

분기기에서의 사고사례조사 및 사고원인분석 연구

A study for investigation and analysis of accidents or hazzards on the turnout

김만철* 양대권** 장봉춘** 이대형*** 신순호***

Kim, Man Cheol Yang, Dae Kwon Jang, Bong Chun Lee, Dae Hyung Shin, Soon Ho

ABSTRACT

Currently, approx. 10,532 turnouts were installed on the KR line, of which 3,644 turnouts were installed in the main line where high speed operation is performed. This shows that it is necessary to improve the performance of turnout as one of vulnerable areas for the safe operation of a train. Even though the number of railway accidents is decreasing every year due to the renewal of railway facilities, there are still many factors that cause the occurrence of an accident. In particular, an incident in turnout area does not only have a high risk of a serious accident but also affect the operation of a train on the adjacent track in most cases, and consequently a big social loss is expected due to the delay in train operation as well as the loss of life and property.

The objective of this study is to examine the accidents occurred in turnout area that is one of typical vulnerable areas over the past ten years, on the basis of the results, and to take an appropriate measure by finding out the major cause of accidents in turnout area so that a systematic safety system can be established to prevent or reduce accidents in turnout area.

1. 서론

현재 분기기는 전국에 약 10,532틀이 부설되어 있으며, 이 중 고속주행이 이루어지는 주 본선에 설치된 분기기만도 약 3,644틀에 이른다. 이 수치는 철도의 안전운행을 위하여 취약개소인 분기기의 성능 향상이 얼마나 필요한 지를 단적으로 보여주고 있다.

그동안 선로는 시설을 개량하여 시설관련 사고건수는 매년 감소하였지만, 아직도 사고발생 잠재요인이 많고, 특히, 분기부에서의 사고는 대형사고의 위험성을 내포할 뿐만 아니라, 인접선의 열차운행에 영향을 주는 경우가 대부분으로 인적·물적 피해가 커 열차지연에 따른 사회적 손실도 큰 실정이다.

이에 본 연구는 선로의 대표적인 취약개소 중 하나인 분기부에서의 지난 10년간 국내에서 발생한 사고 사례에 대하여 광범위하게 조사하였으며, 이 조사를 바탕으로 다양한 사고 모드별로 분류를 시행함으로써 분기부 사고의 주요요인을 도출할 수 있었고, 문제점 진단에 따라 적절한 대책을 세움으로서 분기기에서의 사고를 줄이거나 방지할 수 있는 안전시스템을 구축할 수 있도록 하였다.

* 책임저자 : 정희원, 한국철도기술연구원 궤도토목연구본부,

E-mail : kimmc@krri.re.kr

TEL : (02)460-5321 FAX : (02)460-5359

** 한국철도공사

*** 한국철도기술공사 궤도사업본부

2. 국내 간선철도 분기기 현황

국내 간선철도 구간에는 총 10,532 톨의 분기기가 부설되어 있으며, 이중 일반분기기는 10,355 톨, 특수분기기는 177 톨로 이루어져 있다. 일반분기기의 본측선별 부설현황을 살펴보면 총 10,355 톨 중 측선에는 5,359 톨(51.8%)로 가장 많이 부설되어 있으며, 주본선에 3,546 톨(34.2%)이 부설되어 있고, 기타본선에는 1,450 톨(14.0%)이 부설되어 있다.

주본선 구간에서 분기기 변수별 부설현황에 따르면 #12 분기기가 1,061 톨(30%)로 가장 많이 부설되어 있는 것으로 나타났으며, 측선을 포함한 전 노선에서는 #8 분기기가 6,994 톨(67%)을 차지하고 있다. 분기기에 사용된 레일에 따르면 전체 10,355 톨 중 50NS 분기기가 7,670 톨(75%)로서 가장 많이 부설되어 있으며, 60kg 분기기는 1,069 톨(10%)이 부설되어 있다.

