

# 철도 시설 및 차량 분야 사고 발생에 따른 비상대응 설비 환경 분석 연구

## A Study on emergency equipments for accidents of rail infrastructure and rolling-stock

양도철\* 서영민\*\*

Yang, Doh Chul Seo, Young Min

---

### ABSTRACT

In this study, we have studied rail infrastructure related to emergency action to manage the risk when emergency caused by faults of facility or rail vehicle during operation happens. Especially we have compared the effect of emergency action with examining the structure of vehicle, tunnel, bridge and access road, etc which are related to emergency action. Also, we have tried to analyze effects of radio and communication equipment, lifesaving and refuge which could be used for rolling stock, station, control room, tunnel, bridge and etc, and we have presented the way of reporting the emergency to the train driver or crew, control room, outside networks which could be used by passengers in vehicle, station, railroad line. Based on these, we have analyzed the conduct of emergency action in length of time when emergency happens in railway and high-speed railway, and studied the method of which passengers could be guided safely and escape from the scene of the accident.

---

### 1. 서 론

본 연구는 철도 운행 중에 시설 및 차량장애로 인하여 비상사고 발생 시 신속한 조치를 취함에 있어 비상대응에 관계되는 철도설비 환경에 대해서 심도 있게 조사하고 분석하였다. 특히 연구의 방향을 비상사고 발생 시 관계되는 비상대응 환경에 대해 고찰하여 보았으며 철도시스템의 시설 및 차량 운행에 있어서 차량구조측면, 터널, 교량, 진입로 등에서 미치는 영향을 다양한 각도로 분석하여 비교하였고, 또한 철도 비상사고 발생 시 활용 가능한 시설설비 중에 차량, 역사, 관제실, 터널, 교량 등에서 사용되는 비상대응에 필요한 방송설비, 통신설비와, 인명구조와 대피용 피난설비에 초점을 두고 영향분석을 시도하였다. 그리고 열차운행 중에 비상사고 발생 시 차량 내, 역사 내, 선로 내에서 승객 및 기관사, 역무원, 관제실과 외부기관과의 커뮤니케이션 과정과 행동요령을 주제로 삼아 연구 분석을 시도하였다. 이를 바탕으로 차량 및 시설장애로 인한 각 유형별 비상대응 시나리오를 작성하고 이를 분석하여 event 중심으로 한 전체적인 시나리오를 만들어 보았다. 시나리오는 초기대응 단계인 1단계, 자체대응 단계인 2단계, 외부대응 단계인 3단계로 나뉘며 각각 사고 상황에 맞게 대응 할 수 있게 하였다. 또한 일반철도 및 고속철도 비상사고 발생 시 시간경과에 따른 비상대응 주체들의 행동요령을 분석하여 승객을 안전하게 유도하고 대피시키는 방법을 분석하여 기술하였고, 또한 사고로 인해 유발 되어지는 차량이나 시설물에서 화재 연기에 대한 대응 설비인 배연설비를 조사하여 제시하였다.

---

\* 책임저자: 정회원, 한국철도기술연구원, 전기신호연구본부

E-mail : dcyang@krii.re.kr

TEL : (032)031-460-5141 FAX : (032)031-460-5139

\*\* 정회원, 한국철도기술연구원

## 2. 본 문

본 연구에서는 시설사고와 차량장애에 대한 철도사고에 관점을 두어 비상사고가 발생하였을 때 가상의 시나리오를 연구하여 작성하였고 비상대응 환경에 영향비교와 활용 가능한 설비에 관하여 분석하여 보았다. 또한 차량운행 중에 장애 및 비상사고 시에 철차서에 따른 시간대별 비상대응 직원이 취할 대응 사항을 분석해 보았다.

### 2.1 비상대응환경 및 영향비교(시설 및 차량중심)

일반·고속철도의 차량구조측면, 터널, 교량, 진입로 등에서 비상사고 발생 시 각 개소에서 환경에 따라 어떠한 영향을 주는지 분석하였다.

#### (1) 차량구조측면

일반·고속철도의 환경 중 객차 좌석은 각 창문방향으로 2열로 배열되어 있고, 이로 인하여 비상사고 발생 시 좌석간의 통로가 좁아 사상자가 발생 하였을 때 인명구조가 어렵다. 그러므로 신속한 인명구조를 위해서는 승무원의 신속한 대처와 구조요원들의 정확한 차량 구조에 대한 지식이 있어야 할 필요가 있다.

