

한국철도의 위험도 평가방안에 관한 연구

Risk Assessment for Railway Related Accidents in Korea

오주택¹ · 최은수²

Jutaek Oh · Eunsoo Choi

Abstract

This paper presents the procedures and the results conducted by the proposed one for the risk assessment based on the accident statistics in the Korean railway. Approximately 1200 accident data were used for this study, and risk models were developed to describe the potential hazards. A risk assessment was conducted using the potential problem analysis technique qualitatively. Additionally, this study performed a regional risk assessment. The results of this study showed that the risks for collisions between trains and derailment are relatively low. However, grade crossing and public accident and accidents of workers on tracks take high risks. A large number of accidents is concentrated on the three regions such as Suwon, Chunan, and Chungurangi.

Keywords : Track(궤도), Accidents(사고), Risk(위험도), Frequency(빈도), Severity(심각도)

1. 서론

사고에 대한 올바른 이해는 사고 발생의 원인과 결과에 대한 올바른 분석을 통해서만 이루어질 수 있다[1]. 특히, 원자력, 정유, 항공 및 철도 등과 같은 고위험(high-hazard)의 산업에서는 사고 위험도에 대한 적절한 분석을 통한 체계적인 안전관리가 무엇보다 우선시 되어야 한다. 우수하게 구축된 안전관리체계는 사고위험의 발생확률을 매우 낮은 수준으로 유지할 수 있으며, 이러한 고위험 산업들에 대한 안전관리는 도로교통과 같은 복잡한 인간활동을 포함한 분야에 비해 안전관리체계의 결과를 보다 효율적으로 나타낼 수 있다. 이는 일본의 신간선의 고속열차가 지난 35년 동안 열차충돌이나 탈선에 의한 인명사망사고가 전혀 없었던 사실에서도 찾아볼 수 있다.

따라서 새로운 위험 또는 복잡한 사고를 발견하고, 이들을 제어하기 위해서는 안전에 대한 경계가 항상 필요하다. 이는 잠재적 결과가 심각한 사고는 단 하나의 부품이나 시스템의 손상/파손으로도 대형사고로 발전할 수 있기 때문이다. 하지만, 이러한 사고의 경우, 과거에 동일한 사고가

발생하지 않았거나 발생빈도가 적을 수 있기 때문에 만족할 수준의 안전관리마련은 그리 간단한 일이 아니다. 또한, 잠재적으로 발생 가능한 사고 및 결과에 대한 부적절한 분석은 안전관리에 심각하게 악영향을 미칠 수도 있다. 따라서 시스템운영의 안전성에 영향을 미치는 모든 위험요소는 인식되어야 하며, 이러한 인식은 현재 성취 가능한 것 이어야 한다. 즉, 어떠한 산업분야에서 안전을 추구함에 있어 가용한 자원은 한정적이므로, 이 한정된 자원을 가지고 안전관리에 가장 효율적인 방법으로 활용할 수 있는 방안을 마련해야 한다.

철도사고의 경우 그 발생빈도가 산발적이고 모든 가능한 사고에 대한 위험도 평가에 대한 적절한 기초를 제공하기 힘들다. 더구나 심각한 결과를 초래하는 사고의 경우는 더욱 그렇다. 따라서 위험도 분석기법이 연구방법으로 채택되어 사용되고 있다. 위험도 분석은 전체 시스템-본 연구에서는 한국철도 전체-을 검사함으로써 잠재적 원인 및 사고의 기여인자들을 발견하는데 일차적인 목적이 있다. 본 연구에서 선택한 방법은 정성적 위험도 분석(qualitative risk analysis)으로 잠재적 위험(potential hazard)의 빈도가 카테고리 스케일(category scale)로 개략적으로 평가한다. 전통적인 위험도 분석에서는 각 사고의 빈도는 확률적인

1 교통개발연구원 책임연구원

2 정회원, 철도기술연구원 선임연구원

기법에 의해서 계산하지만, 본 연구에는 적용범위가 넓고 정량적 분석에 의해서 요구되는 추가작업의 한계로 인하여 먼저 정성적인 분석을 실시하고자 한다.

