위험도 평가 기반의 전철/전력분야 안전확보 방안에 관한 연구

A Study on Ensuring Safety in Electric Railway Based on the Risk Assessment

장윤석*　　최규형**

Chang, Yun-Suk　　Choi, Kyu-Hyoung

ABSTRACT

Recently the railway safety is very important issue in Korea because there are lots of changes like the separation of operation and facility of national rail network, the inauguration of high speed train and Daegu subway fire accident.

Railway safety management system is based on risk assessment of rolling stocks, electrical system, signaling, operation & maintenance and human element. With this process, railway risk will be reduced as low as reasonably acceptable level.

Through risk assessment on accident data, this study predicted the current risk level of railway electrical system and presented the proper safety ensuring measures.

1. 서론

최근 우리나라는 철도산업구조 개편과 함께 고속철도가 개통되었고 또한, 대구지하철 화재사고를 계기로 철도안전의 중요성이 대두되었다.

철도차량, 전기신호, 운영, 유지보수, 인적요소 등 철도시스템 전반에 대한 위험도분석 및 안전성평가를 기반으로 한 안전관리체계가 요구되고 있으며, 이를 통하여 철도의 위험도를 적정 수준으로 관리할 수 있을 것으로 기대된다.

본 연구에서는 전철전력분야 사고장애에 대한 위험도평가를 통하여 사고유형 및 사고원인별 위험도 수준을 진단하고 안전확보 방안을 제시하였다.

2. 전철전력분야 장애분석

한국철도공사(KORAIL)의 전철전력분야 장애 중 5년간(2002~2008)의 장애를 분석하여 사고일시, 발생장소, 원인, 개황, 결과, 계절별, 월별, 내부 또는 외부요인인지를 분석[표1]하였고 장애통계 분류는 아래와 같이 도표로 보여주고 있다.

* 비회원, 서울산업대학교 철도전문대학원 철도전기신호공학과 석사과정, 교통안전공단 철도심사처, 대리
E-mail : cys0615@ts2020.kr
TEL : (031)362-3642　FAX : (031)362-3639

** 정회원, 서울산업대학교 철도전문대학원 철도전기신호공학과 교수

표 1. 전철전력분야 장애분석

	A	B	C	D	E	F	G
1	No	사고일시	발생장소	원인	개황	결과	내부 또는 외부요인 여부
2	1	2008. 5. 21 10:59경	중앙선 극수역구내	공사부주의(포크레인)	'08. 5. 21. 10:55경 장국철도시설공단에서 시행중인 중앙선 역소-월주간 복선전철화 관련 선로변 포크레인 작업 중 극수역구내 가공지선을 단선시키면서 조가선과 접촉, 중앙선 극수89~월덕9F간 전차선로 단전	전차선로 단전	외부
3	2	2008. 5.29 15:11경	고속선 동안발렐금전소	이물질 (까치집)	'07. 05. 29. 15:11경 경부고속선 전차선이 단전(광명변전소 "신동금전소간)되어, 동안발렐금전소 인출개소(발)의 외부이물질(까치집)을 제거하고 정상급전함 결해임.	전차선로 단전	외부
4	3	2008. 4.10 09:27경	충북선 내수역구내	이물질 (까치집)	08. 4. 10. 09:27경 오송9F~중평89간 상,하선 전차선로 단전 발생, 전차선로 시험결과 후단전구간 측소(09:29, 오근장89F~내수89F 정선) 하고 현장 확인결과 내수역구내 전철주 26~9호 부근 생성중인 까치집 나뭇가지가 전차선과 접촉	전차선로 단전	외부
5	4	2008. 4.16 16:42경	충북선 청주~오근장	이물질 (꽃선교물관)	08. 4. 16. 16:42경 청주89F~오근장89F간 경상궤선과 하부의 철근이 수해되어 급전된 조가선과 접촉되면서 조가선 단선 단선된 조가선을 열차운행에 지장 없도록 임시 복구하는 등의 열차운행에 지장을 준 경미사고 임	조가선 단선 열차지연운행	외부
6	5	2008. 4.16 15:55경	경부선 청량리역	공사부주의 (크레인)	08. 4. 16. 15:50분경 경부선 청량리역구내 5~9번사이에 민자역사 공사중 크레인이 접촉되어 트랩(전차선로 손상)	전차선로 손상	외부
7	6	2008. 04. 25 15:57경	경인선 오류동역 #6번선 (하선)	이물질 (물받이)	'08. 04. 25. 15:57경 경인선 오류동역 #6홈에 설치된 물받이가 수해되어 급전선부가공공동지선과 접촉되어 구로89~부개9F가 전차선로 단전되어 열차운행 지장.	전차선로 단전 열차지연운행	외부

