

# 실험적 방법을 이용한 자동차 부품의 고장신호 분석, Part 2 – 부품별 이상 신호 분석

## Fault Signal Analysis of the Automotive Components using Experimental Method, Part 2 - Consideration of the Component Signals

이해진\*·박원식\*·이유엽\*\*·오재응†

Hae-Jin Lee, Won-Sik Park, You-Yub Lee and Jae-Eung Oh

**Key Words :** Fault signal(고장신호), Coherence analysis(기여도 분석), RMS(실효치), Crest factor

### ABSTRACT

자동차의 고장은 그 종류나 특징 면에서 다양하게 나타나게 되므로 자동차의 진단과 점검에는 많은 노력과 비용, 시간이 소요되며 운전자에 의한 정보를 기대하기 힘든 경우에는 진단이나 정비과정에 많은 어려움을 겪게 된다. 따라서 본 연구에서는 운전자에 의한 일반적인 정보와 진동·소음 센서에 의한 정보의 신호처리기술을 종합하여 자동차 부품의 이상 신호 분석을 하였다. 그리고 정상 상태 대비 이상 신호에 따른 진동·소음 데이터 변화율을 계산하여 작동 모드 별 실내 음압에 영향을 미치는 신호 및 해당 주파수 특성을 분석하였다. 이에 따라 자동차 정비 전문가 시스템 구축을 위한 기초 연구로 엔진부의 이상 신호와 각 부품 별 이상 신호로 나누어 분석하여 데이터 처리 과정 및 이상 증상 별 경향 파악에 본 연구의 목적을 둔다.

### 1. 서 론

이전 연구(Part1)에서는 자동차 정비 전문가 시스템 구축을 위한 기초 연구로 한 차종에 대해 전체 이상 증상 중 엔진부에 대한 이상 증상 별 진동·소음 데이터를 측정하여 통계분석 및 기여도 분석을 수행하였다. 본 연구를 통해 자동차 고장 진단을 위한 데이터 처리 과정 및 이상 증상 별 경향을 파악함으로써, 추후 다양한 차량에 대해 시험을 수행하여 데이터 베이스가 구축 된다면, 보다 쉽고 객관적인 정비가 이루어 질 것으로 사료된다.

### 2. 이상 증상 및 발생 원인

본 절에서는 자동차의 부품 중 점화플러그, 타이밍벨트 차축베어링, 머플러의 이상 증상에 대한 증상 원인 및 측정 방법에 설명하고자 한다. 이들의 이상 신호 측정을 위한 시험 모드는 첫째, 점화플러그 고장 모드, 둘째로 벨트의 고장유무, 셋째 차축베어링의 고장유무, 마지막으로 머플러의 고장 여부에 따른 시험특성 및 발생하는 현상에

대해 수행하였다. Part 1 에서 언급한 바와 같이 정비 전문가의 조언에 따라 시험 모드를 구축 하였고, 시험 환경은 배경소음이 작은 밤 11 시부터 정비 회사 주차장에서, 측정 차량은 국내에서 생산된 1300cc 급 승용차로 주행 거리는 약 16 만 km 이다. 각 지점에 소음 측정을 위한 마이크로 폰(B&K 4189)과 진동 측정을 위한 가속도 센서(B&K 4517)를 부착하여 근접 신호를 측정하였고, 자동차 실내 운전석의 귀 높이에 마이크로 폰(B&K 4189)을 설치하여 실내 소음을 측정하였다. 모드 별 시험은 상호 독립적으로 수행하였다.



