

열차 충돌/탈선사고의 위험사건 정의 및 원인 분류

Hazardous Events and Causes for Train Collision and Derailment

박주남* 왕종배** 박찬우*** 곽상록***
Park, Joonam Wang, Jong-Bae Park, Chan-Woo Kwak, Sang-Log

ABSTRACT

Train collision and derailment are types of accident that happen with low probability of occurrence but could lead to disastrous consequences including multiple life losses. Risk assessment of the accidents are typically performed per their hazardous events, which are defined as events that cause accidents. This study classifies the train collision and derailment based on the relevant hazardous event, and investigates the causes related to the hazardous events. Finally, the relation of the causes, hazardous events, and the accidents are defined.

1. 서론

열차의 운행과 관련한 사고 중 열차충돌 및 열차탈선은 그 발생빈도는 상대적으로 낮지만 사고가 발생할 경우에 그 피해는 많은 인명피해를 포함하는 등 상당히 높다고 할 수 있다. 이러한 열차 충돌/탈선 사고의 효율적인 저감을 위해서는 각 사고를 그 사고를 유발하는 위험사건의 형태별로 분류하고 분류된 형식별로 위험도 (빈도 및 심각도)를 산정하여 위험의 순위를 검토하는 위험도 평가가 이루어져야 하며 이에 대한 대책 마련을 위해서는 각 위험사건과 관련된 원인을 분석하는 것이 중요하다. 본 연구에서는 이러한 위험도 평가를 위해 열차 충돌/탈선사고를 관련된 위험사건 별로 분류하고 그와 관련된 원인을 분석하였다.

2. 철도사고의 결과 분류

철도사고는 크게 열차운행과 관련하여 발생한 교통사고와 열차운행과 관련 없이 발생한 안전사고로 나눌 수 있다. 교통사고에는 열차 또는 차량이 타 열차, 차량, 또는 기타 지장물과 충돌, 추돌, 접촉하는 충돌사고, 열차 또는 차량이 궤도를 이탈하는 탈선사고, 열차의 내부에서 발생하거나 또는 외부에서 전파되어 발생하는 열차화재사고, 건널목사고, 열차의 운행과 관련하여 발생하는 교통사상사고 (치임, 추락, 감전 등), 위험물 누출 및 폭발사고, 그리고 기타 사고 등이 있다. 또한 안전사고에는 운행과 관련없이 발생한 화재사고, 설비사고, 그리고 안전사상사고 등이 있다. 표 1은 이러한 철도사고의 분류를 표로 나타낸 것이다. 여기서 열차 충돌사고는 열차간 충돌과 기타 지장물 충돌은 그 결과의 심각도가 크게 차이가 날 수 있으므로 세분류를 한 단계 더 할 수도 있다.

*책임저자, 한국철도기술연구원 선임연구원, 정희원

E-mail: jnpark@krri.re.kr

TEL: (031)460-5293, FAX: (031)460-5293

**한국철도기술연구원 책임연구원, 정희원

***한국철도기술연구원 선임연구원, 정희원

표 1. 철도사고의 결과 분류 표

| 사고 구분 | | 사고 종류-형식 | | |
|----------|--------|----------|------------------|----------------------------|
| 철도사고 | 교통사고 | 충돌사고 | | 열차간 충돌 장애물 충돌(차막이 충돌) |
| | | 탈선사고 | | |
| | | 화재사고 | | |
| | | 건널목 사고 | 제1종 | 경보중 진입 건널목 간힘 차단기 돌파 |
| | | | 제2종 | |
| | | | 제3종 | |
| | | 교통 사상 사고 | 여객 | 열차치임 열차추락 전기감전 |
| | | | 공중 | |
| | | | 직원 | |
| | 위험물 사고 | | 위험물 누출 위험물 폭발 | |
| | 기타사고 | | | |
| | 안전사고 | 화재사고 | | 차량화재 시설화재 |
| | | 설비사고 | | 차량 시설물 |
| 안전 사상 사고 | | 여객 | | |
| | | 공중 | | |
| | 직원 | | | |

3. 충돌/탈선의 위험사건 별 분류

위험사건은 표 1에서 보는 사고의 결과와 그 사고가 발생하게 된 원인을 이어주는 사건으로 정의된다. 즉, 시스템의 정상상태를 벗어났으나, 아직 사고로 이어지지 않은 사건을 위험사건이라 정의한다. 그러므로 하나의 사고에 대하여 관련된 위험사건은 적을 수도, 많을 수도 있다. 하나의 사건에 대비하여 설치한 안전방벽 (Barrier)이 많을수록 그 사고가 발생하기까지 일어나는 위험사건 또한 많을 것이다. 안전이란 기본적으로 fail-safe, 즉 하나의 시스템이 고장 또는 오류를 일으켜도 그것을 대비하여 위험측 사건을 방지하는 또 다른 시스템이 존재하는 것이므로, 적은 위험사건으로 인하여 일어난 사고는 그 방벽의 보강이 필요하다고 할 수 있다.

