2020년도

국가화재안전기준 해설서 (5건)

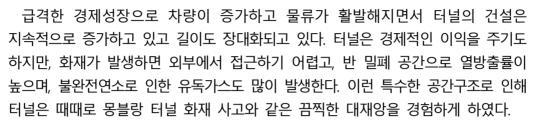
NFSC 603



도로터널의 화재안전기준 (NFSC 603)



개 요



터널은 소방차 출동시간이 많이 걸리고 자동식 소화 시스템이 거의 설치되지 않아서 초기 화재 대응이 매우 어렵다. 소방 활동을 위한 진입로가 한정되어 열과 연기가 축적되면 소화 활동에 어려움이 크고, 외부 또는 지상에서 상황을 파악하기가 어려우며 외부와 연락도 쉽지 않다. 차량 등의 화재로 발생한 연기는 강한 부력과 이동성에 의해 화염이 빠르게 확산되어 많은 양의 열과 연기가 생성되고 터널 공간을 오염시키기 때문에 빠른 시간에 대피하지 않으면 연기에 의한 질식으로 인명피해가 커질 수 있으므로 적절한 소방설비를 설치하여 화재를 초기에 제어하고 인명피해를 줄이는 노력이 필요하다.

도로터널은 관련법령인 도로터널의 화재안전기준(NFSC 603)의 기준에 따라 소화설비, 경보설비, 피난설비, 소화활동설비 등 소방설비가 설치되고, 「도로터널 방재설비 설치 및 관리지침」에 따른 소화설비, 경보설비, 피난대피시설, 소화활동설비, 비상전원설비 또한 설치되고 있어 법령이 상이한 부분을 비교하였다.

「특정소방대상물의 관계인이 특정소방대상물의 규모·용도 및 수용 인원 등을 고려하여 갖추어야 하는 소방시설의 종류」[별표 5] 는 터널의 길이에 따라 소방시설 설치 기준이 달라지고, 「도로터널 방재시설 설치 및 관리지침」은 연장등급과 위험도지수에 따른 방재등급을 기준으로 방재설비를 설치하고, 정량적 위험도 평가를 수행하여 방재시설 설치 또는 적정성을 판단하도록 하고 있어 같은 터널의 소방설비 설치대상이 다른 경우를 비교하였다.

본 해설서에서는 터널의 소방설비 관련법령을 살펴보고, 법령별 상이한 내용을 비교하였으며, 소방설비의 설계 시공 감리 업무에 참고하기 위한 세부기술 사항을 중심으로 서술하였다.

일러두기 : 본 해설서는 실무능력을 배양하기 위한 참고도서이므로 다툼의 기준으로 사용할 수 없음

도로터널의 화재안전기준 (NFSC 603)

소방청고시 제2017-1호(2018. 11. 19.)

제1조(목적) 이 기준은 「화재예방, 소방시설 설치 · 유지 및 안전관리에 관한 법률」제9조제1항에 따라 소방청장에게 위임한 사항 중 도로터널에 설치하여야 하는 소방시설 등의 설치기준과 유지 및 안전관리에 관하여 필요한 사항을 규정함을 목적으로 한다.<개정 2015. 10. 28., 2017. 7. 26.>

