

마이크로폰을 이용한 개선된 차륜담면 효과 시험

The Effectiveness Test of Improved Wheel Profile by Using Microphones

문경호* 허현무** 김재철**
Moon Kyeong-Ho Hur Hyun-Moo Kim Jae-Chul

ABSTRACT

In rolling stock, wheels are one of the most important components to run on the track in safety. Especially, it is important that wheel profile cause the variation of dynamic characteristics and running safety. The purpose of this paper is to propose the wheel profile and to know the effectiveness of improved wheel profile by using microphones. We also performed analysis of running safety to know application of improved wheel profile before the test. In result, the improved wheel profile was stable in running safety and noise level was reduced.

1. 서론

철도차량에서 차륜은 주행중 레일과 접촉하면서 차량이 궤도면을 따라 안전하게 주행하도록 하는 중요 구성품중 하나이다. 특히, 차륜담면형상은 레일과 접촉시 그 형상에 따라 차량의 동적 특성 및 주행안전성에 영향을 미치는 인자이므로 고속화에 따라 차륜관리측면에서 매우 중요한 부분이다. 이러한 차륜은 차륜/궤도간의 인터페이스 문제, 차량하부시스템 상호간의 적합성 문제, 차륜재질특성, 차량 현가계특성, 운용선로 및 운용조건 등 다양한 원인에 의해서 차륜플랜지부 직립마모, 담면부의 박리 및 찰상현상 등으로 손상이 발생하게 된다. 차륜플랜지의 직립마모는 차륜/레일간 인터페이스의 부적합, 차량 조향기능 저하가 큰 원인으로 이를 개선하기 위해서 각국에서 담면형상개발 연구를 하고 있다.[1][2] 차륜 담면형상은 크게 원통형, 원추형, 원호형이 있는데 현재는 담면이 직선인 원추형과 곡선인 원호형이 사용되고 있으며 원추형에서 원호형으로 개발되고 있는 추세이다. 국내에서 사용되고 있는 담면형상은 화차, 기관차에 사용되고 있는 1/20담면(원추형)과 객차, 새마을동차, 기관차, 전동차에 사용되는 1/40담면(원추형)이 주로 사용되며 일부 객차 및 전동차에 1/20 Heumann담면(원호형)이 사용되고 있다.

본 연구에서는 국내실정에 맞는 담면 형상을 제안하고 이에 대한 효과를 비교하고자 하였다. 제안된 차륜형상의 차량 안전성을 알기 위하여 해석을 한 결과, 주행안정성과 관련된 사행동 발생은 없는 것으로 나타났다. 또한 성능 입증을 위하여 마이크로폰을 이용하여 차륜의 이상유무 및 소음 저감효과를 실차시험을 한 결과, 약간의 소음저감 효과가 있는 것으로 나타났다.

* 한국철도기술연구원 교통핵심기술사업단 주임연구원, 정회원

** 한국철도기술연구원 차량기계연구본부 선임연구원, 정회원

2. 차륜담면 형상 도출

2.1 차륜담면 형상 제안

차륜 형상은 철도차량용 차륜규격 KS R 9221 및 국유철도건설규칙의 제66~67조에 잘 나타나 있다. 국유철도건설규칙 제66조는 차륜의 직경, 차륜의 폭, 두께, 차륜 한쌍의 내면거리가 명시되어 있으며, 제67조는 차륜플랜지부에 대한 조항으로 플랜지의 높이, 두께, 차륜 한쌍의 중심선으로부터 플랜지 바깥면까지의 거리에 대하여 정의되어 있다.[3] 이러한 조항을 근거로 하여 제안된 담면형상은 원추형 1/40담면에서 플랜지 직립마모 현상이 두드러진 플랜지목 부근을 원호형 곡선으로 보완함으로써 곡선부 주행시 응력집중에 의한 손상을 예방하고 직선로 고속주행시 안정된 주행성능을 도모하였으며 그림 1~2와 같다.

