



터널 내 정보표지판 설치조건에 따른 대피 안전성 평가

이수경* · 송동우* · 주태영 · 김기성* · 박우성*
*서울과학기술대학교, CHC.Lab

A Study on the Evacuation Safety Assessment according to Installation Conditions of Variable Message Sign inside a Tunnel

*Su-Kyung Lee · *Dong-Woo Song · Tae-Young Joo · *Ki-Sung Kim · *Woo-Sung Bak

*Seoul National University of Science & Technology, CHC.Lab

요 약

본 연구에서는 터널 화재 시 보다 나은 대피 안전성 확보를 위해 2차적 사고예방에 목적을 둔 정보표지판(Variable Message Sign)을 제연막으로 활용함으로써 터널 대피자의 안전성을 확보하고 대피취약자로 하여금 충분한 대피시간의 확보를 위한 최적의 조건을 제시하고자 하였다. 정보표지판의 다양한 설치 조건에 따라 화재연기가 전파되어지는 거리를 화재시뮬레이션인 FLUENT와 피난 시뮬레이션인 SIMULEX를 이용하여 통근자와 고령자의 안전거리를 비교하고 대피 안전성을 검토하였다.

1. 서 론

최근 도로 교통량의 빠른 증가와 토목기술의 발전으로 인하여 교통 문제 해결 및 친환경적이고 경제적인 교통관리를 위해 도로터널 건설이 어느 때보다도 활발히 진행되고 있다. 그러나 국내 도로터널은 산악지형이 국토의 대부분을 차지하는 우리나라의 지형적 특성과 도심지의 인구의 밀집화로 인해 도로터널의 지하화는 선택이 아닌 필수가 되었다.¹⁾

최근 들어 서울도심지 터널에는 안전을 고려한 횡류식 방식의 환기 및 제연설비가 부분적으로 설치되고 있지만 고속도로를 포함한 국내 도로터널의 대부분은 비용 및 기타 여건에 따라 여전히 횡류식 설비에 비해 안전성이 떨어지는 종류식 방식의 설비가 설치되어지고 있다.

종류식 방식인 경우에는 일반적으로 일방향 터널에서 미정체시 화재가 발생 하였을 경우 차량의 이동 방향으로 터널 내 화재 기류를 유도한다. 하지만 양방향터널이거나 일방향 터널의 정체 시에는 최종 대피자가 대피완료 하기 전까지는 화재 연기의 성층화를 교

란하지 않기 위하여 터널 내 풍속을 최대한 낮게 유지 할 수 있도록 제트팬의 가동을 정지함을 요구하고 있다.

본 연구에서는 화재로 인해 제트팬 사용이 불가능한 상황에서 화재연기로부터 대피자가 250m마다 설치된 대피연결통로로 안전하게 대피완료가 가능한지를 검토해 보았고 이와 더불어 터널 내 정보표지판을 면적과 설치간격을 변경하여 화재 시 정보표지판의 설치에 따른 제연막 효과를 검토해 보았다.

2. 시나리오 및 해석방법

2.1 시나리오

선행연구 사례와 관련 논문을 통해 조사해 본 결과 터널 내 제연설비가 제대로 작동될 경우에는 대피자들의 안전한 대피가 가능한 것으로 나타났다. 이에 따라 본 연구에서는 제연설비가 작동하지 않는 경우를 가정하여 구배에 따른 조건 외에는 모든 조건을 제한하였다.

해석구간은 최근에 설계된 초곡터널의 제원을 적용하여 본선터널 내에서의 화재를 고려하였으며, 대표연장은 1,480m, 종단경사는 1.4227%, 표고차는 158m, 터널의 단면적은 67.302m², 건축한계선은 4.8m, 대표직경은 8.114m를 따랐다.

정보표지판의 면적과 설치간격을 다르게 하여 총 10개의 case를 구성하여 화재연기 전파거리를 검토해 보았다. 또한 우리나라의 2030년 고령화정도를 예측하여 추가적인 대피시물레이션을 수행하였다.

