

C-01

지하철 역사 승강장의 제연경계벽 효용성 연구

허준호, 노삼규, 김종훈*, 김운형*
광운대학교 건축학부, 경민대학 소방과학과*

The Effectiveness of Smoke Reservoir Screen in Subway Station Platform

Jun Ho Hur, Sam Kew Roh, Jong Hoon Kim*, Woon Hyung Kim*
Kwang Woon University, Kyung Min College*

1. 서론

최근 발생한 대구 지하철 참사의 예처럼 지하공간이라는 특수한 환경에서 화재 시 피난동선이 연기의 이동경로와 동일하여 다량의 인명피해를 발생시킬 수 있는 장소의 경우, 수직개구부상의 연기제어에 대한 대책이 인명안전 상 필수적이다.

이 경우 성능위주의 방화설계를 위한 화재시나리오를 설정하고 연기의 발생량을 고려한 화재시물레이션을 통하여 지하철 역사의 승강장과 같은 지하공간에서 수직개구부의 제연 경계벽을 이용한 효과적인 연기제어를 통하여 최소 피난시간을 확보하고 기존의 역사시설을 효과적으로 이용하는 경제성 측면의 대안을 제시할 수 있다.

본 연구에서는 지하철 역사공간의 화재특성과 제연 경계벽의 구성 및 규정에 대하여 고찰하고, 효과적인 연기제어를 위한 제연 경계벽의 효용성을 컴퓨터 모델링 기법을 적용하여 분석하였다. 이를 통하여 성능기준에 부합되는 지하철 역사의 연기제어 설계대안을 제시하고자 한다.

2. 지하철 역사의 화재위험성

2.1 연소특성

지하 공간(무창층)과 같은 환경으로 화재발생초기 다량의 연기가 발생하고 내부의 공간적 한계로 인하여 연기의 축적과 가연성 내장재에서 발생하는 유독성 가스가 다량 발생하여 인명피해의 원인이 된다.

2.2 피난특성

조명이 없는 지하(무창층)에서 불특정 다수인이 피난하게 되며 폐쇄공간에서의 Panic

현상이 발생하고 피난 구 및 피난계단의 위치판단이 어렵고 일시적인 피난으로 2차적 재해발생우려가 있다.

2.3 공간특성

피난경로 상 계단을 올라가야하는 체력적인 소모와 사람들의 피난방향과 연기의 이동 통로가 동일하여 피난에 어려움이 있으며 화재진압 및 구조를 위한 소방대의 진입 또한 매우 곤란하다.

3. 제연 경계벽의 구성 및 규정

제연경계벽은 소방법의 소방기술기준에 관한 규칙 114조 제연구획의 규정을 따르고 있으며 그 내용은 아래와 같다.

□ 제연구역의 구획

제연구역의 구획은 보, 제연 경계벽(이하 “제연경계”라 한다) 및 벽(화재시 자동으로 구획되는 가동벽, 셔터, 방화 문을 포함한다)으로 하되 다음 각호의 기준에 적합하여야 한다.

- 재질은 내화재 또는 불연재(화재 시 쉽게 변형, 파괴되는 것을 제외한다)로 할 것.
- 제연경계는 천정 또는 반자로부터 그 수직하단까지의 거리(이하 “제연경계의 폭”이라 한다)가 0.6m이상이고, 바닥으로부터 그 수직하단까지의 거리(이하 “수직거리”라 한다)가 2m이내이어야 한다. 다만, 구조상 불가피한 경우는 2m를 초과할 수 있다.
- 제연 경계벽은 배연 시 기류에 의하여 그 하단이 쉽게 흔들리지 아니하여야 하며, 또한 가동식의 경우에는 급속히 하강하여 인명에 위해를 주지 아니하는 구조일 것.

□ 제연구역의 기준

- 하나의 제연구역의 면적을 1,000m² 이내로 하여야 한다.
- 거실과 통로는 상호 제연하여야 한다.
- 통로상의 제연구역은 보행중심선의 길이가 40m를 초과하지 아니할 것(다만, 구조상 불가피한 경우에는 60m 까지로 할 수 있다).
- 하나의 제연구역은 직경 40m 원내에 들어갈 수 있을 것(다만, 구조상 불가피한 경우에는 60m 까지 로 할 수 있다).
- 하나의 구역은 2개 이상 층에 미치지 아니하도록 하여야 한다.

