자연재해가 철도시스템에 미치는 영향 및 대책
Natural Disasters and their Impact on Railways

김 유 호*·김 진 철*·최 권 희*·송 광 열**·빙 군 섭**

Abstract

The railroad system must ensure not only the safety of facilities but also the prevention of natural and environmental disasters. The infrastructure must be strengthened in order to prevent rail damage by natural disasters and other causes. Thus, it would be able to prevent damage due to such natural factors like heavy rain and snow fall, wind, and catastrophic earthquakes. It seems that it would be the best way to install safety facilities throughout the entire length of a route, but one would not be able to provide for the costs involved in this approach. Therefore, these facilities must be installed at selected locations that is the most vulnerable to disasters.

In this paper we propose the examples of both foreign and domestic methods in order to prevent from damages caused by the above-mentioned natural disasters and others.

1. 서 론

모든 하드웨어와 소프트웨어 서브시스템을 포함하여 시스템이, 규정된 환경에서 규정된 시간에, 필요한 임무나 사명을 실행할 수 있도록 보장하는 문제를 처리하는 것이 시스템의 신뢰성인 반면, 시스템 안전성은 그 과정에서 재난이 발생하지 않도록 하는 데에만 관심이 있다.

철도시스템에서 안전성에 기초한 시스템 설계의 전반적 목표는 설계단계에서 장애물을 제거하거나 또는 장애물의 발생 확률이 매우 낮도록 설계를 변경하여 위험성을 최소화하는 것이다. 시스템 안전성 또는 저위험성을 표시하기 위해서는 첫째, 규정된 사양이 올바르게 실행되고 있고, 또 어떠한 고장도 발생하지 않으므로 시스템의 작동으로 인한 어떠한 재난도 발생하지 않을 것임을 보장해야 한다. 둘째, 고장의 위험성이나 재난으로 진행되는 고장을 제거하거나 또는 절대적 안전성이나 고장허용 절차를

* (주)에이알텍
** 한국철도시설공단

이용하여 이를 최소화해야 한다. 장애발생 가능성을 완전히 제거할 수 없는 경우에는 장애 조건에 대한 노출시간(발생시간 길이)을 최소화하여 위험성을 줄여야 한다.

예를 들면, 철도시설물은 자연재해로부터 시설물을 보호하고 사고를 예방할 수 있는 설비를 확보하고 있어야 한다. 즉 자연의 위력을 완화 시키고 여러 가지 방법으로 선로 파손을 방지하기 위해 기반 시설을 강화해야 한다. 철도시설물의 안전설비에는 강우와 강설, 강풍, 대형지진 등을 막기 위한 기반시설이 있다. 그러나 모든 철도시설물에 이러한 안전설비들을 설치하는 것이 가장 효율적인 대책으로 보일 수 있으나, 각 선로 구간 마다 이를 구현하게 되면 상당한 비용이 소요될 것이다. 그렇기 때문에 자연재해로 인한 위험성이 예상되는 선로 구간을 선정하여 우선적으로 안전설비를 설치하고 있다.

본 논문에서는 강우와 강설, 강풍 그리고 대형지진과 같은 자연재해에 따른 피해 예방책을 국내·외 사례를 통해 살펴보고자 한다.

2. 본 론

2.1 자연재해에 의한 철도사고 사례

열차는 1회 운행으로 대량수송을 할 수 있는 장점이 있는 반면, 단 한 번의 사고로도 많은 인명 및 재산 피해를 가져올 수 있다. 특히 열차 운행 중 자연재해로 인한 위험성은 매우 크며, 더욱이 최근 들어 지구의 온난화와 기후변화로 인하여 과거와는 다른 기후 패턴을 보이고 있다.

우리나라는 3면이 바다로 둘러싸여 있고, 산악지대가 많아 국지성 집중호우 발생을 사전에 예측하기가 매우 어려운 상황이다. 뿐만 아니라 동절기 혹한으로 결빙됐던 철도시설물이 해빙기(3~4월)에 동결과 융해를 반복하면서, 비탈면에서 토사 및 낙석에 대한 잠재적 위험이 항상 도사리고 있다. 게다가 한반도의 지질학적 특성으로 인해 일본이나 중국 등 주변국보다는 강진 가능성이 낮지만, 규모 6.5 이상의 지진이 발생할 수 있다는 최근의 주장을 살펴볼 때, 우리나라도 더 이상 자연재해로부터 안전하지 않다.

