

교량상 탈선방호벽 높이 고찰

Review on the Height of Derailment Barrier on the Railway Bridge

배현웅*, 김애림*, 김동성**, 최원일***, 임남형†

Hyun Ung Bae*, Ae Rim Kim*, Dong Seong Kim**, Won Il Choi***, Nam Hyoung Lim†

Abstract The derailment barrier has been built to minimize the damage when train is derailed due to earthquake, track buckling, collision and defect of wheel on the railway bridge. The derailment barriers have to be designed considering the derailment load, geometrical condition, height and width of structures etc. Also, they must take the role of preventing the movement of direction perpendicular to bridge. In this paper, height of the derailment barriers built on the bridge of the 1st, 2nd Gyeongbu and the Honam high speed railway line in Korea was reviewed by overturning moment considering center of gravity and impact acceleration of derailed train.

Keywords : Derailment barrier, Train derailment, train collision, Barrier height, Railway bridge

초 록 철도 교량구간에서 지진, 좌굴, 충돌, 노반·궤도·차륜의 결함 등에 의해 열차가 탈선될 경우, 차량이 전차선 전주와 충돌하거나 교량 하부로 떨어지는 사태를 방지하여 사고피해를 최소화하기 위해 탈선방호벽이 설치되고 있다. 국내 철도교설계기준에 따르면 교축직각방향 탈선 이동을 막아주는 장치적인 역할로서 열차의 주행속도에 따른 탈선하중 및 직선구간, 곡선구간 시설물 높이, 폭 등의 설치조건을 고려하여 설계해야 한다. 본 논문에서는 열차의 무게중심 및 충돌 가속도를 고려한 전도모멘트에 의해 기존 국내 경부고속철도 1·2단계 및 호남고속철도의 교량상에 설치된 탈선방호벽 높이를 고찰하였다.

주요어 : 탈선방호벽, 열차탈선, 열차충돌, 방호벽 높이, 철도교

1. 서 론

최근 10년간 전 세계적으로 선진철도기술 보유국인 유럽, 미국, 일본, 중국 그리고 국내에서 열차 탈선에 의한 사고가 종종 발생되고 있다. 사회적 요구 및 속도 경쟁에 따른 고속화에 의해 세계 각국의 철도운영기관에서는 안전성 향상을 위한 노력에 만전을 기하고 있음에도 불구하고, 열차 탈선 또는 충돌에 의한 인근 구조물과의 충돌, 인근 선로, 타 교통시

† 교신저자: 충남대학교 공과대학 토목공학과(nhrim@cnu.ac.kr)

* 충남대학교 공과대학 토목공학과

** (주)로드키네마틱스 연구개발팀

*** 한국철도시설공단 연구원

스텝으로의 침범 등의 사고가 이어지고 있다. 열차가 인근 선로 또는 타 교통시스템으로 침범하는 사고는 상대적으로 빈번히 발생하는 사고는 아니나 사고발생 시 사회·경제적 손실 및 피해 정도가 매우 큰 사안으로 이에 대한 예방 및 대응이 반드시 필요하다. 현재 국내에서는 이러한 탈선사고의 피해를 최소화하기 위해 고속철도 교량상에 탈선방호벽을 설치하고 있다. 본 논문에서는 기존 국내 경부고속철도 1·2단계 및 호남고속철도의 교량상에 설치된 탈선방호벽 높이를 열차의 무게중심 및 충돌 가속도를 고려한 전도모멘트에 의해 고찰하였다.

2. 본 론

2.1 국내 탈선방호벽 설계 기준

국내의 철도교설계기준(노반편)[1]에 따르면 고속철도에서 주행 중인 열차가 교량 위에서 탈선하는 것을 방지하는 시설물을 설치해야 하며, 이 탈선방호벽은 열차의 주행속도에 따른 탈선하중 및 직선구간, 곡선구간 시설물 높이, 폭 등의 설치조건을 고려하여 설계해야 한다고 명시되어 있다. 또한 탈선 방호벽 등의 교량 상부면 돌출구조에는 150 kN의 교축 직각방향 수평하중을 적용하여 탈선시 열차의 수평 이탈을 제어 할 수 있도록 하여야 한다고 제시하고 있다.

