

# 단층감시시스템 구축현황 및 관측자료 분석

박원홍, 정재열, 정해룡\*

한국원자력환경공단, 대전광역시 유성구 가정로 168

\*nohul@korad.or.kr

## 1. 서론

국내의 지체구조환경은 계측 값이나 과거 역사기록을 근거로 볼 때 판의 경계위에 위치한 일본, 미국 서부와는 달리 상대적으로 안정적이며, 지진 및 지진해일의 발생 횟수와 규모는 비교할 수 없을 정도로 작다[1]. 그러나 최근 동일본 대지진으로 한반도의 지진 발생 가능성에 대한 관심이 높아지고 있다[2].

단층감시시스템(Fault Monitoring System : FMS)은 “현재 지속·단속적 움직임이 관측 되거나 가까운 장래에 움직임이 예상되는 단층(또는 단층대)의 변형을 계측하기 위하여 대상 단층과 주변지역에 설치하여 하나의 체계적인 네트워크로 연결한 감시장비 일체와 절차화된 일련의 운영활동”으로 정의 된 바 있다[3].

Table 1은 2014년 3월부터 운영 중인 경주 방폐장 단층감시시스템의 관측소별 계측기를 나타낸 것이다. KZF-01, KZF-02 관측소에는 시추공 내의 변형률계(strainmeter), 시추공 지진계(borehole seismometer), 지하수위계(water level meter)와 지표에 GPS(Global Positioning System)가 설치되어 있으며, 지진자료의 신뢰도 향상을 위하여 KZF-03 관측소에 지표 지진계(seismometer), 지표 가속도계(accelerometer) 및 GPS가 설치되어 있다.

본 연구에서는 경주 방폐장의 지진 안정성을 확인하기 위해 설치된 단층감시시스템의 운영현황과 단층 거동 평가를 위한 관측자료 특성을 소개하고자 한다.

Table 1. Station and equipments of FMS

FMS Station	Installed equipment
KZF-01	strainmeter, borehole seismometer, GPS, water level meter
KZF-02	strainmeter, borehole seismometer, GPS, water level meter
KZF-03	seismometer, accelerometer, GPS

## 2. 단층감시시스템 관측자료 분석

### 2.1 변형률계 관측자료 분석

변형률계는 지구조 운동에 의한 부지의 지중응력 변화를 확인하는데 그 목적이 있다. KZF-01, KZF-02 관측소 시추공 내 설치된 센서에서 측정된 시추공 원 직경에 대한 변형된 직경비율을 계산하여 4개 방향에서 변형 값을 계산한다. 일반적으로 지각운동에 의한 미세한 변위 및 변형률 등을 계측하는 경우, 지구조석(earth tide) 및 대기의 압력변화(atmospheric pressure), 인위적인 외부 잡음 등에 영향을 받기 때문에 정확한 해석을 위해서는 외부 영향을 반드시 제거해야 한다[4]. 본 연구에서는 Bayesian Tidal Analysis Program(Baytap) 프로그램을 이용하여 변형률계 관측 자료에서 조석 및 대기의 의한 영향을 제거 할 예정이다.

### 2.2 지진계 관측자료 분석

부지 인근에서 발생한 지진의 진원지와 지진규모를 관측하여 단층분포 및 지진활동의 상관관계를 지진계의 관측 자료를 통해 분석하게 된다. KZF-01, KZF-02, KZF-03 관측소에 설치된 지진계는 부지 내 지진 발생 여부를 지속적으로 감시하고 있다. 2014년 3월 관측 이후 단층감시시스템 인근 지역(반경 50 km 기준)에서 규모 2.0 이상의 지진은 총 3회이며, 이들 지진에 대한 분석을 진행 하였다. 단층감시시스템 서버에 10분 단위로 취득된 지진데이터는 ASC파일로 저장되며 이벤트 발생 시 보다 정밀한 분석을 위하여 원시데이터 자료 변환식을 활용하여 평균값과 트렌드(trend)값을 제거 후 관측된 지진파형을 분석하였다.

