

배기계 플랜지 용접부 피로파괴 예측을 위한 음향방출 신호 특성

Signal Characteristics of Acoustic Emission from Welded Exhaust Flange for Fatigue Fracture Prediction

손민영† · 최정황* · 김찬묵**

Min young Son, Jung hwang Choi and Chan mook Kim

Key Words : Fatigue Fracture(피로파괴), Signal Characteristics(신호특성), Acoustic Emission(음향방출), Crack sensing(크랙감지), Bellows(벨로우즈)

ABSTRACT

The purpose of this work is to obtain fundamental data about fatigue crack detection of the welded exhaust flange by using the AE method. The acoustic emission method as a nondestructive evaluation is one of high technical test for realtime monitoring in the dangerous industry fields. Signal analysis of both AE sensor and accelerometer for fatigue crack failure are presented in this paper.

1. 서론

금속에 부가된 응력이 증가하면, 금속은 탄성역에서 소성역으로 이동하고, 소성변형이 일어나 축적된 에너지의 일부가 방출된다. 계속 응력이 증가하면 미세균열이 발생하고, 성장하여 결국에는 파괴에 이르게 된다. 이러한 소성역에서의 단계마다 변형에너지는 주로 탄성파로 전파되는데 이것을 AE(Acoustic Emission)이라고 부른다.

AE는 재료에 대한 평가법이나 구조물에 대한 비파괴 검사법에 주로 사용되고 있으며 최근에는 재료의 피로 파괴로 인해 발생하는 문제점을 보완하기 위해 AE를 이용한 탐지법들의 개발이 이루어지고 있다.

본 연구에서는 차량 배기계의 플랜지 용접부에 반복 하중을 주어 나타내어지는 탄성역 신호와, 소성변형이 일어나는 시점에서의 신호를 각각 가속도 센서와 AE 센서를 이용하여 측정하고, 결과를 분석하여 두가지 센

서의 차이점을 확인하고, 음향방출법을 이용한 피로파괴 예측의 신뢰성을 확인하는것을 목적으로 한다.

2. AE 실험 프로세스

2.1 실험장치

2.1.1 AE Crack 감지장치

본 연구를 위해서 구성된 실험 장치의 개략도는 Fig.1에 나타내었다. 피로시험 가진기에 AE센서, 가속도 센서를 장착하여 각각 신호를 분석할 수 있도록 하였다.

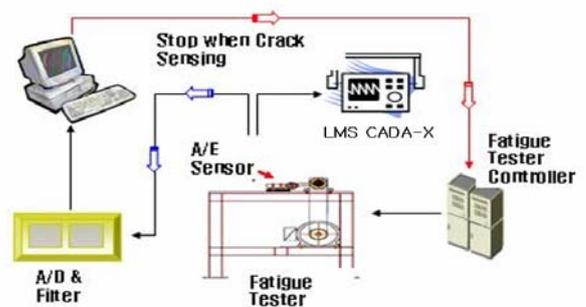


Fig.1 Diagram of Experimental Setup

† 국민대학교
E-mail : son.minyoung@yahoo.co.kr
Tel : (02) 919-0514, Fax : (02) 910-4718

* (주)CMC

** 국민대학교

Fig.2는 본 실험에 사용하기 위해 제작된 피로시험용 가 진기의 설계도를 나타내었다.

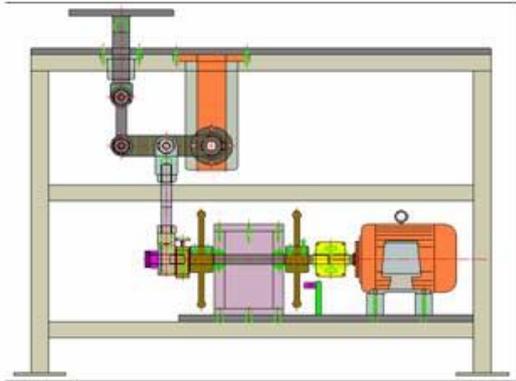


Fig.2 Fatigue Tset Machine

Table 1 에서는 본 실험에 사용된 AE센서와 가속도 센서등의 실험 장비 목록과 각 software의 사양을 나타 내었다. 가속도 센서를 이용한 실험에는 LMS CADA-X 를 사용하였고, AE 센서를 이용한 실험에는 PAC AEWIN 을 사용하였다.