□ 제연설비의 법적설치대상물

- 관람집회 및 운동시설로서 무대부의 바닥면적이 200m² 이상인 것
- 근린생활 및 위락시설, 판매시설 및 숙박시설로서 지하층 또는 무창층의 바닥면적이 1,000m² 이상인 것.

- 시외버스 정류장, 철도역사, 공항시설, 해운시설의 대합실 또는 휴게시설로서 지하층 또는 무창층의 바닥면적이 1,000m² 이상인 것
- 지하가로서 연면적 1,000m² 이상인 것
- 특수장소에(갓 복도형 아파트는 제외) 부설된 특별피난계단 및 비상용 승강기의 승강장

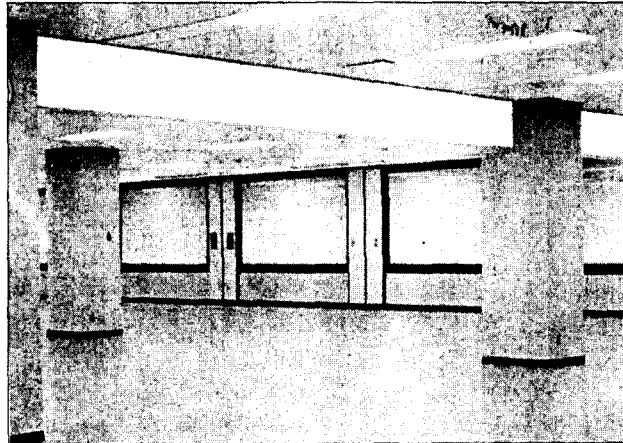


그림 1. 방연커튼 설치 예

본 연구에서는 화재 시 연기의 확산 및 이동을 방지하기 위한 제연구확설비인 방연 커튼을 수직개구부에 설치하여 연기제어를 하고자 한다.

4. 제연경계벽의 효용성 검토

4.1 지하철 역사의 공간구성

지하철 역사의 공간구성은 대구 지하철 역사의 공간을 기준으로 하였으며 상층부와의 개구부 수를 고려하여 전체 공간 길이의 1/2(폭, 높이는 동일) 크기로 하고, 지하3층의 구조로 피난계단을 통한 수직개구부와 지상까지의 거리를 동일하게 구성하였다.

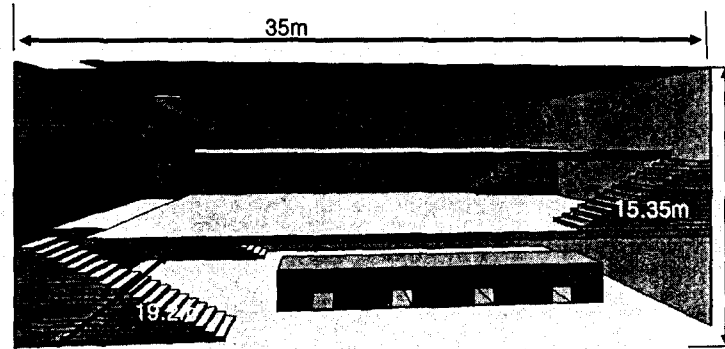


그림 2. 지하철 역사의 공간구성

4.2 화재시나리오와 화재모델

1) 화재시나리오

지하3층 공간의 지하철 역사 내 승강장의 전동차 내부에서 방화로 인한 화재가 발생하고 화염과 연기는 지하철 승강장의 천정부로 확산된 후 수직개구부를 통해 상층부로 점차 확대된다. 이때 역사에 설치된 제연설비는 작동하지 않는 것으로 가정 한다.

화재는 Unsteady Fire 이며 화재성장곡선은 Ultra-fast, 최대 열방출비율은 전동차 1량을 기준으로 20 MW로 설정하였다.

