

철도건널목 출구측 차단간 검지기 설치 효과분석

Effect of Railway Gate Control System at Railroad-Highway Grade Crossing

김 건 영

(한양대학교 교통공학과 박사과정)

강 경 우

(한양대학교 교통공학과 교수)

*이 논문은 2002년도 두뇌한국21 사업에 의하여 지원되었음

목 차

- | | |
|---------------------|---------------------------------|
| I. 서론 | V. 출구측 차단간 검지기 기술을 이용한 건널목 진입제어 |
| II. 철도안전관련 상위계획 검토 | VI. 결론 |
| III. 철도건널목 진입제어의 개요 | 참고문헌 |
| IV. 철도건널목 진입제어기술 사례 | |

I. 서 론

철도건널목 사고를 예방하기 위한 가장 좋은 대책은 도로와 철도의 입체적인 분리이나, 막대한 재원투자를 필요로 한다. 따라서 그 대안의 하나로써 국가 ITS 기본계획에서는 여러 가지 철도안전 아키텍처를 수립하였다. 또한, 지속적인 교통안전기본계획의 수립 및 시행을 통하여 철도안전분야에 투자를 하고 있다.

본 연구의 목적은 철도안전분야 중 건널목 출구측 차단간 검지기를 이용하여 차량의 철도건널목 진입제어 및 안전효과에 관한 것이다. 연구의 구성은 다음과 같다. 제2장에서는 상위계획에 따른 철도건널목 안전관련 계획을 검토하며, 제3장에서는 철도건널목 진입제어 개괄에 관하여 살펴본다. 제4장에서는 철도건널목 진입제어 국내외 사례에 관하여 검토하며, 제5장에서는 출구측 차단간 검지기 시스템을 이용한 건널목 진입제어에 관하여 서술한다. 마지막으로 제6장은 결론 및 향후연구이다.

II. 철도안전관련 상위계획 검토

1. ITS 기본계획 21

국가 ITS기본계획 21에서는 철도안전 향상을 위해 철도건널목 진입시스템을 ITS 철도안전분야 아키텍처로 설정하였다.

철도건널목 진입시스템은 차량·도로 첨단화서비스

분야-철도건널목 안전관리/철도건널목 신호연계 단위 서비스의 단위시스템이다.

2. 국가 ITS 아키텍처

국가 ITS 아키텍처(2000)에서는 철도건널목 안전과 관련하여 3가지 서브시스템을 설정하였다.

첫째, 철도건널목진입 노변경고 서브시스템이다. 이는 철도건널목을 진입하는 도로구간에서 감속 또는 정지가 필요한 시점 및 지점의 노변에 설치된 전광판 등의 경고장치를 통하여 운전자에게 경고해주는 시스템이다.

둘째, 철도건널목진입 차내경고 서브시스템이다. 이는 철도건널목 진입도로구간에서 노변통신장치로 열차 접근정보를 차내의 수신, 경고장치로 송신하여 차내의 수신, 경고장치가 차내경고 여부 및 경고내용을 판단하여, 이에 따라 운전자에게 경고해주는 시스템이다.

셋째, 철도건널목진입제어 서브시스템이다. 이는 철도건널목 진입도로구간에서 노변통신장치로 철도건널목의 열차접근금지정보를 차내의 수신, 제어장치로 송신하여 차내의 수신, 제어장치가 차량제어 필요여부 및 제어내용을 판단하여, 차량을 제어하고 운전자에게 안내해주는 시스템이다.

3. 제5차 교통안전기본계획

건설교통부의 제5차 교통안전기본계획(2002~2006)에서 철도교통부문의 추진목표는 철도시설과 장비를 개량하기 위한 투자를 확대하는 것이다. 이를 위해, 선로

와 구축물을 개량하여 시설결함에 의한 대형사고 유발을 근원적으로 예방하고, 철도건널목을 입체화 또는 시설을 보완하여 차량의 고속화에 따른 대형사고의 가능성에 대처한다.

건널목 시설개량을 위해 연차적으로 입체교차시설로 교체하여 건널목 수를 줄인다. 또한 건널목에 진입한 차량이 긴급하게 피할 수 있도록 반대편 차단기의 자동상승 장치를 설치하도록 하는 등 철도건널목 안전향상을 위한 연구개발 및 시행을 목표로 하고 있다.

III. 철도건널목 진입제어의 개요

1. 철도건널목 개요

철도건널목은 도로교통을 차단하는 차단기와 경보기 및 건널목 교통안전표지 등의 보안설비 설치구분에 따라 분류하고 있다.

