

물류차량 차축베어링 결함 방지 방법 장·단점에 대한 고찰 A Study of the advantage and disadvantage of freight axle bearing failure monitoring method

김상우*[†], 김주원*, 한정화*, 김진우*, 이성준*, 김승곤*, 정휘섭*, 정형일*, 안찬희*
Sang Woo Kim*[†], Ju Won Kim*, Jung Hwa Han*, Jin Woo Kim*, Seoung Jun Lee*, Seung Gon Kim*,
Hwi Soeb Jung*, Hyeong Il Jung*, Chan Hoi An*

Abstract Railway is mean of transportation to transport people and goods. Freight car is a representative of transport to transport the material. If these freight cars have become such as derailed accident suffers massive damage. Accident is to occur by a damage or failure of the freight drive in the wheel or axle bearing. Method of monitoring the axle bearings has been research and development. Discussed the status and advantages and disadvantages of axle bearing monitoring methods for reducing accidents caused by freight axle bearing failure.

Keywords : Axle bearing, Fault detection , Railway

초 록 철도는 사람과 물자를 운송하는 교통수단이다. 그 중 물류 철도차량은 물자를 운송하는 대표 교통수단이다. 이러한 물류 철도차량이 탈선 등의 사고가 발생하게 될 경우 막대한 피해를 입게 된다. 물류차량 운행 중 차륜 또는 차축베어링의 결함 및 파손에 의하여 사고가 발생하게 된다. 차축베어링에 의한 사고를 줄이기 위해 차축베어링을 모니터링 하는 방법이 연구 개발되고 있다. 국내 물류차량의 차축베어링 손상으로 인한 사고 감소를 위한 차축베어링 결함 탐지 기술의 현황 및 장·단점을 비교 고찰한다.

주요어 : 차축베어링, 검측 방법, 철도

1. 서 론

물자는 다양한 교통수단을 이용하여 이송된다. 철도를 이용한 물자 이송은 내륙지방 장거리 물자 이송에 적합한 운송 수단으로, 같은 육로를 사용하는 일반 차량과 달리 정시 출발 정시 도착이 가능하며, 대량 운송이 가능하다는 장점이 있다.

철도차량 차축베어링은 차량의 하중을 회전하는 차륜에 전달하는 역할을 수행한다. 차축베어링은 차량 전체 하중을 전달하는 역할을 하며, 이로 인해 높은 하중이 걸리게 된다. 차축베어링에 결함이 발생하면 베어링의 기능을 상실할 수 있으며, 이는 주행 불가능 상태로

† 교신저자: 한국철도공사 연구원(souat9541@korail.com)

* 한국철도공사 연구원

이어지고 심각한 경우에는 후속차량 운행에 지장을 줄 수 있다[1].

물류차량의 차축베어링 손상에 의한 사고를 방지하기 위해 차축베어링 검측 방법이 필요하다. 이미 많은 국가와 기업에서 차상, 지상에서 다양한 방법으로 검측하기 위한 방법이 연구 및 개발되고 있다[1-4]. 본 논문은 다양한 검측 방법 중 차상에서 수행하는 차축베어링 검측 방법의 장·단점을 비교, 고찰을 수행하고자 한다.

2. 본 론

2.1 물류차량 차축베어링

2.1.1 물류차량 분류

철도 물류차량은 육로를 이용하는 대표적인 운송 수단이다. 물류차량은 철로를 이용하여 대량의 물자를 한번에 이동할 수 있는 장점을 가지고 있다. 물류차량은 운송 물품에 따라 크게 유개차, 무개차, 조차, 평판차 네 가지로 분류된다.

유개차(Box car)는 박스형 구조로 측면에 문이 설치되어 화물을 적재할 수 있다. 상부에 지붕이 있어 비에 젖지 않게 화물을 운송하는 물류차량이다. 무개차(Gondola car)는 상부 지붕이 없이 벽체와 바닥만 있는 차량으로 금속, 광물, 석탄 등 원자재 적재, 운송에 적합한 차량이다. 조차(Tank car)는 적재실이 밀폐구조로 설계되어 액체나 분말이 외부 누출되거나, 외부 이물질에 혼입되지 않도록 적재하는 차량이다. 평판차(Flat car)는 바닥판만 있는 차량으로 강관, 철관코일, 차량, 컨테이너, 기계류 등 대형 화물을 적재하는데 사용된다. 각 차량은 적재하는 화물 종류에 따라 차종이 세분화 되며 이는 Table 1에서 확인할 수 있다.

