

# 음향방출센서와 가속도계를 이용한 균열감시방법에 관한 연구

## A Study on Method for Crack Monitoring using AE Sensor and Accelerometer

윤두병† · 박진호\* · 이정환\*\*

D.-B. Yoon, J.-H. Park and J.-H. Lee

### 1. 서 론

현재 원자로구조물에 대한 균열감사는 원자력발전소 정지 중(예방정비기간)의 육안검사와 예방정비기간 종료 후 원자로계통 재기동 시의 가압시험 중에 주로 수행하고 있다.

2012년에 국내 발전소의 예방정비기간 중 원자로 제어봉 안내관의 미세한 균열현상이 발견된 바 있으며, 균열현상 발견 이후, 원자로계통 구조물의 안전성을 강화하기 위한 가동 중 균열감시에 대한 필요성이 제기되고 있다. 균열을 상시 감시하기 위한 센서로는 운전 중 누설을 감시하기 위해 원자로계통에 설치된 음향방출센서(AE 센서)를 활용할 수 있다. 현재 균열을 탐지하는 기술은 구조물에 설치된 음향방출센서에서 계측된 신호의 크기가 설정치를 초과하는 횟수를 적산하여 기록하고, 이러한 정보로부터 균열발생여부를 판단하는 방법이 주로 활용되고 있으나, 이러한 방법은 원자로계통 운전 시에 발생할 수 있는 각종 기계잡음신호를 균열신호로 오판할 수도 있다는 단점을 가지고 있다.

본 연구에서는 원자로계통 구조물에 대한 가동 중 균열감시기술을 개발하기 위한 사전단계로써, 균열 신호 판별기법에 대한 연구를 수행하였으며, AE 센서 신호와 원자로계통에 금속이물질 감시를 위해 설치된 가속도계로부터 계측된 신호를 동시에 취득 및 분석함으로써, 균열발생 여부를 효율적으로 판단하기 위한 기법에 대한 연구를 수행하였다.

### 2. 균열발생 모사시험

균열신호 판별기법에 대한 연구를 수행하기 위하여 인위적으로 구조물에 균열 모사신호를 발생시키면서, AE 센서와 가속도계에 계측되는 신호를 비교, 분석하였으며, Fig. 1은 균열발생 시 발생하는 신호를 계측하기 위해 구조물(평판)에 설치된 AE 센서와 가속도계를 나타내고 있다.

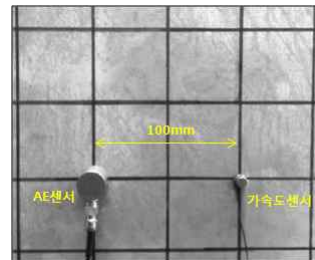


Fig. 1 Experimental setup for measuring sensor signals due to crack

균열발생을 모사하기 위해서, ASME BPVC, Section V, Article 12, "Acoustic Emission Examination of Metallic Vessels during Pressure Testing"에 근거하여 연필심을 구조물에 접촉하여 부러뜨리는 방법을 이용하였으며, 또한 균열현상으로 오판할 수 있는 신호를 생성하기 위해 시간영역에서 균열신호와 유사한 파형을 갖는 금속이물질 충격신호를 강구(steel ball)를 이용하여 인위적으로 발생시켰다.

Fig. 2는 균열이 발생하는 경우에 가속도계와 AE 센서를 이용하여 취득한 신호를 나타내고 있으며, Fig. 3은 이물질충격이 발생한 경우에 가속도계와

† 교신저자; 한국원자력연구원  
E-mail: yoondb@kaeri.re.kr  
Tel: 042-868-8909, Fax: 042-868-8313  
\* 한국원자력연구원  
\*\* (주)엑트

AE센서를 이용하여 취득한 신호를 나타내고 있다.

Fig. 2와 Fig. 3을 관찰해 보면 두 현상은 다른 물리적 현상임에도, 시간영역(time domain)에서는 균열신호인지 금속이물질 충격신호인지를 판별하기 어려움을 알 수 있다.