계절별 장애통계(2002~2008)를 살펴보면 여름철에 많이 발생하였으며, 내부요인에는 기기불량 외부요인으로는 이물질접촉이 발생원인 으로 작용하고 있었다.

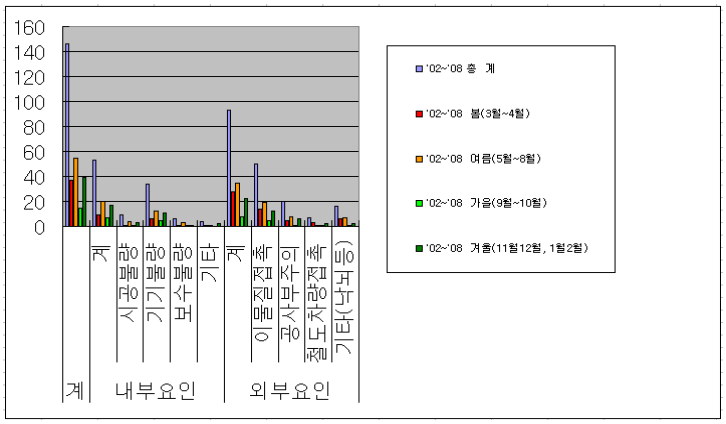

그림 1. 계절별 장애원인 (2002~2008)

사고발생에 따른 장애결과(2002~2008)를 살펴보면 전차선로 단전 및 열차운행지장 결과를 많이 초래하였으며, 조가선 단선도 많이 발생하였다.

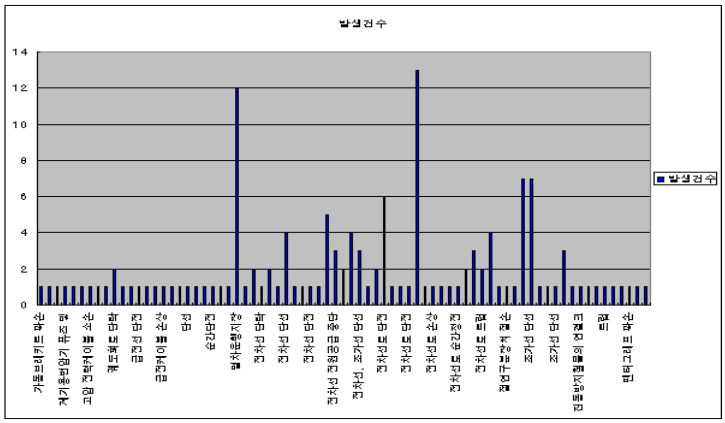

그림 2. 장애결과 (2002~2008)

사고발생에 따른 연도별 장애결과는 다음 도표와 같이 나타나고 있다.

