

철도운행선 지장공사의 위험요인 분석에 관한 연구

A Case Study on Hazard Analysis for Works On or Near the Line

박주남* 왕종배** 박찬우*** 곽상록***
Park, Joonam Wang, Jong-Bae Park, Chan-Woo Kwak, Sang-Log

ABSTRACT

Railway works on or near the line, or trackside works, typically have high potential of accidents, as the works have to be frequently performed during the train operation. In order to reduce the risks associated with the railway trackside works effectively, a systematic risk assessment must be performed considering the hazards that contribute to the accidents. In this study, hazards are identified for railway trackside works by analysing data from Korea Railroad for accidents that have occurred between the year of 2000 and 2006. The hazard list produced in this study is expected to be effectively used for the risk assessment of the trackside works.

1. 서 론

철도 공사는 토목, 건축, 전기, 궤도 등 복합공사의 특성을 가지고 있으며 특히 철도운행선 지장공사의 경우에는 운행 중인 열차 선로 주변에서 실시하는 작업이라는 점에서 인명손실 등의 안전사고 발생 가능성이 상대적으로 높다고 할 수 있다. 실제로 매년 철도운행선 지장공사 중 사상사고 및 열차운행장애가 꾸준히 일어나고 있으며 이에 대한 대책 수립도 지속적으로 행해지고 있으나 이러한 대책 수립을 위한 근거 수립에 있어서는 단순한 사고 통계에만 의존하는 실정이다. 보다 효율적인 사고예방을 위해서는 사고의 종류 및 원인을 체계적으로 분석하고 이에 따른 위험원을 식별한 후 그 빈도와 심각도를 평가해서 도출된 위험도에 기반을 둔 대책을 수립하여야 한다.

본 연구에서는 최근 6년간 (2000 ~ 2006년) 발생한 한국철도공사 및 철도시설공단의 철도운행선 지장공사 관련 사고/장애 자료를 인명피해를 초래한 사상사고와 시간지연을 초래한 철도운행장애로 나누어 사고종류별 사고/장애를 초래하는 위험사건에 대한 위험요인을 도출하였다.

2. 철도운행선 지장공사 사고발생 현황

일반적으로 철도 사고/장애로 인한 피해는 ①사망, 중상과 같은 인적피해, ②열차지연과 같은 시간손실, ③시설물, 차량피해와 같은 물적피해, ④열차의 신뢰성 저하, 환경피해와 같은 간접피해 등의 측면에서 분석이 가능하다. 본 연구에서는 철도운행선 지장공사와 관련한 사고/장애 발생현황과 그에 따른 인적피해와 시간손실 분석 결과를 종합하여 <표 1> 및 <그림 1>에 제시한다.

