

# 기존선에서 이상기후 발생시 열차안전운행 확보 방안

## The Measure of Safety Operation of Train under Abnormal Climate in Conventional line

김치태\*    이성욱\*\*    정도원\*\*\*    주창훈\*\*\*\*  
Kim, Chi Tae   Lee, Sung Uk   Jung, Do Won   Joo, Chang Hoon

---

### ABSTRACT

In these days abnormal climate occurs frequently because of global warming and earthshock. So it is necessary to prepare for the abnormal conditions like gale, rainfall, heavy snow and high temperature.

Fortunately, Korea high speed rail(KTX) have a safety climate detection system for the abnormal weather by using CTC. So the safety is guaranteed in most aspect.

But in convention line there isn't any alarm system for the abnormal condition and the train runs until the railroad loss occurred.

So convention line need additional regulation same as KTX for the abnormal climate and in the near future passenger safety must be protected by new alarm system.

---

## 1. 서론

지구온난화의 확대와 전 세계적인 기상이변으로 이상기후가 자주 발생되고 있으며, 철도에서도 이에 대비하여 강풍, 강우, 폭설, 고온시 열차의 안전운행을 확보하기 위한 연구가 절실히 필요한 시점이다. 다행히 2004년 개통한 고속철도에는 이상기후 발생시 고속선에 설치된 기상검측시스템으로부터 CTC를 통하여 열차의 운행속도를 제한하는 등의 방법으로 고속열차의 안전을 확보하고 있다. 그러나 아직까지 기존선 구간에서는 천재지변으로 선로가 유실되지 않는 한 평시와 마찬가지로 열차를 운행하고 있다. 물론 규정 등에는 열차의 속도제한 조건이 명시되어 있으나 시스템을 통한 열차의 안전확보는 미비한 실정이다.

따라서, 기존선에도 열차의 안전운행을 확보하기 위해서는 이상기후시 적절한 운행제한 기준을 제정해야 할 것이며, 향후에는 시스템으로 열차안전을 확보할 수 있도록 우리나라의 기후에 적합한 최적의 시스템을 결정하여 도입, 운영하여야 할 것이다.

## 2. 본문

### 2.1 이상기후의 정의

이상기후의 일반적 의미는 과거 30년동안 한번도 관측되지 않았던 기후 상태로 기온이나 강수량 등

---

\* 김치태, 한국철도공사 연구개발센터 기술연구팀(박사과정)

E-mail : chiti91@korail.com

TEL : (042)609-3116 FAX : (042)609-4905

\* 이성욱, 한국철도공사 연구개발센터 기술연구팀장(공학박사)

\* 정도원, 한국철도공사 연구개발센터 기술연구팀

\* 주창훈, 한국철도공사 수송안전실 운영조정팀

이 정상적인 상태를 벗어난 상태를 의미한다. 예를 들면 엘리뇨, 라니냐 등이나 갑작스런 폭염, 한파 등도 이상기후라 할 수 있다. 하지만 철도에서의 의미는 기상상태가 열차안전운행에 영향을 미치는 것으로 강우, 강설, 강풍, 안개, 폭염, 한파, 지진 등을 의미한다.

### 2.1.1 강우

열차운행에 영향을 미치는 강우는 크게 태풍과 집중호우시에 나타난다. 태풍은 북태평양의 적도 근처의 더운 바다(북위 3°~ 15°)에서 생성되는 열대성 저기압으로 최대 풍속이 17m/s이상일 때 비로소 태풍이라 할 수 있다. 과거 100년동안 우리나라에 영향을 미친 태풍 수는 총315개로 한 해에 약 3개의 태풍이 일며 주로 7, 8, 9월에 주로 나타나며 아주 드물게는 6월, 10월에 내습하는 경우도 있다. 태풍의 피해가 가장 컸던 2002년 태풍 루사때의 피해를 살펴보면 총280개의 선로 수해개소가 나타났고 그 중 노반유실이 207개로 가장 많았으며 선별로는 영동선이 167개로 가장 태풍에 가장 취약함을 알 수 있다. 총 복구액은 1,414억으로 철도에 막대한 피해를 입혔다.