해 설

- 1. 도로 터널은 일 방향으로 긴 형상으로 입 출구만 개방되어 있는 반 밀폐구조 특성상 화재가 발생하면 단시간 내 온도가 급상승하게 되고 누출된 액체 가연 물과 화물차량에 실려 있는 적재화물 등이 유독가스와 고열의 연기 등 연소생성물을 발생시킨다. 게다가 터널은 높은 산이나 하천을 관통하는 형태로 건설되기 때문에 소방차 출동시간이 길고 접근이 어려워 인명피해가 크고 화재진압이 어렵다. 도로터널의 화재안전기준(NFSC 603)은 터널 내에서 발생할 수 있는 화재를 효과적으로 제어하고 피난 안전성을 향상시키기 위한 규정으로 소화기, 옥내소화전, 물분무소화설비, 비상경보설비, 자동화재탐지설비, 비상조명등설비, 제연설비, 무선통신보조설비, 비상콘센트설비 등에 대한 설치기준을 규정하고 있다.
- 2. 그러나, 현재 도로터널 관련법령은 「화재예방, 소방시설 설치 · 유지 및 안전관리에 관한 법률」, 「화재예방, 소방시설 설치 · 유지 및 안전관리에 관한 법률시행령」, 「화재안전기준」, 「도로터널 방재시설 설치 및 관리지침」 등 다른 법체계가 공존하고 있고, 규정이 일치하지 않는 내용으로 인해 터널의 소방시설설계, 시공, 감리 업무에 혼란이 생기게 되므로 상이한 부분에 대한 면밀한 검토가 필요하다.

제2조(적용범위) 「화재예방, 소방시설 설치 · 유지 및 안전관리에 관한 법률시행령」(이하 "영"이라 한다) 제15조에 의한 도로터널에 설치하는 소방시설 등은 이 기준에서 정하는 규정에 따라 설비를 설치하고 유지 · 관리하여야한다.

해 설

1. 터널 관련법령

가. 제15조(특정소방대상물의 규모 등에 따라 갖추어야 하는 소방시설) 법 제9조 제1항 전단 및 제9조의4제1항에 따라 특정소방대상물의 관계인이 특정소방대상물의 규모·용도 및 별표 4에 따라 산정된 수용 인원(이하 "수용인원"이라 한다) 등을 고려하여 갖추어야 하는 소방시설의 종류는 [별표 5]와 같다.

소방시설의 종류[별표 5]

터널 길이	소 방 설 비
전체설치	소화기
500m 이상	비상경보설비, 비상조명등, 무선통신보조설비, 비상콘센트설비
1000m 이상	옥내소화전, 자동화재탐지설비, 연결송수관설비
행정안전부령으로 정하는 터널	물분무소화설비, 제연설비
설치 제외	비상방송설비, 유도등 설비, 시각경보기

나. 제9조(특정소방대상물에 설치하는 소방시설의 유지·관리 등) ① 특정소방대 상물의 관계인은 대통령령으로 정하는 소방시설을 소방청장이 정하여 고시 하는 화재안전기준에 따라 설치 또는 유지·관리하여야 한다. 이 경우「장 애인·노인·임산부 등의 편의증진 보장에 관한 법률」제2조제1호에 따른 장애인등이 사용하는 소방시설(경보설비 및 피난구조설비를 말한다)은 대통 령령으로 정하는 바에 따라 장애인등에 적합하게 설치 또는 유지·관리하여 야 한다.

- 다. 제9조의4(특정소방대상물별로 설치하여야 하는 소방시설의 정비 등) ① 제9 조제1항에 따라 대통령령으로 소방시설을 정할 때는 특정소방대상물의 규모・ 용도 및 수용인원 등을 고려하여야 한다.
- 라. 「도로터널 방재시설 설치 및 관리지침」(국토교통부) 제2장 도로터널 방재시설 2.3.3. 연장등급· 방재등급별 설치 계획 (1) 터널 방재시설은 연장등급에 의해서 설치하는 시설로 구분하며, 방재시설의 설치기준은 <표 등급별 방재시설 설치기준>과 같이 정하고 설치한다.

2. 소방설비 설치기준 상이

특정소방대상물의 규모·용도 및 별표 4에 따라 산정된 수용 인원 등을 고려하여 갖추어야 하는 소방시설의 종류 [별표 5]와「도로터널 방재시설 설치 및 관리지침」의 설치대상을 보면 소화설비, 시각경보기, 비상방송설비, 유도등 설비, 비상조명등설비, 무선통신보조설비 등의 설치기준이 일치하지 않는 것을 알 수 있다.

