

KTX 감속구동장치 수분유입 및 누유 방지를 위한 구조개선 Improvement of Structure to Prevent Water Infiltration and oil leakage for Reduction Units of KTX

이민수* 김용기**
Lee, Min-Soo Kim, Yong-Kee

ABSTRACT

KTX is being operated on Kyung-Pu High Speed Railroad Line and Ho-Nam Railroad Line from April 2004. Reduction units is occurring water infiltration at heavy snow and oil leakage because of labyrinth structure. This paper describes design method and evaluation technology to improve structure to prevent water infiltration and oil leakage for reduction units of KTX. This reduction units need high power and high speed to run and they have to make optimal lubricant without change current interface.

1. 서 론

고속전철 대차용 감속구동장치는 전동기의 동력을 차량의 최적 운전 조건으로 변경하여 차륜에 전달하는 역할을 하는 주요 구성 품으로서 고속 주행성, 승차감, 차체의 수명 및 차량 안정성에 영향을 끼치는 핵심부품이다. 이러한 고속용 감속구동장치의 주요부품은 해외전문 업체에서 원천 기술을 보유하고 있으며, 기술 이전을 회피하고 있는 실정이다. 다이모스(주)는 과거 G7 감속구동장치 연구개발 과제를 통해 고속전철용 감속구동장치 독자 개발능력을 보유하고 있으며, 향후 국내 고속 전철 수요에 대응하고 수출 산업으로 기반을 확립하고자 본 연구를 수행하였다.

고속전철은 2004년 4월 이후 현재 상업운전 중에 있으며, 대한민국 교통을 선도하는 역할을 수행하고 있다. 하지만, 국내 지형은 TGV가 운행 중인 유럽 지형과는 매우 다르며, 호남선 및 경부선의 일부선로는 아직도 기존선로에서 운행 중에 있다. 따라서 본 연구는 현재 운행 중에 있는 KTX용 감속구동장치의 일부 문제점을 한국지형에 맞게 개선 보완한 내용을 실험적인 방법을 통해 입증하였다.

2. KTX 감속구동장치 구조 및 특징

240km/h가 넘는 고속전철에서는 고속주행에서의 승차감과 주행 안정성 문제가 크게 대두되어 견인 모터와 기어박스를 2차 현가장치(Secondary Suspension)로 이동시켜 차체에 장착하는 구조로 되어있다. 모터는 대차 내부공간에 배치하여 무게중심의 상승 등과 같은 역효과는 제거하였다.

KTX 대차용 감속구동장치는 그림 1과 같이 1차 감속장치, 2차 감속장치, 동력전달 축(트리프트샤프트) 및 서스펜션(리액션 암)등으로 구성되어 있다.

* 다이모스(주) 기술연구소 주임연구원, 비회원
 E-mail : mslee@dymos.co.kr
 TEL : (031)369-5088 FAX : (031)369-5012
** 다이모스(주) 기술연구소 수석연구원, 비회원

