

# 재해에 대한 철도시설물 방재기술 체계에 관한 연구

## A Study on the Classification Scheme of Technologies for Disaster Prevention of Railroad Structures

박영곤†  
Park, Young-Kon

윤희택\*  
Yoon, Hee-Taek

신민호\*\*  
Shin, Min-Ho

---

### ABSTRACT

Regional torrential rains in summer this year due to abnormal climate changes compared to last year, have been frequent. Since Typhoon Rusa and Typhoon Maemi resulted in major damage to railroad facilities in 2002 and 2003 consecutively, problems with abnormal climate changes became a global problem including railroad and floods and droughts around the globe, heavy snow and winter warming have been repeated until now. Serious problem of radiation leakage in Fukushima nuclear power plant by the Tsunami due to 9.0-scale earthquake, this year in March, in northeastern Japan happened, and has given an impact on the life of Japanese citizens and industries and has also influenced on Korean. This shows how important to secure and to protect major national facilities including railroad structures to natural disasters such as earthquake. Therefore, we will briefly discuss about technologies for securing and protecting railroad structures to earthquakes, floods and other natural disasters.

---

### 1. 서론

철도분야는 현재 300km/hr 이상으로 운행되는 고속열차 이외에 타 노선의 고속화, 그리고 네트워크화가 급속히 진행되고 있으며 광역교통수단뿐만이 아니라 다양한 신교통수단의 등장으로 승객과 여객 수송에 있어 혁신적인 변화가 시작되었다. 그러나 철도의 고속화, 대량 수송화, 도시화에 비해 철도재해, 특히 자연재해에 대한 안전대책은 국가적인 차원에서 체계적이고 종합적인 연구 및 지원이 진행되지 못하고 있다. 특히 최근에는 기상이변에 따른 여름철 국지성 호우가 지난해에 비해 빈번하게 발생하고 있는데, 철도시설물에 큰 피해를 가져왔던 2002년의 태풍 루사와 2003년의 태풍 매미 이후 지구온난화에 따른 기상대응문제는 비단 철도뿐만이 아니라 전 지구적인 문제가 되었고 그동안 지구촌 곳곳에서는 홍수와 가뭄, 폭설과 겨울철 이상고온 등이 되풀이되고 있다.

현재 철도시설의 많은 부분이 사용연수 경과로 인한 노후화와 건설 당시와 상이한 환경 및 설계조건으로 안전사고 또는 재해 발생 가능성이 상존하고 있고, 안전에 취약한 시설물은 엘리뇨·라니냐 등 지구온난화에 기인한 이상기후로 인해 예기치 못한 재해를 야기할 수 있어 국가적인 인적·물적 손실을 유발하는 각종 철도시설물 재해에 대해 대비 및 대응하고, 유사시 피해를 저감하며, 신속하게 복구할 수 있는 기술개발이 요구되는 실정이다.

---

† 교신저자 : 한국철도기술연구원, 바이오달수송시스템연구단  
E-mail : ykpark@krri.re.kr

\* 한국철도기술연구원, 바이오달수송시스템연구단

\*\* 한국철도기술연구원, 신교통인프라연구실

따라서 본 연구는 지진, 홍수 등의 자연재해에 대해 철도시설물을 안전하게 보전하기 위해 어떤 기술들을 준비하고, 연구해야 하는지에 대해 간략히 살펴보고자 한다.

## 2. 자연재해 방재기술 현황

### 2.1 개요

사회기반시설물로서 철도시설물은 철도의 궤도, 구조물, 선로연변 환경 및 역설비 등을 포괄하며, 항공, 항만 등과 같은 시설물에 비하여 궤도운송수단의 특성상 열차가 운행하게 되는 모든 구간에 대하여 안전을 확보해야 하는 고유특성을 갖는다. 그러나 근래 세계적인 기후의 이상 변동으로 지진, 호우 등 천재지변이 다발하고 있는 경향을 보이고 있으므로 이러한 재해에 대해 국가 공공시설물인 철도시설물 재해를 미연에 예방할 수 있는 시스템화된 안전장치 및 운영 체계가 필요하며, 이를 위해 관련 기술개발체계를 확립하고 이에 따른 기술 개발이 필요하다.

