열차운행선 지장공사에 대한 위험도 평가 연구

A Study on the Risk Assessment for Works on/near Operating Line

정도현† 왕종배* 이수룡**

Jung, Do-Hyun Wang, Jong-Bae Lee, Su-Ryong

ABSTRACT

In this study, railway accidents from constructing or maintaining works on/near operating line were reviewed during 2005-2007 years. Causes and hazards analysis of these accidents was performed to make an accident scenario for risk assessments. And the risk of worker casualty on/near operating line was quantitatively assessed. Also a constitution method of Risk Matrix for manage tolerable risk level was proposed.

1. 서론

우리나라 철도의 안전수준은 철도선진국에 비해서 사망률이 매우 높으며 고속철도개통, 철도구조개혁 등 철도교통의 환경변화에 따른 안전위협요소가 날로 증가하고 있으며 철도안전에 대한 국민적 기대가 높아지고 있다.

철도시스템은 차량, 선로, 전철전력, 통신, 신호, 건축 등의 기술요소와 영업, 운전, 계획 등과 같은 운영요소가 복합적으로 운영되고 있으며, 이러한 개별시스템이 유기적으로 원활하게 작동되어야 철도의 사명을 완수할 수 있다. 이러한 복합된 요소들을 안전하고 효율적으로 관리하기 위해서는 전문성과 기술력 강화가 요구되며 시스템 안전관리가 필수적이다. 시스템 안전관리의 핵심은 그림 1과 같이 위험의 확인, 위험도 평가 및 지속적인 위험추적을 통한 위험도의 허용수준을 추적하고 위험도를 확인하는 것이다.

위험도 평가는 위험요인을 식별하고 개별 위험요인의 발생확률과 피해 심각도를 산정하여 위험도 경감대책의 효율성을 평가하는 논리적인 절차로서, 기존 철도운영이나 시스템 또는 여러 대안들에 대한 안전성능을 평가하는 작업을 총칭한다.

본 논문에서는 철도운행선 지장공사의 위험분석 및 평가절차를 소개하고자 한다. 철도운행선 지장공사의 위험분석 및 위험도를 평가하기 위하여 최근 8년간(2000-2007년) 발생한 한국철도공사 및 철도시설공단의 철도운행선 지장공사에 대한 사고발생 이력으로부터 인명피해를 초래한 사상사고와 시간지연을 초래한 운행장애로 나누어 위험요인을 분석하고 위험사건을 정의하며 각각의 위험사건에 대한 위험도를 정량적으로 평가한 연구결과와 평가절차를 소개하고자 합니다.

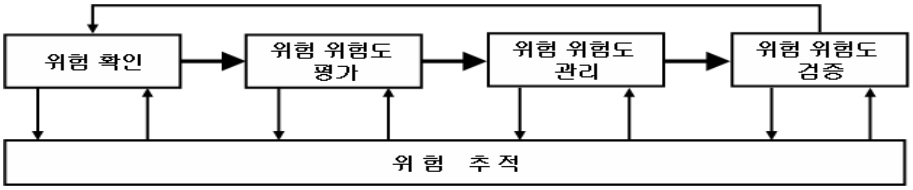

그림 1. 시스템 안전관리 핵심절차

† 책임저자 : 정회원, 한국철도공사, 수송안전실, 직책 차장
E-mail : cjfakdi@hanmail.net
TEL : 011-636-9632 FAX :
* (정)비회원, 한국철도기술연구원, 철도종합안전기술개발사업단, 책임연구원
** (정)비회원, 서울산업대학교 공과대학 자동차공학과 교수

