

# 지하철 스크린도어 시스템의 열차풍압

지하철에 설치된 스크린도어에 가해지는 열차풍압을 실측하기 위해 수행한 실험규모 실험내용과 실험결과를 소개하고자 한다.

김 정 업

한국건설기술연구원 (jykim1@kict.re.kr)

## 개 요

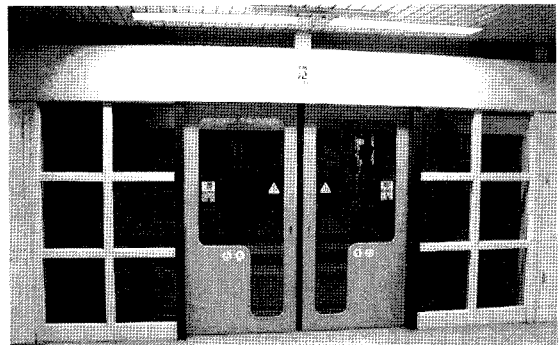
세계적으로 산업화와 도시화에 따라 교통량이 급속히 증가하면서 도시철도가 정시성과 쾌속성, 안전성 등의 우위를 바탕으로 주요 대도시의 핵심교통수단으로 정착되었으며, 국내에서도 현재 일일 이용객이 600만명에 이르고 노선 총연장이 600 km에 달하고 있다. 따라서 도시철도는 단순한 교통수단의 개념을 넘어서 시민의 생활공간으로 거듭나고 있으며 이에 따라 승객의 안전성 확보와 쾌적한 이용환경에 대한 요구가 점차 증가되고 있다. 그러나 도시철도의 지하구간은 반밀폐적 터널공간으로 화재발생시 안전확보에 취약하고 빈번한 열차운행으로 인한 열

차풍과 분진, 고온의 기류에 의해 이용환경의 악화가 초래되고 있으며, 또한 승강장에서의 추락사고가 지속적으로 발생하는 등, 승객의 안전과 편의 도모에 취약한 시설로 평가되고 있어, 도시철도의 환경 개선을 위한 기술개발이 필요하다.

선진국의 경우 이러한 문제를 해결하기 위하여 능동적 개념의 설비시스템으로 스크린도어 시스템(Platform Screen Door System)을 설치, 운영하고 있으며 국내에서도 최근에 신규 및 기존 도시철도 노선에 도입이 활발히 진행중에 있다. 스크린도어는 승강장과 정거장 선로부를 격리하는 고정벽 및 열차 출입문과 연동하여 개폐되는 승객출입문으로 이루어지며, 열차풍에 의한 승강장 쾌적성 저하와 열차



