

PE3) 에어커튼 분사 각도에 따른 지하 터널 내 열차풍 환기 제어 특성

Ventilation Control Characteristics of Train-Induced Wind by Changing Injection Angle of Air Curtain

송동근 · 한방우 · 정상현 · 홍원석 · 신완호 · 김학준 · 심성훈 · 김용진
 한국기계연구원 그린환경에너지기계연구본부

1. 서 론

자연 환기에 의한 오염물질의 확산 및 제거가 용이하지 않은 지하공간의 오염물질 제어 설비의 필요성이 크게 증가하고 있으며, 지하철 이용 승객은 승강장, 객차 내에서 지하공간의 오염물질에 노출되고 있다. 도시철도 지하공간의 오염물질은 도시철도 운행 및 환기구를 통한 유입과 더불어 도시철도 터널 내부에서 발생하는 오염물질이 주요인으로 파악된다. 최근 스크린 도어 설치로 터널 내 미세먼지의 승강장으로의 유입은 감소한 반면, 터널 내 오염물질의 농도는 증가하였으며, 전동차의 공조장치를 통해 객차 내로 유입될 가능성이 증가하였으며, 이로 인한 객차 내 오염물질의 농도 증가가 우려된다. 도시터널 내부에서 발생한 오염물질의 도시철도 차량의 진입에 따른 역사로의 유입을 저감할 수 있는 유동 제어를 위해 에어커튼을 이용한 환기 방안이 제시되어 에어커튼 형성 위치에 따른 환기 성능에 대한 연구가 진행되고 있다(송동근 등, 2009). 본 연구에서는 지하터널 내 전동차에 의한 열차풍을 고려하여, 터널 내 환기구를 통한 오염물질의 배출을 원활히 하기 위해 에어커튼의 분사 각도에 따른 환기 제어 특성을 전산모사를 이용하여 살펴보고자 한다.

2. 연구 방법

환기구가 위치하는 지하터널의 일부 구간을 대상으로 환기구 주위의 터널 상부 및 하부에 에어커튼 형성을 위한 공기분사구의 위치와 분사 각도에 따른 터널 내부의 유동 특성과 환기구로의 배출 유량 변화를 전산모사를 통해 살펴보았다. 수치해석에 이용한 계산 영역과 경계조건은 그림 1에 나타난 바와 같다. 에어커튼 형성을 위한 공기분사구의 위치는 상부의 환기구 하류지점과 하부의 환기구 상류지점에 위치하며, 상부 공기분사 각도를 10°, 20°, 30°, 40°로 변경하였다. 전동차 운행에 의한 터널 내 열차풍의 유속은 5m/s, 에어커튼 형성을 위한 공기 분사 속도는 20m/s인 경우에 대해, 공기분사구의 위치를 변경하며 터널 내 유동 및 환기 특성을 살펴보았다.

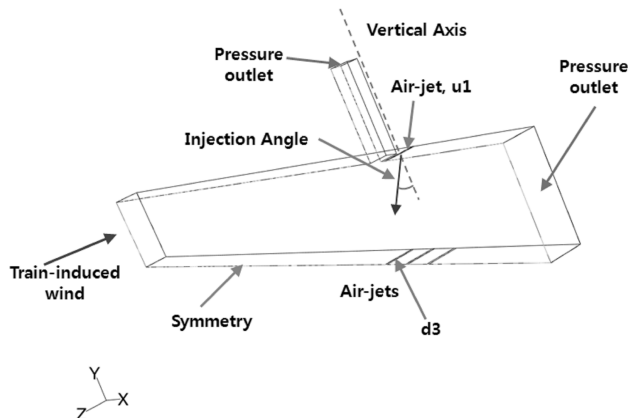


Fig. 1. Tunnel geometry, computation domain and boundary conditions.

3. 결과 및 고찰

에어커튼 형성을 위한 분사각도 변화에 따른 환기량의 변화 및 유입 유량에 대한 비율을 표 1에 나타내었다. 터널 하부의 분사 공기에 의해 열차풍에 의한 유동이 상층부로 이동하게 되며, 상부 환기구 하류 지점에 형성되는 에어커튼에 의해 환기구로의 배출량이 증가하게 된다. 상부 공기 분사 노즐의 분사각도가 증가함에 따라 환기효율이 증가하였으나, 분사각도 40°에서는 다시 감소하였다. 이때 환기 배출효율은 유입 유량에 대한 환기 유량의 비율로, 식 (1)과 같이 정의하였다.

$$\eta = \frac{Q_{vent}}{Q_{in}} \quad (1)$$

Table 1. Flow rates exhausted through outflow duct and ventilation efficiency.

Injection angle	10°	20°	30°	40°
$Q_{vent} [m^3/s]$	4.59	5.21	5.74	5.13
η (%)	9.27	10.53	11.60	10.36

그림 2는 터널 상부 에어커튼을 형성을 위해 10° 각도로 공기를 분사한 경우이며, 그림 3은 40° 각도로 분사한 경우의 유동 흐름을 보여준다. 분사각도가 10°~30°인 경우는 터널 상부와 하부의 공기 분사에 의해 형성된 에어커튼이 열차풍의 저항으로 작용하며 환기구로의 배출량을 증가시키는 역할을 하는 반면, 분사각도가 40°인 경우, 상부 공기 분사 노즐에 의해 형성된 에어커튼이 환기구로의 배출에도 저항을 가해 배출량이 감소하는 현상이 발생한다. 이러한 환기효율 역전이 발생하는 공기 분사 각도는 분사 노즐의 위치에 따라 달라지며, 분사 각도와 노즐 위치에 대한 고려를 병행해야 할 것으로 판단된다.

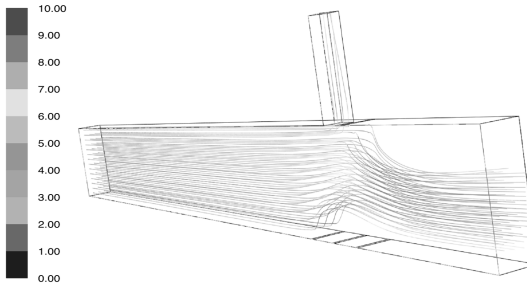


Fig. 2. Flow path lines with u1 of 10° and d3.

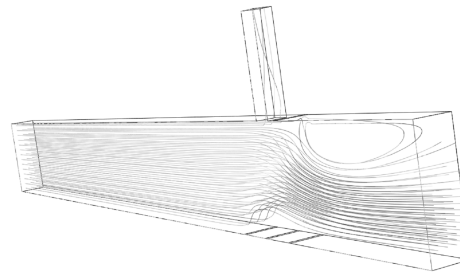


Fig. 3. Flow path lines with u1 of 40° and d3.

사 사

본 연구는 국토해양부의 지원으로 시행되는 ‘미래도시철도기술개발사업’의 일환으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- 송동근, 한방우, 정상현, 홍원석, 신완호, 김학준, 심성훈, 김용진 (2009) 에어커튼을 이용한 지하 터널 내 열차풍의 환기 제어, 한국대기환경학회 춘계학술대회, 576-577.
- Ke, M.T., T.C. Cheng, and W.P. Wang (2002) Numerical simulation for optimizing the design of subway environmental control system, Building and Environment, 37, 1139-1152.