2.2 국내 탈선방호벽 높이 결정

교량에서 열차탈선 시, 차륜이 방호벽에 직접 접촉할 경우 전도의 위험이 있기 때문에 대차(Bogie Frame) 또는 차축 박스(Axle Box)가 방호벽에 접촉 할 수 있도록 설치한다(Fig. 1). UIC60 레일 기준으로 궤도자갈 표면이 침목윗면보다 높지 않다는 가정하에 방호벽의 여유높이 산정하고 이를 설치 시 반영한다.

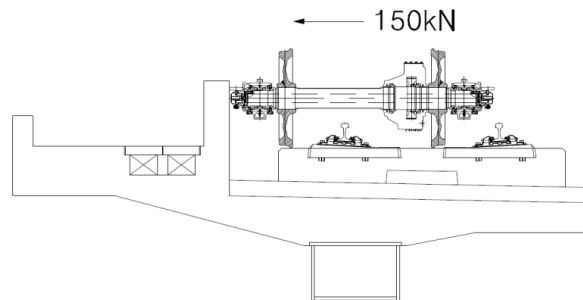


Fig. 1 Contact condition between derailment barrier and bogie frame

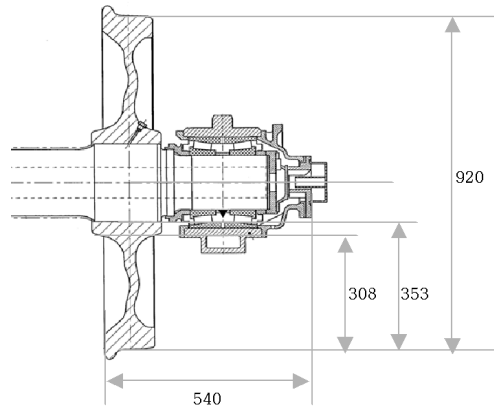


Fig. 2 Contact condition between derailment barrier and bogie frame

여기서 여유높이는 레일표면 상부로부터의 방호벽 높이를 말하는 것으로, 차륜이 침목 또는 도상에 떨어졌을 때 차축이 방호벽에 접촉되는 높이이다. 경부고속철도 1단계의 경우, 침목과 도상의 높이가 같다는 가정 하에 레일과 접촉하는 차륜 바닥으로부터 차축까지의 높이(353 mm)와 레일과 레일패드의 높이(172+10 mm)의 차(353-182=171 mm)를 여유높이로 고려하여 안전측으로 200 mm로 적용하였다(Fig. 3). 경부고속철도 2단계(Fig. 4)와 호남고속철도(Fig. 5)의 경우는 같은 방법으로 여유높이를 220 mm로 적용하여 탈선방호벽이 설치되었다.