#### (2) 터널

일반철도는 경부선 기준으로 31개의 터널이 있고, 총 터널 평균길이는 0.355km이며, 고속철도는 경부선 기준으로 53개의 터널이 있고, 총 터널 평균길이는 1.523km이다. 터널의 비상대응 환경에 대한 영향비교는 일반철도의 경우 터널평균길이가 짧아 터널외부로 사상자 구조는 용이하나 별도의 대피소가 없어 비상사고 발생 시 사상자 구조에 상당한 시간이 소요된다는 것이고, 고속철도의 경우 터널의 평균 길이가 길고 장대터널이 많아 비상사고 발생 시 장대터널에는 대피소가 있어 대피가 용이하지만 대피소가 없는 짧은 터널은 일반철도와 마찬가지로 비상사고 발생 시 사상자 구조에 상당한 시간이 소요된다는 것이다. 그러므로 짧은 터널에서 신속하게 사상자를 구조하기 위해서는 승무원들의 신속한 대처와 열차 내 사상자 구조에 필요한 장비 및 외부대응이 신속히 이루어질 수 있는 외부진입로가 있어야 할 필요가 있다.

#### (3) 교량

일반철도는 경부선을 기준으로 총 371개의 교량이 있고, 총 교량 평균 길이는 55m이며, 고속철도는 경부선을 기준으로 총 181개의 터널이 있고, 총 교량 평균길이는 510m이다. 교량의 비상대응 환경에 대한 영향 비교는 교량의 경우 안전난간과 피난로가 설치되어 있어서 비상사고 발생 시 안전난간과 피난로를 통한 대피 및 사상자 구조가 이루어진다는 것이다. 그러므로 승무원들의 신속한 대처와 승무원 및 구조요원은 피난로의 위치를 정확하게 파악하고 있어야 하며, 안전난간의 경우 비상시에 안전하게 인명 대피를 하기 위해서는 평소 관리가 잘 이루어져야 할 것이다.

#### (4) 진입로

터널의 경우 장대터널 등에, 교량의 경우에는 장대교량 등에 외부 진입로를 개설 하였고, 선로의 경우는 유지 보수용 출구를 인접도로에 연결 비상사고 발생 시 외부 관계기관의 지원이 보다 용이하게 되어진다. 진입로에 대한 비상대응 영향 분석은 비상사고 발생 시 외부 진입로를 통한 외부 응급구조 기관의 지원이 가능하고 외부 진입로가 없는 경우에는 유지 보수용 통로를 통한 외부 응급구조 기관의 지원이 가능하다는 것이다.

### 2.2 비상사고 발생 시 대응 설비 분석

열차 운행중 비상사고 발생 시 일반·고속철도의 차량, 역사, 터널, 교량, 관제실 등에서 사용되는 비상대응 설비는 크게 사고 전파를 위한 방송 및 통신설비와 인명구조를 위한 피난설비로 구분하여 분석하여 조사하였다.

### (1) 차량

비상사고 발생 시 사용되는 열차 내 사고 전파용 방송통신 설비로는 객실 내 인터폰, 통화장치, 차내 방송장치, 여객정보 시스템 등이 있고, 차량에서 종합관제실로 연락을 위한 통신설비로는 일반철도의 경우는 VHF 열차무선장치(1주파 단식방식)가 사용되고, 고속철도의 경우에는 TRS 열차무선장치(주파수 공용)가 사용이 되고 있다. 차량 내 인명 대피를 위한 피난 설비로는 승강문, 비상열림장치, 비상도어, 비상등, 비상창문, 해머, 열차비상정지장치 등이 있다.

### (2) 역사

비상사고 발생 시 사용되는 역사 내 사고 전파용 방송통신 설비는 비상경보장치, 비상전화, 방송설비가 있는데 방송 설비 중에 수동방송은 역무원, 관제원에 의해서 작동이 되며 사고가 발생 했을 때 승객에게 사고 상황을 알려주고 피난을 위한 방송을 한다. 인명 대피를 위한 피난설비로는 피난계단, 비상용승강기, 유도등, 비상조명설비 등이 있고, 도시철도 지하역사 내에는 화재 및 테러에 대비한 방독면이 일부 갖추어져 있다. 차량 및 시설사고로 인한 화재 비상사고 발생 시 소방 활동을 위한 통신망으로는 소방 무선통신 보조 설비가 있다.

