

# 철도건널목 안전설비의 사고방지효과에 관한 연구

- 지장물검지안전장치의 효과에 대하여-

정성학 · 왕종배 · 홍선호

한국철도기술연구원 정책운영본부 안전체계연구그룹

## 1. 서 론

철도건널목은 철도와 도로법에서 정한 도로(사도를 포함)가 평면으로 교차하는 곳을 건널목이라 하며, 정거장 구내에서 직원 또는 여객의 통행과 화물의 운반만을 목적으로 사용되는 구내통로는 제외한다. 우리나라의 철도는 1899년 9월 18일 경인선(노량진~제물포)의 개통을 시작으로 경제성장에 커짐에 따라 여객과 화물수송의 급격한 증가를 가져오고 있으며, 열차운행 빈도도 급속하게 늘어나고 있다. 열차운행 빈도의 증가에 따라 철도에서 일어나는 각종사고도 상대적으로 증가하였지만, 철도건널목 사고는 96~01년까지 5년간 평균 114.8건이 발생하는 등 많은 인명과 재산상의 손실을 초래하게 되었다. 철도건널목사고는 열차가 운행 중 건널목에서 자동차, 오토바이, 경운기 등의 동력을 가진 차량이 열차와 충돌하여 피해가 발생한 경우를 말한다. 건널목 사고가 발생할 경우 철도사고로 분류하고 있으나, 이를 엄격히 구분하면 공로사고와 철도사고의 경합으로 보는 것이 타당할 것이다.

철도건널목은 도로교통을 차단하는 차단기와 건널목을 횡단하려는 차량 및 보행자에게 열차가 접근하고 있음을 미리 알려주는 경보기 및 전방에 건널목이 있음을 알리고 안전하게 횡단하도록 주의를 환기시키는 건널목 교통안전표지 등의 보안설비 설치구분에 따라 1종, 2종, 3종 건널목으로 분류하고 있다. 1종은 건널목 차단기, 경보기 및 건널목 교통안전표지를 설치하고, 그 차단기를 주야간 계속 작동하거나 또는 건널목 안내원이 근무하는 건널목이며, 2종 건널목은 경보기와 건널목 교통안전표지만 설치된 건널목이며, 3종 건널목은 건널목 교통안전표지만 설치된 건널목이다. 철도건널목 통과요령은 건널목 앞에서 운전자의 올바른 행동이 안전의 주된 관건이 된다. 철도청에서는 운전자에 필요한 정보와 바람직한 행동을 제시하고 있으며(철도청, 2002), 건널목 안전을 위하여 도로교통법에서 건널목 통과방법을 규정하고 있다(도로교통법 제21조).

## 2. 건널목 구성요소와 안전설비 현황

### 2.1. 건널목의 구성

철도건널목은 운전자(기관사, 도로차량운전자), 차량(열차, 도로차량) 및 물리적 교차점의 기본 구성을 가진다. 차량 운전자는 단거리에서 경로변경이나 속도의 조절이

가능하지만, 열차 기관사는 고정된 경로를 제한적인 속도로 이동의 제약을 받는다. 이로 인해 도로 운전자는 열차와의 충돌회피에 대한 대부분의 책임을 감당한다. 건널목 표시는 “정지” 신호로서 도로운전자는 이를 준수해야할 의무가 있다. 도로와 철도 관리자는 적절한 설계와 제어장치를 가지고 운전자의 임무를 도와줄 수 있다.

철도건널목의 구성요소는 도로와 철도로 대별된다. 도로측면에서의 구성은 운전자, 차량, 도로 및 보행자의 4가지 기본요소로 세분되며, 철도측면에서의 구성은 열차와 궤도로 세분된다. 이들 구성요소들이 교차하는 건널목에서는 도로차량과 열차에 대한 기본적 요건을 상호 만족하도록 설계되어야 한다.

