

KTX 열차용 감속기 설계 수명 적정성 평가 연구

Design Life Adequacy Study of Reduction Gear System for KTX Train

이찬우*[†], 이동형*, 김형진*

Chan Woo Lee*[†], Dong Hyong Lee*, Hyeong Jin Kim*

Abstract The running gear system of KTX train is core equipment which operates the train. The running gear systems torque power which is generated from a traction motor to an axle gear of reduction unit. There is one reduction unit in each powered axle of KTX trains. Main equipment of the gear running unit is primary reduction gear, secondary reduction gear, tripod, case of reducer, bearing and suspension. In this study, the KTX vehicle's running gear systems for the actual life evaluation as measured in the actual operating speed of the vibration characteristics were analyzed.

Keywords : KTX(Korea Train eXpress), Running Gear Systems, Design Life, Actual Life

초 록 고속열차용 감속장치는 구동장치의 핵심장치이다. 국내에서 운행 중에 있는 KTX-1 및 KTX-II 감속장치는 모터용 감속장치와 차축용 감속장치 사이에 안전장치 역할을 해주면서 동력을 전달해 주는 트리포드로 구성되어 있다. 감속기 설계 내구 수명은 연간 600,000km를 20년간 주행하는 것으로 되어 있다. 하지만, 국내 고속열차 운행 노선은 기존선과 고속선로를 함께 운행함으로 인해 실제 감속장치의 수명은 설계 수명에 도달하기 이전에도 기어파손과 같은 중대 결함이 발생하고 있다. 본 연구에서는 고속열차용 감속기 설계 수명을 실제 운행 선상의 특성 등을 고려하여 설계 수명 주요인자 분석 및 재 산정을 위한 평가 항목을 간략하게 제시하였다.

주요어 : 한국형고속열차, 감속기, 설계수명, 실제수명

1. 개 요

국내에서 운행되고 있는 KTX 감속장치는 모터 감속장치(MRU), 차축감속장치(ARU), 트리포드(Tripode) 및 서스펜션 등으로 크게 구분할 수 있는 고속차량 동력전달장치이다. KTX-1제작사는 프랑스 글랜저사 이고, KTX-II는 독일 Voith사로, 이들 제작사의 감속장치 설계 수명은 60만km/년 20년으로 되어 있다. 현재 KTX 차량의 운행선은 기존선과 고속선을 함께 병행하고 있어서 설계 고려 시 고속선 중심 운행과는 다른 상태이다. 따라서 본 연구에서는 국내 운행여건을 고려하여 실제적인 감속기 설계 수명에 영향을 주는 주요 인자를 분석한 후 감속기 설계 수명 재 산정을 위한 검토항목 및 프로세스를 제시하였다.

2. 감속기 수명에 영향을 주는 주요인자 분석

[†] 교신저자: 한국철도기술연구원 첨단고속철도연구실(cwlee@krrri.re.kr)

* 한국철도기술연구원 첨단고속철도연구실

감속기 수명에 크게 영향을 주는 첫 번째 인자는 설계속도와 동하중 계수이다. KTX 감속기 최고운행 속도는 300km/h이고, 동하중 계수는 1.25이다. KTX 열차 속도는 관제에 의해 잘 관리되지만, 동하중 계수는 선로의 트림과 유지보수 상태에 따라 다른 값을 줄 수 있는 것으로, 이 값이 크면 감속기 발생 동력을 전달해 주는 베어링이나 기어 치면 손상을 유발하여 수명을 짧게 한다. 두 번째는 주요 구성품인 트리포드 수명에 영향을 주는 것은 견인토크와 제동 토크이다. 국내 KTX 운행 노선상 정차 역간 거리는 프랑스나 독일보다 짧고, 기존선 구간은 급 곡선부인 R400-R600 등이 많이 존재하여 잦은 감가속으로 인하여 트리포드 수명을 단축하게 하는 영향을 주고 있다. 세 번째는 국내 기후 특성에 의한 것으로, 겨울철 폭설에 의한 감속기 라비린스 씰링 주변에 눈이 쌓인 상태로 운행 되다가 주행 중 감속장치 온도 상승에 따라 눈이 녹아 감속장치 내에 수분 침투로 인해 감속기유 오염 도 상승에 따른 윤활기능 저하로 기어 수명 단축을 가져올 수 있는 것이 감속기 수명에 영향을 주는 주요 인자이다.

3. 운행 중 감속기 수명에 영향을 주는 주요인자에 따른 손상 사례

2004년 4월 KTX가 운행 된 이후 감속기 관련 고장 사례는 개통 초기인 2007년 까지 트리포드 크랙 현상으로 여러 건이 발생하였다. 당시 KTX-1 제작사인 알스톰사는 고속선 전용선 위주로 운행될 것으로 설계하였기 때문에 기존선 급 곡선부가 많은 선로를 운행함에 따라 해당 부품의 피로가 증가돼 파손 되었다고 주장한 바 있다. 2008년 8월에는 모터 감속기 과열로 인한 운행 중 고장 사례가 발생되었는데, 이 경우에는 모터 감속기 기어 치차의 소재 결함에 따른 손상이 발생한 경우이다. 2013년에는 KTX-II 차축 감속장치 기어 및 베어링 계통 손상이 발생함에 따라 이에 대한 원인규명 및 손상 해석을 제작사 중심으로 진행 하고 있는 상태이다.

4. 감속기 수명 재 산정을 위한 검토 항목 및 프로세스

감속기 수명 재 산정을 위한 주요 검토 항목으로는 MRU/ARU에 발생하는 실동응력, 진동, 충격 값 평가, 기어 장치에 작용하는 동적 하중 값, 감속장치 베어링 기어 및 트리포 등에 작용하는 실제 운행선상에서의 최대 토크 값 등을 우리나라 운행선상에서 직접 계측하여 설계 기준 값과 실제 계측 값을 우선적으로 비교 검증 할 필요가 있다. 이 후 감속기 다이내모 시험기를 통하여 설계 기준 값을 변화할 수 있는 대상품에 대해서는 설계 기준을 변화 시켜 재 설계를 하고, 이를 바꾸기 어려운 경우에는 감속기 장치 및 감속기 주요 구성품에 대한 설계 수명을 재 산정 검증 후 마지막으로 현차 신뢰성 시험 분석을 통해 확인해야 한다.

참고문헌

[1] M.S. Lee and Y.K. Kim, (2007) Improvement of structure to prevent water infiltration and oil leakage for reduction units of KTX, 2007 Spring Conference of the Korean Society for Railway, pp.20-25.