〈표 1〉 철도건널목의 종별구분

종 별	내 용
1종	차단기, 경보기 및 건널목 교통안전표지를 설치하고 그 차단기를 주야간 계속 작동하거나 또는 건널목 안내원이 근무하는 건널목
2종	경보기와 건널목 교통안전표지만 설치
3종	건널목 교통안전표지만 설치

자료 : 철도청, 2001

〈표 2〉에서 보는 것처럼 4종 건널목은 1993년 이후로는 하나도 없으며, 3종 건널목은 93년 이후 대폭 감소하였다. 1종 건널목은 지속적인 건널목 시설개선과 투자로 95년 이후 급격한 증가를 보여 98년 이후부터는 전체 건널목의 93%를 차지할 정도로 개선되었다.

〈표 2〉 철도건널목 종별 개소 (단위 : 개소)

연도	1종	%	2종	3종	4종	계
1988	430	20.4	41	1,085	553	2,109
1989	442	21.1	33	1,234	382	2,091
1990	459	22.1	26	1,299	290	2,074
1991	505	24.5	33	1,270	250	2,058
1992	601	29.9	30	1,151	228	2,010
1993	707	35.4	1,074	214	-	1,995
1994	803	41.1	978	172	-	1,953
1995	1,047	54.6	718	153	-	1,918
1996	1,261	66.0	510	141	-	1,912
1997	1,447	76.7	290	120	-	1,887
1998	1,719	93.2	25	100	-	1,844
1999	1,711	93.2	19	106	-	1,836
2000	1,651	93.0	21	104	-	1,776

자료 : 철도청, 2001

2. 철도건널목 사고

철도교통사고는 1990~2000년까지 총 13,894건이 발생하여 4,661명이 사망하고 11,373명이 부상하였다. 연평균 1,263건이 발생하여 424명이 사망하고 1,034명이 부상하였다. 그러나, 연평균 발생건수는 10.2%, 사망자는 9.1%, 부상자는 13.1%씩 지속적으로 감소하는 추세를 보이고 있다(〈표 3〉 참조).

여기서, 열차사고란 열차상호간의 충돌 또는 열차운행 중 탈선사고를 뜻하며, 건널목사고란 철도건널목에서 열차와 자동차 등이 충돌하는 사고이며, 사망사고란 일반인의 선로내 무단통행 사고 또는 열차운행 중 승객의 추락 등으로 발생하는 사고를 뜻한다.

3. 철도건널목 사고의 원인

최근 5년간(1996~2000) 철도건널목 사고내용을

〈표 3〉 철도교통사고 발생현황

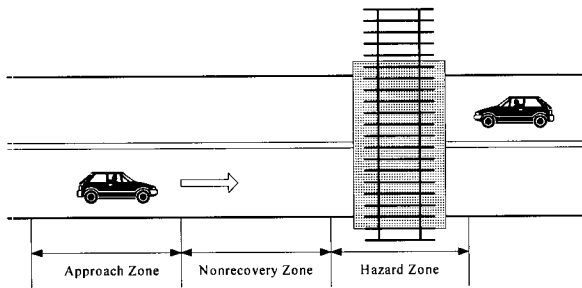
(단위 : 건, 명)

구분	철도교통사고(계)			열차사고			건널목사고			사망사고		
	발생	사망	부상	발생	사망	부상	발생	사망	부상	발생	사망	부상
1990	1,707	606	1,593	14	4	273	231	93	263	1,462	509	1,057
1997	937	337	664	5	-	4	116	42	107	816	337	664
1998	909	326	609	8	-	21	116	23	76	785	326	609
1999	707	279	429	6	-	18	95	21	42	606	279	429
2000	580	234	389	5	-	-	75	9	42	500	225	347
합계(90-00)	13,894	4661	11,373	113	83	1,221	2,232	680	1,940	11,549	3,985	8,537
연평균	1,263	424	1,034	10	8	111	203	62	176	1,050	362	776

자료 : 건설교통부, 제5차 교통안전기본계획, 2001

살펴보면 경보가 올리고 차단기가 내리기 직전에 차량이 진입하여 발생한 사고가 전체의 65%로 나타났다. 대부분이 운전자의 부주의에 의한 사고이다. 그러나, 간접적인 요인으로 철도안전시설의 현대화가 부진하고 철도안전의 예산부족으로 철도시설 개량 및 유지보수에 대한 지속적인 투자 및 지원이 부족한 면도 있다.