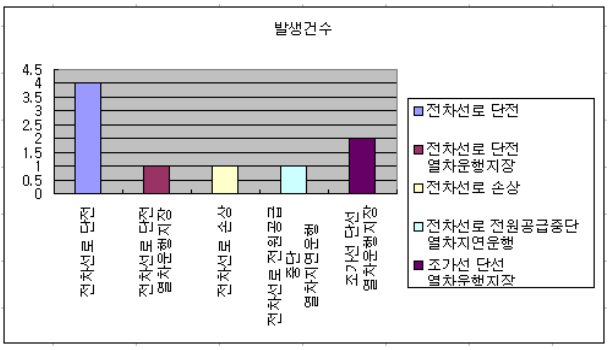

그림 3. 장애결과 (2008)

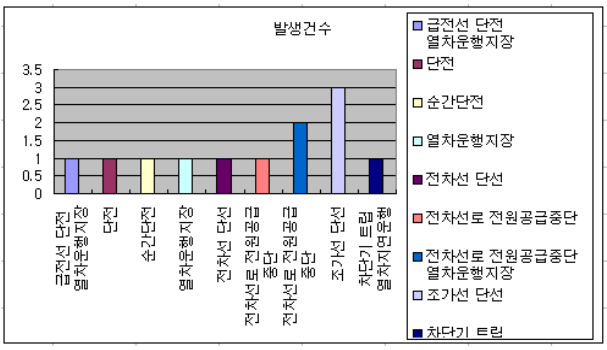

그림 4. 장애결과 (2007)

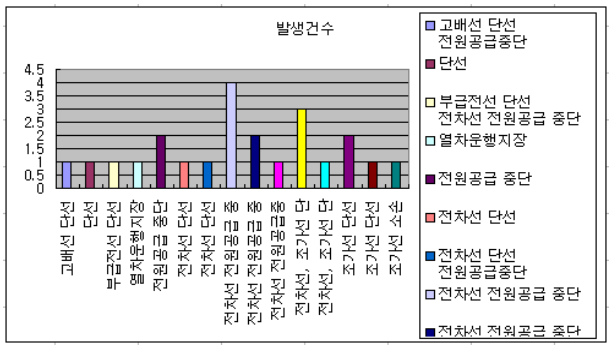

그림 5. 장애결과 (2006)

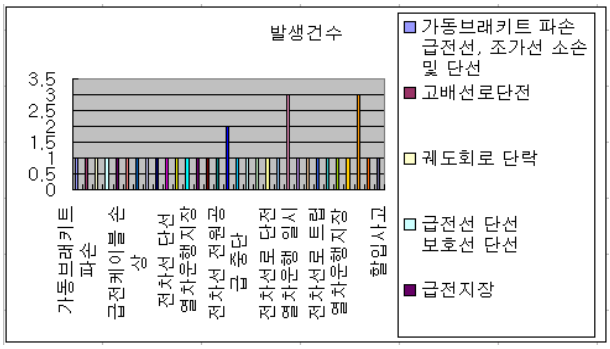

그림 6. 장애결과 (2005)

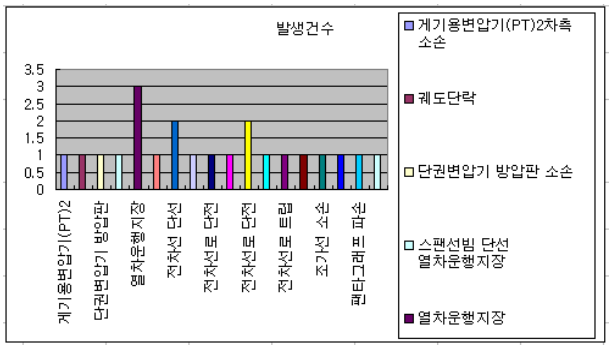

그림 7. 장애결과 (2004)

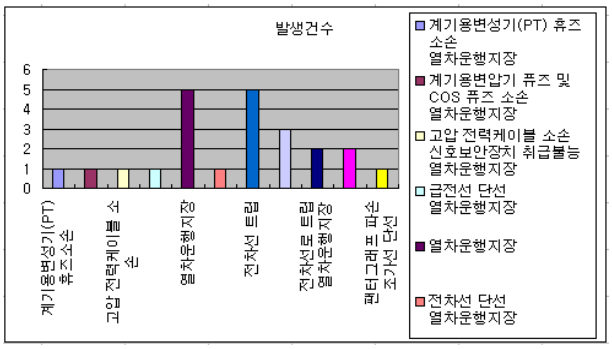

그림 8. 장애결과 (2003)

