

화재시물레이션을 이용한 터널 내 화재시 제연설비 필요성 검토

A Study on the necessity of smoke control system in the tunnel fire using fire simulation

하예진¹ · 전준호^{2*}

Ha, Ye-Jin¹ · Jeon, Joon-Ho^{2*}

Abstract

In this study, fire simulation was performed to examine the necessity of smoke control system in the tunnel fire. The heat release rate was set to 5 MW and 20MW, and the visibility was measured at 1.8 m, which is the breathing limit, when there is no jet fan. Through this, it was confirmed that 5 MW did not affect the visibility even without the jet fan, and in the case of 20 MW, a jet fan was required to secure the visibility. The visibility was measured at the same location by installing the jet fan, and the simulation was performed by reducing the design volume flow rate of 8.5 m³/s by 80% and 50%, respectively. As a result, it was confirmed that sufficient visibility was secured when the design flow rate and 80% were reduced.

키 워 드 : 화재시물레이션, 터널 화재, 제연설비

Keywords : fire simulation, tunnel fire, smoke control system

1. 서 론

1.1 연구의 목적

터널 화재의 경우 대부분의 인명피해는 연기, 유독가스로 인해 발생한다. 이에 인명피해를 최소화하기 위해 터널 내 제연설비를 설치하여 화재 초기에 터널에서 연기를 밖으로 배출시키거나 차단해야 한다. 국토교통부에 따르면, 그동안 제연설비는 길이가 1km 이상인 터널에만 제연설비를 설치하도록 규정해왔다. 지난 2020년 2월에 발생한 사매2터널 사고는 길이가 710m인 터널로 제연설비를 갖추고 있지 않아 많은 인명피해를 초래하였다. 이를 계기로 도로터널 방재시설 설치 및 관리지침 개정으로 500m 이상의 도로터널에도 의무적으로 제연설비를 설치하도록 하였다. 하지만, 현재까지 제연설비를 갖추지 않은 터널이 많다. 이에 본 연구에서는 터널 내 화재시 제연설비의 필요성을 검토하기 위해 화재시물레이션을 진행하였다.

2. 실험 방법

부산시설공단에서 제공하는 자료를 기반으로 하여 제연설비를 갖추지 않은 터널을 실험대상 터널로 선정하였다. 시물레이션 모델은 길이 550m, 폭 13m, 높이 8.2m, 벽면은 두께 40cm의 콘크리트로 구성되어 있다. 터널 중간지점에서 승용차와 버스에서 화재가 발생하는 것으로 가정하였다. 열방출률은 도로터널 방재, 환기시설 설치 및 관리지침에 따라 승용차, 버스 각각 5 MW, 20MW로 지정하였으며, 도로터널 제연설비 설계 및 운영방안 소개를 참고하여 두 화재 모두 최고 열방출률이 366s에 도달하는 것으로 설정하였다. 격자는 격자 구성 적정성 평가를 통해 설정하였다. 제트팬의 필요성을 검토하기 위해 제트팬이 없는 경우 각 화재강도에 대해 호흡한계선인 1.8m에서의 가시거리를 측정하였다.

제트팬 모델링을 위해 부산 내 터널 중 시물레이션 모델과 유사한 터널에서 사용하는 제트팬 SJF-600을 해당 모델 내 적용시켜 시물레이션을 진행하였다. 제트팬 SJF-600은 표 1을 참고하여 입구로부터 80m에서 80m 간격으로 1열마다 2대씩 총 12대를 설치하였다. 격자 크기를 고려하여 직사각형 덕트(내부: 0.4m × 0.6m)로 구성하였으며, 실제 터널에서 사용하고 있는 제트팬 한 대당 유량을 적용시켜 8.5m³/s로 설정하였다. 또한, 설계유량 8.5m³/s를 80%, 50% 감소시킨 6.8m³/s, 4.25m³/s에 대하여 호흡한계선인 1.8m에서의 가시거리를 측정하여 적절한 제연설비를 확보하고자 한다.

1) 부경대학교, 학부 과정

2) 부경대학교, 교수, 교신저자(jeonj@pknu.ac.kr)

표 1. 고속도로 터널 환기시설 설계기준

구분	SJF-600	SJF-1000	SJF-1200	SJF-1500
규격(내경)	φ630	φ1030	φ1250	φ1530
면적	0.27 m ²	0.83 m ²	1.23 m ²	1.83 m ²
토출풍속(이상)	30 m/s	30 m/s	30 m/s	30 m/s
갱구부로부터의 거리	80 m	140 m	160 m	180 m
제트팬 상호간격	80 m	140 m	160 m	180 m

3. 실험 결과

제트팬이 없는 경우, 연기거동 측면에서 승용차와 버스 화재 모두 화재가 발생하고 연기는 양방향으로 확산된다. 연기 거동은 유사하게 나타나지만 연기 확산 속도는 버스 화재가 훨씬 빠른 것을 확인하였다. 가시거리 측면에서 5MW의 경우 약 400s에 모든 위치에서 가시거리는 10m 이상임을 확인하였으며, 20MW의 경우 약 200s에 화원으로부터 125m에서 가시거리가 약 5m로 나타났다. 5MW 화재에 대하여는 인명안전기준의 성능기준에 적합하나, 20MW 화재에 대하여는 적합하지 않다. 이에 20MW 화재에 대해서만 터널 내 제트팬을 설치하여 시뮬레이션을 진행하였다. 제트팬이 있는 경우(20MW), 연기거동 측면에서 초반에는 역기류가 발생하지만, 제트팬에 의해 차량 진행방향인 출구로 연기가 확산되는 것을 확인하였다. 설계유량인 8.5m³/s의 경우 화원으로부터 터널 입구까지의 모든 위치에서 30m의 가시거리를 확보하였으며, 유량이 80% 감소한 6.8m³/s에서도 동일하게 나타났다. 유량이 50% 감소한 4.25m³/s의 경우에는 화원으로부터 25m, 75m에서 최대 열방출률 값인 366s 후 가시거리가 약 0~5m로 나타났다.

4. 결 론

제연설비 필요성을 검토하기 위해 화재 강도에 따라 가시거리를 측정하여 분석하였다. 5MW의 경우에는 제연설비를 갖추지 않아도 인명안전기준의 성능기준에 적합함을 확인하였다. 화재강도가 큰 20MW의 경우에는 제트팬이 가시거리 확보에 영향을 미치는 것을 확인하였다. 또한, 설계유량의 80% 감소한 경우에도 충분한 가시거리를 확보하는 것을 파악하였다. 이를 통해 터널 내 화재시 제연설비가 필요하다고 판단된다.

감사의 글

이 연구는 2021년도 소방청 및 과학기술정보통신부가 출연하는 국민소방협력 초기대응 현장지원 기술개발사업의 재원으로 한국산업기술평가관리원의 지원을 받아 수행되었음(과제번호: 2016433).

참 고 문 헌

1. 국토교통부, 도로터널 방재시설 설치 및 관리지침, 2020년
2. 유지오, 도로터널 제연설비 설계 및 운영방안 소개, 한국방재학회지, 2010년, 페이지 p.43-50
3. 한국도로공사 시설처, 예산절감을 위한 제트팬 설치간격 개선, 2012년