

# 현차시험에 의한 디젤기관차용 합성제륜자의 마모특성 연구

A Study on the Wear Characteristic of Composite brake shoe for Diesel Locomotive  
by Field Test

권석진\*                      최경진\*\*                      고광범\*\*\*                      이장희\*\*\*\*  
Kwon, Seok-Jin, Choi, Kyung-Jin Ko, Kang-Bum Lee, Jang-Hee

## ABSTRACT

In this paper, we investigated the wear rate, braking temperature and stopping distance of the composite brake shoe for diesel locomotive in the field test. The wear rate and braking temperature of the composite brake shoe would rather than cast iron. Also, the stopping distance of composite brake shoe is 450m at 100km/h. This result of field test shown that the density distribution of the composite brake shoe influence on wear rate.

## 1. 서론

철도차량의 동력차용에 사용되고 있는 제동장치는 차륜담면에 제륜자를 가압하여 제동을 체결하는 담면 제동방식이다. 현재 국내에서 운용중인 철도차량 동력차의 담면제륜자는 일부 외국의 수입품이 사용되고 있으며 일반적으로 주철제륜자가 장착 사용되고 있다. 주철제륜자는 가격이 저렴하며 습기조건하에서 점착개선 효과의 장점을 가지고 있는 반면에 고속대역에서의 마찰계수가 비교적 낮고 저속도와 정지직전에 마찰계수가 급격하게 상승하며 제동시에 소음이 발생하고 중량이 무거운 등의 단점이 있다.<sup>1) 2)</sup> 이에 따라 속도에 따라 마찰계수의 변화가 적고 내마모성이 우수하며 마찰면에서의 불꽃발생 우려가 적은 합성제륜자의 개발이 필요하게 되었다.

합성제륜자는 그의 용도에 따라서 6종류로 나뉘어지며, JIS에서는 3종류로 분류하고 있다. 합성제륜자는 결합조직에 페놀계 수지를 사용하며 고온에서는 점탄성적 거동을 나타낸다. 마찰속도  $v$ , 압부하중  $P$ , 마찰면 기본온도  $T$ 로 하면,  $v > P > T$ 의 순서로 영향을 받지만 결합재의 특성에 따라 다소 변화가 있다. 또한 제륜자의 마모는 온도상승에 따라 지수함수적으로 증대된다.<sup>3) 4)</sup>

차륜담면용 제륜자는 상대 차륜에 대한 영향을 충분히 고려해야 하므로 제륜자 개발시 적정마찰계수, 제동시 차륜과 제륜자의 온도, 마모량 등을 분석할 수 있는 실물 벤치시험(dynamo test)과 차륜에의 영향, 주행거리 대비 내마모성, 제동거리 등을 검토할 수 있는 현차시험(field test)에 의한 종합적인 평가가 필수적이다.<sup>5)</sup>

본 연구는 합성제륜자를 제작, 현차시험에 따른 내구성 및 마찰마모특성을 기존품 제륜자와 비교평가하여 우수한 차륜담면용 제륜자의 개발자료로 활용하고자 한다.

\* 한국철도기술연구원 차량연구본부 주임연구원, 정회원

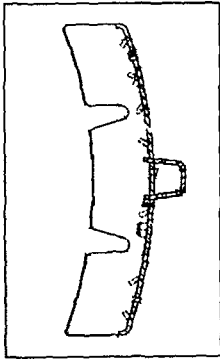
\*\* 한국철도기술연구원 차량연구본부 책임연구원, 정회원

\*\*\* (주)한국베탈 기술연구소 상무

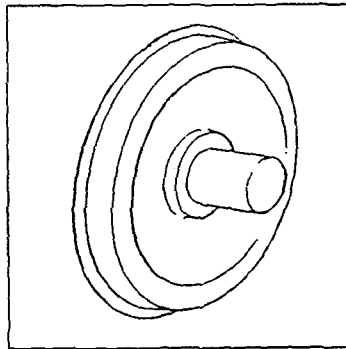
\*\*\*\* (주)한국베탈 기술연구소 이사

## 2. 시험품과 장착 위치

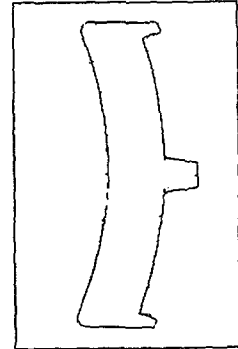
시험품은 기존품인 주철제륜자와 (주)한국베랄에서 시제작한 합성제륜자를 시험하였으며 그림 2-1과 같이 주철제륜자는 길이 350mm, 두께 57mm, 합성제륜자는 길이 350mm, 두께 58mm 로서 마찰면에 2개의 홈형상을 가지고 있다. 상대재는 직경 1016mm인 차륜으로 주강재이다. 그림 2-2와 같이 주철제륜자와 합성제륜자를 디젤기관차에 장착 시험하였다. 현차사용시험 디젤기관차는 7300호대로서 양압식으로 2대차에 24개의 제륜자가 장착되어 있다.



