

# 레일 마모에 의한 형상변화가 열차 탈선에 미치는 영향 연구

## A Study on the Effect of Shape Change on Train Derailment by Rail Wear

이동백\*†, 정찬묵\*

Dong-baek Lee\*†, Chan-Muk, Jung\*

**초 록** 곡선구간 레일은 차량 운행시 원심력 작용으로 곡선 외측이 내측 보다 더 많이 마모된다. 국내 철도 운영기관의 「선로관리규정」에 레일의 마모 한도(직마모 13mm, 편마모 15mm)를 정하고 있으나 레일 형상변화에 대한 기준은 없는 실정이다. 본 연구에서는 레일 마모가 진행되는 경우 레일 형상 변화가 열차 탈선에 어떠한 영향을 미치는 가에 대한 해석을 수행하였다.

**주요어** : 레일마모, 레일 형상변화, 열차탈선, 동역학 해석

### 1. 서 론

국내 철도 운영기관의 「선로관리규정」에 레일의 마모한도(직마모 13mm, 편마모 15mm)를 정하고 있으나 레일 형상변화에 대한 기준은 없는 실정이다. 본 연구에서는 레일 마모가 진행되는 경우 레일 형상 변화가 열차 탈선에 어떠한 영향을 미치는 가에 대한 해석을 수행하였다.

### 2. 본 론

본 논문에서는 다물체 동역학 해석 프로그램인 UM(Universal Mechanism)을 이용하여 계산하였다. 적용 조건은 서울 ○호선 전동차 차륜 프로파일(차륜 내면거리 1,356mm)과 ○○역~○○역 사이 곡선반경 R301 우곡선, 레일의 편마모 8mm, 열차 속도 42.5km/h 조건을 해석 대상으로 삼았으며 레일 형상은 Fig. 1과 같고 마모 측정값은 Fig. 2와 같다.

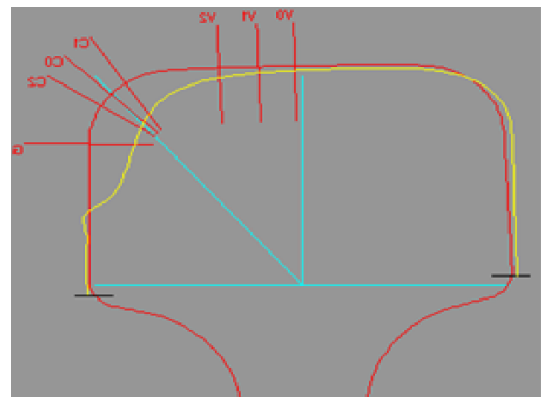


Fig. 1 Rail shape

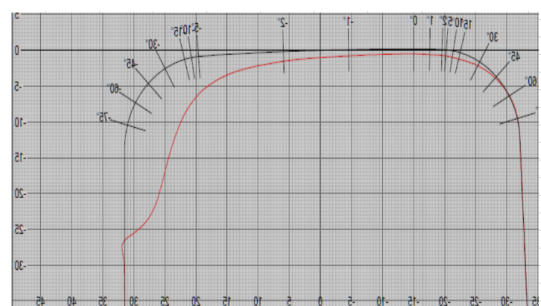


Fig. 2 Rail wear value

† 교신저자: 국토교통부 항공철도사고조사위원회  
(back3790@korea.kr)

\* 우송대학교 철도대학원 철도시스템공학과

### 3. 해석결과

#### 3.1 신폼 레일과 차륜의 접촉

신폼 레일과 차륜의 접촉형상을 탈선해석프로그램(UM)으로 해석한 결과 Fig. 3와 같이 1점접촉으로 주행하게 되는 것을 확인할 수 있었다.

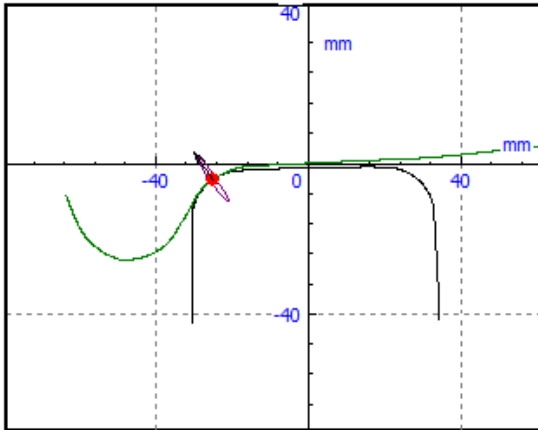


Fig. 3 Wheel / Rail contsct(new)

#### 3.2 마모 레일과 차륜의 접촉

마모레일(8mm)과 차륜이 접촉하는 경우 해석한 결과 외측 레일에서 Fig. 4와 같이 2점접촉이 발생 하면서 주행하게 된다.

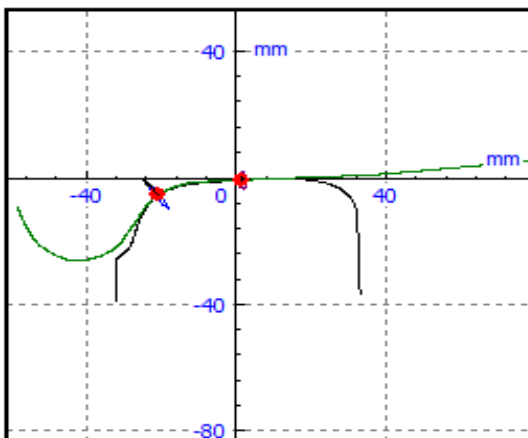


Fig. 4 Wheel / Rail contsct(wear)

### 4. 결론

동특성 해석결과 신폼 레일의 경우 1점 접촉으로 주행하는 반면 8mm 마모레일의 경우 2점접촉으로 주행하는 것을 확인할 수 있었다.

즉 2점접촉은 차륜의 구름반경(rolling radius) 차이를 발생시켜 곡선 주행성능(Curving Performance)을 저하시키고, Table. 1 「나달의 공식」에서 제시한 바와 같이 차륜과 레일의 마찰계수 증가로 한계탈선계수<sup>1)</sup>가 작아져 열차의 탈선 가능성이 높아지는 것을 알 수 있다.

Table 1 Nadal's formula

$$(Q/P)_{cri} = \frac{\tan\alpha - \mu_e}{1 + \mu_e \tan\alpha}$$

여기서  
 $(Q/P)_{cri}$  : 한계탈선계수  
 $\alpha$  : 차륜레일 접촉각(rad)  
 $\mu_e$  : 등가마찰계수 =  $f_y/N$   
 $(f_y$  : 횡 크리프력(Creep Force),  $N$  : 법선력)

따라서 레일이 마모한도(편마모 15mm) 이내의 8mm 마모레일에서 2점접촉으로 주행함에 따라 철도 운영기관에서는 「선로관리규정」에 레일 마모로 인한 형상변화 기준을 정하는 방안에 대해 추가적인 연구가 필요한 것으로 판단된다.

### 참고문헌

- [1] 선로관리규정, 서울교통공사, 2018
- [2] Railway Engineering, 서사범, 2007

1) 한계탈선계수란 열차 탈선이 가능하게 되는 최소 탈선계수를 말한다.