Table 1 Specifications of experimental instruments

Accelerometer	PCB 356A15
AE Sensor	PAC W/D AL65
DAS Board	PAC AE
Motor	AC 220V 3상
Shaker	Mechanical Cam Shaft
Inverter	SV-IG5
LMS CADA-X	V.3.5.D
PAC AEWIN	V.1.30

2.2 실험방법

2.2.1 AE 신호 처리용 H/W

본 실험에서는 자동차 배기계 벨로우즈를 대상으로 시 험을 하였다. 시험 장치는 시편을 고정하여, 고정된 시편 은 모터의 구동을 받아 왕복 운동을 하게 되고 이때 벨 로우즈의 플랜지 용접부위 및 벨로우즈 내부의 취약 부 분에서 Crack이 발생 되었을 때 AE 센서와 가속도센서 로 Crack 신호를 감지할 수 있도록 고안 하였다.

Fig.3은 회전운동을 직선 왕복운동으로 변환하여 피로 시험을 하도록 제작된 장치이며 중량을 증가시켜 자체 진동을 최소화 하도록 설계 되었다. AE센서와 가속도센 서의 지그는 시험준비 및 시험시간 단축과, 신뢰성 있는 데이터를 확보하기 위해 자석을 이용한 안정적인 디자인

으로 결정되었다. 두 종류 센서는 부착 위치에 따른 신호 의 차이를 줄이기 위해 근접해서 부착하였다.

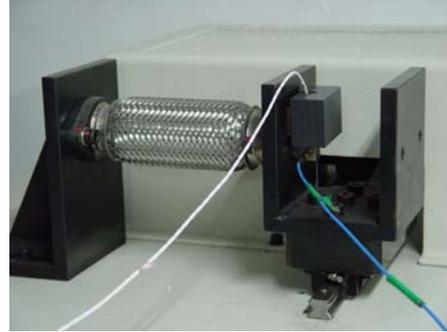


Fig.3 Exhaust Sample, AE and Accelerometer

2.2.2 AE 신호 처리용 S/W

PAC AEWIN 에서는 시편에서 발생한 신호를 AE 센 서로 감지하여 Crack의 발생 유, 무 를 식별하기 위한 PC 모니터링이 가능하여 실시간으로 Crack을 감지할 수 있고, 카이저효과를 통하여 Crack이 발생하지 않을 경우 파형이 형성되지 않기 때문에 언제 발생할지 모르는 Crack에 대해서 빠른 모니터링이 가능하며 이때 모니터 링 된 데이터는 측정과 동시에 자동으로 저장된다.

3. 실험 결과

3.1 Crack 신호분석 결과

다음은 시편에 반복하중을 준 결과 Crack 발생 전과 후의 결과 그래프를 각각 가속도 센서와 AE센서를 이 용하여 측정한 그래프이다.

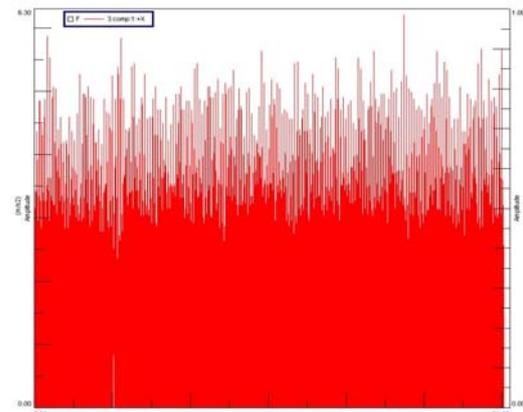


Fig.4 Accelerometer Signal before Crack

Fig.4 에서 볼 수 있듯이 가속도 센서의 측정 결과 Crack 발생 전에는 0초~60초 사이의 측정시간동안 약 4.5~5.5m/s² 의 측정값을 확인 할 수 있다.

하지만 Fig.5에서 나타난 것 처럼 Crack 발생 예측시점

인 10초~12초 이후에는 약 $5.5\sim 7.0m/s^2$ 의 측정값을 확인 할 수 있다.

