

PF9) CFD를 이용한 터널내 열차풍 특성에 관한 연구

Characterization of Train Induced Wind in Subway Tunnel Using CFD Simulation

송지한 · Rajib Pokhrel · 이희관
 인천대학교 토목환경공학과

1. 서 론

전 세계적으로 현대사회는 도시화(urbanization)추세이며, 건축물의 공간은 고밀도화로 인한 밀폐성·기밀성을 갖춘 지하공간이 증가하고 있는 실정이다. 고밀도화된 지하공간 중 시민들의 대중교통을 담당하고 있는 지하철의 이용률은 점차 증가되고 있다. 지하철이 운행되고 있는 국내 지하철사는 터널구간과 지하역사구간이 스크린도어 설치로 인하여 일부 분리된 상태이며, 2012년에는 수도권 전역에 스크린도어가 설치될 예정이다. 공간분리로 인하여 지하역사내 공기질은 개선된 반면, 미세먼지 오염원이 존재하는 본선터널의 환경은 축적되어진 오염물질이 열차풍을 통하여 다른 공간으로 이동하여 심각한 상황을 초래하고 있다.

본 연구에서는 CFD를 통하여 터널구간에서 열차운행에 따른 열차풍을 제어하고자, 각도변환을 통하여 에어커튼의 효율성을 평가 및 분석하였다. 그리고 CFD 옵션 중 기류 해석 및 Particle tracking을 이용하여 PM₁₀의 변화를 살펴보고자 하였다.

2. 연구 방법 및 결과

본 연구는 CFD의 상용코드인 CFX(v.10, Ansys Inc.)를 사용하였으며, 운행하는 지하철과 동반하는 열차풍을 에어커튼 각도 변환에 따른 제어효과를 알아보기 위하여 수치해석모델링을 수행하였다. 열차풍 제어효과를 평가 및 분석하기 위하여, 각도를 변환 한 에어커튼에서 발생하는 기류변화와 압력분포·Particle tracking을 자료를 도출하여 해석하였다. 기본적으로 터널 디자인은 현장에서 적용되고 있는 설계조건인 L: 50m, H: 5.15m, W: 3.6m이며, 에어커튼의 슬롯크기(L: 0.2m, H: 4.75m)와 간격(3m)을 설정 하였다.

Table 1. Register number of fishing (2006).

Tunnel design	L: 50m, H: 5.15m, W: 3.6m
Air-curtain slot	L: 0.2m , H: 4.75m
Air-curtain space	3m

수치해석시물레이션을 수행에 앞서 에어커튼 내 중심풍속은 20m/s로 설정하였으며, 터널내에서 운행 모드에 따른 열차에서 발생하는 열차풍과 에어커튼 각도의 변화를 주어 모델링을 수행하였다. 그리고 모델링의 경계조건의 경우 본선터널 벽면을 wall로 설정하였으며, 입구를 input 출구 면을 outlet상태로 시물레이션 하였다.

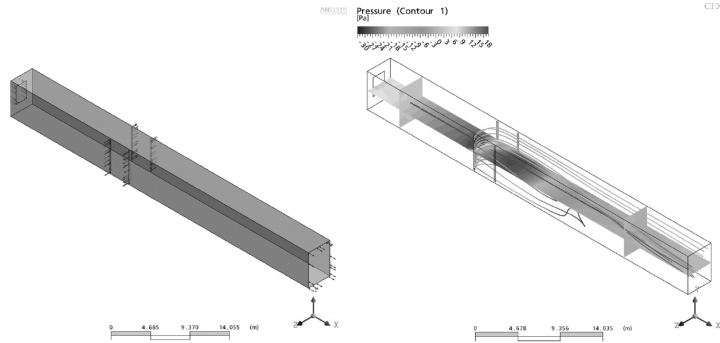


Fig. 1. Modeling geometry and produced streamline in the tunnel air flow.

$$\sum Q'_1 = \sum Q_2 - \sum Q_c \quad (1)$$

$$\varepsilon = \frac{\sum Q_1 - \sum Q'_1}{\sum Q_1} \times 100 \quad (2)$$

위의 시뮬레이션 결과를 바탕으로 에어커튼 각도에 따른 mass flow를 활용하여 식 (1)에 산정식을 통해 결과를 산출할 수 있다. 식 (1)에서의 Q_1 : 입구 면의 유량[kg/s], Q_2 : 출구면의 유량[kg/s], Q_c : 에어커튼 면의 유량[kg/s]를 나타낸다. 수치해석시뮬레이션을 통하여 열차풍이 발생하는 터널 입구에서 PM₁₀ 입자가 존재하였을 경우, 에어커튼 각도와 풍속변화에 따른 에어커튼 효율을 정량화 및 평가하였다.

3. 결 론

본 연구에서는 열차풍을 제어하기 위하여 다양한 각도의 에어커튼을 제시하였다. 본 논문에서는 기초단계로서 기존 연구에서 제안된 에어커튼 설계 조건 중 단일 에어커튼을 검토하였다. 현장측정 결과를 토대로 70% 정도를 차단할 수 있는 열차풍 7m/s가 발생하였을 경우, 에어커튼 각도인 40°에서 기류가 형성되지 않는 것을 알 수 있다.

참 고 문 헌

- Kim, S.D., J.H. Song, and H.K. Lee (2004) Estimation of Train-Induced Wind Generated by Train Operation in Subway Tunnels, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, 16, 652-657.
- J. Cui, S. Wang (2004) Application of CFD in evaluation and energy-efficient design of air curtains for horizontal refrigerated display cases, International Journal of Thermal Sciences, 43, 993-1002.
- Foster, A.M., M.J. Swain, R. Barrett, P. D'Agaro, and S.J. James (2006) Effectiveness and optimum jet velocity for a plane jet air curtain used to restrict cold room infiltration, International Journal of Thermal Sciences, 29, 692-699.
- Foster, A.M., M.J. Swain, R. Barrett, P. D'Agaro, S.J. James, and L.P. Ketteringham (2007) Three-dimensional effects of an air curtain used to restrict cold room infiltration, Applied Mathematical Modelling, 31, 1109-1123.