(a) 합성제륜자



(b) 차륜



(c) 주철제륜자

그림. 2-1 시험품의 형상과 크기

시험품의 장착위치는 그림 2-2와 같이 합성제륜자는 4, 5, 6위 축, 주철제륜자는 1, 2, 3위 축에 장착하였다. 주철제륜자의 설치는 합성제륜자와 내마모성비교 및 차륜 담면상태 관찰 및 차륜마모 상대비교를 위하여 장착하였다.

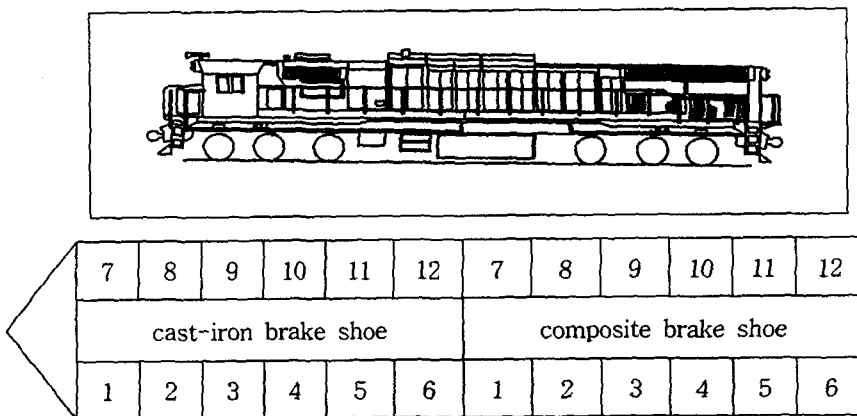
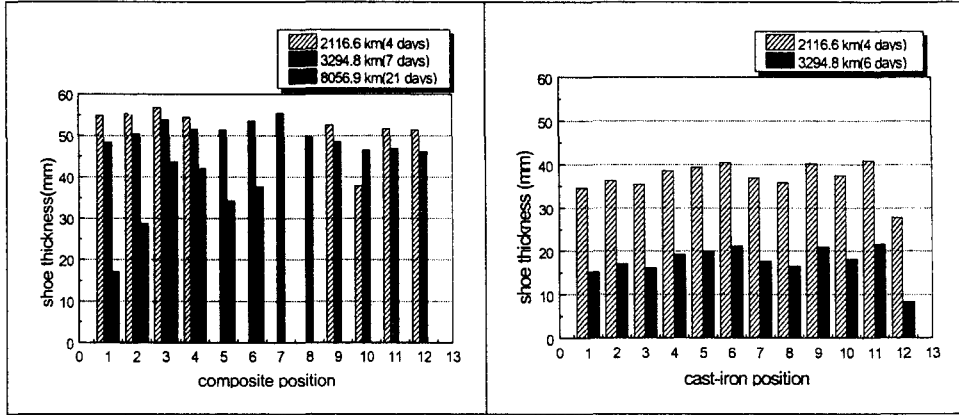


그림. 2-2 현차시험차와 시험품 장착위치

### 3. 현차시험 결과 및 고찰

#### 3-1. 주행거리 대비 마모량

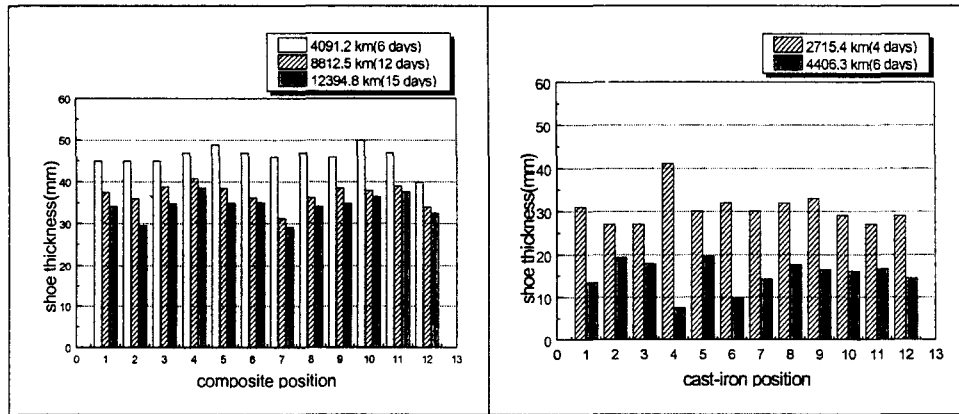
주행거리 대비 마모량의 분석은 기존품 주철제륜자와 개발품 합성제륜자의 두께를 측정하여 시험기관차의 주행거리당 제륜자의 두께감소로 비교하였다.



