

PSD가 설치된 지하철 역사 내 화재 시 최적 배연시스템 연구

김효규^{1*} · 유지오² · 김두영³

¹정회원, (주)주성지앤비 대표이사

²정회원, 신한대학교 자동차학과 교수

³비회원, (주)주성지앤비 연구원

A study on the optimal ventilation and smoke exhaust systems in case of fire in subway stations installed with PSD

Hyo-Gyu Kim^{1*} · Ji-Oh Yoo² · Doo-Young Kim³

¹CEO, Jusung G&B Inc.

²Professor, Dept. of Automotive Engineering, Shin-Han University

³Researcher, Jusung G&B Inc.

*Corresponding Author : Hyo-Gyu Kim, hgkim@gnbeng.com

Abstract

The subway used by many passengers is required to maintain a safe and comfortable environment and PSD (Platform Screen Door) must be installed in the platform after reinforcing the standard in 2003. In the previous research, in case of subway fire to control it, it is necessary to design the optimal ventilation and smoke exhaust system according to equipment capacity of the smoke exhaust system. Therefore, in this study, based on the results of previous research, three-dimensional numerical analysis was performed for the CO gas and smoke flow by the subway ventilation system in case of platform fire. As a result of this study, it was found that in case of emergency, if only the upper-level smoke exhaust system is activated, the risk of evacuation is high due to CO gas (653.8 ppm) and smoke concentration (768.4 mg/m³). And when all the smoke exhaust systems are activated and only the fire side PSD is opened, CO gas (36.0 ppm) and smoke concentration (26.2 mg/m³) are detected and the propagation range of smoke flow was reduced. When all the smoke exhaust systems are activated and only the fire side PSD is closed, it was analyzed as the most effective ventilation mode in the evacuation environment due to the absence of smoke-recirculation.

Keywords: Subway station, Platform screen door, Exhaust system, Computational fluid dynamics, Evacuation environment

OPEN ACCESS

Journal of Korean Tunnelling and
Underground Space Association
20(2)527-539(2018)
<https://doi.org/10.9711/KTAJ.2018.20.2.527>

eISSN: 2287-4747

pISSN: 2233-8292

Received February 6, 2018

Revised February 23, 2018

Accepted February 26, 2018



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution

Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Copyright © 2018, Korean Tunnelling and Underground Space Association

www.kci.go.kr

초 록

다수의 승객들이 이용하는 지하철은 안전과 공간의 쾌적한 환경관리가 필수적이며, 2003년 이후 기준 강화로 승강장 내에 스크린도어(PSD)를 반드시 설치해야 한다. 선행연구에 따르면 지하철 화재 시에 화재연기의 배연을 위해 배연설비의 설비용량 최적설계가 필요하다. 따라서 본 연구에서는 선행연구의 실험 결과를 바탕으로 3차원 수치해석기법을 이용하여 PSD가 설치된 승강장 내에서 화재발생 시 배연시스템 별로 CO가스와 Smoke의 유동을 분석하였다. 본 연구의 결과 비상시 상부 배연설비만 가동한 경우에는 CO 가스와 Smoke 농도는 653.8 ppm과 768.4 mg/m³로 피난 시 승객들의 위험이 큰 것으로 분석되었으며, 모든 배연설비를 가동하고 화재측 PSD만을 개방한 경우 CO 가스와 Smoke 농도 36.0 ppm 및 26.2 mg/m³를 보이며 화재연기의 전파범위가 줄어드는 것으로 분석되었다. 모든 배연설비를 가동하고 화재측 PSD를 미개방한 경우에는 화재연기 유입이 발생하지 않아서 대피환경에 있어 가장 효과적인 배연모드로 분석되었다.

주요어: 지하철 승강장, 스크린도어, 배연시스템, 전산유체역학, 대피환경

1. 서론

정시성, 신속성, 친환경성 등으로 불특정 다수의 승객들이 이용하는 대중교통 수단인 지하철은 쾌적한 환경이 필수적이며, 화재 및 지진 등의 비상상황으로부터 안전해야 한다. 특히, 대심도 지하공간에서 발생한 화재는 반 밀폐 공간이라는 특수성 때문에 대구지하철 화재참사와 유사한 대형 사고의 발생 위험성이 존재한다. 이에 정부는 2003년 2월 이후 많은 관련 법률이 제·개정하여 지하철의 배연설비에 대한 기준이 한층 강화되었다. 그 영향으로 지하철을 이용하는 승객들의 안전을 위하여 밀폐형 스크린도어(Platform Screen Door, PSD) 설치가 의무화되었다.

PSD는 평상시 승강장 내 승객들의 승하차 시 안전을 확보하며 자살시도를 막고 화재 시에도 화재연기(CO gas and Smoke)의 전파를 막는 역할을 수행한다(Choi et al., 2014; Kang, 2010). 그리고 선로부 터널과 승강장이 분리되어 플랫폼 내의 오염농도가 낮아짐으로 인해 실내공기질의 개선효과(Lee et al., 2010)가 있으며, 소음도가 약 10 dB(A) 정도 줄어들어 보다 질적인 환경을 제공하고 있다.(Lee et al., 2011). 또한 PSD가 닫힌 승강장의 온도는 온도변화가 낮아 온도부하를 줄일 수 있어 냉난방 시스템의 에너지 효율이 높아지고 있다(Jang et al., 2014).

승강장 화재 시 제연 및 환기시스템은 정차되어 있는 지하철 차량에서 발생된 화재연기의 유동을 차단하고, 화재열차에서 피난구역으로 화재연기가 유입되는 것을 제어하는 것이 가장 중요한 목표이다. 화재연기를 억제하기 위한 방법으로 한쪽 방향으로만 제연하는 방식을 이용하며, 발생한 화재강도에 따라서 화재연기의 성층화 유지와 화재연기가 승객들의 피난 방향으로 이동하지 못하도록 하는 임계풍속을 유지하는 것은 중요하다.

