

PB2) 철도 터널에서의 공기질 연구 Study on the Air Quality of Railway Tunnel

박덕신 · 조영민 · 이철규 · 박병현
 한국철도기술연구원 철도환경연구그룹

1. 서 론

철도 터널 내부의 공기질은 터널을 통과하는 여객 열차의 실내공기질에 영향을 미치며, 각종 시설물을 부식시키거나 손상을 초래할 수 있다. 길이가 1 km 이상인 장대터널의 경우 터널 중앙부에 수직갱도 (shaft)를 설치하여 연통효과를 이용하여 자연환기를 하거나 제트 팬과 같은 대형 환풍기를 설치하여 강제환기를 하고 있다. 대부분의 기존선 철도 터널에는 환기설비가 제대로 갖추어져 있지 않고, 열차의 출입시 발생하는 열차풍에 의한 자연환기만으로 환기를 하고 있는 실정이다. 터널은 지하수의 배수를 위해 중앙부를 다소 높게 설계하므로 디젤기관차가 통과할 때 배출되는 매연과 각종 대기오염물질의 터널 바깥으로의 배기를 더 어렵게 한다. 그동안 대부분의 철도관련 실내공기질 연구가 지하역사, 대합실, 승강장, 지하상가 등을 위주로 진행되었으므로 본 연구에서는 기존선 철도 터널에서의 실내공기질을 조사하여 현황을 파악하고 개선할 수 있는 방안을 모색하고자 하였다.

2. 연구 방법

본 연구에서는 충북선 동량역~삼탄역 구간에 위치한 인등터널 (연장 약 4 km)을 대상으로 2차에 걸쳐 온도, 습도, CO, CO₂, PM (PM10, PM2.5, PM1.0), SO₂, NO₂ 등을 측정하였다. 대기부식에 의해 철도 시설물이 손상된 것으로 추정되는 터널 중앙에서 8월 24일과 25일 양일에 걸쳐 측정을 실시하였다. 표 1에 측정일시 및 측정구간을 나타내었고, 표 2에는 측정항목별 측정기기를 나타내었다.

Table 1. Time of air quality measurements.

측정	측정일시	측정구간	측정터널	측정시간
1차	2004. 8. 24.(화)	충북선 동량역~삼탄역	인등터널	16:48 ~ 17:42
2차	2004. 8. 25.(수)	충북선 동량역~삼탄역	인등터널	16:36 ~ 17:31

Table 2. Equipment for air quality measurements.

측정항목	측정기기
온도, 상대습도, CO, CO ₂	IAQ monitor (IQ410, Wolfseence)
PM10, 2.5, 1.0	Dust monitor (model: 1108, Grimm)
SO ₂ , NO ₂	SO ₂ , NO ₂ Gas analyzer
중금속	Mini-vol air sampler & ICP-MS

3. 결과 및 고찰

표 3은 현재 국내의 실내공기질 기준 및 대기환경기준을 나타낸 것이다.

Table 3. Guidelines of indoor air quality and standard of environmental air quality in Korea.

항 목	PM10($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	CO(ppm)	CO ₂ (ppm)	SO ₂ (ppm/1hr)	NO ₂ (ppm/1hr)
환경기준	150	10	1,000	0.15	0.15

표 4는 충북선 인등터널에서의 온도, 상대습도, PM10, CO, CO₂, SO₂, NO₂의 농도 측정 결과를 나타낸 것이다.

Table 4. Measurement results in the Indung tunnel.

측정	온도(°C)	상대습도(%)	PM10($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	CO(ppm)	CO ₂ (ppm)	SO ₂ (ppm)	NO ₂ (ppm)
1차	29.4±0.68	53.4±3.16	1,823±29.6	20.3±0.43	1,586.1±27.20	0.006	0.181
2차	25.8±1.54	68.2±5.49	1,171±89.1	9.5±2.24	1,203.4±36.54	0.007	0.208