2. 위험도 정의 및 절차

2-1. 위험도 정의

- 위험원(hanard) 사고로 진행될 수 있는 조건. 위험성 내포원. 위험원은 시스템이나 제품에 관한 것이다.
- 위험도(risk)란 원치않은 사건의 빈도수와 결과의 규모를 측정하는 단위로 다음과 같이 정의한다.
  ※ 위험도(risk) = 빈도수(frequency)×심각도(severity)
- 위험도 분석(risk analysis)이란 대상 시스템을 선정하여 위험요인을 찾아내고 그 위험도 값을 계산하기까지의 일련의 과정을 가르키는 용어로서 위험도 분석 결과 얻어낸 위험도 값과 사고 시나리오는 위험도를 낮추기 위한 기초 자료로 사용된다.
- 위험도 평가(risk assessment)는 위험요인(hazard)을 식별(indentification)하고, 개별 위험요인의 발생확률과 피해심각도를 산정하여 위험도 경감대책의 효율성을 평가하는 논리적인 절차로 정의한다.
- 위험도 관리(risk management)란 위험도 평가 활동을 통해 파악된 위험도를 줄이기 위한 모든 활동들을 포함하는 용어로 보통 위험도를 완전히 없애진 못하지만 어떤 만족스러운 수준이하로 줄이기 위한 활동들을 가르킨다.

2-2. 위험도 분석 및 평가 절차

위험도 분석절차는 ISO/IEC Guide51(Safety Aspect-Guideline for their inclusion in standards)과 영국철도시스템의 안전관리가이드 인 Yellow Book에서는 7단계의 절차를 추천하고 있으나 일반적으로 그림 2와 같이 위험을 식별하고 사고발생빈도확률과 개별사고의 결과(심각도), 위험도를 평가하여 안전수준이 적합한 수준이면 시스템사용을 허용하고 부적합하면 시스템을 수정하여 재평가 한다.

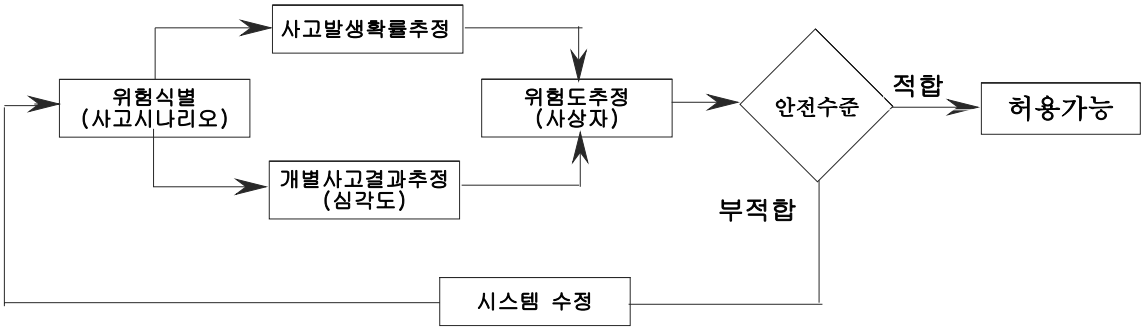

그림 2. 일반적인 위험도 평가절차

3. 열차운행선 지장공사 위험분석 및 평가

3-1. 사고/장애 발생현황과 사고 특성 분석

3-1-1. 사고/장애 발생 및 피해현황

열차운행선 지장공사는 열차가 운행하는 선로나 그 인접지역에서 공사나 작업을 하기 때문에 작업자 사상과 차량 또는 시설물의 손상으로 인하여 열차지연을 초래하므로 철저한 안전관리가 요구된다.

또한 고속·고밀화, 친환경, 에너지 고효율을 위하여 기존선 개량(전철화, 노반보강, 레일의 중량화 및 직선화), 새로운 열차제어시스템과 신호보안장치 업그레이드 등 철도시설 현대화 및 개량작업의 증가는 사고와 장애를 일으키는 환경적 요소이며, 주로 사망은 열차에 전촉하거나 감전으로 발생한다.

표 1은 2000-2007년까지 8년간 열차운행선 지장공사로 인하여 발생한 현황이다.