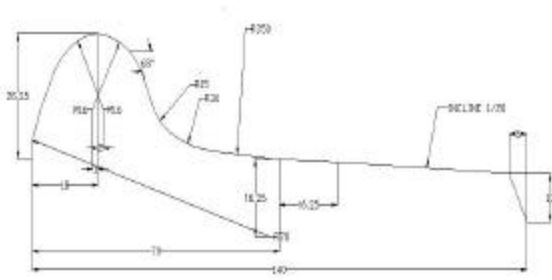


그림 1 제안된 차륜형상(Case 1)



그림 2 제안된 차륜형상(Case 2)

2.2 차량안전성 해석

제안된 차륜형상이 차량 안전성을 알기 위하여 동특성해석을 수행하였다. 해석차종은 국내 고속객차의 대표차종인 KT23대차 적용 무궁화객차를 대상으로 하였고 해석프로그램은 철도차량 동특성해석 분야의 대표적인 S/W인 영국 AEA Technology사의 VAMPIRE를 사용하였다. 두 제안된 차륜형상에 대한 해석결과는 그림 3~4와 같이 모든 담면형상안의 외란에 대한 윤축횡변위는 주행속도 50m/s(180km/h)까지는 시간에 따라 안정적으로 감쇠하는 경향을 보이고 있으며 60m/s(180km/h)이상으로 속도가 증가하게 되면 그 이상대역에서의 윤축횡변위는 시간에 따라 감쇠하는 특성을 보이지 않고 불안정한 특성을 보이고 있다. 그러나 제안된 담면형상 1 및 2에 대한 안정성은 국내 기존선 여객열차 최고속도인 150km/h를 충분히 상회하는 180km/h대역 이상으로 예측됨으로 영업속도 조건인 140km/h이하의 속도대역에서는 차량의 주행안정성과 관련된 사해동 발생 가능성은 없을 것으로 판단된다.

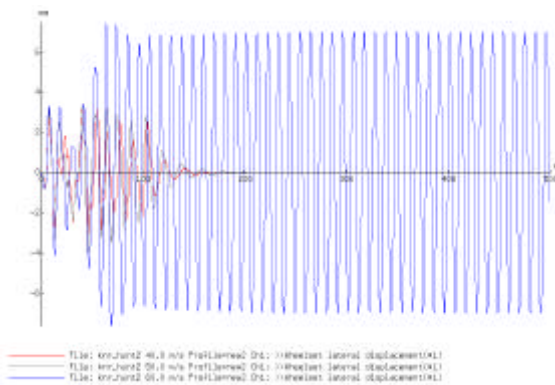


그림 3 주행안정성 해석결과(Case 1)

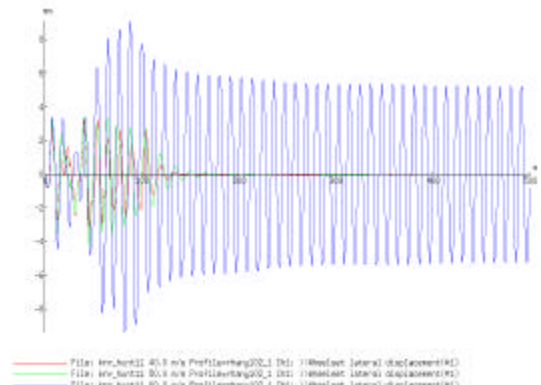


그림 4 주행안정성 해석결과(Case 2)

3. 차륜담면 개선 효과 시험

3.1 측정 개요

성능을 입증을 위하여 마이크론을 이용하여 차륜의 이상유무 및 소음저감효과를 실차시험을 통하여 알고자 하였다. 우선, 시험차륜을 제안된 차륜형상으로 가공하기 위하여 모방자를 만들어서 그림 5~6과 같이 전삭기에 부착하여 시험차륜을 가공하여 대상차량인 무궁화호 대차에 설치하였다. 마이크론의 설치는 그림 7과 같이 12428호에는 기존 1/40담면, 12491호에는 제안된 원호형담면 1안, 12464호에는 제안된 원호형 담면 2안을 설치하였다. 그림 8은 마이크론의 측정 위치를 나타내며 그림 9는 계측시스템 구성도를 나타낸다.