일반적으로 지하철 터널이나 승강장 같이 폐쇄된 공간에 있어서 제배연 환기시스템의 평가는 유동장의 해석 및 예측은 전산유체해석(Computational Fluid Dynamics, CFD)을 주로 사용하여 다양한 연구가 수행되고 있다(Park et al., 2007; Rie et al., 2008; Kim et al., 2009; Jang et al., 2010; Kim and Min, 2016). 먼저, Park et al.

(2001)은 상용코드를 사용하여 승강장내 PSD 설치 시 배기구 위치에 따른 기류분포를 분석한 결과는 취입/배출 흡입방법이 균일한 기류가 형성되어 유지관리측면에서 유리한 것으로 분석하였고, Park (2006)은 FDS를 사용하여 PSD가 설치된 승강장내에서 제배연 시스템 가동 시 풍속의 영향을 분석한 결과, 제배연 설비가 가동할 때 급기가 부족하면 효율이 낮아지고 화재연기에 따른 위험성은 높아지므로 자연급기가 가능한 구조로 설계해야 한다고 분석하였다. 또한 Jang et al. (2007)은 SMARTFIRE 코드를 이용하여 광주 1호선을 대상으로 지하철 화재발생 시 PSD의 개방 유무에 따른 화재온도 전파 특성을 분석한 결과, 승강장 내부에서 PSD는 개방을 해야 승객들의 충분한 대피시간의 확보가 가능하며, 중요한 방재요건으로 화원의 위치에 따라 PSD의 개폐제어가 필요하다고 분석하였다. 더불어 Kim et al. (2008)은 FDS 코드를 인천지하철에서 다양한 경우의 급배기 조건을 고려하여 수치해석을 수행하였으며, 설치된 PSD가 제연경계벽의 역할을 하여 화재의 전파를 막아서 화재의 위험성을 증가시켰고, 승강장의 배연용량과 실내공간의 충분한 풍량을 확보할 수 있는 방안을 고려한 최적 배연설비 설계의 필요성을 제시하였다.

그러나 승강장 화재 시 배연은 승강장 양단 환기소와 상하부 배기에 의해서 배연이 이루어지며, 승강장 양단 환기소와 승강장 상하부 배기조건에 따라서 다양한 배연모드가 발생할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 상용코드를 이용하여 수치해석을 수행하였고, 화재열차가 지하승강장에 진입하여 화재가 확대되는 경우에 승강장의 환기시스템의 배연모드에 따른 화재연기의 이동특성을 분석하여 PSD가 설치된 승강장 화재 시 최적의 배연모드를 선정함을 목적으로 하였다.

2. 연구방법

2.1 해석대상 및 종류

Fig. 1은 본 연구의 해석대상인 대심도 지하철 A역의 정거장 개요도를 나타내었다. 상용코드를 이용하여 지하철 화재해석을 수행하였다. 지하 1과 2층은 대합실로 사용되며 지하 3층은 상대식 승강장으로 승객들의 승하차 시 안전을 위하여 전면 PSD가 설치되어있다. 승강장의 상부배기는 8 m 간격으로 측벽에 총 8개소에 설치하였으며, 승강장의 양쪽 연결 지하철 터널에 배기 환기소가 연결되어 있다. A역 전체 정거장을 모델링 하였으며, 구조물의 경계부에 세밀하게 Mesh를 생성하여 약 400만개의 격자를 사용하였다. 그리고 화재가 발생한 지하철은 한쪽 승강장의 정 가운데에 정차한 것으로 하였으며, 차량의 양쪽 창문 측을 화재원으로 설정하였다.

해석종류는 Table 1에 정리한 바와 같이 승강장에 설치된 배연설비 중에서 승강장 상부배기를 가동한 Case 1과 승강장 터널 진입구간에 설치된 환기소를 이용하여 양단배기를 이용한 경우에는 비상 배연설비를 가동한 Case 2를 분석하였다. 그리고 상부배기와 양단배기를 모두 가동하고 스크린도어를 전면 개방한 Case 3과 화재측 도어만 개방한 Case 4에 대해 총 4가지의 경우를 해석하여 최적의 배연모드를 산정하는 것을 목적으로 하였다.

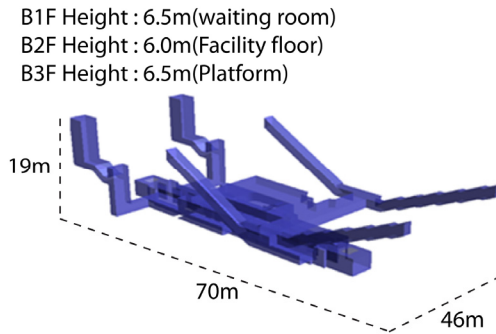


Fig. 1. Geometry of A station

Table 1. Simulation case

Case	Conditions
Case 1	Condition that only the upper station exhaust is started opening of screen door
Case 2	Conditions for operating both ends of exhaust opening of screen door
Case 3	Conditions for operating the station top exhaust and both ends exhaust opening of screen door
Case 4	Conditions for operating the station top exhaust and both ends exhaust open only fire side screen door

2.2 수치해석 방법 및 경계조건

본 연구에 사용된 지배 방정식은 에너지 방정식과 난류운동에너지 방정식 그리고 난류운동에너지소산율 방정식을 지배 방정식으로 적용하였다(Kim et al., 2017). 상용 CFD 코드를 이용하였고, 격자와 계산시간에 따른 수렴성이 좋은 난류모델인 Standard k-ε 모형으로 수치해석을 수행하였다. 승강장내 유동은 3차원 비압축성 이상 기체(Incompressible Ideal Gas)를 고려하고 비정상상태(Unsteady-State Condition)로 적용하였으며, 초기조건은 공기온도 25°C, CO의 농도를 0 ppm으로 설정하였다(Kim et al., 2017). 경계조건으로는 외부 연결계단은 Pressure Open 조건과 비상계단 및 본선터널과 연결부는 Close 조건으로 입력하였다. 승강장 양단의 배기구는 Velocity Inlet 조건으로 하였으며, 본선 연결부에서 유입되는 상부배기 총 풍량은 1,500 m³/min으로 적용하였다. 그리고 실제 화재발생 시에는 화재감지기가 작동한 후에 제배연설비가 가동이 되므로 시간이 걸린다. 하지만 본 연구에서는 제연설비가 가동하는 시간과는 무관하므로 제배연설비가 화재발생과 동시에 작동하는 것으로 해석하였다(Park, 2006).