집중호우는 시간적·공간적 집중성이 매우 큰 비로 시간당 강우량이 30mm이상이거나, 일 강우량이 100mm이상일때 집중호우라 일컫는다. 시간당 최대 강우량은 주로 저기압이나 전선대의 영향을 받으며 일 최대 강우량은 태풍의 영향으로 나타난다. 2005년 집중호우로 인한 철도의 피해액은 약18억으로 태풍에 비할 바는 못 되나 액수의 의미를 넘어서 이러한 피해가 열차운행에 막대한 위험을 초래할 수 있다.



그림 1. 2002년 태풍 루사 피해



그림 2. 2005년 집중호우 피해

### 2.1.2 강설

강설은 시간당 3~4cm의 강한 눈이 20cm이상 크게 내리는 것을 의미한다. 한반도의 강설량은 주로 영동해안지방과 호남내륙지방에 집중적으로 내리며 영동지방은 12월~2월 사이 주로 새벽이나 밤 시간에 많이 내리는 반면 호남내륙지방에서는 11월~12월 사이 주로 초겨울에 많이 내린다. 강설에 따른 열차운행피해유형은 시야불량이나 적설에 의한 분기기 비전환, 구조물 파손등을 들 수 있으며 그 중 분기기 비전환은 대형열차사고를 야기할 수도 있다. 2000년부터 2003년까지 강설에 의한 철도의 피해건수는 총 29건으로 제동기 고장이나 전철기 동결등과 같은 열차운행과 직접적인 연관이 있는 피해가 나타남을 알 수 있다.

분야(건수)	차 량(12)		궤 도(12)		전기신호(3)		기 타(2)	
원 인	제동기고장	3	전철기결빙	5	전차선단전	2	설빙피해	2
	연료동결	5	토사부상	3	신호장애	1		
	폐문불량	2	수목전도	4				
	차륜공전	2						
합 계	총 29 건							

표 1. 강설에 의한 철도피해

### 2.1.3 강풍

강풍은 10분간의 평균풍속이 초속 14m/s 이상인 바람을 의미한다. 하지만 실제 파괴력은 평균풍속이 아닌 최대 순간풍속에 영향을 받는다. 실제로 최대순간풍속이 10분간 평균풍속보다 50%이상 크게 나타난다. 그래서 철도에서는 풍속이 30m/s이상시에 관제사가 열차 운행을 중지하는 조치를 취할 수 있다. 하지만 실제 현장에서 정확한 풍속을 알 수 있는 방법은 없으며 그저 나무의 흔들림으로 판단해야 하므로 매우 비과학적이며 그에 따른 운전규제 역시 실효성이 떨어진다.

### 2.1.4 안개

안개는 수증기가 지면 가까운 기층에서 응결되어 떠 있는 현상으로 관측지점으로부터 1,000m 이내의 목표물이 보이지 않을 때 안개가 끼었다고 말한다. 안개에 의한 피해유형으로는 시야불량과 전기시설물 파손등을 들 수 있는데 그 중 시야불량이 열차운행에 큰 영향을 미친다. 실제로 1996년 중앙선 단촌역에서는 짙은 안개로 인해 장내신호를 인지하지 못하여 36여명이 부상당한 사고가 있었으며, 이탈리아에서도 2005년 1월 7일에 같은 이유로 13명이 사망하고 80여명이 부상당한 사고가 있었다.



그림 3. 안개 발생시 기관차에서의 시정거리

### 2.1.5 지진

지진은 지구적인 힘에 의하여 땅속의 거대한 암반이 갑자기 갈라지면서 그 충격으로 땅이 흔들리는 현상으로 한반도에서도 해마다 지진발생횟수가 급격히 증가하고 있으며 유감지진횟수도 10년을 주기로 조금씩 증가하고 있다. 그래서 2006년 5월부터 한국지질자원연구소(KIGAM)에서 지진종합상황실 운영되기 시작했으며 비로소 지진의 안전지대라 여겨왔던 우리나라도 지진에 대한 방재대책에 들어갔다.

### 2.1.6 이상기후와 열차 운행

국내 이상기후가 열차운행에 지장을 준 열차사고를 살펴보면 2001년부터 현재까지 총 69건이 발생했으며 그 중 여름철 강우에 의한 피해가 47건으로 전체의 68%를 차지하며, 그 밖에 강풍, 강설의 순으로 나타났다. 이는 철도에 종합적인 강우방재대책의 마련이 시급함을 보여준다.