표 1에 자연재해로 인한 몇 가지 철도사고 사례를 예로 들었다. 특히 2011년 3월 11일에 발생한 진도 9.0의 일본 도호쿠 부근 지진으로 인해 엄청난 피해가 발생하였으며, 2011년 4월 현재까지도 정확한 피해 상황이 보고되지 않고 있다.

표 1. 자연재해 의한 철도사고 사례
(출처 : 고속철도 사고유형별 대응절차서 개발용역, 철도청, 2004)

발생 일시	발생 장소	원인	피해 상황	인적피해
1993.12.21	프랑스파리	강우	강우로 인한 지반 함몰로 TGV열차 5차량 탈선	10명부상
1986.12.28	일본아마루베	강풍	강풍으로 인한 열차 추락사고	6명 사망 6명 중상
2003.01.02	일본센다이 역	강설	추위로 인한 출입문 개폐부 동결	-
2011.03.11	일본 도후쿠	지진	해일로 인한 화물열차 탈선 및 컨테이너 화차 분리사고	측정불가

2.2 자연재해가 철도시스템에 미치는 영향

2.2.1 강우

(출처 : 국토해양부, 2006)

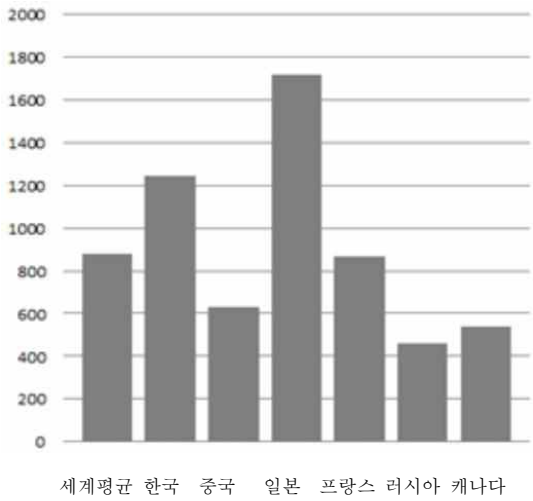


그림 1. 세계 평균과 비교한 우리나라 강수량

강우는 열차 운행에 심각한 지장을 줄 수 있다. 비는 선로를 덮어 버릴 수 있고 발라스트(Ballast) 를 씻겨 내릴 수 있으며, 경사를 깎아 내릴 수도 있다. 또한 범람하는 강은 교량과 옹벽을 깎아 낼 수 있다. 필히 많은 비가 올 때에만 발생하는 것은 아니지만 경사면에서의 낙석 현상도 또 하나의 심각한 문제가 될 수 있다[2].

집중호우, 일명 강우는 한 시간에 30mm 이상, 하루에 80mm 이상의 비가 내릴 때,

또는 강수량의 10%에 상당하는 비가 하루에 내리는 정도를 말한다[1]. 그러므로 강우 예측이 매우 어려워서 집중호우 발생 시 많은 재산 피해 및 인명피해가 발생한다. 특히 한반도 남서지방은 여름에 높은 수증기를 포함한 기류 유입구에 위치하고, 지리산 등 높은 산악에 기인한 강제상승이 발달하는 지역으로 집중호우가 자주 발생한다. 또한 한반도는 지리적인 경압성이 강한 지역이기 때문에, 구조적으로 하층제트가 자주 관측된다. 이러한 구조적인 경합성과 지형적인 대기상승효과가 결합하여 한반도의 집중호우는 매우 복합적인 형태로 나타난다[4].

특히 우리나라 철도시설물의 경우, 매해 반복되는 집중호우, 사용연수 경과로 인한 궤도 하부 노반의 지지력 손실 등의 안전성 문제로 인해 선로 유실이 자주 발생하고 있다. 유실 원인으로는 짧은 기간에 큰 강우가 일부 지역에 집중적으로 발생하기 때문이다. 그림 1은 세계 평균 강수량을 우리나라 강수량과 비교한 것으로써, 우리나라 강수량이 세계 평균보다 높게 나타난다.