a) 서울지하철 2호선



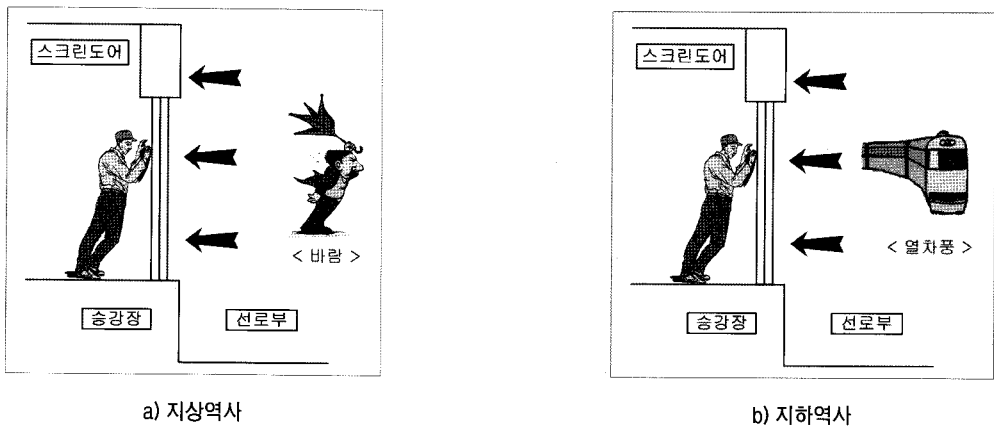
b) 교토 Tozai Line

[그림 1] 스크린도어 시스템 전경

정차시의 발생열 침투를 효과적으로 방지하고 승강장 승객의 안전과 쾌적한 환경을 확보할 수 있으며 또한 승강장 냉방부하 감소로 경제적인 공조설비의 운영이 가능하다는 점에서 그 중요성이 부각되고 있다. 이러한 스크린도어의 설치는 도시철도의 제반 열유동현상과 화재와 같은 비상시 제연과 피난 등의 안전시스템 운용에 커다란 영향을 미치기 때문에 열차풍에 따른 스크린도어의 안전구조해석과 더불어 환기 및 방재시스템과 연계된 최적의 설치방안과 설

치후의 운영기준의 확립이 절실히 요구된다.

스크린도어의 구조설계측면에서 생각을 해보면 도시철도에 설치된 스크린도어는 그림 2와 같이 열차 운행에 의한 열차풍하중, 이용객의 밀집에 의한 하중 및 지상기류에 의한 풍하중 등 다양한 수평하중을 받게 되며, 이러한 수평하중에 대해 안전한 구조설계가 이루어져야 한다. 수평하중 산정값이 현상보다 과소하게 설계될 경우 스크린도어의 구조안전에 문제가 발생할 수 있으며, 반대로 과대하게 설계가 될 경우



[그림 2] 지상역사와 지하역사에서 스크린도어에 작용하는 수평하중

❖ 건설교통부고시 제2004-136호

- 수평분포하중 981 N [100 kgf] 이상
- 피로하중 500 N/m<sup>2</sup> [51 kgf/m<sup>2</sup>] 50만회 이상
- 내풍압 최대 2,649 N/m<sup>2</sup> [270 kgf/m<sup>2</sup>]
- 순간풍속 최대 30 m/s (지상:50 m/s)

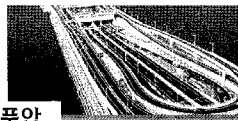
< 지상역사 >

$$P = \frac{1}{2} \rho V^2 C$$

P: 풍압, ρ: 밀도  
V: 풍속, C: 풍압계수

< 지하역사 >

[그림 3] 현행 스크린도어 구조물 설계 현황



스크린도어시스템의 초기설치비용 증가 및 설치·운영상 애로점이 발생할 수 있다. 따라서 수평하중의 올바른 예측을 통해 스크린도어의 구조설계를 위한 적정 구조물 설계기준의 제시가 요구되고 있다.

도시철도의 스크린도어는 그림 2와 같이 지상역사와 지하역사에 설치될 수 있으며, 어느곳에 설치되는가에 따라 스크린도어가 받는 수평하중이 결정된다. 즉 지상역사에 설치된 스크린도어는 승강장쪽에서 이용객의 밀집에 의한 하중을 받으며 선로부쪽에서는 주로 태풍과 같은 바람에 의한 풍압하중을 받게 된다. 한편 지하역사에 설치된 스크린도어는 승강장쪽에서 지상역사와 동일하게 이용객의 밀집에 의한 하중을 받게 되나 선로부쪽에서는 지하역사 특성상 태풍과 같은 바람의 영향이 없고 대신 열차의 운행에 의해 발생하는 열차풍압을 받게 된다. 이와 같이 스크린도어가 설치되는 환경에 따라 스크린도어에 가해지는 수평하중의 내용이 달라지게 되며 이러한 점을 올바르게 파악하여 적용하여야 타당한 설계기준이 도출될 수 있다. 현재 국내에서는 그림 3과 같이 건설교통부 고시를 통해 스크린도어 시스템의 수평하중 설계자료가 제시되고 있으나 지하역사에서 적용되어야 하는 열차풍압의 산정방식이 제시되지 않고 있어서 스크린도어의 설계 및 시공과정에서 혼선이 발생하고 있다. 이러한 지하역사의 열차풍압은 열차속도와 터널구조에 따라 크게 달라지므로 실제 실측실험이나 시뮬레이션에 의해 설계값을 산정하여 적용하여야 한다.