*책임저자, 한국철도기술연구원 선임연구원, 정희원

E-mail: jnpark@krri.re.kr

TEL: (031)460-5293, FAX: (031)460-5293

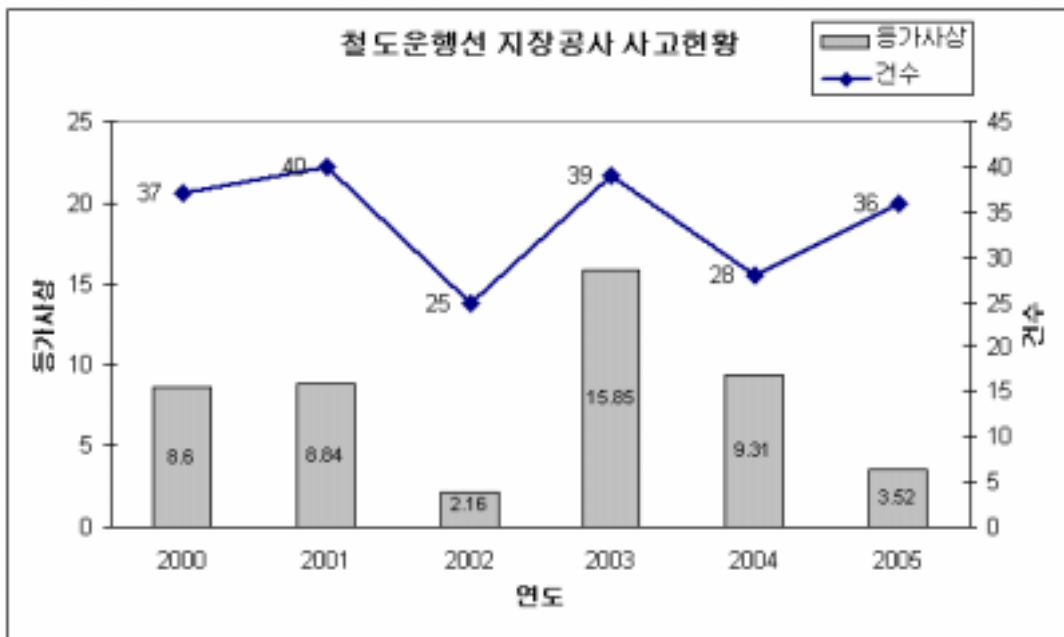
**한국철도기술연구원 책임연구원, 정희원

***한국철도기술연구원 선임연구원, 정희원

<표 1> 철도운행선 지장공사 관련 사고/장애 발생 및 피해 현황

년도	발생빈도 (건)	인명피해				시간손실 (지연시분)	비 고
		등가사망(명)	사망	중상	경상		
2000년	37	8.60	8	6	0	48:12	등가사상 환산기준 = 1인 사망 =10인 중상 =200인 경상
2001년	40	8.84	8	8	7	40:07	
2002년	25	2.16	2	1	12 ^{*(1)}	25:13	
2003년	39	15.85	15 ^{*(2)}	5	70 ^{*(3)}	52:27	
2004년	28	9.31	9	3	2	55:25	
2005년	36	3.52	3	5	4	49:06	
합계	205	48.28	45	28	95	270:03	
년평균	34.17	8.05	7.5	4.67	15.83	46.44	

- ※ (1) 여객사상(2002. 8. 26) : 호남선(두계-개태사역) 터널관널탈락-객차파손, 경상12명)
 (2) 공중사상(2003. 2. 15) : 호남선(신태인 고성천교량) 불법통행-열차접촉, 사망7명, 경상1명)
 (3) 열차탈선(2003. 5. 30) : 호남선(계룡육교) 육교거더선로추락-열차탈선, 중상3명, 경상58명



<그림 1> 철도운행선 지장공사 사고/장애 발생추이

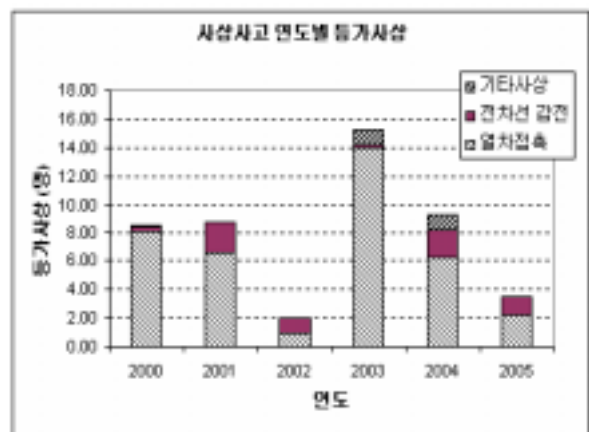
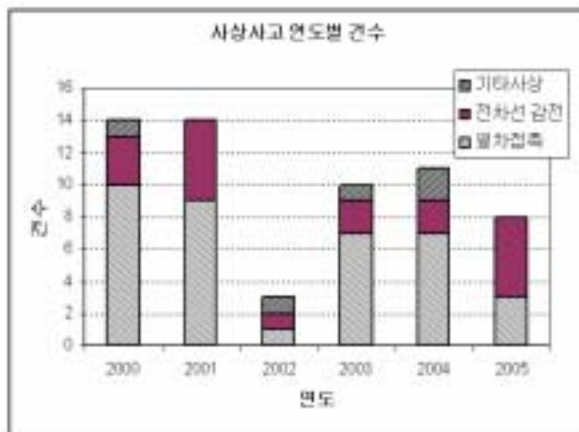
최근 6년간 철도운행선 지장공사와 관련한 사고가 총 205건이 발생하였으며, 년 평균 34건 정도의 사고가 지속적으로 발생하면서 약 8명의 등가사망 피해를 나타내고 있다. 특히 2003년에는 호남선 신태인 고성천 교량에서 선로무단통행 작업자의 열차접촉과 계룡육교 철거공사 중 거더의 선로추락에 의한 열차탈선사고 등 총 39건의 사고가 집중적으로 발생하여 약 15.85명의 최대 인명피해(사망 15명, 부상 75명)가 발생한 이후 년차별로 점차로 인명피해는 감소추세에 있지만 사고발생은 년평균 34.17건 정도가 지속적으로 발생하고 있다.

