

소방대의 현장접근성 강화를 위한 설비의 개선방안

오택흠* · 성재만** · 박찬석***

*서울시립대학교 재난과학과 · **중부소방서 소방서장 · ***서울소방학교 소방과학연구센터

The Way for improvement of facility to strengthen accessibility of the site for fire department

Taek-Hum Oh* · Ja-Man Sung** · Chan-Suk Pak***

*Dept. of Disaster Science, University of Seoul · **Field Command Center, Jungbu Fire
Station · ***Fire Science Research Center, Seoul Metropolitan Fire Academy

Abstract

Because recently(July 14, 2011) fire occurred in the engine room of a moving taxi under Namsan Tunnel 1, 51 vehicles' driver and more than 250 passengers in the road tunnel were urgently evacuated with abandoned vehicles. Vehicle fires in Namsan Tunnel that day, Sufferers struggled to escape quickly difficult to escape the two-way by abandoned vehicles on the road and to fear many casualties by using vehicle fuel and combustible interior and the driver who is ignorant of vehicle accident continuous entered in the road tunnel had accessibility the site of fire department was more difficult. In this study, It is to investigate structure and basic materials, such as fire extinguish equipment and facilities for damage prevention and to analyze the problems and to plan improvement method of fire extinguish equipment, facilities for damage prevention and transportation facilities(Large traffic signs, Breaker, etc.) on the Namsan Tunnel that in the long-term plan is prepared to strengthen for accessibility of the site of fire department in case of Vehicle's fire

Keywords : Fire extinguish equipment, Facilities for damage prevention, Large traffic signs, Breaker

1. 서 론

1.1 연구배경 및 목적

최근 남산1호 터널 내 주행 중인 택시의 엔진룸에서 발생한 화재로 터널 안에 있던 51대의 차량 운전자와 승객 250여명이 차를 버리고 긴급 대피하는 등 사고가 발생하였다.[9]

이에 따라 화재발생 사실을 모르고 진입하던 차량들로 인하여 극심한 교통체증을 빚었으며 이러한 현상은

화재가 진전될 경우 추가 소방대의 현장 접근성은 더욱 어려워지고, 인명 및 재산피해는 더욱 확대될 것이다.

따라서 본 연구에서는 서울시 도심에 위치한 터널(남산 1,2,3호 터널)에 대한 구조 및 소방·방재시설 등 기초자료를 조사하고 문제점을 분석하여 안전대책을 강구하고 또한 화재발생 시 소방대의 신속한 현장 접근성 강화를 위한 중·장기적인 시스템 구축방안에 대하여 연구하고자 하였으며, 다만, 소방대가 의미 있는 시간 내에 도착할 수 있는지, 얼마만큼 개선되었는지의 여부 등 정량적인 결과는 본 논문에서는 다루지 않기로 한다.

† 본 연구는 2011년 중부소방서 『남산터널 소방안전대책』 추진에 따른 지원으로 수행되었음.

† 교신저자 : 성재만, 경기도 구리시 인창동 아름마을 원일아파트 105-1701

M · P : 010-2003-6119, E-MAIL : sung1738@seoul.go.kr

2012년 5월 16일 접수; 2012년 9월 5일 수정본 접수; 2012년 9월 12일 게재확정

1.2 터널 화재의 위험성

터널 내 차량의 과속을 감시할 수 있는 장치의 부재 및 차량 운전자의 고속주행 등으로 차량 충돌 또는 추돌 시 화재발생의 가능성이 농후하고 유조차 등의 통행 제한이 없어 교통사고 시 유류화재 등 위험성의 확대 우려가 있다. 특히, 남산2호 터널의 경우 도로의 구조가 급커브 및 급경사로 터널 벽체 등 추돌 및 전복으로 교통마비의 가능성이 높으며, 또한 터널 중앙부에서 화재 발생 시 사고사실을 모르는 차량의 터널 내 연속진입으로 순식간에 교통이 마비되는 등 터널 입구에 도착한 소방대의 진입불가 상황 발생 가능성이 매우 높다. 종합해볼 때 터널 화재의 위험성은 다음과 같이 다음의 3가지로 요약될 수 있다.[4]

첫째, 연기의 이동이다. 화재 시 발생한 부력에 따른 이동력 이외에 차량 진행에서 발생하는 피스톤 효과와 터널 경사에 따른 굴뚝효과가 중첩되어 연기층의 이동을 가속화시킨다. 또한 터널 입구와 출구가 매우 제한적이어서 위험성은 더욱 커진다.

둘째, 화재의 인지시간 지연이다. 자동화재탐지설비의 경우 빠른 기류이동과 넓고 높은 구조물의 특성으로 감지가 지연되고, 추가적으로 매연 등 부착으로 더욱 지연되어 운전자 등 사람이 인지하기 전에 감지할 수 있는 능력을 상실하는 경우가 발생할 수 있다.

