

## 주행 진동을 이용한 차륜 손상 특성 연구

## A Study on the Vibration characteristics of Wheel damages on the EMU train

김근영\*, 박세영\*\*, 김재훈\*†, 김관수\*\*, 이관섭\*

Keun Young Kim\*, Se-Young Park\*\*, Jaehoon Kim\*†, Kwan-Soo Kim\*\*, Kwan-Sup Lee\*

**Abstract** The maintenance costs are increased to result of over maintenance activities of wheel re-profile. However, it has not been reported on the vibration characteristics to wheel damages on the EMU train. Simply wheel re-profile have been done as part of maintenance activities. In this study, we investigated the effect of wheel damage during the operation by analyzing the vibration characteristic on the wheel of EMU train.

**Keywords** : wheel damage, wheel re-profile, vibration

**초 록** 차륜에 각종 손상이 발생되면 차량의 주행 안전성과 승차감에 영향을 미치므로, 차륜을 삭정하거나 신품으로 교체하여 사용하고 있다. 하지만 차륜의 삭정 및 교체는 유지보수 비용의 증가를 초래하며, 작업시간 동안 차량을 운용하지 못함으로써 운영손실을 발생시킨다. 또한 이러한 문제는 차량의 부품 단위별 주기 교체에 어려움을 주어, 많은 철도운영사에서 계획적 유지보수에 어려움이 있다. 따라서 본 연구에서는 보다 효율적인 차륜 관리를 위한 기초 연구로서 차륜 삭정 유지보수 실태를 조사하고, 실제 주행 중인 전동차를 이용하여 차륜손상 형태에 따른 주행 진동특성을 분석하였다.

**주요어** : 차륜 손상, 차륜 삭정, 진동

## 1. 서 론

곡선비중이 많은 선로에서의 차량 운용은 차륜의 과도한 마모를 초래하고 이는 유지보수 측면에서 차륜의 조기 삭정, 관련 차량 구성품의 유지보수 주기 단축 등의 문제를 야기한다 [1][2]. 특히 도시철도 차량의 차륜은 차량 하중을 지지하고 선로를 따라 차량이 운행될 수 있도록 하는 장치로 차량/레일간의 인터페이스로 인한 접촉력과 차량의 감속을 위해 차륜 답면에 제륜자를 사용함으로써 생기는 마찰력에 의해 찰상, 박리, 그루빙, 플랜지 마모 등의 손상이 발생된다[3]. 그리고 차륜에 각종 손상이 발생되면 차량의 주행 안전성과 승차감에 영향 및 교체는 유지보수 비용의 증가를 초래하며, 작업시간 동안 차량을 운용하지 못함으로써 운영손실을 발생시킨다. 또한 이러한 문제는 차량의 부품 단위별 주기 교체에 어려

\* 한국철도기술연구원

\*\* 서울메트로 기술연구원

† 교신저자: 한국철도기술연구원(lapin95@krri.re.kr)

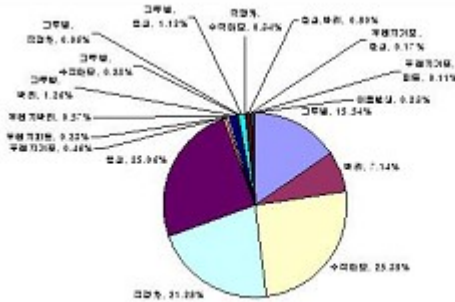
움을 주어, 많은 철도운영사에서 계획적 유지보수의 어려움이 있다[4][5].

따라서 본 연구에서는 보다 효율적인 차륜 관리를 위한 기초 연구로서 차륜 삭정 유지보수 실태를 조사하고, 실제 주행 중인 전동차를 이용하여 차륜손상 형태에 따른 주행 진동특성을 분석하였다.

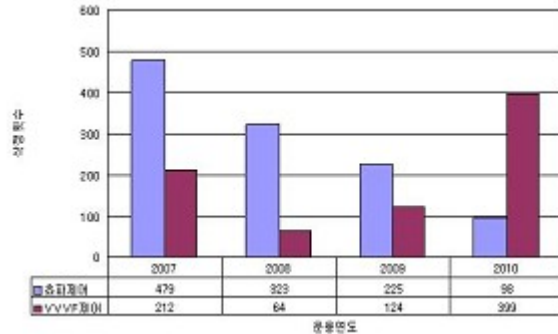
## 2. 연구 방법 및 실험 결과

### 2.1 차륜 삭정 발생현황 분석

서울메트로 3호선에서 발생하는 차륜 손상 형태 및 삭정내역을 조사하기 위해 도시철도차량 유지보수 정보화시스템(RIMS : Rolling Stock Information Maintenance System)의 차륜삭정 데이터를 이용하였다. Fig. 1은 서울메트로 3호선 전동차 차륜 삭정 원인을 나타낸 것으로 수직마모가 25.38%로 가장 많았으며 찰상(25.06%), 직경차(21.28%), 그루빙(15.54%), 박리(7.14%), 기타(5.6%) 순으로 조사되었다. 차종별 삭정내역을 살펴보면 초파제어 차량의 경우 2007년 이후부터 현재까지 삭정내역이 꾸준히 감소하고 있으나, VVVF제어 차량의 경우 2009년 도입 이후 급격한 삭정이 발생하고 있으며 대부분 그루빙에 의한 원인이라고 보고되고 있다. 이처럼 서울메트로 차륜 유지보수 건수는 매년 증가하고 있으나, 이러한 다양한 차륜손상이 주행 중 어떤 특성을 나타내는지에 대해서는 보고된 적 없으며 삭정을 통한 유지보수 활동이 차량 주행안정성에 어떠한 효과를 나타내는지 확인해 볼 필요가 있다.