또한 사고발생에 따른 시간손실은 사고로 인하여 열차운행지장을 초래한 시간을 집계한 것으로서, 년 평균 46.44시간의 시간손실이 초래되고 있으며, 특히 2003년 이후 철도 전철화 및 각종 안전보안 개량공사의 전철전력설비나 신호보안장치의 고장 등이 열차운행지장의 주요 원인으로 작용하면서 년차별로 년 평균 46.44시간의 시간지연 피해가 발생하고 있으며 년차별로 점차로 증가하는 경향을 나타내고 있다.

본 연구에서는 철도운행선 지장공사 관련 사고를 크게 사상사고와 운행장애로 구분하였으며, 각각의 사고유형에 대한 주요 위험사건의 년도별 발생현황 및 해당 위험요인을 분석하였으나, 그 분량이 많아 본 논문에서는 사상사고에 대한 위험요인 분석 결과만을 제시하였다. <표 2> 및 <그림 2>는 최근 6년간 철도운행선 지장공사와 관련하여 발생한 총 60건의 사상사고 발생현황을 분석한 것으로서, 년 평균 10건의 사고가 발생하여 약 8명의 등가사망 피해가 나타나고 있다. 주요 사고원인으로는 운행선 또는 인접 현장에서의 무단작업이나 작업자의 부주의에 기인한 열차접촉사고(발생 37건, 등가사망 38명)와 전차선 감전사고(발생 18건, 등가사망 7.1명)가 사상사고의 대부분을 차지한다.

<표 2> 철도운행선 지장공사 사상사고 발생현황

사고유형	종합		2000		2001		2002		2003		2004		2005	
	건수	등가사상	건수	등가사상	건수	등가사상	건수	등가사상	건수	등가사상	건수	등가사상	건수	등가사상
열차접촉	37	38.22	10	8.2	9	6.61	1	1.0	7	14.01	7	6.2	3	2.2
전차선 감전	18	7.13	3	0.3	5	2.21	1	1.0	2	0.2	2	2.1	5	1.32
기타 사상	5	2.21	1	0.1	0	0	1	0.06	1	1.04	2	1.01	0	0
합 계	60	47.56	14	8.6	14	8.82	3	2.06	10	15.25	11	9.3	8	3.52



<그림 2> 철도운행선 지장공사 사상사고 발생추이

3. 철도운행선 지장공사 사상사고 위험요인 분석

철도운행선 지장공사 관련 사상사고는 작업자 열차접촉, 작업자 감전사고 및 기타 사고로 발생 유형을 구분할 수 있다. 유형별 사고발생 빈도가 가장 높은 위험사건은 열차감시 소홀에 의한 작업자 열차접촉 사고(년평균 3.17건)와 작업자 감전사고(년평균 3건)가 발생하였고, 피해심각도가 가장 높은 위험사건은 무단입의작업으로 사고발생 1건당 1.26명의 등가인명사망이 발생하고 있다.