화재모델은 화염을 가상의 체적으로 Heat Release Rate를 Source term으로 처리하였고, 일산화탄소(CO) 발생량은 0.1025 kg/s를 적용하였다. 화재입력조건은 철도시설연구원의 철도시설 화재안전성 평가매뉴얼에 따라 전동차의 표준화원인 화재강도 10 MW로 계산하였다(Manual on evaluation of fire safety in railway facilities, 2011). 또한 화재성장은 NFPA 92B의 t-squared 식에서 화재성장속도를 ultrafast로 가정하였으며 화재성장이 정점에 도달하는 시간은 450초, 이후 최대 화재강도 유지시간은 600초까지로 설정하였다.

3. 연구결과

3.1 배연설비가동 후 해석결과

1995년 10월 아제르바이젠 수도 BAKU의 지하열차 화재사고에서 인화성 물질의 차량 화재로 인하여 98% 이상이 일산화탄소(CO) 유독가스의 다량 배출과 출입문의 고장으로 인하여 대피로 확보가 어려웠던 점이 285명의 사망자가 발생한 대형 참사의 원인이었다(Anthoky and Ploicastro, 1995). 특히 CO는 화재 시 가연물의 불완전 연소에 의해 발생하며, 다양한 유독가스 중에서 가장 많은 가스량이 나온다. 인체에 직접적으로 미치는 독성은 크지 않지만 무색무취의 가스로 대피자가 인식을 하지 못한 상태에서 산소 호흡을 방해하는 위험한 질식성 가스이다.

화재 시 발생하는 또 다른 주요한 인명의 사망원인은 화재 시 발생하는 Smoke(화재연기 또는 매연)에 의해서 가시거리의 확보가 곤란하여 단 시간에 탈출구를 찾지 못하고, 유독가스 호흡에 의한 질식사이다(Rie et al., 2008). Smoke는 화재 시 발생한 작은 입자들이 산란되어 대피자의 시계를 방해하며, 농도가 짙을수록 가시거리가 짧아진다. 그리고 다수의 대피자가 어두운 공간에서 거리와 방향감각의 상실과 심리적인 공황상태를 야기하여 피난시간이 지체된다.

지하승강장내 지하철 화재의 발생 시 승객들의 대피 및 피난에서 가장 위험한 유해인자는 유해한 농도를 초과하는 독성가스의 노출에 의한 중독과 Smoke로 인한 가시거리 미확보이다.

본 연구에서는 승강내 지하철 화재발생 시 수치해석 결과 중에서 승객들의 피난 상황에서 가장 위험한 요소인 CO와 Smoke의 확산정도와 농도분포를 분석하여 배연시스템의 환기량을 검토하였다.

Fig. 2, 3은 Case 1 (상부배기)인 경우에 승강장에서 CO와 smoke 농도에 대한 해석결과를 나타내었다. Fig. 2, 3(a)는 승강장 전체에 대한 해석결과를 나타낸 것이며, Fig. 2, 3(b)는 화재 측 승강장의 중심선, Fig. 2, 3(c)는 화재 반대측 승강장의 중심선에서 해석결과를 나타낸 것이며, Fig. 2, 3(d)는 피난자의 호흡선 높이에 대한 해석결과이다.

화재에서 생성된 화재연기는 부력 때문에 수직방향으로 상승하며 천장과 충돌 후에 천장제트(Ceiling jet)를 형성하면서 화재발생지점으로부터 확산된다. 승강장에 설치되어 있는 대부분의 화재감기기와 화재진압설비는 천장근처에 설치되어 있기 때문에 화재로부터 생성된 뜨거운 화재연기 유동에 의해 작동되며, Plume의 주기적인 Vortex운동 등이 존재하기 때문에 거동 현상이 매우 복잡해진다(Han et al., 2001). 그리고 지속적으로 연기층의 두께를 증가시키다 점차적으로 하강하게 되므로, 만약 이 공간에 피난자가 존재할 경우는 이 연기층이 사람의 호흡선 높이까지 강하하기 이전에 피난을 완료해야 한다고 판단하고 있다(Seo et al., 2009).

Case 1은 화재가 발생한 지하철에서 승객들이 먼저 피난 후 스크린 도어를 모두 개방한 상태를 가정하고 승강장 천정에 설치된 상부배기만을 수행하는 경우의 해석결과를 나타내고 있다. 화재가 발생한 공간과 피난공간이 하나의 공간으로 연결되어 있어서 화재 열전달이 많이 일어나서 양측 승강장으로 가스와 연기가 확산된다. 이 경우 승강장의 평균 CO 농도는 상대측 653.8 ppm, 화재측 479.5 ppm으로 나타나고 있으며, Smoke 농도는 상대측 768.4 mg/m³, 화재측 563.5 mg/m³으로 최고 농도를 나타내고 있다.