일반적으로 재해 또는 재난(disaster)이란 상당한 인적 물적 피해를 유발하는 위험한 사건으로서 지역이나 국가의 동원 가능한 자원으로서 대처하기 어렵다. 미국의 스태포드 법(Stafford Act)에서는 중요한 재난을 다음과 같이 규정하고 있다. 즉, “중요한 재난(major disaster)이란 일체의 자연 재해(태풍, 돌풍, 폭풍, 범람, 태풍에 밀려오는 물, 조수, 해일, 지진, 화산 폭발, 산사태, 진흙 사태, 눈보라, 가뭄 등), 또는 그 원인에 관계없이 모든 화재, 홍수, 폭발 등 미국 내의 지역에서 발생하는 심한 피해로서, 그러한 사태에 의한 피해, 손실, 고난, 어려움 등을 완화하기 위하여 본 법률에 의하여 대통령이 결정하는 바에 따라 지방자치단체 또는 주 정부의 노력과 자원에 대한 보조 지원 및 재난 복구 조직이 필요하게 되는 것을 말한다.” 따라서 철도시설물에 대한 재해 또는 재난 관리는 철도시설물에 대한 모든 위협을 저감, 대비, 대응, 복구하기 위하여 취해지는 분석, 계획, 의사결정, 가용 자원의 배정 등의 조직적인 행동을 말하는 것으로, 궁극적으로는 유사시 철도 승객 또는 종사자의 인명을 구조하고, 부상을 방지하며, 국유시설물인 철도 재산과 환경을 보호하는데 있다. 이와 같은 재해 또는 비상사태가 발생할 경우에는 철도시설물 담당 기관 및 관계 기관, 관할 사무소 및 해당 지자체, 그리고 정부의 협력이 필요하며, 신속한 의사결정이 필요하다. 계획과 조정이 뒷받침 되지 않을 경우 비상대응조치에 심각한 오류가 발생할 수도 있으며, 신속하고 효율적인 비상대응조치를 위해서는 모든 관련자들이 함께 임무를 수행할 수 있도록 해주는 시스템이 필요하다.

통합위기관리시스템은 개념적 틀로서 네트워킹을 통하여 위기관리능력의 효율을 높여준다. 이와 같이 증진된 대처 능력은 특히 재난 시에 사전 네트워크의 구축, 조정, 연계, 호환성, 협조관계, 그리고 부족 자원에 대한 창의적인 사고방식이 뒷받침 될 때 그 힘을 발휘할 수 있게 된다. 이 시스템은 지역사회를 위협하는 모든 위해 요소에 대처할 수 있어야 하며 위기관리의 4단계 전체에 걸쳐 효과를 발휘하여야 하며, 적절한 모든 원천으로부터 필요한 자원을 획득할 수 있어야 하고, 모든 관련 당사자들 사이에 공동 목표를 중심으로 하는 단결력을 제공할 수 있어야 한다.

그림 1은 철도방재의 기본개념을 보여주는 것으로, 외부기관의 정보와 시설물 관측 및 감시기기를 통한 정보, 그리고 보수 및 운전 부문에서의 정보를 종합적으로 판단하여 운수, 보수, 각 부문에 방재조치를 지시하고, 관련 기관 및 승객들에게 연락 및 통보함으로써 철도시설물을 재해로부터 안전하게 보전하고, 승객들의 인명을 보호하는 것으로 구성된다.