철도운행선 지장공사 관련 사상사고를 초래하는 사고유형별 위험사건을 정의하고, 각각의 위험사건에 대한 핵심 위험요인을 개인위험, 계획/관리상의 위험 및 기타 환경위험으로 구분하여 분석한 결과를 아래에 제시한다.

<표 3> 사상사고 - 작업자 열차접촉 위험사건 정의 및 위험요인 분석

위험사건	위험요인(핵심)	위험요인(개인)	위험요인(계획/관리)	위험요인(기타환경)
열차 접근 경고 미인지	*소음환경-경고 연락설비 미비 *안전수칙위반 -열차확인 소홀 -열차운행 반대 방향작업 *상하선열차 동시 운행 -선로/방향착각	*안전수칙위반 -열차확인소홀 -열차운행 반대방향 작업/통행 -대피지연/방법불량 (선로/방향 착각) -개인보호장비착용 (무전기)	*현장안전대책 미흡 -소음환경대비 경보연락 설비 미흡 -열차감시자배치 부적절 *사전 현장위험확인 소홀 -위험요인 확인 미흡	*열차운행/작업 소음 *상하선열차 동시운행 -경보/연락설비 미비
열차 감시자 미배치	*무단작업 시행 -작업/운전협의미비 *개인단독작업허용 -열차확인 소홀 -열차운행 반대 방향작업 -안전장비미착용 *급곡선부투시지장 *상하선열차 동시 운행	*안전수칙위반 -열차확인소홀 -운행열차 반대방향 작업/통행 -대피지연/방법불량 -개인보호장비미착용 (야광조끼)	*무단작업시행-사전작업/운전협의 미시행 *작업전 안전관리소홀 -현장 위험확인 소홀 -개인안전장비 미확인 *현장안전대책 미흡 -개인단독작업 허용 -열차감시자 미배치 *작업중 안전관리소홀 -개인단독행동 미통제	*급곡선부 투시지장 *단선구간-양방향운행 *상하선열차 동시운행 *작업자안전교육 미비 -운행선지장우려공사 위험성, 열차대피방법 *야간작업 안전방호 설비 미비
열차 감시 업무 소홀	*열차감시 소홀 -열차확인소홀 -대피지연/불량 *감시업무소홀 -감시자 현장이탈 -감시자 작업참여	*안전수칙위반 -열차운행확인소홀 -대피지연/방법불량 -방호장비사용미흡 -개인보호장비미휴대 *열차감시업무 소홀 -열차감시자현장이탈 -열차감시자작업참여	*사전 작업/운전협의소홀 *현장 안전관리 소홀 -열차감시자 통제 소홀 -열차감시자 현장이탈 -열차감시자 작업참여 *현장 안전대책 미흡 -방호설비사용교육미흡 -소음환경/취약구간대비 경보연락설비 미흡	*터널 근접구간 -열차감시/경보연락 방법 개선 *상하선열차 동시운행
작업중 운행선 진입	*부주의한 행동 *열차통과미확인	*안전수칙위반 -부주의한 행동 *안전수칙위반 -대피중 열차통과 확인소홀	*현장안전관리 미흡 -열차감시 소홀 -운행선 진입방지 방호설비 미비 *현장안전관리소홀 -개인입의행동 미통제	*작업자안전교육 미비 -운행선지장우려공사 위험성
운행선 사전 입의 작업	*운행선 장비/자재 운반	*안전수칙위반 -운행선 장비/공구 운반 -열차운행 반대방향 이동 -대피지연/방법불량	*사전입의작업 시행 -작업/운전협의 미시행 *현장안전대책 미흡 -열차감시자 미배치 *현장안전관리 소홀 -개인입의행동 미통제 -장비/도구 휴대이동에 따른 안전조치 소홀	*상하선열차 동시운행 *외부작업자 안전교육 미비 -운행선지장우려공사 위험성 -철도작업초보자 안전교육 미비