현재 철도공사에서는 분기부에서의 안전성 향상을 위하여 점진적으로 탄성포인트와 망강크로싱, PCT 침목으로 구성된 60KG 분기기를 부설하는 등 분기기 중량화를 확대하고 있으며, 관절포인트와 조립크로싱으로 이루어진 50NS 분기기도 탄성포인트와 망강크로싱으로 개량하고 있다. 또한 전국 노선에 설치된 일반분기기 10,355 톨 중 60KG 분기기로의 중량화는 1,069 톨로 10%정도 시행되었으며, 본측선별로 설치된 분기기의 중량화 현황을 살펴보면 주본선에는 전체 3,546 톨 중 845 톨(24%), 기타 본선은 1,450 톨 중 146 톨(10%)과 측선 5,359 톨 중 78 톨(15%)로 주본선의 중량화 비율이 상대적으로 높게 나타나 있다. 이는 주본선을 우선적으로 중량화를 시행하고 있다는 것을 의미한다.

그림 1 국내 간선철도 구간 일반분기기 현황

표 1 분기기 부설현황

본측선별	분기 (단분기, 특수분기)							탄성 포인트	망강 크로싱	비고
	합계	단분기	특수분기							
			싱글 스립	더블 스립	시서스	다이아 몬드				
총계	계	10,532	10,355	27	30	117	3	1,935	4,530	
총계	주 본 선	3,644	3,546	10	12	75	1		2,573	
	기타본선	1,462	1,450	-	3	9	-		797	
	측 선	5,426	5,359	17	15	33	2		1,160	

3. 분기기 탈선사고 사례조사 및 분석

3.1 분기부 사고(장애) 사례조사 및 분석

3.1.1 연도별 및 종류별 사고(장애) 발생현황

최근 10년간 전체 철도사고(장애) 중 분기부에서 발생한 사고(장애)는 총 363건으로 연평균 36.3건이 발생하였다. 이 중 차량탈선이 163건으로 전체 사고의 44.9%, 신호장애가 149건으로 41%를 차지하고 있으며, 다음이 위규운전(14건, 3.9%), 신호취급위반(8건, 2.2%), 열차탈선(8건, 2.2%) 등의 순으로 발생하였고, 선로장애, 선로고장 등은 간헐적으로 발생되고 있는 것으로 나타났다. 분기기 불밀착으로 인한 신호장애와 운전취급자(기관사)의 진로확인 소홀 및 역운전취급자의 역측운전취급으로 인한 차량탈선 등은 매년 평균 15~20건씩 발생되고 있다.

최근 10년간 전체 철도사고(장애)중 차량탈선사고는 총 385건, 연간 38.5건이 발생하였으며, 이 중 분기부에서의 차량탈선은 163건(42%) 발생한 것으로 나타났다. 이러한 결과로 볼때 분기부는 주행안전

성에서 많은 취약점을 가지고 있다는 것을 알 수 있었다.

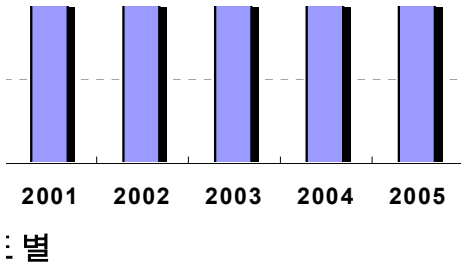


그림 2 연도별 사고발생현황

그림 3 사고종류별 발생현황

3.1.2 유형별 및 원인별 사고(장애) 발생현황

분기기와 관련되어 발생한 사고를 사고유형별로 분석한 결과, 총 363건의 사고(장애)중 분기기 할출(割出)·할입(割入)¹⁾이 140건(전체사고의 약 39%)으로 사고요인을 가장 많이 제공한 것으로 나타났고, 그 다음으로 신호장애(불일치)가 116건으로 32%를 차지하고 있으며, 입환작업시 운전취급자의 부주의에 의한 분기기 도중전환도 36건으로 10%를 차지하였다.

또한, 전기적인 고장에 의해 분기기의 전환이 되지 않아 사고 및 장애를 야기시킨 것은 36건이나 되었고, 부상탈선도 18건이나 발생한 점을 감안할 때 분기기의 정상기능을 확보하기 위해서는 유지보수의 중요성을 인식하게 되었다.

사고발생 원인별로 분석해 보면, 총 363건 중 인적요인이 167건으로 약 46%를 차지하여 취급직원에 대한 지속적 관리가 필요한 것으로 나타났고, 전기결함과 시설결함은 각각 29%와 6%를 차지하고 있다. 그러나 분기부에서 발생하는 대부분의 사고가 단독요인으로 인한 사고보다는 시설과 전기적인 결함이 복합적으로 작용하여 발생되고 있다는데 더욱 많은 관심을 가져야 할 것이다.