이 연구의 목적은 한국철도에 있어 다음의 것을 제공함에 있다.

- ① 잠재적인 위험상황의 설명
- ② 잠재적 사고의 체계적 설명
- ③ 여러 사고유형에 대한 위험도 평가

2. 국내 철도사고 분석

국내에서 발생하는 철도사고의 유형을 살펴보면, 차량의 탈선이나 충돌과 같은 차량이나 궤도의 구조적인 문제에 의해서 발생한 사고의 빈도는 상대적으로 낮는데 반해, 건널목 사고, 궤도작업 중 발생하는 사고 및 여객·공중사상 사고는 국내 철도사고의 다수를 차지할 정도로 높은 발생률을 나타내고 있다. 또한 국내 철도사고는 특정지역서 집중적으로 발생하는 형태를 보이고 있는데, 철도청 산하의 16개 시설사무소의 지난 8년 간의 사고현황을 살펴보면 환산사망자수의 비율이 수원 26%, 천안 10%, 그리고 청량리 시설사무소가 45%를 차지하고 있어 전체의 81%를 차지하고 있다. 그림 1에서는 각 시설사무소별 1995년부터 2002년간 발생한 철도사고의 빈도를 사고 심각도 별로 나타낸다.

그림 1에서 보듯이 철도사고는 일반 도로사고와는 달리 중상이상 사망 등의 심각한 사고를 유발시킴을 알 수 있다. 특히, 전체 철도사고의 81%를 차지하는 수원, 천안, 청량리의 세 지역의 사고유형을 살펴보면, 수원시설사무소의 경우 여객·공중사상 사고가 압도적이며, 천안 시설사무소의 경우는 건널목 사고, 그리고 청량리 시설사무소의 경우는 위

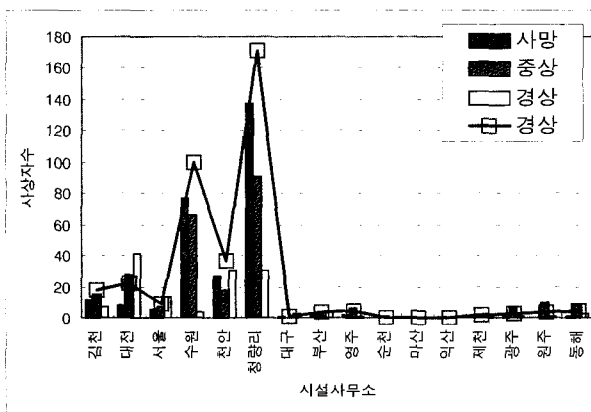


Fig. 1. 시설사무소 별 사상자수 및 환산사망자수

Table 1. 세 지역 시설사무소의 사고유형별 사상자 수

시설 사무소	사고 유형*	사망	중상	경상	환산 사망
수원	A	0	0	0	0
	B	0	0	0	0
	C	0	35	0	12
	D	7	8	3	10
	E	9	1	1	9
	F	61	22	0	68
천안	A	0	0	0	0
	B	0	0	0	0
	C	0	0	0	0
	D	25	15	16	32
	E	2	3	14	5
	F	0	0	0	0
청량리	A	0	0	0	0
	B	0	0	0	0
	C	0	0	0	0
	D	64	53	17	84
	E	3	8	5	6
	F	70	28	8	80

*사고유형의 정의는 [4.3 위험도평가]를 참조바람.

의 두 사고유형이 비슷한 사망자수를 보여주고 있다.

또한 작업 중 사고는 건널목 사고나 공중사상사고에 비해 현격히 적은 발생율을 보이고 있다. 이러한 사고경향을 볼 때, 철도청에서는 전체 철도사고의 다수를 차지하는 이들 세 지역에서 만이라도 건널목사고 및 여객·공중사상 사고 등을 줄일 수 있는 종합적인 대책을 마련한다면 국내 철도 사고의 발생을 감소시키는데 큰 기여를 할 것으로 판단된다. 표 1은 위 세 지역 시설사무소의 사고유형별 사상자 수 및 환산사망자 수를 보여주고 있다.