### (3) 터널

비상사고 발생 시 사용되는 터널 내 사고 전파용 통신 설비로는 비상전화가 있고, 인명 대피를 위한 피난설비로는 조명등, 유도등, 대피소, 대피통로, 일부 감시용 모니터 등이 조사 되었다.

### (4) 교량

비상사고 발생 시 사용되는 교량 내 사고 전파용 통신 설비로는 비상인터폰이 있으며, 인명 대피를 위한 피난설비로는 안전난간과 피난로가 설치되어 있다.

### (5) 관제실

비상사고 발생 시 관제실에서 사용되는 설비로는 높은 보안도와 효율성을 가진 열차제어방식인 열차 집중제어장치(CTC)가 있고, 방송통신 설비는 열차와 관제실과의 통신을 위한 VHF 열차무선장치(일반철도)와 TRS 열차무선장치(고속철도)이다. 또한 화상전송설비가 있는데 이 설비의 종류에는 첫째, 종합관제실에서 전 역사에 대한 화상을 원격 감시 할 수 있는 종합관제실 영상제어 감시장치가 있고, 둘째, 각 역사에서 전송되어 지는 영상정보를 통합 관리하기 위한 콘솔을 관리역사무실에 설치하여 운용되어 지는 관리역 영상제어 감시장치가 있으며 셋째로 각 카메라로부터 수신된 영상정보를 통합관리 하기 위하여 콘솔데스크를 역무관리실에 설치하여 운용되어지는 일반 역 영상제어 감시장치 등이 조사 되었다.

## 2.3 긴급사고 발생 시 승객에 권고하는 대처 방법

비상사고가 발생 하여 승객이 차량 내 최초 사고 발견자가 되었을 때, 역사 내에서 최초 사고를 발견 하였을 때, 차량과 역사 내에서 신고를 한 다음 선로로 대피했을 경우의 신고요령에 대하여 연구하였고, 그 절차는 일반적으로 다음 경우에 따라 행동되어야 할 것으로 권고 된다.

### (1) 차량

운행중인 열차 내에서 차량 및 시설 비상사고를 목격하였을 때 먼저 비상용 인터폰을 통하여 기관사에게 사고가 난 차량의 객차번호, 사고 발생위치, 사고 상황 등을 가능한 상세히 큰 목소리로 침착하고 명확하게 알린다. 사고 상황을 계속 관찰하며 기관사와 통화를 계속 유지하며 다른 칸의 승객에게 상황 전파를 한다. 사고범위가 커졌을 경우에는 사고 상황을 다른 칸의 승객에게 전파하고 응급시에 개인 휴대전화를 통한 119나 112로 신고한다.

### (2) 역사

역내에서 대기중에 차량 및 시설 비상사고를 목격하였을 때 먼저 역내에 위치한 비상용 인터폰이나 비상전화를 사용하여 역무원 및 관제실에 사고가 난 열차의 종류, 사고 차량의 객차번호, 사고 발생위치, 사고 상황 등을 가능한 상세히 큰 목소리로 침착하고 명확하게 알린다. 사고 상황을 계속 관찰하며 비상대응 직원이 올 때까지 역무원 및 사령실과의 통화를 계속 유지하고, 사고범위가 커졌을 경우에는 사고 상황을 주위사람들에게 전파하고 개인 휴대전화나 비상전화를 통하여 119나 112로 신고한다.

