

## 지하역사 제연설비(Smoke Control System)에 관한 연구

## A Study on Smork Control System in a Underground Station

이홍로\*†, 공창모\*\*, 우종혁\*\*\*

Hong-Ro Lee\*†, Choonja Kim\*†, Chang-Mo Gong\*\*, Jong-Hyuk Woo\*\*\*

**Abstract** After the arosion at Jungangno station 18. Feb. 2003 at Daegu, People realized difficulties of protection from unspecified fire crime and It brought improved safety conscios.

When the fire occurred in Subway station there are difficulties of exhaust smoke, fresh air supply, long distance of evacuation way to the ground, not enough sight distance, smoke inhalation and physical degradation because of characteristics of under ground station It causes many casualties and property damages.

In this thesis, I investigate how the smoke control system, the Extinguish active equipment of the Fire fighting equipment category, installs and works with reference of seoulmetro' s stations installation and analyze the smoke control area, system construction, the way to secure the clean layer, maintenance and repair method and so on so that I suggest the installation way to the stations which does not have the smoke control system when they are in the construction of the environment improvement.

## 1. 서 론

2003년 2월 18일 대구지하철 중앙로역에서 일어난 방화사건으로 인해 시민들은 불특정 다수를 대상으로 하는 방화사건의 예방이 어려움을 알게 되었고 이 사건으로 인해 안전의식의 향상이 이루어 졌다.

지하철역에서 화재가 발생하면 지하역사의 특성으로 인해 연기의 배출, 신선공기의 공급, 긴 탈출거리, 시야확보의 어려움, 연기흡입, 체력저하와 같은 어려움이 존재하게 되고. 이것은 많은 사상자와 물적 피해를 유발하게 된다.

이 논문에서는 서울메트로 기존 역에 설치된 사례를 참고로 하여 제연설비가 어떻게 설치 운영되고 있는지 알아보고 제연구역, 시스템구성, 제연풍량, 클린층 확보방안, 유지보수 방법 등을 분석함으로써 제연설비가 설치 되지 않은 도시철도 기존 역사 환경개선 공사시 설치 방안을 제시 하고자 한다.

\*†정회원 : 서울메트로 감사실 부장(lhr65@seoulmetro.co.kr / TEL : 02-6110-5794 FAX : 02-6110-5819)

\*\* 비회원, 서울메트로 감사실 부장(kongrail@seoulmetro.co.kr / TEL : 02-6110-5797)

\*\*\*비회원, 서울메트로 감사실 차장(woo386@seoulmetro.co.kr / TEL : 02-6110-5788)

## 2. 소방설비 개요

### 2.1 소방설비의 정의

화재로 인한 재난을 예방하기 위한 설비로서 수·자동으로 방호 대상물에 설치되어 화재 확산을 막거나 억제하는 장치로 인명과 재산을 보호하는 시설을 말한다. 소방시설은 활용도에 따라 소화설비, 경보설비, 피난설비, 소화활동설비, 소화용수설비 등으로 구분하여 나누어 볼 수가 있다.

### 2.2 소방시설의 구성

소방시설은 인명과 재산에 직결된 중요한 안전설비로서 소방시설설치유지 및 안전관리에 관한 법률 시행령 제3조에 다음과 같이 규정하고 있다.

- 가. 소화설비 : 소화기구, 옥내소화전설비, 물분무소화설비, 스프링클러설비 등
- 나. 경보설비 : 비상경보설비, 비상방송설비, 자동화재탐지설비 및 시각경보기 등
- 다. 피난설비 : 피난유도선, 유도등 및 유도표지, 비상조명등 및 휴대용비상조명등 등
- 라. 소화용수설비 : 상수도 소화용수설비, 소화수조·저수조 등
- 마. 소화활동설비 : **제연설비**, 연결송수관설비, 연결살수설비, 비상콘센트설비 등

### 2.2 지하철 제연설비의 이해

#### 2.2.1 목 적

지하철 역사내 제연설비는 화재발생시 연기를 제어하여 재실자에게 연기로 인한 질식방지와 가시거리를 제공 함으로서 피난안전성을 확보하는데 있으며, 또한 소화활동을 위한 안전공간 확보로 화재를 진압하거나 인명구조활동을 지원해 주는데 있다.

