

# 웨이블릿 주파수분석을 통한 고속철도차량 감속구동장치 이상 진단방법의 실험적 고찰

## Experimental Investigation for the Fault Diagnosis Method of High-speed Railway Reduction Unit with Wavelet Frequency Transform

\*#지해영<sup>1</sup>, 이강호<sup>2</sup>, 문경호<sup>2</sup>, 이웅용<sup>2</sup>, 이동형<sup>2</sup>, 김재철<sup>2</sup>

\*#H. Y. Ji(young0085@krri.re.kr)<sup>1</sup>, K. H. Lee<sup>2</sup>, K. H. Moon<sup>2</sup>, W. Y. Lee<sup>2</sup>, D. H. Lee<sup>2</sup>, J. C. Kim<sup>2</sup>

<sup>1</sup>과학기술연합대학원대학교 철도시스템공학과, <sup>2</sup>한국철도기술연구원

Key words : Wavelet transform, Fault diagnosis, Gear specimens, High-speed railway

### 1. 서론

고속철도차량의 감속구동장치는 구동모터의 회전력을 차륜에 전달하는 핵심장치로써, 1차 감속장치(Motor reduction unit)와 2차 감속장치(Axle gear-box reduction unit) 그리고 두 감속장치의 동력전달 역할을 수행하는 동력전달축(Tripod joint shaft)으로 구성되어 있으며, 주행 시 감속구동장치에 가해지는 부하가 매우 크기 때문에 기어의 안전성 및 내구성, 각 부품의 신뢰성 등이 매우 중요하다[1].

현재 국내의 결함상태확인 은 수동적으로 수행되어지고 있으나, 운행 중 고장이 발생되고 있는 실정이다. 이로 인해, 고속철도차량 감속구동장치의 결함상태를 상시 감시할 수 있는 모니터링시스템기술개발이 요구되어지고 있다.

기어의 결함진단방법으로는 진동신호를 이용한 측정 및 분석기술이 많이 사용되며, 본 논문에서도 기어시편(Gear specimens)을 이용한 진동신호측정을 기반으로 실험하였다. 신호처리방법은 주파수특성분석을 주로 다루었으며, 주파수특성분석 방법 중 웨이블릿변환(Wavelet transform)을 이용하였다. 웨이블릿 주파수분석은 시간-스케일변환이 가능하여 시간에 따른 주파수 변화를 알아낼 수 있으므로 신호에 대한 정밀분석방법으로 용이하게 사용된다[2]. 그러므로 시편테스트를 이용하여 임의의 결함상태에서 진동측정을 통해 차후 고속철도차량 감속구동장치의 결함진단 모니터링시스템방법으로의 적합성을 검토하였다.

### 2. 진동측정

감속구동장치에서 2차 감속기 내부는 2개의 평기어(Spur gear)가 맞물려 있는 형태로 구성되어있

으며, 이와 비슷한 구성으로 평기어 2개를 맞물린 시편시험기를 구동 최고속도인 500RPM 및 토크값을 5kgf·m으로 구동시켜 다음 Fig. 1과 같이 RPM 구동축 기어부분과 토크(Torque) 제어축 기어부분 중 토크제어축 부분에 진동센서를 부착하여 실험하였다.

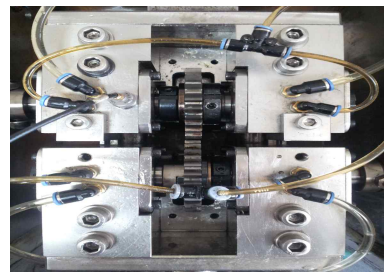


Fig. 1 Gear specimens test

위 Fig. 1에서 상단부분이 토크제어축 기어부분이며, 하단부분이 RPM 구동축 기어부분이다.

기어는 다음 Fig 2와 같이 기어이빨의 한 부분에 임의로 파손상태를 만들어 토크제어축 기어부분에 설치하여 진동을 측정하였다.

