하유동의 해석을 위한 첫번째 단계는 투수성열극의 분포특성이다. 투수성과 관계없는 수천개 열극의 통계학적 분포결과를 갖고 열극의 수리적 특성을 예측한다는 것은 의미가 없다. 다시 말하면 열극체계의 기하학적 특성보다 조사지역의 수리학적 특성을 재창출해 내는 것이 지하수체계 해석의 주요 목적이다.

두번째 단계는 복잡한 수리지질학적 현상의 단순화한 개념모델의 설정이다. 신빙성있는 해석결과는 설정된 개념모델의 현실성에 좌우된다. 현장수리실험은 개념모델과 연관하여 자료를 분석하여야만 수치모델의 입력자료로 쓰일 수 있다.

세번째 단계는 수리시험의 신빙성 있는 자료도출과 실용화이다. 수리학적 자료만으로 지하수체계를 해석하려 한다면, 같은 수리학적 자료에 의하여 많은 유동체계가 만들어질 수 있기 때문에 단일해답(uniqueness)을 얻을 수 없다. 이론적인 유동해석은 지질학적 조건이 뒷받침되어야 하며, 타당성 있는 지질학적 설명을 위하여도 정확한 개념모델의 설정이 필요하다.

## 지질자료의 GIS 응용

김 윤 종

(한국자원연구소, 환경지질연구그룹)

GIS의 활발한 국내 보급과 아울러 지질분야 등에 대한 GIS적용 연구가 점점 확대되고 있다. 그러나 GIS에 대한 정확한 이해 부족으로 그의 활용분야에서 많은 문제점이 지적되며, 때로는 돌이킬 수 없는 시행착오를 범하는 사례가 종종 발생하고 있다. 본 연구 발표는 그러한 측면에서 GIS의 실제 사용자들에 대한, 혹은 앞으로 적용코자하는 분야에 도움이 되고자 노력하였으며, 지난 몇 년간 당 연구그룹에서 수행한 GIS연구사업을 중심으로 다양한 지질자료들의 GIS응용 및 특성과 GIS연구 프로젝트 사례들이 종합된 것

이다.

실제로 GIS 프로젝트를 수행키 위해서는 GIS의 부속체계와 아울러 사용될 지질 자료들의 특성(도형 및 속성정보) 분석이 아주 중요하다. 이러한 분석을 기초로 GIS 자료구조 모델과 GIS 자료관리 시스템을 이용한 데이터베이스 설계가 뒤따라야 하며, 본 연구를 위하여 당 연구 그룹에서는 ARC/INFO를 이용한 환경지질 정보 시스템(EGIS)과 전문가 시스템 개발(환경지질 및 지질공학)에 주력하고 있다.

본 연구발표 마지막 부분의 GIS 응용 사

레는 당 연구그룹의 환경지질정보 시스템을 이용한 환경지질도 작성 연구의 일환으로 1차 목적도인 지질재해분석도 작성 연구가 발표될 것이다. GIS를 이용하여 지형과 지질요소들을 잘 결합시키면 환경지질 및 지질공학적인 분석을 효과적으로 할 수 있다. 본 응용연구에서는 서울 근교지역을 대상으로 GIS를 이용한 광역 지질재해도(Regional geologic hazard map)를 작성하여 연구지역내의 산사태 잠재력을 분석하고 지역개발계획시 전체적인 지면의 안정성을 파악, 개발 정책에 활용할 뿐만 아니라 예측 가능한 자연 재해의 피해예방에 이용하고자 하였다. 발표내용 목차는 다음으로 요약된다.

- (가) GIS의 특성 :
  - GIS와 그의 부속체계
  - 특성과 주요기능
- (나) GIS 내에서의 지질자료
  - 지질자료 및 자연 환경정보들의 자료특성
  - GIS 자료로의 변환
- (다) 환경지질정보시스템(EGIS)과 자료의 표준화
- (라) 응용사례
  - 둔전지역의 환경지질도 작성 연구 (1차 목적도인 지질해석분석도 작성)
- (마) 결론 및 토의

## 광천수의 수문지질학적 해석과 외국기준

성 의 환

(한국자원연구소, 수문지질연구그룹)

물은 인간생명 유지에 필수물로서, 인체내에 영양분을 공급하고 노폐물을 배출시키는 매개체로서 역할을 한다. 물은 인체조직의 약 60-70%를 차지하며 매일매일 생활에 있어 성인 1인 2-2.5ℓ의 물이 흡수 혹은 탈수됨으로 1일 최소 1.5ℓ 이상의 수분을 섭취하여야 한다. 이렇듯 중요한 역할을 하는 식수는 70년대 후반부터 산업화 과정에서 노출된 각종 환경오염으로 인해 지표수 기원인 수돗물에 대한 불신이 높아지고, 경제적 성장에 따른 생활수준의 질적 향상에 의해 쾌적하고 건강한 삶을 추구하는 국민적 여망은 보다 깨끗하고 건강한 음용수를 갈망하고 있다. 이에 수반된 현상으로 최근 생수(천연수 혹은 광

천수)의 소비 증가는 선진국 수준으로 근접되고 있으나 현재 국내에는 이를 생산, 공급, 규제할 수 있는 지하수법 혹은 생수법(광천수법) 조차 제정되어 있지 않은 실정에 있는 관계로, 우선 외국 사례에 의한 광천수의 정의, 기준 및 법규를 검토하고, 국내 상황을 비교해 봄으로써, 앞으로 예상되는 U.R. 협상이후 선진국의 물시장 개방압력에 대처할 수 있는 국내 생수(광천수)자원의 평가, 생산, 보존대책 및 관련법규 제정에 신중을 기해야 할 것이다.