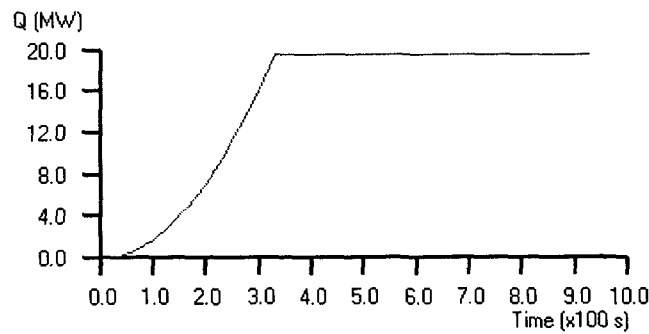


그림 3. 화재성장곡선

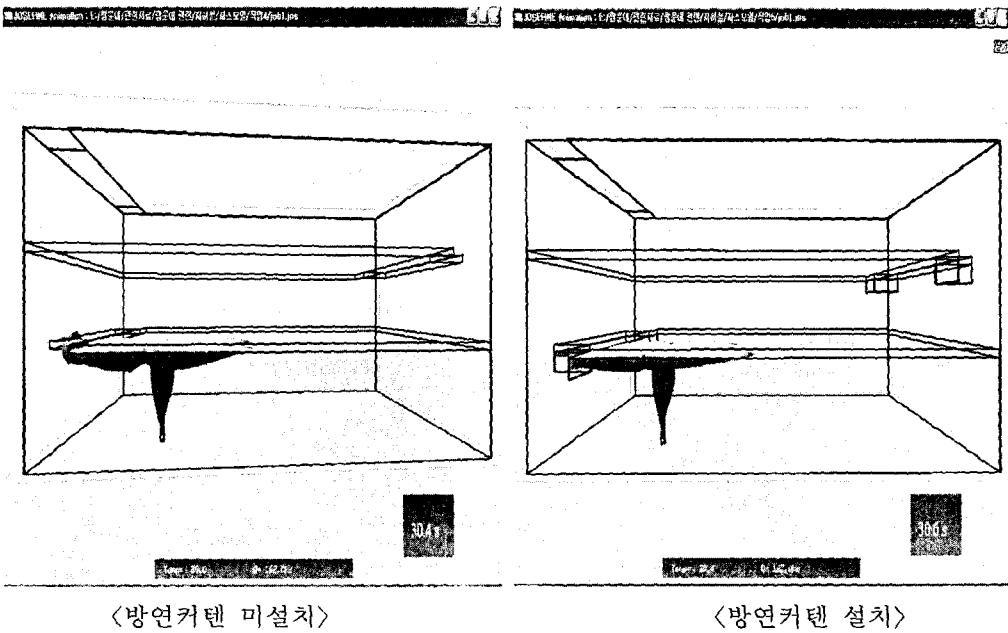
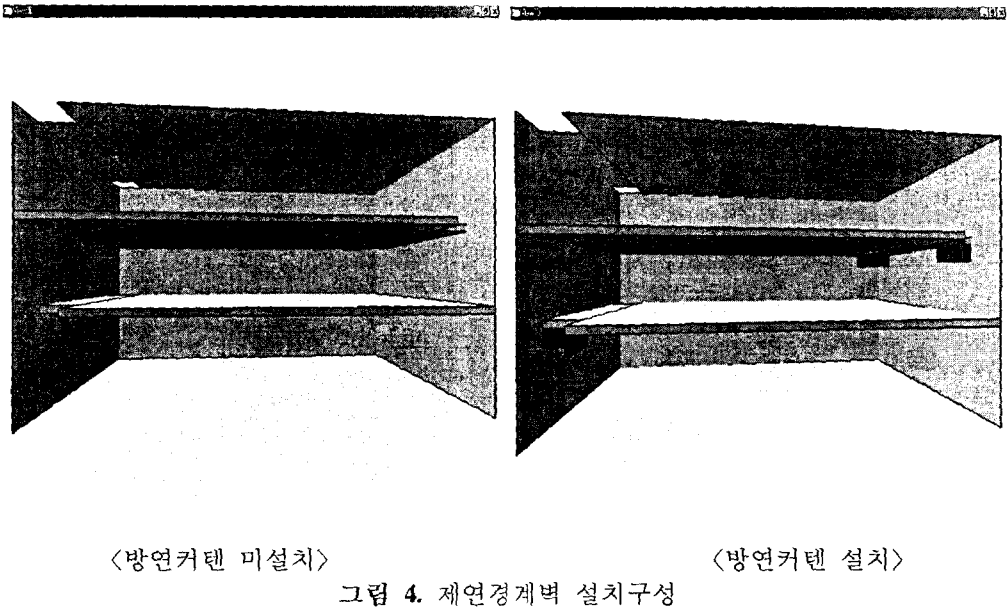
2) 화재 모델 (Jasmine-Field Model)