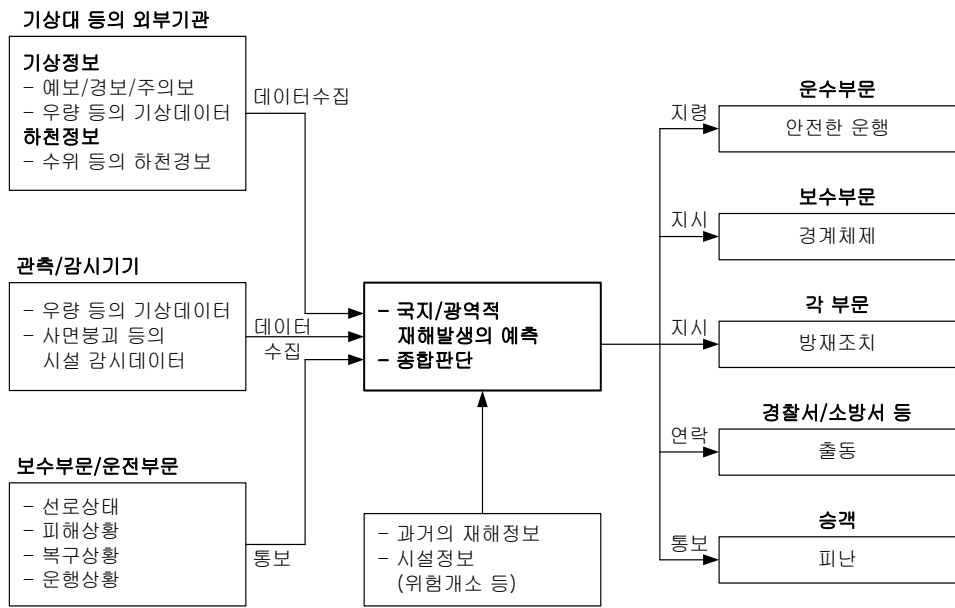


그림 1. 철도방재의 기본개념

## 2.2 재해관리의 4요소

재해관리의 4요소는 저감(mitigation), 대비(preparedness), 대응(response), 복구(recovery)이다. 먼저, 재난의 피해액이 커짐에 따라 인명과 재산에 대한 장기적인 위험을 감소시키거나 방지하기 위한 지속적인 조치가 필요한데 이와 같은 지속적인 조치를 저감이라 한다.

저감은 재해관리의 초기 단계로서 재난이나 비상사태가 발생하기 전에 고려되어야 하며 재해관리의 다른 요소에서도 통합적이고, 장기적인 기술개발방향에 기초하여 피해를 감소시키기 위한 지속적인 활동이 되어야 한다. 저감활동의 목적은 인명과 재산의 보호, 대응 및 복구비용의 감소에 있다. 저감은 위험도 분석(hazard analysis)과 연계하여 추진되어야 하는데, 그 대상은 ① 해당 시설물에서 발생할 수 있는 사태, ② 사태의 발생 가능성, ③ 피해자, 파괴 상황, 중요한 서비스의 두절, 복구비용 등으로 나타나는 사태의 결과 등이다. 연구개발 측면에서 저감 대책이 성공적으로 수행되려면 체계적인 저감대책기술이 도출되어야 하며, 다른 요소와 연계된 종합적인 저감 전략이 수립되어야 한다. 다음은 전략수립에 필요한 요소이다. ① 방지 대책은 기존의 위험이 주변 시설물로 상황 전개나 변화에 의하여 악화되는 것을 방지하기 위한 대책을 말한다. ② 시설물 보호 대책은 알려진 위해 요소에 의한 위험과 피해를 줄일 수 있도록 시설물이나 주변 여건을 수정하는 대책을 말한다. 즉, 위험에 처해 있는 인명과 재산을 직접적으로 보호하는 것으로서 비교적 간단하고 큰 비용이 소요되지 않는 것일 수도 있고, 보다 고도의 작업으로서 상당한 비용이 소요되는 대책일 수도 있다 ③ 자원보호 대책은 알려진 위험에 의한 피해를 줄이고 전체적인 환경의 질을 높이는 대책을 말한다. 자원 보호대책의 예를 들면, 습지를 보호하기 위하여 침식과 퇴적을 방지하거나 농장의 폐기물에서 흘러나오는 물이 하천으로 유입되는 것을 방지하는 일 등을 말한다. ④ 비상대응 대책은 사태가 발생하기 전 또는 그 이후에 인명을 보호하는 대책으로서, 경보, 대응, 주요 시설의 보호대책, 보건과 안전의 유지 등의 활동을 포함한다. 효과적인 비상보호 대책을 위해서는 위기계획 수립과정에 포함되어 함께 실행되고, 연습과 실제 상황을 통하여 얻은 교훈을 반영하여 수정되어야 한다. ⑤ 구조물 구축은 알려진 위험으로부터 인명과 재