(a) 합성제륜자

(b) 주철제륜자

그림. 3-1 1차 시험품 제륜자의 주행거리당 마모량 비교



(a) 합성제륜자

(b) 주철제륜자

그림. 3-2 2차 시험품 합성제륜자의 주행거리당 마모량 비교

그림 3-1~3-2에 현차시험시 합성제륜자와 주철제륜자의 주행거리 대비 마모량을 나타내었다. 1차 개발품 합성제륜자는 2일만에 급속하게 마모가 진행되어 마모한도에 다다르거나 편마모 현상이 발생하였으며 전체적으로 합성제륜자가 일정하게 마모가 진행되어 마모한도에 따라서 교환되는 것이 아니라 불규칙하게 마모한도에 도달하여 교환되었다. 이것은 상대차륜의 거칠기와 답면형상의 영향, 강수에 따른 환경조건, 주철제륜자에 비하여 마찰계수가 높은 조건 등의 여러 가지 이유를 들 수 있지만 가장 큰 영향을 미치는 것은 합성제륜자의 성형 공정에 따른 제륜자의 밀도편차의 영향 때문이다.

2차 개발품은 성형공정을 개선하여 현차시험품을 제작하여 시험하였다. 주행거리 대비 마모량을 측정된 결과 1차 개발품보다 마모한도에 따른 교환주기가 향상되었으며 전체적으로 균일하게 마모가 진행되어 편마모에 따른 현상이 없음을 확인하였다. 1차와 2차 개발품의 주행거리 대비 마모량의 결과로부터 합성제륜자는 마찰마모특성 못지 않게 성형공정상의 제작이 중요함을 알 수 있었다.

그림 3-1과 그림 3-2에서 차량 진행방향의 전부에 위치한 제륜자가 후부에 위치한 제륜자보다 마모두께가 감소되어 나타나는 것을 볼 수 있다. 이러한 현상은 차량의 제동작용시에 중량이 차량의 전부쪽으로 부담되어 전부에 위치한 제륜자가 일을 더 많이 부담하기 때문이라 생각된다.

현차 사용시험에 따른 디젤기관차용 합성제륜자의 마모량 측정결과 합성제륜자의 내마모성이 주철제륜자에 비하여 우수한 것으로 나타났으며, 개발품 합성제륜자는 주철제륜자에 비하여 약 3배 정도의 내마모성을 가지고 있는 것으로 분석되었다.

주철제륜자의 경우 마찰면에 균열과 기공이 나타나지만 합성제륜자의 경우 균열발생이 없는 것으로 나타났다. 주철제륜자를 장착한 상대 차륜의 담면표면은 거칠고 여러 군데 오목마모가 관찰되었으며 차륜담면에 끝말림 현상이 나타나고 있었다. 합성제륜자의 경우, 차륜 담면표면이 깨끗하고 열반점 발생이 없는 것을 확인하였다. 차륜담면의 크랙발생은 이 열반점의 생성에 기인하는 것으로 보고되고 있다.<sup>6)</sup>

### 3-2. 차륜담면의 형상

일반적으로 합성제륜자의 경우 상대재 차륜에 대한 마모량이 주철제륜자에 비해 적게 나타난다. 이러한 주철제륜자와 합성제륜자의 상대재 차륜에 대한 영향을 비교검토하기 위한 목적으로서 차륜담면의 형상을 차륜담면 형상측정장치(wheel profile)를 이용하여 측정하였다.

시험품 제륜자의 장착 차륜담면형상을 측정된 결과, 그림 3-4와 같이 주철제륜자보다 합성제륜자 마모가 적게 나타났으며 주철제륜자의 경우 플랜지쪽도 마모가 되는 것으로 나타났다.