3. 터널 설치 제외 설비

경보설비 중 비상방송설비와 피난설비 중 유도등 설비는 「특정소방대상물의 관계인이 특정소방대상물의 규모·용도 및 수용 인원 등을 고려하여 갖추어야 하는 소방시설의 종류」[별표 5]에 따르면 터널에 설치 제외 설비로 되어있으나 「도로터널 방재시설 설치 및 관리지침」에는 방재등급 3등급 이상의 터널에 설치하도록하고 있어 법령 검토가 필요하다.

4. 물분무소화설비, 제연설비설치대상의 행정안전부령으로 정하는 터널

「화재예방, 소방시설 설치・유지 및 안전관리에 관한 법률 시행규칙」제6조(소 방시설을 설치하여야 하는 터널)

- ② 영 [별표 5] 제1호바목7) 본문에서 "행정안전부령으로 정하는 터널"이란 도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙」제48조에 따라 국토교통부장관이 정하는 도로의 구조 및 시설에 관한 세부기준에 의하여 물분무설비를 설치하여야 하는 터널을 말한다.
- ③ 영 별표 5 제5호가목5)에서 "행정안전부령으로 정하는 터널"이란「도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙」 제48조에 따라 국토교통부장관이 정하는 도로의

구조 및 시설에 관한 세부기준에 의하여 제연설비를 설치하여야 하는 터널을 말한다.

제48조(도로의 구조 등에 관한 세부적인 기준) 이 규칙에서 정한 사항 외에 도로의 구조 및 시설의 기준에 관한 세부적인 사항은 국토 교통부장관이 정하는 바에 따른다.

5. 법령 비교

소방시설 종류[별표5] & 「도로터널 방재시설 설치 및 관리지침」

소 방 시 설		소방대성	상물 규모	
	오 당 시 걸	소방시설의 종류 [별표 5]	도로터널 방재시설 설치지침	
	소화기	전체	<u>50m 이상</u>	
소 화	옥내소화전	1000m 이상	① 연장등급 2등급 이상 ② 방재등급 2등급 이상	
설 비	물분무소화설비	지하가 중 예상교통량, 경사도 등 특성을 고려하여 행정안전부령으로 정하는 터널	방재등급 1등급 이상	
	비상경보설비 500m 이상		연장등급 3등급 이상	
경 보	시각경보기	※ 터널 설치 제외	기준 없음	
ㅡ 설 비	자동화재 탐지설비	1000m 이상	연장등급 2등급 이상	
·	비상방송설비	※ <u>터널 설치 제외</u>	방재등급 3등급 이상	
피	유도등설비	※ 터널 설치 제외	방재등급 3등급 이상	
난 설 비	비상조명등	500m 이상	① 연장등급 3등급 이상 ② 연장 200m 이상 터널은 필요시 설치 가능	
소 화 활 동 설 비	제연설비	지하가 중 터널의 지하가 중 예상교통량, 경사도 등 특성 을 고려하여 행정안전부령으 로 정하는 터널	① 방재등급 2등급 이상 ② 운행 중인 터널 중 방재등급이 3등급 이상이고, 피난 대피 시설이 미흡한 터널인경우 피난 대피환경 보완계획수립 후 설비 추가가능	

ᇫᄔᆡᇫ		소방대상물 규모				
오 당 시 글	소 방 시 설	소방시설의 종류 [별표 5]	도로터널 방재시설 설치지침			
연결송수	관설비	1000m 이상	연장등급 2등급 이상			
무선통 보조설	_	500m 이상	 ① 연장등급 3등급 이상 ② 연장등급 3등급 미만 중 재방송설비가 설치되는 경우에는 겸용 가능 			
비상콘센트	트설비	500m 이상	연장등급 3등급 이상			

【참고사항】

※ 시각경보기 설치대상

(소방시설 설치유지 및 안전관리에 관련 법률 시행령 [별표 5]