2.2.2 강풍

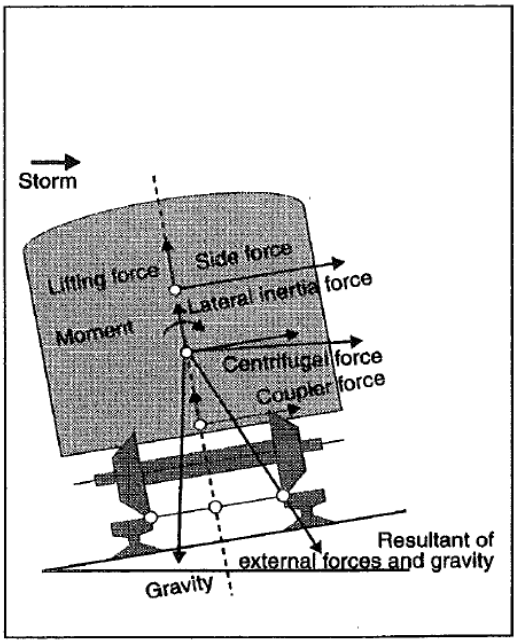


그림 2. 전복 가능한 외부 요인들

그림 2에는 철도차량의 전복을 유발하는 외부 요인을 표시하였다. 철도차량의 주행 안전성으로 문제가 되는 것은 탈선(derailment)과 전복(turnover)이다. 전복의 경우, 곡선통과형태(속도, 캔트, 슬랙) 및 측풍에 의해 기인된다. 차량의 무게중심은 선로의 중심부로 향해 있어야 안전이 유지되는데, 열차가 곡선부를 주행하면 원심력이 발생하여

차량의 중심 방향이 그 영향을 받아 이동하게 된다. 이로 인하여 차량이 외측으로 기울면서 전복(顚覆)할 위험이 발생한다. 또한 바람이 불어 가선(架線)에 비닐이 걸려 열차 운행에 지장을 주기도 하지만 가장 중요한 것은 열차 탈선 사고다. 탈선은 차륜과 레일 간에서 일어나는 현상으로 크게 나누면, 타고 오르는 탈선과 미끄러져 오르는 탈선, 튀어 오르는 탈선으로 분류된다.

최근에는 우리나라 철도시스템도 교량의 고가화, 기상이변 등으로 인해 철도차량이 강풍에 노출되는 빈도가 커지고 있으며, 2004년 4월 고속철도의 개통, 기존철도의 고속화 및 철도차량의 경량화로 인하여 강풍 시, 열차의 전복 및 탈선위험이 증가하고 있다[5].

일본의 경우, 120년 철도역사에서 강풍으로 인한 탈선사례가 30건이 넘는다. 단순하게 평균을 내어 보면, 4년에 1회 이상의 비율로 열차 탈선 사고가 발생하고 있는 셈이다. 강풍에 의한 차량 전복은 주로 교량이나 높은 성토구간에서 고속주행 시 발생할 위험이 크기 때문에, 대형 인명 및 재산 피해로 연결될 가능성이 높다. 그 외에 횡력과 원심력에 의한 다른 요소들도 적용된다. 이 요소들은 중력과 합쳐져 바람 부는 쪽으로 차체를 탈선시킬 수 있는 요인이 된다.

한정된 철도시설물에 풍속계를 세우고, 끊임없이 변동하는 풍량을 측정하여, 강풍 시 운전규제의 판단 자료로써 철도 풍량 관측을 이용하고 있으며, 이는 기후 통계를 취득하기 위한 기상관측업무와는 목적이 크게 다르다. 그러므로 철도에서는 어떠한 풍량 관측 방법이 적절한지를 실무 차원에서 생각해 보면 매우 어려운 문제이다.

연선의 선로 근방에 풍량의 상황을 빠짐없이 파악하기 위해서는 먼저 측정기(풍속계 등의 풍량 감시 장치)를 짧은 간격으로 많이 배열해 두는 것이 바람직하지만 현실적이지 못하다. 그래서 한정된 수의 풍량 감시 장치로 연선의 풍량 상황을 파악하기 위해서는,

- 어떠한 풍량 감시 장치를 사용하여,
- 그것을 연선의 어느 지점에,
- 어떠한 방법(사양)으로 설치하고,
- 관측 값을 어떻게 평가할 것인지 혹은,
- 풍량 감시 장치의 유지보수는 어떻게 할 것인지, 등에 대해 최적의 방법을 각각 정하여 실행하는 것이 중요하다.

