

# 철도건설목록 구조유형별 사고위험 분석 및 안전개선 방안 연구

## A study on the Hazard analysis and Safety improving for the Structure types of Rail-crossing

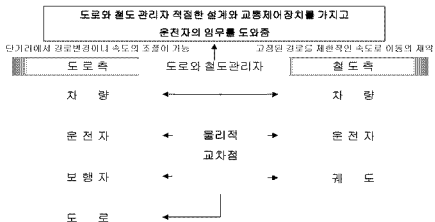
왕종배\*                      홍선호\*  
Wang, Jong-Bae            Hong, Sun-Ho

### ABSTRACT

In this paper, the hazardous rail-crossings of 100 sites were selected by preliminary hazard analysis on the 1774 sites in Sep. 2002. The risk factors of rail-crossing were reviewed on the accidents happened in '94~'02 years, and the accident progress mechanism due to 5 types of rail-crossing structure was developed by the cause-result relationship analysis. Method coping with the risk factors was proposed for improving safety of rail-crossing.

### 1. 서론

철도건설목록은 운전자(기관사, 도로차량운전자), 차량(열차, 도로차량) 및 물리적 교차점의 기본 구성을 가지며, 도로측 구성에서 운전자, 차량, 도로 및 보행자의 4가지 기본요소와 철도측 구성에서 열차와 궤도로 세분할 수 있다.



\* 한국철도기술연구원, 철도안전연구소 책임연구원

도로측과 철도측 구성요소가 교차하는 건널목은 도로차량과 열차에 대한 기본적 요건을 상호 만족하도록 설계되어야 한다. 즉, 차량 운전자는 단거리에서 경로변경이나 속도의 조절이 가능하지만 열차 기관사는 고정된 경로를 제한적인 속도로 이동의 제약을 받기 때문에 도로 운전자는 열차와의 충돌회피에 대한 대부분의 책임을 감당해야 하고 건널목 표시는 사실상 “경지”신호로서 도로운전자는 이를 준수해야 할 의무가 있다. 또한 도로와 철도 관리자도 적절한 설계와 제어 장치를 가지고 운전자의 임무를 도와주어야 한다.

## 2. 건널목 구성의 위험인자 분석

연구대상으로 선정된 건널목 100개소에 대해 “건널목 이력카드”에 기재된 내용을 중심으로 현장확인 조사를 통해 건널목 구성상의 위험요인을 아래와 같이 분석하였다.

### a) 열차 투시기리

- 요구기준 : 당해 선로의 최고 열차속도로 운행할 때 제동거리를 고려한 투시기리를 확보해야 한다: 100km/h 이상-700m, 90km/h 이상-500m, 기타-400m 이상 확보
- 분석결과 : 100개소 건널목에서 열차 투시기리 미확보 개소가 95개소

### b) 교차각

- 요구기준 : 철도선로와 꺾속도로의 교차각은 45° 이상 확보해야 한다.
- 분석결과 : 100개소 건널목에서 2개소 기준 미만, 그러나 현장조사 결과 선로와 평행한 도로가 건널목 직전에서 직각으로 교차하여 실질적으로는 교차각 요구를 만족하지 못하는 개소(M자형)가 상당 개소 존재

### c) 도로구배

- 요구기준 : 건널목 꺾속도로는 선로중심(복선이상인 경우 궤외방 선로)에서 30미터까지 직선 구간을 확보해야 하고, 이 때 이 구간의 종단구배는 3/100 이하로 해야 한다.
- 분석결과 : 100개소 건널목 중 3/100 이상의 구배 개소 11개 존재
- ※ 특히, 상구배가 심하면서 열차 선로수가 많은 경우에는 차량의 건널목 통과 중 차량정지나 운전부주의를 초래할 우려가 크며, 하구배 급곡선 구간의 경우에는 차량과속이나 악천후 시에 제동부족, 미끄러짐 등에 의한 차탄기 돌파사고의 우려가 크다.

