

철도시스템의 안전설비와 국가통합시위무선통신망

최권희 <한국공학기술연구원> · 조정환 <김포대학교>

1 서론

철도시스템에서 안전우선 시스템을 설계하고 평가하는 전반적 목표는 위험요소를 제거하거나, 그것이 불가능하다면 위험요소의 발생 확률을 매우 낮게 설계하여 시스템의 위험성을 최소화하는 것이다. 즉 위험도 제로(zero risk)를 달성하기는 어렵지만, 위험 발생 가능성을 완전히 제거할 수 없는 경우에는 위험 조건으로의 노출시간을 최소화하여 위험성을 줄여야 한다. 특히 자연재해에 의한 철도교통의 안전 위험요인은 인간의 힘으로 제어할 수 없는 부분이기 때문에 오직 그 징후 또는 현상을 감지하여 미리 그 위험을 피해 가거나 감소시키는 방법뿐이다.

결국 자연재해가 발생하면 개인적 위험과 사회적 위험을 최소화하기 위해 철도시설물에 대해 잠재적인 위험 원인, 가능한 시나리오, 사건발생 가능성, 사고 영향, 사고발생확률, 피해정도 등을 세부적으로 분석하여야 한다.

자연재해에 대한 피해를 최소화하고 사전에 재해를 인지하여 회피하기 위한 방법으로 철도운영기관에서 단독으로 감지시스템을 구축하거나 국가재해예방 관계기관으로부터 관련 정보를 입수하여 적절한 대응을 하고 있는 것이 일반적이다. 특히 철도시설물은 매년

자연재해로 인하여 재산상 많은 피해를 입고 있다. 이러한 현상은 우리나라뿐 아니라 전 세계에서 공통적으로 직면하고 있는 문제이다.

2. 위험분석 기준

허용가능 위험도를 결정하기 위해서 GAMAB(프랑스어 “Globalement Au Moins Aussi Bon”의 약자이며, 영문으로 “globally at least as good”을 의미), MEM(“Minimum Endogenous Mortality”의 약자), ALARP(“As low as reasonable practicable”의 약자) 등과 같은 여러 가지 원칙들을 사용할 수 있다. 허용 위험도 기준은 ‘해당 위험도가 불균등하게 분포되지 않도록 보장하고 특정 집단이나 개인이 해당 프로젝트로 이익을 보는 평균 시민에 비해 훨씬 높은 위험도를 가지지 않도록 보장하는 것’이다.

결국 허용 위험도 수준의 판단은 특정 집단이나 개인에게 노출되는 위험도의 한계를 설정하는 것이며, 관련되는 모든 사람들은 안전할 권리를 가지고 있음을 가정한다. 허용 위험도 기준은 다음과 같은 일반적인 원칙을 적용한다.

- 기존의 위험도 평가 이력이 없는 경우에는

GAMAB 원칙을 기본적으로 적용하여 변경 위험도가 기존의 위험도 보다 높지 않도록 보장할 것을 제안한다.

- 연간 개인 위험도의 허용수준 판단은 MEM 원칙을 적용하여 절대적 한계를 검토하고, 종합 위험도의 허용수준 판단은 F-N Curve를 작성하여 상대적 수준이 이전보다 높지 않도록 관리해야 한다.
- 철도시스템에 대한 위험도 평가는 정량적·정성적 위험도 평가를 병행하여 적용하는 것이 바람직하며, 자연재해에 대한 데이터가 어느 정도 축적되면 국가적 차원에서 위험도 허용수준을 제시하여야 한다.

2.1 GAMAB 원칙

정량적인 안전 목표가 없는 프랑스, 노르웨이는 GAMAB 원칙을 명시적으로 적용하고 있다. GAMAB이란 “전반적으로 최소한 동등한”으로 번역되며, “철도에서 어떤 기술적 또는 운영상의 변경에 따른 해당 시스템의 안전은 적어도 변경 이전보다 동등 이상이어야 한다.”는 것이다. 이러한 가정은 통상 사고 자료보다는 기술적 고려사항에 기반을 둔다. 결국 철도시스템의 허용 위험도 수준의 승인은 ‘신규 또는 변경 시스템이 적어도 기존 시스템이나 기존 운영 절차에 대한 안전 수준과 동등함을 입증’하는 것에 달려있다.