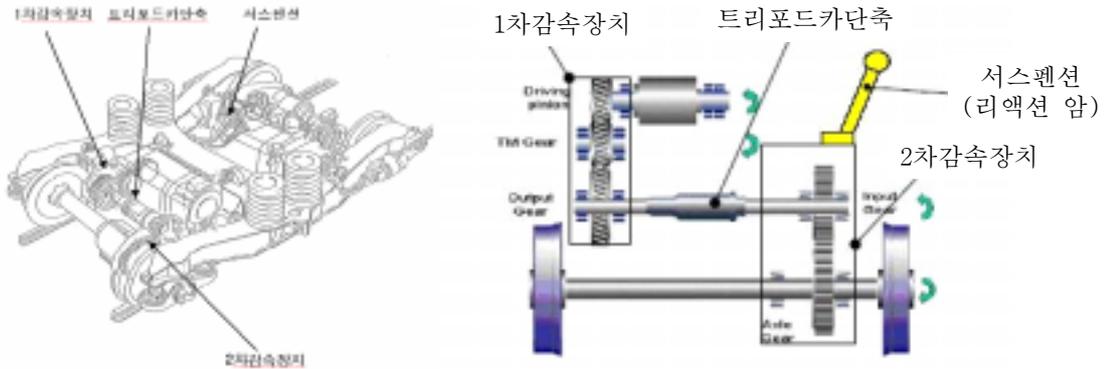


그림 1 KTX 대차용 감속구동장치

1차 감속장치(MRU; Motor Reduction Unit)는 견인전동기에 연결되는 기어시스템으로, 기어 3개로 구성된 감속장치이다. 모터의 피니언(driving pinion)은 중간기어(TM gear)를 구동시키며, 이 중간 기어는 크기에 대한 고려와 기어 사이즈(size)의 제한을 극복하기 위한 목적으로 설치한 기어이다. 1차 감속장치 출력기어(output gear)는 동력전달 축을 통하여 2차 감속장치로 동력을 전달하는 역할을 한다.

2차 감속장치(ARU; Axle Reduction Unit)는 1차 감속장치와 트리포드 카단축으로 연결되며 2개의 기어로써 최종감속을 하여 구동바퀴(wheel)에 동력을 전달하는 기어시스템이다. 트리포드 카단축과 연결된 입력기어(input gear)에 의해 동력이 전달되며, 전달된 동력을 출력기어(output gear)를 통해 차륜에 전달한다.

트리포드 카단축(tripod cardan shaft)은 1차 감속장치로부터 동력을 받아 2차 감속장치로 전달해주는 역할을 한다. 동시에 1차 감속장치와 2차 감속장치의 상대운동을 흡수, 수용하는 기능을 한다. 트리포드 카단축은 충분한 길이를 갖춘 동력전달 축을 배치함으로써 모터의 매우 큰 구동력과 구동바퀴로 부터 전달되는 충격에 대해서 토션바(Torsion bar)와 같은 완충기능을 담당한다.

리액션 암(reaction Arm)은 2차 감속장치를 대차에 탄성 지지시켜 동력전달시 발생하는 구동토크의 반력을 지지시켜주는 역할을 한다.

3. 감속구동장치 수분유입 및 누유 현상에 대한 고찰

Seal은 크게 접촉형 seal과 비접촉형 seal로 나뉘는데, 회전체의 하우징에는 비접촉형 seal이 많이 사용된다. 라비린스((labyrinth) seal은 산업 기계류 등의 축과 스피들, 구름베어링의 seal용으로 많이 사용된다. 라비린스 seal은 비접촉 seal로 마찰과열을 발생하지 않고, 높은 온도에서 사용도 적합하다. KTX 감속구동장치는 선속도가 최대 35m/s 까지 이르므로 비 접촉형인 라비린스 seal 구조를 채택하였다. 그림 2는 2차 감속장치 Axle 조립 부에 대한 라비린스 구조를 보여주고 있으며, 간극은 0.5mm 정도이다. 그림 3은 2차 감속장치 트리포드 카단축 조립 부에 대한 라비린스 구조를 보여주고 있으며, 간극은 1.0mm 정도이다. 1차 감속장치의 라비린스 구조는 2차 감속장치 트리포드 카단축 조립 부와 동일하다.

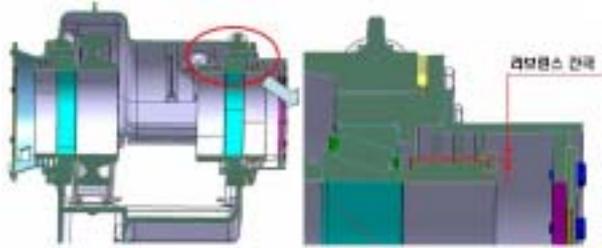


그림 2 2차 감속장치(Axle 조립 부)

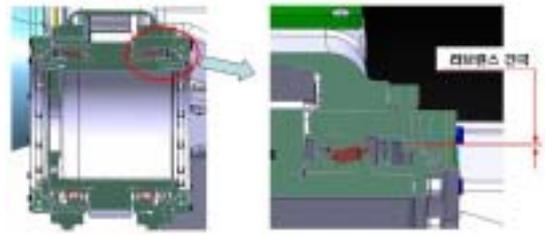


그림 3 2차 감속장치(트리포드 조립 부)

또한, KTX 감속구동장치는 에어브리더(air breather)와 오일레벨게이지(oil level gauge)를 가진 구조로 돼있다. 그림 4는 감속구동장치 에어브리더 형상을 보여주고 있다. 그림 5는 오일 레벨 게이지 조립 위치 및 형상을 보여주고 있다. 화살표는 약간의 간극이 있음을 나타내고 있다. 에어브리더와 오일레벨게이지 구조는 1차와 2차 감속장치 모두 동일하다.

