

## 전기철도 안전관리를 위한 인적신뢰성분석기법에 관한 일 고찰

이동희  
수원대학교

### A Study on Human Reliability Analysis Method for Electric Railway Safety Management

Dong-Hee Rhie  
University of Suwon

**Abstract :** 철도안전법의 제정 및 시행에 즈음하여 철도안전관리에 대한 인식이 제고되고 있는 시점에서 인적요소를 고려한 전기철도안전관리기법을 제시한다. 이를 위해서는 인적신뢰성분석이 필요하나 현재로서는 세계적으로도 이에 관한 규격이 정비되어 가고 있는 실정으로서 국내에서는 규격 적합성 인증 제도가 아직 구축되어 있지 못하고 따라서 규격 정비의 진행에 따라 위험성정보교환에 관련된 대책의 필요성이 증가하고 안전성의 확률론적·정량적평가가 보다 중요시 될 것으로 예상된다. 본고에서는 시스템 위험도분석을 통한 안전공학적 절차를 준수함으로써 위험도를 정량적으로 평가하고 정량적으로 평가된 위험도를 적정 수준으로 관리함으로써 철도시스템 안전관리체계를 향상시킬 수 있는 기법으로서 최근 주목받고 있는 인적신뢰성분석기법과 위험도정보교환에 대한 기본개념을 제시한다.

**Key Words :** 철도안전, 인적신뢰성분석, 확률론적 안전평가, 위험도분석

### 1. 서 론

철도는 선로시설, 차량, 열차 운영·제어, 유지보수 분야 등이 유기적으로 결합 복합시스템으로서 철도 서비스의 요건으로는 수송 안전성, 速達性(속도), 쾌적성, 편리성, 운임수준 등을 들 수 있다. 그러나 이 중에서도 철도 서비스의 가장 기본적 요건으로는 안전성을 들 수 있다. 일반적으로 광의적 정의에 따른 안전 즉 적극적 안전이란 산업시스템으로부터 직접 또는 간접적으로 여하한 형태로든 생존권 위험을 받지 않는 상태를 가리키며 협의적 정의에 따른 안전 즉 소극적 안전이란 산업시스템(산업 활동 과정)에 기인하는 재난으로부터의 보호를 지칭한다. 국내에서는 구 철도청이 개편되어 한국철도공사와 한국철도시설공단이 발족되면서 철도안전법이 새로이 제정, 시행되면서 철도에 있어서의 안전 개념이 새로이 인식되기 시작하고 있다. 철도안전법은 공공복리의 증진에 기여함을 목적으로 하고 있으며 이에 따르면 철도에서의 사고 유형을 철도사고와 운행장애로 대별하고 있다. 철도사고(incident)란 "철도운영 또는 철도시설관리와 관련하여 발생한 사람의 사상 또는 물건의 손괴"를, 운행장애(incident)란 "철도차량의 운행에 지장을 초래하는 것으로서 철도사고에 해당되지 아니하는 것"으로 정의하고 있다. 특히 우리나라의 경우 KTX의 개통 이래 고속철도를 비롯하여 일반철도의 경우에도 전기철도의 비중이 극히 높아지면서 시스템의 복잡화·대형화·대동력화에 따라 속

도의 증가 및 편리성의 증대에 수반되어 사고에 따른 위험성도 증가되고 있다. 본 연구에서는 인적요인(human factor)에 관련된 문제로서 인적과오(human error) 취급법 및 위험도 정보교환(risk communication)에 관한 연구 동향을 개괄적으로 기술한다.

### 2. 안전성 평가

현재까지 전기철도 분야에서의 안전성 평가는 이미 경험한 사고나 사상 또는 상정되는 사고나 사상 중에서 대표적인 시퀀스를 선정하여 그 안전성을 검토하는 소위 결정론적 안전평가 방법이 주류로 되어 있었으나 최근에 들어 고장이나 인적오류 발생 유무나 빈도, 안전기능(back-up) 작동 여부 및 확률 등의 조건에 따라 사태의 진전을 상세히 분석하고 상정되는 결과가 미치는 영향의 크기와 발생빈도 또는 그 조합으로서의 위험성을 정량적으로 평가하는 종합적 안전성 평가기법인 확률론적 안전평가기법(PSA : Probabilistic Safety Assessment)이 주목받고 있다. 이 PSA 기법은 스리마일(Three Mile Island) 원자력 발전소 사고 이후 특히 원자력, 항공, 우주 항공플랫폼 등의 분야에서 도입되었으며 PSA를 실시하기 위해서는 사건발생계통도(Event Tree)와 결함발생계통도(Fault Tree)가 활용되고 있다. 그림 1 및 그림 2는 각각 사건발생계통도와 결함발생계통도의 사례를 보이고 있다.