산을 직접적으로 보호할 수 있는 대책이다. 예를 들면 선로연변 제방 등과 같이 예견되는 위험의 피해를 방지하기 위한 인공적인 구조물을 말한다. 이러한 대책은 많은 비용과 시일이 소요되며, 때로는 환경을 변화시켜서 다른 위해 요소에 의한 위험을 증가시킬 수도 있다. 또한 시설물에 의한 저감대책은 사람들에게 그릇된 안전감을 줄 수도 있다. 예를 들면 미국 중서부 지역의 대홍수 때에는 많은 제방이 홍수에 무너져 피해를 가중시켰다. ⑥ 공공 정보는 사람들에게 당면한 위험과 피해를 방지하기 위하여 취해야 하는 조치를 알리는 일을 말한다. 저감대책 수립 시에는 당면한 위험과 그에 따른 피해의 가능성, 그리고 지역사회 전체의 필요사항 등이 고려되어야 한다. 저감대책은 전략과 일치되어야 하지만 그 보다는 전체적인 재난관리 사이클의 일환으로서 고려될 때에만 효과적일 수 있다.

한편 모든 위해 요소에 대하여 완전한 저감대책을 수립 적용하는 일은 불가능하므로, 어떤 비상사태가 발생하기 전에 필요한 행동을 취함으로써 저감대책 이후에 남아 있는 위험에 대비하도록 한다. 이와 같은 대비 조치에는 인명을 보호하고 대응 및 복구활동을 지원하는 계획과 기타의 준비가 포함된다. 대비 조치에는 재해관리시스템에 포함되어 있는 모든 관계자, 즉 정부, 관리기관, 승객 등이 포함되며, 위기운영계획(EOP, Emergency Operation Plan)의 수립, 대응 활동에서 핵심 역할을 담당할 인원을 모집, 배치, 교육, 비상시에 필요한 자원과 물품의 확인, 그리고 비상시에 사용할 시설물의 지정 등과 같은 활동이 포함된다.

대응은 비상사태의 발생이 임박하였거나 또는 발생한 직후에 시작된다. 대응 활동은 피해자에게 긴급 지원 제공, 중요한 기반 시설 복구, 중요한 서비스가 지속적으로 제공될 수 있도록 하는 모든 활동이 포함된다. 다시 말하면 대응은 대비계획을 실천하는 일이다. 일차적인 대응 임무 중 한 가지는 상황을 파악하고 평가하는 일이다. 재해에 대한 대응과 승객 및 시설물을 보호하는 능력을 지속적으로 평가하여야 할 의무가 있으며, 유사시 시설물 상황을 즉각적으로 신속하게 평가하여야 한다. 신속한 평가란 초기의 시설물 상태로부터 위험을 식별하는 즉각적인 활동을 말하는 것으로, 사태 초기 몇 시간 이내에 해당 기관이 체계적이고 시의적절한 평가 판단을 통하여 대응 활동의 우선순위 책정, 소중한 자원의 적절한 배정, 관계기관의 협조 또는 지원 요청 등의 조치를 취해야 한다.