열차 충돌/탈선 사고와 관련해서 매우 많은 위험사건이 존재할 것이지만, 이 중에서 사고에 결정적으로 영향을 미치는 위험사건을 정의하여 그 위험사건 별로 충돌/탈선 사고를 분류하면 다음과 같다.

3.1 충돌사고 위험사건 별 분류

- 제동장치 결함에 의한 충돌 : 열차 제동장치의 결함으로 인한 제동실패에 의하여 발생하는 열차 충돌. 이는 제동전환 불능, 제동력 부족, 제동력 상실 등으로 세분화 할 수 있다.
- 이선진입에 의한 충돌 : 진로오설정, 차량일주, 신호오인/오류 등으로 인하여 열차가 위험구간으로 진입

하여 발생한 충돌사고

- 과속주행에 의한 충돌 : 과속으로 인한 제동거리 부족으로 발생하는 충돌사고
- 차량분리에 의한 충돌 : 분리된 차량이 경사 등에 의하여 본선으로 예기치 않게 굴러 들어와 발생하는 충돌사고
- 선로상 장애물에 의한 충돌 : 외부장애물 (수목, 낙석 등), 철도시설물, 차량탈락물 등 예기치 않은 선로상 장애물과의 충돌사고

3.2 탈선사고 위험사건 별 분류

- 선로결함에 의한 탈선 : 웨도선형결함 또는 레일결함의 이유로 발생하는 탈선사고
- 차량결함에 의한 탈선 : 차륜이나 차축 등의 주행장치 결함으로 인한 탈선
- 제동장치 결함에 의한 탈선 : 제동장치의 결함으로 인하여 곡선부, 분기부에서 서행 실패하여 발생하는 탈선사고
- 선로전환 결함에 의한 탈선 : 선로전환 불능, 도중전환 등으로 인한 탈선
- 과속주행에 의한 탈선 : 분기부, 곡선부에서 과속으로 인하여 발생하는 탈선
- 분리된 차량-구름 : 분리된 차량의 구름에 의한 곡선부, 분기부 탈선
- 선로상 장애물에 의한 탈선 : 외부장애물, 철도시설물, 차량탈락물 등과의 충돌 후 발생하는 탈선
- 하중분포 결함에 의한 탈선 : 화물편적 불량, 선로결함 등에 의한 탈선 (전도)
- 제동충격에 의한 탈선 : 곡선부 급제동에 의한 탈선
- 견인시 제동체결에 의한 탈선 : 제동이 체결된 상태의 차량 구원 시 부상 탈선

주의할 것은 위에서 분류 기준으로 사용한 위험사건은 사고의 성격을 특정 짓는 대표성을 띤 위험사건이며 이 이외에도 사고에 기여하는 위험사건이 다수 존재할 수 있다는 것이다. 예를 들어서 이선진입을 했더라도 이러한 이상상황이 신속히 전파되어 기관사가 적절한 조치를 할 수 있다면 충돌사고는 발생하지 않을 수도 있다. 이 경우에는 이상상황 전파 실패라는 위험사건이 동반되어야만 충돌사고가 일어난다.

4. 철도사고의 원인 분류

이러한 충돌/탈선 사고를 포함한 철도사고를 그 발생 원인 측면에서 분류해 보았다. 여기서 주의해야할 점은 위험사건이 연속적으로 발생하여 사고가 일어났을 때, 이러한 위험사건들도 사고 측면에서 보면 원인이자라고 할 수도 있으나, 본 연구에서 정의하는 원인이란 이러한 위험사건을 유발하는 근본 원인을 원인이라 정의하였다. 예를 들어 ‘과속’은 충돌을 야기하는 위험사건으로 충돌의 원인이라고 생각하기 쉽지만, 이것은 충돌로 이르게 하는 일련의 위험사건 중의 하나일 뿐이다. 다만, 기관사의 신호 오인으로 과속을 발생시킨 것이라면, 이 위험사건의 원인은 기관사의 신호 오인이 된다. 이러한 원칙을 가지고 철도사고의 원인을 분류하면 표 2와 같다.