셋째, 화재진압작전에 투입되는 소방대는 교차로나 톨게이트 등 우회로를 통해 접근해야 하고, 화재현장의 터널 입구에 도착한 상태에서도 정체된 차량들로 인해 터널 내의 화원에 접근하기가 어려워 초기 인명피해를 넘어 피해정도는 더욱 대형화된다는 것이다.

2. 본 론

2.1 서울시 도로터널 현황

서울시 도로터널 현황 중 터널 길이가 1,000m 이상인 장대터널은 7개소(남산1호, 남산2호, 남산3호, 홍지문, 정릉, 구룡, 우면산터널)가 있으며, 최장터널은 1,973m 길이의 우면산 터널이 있다.

〈Table 1〉 Seoul's tunnel status (2009)

계	규 모			
	500m미만	500m이상 1000m미만	1000m이상 1500m미만	1500m이상 2000m이하
32	19	6	2	5

2.2 주요 터널 화재사고 사례

장대 터널화재의 경우 수분 내에 유독가스와 연기가 가득 차며 피난 및 소방대의 진입로의 제한으로 인명 및 재산피해의 확대가능성이 높고 또한 시설의 보완기간도 상대적으로 긴 것이 특징으로 국·내외 도로터널 화재사례를 살펴보면 다음과 같다.[10]

〈Table 2〉 The tunnel fire case of the outside

니혼자카 터널(2,045m)	몽블랑 터널(11,600m)
	
-일 시 : 1979. 7.11 -발생지점 : 일본 도메이 고속도로 -화재원인 : 승용(2), 화물(4) 추돌 -피해규모 : 통행제한 60일 사망7명	-일 시 : 1999. 3.24 -발생지점 : 프랑스-이태리구간 중간부 -화재원인 : 마가린 수송 화물차 폭발 -피해규모 : 시설보완(3년) 후 재개통
타우인 터널(6,041m)	고타드 터널(16,900m)
	
-일 시 : 1999. 5.29 -발생지점 : 오스트리아측 입구부 800m -화재원인 : 페인트 적재트럭 화재 -피해규모 : 사망 12명	-일 시 : 2001.10.24 -발생지점 : 스위스 터널 입구부 1km -화재원인 : 화물차 충돌, 연쇄 추돌 -피해규모 : 190억원(2달간 폐쇄)

〈Table 3〉 Domestic tunnel fire case

구마선 달성2터널(993m)	호남선 호남터널(740m)
	
-일 시 : 2005.11. 1 -발생지점 : 대구방향 550m 지점 -화재원인 : 미사일 추진체 폭발 -피해규모 : 1,873백만원 (교통제한 3일)	-일 시 : 2007. 6. 2 -발생지점 : 순천방향 740m 지점 -화재원인 : 화물, 승합, 승용차추돌 -피해규모 : 164백만원 (교통제한 5시간)
홍지문터널(1,892m)	남산1호터널(1,532m)
	
-일 시 : 2003. 6. 6 -발생지점 : 성산 방면 800m -화재원인 : 누출된 휘발유에 발화 -피해규모 : 40여명 부상	-일 시 : 2011. 7. 14 -발생지점 : 한남동 방면 300m -화재원인 : 엔진과열 추정 -피해규모 : 250여명 대피

2.3 남산터널 구조 분석 및 문제점

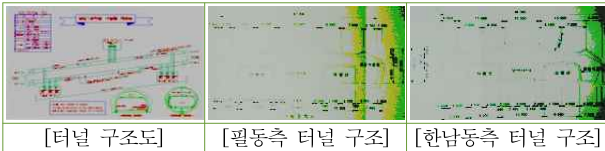
2.3.1 남산1호 터널

1994~95년에 준공된 남산1호 터널은 중구 예장동부터 용산구 한남동 일대에 걸쳐 위치하고 있으며 일일 평균 교통량은 72,000여대이며, 차량높이(4.1m 이내)의 차량통행 제한규정은 없다.



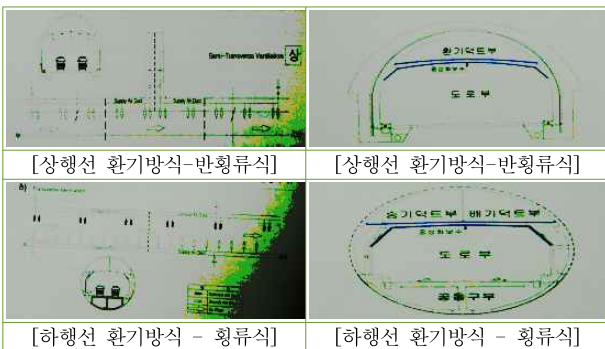
〈Figure 1〉 Location and foreground of Namsan No.1 tunnel

또한 일방향 2차선, 총 4차선으로 되어 있으며 1열(상행)의 경우 폭 10m, 높이 4.5m, 연장 1,530m, 2열(하행)의 경우 폭 9m, 높이 4.5m, 연장 1,532m의 터널 구조를 갖추고 있다.