### 2.2. 건널목의 안전설비

철도건널목의 대표적인 안전장치로는 차단기, 건널목경보기, 고장표시장치, 건널목 안전표시, 기적표, 조명장치, 전기통신시설 및 고장검지장치, 전동차단기 수동취급장치 등이 있다. 철도건널목의 안전제어장치들은 자동차 운전자에게 건널목에 대한 정보를 제공하기 위해 이용된다. 대표적으로 경보신호기와 도로상의 표식은 운전자의 이동 경로 상에서 건널목의 유무를 알려준다. 지장물검지장치의 경우, 송광기와 수광기 간에 차광물이 들어감으로써 장애물을 검지하는 광전식(光電式)과 지하에 매립된 루프 위에 금속체가 가까이 가면 루프의 인덕턴스가 변하는 것을 검출하는 루프코일식이 있다. 안전제어장치는 수동형과 능동형으로 구분한다. 정보의 전달방식이나 조작방법에 따라 안내원 혹은 관리자가 직접 조작하는 수동형과 열차의 접근 여부, 건널목 지장 여부 등 가변적인 정보를 운전자에게 알려주는 능동형이 있다. 대표적인 능동형 제어장치로는 경광등과 자동 게이트가 있다. 건널목의 안전설비는 (표1)와 같다.

(표1) 건널목 안전설비

구분	종류별	세형별	차단기	건널목경보기	고장표시장치	건널목 안전표시	전기통신시설	지장물검지장치	기적표	조명장치	전기통신시설	경광등
단선구간	1종	자동	●	●	△	●	●	△	△	△	△	△
		수동	●	●	△	●	●	△	△	△	△	
	2종	자동		●	△	●	●		△			
복선구간	1종	자동	●	●	△	●	●	△	△	△	△	△
		수동	●	●	△	●	●	△	△	△	△	
	2종	자동		●	△	●	●		△			

○ : 필수, △ : 선택

※ 차단기, 경보기, 고장표시장치 : 철도신호규정  
 ※ 조명장치 : 건널목내부조명규정  
 ※ 안내원/관리자용 안전표시 : 건널목내부조명규칙  
 ※ 건널목 교통안전표시 : 도로교통법 시행규칙 표지판/표시 설치규정

### 3. 철도건널목 지장물검지안전장치

본 연구에서는 우리나라의 건널목 1,744개소 중에서 건널목 선정조건(열차운행빈도가 많고, 최근 5년간 동일개소에서 사고가 2회 이상 발생하고, 도로교통량이 많아 사고우려가 있는 도심통과 건널목, 취약건널목으로 선정·관리되고 있는 건널목, 개량건널목으로 지정, 고시되어 있는 건널목, 입체화시설이 필수적이거나 지형여건상 곤란한 건널목 등)을 고려하여 100개소의 건널목을 선정하였다. 분석대상 100개소 건널목의 94년~02년 사고발생 현황을 KROIS의 사고월보에 근거하여 추출하였다. 그리고, 100개소에 대해 "건널목 이력카드"에 기재된 내용을 중심으로 100개소의 현장확인 조사를 실시하였다. 128개 항목의 건널목 현황 기록내용을 확인·수정하여 DB화하였다. 분석결과, 100개소중 54개소에서 총 101건의 건널목 사고가 발생하였다. 이들 54개 건널목에서 발생한 101건의 사고내용을 분석하였다. 지장물검지안전장치의 유형에 따른 데이터의 분할표 분석결과는 (표2)과 같다.

