

## 열차 탈선-충돌 실험시설 구축

## Establishment of Experimental System for Train Derailment-Collision

배현웅\*, 민경환\*, 박상구\*\*, 강윤석\*\*\*, 임남형†

Hyun-Ung Bae\*, Kyung-Hwan Min\*\*, Sang-Gu Park\*\*\*, Yun-Suk Kang\*\*\*\*, Nam-Hyoung Lim†

**Abstract** The loss of lives by train accidents has frequently occurred. Train accidents with loss of lives are usually caused by derailments or collisions. These derailment/collision accidents are infrequent. However, if they occur, the damages are too great. Therefore, the protection facilities are installed to minimize such damages. In principle, the most ideal preparation is to prevent the derailments from occurring. However, it is also necessary to consider the physical means needed to reduce/minimize damages by unexpected accidents such as man made hazards or natural disasters. It is a concept of protection for the derailed trains. In this paper, we conduct collision analysis for containment wall to retain a derailed train within an intended area and analyze derailment-collision behavior.

**Keywords** : Train derailment, Collision Test, Protection Facility, Containment Provision

**초 록** 탈선/충돌사고는 발생빈도는 낮으나 발생되면 그 피해정도가 상당히 크므로 이에 대한 피해를 최소화하기 위한 대비로 방호시설을 설치하게 된다. 예기치 못한 탈선사고에 대비하여 탈선 후 열차의 거동 분석과 2차 피해 확대를 경감/최소화하기 위한 일탈방호시설을 개발하고자 하며, 이를 위해 경전선 폐선구간 일대에서 열차 탈선-충돌 실험시설을 구축하고자 한다. 실험을 위한 콘크리트 및 자갈궤도 부지를 구축하고, 가속/제동 구간 확보 및 탈선-충돌에 대한 각종 데이터 측정·수집을 위한 측정시스템을 구축하였다. 차후 단계적으로 실험 수준을 향상시키는 방안을 모색하고 있다.

**주요어** : 열차탈선, 충돌실험, 방호시설, 일탈방호

## 1. 서 론

열차의 탈선/충돌사고는 그 발생빈도는 낮으나 피해 정도가 상당히 큰 재난사고이다. 그러나 최근 들어 전 세계적으로 선진철도기술 보유국인 유럽, 미국, 일본, 중국 그리고 국내에서 열차 탈선에 의한 사고가 종종 발생되었다. 사회적 요구 및 속도 경쟁에 따른 고속화에 의해 세계 각국의 철도운영기관에서는 안전성 향상을 위한 노력에 만전을 기하고 있음에도 불구하고, 열차 탈선에 의한 인근 구조물과의 충돌, 인근 선로 또는 타 교통시스템으로의 침범 등의 사고가 이어지고 있다. 인명피해로 이어지는 열차사고는 대부분 탈선 또는 충돌에 의한 사고이며 이에 대한 피해를 최소화하기 위한 대비로 방호시설을 설치하게 된다.

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

\* 충남대학교 철도연구소

\*\* 한국철도시설공단 KR연구원 기술연구처

\*\*\* 한국철도기술연구원 광역도시교통연구본부

원천적으로 탈선이 발생되지 않도록 예방하는 것이 가장 이상적인 대비이나, 인적, 자연적 재해 등 예기치 못한 사고에 대비하여 그 피해를 경감/최소화하기 위한 물리적 수단을 강구할 필요성이 있으며 이를 탈선열차에 대한 방호 개념으로 볼 수 있다[1-4].

국내에서는 2004년 고속철도가 도입되면서 탈선열차에 대한 방호시설로서 탈선방호벽을 설치하였다. 철도설계지침 및 편람(KR C 02060)[5]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 탈선방호벽 등의 교량 상부면 돌출구조에는 150 kN의 교축 직각방향 수평하중을 적용하여 탈선시 열차의 수평 이탈을 제어할 수 있도록 하여야 한다고 제시하고 있다. 그러나 벽체의 높이 및 위치에 대한 기준은 없어 관행적으로 설계·시공되고 있다. 또한, 탈선열차 방호에 따른 안전 확보에 대한 효과 입증 분석방법, 효율성 및 타당성 판단 근거가 기술적으로 필수적이거나 이에 대한 기술은 국내에서 전무하며 전 세계적으로도 매우 미미한 수준이다.

본 논문에서는 국내에서 최초로 탈선 후 열차 거동 및 탈선열차와 구조물 간의 충돌 거동을 규명하기 위한 탈선-충돌 실험시설을 구축하고자 하였다.

## 2. 탈선-충돌 실험시설

실대형 열차 탈선/충돌 실험 수행하기 위한 실험인프라 구축을 위해서는 첫 번째, 실험을 수행할 수 있는 부지를 확보해야하며, 두 번째, 열차주행을 위한 선로가 부설(자갈 및 콘크리트 궤도)되어야하며, 세 번째, 실험결과에 대한 데이터 정보 등을 수집할 수 있는 시설 장비 등이 구축되어야 한다. 본 연구에서는 실대형 탈선/충돌 실험을 수행하기 위해 구축된 실험인프라를 ‘철도안전시설 성능시험장’으로 명명하였다. 또한, 본 연구에서 대상으로 하는 탈선/충돌 실험의 목적은 탈선된 열차와 구조물과의 충돌에 의한 방호시설 설계와 관련된 것이므로 실대형 실험수행에 따른 선로, 구조물 등의 파손을 고려한 부지조건을 면밀히 검토하여야 한다. 이에 요구되는 조건은 아래와 같다.