3. 사고 위험도 평가 방법

궤도사고의 정성적 위험도를 평가하기 위해 본 연구에서 채택한 방법은 Potential Problem Analysis[2] 기법을 응용한 철도사고 위험도 평가기법이다[3]. 일반적인 위험도 분석의 절차는 그림 2에 나타나 있다. 하지만 본 연구에서는 수집 가능한 자료의 한계로 인해 공식적 평가가 이루어지기 힘든 위험도 감소 대책(box 7)과 비용-편익 분석(box 8)은 본 연구에서 생략되었다. 다른 절차의 내용들은 아래에 간단하게 설명되어 있다.

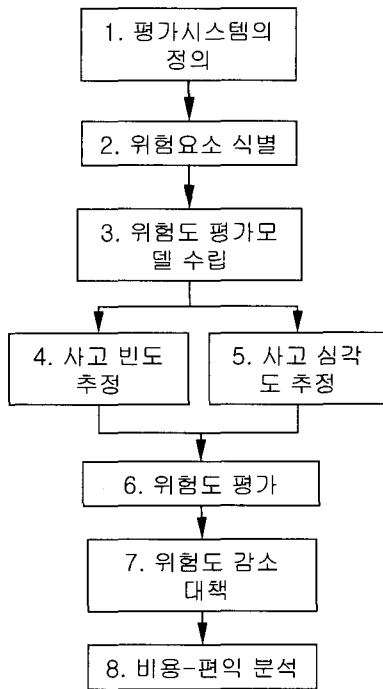


그림 2. 위험도 분석절차

3.1 평가대상시스템의 정의(Definition of Target System)

본 연구는 한국철도의 움직이는 차량과 관련된 사고 및 위험스런 상황을 포함하는 것으로 연구범위를 제한한다.

3.2 위험요소 식별(Identification of Risk Sources)

이 과정에서는 여러 가지 사고와 위험상황이 발견되어진다. 이를 위해서 핵심단어를 사용하여 사고요인을 분리한

다. 예를 들면, 작동의 종류, 궤도의 위치, 교통제어, 사고종류, 통신, 작업환경, 인적요인 및 조직 등이 있을 수 있다.

3.3 위험도평가모델 수립(Determination of Risk Model)

위험모델은 초기사건이 중간사건을 거쳐 사고로 이어지는 연결자로서 하나의 그룹으로 규정된다. 따라서 각 사고종류는 여러 개의 중간사건이 있을 수 있고, 각각의 중간사건은 또한 여러 개의 초기사건을 가질 수 있다. 이것은 개략적으로 그림 2에 설명되어 있다. 중간사건은 실제 사건 이라기 보다는 사고의 하부분류처럼 보인다. 이러한 모델의 목적은 실제적으로 가능한 잠재적 사고를 담당하고, 사고-원인의 역학관계를 규명하며, 각 사고와 관련된 위험도를 평가하는데 필요한 정보를 주는데 있다[4].

3.4 사고빈도 및 심각도 추정 (Estimation of Accident Frequency and Severity)

이 과정에서는 사고빈도 및 각 사고의 심각도가 평가되어진다. 아래에 5개의 사고분류가 있다.

- ① 탈선(Derailments)
- ② 열차충돌(Collision between trains)
- ③ 건널목 사고(Accidents at grade crossing)
- ④ 여객사고(Passenger accidents)
- ⑤ 궤도작업사고(Accidents concerning work on track)

사고빈도는 5단계로 분류하였다.