본 논문에서는 국내 지하철의 정거장에 설치되는

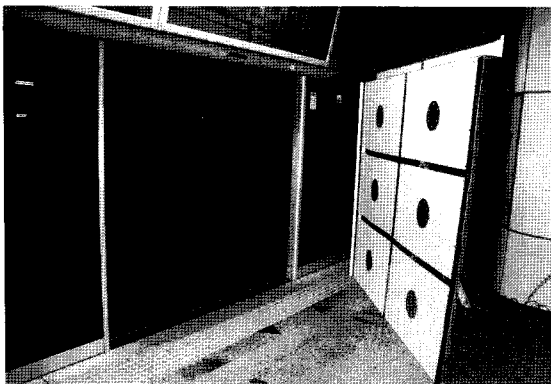
스크린도어 시스템에 작용하는 열차풍압을 실측하기 위해 스크린도어 시스템이 설치되어 있는 서울지하철 2호선 사당역사에서 실험용 열차를 운행하면서 수행한 실규모 실험의 내용과 결과를 제시하고자 한다.

### 열차풍압 측정실험

2004년부터 서울지하철 2호선에 스크린도어 설치공사가 진행되어 2005년 하반기에 2호선 역사중 처음으로 사당역에 스크린도어 시스템이 설치, 가동되고 있다. 본 연구에서는 상대식 정거장의 모델로서 사당역을 선택하여 실제 열차의 운행에 따라 스크린도어에 형성되는 열차풍압을 실측하였다. 실험수행은 다음과 같은 방법에 의해 진행하였다.

- ① 압력측정시 스크린도어를 완전히 open시킨 상태에서 아래그림과 같은 방법으로 압력측정판을 스크린도어에 부착한다.
- ② 압력측정판과 스크린도어의 부착면 사이에는 고무재질의 팩킹이 삽입되어 스크린도어의 손상을 방지한다.
- ③ 압력측정판은 스크린도어의 개구부보다 크게 제작하여 압력측정판이 선로부로 이동되는 일이 없도록 한다.
- ④ 6개의 압력측정봉이 압력측정판에 설치되며, 압력측정봉에 가해지는 압력이 압력센서와 데이터 로거를 통해 실시간으로 측정된다.