2.2 MEM 원칙

MEM은 “최소한의 내부원인에 의한 사망위험도”를 줄인 말이며, 내부원인 사망 위험도는 질병이나 자연사와 같은 자연적 원인에서 초래된다. 이때 내부원인 사망 위험도의 최저 수준은 14~15세의 연령대에서 ‘ $R_m = 2 \times 10^{-4}$ 사망자/인·년’으로 제시하고 있다.

신규 시스템에 의한 위험요인은 어떤 개인에 대한 MEM의 수치를 현저하게 증가시키지 않아야 한다. MEM-원칙은 ‘어떤 개인을 위협하게 만드는 수많은 상이한 시스템이 병행되어 있는 경우 각각의 단일 시스템은 전체 위험도의 5% 이상을 기여하지 않아야 한다.’는 것을 가정한다.

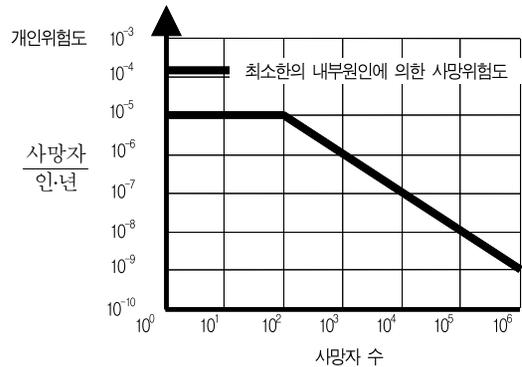


그림 1. MEM 원칙 적용 F-N

2.3 ALARP 원칙

ALARP은 영국, 호주, 네덜란드 등에서 적용한다. 산정된 위험도가 최대 한계(허용불가 영역) 이상이고, 더 이상의 제어대책을 해당 위험도에 도입할 수 없다면 정말로 허용 불가능한 것이다. 이 영역의 운영과 활동조치는 허용되지 않는다. 반대로 산정된 위험도가 통상 허용 가능한 영역 이하이면, 위험도는 일반적으로 사소한 수준이며 적절히 통제되는 것으로 간주된다. 이 순간에 철도안전 규제자는 위험도 감소를 위한 추가 조치활동을 더 이상 요구하지 않을 것이다.

중간 영역은 허용가능 영역 또는 ALARP 영역이다. 이 영역의 위험도는 사람들이 이익을 보장하기 위하여 준비하는 활동에서 초래되는 전형적인 위험도이다. 만일 이 영역에서 위험도 경감 비용이 너무 비싼 것으로 입증되는 경우 이를 중지할 수 있다. 여기서 위험도 경감의 추가비용과 사고에 따른 피해비용 사이의 적정한 합치점을 찾아야 한다.

ALARP 원칙을 적용한 허용 위험도 수준 판단 사례를 보면, 영국 철도위원회는 1990년대 초반 성공적인 위험도 허용 체계를 채택했다. HSE의 연구와 원자력 산업이 수행한 결과를 사용하여, 직원, 여객 및 공중(public)에 대한 타당한 안전 수준을 결정했으며, 철도 활동으로 영향을 받는 3개 집단에 대해 다음과 같은 연간 사망 위험도 허용기준을 사용한다[1].

- 연간 직원 10,000명당 1명의 사망자
- 연간 여객 100,000명당 1명의 사망자
- 인구 1백만명 당 1명의 사망자

철도운영에 의해 개인이 연간사상을 입을 확률과 관련된 위험도와 승객, 직원 그리고 공중과 관련한 모든 위험노출 그룹을 판별할 필요가 있다. 그러나 확인된 모든 노출 그룹의 개인위험도에 대한 정량적 평가를 행하는 것은 실용성이 적다. 따라서 위험에 노출되어 있는 철도 종사자의 개인적 위험도 평가의 일례로서, 열차 운영회사에서 종사하는 승객과 열차운전자, 철도기반시설물을 관리하는 운영회사의 승객, 열차운전자, 선로주변 작업자, 철도 건물목을 이용하는 일반 직원 그리고 정거장 운영회사의 플랫폼, 승강구 직원 등을 고려할 수 있다. 대체적으로 개인적 위험목표 수준은 연간 10^{-6} (100만명 중 하나)으로 규정하여 사용하고 있다.