〈Figure 2〉 Structure of Namsan No.1 tunnel

환기방식으로는 1열(상행)의 경우는 반회류환기식(하향 송기형)이나 2열(하행)의 경우는 횡류환기방식(상향 송기형)을 취하고 있다.



〈Figure 3〉 Ventilation of Namsan No.1 tunnel

남산1호 터널의 경우 차량통행 제한 규정이 없어 유조차 등 교통사고 시 급격한 연소 확대가 우려되고, 피난연결통로가 설치되어 있지 않아 양방향 피난이 곤란하다. 또한 공기관식 차동식 분포형 감지기가 설치되어

있으나 평상시 많은 차량 통행으로 인한 매연 등 부착으로 감지성능 저하의 우려가 있으며, 화재발생 정보등을 표시할 수 있는 정보표시판 등이 없어 소방대의 현장 접근은 더욱 어려운 실정이다.

환기설비의 경우 반회류식으로 설치되어 있어 제연기능을 위한 역회전 운전 시 2분 이상 시간 지연이 예상됨에 따라 인명피해는 더욱 확산될 우려가 있다.

2.3.2 남산2호 터널

2001년 준공된 남산2호 터널은 중구 장충동부터 용산구 이태원동 일대에 걸쳐 위치하고 있으며 일일 평균 교통량은 20,000여대이다. 남산1호 터널과 마찬가지로 차량높이(4.1m 이내)의 차량통행 제한규정은 없다.



〈Figure 4〉 Location and foreground of Namsan No.2 tunnel

또한 양방향 터널(편도 1차선)로 1열(상·하행) 폭 10.7m, 높이 4.5m, 연장 1,620m의 터널 구조를 갖추고 있다.



〈Figure 5〉 Structure of Namsan No.2 tunnel

환기방식으로는 1열(상·하행)의 경우 반회류식(하향 송기형)을 취하고 있다.



〈Figure 6〉 Ventilation of Namsan No.2 tunnel

남산2호 터널 역시 남산1호 터널과 같은 상황이며, 특히 터널 중간부분으로 높게 경사져 있어 화재 발생 시 연기가 터널 중앙부분에 모이는 구조이며 터널 출구부분의 급커브 및 양방향 터널로 차량 운전자의 과속 또는 운전미숙에 따른 사고 발생가능성이 다른 터널에 비하여 높은 실정이다.

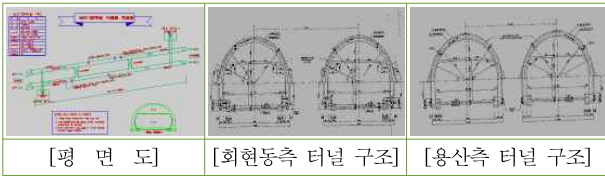
2.3.3 남산3호 터널

1978년도 준공된 남산3호 터널은 중구 회현동1가부터 용산구 용산동2가 일대에 위치하고 있으며 일일 평균 교통량은 47,000여대이며, 남산3호 터널 역시 차량 높이(4.1m 이내)와 차량통행 제한규정은 없다.



〈Figure 7〉 Location and foreground of Namsan No.3 tunnel

일 방향 2차선, 총 4차선의 터널로 1열(상행)의 경우 폭 9m, 높이 4.7m, 연장 1,280m이며 2열(하행)의 경우 폭 9m, 높이 4.7m, 연장 1,270m 터널 구조를 갖추고 있다.



〈Figure 8〉 Structure of Namsan No.3 tunnel

환기방식은 1열(상행) 및 2열(하행) 모두 반횡류식(하향 송기형)의 환기 시스템을 갖추고 있다.



〈Figure 9〉 Ventilation of Namsan No.3 tunnel

남산3호 터널의 경우에는 연결통로가 설치되어 있어 다른 터널에 비하여 원활한 피난이 예상되어지지만 피난연결통로 내 설치된 방화셔터의 작동 불능 시 인접 터널로의 연기확대 우려가 있어 2차적인 방안 마련이 요구되어지고 있다.

그럼에도 불구하고 2009년 서울시 도시기반시설본부에서는 남산터널의 교통량 등 터널의 제반 위험인자를 고려한 위험도지수 기준등급을 2등급을 산정함[6]으로써 기존 방재시설로 남산터널을 유지·관리하고 있는 실정으로 보다 더 강화된 방재시설로의 개선대책이 시급한 실정이다.