- 사. 시각경보기를 설치하여야 하는 특정소방대상물은 라목에 따라 <u>자동</u> <u>화재탐지설비를 설치하여야 하는 특정소방대상물 중 다음의 어느 하</u> 나에 해당하는 것과 같다.
 - 1) 근린생활시설, 문화 및 집회시설, 종교시설, 판매시설, 운수시설, 운 동시설, 위락시설, 창고시설 중 물류 터미널
 - 2) 의료시설, 노유자시설, 업무시설, 숙박시설, 발전시설 및 장례시설
 - 3) 교육연구시설 중 도서관, 방송통신시설 중 방송국
 - 4) 지하가 중 지하상가
- 라. 자동화재탐지설비를 설치하여야 하는 특정소방대상물은 다음의 어느하나와 같다.
 - 1) 근린생활시설(목욕장은 제외한다), 의료시설(정신의료기관 또는 요양 병원은 제외한다), 숙박시설, 위락시설, 장례시설 및 복합건축물로서 연면적 600㎡ 이상인 것
 - 2) 공동주택, 근린생활시설 중 목욕장, 문화 및 집회시설, 종교시설, 판매시설, 운수시설, 운동시설, 업무시설, 공장, 창고시설, 위험물 저장 및 처리 시설, 항공기 및 자동차 관련 시설, 교정 및 군사시설 중

- 국방·군사시설, 방송통신시설, 발전시설, 관광 휴게시설, <u>지하가(터널</u>은 제외한다)로서 연면적 1천m² 이상인 것
- 3) 교육연구시설(교육시설 내에 있는 기숙사 및 합숙소를 포함한다), 수련시설(수련시설 내에 있는 기숙사 및 합숙소를 포함하며, 숙박시 설이 있는 수련시설은 제외한다), 동물 및 식물 관련 시설(기둥과 지붕만으로 구성되어 외부와 기류가 통하는 장소는 제외한다), 분뇨 및 쓰레기 처리시설, 교정 및 군사시설(국방·군사시설은 제외한다) 또는 묘지 관련 시설로서 연면적 2천㎡ 이상인 것
- 4) 지하구
- 5) 지하가 중 터널로서 길이가 1천m 이상인 것
- 6) 노유자 생활시설
- 7) 6)에 해당하지 않는 노유자시설로서 연면적 400㎡ 이상인 노유자시설 및 숙박시설이 있는 수련시설로서 수용인원 100명 이상인 것
- 8) 2)에 해당하지 않는 공장 및 창고시설로서 「소방기본법 시행령」 별 표 2에서 정하는 수량의 500배 이상의 특수가연물을 저장·취급하는 것
- 9) 의료시설 중 정신의료기관 또는 요양병원으로서 다음의 어느 하나 에 해당하는 시설
 - 가) 요양병원(정신병원과 의료재활시설은 제외한다)
 - 나) 정신의료기관 또는 의료재활시설로 사용되는 바닥면적의 합계가 300m² 이상인 시설
 - 다) 정신의료기관 또는 의료재활시설로 사용되는 바닥면적의 합계가 300㎡ 미만이고, 창살(철재·플라스틱 또는 목재 등으로 사람의 탈출 등을 막기 위하여 설치한 것을 말하며, 화재 시 자동으로 열리는 구조로 되어 있는 창살은 제외한다)이 설치된 시설
- 10) 판매시설 중 전통시장

【참고사항】 -

※ 비상방송설비 설치대상

소방시설 설치유지 및 안전관리에 관련 법률 시행령 [별표 5]

- 2. 경보설비
 - 나. <u>비상방송설비를 설치하여야 하는 특정소방대상물(</u>위험물 저장 및 처리 시설 중 가스시설, 사람이 거주하지 않는 동물 및 식물 관련 시설, 지하가 중<u>터널, 축사 및 지하구는 제외</u>한다)은 다음의 어느 하나와 같다.
 - 1) 연면적 3천 5백㎡ 이상인 것
 - 2) 지하층을 제외한 층수가 11층 이상인 것
 - 3) 지하층의 층수가 3층 이상인 것

