

차륜-레일 경계영역에서의 도시철도 차륜의 마모패턴

Wear Pattern of Wheel for EMU in Wheel-Rail Interface

*#권석진¹, 노학락²

*#S.J. Kwon¹(sjkwon@krri.re.kr), H. R. Noh²

¹ 한국철도기술연구원 차륜레도연구실, ² 도시철도공사

Key words : Wheel Flange, Rail, Wear

1. 서론

일반적으로 도시철도 차량의 차륜은 차륜 플랜지(flange)의 마모로 인하여 차륜 답면(tread)을 삭정함으로써 차륜의 직경감소에 따라 사용수명이 결정된다. 따라서 차륜의 플랜지 부분의 마모에 대한 패턴을 분석하여 차륜의 사용수명에 영향을 미치는 인자들을 찾을 수 있다.

본 연구에서는 차륜 플랜지 마모에 대한 일반적인 패턴을 파악하기 위해 운행 중인 도시철도차량의 차륜 답면을 주기적으로 측정하여 자료를 바탕으로 운행기간, 차륜 직경크기 및 월별 차륜 플랜지의 마모량, 계절에 따른 마모량을 분석하였다.

2. 분석대상

대상 차량은 도시철도 5~8호선 전동차 200개 편성에 대하여 분석하였다. 분석대상인 5~8호선은 전동차 검사시 1~3개월마다 주기적으로 차륜의 직경과 플랜지 높이, 두께를 측정하여 관리하고 있다. Table 1은 분석대상 차량의 차륜을 나타내고 있다.

Table 1 분석대상 차륜

구분	추진 제어	차륜답면 Profile	차량 조성	제동방식
5호선	VVVF 인버터	1/20경사	4M 4T	회생제동 및 공기제동 혼합
6호선	"	원호답면 (Humm형)	"	"
7호선	"	1/20경사	"	"
8호선	"	"	3M 3T	"

3. 차륜 직경에 따른 마모패턴 분석

3.1 분석방법

차륜은 사용기간 경과에 따라 답면 및 플랜지의 마모, 손상 등의 원인으로 일정기간이 지나면 삭정을 실시하게 된다. 도시철도 차량의 차륜은 찰상이나 기타 조건에 의한 손상의 경우를 제외한다면 답면의 실제 마모는 미미하며 플랜지 두께의 마모에 의해 사용수명이 좌우된다고 할 수 있다.

차륜의 삭정은 최초 신차륜의 경우 직경 860mm에서 780mm 까지 삭정을 할 수 있도록 규정하고 있으며 플랜지 두께는 최대 34mm에서 최소 23mm까지를 사용한도로 하고 있다.

본 연구에서는 차륜의 직경이 삭정에 의해서만 줄어들고 차량의 주행 중 플랜지가 지속적으로 마모되는 것으로 가정하여 직경의 크기에 따른 마모율의 변화를 분석하였다.

차륜의 직경은 860~780mm까지 각 5mm 단위로 주행거리 1만km당의 마모량을 산출하였으며 비정상적인 과대 마모 및 과소 마모의 영향을 배제하기 위하여 1만km당 1mm이상의 경우 및 마모량이 0인 데이터는 제외하였다.

3.2 분석결과

각 노선별로 M car(답면제동) 및 T car(디스크제동)의 차륜을 구분하여 차륜 직경별로 평균 마모량을 산출한 결과는 Fig. 2~Fig. 3과 같다.