표 1. 열차운행선 지장공사 관련 사고/장애 발생 및 피해 현황(2000-2007년)

년도	발생빈도	인명피해				시간손실	비고
		등가사망	사망	중상	경상		
2000	37	8.6	8	6	0	48:12	
2001	40	8.84	8	8	7	40:07	
2002	25	2.16	2	1	12	25:13	
2003	39	15.85	15	5	70	52:27	
2004	28	9.31	9	3	2	55:25	
2005	36	3.52	3	5	4	49:06	
2006	31	3.94	3	9	7	0:41	
2007	12	2.6	2	6	0	20:26	
합계	248	54.82	50	43	102	291:37	
년평균	31	6.8525	6.25	5.375	12.75	36:27	

※ 등가사상 환산기준 : 1인 사망 = 10인 중상 = 200인 경상

3-1-2. 사고특성 분석

열차운행선 지장공사로 인한 사고/장애의 유형은 열차에 접촉하거나 감전에 의한 사상사고와 작업부주의, 작업협의 소홀로 시설물을 손상하여 열차운행을 방해하는 시간지연으로 대별할 수 있다.

작업자 사상은 철도공사 역 운전취급자와 작업협의를 하지 않거나 열차감시인을 배치하지 않고 작업을 하다 주로 발생하며, 감전사고도 전철전력선로 인접작업시 단전협의와 단전여부를 확인하지 않고 작업을 하는 경우와 작업자 부주의로 직접선로에 접촉하는 경우와 장비/도구가 접촉하여 감전되는 경우가 있으며 그 밖에도 열차를 대피하다가 넘어지거나 장비에 충격을 당하거나 작업장비 또는 구조물이 열차와 접촉하여 사상자가 발생하는 경우이다.

시간지연 사건은 작업계획 수립 미흡·작업자 교육 소홀·작업방법 불량·현장 안전조치 소홀로 인한 선로장애, 작업장비·공구류·작업재료 등 운행선 지장하는 경우 이외에도 전차선 단전·신호보안장치 장애·차량의 파손 등으로 열차운행을 방해하는 경우이다.

표 2는 작업자 사상의 사고특성 분석 사례이고 표 3은 시간지연의 사고특성 분석 사례를 제시한다.

표 2 사고특성 분석 사례(작업자 사상)

연번	사고/장애종별	발생일시	개황 및 원인	원인	사망	중상	경상	지연시분합계	피해액
1	작업자 사상 (열차접촉)	’07.12.11.04:51	제1622 무궁화열차가 중앙선 석불-지평역사이 운행중 선로레일교환에 따른 본드 천공작업 중이던 작업원과 접촉, 119수배 및 부상자 구호 등 조치관계로 현장 15분간 정차 후 출발 *작업승인 시간을 초과하여 임의작업시행	미승인작업		1		00:15	0
2	작업자 사상 (전기감전)	’06.01.07.09:36	광주선 극락강-광주역사이에서 작업협의 없이 광케이블을 포설하던 민간통신업체 (주)남양통신 직원이 조가선에서 바인드 작업 중 급전선과 접촉, 감전	민간인 임의작업	1			0	23,311,030
· ·									
25	기타 (추락)	’07.05.21.16:55	가좌역 직결상선 레일 면맞춤 및 총 다지기 작업을 종료하고 선로외측에 있는 가좌정차장 공사현장을 통해 트럭이 주차된 장소로 이동중 공사장 지반침하로(추정) 동공에 추락 *한국철도시설공단이 발주하여 쌍용건설이 시공을 맡은 경의선 복선전철공사 관련 가좌정차장 작업장	노반침하		1		0	0

표 3 사고특성 분석 사례(시간지연)

연번	사고/장애종별	발생일시	개황 및 원인	원인	피해사항
1	시간지연 (선로고장)	’07.06.03.17:15	경의선 복선전철화공사 관련 가좌정차장 신설공사 터파기 작업중 공사현장의 가설옹벽이 무너지면서 경의선 가좌역구내 선로가 침하되어 경의선 열차운행 중단(한국철도시설공단 발주) *(사)한국지반공학회 조사결과 설계시 정확한 지질특성을 미반영 및 시공사·감리사의 부적절한 시공관리	시공감리 소홀	경의선 열차 운행중단 피해액: 1,352,917,110
2	시간지연 (선로지장)	’07.07.10.05:40	차단 631열차가 문단-봉화간 차단작업을 마치고 봉화역으로 돌아오던 중 자갈화차 컨베어벨트가 돌아가면서 전주2개를 접촉하여 넘어진 전주가 선로지장 *컨베이어 호퍼화차의 거치대 거치상태와 컨베어 좌우 이동방지 잠금장치 쇄정 소홀	취급부주의	피해액: 27,918,000
· ·	시간지연 (단전)	’06.12.27.15:17	경원선 주내역구내 곡선당김금구가 전차선 높이까지 수하되어 시운전 전동열차 팬터그래프와 접촉, 탈락되면서 전차선 전원공급중단 *전차선로 곡선당김금구 조정불량(시공사)	시공불량	운행중지 : 전동열차 24개 피해액: 10,881,500