- ① 100년 동안에 한번보다 작게 발생 : less than 0.01

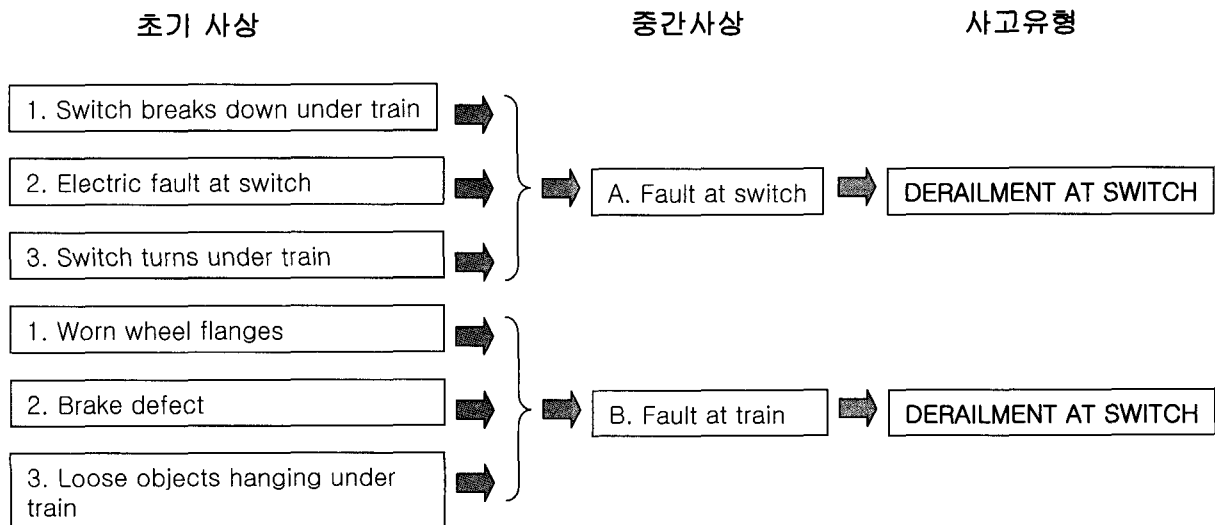


그림 3. 위험모델 작성과정

event/year

- ② 10-100년 동안에 1회 발생 : 0.01-0.1 event/year
- ③ 1-10년 동안에 1회 발생 : 0.1-1.0 event/year
- ④ 1년 동안에 1-10회 발생 : 1.0-10 event/year
- ⑤ 1년 동안에 10회 이상발생 : At least 10 event/year

사고의 심각도는 인명손상과 재산손해를 분리하여 평가하였다. 인명손상의 경우 4단계의 분류가 있고, 재산손해는 3단계의 분류가 있다.

- 인명손상의 4단계 분류
 - ① 1-2명의 경상
 - ② 1-2명의 중상 또는 5-6명의 경상
 - ③ 1-2명의 사망 또는 5-6명의 중상
 - ④ 3명 이상의 사망
- 재산손해의 3단계 분류
 - ① 경손해(minor damage) : 현장에서 복구가 가능하고 교통에 방해가 안됨.
 - ② 중간손해(moderate damage) : 부품의 교체가 필요하며, 차량은 차고의 수리가 요구되고, 간단한 교통방해가 발생.
 - ③ 중손해(severe damage) : 궤도나 차량에 중손상이 발생하며, 장시간의 교통방해가 발생.

사고의 심각도는 인명과 재산의 손해도를 결합하여 그림 4와 같이 4단계로 분류하였다. 심각도 평가는 가능한 최악의 결과를 반영하지 않아도 된다. 그 목적은 각 사고연결고리를 재산손해 및 인명손상의 심각도에 연결하는 것이다.

		Injury Severity Category			
		1	2	3	4
Property Damage Category	1	S1	S2		
	2	S1	S2		
	3	S2			

그림 4. 인명손상과 재산손해의 심각도 평가결합

3.5 위험도 평가(Risk Assessment)

사고빈도 및 심각도의 평가는 그림 5에 나타난 것처럼 5단계의 위험도 평가에 의해서 합성된다. 예를 들어, 한 사건 연결고리가 빈도 3과 심각도 2에 해당한다면 위험도는 3에 해당한다.

