

1C2) 지하철 터널 및 자연환기구에서 열차풍 특성에 관한 연구

Study on the Characteristics of Train-induced Wind in Subway Tunnel and Ventilation Opening

송지한 · Rajib Pokhrel · 송두현 · 이희관
 인천대학교 토목환경시스템공학과

1. 서 론

일반적으로 열차풍이란 운행하는 열차의 교통환기력에 의해 발생하는 바람을 가리키며, 외부의 신선한 공기를 역사내 유입시키기도 하고, 터널내의 축적된 오염물질을 역사내로 이동시키는 역할을 하기도 한다. 선행연구에서는 기존의 교통환기력 이론을 도입하여 실측자료로부터 열차풍을 정량화 하였다.(송지한, 2004) 산정된 열차풍량을 살펴보면, 운행열차에 의한 열차풍에 있어서 열차가 역사를 출발하는 경우 9,409m³의 공기가 1차 열차풍의 형태로 유출되며 2,240m³의 공기가 2차 열차풍 형태로 유입된다. 또한 열차가 역사로 진입하는 경우에 8,491m³의 1차 열차풍이 유입되고 4,281m³의 2차 열차풍이 터널로 유출되는 것으로 파악되었다. 측정역사 내 승강장의 설계환기시설은 급기량이 145,320CMH이며, 배기량은 218,040CMH이다. 지하철이 5분 간격으로 운행시 발생하는 열차풍은 배기량 · 급기량의 47%~78%가 발생하고 있으며, 열차풍이 승강장 환기효과에 많은 영향을 미치고 있다.

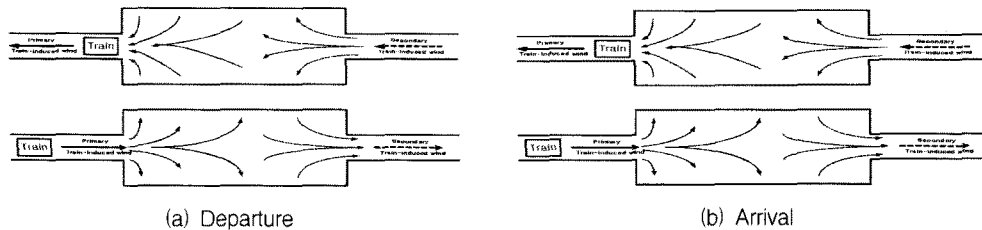


Fig. 1. Generation of train-induced wind by subway trains.

따라서 본 연구에서는 이와 같이 운행열차에 의해 형성되는 열차풍으로 인해 자연환기구에서 형성되는 환기효과를 측정 · 분석하고자 하였다.

2. 이론적 배경

본 연구에서 열차풍은 유체 내에서 임의의 속도로 운동하는 물체는 그 표면의 저항과 마찰로 인하여 진행방향의 유체운동을 발생시키게 되는데, 터널과 같이 제한된 공간을 운동하는 지하철의 경우에도 공기의 움직임을 유발시키게 되며, 이를 교통환기력이라고 한다.

$$\Delta P = \frac{A_t}{A_T} \frac{\gamma}{2g} V_t^2 \quad Q_t = A_T \sqrt{\frac{2g}{\gamma}} \sqrt{\Delta P} \quad Q_t = \sqrt{A_t A_T} V_t$$

A_t : 열차저항면적 [12.8 m²=3.98 m×3.2 m]

A_T : 터널 단면적 [18.6 m²=5.15 m×3.6 m]

g : 중력가속도 [9.8 m/s²]

Q_t : 교통환기량 [m³/s]

V_t : 열차주행속도 [m/s]

$\overline{V_T}$: 평균 열차풍속 [m/s]

위 식에서 알 수 있듯이 교통환기력은 주어진 임의의 조건하에서 차량 주행속도의 제곱에 비례하며, 교통환기량은 주어진 임의의 조건에 대해 발생한 교통환기력의 제곱근과 비례하는 것을 알 수 있다. 그

리고 교통환기량(Q_T)는 차량 주행속도(V_T)에 비례하는 것을 알 수 있다. 이때의 비례상수는 열차의 저항단면적(A_r)과 터널의 단면적(A_T)에 의해 결정된다.

3. 연구 방법 및 결과

본 연구에서는 지하철 터널에 설치된 자연환기구에서 형성되는 환기효과의 특성을 파악하고자 하였다. 서울시내에 설치되어 있는 자연환기구를 대상으로 하여 운행되는 열차에 의해 형성되는 열차풍에 의한 기류의 변화를 측정하였다. 측정에는 기류의 파악을 위하여 풍향·풍속, 그리고 환기구를 통과하는 기류의 공기질을 파악하기 위해 먼지(TSP, PM₁₀, PM_{2.5})와 CO₂·O₂를 실시간으로 모니터링 하였으며 그 결과를 보고하고자 한다.

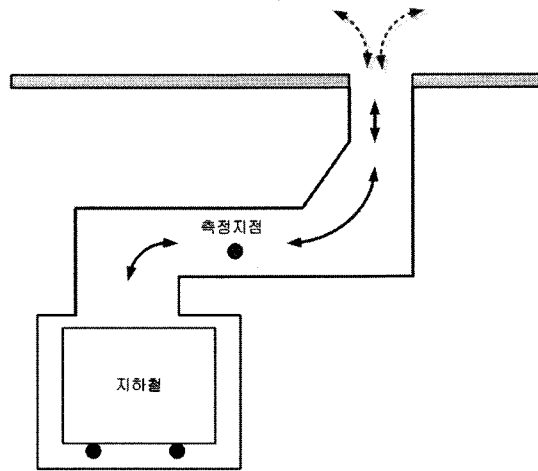


Fig. 2. Ventilation and train-induced wind for subway tunnel.

Table. 1. Summary of the measuring equipment used in field test.

	Item
OSIRIS SYSTEM	온도·습도·WS·WD·TSP·PM ₁₀ ·PM _{2.5}
Particle counter	PM ₁₀ ·PM _{2.5} ·PM _{1.0}
Model/IQ-410	CO ₂ ·O ₂ ·온도·습도

참고 문헌

- 김신도, 송지한, 이희관 (2004) Estimation of train-induced wind generated by train operation in subway tunnels, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, 16, 652-657.
- 송지한 (2004) 열차풍을 고려한 지하역사내 공기질 예측모델 개발에 관한 연구, 서울시립대학교 석사학위 논문.
- 송지한, 이희관, 김신도, 황의현 (2004) Model development for IAQ in a subway station, Air & Waste Management Association, 574.
- Seoul Metropolitan Subway Corporation (2003) Study on the air quality improvement in subway system.