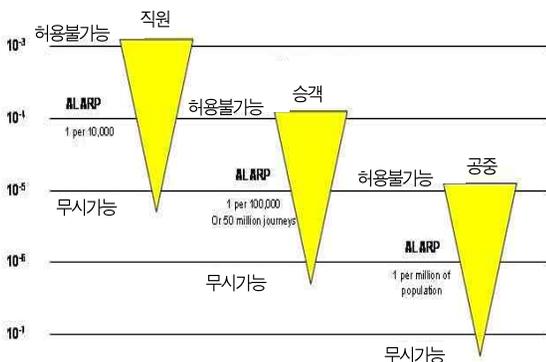


그림 2. 영국 철도의 개인(사망) 위험도 허용수준

3. 위험분석 및 평가 방법

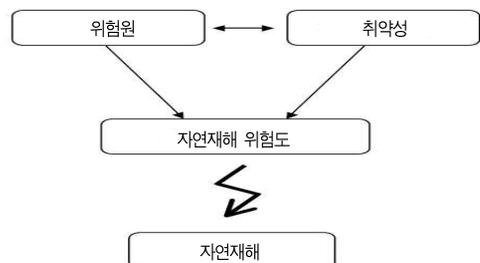
3.1 자연재해 위험도 분석방법

세계의 많은 지역들이 화산폭발, 지진, 쓰나미, 허리케인 및 토네이도, 폭우, 가뭄, 산불 같은 자연재해로부터 항상 위협을 받고 있다. 이 지역의 거주자들은 이러한 자연 위험에 노출되어 있으나 지진에 대비해 건물에 내진설계를 적용하고, 홍수에 대한 예방책으로 제방을 구축하며, 더 나아가 재해에 대비하여 보험에 가입하므로써 심각한 재난을 예방할 수도 있다.

그러므로 자연재해의 악영향으로부터 충분히 보호할 수 없는 거주자 및 시설물들은 재해에 특히 '취약'하다고 말할 수 있다. 따라서 위험지역, 개인 또는 철도직원의 재해위험은 위험원(hazard)과 취약성(vulnerability) 2가지 인자에 따라 자연재해에 대한 위험도를 산출할 수 있다[2].

자연재해 위험도(Disaster Risk)
= 위험원(Hazard) x 취약성(Vulnerability)

이 공식에서 자연재해의 위험도는 위험원(hazard)과 취약성(vulnerability)을 곱한 값이다. 따라서 자연재해로 인한 위험원에 취약성이 존재하는 경우에만, 위험이 존재한다는 점은 자명한 사실이다.



출처 : GTZ, Eschborn 2001

그림 3. 자연재해 위험도의 구성 성분

3.1.1 자연재해 위험원

자연재해의 위험원은 일정 수준으로 악영향이 발생할 가능성이 있는 극단적 자연재해(extreme natural events)이다. 실제 자연재해(real natural hazard)와 사회적 자연재해(socio-natural hazard) 간의 차이를 도출할 필요가 있다. 복잡한 일련의 영향들을 감안하면, 차이를 두기 어렵겠지만 재난 위험 관리 대책을 정의하는 데는 유용하다.

엄밀한 자연 현상으로는 사람들이 자연 현상 발생과 관련하여 영향을 끼치지 않지만, 극단적 자연재해와 자연에 대한 인간의 개입이 결부되면 사회적 자연재해가 유도되어 악화될 수 있다. 예컨대 지진과 같은 소수의 위험원만이 순수한 자연 현상으로 발생한다. 산불, 홍수, 산사태 같은 대부분의 기타 위험원은 인간이 개입된 경우와 그렇지 않은 경우에도 발생할 수 있다. 표 1은 극단적 자연 재해의 일부를 예로 들어 구분한 것이다[2].

표 1. 자연재해 위험원 목록

화산 폭발	◆	
지진 및 해진	◆	
홍수	◆	X
기름	◆	X
폭풍(Storms)	◆	
허리케인 및 토네이도	◆	
산불	◆	X
산사태	◆	X
눈사태	◆	X
혹서 및 한파	◆	
쓰나미	◆	

◆ 순수 자연 현상에 의한 위험원

X 인간의 개입에 의한 위험원

결국 위험원은 지역적으로 협소하게 국한될 수도 있고, 넓은 지역을 위협할 수도 있다. 위험원은 지리적 위치에 따라 위험의 강도(intensity)와 역사적 발

생확률(probability)이 다르게 나타난다. 따라서 철도시설에 대한 안전설비 투자시 노선의 지리적 특성 및 열차의 운행계획에 대한 영향을 반드시 분석할 필요가 있다.