#### 2.2.2 법적 설치기준

가. 대합실 : 소방시설설치유지 및 안전관리에 관한 법률 시행령 제15조 별표 5항 5.소화활동설비 3) 운수시설 중 도시철도 시설의 대합실로서 지하층 또는 무창층의 바닥면적이 1천㎡ 이상인 것.

나. 승강장 : 법적규정 없음.(단, PSD설치 후 안전을 고려하여 자진설비로 설치)

다. 제연구획 설치 기준(국가화재안전기준 NFSC501)

## 3. 지하철 제연설비의 설치·운영 사례

### 3.1 설치 배경

2003년 대구지하철 화재 이후 지하역사 화재발생시 유독가스와 연기로 인한 피해가 크게 사회 문제화되었으며, 이는 시민의 안전의식 변화로 지하철에 대한 소방설비의 설치·운영 강화와 보완 현상으로 나타났다. 또한 2005년부터 지하철 승강장에서 승객의 자살방지와 안전을 고려한 승강장스크린도어(PSD)가 설치되면서 지하철 승강장도 하나의 구획된 방호공간으로 인식되면서 스프링클러, 제연 등 소방설비가 추가로 설치되고 설계에 반영하기 시작하였다.

### 3.2 도시철도 제연설비 설치 운영현황

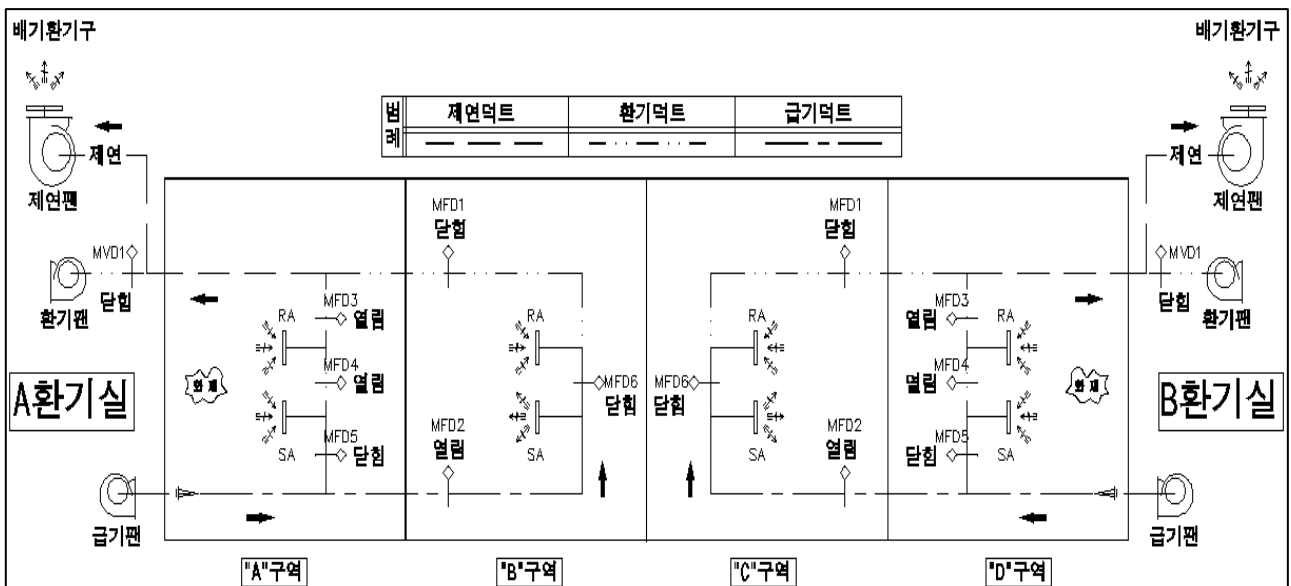
구 분		서울메트로	서울도시철도공사	인천메트로	비 고	
승강장	길이(m)	205	160	160		
	폭(m)	4.0	6.6	8.5		
	제연구역 수	섬식	4	2	2	
		상대식	8	4	4	
	제연팬 풍량(m³/h)	50,000	66,000	55,000		
	제연덕트설치 유무	공조겸용	공조겸용	공조겸용		
	전용제연팬설치유무	공조겸용	공조겸용	공조겸용		
대합실	길이(m)	205	160	186		
	폭(m)	8.0	17.8	16.0		
	제연구역 수	3~4	2~4	2~4		
	제연팬 풍량(m³/h)	50,000	90,000	55,000		
	제연덕트설치 유무	공조겸용	공조겸용	공조겸용		
	제연팬 설치 유무	공조겸용	공조겸용	공조겸용		