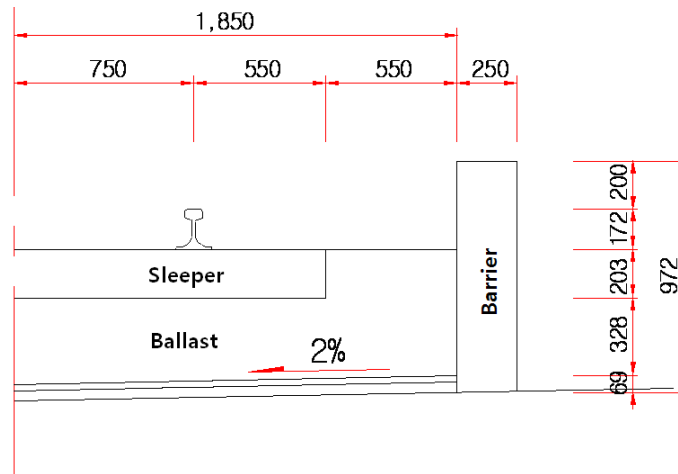


Fig. 3 Height of derailment barrier on 1st Gyeongbu high speed railway line

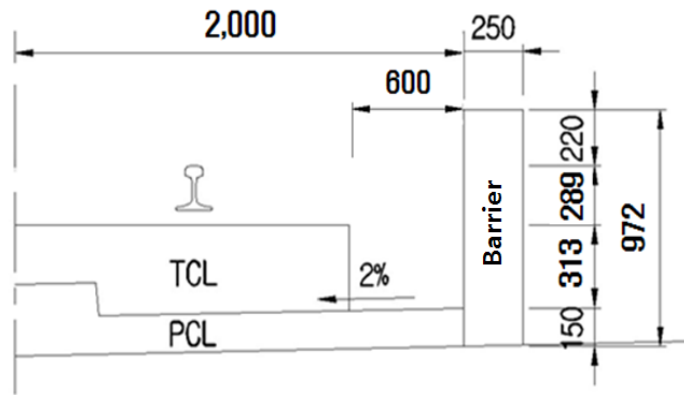


Fig. 4 Height of derailment barrier on 2nd Gyeongbu high speed railway line

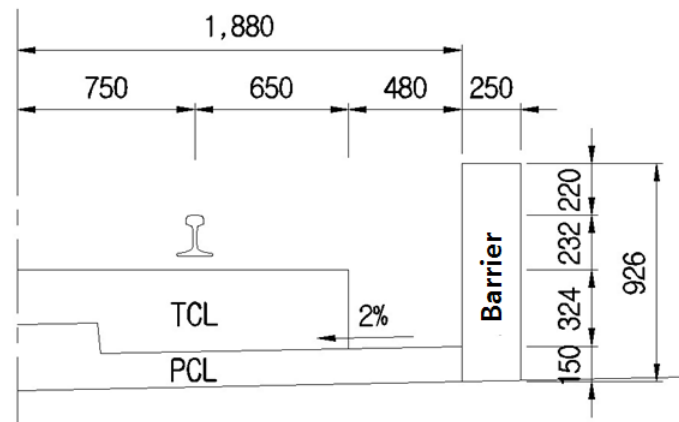


Fig. 5 Height of derailment barrier on Honam high speed railway line

2.3 전도모멘트 이론에 의한 탈선방호벽 높이 산정

1989년 미국 Hirsch 등의 연구[2]에서는 열차의 무게중심 및 충돌 가속도를 고려한 전도모멘트에 의해 탈선방호벽 높이를 산정하였다. 본 논문에서는 이 전도모멘트 이론을 이용하여 국내 조건에서의 탈선방호벽 높이를 고찰하였다. Fig. 6과 같이 열차가 레일에서 탈선된 조건에서 방호벽 상단점(0)에서 열차 무게에 대한 모멘트보다 열차 충돌 관성력에 의한 모멘트가 크면 열차가 방호벽을 넘어 전도된다고 볼 수 있다. 따라서 식 (1)과 같은 이론식에 의해 열차가 전도되지 않는 방호벽의 최소높이를 산정할 수 있다. 여기서 열차의 충돌 가속도 또는 충돌 관성력(충격력)은 실험 또는 컴퓨터 시뮬레이션을 이용하여 도출될 수 있는 값으로 본 논문에서는 미국 연구[2]의 시뮬레이션 결과의 최대 충돌 관성력(3,685 kN)을 이용하였으며, 열차 조건은 KTX 객차의 무게 및 무게중심을 이용하였다. 전도모멘트 식 (1)을 이용하여 계산된 결과 방호벽의 최소높이는 침목 또는 슬래브 상면으로부터 1.076 m로 산정되었다. 이는 현재 국내에 설치된 방호벽 높이(Table 1)와 비교하여 2배 이상 차이가 나는