3.1.2 취약성

취약성(vulnerability)이란 자연재해의 악영향으로부터 개인이나 시설물을 보호할 수 있는 수단이나 능력이 부족하지만, 그 영향으로부터 빠르게 복구될 수 있다는 의미이다. 취약성은 개인, 지역 또는 국가에 대한 취약성을 결정하기 위해서 고려해야 하는 매우 다양하며, 종종 상호적인 요인들로 구성된다. 주요 취약 요인들을 요약하면 다음과 같다.

- 정치-제도적 인자(Political-institutional factors)
 - 국가의 관련규정이 부족하고, 위험원에 적합하지 않거나 구현되지 않음(지역적 개발 및 토지 사용 계획, 건축법규 등).
 - 재난 위험 관리 및 대비 시 이용 가능한 인력 및 재정 자원이 불충분함.
 - 적절히 또는 명확하게 역할이 할당되지 않고, 책임 기관간의 조정이 부족함.
 - 지속적인 재해 위험 관리와 효율적 방재 대책에 대한 정치 문화 부족.
 - 민주적 절차에서 국민의 낮은 참여도는 개인의 자립력(self-help capabilities)을 감소 시킴.
 - 재정 위험의 확산과 관련된 메커니즘 및 도구가 부족하거나 불충분함(예 : 재해 기금, 보험).
 - 방재 문화가 훼손을 받거나 불충분하게 추진되고 있음.
- 경제적 인자(Economic factors)
 - 재난 위험 관리에 대한 정부의 재정 자원이 불충분

함(예 : 홍수 방재 인프라) 재해 대처에 매우 효율적인 전통적 메커니즘이 아직 여러 지역에 존재함에도 불구하고, 일반적인 가난이 국민 대부분의 자립력을 제한한다. 가난은 사람들이 점점 더 (강둑 및 가파른 경사면, 계곡 또는 골짜기, 또는 화산의 비탈면 같은) 위험 지역에 정착하도록 강요한다. 쓰레기 무단 투기 또는 화전(火田)과 같은 부분적 환경파괴를 통해 가난한 사람들이 높은 재해 위험의 원인이 되고 있다.

다만 국가의 기간시설(원자력, 가스, 교통, 항공, 철도 등)은 취약성을 강화하기 위해 정부의 재정적 투자로 인해 상대적으로 위험이 낮은 것은 사실이다. 즉 자연재해에 대한 취약성은 경제적 인자가 주축이 된다해도 과언은 아니며, 수많은 자연재해에 대해 대처하는 일본의 사례에서 그 좋은 예를 찾아 볼 수 있다.

○ 사회적 인자(Sociocultural factors)

- 인과관계 매트릭스에 관한 빈약한 교육 및 불충분한 지식으로 인해, 사람들이 변화하는 환경에 적절히 대처하지 못할 수 있다.
- 자연재해는 피할 수 없다는 믿음의 결과로 운명론이 널리 만연해 있다.
- 화전(火田)과 같은 전통과 시대에 뒤떨어진 생산방식의 적용하게 될 경우, 사람과 재산이 더욱 취약해질 수 있다. 반면 자연환경에 대한 악영향으로 인해 더 큰 위험에 노출될 수 있다(예 : 산림 벌채로 인한 피멸).
- 대중은 더욱 높은 수준의 일반 복지를 모색하는 과정에서 경쟁적 이익을 협상하기 위해 상호 지원 체계에 관여하여 자체적으로 조직할 준비가 되지 않았다.

이와 같이 한 나라의 자연재해는 정치적·경제적·문화적 인자들이 복잡하게 상호 연결되어 있다. 우리나라는 국토의 70%가 산악으로 구성되어 있고, 삼면이 바다인 지리적 특징으로 인해 자연재해에 쉽게 노출될 수 있는 점은 분명한 사실이다. 이를 반영하듯이

최근 들어 빈번하게 발생하는 게릴라성 집중호우 등과 같은 예상치 못한 자연재해에 의한 선로의 유실, 교량의 파손, 철도시설물의 피해 등은 자연재해에 대비한 안전성 확보의 중요성과 필요성을 잘 보여주는 예라 할 수 있다.