Table 1. Design Condition of VMS(Variable Message Sign)

구분	설치개수	설치 면적	설치간격	구분	설치개수	설치 면적	설치간격
기준안	-	-	-	Case5	5개	1.61m ²	150m
Case1	7개	1.15m ²	100m	Case6	5개	3.35m ²	150m
Case2	7개	1.61m ²	100m	Case7	2개	1.15m ²	200m
Case3	7개	3.35m ²	100m	Case8	2개	1.61m ²	200m
Case4	5개	1.15m ²	150m	Case9	2개	3.35m ²	200m

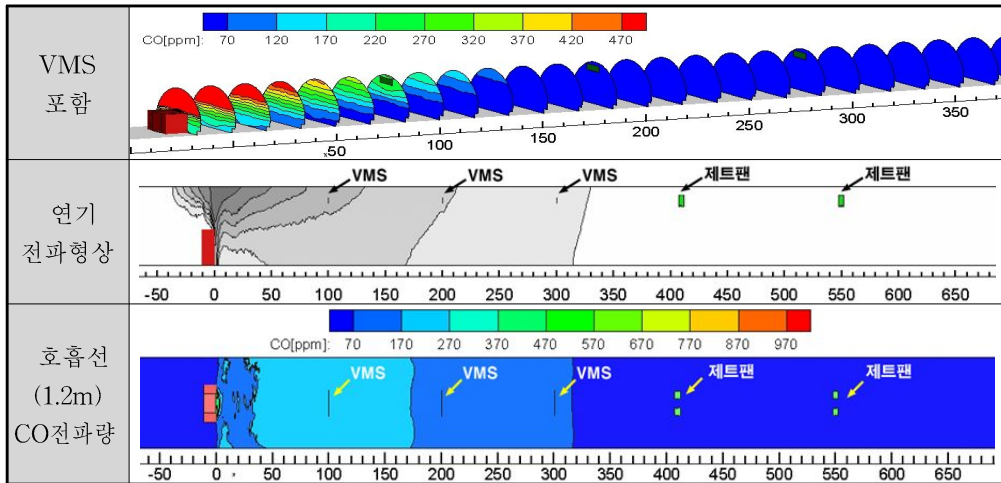
본 연구에 적용한 시나리오는 본선 터널 내에서 차량의 화재로 터널의 중간에 위치한 비상연결통로 근처에서 버스차량의 20MW 화재가 발생되었으며 화재 발생으로 인해 제연설비가 가동이 멈추게 되었다. 화재발생과 동시에 터널 입구에서는 터널 진입을 막는 내용이 터널입구정보표지판을 통해 전송되어 화재발생 후 3분 동안만 터널 내로 차량이 진입한 터널이용자들은 가장 최단거리에 위치한 터널중점방향의 비상연결통로로 모든 대피자가 대피하는 것으로 가정하였다.²⁾

2.2 연기전파거리 해석방법

화재 발생 시 정보표지판 설치 조건에 따른 연기전파거리를 3차원 유동해석프로그램인 FLUENT를 통하여 분석하였다. 터널 내 정보표지판을 면적과 설치간격을 달리하여 해석

구간의 제원을 고려하여 실제 화재사고에서 일어날 수 있는 일들을 미리 가정하여 시뮬레이션을 통해 해석해보았다. 국토해양부에서 제시한 ‘도로터널 방재시설 설치 및 관리지침, 2009.04’에 CO 농도 70ppm을 기준에 따라 화재발생 시 터널 내 정보표지판에 설치 조건에 따라 연기전파거리가 달라지는 것을 확인하였다.²⁾

Table 2. Comparison of smoke propagation distance



2.3 대피 분석방법

피난시뮬레이션은 대피분석으로 가장 많이 쓰이는 SIMULEX를 사용하였다. 직경 8.114m인 1,480m인 초곡터널의 터널시점방향의 본선 구간에서 화재가 발생되어 대피자들은 터널 중간마다 설치된 비상연결통로로 대피가 이루어진다. 화재가 비상연결통로 앞에서 발생되어 화재지역의 비상연결통로는 이용하지 못하고 가장 인근에 설치된 비상연결통로를 향하여 대피자는 250m를 대피 하는 것으로 가정하였다.

대피자는 기존의 터널 이용자와 화재 발생 후 3분 동안 터널로 진입한 대피자로 선정하였다. 대피자 그룹은 SIMULEX에 설정된 통근자와 2030년의 고령화 정도를 반영한 통근자를 가정하여 2case를 검토하였다.

