

장대레일 적재 화차의 기존선구간 주행안전성 연구

A Study Running safety of the Freight Car Loading CWR on KNR Line

김종오† 양신추* 오일근** 이희성***
 Jong Oh Kim S. C. Yang Il Geun Oh Hi Sung LEE

ABSTRACT

In this study, it is offering a numerical method which assesses running safety of the freight car loaded CWR when passing through on the conventional railway by additional lateral load. It is suggested based on the numerical reviews of the safety against derailment after seeking the derailment coefficient estimated by wheel load-lateral force equation in the section that curve radius is small

1. 서 론

본 연구에서는 장대레일을 적재한 화차가 기존선 구간을 통과할 때 적재된 장대레일의 휨에 의해서 발생하는 추가적인 횡하중에 따른 열차의 주행안전성을 평가하는 방법을 제시하고자 기존선 장대레일 운반구간 중에 곡선반경이 작은 구간에서 화차가 주행할 경우에 열차속도대역별로 발생하는 윤중과 횡압을 평가하여 탈선계수를 구한 후 기준치와 비교하여 탈선에 대해 주행 안전성을 검토하였다.

2. 장대레일 화차의 탈선안전성 검토

2.1 화차의 기본제원

장대레일 수송화차는 평화차위에 300m 장대레일 30개를 3단으로 적재할 수 있는 특수장치를 부착하여 곡선부분 및 분기부를 무리없이 통과 할 수 있도록 특수 제작한 화차로 1량당 길이는 19.57m로 장대레일을 적재하는 화차는 총 16량이며, 장대레일을 고정하는 클램프 사이간격은 9.57m이다.

도표 1. 대차 제원

항 목	제 원
유형	볼스차대차
현수장치	1차 : 총16개 스프링으로 구성 2차 : 없음
좌우 1차현수장치 거리	1.956m
고정축거	1.80m
대차중심거리	13.0m

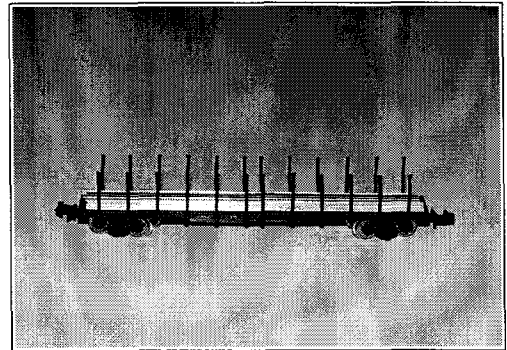


그림 1. 장대레일 적재모형

† 회원(학생) 서울산업대학교 철도전문대학원 석사과정, (주)삼안
E-mail : bell-o@hanmail.net

TEL : (02)509-4709 FAX : (02)509-4827

* 회원, 한국철도기술연구원, 책임연구원

** 회원, 한국철도기술연구원, 수석연구원

*** 회원, 서울산업대학교 철도전문대학원 철도차량시스템공학과 주임교수

2.4 윤중횡압 추정식⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾

가) 원심력에 의한 윤중 증감분

$$\overline{P}_i = \frac{W_0}{2} \left\{ \left((2-\gamma) + \frac{v^2}{g \times R} \times \frac{C}{G} \right) - \frac{H_G^*}{G/2} \left(\frac{v^2}{g \times R} - \frac{C}{G} \right) \right\} + F(C/2G - H_F^*/G)$$

$$\overline{P}_0 = \frac{W_0}{2} \left\{ \left(\gamma + \frac{v^2}{g \times R} \times \frac{C}{G} \right) + \frac{H_G^*}{G/2} \left(\frac{v^2}{g \times R} - \frac{C}{G} \right) \right\} + F(C/2G + H_F^*/G)$$