### d) 근접교차로

- 요구기준 : 건널목 진입도로 30m이내에 근접교차로가 존재하는 경우 도로의 혼잡으로 정체된 차량행렬이 건널목을 저장할 우려가 있고, 또한 건널목 통과를 기다리는 정체 차량의 운전자들이 위험한 직진횡단 시도를 감행 할 우려가 높은 것으로 알려져 있다.
- 분석결과 : 100개소 건널목 중 19개소에서 30m이내에 근접교차로 존재

### e) 건널목(보판) 폭 - 도로 폭

- 요구기준 : 건널목 신설조건에서 건널목 최소폭을 3m 이상으로 규정, 지형여건상 부득이한 경우를 제외하고는 건널목 보판의 양단부는 직각 교차 건널목의 경우에는 30센티미터 이상, 사각교차 건널목의 경우에는 50센티미터 이상 도로폭보다 넓게 설치하도록 하고 있다. 또한 건널목 보판의 여유폭 확보가 어려운 곳이나 여유폭이 확보되어도 차량이 보판밖으로 이탈할 위험이 있는 곳에는 보판단부에 경사판을 설치하도록 하고 있다.

- 분석결과 : 100개소 건널목 중 최소폭 3m이하인 곳 2개소와 보판폭이 건널목 폭보다 적은 곳 1개소 존재

※ 양단부의 여유 30cm를 감안한 건널목 보판폭과 도로폭과의 차이를 분석한 결과, 4개소가 보판폭이 부족한 것으로 나타났다. 그리고 건널목 좌우 접근도로의 폭 차이가 1m이상인 건널목이 21개소가 존재하며, 이들 건널목은 병목현상에 의한 차량정체가 우려된다.

**e) 차단기 특성(차단방식, 차단종류)**

- 차단방식 : 반차단 방식이 사고발생율이 높으며, 이는 진입도로 구조상 시야장애나 과속에 의한 직진횡단 우회돌과의 가능성이 높기 때문에 여겨진다.
- 차단종류 : 단방향 차단이 양방향 차단보다 사고발생 위험이 높았으며, 특히 좌우 도로의 폭차가 커서 병목현상이 건널목에서 발생할 우려가 높은 단방향 차단개소의 사고발생 위험이 높은 것으로 추정된다.
- 종합분석 : 전차단-양방향-일방향 차단기를 설치한 건널목의 사고발생율이 가장 높게 나타났는데, 이는 양방향 차단에 의한 도로 양쪽에서의 차단횟수 증가로 인해 사고발생확률이 높은 것으로 분석되며, 반차단-단방향-일방향 차단기가 설치된 건널목의 높은 사고발생율은 도로 병목이 건널목에서 발생하는 구조로 인한 차량정체에 따른 직진횡단 시도와 반차단에 의한 우회돌과 가능성이 복합된 위험요인 때문으로 분석된다.

**3. 철도 건널목 구조유형에 따른 사고위험 분석**

100개소 건널목의 '94년~'02년 사이 중변경 이후(지장물검저장치 도입 포함)의 사고발생 현황을 KROIS의 사고원보에 근거하여 분석한 결과 100개소 중 54개소에서 총 101건의 건널목 사고가 발생하였다.

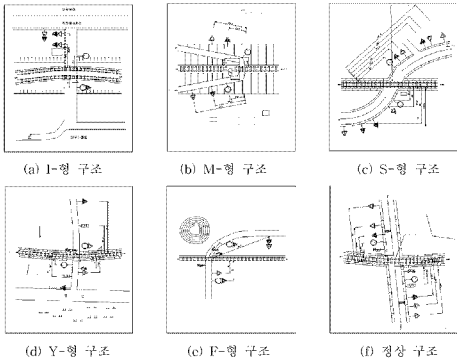


그림 1. 5가지 유형의 건널목 구조형식 분류(안)

철도건널목 사고 101건의 사고내용과 구조적 특성과의 연관성을 분석한 결과 다음 그림 1과 같은 5개 유형의 건널목 구조형식으로 분류할 수 있었다. 이들 건널목의 구조형식은 주변환경 및 차단방식의 영향과 결부되어 유사한 사고가 특정 건널목에서 재발하는 고유한 위험요인으로 작용하고 있음을 알 수 있었다.

### 3.1 철도 건널목 구조유형과 사고원인의 상관성 분석

아래 표 1은 건널목 구조유형에 따른 사고원인을 세부적으로 제시한 것이다.