### 3.3 제연방식

지하철 화재는 위치적 공간적 특성 때문에 승객의 안전피난, 소화활동지원, 클린층(Clean Layer) 확보, 원활한 오염원 배출을 위하여 승강장 4구역, 대합실 3구역으로 제연구역을 나누고 상호급배기 방식으로 하였다.

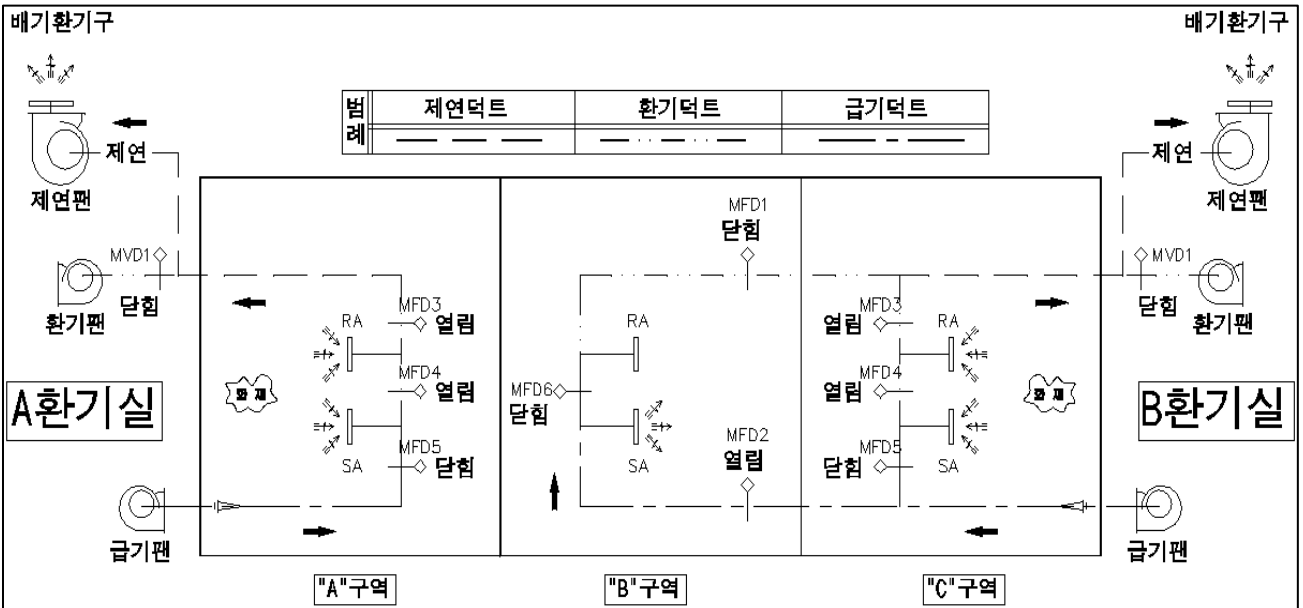
#### 3.3.1 승강장 제연방식

기존 지하역사 승강장 제연구역 205m ÷ 60m ≒ 4구역, 예상제연구역에 대하여 화재시 댐퍼 제어에 의한 연기배출과 동시에 주변에서 공기유입, 제연경계 폭 0.6m, 수직거리 2.5m 유지.