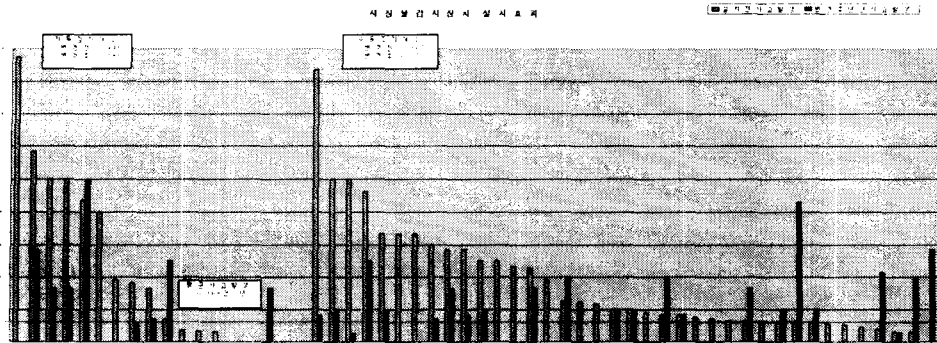
(표2) 지장물검지안전장치의 유형에 따른 데이터의 분할표 분석결과

지장물 안전장치	보행자	자전거	오토바이	승용차	승합차	버스	트럭	기타차종	무단진입	정지무시	차단기돌파	운전미숙	기타사고유형
무	2 50.0%	0 0.0%	2 15.4%	17 43.6%	2 20.0%	1 50.0%	6 27.3%	1 16.7%	7 58.3%	17 58.6%	5 25.0%	9 42.9%	2 28.6%
버튼 방식	2 50.0%	0 0.0%	5 38.5%	12 30.8%	4 40.0%	1 50.0%	7 31.8%	1 16.7%	2 16.7%	3 10.3%	9 45.0%	6 28.6%	2 28.6%
자동 방식	0 0.0%	1 100%	6 46.2%	10 25.6%	4 40.0%	0 0.0%	9 40.9%	4 66.7%	3 25.0%	9 31.0%	6 30.0%	6 28.6%	3 42.9%
합계	4 100%	1 100%	13 100%	39 100%	10 100%	2 100%	22 100%	6 100%	12 100%	29 100%	20 100%	21 100%	7 100%

#### 4. 철도건널목 지장물검지안전장치의 효과분석

##### 4.1. 건널목 지장물 검지장치 도입효과 분석결과

분석대상 100개소 건널목의 년평균 사고발생율이 0.168건/개소로서 분석되었으며, 지장물검지안전장치 도입한 건널목을 대상으로 설치 전, 후의 사고발생율을 분석한 결과 자동식 검지안전장치의 경우 설치전 연간 0.445건/개소에서 설치후 연간 0.189건/개소로 사고율이 대폭적으로 감소되는 것으로 나타났다. 버튼식의 경우, 설치전 연간 0.365건/개소에서 설치후 연간 0.177건/개소으로 감소 효과가 나타나 지장물검지안전장치의 도입에 의한 건널목 사고의 위험경감 및 안전향상에 상당한 효과가 있는 것으로 나타났다( $p < 0.01$ ). 지장물검지안전장치의 도입효과는 (그림1)에서와 같다.



(그림1) 분석대상 100개소 건널목의 지장물검지안전장치 도입효과 분석

#### 4.2. 한·일간 지장물검지안전장치의 효과 비교

일본과 한국데이터를 비교한 결과(표3), 대형차분야에서의 사고발생율이 높게 나타났고 지장물검지안전장치에 대한 Paired Comparison t-test결과 유의한 차이가 없었다( $p>0.01$ ).

(표3) 일본과 한국의 지장물검지안전장치 유형별 비교

	합계		무		버튼방식		자동방식	
	한국	일본	한국	일본	한국	일본	한국	일본
보행자	4 100%	188 100%	2 50.0%	61 32.4%	2 50.0%	63 33.5%	0 0.0%	64 34.0%
자전거	1 100%	67 100%	0 0.0%	18 26.9%	0 0.0%	21 31.3%	1 100.0%	28 41.8%
오토바이	13 100%	78 100%	2 15.4%	32 41.0%	5 38.5%	15 19.2%	6 46.2%	31 39.7%
승용차	39 100%	786 100%	17 43.6%	367 46.7%	12 30.8%	302 38.4%	10 25.6%	117 14.9%
대형차	34 100%	38 100%	9 26.5%	18 47.4%	12 35.3%	16 42.1%	13 38.2%	4 10.5%
기타_차종	6 100%	25 100%	1 16.7%	10 40.0%	1 16.7%	10 40.0%	4 66.7%	5 20.0%
T-test	-1.557		-3.144		-1.443		-2.038	