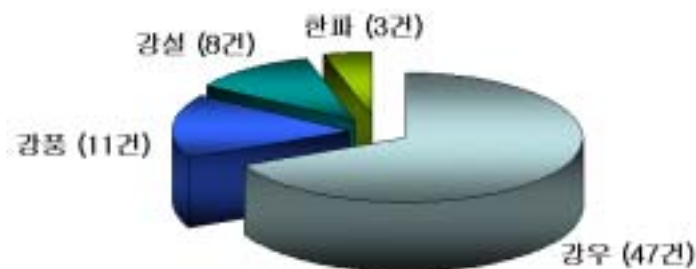


표 2. 이상기후로 인한 열차사고

## 2.2 이상기후 발생시 열차의 운행규제

현재 이상기후와 관련한 한국철도의 운행규제를 살펴보면 고속선에는 강우, 강설, 강풍, 폭염, 지진 발생등을 측정할 수 있는 시스템이 갖추어져 있으며 그에 따른 운행규제사항도 구체적으로 명시되어 있다. 그러나 기존선에는 강풍과 지진 발생시만 운행규제가 있으며 그것마저도 계측 방법 및 적용성의 미흡으로 실효성이 매우 떨어지는 실정이다.

### 2.2.1 고속선 이상기후 발생시 운전규제 현황

고속선에 강우, 강설, 강풍, 폭염, 지진 등의 이상기후가 발생하면 각각의 검지장치에서 그 양을 측정하고 규제기준을 초과하면 FEPOL 전송장치에 의해 CTC 모니터에 알람이 발생하게 된다. 그러면 고속 관제사는 KTX 기장에게 통보 후 운전규제를 행하게 되어 있다.



그림 4. 고속선 이상기후 발생시 운전규제 흐름

또한 고속철도운전관계규정에도 강우, 강설, 강풍, 폭염에 따른 규제사항이 단계적으로 자세히 명시되어 있고 실제로도 체계적인 운전규제를 시행하고 있다. 단지 규제의 행위가 관제사를 통한 수동으로 이루어진다는 부분이 조금 미흡하지만 향후에 시스템적인 보안으로 머지않아 이상기후가 발생하면 자동으로 운전규제를 시행할 수 있으리라 생각된다. 또한 지진에 대한 방재법으로도 고속선 교량에 총 21개의 감지센서를 설치하여 지진감지시스템을 운영하고 있다.

규제주체	적용사항	운전규제
고속 관제사	일연속 강우량이 150mm이상 & 시간당 강우량이 60mm 이상시	열차운행중지 (시설물 점검후 정상으로 판단시 단계적 속도향상)
	고가 및 교량구간의 시간당 강우량이 70mm 이상시	
	순회차 또는 열차감시원이 열차운행에 위험하다고 인정시	
	교량상판에 수위가 정지수위로 되었을 때, 세굴이 심할 때 등	
	24시간 강우량이 140mm이상이고 시간당 강우량이 30mm 이상	170km/h
24시간 강우량이 150mm이상이고 시간당 강우량이 35mm 이상	90km/h	

표 3. 고속선 강우 발생시 운전규제

### 2.2.2 기존선 이상기후 발생시 운전규제 현황

기존선에 이상기후 발생시 적용하는 운전관계규정을 살펴보면 강풍, 안개, 지진에 대한 규제사항이 명시는 되어있으나 오래전 일본의 국유철도 시절 규정을 그대로 인용한 것이며 그 내용면에서도 실효성이 매우 떨어진다. 그렇기 때문에 실제 강풍시에 운전을 규제한 사례가 거의 없으며 강우시에도 철길이 유실되지 않는 한 열차의 운행규제를 실시하지 않는다.



그림 5. 기존선 이상기후 발생시 운전규제 흐름

2004년 강우방재시스템의 구축으로 현재 기존선에 총 207개소에 우량계가 설치되어 있고, 강우량을

실시간으로 알 수 있는 전광판도 관제실과 시설사무소에 24개나 설치되어 있으나 규정상의 규제 내용은 없고, 시스템상의 경보 또한 현실성이 없어 실제로 경보만으로 열차의 운영을 중지하기에는 어려운 실정이다. 해마다 태풍과 집중호우에 막대한 피해를 입는 한국철도에 적합한 운전규제 및 효율적인 시스템 운영방안이 시급한 실정이다.