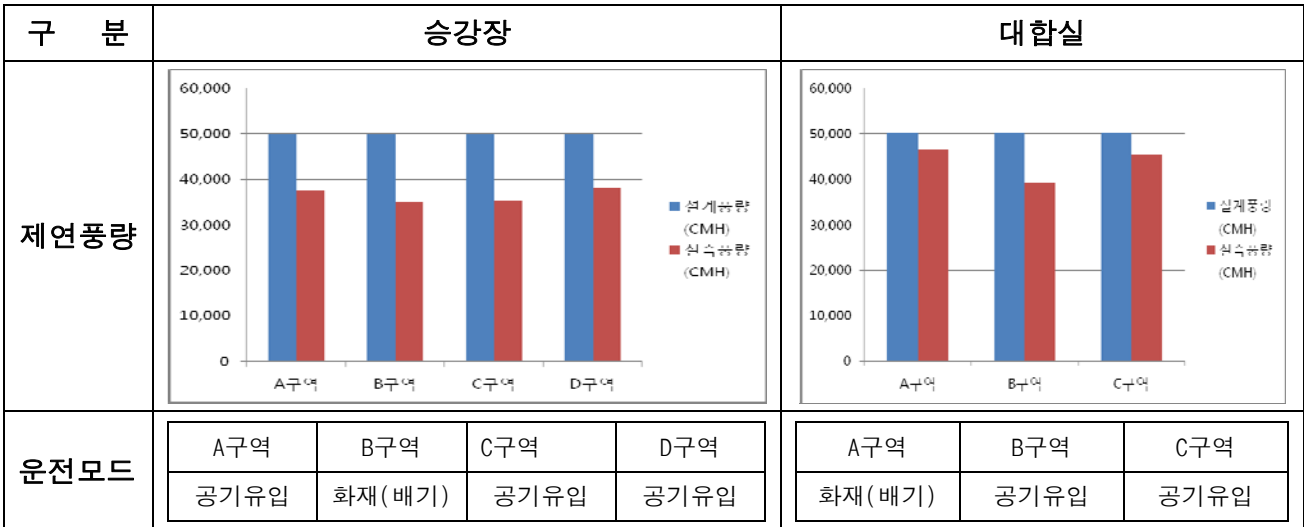


### 3.3.2 대합실 제연방식

승강장 제연방식과 조건은 같으며, 대합실 제연구획은 좌우에 위치한 기계실(A.B환기실) 제외로 (205m-60m)÷60m ≒ 3구역으로 구획.



### 3.4 K역사 제연 System 운전결과



### 3.5 운전결과 분석

제연설비를 화재안전기준(NFSC501)에 준하여 설계, 시공하고 운전한 결과 각 구역별 제연풍량이 기준치의 75%이하로 나타나는 문제점이 발견되었다. 중요 원인으로서는 2000년 이전에 건설된 지하역사에 설치기준 특례없이 무리한 설치가 부른 구조적이며 공간적인 문제였다.

가. 환경변화에 따른 시설물 증가로 설치공간 협소

- ① 승강장 폭 도시철도 설계기준 4m, 계단부 2.5m이상인데 편의시설 엘리베이터 설치로 일부구간 기준치 이하(1.8m)로 제연풍도 면적감소가 공기의 유동 마찰저항 증가

- ② 승강장 높이도시철도설계기준 4.5m, 천장반자 2.8m이상 이나 안전높이 2.7m를 제외한1.3m 반자위 공간내 시설물(소방,공조,전기,통신,PSD,위생) 증가로 제연풍도 면적감소가 공기의 유동 마찰저항 증가
- ③ 장비설치공간(환기실) 크기제한에 따른 장비선정시 현장을 고려한 충분한 검토부족으로 Tight한 이론 설계풍량 적용으로 나타난 실풍량 감소
- ④ 풍도 면적감소가 연기의 유동 마찰저항 증가로 나타나 풍량감소의 중요 원인임을 연속방정식(Q=AV)과 Darcy-Weisbach, Hazen-Williams 식을 이용 알수가 있다.

