

차상신호시스템에서의 건널목 신호보안설비 인터페이스

김용규, 백중현
한국철도기술연구원

Interface of Level crossing signal equipment in on-board signal mode

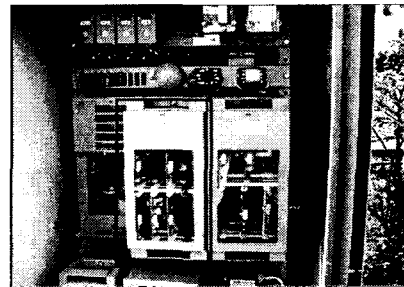
KIM Yong-Kyu, BAEK Jong-Hyun
Korea Railroad Research Institute

Abstract - 본 논문은 기존선 전철화 및 속도 향상 관련 건널목 신호보안 설비에 대해 검토하였다. 이는 건널목 경보제어기, 정 시간 제어장치, 조차장 또는 역 주변에서의 건널목 운영 방안, 전철화에 따른 건널목 인명 및 신호보안 설비 보호방안 등을 중점적으로 분석하였으며, 또한 2004년부터 시작된 기존선 차상신호시스템 도입에 따라 기존의 건널목 신호보안 설비와 차상신호시스템과의 인터페이스 방안에 대해서도 함께 분석하였다.

차선 이상이지만 편도 1차선 도로중 대형차량이 통행하는 개소 또는 투시가 극히 불량한 개소도 현수형을 사용하며, 직립형은 주로 편도 1차선 이하에서 사용한다. 신호보안장치는 주로 고장감시장치, 원격감시장치, 동작기억장치, 음성안내장치, 지장물 검지장치, 경광등, 출구측 차단간 검지기, 정시간 제어기 및 영상 감시장치 등으로 분류된다. 고장감시장치는 선로에 산재되어 있는 각각의 건널목에 고장 검지기를 설치한 후, 이를 집중감시하는 장치를 분소 또는 역에 설치함으로써 각 기기의 고장 상태를 검지하여 이를 한 장소에서 집중 감시할 수 있도록 하는 설비를 나타낸다.

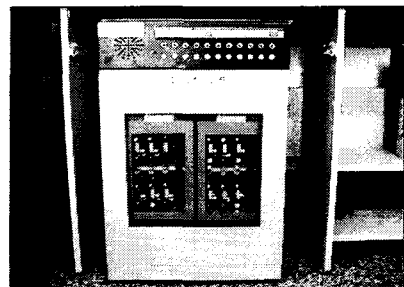
1. 서 론

건널목이란 철도와 도로가 평면 교차하는 곳으로 건널목 관련 신호 설비는 차량 등이 건널목을 통과하기 일정 시간(30초 기준)전에 열차의 접근을 통보하여 건널목 진입 전 일단정지를 강제로 실행하도록 함으로써 건널목의 사고를 사전에 방지하기 위한 신호 보안 장치를 의미한다. 우리나라의 건널목은 신호보안장치의 설치 유형에 따라 제1종, 제2종, 제3종으로 분류한다. 1종은 차단기, 경보기와 교통안전표지를 설치하고 주야간 또는 지정된 시간 동안 건널목 안내원이 근무하는 건널목을 의미한다. 제2종은 경보기와 교통안전표지만이 설치된 건널목을, 그리고 제3종은 단지 교통안전표지만 설치된 건널목을 의미한다[1].



a) 자장치

우리나라의 총 선로 길이는 약 2,500km로 2003년 기준 총 건널목 수는 1,719개이며, 건널목 수/km는 0.69/km로 조사되었다. 현재 진행 중인 고속선 연계 운행 및 호남선 전철화에 따라 육상 교통과의 중요 교차지점 또는 사고의 위험이 빈번한 장소는 대부분 입체화를 실행하거나 실행 중에 있다. 열차 운행 속도 및 열차 운행 밀도의 증가를 위한 최적의 방안은 이들 건널목을 모두 입체화하는 것이지만, 경제적인 면을 고려한다면 모든 건널목의 입체화는 거의 불가능하다. 따라서 이러한 딜레마를 해결하기 위한 방안으로 입체화를 고려하지 않는 건널목에 대해서는 신호 관련 설비 또는 안전 요원을 상주함으로써 교통의 원활한 소통을 유도한다[2].