철도건널목은 도로의 Dilemma Zone과 그 개념이 비슷하다. 도로의 Dilemma Zone은 교통신호가 녹색 신호에서 황색신호로 바뀌었을 때 운전자가 정지해야 할지, 진행을 해야 할지 판단이 애매한 구간을 뜻한다. 철도건널목도 같은 개념으로 설명할 수 있는데 차량운전자가 건널목에 도달할 때까지의 상황을 3단계의 심리적 구역으로 구별할 수 있다.



〈그림 1〉 철도건널목 구간도로의 3단계 구역

여기서, 접근구역(Approach Zone)은 운전자가 열차와 충돌을 피하기 위하여 필요한 행동을 취하기 시작하는 지역이다. 운전자는 이 구역에서 열차나 신호를 찾거나 어떤 위험들을 인지하는 등 적절한 행동과정을 결정하는 곳이다.

회복불능구역(Nonrecovery Zone)은 열차가 건널목에 접근하거나 통과하고 있으면 운전자가 정지결정을 해야 하는 지역이다. 만약 정지할 것인가, 진행할 것인가에 대한 결정이 회복불능구역을 넘어서서 결정된다면 열차와 충돌을 피할 수 있는 도로부분은 충분치 않게 된다.

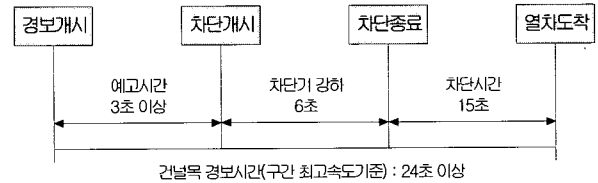
위험구역(Hazard Zone)은 궤도 양쪽의 도로를 따라 직사각형 모양으로 된 지역으로서 이 구역을 접근하여 정지하는 차량은 열차와 충돌할 우려가 있는 장소이다. 이 구역은 궤도에서 약 4.5m 이내로 생각할 수 있다.

IV. 철도건널목 진입제어기술 사례

1. 국내사례

국내의 기존 건널목 제어시스템은 궤도회로나 건널목제어자에 의해 열차가 감지되면 경보제어회로를 통해

건널목 경보기와 전동차단기가 작동하게 된다. 〈그림 2〉를 살펴보면 차단기가 작동하여 건널목을 차단할 때까지는 약 6초가 소요되며 차단시간은 약 15초이다. 그러나, 이 시간동안에 차량이 차단기에 걸리거나 갇히게 되면 사고를 유발할 가능성이 커진다.



〈그림 2〉 철도건널목 차단기 동작 흐름도

2. 국외사례

미국 미네소타주에서는 In-vehicle Warning System으로 열차검지 정보를 음성과 그래픽으로 제공하고 있으며, 코네티컷주에서는 In-locomotive Warning System으로 건널목상의 정지차량, 장애물을 감지하여 열차에 경보함으로써 사고를 방지하고 있다. 뉴욕주에서는 Intelligent Grade Crossing System으로 Constant Warning Time, Emergency Vehicle Priority, Minimize Gate Down Times, Variable Message Signs 등을 운영하고 있다.

스웨덴에서는 Laser Beam을 이용한 건널목 장애물 감지정보를 운용하고 있다.

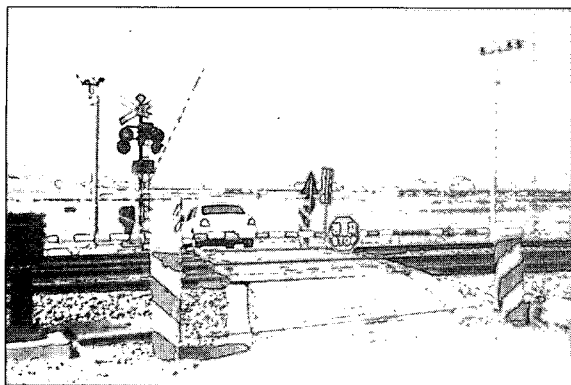
V. 출구측 차단간 검지기 시스템을 이용한 건널목 진입제어

1. 출구측 차단간 검지기 시스템의 개요

출구측 차단간 검지기 시스템은 경보를 무시하고 건널목에 진입한 차량이 차단기 안에 갇히게 되어 사고가 발생하는 것을 방지하기 위하여 입구측 차단기와 출구측 차단기의 하강속도를 다르게 해주는 장치이다. 따라서 건널목에서 일단정지를 무시하고 차단기 하강직전에 불법진입한 자동차가 조속히 건널목을 건널 수 있게 되어 사고를 감소시킬 수 있다.