2.1.2 차축베어링 교체 이력 분석

현재 한국철도공사는 11,000여대의 물류차량을 운용하고 있다. 각 물류차량은 공사기준에 따라 정기점검을 통한 유지보수를 수행하고 있다. 그 중 지난 2011.01.01.에서 2015.12.31.까지 물류차량의 운용횟수와 운용거리, 차축베어링 교체 현황을 조사하였다. 이때 운용되지 않은 물류차량과 운용거리 또는 운용회수가 적은 차량은 표본에서 제거하고 조사를 수행하였다.

Fig. 1은 전체 물류차량 중 500대 이상 운용된 차량의 연도별 차축베어링 교체율을 나타내고 있다. 각 순서는 벌크차, 무개일반차, 무개홑퍼차, 유개전개쌍문차, 컨테이너전용 3TEU차, 컨테이너 전용 2TEU차, 경유조차 마지막으로 기타 차량의 순서이다. 전체 조사 연도에서 벌크차가 차축베어링 교체 비율이 가장 높게 나타나고 있으며, 유개전개쌍문차가 가장 적은 교체율을 나타내는 것을 확인할 수 있다.

Table 2는 정비 종류에 따른 차축베어링 교체율을 보여주고 있다. 특수정비를 통한 교체 수량 비율은 5%의 값에서 10%로 상승한 것을 확인할 수 있다. 그러나 실제 사고로 인한 파손으로 베어링 교체율이 상승한 것이 아닌 임시정비를 통하여 교체율이 상승하였다.

Fig. 2는 각 차량의 연 평균 주행거리(a)와 연평균 주행일수(b)를 나타내고 있다. 컨테이너 운송 차량의 평균 운송거리가 300km이상이므로 장거리 운송을 하고 있으나 주행일수는 감소추세인 것을 확인할 수 있다. 국내에서 가장 많은 수의 차량이 운용되는 벌크차의 경우 연평균 약 180km로 200일 운행하는 것을 확인할 수 있다. 두 그래프를 통하여 차량 별 주행거리와 주행

일수의 추세를 확인할 수 있다.

전체 도표를 비교하였을 때, 벌크차의 경우 주행거리가 비슷한 차량 보다 차축베어링 교체 교체 높은 것을 확인할 수 있다. 또한 주행일수가 비슷한 차량 보다 교체율이 높다. 벌크차의 경우 가장 많은 차량이 운용되고 있기 때문에 교체 수량이 많은 경향을 나타내고 있다고 판단 된다.

Table 1 운행중인 물류차량 차종

대분류	소분류
유개차	유개차
	전개형유개차
	냉연코일
	보선용발전차
무개차	무개일반차
	자갈차
	홀파차
조차	일반유조차
	아스팔트황산
	벌크차
평판차	평판일반차
	컨테이너차
	곡형차
	탱크컨테이너겸용
	자동차
	핫코일차

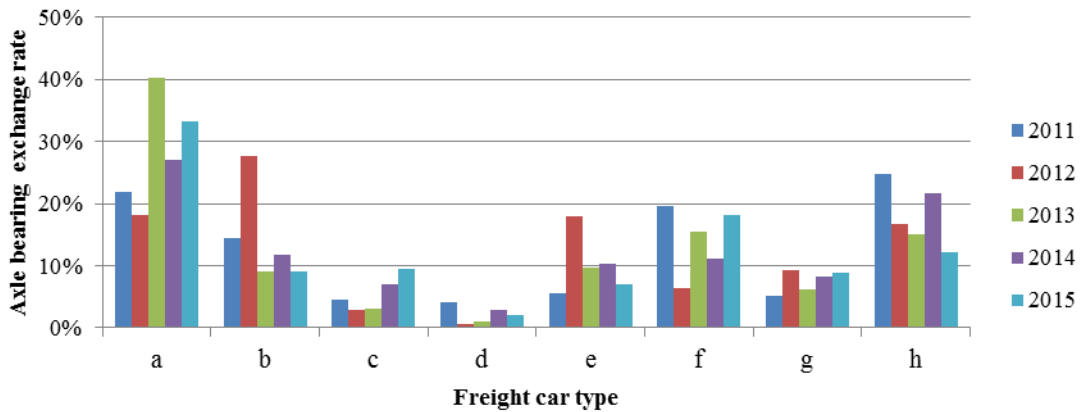


Fig. 1 물류차량 연도별 차축베어링 교체율

Table 2 정비 종류를 통한 차축베어링 교체율 비교

	2011	2012	2013	2014	2015
정기정비	95.71%	93.36%	95.29%	90.83%	89.18%
특수정비	4.29%	6.64%	4.71%	9.17%	10.82%