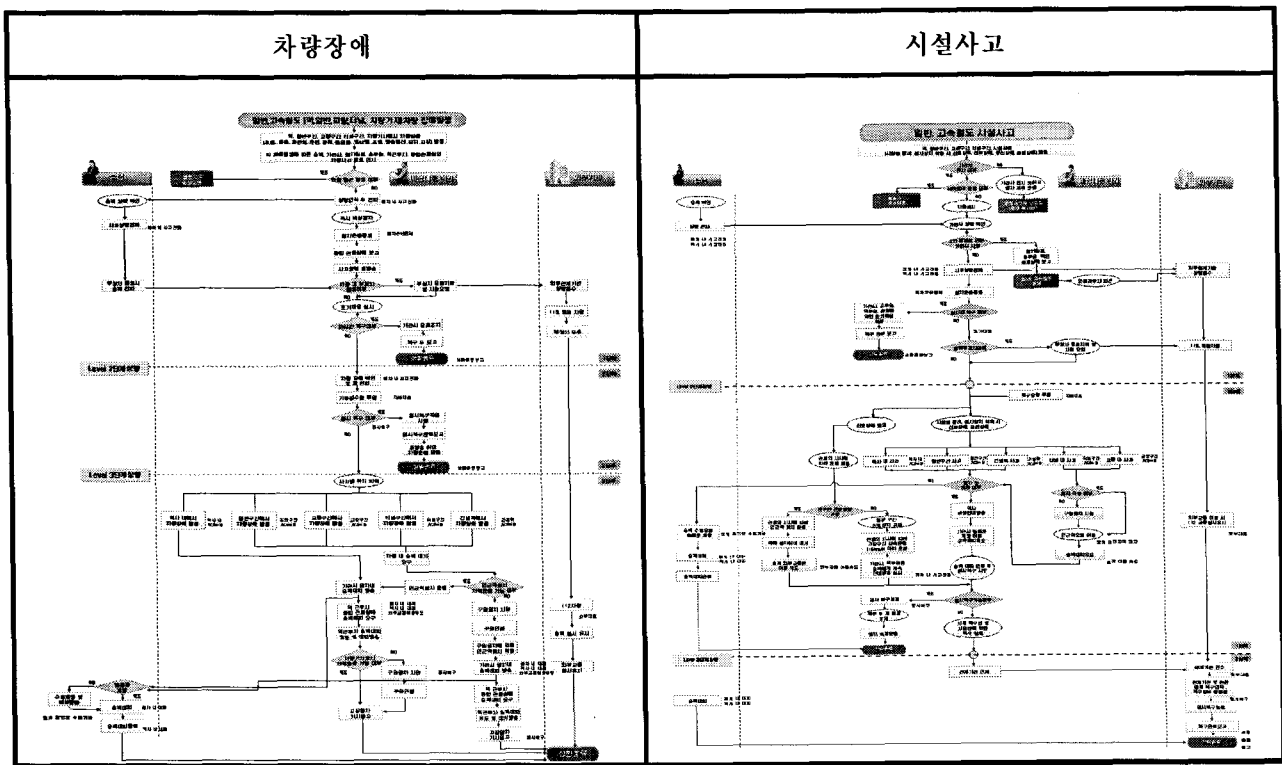
(3) 선로

1차적으로 차량이나 역사에서 사고사실을 전파한 경우나 사고사실을 전파 못하고 긴급하게 선로로 대피하였을 경우에는 선로 내에 위치한 비상전화나 개인의 휴대전화를 이용하여 사고사실을 알리고, 사고가 난 이후의 상황을 정확하게 역무실이나 사령실에 설명을 한다.

2.4 시간경과별 비상대응 주체들의 행동요령

(1) 차량 및 시설장애 비상대응 절차

차량 및 시설장애로 인한 각 유형별 비상대응 시나리오를 분석 연구하여 모든 사고 유형을 한가지로 통합하여 <그림 1>에 전체적인 시나리오를 제시하였다. 시나리오는 초기대응 단계인 1단계, 자체대응 단계인 2단계, 외부대응 단계인 3단계로 나뉘며 각각 사고 상황에 맞게 대응 할 수 있게 하였다.