신속한 평가를 통하여 정확한 정보를 조기에 입수하는 일은 대응활동을 시작하는데 핵심적인 사항이며 이와 같은 정보는 조직적으로 입수하도록 하여야 한다. 필수정보요소(EEI, Essential Elements of Information)이라 부르는 주요 정보에는 다음의 사항이 포함된다. 즉, ① 승객구조 필요성, ② 공공 유틸리티, 통신 시스템 등 핵심 기반시설의 상황, ③ 경찰서, 소방서, 의료시설, 언론 등 핵심 시설의 상황, ④ 임박한 위해요소가 주변으로 미칠 수 있는 피해 가능성, ⑤ 사태에 의하여 대피한 시민의 숫자, 주거지에 대한 피해 추정 등이다. 또한 필수 정보에는 연쇄적으로 발생하는 피해의 가능성이 포함된다. 연쇄적인 사건이란 어떤 초기 사태에 의하여 직·간접적으로 유발되는 사태를 말한다. 예를 들면, 갑작스러운 홍수로 교량이 붕괴되고, 이로 인한 하류부의 2차사고 등이 연쇄적인 사건이 되는 것이다. 이러한 사태들이 합쳐져서 운영기관 또는 정부에 큰 피해를 주게 된다. 이를 효과적으로 대응하기 위해서는 신속한 평가가 이루어질 수 있도록 관련 기술이 설정되어야 하며, 이를 통해 연쇄적인 피해가능성을 미연에 방지할 수 있다.

복구의 목표는 해당 시설물의 활동을 정상화시키는 것이다. 복구는 비상사태가 발생한 직후부터 시작되며, 일부의 복구활동은 대응 활동과 함께 진행된다. 장기간의 복구활동은 해당 시설물 이외에 주변 시설물 전체, 그리고 더 나아가서 지역사회의 시설 등을 재건하는 것이 포함되며, 때로는 수년의 시일이 걸릴 수도 있다.

철도시설물의 복구는 그 피해의 정도와 종류, 그리고 이용할 수 있는 자원에 따라서 시설물별로 달라진다. 단기적으로 복구는 기본적인 서비스와 기능을 회복하는 대응 단계의 연장이며, 장기적으로는 전체 철도의 운영과 관리를 회복시키는 것이다. 단기 복구 작업에 의하여 시설물이 복구되고, 인명 안전 또는 기타 기본적인 서비스가 재개되면, 운영 및 관리 그리고 관련 서비스가 재건되어야 한다. 초기 복구 작업에 의하여 해당 시설물의 안전과 기능이 회복되면 그것을 바탕으로 장기적인 복구 활동이 시작될 수 있다.



그림 2. 재난관리 사이클

### 2.3 국내·외 기술현황

국내의 철도방재에 대한 연구는 사면, 교량홍수위, 설빙, 터널화재 등을 위주로 이루어져 왔다. 지금까지 각종 철도구조물에 대한 감시관리는 체계화 및 자동화 되어 있지 않았으며, 인력에 의존하여 수동적, 한시적으로 운영되었고, 철도구조물의 유지관리측면에서 재해발생 후에 조치하는 사후 유지관리방식(breakdown maintenance)에 의해 유지관리 되어 왔다. 국내의 경우 철도분야에서는 1999년 철도시설물 안전성 강화기술개발 연구를 통해 사면에 대한 감시시스템 개발에 착수하였고, 2003년에는 홍수위, 그리고 교량 하부구조 세굴 등에 대한 연구를 시작하였다. 한편 강우에 대한 철도시설물 안정관리는 철도시설관리사무소에 우량계를 설치하여 그동안 기상청 강우자료에 의존한 영업노선에서의 강우량 추정보다는 실제 열차운행노선에 내리는 강우량을 직접 측정함으로써 철도노반 또는 시설물의 유실을 방지하고 열차의 운행을 제어하고 있다. 이와 같은 시스템은 2004년 전국 207개소 역사에 약 10km 간격으로 강우량계를 설치하여 실시간으로 관리할 수 있도록 개발하였고 향후 홍수위, 사면 등 강우방재시스템을 개발할 수 있는 토대를 마련하였다. 그러나 강우 자체만의 열차운전규제기준은 2004년 정립되었지만 아직도 전국적인 교량에 적합한 열차운전규제기준을 제시하기에는 더 많은 시간과 연구가 필요하다. 2006년부터 5년동안 수행된 철도시설물 안전관리 네트워크 시범 구축 과제에서는 첨단센서를 이용한 철도사면 안전관리, 철도터널 변상 및 붕락 상시 안전 감시체계, 철도교량의 스마트 상시 모니터링, 철도 시설물 DB 및 정보공유, 철도시설물 안전관리 네트워크 통합운영 등의 기술개발을 통해 철도시설물에 대한 체계화된 안전관리 네트워크를 구축하고자 하였고, 그 결과 철도교량 3개소, 철도사면 5개소, 철도터널 3개소, 지하철 2개소로 총 13개소에 대한 센싱 및 모니터링 기술을 선진국 수준으로 끌어올릴 수 있었다. 그러나 재해관리의 4요소 중에서 대비분야의 기술만 국한되어 있어 그 외의 기술 분야에 대한 요소기술 개발, 그리고 각 기술 분야를 아우르는 종합적인