철도 선진국의 경우 국가주도로 이러한 사회적 철도안전의식 개발에 집중적인 투자를 기울이지 않는다. 미국은 1980년 이후 지속적인 안전연구를 실시하여 1981년 대비 사고빈도를 65% 저감시켰고, 영국은 철도안전표준위원회(Rail Safety & Standard Board)를 중심으로 체계적인 연구개발 프로그램을 시행중이며, 안전의식 체계가 선진화되어 있음에도 불구하고 안전 Rolling Plan을 위하여 2004년부터 최근 5년 동안 7개 연구 분야, 24개 연구주제에 7500만 파운드(1500억원)를 연구부문에 투자하였다[3].

3.2 자연재해 위험분석 평가

위험도 평가는 사고통계/이력 기반의 정량적인 평가를 원칙으로 한다. 그러나 사고 위험요소와 취약성에 대한 정량적인 자료를 이용할 수 없거나 특정한 철도 운영에 직접 적용할 수 없는 경우에는 적절하게 시행된 정성적인 분석도 허용된다.

실제로 이것이 무엇인지를 보여주기 위하여 일련의 위험사건에 대한 위험도 평가 결과사례 몇 가지를 제시한다. 자연재해의 발생빈도는 2000년~2012년 12년간의 우리나라 재난통계기록에서 우리나라의 폭우(호우)는 277건으로 자연재해 중 가장 많은 재난이 발생하였고, 강설은 180건, 강풍(태풍)은 21건, 지진은 1건으로 가장 낮은 건수가 발생하였다[4].

위험도 평가시 자연재해에 대한 심각도는 철도사고 사례를 통해 등가사망(EF : Equivalent Fatality) 위험도로 환산(사망 1 : 중상 10 : 경상 100)하여 비교한 결과를 그림 4에 제시하였다. 심각도는 지진

기술래설

의 피해가 30으로 가장 크게 나타났고, 발생빈도가 높던 폭우가 10.2로 두 번째로 높았다. 자연재해의 위험성을 비교하기 위해 2003년~2007년 5년간의 철도사고 이력을 기반으로 철도사고 위험도 평가모형을 적용하여 선정한 여객, 공중 및 직원에 대한 등가 사망위험도를 제시하였다[5]. 그 결과 5년평균(186.3)에 비해 폭우의 위험도가 더 높고, 강설 또한 높은 수치를 나타낸다.



그림 4. 자연재해 위험도 평가

그 결과 폭우와 강설에 대한 위험도 수치가 철도사고 5년평균 위험도 수치보다 높게 나왔고, 지진은 발생빈도가 낮지만 심각도는 높은 수치를 보이고 있다.

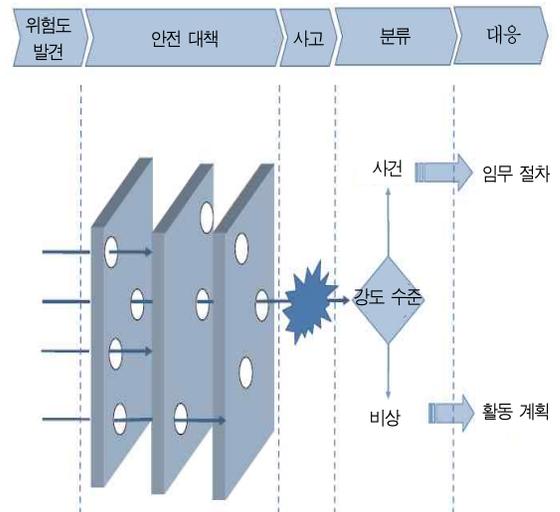
4. 위험경감 대책

철도관련 기관들은 자연재해가 발생할 경우, 조기 검지 및 경보를 위해 정부 차원에서 많은 투자를 시행하고 있다. 일본은 지리적 특성으로 완벽한 철도 안전 보장 원칙을 목표로 삼고, 지진, 태풍, 기타 자연재해를 조속히 예측하기 위해 고군분투해왔다. 고속철도를 운영하는 유럽의 여러 나라와 자연재해의 영향을 많이 받고 있는 중국, 대만, 미국, 호주 등에서도 철도선로에 대해 대대적인 위험경감 대책을 수립하여

설비를 구축하여 운영하고 있다. 국가별로 운영되고 있는 위험경감 대책의 가장 두드러진 특징은 다음과 같다.