3-2. 위험원 식별(hazard indentification)

사고(Accident)는 원치 않는 사건들이 손해로 귀결되는 일련의 사건이다. 위험(Hazard)은 사고를 발생시킬 수 있는 조건들이다. 위험은 오류(Failure), 이를테면 시스템이나 구성요소가 운영상의 요구사항을 충족시킬 수 없을 때인 사건이나 일련의 사건으로부터 발생한다. 이러한 오류(Failure)와 위험(Hazard)을 규명하는 작업은 안전관리활동의 기본이며 필수요소이다. 위험을 규명하지 않으면 위험도를 없애거나 줄이기 위한 구체적인 활동을 시작할 수 없게 된다. 그러나 모든 오류가 위험원인으로 귀결되는 것은 아니며 또한 위험이 사고로 귀결되는 것도 아니다. 결함허용메커니즘이라는 것은 위험원인이 발생하기 전에 한 개 이상의 오류가 요구되어진다는 것을 의미할 수 있다. 마찬가지 의미로 위험원인은 완화 행위로 인해 사고로 귀결되지 않을 수 있다.

위험원(hazard) 식별은 위험도분석 및 평가의 첫 번째 단계로서 위험원(hazard)을 도출하고 순위를 정하는 과정이다. 위험원(hazard) 도출을 실행하기 전에 관련 시스템의 영역과 시스템 주변 환경과의 상호관계를 이해할 필요가 있다. 위험원(hazard)을 도출할 때는 여태까지 도출해 보지 않았고 잠재적으로 위험원이 될 수 있는 상호작용에 대해 항상 살펴보아야 한다. 그리고 정상상태 운영 단계만으로 국한시키지 말고 설치 시점부터 유지보수, 업그레이드를 포함하여 최종 사용중지까지의 시스템 라이프사이클 모든 측면을 고려해야 한다.

표 4는 최근 8년간(2000-2007년) 발생한 열차운행선 지장공사로 인한 사고/운행장애를 분석하여 작업자 사상을 예로 들어 사건을 정의하고 위험원인을 도출하여 순위 정하여 제시한다.

표 4. 열차운행선 지장공사 작업자 사상사고 위험원 식별 작성예시

사고분류	사고유형	위험요인 1 (핵심)	위험요인 2(개인)	위험요인 3 (계획/관리)	위험요인 4 (기타환경)	피해사항
작업자 사상	열차접촉	열차감시소홀	열차접근경보 미인지	접근경보설비 미비, 안전교육 소홀	열차운행 및 작업소음	사망, 중상, 경상. 시간지연, 재산피해
			열차감시인 미배치	작업계획 및 작업자 업무분장 불명확, 안전관리 소홀	인원부족	
			열차감시업무소홀	안전관리 소홀, 개인 단독작업, 감시인 현장 이탈	감시인 작업참여	
			작업중 운행선진입	현장안전관리소홀,운행선진입 방지 방호설비 미비	인접선로 열차운행	
		무단임의작업	운행선 사전임의작업-최종열차 미확인	작업계획 및 안전교육소홀, 열차감시인 미배치, 작업안전 표지 미설치	작업시간 부족 (사전준비작업)	
			작업완료 후 임의작업-안전수칙 위반, 작업연장협의 미시행	장비/자재운반, 임의작업 통제 소홀	작업시간 부족 (뒷마무리 작업)	
	감전	급전선 접촉	외부작업자	운행선 무단작업, 전차선 지장/감전 위험성 안전교육 미비		