### 2.3 GPS 관측자료 분석

GPS는 대규모 지각운동에 의해 발생하는 큰 규모(수 mm ~ 수 m 이상)의 변위변화를 계측하는 것이 목적이다[5]. KZF-01, KZF-02, KZF-03 관측소에 설치된 GPS는 위성을 이용한 단층활동과 지진발생시 변위를 계측하여 취득된 관측자료의 경우, 조석 등에 의한 영향뿐만 아니라 전파가 대기

층을 통과하면서 생기는 지연효과까지 필터링이 필요하다. 관측자료 분석결과 비교적 균일하게 대기의 영향 등으로 인한 노이즈가 분포하는 것을 볼 수 있었으며 계단형태의 단층 운동을 지시하는 신호는 관찰되지 않았다. 향후 누적자료 분석을 통하여 지진발생 전·후 GPS의 변위양상을 분석할 예정이다.

## 2.4 지하수위계 관측자료 분석

지하수위계는 부지 내 지하수위 변동에 따른 간극수압 변화를 계측하여 지중응력 변화 시 참고자료로 활용한다. KZF-01의 자동수위 관측자료의 경우, 수준기준면으로부터 지표 지점까지의 연직거리인 표고(elevation)로 변환 시 측정 수위는 최대 16.203 m, 최소 8.882 m, 평균 12.39 m로 이벤트에 의한 급격한 수위 강하는 관측되지 않았으며 수위의 상승과 강하는 겨울에 발생하는 강수 부족 현상과 여름 장마철 강수현상으로 기인한 것으로 판단된다. 또한 KZF-02는 최대 15.692 m, 최소 11.287 m, 평균 14.238 m로 강우에 의한 영향으로 점진적으로 수위가 상승한 이후 수위강하가 뚜렷하게 나타나지 않는 것으로 보아 지하매질의 투수성이 크지 않아 지하수 흐름이 외부영향에 의해 민감하게 반응하지 않는 것으로 판단된다.

## 3. 결론

단층감시시스템은 지각운동에 의한 단층의 변형을 정밀하게 측정하기 위한 설비로, 현장 계측기 및 자료 전송·저장 시스템, 통합관리 프로그램으로 구성되어 있다.

한국원자력환경공단의 단층감시시스템은 변형률계, 지진계, GPS, 지하수위계 등의 장기적 관측자료를 제공함으로써 경주 방폐장의 지진 안전성을 재확인하고, 단층 관련 각종 자료 제공을 통해 단층운동과 지진의 연관성분석, 지진유발 매커니즘 분석 등 다양한 분야에서 매우 유용하게 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

2014년 3월 설치·운영 이후 관측된 자료 분석결과 부지 내 지진이벤트로 인한 이상 변형양상은 관측되지 않고 있다. 계측자료 전송 및 디스플레이가 실시간으로 이루어지도록 구성되었으므로 이벤트 또는 이상신호 발생 시 운영자가 즉각적으로 통보받을 수 있는 알람기능을 추가 할 예정이다.

## 4. 감사의 글

본 연구는 2014년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다(No. 20141720100570).

## 5. 참고문헌

- [1] 한국원자력안전기술원, 2006, 원전부지 지진안전성 평가기반 기술개발 : 활성단층 평가기술 기반 및 DB구축 연구, 한국원자력안전기술원, KINS/GR-333, 631.
- [2] 윤성효, 이정현, 정희윤, 2011, 한반도 주변의 AD 1900~2007 지진활동도에 대하여, 한국지구과학회 2011년 춘계학술발표회 논문요약집, 102.
- [3] Lee, H., 2011, Technical Trend Analysis of a Fault Monitoring System. The journal of Engineering Geology, 21(1), 87-95.
- [4] Hwang, J., 2012, Analysis of the Great East Japan Earthquake observed by strainmeter of Eupcheon Fault Monitoring System, Journal of the Geological Society of Korea. v. 48, no 6, 491-501.
- [5] Cho, S., 2012, Introduction of Eupcheon Fault Monitoring System, Journal of the Geological Society of Korea, v. 48, no 6, 533-542.