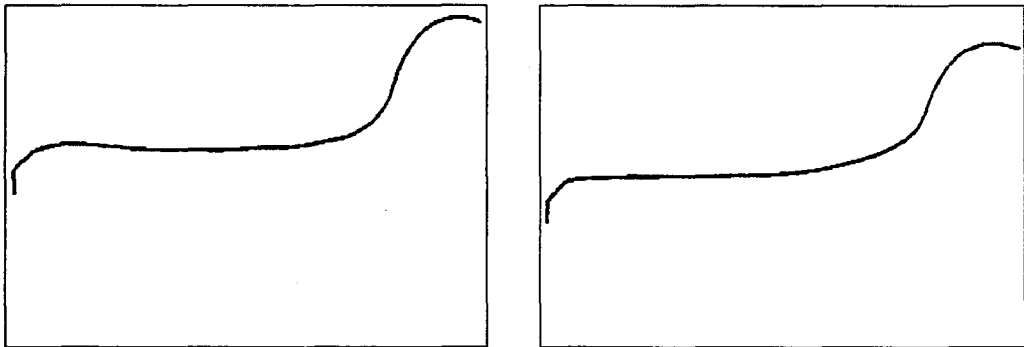


그림. 3-4 주철제륜자(左)와 합성제륜자(右)의 상대차륜 담면형상 측정 결과

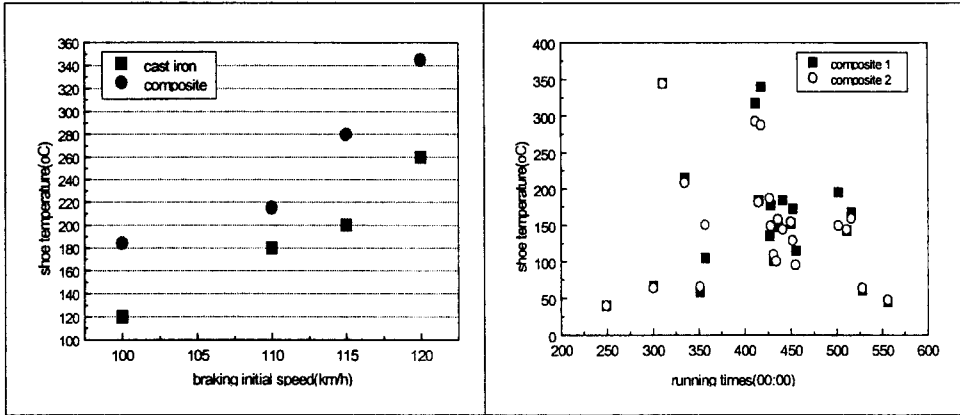
### 3-3. 온도측정시험

현차 온도측정시험은 실제 현차의 운행조건시 합성제륜자와 주철제륜자의 온도분포가 어떻게 나타나는 지에 관한 분석을 위하여 서울~부산간과 서울~강항간의 제륜자 제동시 온도를 측정하였다. 그림 3-5(a)에서 제동시 합성제륜자의 제동온도는 120 km/h에서 최대 345℃로 나타났으며 주철제륜자의 제동시 최대온도보다 더 높은 수치이다. 이것은 제동시 발생하는 제동열을 차륜보다는 제륜자에서 부담하는 것으로 생각되며 온도특성은 주철제륜자보다 더 양호한 것으로 나타났다.

그림. 3-5(b)는 2차 개발품 합성제륜자의 현차 운행시 제동온도를 측정된 것으로 합성제륜자 ①이 합성제륜자 ②보다 제동시 온도가 높게 나타나며 합성제륜자 ①의 위치가 합성제륜자 ②의 위

치보다 뒤쪽에 위치한 제륜자로서 주행시의 냉각효과로 인한 것으로 생각된다.

일반적으로 담면제동은 정차역의 진입시 사용된다. 주철제륜자를 장착한 차륜과 합성제륜자를 장착한 차륜을 비교하기 위하여 정차시 차륜온도를 적외선 온도계를 이용하여 측정한 결과, 초기에는 주철제륜자의 온도가 낮게 나타나지만 제동회수가 거듭될수록 주철제륜자를 장착한 차륜의 제동 온도가 상승됨을 알 수 있었다. 이러한 현상은 주철제륜자가 제동시 발생된 열을 효과적으로 방산하지 못하고 계속적으로 열이 내부에 축적되어 제동회수가 증가할 때마다 차륜에 영향을 미치는 것이라 생각된다.