2.4 방재시설 등 설치현황 및 개선방안

2.4.1 현재 도로터널 소화설비 설계기준

소방시설 설치유지 및 안전관리에 관한 법률 시행령 제15조 및 NFSC 603에 의한 소방시설 설치기준을 보면 다음 표와 같다.

〈Table 4〉 National fire safety code of tunnel

구분	소화기	비상경보	비상조명등	비상콘센트	무선통신보조설비	제연	옥내소화전	자동화재탐지설비	연결송수관	물분무소화설비
설치기준	모든터널					터널길이 500m이상		터널길이1,000m이상		3,000㎡이상

2.4.2 남산터널 방재시설 설치현황

남산터널 내 소방시설은 국가화재안전기준(NFSC 603)에 의거 적정하게 설치되어 있으며 터널 길이가 3,000m 미만으로 물분무소화설비는 제외되었다. 또한 피난연결통로는 남산3호 터널에만 설치되어 있으며, 소방시설 및 방재시설 현황은 다음 〈Table 5〉, 〈Table 6〉 와 같다.

〈Table 5〉 Fire-fighting facilities of Namsan tunnel

터널명	소화기	비상경보	비상조명등	비상콘센트	무선통신보조설비	제연	옥내소화전	자동화재탐지설비	연결송수관
남산1호 터널	207	69	3,005	69	2	반횡류식·횡류식	69	공기관식	상·하행 각 2개소
남산2호 터널	108	36	162	18	2	반횡류식	36	공기관식	상·하행 각 1개소
남산3호 터널	107	48	1,702	48	2	반횡류식	48	공기관식	상·하행 각 2개소

〈Table 6〉 Facilities for damage prevention of Namsan tunnel

터널명	조명등	긴급전화	정보표시판	차단막	CCTV
남산1호터널	상:1,504등 하:1,501등	상·하행: 각 7개소	터널입구 2개소 (상행 1, 하행 1)	상행터널 입구부 1개소	상·하행:8대
남산2호터널	1,502등	11개소	터널입구 2개소 (상행 1, 하행 1)	상·하행터널 입구부 2개소	22대
남산3호터널	상:1,443등 하:1,501등	상·하행: 각 6개소	터널입구 2개소 (상행 1, 하행 1)	상행터널 입구부 1개소	상·하행:5대

2.4.3 최근 터널 내 방재시설 설치사례

2008년 개통된 가지산터널은 울산시 울주군 상북면 궁근정리와 경남 밀양시 산내면 삼양리를 잇는 길이가 울산 방향 4.58km, 밀양 방향이 4.534km, 높이 7.3m, 폭 10m인 죽령터널 다음으로 긴 터널로 주요 방재시설 및 기타 주요시설물 현황을 보면 다음과 같다.[7]



〈Figure 10〉 Facilities for damage prevention of Gaji Mt. tunnel



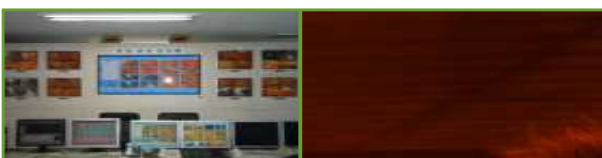
〈Figure 11〉 Other facilities for damage prevention

2.5 방재설비 등 문제점 및 개선방안

화재발생 시 신속한 경보체제를 유지하고, 초기 소화 및 피난시스템을 구축함으로써 소방대의 현장 접근성을 강화할 수 있는 방재시설 등 설비의 개선방안을 보면 다음과 같다.

2.5.1 경보설비

남산터널 내 자동화재탐지설비는 공기관식 차동식 분포형의 감지기가 터널 천장 상부에 설치되어 있으며 수신기는 터널 관리사무실에 설치되어 있다.



〈Figure 12〉 Disaster room and detector of ceiling

차동식분포형감지기(공기관식)의 감지구역은 20m 이상 100m 이내 설치되어 있으며 수신기는 도로터널 관리실에 설치되어 있으나 자동차 매연 등 관리 소홀에 따른 감지성능 저하가 터널 내부에서의 화재 발생 시 감지기의 감지속도보다 시민의 신고가 빠른 경우가 발생할 수 있는 점으로 미루어 보아 시민의 신고보다 빠른 감지성능의 경보대책이 필요하다.

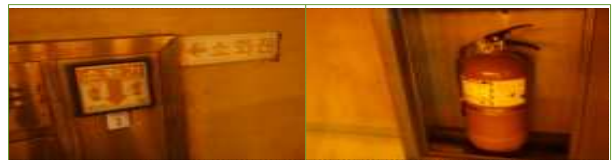
따라서 기존 공기관식 차동식분포형의 감지기를 디지털비디오 연기감지방식(DVSD : Digital Video Smoke Detection)의 감지기 및 광섬유케이블을 이용한 광센서 감지선형 감지기로의 교체로 터널 내 주행 중인 차량에서의 화재를 신속하게 경보함으로써 신뢰성을 확보할 수 있을 것으로 판단된다.