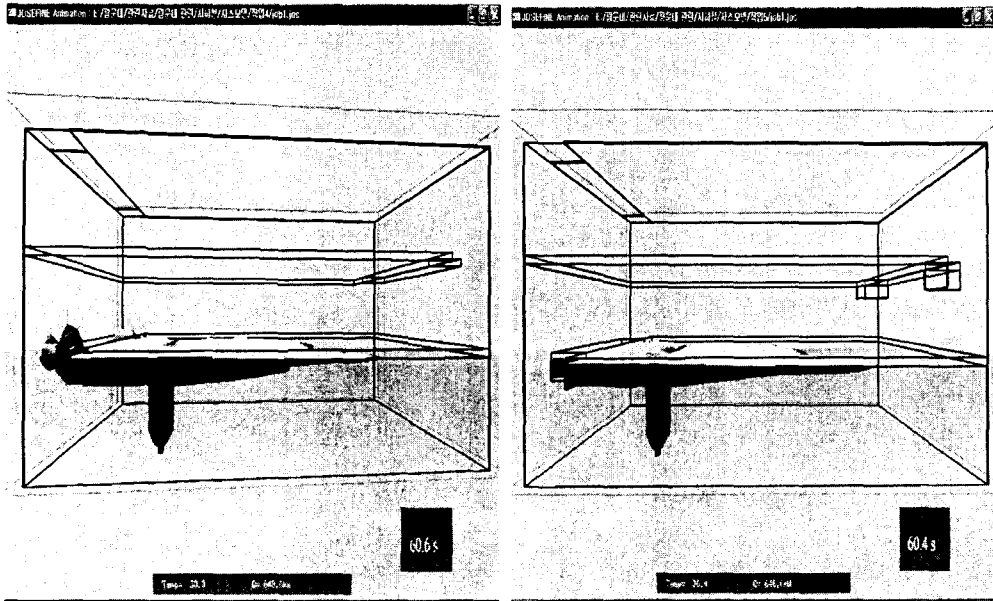
영국 BRE(Building Research Establishment)의 Fire Dynamic Center에서 개발된 화재예측 CFD 모델이며, 화재 공학적 3차원 Field Model을 통하여 화재발생시 건축물의 온도분포 상황을 예측하고 연소생성물의 확산과 이동과정을 시간당으로 보여줌으로써 연기의 유동과 피난시간에 따른 안전도를 고려하는 연층하강의 높이와 시간을 예측할 수 있다.

4.3 방연커튼의 효용성 분석

1) 화재시물레이션 분석

화재 시물레이션을 이용하여 지하철 역사(지하3층) 공간의 화재 시 수직개구부상에 방연커튼의 효용성을 비교분석한 결과는 다음과 같다.