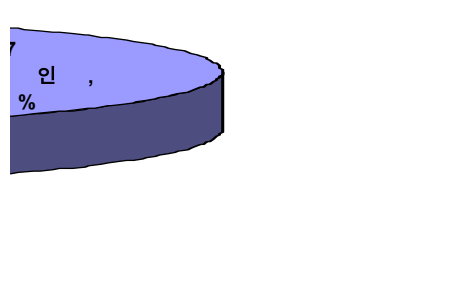


그림 4 발생 유형별 분석

그림 5 발생 원인별 분석

3.1.3 노선별 및 날씨별 사고(장애) 발생현황

경부선에 설치된 분기기는 2,382틀로 전체의 22.6%를 차지하고 있지만, 사고는 총 발생건수의 37.7%를 차지하고 있음을 볼때 열차운행횟수가 많을수록 사고발생 빈도가 높다는 것을 알 수 있다.

분기기 관련 사고(장애)가 당시 기상상황과 어떤 연관성이 있는지를 확인하기 위해 사고발생 당시 기상상황을 분석한 결과, 눈이나 비가 내리는 등 이상기후 상태보다도 맑은 날씨에 장애 또는 사고가 많이 발생되고 있다는 점이 특징으로 나타났고, 다음이 흐린 날씨에 발생되고 있으며, 눈·비가 내릴 때 사고(장애) 발생도 약 23% 정도 차지하고 있는 것으로 나타났다. 따라서 분기부에서의 사고 및 장애는 날씨가 좋지 않았다고 해서 더 많이 발생된다는 것이 아니라는 것을 확인할 수 있었다.

1) 할출(割出)·할입(割入) : 크로싱부에서 텡레일부로 진행하면서 전철기 침단을 제고 나가는 것을 할출이라고 하며, 그 반대로 기본레일과 텡레일 침단 사이의 벌어진 틈새로 차륜이 진입하는 것을 할입이라고 한다. 일반적으로 할출한 후 재차 할입하는 경우 차륜이 궤간내로 떨어지면서 탈선이 발생하게 된다.

간 선 흥 병 다 경 급 다 선 선 선 선 선 선 선 선

부별

그림 6 노선별 분석

그림 7 날씨별 분석

3.1.4 발생시기별 사고(장애) 발생현황

분기기 관련 사고(장애)의 월별 발생빈도를 분석한 결과, 월 평균 30건이 발생되었으며, 1월에 42건 (11.5%)으로 가장 많이 발생한 것으로 나타났고, 나머지 각 월별로는 거의 비슷한 발생분포를 보이고 있다.

또한, 요일별로 발생빈도를 분석한 결과 수요일에 가장 많이 발생한 것으로 나타났으며, 다른 요일에는 비교적 균등하게 발생하여 별다른 특이성을 나타내지는 않았다.

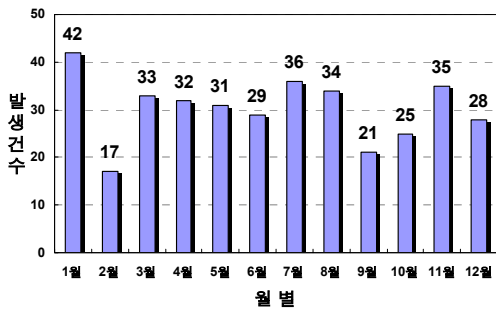


그림 8 월별 분석

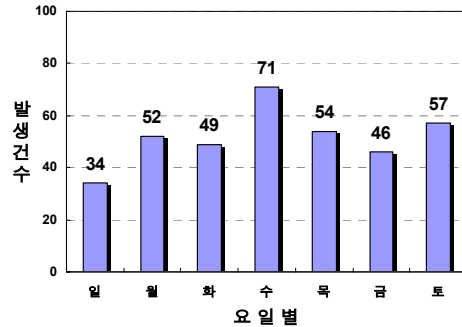


그림 9 요일별 분석

3.2 분기부 차량탈선 사례조사 및 분석

지난 10년간 분기부에서 발생한 사고(장애) 중 차량탈선은 전체사고 363건 중 약 45%(163건)를 차지하고 있으며 유형별로 분석한 결과를 살펴보면 다음과 같다.