- 동력차, 실험차량 반입/반출 가능(필요시 예산범위 내에서 진입로 개설/보수)
- 열차 가속구간 및 제동구간 확보(80 km/h, 최소 1 km)
- 최종 충돌지점 폭원 확보 10~20 m(선로 수직방향)
- 방호시설 시공 공간 및 고속카메라 등 거치 공간 확보
- 장비 진입 가능(크레인, 트레일러, 방호벽공사 트럭 등)

별도의 실험부지를 구축할 경우 별도의 부지조성비가 요구되므로 철도 폐선/폐역(유휴부지)을 활용하는 대안이 가장 합리적이다. 본 연구에서 확보한 실험부지는 경전선(광양~진주) 폐선/폐역 구간 중 완사역과 진주역 사이의 구간으로, 유수역(폐역 부지)을 포함하는 약 3.8 km 구간이다. 실험차량 운행구간은 최대속도 80 km/h를 고려하여 가속구간 및 제동구간을 확보하였다. 탈선/충돌 실험 수행 위치(유수역 부지)로부터 완사역 방향으로 약 1,200 m, 진

주역 방향으로 약 400 m 선로를 확보하였으며, 유수역 시험장 부지(연장 약 400 m) 내에는 실험시설□장비 구축, 실험용 콘크리트 궤도 및 방호시설 시공, 실험차량□중장비□폐기물 등을 위한 공간을 조성하였다. 국유재산 지적을 고려하여 정거장 대합실, 플랫폼, 수목 등 불필요한 시설을 철거하고, 실험용 궤도 부설을 위한 기존 선로 일부구간 철거 등 부지 정리 작업을 수행하였다.



Fig. 1 Test site for train derailment-collision

실대형 열차 탈선/충돌 실험은 크게 두 가지 목적으로 한다. 첫째는 열차의 탈선 후 거동 규명이며, 둘째는 방호시설의 성능평가이다. 탈선유도 및 탈선 후 주행-충돌이 모사되는 궤도조건으로, 열차의 탈선 후 거동 규명을 위한 실험에서는 자갈 및 콘크리트 궤도 모두 대상으로 하며, 방호시설의 성능평가를 위한 실험에서는 콘크리트 궤도를 대상으로 한다. 실험용 자갈궤도는 기존 존치된 궤도구간을 활용하고(필요에 따라 자갈 보강), 방호시설은 고속철도 교량상 콘크리트 궤도에 대한 것이므로 실험용 콘크리트 궤도는 기존 궤도의 일부구간 철거를 통해 새로 부설되어야 한다.

실험용 콘크리트 궤도는 고속철도 교량상 콘크리트 궤도 조건과 동일하게 시공하기 위해 실제 시공되고 있는 대표적인 콘크리트 궤도 Rheda 2000 구조를 참고로 하였다. 또한, 교량상에 시공되는 콘크리트 궤도를 교량 바닥판이 아닌 시험장 토공부 노반에 시공하여야 하므로 현장여건 및 노반 성능을 고려하여 Base Slab의 안전성을 면밀히 검토할 필요성이 있다.

또한, 실험수행자 또는 기관은 실험용 열차 탈선/충돌 실험을 수행하기 위해 필요한 시설을 비롯한 실험시스템을 구비해야 한다. 탈선/충돌에 대한 방호시설의 성능평가를 위한 실험설비로는 실험차량 가속 및 유도시스템, 데이터 계측 및 분석 장비, 고속 카메라, 일반 카메라, 데이터 계측용 센서, 속도 측정 장치, 차량중량 측정 장치 등이 필요하다.

### 3. 결론

본 논문에서는 국내에서 최초로 탈선 후 열차 거동 및 탈선열차와 구조물 간의 충돌 거동을 규명하기 위한 탈선-충돌 실험시설을 구축하고자 하였으며, 이를 위해 경전선 폐선구간 일대에서 실험을 위한 콘크리트 및 자갈궤도 부지를 구축하고, 가속/제동 구간 확보 및 탈선-충돌에 대한 각종 데이터 계측·수집을 위한 측정시스템을 구축하였다. 차후 단계적으로 실험 수준을 향상시키는 방안을 모색하고 있다. 향후 지속적인 연구를 통해 탈선 안전성 및 방호성능 평가에 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

### 감사의 글

본 연구는 국토교통부 철도기술연구사업의 연구비지원(16RTRP-B122273-01)에 의해 수행되었습니다.

### 참고문헌

- [1] H.U. Bae, A.R. Kim, D.S. Kim, W.I. Choi and N.H. Lim (2013) Review on the Height of Derailment Barrier on the Railway Bridge, *Proceedings of the Autumn Conference of the Korean Society for Railway*, Daegu, Korea, KSR2013A168 (in Korean).
- [2] H.U. Bae, B.J. Park, H.S. Back and N.H. Lim (2014) Consideration on the Concept of DCP by Foreign Case Study, *Proceedings of the Autumn Conference of the Korean Society for Railway*, Jeju, Korea, KSR2014A382 (in Korean).
- [3] H.U. Bae, D.S. Kim, B.J. Park, Y.H. Lee and N.H. Lim (2015) FE Analysis Model for Simulation of Collision Behavior of Derailed Train, *Proceedings of the Spring Conference of the Korean Society for Railway*, Mokpo, Korea, KSR2015S244 (in Korean).
- [4] H.U. Bae (2015) Advanced Design Concept of Derailment Containment Provisions using Collision Simulation after Train Derailment, A dissertation for the degree of Doctor of Philosophy, Department of Civil Engineering, Graduate School, Chungnam National University, South Korea.
- [5] Korea Rail Network Authority (2013) Railway design guidelines and handbooks - Subsidiary and Safety Facilities of Main Lined, Korea Rail Network Authority, KR C-02060.