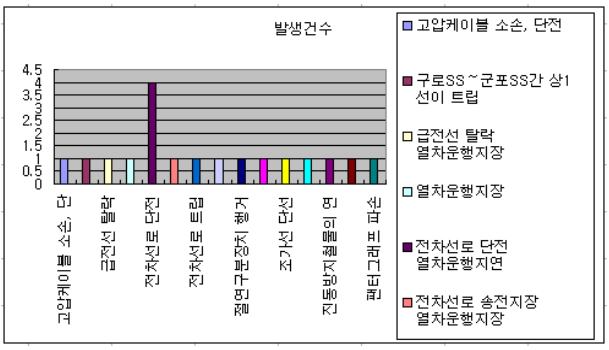

그림 9. 장애결과 (2002)

3. 전철전력분야 위험도 평가

위험도 평가는 그림3. 과 같이 7단계의 절차로 구성되어 있다.

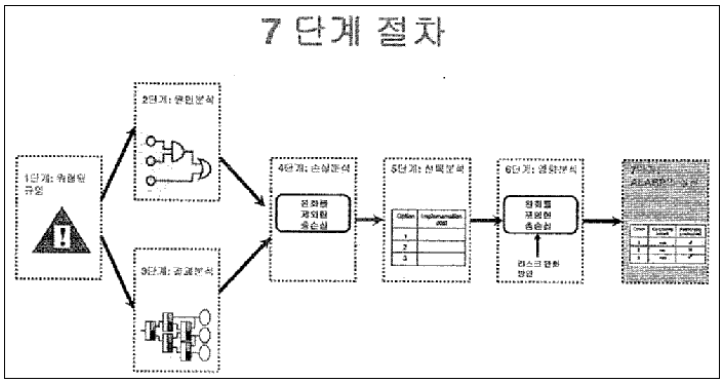

그림 10. 위험도 평가 7단계 절차

위험도(Risk)는 사고의 심각도와 발생빈도를 조합한 것이며, 항상 사고확률과 사고결과라는 두 가지 요소로 구성되어 있다.

위험도(Risk) = 사고의 심각도 * 발생빈도

리스크 매트릭스(Risk Matrix)는 영국에서 활용하고 있는 Yellow Book에서 발췌하여 활용하였다.
Yellow Book는 ESM(엔지니어링 안전관리) 가이드라인이며, 권고사항은 되나 필수적인 사항은 아니다.

표 2. 리스크 매트릭스(Risk Matrix)

	Severity of Potential Harm/Loss (심각도)				
	5	4	3	2	1
Frequency (주기)	Multiple fatalities (다수 사망)	Single fatality (사망)	Multiple major injuries (다수 중상)	Major injury (중상)	Minor injury (경상)
5 = Daily to monthly	25	20	15	10	5
4 = Monthly to yearly	20	16	12	8	4
3 = 1 to 10 yearly	15	12	9	6	3
2 = 10 to 100 yearly	10	8	6	4	2
1 = Less than 100 yearly	5	4	3	2	1

사고결과에 따른 위험등급은 리스크 매트릭스(Risk Matrix)를 활용하여 다음과 같이 분류하였다.

표 3. 사고결과에 따른 위험등급

사고결과	Severity	Frequency	위험등급
전차선로 단전 / 열차지연운행	3	4	12
열차운행지장	2	4	8
조가선 단선	2	4	8
조가선 단선 / 열차운행지장	3	4	12
전차선로 단전	2	4	8
전차선 전원공급 중단	2	4	8
전차선 단선 / 전원공급중단	2	3	6
전차선 트립	2	3	6
전차선로 트립 / 열차지연운행	2	3	6
전차선 전원공급 중단 / 열차운행중지	2	3	6
전차선, 조가선 단선	2	3	6
전차선로 전원공급중단 / 열차지연운행	2	3	6
조가선 소손	2	3	6
궤도회로 단락	2	3	6
전원공급 중단	2	3	6
전차선 단선	2	3	6
전차선 전원공급중단	2	3	6
전차선, 조가선 단선 / 전원공급중단	2	3	6
전차선로 전원공급 중단	2	3	6
전차선로 트립	2	3	6
가동브래키트 파손 / 급전선, 조가선 소손 및 단선	2	3	6
계기용변압기(PT)2차측 소손	2	3	6
계기용변성기(PT) 퓨즈 소손 / 열차운행지장	3	3	9
계기용변압기 퓨즈 및 COS 퓨즈 소손 / 열차운행지장	3	3	9
고배선 단선 / 전원공급중단	2	3	6