(a) Cause of wheel re-profile



(b) Number of wheel re-profile per year

Fig. 1 Wheel re-profile data on the 3rd line of SMTR

### 2.2 실차 주행시험

차륜 손상에 따른 주행진동 특성 분석을 목적으로 도시형 전동차를 대상으로 실차 시험을 수행하였다. 시험차는 현재 서울메트로 3호선 구간을 영업운행중인 차량들 중에서 운행종료 후 도착검사나 일상검사를 통해 차륜삭정 판정을 받은 차량을 대상으로 하였다. 삭정 판정을 받은 차량의 경우 본선에서의 시험 시 안전상 위험이 크므로 차량기지 내부의 시험선로를 이용하여 정속주행 시의 손상 차륜 차축에서 발생하는 진동데이터를 측정하여 분석하였다. 차량 진동 측정은 손상 차륜에 의한 직접적 영향을 판별할 수 있는 손상 차륜의 차축에 “도시철도 성능시험기준 진동시험규격” [6]에 준하여 2축 진동가속도 센서를 설치하였다.

Table 1은 차륜 손상형태에 따른 실차 주행시험의 일반적 사항을 요약한 것으로 그루빙, 수

직마모, 찰상 및 박리의 복합손상 차륜을 대상으로 시험하였다. Table 2는 각 시험시의 차축베어링 형태 및 센서 설치 위치를 나타내고 있다. 이때 차륜 손상에 따라 차축에서 발생하는 진동가속도를 실시간으로 측정하기 위해 차상 무선 센서시스템을 설계하였다. 송수신모듈을 구성하는 블루투스(Bluetooth) 제품 사양으로 임베디드 모듈 Slave(FB570BC)와 FB200AS 다이폴 안테나(FIRMTECH CO., LTD.)로 제작하였으며, 통신속도는 최대 921.6kbps(Default 115.2kps), 사용주파수 대역은 2.4GHz으로 객실 내 노트북에 전송되어 모니터링 및 저장이 가능토록 하였다. 그리고 Li-Polymer 배터리를 전원으로 사용하였다.

**Table 1** Vehicle test description

#.	차량종류	차륜 손상형태		시험장소	열차편성	측정위치
		단일손상	복합손상			
T1	VVVF	단일손상	grooving	수서	337	M 100
						6 위 (손상차륜)
T2	VVVF	복합손상	찰상+박리	지축	301	M 700
						1 위 (손상차륜)
T3	VVVF	복합손상	찰상+박리	지축	301	M 800
						2 위 (정상차륜/동일축 반대차륜)
T4	GEC	단일손상	찰상	수서	345	M 700
						4 위 (손상차륜)
						3 위 (정상차륜/동일축 반대차륜)

**Table 2** Vehicle test module installation

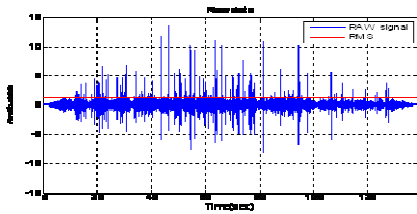
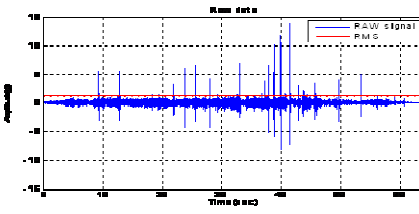
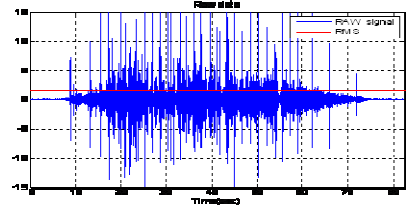
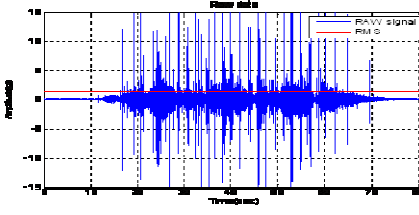
	Before	after
T1	 <p>M100 6위</p>	 <p>M100 6위</p>
T2	 <p>M700 1위</p>	 <p>M700 1위</p>
T3	 <p>M800 1 위</p>	 <p>M800 위</p>

