

고속철도 차량용 감속기 손상진단 기법 연구 A Study on the Damage Diagnosis of Driving Gear System in the High-speed Train

* #이찬우¹, 이동형¹

*#C. W. Lee¹(cwlee@krri.re.kr) , D. H. Lee²

¹한국철도기술연구원 고속철도연구본부

Key words : Damage diagnosis, Driving gear system, High-speed train

1. 서론

(돋움체 10pt 또는 Times New Roman 10pt)

고속철도 차량용 감속기는 구동모터의 회전력을 차륜에 전달하는 장치이며, 차량을 주행 시키기 위하여 고속회전을 해야 하는 차량의 핵심장치이다. 고속철도 차량인 KTX 차량 감속기는 1차 감속장치(motor reduction unit)와 2차 감속장치(axle gear box reduction unit) 그리고 두 감속장치의 동력 전달 역할을 수행하는 동력전달축(tripod joint shaft)으로 구성되어 있다. 이 감속장치는 고속 주행 시 감속 구동장치에 가해지는 부하가 매우 크기 때문에 기어의 안전성과 내구성이 필요하고, 각 구성 부품의 신뢰성이 매우 중요하다. 고속 차량인 KTX의 감속기 구조는 Fig. 1과 같다. 고속차량용 감속기는 결함 발생 시 차량 운행을 중지해야 할 만큼 중요한 장치이므로 감속장치의 손상 상태를 진단하는 일은 매우 중요한 일이다. 본 연구에서는 고속차량용 감속장치의 주요 손상 사례 및 진단 기법을 소개하고자 한다.

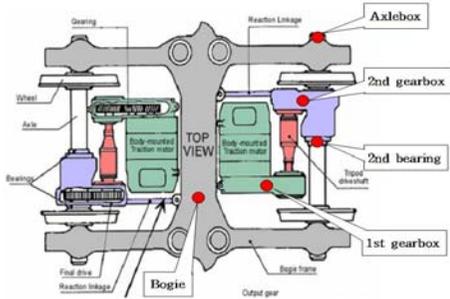


Fig. 1 Driving gear system of KTX

2. 감속기 주요 손상 사례 및 진단 기법

고속차량용 감속기에서 발생하는 주요 손상은

기어의 피로손상, 베어링 손상, 조립구성체를 지지해 주는 볼트나 지지대 손상, 축 손상 및 윤활 불량 등이 있다. 이와 같은 감속기 손상은 이상소음 및 진동 발생, 온도 상승 및 누유 등의 이상 상태를 발생하게 된다. 고속철도 차량의 감속기는 축의 회전 속도 범위가 광범위하고 차륜과 레일의 구름 접촉에 의해 발생하는 진동 및 소음, 대차 및 차체의 진동 등이 복합적으로 전달되므로 이에 대한 손상 사례를 진단하는 진단 기법이 일반 산업 구조체의 진단 기술을 적용하기는 매우 어려운 문제가 존재하고 있다. Table 1은 감속기 손상에 따른 이상 상태 모니터링 항목 및 검출 가능한 손상 사례를 보여주고 있다.

Table 1. Damage cases and diagnosis methods of driving gear system

Diagnosis	Temperature monitoring	Vibration analysis
Bearing clearance	●	
Bearing damage	●	●
Bearing misalignment	●	●
Bearing wear	●	●
Bearing bad depth	●	
Gear wear		●
Gear damage		●
Assembling precision mismatch		●
Shaft breakage		●
Other substances mixed	●	●
Poor lubrication	●	
Lubricant viscosity bad	●	
Gear teeth damage		●
Excessive load	●	
Thermal expansion	●	

Table 1에서 보는 바와 같이 감속기 손상사례에 대하여 대표적인 진단 기법인 온도 모니터링 기법을 통해서서는 베어링 클리어런스 문제, 윤활유 점도 및 윤활 문제, 방열 불충분 또는 열에 의한 기계적 변형, 베어링 예입량 불량, 과도한 하중 작용, 베어링 손상, 베어링 정렬 불량, 베어링 마모 및 이물질 혼입에 대한 것을 모니터링 하여 진단할 수 있다. 또 다른 진단 기법인 진동 분석을 통해서서는 베어링 손상, 베어링 정렬 불량, 베어링 마모, 이물질 혼입, 기어 마모, 기어 파손, 기어 치면 손상, 조립 정밀도 불량, 부품 공진 및 축 파손 등과 같은 손상 진단을 할 수 있다. 또한 Table 1에서는 제시되지 않았지만, 감속기 이상에 따른 손상 진단 기법 중의 하나가 바로 윤활유 이상 상태 및 진단 기술이다. 일반적으로 기계류의 원활한 작동을 위해 사용되는 윤활유는 기계장치의 사용에 따라 변화하는 다양한 내부 환경 변화를 포괄적으로 함유하기 때문에 윤활유 시료 채취를 통한 감속기 기계 장치 내부 변화를 평가할 수 있다. 윤활유 시료 채취를 통한 오일 열화 분석 방법은 오일의 점성 변화를 분석하여 감속기 회전체를 구성하고 있는 축, 기어, 베어링 등에 대한 파손에 영향을 줄 수 있는 수준을 진단할 수 있다. 또한 오일의 수분 혼입량을 평가하여 오일 점도 특성이 변화함에 따른 기계요소를 녹슬게 하는 문제를 예측할 수 있게 하고, 기어장치처럼 접촉에 의해 큰 힘을 전달하는 구조인 감속기에서는 기어 마모에 따른 철분 함유량 분석도 손상을 예방할 수 있는 주요 진단 기법이 되고 있다. KTX 차량의 감속기 내부 윤활유 수분 함유량은 1% 미만으로 관리되고 있고, 철분 함유량은 감속기어은 150ppm미만 그리고 모터 축은 200ppm 미만으로 관리하고 있는 상태이다.

3. 결론

본 연구에서는 고속차량 감속기의 손상사례 및 진단 기법을 KTX 차량에서 적용하고 있는 것에 비추어 제시하였다. KTX 차량 감속기의 손상 진단 기법은 크게 3가지로 실행되고 있다. 첫 번째가 감속장치에 대한 온도 감시 모니터링에 의한 진단 기법이 있다. 이 기법은 베어링 및 윤활관련 손상 진단에 적용되고 있다. 두 번째로는 진동 분석에 따른 진단 기법이다. 이것은 회전체에 대한 결함 검사를 진단하는데 유용하다. 이 진단 기법은 베어

링, 기어, 축 관련 손상 결함 판정에 많이 적용되고 있다. 마지막으로 감속기 윤활유 상태 모니터링 기법이다. 이 진단 기법으로는 감속기 내부에 혼입되는 수분 함유량 분석이나 회전체 마모에 따른 철분 분석 등을 통해 감속기 내부의 적정 성능을 발휘할 수 있는 환경상태를 진단하는데 주로 적용되고 있다.

후기

본 연구는 국토교통부의 고속열차용 감속기 모니터링 기술개발과제의 지원을 받아 수행되었습니다.

참고문헌

1. 김용기 외, “주요부품 실용기술개발: 감속구동장치 기술개발보고서”, pp. 16~36, 2004.
2. 이동형, 이찬우외, “고속열차용 감속기 모니터링시스템개발보고서”, pp 30~66, 2012.
3. 이찬우, 김형진, 이동형, “고속철도 감속기 내수분 및 철분 함유량 변화에 따른 상태진단 연구”, 한국정밀공학회 2012년도 춘계학술대회논문집.