표 2. 철도사고의 원인 분류 표

| 분류 | 해당 시스템 | | 형식 | 기여요인 |
|--------|-------------------------|--|---|--|
| 인적 결함 | 철도직원 | 궤도/구조물 직원 (계약자) 전기직원 신호직원 운전취급직원(역) 관제사 차량운전자 차량승무원 | 인지 기억 판단 행위 정보전달 위반 | 능력한계 스트레스 지식 기능 동기부여 조직/규정 |
| | 철도직원 외 | 화물운송회사직원 기타 사용자 | | |
| 기술적 결함 | 시설분야 | 선로시설 신호제어설비 정보통신설비 전철전력설비 터널방재설비 건널목 안전설비 승강장 안전설비 | 고장 변형 파손 부적합 | 재료/재질 설계/제작 설치 사용/취급 유지관리 조직/규정 |
| | 차량분야 | 차체구조 운전실장치 운행제어장치 출입문/창문 실내설비 주행장치 제동장치 전기장치 운전보안장치 종합제어장치 연결장치 기타 차량장치 | | |
| 외부요인 | 제3자 (직원, 공중, 여객, 외부시스템) | | 테러 무단침입/통행 무단설치/방치 무단공사/작업 기타 방해 | |
| | 기후 및 환경 | | 안개 바람 홍수 폭풍 낙뢰 서리 눈 결빙 발열 지진 | |

그렇다면, 이러한 원인과 위험사건, 그리고 사고로 이어지는 관계는 어떻게 되는지 고찰해볼 필요가 있다. 그림 1과 그림 2는 충돌과 탈선사고에 대해 작성된 원인, 위험사건, 결과의 관계이다. 다시 말하지만, 위험사건은 단독으로는 사고에 이르게 할 수 없으며 열차방호 실패 등의 위험사건과 복합적으로 이루어진다는 것을 주의할 필요가 있다.