그림 4는 실험에 사용된 스크린도어 열차풍압용 압력측정판의 모습을 나타내며, 그림 5는 열차풍압



[그림 4] 스크린도어 열차풍압 측정용 압력판



[그림 5] 스크린도어 열차풍압 측정

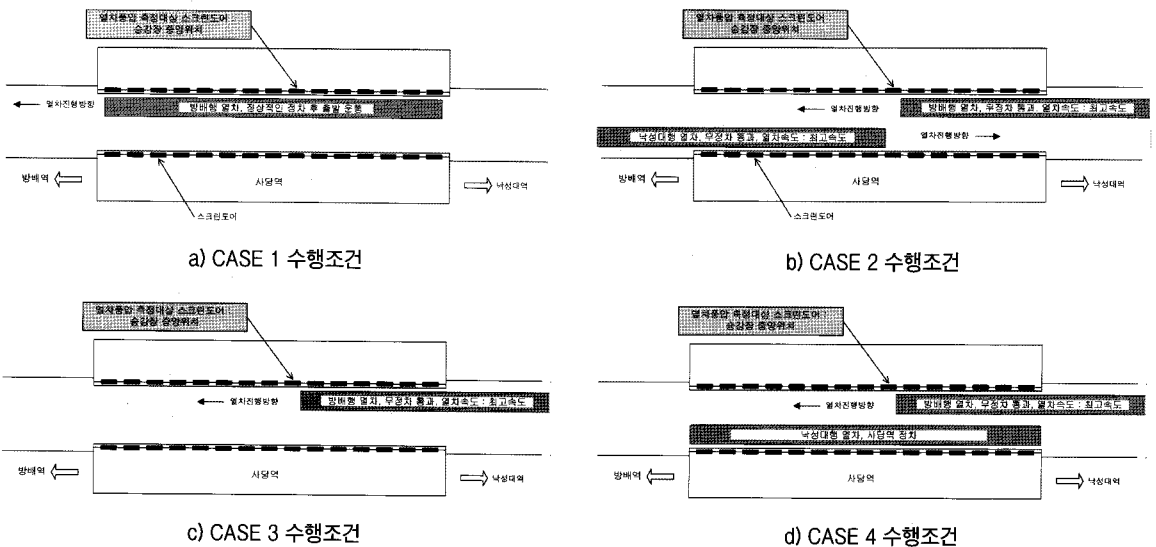
이 측정되는 현장을 보여주고 있다. 실험수행조건은 표 1 및 그림 6과 같이 열차가 정상적으로 정차한 후 출발할 경우, 두 대의 열차가 약 60 km/h의 속도로 승강장에서 무정차로 교행할 경우, 한 대의 열차가 약 60 km/h의 속도로 무정차로 통과할 경우 및 한 대의 열차가 승강장에 정차하는 도중에 한 대의 열차가 무정차로 통과할 경우에 대하여 각각 승강장 중앙위치에 위치한 스크린도어에 작용하는 열차풍압을 측정하였다.

그림 7에 사당역 스크린도어 열차풍압 실측실험의 결과를 제시하였다. 결과에서 알 수 있듯이 대상

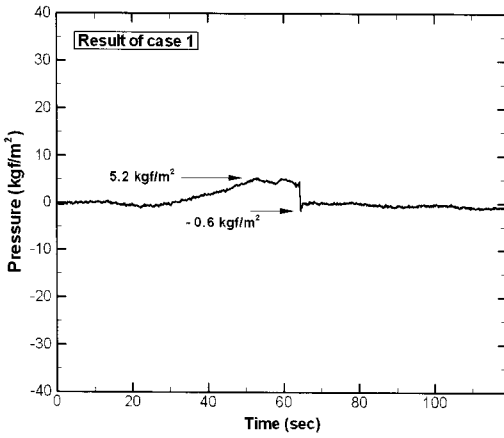
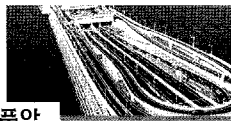
스크린도어에 열차가 접근하면서 열차풍압이 서서히 증가하다 스크린도어를 통과하면서 최고로 상승한다. 열차가 스크린도어를 통과한 후 압력이 급격히 하강하여 최대부압이 형성된 후 회복하는 형식을 보여주고 있다. 열차가 정차하고 출발하는 통상의 운전패턴에서는 정압최대로 5.2 kgf/m<sup>2</sup>, 부압최대로 -0.6 kgf/m<sup>2</sup>의 압력이 형성되었다. 한편 두 열차가 무정차 교행통과하는 경우에는 여러번의 실험을 수행하였는데, 두 열차가 교행할 경우 두 열차의 열차 선두부가 측정 스크린도어 위치에서 정확히 일치하도록 교행할 때 최대의 압력이 작용할 것으로 예상