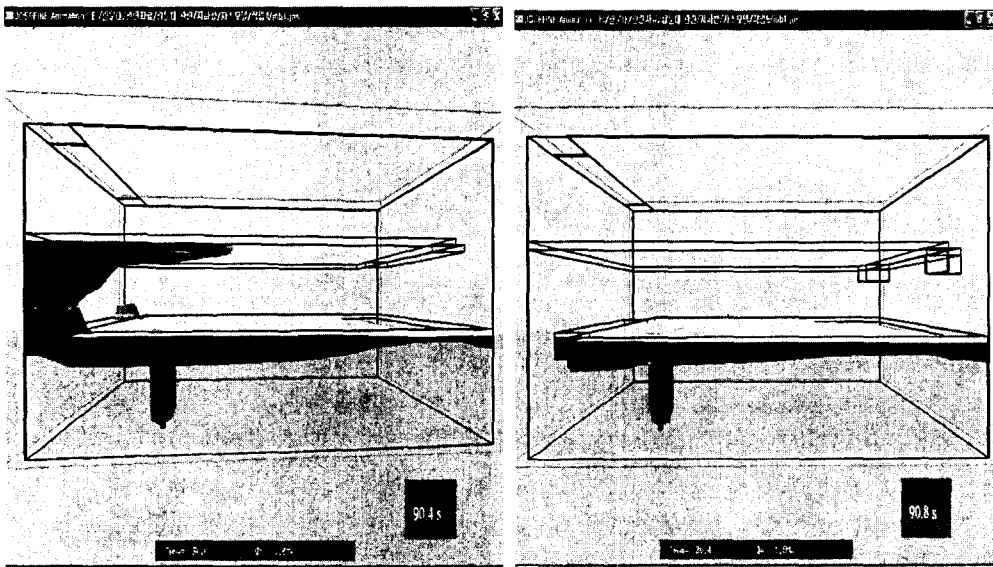




<방연커텐 미설치>

<방연커텐 설치>

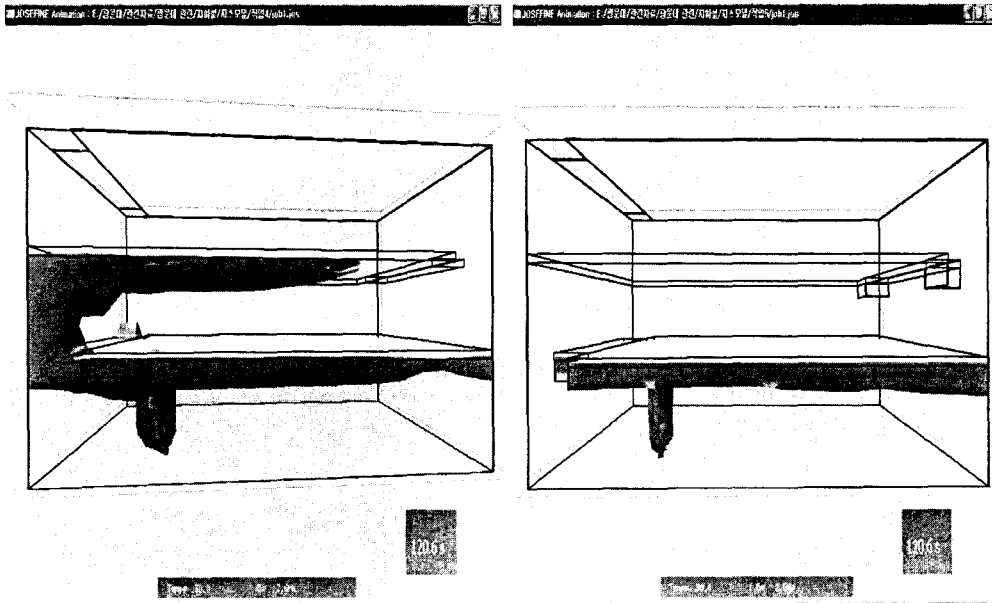
그림 6. 발화 60초 후 연기의 유동



<방연커텐 미설치>

<방연커텐 설치>

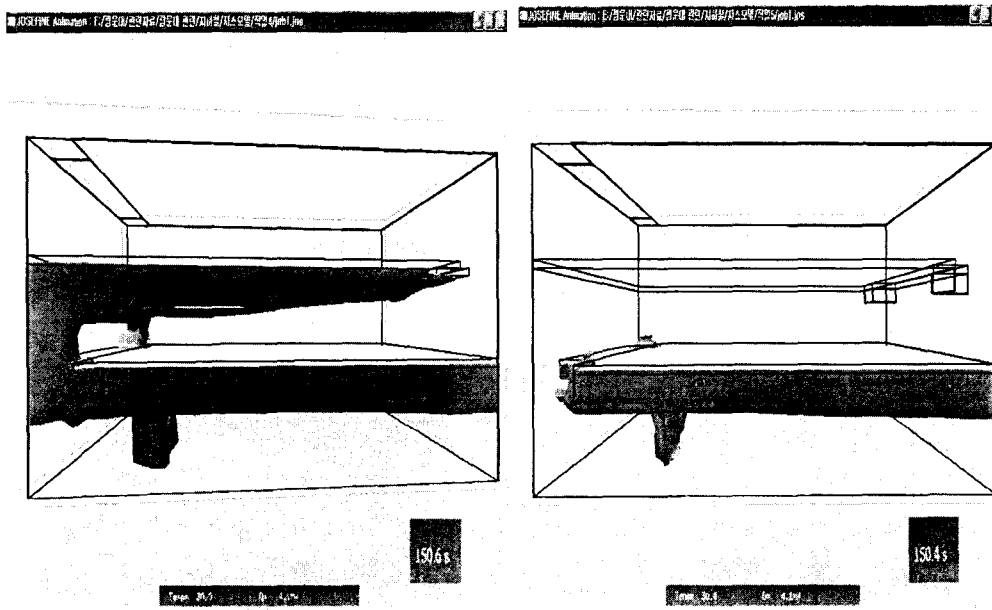
그림 7. 발화 90초 후 연기의 유동



<방연커튼 미설치>

<방연커튼 설치>

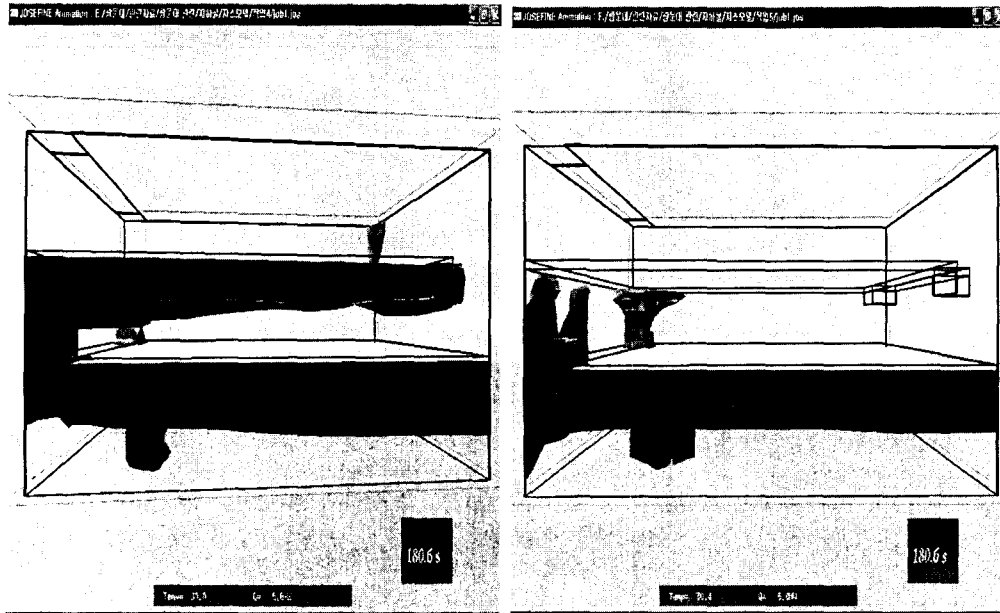
그림 8. 발화 120초 후 연기의 유동



<방연커튼 미설치>

<방연커튼 설치>

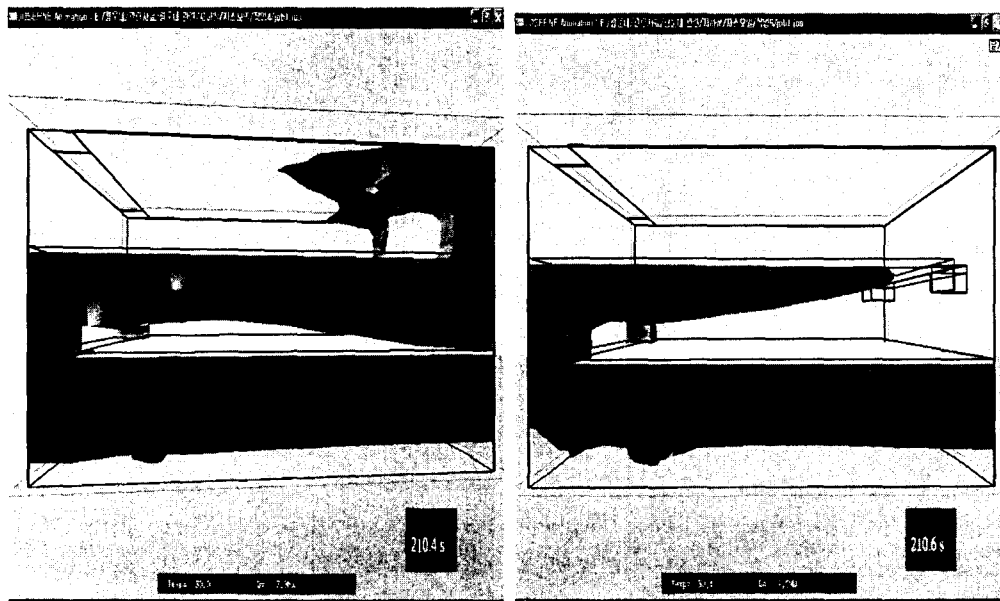
그림 9. 발화 150초 후 연기의 유동



<방연커텐 미설치>

<방연커텐 설치>

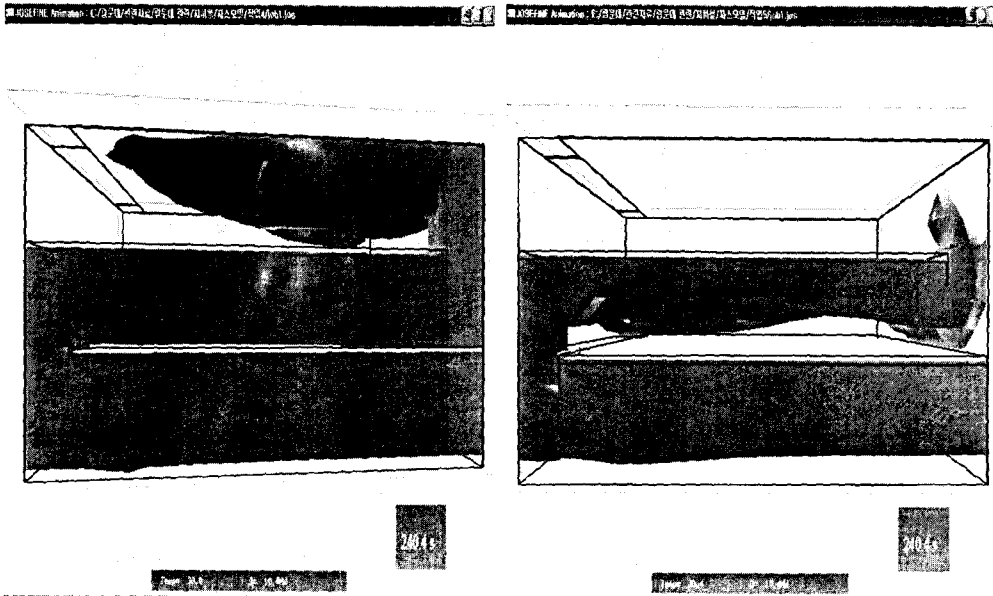
그림 10. 발화 180초 후 연기의 유동



<방연커텐 미설치>

<방연커텐 설치>

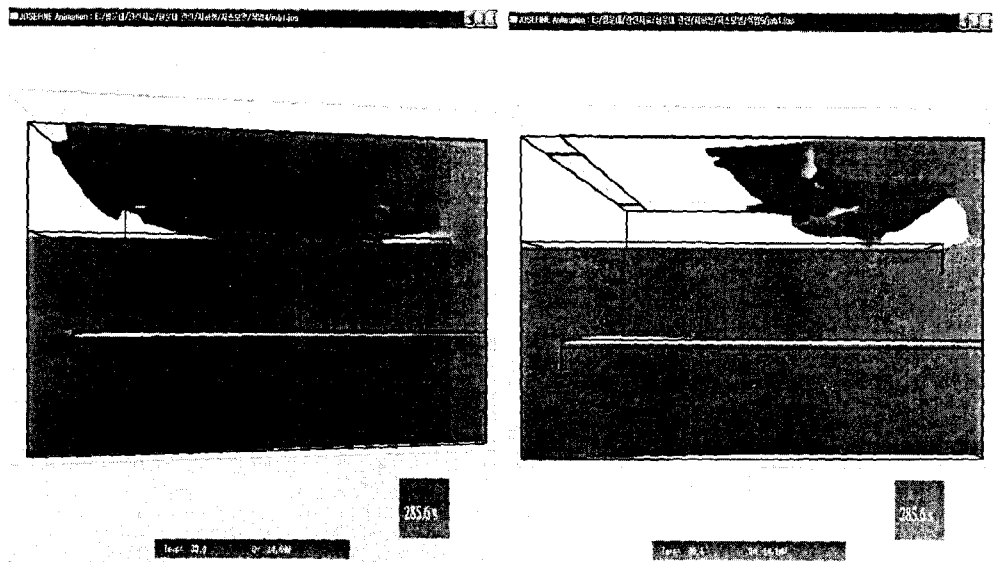
그림 11. 발화 210초 후 연기의 유동



<방연커튼 미설치>