<그림 1> 차량 및 시설사고 비상대응 시나리오

- 차량장애의 Level에 대한 시나리오 해석을 하면 Level 1은 사고 즉시 단시간 복구가 가능한 초기대응단계로 사고전파, 열차운행통제, 상황종료보고 Activity가 주어져 승객, 비상대응직원의 역할을 나타낸다. 각 상황 event는 <그림 1>에서 보여주는 것처럼 열차탈선여부, 차량 내 부상자 발생여부, 단시간복구 여부를 주어 대응방법을 달리하였다. Level 2는 사고 후 단시간 복구가 불가능 할 때 기동검수원이 투입되어 자체대응 하는 단계로 임시복구, 자체대응, 상황종료보고 Activity가 주어진다. event로 임시복구 가능여부에 따라 임시복구 되어 상황은 종료된다. Level 3은 복구가 장시간 지연될 시 승객 대피 후 차량을 기지입고 시키는 단계로 대피, 열차출입문 개방여부, 외부교통이용 유도, 외부대응, 임시복구, 상황종료보고 Activity가 주어진다. event로 출입문개방 여부를 두어 승객대피를 유도하고, 열차이동여부에 따라 기지입고 후 상황은 종료된다.
- 시설사고의 Level에 대한 시나리오 해석을 하면 Level 1은 사고 즉시 단시간 복구가 가능한 초기 대응단계로 사고전파, 열차운행통제, 상황종료보고 Activity가 주어져 승객, 비상대응직원의 역할을 나타낸다. 각 상황 event는 <그림 1>에서 보여주는 것처럼 기관사 사망여부, 낙하물과 충돌여부, 차량 내 부상자 발생여부, 단시간복구 여부를 주어 대응방법을 달리하였다. Level 2는 사고 후

단시간 복구가 불가능 할 때 기동검수원이 투입되어 자체대응 하는 단계로 임시복구, 자체대응, 상황 종료보고 Activity가 주어진다. event로 전 구간 신호장치 고장 여부, 열차이동여부, 출입문 개방 여부를 주어 대응방법을 달리하였고, 임시복구 가능여부에 따라 임시복구 되어 상황은 종료된다. Level 3은 복구가 장시간 지연될 시 승객 대피 후 관계기관에 인수로 상황은 종료된다.

(2) 시간경과에 따른 비상대응주체들의 행동요령

사고 발생 시점부터 승객 및 비상대응 직원, 종합관제실, 외부기관의 시간의 경과에 따른 비상대응 행동요령에 관하여 연구하여 제시하여 보았다. 여기서 주시해야 할 사항은 연구 제시된 내용이 꼭 정답이라는 것이 아니라는 것이다. 왜냐하면 이 연구는 표준절차를 표본으로 제시한 것이고, 현장상황이나 각 대응 기관의 특수 조건에 따라 응용되어 질 수 있기 때문이다.

<도표 1> 시간경과에 따른 비상대응 주체들의 행동요령

사고 진행 예상시간	대응 순서 (절차)	승 객	비 상 대 응 직 원			외 부 기 관
			기관사 차장/승무원	역 근무자	종합 관제실	
H+ 0~3분 + a	사고 상황 전파	-사고 상황전파	-사고 상황 인지 -사고 상황 접수 -관제실에 상황전파 -외부기관에 상황전파	-사고 상황 접수 -관제실에 상황전파 -외부기관에 상황전파	-사고 상황 접수 -근접역에 상황전파 -외부기관에 상황전파	-사고접수 -출동준비
H+ 3~20분 + a	초기 대응	-차량에서 대기	-승객에게 상황전파 -열차 운행 통제	-역내 승객에게 상황전파	-All Call 사용 -전 역 및 전 열차에 사고 내용 전파	-현장 출동 -상황 파악
H+ 20~60분 + a	자체 대응	-열차출입문 개방 -대피실시 -출입문 개방 실패 -수동개방 후 대피 -수동 개방 실패 -비상방송 실시 -비상방송 사용 -비상통로 확보.	-열차안전지역 정지 -열차 출입문 개방 -출입문 개방 실패 -수동개방 유도 -비상방송 실시 -승객대피 유도 실시 -사고 확대시 운행금지 -인력지원 요청 -사고상황 보고 -구원열차 지원요청 -사고차량 구원준비 -구원연결 준비.	-승객 대피유도 실시 -현장출동 자체대응 -비상게이트 개방 -사고 안내 게시물설치 -열차지연 및 타 교통 이용 안내방송 -승차권 환불 -승차권 발매 제한 접근 -시민접근 통제 실시 -부상승객응급조치	-사고 상황 파악 -역장에게 승객유도 -질서유지 조치 요구 -사고 역 열차운행 중지 -격리정차 -통과승인 -관계기관 상황 전파 -구원열차 지원 -사고 상황 확대시 관계기관에 복구장비 및 인력지원 요청	-현장 출동 -상황 파악
H+ 60~80분 + a	외부 대응	-안내에 따라 대피	-외부 관계기관 도착시 사고 상황 안내 -승객 대피 계속유도	-외부 관계기관 도착시 사고 상황 안내 -승객 대피 계속유도	-외부 관계기관 도착시 사고현장 인계 -진입로 확보	-현장 인수 -부상자 응급조치 / 후송 -승객 피난 유도 -임시복구 실시 -진입로 확보
H+ 80~100분 + a	상황 종료	-안내에 따라 이동 -열차 이용 -외부교통 이용	-승객 안내방송 -열차 정상운행 -사고원인 파악 -최종보고	-영업재개 -승차권 발매 -안내방송 -부상자 응급조치 / 후송 -복구 -영업 재개시 -원인 파악 및 -최종보고	-출발통보 -열차 정상운행 지시 -기타 복구지원 요청시 관련부서 통보 -승객과 차량 피해정도 파악 -사고원인 파악 -대내외 상황보고	