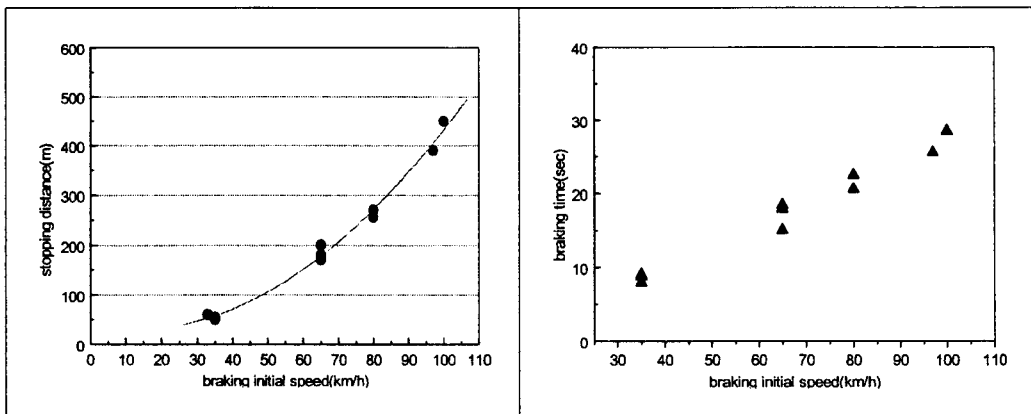


(a)주철제륜자와 합성제륜자 제동온도 (b)합성제륜자 위치에 따른 제동온도

그림. 3-5 시험품 제륜자의 현차운행시 제동온도

### 3-4. 비상제동거리 시험

비상제동시 개발품 합성제륜자의 제동거리를 측정하기 위하여 시험기관차 1량에 개발품 합성제륜자를 장착하여 시험하였다. 단기기관차의 시험 제동초속도는 35, 65, 80, 100 km/h이며 평탄선로에서 시험하였다. 또한, 80 km/h에서 상구배와 하구배일 경우 비상제동거리 시험도 실시하였다.



(a)비상제동거리

(b)제동시간

그림. 3-6 합성제륜자의 비상제동거리와 제동시간 측정결과

비상 제동거리시험결과, 제동초속도 35km/h에서 55m, 65km/h에서 200m, 80km/h에서 270m로 측정되었다. 또한, 100 km/h에서 개발품 합성제륜자의 비상제동거리는 450m 로서 단기기관차 100

km/h에서 비상제동거리는 600m 이내의 기준을 만족하고 있다. 80 km/h에서의 하구배와 상구배의 비상제동거리는 약 36%정도 상구배보다 하구배에서 연신을 나타내었다.

비상제동체결시 주철제륜자의 경우 소음, 불꽃발생, 철분의 비산이 발생하나 개발품 합성제륜자의 경우, 소음발생이 없었으며 찰상이 나타나지 않음을 확인하였다.

#### 4. 결 론

디젤기관차용 합성제륜자를 개발, 제작하여 현차시험을 통한 주행거리에 따른 마모특성, 상대재차륜의 영향도, 제동시 온도특성, 비상제동거리 등을 분석하였으며 그 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 현차운행에 따른 주행거리 대비 마모량을 조사 분석한 결과, 기존품인 주철제륜자에 비하여 개발품 합성제륜자는 약 3배의 내마모성을 가지며 차륜담면의 찰상, 열크랙 발생이 없음을 확인하였다.

(2) 비상제동거리 시험결과 100 km/h에서 450 m로 측정되어 단기기관차의 단독운전시 속도제한에 따른 비상제동거리 확보에 여유가 있을 것으로 판단된다.

(3) 합성제륜자의 성형공정에 따라서 주행거리 대비 마모량이 상당히 판이한 결과를 나타내므로 합성제륜자의 제작시 예비성형의 공정에 유의해야할 것으로 판단된다.

(4) 합성제륜자 상대밀도의 분포를 균일하게 제작함에 따라 현차 장착시 발생하는 편마모 현상과 내마모성이 상당히 개선되었다.

#### 참고문헌

- 1.中央鐵道學院編,1978,“最新電車運轉理論”
- 2.辻村太郎, 大野薫, 1997,“高速鐵道車輛用複合型鑄鐵制輪子の開發”,RTRI report Vol.11, No.9, pp7~11
- 3.出村要,村太郎,1997,“鐵道車輛のブレーキ技術(5)-ブレーキ摩擦材料とその特性(その1)”,機械の研究, 第49卷 1, pp49-68
- 4.木川武彦,出村要,1997,“鐵道車輛のブレーキ技術(6)-ブレーキ摩擦材料とその特性(その2)”,機械の研究, 第49卷 2, pp69-75
- 5.辻村太郎, 1991,“鐵道車輛用金屬系制動材料に関する研究(その1)”,RTRI report Vol.5, No.5, pp64~70
- 6.M.C. Fec, H.Shehitogle,1985,“Thermo-mechanical damage in railroad wheels due to hot spotting”, AAR Report No. R-600