3.2.1 연도별 사고발생현황(최근 10년간)

분기부에서의 차량탈선은 연 평균 16건씩 발생하는 것으로 나타났으며, 증감없이 지속적으로 발생하고 있다. 그 중 '97년도에 22건으로 가장 많이 발생되었고 '98년도와 '05년도에 19건씩, '96년도, '00년도, '03년도에 각 18건씩 발생되었으며, '01년도, '02년도, '04년도에는 12건으로 가장 적게 발생된 것으로 나타났다.

3.2.2 유형별 및 원인별 사고발생 현황

분기부 차량탈선사고를 발생 유형별로 분석해 보면 분기기 활출·할입이 106건(46%)으로 가장 많고, 역구내 입환작업시 취급직원의 부주의 등에 의한 선로전환기 도중전환 사고가 30건(18%) 발생한 것으로 나타났다. 이러한 선로전환기 활출·할입과 도중전환에 의한 사고는 취급자의 부주의에 기인된 사고로 취급직원들에 대한 지속적인 교육과 관리가 필요하다고 본다. 또한, 레일절손 외 부상탈선사고가 17건 발생된 것으로 나타났는데, 이러한 점으로 미루어 볼때 분기부가 가지고 있는 취약요인은 바로 사고로 이어질 수 있다는 것을 보여주고 있다.

차량탈선 사고발생의 원인을 분석해 볼 때, 취급직원의 확인 및 안전수칙 불이행 등 인적과실에 기인한 취급부주의 사고가 126건(77%)으로 가장 많이 차지하고, 그 다음이 시설결함에 의한 차량탈선이 17건(10%), 복합적 요인에 기인한 탈선이 13건(8%)으로 나타났다. 여기서, 인적요인에 의한 사고는 열차운전과 관련 있는 기관차 승무원, 선로보수 및 운전취급 관련 직원들의 규정 불이행, 확인소홀, 안전수칙 불이행 등에 의해 발생한 사고를 말하며, 주로 선로보수 작업불량, 열차운행 중 제동취급 부적정, 신호현시 조건에 따른 제한속도 준수 불이행과 정거장에서의 열차취급과정에서 신호취급, 보수작업소홀 등이 사고발생의 주요인으로 나타났다.

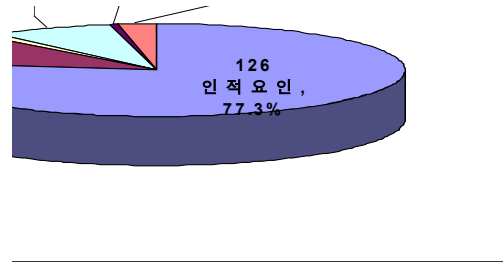


그림 10 발생 유형별 분석

그림 11 발생 원인별 분석

3.2.3 발생시기별 및 열차별 사고발생현황

차량탈선은 월평균 약 13.6건이 발생되었으며, 사고발생 분포를 볼 때, 아래 그림에 나타난 바와 같이 각 월에 있어서 크게 편차를 보이지 않고 있으며, 이는 계절별 특성과 관계없이 균등하게 발생되어 별다른 특이성이 없음을 보여주고 있다.

또한, 열차별 탈선사고 발생현황을 보면, 화물열차 55건, 입환기관차 관련사고 53건 등 총 108건이 발생되어 전체 사고건수 163건의 66%를 차지하고 있다. 이는 역구내 입환작업과 관련되어 발생한 사고로서 대부분 열차를 운용하는 취급자의 확인소홀 및 부주의에서 발생한 사고이며, 시설물 유지보수 작업자의 보수소홀로 인한 궤간확장, 분기기 부속품 등 절손, 분기기 설치시 시공불량, 텅레일 이상마모 등의 시설결함으로 인하여 발생한 사고도 많이 발생한다는 것을 알 수 있었다.