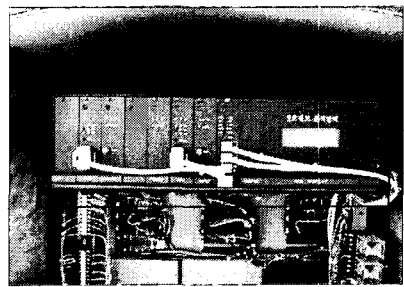


b) 모장치

<그림 1> 고장 감시 장치

2. 건널목 신호보안설비

건널목 신호보안장치는 각각의 구성 요소의 역할에 따라 차단기, 경보기 및 안전시설로 분류한다. 차단기는 차량 등이 건널목을 통과하기 일정시간 전에 열차의 접근에 따라 자동으로 건널목을 차단하여 주는 설비로 차단기의 크기에 따라 장대형과 일반형으로 분류한다. 장대형은 주로 편도 2차선 이상으로 8m, 12m, 14m로 분류되며, 일반형은 편도 1차선 이하인 곳으로 4.5m, 6m로 분류된다.



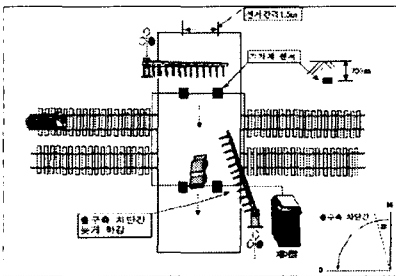
<그림 2> 동작기억 장치

경보기는 차량 등이 건널목을 통과하기 일정시간 전에 열차의 접근을 시청각적으로 확인할 수 있도록 적색 경보등, 경보종 또는 혼 스피커, 음성 안내 방송 스피커, 열차 진행 방향 표시등, 경보판이 부착되어 열차 또는 차량이 건널목에 접근하는 것을 확인할 수 있으며, 설치 위치에 따라 현수형과 직립형으로 분류된다. 설치 기준은 편도 2

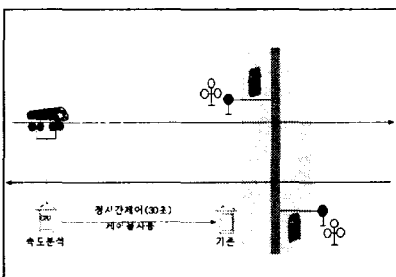
원격감시장치란 건널목의 다중전송장치와 통신하여 원거리의 건널목에 대한 정보를 실시간으로 분석해 분소 및 주재에 설치된 모니터에 표시하는 장치를 나타내며, 건널목 정보분석장치로 명명되는 동작기억장치는 제어장치 내부에 설치하여 열차의 접근과 통과에 따른 각종 보안장치의 작동 상태를 감지하여 기록·보관하며 고장여부를 감지·분석하는 장치로 그림 2와 같다[3].

지장물 감지장치는 자동차가 고장으로 철도 건널목을 점유하고 있을 때 이를 레이저로 감지하여 건널목에 접근 중인 열차에 통보하여 운행열차를 정지하도록 하는 장치로 발광기, 수광기, 지장 경고등 및 제어 장치 하나의 그룹으로 구성된다. 지장 경고등은 평상시에는 소등되어 있지만, 지장물이 감지되면 경고등에 부착된 5개의 적색등이 시계방향으로 회전하면서 점멸한다. 경부선에서는 지장 경고등이 건널목으로부터 약 700m 떨어진 곳에 설치되지만, 그 이외의 노선은 약 400m 거리에 설치한다.

