

## 열차 운행에 따른 터널 내부 공기 유동 연구

## Study on the Air Movement Caused by Railcar Operation in Tunnel

조영민\*†, 김효식\*\*, 이종일\*\*, 박윤식\*\*, 정광희\*\*, 이용갑\*\*\*, 김재필\*\*\*\*, 박덕신\*, 권순박\*\*\*\*\*

Youngmin Cho\*†, Hyo-Sik Kim\*\*, Jong-Il Lee\*\*, Yoon-Sik Park\*\*, Gwang-Hee Jung\*\*, Yong-Gap Lee\*\*\*, Jae-Pil Kim\*\*\*\*, Duck-Shin Park\*, Soon-Bark Kwon\*\*\*\*\*

**초 록** 철도 터널 내부의 공기질, 특히 미세먼지의 농도는 열차 운행시 발생하는 열차풍에 의해 많은 영향을 받는다. 일반적으로 열차가 운행하면 열차풍이 형성되는데, 이 열차풍에 의하여 터널 내부 바닥에 가라앉아 있던 미세먼지가 부유하게 된다. 또한 터널에는 화재 등의 재난 발생시 승객의 피난 및 제연 등을 위하여 설치된 환기구가 있는데, 이 환기구를 통하여 외부 공기가 터널 내부로 들어오기도 하고, 반대로 터널 공기가 외부로 나가기도 한다. 본 연구에서는 열차가 운행할 때 터널 내부의 공기 유동을 전산유체역학을 이용한 시뮬레이션을 통해 상세히 알아보았다. 해석 결과 열차의 앞부분에서는 터널 내부의 공기가 외부로 빠져나가는 반면, 열차의 뒷부분에서는 외부 공기가 터널 내부로 들어와서 환기가 이루어질 수 있는 것을 확인할 수 있었다.

**주요어** : 철도, 터널, 미세먼지, 공기질, 전산유체역학

## 1. 서 론

철도는 정시성과 신속성, 편리함 등 때문에 점차 이용률이 증가하고 있으며, 이에 따라 지속적으로 신규 철도가 건설되고 있다. 그러나, 철도 건설시 필요한 토지 매입비용과 이에 따른 시간 소요가 크게 증가됨에 따라 최근에는 터널 구간이 크게 늘어나고 있다.

그러나, 철도 터널은 효율적으로 관리되지 않으면 공기질이 악화될 우려가 있다. 특히, 터널 안에 고농도의 미세먼지가 존재할 경우, 객실의 승객은 물론 심야시간대의 터널 작업자의 건강을 위해할 수 있으며, 터널 내부의 철도 시설물에도 악영향을 미칠 수 있다.

이에 본 연구에서는 전산유체역학을 이용하여 열차가 운행할 때 철도 터널 내부에서의

공기 유동을 시뮬레이션 함으로써 터널 내부의 공기의 흐름 및 환기 효과 등을 가시적으로 알아보려고 하였다.

## 2. 본 론

## 2.1 해석 조건

본 연구에서는 길이 약 16 km의 터널구간을 대상으로 Ansys CFX 프로그램을 이용하여 해석하였다. Immersed solid 기법을 이용해 열차 이동에 따른 공기 유동을 가시적으로 모사하였다. 해석 구간의 터널에는 모두 6개의 환기구가 있다고 가정하였으며, 열차가 운행할 때 이 환기구를 통하여 터널과 외부의 공기가 이동 가능하다는 조건으로 해석하였다.

본 연구에서는 열차가 터널 내부를 운행하는 경우에 대하여 열차의 이동에 따른 환기구와의 상대적인 위치에 따라 열차의 전후 및 환기구에서의 공기 유동을 알아보았다.

† 교신저자: ymcho@krri.re.kr

\* 한국철도기술연구원 교통환경연구팀

\*\* 한국철도시설공단

\*\*\* (주)애플렉스

\*\*\*\* (재)FITI시험연구원

\*\*\*\*\* 주식회사 디에이피

## 2.2 해석 결과

해석결과는 크게 세 가지 경우로 나누어 구분하여 알아보았다. 우선 열차가 환기구를 통과하기 전의 상태를 알아보았다. 열차가 운행하면 열차 앞에 열차풍이 발생하고 이 열차풍에 의하여 열차 앞부분의 공기가 계속 앞쪽으로 밀려 나갔으며, 이에 따라 터널 내부의 공기가 환기구를 통해서 외부로 나가는 것을 확인할 수 있었다.

두 번째로 열차가 환기구 주변을 통과하는 경우를 알아보았다. 열차가 환기구 주변을 통과할 때에는 열차가 이전보다 훨씬 더 강한 열차풍이 환기구 주변에 형성되는 것을 확인할 수 있었다. 이때에도 여전히 터널의 공기가 외부로 빠져나가는 것으로 나타났다.

마지막으로 열차가 환기구 주변을 통과한 후의 경우를 알아보았다. 열차가 환기구를 통과한 후에는 공기의 유동방향이 바뀌어 공기가 외부에서 터널 내부로 이동하는 것을 확인할 수 있었다. 그러나, 이때의 풍속은 열차가 환기구를 통과하기 전 및 통과하는 중에 비하여 현저하게 낮아서 외기가 터널 내부로 충분히 공급할 수는 없음을 확인할 수 있었다.

## 3. 결론

열차가 터널 구간을 운행할 때 터널과 환기구의 공기 유동을 알아본 결과, 열차가 환기구를 통과하기 전과 통과하는 중에는 터널 내부에서 환기구를 통해 외부로 공기가 이동하는 것을 확인할 수 있었으며, 열차가 환기구 주변을 통과한 후에는 환기구에서의 공기 흐름이 반대 방향으로 바뀌어 외부 공기가 환기구를 통해 터널 내부로 들어오는 것을 확인할 수 있었다.

본 연구에서 열차풍을 이용하여 외부 공기와 터널 내부 공기 교환이 가능함을 확인할 수 있었다. 그러나, 열차풍에 의하여 터널 바닥에 가라앉아 있던 미세먼지가 재비산함으로써 오히려 터널의 미세먼지 농도는 높아질 수 있음을 확인할 수 있었다. 따라서 열차풍에 의한 자연환기는 효율적인

터널 공기질 관리에 충분한 조건이 아님을 확인할 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.