- 철도시설에 대한 안전 투자정책
- 국가통합지휘무선통신망 구축
- 자연재해 요소별 예방대책

자연재해에 의한 철도선로의 위험 확인 및 대책은 그림 5와 같은 절차를 통해 수행된다. 즉 위험을 검지하여 안전대책을 수립하여도 미처 대처하지 못한 위험에 의한 사고는 비상상태와 incident로 분류하고 각각에 대하여 대응할 수 있도록 한다.



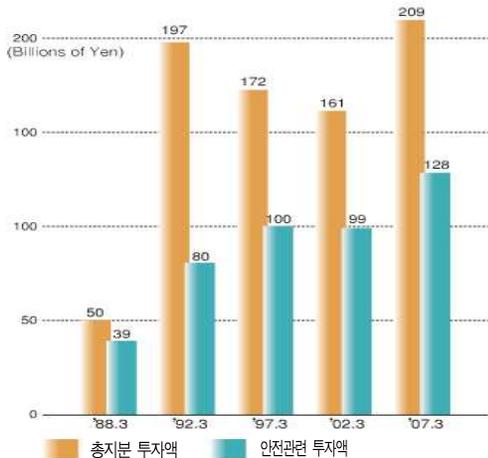
출처 : ADB, Technical Assistance Consultant's Report, May 2010

그림 5. 위험 확인 및 대책

4.1 철도시설에 대한 안전 투자정책

동해여객철도(Central Japan Railway Company)는 토카이도 신칸센의 ATC 및 CTC 시스템 업그레이드, 기존선의 CTC 도입, 철도건설목의 안전 장치 업그레이드와 강화노반(embankments) 및 교량의 강화를 포함하는 안전 및 재난 방지 대책, 전기시설물 개조, 차량 교체를 포함하는 광범위한 안

전 관련 자본 투자를 조심스럽게 구현하여 왔다. 또한 동해여객철도는 당연히 터널 및 교량을 포함하는 다양한 구조물 검사를 적절히 수행하고 있음에도 불구하고, 보다 효율적이고 효과적인 검사 방법을 개발함과 동시에 지속적으로 다양한 검사 방법 및 시스템을 도입하여 왔다. 앞에서 설명한 바와 같이, 동해여객철도는 여객의 안전 증대를 목적으로 설립된 이래 적극적으로 활동해 왔으며, 2007년 3월말(회계연도)까지 20년 이상을 안전 관련 투자에 일화로 총 1조 1천 억엔을 사용해 왔으며, 2007년 3월(회계연도) 비합병 총자본투자 2조 98억엔 중에서 이 같은 안전 관련 투자에 1조 285억엔이 사용되었다.



출처 : Central Japan Railway Company, Annual Report 2007

그림 6. 철도시설에 대한 안전 투자비

4.2 국가통합지휘무선통신망 구축

산업화와 기후변화의 가속화로 최근의 자연재해·재난은 복합적 형태의 재난 환경으로 변화하고 있으며, 그 피해 규모도 대형화되고 있는 추세이다. 이러한 다양성과 복잡성이 증대하고 있는 국가적 재난 상황에 효과적으로 대비·대응하기 위해서는 적응적이고 체계적인 중앙지휘통제가 가능한 선진화된 재난안

전 대응 시스템이 필요하여, 공공안전(PP, Public Protection) 및 재난구조(DR, Disaster Relief)를 위한 고도화된 국가공공 재난안전무선통신망 인프라의 필요성이 국내외적으로 대두되고 있고, 이에 따른 국가의 주도적인 역할이 요구되고 있는 상황이다.

국가통합지휘무선통신망 기술은 VHF, UHF, 주파수공용무선통신시스템(TRS, Terrestrial Trunked Radio System)을 거쳐 협대역 및 준광대역 디지털 지상무선통신(land mobile radio) 기술로 진화되어 왔으며, 현재 각 국가마다 기술을 이용하여 독자적인 공공망을 구축하고 있다.