터널 내 차량대수는 초곡터널 구간내의 2030년 예상교통량을 기준으로 산정하였으며, 화재가 발생 후 3분 동안 터널로 진입하는 차량의 수를 예상하여 반영하였다. 차량 수는 승용차 54대, 소형버스 7대, 대형버스 3대, 소형트럭 15대, 중형트럭 5대, 대형트럭 4대로 구성하였고, 차량의 좌석수 만큼 모든 인원이 탑승해 있는 것으로 가정하여 511명으로 설정하였다.³⁾

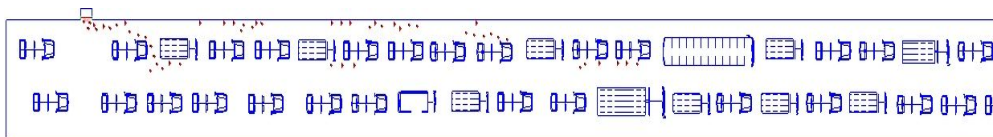


Figure 1. The figure of fire evacuation

3. 안전성 검토

화재 발생 시 정보표지판 설치 조건에 따른 연기전과거리와 대피거리를 단순비교를 통하여 대피자의 대피안전성 유무를 분석하였다. 대피자 그룹은 통근자 그룹과 2030년 고령화추이를 반영한 고령자 그룹으로 나누어 대피시간을 산출하고 대피자가 250m마다 설치된 비상연결통로까지 대피완료하기까지의 안전성을 검토하였으며 결과는 다음과 같다.

- 정보표지판 면적이 1.15㎡ 인 경우, 설치간격에 따라 331m~336.2m까지 전파되었고, 대피시간은 통근자 그룹인 경우 318초, 고령화추이 반영 그룹인 경우 407초로 모든 경우에서 안전한 대피가 실패하는 것으로 검토되었다.

- 정보표지판 면적이 1.61㎡ 인 경우, 설치간격에 따라 327.3m~333.2m까지 전파되었고, 대피시간은 통근자 그룹인 경우 318초, 고령화추이 반영 그룹인 경우 407초로 모든 경우에서 안전한 대피가 실패하는 것으로 검토되었다.

- 정보표지판 면적이 3.3㎡ 인 경우, 설치간격에 따라 317.3m~331.1m까지 전파되었고, 대피시간은 통근자 그룹인 경우 318초, 고령화추이 반영 그룹인 경우 407초로 통근자 그룹의 case3과 case6에서 안전하게 대피하는 것으로 검토되었다.

- 통근자 그룹의 상대적으로 정보표지판의 면적이 크고 설치간격이 좁은 case3과 case6을 제외한 모든 경우에서 안전한 대피가 불가능 한 것으로 나타났지만 정보표지판 설치로 인하여 대피거리 250m의 10%정도인 20m가량 연기전과거리를 줄이는 효과를 가져왔다.

4. 결 론

본 연구를 통해 터널 내 정보표지판이 대피안전성에 어떠한 영향을 미치는 지에 대해 확인해 보았다. 현재 시공되어진 터널에서는 충분한 비상연결통로나 고령화추이에 대한 반영을 하지 못하여 화재 시 적절한 대피안전성을 확보되지 못하고 있다. 터널이용자의 안전성 확보를 위하여 터널 설계 시 변화되는 환경에 맞추어 화재위험성을 정확하게 예측하여 설계하고 이 연구와 같이 기존터널의 추가적인 방재설비의 구축을 통한 안전성 확보를 위한 노력이 필요하다고 여겨진다. 최근 들어 본 연구와 유사한 에어커튼을 통한 제연설비 등의 연구가 진행되고 있듯이 터널의 보다 나은 안전적 환경을 만들고자 하여야 할 것이다.

참고문헌

1. 김환준 외 5명, "장대도로터널 설계사례 소개-진해터널 환기 및 방재계획 중심으로-", 터널기술학회지, Vol.11, No4, pp.46-57, (2009).
2. 국토해양부, 도로터널 방재시설 설치 및 관리지침, (2009).
3. 통계청, <http://www.kostat.go.kr>
4. 변주석, 임효재, "제트팬 설치 위치에 따른 직선터널 내의 제연해석", 설비공학논문지, 제19권 제9호, (2007).