또한 DVSD 및 광센서 감지선형감지기의 감지와 연동한 통합감시시설의 설치 즉, 주 통합감시시설은 남산 1호, 2호 및 3호 터널 관리실에 설치하고 부 감시시설은 소방서 및 경찰서에 설치토록 함으로써 터널 관리실 및 소방서, 경찰서에도 동시에 인지할 수 있도록 하여 신속한 경보체제 구축하는 것이다. 이때 화재발생 경계구역은 기존 설치되어 있는 옥내소화전 설치기점을 기준으로 부여함으로써 차량 운전자들이 자동화재탐지설비의 감지속도보다 빠르게 인지한 경우에도 원활한 신고 및 소방대의 신속한 출동체제가 이루어 질 수 있도록 할 수 있다.

2.5.2 소화설비

(1.1) 소화기

남산1호 터널의 경우 상·하행 각 3.3kg 또는 4.5kg의 분말소화기가 각 34개소씩 총 60개가 설치되어 있으며 남산2호 터널의 경우는 70개, 남산3호 터널의 경우는 상행 85개, 하행 84개가 50m 이내마다 설치되어 있다.



〈Figure 13〉 A fire extinguisher

그러나 상시 차량이 통행하는 터널의 특성상 소화기 및 소화기구함의 표지판 관리부실에 따른 소화기 위치 파악이 곤란하고 소화기함 찌그러짐 등 노후로 문 개폐가 어려워 초기 화재발생 시 신속한 사용 곤란하다.

일부 터널의 경우 소화기 설치위치가 차량 주행방향으로 설치되어 있어야 하나 주행방향의 반대 면 또는 양방향 터널의 경우 한쪽 면에만 설치되어 있어 소화

기 사용을 위해서는 2차 교통사고의 위험을 감수해야만 하는 단점이 있다.

이에 대한 개선대책으로는 노후된 소화기구함 교체 시 차량 주행방향으로 설치토록하고, 문의 개방 시 또는 소화기 탈착 시 자동으로 이상신호를 관리실로 통보할 수 있도록 하고 또한 소화기구함마다 번호를 부여함으로써 이상신호 통보 시 관리실에서 빠르게 인지할 수 있도록 한다.

또한 소화기 위치과약을 쉽게 하기 위한 고휘도의 조명식 표지판(“소화기”)의 설치하는 것이다.

특히, 표지판 설치 시 갓길로 피난 시 돌출물에 의한 피난장애의 발생 우려가 있으므로 돌출된 소화기함 및 전기설비 등은 벽면에 매립하여 설치하고 고휘도의 조명식 표지판의 경우 약간 돌출되게 설치하여 시인성을 확보토록 한다.

(2.1) 옥내소화전설비

남산1호 터널의 경우 40 HP의 소화펌프가 한남환기소 기계실 내에 설치되어 있으며 옥내소화전함은 43m 간격으로 상행 35개소, 하행 34개소가 설치되어 있다.

또한 남산2호 터널의 경우에는 30 HP의 소화펌프가 장충환기소 기계실 내에 설치되어 있으며 옥내소화전함은 45m 간격으로 36개소 설치되어 있다.

남산3호 터널의 경우에도 회현환기소 기계실내 40 HP의 소화펌프가 설치 및 소화전함은 45m 간격으로 24개소가 설치되어 있으며 용산환기소 기계실내 40 HP의 소화펌프가 설치 및 소화전함은 45m 간격으로 24개소가 설치되어 있다.



〈Figure 14〉 Fire hydrant

남산1호 내지 3호 터널 모두 펌프가 터널 끝 관리실에 설치되어 있어 반대방향 옥내소화전 밸브 개방 시 정격 방수량 및 방수압으로 방출 시까지의 요구되는 시간의 지연이 우려되며, 일부 터널의 경우 옥내소화전함의 설치위치가 주행방향의 반대 면 또는 양방향 터널의 경우 한쪽 면에만 설치되어 있어 옥내소화전설비의 사용을 위해서는 2차 교통사고의 위험을 감수해야만 하는 단점이 있다.

이에 대한 개선대책으로 설치된 자동화재탐지설비와 연동하여 소화펌프를 미리 기동할 수 있도록 하여 관

계자 또는 소방대 사용 시부터 정격유량 및 압력이 발생할 수 있도록 함으로써 초기 소화시스템 구축할 수 있다고 판단된다.