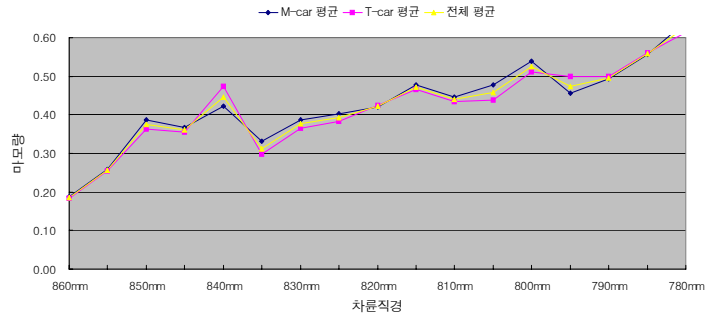


Fig. 1 5호선 차륜 플랜지 마모량 변화

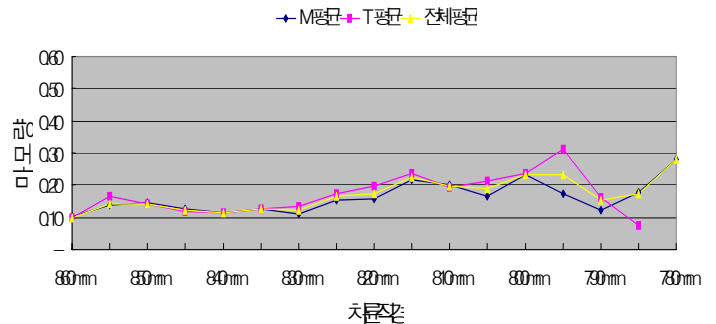


Fig. 2 6호선 차륜 플랜지 마모량 변화

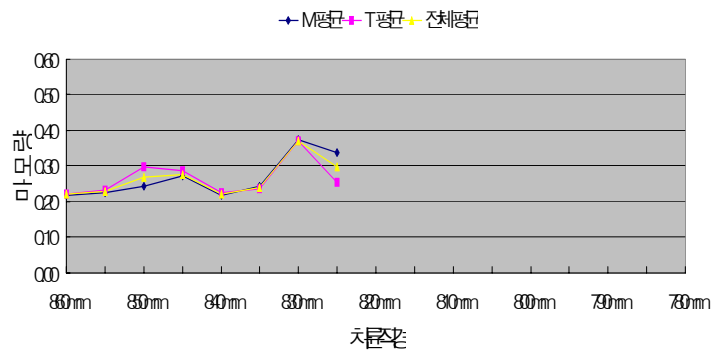


Fig. 3 7호선 차륜 플랜지 마모량 변화

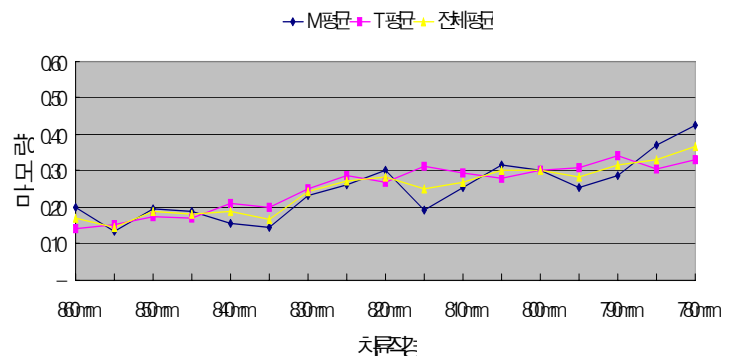


Fig. 4 8호선 차륜 플랜지 마모량 변화

4. 외기 변화(월별)에 따른 마모율 분석

4.1 분석방법

외기변화에 따른 차륜의 마모율 변화를 확인하기 위하여 월별로 마모량을 분석하였다. 노선별로 선로, 차량, 년도 별로 기후의 특징 등에 따라 마모율에 영향을 줄 것으로 판단되나 일반적인 계절별 기온의 차이에 따른 차륜의 마모경향을 분석하고자 한다.

측정대상은 각 차량의 편성단위로 차륜의 직경 및 플랜지 두께의 평균데이터를 사용하여 분석하였으며 매월 평균 주행거리는 일정한 것으로 간주하여 매월별로 마모량을 산출하였다. 비정상적인 과대 마모의 영향을 배제하기 위하여 월간 마모량이 1mm이상의 경우 및 마모량이 0인 데이터는 제외하였다.