### 2.3 국내기상검측 시스템 운영실태

#### 2.3.1 기상청 관측설비 현황

우리나라 기상청에서는 집중호우, 우박, 뇌우, 돌풍 등과 같은 국지적인 악기상 현상을 실시간으로 감시하기위해서 자동기상관측장비(Automatic Weather System), 국지수집장치(Local Acquisition Unit), 초고속 국가정보통신망, 국지기상연속감시시스템, 기상정보시스템(Meteorologica Information System) 등을 운영하고 있다. 그 중 자동기상관측장비는 종관기상관측장비 42대(조밀도 : 36km)와 기상관측소 자동기상관측장비 35대(조밀도 : 36km), 무인 자동기상관측장비 461대(조밀도 : 15km)로 구성되어 있으며 1분을 주기로 관측자료를 수집하여 실시간으로 기상청에 제공한다.

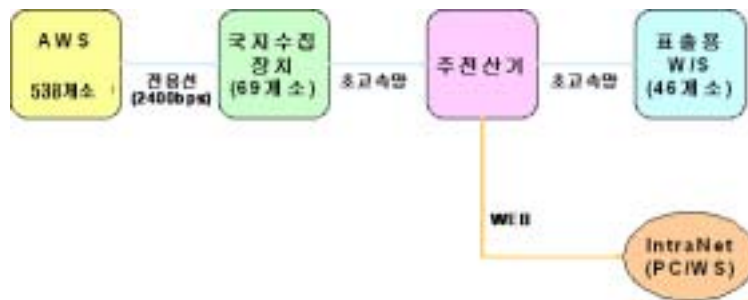


그림 7. 자동기상관측장비의 자료수집 체계

#### 2.3.2 기존선 강우자동경보시스템

철도에서도 국지성 호우로 인한 막대한 피해를 예방하고 과학적인 강우정보 수집체계 구축으로 재해예경보시스템과 실시간 데이터 확보로 적시적소에 적절한 예방조치 및 재해대책 마련을 위한 철도강우방재시스템 및 강우자동경보시스템을 구축하여 운영하고 있다.

강우자동경보시스템은 2003.12.~2004.11.까지 한국철도기술연구원주관으로 전국 207개소에 직선거리 10km간격으로 우량계를 설치했으며 우량계에서 1분 간격으로 수집되는 강우정보는 관제실과 시설사무소에 설치된 24개의 전광판 및 네트워크 PC에서 실시간으로 확인할 수 있다. 또한 기준치 이상의 강우가 발생하면 자동으로 경보를 울려 강우에 대한 예방조치가 필요함을 경고한다.



그림 8. 강우자동경보시스템 개념도>

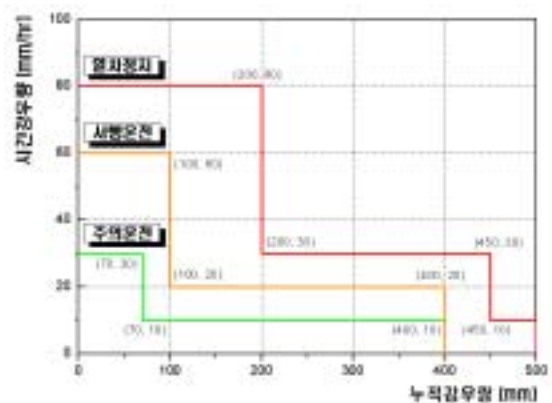


그림 9. 강우시 열차운전규제 기준



하지만 강우자동경보시스템에서 제시하는 운전규제의 기준이 지역별 특성을 반영하지 못한 획일적인 기준으로 실제로 운전규제를 시행하기에 어려움이 있다. 따라서 각 지역별 강우에 대한 위험성을 분석하고 재해이력을 데이터 베이스화하여 적정기준을 지역별로 다르게 정립해야할 필요성이 있다.

### 2.3.3 고속선 기상관측설비

기존선보다 고속선에서의 집중호우로 인한 지반침하 및 침수, 태풍 및 폭설 등 선로변의 급격한 기상 조건 악화는 열차안전운행에 더욱 저해요인이 되므로 사전에 이를 감지하여 열차를 감속 시키거나 정지시켜 사고를 미연에 예방하기 위한 기상검지장치(Meteorological Detector)가 설치되어 운영되고 있다.