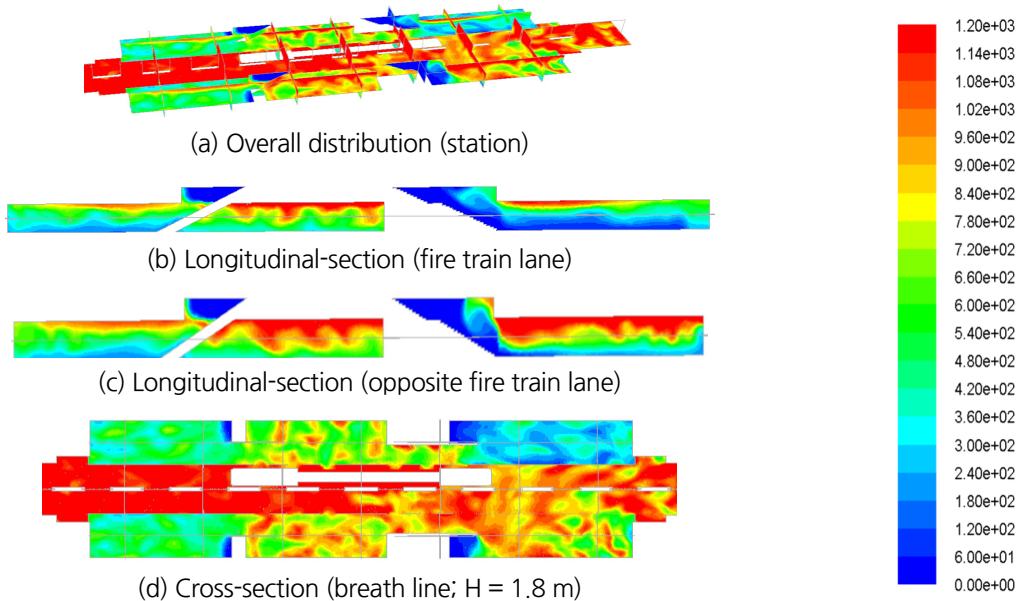


Fig. 2. CO contour (case 1)

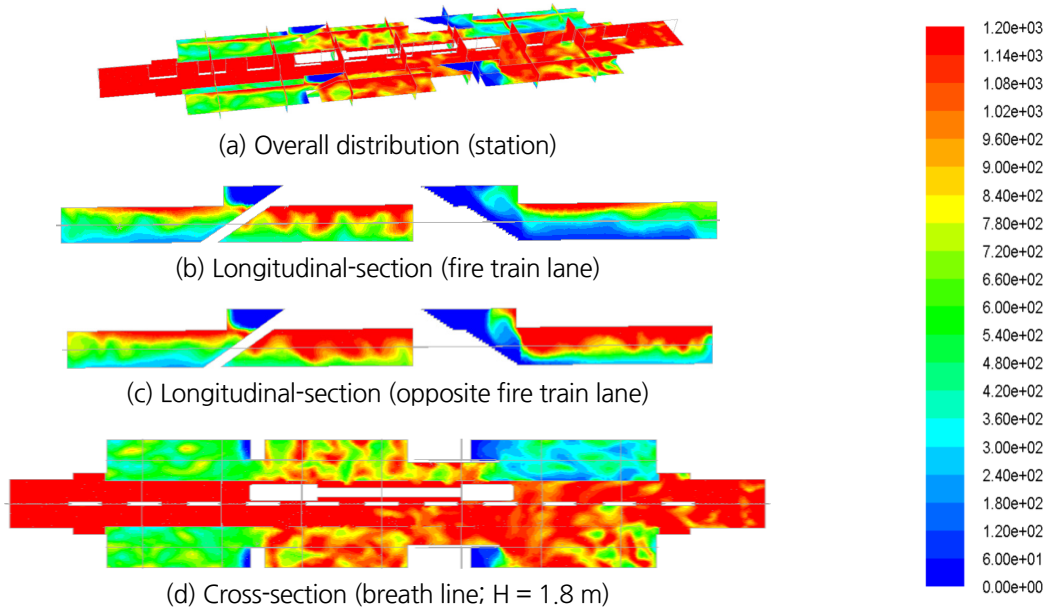


Fig. 3. Smoke contour (case 1)

Fig. 4, 5는 PSD를 개방한 상태에서 양단의 터널에서 연결된 양단의 환기소에서 배기하는 Case 2 (양단배기)의 경우를 보여준다. Case 1의 상부배기보다 양단배기가 더 많은 풍량으로 CO가스와 Smoke를 배기하며, 이 경우에도 승강장으로 CO와 Smoke가 유입하고 있으며 화재연기의 농도는 Case 1보다 상당히 감소하는 것으로 알 수 있다.

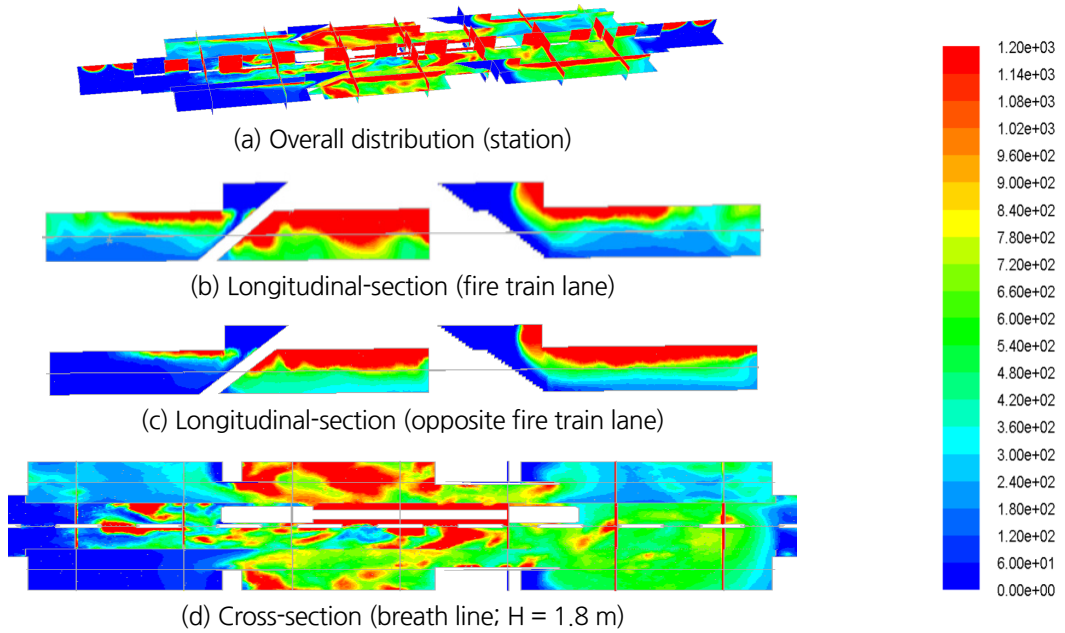


Fig. 4. CO contour (case 2)