철도분야에서는 TETRA란 명칭을 많이 사용하고 있는데 TETRA란 앞에서 언급한 TERrestrial Trunked RAdio System의 약자로서, 유럽통신표준화기구(ETSI, European Telecommunication Standards Institute)에서 진행 중인 프로젝트의 명칭이자 시스템의 명칭이다. TETRA의 약자에서 TRS가 파생되어 나왔으며, TRS는 우리가 흔히 말하는 위키토키 같은 무전기 기술이고, Terrestrial은 “지상의”라는 의미이다. 특히 많이 사용되고 있는 디지털 TRS는 다수의 가입자가 많은 채널을 공유하기 때문에 비어 있는 채널로 자유로운 주파수 이동이 가능하여 경제적이고 효율적으로 주파수를 이용할 수 있다.

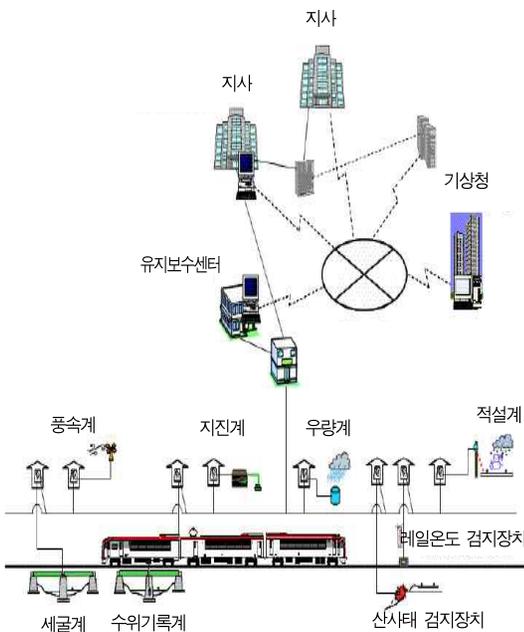
국내 국가철도망 구축계획(2006~2015)에 따르면 운행속도 180km/h~ 200km/h 이상으로 운행속도를 향상시켜 대도시간을 2~3시간 이내 이동함으로써 속도경쟁력을 향상시키는 것이다. 이에 대한 국민들의 기대수준이 높아짐에 따라 자연재해 발생 시 빠르고 정확한 재난 상황의 전파와 열차의 안전운행을 위하여 국가통합지휘무선통신망에 대한 활용의 필요성이 절대적으로 대두되고 있다.

JR동일본은 폭우, 지진, 홍수, 바람 등의 자연재해로부터 철도운행의 안전을 확보하기 위하여 그림 7과 같이 재난경보시스템(PreDAS : Prevention of

기술래설

Disaster Alarm System)을 구축하여 운영하고 있다. 재난경보시스템(PreDAS)은 선로변에 위치한 조 기 경보 및 안전 시스템에서 수집된 모든 정보와 기상 관련 회사에서 수집된 기후 정보를 취합한 효율적인 네트워크 시스템이다. 이들 시스템은 선로의 기후 데이터를 수신·분석하여 열차를 운행하고, 위험 기후 지역의 선로에 대해서는 실시간으로 기후상황을 예측하여 열차 운행에 필요한 주의운전, 감속운전, 정지 등에 대한 제약을 가한다.

특히 지진조기경보시스템(UrEDAS, Urgent Earthquake Detection and Alarm System)은 지진을 탐지·분석하여 지진이 도달하기 전에 피해 예상 지역이나 시설물에 가능한 신속히 전파하는 것으로, 지진 관측기술뿐 아니라 통신체계의 급격한 발전으로 지진발생 후 10초 이내에 경보를 발생할 수 있는 기술이 개발되었다.



출처 : ADB, Technical Assistance Consultant's Report, May 2010

그림 7. 재난경보시스템(PreDAS)의 구성도

유럽 및 우리나라에서 사용하고 있는 주파수공용통신시스템(TRS)은 기존의 무전기나 워키토키의 성능을 크게 발전시킨 시스템으로 서비스 제공자가 고지대에 무선이동 중계설비를 구축하여 기업체, 개인 등 다수의 가입자가 다수의 주파수를 공유하여 상대방과 여러 형태의 통신을 할 수 있는 통신방식이다. 기본적인 통화거리가 20~50km로 서비스 지역이 매우 넓은 광역 셀 방식을 사용한다. 고정국과 이동국(휴대이동국, 차량이동국) 또는 이동국 상호간에 그룹통신, 선별통신, 일제통보, 개별통화, 비상호출이 가능하고, 사용 목적에 따라 무전기 형태의 음성통화와 저속 데이터 송수신 및 사내전화망 또는 PSTN 유선교환망과 연동시킬 수 있다.