	*운행선 무단작업 -터널구간 -교량구간	*안전수칙위반 -열차확인소홀 -대피지연/방법불량 -개인보호장비미휴대 (무전기, 야광조끼) -운행선장비작업시행 -열차운행 반대방향 이동	*사전입의작업시행 -작업/운전협의 미실시 *현장안전대책 미흡 -열차감시자 미배치 -원격지(2km)열차감시 /경고연락체계 미흡 *현장안전관리 소홀 -감리/감독 현장 미상주 -개인단독작업 허용	*터널구간-열차감시/ 경보연락 방법 개선 *교량구간-열차대피 미비
	*사전입의작업 -최종열차미확인 -열차변경미확인		*사전입의작업 시행 -작업/운전협의 미실시 -열차운행 변경상황 미확인	
작업 종료후 입의 작업	*운행선 장비/자재 운반	*안전수칙위반 -운행선 장비/공구 운반 -개인입의행동 -선로무단횡단 -반대방향 통행 -열차확인 소홀 -장비/인원 미철수 작업종료 통보	*종료후 입의작업 시행 -작업/운전협의 미시행 -부당한 작업지시 -작업연장 미통보 *현장안전관리 소홀 -위험작업 미통제 -열차감시자 미배치 -개인입의행동 미통제 *작업후 안전점검 소홀 -선로출입문 개방 *현장미철수작업종료보고	*외부작업자 안전교육 미비-운행선지장공사 위험성
	*운행선 무단작업			
	*운행선 무단횡단			
	*장비/인원 미철수 종료보고			

<표 4> 사상사고 - 작업자 전차선 감전 위험사건 정의 및 위험요인 분석

위험 사건	위험요인(핵심)	위험요인(개인)	위험요인(계획/관리)	위험요인(기타환경)
급 전 선 접 촉 - 외 부 작 업자	*운행선 무단작업 -무단계측작업 -무단측량작업	*안전수칙위반 -전차선 인접 위험작업	*운행선 무단작업 -사전업무협의 소홀 -단전협의/조치 미실시 *현장 안전관리 소홀 -경고/위험표지 미설치 -열차감시인 미배치 -현장관리감독 부재 -위험작업 미통제 *작업자 안전교육미비 -전차선지장/감전위험성	*산업안전기준에관한규칙 제35조 특별고압활선 근 접작업에 따른 표지판(접 근한계거리 30cm이상) 설치 및 감시인 배치 위 반
	*전차선근접작업 -한전 전주	*안전수칙위반 -작업부주의 (안전띠 접촉)	*사전 작업협의 미시행 -업무/단전협의 미실시	*외부작업자 안전교육 미비-전차선지장우려 작업 위험성
	*건널목 통행위반 -공사장비 통과	*안전수칙위반 -장비에 올라탄 채 건널목 통과	*현장안전관리 소홀 -사전 위험확인 미흡 -작업통제 소홀	
급 전 선 접 촉 - 장비/도 구	*전차선부근 장비/도구 운반	*작업부주의 -장비취급 불량 *안전수칙위반 -운행선 장비운반	*현장안전관리 소홀 -개인입의행동 미통제 -고소작업안전조치미비 *작업자 안전교육미흡 -작업변경사항 미전달	*작업자안전교육 미흡- 전차선지장우려작업 감전위험성