			장비/도구	현장 안전관리 소홀, 안전교육 소홀, 단전협의 미시행		
			작업부주의	작업자 안전교육 미흡, 단전협의 미시행		
	기타(전도)	대피불량	본인부주의(사전 대피공간 미확보)	작업자 안전교육 미흡, 열차감시인 업무 소홀, 열차대피장소 미확보	대피공간 부족	
	기타(장비충격)	장비후진 중 열차감시인 충격	장비운전자 운전부주의, 안전수칙 위반	현장 안전관리 소홀, 장비유도 소홀	작업공간 협소	
	기타(장비-열차접촉)	기중기 붐대 열차 충격	장비운전자 운전부주의, 안전수칙 위반	작업계획 및 안전교육 미흡, 작업표지 및 열차감시인 미배치	작업공간 협소	
	기타(열차/차량파손)	시공불량	터널방수공사 비계틀 시공불량(앵커볼트 체결 부족),작업규정위반	작업 후 확인 소홀, 작업 위험성 교육 미흡	작업시간 부족	
		기타	기타	기타	기타	

3-3. 위험도 분석(risk analysis)

이번 단계는 두 번째로서 사고/장애조사 자료로부터 원인과 결과를 추적하여 발생빈도와 심각도를 위험일지(hazard log)에 작성하여 위험도(risk)을 분석하는 단계이다. 위험도분석(risk analysis)의 효과적인 수행은 위험을 구성하는 것이 무엇이며, 위험을 어떻게 인식하고 어떻게 정의할 것인가를 이해하는 것이 필요하다. 또한 위험과 위험요소들을 확인하고 필요한 안전대책을 수립하기 위해서는 위험의 속성, 사고와의 관계 그리고 시스템 설계에 미치는 영향 등을 이해하는 것이 필요하다.

1) 시스템 경계 설정 : 위험분석 대상
2) 위험 확인(Hazard identification) : 위험원인 및 위험사건(Event) 판별
3) 방벽 확인(Barrier identification) : 사고확대 차단
4) 위험원 관리(Hazard management) : 위험일지(Hazard Log) 작성

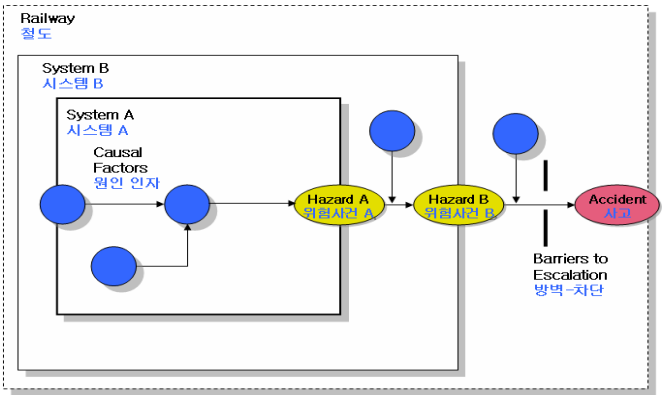

그림 3. 시스템 경계 설정 및 위험원 확인

본 연구에서 열차운행선 지장공사 관련 위험분석을 위한 시스템 경계 설정 및 위험분석 대상은 다음 3가지 공사/작업을 범위를 포함하는 것으로 하였다.

1) 운행선 인접공사(건설/개량공사, 유지보수 작업 및 점검 포함)
2) 선로차단공사(열차운행 및 전력공급 차단)
3) 철도보호지구내의 각종 외부 공사/작업

표 5는 각각의 위험사건에 대한 위험요인을 분석하여 정리한 위험일지(hazard log)를 제시한 것이다. 각각의 위험사건에 대한 위험요인 분석에서는 핵심 위험요인을 제시하고 그 배경이 되는 개인위험, 계획/관리상의 위험 및 기타 환경위험으로 구분하여 분석하였으며, 이들 위험분석 결과는 정량적인 위험도 평가를 위한 기초자료로서 이들 위험사건의 발생빈도와 결과피해를 함께 집계하여 위험원을 관리할 수 있는 위험일지(Hazard Log)를 작성해야 한다.