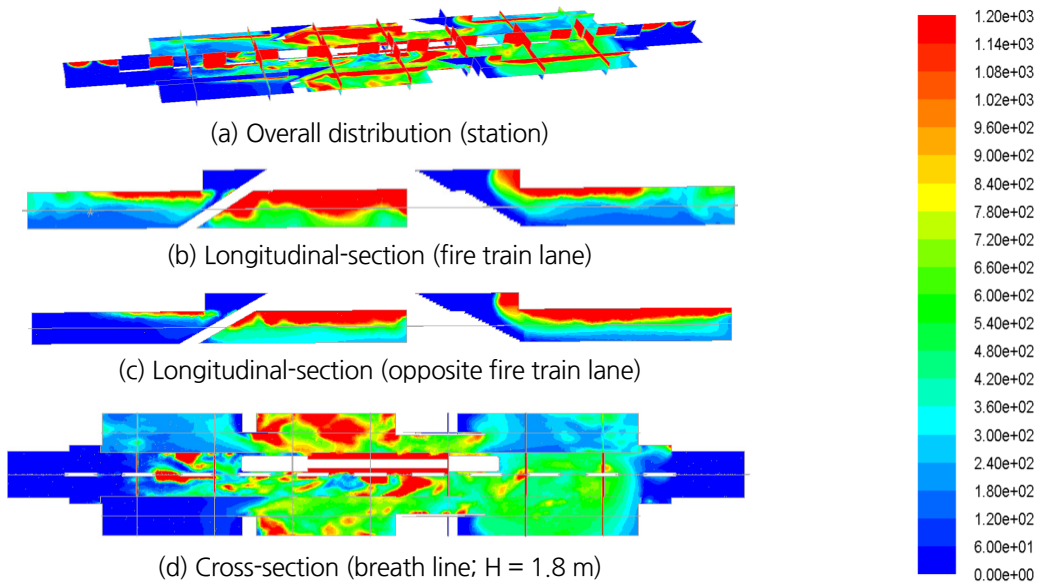


Fig. 5. Smoke contour (case 2)

Case 2에서 확산되는 CO 농도는 상대측 47.83 ppm, 화재측 34.34 ppm이며, Smoke 농도는 상대측 44.46 mg/m³, 화재측 28.60 mg/m³으로 나타나고 있다. 이 경우에도 적은 양이지만 가스와 연기가 계단부를 통해서 피난구획인 지하2층 대합실로 연기가 유입되고 있다. 이상의 검토에서 상부배기를 가동하는 경우 보다는 정거장양

단배기를 가동하여 배연하는 것으로 승강장 제배연에 보다 효과적이다.

지하철은 다수의 사람들이 이용하며, 화재 시 짧은 시간에 수많은 인명이 연기와 연소가스에 노출되어 엄청난 인명피해를 가져올 수 있으며, 지하철은 다른 구조물과 비교하여 화재발생 시 화재진압 및 인명구조에 본질적으로 취약한 구조적 특성을 내포하고 있다. 따라서 인명 피해를 최소화하기 위해 기류해석, 열 환경해석 및 승객의 피난 경로 및 대피시간이 고려되어야 한다.

전동차의 재질이 불연화되면 차량 자체의 화재 위험이 거의 없게 된다. 반면에 지하철 화재는 주로 인화성 액체를 승강장에 반입하여 방화함으로써 발생하게 된다. 그러므로 승강장의 승객을 안전하게 대피시킴과 동시에 발생한 연기를 신속히 배출하는데 소방전의 초점이 모아져야 한다고 분석하였다(Park et al., 2008). 따라서 화재연기와 연소물질을 터널 출구쪽으로 유도시켜 터널 입구쪽에 머물러 있는 사람들이 피할 수 있도록 하고 소방원들이 쉽게 접근할 필요가 있다.

또한 천정 배기구를 가동하여 화재연기를 배출하여 연기층의 강화를 막고 연기의 성층화를 유지하여 화재발생 후 피난자의 대피를 도와야 한다. 그리고 화재연기가 유입되지 않는 안전한 피난로를 확보하는 것이 반드시 필요하다. 하지만, Fig. 4, 5(b)와 Fig. 4, 5(c)에서 에스컬레이터 및 계단을 통해서 상당량의 가스와 연기가 지하2층 대합실로 유입하는 것을 볼 수 있으며, 계단부의 화재연기의 유입은 계단측 맞은편 개구부를 통해서 유입되는 것을 알 수 있다. 따라서 화재발생 시 화재연기의 수직이동이 수평이동 속도보다 빠르므로 승강장에서 발생한 연기의 대합실로 수직 이동시에는 위험도가 높아질 수 있다.

3.2 스크린도어 개방여부에 따른 해석결과

Case 3, 4는 전술한 바와 같이 승강장 양단배기를 가동하는 것이 효과적인 것으로 나타났기 때문에 상부배기 및 승강장 양단배기를 가동하는 경우에 전체 PSD를 오픈한 경우와 화재측 승강장의 PSD만을 개방하는 경우에 대한 해석결과를 나타낸 것이다. Fig. 6, 7에는 상부배기와 승강장 양단배기 모두 가동하고 승강장 PSD를 모두 개방한 경우인 Case 3의 CO농도와 Smoke 농도를 보여준다. Fig. 6, 7(a)에는 승강장 전체에 대한 해석결과를 나타낸 것이고, Fig. 6, 7(b)는 3층 승강장에 대한 해석결과를, Fig. 6, 7(c)는 2층 대합실에서의 해석결과를 나타내었다. 승강장에서 CO 농도는 평균 화재측 25 ppm, 상대측 36.0 ppm이며, Smoke 농도는 평균 화재측 18.7 mg/m³, 상대측 26.2 mg/m³으로 나타나고 있다. 이 경우에도 지하 2층 대합실로 연기가 이동하고 있으며 이에 따른 CO 및 Smoke의 평균농도는 각각 18.8 ppm과 14.1 mg/m³으로 평가된다.