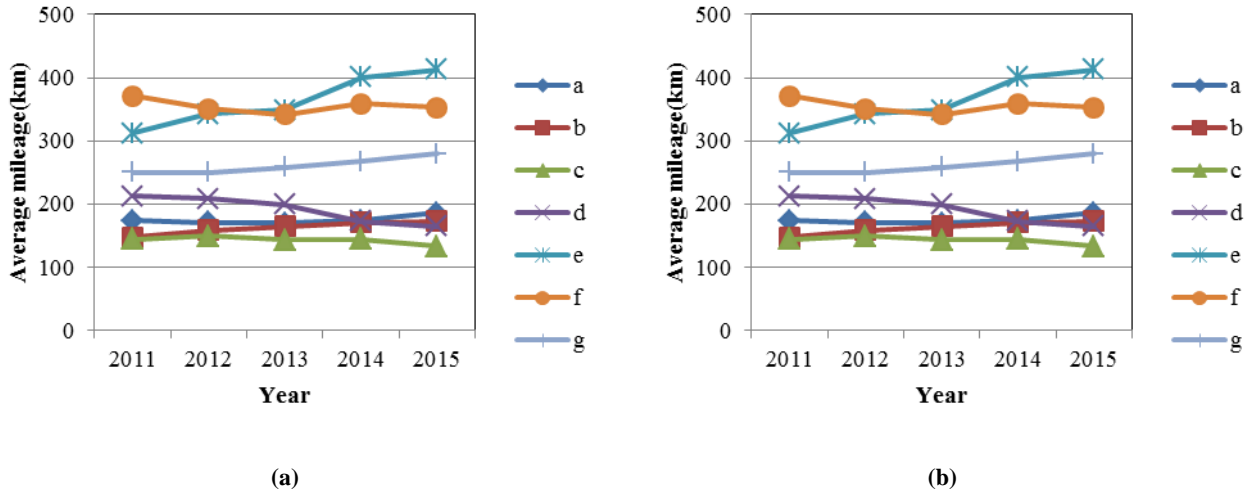


Fig. 2 연도별 물류차량 (a)주행거리, (b)주행일수

2.2 차축베어링 검측 방법

2.2.1 차축베어링 검측 방법 종류

물류차량의 주행 중 사고 방지를 위해 다양한 방법이 연구, 개발 사용되고 있다. 현재 차축 베어링 검측 방법은 차축베어링만 검측 하는 방법과 차축베어링 외 차륜, 차축 등 대차 다른 부품도 검측하는 방법이 연구 개발되고 있다.

첫번째 방법은 온도테이프를 이용하는 것이다. 온도테이프는 부착된 부분의 온도가 기준치 이상으로 상승하게 될 경우 테이프 표면 색이 변색되어 이상여부를 판별할 수 있는 방법이다. 두 번째 방법은 HABD(Hot Axle Box Detection)이다. HABD는 지상에서 차축베어링을 검측하는 방법으로 철로 주변에 설치된 HABD 상부를 지나가는 철도차량의 차축베어링 온도를 검측한다[1-4]. 세 번째는 무선센서노드를 이용하는 방법이다. 무선센서노드는 휠 옆에 고정되어있고, 측정 데이터는 무선통신을 통하여 송신하게 된다. 무선센서노드는 진동 하베스팅을 이용하여 자가발전으로 작동한다[2,5-6]. 네 번째는 차축 회전을 이용한 자가발전을 이용한 방식이다. 이 방식은 차량 차축과 연계하여 열차 운행 중 발생하는 회전력을 전기에너지로 변환, 저장하여 발전된 전기를 이용하여 베어링 검측을 하는 장치이다[2,7].

2.2.2 차축베어링 검측 방법 장·단점

온도테이프를 이용하는 방법은 차량 이상여부를 직접 표시하여 인지할 수 있다. 또한 외부 캡에 붙이는 방식으로 따로 기계장치를 장착하는 방법보다 매우 편리한 장점을 가지고 있다. 하지만 주행중인 차량의 차축베어링이 손상으로 온도테이프 색이 변색되었을 때 외부에서 사람이 인식하기 어렵고 많은 수량에 대하여 사람이 직접 확인 비효율적인 단점이 있다.