표 5. 철도운행선 지장공사 위험분석 및 위험일지(Hazard Log) 작성사례

사고 분류	사고 유형	위험사건	위험요인 (핵심)	위험요인(개인)	위험요인 (계획/관리)	위험요인 (기타환경)	건	사망	중상	경상	피해사항
작업원 사상	열차 접촉	열차접근 경고미인지	대피불량-상하선열차동시운행	*안전수칙위반-대피불량(선로/방향 착각)	*현장안전대책 미흡-열차감시자 배치 부적절	열차운행 및 작업 소음	1	1			0:21
직무원 사상	감전	급전선 접촉	작업자 부주의	페이트 작업시 단전조치 요청 결	임의작업 시행-급전선 인접작업 우려 단전협의 미시행-전차선 지장/감전 위험성 안전교육 미비	열차운행	1	1			0:00
시간 지연	선로 지장	터널 구조물 탈락-천장,벽	무리한 작업지시, 사전현장		철거작업불량-강지보재 미설치 철거작업 시행	터널내 작업	1				16:15 9.574,200
시간 지연	송전 고장	무단천공작업-매설케이블 손상	*철도구역무단작업	*작업부주의-매설케이블 확인없이 천공작업 시행	*무단작업시행-사전 작업협의 미시행, *현장 안전관리 소홀-외부 작업자 출입통제 소홀	운행선 인접 작업	1				3:27 8,319,648

3-4. 위험도 평가(risk assessmsnt)

위험도 평가(risk assessmsnt)는 위험사건의 발생으로 초래되는 등가 사망자의 년간 평균값을 측정하는 단계이다. 즉 집합적위험도(예상 등가사망자/년)=어떤 위험사건의 빈도(사건발생건수/년)×위험사건이 초래하는 결과심각도(예상 등가사망자/년)의 식으로 나타내며, 미리 결정된 위험도 해결 매트릭스와 같은 위험도 분류법/기법을 이용하여 평가한다.

최근 8년간 열차운행선 지장공사로 인하여 발생한 사고/장애에 대한 위험도 평가 결과를 표 6(작업자 사상사고), 표 7(시간지연-선로장애), 표 8(시간지연-송전장애)에 제시한다.

표 6. 작업자 사상사고 위험도 평가 결과

사고 유형	위험사건		건수 (8년)	사망	중상	경상	지연 (분)	년간 발생 빈도	등가사망 (인)		위험등급		
									합계	발생건당	심각도	빈도	위험지수
열차 접촉	열차 감시 소홀	열차접근경고 미인지	4	4			43	2.50 (20)	15.51	0.78	II	B	높음
		열차감시자 미배치	5	4	1		72						
		열차감시 업무소홀	7	5	2		59						
		작업중 운행선진입	4	2	2	1	49						
	무단 임의 작업	운행선사전임의작업	11	16	2	1	157	2.25 (18)	21.51	1.20	I	B	매우 높음
		작업종료후 임의작업	7	5	3	1	120						
작업자 감전	급전선 접촉 -외부작업자		8	3	5	2	115	3.63 (21)	8.62	0.41	II	B	높음
	급전선 접촉 -장비/도구		2	2	3		4						
	급전선 접촉 -작업 부주의		11	2	8	1	144						
기타	작업 전도	열차대피중 전도	2		1	1	37	2.75 (11)	8.34	0.38	II	B	보통

	장비 충격	작업장비충격	5	3	1	2							
	열차 충돌	작업장비충돌	3	1	1	10	28						
	열차 파손	터널구조물탈락	1			12							
	기타 부상	추락,전도,비산	11	3	9	2							
피 해 합 계			60	45	24	29	813	7.5	53.97	0.67	II	B	높음