2.2.3 강설

1965년 1월 관동 지방에 내린 눈이 도카이도 신칸센 고속철도 차량 기기에 침투되어 차량 운행이 되지 않아, 연초 대수송 기간에 여객 수송이 불가능한 사태가 발생하였다. 차량 고장 문제는 차량의 방수 기능을 향상시켜 해결하였으나, 그 다음 해에는 고속운전으로 인해 비설이 차량에 점착되어 덩어리를 형성하였고, 이것이 주행 중에 낙하하여 선로변 시설물에 피해를 주는 사례가 발생하였다. 또한 차량 하부에 점착된 눈이 동결되어 얼음덩어리로 된 후, 낙하하여 궤도상의 발라스트(ballast)를 비산시켜 차량의 유리창, 선로변 가옥, 고가교 밑의 도로교통 차량에 피해를 주는 사례가 발생

하여 사회문제로 대두되기도 하였다[2].

강설이 아니더라도 열차 운행 시 눈의 영향은 지상설비(분기기, 건널목, 가교), 차량(팬더그램, 모터, 제동기)에 각종 고장을 일으켜 열차 운행시각을 혼란스럽게 했다. 따라서 철도사업자는 지상설비 중 안전에 특히 많은 영향을 미치는 분기기에 융설장치(Snow Melting Equipment)를 부착하여 대응하고 있다. 일반적으로 분기기 융설장치에는 집중급유식과 전기식의 2종류가 있다. 이에 대한 장점이 있는 반면 여전히 개선해야할 문제점도 있다. 집중급유식은 점화나 급유, 심지(芯)의 청소와 교환, 중간에 꺼지는지 확인, 소화 확인 등 차량의 접촉 한계 내에서의 작업이 많고, 항상 차량에 접촉될 위험을 동반한다. 전기식도 수전설비나 전원 사정으로 설비가 어려운 구간이 있어, 최근에는 저비용으로 유지보수성이 뛰어난「가스융설장치」도 개발하여 운영하고 있다[3].

2.2.4 대지진

(출처: 미지질조사국/USGS)

그림 3. 아시아 주변 지각판 구조

2004년 10월 23일 일본에서 발생한 규모 6.8의 쵸에츠 지진으로 인해 주행 중인 신칸센 고속열차가 탈선하였다. 이 사고로 다행히 인명피해는 발생하지 않았으나, 신칸센 10량 중 6,7호차를 제외한 8량이 탈선하였다. 일반적으로 지진 시 고속으로 주행하

는 열차는 1차적으로는 구조물 진동, 2차적으로는 구조물 변상 및 붕괴 피해를 받는다고 알려져 있다. 일본의 경험에 의하면, JMA(Japanese Meteorological Agency) 기준으로 진도 5(80~250gal)이상의 지진 시에만 열차 피해가 발생한 것으로 보고되고 있으므로, 우리나라에서 탈선을 발생시킬 수 있는 규모의 지진 발생 가능성은 낮으나, 전혀 없다고 말 할 수는 없다[6].

"유라시아판에 놓인 한반도는 인도양판이 미는 힘과 태평양판이 미는 힘을 동서 방향에서 동시에 받고 있어, 강진이 발생할 가능성을 배제할 수 없다". 그러나 약한 중국 탄루 단층대와 일본 열도의 지각에서 지진 등의 형태로 먼저 에너지가 분출되면서, 한반도는 힘을 받더라도 상대적으로 에너지가 축적될 여지가 적고, 강진 가능성도 적다. 한반도에서 발생한 과거 및 최근 지진 발생 현황을 보면 규모 7.0 이상의 대규모 지진보다는 최대 규모 6.0 이하의 중 혹은 소규모 지진이 발생하였음을 알 수 있다. 이는 우리나라가 일본이나 인도네시아와 같이 지진 발생이 빈번한 환태평양 지진대에서 벗어나서 내륙에 위치하고 있기 때문이다. 따라서 한반도는 대규모의 지진보다는 중 혹은 소규모의 지진이 발생할 가능성이 큰 지역이라는 것을 알 수 있다. 이는 1970년 이래 관측을 시작한 기상청의 지진관측 기록으로부터도 간접적으로 확인 할 수 있다[4].