(a) Belt (b) Ignition Plug (c) Hub bearing

**Fig. 1 The location of sensors for measurement of signals**

#### 2.1 점화플러그

점화 플러그는 연소실에 각기 장착되어 있으며 연소실에 유입된 혼합가스를 점화플러그의 양극과 음극 사이에서 전기 불꽃을 일으켜, 이 불꽃을 기점으로 엔진에 공급된 연료의 연소를 시작시키는 부품이다. 특히 가솔린 엔진에서 점화플러그의 기능은 매우 중요하다. 납이 포함된 유연 가솔린을 사용할 때는 납이 퇴적되면서 점화플러그에 이상

† 교신저자; 한양대학교 기계공학부

E-mail : jeoh@hanyang.ac.kr

Tel : (02) 2220-0452, Fax : (02) 2294-8294

\* 한양대학교 대학원 기계공학과

\*\* 호원대학교 기계자동차공학부

이 생기는 경우가 많았지만, 무연 가솔린을 사용하는 요즘엔 전기 방전에 의한 점화플러그 전극의 마모가 점화플러그 고장의 주요 원인이다. 시동시에만 필요한 것이 아니고 엔진이 가동되기 위해서는 꼭 필요한 부품인데 사용하다 보면 저항 값이 증가되고 플러그 간극도 틀어져 정상적인 불꽃 방전을 일으키지 못하면 시동지연, 시동 꺼짐, 엔진부조, 연료소모증가, 매연증가 등 엔진에 이상징후가 발생된다. 또한 엔진의 공회전 상태가 불안하고 출력이 떨어지며, 가속할 때 차량에 진동이 생기기도 한다. 따라서 점화플러그의 고장을 가정하기 위하여 1 개의 점화플러그를 제거, 2 개의 점화플러그를 제거하여 실험을 수행하였다.

## 2.2 타이밍 벨트

엔진에서 가장 중요한 부품 가운데 하나로, 크랭크축에 장착된 타이밍기어와 캠 축에 장착된 타이밍기어를 연결해 주는 벨트이다. 엔진에 흡입되는 공기와 연료의 혼합가스가 연소할 때 배기가스의 흡입·배기가 제대로 이루어지도록 크랭크축의 회전에 따라 일정한 각도를 유지하며, 밸브의 열림과 닫힘을 가능하게 하는 캠 축을 회전시키는 역할을 한다. 그밖에 오일펌프와 같은 보조기기를 구동할 때도 이용된다. 이 과정에서 벨트와 풀리 간의 접촉충돌현상으로 벨트 소음이 발생되고, 종류는 고무벨트가 가장 많고, 쇠로 만든 체인·기어 형식도 있다. 벨트가 노후화되면서 느슨해지면 점화 시기가 부정확해지고, 엔진 출력이 저하된다. 특히 벨트에서 발생하는 소음특성은 음질이 특이하며, 본 연구의 실험에서는 정상적인 타이밍 벨트와 손상된 벨트의 경우에 대하여 수행하였다.

## 2.3 허브베어링

허브베어링의 이상증상은 “응--” 또는 “쿵--” 하는 소음이 연속적으로 발생하는 증상을 보이게 된다. 베어링이 마모되어 고장 나는 원인은 대개 다음과 같은 경우이다. 우선 베어링을 허브에 장착 시 유격이 전혀 없는 상태로 세계 조여있을 경우, 둘째로 베어링에 수분이 혼입되어 구리스가 변질 또는 말라붙는 현상, 마지막으로 휠 부분의 충격 또는 사고에 기인하여 베어링 또는 스핀들이 변형되거나 베어링이 찌그러지는 경우이다. 본 연구의 실험에서는 정상상태의 허브베어링과 충격이 가해져 파손이 일어난 허브베어링의 소음과 진동을 측정하였다.

## 2.4 배기계

배기계는 엔진 연소실 내의 가스폭발로 인하여 생성된 연소가스의 배출을 담당하는 부품으로 소음기와 배기관 등으로 구성된다. 배기계에서는 고온·고압의 배기가스 유동으로 인한 소음뿐만 아니라, 엔진진동에 의한 배기관의 진동현상 등이 다양하게 발생한다. 토출구의 방사음 및 배기계 표면의 방사음이 배기소음의 주요원인이며, 배기관의 지지점을 통한 진동전달로 차체의 실내소음에 악영향을 끼칠 수 있다. 본 연구의 실험에서는 Fig 2 와 같이 각각의 보조소음기와 주소음기에 물리적인 손상을 가하여 정상상태와 이상상태의 외부소음과 실내소음을 측정하였다.