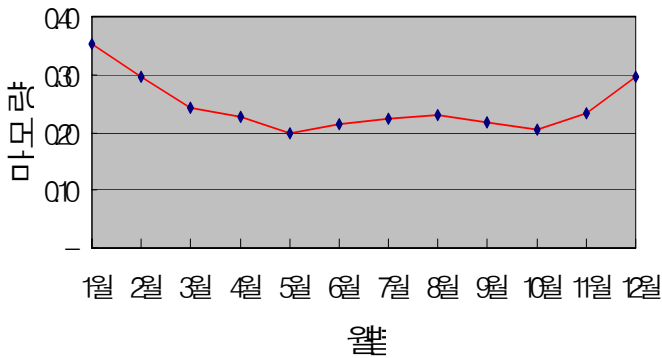


Fig. 5 5호선 차륜 플랜지 월별 마모율 변화

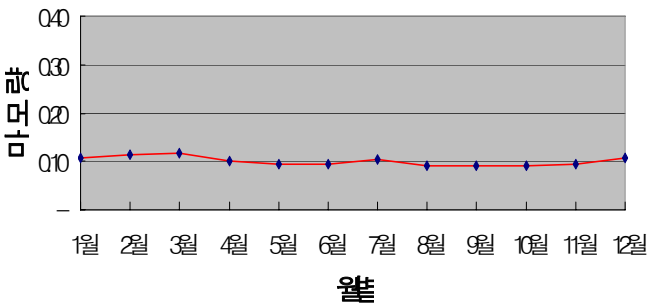


Fig. 6 6호선 차륜 플랜지 월별 마모율 변화

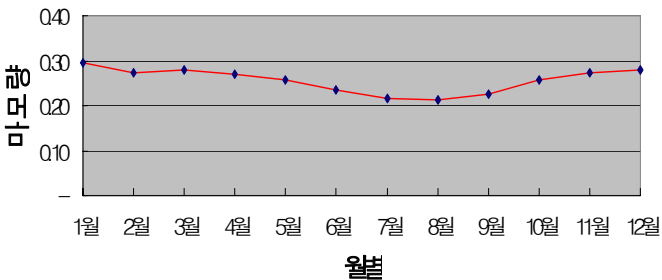


Fig. 7 7호선 차륜 플랜지 월별 마모율 변화

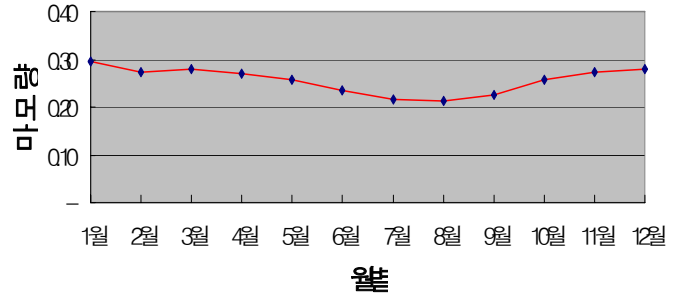


Fig. 8 8호선 차륜 플랜지 마모율 변화

월별 차륜 마모율 변화에 대한 분석결과 노선별 차이가 나타나지만 공통적으로 외기가 낮은 1~3월과 11~12월 사이에 대체로 마모율이 높은 것으로 나타난다. 이는 금속의 특성상 온도에 따른 파괴인성의 차이에 의한 것으로 판단된다.

철도차량의 차륜마모에 영향을 주는 요인은 선로상태나 차량의 특성, 속도, 승객의 수, 기후조건 등 무수히 많은 변수들이 존재한다. 그리고 이러한 조건들에 의해 진행되는 마모율의 정량적인 측정은 매우 어렵다.

본 연구에서는 이러한 조건들이 공통적으로 동일하다는 가정 하에서 기 측정된 차륜의 데이터로 차륜의 직경차이에 따른 마모율의 변화를 분석하였다.

위의 분석결과에서와 같이 차륜의 직경이 클수록(원형에 가까울수록) 플랜지의 마모율이 낮고 삭정에 따른 직경의 감소에 따라 마모율이 증가함을 보이고 있다.

차륜의 직경 감소는 산술적으로 원주길이 감소로 차륜담면의 특정점이 선로와 접촉하는 회수가 증가함을 의미하며 사행동 주기가 단축된다. 결과적으로 담면의 구름운동에 따른 온도상승과 제동 마찰열의 상승(M-car), 차체의 Yawing 유발, 플랜지 공격각 증대로 인한 마모율 증가의 메카니즘으로 진행됨을 추정할 수 있다.

월별 차륜 마모율 변화에 대한 분석결과와 노선별 차이가 나타나지만 공통적으로 외기가 낮은 동절기에 대체로 마모율이 높은 것으로 나타난다.

5. 결론

- 1) 차륜 직경별 마모율의 차이는 직경의 크기가 원형(860mm)에 가까울수록 마모율이 적은 것으로 나타나며, 삭정량이 늘어나 직경이 감소함에 따라서 플랜지의 마모량도 대체로 증가함을 알 수 있다
- 2) 월별 차륜 마모율 변화에 대한 분석결과 노선별 차이가 나타나지만 공통적으로 외기가 낮은 동절기에 대체로 마모율이 높은 것으로 나타난다.