2.3 자연재해가 철도시스템에 미치는 영향에 대한 대책

2.3.1 강우

1) 운전취급 기준

표 2. 강우 시 운전취급 기준

(출처 : 고속철도운전취급세칙 제27조, 한국철도공사, 2010)

운전규제	적용사항
열차 운행 중지	일 연속 강우량150mm이상이고, 시간당 강우량이 60mm이상일 경우
	고가 및 교량구간의 시간당 강우량이 70mm이상일 경우
	선로순회자 또는 열차감시원이 열차 운행에 위험하다고 인정할 경우
	교량상판아래 수위가 정지수위, 교량변형을 일으킬 경우, 세굴 심할 경우
속도제한(170km/h이하)	일 강우량이 140mm이상이고, 시간당 강우량이 30mm이상일 경우
속도제한(90km/h이하)	일 강우량이 150mm이상이고, 시간당 강우량이 35mm이상일 경우

2) 대책사례

일본의 경우, 기존선 및 신칸센 전 구간에서 '강우자동경보시스템'을 활용중이며, 열차운전규제를 위한 수단으로 활용되고 있다. 본 시스템에는 강우량의 자동입력 및 경계우량과의 비교분석에 의한 강우 시 열차안전확보 및 수해발생 예·경보가 가능하며,

인터넷을 이용한 중앙집중식 운용방법 외에도 휴대전화를 이용한 일선관리자로의 통보, 사이렌 및 경고등을 이용한 직접적인 열차로의 통보 등이 가능하다. 또한 강우자동경보시스템과 방재정보시스템은 개인 PC와 경광등에 의한 경보가 가능하다. 일본 동해도 신칸센에서는 보다 정확한 강우량정보의 관측·분석을 위해 단시간 예측, 기상정보시스템 단말기 배치, 경비요원 사전현장배치, 기상 컨설턴트 도입과 같은 기능을 추가한 방재정보시스템을 구축하고 있다.

우리나라 고속선에서는 기상검측설비(METEO)가 총 11개소에 설치(KTX 1단계 기준)되어 시간당 강우량 및 누적강우량을 실시간으로 전송받아 열차의 운전을 규제를 하고 있다. 실제로 2006년 7월 28일 광명~화성구간에서 시간당 강우량 35mm, 24시간 강우량 171mm를 기록했을 때, 170km/h의 속도규제를 시행한 바 있다[4].

2.3.2 강풍

1) 운전취급 기준

표 3. 강풍 시 열차 서행 및 정지 기준

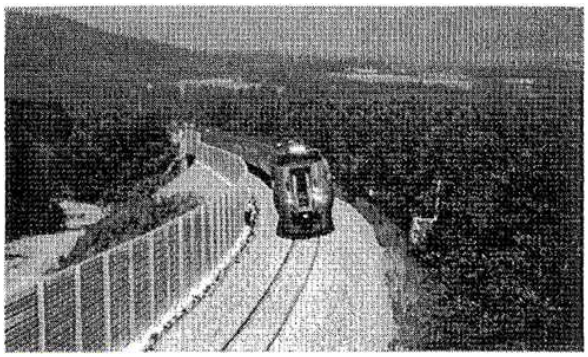
(출처 : 고속철도운전취급세칙 제29조, 한국철도공사, 2010)

운전규제	적용사항
열차 운행 보류 또는 중지	풍속 45m/sec 이상 일 경우
속도제한(170km/h이하)	풍속 30m/sec 이상 40m/sec미만 일 경우(단순경보)
속도제한(90km/h이하)	풍속 40m/sec 이상 45m/sec미만 일 경우(위험경보)
풍속에 따라 단계적으로 감속운행	풍속 30m/sec 미만 일 경우

2) 대책사례

일본의 경우, 강풍시 운전취급 기준을 위해 열차에 미치는 공기 역학적인 저항을 줄이는 방법과 바람의 영향이 큰 지역에 대해 선로변에 풍속계를 설치하여 풍속이 위험수준에 달하면 열차 운행에 적절한 조치를 취하는 방법을 사용하고 있다. 예를 들면, 강풍에 대해 방어벽이나 담을 쌓는 것이다. 또 다른 방법으로는 차량 운행 제어 장치를 사용하여 순간 풍속이 25~30m/sec 달했을 때 열차를 멈추게 하는 것이다. 만일 강풍에 의해 열차가 일시적으로 정지할 경우 최소 30분 동안 정지 상태로 있어야 하며, 풍속이 떨어졌다는 것을 감지했을 때에만 운행을 계속할 수 있다.

