

지하철 승강장 스크린도어시스템의 도입에 따른 적정 급배기방식에 관한 연구

A Study on the Air Supply and Return system for the Subway Platform with Screen Door System

○ 박수진* 김기훈** 이연구***
Park, Soo-Jin Kim, Ki-Hoon Rhee, Eon-Ku

Abstract

Subway platforms are generally exposed to high-speed train-wind and polluted materials that cause discomfort and safety problems for the commuters. Also, high-speed train-wind is making it impossible that supply and exhaust system can appropriately control the air fluid in the platform. To solve these problems, Platform Screen Door System is proposed in the subway these days. If the new system is installed, supply and exhaust system has to be planned differently from existing system. In this study, an evaluation was conducted to identify the performance of two kinds of ceiling supply & floor return systems and two kinds of ceiling supply & ceiling return systems using CFD analysis method. The results of the analysis present that four alternatives satisfy common comfort standard, and ceiling supply & ceiling return system (especially, platform side supply and wall side return) is the optimum solution. Ceiling supply & floor return systems (especially, rail side exhaust and return) is a relatively inferior solution for air flow system in the platform screen door system.

키워드 : 승강장 스크린도어, 기류분석, 급배기시스템

Keywords : Platform Screen Door System, Air-flow Analysis, Air Supply and Return system

1 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

지하철 승강장 공간은 지하철 이용객이 가장 많은 시간을 보내고 있는 곳임에도 불구하고 터널 및 선로부에서 유입되는 열차풍과 오염물질에 직접적으로 노출되어있다. 또한 고속의 열차풍이 승강장으로 대량 유입됨으로 급배기시스템에 의한 승강장의 기류제어가 사실상 불가능한 실정이다. 따라서 이러한 문제점을 해결하기 위한 방안으로 최근 신설되고 있는 광주, 대전, 대구 지하철의 일부역사와 2007년 완공예정인 서울 지하철 9호선의 모든 역사의 승강장에 승강장 스크린 도어시스템(Platform Screen Door System)이 채택되어 설치될 예정이다(이하 스크린 도어시스템으로 칭함).

스크린 도어시스템은 기본적으로 승강장과 선로를 별개의 존(Zone)으로 구획하는 개념을 가지고 있으므로, 승강장 공간에 다양한 급배기방식을 적용시킬 수 있다. 또한 적절한 취출구와 흡입구의 설계를 통해, 열차 정차 후 스크린 도어 개방시에도 가압제어에 의한 열차와 승강장의 공기교환차단 효과를 얻을 수 있다.

본 연구에서는 승강장에 스크린 도어가 설치될 경우, 승

강장 공간에 설치가능한 다양한 급배기방식을 대상으로 실내의 기류분포를 평가함으로써 스크린 도어 시스템이 설치된 승강장 공간의 적정 급배기방식을 제안하고자 한다.

1.2 연구의 내용 및 방법

본 연구의 내용 및 방법은 다음과 같다.

(1) 스크린 도어 시스템에 대한 기존 문헌고찰

먼저, 현행 설계되고 있는 스크린도어시스템에 대한 기본 개념과 개요 및 적용가능한 급배기방식을 문헌을 통해 고찰하였다.

(2) 승강장 공간 기류분포 해석

문헌고찰을 통해 스크린도어시스템이 설치된 승강장에 적용가능한 급배기방식을 크게 천장취출/천장흡입방식 및 천장취출/바닥흡입방식으로 나눈 후 다시 급배기구의 위치에 따라 4가지 방식으로 구분하여 각각의 경우에 대한 실내 기류분포를 CFD 기법을 활용하여 해석하였다.

(3) 해석결과 평가 및 적정 급배기방식의 제안

해석결과를 토대로 전반적인 기류분포의 균일성을 정성적으로 평가하고, 실내의 부위별 기류속도에 따른 인체의 쾌적감을 비교·분석함으로써 스크린 도어시스템 적용시 승강장의 기류분포 측면에서 가장 효과적인 급배기방식을 제시하였다.

2. 스크린 도어시스템(Platform Screen Door System)

* 정회원, 중앙대 대학원 건축학과 석사과정

** 정회원, 중앙대 대학원 건축학과 박사과정

*** 정회원, 중앙대 건축학과 교수, 건축학박사

2.1 스크린 도어시스템의 개요

스크린도어시스템은 승강장과 선로를 격리시키기 위하여 설치되는 고정벽, 출입문, 안전감시 및 개폐작동에 필요한 설비²⁾를 말하며, 경계면의 일부를 개방한 반밀폐형과 승강장과 선로를 완전히 구획하는 밀폐형으로 구분할 수 있다.