출구측 차단간 감지기는 경보 중 건널목 일단 정지를 무시하고 차단기 하강 직전에 불법 진입하여 차단기 하강으로 건널목을 통과하지 못하고 정차한 자동차 운행 방향을 감지하여 출구측 차단기를 상승하는 장치를 의미하며, 정시간 제어기는 열차 속도의 고속·저속에 따라 경보시분이 불규칙함으로 레일에 자기근접 센서를 설치하여 열차의 접근검지와 통과속도에 맞는 정시간 제어를 실행하는 장치로 140km/h의 새마을호는 30초를, 120km/h의 무궁화호는 35초를, 90km/h의 화물 열차는 47초를 기준으로 한다.



<그림 3> 출구측 차단간 감지 원리



<그림 4> 정시간 제어기 원리

3. 건널목 사고 분석

우리나라는 유럽에 비해 많은 안전 관련 설비를 건널목에 설치함은 물론 안내원이 중요 건널목에 상주하지만 건널목의 사고 발생율은 유럽에 비해 높다. 따라서 건널목 운영 방식보다는 차량 운전자의 습관과 건널목 앞에서의 일단 정지 신호 및 관련 도로 교통 신호의 절대적 준수와 사고 미연 방지를 위한 건널목 주변 환경 조성이 우선적으로 검토되어야 한다. 필요시 건널목 사고를 미연에 방지하기 위해서는 건널목에 연관된 도로 폭의 변경 또는 도로 신호 강화, 차량 운전자에 의한 중앙선 침범 습관을 방지하기 위한 중앙 분리대 설치, 혼잡한 도로에 근접하여 설치된 건널목의 경우에는 보행 통로(보

행자)의 안전을 위해 인도와 차도를 구별하는 역할을 하는 연석의 높이 증가, 건널목 통과 차량의 종별 제한 또는 위험 발생 차량의 우회 등도 검토되어야 한다.

년도별	원 인 별				
	합계	직전 횡단	차단기 돌파	자동차 고장	운전부 주의 및 기타
합 계	403	198(49%)	88(22%)	7(2%)	110(27%)
년 평균	80.6	39.6	17.6	1.4	22
1998	116	69	19	4	24
1999	95	53	18	1	23
2000	75	35	18	0	22
2001	60	26	16	2	16
2002	57	15	17	0	25

<표 1> 건널목 사고 현황

표 1은 5년간의 건널목 사고 현황을, 표 2는 우리나라와 프랑스의 건널목 보안설비 설치 현황을 나타낸다. 건널목 사고는 매년 감소하고 있지만, 열차의 고속, 고밀도 운행이 실행될 경우에는 보행자 또는 차량 운전자의 안전 측면에서 검토되어야 한다.

항목	우리나라	프랑스
안내원이 있는 자동 건널목	1종	무
일반형 차단기	30초	25~45초
장대형 차단기	30초	38초
적색 경보등	유	무
경보등	유	무
열차 운행 방향 지시기	유	무
경보 방송	유	무
지장물 감지기(Laser)	유	무
지장 경고등(5등)	유	무
지장 경고등(1등)	유	무
건널목 원격 감시 장치	유	

<표 2> 건널목 안전 설비 설치 현황

4. 건널목 설비 검토

차상신호시스템 설치시, 열차의 속도 향상 및 고밀도 운행이 예상됨에 따라 열차 운행 속도 향상과 밀접한 관계를 갖는 신호 설비중의 하나인 건널목은 안전 및 열차 운행 측면에서 신중하게 검토되어야 한다[4]. 유럽의 경우, 운행 차량 속도가 160km/h 이상인 선로에서는 대부분의 건널목을 입체화함으로써 열차 운행 속도, 안전성 및 열차 운행 신뢰성을 보장하고 있다. 그러나 우리나라의 경우에는 경제적, 사회적 여건으로 인해 입체화의 어려움이 예상된다. 현재 추진 중인 고속열차 연계 운행 구간의 경우에는 많은 건널목이 입체화되어 있지만, 그 외의 구간에 대해서는 여전히 건널목의 안전사고는 건널목 관련 신호보안설비에 의해 취급된다. 즉 건널목의 입체화가 최적인 방안으로 주어지지만, 이를 실현할 수 없는 경우에는 각각의 도로 여건에 따른 세부 사항을 검토함으로써 관련 건널목에 대한 최적 운영 방안을 모색해야 한다. 기존선 속도 향상에 있어서 앞에서 언급한 대부분의 건널목 관련 보안 설비는 특별한 변경없이 그대로 적용할 수 있지만, 다음의 요소는 향후 운행 속도 및 전철화 사업과 관련하여 상세 검토되어야 한다.

