

철도시스템의 안전관리를 위한
인적요소 분야의 표준에 대한 연구
**Review of International Standards Related to
Human Factors for Managing Railway System Safety**

박홍준*, 김사길**, 변승남***
Park, Hong-Joon, Kim, Sa-Kil, Byun, Seong-Nam

ABSTRACT

Rail human factors research has grown rapidly in both quantity and quality of output over the past few years. The continual influences of safety concerns, new technical system opportunities, reorganisation of the business, needs to increase effective, reliable and safe use of capacity, and increased society, media and government interest have now accelerated rail human factors research programmes in several countries.

In this paper we review international standards and guidelines on rail human factors, covering driving, signalling and control, maintenance, reporting systems, passenger interests, management, planning and technical systems change. The purpose of this study is to define the criteria regarding human factors for managing railway system safety. Therefore, some rail human factors suggested in this study may be used as basic data for supporting the Korean railway system safety.

Keyword: Rail Human Factor, International Standard, Safety Management

1. 서 론

2005년 7월, 철도안전법의 이행을 위한 관련 세부 시행령 및 시행규칙 등의 하위법령이 제정되면서 철도의 안전 확보를 위한 제도적 장치가 마련되었다. 이에 따른 철도안전법 제34조(표준화)규정에 의거, 철도의 안전과 호환성 확보하기 위하여 철도차량 및 철도용품에 대한 한국철도표준규격을 정함으로써 철도운전자 또는 철도용품을 제작 조립 또는 수입하고자 하는 자에게 이를 권고하도록 하고 있다. 이는 WTO/TBT협정(무역의 기술적 장해에 관한 협정)에 대비하여 국가간 무역확대 및 연계가 필요한 부문에 관한 철도표준규격은 관련 국제규격과의 적합성을 검토하여 국제규격에 부합화하도록 하고 있다. 현재 약 60%이상의 IEC, ISO 규격이 부합화 제정되었으며, 전기 철도분야의 IEC규격은 모두 철도표준규격으로 제정되어 있다.

하지만 철도산업은 항공과 원자력 산업과 같이 고신뢰도를 요구하는 시스템으로 구성된 특성으로 인

* 박홍준, 경희대학교 테크노공학부 산업공학과 박사과정, 비회원

E-mail : groovyhong@khu.ac.kr

TEL : (031)201-2878 FAX : (031)203-4004

** 김사길, 경희대학교 테크노공학부 산업공학과 연구박사, 정회원

*** 변승남, 경희대학교 테크노공학부 산업공학과 정교수, 정회원

해 철도를 운용하는 기관사, 관제사 등의 역할 변화와 시스템의 유지, 보수 및 관리에 대한 중요성에 비해 이와 관련된 국제표준(IEC, ISO, UIC Code 등) 또는 국내표준화 활동은 미흡한 실정이다.

기술이 진보되면 시스템의 오류의 원인이 기계적인 부분은 점차 줄어들고, 인적요소(Human Factors) 및 조직에 의한 원인이 날로 높아진다(Hollnagel, 1999, 2000). 이는 고신뢰도 시스템인 항공, 원자력, 철도 분야의 사고 및 정지 사례의 통계를 통해서도 그 현황을 알 수 있다. 항공분야를 예를 들면, 전 세계적으로 항공사고의 약 60%정도는 조종사의 정비와 관제 등의 항공 관련 종사자의 인적 요인까지 포함한다면 사고원인은 거의 70~80%가 인적 요소와 관계가 있다(Wiegmann. & Shappell, 2001). 원자력발전소의 경우도 고장정지의 인적요소 관련 비율이 OECD/NEA 경우 40~70% 정도 되며, 국내에서는 20~25%를 차지하는 것으로 보고되고 있다(KINS OPIS 기준). 원자력발전소의 확률론적 안전성 평가(PSA, Probabilistic Safety Assessment) 결과에 의하면, 전체 위험도에 인적오류(Human Error) 비중이 48~60%를 차지하고 있다. 철도분야도 국내 2005년 8월부터 2007년 12월까지의 사고조사 위원회의 자료에 의하면 총 38건 중 순수 인적요인에 의한 것이 13건, 차량결함 중 검수소홀 1건, 시공불량 중 인적요인 5건 등 총 19건으로 50%를 차지하고 있다. 항공기, 원자력, 철도 등 고신뢰도 시스템에서의 사고 및 정지 원인은 다양하고 복잡하며 복합적으로 발생되며, 휘귀성의 특성이 있다. 또한, 설계, 시공, 운용, 보수 및 정비 단계 등 시스템의 전반적 단계에서 인적요인에 의한 오류 사례가 다양하게 나타나고 있기 때문에, 단순하게 통계적 수치로서 그 원인을 나타내기에는 한계가 있으며, 시스템적 차원에서 인적 요소 관리에 대한 필요성은 부각되고 있다.