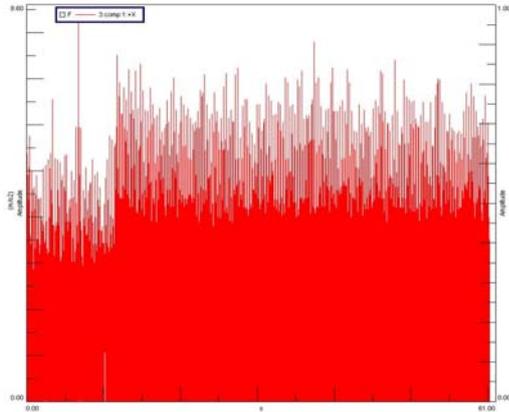


Fig.5 Accelerometer Signal after Crack

Fig.6~Fig.8 에서 알 수 있듯이 AE 센서의 측정 결과 Crack 발생 전의 측정 결과는 $-30 \sim +30mV$ 사이에서 일정한 파형을 확인할 수 있었고, Crack 발생 순간이라고 예상되는 구간에서의 이상신호는 약 $-120 \sim +120mV$ 의 큰 폭의 변화를 나타내었다. 그리고 이러한 신호 이후에는 약 $-50 \sim +50mV$ 로 일정한 파형이 측정되었지만 이것은 Crack 발생 이전의 신호보다는 약 1.5~2배 가량 증가한 수치임을 확인할 수 있었다.

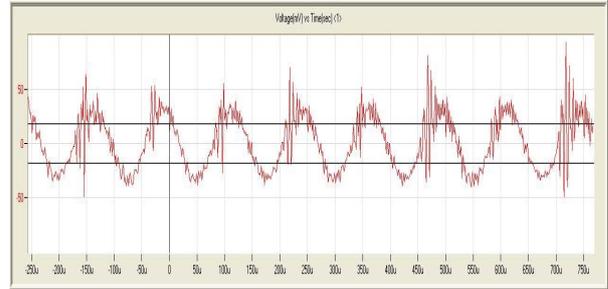


Fig.8 AE Voltage after Crack(Volt/Time)

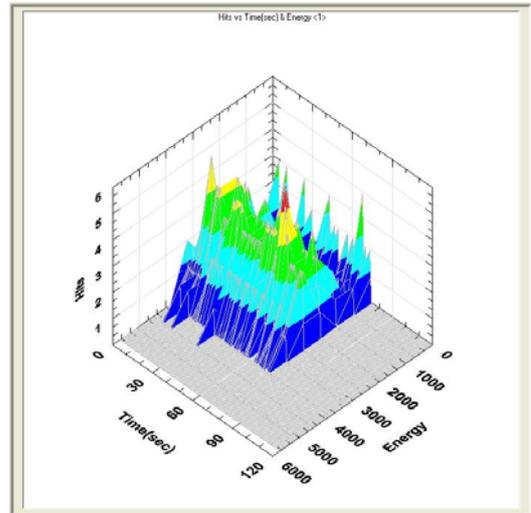


Fig.9 3D graph before Crack(Hit/Time/Energy)

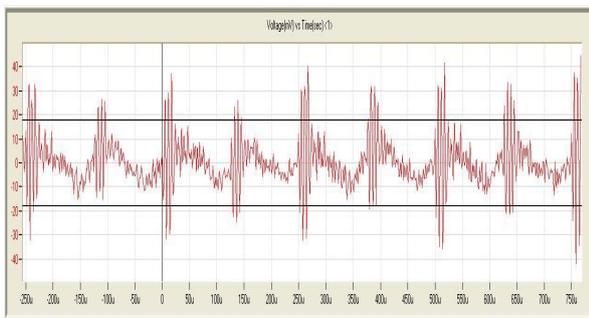


Fig.6 AE Voltage before Crack(Volt/Time)

발생 전에는 0초~60초 사이 모두 Hit수는 5미만, Energy는 4000이하로 측정되었다. 반면에 Fig.10에서 확인할 수 있듯이 Crack 발생 후에는 Hit수는 5미만으로 변함이 없지만, Energy는 Crack 발생 예상시점인 10초~12초 사이에 3000~6000사이로 측정되었다.