<표 1> 사당역 스크린도어 열차풍압 측정조건

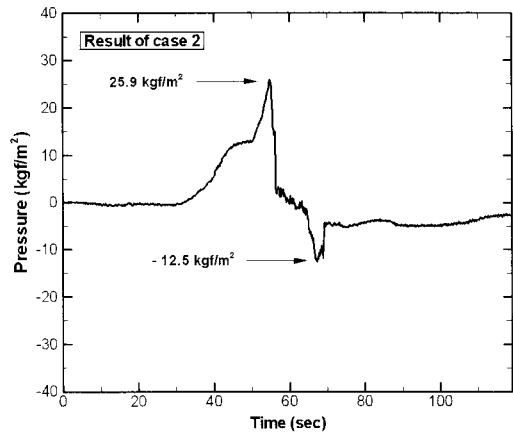
실험 조건	측정대상 스크린도어	측정항목	열차운행조건	비고
CASE1	승강장 중앙위치 스크린도어	열차 정차 및 출발시 열차풍압	- 방배행 열차 정상적인 정차 후 출발 운전	그림 6 a) 참조
CASE2		양방향 열차 무정차 교행시 열차풍압	- 60 km/h 속도로 양방향 열차 무정차 교행 - 측정 스크린도어 위치에서 두열차 선두부 교차	그림 6 b) 참조
CASE3		열차 한대 무정차 통과시 열차풍압	- 60 km/h 속도로 방배행 열차 무정차 통과	그림 6 c) 참조
CASE4		상대편 선로 열차정차시 열차 한대 무정차 통과시 열차풍압	- 낙성대행 열차 사당역에 정차 - 60 km/h 속도로 방배행 열차 무정차 통과	그림 6 d) 참조



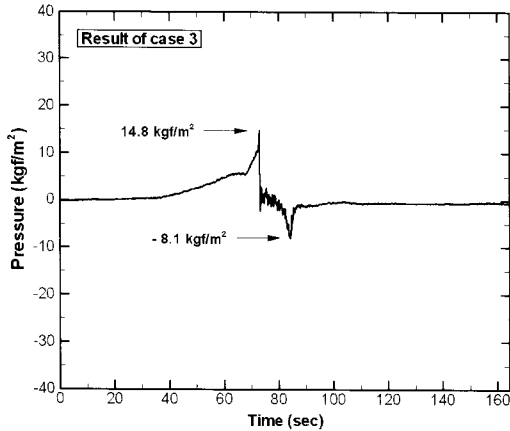
[그림 6] 사당역 스크린도어 열차풍압 측정실험 수행조건



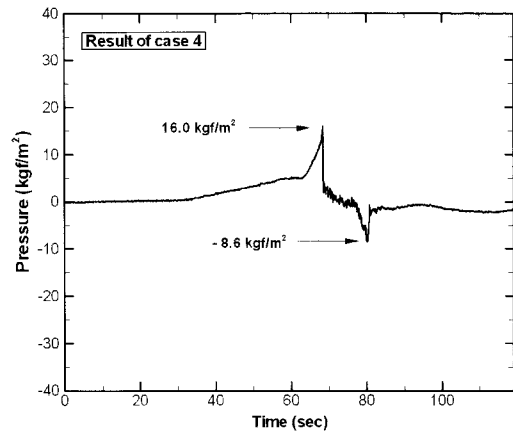
a) CASE 1 수행조건



b) CASE 2 수행조건



c) CASE 3 수행조건



d) CASE 4 실험결과

[그림 7] 열차풍압 측정 실험결과

되나, 실제 실험에서는 완전히 일치하기가 어렵고, 본 연구에서는 1초에서 3초의 간격을 두고 열차선두부가 교행하였다. 본 논문에서 제시한 결과는 그 중 하나의 실험결과로서 다른 경우도 유사한 측정결과를 나타내었다. 그리고 한 대의 열차가 62 km/h의 속도로 무정차 통과하였을 경우 14.8 kgf/m<sup>2</sup>의 정압이 걸리며 반대선로에 열차가 정차되어 있는 상황에서 한 대의 열차가 65 km/h의 속도로 무정차 통과하였을 경우에는 16.0 kgf/m<sup>2</sup>의 압력이 형성되었다.

## 맺음말

본 연구진에서는 안전하고 쾌적한 도시철도를 만들기 위해 빠른 속도로 보급되고 있는 스크린도어 시스템의 최적설계에 필요한 자료를 제시하고자 실제적인 현장실험을 수행하여 결과를 제시하였으며, 지속적이고 종합적인 연구를 통하여 국내 스크린도어 시스템의 발전에 노력할 계획이다. 