<방연커튼 설치>

그림 12. 발화 240초 후 연기의 유동



<방연커튼 미설치>

<방연커튼 설치>

그림 13. 발화 285초 후 연기의 유동

화재시뮬레이션 결과, 수직개구부에 방연커튼을 설치하는 경우가 화재가 발생한 층 천정부에 연기의 축적을 유도하여 발화 90초부터 상부층 개구부를 통하여 연기가 전파된 미설치경우에 비하여 연기의 전파를 지연시켜 발화 150 - 180초후에 발화상부층 개구부를 통하여 연기전파가 이루어짐으로써 약 60 - 90초 정도의 피난여유시간을 확보할 수 있음

을 확인할 수 있었다. 또한 최상부층으로의 연기전파속도를 볼때 최소 60초 정도의 층간 연기전파 지연 효과를 실험을 통하여 확인하였다.

2) 설계 대안

a) 수직개구부의 방연커튼 설치

제연구획에 의한 방연커튼을 지하철 역사의 수직개구부에 설치하여 방연구획을 강화한다. 이와 같은 방연커튼의 효과는 화재시플레이션에 의한 연기유동으로 확인되었다.

b) 효과

수직 개구부상의 제연경계벽은 피난동선과 동일한 연기의 이동경로를 차단하고 층간 방연구획을 통해 최소 피난시간을 확보함으로써 다량의 인명피해를 예방할 수 있다. 축소된 규모의 모델링 실험으로 입증된 결과는 실제 공간에 적용시 연기축적공간의 확대로 더 많은 피난여유시간의 확보가 가능하다.