표 7. 시간지연(선로장애) 위험도 평가 결과

사고 유형		위험사건	건수 (6년)	지연 (분)	년간 발생 빈도	지연 평균	위험등급		
							심각도	빈도	위험 지수
선로 고장	레일변형/파손	공사장비 선로횡단 -방향전환	3	921	1.50 (12)	91.83 (1102)	II	D	보통
	선로전환기고장	공사장비 설비손상 -기억쇠 손상	1						
		선로전환기 할출 -신호오인	4	60					
	선로침하	기초굴착작업	1	16					
		외부지장공사	3	105					
선로 지장	작업자재 선로방치	운행선 무단작업	2	51	0.75 (6)	11.33 (68)	III	D	낮음
		열차대피중 자재/도구 방치 -레일/사다리/ 손수레/작업로프	4	17					
	작업장비 고장	공사장비 방치	1	162	0.25 (2)	173.50 (347)	I	E	보통
		작업장비 고장	1	185					
	공사장비 전도	장비고정 소홀 -전주작업차	2	35	1.13 (9)	133.67 (1203)	I	C	높음
		적재불량-공사열차	1	213					
		취급부주의 -기중기붐대 회전 -기중기 이동	2	832					
		연약지반 침하 -이동/ 작업	4	123					
	시설물 전도	공사장비 접촉 -전신주 전도	2	242	0.50 (4)	62.25	II	C	보통
		작업불량 -전철주 전도 -공사안내판 전도	2	7					
	시설물 탈락	선로시설물 탈락	1	27	0.38 (3)	334.0 (1002)	I	D	보통
		전철시설물 탈락	1	975					
		터널구조물 탈락	1						
피 해 합 계			36	3971	4.50	110.30	II	C	보통

표 8. 시간지연(송전장애) 위험도 평가 결과

사고 유형	위험사건	건수 (6년)	지연 (분)	년간 발생 빈도	지연 평균	위험등급		
						심각도	빈도	위험 지수
고압케이블손상	기계작업-고압케이블손상	1	137	0.38 (3)	117 (352)	II	D	보통
	전선관노출-고압케이블손상	1	8					
	철도구역내 무단작업	1	207					
전차선단전	기중기 작업-전차선 접촉	1		1.13 (9)	71 (636)	II	C	보통
	기중기 전복-전차선 접촉	1	79					
	기중기 붐대-전차선 접촉	2	137					
	백호우 붐대-전차선 접촉	2	47					
	백호우 작업-전차선 접촉	1	90					
	펌프카 타설-전차선 접촉	1	283					
	트럭적재함-전차선 접촉	1						
전차선 접촉 (외부시설물)	CCTV케이블 탈락-전차선 단전	1	70	0.50 (4)	68 (272)	II	C	보통
	유선방송케이블-전차선단전	1						
	전화선-전차선 단전	1	18					
	터널방수공사-전차선 단전	1	184					
전차선 파손	보선장비 배기열	1	85	1.13 (9)	63.11 (568)	II	C	보통
	암반발파 파편	1						
	전차선 이설-균압선 처짐	1	60					
	전철보수장비 팬터상승 한체 가압구간 진입	1	112					
	전차선 작업-방호관 미체결	1						
	콘크리트 누설	1	63					
	기계작업시 전철주 파손	1	159					
	단로기 취급 불량	1	22					
	브라킷드종단부 이격	1	67					
피해합계		**25**	**1828**	**3.13**	**73 (1828)**	**II**	**C**	**보통**

3-5. 위험도 관리기준(Risk Acceptability Criteria) 설정

철도사고의 결과는 인명사상과 재산의 손실로 나타난다. 따라서 위험도는 사회나 단체가 허용하는 수준으로 관리되고 허용되어야 한다. 철도시스템에서 위험도는 인명에 대한 사상에 초점이 맞춰져 있다. 이는 인명에 대한 보호가 충분하다면, 환경이나 기타 다른 요소들의 보호는 충분하다는 가정 하에 출발한다.

본 연구에서 수행한 철도운행선 지장공사 관련 위험도 정량화는 인명손실과 시간지연에 대한 위험도로 구분하였다. 사상사고에 대한 위험도 관리기준은 표 9과 같은 위험등급 Matrix를 구성하여 심각도(등가인명손실)와 Frequency(발생횟수)에 대한 등급기준을 정의하였고, 시간지연에 대한 위험도 관리기준은 표 10과 같이 정의하였다.