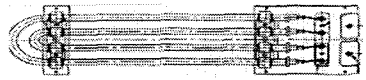
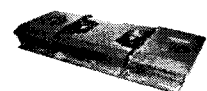
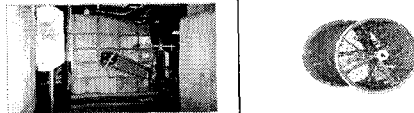


3. 비상사건으로 인한 화재대비 배연설비 환경 분석(차량, 시설물 중심)

차량 및 시설사건으로 인한 화재발생 시 연기 확산을 억제하기 위한 차량, 터널, 역사 등의 장소에서 설치된 배연설비의 종류와 기능 그리고 설비 설치 현황에 대하여 조사, 분석하였다.

(1) 배연설비의 종류 및 기능

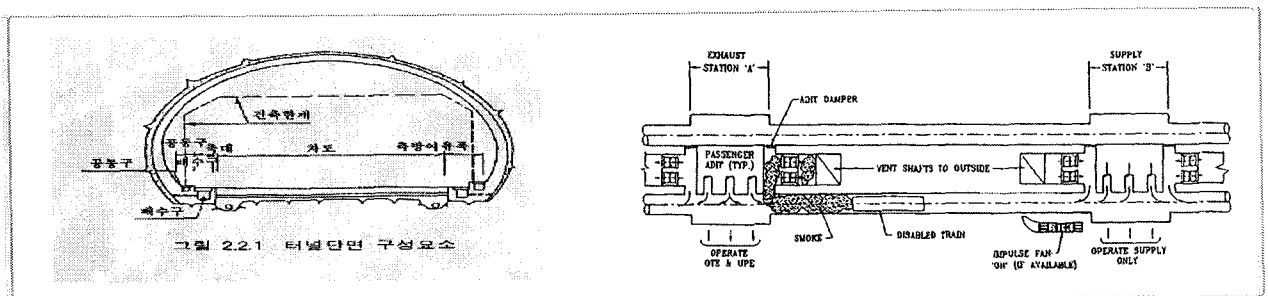
비상사건으로 인한 화재발생 시 연기 확산을 억제하기 위한 배연설비의 종류 및 기능을 위치별로 조사하여 다음과 같이 분석하였다.

<도표 2> 배연설비의 종류 및 기능

위치	배연설비의 종류 및 기능		
차량	차량에 들어가는 배연설비의 종류는 기존에는 냉난방설비(차량 내 환기기능 포함)로 배연을 했지만 신규보완 설비로 운전실에서 배연을 한꺼번에 제어할 수 있는 환기설비를 설치되어 있다.	냉난방 설비	
		환기 설비	
터널	터널에 사용되는 배연설비의 종류는 제연설비로 터널 내 유독가스를 배출 한다. (전동기, 배풍기, 배출풍도 및 배풍막)	제연 설비	
승강장	역내에 사용되는 배연설비의 종류는 대피통로나 안전지대의 입구부에 천장부를 따라서 연기가 확산되는 것을 막는 제연 커튼이 설치되어 있다	제연 커튼	
		스프링클러	