기술의 개발이 필요하다.

일본의 경우 방재정보 수집시스템, 하천증수시의 운전규제, 사면방재, 홍수시 교량방재, 지진경보 시스템 등을 구축하여 재해요인별 구조물에 대한 방재대책을 통합된 철도방재시스템을 운영함으로써 열차의 안전운행을 도모하고 있다.

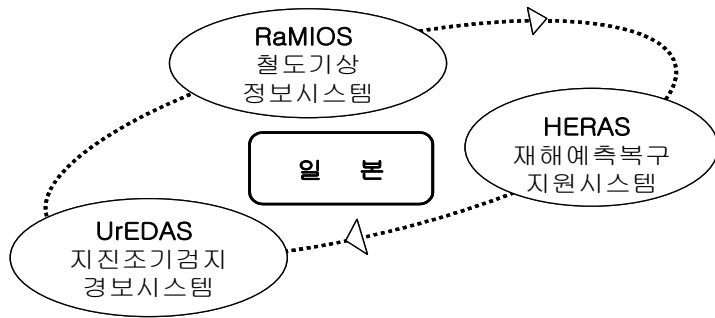


그림 3. 일본의 철도방재 통합시스템 구성도

JR동일본은 PreDAS(Prevention of Disaster Alarm System)에 의해 강우시·하천 증수시의 재해경비·운전규제를 행하고, 적절한 경비발령, 열차속도규제 등으로 열차의 안전운행을 도모하고 있다. 보선구(시설사무소) 등에서 현장 상태에 대응하는 재해경비계획을 작성하고 PreDAS가 경비 등의 기준치에 도달, 발동한 때에는 곧바로 사전에 정한 경비구간 등의 현장 점검을 수행하여 이상 유무를 확인하고 있다. PreDAS는 강우량 및 하천수위 등이 운전중지 등의 값에 도달한다면 곧바로 수송지령으로 연락하여 열차의 운전규제를 행한다. 신간선에 있어서는 1995년에 가동한 ‘New 신간선 시스템(Cosmos)’에 의해 연변에 설치한 우량계(약 20개소), 지진계(약 50개소), 풍속계(약 80개소) 등의 관측기기의 온라인화를 도모하였다.