4. 위험도 기반 전철전력분야 안전관리체계

위험도 기반 안전관리체계는 철도시스템과 같은 시스템을 설치하거나 또는 운영할 때, 계획 단계에서부터 위험 분석(Hazard Analysis)를 기반으로 전체 시스템의 위험도(Risk)를 허용 가능한 영역으로 낮추고, 이를 지속적으로 관리하는 체계로 정의된다(그림 11).

위험도 기반의 철도안전관리체계를 구축하고 이를 원활하게 시행하기 위해서는, 관련 주체를 식별하고, 각 주체별로 해야 할 임무와 업무절차 및 각 주체간의 인터페이스를 구체적으로 설계한 후 이를 법

과 제도에 반영하여야 한다. 또한 해당 조직은 업무와 관련된 리스크를 수용 가능한 수준으로 통제하기 위한 안전요구사항을 수립하고 이를 충족시켜야 한다.

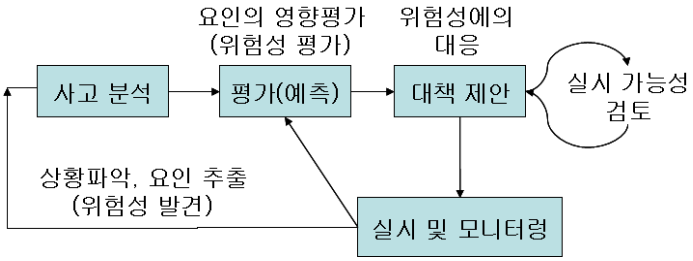

그림 11. 위험도 기반 안전관리체계

안전요구사항의 조건으로는 모호하지 않으며 실행 가능하여야 하며, 완전하고 일관적이며 정확하여야하고 검증, 수정될 수 있어야 한다. 안전요구사항은 위험원(Hazard)으로부터 사고로 진행되는 방어책이 될 수 있으며, 앞서 살펴본 사고결과 데이터를 바탕으로 종사자 교육훈련, 품질인증제품사용, 유지보수계획 수립, 건설감독 등 외부환경조건 들이 안전요구사항으로 포함될 수 있다.

5. 결언

본 연구에서는 전철전력분야 사고장애(2002~2008)에 대한 위험도평가를 시행하여 안전확보방안(안전요구사항)에 대한 방법론을 제시하였다.

또한, 사고결과는 장애시간, 열차지연시간, 시설피해, 인명피해 등으로 나타나고 있으며, 각기 다른 단위로 표현된다. 따라서 사고결과 심각도의 정확한 판단을 위해서는 장애시간, 열차지연시간, 시설피해, 인명피해를 비용으로 환산하여 동일 단위로 사용할 필요성이 있으며, 향후 본 연구를 좀 더 체계적이고 구체적인 연구가 될 수 있도록 심도 있는 검토와 지속적인 연구가 필요하다.

참고문헌

1. 한국철도공사, “전철전력분야 장애 개황”, 2002~2008
2. Lloyd's Register, 2008, ESM(Engineering Safety Management)교육교재
3. Engineering Safety Management(Yellow Book), Fundamentals and Guidance, Issue 4
4. 한국철도기술연구원, “철도안전개선을 위한 제도화 기반 구축 연구”, 2003.
5. 건설교통부, “철도사고 위험요인(PHA) 분석기술 개발, 2005.8.