3) 기존 제연설비와의 연계성

현재 지하철역사의 승강장에 설치된 제연설비(대부분 공조겸용 제연설비)는 용량이 부족하고 노후화로 설비의 작동이 의심스럽다. 이를 전용 제연설비로 교체시에는 재정적 어려움이 예상된다. 따라서 전용제연설비를 지향하는 것은 필수적이며 경제성 등을 고려하여 현재의 지하철 제연설비를 활용하면서 효과적인 연기제어를 할 수 있는 수직개구부상의 방연커튼을 설치하는 것이 바람직하다.

5. 결론

지하철 역사 층간 수직개구부의 제연경계벽 설치에 따른 효율성 분석을 위하여 화재모델링을 이용한 연기의 유동 및 층간 연기전파속도를 분석한 결과, 수직 개구부상의 방연커튼을 설치하는 것이 매우 효과적이며 화재초기의 피난여유시간을 확보함으로써 다량의 인명피해를 예방할 수 있을 것으로 판단된다.

지하공간특성상 기존의 지하철 역사 승강장(지하 3층)에 설치된 제연설비(대부분 공조겸용)는 제연용량이 부족하고 노후화로 그 기능이 원활하지 못한 점 등을 고려하여 수직 개구부상에 제연경계 벽을 활용한다면 축연 성능 효과에 따른 피난시간의 여유를 확보할 수 있을 것으로 판단된다.

또한 역사내의 공기흐름, 공조 및 제연설비의 기능, 역사내의 수직계단 등의 상관관계를 고려한 제연경계벽 설계의 연구가 필요하다고 본다.

참고문헌

1. Klote, J.H. and Milke, J.A., Design of Smoke Management Systems, American Society of

- Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., Atlanta, GA, 1992.
2. NFPA 92B, Guide for Smoke Management Systems in Malls, Atria, and Large Areas, National Fire Protection Association, Quincy, MA, 1995.
 3. E. G. Butcher & A. C. Parnell, "Smoke Control in Fire Safety Design", U.K.
 4. "대구지하철설비관련 기술토론회", 대한설비공학회, 2003.
 5. "지하철 화재안전성능을 위한 전문가 포럼", 한국소방기술사회, 2003.
 6. "도시철도 안전·방재 개선방안 수립을 위한 공청회", 한국철도기술연구원, 2003.