것을 알 수 있다. 즉, 국외 문헌에서 제시한 전도모멘트 이론식에 의해 검토했을 때 열차의 대차만 고려하는 것이 아닌 차량 전체의 무게중심을 고려하므로 국내 탈선방호벽 높이는 상당히 낮은 수준인 것으로 검토되었다. 그러나 본 논문에서 가정한 최대 충돌 관성력은 국외의 다른 열차조건에서의 시뮬레이션 결과로써 좀 더 정확한 결과를 위해서는 국내 열차조건에 맞는 시뮬레이션 결과가 필요할 것으로 판단된다.

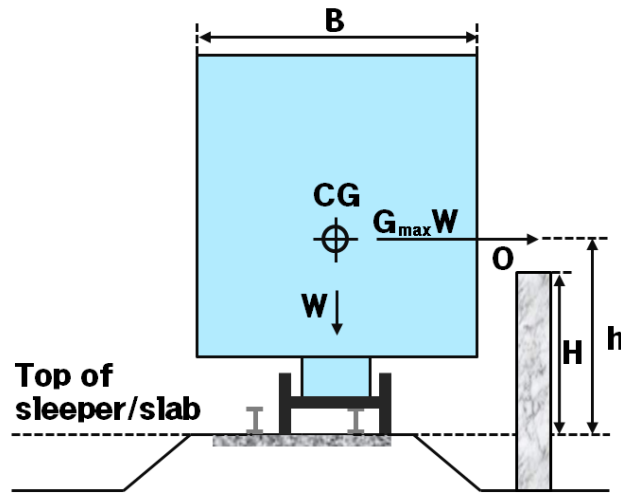


Fig. 6 Calculating the height of derailment barrier by overturning moment

$$\sum M_O = G_{\max} W \times (h - H) - W \times \frac{B}{2} = 0$$

$$\therefore H \geq \frac{G_{\max} h - B/2}{G_{\max}} \quad (1)$$

여기서, G_{\max} : 열차 최대 충돌 가속도

F_{\max} : 최대 충돌 관성력(충격력)

W : 열차 한량의 무게

H : 침목/슬래브 상면으로부터 방호벽 상부 면까지의 거리

h : 침목/슬래브 상면으로부터 열차 무게중심까지의 거리

Table 1 Barrier height of the high speed railway line in Korea

Line	Barrier height from the surface of sleeper/slab
1st Gyeongbu	0.372
2nd Gyeongbu	0.509
Honam	0.452

3. 결 론

본 논문에서는 열차의 무게중심 및 충돌 가속도를 고려한 전도모멘트에 의해 기존 국내 경부고속철도 1·2단계 및 호남고속철도의 교량상에 설치된 탈선방호벽 높이를 고찰하였다. 국내의 경우 탈선방호벽 높이 결정을 위해 열차의 대차만을 고려하였으나, 전도모멘트 이론식에 의해 검토했을 때 열차의 대차만 고려하는 것이 아닌 차량 전체의 무게중심을 고려하므로 국내 탈선방호벽 높이는 상당히 낮은 수준인 것으로 검토되었다. 그러나 본 논문에서는 열차의 최대 충돌 가속도를 국외 연구에 의한 시뮬레이션 결과를 적용하였으나, 좀 더 정확한 연구결과를 위해서는 국내 열차조건에 맞는 시뮬레이션이 필요할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 논문은 한국철도시설공단 연구용역(2013-2-074-201301-00)의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

- [1] Korea Rail Network Authority (2011) Design Criteria for Railroad: Roadbed, Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs of Korean government
- [2] T. J. Hirsch, W. J. Harris, R. W. James, J. Lamkin and Heping Zhang (1989) Analysis and Design of Metrorail-Railroad Barrier System, Texas Transportation Institute, Research Report 3780-2 on Research Project TTI-3780.