

# 고속철도차량 감속기 결함진단을 위한 기어의 진동특성 분석 Analysis of Vibration Characteristics of Gear to Diagnose the Fault of Reduction Unit For High-Speed Train

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

\*#J.C.Kim<sup>1</sup>(jckim@krii.re.kr), K. H. Lee<sup>1</sup>, H. Y. Jee<sup>2</sup>, K. H. Moon<sup>1</sup>, D. H. Lee<sup>1</sup>,  
<sup>1</sup>한국철도기술연구원, <sup>2</sup>한국연합기술대학원

Key words : Railway System, Reduction Unit, Fault diagnosis, Kurtosis

## 1. 서론

철도차량의 감속기는 구동모터의 회전력을 차륜에 전달하는 주요한 장치로서, KTX차량과 같이 고속운행 시 감속기에 가해지는 부하가 매우 크기 때문에 차량의 주행 안전성 확보를 위해서는 감속기에 대한 안전성 및 내구성은 매우 중요하다. KTX감속기의 주요 고장원인 중 하나는 기어 내부의 접촉피로 손상에 의한 기어결함에 의한 고장으로 나타나고 있다[1]. 이러한 기어의 결함을 조기에 발견하여 감속기 고장에 의한 피해를 미연에 방지하기 위해서는 결함을 조기에 진단할 수 있는 시스템이 요구된다.

따라서, 본 연구에서는 고속철도차량 감속기의 진동신호를 이용하여 결함을 진단하기 위한 시스템 개발을 위해서 진동 파라미터를 분석하였다.

## 2. KTX차량 감속기 기어 진동파라미터 분석

고속철도차량 감속구동장치는 그림1과 같이 1차, 2차 감속구동시스템으로 구성되어 있다. 진동 측정은 기어박스에서 측정하였으며, 진동신호의 처리는 기어의 결함진단에 많이 사용되는 무차원 파라미터인 파고율(Crest factor)과 첨도(Kurtosis)를 이용하였다[2,3].

### 2.1 실물 시험기에 의한 진동파라미터 분석

차량 주행 시 차륜/레일에 의한 진동의 영향이 배제된 상태에서 감속기만의 진동상태를 파악하기 위해서 그림1과 같이 감속기 실물 시험기를 통해서 진동 파라미터를 분석하였다. 측정용 감속기는 KTX차량의 2차측 감속기를 이용하여 진동을 측정하였으며, 가속도계 부착위치는 기어박스 중앙, 입력측 기어를 지지하는 베어링 기어케이스

및 출력측 베어링 기어케이스 각 3지점에 센서를 부착하였으며, 회전수는 축 지지대에 포토센서를 부착하여 측정하였다. 시험조건은 최고속도(300km/h)와 여러 부하조건(1000Tor, 2000Tor, 3000Tor)에 대한 속도변화에 따른 시험을 수행하였다.

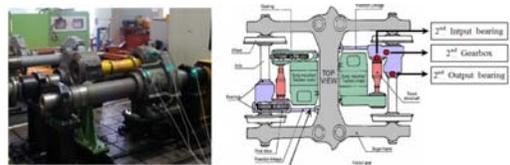


Fig. 1 Detail and measuring positions of reduction unit for KTX.

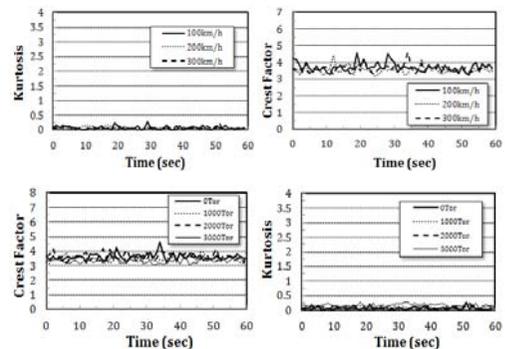


Fig. 2 Test results of reduction unit for KTX.

그림2는 무부하상태의 속도변화 와 부하조건에 따른 파고율과 첨도값을 나타내고 있다. 결함이 없는 정상상태의 감속기 기어는 속도 및 부하조건에 관계없이 파고율은 약 3-4, 첨도는 1이하의 레벨을 나타내는 것을 알 수 있다.

### 2.2 실차시험에 의한 진동파라미터 분석

현재 운행 중인 KTX-II차량의 감속기에 대한 진동 파라미터 분석을 위해서 감속기 1차, 2차 기어 박스에 가속도 진동센서를 설치하여 경부고속철도 구간에서 진동을 측정하였다.