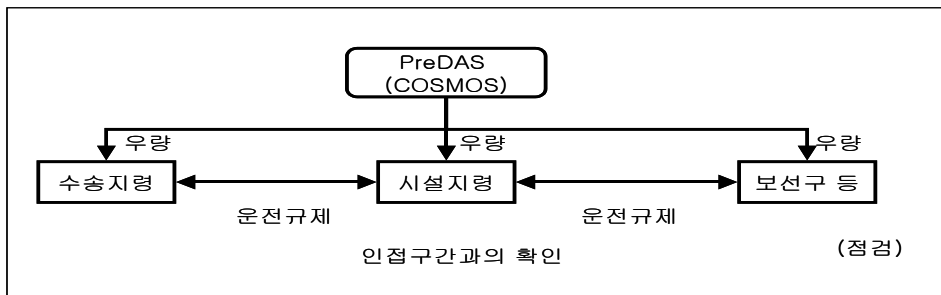


그림 4. 방재정보시스템(PreDAS)의 연락체계

### 3. 철도시설물 방재기술 체계(안)

철도시설물 방재기술은 재해관리 사이클인 저감, 대비, 대응, 복구 각 단계에 대한 기술로서 구분될 수 있으며, 각 단계별 요소기술 및 상호 단계별 융합기술이 도출될 수 있다(도표 1 참조). 다만 여기서의 기술분류는 대분류 수준에서 이루어졌으며, 중분류 및 세분류 기술은 해당 기술분야의 수요조사, 이슈트리 작성 등의 방법으로 세분화할 수 있다.

도표 1. 재해관리별 철도시설물 방재기술 분류안

재해관리 구분	기술분류	적용분야
저감	철도시설물에 대한 헬스모니터링 및 붕괴방지 기술	철도 궤도, 노반, 사면, 교량, 터널
대비	재해감시 예·경보 및 재해방지를 위한 철도시설물 센싱 및 모니터링 시스템 구축	
	재해·재난 이력 등에 대한 철도시설물 위험등급 설정 및 위험도 지도 구축	
대응	철도시설물 재해 위기 대응 및 안전을 확보를 위한 네트워크 구축	
복구	철도시설물의 체계적 복구기술	

한편 철도시설물을 중심으로 한 방재기술은 크게 검측차량을 통한 철도시설물의 active 방재기술과 침단센서 및 실시간 감시를 통한 철도시설물의 passive 방재기술로 구분될 수 있다(그림 5, 도표 2 참조).

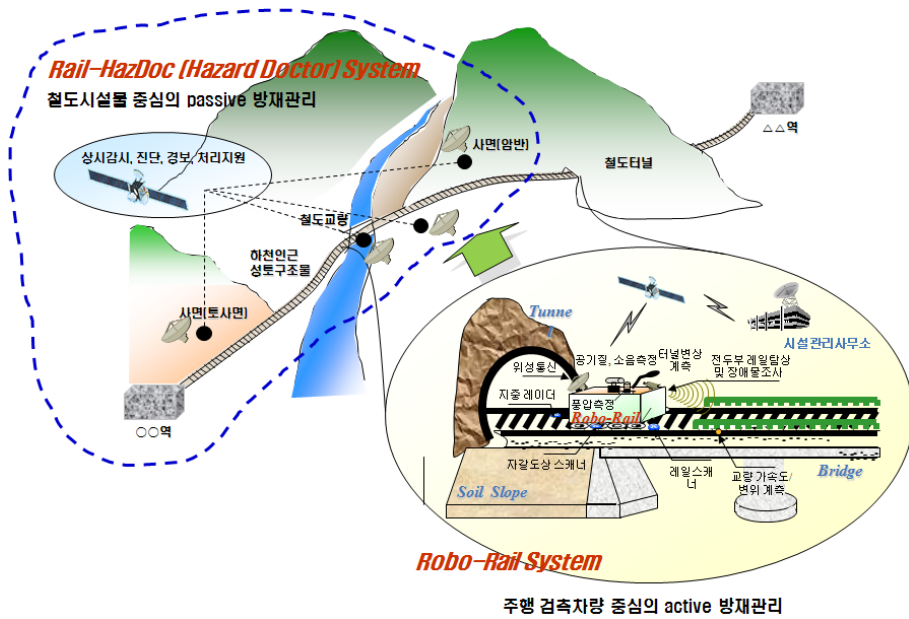


그림 5. 철도시설물 방재기술 대상 및 적용 개념도

도표 2. 철도시설물을 중심으로 한 방재기술 분류안

구분	기술분류	재해관리 구분 및 적용분야
Active 방재	철도시설물에 대한 Robo-Rail System 기술	저감, 대비, 대응, 복구분야 요소/융합 - 궤도, 노반, 사면, 교량, 터널
Passive 방재	철도시설물에 대한 Hazard Doctor System 기술	