화원이 승강장 내부에 있는 경우 PSD는 승강장내부에서 화재가 발생할 시 PSD가 닫혀 있으면 승객이 대피할 수 있는 시간이 줄어들게 된다. 화원이 선로부의 객차이고, PSD가 개방되지 않았을 때 승강장 내부는 PSD에 의해 열기가 차단되므로 상대적으로 안전하나, 객차의 승객은 위험해 진다.

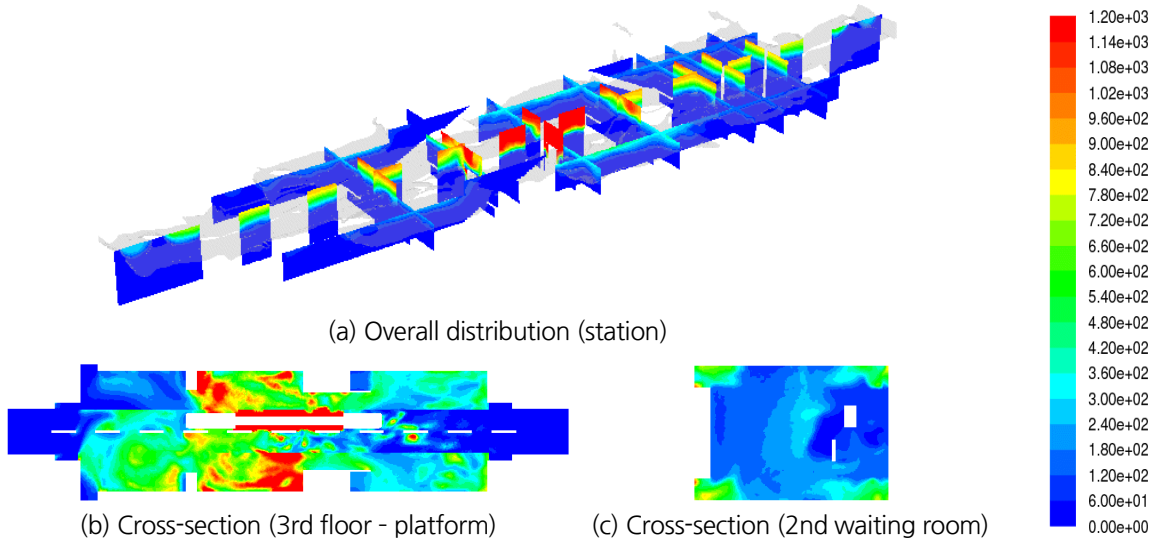


Fig. 6. CO contour (case 3)

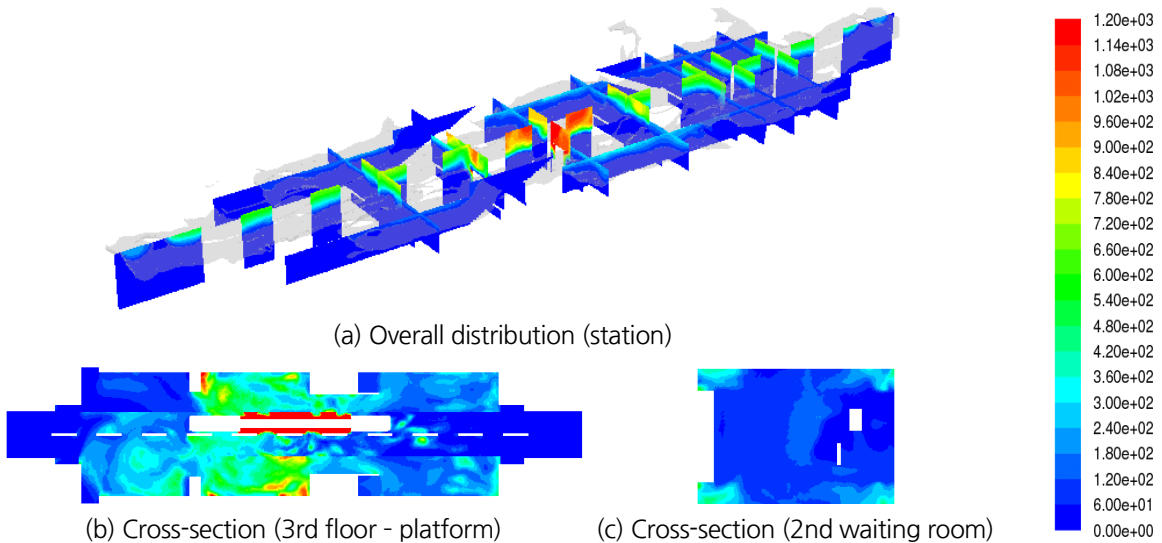


Fig. 7. Smoke contour (case 3)

Fig. 8, 9는 Case 4 (상부배기 및 양단배기를 가동하고 화재측 PSD만을 개방한 경우)를 분석한 화재연기의 분포를 보여준다. PSD가 화재구역과 피난구역을 나누어서 막아주는 역할을 해서 화재 열전달이 작게 일어난다. 이 경우에 화재측 승강장으로 화재연기의 유입이 발생하고 있으나 Case 3의 경우보다 현저하게 유입되는 연기의량이 감소하여 CO 농도는 8.0 ppm, Smoke 농도는 9 mg/m³으로 나타나고 있으며, 피난구획인 지하 2층 대합실로의 연기유입은 발생하지 않는 것으로 나타나고 있다. 따라서, 승강장 화재 시 화재측 승강장의 PSD만을 개방한