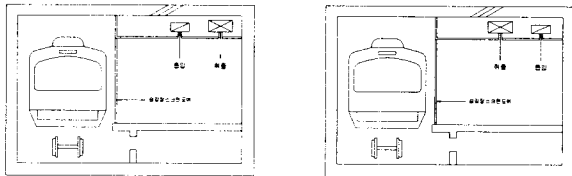
본 연구에서는 밀폐형 스크린도어를 설치한 승강장에 적용가능한 급배기방식을 기존의 연구문헌 및 도면자료를 통하여 추출하였다.

2.2 급배기방식개요

기존의 연구문헌³⁾과 대전 도시철도 1호선에서는, 스크린도어를 채택한 승강장의 공조방식으로 천장취출/천장흡입방식을 채택하고 있다(그림 1의 (a)). 본 연구에서는 기존의 방식과 더불어 천장취출/바닥흡입방식을 해석하여 승강장의 기류분포를 평가하고자 하였다.

(1) 천장취출/천장흡입방식

본 연구에서는 천장취출/천장흡입 공조 방식을 승강장에서 흡입하고, 벽측에서 취출하는 방법과, 승강장측에서 취출하고 벽측에서 흡입하는 방법의 두 가지로 나누어 기류분포를 해석하였다. 해석모델의 개념도를 그림으로 나타내면 그림 1과 같다.

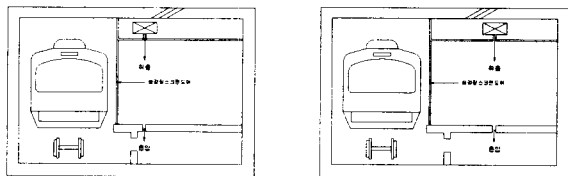


(a) 승강장측 흡입 / 벽측 취출 (b) 승강장측 취출 / 벽측 흡입

그림 1 스크린 도어 설치시 승강장의 공조방식
(천장취출/천장흡입방식)

(2) 천장취출/바닥흡입방식

천장취출/바닥흡입 공조 방식은 취출·흡입구가 선로측에 위치하는 경우와, 승강장 중앙부에 위치하는 경우의 두 가지 방안으로 나누어 해석하였으며, 해석모델의 개념도는 그림 2와 같다.



(a) 선로측 취출·흡입 (b) 승강장 중앙부 취출·흡입

그림 2 스크린 도어 설치시 승강장의 공조방식
(천장취출/바닥흡입방식)

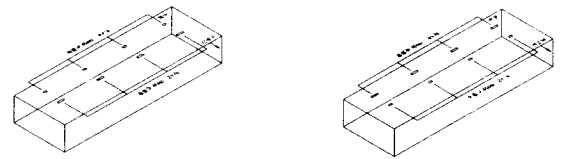
3. CFD를 이용한 지하철 승강장의 기류해석

- 2) 차철현, 스크린도어 적용에 따른 지하 승강장의 환기설비 공기조화 냉동공학회 '97하계학술발표회 논문집 pp. 1002~1007
- 3) 서재수, 대전 도시철도 1호선의 환경제어, 공기조화 냉동공학회지, 제27권, 제2호, 1998, p.138

본 연구에서는 공조설비 및 실내기류해석에 널리 사용되고 있는 FLUENT 프로그램을 이용하여 승강장의 기류분포를 해석하였다.

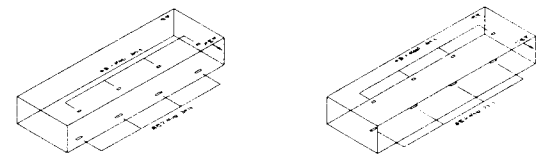
3.1 해석 대상부위 및 경계조건

해석 대상부위는 스크린 도어로 구획된 승강장부분으로, 전체 200m 길이의 역사 중 20m 부분을 선정하여 해석하였다. 해석은 앞서 소개한 천장취출/천장흡입방식의 2가지 경우와 천장취출/바닥흡입방식의 2가지 경우에 대하여 각각 수행하였으며 해석 모델의 기하학적 형상은 그림 3 및 그림 4와 같다.