고속선 기상검지장치는 풍속과 강우량 및 적설량을 검지할 수 있으며 검측한 데이터를 FEPOL(전송장치)를 통해 CTC 고속관제실로 전송한다. 또 각 데이터가 기준치 이상을 초과하면 알람경고를 울려 관제사로 하여금 운전규제를 시행하게 한다. 현재 고속선에 기상검지장치는 총 11개소에 설치되어 있으며 설치 이후 강우로 인한 열차운전규제 2건과 강풍으로 인한 열차운전규제 11건의 사례가 있었다.

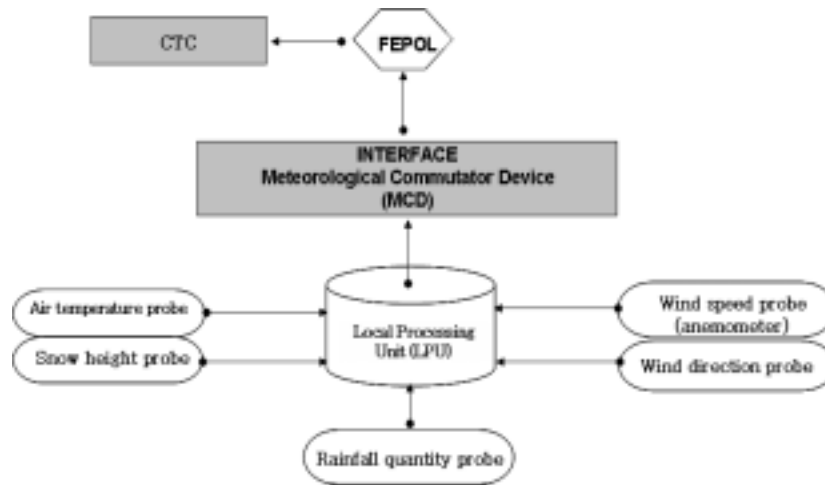


그림 10. 기상조건 감지순서도

그 밖에도 고속선에는 지진발생시 열차운행 통제를 위한 선로변 지진계측설비 구축 및 중앙지진감시 시스템을 구축하여 독자적인 지진경보 시스템을 확보하고 있으며, 여름철 폭염에 의한 레일온도상승시에 열차의 안전운행을 확보하기위해 레일온도감지시스템도 운영중에 있다.

## 2.4 일본의 방재시스템 운영실태

### 2.4.1 운영시스템(JR동일본)

이상기후로 인한 일본철도의 피해는 해마다 발생하며 이로 인해 이미 오래전부터 끊임없는 방재시스템의 연구로 그 피해를 줄이고자 노력하고 있다. 현재 일본의 재해방지시스템 설치 현황을 보면 강우측정장치가 577개, 수위측정장치 545개, 지진측정장치 225개, 강풍측정장치 317개가 설치되어 있고, 이외에도 낙석방지시스템과 산사태방지시스템 등 많은 재해방지 설비를 운영하고 있다.

그림 11은 기존선 재해방지 시스템의 운영자 화면을 나타내며 경보가 발령하면 사령장이 내용을 확인하고 열차운행 규제를 하면 화면을 통하여 각 선별 전반적인 열차규제 현황의 파악이 가능하고 세부적으로 지역별, 선별 강우량 파악도 가능하게 되어 있다. 또한 과거의 재해이력을 데이터베이스화하고, 이에 따라 지역적 특성을 고려함과 동시에 현장근무자의 경험치를 종합하여 각 지사별 기준안을 마련해 효율적인 운행규제를 시행하고 있다.



그림 11. 운영자 화면

또한, 실제로 폭우, 폭설, 지진 등으로 열차운행이 중단되면 현장 직원의 인명피해를 방지하기 위해 현장순회를 중단하며 각종 현장의 검측시스템을 통해 현장 상태를 파악한다. 기상상태가 좋아지면 열차 운행 재개여부를 판단하기위해 소속장의 판단하에 현장 직원의 순회를 실시하며 단계별로 운행속도를 향상하여 안전 여부를 확인한 후 정상운행을 실시한다.

#### 2.4.2 재해방지 현장설비

재해를 방지하기 위한 현장설비는 강우량을 측정하는 강우측정장치와 교량의 수위를 측정하여 위험을 예측하는 수위측정장치, 지진의 파형을 분석하여 열차를 자동으로 정지시키는 지진감지장치, 순간최대풍속을 측정하는 풍속측정장치, 선로변의 산사태로 토사가 선로위로 유출되는 것을 감지하는 산사태검측장치와 산사태 예방장치, 안전네트 및 펜스형의 낙석검측장치 등이 있다.