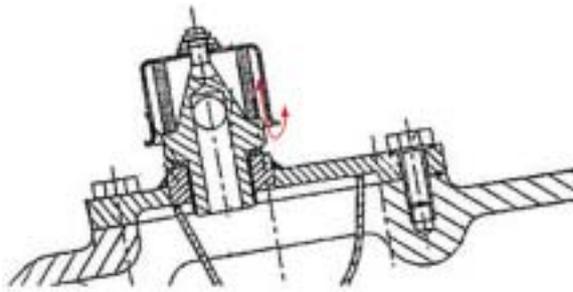


그림 4 에어브리더

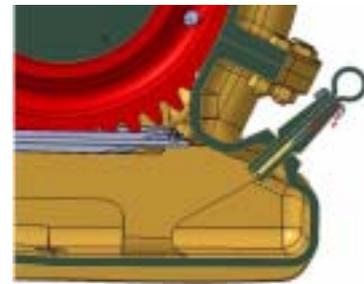


그림 5 오일레벨 게이지

수분유입과 누유 현상은 1차와 2차 감속장치 모두에서 일어나고 있는 현상이다. 그림 2-5에서 보여주고 있는 라비린스, 에어브리더, 오일레벨게이지 부위에서 발생하고 있다. 물론 KTX 감속구동장치는 오일누유에 대해서는 허용치를 가지고 있으며, 오일누유 량이 허용치를 초과하지는 않고 있다.

4. 구조개선 및 시험

수분유입 및 오일누유를 방지하기 위해서 그림 2-5에서 보여준 라비린스, 에어브리더, 오일레벨게이지 구조를 개선하였다. 이번 연구에서는 감속구동장치 구조개선을 통해 약간의 오일누유 및 겨울철 폭설로 인한 수분유입도 발생하지 않도록 하였다. 먼저 라비린스 간극을 축소 시켰다. 현재 2차 감속장치의 Axle 조립 부만 0.5mm정도의 간극으로 돼 있는데, 트리포드 샤프축 부를 1.0mm 초과하는 간극을 0.5mm 정도로 간극을 축소해서 수분유입 및 오일누유를 최소화 하였다.

수분유입 방지를 위해서 라비린스 부위에 rubber seal을 추가하였으며, 라비린스 부위 베어링 하우징 커버 구조를 개선하였다. 그림 6에서 rubber seal 조립 위치와 개선 부위를 보여준다.

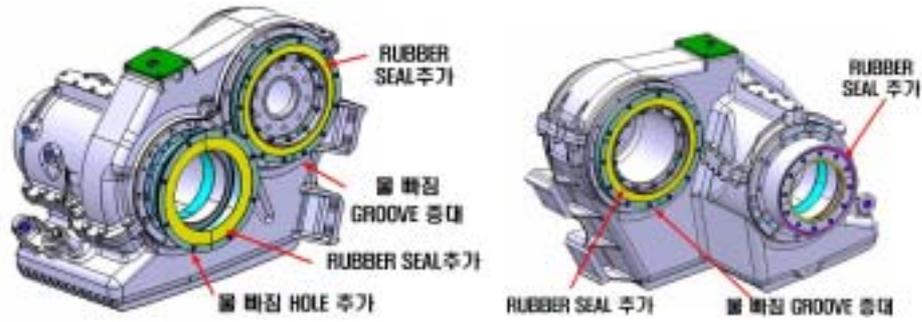


그림 6 2차 감속장치 rubber seal 조립위치 와 구조개선

그림 7, 8은 2차 감속장치에 수분유입 방지를 위한 개선 제품 형상을 보여주고 있다.



그림 7 2차 감속장치 개선품(Axle 조립 부)

그림 8 2차 감속장치 개선품(트리포드 조립 부)

수분유입 재현 시험을 위해서 감속구동장치에 직접 물을 붓거나 주행 중 상황을 재현하기 위해서 고압호수를 이용 분사하였다. 그림 9는 시험 수분유입 재현시험 하는 것을 보여주고 있다.