(a) 승강장측 흡입 / 벽측 취출 (b) 승강장측 취출 / 벽측 흡입

그림 3 해석 대상모델 (천장취출/천장흡입방식)



(a) 선로측 취출·흡입 (b) 승강장 중앙부 취출·흡입

그림 4 해석 대상모델 (천장취출/바닥흡입방식)

해석 경계조건 중 풍량은 현재 지하철 역사의 취출풍량인 1,125 CMH⁴⁾를 기준으로 하였고, 취출 및 흡입구의 기류속도는 이용자의 쾌적감을 고려하여 일반적인 설계권장치⁵⁾인 취출구 4m/s, 흡입구 2m/s를 적용하였으며, 이로부터 적절한 취출구와 흡입구의 크기를 결정하였다. 스크린도어 적용시 승강장 기류해석의 경계조건은 표 1과 같다.

표 1 승강장 기류해석의 경계조건

	풍속 (m/s)	단면적 (m ²)	단위풍량 (CMH/ea)	급배기구수 (ea)	풍량 (CMH)
취출구	4	0.08 (0.2×0.4)	281	4	1,125
흡입구	2	0.16 (0.2×0.8)	281	4	1,125
승강장	6.4×20×3 (W×D×H : 단위 m)				

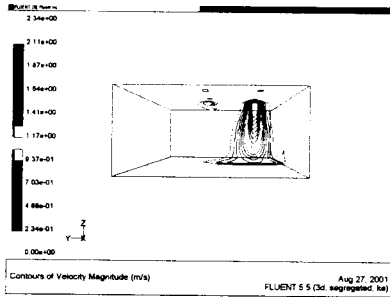
3.2 해석결과 및 분석

본 연구에서는 공간전체의 전반적인 기류분포를 공조기류의 영향력측면에서 정성적으로 평가함과 동시에 기류속도가 인체의 쾌적감에 미치는 영향을 평가함으로써 스크린도어시스템이 설치된 승강장에 있어서 가장 효과적인 급배기방식을 도출하고자 하였다.

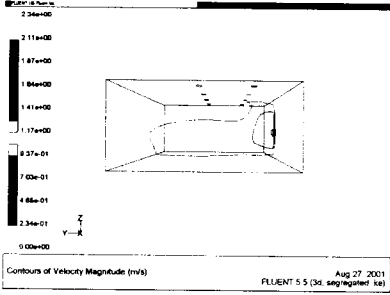
- 4) 건설교통부, 지하철철구간의 환경관리방안 및 오염도 저감에 관한 연구, 1차년도 연차보고서, p.209
- 5) 김영호, 건축설비, 보문당, 1994, pp.269~271

(1) 천장취출/천장흡입방식

승강장측 흡입/벽측 취출의 승강장 기류분포 해석결과 전반적인 기류가 벽측에 치우치고 있으며, 실질적인 거주역인 승강장 중앙부에는 공조기류가 거의 도달하지 못하는 것을 알 수 있었다. 따라서 이 방식은 승객들이 공조의 효과를 충분히 느끼기에 어려움이 있을 것으로 판단된다.



(a) 취출·흡입구 부위단면

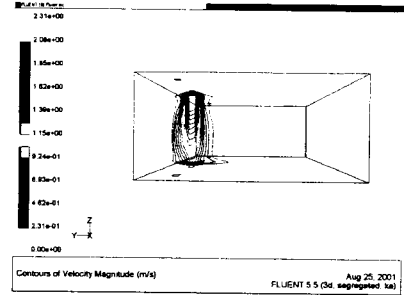


(b) 취출·흡입구 사이단면

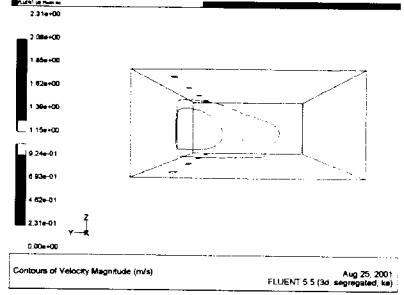
그림 5 승강장측 흡입/벽측 취출의 경우

(2) 천장취출/바닥흡입방식

취출·흡입구가 선로측에 인접설치된 천장취출/바닥흡입 기류분포의 해석결과, 취출·흡입구가 위치한 단면부에만 공조기류가 집중적으로 도달하였으며, 그 외 승강장에는 기류가 거의 도달하지 못하는 현상이 발생하였다. 따라서 이 방식은 열차 정차에 따른 스크린 도어 개방시 공기교환 차단에는 효과를 보일 수 있으나, 승강장 전체의 이용객을 고려한다면 바람직한 공조방식이 되지 못할 것으로 판단된다.