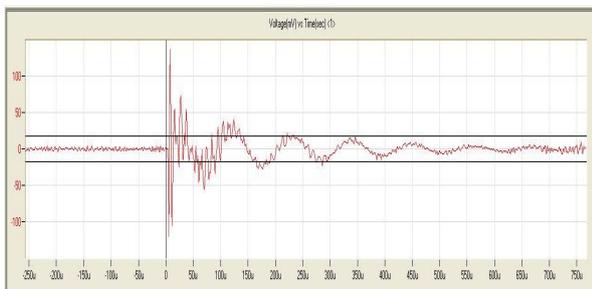


Fig.7 AE Voltage at Crack(Volt/Time)

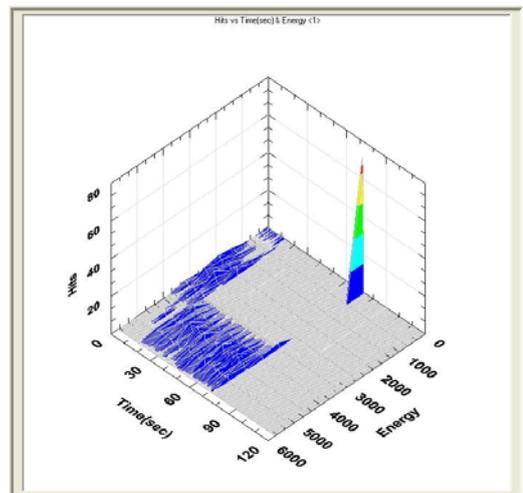


Fig.10 3D graph at Crack(Hit/Time/Energy)

Hit/Time/Energy의 3D 그래프를 확인해본 결과 Crack

4. 결 론

AE 센서를 이용한 음향방출법과 가속도센서를 이용한 방법을 사용하여 시편의 Crack 신호를 분석하였다.

- 1) 가속도계를 이용하여 측정한 실험 결과, Crack이 발생한 시점을 확인 할 수 는 있었지만, 이것을 확인하기 위해서는 시편을 시험 장치에 장착하여 반복하중을 주는 동안 계속하여 측정과 저장을 위해 일정 시간마다 프로그램을 반복해서 조작해야 한다는 단점이 있었음.
- 2) AE센서를 이용한 방법으로는 측정을 시작함과 동시에 Crack이 발생하기 전까지 자동으로 시험결과가 저장 되는 프로그램을 사용하여 시험하였기 때문에 시험자의 조작이나 시간적 제약이 없이 확인 할 수 있는 장점이 있었음.
- 3) 이것을 응용하여 재료 내부에 미세균열이 발생하였는지, 어느 정도 성장하였는지에 대한 판단도 가능하게 될 것이고, 더 나아가서는 미세 크랙이 발생한 위치도 비교적 정확하게 찾아 낼 수 있을 것이다.

후 기

본 실험을 진행 하면서 피로 파괴에 대한 신호 특성을 연구하는 과정에서 가속도 센서와, AE 센서가 상호 보완 관계에 있는 것은 확인 할 수 있었다. 추후에는 가속도 센서와 AE센서가 피로 파괴 신호분석에 있어서의 관계를 어떤 방법으로 활용 할 수 있는지에 대한 연구가 필요하다.

또한 배기계에 대한 연구를 지속하여 고온에서의 피로 파괴에 대한 신호를 감지하고 분석할 수 있는 연구 또한 필요하다.

참 고 문 헌

- (1) 최정환 등, 2006, “AE(Acoustic Emission) 기법을 통한 재료 피로파괴 감지 장치 개발”, 추계학술대회논문집, 한국자동차공학회, pp1743~1747
- (2) 정희돈, 1994, “음향방출법의 공학적 이용을 위한 기초”, 대한기계학회지, 제34권 제1장
- (3) 오광환 등, 2003, “피로균열진전에 따른 304강의

음향방출 거동”, 추계학술대회논문집, 대한기계학회, pp213~219

(4) T.M.Proctor, Jr.,1982, "An Improved Peizoelectric Acoustic Emission Transducer", J. Acoust. Soc. Am., Vol.71, pp1163~1168

(5) 이감규 등, 2004, “AE 신호를 이용한 회전형 압축기의 이상상태 감시.”, 한국공작기계학회 논문집, pp118~123