그림3은 경부고속철도구간에서 측정된 결과를 이용하여 분석한 파고율과 침도에 대한 결과를 나타내고 있다. 실물 시험기의 결과보다 순간적으로 높은 값을 나타내고 있고 있는 부분이 있지만, 거의 유사하게 파고율은 약 2~4, 침도는 1이하의 레벨을 나타내는 것을 확인 하였다.

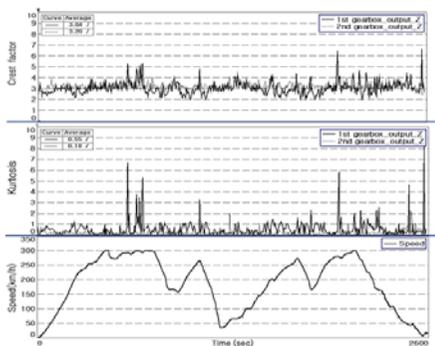


Fig. 3 Test results on gearbox of reduction unit for KTX-II in operating line.

### 3. 시편 시험을 이용한 결함기어의 진동파라미터 분석

#### 3.1 시험 조건 및 방법

실제 KTX차량에 결함이 있는 감속기를 부착하여 운행하는 것이 불가능하기 때문에 기어시편 시험기를 이용해서 기어의 결함상태에 대한 진동 파라미터의 특성을 분석 하였다.

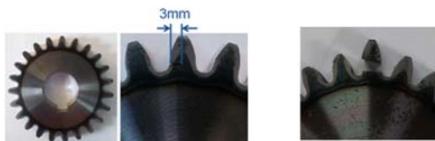


Fig. 4 Specimens of cracked and broken gear

기어 시편은 그림4와 같이 총 5mm 길이의 정상 기어에 인위적으로 3mm의 구부 결함을 만들고, 한 개의 기어를 파손하였다 시편시험 조건은 5 kg.m의 토크를 적용하여, 회전속도를 각각 100rpm, 300rpm, 500rpm으로 제어 하였다.

#### 3.2 시험 결과

그림5는 정상 및 결함시편의 각 회전속도에 대한 파고율과 침도를 나타내고 있다. 정상시편의 경우 위의 시험 결과와 동일하며, 크랙이 발생하면 파고율은 5~6, 침도는 3~4정도의 레벨, 파단이 발생하면 대략 파고율은 10이상, 침도는 100이상의 레벨까지 증가하는 것을 알 수 있다. 또한 이 결과로부터 파고율보다는 침도가 기어결함에 대해서 더욱 민감하게 증가하는 것을 확인 할 수 있다.

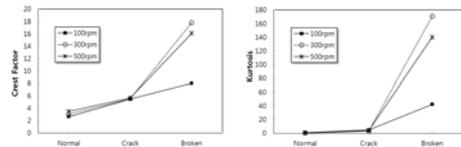


Fig. 5 Comparison between results of normal and faulty gear

### 3. 결론

(1) 고속철도차량용 감속기에 대한 실물 시험과 실차시험을 통해서 열차의 운행속도 및 부하조건에 상관없이 결함이 없는 경우 파고율은 2~4정도의 레벨, 침도는 1이하의 레벨을 유지하는 것으로 나타났다.

(2) 기어시편 시험결과로부터 기어에 크랙이 발생하면 파고율은 5~6, 침도는 3~4정도의 레벨, 한 개의 기어에 절손이 발생하면 대략 파고율은 10이상, 침도는 100이상의 레벨까지 증가하는 것을 알 수 있다. 또한 두 결과를 비교하면 파고율보다는 침도가 기어결함에 대해서 더욱 민감하게 증가하는 것을 확인 하였다. .

### 참고문헌

1. D.W. Jung, Y.Y. Lee, E.S. Kim, "A study of maintenance measures of the KTX decelerator", The Korean Society for Railway Annual Spring Conference, 1191-1197, 2009.
2. K.H. Park, J.H. Kim, S.K. Kim, J.M. Lee, Automatic diagnosis of defects in roller element bearings, Journal of Korean Society for Noise and Vibration Engineering, 5(3), 353-360, 1995.
3. Toyota Toshioh, "Diagnosis method of rotating machinery", Japan Plant Maintenance Society, 48-49, 1991.