본 연구에서는 공공성이 강하고 복잡한 철도 시스템의 유지 및 관리에 있어서, 설계에서 폐기까지 시스템 Life cycle 전반에 걸쳐서 안전을 보장해야 하는 필요성을 인적요소 측면에서 찾아야 한다는 점에서 볼 때, 철도시스템의 안전성 확보 및 관리를 위한 예방적 활동을 인간공학 프로그램(HFEP: Human Factors Engineering Program)의 적용을 통한 국제/국내 표준화 작업 활동의 방향성을 찾아 국내 실정에 맞게 적용하는 방안을 모색해보고자 한다.

2. 인적요소(Human Factors)의 관리

2.1 철도시스템에서의 인적요소(Human Factors)

철도와 같은 고신뢰도 시스템은 기존 시스템에 부가적으로 새로운 기능을 추가하거나 시스템이 변경될 경우에, 안전운행의 요건인 안전성 및 신뢰도의 만족이 확인되어야 한다. 이를 위하여 인간공학 측면에서 당위성 검토 및 검증이 필요하며, 이는 각 설계 요소뿐만 아니라 전체 시스템 측면에서 인적요소를 고려해야 한다. 결국, 인간과 작업대상인 시스템 사이의 상호작용에서 생길 수 있는 불일치와 부조화로 인해 인적오류 발생을 사전에 예측하는 활동으로, 인적오류 예측을 통한 시스템 안전 확보 활동이다. 인간공학 프로그램의 적용은 운전이나 행동 전략이 완전히 변경되는 새로운 시스템으로의 변경 사례와 일부 HSI(Human System Interface)의 기능적 보완 및 수정 교체 등으로 나눌 수 있다. 운전이나 행동 전략이 완전히 변경되는 사례로는, 항공기의 경우 Boeing 747 series, 원자력발전소의 MCR(Main Control Room)이 아날로그 타입에서 디지털 타입으로의 upgrade 등을 들 수 있다. 일부 기능적 보완 및 수정 교체는 시스템이 기술개발을 통해 보다 안전한 기능을 수행하기 위해서 보완되는 경우로서 성능 향상을 위한 디자인, 인터페이스 통합 및 개선, 부가 시스템의 적용, 중요 부품의 변경 등을 들 수 있다. 적용가능한 대표적인 인간공학 기술 기준은 FAA의 System Safety Handbook, CH 17 Human Factors Engineering and Safety Principles & Practices(2000)와 US NRC(Nuclear Regulatory Commission)의 NUREG-0711(2004) 등이 있다.

인간공학 프로그램은 계획 및 분석(Implementation Plan), 실행(Method), 결과(Result Report)의 단계로 구성된다. 계획 및 분석(Implementation Plan) 단계는 HFEP, OER, FA/FAA, TA, HE(R)A로서 체계를 설계하기 위한 사전 분석 및 프로그램의 계획에 대한 내용이다. 실행(Method)단계는 Staffing, Training, Procedure, Design으로서 분석단계에서 도출된 인간공학적 현안을 해결한 실제적인 설계단계

이며, 상호 요소간 유기적 관계 분석에 의한 세부 설계들 포함한다.