표 1. 분석대상 100개소 건널목의 구조유형에 따른 사고발생 현황

건널목 구조	사고분류														Total		
	차단기통과								운전부주의								
	돌파(야)		돌파(주)		우회		간헐		운전미숙 일시정지무시		보관		차량고장		발생	개소	대상
	발생	개소	발생	개소	발생	개소	발생	개소	발생	개소	발생	개소	발생	개소			
I형	10	5	7	4	5	4	5	2	7	5			1	1	35	21	36
M형	3	2	2	1			1	1	1						7	4	6
S형	7	3	5	3	3	2	5	2	1	1	1	1			22	12	24
Y형	7	3	9	6	3	2	1		2	1	3	3			25	15	26
F형	3		6	1											9	1	3
기타			2	1					1						3	1	5
합계	30	13	31	16	11	8	12	5	12	7	4	4	1	1	101	54	100

- I-형 구조 건널목은 35건의 사고 중 야간 차단기 돌파(10건), 주간 차단기 돌파(7건), 운전부주의(7건), 차단기 간헐(5건)이 발생하였다. 야간의 경우 근접 교차로에서 음주, 피속, 졸음운전 등으로 진입한 운전자가 일으킨 것으로 추정되는 차단기 돌파사고가 가장 큰 비중을 차지하고 있으며, 주간의 경우에는 도심의 근접 교차로 정체로 인해 직진행단에 의한 차단기 돌파나 건널목에 간헐과 같은 위험행 사고와 운전부주의의 사고가 다발 하는 것으로 분석할 수 있다.
- Y-형 구조 건널목은 25건의 사고 중 주간 차단기 돌파(9건), 야간 차단기 돌파(7건) 및 보관이탈(3건) 사고가 발생하였다. 이는 구조특성상 큰 도로에서 거의 직각으로 형성된 좁은 건널목 진입도로의 병목정체에 의한 직진행단 돌파사고나 야간의 피속, 음주, 졸음에 의한 돌파 및 운전 부주의의 사고가 초래되는 것으로 추정된다.
- S-형 구조 건널목 22건의 사고에서 야간 차단기 돌파(7건), 건널목 간헐(5건)이 발생하였다. 이는 급곡선 하구배 접근도로 구조로 인해 특히 야간에 시계확보의 불량상태에서 차량과속 등으로 건널목 발견에 따른 긴급정지 대응이 늦어져 차단기를 돌파하거나 건널목내에 갇히는 사고가 발생하는 것으로 추정된다. 이 경우 건널목 접근도로상에 충분한 예고거리를 감안한 건널목 안내 표지류의 정비와 차량의 운행속도 제한 등의 조치를 필요로 한다.
- F-형 구조 건널목은 1곳에서 9건의 사고가 집중하여 발생하여 가장 사고위험도가 높은 구조로

서, 주간엔 6건의 차단기 돌파사고가 일어났다. 이와 같이 장애물(산짐이, 광장 등)을 넘어 곧바로 건널목이 위치하여 상호간에 접근 인식을 하지 못한 상태에서, 도로차량이 급작스럽게 건널목 선로로 진입하는 경우 곧바로 열차와 충돌하는 것으로 분석된다. 사고기록 분석결과 기관사의 진입차량 발견인지 기기가 불과 충돌선 20~30m 밖에는 여유가 없어 제속은행 열차가 긴급제동을 하더라도 충돌이 불가피한 것으로 나타났다.

- M-형 구조 건널목은 7건의 사고가 발생하였고, 대부분 차단기 돌파에 의한 것으로 나타났다. 이는 도로가 철도선로와 평행하게 놓여진 상태에서 자신의 차량이 열차를 앞질러 건널목을 통과할 수 있다는 운전자의 오관을 유도하기 쉽고, 또한 과속주행으로 진입하는 경우(직전횡단) 건널목 통과도로(보판) 상태가 불량하고 직선로 확보거리가 매우 짧은 직각구조로서 결국 차량이 건널목에 정지하게 되어 열차와 충돌사고를 일으킬 위험이 매우 높은 것으로 분석된다.

### 3.2 철도건널목 구조위험 분석에 기반한 사고발생 메커니즘 전개

그림 2는 5가지 건널목 구조유형에 따른 위험요인 분석을 기반으로 운전자 위반요인과 의 관계성을 규명하여 건널목 사고발생 전개과정을 도식적으로 기술한 것이다.