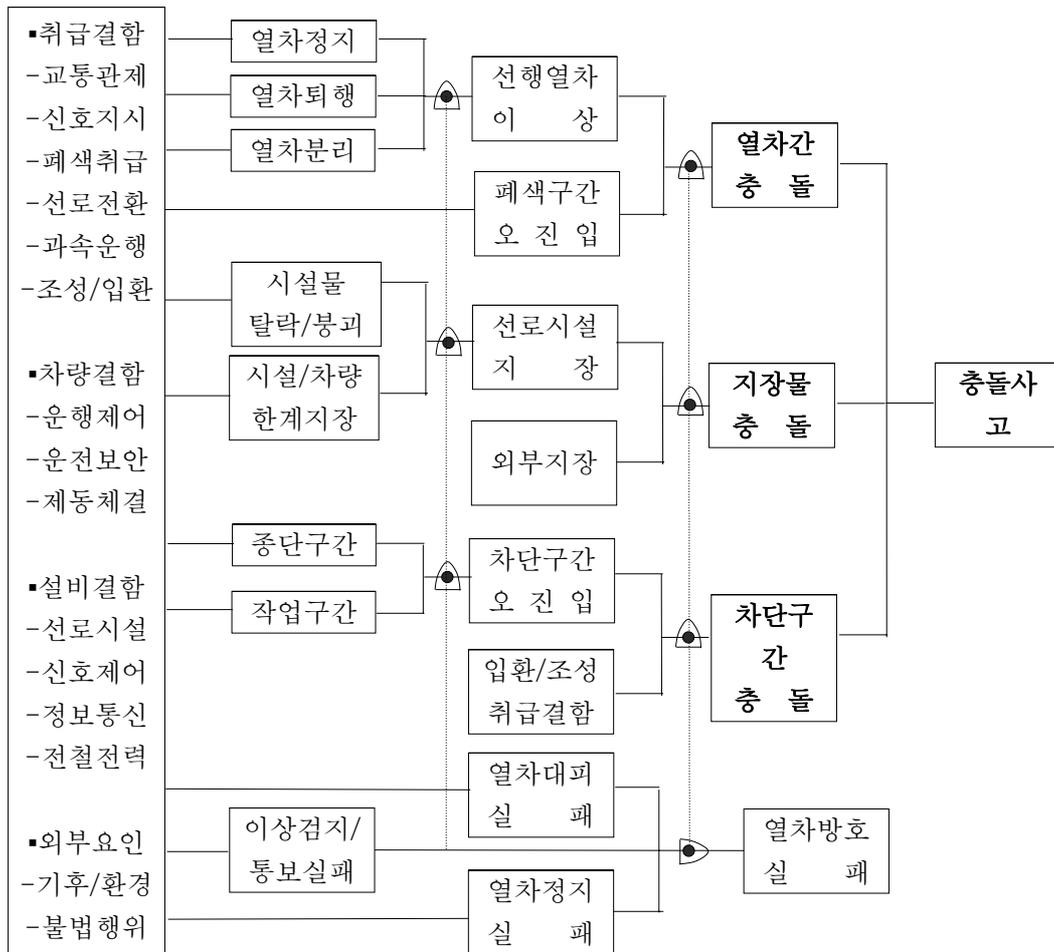


그림 1. 열차 충돌사고-위험사건-원인 관계도

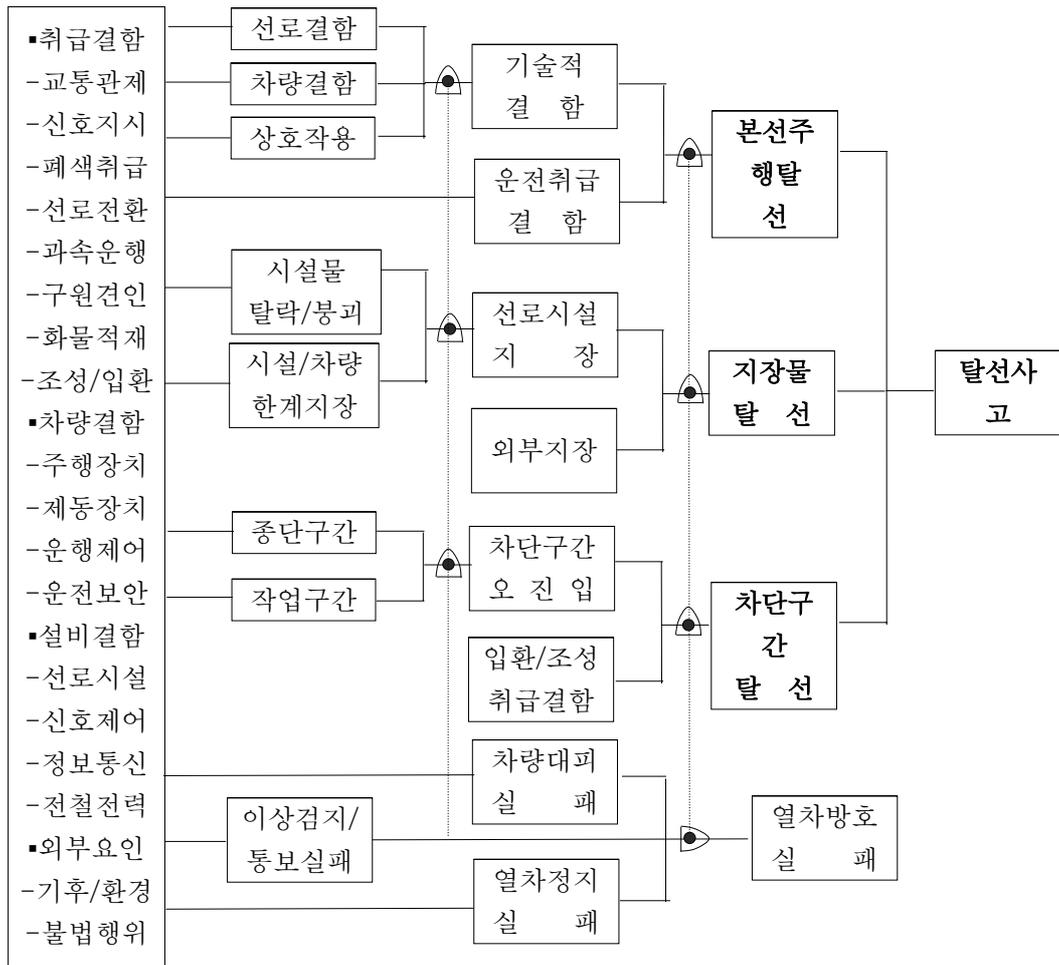


그림 2. 열차 탈선사고-위험사건-원인 관계도

5. 결 론

본 연구에서는 철도사고의 위험도 평가를 위하여 열차 충돌/탈선 사고를 위험사건별로 분류하고 그에 해당하는 원인을 분석하는 연구를 수행하였다. 사고의 위험사건 별 분류는 위험도 평가 수행 시 위험도 정량화의 대상 선정에 활용될 수 있으며 원인분석을 통하여 위험도 저감을 위한 대책 수립을 마련할 수 있을 것이다.

6. 참고문헌

- [1] 한국철도기술연구원, “철도사고 위험도 분석 및 평가체계 구축 2차년도 연차 보고서”, 2006.8.
- [2] RSSB, “Profile of Safety Risk on the UK MainlineRailway”, issue 3, 2004.