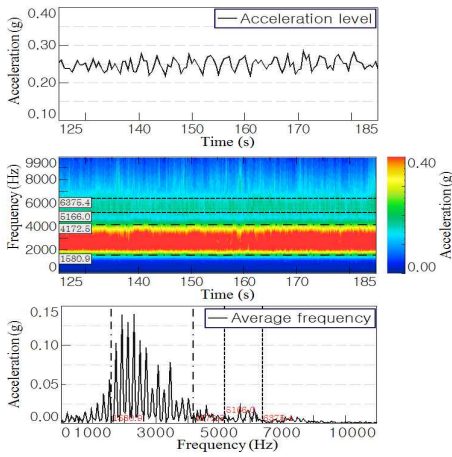


(a) Crack 2mm (b) Crack 4mm

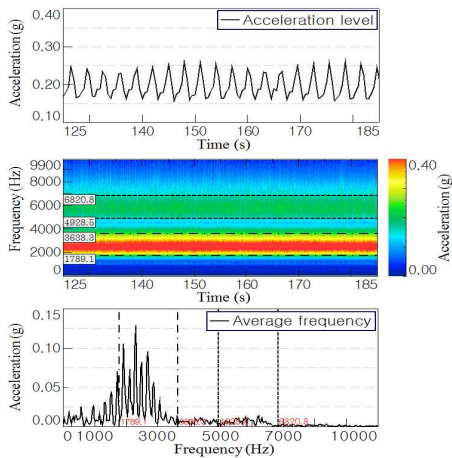
Fig. 2 Test gear conditions

### 3. 결과

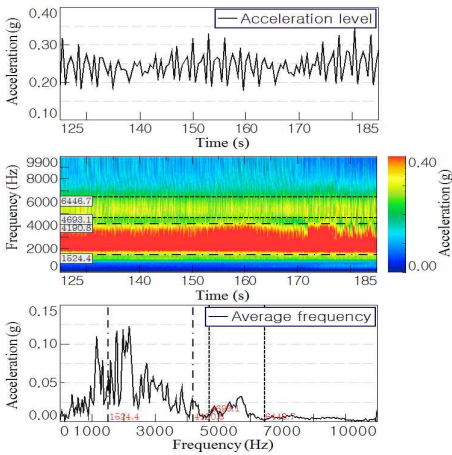
토크제어축 기어의 파손상태별 진동특성분석 결과는 다음과 같다.



(a) Normal condition



(b) Crack 2mm condition



(c) Crack 4mm condition

Fig. 3 Results of vibration characteristics analysis

위 측정결과와 같이 정상상태인 (a)의 결과와 약간의 파손이 일어난 상태인 (b)의 결과에서는 테스트에 사용한 두 평기에 맞물림상태에서의 주요주파수대역은 웨이블릿분석결과와 진동신호의 평균주파수분석과 비슷한 대역에서 발생되는 것을 확인할 수 있으나, 더욱 고주파수 대역인 약 6000Hz대역에서 나타나는 주파수 특성은 일반 주파수분석으로는 문제가 생기는지 판단하기 어렵다. 그러나 기어의 파손상태가 더 깊은 (c)의 결과에서처럼 기어이빨이 부러지기 가까운 상태까지 도달해야 일반 주파수분석에서도 특성이 나타나는 것을 알 수 있었다.

#### 4. 결론

고속철도차량의 감속구동장치는 차량운행에 있어 핵심장치로써, 고장의 위험으로부터 벗어나 조기 이상진단을 위해 본 논문에서 시편시험을 통해 기어의 진동특성을 분석하였다. 그 결과 일반 FFT(Fast Fourier Transform) 주파수분석보다는 웨이블릿 주파수분석을 통해 기어의 이상발생 시 고주파수영역에서 특성이 나타나는 것을 알 수 있었다. 이를 통해 특히 실제 철도차량의 운행 중 속도의 변화 및 모터의 회전력 전달 등의 여러 가지 이유로 시간에 따른 변화 감지에 용이하고 기어의 파손이 일어났을 때 정밀하게 감지하기 위해서는 웨이블릿 주파수분석방법이 더욱 적합한 것으로 판단된다.

#### 참고문헌

1. 지혜영, 이강호, 김재철, 이동형, 문경호, “고속 철도차량 감속구동장치의 이상진단을 위한 진동특성분석”, 한국철도학회논문집, **16** (1), 66-31, 2013.
2. 이승훈, 윤동한, “제2판 알기쉬운 웨이블릿 변환”, 진한도서, pp. 90.