(2) 차량, 터널, 역사 및 승강장에서 배연설비 현황 분석

철도 시설의 배연설비를 과거와 현재의 설비 현황으로 구분하여 분석하면 차량의 경우에는 배연을 위한 환기시설이 과거(2000년도 이전)에는 냉난방설비였지만 현재에는 운전실에서 일괄적으로 환기 제어가 가능한 설비가 사용되고 있고, 터널에서는 과거에는(2000년도 이전) 터널별 단독 수동운전이나 인근 환기실에서 연계 운전하여 자연 및 강제 환기를 시켰지만 현재에는 터널 안에 연기의 배출방향을 조절할 수 있는 기능을 갖춘 제연설비가 사용되고 있다. 역사 내의 공조 설비는 과거(1990년도 이전)에는 8개 역에 수동으로만 운전이 되었지만 현재는 전 역사에 설치되어 있고 자동으로 운전이 가능한 설비가 설치되어 있다. 스프링클러는 소방법에 의거하여 과거부터 전 역사에 설치되어 있지만 과거(2000년도 이전)에는 단전 시 작동이 불가능 하였지만 현재에는 단전 시에도 작동할 수 있도록 설치되어 있다.



<그림 2> 터널 환기설비 계통도

#### 4. 결론 및 향후연구계획

본 연구에서는 열차 운행 중 시설 및 차량장애로 인하여 비상사고가 발생 하였을 때 보다 신속한 대처를 위하여 비상대응 환경을 다각도로 조사하여 비상대응 환경에 있어서의 영향 비교를 함으로 인해 사고 발생 시 대처하기 힘든 부분에 관하여 대처 방안을 제시하였고, 비상사고가 발생 하여서 승객이 대피 할 때 보다 신속하고 안전하게 대피 할 수 있도록 활용이 가능한 설비에 대하여 조사하였다. 또한 비상사고가 발생 하였을 때 신속한 상황전파를 위해 가장 먼저 목격할 수 있는 승객이 취해야할 대처방법을 체계화하였다. 차량장애 및 시설사고로 인해 발생될 수 있는 비상대응의 절차를 각 중요 event로 만들어 사고 유형별 시나리오를 하나로 통합하여 보다 효율적으로 대응 할 수 있게 하였고, 이를 바탕으로 시간경과에 따른 비상대응 주체들의 행동요령을 제시하여 보았다. 또 각종 열차 사고 시에 대형사고로 이어져 인명의 살상을 가져오는 비상사고로 인한 화재 발생 시에 직접 불에 의한 인명피해보다는 연기 질식에 의한 인명피해가 많은 것을 우리는 알고 있다. 이와 관련하여 차량이나 역사시설에 설치되어 있는 배연 환경설비에 관심을 가지고 조사 분석해 보았으나 미흡하다. 향후에 비상대응의 연구는 승객의 안전에 대해 비상사고 발생 시 배연시설 설비 및 대피루트에 대해서 보다 많은 연구가 되어져야 한다고 생각된다. 이러한 것에 연구에 관점을 승객의 안전하고 신속한 대피를 위한 비상대응 교육 메뉴얼도 함께 연구 될 것이다.

#### 감사의 글

본 연구는 건설교통부 2007 “철도종합안전기술개발사업\_ 철도사고 및 비상대응 관리체계구축” 연구과제 지원으로 수행되었습니다. 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

#### 참고 문헌

1. 테러·시설 및 차량장애, 철도관제에 대한 비상대응절차 개발, 철도기술연구원, 2006
2. 사고복구 및 수습기준(예규집 별책), 부산교통공단, 2003
3. 철도사고 및 비상대응 관리체계 구축 보고서, 건설교통부, 2007
4. 양도철, “국내·외 철도사고유형 분석 통해 초기사고발생 인식·전파를 위한 오감인지 대응연구”, 철도학회논문 춘계학술대회, 2007
5. 양도철, “도시철도 차량사고에 액티비티-액션다이어그램 기법을 적용한 비상대응 절차 구현 연구”, 철도학회논문 추계학술대회, 2006
6. 철도사고보고 및 조사에 관한 지침, pp 제1장~제2장, 한국철도공사, 2007
7. 성광일, 도시철도 기술 자료집, pp 제4장~제5장, 이엔지·북, 2005
8. 철도 교통관제 업무효율화 방안, pp 363~364, 한국철도시설공단, 2004
9. 장경수, 백남옥, 철도공학 핸드북, pp 91~122, 골든벨, 2002
10. 김선호, 고속철도 시속 300km의 비밀, pp 92~94, 일양 문화사, 1999