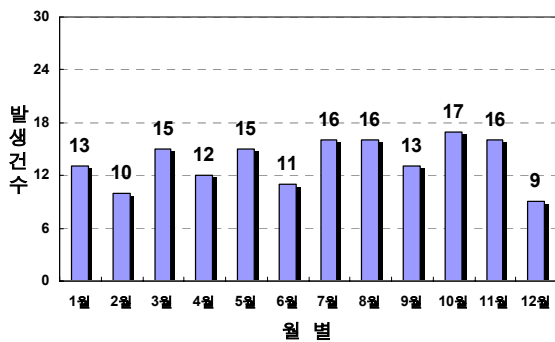


그림 12 월별 분석

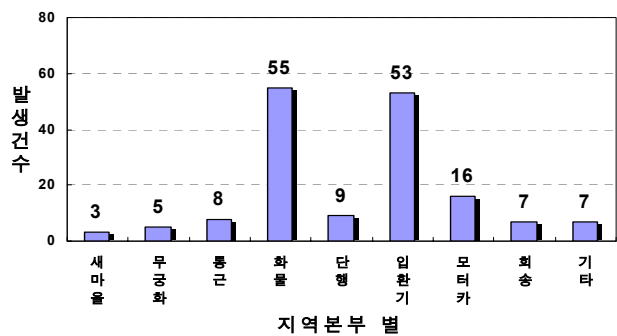


그림 13 열차별 분석

3.3 분기부 시설결함에 의한 사고(장애) 분석

시설결함에 의한 사고는 앞에서 언급한 바와 같이 구조적인 취약점과 건설당시의 배선상 문제점 등 여러 악조건이 차량의 이상마모, 화차의 조성, 견인 및 제동과의 상관관계 등과 병합하여 복합적으로 일어나는 경우와 분기기 자체의 취약점에 의하여 발생하고 있으며, 이를 구체적으로 살펴보기 위해 지난 10년간 분기부에서 시설결함으로 인해 발생한 사고를 심층 분석해 보았다.

3.3.1 연도별 사고(장애) 발생현황(최근 10년간)

분기부 사고(장애) 중 순수하게 시설결함에 의해 발생한 사고는 지난 10년간 전체사고 363건 중 23건으로 약 6.3%를 차지했다. 물론 연도별 사고발생현황에서 언급한 인적요인(46%)이나 전기적인 결함(29%) 등에 의해 발생한 사고에 비하면 시설결함에 의해 발생한 사고가 차지하는 비율은 아주 작다고 할 수 있지만, 시설결함에 의해 발생한 사고는 거의 본선이나 측선에서 열차탈선으로 이어져 열차운행에 많은 지장을 초래하는 대형사고이다, 따라서 분기기 자체의 구조적인 취약점이나 보수불량에 의하여 발생한 사고에 대하여 좀 더 자세하게 분석할 필요가 있다고 본다.

3.3.2 세부 원인별 사고(장애) 발생현황

분기기에서 발생한 사고 중 시설결함에 의해 발생한 사고를 세부 원인별로 분석해 보면, 대부분 분기기가 배선상 취약한 개소에 설치되어 있어 사고요인이 잠재된 상태에서 운행하는 열차의 조성(공차와 영차의 조합) 및 차륜의 이상마모 등의 이상요인이 복합적으로 작용하여 발생한 사고가 약 26%(6건)로서 가장 많은 것으로 나타났다.

이러한 사고중 특히 배선상의 취약요인으로 탈선사고를 일으키는 직접적인 원인을 살펴보면,

- R=200 급곡선상 분기기 부설개소 캔트 미삽입
- 분기기와 분기기사이 R=140 급곡선개소 유지보수 소홀로 선형불량
- R=190 급곡선상에 분기기가 부설되어 텅레일 이상마모
- 짧은 구간에 3~4틀의 분기기를 연속적으로 부설함에 따라 배선이 "S"자형으로 굴곡되어 사행동을 유발시키고, 또한 분기기간 직선거리 미확보 등도 사고요인을 제공하는 것으로 나타났다.

3.3.3 분기기 부분별 사고(장애) 발생현황

분기기 중 포인트부에서 발생한 차량탈선은 전체 23건중 18건으로 전체사고의 약 78%를 차지하고 있어 포인트부가 차량탈선에 있어서 가장 취약한 부분임을 알 수 있다. 따라서, 분기기의 포인트부는 취약요인을 내포하고 있다는 것을 항상 인지하고 타 개소에 비하여 유지보수 및 점검시 좀 더 세심한 관심과 주의를 기울여야 할 것으로 판단된다.