광천수는 최초 유럽에서 상품으로 시판되어 현재 세계 각국에서 음용되고 있으나, 각 국가별 정의 및 규격 기준 등이 차이가 있어

WHO, FAO의 식품규격위원회에서는 유럽을 중심으로 하는 천연광천수 기준이 제정되었으며, 미국에서는 FAO와 ABWA(American Bottled Water Association)에 의해 mineral water와 bottled water를 구별하고 있으며, bottled water를 광천수와 그 외의 것으로 분류하고, 전자는 FAO에 의한 규제를 받고 후자는 EPA (Environmental Protection Agency)의 안전음용수 기준에 규제를 받고 있다.

일본의 경우 광천의 정의를 온천법에서 표기하기를, “광천이라 함은 지하로부터 용출되는 광천과 광물질을 함유한 지하수로서 다량의 고용물질, gas 물질 및 특수한 물질을 포함하거나 혹은 원천 주위의 년평균 기온 보다 현저하게 높은 것을 말하며, 유럽(EEC)의 경우 천연광천수의 정의는 다음과 같은 이유로 인해 일반 음용수와 명확히 구분하고 있다.

- a) 광천수는 어떤 무기염(mineral salts)이 특정한 비율 이상 함유되어 특수한 성분을 나타내거나, 특정 미량원소들을 함유한 것으로서
- b) 대수층으로부터 자연용출되거나 시추공으로부터 양수에 의해 직접 채수되어야 하며
- c) 구성성분이 불변하여야 하고, 용출량이 안정되어야 하며, 온도는 자연환경에 의한 변화범위를 유지하여야 한다.
- d) 원수채수는 박테리아성물질로부터 오염되지 않아야 한다.
- e) 기준에 의해 허가되지 않은 어떠한 처리도 하여선 안된다.
- f) 법규에 제시한 모든 규정에 부합되어야 한다.

특히 모든 광천수는 원수자체가 건강에 유익하여야 하며, 용출지역의 어떠한 지질구조로부터 광천수를 생성배출하는지, 대수층이 상부 불투수층에 의해 외부 오염원으로부터 원수가 잘 보호되는지 등에 관해 지질전문가의 조사연구결과가 규명되어야 한다. 또한 조사 연구결과 원수를 보존할 수 있는 보존지역이 설정되어야 하며, 보존 지역내에선 어떠한 오염유발행위도 금지되고 있다. 광천수의 수질은 정기적으로 분석 평가되어 일정기준 이내 수질변화가 없어야 하고, 원수가 미생물학적, 화학적 분석에 의해 인체에 무해함이 증명되어야 한다. 또한 용출 및 충전지역은 지질구조에 의해 천연적으로 보호되고 있음이 지질학적으로 규명되어야만 한다.

따라서 천연광천수로서 생산 판매되기 위해선 다음과 같은 사항들이 평가되어야 한다.

- 1) 지질학적, 수문지질학적 평가
- 2) 물리-화학적 평가
- 3) 미생물학적 평가
- 4) 약리학적, 물리치료 및 치료학적 평가  
위의 평가는 책임있는 검사기관에 의해 과학적인 방법에 의해 증명되어야 한다.

1984년 현재 세계 주요국가의 1인당 광천수 소비량은 벨기에 75ℓ, 서독 51.5ℓ, 프랑스 47.6ℓ, 이태리 46.1ℓ, 영국 13ℓ, 일본 0.8ℓ, 한국 0.3ℓ에서 1990년 현재 미국이 25ℓ, 이태리와 독일이 74ℓ로 상승하고 있는 현상을, 전문가들은 세계 물시장에 있어 향후 10년대 일어날 물전쟁의 초입에 진입하고 있음을 예고하고 있다.

국내의 경우 현재 광천수 개발은 심부지하수 개발에 의존하고 있으나 개발에 따른 지질학적, 수문지질학적, 환경생태학적, 위생학적, 물리화학적 검정이 법적으로 수행되어

있지 않으며, 국제기준에 의거 검정을 거친 것도 극히 일부이다.

우리나라 지질 여건상 국내 온천수 특성은 결정질암내 지하수 유동의 특성을 나타내며, 93년 3월 현재 온천지구지정(내무부) 58개소 지역을 대상으로 볼 것 같으면, 대부분 심부 지하수유형 단순천에 속하며, 심도는 약 500-800m이고, 가채수량은(수위강하 100m 기준) 200-1500m<sup>3</sup>/d으로 국내 광천수 특성과 유사함을 보여주고 있다.

현재 국내에선 지하수법 제정이 이루어지고

있지 않은 실정에서 무절제한 지하수 개발에 의한 지하수 자원의 고갈과 과잉양수 및 폐공에 의한 지표수 오염물이 심부 대수층으로의 유입이 증가되고 있는 실정이고 보면 현재 보사부에서 제정 추진하고 있는 생수법(광천수법)에서는 지하수 자원보존 및 오염방지대책을 충분히 고려한 법제정이 이루어져야 할 것이며, 이를 위해 각 분야별 전문가의 다각적인 의견수렴 및 검토가 선행되어야만 한다