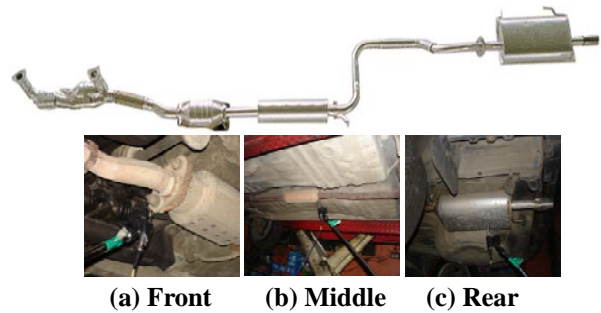


Fig. 2 The location of sensors for measurement of signals

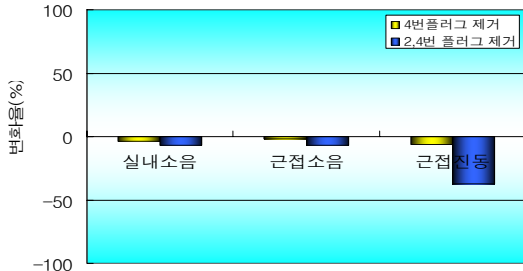
## 3. 이상 증상의 원인별 고찰

점화플러그, 타이밍벨트, 허브베어링, 배기계에서 발생하여 차실내로 전달되는 실내소음과 각 부품의 근접 진동 및 소음을 측정하여 이상 및 정상상태의 데이터를 분석하였다. Part1 과 마찬가지로 RMS 와 CREST FACTOR 를 이용하여 시험 모드 별 데이터간 크기 변화율을 분석하였고, 기여도 분석 및 스펙트럼상의 주파수 특성을 규명하여 이상증상 원인 별 관심주파수 대역을 선정하였다.

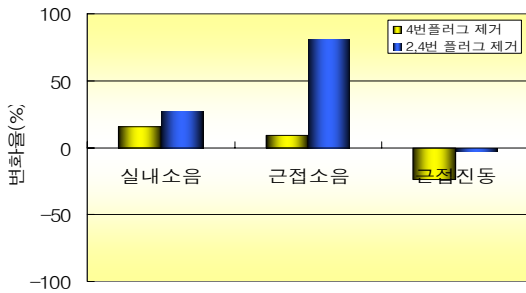
### 3.1 점화플러그

정상엔진에서 4 번 점화플러그의 고장을 가정하여 점화플러그를 제거하였을 때, 2,4 번 점화플러그를 제거하여 각 정상상태를 기준으로 오버올 레벨 변화 성향과 Crest Factor 의 성향을 분석하였다. 그 결과 오버올 레벨 성향은 Fig.3 과 같이 플러그를 제거할수록 소음 및 진동이 감소하는 것을 확인하였다. 반면 Crest Factor 의 성향은 반대의 결과를 나타내었다. 즉 전체적인 오버올 레벨은 감소하였지만 충격음이 발생하였음을 알 수 있

다. 또한 실내소음과 근접소음의 Coherence 의 고찰결과, 약 0~100Hz 의 저주파영역에서 기여도가 높은 것을 확인 가능하다. Coherence 와 Crest Factor 의 성향에 근거하여 근접소음이 실내소음에 영향 미치는 것으로 예상할 수 있다.