$$\Delta P = f \times \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2g} \text{ (Darcy - Weisbach)} \quad (1)$$

$$\Delta P = 6.174 \times 10^5 \times \frac{Q^{1.85}}{C^{1.85}} \times \frac{L}{d^{4.87}} \text{ (Hazen - Williams)} \quad (2)$$

나. System 운영상의 문제점

- ① 경제적인 Cost관점에서 공기조화용 풍도, 제연풍도, 장비(팬) 등을 겸용으로 댐퍼 등 각종 부속설비의 증가로 유지관리의 어려움과 기능유지 저하
- ② 승강기 등 신규 각종 설비와 연계되어 System이 복잡하고 운영관리자의 안전의식과 전문성, 유지보수용역 관리한계(저임금, 높은 이직율, 기술저하)

3.6 제연설비 개선방향 제시

가. 제연설비의 무리한 기준적용 설치보다는 역사 특성에 맞는 최선의 방향으로 설치

나. 지속적인 제도개선 및 성능위주설계 도입

구 분	현 재	개 선
- 제연구역 조정	60m 이내	100m 이내
승강장(4→2)	A구역 B구역 C구역 D구역	A구역 B구역
대합실(3→2)	A구역 B구역 C구역	A구역 B구역
- 공사비 절감	722,204,000원(기계,소방,TAB)	655,289,000원(90%)
- 제연풍량	37,500CMH(설계치의 75%)	50,000CMH(설계치의 100%)
- 장비(팬)설계	다익형 제연풍량의 110%	익형 제연풍량의 125%
- Clean Layer	관로손실 증가로 불가	관로손실 감소로 가능

다. 화재수신반의 P형보다는 신뢰도가 높은 R형 또는 Intelligent 수신기 설치

라. 생애주기(Life Cycle Cost) 고려한 설계

### 3.7 제연구역 조정에 따른 효과 분석

구 분	온도(℃) (Temperature)		연기농도 (mg/m³)		가시거리(m) (Visiblity Light-Emitting)	
	최고	최저	최고	최저	최고	최저
화재안전기준	60℃이하		65mg/m³이하		9.14m 이상	
현재(4 구역)	최고	25.7℃	최고	27.56mg/m³	최고	10m 이상
	최저	20.3℃	최저	0mg/m³	최저	9.2m
	평균	23.5℃	평균	18.15mg/m³	평균	9.58m
개선(2 구역)	최고	25.4℃	최고	23.36mg/m³	최고	10m 이상
	최저	20.3℃	최저	0mg/m³	최저	9.4m
	평균	23.3℃	평균	15.22mg/m³	평균	9.74m
개선효과(평균)	1.16 향상		16.14% 향상		1.64% 향상	

## 4. 결 론

2000년도 이전에 건설된 지하철 역사에 구조물 변경없이 국가화재안전기준에 따라 제연설비를 설치하고 운영한다는 것은 시설물의 증가와 협소공간으로 인한 기준풍량 확보가 상당히 어렵고 유지관리비의 증가로 나타나게 되었으며, 이는 화재발생시 연소생성물로인한 광선의 흡수, 유독성 가스발생, 고온의 화염을 수반하고 화재확대의 주역으로서 산소의 결핍으로 재실 피난자로 하여금 시각·심리·생리적 유해성을 가하여 열적·비열적 손상을 주게 된다.

본 논문에서는 제연설비가 기존 지하철 역사에 미치는 영향과 설치시 현행 법령과의 관계에서 발생하는 문제점을 토대로 고려되어야 할 사항을 작으나마 설계, 시공, 유지관리 경험을 바탕으로 개선방안을 제시하고자 하였다.

## 참고문헌

1. 제연설비화재안전기(NFSC501) / 소방방재청
2. 서울지하철 냉방공사 설계도서, 서울메트로
3. 시뮬레이션 기반 도시철도 지하역사 승강장 제연구역 구획 프로세스 / 최순일
4. 소방기술사 특론 / 도서출판 동화기술
5. 방화공학 실무 핸드북 / 소방기술사회

(한국철도학회 정기학술대회 Full Paper -Template 작성일: 2015.09.16)