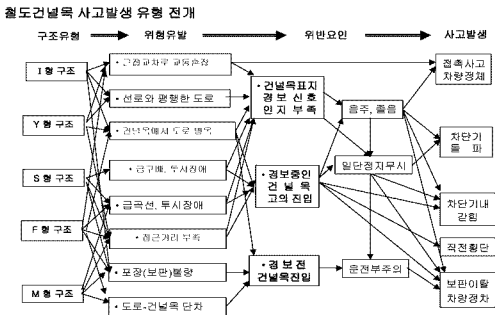


그림 2. 철도건널목 구조유형별 위험분석에 기반한 사고발생 메커니즘 전개

### 4. 철도건널목 구조유형별 위험요인의 안전개선 대책 제안

현재 철도 건널목의 사고원인 분석에서 주로 운전자측 위반요인에 중점을 둔 차단기 돌파, 직전횡단, 운전부주의 등의 사고발생 결과만을 분석하고 있지만, 근본적으로는 운전자가 사고를 유발할 수 있는 건널목의 구조적 위험요인과 운영환경상의 위험요인을 도출하여 이를 제거, 완화할 수 있는 근본적이며, 체계적인 건널목 안전개선 대책의 수립과 지속적인 시행이 실질적 요구된다.

특히 구조적인 위험요인에 의해 사고발생 우려가 높은 건널목은 입체화가 추진될 때까지 “구조개량 대상”으로 지정하여 아래 표 2와 같이 구조상의 위험요인 해소 및 건널목 안전설비의 개량

장비를 시행할 필요가 있다.

표 2. 철도건널목의 구조유형에 따른 사고원인과 안전개선 대책 제안

구조형식	사고 발생 현황	주요 원인 분석	개선 대책
I-형구조	사고발생 : 35건/36개소 · 야간 차단기 통과(10건) · 주간 차단기 통과(7건) · 운전부주의(7건) · 차단기 간헐(5건)	-야간 차단기 통과 · 근접교차로에서 음주, 과속, 졸음 운전상태로 진입한 운전자의 일단정지부서, 통과사고 -주간 차단기 통과 · 도심 근접교차로 설계로 인한 무모한 직진횡단시도 및 차단기 통과(위반형 사고) · 긴널목 간헐, 운전부주의	-위반형 사고가 다발하는 도심지는 입체화 대책 요구 -입체화이전까지는 위반단속과 강력한 처벌조치 필요
Y-형구조	사고발생 : 24건/26개소 · 주간 차단기 통과(9건) · 야간 차단기 통과(7건) · 보편이탈(3건)	-주간 차단기 통과 · 큰 도로에서 직각으로 형성된 급곡선 진입도로 · 진입도로 직선거리 미확보 또는 병목현상, 차량정체, 직진횡단, 차단기통과 초래 -야간 차단기 통과 · 과속,음주,졸음에 의한 통과 및 운전부주의의 사고 초래	-충분한 예고거리를 확보한 긴널목 안내표지판 정비 -과속방지턱 위한 진입도로 속도제한 조치
S-형구조	사고발생 : 22건/24개소 · 야간 차단기 통과(7건) · 긴널목 간헐(5건)	-급곡선, 하구배 도로 구조 -야간 시계 확보 불량상태 · 차량과속, 긴널목 발견 및 긴급정지 대응 지연 · 차단기통과나 긴널목 간헐	-긴널목안내표지류 정비(충분한 예고거리감안) -차량운행속도제한
F-형구조	사고발생 : 9건/3개소 · 주간 차단기 통과(6건) · 야간 차단기 통과(3건) ※9건 사고가 1곳에 집중	-장애물(산짐이, 공장 등)을 물려 끌마로 긴널목 위치 · 열차-운전자 상호간 접근 미인식 상태, 도로차량 급작스런 긴널목 진입, 충돌 · 기관사의 진입차량발견거리가 불과 20~30m 정도 · 저속 운행열차의 긴급제동도 충돌 불가피	-시야장애, 급곡선, 상구배 등 긴널목구조적 위험요인 제거
M-형 구조	사고발생 : 7건/6개소 · 주 야 차단기 통과(5건)	-도로와 철도선로 병행상태 · 운전자 열차접근 속도오류 유도, 과속진입, 직진횡단 -긴널목 보좌상태 불량, 급곡선의 직선로 미확보 구조 · 직진횡단, 차량의 긴널목 정지, 열차충돌 위험초래	-긴널목 구조개량에 의한 좁은 통과도로, 급곡선, 상구배 등 대형차량 정지초래 위험요인 제거