4. 위험도평가 분석결과

4.1 사고 자료

사고의 위험도 분석을 위하여 1995-2002년 동안의 16개 시설사무소의 1200여개의 사고 자료를 활용하였다[5]. 이 사고 자료들은 위험도 모델에 따라 분류되어 위험도 평가에 사용되었다.

4.2 위험도 모델

위험도 모델은 사건유형과 이에 해당하는 중간사건과 각 중간사건에 연결되는 초기사건으로 구성된다. 위험도 모델은 표 2에 정리되어 있다.

4.3 위험도 평가

위에서 분류한 사고 유형에 따라 전체적인 하면 그림 6과 같다. 그림 6에서 사고유형 T는 기타사항에 해당한다. 그림에서 보듯이, 연간 10건 이상, 즉 8년간 총 80건 이상 발생하는 사고유형은 A(분기기 탈선), D(건널목 사고), E(궤도상 작업 중 사고), 및 F(여객 및 공중사상)이다. 따라서 C 유형(차량 간 충돌)의 사고는 8년간 15건으로 년 평균 2건이 안된다. 또한 사고유형 B(분기기와 탈선)도 총 24건으로 연 평균 3건으로 발생빈도가 낮다. 사고유형 E(궤도상 작업 중 사고)는 총 487건으로 연평균 61건이며 최고의 사고건수를

		Frequency Category				
		F1	F2	F3	F4	F5
Severity Category	S1	R1	R1	R2	R3	R3
	S2	R1	R2	R3		
	S3	R2	R3			
	S4					

그림 5. 사건빈도 및 심각도에 기초한 위험도 5단계

표 2. 위험모델과 각 모델에 대한 발생빈도, 심각도 및 위험도표

사고유형		심각도	발생빈도	위험도
A. 분기기 상에서 탈선				
A1.스위치 고장	A11.분기기 도중전환	S1	F3	R2
	A12.분기기 절손	S1	F3	R2
A2.차량의 고장	A21.이선진입	S1	F4	R3
	A22.차륜의 레일오름	S1	F3	R2
	A23.제동장치 고장	S1	F3	R2
	A24.전철기 도중전환	S1	F4	R3
	A25.안전측선돌파	S1	F3	R2
A3.스위치 위치오류	A31.스위치 위치오류	S1	F3	R2
A4.과속	A41.과속방지신호의 발견어려움	S1	F1	R1
	A42.운전자의 잘못된 위치	S1	F1	R1
	A43.운전자의 경각심 부족	S2	F3	R3
A5.신호오인	A51.신호오인	S2	F3	R3
	A52.신호 미확인	S1	F3	R2
	A53.부허가 진입	S1	F3	R2
B. 분기기의 차량탈선				
B1.레일굴곡	B11.뚝이나 제방붕괴	S2	F3	R3
	B12.궤도의 지지력부족	S1	F3	R2
	B13.레일냉각에 의한 파손	S1	F3	R2
B2.궤도상의 장애물	B21.고의적 장애물 설치	S1	F1	R1
	B22.낙석 등 자연재해에 의한 장애물	S1	F3	R2
B3.보거나 축의 파손	B31.차륜의 파손	S1	F3	R2
B4.적재화물에 관련된 요인	B41.적재화물의 측면 풍하중 증가	S1	F3	R2
	B42.화물의 편적 및 이동	S1	F1	R1
B5.과속	B51.ATC 장치의 고장	S1	F1	R1
	B52.운전자의 경각심 부족	S1	F3	R2
	B53.엔진의 교란요인	S1	F1	R1
	B54.고의적 속도위반	S1	F1	R1
	B55.속도계의 미관측	S1	F1	R1
C. 차량의 충돌				
C1.차량의 추돌	C11.통신교란	S1	F3	R2
	C12.차량의 잘못된 배치	S2	F3	R3
	C13.차량의 반대방향 진입	S2	F3	R3
	C14.오정보에 의한 적신호통과허용	S1	F1	R1
	C15.작업실의 혼란	S1	F1	R1
	C16.조작장비의 오작동	S1	F3	R2
C2.의도된 작동이 실행되지 않음.	C21.전기스위치의 잘못된 위치	S1	F1	R1
	C22.운전자의 배치장소 통과	S1	F3	R2
C3.안전장치의 고장	C31.정비불량	S1	F3	R2
C4.차량의 고장	C41.제동장치 고장	S1	F3	R2
	C42.축의 파손	S1	F3	R2
C5.불허가 차량출발	C51.신호점검 없이 운행계획에 따라 출발	S1	F1	R1
	C52.다른 차량의 출발신호 오인	S1	F1	R1
	C53.신호점검 없이 지휘장의 허가에 따라 출발	S1	F1	R1
	C54.운전자의 배치장소 착각	S1	F1	R1
C6.정지신호 통과	C61.시계불량	S2	F3	R3
	C62.낮은 제동	S3	F3	R4
	C63.통신내용의 오해	S1	F1	R1
	C64.운전자의 잘못된 위치	S1	F1	R1
C7.지나치게 긴 장대열차	C71.장대열차	S1	F1	R1