4.3 자연재해 요소별 예방대책

강풍으로부터 열차의 안전을 확보하려면 강풍의 위험이 있다고 판단되는 교량과 지역에 풍속계를 설치하여 신속한 경보체계를 구축하여야 하며, 경량전철과 같이 축중이 가벼운 차량에 대해서는 원천적으로 방풍벽을 설치하여 열차가 속도의 규제 없이 주행할 수 있도록 하는 것이 바람직하다.

폭우에 대비하기 위해서는 비탈면을 완만하게 시공해야 하며, 선로에 토사, 낙석 및 유수 등이 유입되지 않도록 예방조치를 취해야 한다. 또한 낙석 및 붕괴위험 지역에는 지장물 감지장치와 낙석 방지 울타리 등을 설치하여 주행하는 열차의 안전을 확보하여야 한다.

강설 시 열차의 제동력 상실을 방지하기 위한 기관사의 운전 방법상의 변화가 필요하다. 또한, 착설로 인한 피해를 예방할 수 있는 설비의 보강이 필요하며, 주요반복역(서울, 용산, 대전, 동대구, 부산, 광주, 목포)이나 차량기지에서는 열차하부의 착설을 철저히 제거하여 강설로 인한 열차의 사고를 방지해야 한다. 또한 신호장애를 최소화하기 위해 분기기의 첨단부분

에 용설장치를 확대 설치하는 방안도 필요하다.

지진에 대한 열차의 안전을 확보하기 위해서는 지진감시시스템의 도입이 필요하겠으나 우리나라의 지리적, 역사적 통계 지표를 고려할 때 선로변에 지진감시시스템을 설치하는 것보다 국가통합지휘무선통신망을 적극 활용하여 조기경보체계를 활성화할 필요가 있다.

5. 결 론

자연재해가 철도 인프라에 손상을 끼치는 것은 피할 수 없지만, 적합한 사전 대책을 통해 피해를 최소화할 수 있다. 그러기 위해서는 정부와 철도운영기관이 선진국 수준의 철도 안전에 대한 투자가 지속적으로 이루어져야 할 것이다. 특히 우리나라는 국토의 70% 이상이 산으로 둘러싸여 있고, 삼면이 바다이기 때문에 비, 바람, 낙석 등으로부터 철도시설물을 보호하기 위한 조치가 필요하다.

안전은 철도가 국민에게 줄 수 있는 최고의 서비스라는 개념으로 개인과 시설물의 안전대책을 수립하여 자연재해로부터 인명과 시설의 보호를 강구해야 하며, 안전문화 보급과 같은 적극적인 홍보를 통해 대국민 안전 홍보를 강화해 나가야 할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] 철도시스템 위험도 평가 매뉴얼, 한국철도기술연구원 철도종합안전기술개발사업단, 2011.6.
- [2] NATURAL DISASTER HOTSPOTS: A GLOBAL RISK ANALYSIS Synthesis Report, 2005.
- [3] 철도안전기술기획보고서, 국토해양부, 2004.5.
- [4] 국가재난정보센터(www.safekorea.go.kr).
- [5] 철도시스템 위험도 평가 매뉴얼/한국철도기술연구원 철도종합안전기술개발사업단, 2011.6.

◇ 저 자 소 개 ◇



최권희(崔權熙)

인하대학교 공학대학원 전기공학과에서 석사학위를 취득하였으며, 서울과학기술대학교 철도전문대학원에서 공학박사학위를 취득, 산업계측제어기술사, (주)현대로템, (주)에이알텍을 거쳐 현재 한국공학기술연구원 연구위원 재직 중.

관심분야 : 신뢰성 및 안전성 분석/평가, 제어시스템 해석 및 동적 모델링 등.



조정환(趙正煥)

1988년 한양대학교 전자공학과 졸업. 1990년 한양대학교 대학원 전자공학과 졸업(석사). 2003년 한양대학교 대학원 전자공학과 졸업(박사). 현재 김포대학교 항공전기전자과 교수. 산업계측제어기술사. 본 학회 편수위원.