(a) The change rate of overall level



(b) The change rate of crest factor

Fig. 3 The statistics analysis of noise and vibration under Ignition Plug

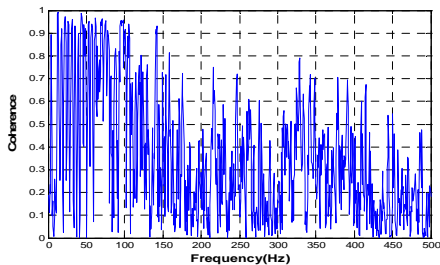
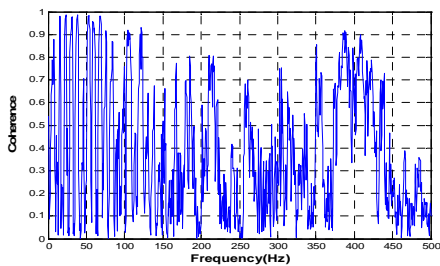


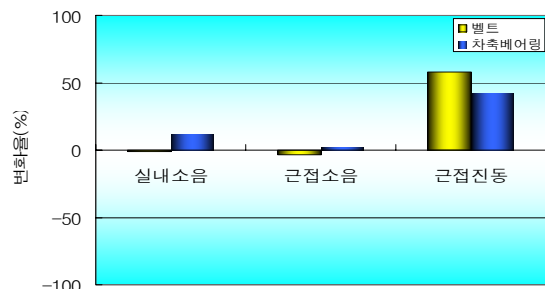
Fig. 4 The coherence between inside and outside noise

### 3.2 점화플러그

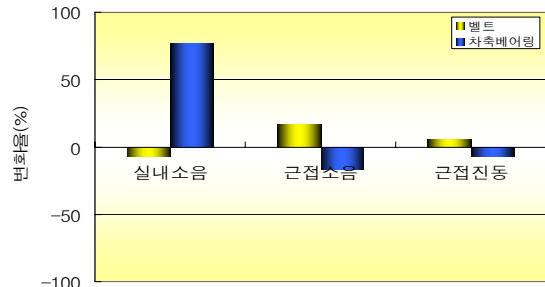
Fig.5 에서와 같이 벨트에 결함이 있을 때, 실내 및 근접소음은 감소하였지만 진동은 증가하는 경향을 보인다. 반면 Crest Factor 의 경향은 근접소음 및 진동은 증가하였지만, 실내소음은 감소하였다. 결과적으로 벨트의 결함 시 진동은 커지지만 소음은 감소하며, 근접소음 및 진동의 신호가 충격이 심해지지만 실내에서는 오히려 충격음이 감소하는 결과를 나타내었다. 그리고 실내소음과 근접진동의 Coherence 분석결과, 벨트의 작동주파수의 하모닉 성분에서 높은 값을 나타내었다. 이는 벨트의 회전주파수에 따른 진동이 실내소음에 영향을 미치는 것임을 알 수 있다.

### 3.3 허브베어링

허브베어링의 결함 시, 오버올 레벨의 실내소음을 비롯하여 근접소음과 진동은 모두 증가하는 경향을 보인다. 하지만 Crest Factor 의 분석결과는 근접소음과 진동이 감소함에도 불구하고 실내소음의 Crest Factor 는 크게 증가하고 있다. 이는 차축베어링의 결함에 의한 진동이 실내소음의 오버올 레벨 및 Crest Factor 에 영향을 미쳤음을 확인 할 수 있다. 그리고 실내소음과 근접진동의 Coherence 의 결과는 벨트의 결과와 같이 베어링의 회전주파수의 하모닉 성분 값이 높게 나타났다. 실내소음의 Crest Factor 의 변화율이 큰 이유는 결함베어링의 회전주파수(약 22.5Hz)에 의한 충격음 때문임을 예상할 수 있다.

