

# 철도 터널 환기구 송풍기 가동에 따른 터널 미세먼지 유동 연구

## Study on the Effects of Fan on Particulate Matters Movement in Railroad Tunnel

조영민\*†, 노병국\*\*, 양인동\*\*, 이종일\*\*, 정광희\*\*, 이용갑\*\*\*, 김재필\*\*\*\*, 박덕신\*, 권순박\*\*\*\*\*

Youngmin Cho\*†, Byoung Kuck Roh\*\*, In Dong Yang\*\*, Jong-Il Lee\*\*, Kwang Hee Jeong\*\*,

Yong-Gap Lee\*\*\*, Jae-Pil Kim\*\*\*\*, Duck-Shin Park\*, Soon-Bark Kwon\*\*\*\*\*

**초 록** 일반적으로 철도 터널은 열차 운행시 여러 오염원에서 발생하는 미세먼지 때문에 외기에 비하여 미세먼지 농도가 높다. 철도 터널의 미세먼지 농도를 낮추는 방법 중의 하나가 환기로서 이는 상대적으로 깨끗한 외기를 터널 내부에 공급함으로써 터널의 미세먼지 농도를 낮추는 희석방법이다. 이에 본 연구에서는 철도 터널의 환기구에 있는 송풍기를 통해 터널 내부로 급기할 때와 배기할 때에 터널 내부의 미세먼지 농도 변화를 전산유체역학을 이용한 시뮬레이션을 통해 상세히 알아보았다. 해석 결과 송풍기를 급기로 할 때가 배기를 할 때에 비하여 터널 내부의 미세먼지 농도가 더 빨리 낮아지는 것을 볼 수 있었으며, 또한 급기와 배기를 교차할 때에는 공기 흐름이 더 원활하여 효율적인 미세먼지 농도 저감 효과가 있는 것으로 예측되었다.

**주요어** : 철도, 터널, 미세먼지, 공기질, 전산유체역학

### 1. 서 론

최근 수도권을 중심으로 교통난이 심각해짐에 따라 철도에 대한 수요가 급격히 증가하고 있다. 그러나, 수도권에서는 용지 매입 및 보상 등이 매우 어려우므로 GTX 등의 대심도 철도 건설이 적극적으로 추진되고 있다.

그러나, 대심도 터널의 경우 심도가 깊어 외부 공기를 이용한 환기가 어려우므로 적절히 관리되지 않으면 공기질, 특히 미세먼지 문제가 크게 우려된다. 터널의 고농도 미세먼지는 역사 및 차량 등에 영향을 미칠 우려가 있으며, 이는 승객의 건강을 위협할 수 있으므로 그 관리가 필요하다.

본 연구에서는 전산유체역학을 이용하여 환기구의 송풍기를 가동할 때 철도 터널 내부

공기 유동을 시뮬레이션 함으로써 급기와 배기시 터널 내부의 공기의 흐름 및 환기 효과 등을 가시적으로 알아보하고자 하였다.

### 2. 본 론

#### 2.1 해석 조건

본 연구에서는 길이 16 km의 터널구간을 가정하고, Ansys CFX 프로그램을 이용하고, immersed solid 기법을 이용하여 환기 설비가동에 따른 미세먼지의 유동을 해석하고, 가시적으로 모사하였다.

해석 구간의 터널에 6개의 환기구를 가정하고, 열차가 운행되는 조건에서, 환기구의 송풍기를 모두 급기로 가동할 때와 모두 배기로 가동할 때, 그리고 급기와 배기를 번갈아 가동할 때 등 여러 경우에 대하여 터널 내부의 시간에 따른 미세먼지 농도 변화를 예측하여 보았다.

#### 2.2 해석 결과

† 교신저자: ymcho@krii.re.kr

\* 한국철도기술연구원 교통환경연구팀

\*\* 한국철도시설공단

\*\*\* (주)엔플렉스

\*\*\*\* (재)FITI시험연구원

\*\*\*\*\* 주식회사 디에이피

본 연구에서는 환기구의 송풍기를 i) 모두 급기 모드로 가동하는 경우, ii) 모두 배기 모드로 가동하는 경우, iii) 급기와 배기 모드를 교차하여 가동하는 경우의 세 가지 경우에 대하여 해석하여 보았다.