4.1 건널목 경보 제어기

열차의 운행 속도가 호남선의 경우 180km/h(설계 속도 200km/h)로 주어지는 반면, 본 과제의 검토 내용을 적용할 중앙선, 장항선의 경우에는 현재의 운행 속도

100km/h를 향후 150km/h로 향상할 예정이다. 이러한 경우, 경보시분을 30초라 가정할 경우, 경보제어거리는 (100km/3.6)*30초=833m에서 (150km/3.6)*30초=1250m로 제어거리가 증가해야 한다. 따라서 건널목 경보 제어거리는 관련 구간을 운행하는 열차의 최고 속도와 건널목 환경에 따라 각각 분석되어야 한다.

4.2 정시간 제어장치

건널목 운영은 고속 열차와 저속 열차 특히 화물 열차 간의 건널목 열차 접근 경보 시간의 차이에 따른 문제점을 제기한다. 화물과 여객 열차의 복합 수송에 따른 건널목의 중요성으로 인해 프랑스 철도는 속도에 따라 열차 접근 경보를 가변할 수 있는 특수 설비를 설치하였다. 이는 차량 운전자가 건널목에서 저속 열차의 통과에 따라 차단기 상승을 장시간 대기할 필요 없이 주어진 열차의 종별에 따라 주어진 센서에 의해 항상 일정한 시간만을 건널목에서 대기한 후, 건널목을 통과할 수 있도록 허용한다. 이는 어떠한 상황에 대해서도 "저속 감지 시간"에 대한 "고속 감지 시간"의 비율이 2/3을 초과하지 않도록 기본 원리가 주어진다. 그러나 이러한 규정은 차상신호시스템을 사용하는 경우의 속도 감지기 작동시, 열차 속도를 감소한 후, 다시 건널목으로 열차가 유입할 경우에 열차 속도를 가속함으로써 열차 접근 경보 시간을 갑작스럽게 감속시키는 고속 열차로 인한 위험을 사전에 방지하기 위해 프랑스의 경우 현재는 이러한 시스템을 사용하지 않고 있다.

4.3 조차장 또는 역 주변의 건널목

조차장 또는 역 주변 건널목의 열차 접근 경보 시스템에 대한 검토는 열차의 이동과 관련된 완벽한 정보를 필요로 한다. 열차 접근 경보에 대한 주요 정보는 열차가 건널목을 통과하기 이전에 경보기, 경보벨, 차단기 하강 등의 동작을 위해 Vital 정보로 처리되어야 한다. 차단기 하강 후, 차량 운전자 또는 보행자의 차단기 상승 대기 시간이 길지 않아야 한다는 점도 매우 중요한 요소 중의 하나이다. 이는 부주의한 차량 운전자는 차단기의 상승을 기다리지 않고 성급하게 건널목을 횡단할 수 있기 때문이다. 또한 기존선 구간의 열차 운행 속도 변화는 열차 접근 경보 시간을 완전하게 보장해야 한다. 한 예로 프랑스의 경우에는 열차 속도에 따라 건널목의 열차접근 경보 시간과 차단기 동작 시간에 대해 표 3과 같이 규정하였다. 기존선 구간의 최고 속도가 200km/h로 열차를 운행하는 경우에는 안전을 위해 두 개의 차단기가 아닌 4개의 차단기를 설치하도록 규정하였다. 열차 속도는 건널목 운영에 가장 중요한 영향을 인가하는 요소로, 속도 증가는 열차 접근 경보 시간과 차단기 동작 시간의 증가를 초래한다. 특히 고속으로 운행하는 열차와 저속으로 운행하는 열차의 혼합 운영시 주어지는 열차 접근 경보 시간과 차단기 동작 시간의 속도 동기화 문제점도 주요한 검토 대상이 된다.