측정결과 PM10은 1차에서 1,823 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 2차에서 1,171 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 1차의 경우 실내공기질 기준인 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 을 12배 넘게 초과하였다. 디젤기관차에서 배출된 매연이 응축에 의해 미세먼지로 변환된 후 침강되지 않고 오랫동안 부유하여 미세먼지의 농도를 높인 것으로 판단되며, 그림 1과 같이 미세먼지의 대부분은 PM1.0으로 초미세입자인 것으로 나타났다. 미니볼륨 에어 샘플러로 멤브레인 필터에 포집된 먼지를 분석한 결과 Fe가 14.8 ppm, Ca가 4.2 ppm, Zn이 0.703 ppm, Pb가 0.054 ppm으로 Fe 성분이 가장 높은 것으로 조사되었다. CO의 경우 1차에서 20.3 ppm으로 기준치를 초과하여 고농도를 보였으며, 2차에서는 9.5 ppm으로 기준치 보다 약간 낮은 수준이었다. CO₂는 실내공기질 기준인 1,000 ppm을 초과하여 1,586 ppm, 1,203 ppm으로 조사되었다. SO₂의 경우 황 함유량이 0.05 % 이하의 디젤유를 사용하여 0.006 ~ 0.007 ppm 으로 우려할 만한 수준은 아니었다. NO₂는 0.181 ~ 0.208 ppm으로 대기환경기준인 0.15 ppm을 초과하여 다소 높은 농도를 나타내었다. PM10과 CO, CO₂의 경우 2차 측정을 할 때 바람이 다소 강하게 불어 1차 측정 때보다 저농도로 조사되었다. 측정결과 터널 내부의 오염된 공기는 자연환기가 원활하지 못해서 SO₂를 제외한 대부분의 오염물질이 고농도로 조사되었으며, 향후 터널 내부의 공기를 개선하기 위해서는 통풍공을 뚫거나 환기설비를 보완해야 할 것으로 판단된다.

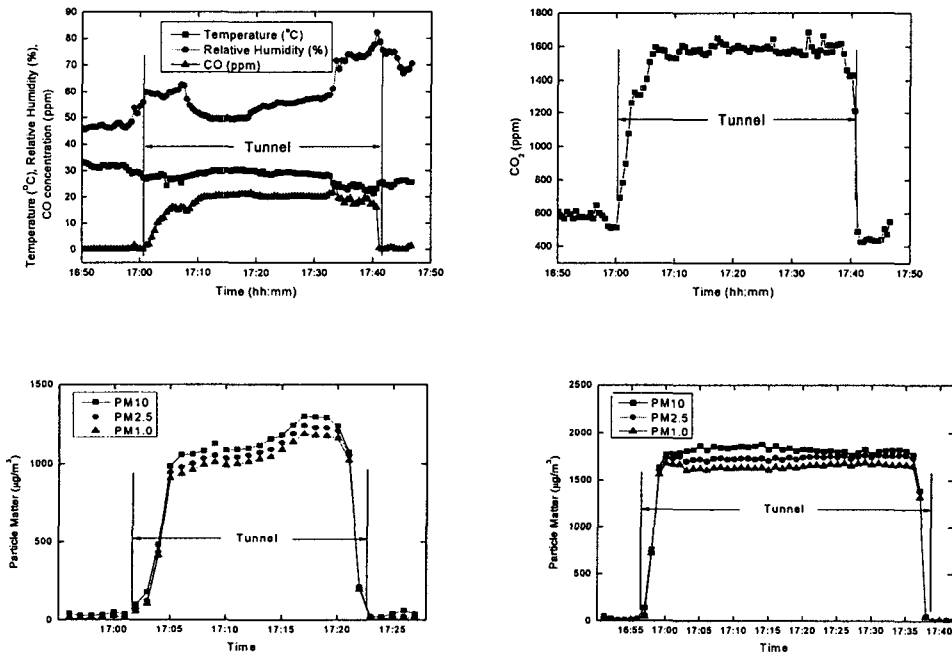


Fig. 1. Measurement results of CO, CO₂, PM concentrations in the Indung tunnel.

참고 문헌

- 한국철도기술연구원 (2000) 전철구조물의 수명 예측기법에 관한 연구 연차보고서.
- 한국철도기술연구원 (2004) 차세대 청정·경량 객차 개발 1차년도 연차보고서.