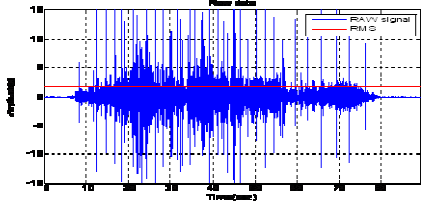
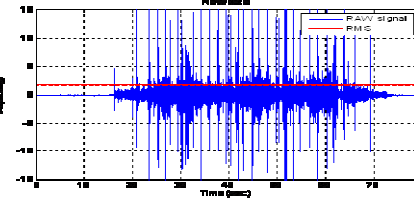
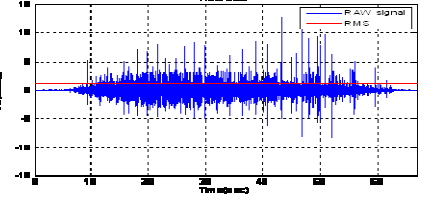
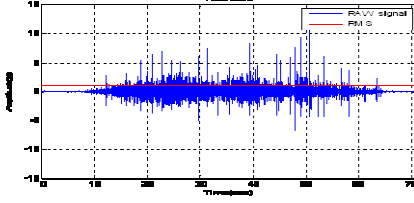
T4	 M700 4위	 M700 3위
----	--	--

### 2.3 차륜손상에 따른 주행진동 특성 분석

Table 3는 시험별 손상형태에 따른 삭정 전후 비교 결과이다. Test 1 그루빙 시험의 경우 삭정 전 rms가 1.3959g, 삭정 후 1.33705g로 측정되었으며, 삭정 전/후 0.0831g 차를 보여 삭정을 통해 약 19.9% rms가 감소한 것을 확인할 수 있었다. 찰상, 박리의 복합손상인 Test 2, Test 3 시험의 경우 삭정 전 rms가 각각 1.7025g, 1.7458g로 측정되었으며, 삭정 후 rms가 1.5434g, 1.650g로 삭정 전/후 차가 0.2962g, 0.2221g로 나타나 약 24.8%~36.2% 삭정효과를 보였다. 그리고 미삭정 대상차량으로 시험한 T4 시험에서는 손상차륜이 1.2247g, 동일축상의 정상차륜이 1.1317g로 측정되어 약 31.8% 주행진동 저감효과를 확인할 수 있어 삭정대상이 아닌 차량이라도 삭정을 통한 손상차륜에서 발생하는 주행진동을 저감할 수 있는 것으로 나타났다. 따라서 주행 중에 차상에서 각 차륜에서 발생하는 진동가속도를 측정하여 실시간으로 차륜상태를 분석한다면, 지금과 같이 검수자가 육안으로 차륜을 검사하여 손상을 찾는 한계를 극복할 수 있을 뿐만 아니라, 검수자의 주관에 의한 판단 편차를 줄임으로써 차륜 삭정량을 최소화하여 차륜상태에 따른 체계적이고 효율적인 유지관리가 가능할 것으로 판단된다.

**Table 3** Results of real time vibration measurement data on the axle box

#	삭정 전	삭정 후	효과(%)
T1			19.91
T2			36.20

T3			24.89
T4			31.88

### 3. 결론

본 연구결과는 예비시험 성격으로 수행된 기초연구로 차륜손상 형태에 따라 나타나는 진동 특성을 분석하기 위해 실차 주행시험을 실시하였다. 그 결과 차륜손상 형태에 따라 차량운행 중 진동 크기의 증가를 확인할 수 있었으며, 주행구간에 따라 차축에서 발생하는 진동특성이 달라짐을 확인할 수 있었다. 추후 연구에서는 차륜 답면부의 다양한 손상 형태에 따른 진동데이터를 측정하여 데이터베이스화하고 이를 이용하여 차륜의 삭정 및 교체 주기를 판별할 수 있는 상태기반 의사결정시스템을 개발할 예정이다.

### 참고문헌

- [1] Hyun-Moo Hur, Joon-Hyuk Park, Won-Hee You, Tae-won Park, Chil-Sig Yang, “An Analysis on the Influence of Wheel Flange Wear on the Vibration of EMU”, The Korean Society for Railway, Vol. 12, No 2, 2009, PP.203~235
- [2] 허현무, 김형진, 이찬우, 구동희, 권성태, 서정원, 강부병, 문형석, 김재훈, 장명훈, “경제적 차륜답면 관리기술 개발”, 철도청, 2004
- [3] Seok-Jin Kwon, Hang-Nak Noh, Yoon-Su Nam, Jung-Won Seo, Dong-Heong Lee “Characteristics of Wheel Tread for Urban Train Based on Contact Positions, The Korean Society for Railway, Vol. 11, No 6, , 2008, pp.524~529
- [4] International Railway Journal, February, 2011, “Wheelset measurement : the bigger picture”, Vol. 51, Issue 2, pp.40~43
- [5] 전우수, 남승기, 배홍성, “철도차량 차륜 유지보수 기준 조사 연구”, 한국철도기술연구원, 2007
- [6] 국토해양부 고시 제2009-641('09.8.21개정), “도시철도차량의 성능시험에 관한 기준”