그림 9 수분유입 재현시험

표 1에서는 수분유입에 대해 개선 전·후 비교 시험한 결과를 정리한 것이다. 유량 및 시험 후 수분유입량은 4개소 평균값을 나타낸다.

표 1 수분유입 시험결과

시험방법	개선 전(현 KTX 구조)	개선 후	
	직접 물 붓기	직접 물 붓기	고압호수 이용(120bar)
유량(ℓ/min)	5.95	4.3	13.2
시험 결과 (수분유입량,ml)	257.5	0	0

오일누유를 개선하기 위해서 라비린스 간극 축소 뿐 아니라 케이스(case) 오일 홀 추가 및 오일 리턴 구조를 개선하였다. 오일 리턴 구조를 개선하기 위해서 라비린스 오일 groove 증대 시켰으며, 케이스 오일 리턴부위 덧 살을 제거하여 오일 리턴이 기존 사양보다 잘 되도록 개선하였다.

그림 10, 11에서는 개선 전·후 오일누유 확인 시험을 보여주고 있다. 오일누유를 확인 키 위해 시험 전 흰색 스프레이를 가지고 감속장치에 누유예상부위를 도색 후 시험을 실시하였다. 오일누유를 확인 키 위해 기존 사양은 시속 300km/h에 준하는 속도로 3시간이상 회전시험을 하였으며, 개선 후 제품은 5시간 이상 시험한 결과이다.

그림 10에서는 오일누유 흔적이 선명하게 나타나고 있지만, 개선제품은 그림 11에서 보여주듯이 오일누유 흔적이 전혀 나타나지 않고 있다.



그림 10 오일누유시험결과(개선 전)



그림 11 오일누유시험결과(개선 후)

에어브리더 기능은 감속장치 내부의 밀폐된 공기를 외부로 유출해 주는 역할을 한다. 그러나 KTX 감속장치의 seal은 비 접촉식 라비린스 구조를 가지고 있으므로 감속장치가 밀폐구조를 가지고 있지 않다. 그림 12, 13은 감속장치 구동 시 압력변화를 측정하는 것을 보여 주고 있다. 압력 변화를 측정한 결과 구동 시 내부 압력 변화는 발생하지 않았다. 그러므로 감속구동장치 기능에 이상이 없을 것으로 판단되어 에어브리더를 제거하였다.



그림 12 압력변화측정
(1차감속장치)



그림 13 압력변화측정
(2차감속장치)

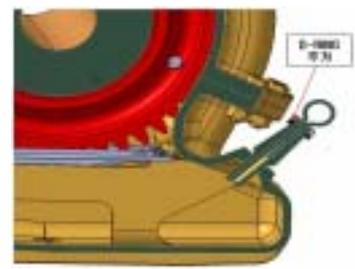


그림 14 오일레벨게이지
(o-ring 추가)

오일레벨게이지는 게이지 부분에 그림 14와 같이 o-ring을 추가하여 구조 개선예정이다.

5. 결론

G7 감속구동장치 연구개발 과정을 통해 고속전철용 감속구동장치 독자 개발능력을 바탕으로, 현재 운행 중인 KTX용 감속구동장치 수분유입 및 오일누유 방지를 위해 구조개선을 하였으며,

이를 실험적인 방법을 통해 입증하였다. KTX 감속구동장치 수분유입 및 오일누유 방지를 위해 에어브리더를 삭제, 라비린스 seal 부위 rubber seal 추가, 라비린스 간극 축소, 케이스 오일통로 개선, 베어링 하우징 오일통로를 개선하였다.

참고 문헌

1. 스키야마 다케시외 다수(1996년), "철도차량과 설계기술", 기전연구소.
2. 한국DTS(주)(2001년), "고속전철 대차용 감속구동장치 개발 연차보고서", 건설교통부.
3. 차수덕외 2명(2003년), "한국형 고속전철 감속구동장치 개발 및 성과", 한국철도공학회.
4. 다이모스(주)(2005년), "기존선속도향상 실용기술개발 연차보고서", 건설교통부.
5. 김용기외 3명(2005년), "중고속 감속구동장치 개발 및 성능평가", 한국철도공학회.