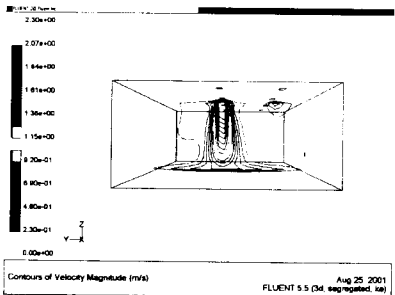
(a) 취출·흡입구 부위단면



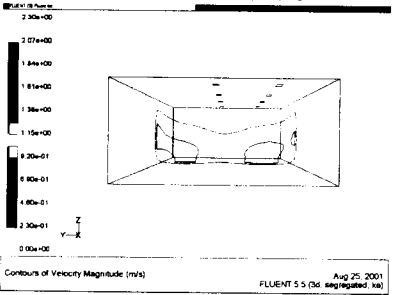
(b) 취출·흡입구 사이단면

그림 7 취출·흡입구가 선로측에 인접 설치되어 있는 경우

취출·흡입구가 중앙부에 설치되어 천장취출/바닥흡입이 이루어진 경우는 전반적인 기류분포가 균일한 것으로 나타났다. 그러나 바닥에 흡입구를 설치할 경우 먼지와 같은 오염물질이 시스템 내부로 유입될 수 있으므로, 고성능 필터의 설치 및 주기적인 관리가 필요할 것으로 판단된다.

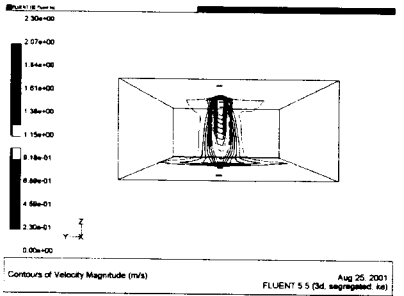


(a) 취출·흡입구 부위단면

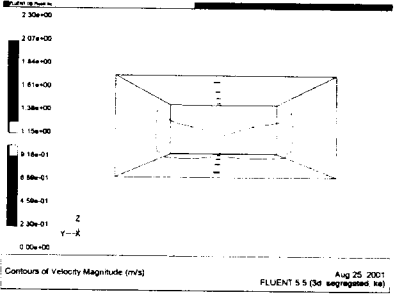


(b) 취출·흡입구 사이단면

그림 6 승강장측 취출/벽측 흡입의 경우



(a) 취출·흡입구 부위단면



(b) 취출·흡입구 사이단면

그림 8 취출·흡입구가 승강장 중앙부에 설치되어 있는 경우

승강장측 취출/벽측 흡입의 경우에는 거주역인 승강장 중앙부의 기류가 전반적으로 활발한 것으로 나타났으며, 승강장 전체의 기류분포도 승강장측 흡입/벽측 취출방식에 비해 균일한 것으로 나타났다. 또한 이 경우에는 열차 정차 시 스크린 도어가 열렸을 경우 가압을 통한 열차와 승강장의 공기교환 차단효과도 얻을 수 있으리라 판단된다.

이상의 해석결과를 바탕으로 승강장 전체에 도달되는 기류를 균일성 측면에서 정성적으로 평가한 결과는 표 2와 같다.

표 2 취출·흡입구의 위치에 따른 기류분포의 균일성평가

단면의 위치		X-단면			Z-단면	상대적 우선 순위
		선로부	중앙부	벽부	호흡선 (1.5m)	
천장취출 천장흡입	승강장측 흡입 /벽측 취출	×	×	◎	○	3
	승강장측 취출 /벽측 흡입	○	◎	○	◎	1
천장취출 /바닥흡입	취출·흡입구 /선로부설치	◎	×	×	×	4
	취출·흡입구 /승강장 중앙부설치	△	◎	△	○	2

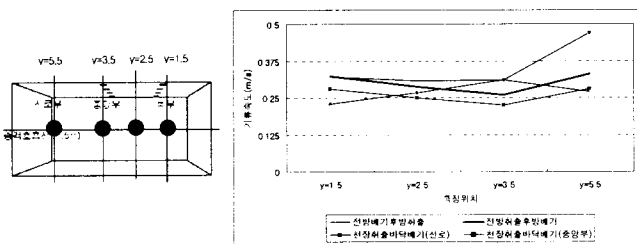
◎ 균일 ○ 비교적 균일 △ 보통 × 불균일

한편, 기류는 인체의 반응에 영향을 미치는 중요한 요소로 대류 및 증발에 의해 열발산을 촉진시키고 냉각작용에 의하여 체감을 돕는 역할을 한다. 따라서 본 연구에서는 급배기방식별 기류속도에 따른 인체의 쾌적감을 평가하고자 호흡선높이(1.5m)에 있어서 취출구가 없는 4지점을 대상으로 기류속도를 고찰하였다. 기류속도에 따른 인체의 일반적인 반응은 표 3과 같다.