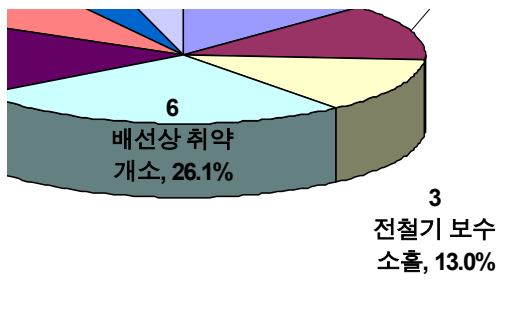


그림 14 세부 원인별 현황



그림 15 분기부 부분별 탈선현황

4. 결론

최근 10년간 국내 철도의 분기부에서 발생한 사고(장애)는 총 363건이며, 이중 차량탈선사고가 163건으로 약 45%에 이르고 있다. 또한 차량탈선사고만을 보면, 전체선구에서 년평균 38.5건이 발생하고 있으며 분기기부근에서 약 16.3건으로 전체사고의 약 42% 정도 발생한 것으로 조사되었다.

분기기 사고를 발생유형별, 원인별로 심층 분석한 결과, 전기적 또는 기계적 장애, 외부 이물질 개입, 취급 부주의 등 많은 장애유발요인이 복잡하게 서로 얽혀져 사고로 이어지고 있으며, 시설·전기·차량의 결함과 외부요인 및 인적 취약요인이 복합적으로 작용하여 사고가 발생되고 있음을 알 수 있었다.

가장 특기할만 한 사항으로는 분기부에서 발생하는 열차사고(장애)의 원인 중 활출·활입에 의한 사고

(39%)와 신호장애(불일치)(32%)가 대부분을 차지하고 있으며, 발생원인별로 볼때 인적 취약요인이 46%를 차지하고 있었다. 또한, 분기부에서의 차량탈선사고는 선로전환기 활출·활입에 의한 사고가 전체 차량탈선사고의 65%를 차지하고, 원인별로 볼때 인적 취약요인이 77%를 차지하는 것으로 조사되어 이 부분에 대한 구조적인 개선노력이 적극 필요하다고 판단된다.

해외 선진철도의 경우 분기구간에서의 이러한 조작자의 오류나 기계 구조적인 오류를 줄이기 위한 대책으로 다양한 안전장치를 설치하여 분기기 주행안전성을 향상시키고 있었으며, IT기술을 접목한 분기기 모니터링 시스템을 비롯하여 최신의 기계장치 개발을 추진하고 있었다.

따라서, 이러한 사고사례 및 분석자료를 바탕으로 분기부에서 열차탈선을 줄이거나 방지할 수 있는 시스템 개발이 필요하고, 또한 지금까지 발생한 사고의 대부분이 열차운행 중 운용·보수하는 취급자의 확인소홀 및 취급부주의에서 발생한 사고인 만큼, 분기기 조작 및 유지보수를 담당하는 기술자는 분기기에 내재된 취약요인을 간과하지 말고 운영규정, 보수지침 등을 숙지하고 좀 더 세밀한 주의로 점검·보수를 시행하여 탈선요인이 배제되도록 노력해야 할 것이며, 제반 안전수칙을 철저히 준수한다면 취급부주의 사고를 상당부분 줄일 수 있다는 안전의식을 제고해야 한다고 판단된다. 이와 함께 차량탈선 방지를 위한 가드레일 보강 등 시설물 개량 등에도 더욱 관심을 갖고 대처해 나가야 할 것으로 본다.

감사의 글

본 연구는 건설교통부와 한국건설교통기술평가원의 지원하에 “철도종합안전기술개발사업”과제의 일환으로 수행되었으며, 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

참고문헌

1. 철도청 안전환경실, “철도사고 사례집”, 철도청, 2003
2. 한국철도공사 수송안전단, “철도사고 분석보고서”, 한국철도공사, 2005
3. 한국철도공사, “철도사고보고 및 수습처리규정”, 한국철도공사, 2006