표 2. 위험모델과 각 모델에 대한 발생빈도, 심각도 및 위험도표(계속)

사고유형		심각도	발생빈도	위험도
D. 건널목 사고				
D1.시계불량	D11.안개, 폭설	S4	F3	R5
	D12.시야한계	S1	F1	R1
	D13.눈부심	S1	F1	R1
D2.도로차량의 비고의적 건널목 정차	D21.도로차량 운전자의 성급함	S4	F5	R5
	D22.열차통과 후 다른 방향에서 열차통과	S1	F1	R1
	D23.트럭이나 트레일러의 긴 통과 시간	S1	F3	R2
	D24.자연재해	S1	F4	R3
D3.도로차량의 고의적 건널목 정차	D31. 고의적 정차	S4	F5	R5
	D32.자살추정	S4	F4	R5
D4.도로의 불량상태	D41.건널목 전의 도로 급구배	S1	F1	R1
	D42.건널목 상이 차량 정차	S1	F4	R3
	D43.건널목 전의 도로 급하강	S1	F1	R1
	D44.시계불량	S1	F1	R1
D5.안전장치의 고장	D51.경보장치의 고장	S1	F3	R2
	D52.경보장치의 늦은 작동	S1	F3	R2
	D53. 경보장치의 오작동	S1	F1	R1
E. 궤도상 작업 중 사고				
E1.부적합한 감시	E11.작업자가 열차의 접근을 듣지 못함	S4	F4	R5
	E12.폭설, 안개가 통과열차를 못 보게함	S2	F3	R3
	E13.작업자 부주의	S3	F3	R4
	E14.교량상과 같이 탈출구가 없음	S2	F3	R3
	E15.감시소홀	S4	F4	R5
	E16.부주의한 작동	S2	F4	R4
E2.모호한 열차예약	E21.예정시간 이후의 작업	S1	F1	R1
	E22.예정시간 이전부처 작업개시	S4	F3	R5
	E23.궤도근처의 장비와 열차와의 충돌	S1	F1	R1
E3.잘못된 장비사용	E31.레일절손	S2	F5	R5
	E32.신호케이블 절손	S1	F3	R2
	E33.장비의 파손 및 고장	S2	F4	R4
E4.잘못된 작업방법	E41.굴착작업 시, 부적절한 지지	S2	F3	R3
	E42.장비 사용자 부주의	S3	F4	R5
	E43.작업시간 지연	S1	F3	R2
E5.작업환경	E51.소음으로 차량접근을 알지 못함	S2	F3	R3
	E52.궤도상의 짧은 시계	S2	F3	R3
E6.궤도상의 장애물	E61.토사의 궤도유입	S1	F3	R2
	E62.궤도상의 장애물과 접촉	S1	F3	R2
F. 여객 및 공중사상				
F1.열차에서의 추락	F11.여객의 잘못된 출구사용	S2	F3	F3
	F12.차량사이의 간문이 열림	S2	F3	F3
	F13.달리는 열차에 뛰어 오르거나 내림	S2	F3	F3
F2.문사이에 갇.	F21.여객이 서두름	S3	F3	F4
F3.여객의 열차와의 충돌	F31.역내에서 여객의 궤도의 지름길을 통과	S3	F3	F4
	F32.여객이 승차장에서 미끄러짐	S2	F3	F3
	F33.여객이 건널목을 이용해서 다른 승차장으로 이동	S3	F3	F4
F4.궤도상의 사고 및 사건	F41.자살	S4	F4	F5
	F42.궤도상의 보행 및 놀이	S4	F5	F5