표 9. 인명손실에 관한 위험등급

구분		빈도(Frequency)				
		월 1회이상 (A)	월 1회 미만 6개월 1회 이상 (B)	6개월 1회 미만 년 1회 이상 (C)	년 1회 미만 5년 1회 이상 (D)	5년 1회 미만 (E)
심각도 (등가인명 손실)	1.0 이상/건 (I)	매우높음	매우높음	높음	보통	보통
	0.2이상 1.0미만/건 (II)	매우높음	높음	보통	보통	낮음
	0.05이상 0.2미만/건 (III)	높음	보통	보통	낮음	매우낮음
	0.05 미만/건 (IV)	보통	보통	낮음	매우낮음	매우낮음

* 등가인명손실 환산기준 = 1인 사망 = 10인 중상 = 200인 경상

표 10. 시간지연에 관한 위험등급

구분		빈도(Frequency)				
		월 1회이상 (A)	월 1회 미만 6개월 1회 이상 (B)	6개월 1회 미만 년 1회 이상 (C)	년 1회 미만 5년 1회 이상 (D)	5년 1회 미만 (E)
심각도 (평균열차 지연손실)	2시간 이상/건 (I)	매우높음	매우높음	높음	보통	보통
	30분 이상 2시간미만 / 건 (II)	매우높음	높음	보통	보통	낮음
	10분 이상 30분 미만 / 건 (III)	높음	보통	보통	낮음	매우낮음
	10분 미만 (IV)	보통	보통	낮음	매우낮음	매우낮음

4. 결론

본 논문에서는 '철도 운행선 지장공사의 위험도 평가 절차"를 수립하기 위하여 최근 8년간(2000~2007년) 발생한 한국철도공사 및 철도시설공단의 철도운행선 지장공사에 대한 사고발생 이력으로 부터인명피해를 초래한 사상사고와 시간지연을 초래한 철도운행장애로 나누어 위험요인을 분석하고 위험사건을 정의하여 각각의 위험사건에 대한 위험도를 정량적으로 평가하였으며, 위험도 관리기준을 설정하기 위한 Risk matrix의 구성 사례를 제시하였다.

위험도(risk) 평가(assesment)는 위험요인(hazard)을 식별(identification)하고, 개별 위험요인의 발생확률(frequency)과 피해심각도(severity)를 산정하여 위험도 경감대책의 효율성을 평가하는 논리적인 절차로서, 기존 철도운영이나 시스템 또는 여러 대안들에 대한 안전성능을 평가하는 작업을 총칭한다. 향후 철도 운행선 지장공사 관련 기관에서 본 연구 성과를 활용하여 위험도 평가를 주기적으로 수행하고, 관련 위험도를 적정수준으로 관리할 수 있는 비용-효과적인 안전개선 대책 수립에 기여할 수 있기를 기대한다.

5. 참고문헌

1. 왕종배, 박주남, 박찬우, 곽상록(2005), "철도운행선 지장공사 사고위험 분석 및 위험도 평가체제 구축 연구" 한국안전학회

2. 왕종배, 박주남, 박찬우, 곽상록(2006), “철도운행선 공사의 위험도 평가절차 수립연구 ” 한국철도학회
3. 김상암, 왕종배, 곽상록, 이동하, “위험도 평가기법을 적용한 철도시스템의 안전관리”
4. 박범진, 이종갑(2004). “해양위해도 통합관리시스템 프레임웍” 선박해양기술 제37호
5. 왕종배(2005), 철도종합안전기술개발사업 연구보고서, “철도사고 위험분석 및 위험도 평가체계 구축”
6. 왕종배(2005), “위험도 평가기반의 철도안전관리 선진사례 및 기술동향”, 한국철도기술 제1권 1호
7. RSSB(2004), “Profile of Safety Risk on the UK MainlineRailway", issue 3,
8. US DOT(1993), "Military Standard : System Safety Program Requirements", MIL-STD-882C
9. 영국 Railway Safety(2002), Guidance on the Preparation of Risk Assessments within Railway Safety Cases Railway Group Guidance Note(GE/GN8561)
10. ISO/IEC(1999), "Safety Aspect-Guideline for their inclusion in standards.
11. Engineering Safety Management(The Yellow Book) Voiume 2, "High-level for projects"