우리나라의 경우, 고속철도의 개통 이후 강풍에 대한 안전대책이 도입되어, 고속선 주변 10개소에서 측정된 기상정보를 통해 운전규제를 실시하는 METEO 설비를 운영하고 있다. 고속선에서의 운전규제 기준풍속은 지역별로 조정계수가 적용되어 신호사령실의 현시 정보를 기준으로 하고 있는데, 평균 1.5의 조정계수를 적용하고 있기 때문에 실직적인 규제 풍속은 20m/sec에서 30m/sec로 볼 수 있다.



(출처: JR Hokkaldo)
그림 4 전형적인 방풍 펜스

고속선과는 달리 기존선이 고속화(150km/h~230km/h)되면서 강풍에 대한 대비책이 강구되고 있다. 기존선에서 사용되고 있는 운전규제는 과거 일본의 국유철도 시절의 규정을 받아들여 적용하고 있다[4]. 일본 철도와 우리나라 철도는 그 운행여건에 있어서 적지 않은 차이가 있다. 먼저 강풍에 의한 열차전복에 영향을 주는 요인 중에 궤간 및 차량의 중량이 다르다. 일본의 기존선에는 대부분 협궤가 많은 반면 우리나라는 표준궤를 사용한다. 또한 차량의 중량도 일본은 경량전철이 많으며 대부분의 차량이 가볍다. 하지만 우리나라는 아직까지도 중량이 135톤에 달하는 디젤기관차가 주를 이루고 있어 일본에 비해 강풍에 대해서는 달리 운전을 규제한 사례가 거의 없었다. 그러나 최근 기존선이 고속화되면서 차량의 경량화에 수반되어 전복한계풍속과 운전규제풍속과의 차가 작아지고 있는 경향이고, 전복한계풍속의 평가의 정밀도, 여유분을 고려한 방법 등 강풍 시의 안전성에 대한 평가와 적절한 운전규제 방법을 정하여 실행하는 것이 중요하다.

2.3.3 강설

1) 운전취급 기준

표 4. 강설 시 열차 서행 및 정지 기준
(출처 : 고속철도운전취급세칙 제26조, 한국철도공사, 2010)

운전규제	적용사항
속도제한(230km/h이하)	궤간 내 적설량이 7cm이상 14cm미만
속도제한(170km/h이하)	궤간 내 적설량이 14cm이상 21cm미만
속도제한(130km/h이하)	궤간 내 적설량이 21cm이상
속도제한(30km/h이하)	눈에 덮여 레일 면이 보이지 않을 때

2) 대책사례

일본의 경우, 고속철도를 눈으로부터 보호하기 위해 도카이도 신칸센에서는 눈이 올 때 자갈궤도 (Ballasted Track)에 물을 뿌려준다. 이것은 눈을 적셔 고속으로 지나가는 열차에 점착하는 것을 방지하기 위함이다.

우리나라의 경우, 고속선은 운행속도가 기존선과는 비교할 수 없이 빨라서 레일의 작은 변화에도 크게 위험하기 때문에 강설에 대한 체계적인 대비책을 구축하고 있다. 또 우리나라의 강설 특성상 밤이나 새벽 시간대에 눈이 많이 내리는데, 간밤에 내린 눈이 선로변에 쌓이는 경우가 많기 때문에, 밤 11시가 넘으면 고속선 운행이 중단된다. 강설에 대한 고속선의 체계적인 운전 규제와는 달리 기존선에서는 강설 시 별다른 운전규제 사항이 없다. 기존선은 열차의 운행속도가 최고 160km/h로 고속선의 절반 정도이며, 새벽에도 화물열차가 운행되고 있어서 일부 구간을 제외하고는 선로 변에 눈이 쌓이는 경우가 흔치 않다. 따라서 기존선에서는 강설에 대한 운전규제의 필요성이 크지 않았다.

그러나 기존선이 고속화(150km/h~230km/h)로 인해 강설에 대한 대비책 강구가 요구되고 있다. 설빙피해 우려 시, 운행속도를 제안하여 설빙피해 발생가능성을 최대한 억제하는 것을 기본 대책으로 활용하고, 속도제한으로 인한 열차지연 및 운영손실을 최소화하기 위하여 야간 운행정지시간 동안 제설열차를 운행하는 등 이상 강설에 대비한 제설도구 구비가 필요할 것으로 보인다. 또한 차량착설을 방지하기 위한 차량 설계기술의 개발과 운행 중 착설된 설빙을 제거하는 대책이 필요하며, 인명 및 낙석피해의 우려가 높은 통과역사와 도로 교차개소에서의 안전을 확보하기 위하여 주요 위험개소에 대한 자갈비산 방지 및 낙석방지 대책에 대한 안전성 검토가 필요하다.