		열차 속도 < 140km/h	140km/h 열차 속도 < 160km/h	열차 속도 > 160km/h
차단기 종류	일반형	열차 접근 경보 시간	25	30
	장대형	차단기 동작 시간	42	46
		열차 접근 경보 시간	33~35	38~45
	장대형	차단기 동작 시간	52	57~61

<표 3> 열차 접근 경보 시간 예(프랑스의 경우)

4.4 기존선 전철화

전철화 개량 사업에 의해 모든 철도 노선에 대한 전철화 공사가 진행됨에 따라 건널목 설비의 개량은 공동 접지방 구성과 차단기 상승 높이에 대해 검토되어야 한다. 공동 접지방의 구성은 건널목에서의 인명 보호와 건널목 운영에 필요한 신호 설비의 보호를 위해 필수적인 사항으로 차단기와 같은 유동성 설비를 포함하는 모든 건널목 관련 금속 부분은 연결 스트립을 통해 공동 접지방에 연결해야 한다. 차단기 상승 높이 한계는 전철화에 따른 전력 공급 설비의 설치 위치 및 높이를 충분히 검토해야 하며 강풍에 의한 차단기의 휘어짐 또한 분석해야 한다. 프랑스의 경우, 전철화 구간의 건널목 현수형 신호기와 전차선 간의 거리는 1500V DC 구간에 대해서는 0.75m, 25kV AC 구간에 대해서는 1.0m로 규정되어 있다.

4.5 ERTMS/ETCS 지상장치 사용

차상신호시스템의 설치가 종료되면 기존의 건널목 신호보안장치는 건널목 제어 장치와 선로변 제어장치(LEU : Lineside Electronic Unit)를 인터페이스 함으로서 건널목에서의 지장물 검지시 아래 그림과 같은 경로의 정보 전송 체계를 구성함으로써 차상 장치에 의한 기관사 경보와 선로변 지장물 검지등에 의한 경보를 이중으로 실행함에 따라 건널목 사고를 미연에 방지할 수 있도록 검토되어야 한다. 건널목 신호보안장치의 지장 경고 정보는 열차의 이동에 연관된 완전한 정보를 필요로 하며, 현재 건널목에 설치되어 있는 지장물 검지장치와 건널목 제어장치에 의해 제어되는 건널목 지장 경고등을 차상신호 지상장치인 LEU에 연결하여 지장 경고등의 동작 정보를 제공함은 물론 건널목 관련 열차 제동시점부에 가변 발리스를 설치함으로써 열차의 안전 운행 및 인명 사고 예방을 실현할 수 있다.



<그림 5> 차상신호 지상장치에 의한 건널목 설비 개량

5. 결 론

속도 향상에 있어서 가장 중요한 검토 설비인 건널목은 열차 운행 속도, 열차 운행 횟수, 및 건널목 통과 차량에 따라 각각의 경우가 상세히 검토되어야 한다. 그러나 이러한 검토 실행 이전에 우선적으로 본 논문에서 제시된 정시간 제어장치, 역 부근의 혼잡지역의 건널목, 전철화, 새로운 신호시스템의 도입에 따른 안전 관련 보안 설비의 검토와 인터페이스가 실현되어야 한다.

[참 고 문 헌]

- 김영태, "신호제어시스템", 테크미디어, 2003
- 고속철도 연계 운행을 위한 시설정비사업 및 기존선 전철화 사업 관련 기술자문 보고서, 한국철도기술연구원, 2002.12
- 김용규, 강기석, "ATS 기존선 신호 방식과 TVM 430 ATC 신호방식의 속도 Profile에 따른 Compatibility", 대한전기학회 하계학술대회 논문집, pp 1423-1425, 2000.07
- 김용규, 백종현, 유창근, "차상신호 방식에서의 자동폐색시스템의 역할", 대한전기학회 춘계학술대회 논문집, pp 241-243, 2004.04