초기사상 오조작	분기사상 1 센서고장	분기사상 2 안전계 동작	분기사상 3 시간적 여유
-------------	----------------	------------------	------------------

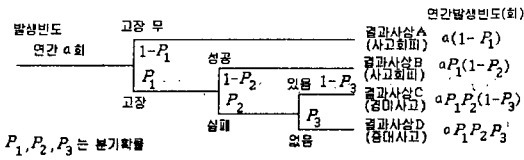


그림 1. 사건발생계통도의 일례

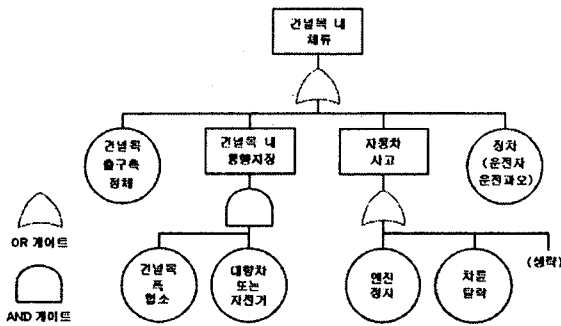


그림 2. 결함발생계통도의 일례 (자동차가 건물목 내에 정차된 사건)

### 3. 인적신뢰성평가에 관한 문제

대규모시스템에서는 기계계의 안전성·신뢰성이 향상됨에 반해 역으로 인적요인에 의한 사고가 상대적으로 증가하는 것으로 알려져 있다. 특히 전기철도와 같은 분야에서는 그 운전업무 등에 있어 인간에 의한 적극적인 조작의 비중이 높기 때문에 원자력 분야 등에서 적용되어 온 PSA 기법을 그대로 적용하는 것은 부적절한 것으로 이해되고 있다.

인적신뢰성평가에 있어서는 부주의 즉 누락오류(omission error)가 중심이 되어 왔으며 이는 사건발생계통도 상에 누락오류(omission error)로 표현하고 있다. 한편 시스템의 전체 거동 중 반드시 필요한 것은 아니나 상태의 진전을 약화시킬 수 있는 인간 행위에 의한 과오인 수행오류(commission error)는 결함발생계통도 상에 수행오류로 표현한다. 이와 같은 수행오류를 포함한 인적과오(human error)는 단순히 과오가 아니라 정황(context)에 따라 일어나게 되는 행동으로 해석하는 것이 인적신뢰성분석기법이다. 한편 평가 대상 시스템의 내부적인 인적요인을 고려하는 인적신뢰성분석기법에 대해 대상 시스템을 외부에서 개관하여 평가 결과를 활용하고자 하는 측면에서 위험도

정보교환(Risk communication) 방안이 도입되고 있다. 그림 3에 이에 대한 개념도를 나타내었다. 이 그림에 나타난 바와 같이 위험도 정보교환이란 기본적으로 사업 활동에 수반되는 위험성을 완전히 0으로 하기는 불가능하다'라는 전제 하에 사업자·행정·시민이 긍정적(+), 부정적(-) 양측 정보를 성실히 교환하여 상호 신뢰관계를 향상시켜 전체로서 허용 가능한 위험성에 대한 인식을 공유하여 보다 좋은 사회를 구축해 가고자 하는 대처방안으로서, 이미 화학공업분야에서는 위험도정보교환에 관련된 국제규격이 ISO14000시리즈(환경관리시스템규격)로 제정되어 있기도 하다. 그러나 철도 분야에서는 아직 이와 관련된 규격화가 정비되어 있지 못하며 최근에 이르러 제조물책임법(PL)의 제정 등에서 볼 수 있는 사회적 추세에 따라 정량적으로 표시된 위험도(risk)인 안전과 일반사회가 느끼는 심정적 안전성인 안심 사이의 괴리를 줄이고자 하는 과정에서 이에 대한 관심이 높아지고 있다.

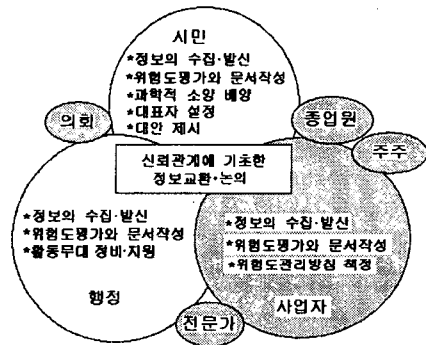


그림 3. 위험도 정보교환 개념도

### 4. 결론

상술한 바와 같이 종래 원자력이나 항공, 우주, 화공물랜드 분야 등에서 적용되어 온 확률론적 안전성평가기법을 전기철도 분야에 도입하고자 하는 경향이 나타나고 있다. 그러나 전체 시스템의 자동화에 따라 인간의 업무는 주로 감시 업무에 한정되는 기존 적용 분야에 대해 인간의 적극적인 조작 업무가 의연히 상존하는 전기철도 분야에 동 기법을 적용하기 위해서는 이에 상응하는 내·외적 문제 즉 인적신뢰성분석 및 위험도 정보교환과 같은 방법론을 적절히 도입할 것이 필요한 시점이라 하겠다. 아울러 철도의 안전성에 관해서는 철도안전법의 시행에 따른 규격의 정비에 부응하여 규격 적합성을 인증할 수 있는 인증 제도를 구축할 것이 필요하다. 이를 통해 안전 투자에 있어서도 종래에 비해 보다 효율적으로 안전성을 유지·향상시켜 나갈 방안을 검토하여 정책적인 판단을 내리도록 해야 할 것이다.