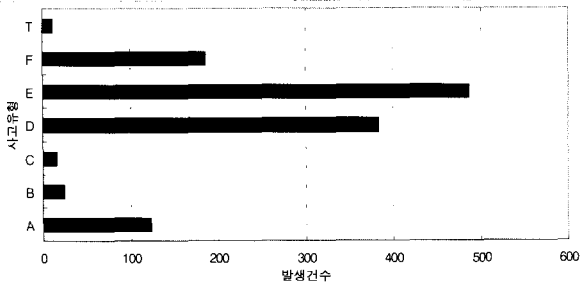


그림 6. 사고유형별 사고건수

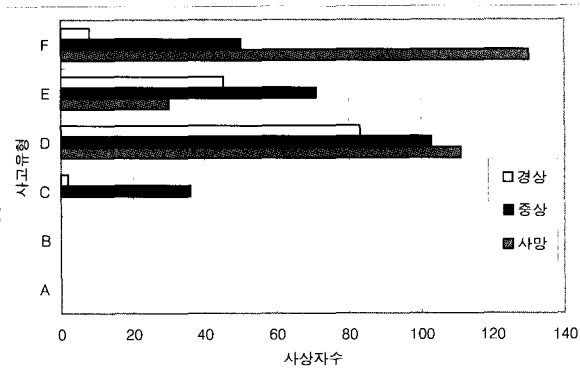


그림 7. 사고유형별 사상자 수

보여주고 있다. 또한, D 유형인 건널목 사고도 총 384건이며 연평균 48건으로 상당한 사고건수를 나타내고 있다. 전체적으로 발생빈도는 D(건널목 사고), E(궤도상 작업 중 사고), 및 F(여객 및 공중 사상)이 발생빈도가 높게 평가되고 있다.

그림 7에서는 각 사고유형에 해당하는 사상자를 사망, 중상 및 경상에 따라 보여주고 있다. 이 그림을 보면, 사고유형 A와 B에 의한 사상자 수는 전혀 없다. 이것은 탈선에 의해서는 사상자가 발생할 확률이 매우 낮은 것을 의미하며 사고의 심각도가 매우 적다는 것을 나타낸다. 반면, 사고유형 C(차량충돌)은 중상 36명과 경상 2명으로 탈선보다 심각한 인명피해를 나타내고 있다. 차량의 충돌이나 탈선과는 다르게 건널목 사고(D), 궤도상 작업 중 사고(E), 및 여객공중 사상(F)은 사상자수가 상당하다. 특히, 건널목 사고 및 여객공중 사고는 각각 사망자 수가 111명과 130명으로 연평균이 14명과 16명이다. 이 두 사고유형은 사고의 발생빈도도 높게 나타나면서 사고의 심각도 또한 높게 나타난다. 각 사고유형에 따른 발생빈도, 심각도 및 위험도가 표 2에 나타나 있다. 사고유형에서 지난 8년간 사고가 전혀 발생하지 않은 경우에는 발생빈도 및 심각도를 각 1단계로 하여 위험도를 1로 판단한다.

표 3. 사고유형별 위험도분석 결과정리

사고 유형	위험도 수준				
	R1	R2	R3	R4	R5
A	2	8	4	0	0
B	7	6	1	0	0
C	11	6	2	1	0
D	7	4	2	0	4
E	2	3	6	3	5
F	0	0	6	3	2
합 계	29	27	21	7	11

사고유형 중, 최상의 위험도로 분류된 사고유형은 11개로 12%를 차지하였고, 그 다음으로 높은 위험도의 사고유형은 7개로 7%를 차지하고 있다.