나) 선로면의 비틀림에 의한 윤중의 증감

$$\overline{\Delta P} = \frac{1}{8b^2} \left\{ \frac{\Delta t_c}{2} \cdot K_\phi + \Delta t_a \cdot k'_{\phi 1} \right\}$$

$$K_\phi = \frac{1}{\frac{1}{4k_1 b_1^2} + \frac{1}{2k_2 b_2^2}}, \quad k'_{\phi 1} = 2k_1 b_1^2, \quad \Delta t_c = \frac{2c}{a_{tc}} + t_c, \quad \Delta t_a = \frac{2a}{a_{TC}} + t_a$$

다) 공기 스프링의 비틀림에 의한 윤중의 증감

$$F' = \kappa \times b_2 \tan \phi = \kappa b_2 \frac{c}{R}$$

$$M = 2 \times F' \times b_2 = \frac{2\kappa b_2^2 c}{R} = a(F_1 + F_2) = \frac{2\kappa b_2^2 c}{R}$$

$$F_1 = \beta \times \frac{2\kappa b_2^2 c}{aR}$$

라) 내측·외측 레일 윤중의 추정식

$$P_i = \left\{ \overline{P}_i + \overline{\Delta P} - F_1 \times \frac{\eta}{\tan 60^\circ} \right\}$$

$$P_0 = \left\{ \overline{P}_0 - \overline{\Delta P} + F_1 \times \frac{\eta}{\tan 60^\circ} \right\}$$

마) 안쪽 레일의 마찰력에 의한 곡선전향 횡압

$$\overline{Q}_i = \kappa P_i$$

바) 원심력, 공기스프링의 비틀림에 의한 윤중횡압

$$\Delta Q_{AS} = W_0 \left\{ \frac{v^2}{gR} - \frac{C}{G} \right\} + F_1 + F = W_0 \left\{ \frac{v^2}{gR} - \frac{C}{G} \right\} + \beta \times \frac{2\kappa b_2^2 c}{aR} + F$$

사) 궤도 뒤틀림 및 이음매부 충격에 의한 횡압변동분

$$\Delta Q_{AD} = 3W_0 k_Q \sigma_Z V, \quad \Delta Q_{unspr} = \left\{ \frac{\epsilon}{100} \right\} \times \left\{ \frac{2500}{R} + 4 \right\} \frac{V}{100}$$

아) 외측 레일 횡압의 추정식

$$Q_0 = \overline{Q}_i + \Delta Q_{AS} + \Delta Q_{AD} + \Delta Q_{unspr}$$

3. 주행안전성 검토

해석대상 개소별 선로조건은 도표 3과 같고, 장대레일화차의 주행안전성을 검토하기 위한 차량동특성은 도표 5와 같다.

도표 5. 장대레일 의해 발생하는 횡압

차량동특성		단위	수치
차량 유효 중심 높이(H_G^*)	선두화차	m	1.180
	중간화차	m	1.280
장대레일 적재에 의한 횡하중 작용점 높이(H_F^p)		m	1.660
적정축중(W_0)	선두화차	kN	97
	중간화차	kN	123
외측레일쪽 차륜의 정지윤증비(γ)			1.0
고정축거(2a)		m	1.8
대차중심간거리(2c)		m	13.0
좌우1차 현가장치 스프링 간격(2b1)		m	1.956
좌우2차 현가장치 스프링 간격(2b2)		m	1.534
궤간(G)		m	1.435
1차 현가장치 상하 스프링상수/축(k_1)		MN/m	8.78
2차 현가장치 상하 스프링상수/대차편측(k_2)		MN/m	0.10
2차 현가장치 전후강성/대차편측(k)		MN/m	-
차륜플랜지각		°	60
외측 차륜의 플랜지부 마찰계수(μ)			0.3

그림12~그림16은 각각의 해석대상구간에서 탈선계수를 화차주행속도별로 계산한 결과로 모든 개소에서 탈선계수는 속도 90km/h까지 기준탈선계수인 0.8을 충분히 만족함을 알 수 있고 따라서 탈선안전측면에서 90km/h까지 속도제한이 필요 없음을 알 수 있다.