이때 예비펌프 또는 남산 자연낙차를 이용한 고가수조의 병행 설치로 펌프 고장 시에도 즉시 소화용수가 방출될 수 있도록 할 수 있다. 또한 향후 노후된 옥내소화전의 교체 시 차량 주행방향으로 옥내소화전을 이전 설치 및 호스를 옥내소화전설비로 교체하여 노인 등 노유자 운전자들의 활용성을 극대화 하는 방안을 고려해야 할 것이다.

(3.1) 물분무소화설비

남산터널의 경우 도심터널 방재시설 방재등급 2등급으로 분류되어 물분무소화설비 설치대상에서 제외되었다. 국내의 경우에는 3천 미터 이상으로서 교통량, 경사도 등 터널의 특성을 고려하여 행정안전부령으로 정하는 위험등급 이상에 해당하는 터널에 물분무소화설비를 설치할 수 있도록 재량으로 되어 있어 2곳(죽령터널, 능동터널)만 설치되어 있다.

이에 따라 남산터널의 경우에도 향후 방재등급 산정 시 터널 구조에 적용 가능한 물분무소화설비의 설치조건을 제시하면 다음과 같다.



〈Figure 15〉 Example of Water mist Release

하나의 방수구역은 50m 이상, 구간 경계의 화재 시 2구간 동시 방수토록 하고 1개의 노즐의 방수압은 3~4kg/cm², 방수량은 도로면에 1m² 당 6 lpm 이상으로 40분 이상 방수할 수 있는 수원을 확보한다.

이때 헤드는 도로터널 측벽 상부에 4~5m 간격으로 설치하여 화재의 제어토록 하고 연결통로 미설치 터널(남산 1, 2호 터널)의 경우에는 250m마다 터널 횡단면부에도 설치하여 수막형성으로 연기를 제어할 수 있도록 한다.

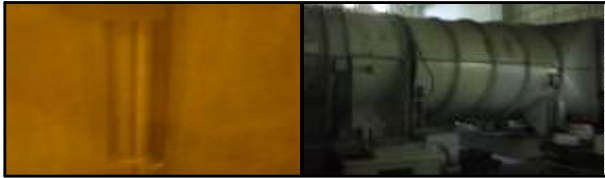
배수설비는 기존 설치되어 있는 배수구를 활용하고 도로면의 기울기는 중앙선을 기준으로 배수구를 향하여 일정한 기울기를 주어 유류화재에 따른 화재확산방지가 가능하도록 도로면을 재설계토록 한다.

다만, 터널 내 대피인원이 있는 공간에 물분무 방출 시 연기의 성층화를 교란하여 대피에 곤란을 초래할 수 있으므로 적합성을 면밀히 검토하여야 할 것이다.

2.5.3 피난설비

(1.1) 제연설비(환기설비)

남산터널 내 제연설비는 평상시 환기설비로 작동되고 있다가 화재발생 시 환기설비 운전모드의 정지 및 팬의 역회전 작동에 의해 제연설비 운전모드로 전환(환기설비 운전모드의 70% 성능 발휘)되는 구조로 되어 있다.



〈Figure 16〉 Exhaust and blower

설치된 환기설비는 제연설비 운전모드로 전환되는데 상당한 시간이 필요(약 2분)하여 제연설비 작동 전 빠른 연기전파로 다수의 인명피해 우려가 있어 이에 대한 개선방안을 보면 다음과 같다.[3][8]

첫째, 선택 배기구 방식에 의한 화재지점에서 집중적으로 연기를 배기할 수 있도록 시스템 구성한다. 이때 화재 시 제연구역 기준은 제연 수막시스템 설치 기점인 250m 마다 설정한다. 다만, 제어가 복잡해지고 각 배기구에 전동댐퍼의 설치로 인해서 설치비용 및 유지관리 비용 증대하므로 향후 도심터널 방재시설 방재등급 산정 시 적극적 검토가 이루어져야 할 것이다.

둘째, 터널경사도 등에 따라 연기의 유동은 터널 길이방향으로 유동하므로 배연효율을 증가시킬 수 있는 배기구 형상을 정사각형 보다는 횡방향으로 장변을 취하도록 고려하여 설치한다.

셋째, 남산2호 터널의 경우 터널 입·출구를 기점으로 중앙부분이 높은 형태의 터널 구조로 화재발생 시 연기는 터널 중앙부분으로 흐르게 되는 원리를 이용하여 터널 중앙부에서는 배기구의 개수를 추가하여 연기의 배출이 원활하게 될 수 있도록 설계한다.

마지막으로 터널 내 설치된 제연설비 작동 시 소방서 보유 급기트레일러 적극 활용한다. 다만, 터널 내 피난이 완료 된 후 사용을 원칙으로 하고 화재발생 시 방재센터와 협의 및 출동지령이 없어도 터널화재 시 자체 출동할 수 있도록 조치한다.