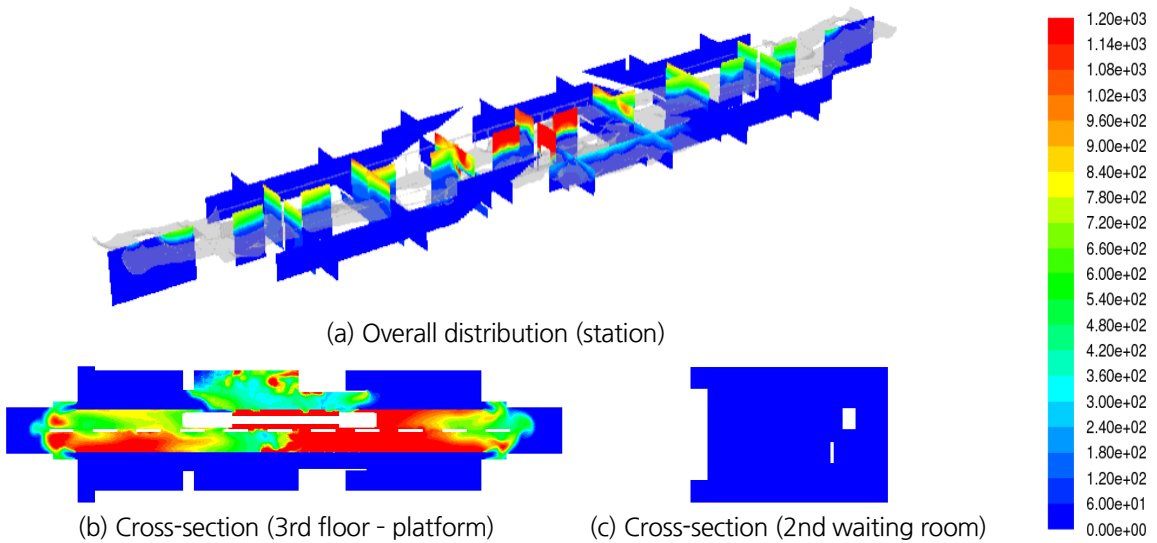


Fig. 8. CO contour (case 4)

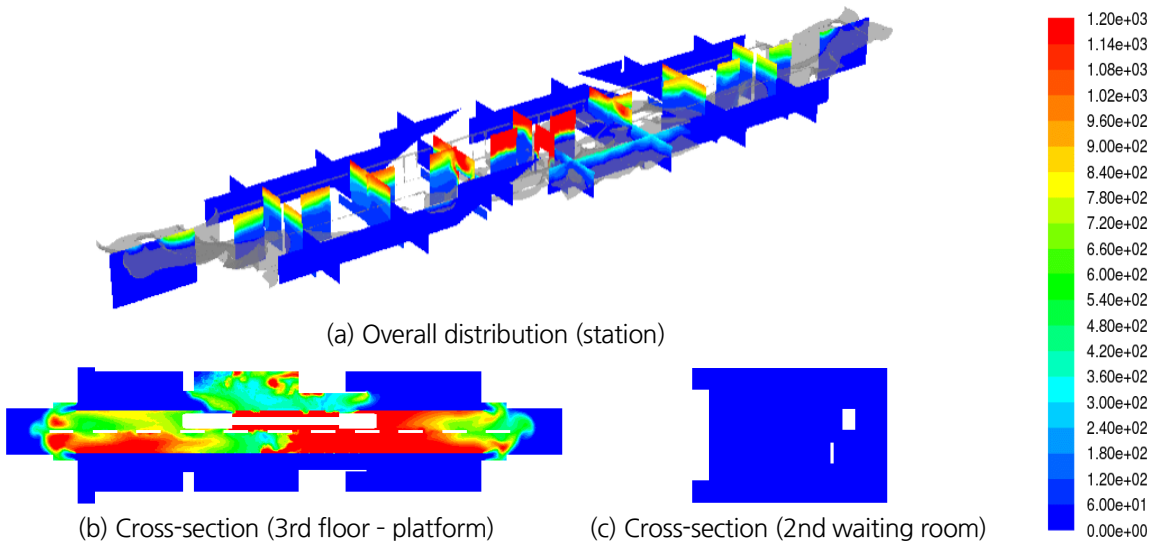


Fig. 9. Smoke contour (case 4)

상태에서 상부배기 및 승강장 양단의 환기소를 배연모드로 가동하는 것이 대피환경에 있어 가장 효과적인 것으로 분석되었다.

한편, 이상의 해석결과를 정리하면 Table 2와 같으며, 승강장 화재 시 화재측 승강장의 스크린도어만을 개방한 상태에서 상부배기 및 승강장 양단의 환기소를 배연모드로 가동하는 것이 대피 환경유지가 가장 효과적인 것으로 분석되었다.

Table 2. Simulation results

Case	Platform concentration				Inflow to waiting room
	CO (ppm)		Smoke (mg/m ³)		
	Fire train lane	Opposite lane	Fire train lane	Opposite lane	
Case 1	479.5	653.8	563.5	768.4	Inflow occurrence
Case 2	34.3	47.8	28.6	44.5	Inflow occurrence
Case 3	25.0	36.0	18.7	26.2	Inflow occurrence
Case 4	8.0	-	9.0	-	Inflow non-occurrence

4. 결론

열차가 승강장에 진입하여 화재가 발생하는 경우에 배연설비의 가동과 스크린도어의 개방에 따른 각 조건에 대해서 피난구획으로의 화재연기의 유입을 상용코드에 의해 화재해석을 수행하였으며, 다음과 같은 결론을 도출하였다.

1. 지하철 화재 시 비상 배연설비를 각각 가동한 결과는 Case 1 (상부배기)이 가장 높은 CO 가스(653.8 ppm) 와 Smoke 농도(768.4 mg/m³)를 보이며 확산범위도 가장 넓었지만, Case 2 (양단배기)는 CO 가스(47.8 ppm) 및 Smoke 농도(44.5 mg/m³)의 확산범위는 줄어들었다. 또한 승강장내 설치된 배연설비는 상부배기보다 양단배기가 더 효율적이지만 지하 2층 대합실 피난구획으로 가스와 연기가 유입되었다. 따라서 연기의 수직이동이 수평이동 속도보다 빠르므로 연기의 대합실로 수직 이동시에는 위험도가 높아지는 것으로 분석되었다.
2. Case 3 (모든 배연설비를 가동하고 화재측 PSD만을 개방)의 경우에 화재 상대측에서 가장 높은 CO 가스(36.0 ppm) 와 Smoke 농도(26.2 mg/m³)를 보이며, Case 4 (모든 배연설비를 가동하고 화재측 PSD만을 미개방)의 경우에는 CO 가스와 Smoke 농도의 유입이 발생하지 않아서 대피환경에 있어 가장 효과적인 배연모드로 분석되었다.
3. 승강장 설치된 배연설비(상부배기와 양단배기)를 모두 가동하고 설치된 PSD가 화재측 도어만 개방된 경우에 승강장으로 화재연기의 확산이 가장 작으며, 이 경우 지하 2층 대합실로의 연기유입도 완전히 차단되었다. 따라서 화재원의 위치에 따른 PSD의 개방 유무가 화재전파 방향과 화재구획 차단에 큰 영향을 미치며 대피환경 유지에 필수적인 요소로 분석되었다.