첫 번째 경우인 환기구의 송풍기를 모두 급기 모드로 가동하는 경우에는 터널 내부로 상대적으로 미세먼지 농도가 낮은 공기가 유입되면서 외기에 의한 희석 효과 및 터널 내부의 상대적으로 미세먼지 농도가 높은 공기가 환기구에서 먼쪽으로 밀려가면서 환기구를 중심으로 미세먼지 농도가 급격하게 낮아지는 것을 볼 수 있었으며, 시간이 지남에 따라 미세먼지 농도가 낮아지는 구간이 증가하는 것을 볼 수 있었다.

두 번째 경우인 환기구의 송풍기를 모두 배기 모드로 가동하는 경우에는 터널과 외부로 연결된 연결부 (역사, 기타 송풍기가 없는 환기구 등) 등을 통해 외기가 유입되어 터널 내부의 상대적으로 미세먼지 농도가 높은 공기를 희석시킴과 동시에 배기 모드로 가동되는 송풍기를 통해 외부로 배출되어 터널의 미세먼지 농도는 외기가 유입되는 지점부터 점차 낮아지는 것을 볼 수 있었다. 이 경우 배기모드로 가동되는 송풍기를 통해 외부로 상대적으로 미세먼지 농도가 높은 공기가 배출되므로, 배출되는 공기 중 미세먼지를 저감하는 방안도 검토되어야 함을 알 수 있었다.

마지막으로 인접한 환기구 2개에서 1개의 환기구에서는 송풍기를 급기 모드로 가동하고, 나머지 1개의 환기구에서는 송풍기를 배기 모드로 가동하는 경우에는 급기가 되는 환기구를 통해 미세먼지 농도가 낮은 외기가 유입되어 환기구 주변을 중심으로 급격하게 미세먼지 농도가 낮아지는 것을 볼 수 있었다. 그러나, 배기되는 환기구의 경우 인접한 급기 모드의 송풍기를 통해 터널 내부로 유입된 상대적으로 미세먼지 농도가 낮은 공기와 함께 터널쪽의 미세먼지 농도가 높은 공기가 만나서 외부로 배출되므로 급기되는 환기구에 비해서는 미세먼지 농도가 다소

높은 것으로 나타났다. 또한 급기되고 있는 환기구에서 배기되고 있는 환기구가 아닌 터널 쪽으로 공급된 외기는 터널 내부의 공기를 희석시키고, 상대적으로 높은 농도의 미세먼지를 포함한 공기를 환기구에서 먼쪽으로 밀어냄으로써 그 구간의 미세먼지 농도가 낮아지는 것으로 나타났다.

### 3. 결론

터널 환기구의 송풍기를 급기와 배기 모드로 가동할 때 터널 내부의 미세먼지 농도 변화를 해석해본 결과 급기를 통해 외기를 터널 내부로 넣어주고, 또한 배기를 통해 터널 내부의 공기를 외부로 배출할 때 터널 내부의 미세먼지 농도를 가장 효율적으로 낮출 수 있는 것으로 나타났다. 그러나, 이 경우 외부로 배출되는 공기는 상대적으로 미세먼지 농도가 높으므로 배출되는 공기를 정화하는 것이 필요함을 알 수 있었다.

### 후 기

본 연구는 한국철도시설공단의 지원에 의하여 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

### 참고문헌

- [1] S.H. Woo, J.B. Kim, H.R. Jang, S.B. Kwon, S.-J. Yook, G.-N. Bae (2017) Performance evaluation of a hybrid dust collector for removal of airborne dust in urban railway tunnels, *Journal of the Korean Society for Railway*, 20(4), pp.433-439.
- [2] J.B. Kim, S.H. Woo, H.-R. Jang, J.-W. Chou, M.S. Hwang, H.-K. Park, H.H. Yoon, J.-S. Jung, G.-N. Bae (2017) Characteristics of wind speed and PM10 concentration underneath railway trains, *J Journal of the Korean Society for Railway*, 20(1), pp.11-19.
- [3] H. Yuan, D. Zhou, S. Meng (2019) Study of the unsteady aerodynamic performance of an inter-city train, *Tunnelling and Underground Space Technology*, 86, pp.1-9.