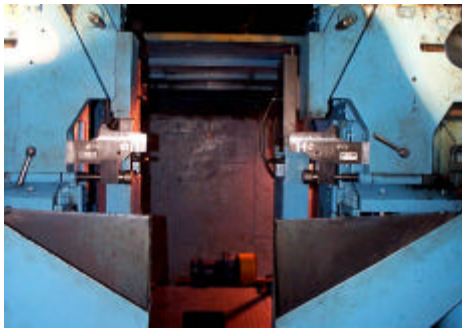


그림 5 담면형상안 모방자 전삭기 취부

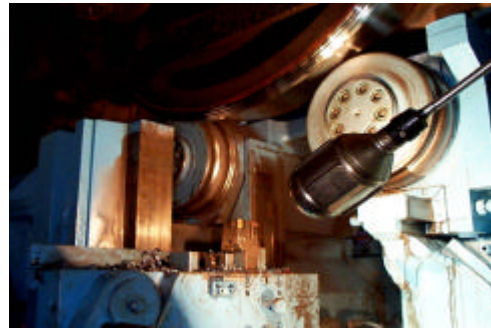


그림 6 시험차륜 담면형상안 삭제

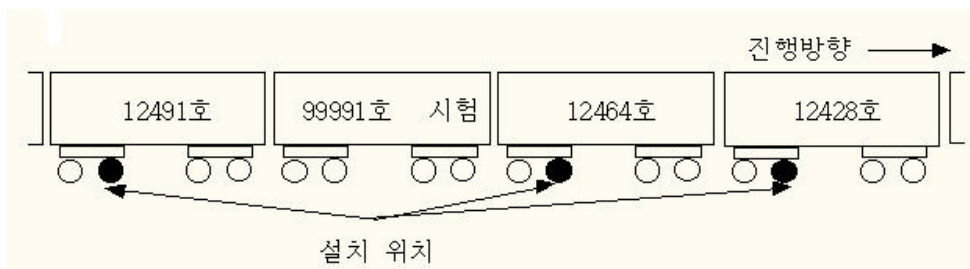


그림 7 마이크론 설치차량

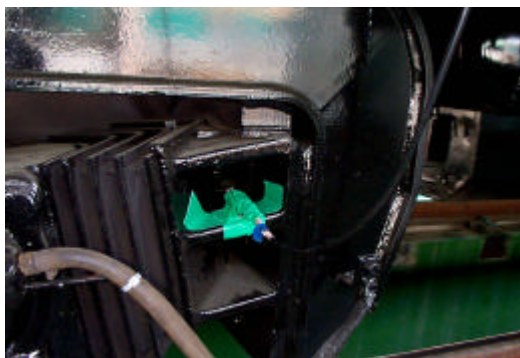


그림 8 마이크론 측정 위치

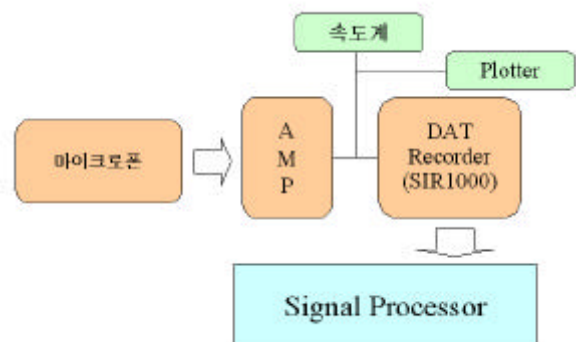


그림 9 계측시스템 구성도

3.2 소음 측정 결과

답면형상안 적용차량에 대한 차륜 소음특성의 측정구간은 경부선이며 그 중에서 분석구간으로 직선구간(오산-천안)과 곡선구간(옥천-김천)으로 구분하여 분석하였고, 등가하부소음수준을 비교하기 위하여 다시 직선구간에서 3개 구간, 곡선구간에서 3개 구간으로 세분화하였다.