결과(Result Report)단계는 V&V, Implementation/ Performance Monitoring 으로서 세부 설계된 체계에 대한 검증 및 성능 유지 감시들 위한 단계로서 체계의 건전성 확보를 목적으로 한다. V&V 는 계획/분석, 설계 단계에서 도출된 안전관련 현안에 대한 최종 검증을 인간공학적 적합성 및 유효성확보를 실험적 방법 등을 통해 확정하는 단계이다. 그림 1 은 인간공학 프로그램의 단계별 적용 요소에 대한 내용이다.

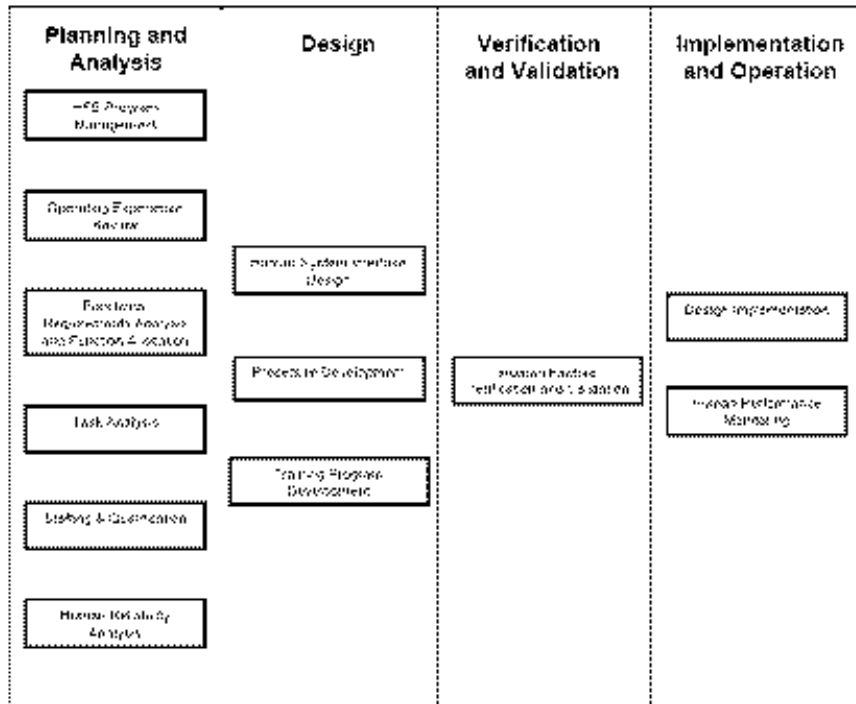


그림 1. HFE Program Review Model Review Elements (NUREG-0711(Rev 2), 2004)

2.2 철도관련 국제표준현황

2.2.1 UIC(International Union of Railways) Code

국가간 철도교통에 의한 물류 및 여객의 원활한 흐름을 위해 철도의 건설과 운영에 있어서 기술의 향상 및 표준화를 목적으로 1922년에 수립되었으며, UIC Code는 10개 부분으로 나뉘어 600 UIC leaflets로 구성되어 있으며 1년에 4차례 업데이트되고 있다. 철도생산자, 운전자 등 171 회원으로 구성되어 UIC Forums 및 Platforms의 전문가 그룹에서 UIC Code를 준비하고 작성하고 있다. 그리고 철도 운영자로부터의 요구 또는 필요에 따라 개정을 실시하며 UIC의 연구 그룹에서 검증하고 있다.