			*작업계획 변경관리 소홀 -계획변경 관계처미통보	
	*전차선 부근 장비작업 -펌프카 붐대	*작업부주의 -장비운전취급 불량	*지장우려공사 무단작업 *사전업무/차단협의소홀 -전력차단조치 미실시	
급 전 선 접 촉 - 작 업 부 주의	*전차선 보수작업 -부급전선접촉 (귀선전류) -인접전차선 접촉 -전차선접촉/추락	*안전수칙위반 -부급전선 귀선전류 감전위험성 무시 *본인부주의 -전차선활선상태실념 -작업중 전차선접촉 *개인안전설비 미착용 -감전 추락	*임의작업 시행 -전차선 접촉우려작업 사전 업무계획/차단협의 미시행	*작업자안전교육 미흡- 전차선지장우려작업 감전위험성
	*전차선부근 고소작업 -철제파이프 접촉 -강관 접촉 -모자접촉	*작업부주의 *안전수칙위반 -안전설비 미사용 -전차선감전우려 위험작업 단독수행	*임의작업시행 -전차선 지장우려작업 사전 업무/단전협의 미실시 *현장안전관리 소홀 -고압 위험표지 미설치 -감시인 미배치	

<표 5> 사상사고 - 기타 사상사고 위험사건 정의 및 위험요인 분석

위험 사건	위험요인(핵심)	위험요인(개인)	위험요인(계획/관리)	위험요인(기타환경)
열차 대피중 진도	*본인부주의 -열차확인소홀 -대피지연/불량 *소음환경 -접근경보 미인지	*본인부주의 -대피불량 *안전수칙위반 -열차접근 미확인 *안전교육 미흡	*임의작업시행 -사전 업무/운전협의 미실시 *현장안전대책 미흡 -소음환경대비 경보연락 체계미흡 *현장안전관리소홀 -감리/감독 현장 미상주	*소음환경 -열차운행소음 -장비소음(착암기)
작업 장비 충격	*장비취급부주의 -장비후진 작업자 충격(열차감시원) *본인부주의	*안전수칙위반 -장비운전자 운전취급 불량 *본인부주의	*현장안전대책 미흡 -장비유도 소홀 *장비운전자안전교육미흡	*외부업체 장비운전자 안전교육미흡-운행선 지장우려공사 위험성
작업 장비 열차 충격	*장비취급부주의 -기중기붐대 회전 (열차접촉)	*안전수칙위반 -장비운전자 운전취급 불량 *장비운전자 안전교육 미비-운행선지장우려 공사 위험성	*사전작업/운전협의 소홀 -작업/차단협의 미시행 *현장안전대책 미흡 -열차감시자 미배치 -안전(보조)요원 미배치 -소음환경대비 경보연락 체계미흡 *현장안전관리소홀 -장비작업자 단독작업 -감리/감독 현장 미상주	*공사계약 위법성 -공동도급 부당입찰 -감리원 묵인
터널	*시공불량	*시공불량	*사전업무/운전협의 소홀	

구조물 탈락	-터널설치 판넬 탈락 *작업계획부실 -작업시간부족	-앵커볼트 부족체결	-운전협이지연 -작업시간 부족 *작업후 안전확인 소홀 -위험상태 방치	
작업 구간 열차 진입	*장비운전원 음주 *열차감시소홀	*안전수칙위반 -장비운전원 음주 -전도주시 소홀	*안전관리 소홀 -운전적합성검사 소홀 *현 장안전대책 미흡 -집단작업 열차감시 /안전요원 미배치	*집단작업 안전관리 미비 *현장안전교육 미시행- 장비운전상황 미전달

4. 결 론

본 논문에서는 철도운행선 지장공사 관련사고 중 사상사고에 대하여 사고 현황분석 및 위험사건을 정의하였으며 그에 따른 위험요인을 분석하였다. 이 결과는 철도운행선 지장공사 사고에 대한 위험분석에 직접적으로 이용될 수 있으며 철도운행선 지장공사 관련사고의 효율적 예방에 기여할 수 있다.

5. 참고문헌

- [1] 한국철도기술연구원, “철도사고 위험요인(PHA) 분석기술 개발 1차년도 연차 보고서”, 2005.8.
- [2] RSSB, “Profile of Safety Risk on the UK MainlineRailway”, issue 3, 2004.
- [3] 한국시설안전기술공단, 한국철도기술연구원, 한양대학교, “철도건설 안전제도의 문제점 및 개선방안 연구 보고서”, 2006. 9.