감사의 글

본 연구는 국토교통부(국토교통과학기술진흥원) 2017년 건설기술연구사업의 ‘고수압 초장대 해저터널 기술 자립을 위한 핵심요소 기술개발(17SCIP-B066321-05)’ 연구단을 통해 수행되었습니다.

References

1. Anthoky, J., Ploicastro, O. (1995), "The use of technology in preparing subway system for chemical/biological terrorism", Argonne National Laboratory, Safety and Security, pp. 1-20.
2. Choi, S.H., Ryu, K.S., Jo, H., Hwang, T.S. (2014), "A study on the improvement of platform screen door system", Proceedings of the Korean Society for Railway, 2014 Autumn Conference, Jeju, pp. 721-728.
3. Han, Y.S., Kim, M.B., Oh, G.C., Yu, S.P. (2001), "A visualization of smoke front under a horizontal plate", Fire Science and Engineering, Vol. 15, No. 1, pp. 41-46.
4. Jang, Y.J., Kim, H.B., Jung, W.S., Park, W.H. (2007), "Effect of platform screen door on fire in the subway station", Proceedings of the Korean Society for Railway, 2007 Autumn Conference, Uiwang, pp. 1331-1339.
5. Jang, Y.J., Lee, C.H., Kim, H.B., Kim, J.H. (2010), "Analyzing efficiencies of a ventilation system of the deeply underground subway-station for fire outbreak", Proceedings of the KSME 2010 fall annual meeting, Jeju, pp. 3483-3488.
6. Jang, Y.J., Ryu, J.M., Jung, H.S. (2014), "Analysis of cooling air current and efficiency of air conditioning in the underground subway station with screen-door opening and closing", Korean Society for Railway, Vol. 17, No. 5, pp. 328-335.
7. Kang, Y.J. (2010), "The possibility and limit of risk management through technological fix: a case study into the platform screen door (PSD)", Korean Association of Science and Technology Studies, Vol. 10, No. 2, pp. 77-105.
8. Kim, H.G., Baek, D.S., Yoo, Y.H. (2017), "Numerical study on the improvement heat and smoke control system in old subway station on train fire", Korean Institute of Fire Science and Engineering, Vol. 31, No. 3, pp. 88-96.
9. Kim, H.Y., Rie, D.H., Kim, J.Y. (2008), "Fire risk assessment for subway station according to supply and exhaust conditions", Korean Institute of Fire Science and Engineering, Vol. 22, No. 5, pp. 29-34.
10. Kim, M.J., Min S.H. (2016), "Study on the evacuation time analysis by platform screen door opening rate", Korean Institute of Fire Science and Engineering, Vol. 30, No. 4, pp. 59-64.
11. Kim, Y.M., Kim, J.R., Jeong, S.H., Han, B.W., Hong, J.H., Kim, H.W. (2009), "Consideration for improving ventilation system in subway tunnel after PSD (platform screen door) installation", Proceedings of the SAREK 2009 winter annual meeting, Seoul, pp. 666-671.
12. Korea Railroad Research Institute, "Manual on evaluation of fire safety in railway facilities", pp. 902 (2011).
13. Lee, C.M., Jung, J.G., Jung, J.S. (2011), "Investigation and evaluation of noise level of the Busan subway", Journal of Korean Society of Environmental Engineers, Vol. 33, No. 4, pp. 243-250.
14. Lee, T.J., Jeon, J.S., Kim, S.D., Kim, D.S. (2010), "A comparative study on PM₁₀ Source contributions in a Seoul metropolitan subway station before/after installing platform screen doors", Journal of Korean Society for Atmospheric Environment, Vol. 26, No. 5, pp. 543-553.
15. Park, H.J., Lee, Y.J., Shin, D.C., Baek, D.H. (2007), "A study on smoke extract vents in a subway with

- screen door by evacuation performance evaluation through RSET vs. ASET based on computer simulations”, Korean Society for Railway, Vol. 10, No. 5, pp. 511-519.
16. Park, M.S., Koh, S.W., Koo, J.K., Lee, T.S. (2008), “The study of installing platform screen doors (PSD) by using SWOT analysis”, Proceedings of the Korean Society for Railway, 2008 Spring Conference, Daegu, pp. 1574-1580.
 17. Park, S.J., Kim, K.H., Lee, E.K. (2001), “A study on the air supply and return system for the subway platform with screen door system”, Proceedings of the Architectural Institute of Korea, 2001 Spring Conference, Seoul, Vol. 21, No. 2, pp. 885-888.
 18. Park, W.C. (2006), “Smoke control in a subway station platform with screen doors - based on Busan subway line 3”, Korean Institute of Fire Science and Engineering, Vol. 20, No. 1, pp. 50-54.
 19. Rie, D.H., Kim, H.Y., Kim, J.Y. (2008), “A study of smoke control mode for subway station fire”, Proceedings of the Korean Institute of Fire Science and Engineering, 2008 Autumn Conference, Gwangju, pp. 178-183.
 20. Seo, D.G., Kim, D.E., Kwon, Y.J. (2009), “A comparative study on the velocity of smoke drops for buildings fire”, Proceedings of the Korean Institute of Fire Science and Engineering, 2009 Autumn Conference, Samcheok, pp. 303-308.