2.2.2 ISO(International Standard Organization)

지적 활동이나 과학·기술·경제활동 분야에서 세계 상호간의 협력을 위해 1947년 설립한 국제 기구이며 회원국은 146개국이다. 공업규격 조정, 통일, 물자 및 서비스의 국제적 교류의 원활화를 주요 목적으로 하고 있으며, 조직은 총회, 이사회, 기타 전문위원회가 있으며 기술적인 업무는 2,850개의 기술 위원회, 하부 위원회와 업무수행 그룹이 맡아 시행하고 있다. 표준화 업무에는 산업 각 분야, 조사학회 회원, 정부 관계자, 사용자 단체, 국제기구 등이 참가하며, 1987년 최초로 ISO 9000시리즈를 제정하는 등 설립 이래 현재 1만 2000건 이상의 광범위한 분야의 국제표준을 제정, 공표하고 있다. 산업분야에서 필요한 표준화 작업은 해당 국가 단체에서 충분한 의견 수렴을 거쳐 ISO에 제안되면 분과위원회와 기술위원회 들 거쳐 총회 정원의 75%의 찬성을 통해 국제규격(ISO: International Standard)으로 승인된다.

2.2.3 IEC(International Electro-technical Commission)

전기전자기술분야의 표준화 및 관련 문제에 관한 국제적 협력 증진을 위해 1906년에 설립되었으며 회원국은 65개국이다. 현재 전기철도분야에 57개의 IEC규격이 제정되어 있으며 17개의 규격이 TC9에서 제정 또는 개정 논의 중에 있다.

3. 결론 및 토의

본 연구는 공공성이 강하고 복잡한 철도 시스템의 유지 및 관리에 있어서, 설계에서 폐기까지 시스템 Life cycle 전반에 걸쳐서 안전을 보장해야 하는 필요성을 확인하고, 인적요소 측면에서 인간공학 프로그램(HFEP: Human Factors Engineering Program)을 적용하여 국제/국내 표준화 작업 활동의 방향성을 찾음으로써 국내 실정에 맞게 적용하는 방안을 모색할 수 있게 된다.

인간공학 프로그램을 적용하여 국제/국내 표준화 작업의 방향성 도출을 위한 방안으로 철도 인적요소(Rail Human Factors)와 철도관련 국제 표준관리 현황에 대해 알아보았다. 이는 철도 시스템에서 인적요소를 관리하기 위한 표준화 작업에 필요한 단계별 요구사항들을 도출하여 반영하는데 제공되어질 수 있을 것이다. 본 논문에서 제기한 문제뿐 아니라 철도 인적요소 차원에서 해결해야 할 공학적, 기술적 및 관리적 현안을 검토하여 철도시스템의 신뢰도 향상 및 요건 충족을 위한 철저한 사전 분석, 평가와 설계, 검증 등의 과정에서 요구되는 인적요소들을 규명하는 연구가 반드시 필요하다.

참고문헌

1. Applied Ergonomics (2005). Special issue on rail human factors.
2. Billings, C. E.(1989), Toward a Human-Centered Automation Philosophy, Proceedings of the 5th International Symposium on Aviation Psychology, Columbus.
3. FAA(2000), FAA System Safety Handbook, CH 17 Human Factors Engineering and Safety Principles & Practices.
4. Hollnagel, E. & Bye, A.(2000), Principles for modelling function allocation, Int. J. Hum.- Comput. Stud. 52(2): 253-265.
5. O'Hara, J., et al.,(2004), Human Factors Engineering Program Review Model(NUREG-0711, Rev 2), Washington, DC: U.S. Nuclear Regulatory Commission.
6. Sears, R. L.(1986), A new look at accident contributions and the implications of operational and training procedures, Boeing. In
7. Wiegmann, D. A. & Shappell, S. A.(2001), A Human Error Analysis of Commercial Aviation Accidents Using the Human Factors Analysis and Classification System(HFACS), DOT/FAA/AM-01/3
8. Wilson, J.R., Farrington-Darby, T, Bye, R. and Hockey, GRJ (2007). The railway as a sociotechnical system: Human factors at the heart of successful rail engineering. IMechE, Part F, Journal of Rail and Rapid Transit
9. Wilson, J.R., Norris, B.J., Clarke, T. & Mills, A. (2005). Rail Human Factors: Supporting the Integrated Railway. London: Ashgate
10. 미래사회와 표준, 한국표준협회, 2007