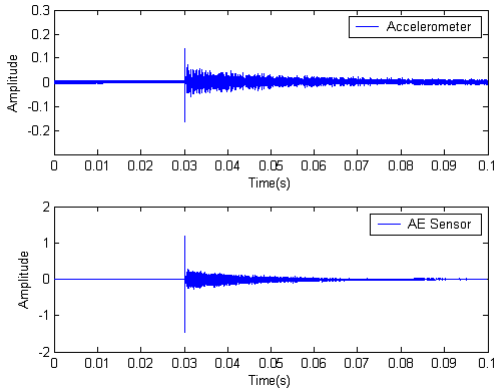


Fig. 2 Measured acceleration & AE sensor signals due to crack

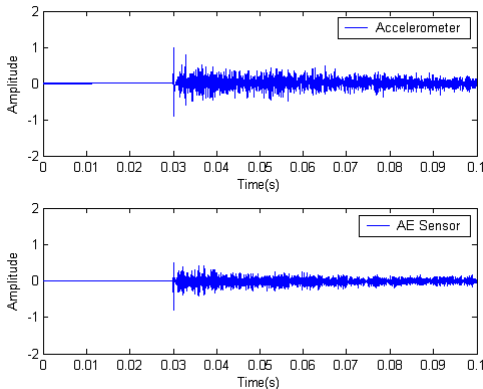


Fig. 3 Measured acceleration & AE sensor signals due to metallic impact

Fig. 4는 균열신호와 금속이물질 충격신호에 대한 주파수스펙트럼을 비교한 결과를 나타내고 있으며, 가속도계의 경우 금속이물질 충격이 발생한 경우 저주파영역의 크기가 증가하지만, 균열이 발생한 경우에는 저주파영역의 크기 증가 현상이 나타나지 않음을 관찰할 수 있다. AE 센서의 경우, 금속이물질 충격이 발생한 경우 가속도계와 유사하게 저주파영역의 증가현상이 나타나며, 균열이 발생한 경우에는 약 70kHz 이상의 주파수영역이 대폭 상승함을 관찰

할 수 있다.

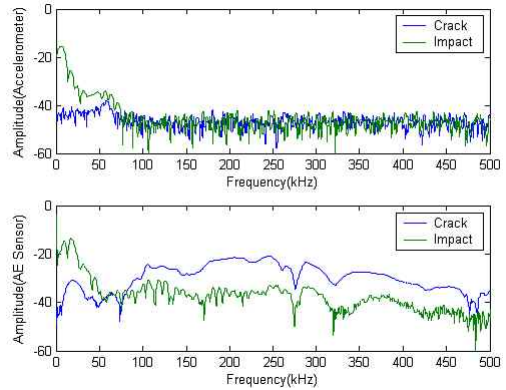


Fig. 4 FFT of acceleration & AE sensor signals

따라서 위의 결과로부터 균열현상의 진위여부를 판별함에 있어서, 가속도계 신호를 AE 센서 신호와 함께 활용함으로써, 균열현상의 판별신뢰도를 향상시킬 수 있음을 확인할 수 있으며, 반대로 금속이물질 충격의 발생여부를 확인함에 있어서도 AE 센서 신호를 가속도계 신호와 함께 활용할 수 있음을 확인할 수 있다. 향후 이러한 결과를 기반으로 AE 센서와 가속도계 신호분석 결과를 기반으로 하여, 균열발생 여부를 효과적으로 판별할 수 있는 지표를 개발할 예정이다.

### 3. 결 론

본 연구를 통해 구조물 균열현상의 진위여부를 판별함에 있어서, 기존에 사용되던 AE 센서 외에 가속도계 신호를 함께 활용함으로써, 균열현상의 판별신뢰도를 향상시킬 수 있음을 확인할 수 있었다. 이러한 결과를 기반으로 하여 향후 가속도계와 AE 센서 신호 데이터를 융합한 운전 중 균열 감시기술을 개발하고, 현재 구축 중인 모의 실험장치(원자로 축소 모형 제어봉 안내관)를 이용하여 개발 기술의 타당성을 검증할 예정이다.

### 후 기

이 논문은 2013년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (사업명, No. 2012M2A8A4013245)