직선구간은 오산-송탄, 서정리-평택, 평택-성환, 성환-직산구간을 대상으로 하였으며 직선구간에서의 등가소음수준을 비교한 결과는 표 1과 같다. 시험결과에서 답면형상안 1안(12491호)의 경우는 기존차륜에 비해서 1.7~3.3dBA로 소음저감에 효과가 있는 것으로 나타났고 답면형상안 2안(12464호)도 0.4~1dBA 정도로 미미하지만 소음수준이 약간 내려가고 있다. 또한 속도가 증가함에 따른 등가소음수준은 모든 차륜에 대해서 증가하는 것으로 나타났다. 그림 10~그림 12는 각각의 구간에서 거리 및 속도에 따른 소음 수준의 변화를 그래프로 나타낸 결과이다.

곡선구간 분석은 이원-지탄, 심천-영동, 영동-황간구간으로 하였다. 곡선구간에서 등가소음수준을 비교한 표 2를 보면 답면형상안 1안의 경우 1.4~2dBA로 소음개선의 효과가 있으나 답면형상안 2안의 경우는 0.2~0.4dBA로 소음개선효과는 아주 미미한 것으로 나타났다. 곡선구간에서도 역시 속도에 따라서 소음수준이 올라가고 있으며 그림 13~그림 15는 곡선구간에서의 속도 및 거리에 따른 소음수준의 변화를 나타낸 결과이다.

표 1 등가소음수준 비교(직선구간)

구 간		오산-송탄	평택-성환	성환-직산
항 목				
평균속도(km/h)		121.7	91.8	106.1
소음수준 (dBA)	기존차륜	111.4	107.6	109.4
	답면(1안)	109.7	104.3	106.5
	답면(2안)	111.0	106.6	108.5

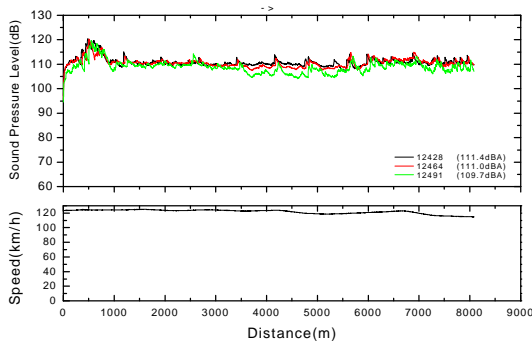


그림 10 직선구간 소음측정결과(오산-송탄)

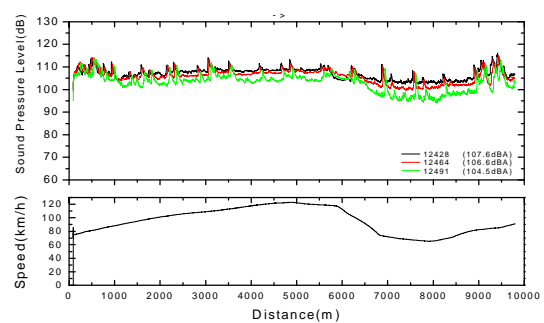


그림 11 직선구간 소음측정결과(평택-성환)

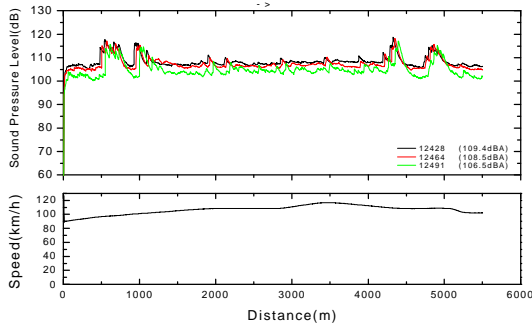


그림 12 직선구간 소음측정결과(성환-직산)