#### 4. 결론

최근 철도방재기술은 실용화를 목표로 다양한 분야에서 연구, 개발되고 있으나 현실적으로 통신체계와 전원공급의 안정성, 위기상황에서의 대응효과에 대하여 다각적이고 구체적인 방법을 제시하고 있지 못한 실정이다. 그리고 데이터베이스와 분석 시스템에 관해 그 구축 및 관리방법이 명확하지 않고, 계측현장의 종류에 따라 서로 다른 시스템이 설치되어 있어 여러 현장에 대한 범국가적인 데이터베이스 구축이 부족하고, 축적된 관련정보를 효과적으로 활용하지 못하고 있는 실정이다.

외국의 경우 국가적 차원에서 종합방재기술과 접목시킴으로써 철도 기상정보시스템이나 첨단기상 방재기술을 개발하여 운용하고 있고, 일본 기술개발 사례에서 알 수 있듯이 철도 방재기술은 운전규제기준, 방재시스템 구축, 재해 시 대피요령, 재해방지대책 등을 별개로 구분하지 않고 통합하여 철도방재시스템을 운영하여야 하며, 관리 주체의 전문성을 향상시켜 지속적으로 유지 및 관리하여야 할 것이다. 현재 선진국은 이미 인공위성을 적극적으로 이용하여 산사태 및 산불 등을 감시하거나, 강우량 등을 계측하고 있고 스마트 기기를 활용한 증강현실기법의 방재기술 접목이 이루어지고 있다. 또한 각 국가별로 재난의 형태가 서로 다르기 때문에 나라별로 재해 형태에 따른 방재용 계측기기를 독자적으로 개발하여 사용하고 있으며 더 나아가 첨단로봇, 나노기술 등을 재해의 감시, 조사 및 평가, 그리고 인명구조 등에 활용하고 있다.

따라서 현재 우리나라가 보유하고 있는 과학위성을 철도분야, 더 나아가 방재연구 전반에 적극적으로 활용할 수 있는 기초연구 착수가 시급하다고 판단되며 첨단 정보통신기술기기를 활용한 국산화된 방재용 계측기기 개발을 조속히 추진해야 하고, 유사시 철도시설물의 절대 안전을 확보하기 위한 철도시설물 방재시스템 구축 방안을 수립해야 한다. 다만 이를 위해서는 기본적으로 철도시설물에 대한 방재기술 체계를 먼저 정립해야 하며, 이를 통해 체계적인 기술개발이 필요하다고 판단된다.

#### 참고문헌

1. 국토해양부 외, “국토해양 R&D 발전전략” 보고서(2010)
2. 신민호, 김현기, 이수형, 전한준, 권진수, “철도시설물 안전관리 네트워크 시스템”, 한국철도학회 추계학술대회 논문집, pp.75-82, 2009
3. 철도청, “철도강우방재시스템 구축방안 및 강우자동경보시스템 구축” 보고서(2004)
4. 한국철도기술연구원, “철도시스템 안전성능 평가기술 개발사업 : 철도시설물 안전을 위한 지능형 안전·방재기술 개발 연구기획사업” 보고서(2002)
5. 한국철도기술연구원, “철도시설의 안정성 강화기술 개발” 최종보고서(2004)
6. 한국철도기술연구원, “철도시설물 검측 자동화를 위한 Robo-Rail System 개발” 보고서(2005)
7. 한국철도기술연구원, “철도시설물 헤저드닥터(Hazard Doctor) 시스템 개발을 위한 기획연구” 보고서(2005)
8. FEMA EMI, “Principles of Emergency Management”, Independent Study IS230 March 2003