(2.1) 피난설비

남산터널의 경우 도로터널의 화재안전기준 및 도로터널 방재시설 및 관리지침(국토해양부)에 의한 피난설비 등이 적정하게 설치되어 있으나 농연 시 시인성 악화로 다수 인명피해가 우려된다.



〈Figure 17〉 leading light

이에 따라 기존 유도등 등 피난시설을 다음과 같이 개선하여야 할 것이다.

첫째로 기존 유도등을 보완한 광점멸 주행 피난유도시스템의 설치로 피난효과 극대화를 달성하는 것이다.



광점멸 주행 피난유도시스템

정전시 무동력 유도시설 설치모습

〈Figure 18〉 Example of evacuation induction system

둘째로 옥내소화전함을 기점으로 터널 상부에 소형 정보표시판 설치로 “화재발생상황” 및 “위치” 를 표시할 수 있도록 하여 차량 운전자에게 신속한 정보자료 제공토록 하고, 기존 유도등은 고휘도 조명식으로 설치하여 피난유도효과를 거양할 수 있다.

이때 유도등은 옥내소화전 기점을 중심으로 번호 또는 거리를 표시하여 최근 휴대폰 보급의 활성화에 따른 자동화재탐지설비의 경보시간보다 오히려 신고자의 신고시간이 앞서는 경우를 대비하여 옥내소화전 기점과 자동화재탐지설비의 경계구역을 동일시하고 또한 번호 및 거리가 표시된 고휘도 유도등(유도표지)를 설치함으로써 초기 화재대응이 가능할 것이다.

셋째로 라디오 미청취자 및 차량 동승자 중 시각장애인의 원활한 피난시스템 구축을 위한 터널 내 방송설비 적극 활용토록 하고 시스템 구성은 자동화재탐지설비와 연동하여 광점멸 피난유도시스템의 피난방향과 일치하게 비상방송토록 설계하는 것이다.

2.5.4 기타설비

(1.1) 정보표시판

남산터널 주변 정보표시판 터널 입구부에 상·하행 각 1개소가 설치되어 있으며 풍향풍속계는 남산1호 터널을 제외한 2호,3호 터널 주변에 2대씩 설치되어 있으나 회차할 수 있는 공간이 없어 심한 교통체증으로 소방대의 터널 내 접근이 용이치 않다.



〈Figure 19〉 Large information signs

따라서 터널 입구 상단에 설치된 대형 전광판을 화재 발생 사고 즉시 자동화재탐지설비와 연동하여 화재 사실을 알릴 수 있도록 하여 일반차량의 진입을 억제할 수 있는 방안을 보면 다음과 같다.

첫째로 터널 입구 후방 100m, 500m, 1,000m 및 교차로지점에 정보표시판을 추가로 설치하여 화재 발생 사실을 알려 운전자들의 자발적 사고대처로 소방대의 화재 발생 터널의 현장 접근성을 강화한다.

이때 정보표시판에 표시되어야 할 사항으로는 “화재 발생상황” 및 “위치” 및 “풍향·풍속”을 표시할 수 있도록 하여 차량 운전자 및 현장에 진입하는 소방대에 신속한 정보자료로 활용하는 것이다.

이에 따라 남산터널 별 적정한 정보표시판 설치지점을 선정하면 다음과 같다.

첫째, 남산1호 터널의 경우 좌측부터 ①퇴계로2차교차로, ②남산창작센터건물 앞, ③요금소 입구에 설치한다.



〈Figure 20〉 Proper installation point of Namsan No.1

둘째, 남산2호 터널의 경우 좌측부터 ①장충체육관 앞 교차로, ②장충단비 앞(기존설치 활용), ③터널입구 교차로에 설치한다.



〈Figure 21〉 Proper installation point of Namsan No.2

셋째, 남산3호 터널의 경우 좌측부터 ㉠회현사거리, ㉡요금소 100m 지점, ㉢터널입구에 설치하여 정보를 일반차량들에 표시하여 소방차량의 현장접근성을 강화하는 것이다.



〈Figure 22〉 Proper installation point of Namsan No.3

이렇게 설치된 정보표시판은 화재 발생 정보표시판 점등 시 교통신호등 제어시스템과 연동하여 차량통제를 실시하고 남산터널 주변 및 터널 내 풍향 풍속 정보를 소방대 출동 시부터 제공하여 소방차량 배치 등 신속한 지시로 초기진화를 유도할 수 있으며, 또한 소방대는 터널 내 연기 유출 방향 및 연기 층의 두께 등을 사전에 파악하여 소방대 보유 배연차량의 활용여부 결정할 수 있다.

(2.1) 차단막

남산터널의 경우 입구에 근접하여 차단막 설치되어 있으며 현장에 설치된 수동 조작함 및 관리실에서도 원격으로 차단 가능하나 교통 통제 시 우회가 불가능하며 소방차량 진입에 어려움이 따른다.