그림 12. 각 종 재해방지설비

### 3. 결론

기존선에서 이상기후 발생시 열차의 안전운행을 확보하기 위한 방법은 운전규제와 방재시스템구축을 통한 안전성 향상 이 두 가지 측면에서 생각해 볼 수 있다.

첫째, 열차의 운전규제를 통한 안전을 확보하기 위해서는 적절한 기준이 정립되어야 한다. 고속선 규정이나 해외의 운전규제 사례를 종합분석하고 우리나라의 기후특성 및 지역별 재해 취약성을 반영한 적정 기준을 세우고 그에 따라 단계적으로 열차의 운전규제가 이루어져야 한다. 하지만 과도한 운행규제는 대량교통 수송수단인 철도를 무용지물로 만들게 할 수 있어, 안전과 수송의 사명을 모두 이루어 낼 수 있는 최적의 교차점을 찾는 것이 무엇보다 중요하다 할 수 있을 것이다.

둘째, 방재시스템 구축을 통한 안전확보 방안은 지금도 해마다 발생하는 피해를 줄이고, 열차의 안전성 향상을 위한 가장 안전한 방법이며 이미 많은 연구개발이 진행되어 왔으나, 2004년 시작한 철도강우방재시스템 구축을 위한 철도강우자동경보시스템은 시스템은 개발이 완료되어 한국철도공사에서 사용하고 있으나 열차운행규제 등에 대해서는 아직 불완전한 상태이고, 교량홍수위 및 세굴검지 시스템은 국가연구개발과제로 진행되고 있으나 예산등의 문제로 실용화가 되지 못하고 있으며, 기본연구만 수행되고 중단된 철도절개사면 방재시스템 개발 연구는 시스템조차 구축하지 못한 채 사장될 위기에 처해 있

다. 또한 철도종합안전기술개발사업의 과제로 진행되고 있는 강풍에 대한 열차전복도 평가기술 연구가 철도기술연구원에서 시행되고 있으나 예산 부족 등의 문제로 곤란을 겪고 있는 실정이다.

이상에서 살펴본 바와 같이 무엇보다 기존선에서 재해에 대비하여 열차의 안전을 확보하기 위한 방안은 시스템을 통하여 열차의 운행을 통제하는 것이고, 이를 위해서는 관계기관에서 적극적으로 연구예산을 확보하고, 실용화를 위해 운영기관 및 연구기관과 긴밀한 협의를 통하여 조속히 중단된 사업을 재개해야 할 것이다.

또한, 향후 연구개발시에는 운영기관의 적극적인 참여를 통해 한국철도 운영환경에 적합한 실효성 있는 연구개발이 필요하겠고, 더 나아가 국가적인 차원에서도 방재 기술개발 및 운영기술 선진화 연구에 끊임없는 관심과 지원을 아끼지 말아야 할 것이다.

#### 참고문헌

1. 이진욱, 정재현, 신현영, 정승용, 김수삼, “열차주행의 안전성 확보를 위한 실시간 철도교량 홍수위 및 세굴검지 시스템 개발”, 한국철도학회 06년 춘계학술대회 논문집, pp. 199~199, 2006.
2. 박영곤, 이진욱, 윤희택, 목재균, 김선종, "철도교량 홍수시 열차운전규제기준에 대한 연구", 한국철도학회 04 추계학술대회 논문집, pp. 1001-1006, 2004.
3. 김현기, 이진욱, 신민호, "강우시 사면안전을 변화를 이용한 열차운전규제기준 개발", 한국철도학회 03 추계학술대회 논문집(II), pp. 397-402, 2003.
4. 김현기, 박영곤, 신민호, 김수삼, "강우시 철도성토사면의 열차운전규제기준에 관한 연구", 한국철도학회 01 추계학술대회논문집, pp. 514-519, 2001.
5. 신민호, 김현기, 김정기, "고속철도의 안전운행을 위한 강우시 열차운전규제기준의 제안", 한국철도학회지, 1229-1102, 제6권1호, pp. 14-18, 2003.
6. 정승용, 박영곤, 김수삼, "실시간 예·검지 시스템에 의한 철도방재 기술현황", 한국철도학회지, 1229-1102, 제6권1호, pp. 6-13, 2003.
7. 한국철도공사, "운전관계규정", pp. 217~218, 2006.
8. 한국철도공사, "고속철도운전관계규정집", pp. 25~29, 2005