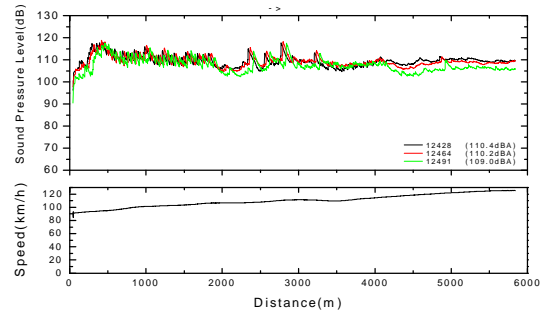


그림 13 곡선구간 소음측정결과(이원-지탄)

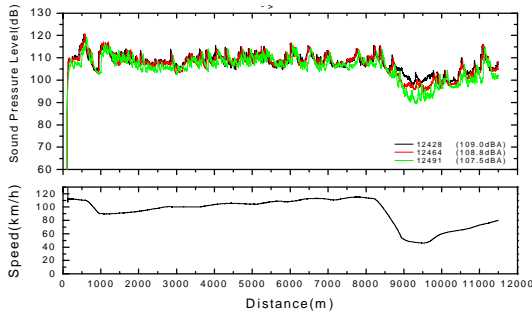


그림 14 곡선구간 소음측정결과(심천-영동)

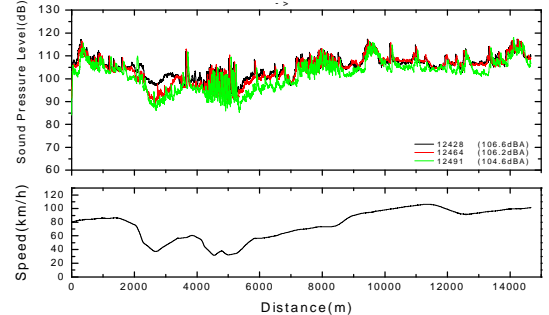


그림 15 곡선구간 소음측정결과(영동-황간4)

표 2 등가소음수준 비교(곡선구간)

항 목		구 간		
		이원-지탄	심천-영동	영동-황간
평균속도(km/h)		109.2	88.5	68.5
소음수준 (dBA)	기존차륜	110.4	109.0	106.6
	답면(1안)	109.0	107.5	104.6
	답면(2안)	110.2	108.8	106.2

기존 답면형상 적용차륜과 답면형상 개선안 적용차륜에 대한 시험 결과, 주행안정성 등에 영향을 미치는 특이사항은 없었다. 차륜 하부소음을 비교하여 본 결과는 답면형상안 2안의 경우에는 소음저감 효과가 미미하지만 답면형상안 1안의 경우, 직선구간에서 1.7~3.3dBA, 곡선구간에서 1.4~2dBA로 소음저감에 효과가 있는 것으로 나타나고 있다.

5. 결론

개선된 차륜답면에 대한 효과를 시험한 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 개선된 차륜에 대한 주행안전성을 해석한 결과, 주행속도에서 사행동은 발생하지 않을 것으로 나타났고 이를 적용하여 실차시험을 실시한 결과도 특이사항은 나타나지 않았다.

(2) 개선된 답면형상 2안의 경우, 소음저감 효과가 있지만 미미한 수준이었으나 개선된 답면형상 1안의 경우, 직선구간에서 1.7~3.3dBA, 곡선구간에서 1.4~2dBA로 소음저감에 효과가 있는 것으로 나타나고 있다.

(3) 같은 운행조건에서 소음저감 효과가 있는 것으로 보아서 플랜지와 레일사이의 접촉여건이 개선되었음을 알 수 있었다.

참 고 문 헌

1. Jone F. Leary, "Development of Freight Car Wheel Profile - a Case Study", 1991, Wear
2. K. Sasaki, "Development of Wheel Tread Profile for Commuter Train" CM2000
3. KS R 9221 "철도차량용 차륜" 한국산업규격