표 3은 각 사고유형의 위험도를 정리하여 보여주고 있다. 표 3에서 보듯이, 차량의 탈선 및 충돌은 다른 사고유형에 비해서 위험도 수준이 작은 것을 볼 수 있는데 이는 발생빈도 및 심각도가 낮은 이유 때문이다. 반면에 건널목 사고, 작업 중 사고 및 여객·공중사상은 위험도가 상대적으로 높게 나타났다. 이러한 이유는 위의 세 사고유형은 직접적으로 인명사상을 유발하며, 작업 중 사고는 발생빈도가 높고 여객·공중사상은 심각도가 높은 것으로 나타났다.

위험도 수준 4 및 5에 해당하는 사고유형이 위험도 감소의 주요 목표가 되는데, 차량의 충돌은 1개, 건널목 사고는 4개, 작업 중 사고는 8개, 그리고 여객·공중사상 사고는 5개이다. 이것은 전체 사고유형 중 19%를 차지하고 있다.

5. 결론

본 연구에서는 현장사고 기록을 이용하여 한국철도의 위험도를 정성적으로 평가하였다. 이를 위해서 위험모델을 제시하였으며 각 모델에 대한 발생빈도 및 심각도를 추정하였고, 이를 바탕으로 위험도를 추정하였다.

차량의 탈선이나 충돌과 같은 철도시스템의 구조적인 문제로 인하여 발생할 수 있는 사고유형의 위험도는 낮게 평가되었지만, 건널목 사고, 공중사상 및 작업 중 사고의 위험도는 크게 평가되었다. 특히 위험도가 크게 평가된 세 개의 사고유형 중, 작업자의 사상은 다른 두 사고유형에 비해 상당히 위험도가 낮는데, 이는 작업자들에 대한 관리체계가 형성되어 있어 직접적인 안전관리가 가능하기 때문이라 생각된다. 반면, 건널목 사고나 공중사상은 일반 공중이 대상이므로 안전관리가 대단히 어려우며 이로 인하여 위험도가 높게 평가된다고 판단된다.

또한 수원, 천안 및 청량리 시설사무소 관할지역에서 전체 환산사망자 수의 80% 이상이 집중되어 있는 것은 주목할 만한 사실이다. 수원지역은 차량운행 횟수가 많고, 청량리 지역은 상대적으로 건널목의 수가 많으므로 이 지역의 사고 위험도가 높게 나타나는 것으로 판단된다. 특히 이 지역들은 수도권으로 인구가 밀집되어 있으므로 철도안전에 대한 대책이 절실하다. 따라서 두 지역에 위치하고 있는 다수의 건널목을 입체화하는 것이 필요하며 일반 공중의 선로 보행이나 무단횡단을 방지하기 위하여 접근방지벽을 설치하는 것이 두 지역의 사고 위험도를 감소시키는 가장 효과적인 방법이라 판단된다.

참고 문헌

1. Hauer, Ezra, *Statistical Safety Modeling*, Accepted for presentation at the 83rd Annual Meeting of the Transportation Research Board, 2004
2. Suoka, J. and Rouhiainen, V., *Quality Management of Safety and Risk Analysis*, Elsevier, Amsterdam, pp.70-78, 1993
3. Lindberg, E., Thedeen, T. and Nasman, P., *Risk analysis/risk evaluation in a railway context*, Linkoping. Swedish Road and Transport Insitute(VTI). VTI Report 381. 114p. ISBN 0347-6030
4. Oh, J., Lyon, C., Washington, S., Persoud, B. and Bared, J., *Validation of the FHWA Crash Models for Rural Intersections: Lessons Learned*, Transportation Research Record 1840, pp.41-49, 2003
5. 철도청, 철도통계연보, 1995-2002.