〈Figure 23〉 Examples of barrier installation

이에 따른 개선방안으로는 남산1호 및 3호 터널의 경우에는 요금소에서 통제토록 하고, 남산2호 터널의 경우에는 동국대를 지난 터널 앞 교차로에 설치토록 하는 것이다. 또한 기존 차단막의 경우에는 차단 시에도 일반차량 통행이 가능하므로 차단기로 교체·설치함으로써 소방대의 현장 접근성을 강화할 수 있다.



〈Figure 24〉 Proper installation point of barrier

3. 결 론(정책적 제언)

본 논문에서는 서울시 중구에 위치한 남산터널에 대한 구조 및 소방·방재시설 등 기초자료를 조사하고 문제점을 분석하여 화재발생 시 소방대의 신속한 현장접근성 강화 시스템 구축을 위한 방안에 대하여 연구하여 보았으며 얻은 결론은 다음과 같다.

첫째로 디지털비디오 연기감지방식 및 광센서감지선형 감지기의 설치이다. 또한 이와 연동한 통합감시시설의 운영으로 보다 더 신속한 정보체제 구축을 달성할 것으로 판단된다.

둘째로 화재 초기의 소규모 화재 시 사용되는 소화기 표시판의 시인성 강화 방안 및 감지기와 연동하여 미리 소화펌프를 기동할 있는 옥내소화전 및 물문무소화설비 반영의 적극적인 검토 등을 통한 초기 소화시스템 구축방안을 제안하고자 한다.

셋째로 제연설비에 의한 연기의 제어시스템 및 광점멸 주행 피난유도시스템 적용으로 원활한 피난유도시스템 구축으로 인명 및 재산피해를 최소화 할 수 있을 것이다.

넷째로 정량적 평가는 향후 과제로 하더라도 우선은 소방대의 현장 접근성 강화를 위한 정보표시판 및 차단기의 적극적 활용으로 터널 내부 화재 현장까지의 도착시간을 줄이는데 많은 효과가 있을 것으로 판단이 된다.

이를 위하여서는 향후 서울시 도시안전본부 및 서울지방경찰청과의 협조아래 도심터널 방재시설 방재등급산정 시 위 사항이 반영될 수 있도록 지속적인 노력이 필요하며 관계당국은 차량 정체가 심한 도심터널의 화재발생 시 많은 인명피해 발생을 고려하여 적극적인 검토가 이루어져야 할 것으로 판단된다.

4. 참고문헌

[1] 국토해양부, (2009), “도로터널 방재시설 설치 및 관리지침”.

[2] 김남영, 김효규, 반정준, (2006), “국내 도로터널 방재시설 현황 및 전망”, 대한설비공학회, pp. 76~86.

[3] 김종운·유지오, (2008), “터널 화재 시 환기 방식에 따른 배연 특성의 수치해석 연구”, 한국화재소방학회 논문지, 제22권 제3호, pp. 203~206.

[4] 박경환, (2006), “국내 도로터널의 현황과 안전관리 실태”, pp. 1~2.

[5] 부산지방국토관리청, (2007), “가지산터널 관리현황”.

[6] 서울특별시 도시기반시설본부, (2006), “도심터널 방재시설 방재등급산정”.

[7] 원주지방국토관리청, (2004), “신북-북산(배후령) 국도 개량공사”.

[8] 유지오, (2010), “도로터널 제연설비 설계 및 운영방안 소개”, 한국방재학회지, pp. 43~50.

[9] 중부소방서, (2011), “화재현장 출동보고서”.

[10] 한국도로공사, (2011), “터널 방연 에어커튼 개발”.

저 자 소 개

오 택 흠



서울시립대학교 대학원 재난과학과 박사과정 및 서울소방학교 소방과학연구센터에 근무 중이다. 소방기술사 및 소방시설관리사 보유하고 있으며 관심분야는 화재피난시물레이션을 이용한 화재위험성평가 및 환경친화적 산불화재진화용 소화약제 개발 등이 있다.

주소 : 서울시 서초구 서초동 391 서울소방학교 소방과학연구센터 (137-070)

성 재 만



서울시립대학교 대학원 방재공학과 석사과정을 마쳤으며, 현재 서울 중부소방서 서장으로 근무 중이다.

석사 논문으로는 “공기호흡기용 압축공기의 기준검토 및 인체에 미치는 영향“ 이 있다.

주소 : 경기도 구리시 인창동 아름마을 원일아파트 105-1701

박 찬 석



서울시립대학교 대학원 재난과학과 박사과정 및 서울소방학교 소방과학연구센터에 근무 중이다. 최근 현장 활동 소방공무원 고령화 대응 방안에 관한 연구 중에 있으며 주요 관심분야로는 재난피해심리 및 PTSD 이다.

주소 : 서울특별시 서초구 서초동 391번지