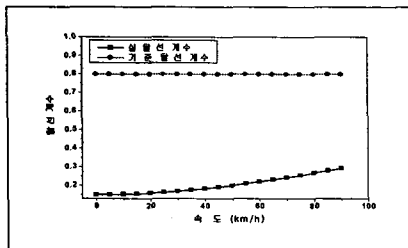


그림 9. Site 1 구간 통과시 선두화차의 탈선계수

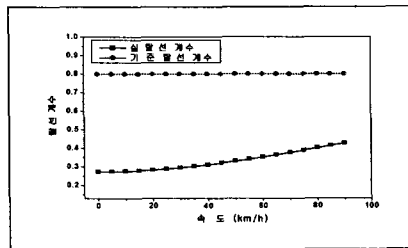


그림 10. Site 2-1 구간 통과시 선두화차의 탈선계수

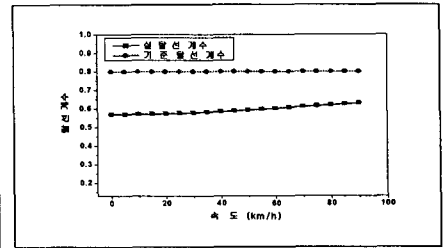


그림 11. Site 2-2 구간 통과시 선두화차의 탈선계수

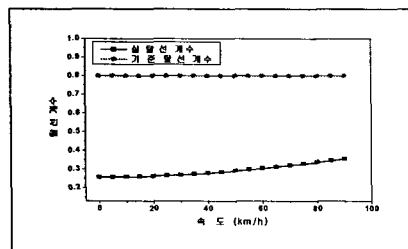


그림 12. Site 4 구간 통과시 중간화차의 탈선계수

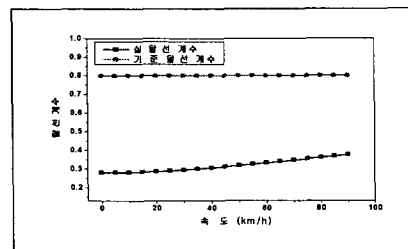


그림 13. Site 5 구간 통과시 중간화차의 탈선계수

4. 결 론

300m 장대레일을 20개 적재하여 운반하는 화차가 기존선 곡선구간을 통과할 때 장대레일의 휨에 의하여 발생하는 추가적인 횡하중에 따른 열차의 주행안전성을 열차속도대역별로 분석하여 합리적인 열차통과속도를 결정하고자 하였다. 또한 기존선 장대레일 운반구간에서 곡선반경이 작은 구간중에서 특히 장대레일 횡하중이 크게 발생하거나, 궤도구조가 취약하다고 판단되는 5개 구간을 선정하여 검토한 결과 속도 90km/h까지 탈선계수 0.8를 넘지 않음을 알 수 있었고, 이는 탈선에 대한 주행안전성이 확보됨을 알 수 있었다.

참고문헌

1. 鐵道總研報告, Vol.9, No.3, 1995. 8, “탈선에 대한 안전성평가지표의 연구” pp. 1~9.
2. 鐵道總研報告, Vol.10, No.3, 1996. 3, “차량의 탈선 메커니즘” pp. 2~10.
3. 鐵道總研報告, Vol.15, No.4, 2001. 4. 2004. 8, "윤증, 횡압추정식에 의한 탈선에 대한 안전성평가", pp. 2~7.
4. 鐵道總研報告, Vol.18, No.8. 2004. 8, "급곡선 저속주행시의 타고오름 탈선에 대한 안전성평가수법 “ , pp. 1~9.
5. Coenraad Esveld(2001), “Modern Railway Track”, MRT-Productions, 2nd Edition
6. 철도종합안전기술개발사업(2006), “탈선안전성능향상 기술개발”, 한국철도기술연구원
7. 황정택(2006), “탈선 안전성능 향상을 위한 매개변수에 관한연구”, 석사학위논문, 서울산업대