2.3.4 지진

1) 운전취급 기준

표 5. 지진 시 열차 서행 및 정지 기준

(출처 : 고속철도운전취급세칙 제30조, 한국철도공사, 2010)

운전규제	우리나라	일본	
		국철	신간선
서행 기준	40gal 이상-65gal 미만	40gal	없음
정지 기준	65gal 이상	80gal	120gal 이상의 S파 예상, S파가 40gal 이상 시 송전 차단
이용 가속도	지진감시시스템/지반가속도	지반가속도	지반가속도

※ 40 gal : 진도 3이하, 80 gal : 진도 4이상

2) 대책사례

일본의 경우, 지진으로부터 열차를 보호하기 위한 방법으로 크게 2가지 방법을 사용하고 있다. 첫째 예상되는 지진의 움직임을 견딜 수 있는 인프라와 장비를 강화하는

것이고, 둘째는 지진 발생 시 열차를 보다 빨리 정지시키기 위하여 전원을 공급하는 변전소의 전원을 자동차단하는 UrEDAS(Urgent Earthquake Detection and Alarm System) 방식을 사용하고 있다.

UrEDAS의 기본개념은 지구표면에 제일 먼저 도착하는 미약한 지진 P파를 이용하여 피해 발생을 지배하는 S파의 크기 및 지진의 중심과 강도를 예측하여, 위험수준을 결정한다. 변전소에 UrEDAS가 설치되어 P파로부터 120gal 이상의 S파가 예상되거나, 실제로 관측된 S파가 40gal이상일 경우, 송전을 차단하여 열차를 강제로 정지시킨다. UrEDAS를 이용하면 S파 도달 이전에 고속으로 주행하는 열차를 서행 혹은 정지시킬 수 있어 큰 피해를 예방할 수 있다. 이 시스템은 1992년에 홋카이도 신칸센에 설치한 이후 현재에는 신칸센 전체에 설치 운행되고 있다[2].

우리나라의 경우, KTX 1단계 고속선에 약 10km 간격으로 교량 및 터널입구에 지진계측기를 설치하여, 실시간으로 지진을 검지하여 경보하는 고속철도 지진경보장치(KTX_EQAS, KTX_Earthquake Alert System)을 운영하고 있다. 현재, 관측된 지진이 40gal 이상 시 서행경보를 발령하며, 65gal 이상 시 정지경보가 발생한다. 그러나 기존선에는 지진에 대한 안전설비가 구축되고 있지 않아, 기존선 고속화 시 이에 대한 검토가 필요하다.

3. 결 론

본 연구에서는 강우와 강설, 강풍 그리고 대형지진과 같은 자연재해들을 따르는 피해들로부터 열차를 보호하기 위한 운전취급 기준 및 대책 사례를 살펴보았다.

자연재해가 철도 인프라에 손상을 끼치는 것은 피할 수 없지만, 적절한 사전 대책을 통해 피해를 최소화 할 수는 있다. 어떠한 보호 정책이든지 간에, 효과를 거두기 위해서는 항상 선로변 또는 선로 위 상황을 주시해야 하며, 위험 요소에 대한 즉각적인 조치를 취해야 한다. 또한 정기적인 일정에 따라 선로 및 장비를 점검해야 하며, 수집된 정보는 그 정확성을 높여 향후 안전 대책 수립을 위해 활용해야 한다.

4. 참 고 문 헌

[1] 기상청, 기상배움터, “용어사전”(2008)
[2] Minimizing the Effects of Natural Disasters, Japanese Railway Technology Today, RTRI, 2001
[3] 사토 마사후미,“용어해설”,동일본여객철도(주) 설비부 여객설비과, 철도와 전기기술 2001.7, Vol.12 No.7.
[4] 주창훈,“이상기후 발생 시 열차 안전운행 기준에 관한 연구”, 2008.
[5] 권혁빈 외 2인, ″강풍에 의한 열차탈선전복방지 기술개발 현황″, 한국방재학회지, 10권, 2호, pp.35-41, 2010.
[6] 김대상,“고속철도 지진감시시스템 운영현황”, 한국방재학회지, 7권, 4호, pp7, 2007.