표 3 기류속도에 따른 인체의 일반적인 반응

기류속도 (m/s)	인체의 반응
0.25 이하	느끼지 못함
0.25~0.5	쾌적함
0.5~1	공기의 움직임을 느낌
1~1.5	냉각효과를 느낌
1.5 이상	불쾌감을 느낌

그림 9에 기류속도 고찰의 대상지점과 해석으로부터 얻어진 지점별 기류속도를 그래프로 나타내었다. 해석결과를 토대로 부위별 기류속도를 살펴 본 결과, 부위별 기류속도는 기류의 인체 쾌적범위인 0.25~0.5m/s를 모두 만족하는 것으로 나타났다. 그러나, 선로측에 설치된 천장취출/바닥배기방식의 경우에서는 벽측과 승강장측의 기류속도의 차이가 다른 방식에 비해 크게 나타남에 따라 기류분포의 균일성 측면에서 다소 불리함을 알 수 있었으며, 이러한 결과는 앞서의 정성적 평가결과와도 같은 것이다.



(a) 기류위치 (b) 분석결과
그림 9 승객호흡선 위치에서의 기류분포

5. 결론

승강장에 스크린 도어를 설치할 경우, 급배기구 위치에

따른 기류분포를 평가한 결과는 다음과 같다

(1) 승강장측 흡입/벽측 취출방식은 전반적인 기류가 벽측으로 치우쳤으며, 실질적인 거주역인 승강장 중앙부에는 공조기류가 거의 도달하지 못하는 것으로 나타났다.

(2) 승강장측 취출/벽측 흡입방식은 거주역인 승강장 중앙부의 기류가 전반적으로 균일하며, 승강장 전체의 기류분포도 균일한 것으로 나타났다.

(3) 취출·흡입구가 선로측에 인접설치된 천장취출/바닥흡입방식은 경우는 취출·흡입구가 위치한 단면부에만 공조기류가 집중적으로 도달하고 그 외의 승강장 부분에는 기류가 거의 도달하지 못하는 불균일한 현상이 발생하였다.

(4) 취출·흡입구가 승강장 중앙부에 설치된 천장취출/바닥흡입방식은 승강장의 전반적인 기류분포가 균일한 것으로 나타났으며 차량정차시 스크린도어가 열렸을 경우 열차내의 공기가 승강장으로 유입되는 것을 저감시킬 수 있는 장점도 있을 것으로 판단된다. 그러나 바닥에 흡입구를 설치할 경우 먼지와 같은 오염물질이 급배기시스템 내부로 유입될 위험이 있으므로, 적용시에는 고성능 필터의 설치 및 주기적인 관리가 필요할 것으로 판단된다.

(5) 4가지 방식 모두 기류의 인체 쾌적범위인 0.25~0.5m/s는 만족하는 것으로 나타났으나 기류분포의 균일성 및 유지관리의 측면에서 보았을 때, 승강장측 취출/벽측 흡입방식이 가장 바람직한 급배기방식인 것으로 판단된다. 한편 취출·흡입구가 선로측에 인접설치된 천장취출/바닥흡입방식은 벽측과 승강장측의 기류속도의 차이가 다른 방식에 비해 크게 나타남에 따라 기류분포의 균일성 측면에서 다소 불리한 방법인 것으로 판단된다.

본 연구에서는 스크린 도어가 설치될 지하철 승강장공간에 적용가능한 적정 급배기시스템을 CFD 해석을 통하여 제안하였다. 그러나, 본 연구에서는 평가도구로 컴퓨터 시뮬레이션만을 이용하였으므로 추후 실제 승강장 공간이나 모형을 이용한 측정이 뒤따라야 할 것이다.

참고문헌

1. 건설교통부, 지하철구간의 환경관리방안 및 오염도 저감에 관한 연구, 1차년도 연차보고서, p.209
2. 김영호, 건축설비, 보문당, 1994, pp.269~271
3. 대전 도시철도 공조계통도
4. 서재수, 대전 도시철도 1호선의 환경제어 공기조화 냉동공학회지, 제27권, 제2호, 1998, p.138
5. 차철현, 스크린도어 적용에 따른 지하 승강장의 환기설비 공기조화 냉동공학회 '97학계 학술발표회 논문집 pp. 1002~1007