출구측 차단간 검지기 시스템의 작동원리는 다음과 같다. 건널목을 통과하는 차량의 이동방향을 지자기센서를 이용하여 판단한다. 지자기센서는 땅속 50cm 이상의 깊이에 매설하여 환경변화에 장애를 받지 않는다. 차단기의 시간차제어는 시스템에서 설정하는 시간에 따라 달라지는데 건널목에 진입하거나 갇힌 차량이 안전하게 대피할 수 있도록 출구측 차단기의 하강을 일정시

간 정지시킨다. 건널목 영상 기록장치는 열차가 건널목에 진입할 때부터 진출할 때까지의 현장상황을 기록하고 재생할 수 있도록 한다. <그림 3>은 출구측 차단기의 시간차 제어 동작이다.



<그림 3> 출구측 차단기 시간차 제어

2. 출구측 차단간 검지기 시스템의 효과

한국은 2000년도부터 출구측 차단간 검지기 시스템을 설치·운영하고 있다. 2000년도에는 40개소, 2001년도에는 100개소에 설치하였으며, 2002년도에는 120개소에 설치하였다. 출구측 차단간 검지기 시스템의 효과를 분석하기에는 자료의 한계가 있으나 설치 전후의 사고를 비교하면 <표 4>와 같다.

<표 4> 출구측 차단간 검지기 설치효과

구분	시설 개수	설치전 (A)	설치후		(A-B)/A (%)	(A-C)/A (%)
			2001 (B)	2002 (C)		
경부선	27	21.5	13	2	39.5	90.7
호남선	1	11	6	2	45.5	81.8
전라선	22	11	-	1	100	90.9
경전선	44	8.5	5	2	41.2	76.5
중앙선	74	6.5	4	3	38.5	53.8
동해선	1	6.3	3	2	52.4	68.3
경원선	3	4.3	3	1	30.2	76.7
장항선	29	4.3	-	6	100	-39.5
경춘선	1	3.8	3	1	21.1	73.7
충북선	7	4.5	1	1	77.8	77.8
기타선	71	19.3	16	10	17.1	48.2
합계	260	10.1	54	31	46.5	69.3

자료 : 철도청, 2002

설치개수는 3개년도 합계이며 설치전 건널목 사고 건수는 최근 4년간(1997~2000) 평균치이다. 설치후 사고건수는 철도 건널목 사고만 집계하였다.

전국의 총 11개 노선에 출구측 차단간 검지기 시스템 설치·운영으로 경부선, 전라선은 90% 가까이 건널목사고가 감소하였다. 전체 철도사고는 2001년에 약 46.5%, 2002년에 69.3% 감소하는 효과를 가져왔다.

VI. 결론

1970년대 고도 경제성장에 따라 여객과 화물수송의 급격한 증가는 열차운행 빈도도 급속하게 증가시켰다. 상대적으로 철도에서 일어나는 각종 사고도 증가하였지만 지속적인 안전시설의 개량 및 확충을 통하여 철도교통의 안전성을 제고하고 있다. 국가 ITS 아키텍처나 교통안전기본계획에서도 철도교통의 안전성 향상을 위해 서브시스템의 설정 및 투자를 계획하고 있다.

본 연구는 철도건널목 진입제어기술 중 출구측 차단간 검지기 시스템을 이용하여 건널목 안전성 향상 및 교통사고 감소를 유도할 수 있는 내용을 다루었다. 연구의 결과, 출구측 차단간 검지기 시스템은 철도건널목 사고 감소에 탁월한 효과가 있는 것으로 판단되며, 지속적인 설치 및 운영이 필요한 것으로 판단된다.

향후 연구로는 현재 자료의 부재로 인하여 출구측 차단간 검지기 시스템 도입에 따른 건널목사고의 순분석과 계량분석이 이루어져야 할 것이다. 또한, 철도건널목 통합관리시스템에 대한 연구도 필요할 것이다.

참고문헌

1. 건설교통부, ITS 기본계획 21, 2001
2. 국토연구원, ITS 아키텍처, 2000
3. 건설교통부, 제5차 교통안전기본계획, 2001
4. 건설교통부, 2000년 ITS 연구개발사업 중간보고서, 2001
5. www.korail.go.kr
6. Fred Coleman III, Young J. Moon, Trapped Vehicle Detection System for Four-Quadrant Gates in High Speed Rail Corridors, Transportation Research Record 1648, 1998
7. Fred Coleman III, Young J. Moon, Design of Gate Delay and Gate Interval Time for Four-Quadrant Gate System at Railroad-Highway Grade Crossings, Transportation Research Record 1553