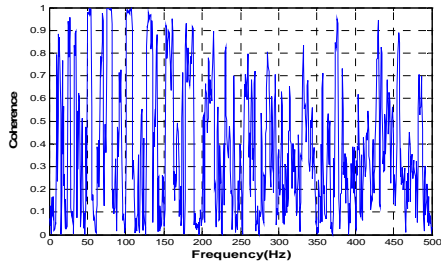


(a) The change rate of overall level

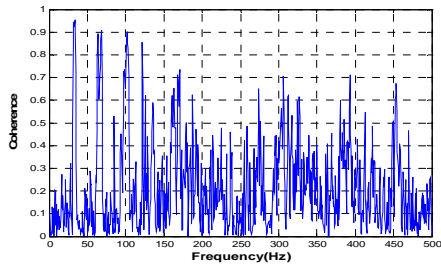


(b) The change rate of crest factor

**Fig. 5 The statistics analysis of noise and vibration under idle**



**(a) Timing Belt**

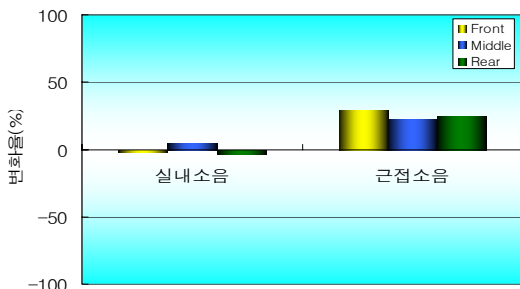


**(b) Hub Bearing**

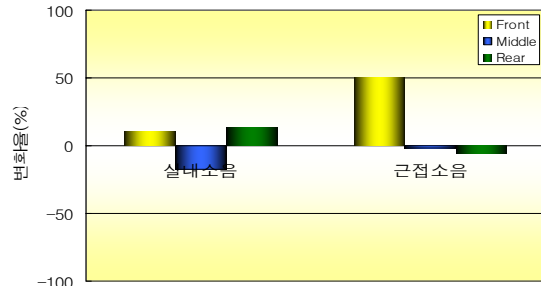
**Fig. 6 The coherence between inside noise and outside vibration**

### 3.4 배기계

배기계의 경우 높은 온도로 인하여 진동을 측정하지 않고 실내소음과 근접소음만을 측정하였다. 그 결과로서 배기계의 결함 발생시 근접소음의 오버울 레벨은 모두 증가하지만, 실내소음은 중간소음기의 결함을 제외한 나머지 부분에서는 감소하는 것을 알 수 있다. 또한 실내소음의 경향은 오버울 레벨과 Crest Factor의 경향과 반대로 나타났다. 특히 앞부분의 배기계에 결함이 발생하였을 때 근접소음의 오버울 레벨의 변화율이 약 40%임에도 불구하고, 실내소음의 변화율은 감소하였다. 이는 근접소음이 실내소음에 기여하지 않음을 의미한다



**(a) The change rate of overall level**



**(b) The change rate of crest factor**

**Fig. 7 The statistics analysis of noise and vibration under idle**

## 4. 결론

본 연구에서는 자동차 정비 전문가 시스템 구축을 위한 기초 연구로 한 차종에 대해 이상 증상별 진동·소음 데이터를 측정하여 통계분석 및 기여도 분석을 수행하였다. 전체 이상 증상 중 점화플러그, 타이밍벨트, 허브베어링, 배기계에 대한 실험 및 데이터 분석 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 엔진의 점화플러그 제거시험에서 플러그를 제거할수록 소음 및 진동이 감소하였으나, Crest Factor의 성향은 반대의 결과를 나타내었다. 특히, 실내소음과 근접소음의 Coherence의 고찰결과, 약 0~100Hz의 저주파영역에서 기여도가 높은 것을 확인하였으며, 근접소음이 실내소음에 영향 미치는 것으로 예상할 수 있었다.
- (2) 타이밍 벨트와 허브베어링의 결함에 따른 시험 결과 각 부품 별 회전주파수에 따른 결함 특성을 보였다.
- (3) 배기계의 결함에 따른 시험 결과, 근접소음이 모두 증가함에도 불구하고, 실내소음에는 크게 영향을 미치지 않았다.

## 참고문헌

- (1) 오재응 등, 1993, "부품 고장 On-Line 진단 시스템 개발, 연구보고서", 한양대학교, 3장.
- (2) 신준, 1990, "Fuzzy 추론에 의한 자동차 고장 진단 전문가 시스템의 개발", 한양대학교 석사학위 논문..
- (3) 사중성 등, 2006, 자동차의 진동소음의 이해, 청문각.