또한, JR東日本에서는 95년말에 전체 건널목중에서 28%에 해당하는 2,135개소에 집중 설치하였는데, 사고건수가 약 33% 감소했으며 낙윤(落輪)이나 엔진정지 등의 운전 미숙에 따른 사고를 방지하는데 효과가 큰 것으로 나타났다. 99년1월부터 00년12월 사이에 미국 Volpe국립교통시스템센터는 건널목에 비디오 monitoring system을 설치하여 운전자의 행동 및 운전자의 위험행동을 분석하였다. 몇몇의 건널목에서는 지장물검지 안전장치의 도입효과가 약하거나 오히려 도입 이후 사고발생이 증가한 경우도 있었으며, 이들 건널목을 분석해 보면 대부분 Y형 및 F형 구조적 특징을 가지고 있는 건널목 환경구조에서 돌발적인 직전횡단이 주로 발생하는 경향을 보였다. 이러한 경우, 지장물검지안전장치는 사고방지효과가 없는 것으로 판단된다.

## 5. 결론 및 토의

본 연구에서는 철도건널목의 안전설비인 지장물검지안전장치의 사고감소 효과에 대해서 분석하였다. 우리나라 철도건널목 1,744개소중에서 분석대상 100개소 건널목의 연평균 사고발생률이 개소당 0.168건으로 나타났고, 지장물검지안전장치를 도입한 건널목을 대상으로 설치 전/후의 사고발생률을 분석한 결과, 자동식 검지장치의 경우 설치 전 0.445건에서 설치 후 연간 0.189건으로 위험률이 경감이 되었다. 버튼식의 경우에는 설치 전 개소당 연간 0.365건에서 설치 후 연간 0.177건으로 낮게 나타났으며, 한·일간의 데이터를 비교한 결과 유의한 차이가 없었다( $p>0.01$ ). 따라서, 지장물검지안전장치의 도입에 의한 건널목 사고의 위험경감 및 안전향상에 효과가 큰 것으로 나타났다.

몇몇의 건널목에서는 지장물검지안전장치의 도입효과가 약하거나 오히려 도입 이후 사고발생이 증가한 경우도 있었으며, 이들 건널목을 분석해 보면 대부분 Y형 및 F형 구조특징을 가지고 있는 건널목 환경구조에서 돌발적인 직전횡단이 주로 발생하는 경향을 보였다. 이러한 경우, 지장물검지안전장치는 사고방지가 없는 것으로 판단된다. 그리고, 국내 건널목 사고중에서 상당수가 야간에 발생되고 있으며, 이러한 사고는 대부분 건널목을 통과하는 운전자의 운전부주의에 의한 것으로 실제 사고를 유발시킨 원인이 불명확하지만, 대부분 과속과 음주가 주원인으로 추정된다.

## 참고문헌

1. 왕중배 외, 철도건널목 위험요인 분석 및 개량방안 연구, 한국철도기술연구원, 2003.
2. 철도청, 안전보건관리규정, 철도청 안전환경실, 2003.
3. 福田久治, 踏切危険度評価指標と安全管理手法に関する研究, 電学論D, 117卷, 10号, 平成, 9年.
3. Graham D., and Clare M., The influence of sustained attention on railway accidents, Accident Analysis and Prevention, vol.29, no.4, pp.533-539, 1997.
4. Kim Witte, and William A., Preventing vehicle crashes with trains at grade crossing: the risk seeker challenge, Accident Analysis and Prevention, vol.32, pp.127-139, 2000.
5. Steven P., Marc S., Srinivasa R., Roelof J., Guide for traffic signal preemption near railroad grad crossing, Texas Transportation Institute, 2000.
6. US. DOT, Assessment of risks for high-speed rail grade crossings on the empire corridor, Volpe National Transportation System Center, 2000.
7. US. DOT, Railroad-Highway grade crossing handbook, FHWA-TS-86-215, 1986.