HABD는 지상에 설치된 장비를 이용하기 때문에 차량에 별도의 장비를 장착하지 않고, 장착품이 분리되어 사고로 발생하는 일이 발생하지 않는다. 그러나 온도는 계절의 영향을 받는 특성이 있다. 또한 철로 주변 HABD설치된 거리 사이에서 특수 상황이 발생할 경우 대처하기 어렵다는 단점이 있다.

무선센서노드와 자가발전 방법은 전력이 공급되지 않는 물류차량에 전력을 생산하여 검측이 가능하게 하는 방식이다. 두 방식은 차량의 진동을 이용하거나, 차축 회전 또는 베어링 내부 회전을 이용하여 전력을 생산하여 차축베어링 검측 또는 다른 부품 검측에 이용된다. 그리고 무선통신방식을 이용하여 차량 주행 중 발생하는 데이터를 차량을 운용하는 중앙 관제에서 즉시 확인할 수 있다는 장점이 있다.

무선센서노드는 크기에 장점을 가지고 있다. 무선센서노드는 작은 크기로 검측을 하고자 하는 위치에 부착이 된다면 차량 상태에 큰 영향을 미치지 않는다. 그리고 무선센서노드의 장점이자 단점은 차량 진동 활용이다. 주행 중 발생하는 차량의 진동에너지를 전기에너지로 변환하는 것은 좋은 방법이나 진동이 충분하지 않다면 검측 장비를 운용할 수 있을 정도의 전력이 생산되지 않을 수 있다.

회전을 이용한 자가발전 방식의 경우 차량 진동을 이용하는 무선센서노드와 달리 회전력을 이용하기 때문에 전력 수급에는 문제가 없다. 차축 회전을 이용하여 자가발전을 하는 경우 대차 혹은 차량에 발전기, 배터리 부착 위치에 따라 차량 무게중심과 윤중이 변하여 차량 상태에 대한 점검이 필요하다. 차축베어링의 회전을 이용하여 발전을 하는 경우 그 크기는 매우 감소하여 차량 상태에 영향을 주지 않는 장점이 있다. 그러나 차축베어링 조립 분해는 중정비에 해당하는 항목으로 차축베어링 고장이 아닌 발전기 고장이 날 경우 차축베어링 교체를 하는 중정비를 동일하게 수행해야 하는 단점이 있다.

3. 결론

철도는 자동차와 달리 하나의 노선을 이용하기 때문에 사고가 발생하게 되면 물자 이동이 막히게 된다. 부품 파손으로 인한 사고를 줄이기 위하여 다양한 방법이 국내·외에서 연구 개발되고 있다. 본 논문에서는 철도차량 중 물류차량의 차축베어링을 검측하기 위한 네 가지 방법에 대해 장점과 단점을 비교 하였다. 각 방법은 특유의 장점과 단점을 가지고 있다. 전력 공급이 없는 물류차량의 특성상 여객차량에 적용하였을 때 보다 단점이 부각되는 경향을 나타내고 있다. 기기 부착에 의한 단점과 장·탈 편의성에 의한 단점도 확인할 수 있었다. 철도차량의 안전, 안정성을 위하여 각 검측 방법에 단점을 줄이거나 새로운 방식의 검측 방법의 연구 개발 수행이 필요하다고 판단된다.

참고문헌

- [1] M. Papalias, A. Amini, Z. Huang, P. Vallely, et al,(2014) Online condition monitoring of rolling stock wheels and axle bearings, *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Journal of Rail and Rapid Transit*, 0954409714559758
- [2] N. Symonds, I. Corni, R.J.K. Wood, A. Wasenczuk, et al, (2015) Observing early stage rail axle bearing damage, *Journal of Engineering Failure Analysis*, 56, pp. 216-232.
- [3] A.C. Lamari, (2008) Rolling stock bearing condition monitoring system, University of Southern Queensland.

- [4] J. Wang, Q. He, F. Kong, (2013) A new synthetic detection technique for trackside acoustic identification of railroad roller bearing defects, *Journal of Applied Acoustics*, 85, pp. 69-81
- [5] M.L. French, K.M. Ifterkharuddin, D.R. Leeper, R.P. Samy, et al, (2003) Bearing with wireless self-powered sensor unit, U.S. Patent No. 6,535,135
- [6] Perpetuum, "Perpetuum rail", www.perpetuum.com/rail. (Retrieved on March 14, 2016)
- [7] SKF, (2008) Solution for high-speed rail, 6813 EN