【참고사항】 -

※ 유도등설비 설치대상

소방시설 설치유지 및 안전관리에 관련 법률 시행령 [별표 5] 피난구조설비

- 다. 유도등을 설치하여야 할 대상은 다음의 어느 하나와 같다.
 - 1) 피난구유도등, 통로유도등 및 유도표지는 별표 2의 특정소방대상 물에 설치한다. 다만, <u>다음의 어느 하나에 해당하는 경우는 제외</u>한다.
 - 가) 지하가 중 터널 및 지하구
 - 나) 별표 2 제19호에 따른 동물 및 식물 관련 시설 중 축사로서 가축을 직접 가두어 사육하는 부분

제3조(정의) 이 기준에서 사용하는 용어의 정의는 다음과 같다.

1. "도로터널"이란「도로법」제8조에서 규정한 도로의 일부로서 자동차의 통행을 위해 지붕이 있는 지하 구조물을 말한다.

해 설

1. 터널의 정의

터널의 정의 비교

구분	내 용
화재예방, 소방시설 설치 · 유지 및 안 전관리에 관한 법 률 시행령	지하의 인공구조물 안에 설치되어 있는 상점, 사무실, 그 밖에
화 재 안 전 기 준 (NFSC 603)	제3조 "도로터널" 이란 「도로법」 제8조에서 규정한 도로의 일부 로서 자동차의 통행을 위해 지붕이 있는 지하 구조물을 말한다.
	도로터널은 자동차의 통행을 목적으로 지반을 굴착하여 지하에 건설한 구조물, 개착 공법으로 지중에 건설한 구조물(BOX형 지하 차도), 기타 특수공법(침매공법 등)으로 하저에 건설한 구조물(침 매터널 등)과 지상에 건설한 터널형 방음시설(방음터널)을 말한다.

2. 국내 터널 현황

2018년도 기준 우리나라 터널 수는 2,382개소로 총연장은 1,811Km이다.

그중 3000m 이상 초장대 터널은 47개소이고, 2017년도에는 10,000m가 넘는 우리나라 최장 터널로서 강원도 방태산을 가로지르는 인제양양터널(10,965m)이 개통되었다.

등급별	터널	설치	현황	(국토교통부,	2018))
-----	----	----	----	---------	-------	---

등급	터널길이(m)	개소	비중	총연장 (m)	
1등급	10,0000m 이상	1	2%		
1등급	3,000m 이상	46	270		
2등급	2,000m 이상	93	93 4%		
3등급	1,000m 이상	359	15%	1,811,109m	
4등급	1,000m 미만	1883	79%		
합계	전체 터널 개소	2382	100%		

2. 터널 길이별 설치기준<소방법>

소방시설의 종류[별표 5]

터널 길이	소 방 설 비
전체설치	소화기
500m 이상	비상경보설비, 비상조명등, 무선통신보조설비, 비상콘센트설비
1000m 이상	옥내소화전, 자동화재탐지설비, 연결송수관설비
행정안전부령으로 정하는 터널	물분무소화설비, 제연설비
설치 제외	비상방송설비, 유도등설비, 시각경보기

- 가. 전체 터널 설치는 소화기, 500m 이상 터널은 비상경보설비, 비상조명등, 무선통신보조설비, 비상콘센트설비, 1000m 이상 터널은 옥내소화전, 자동화재탐지설비, 연결송수관설비, 행정안전부령에서 정하는 터널은 물분무소화설비와 제연설비를 설치하도록 하고 있다.
- 나. 시각경보기는 설치 제외 대상이지만, 도로터널의 화재안전기준(NFSC 603) 제6 조 비상경보설비 6항에 50m 이내 간격으로 설치하라고 기준이 명시되어 있다.
- 다. 시각경보기는 화재안전기준에서는 자동화재탐지설비 및 시각경보장치의 화재안전기준(NFSC 203)에 설치기준을 명시하였으나, 도로터널의 화재안전기준(NFSC 603)에서는 비상경보설비에 속해 있다.

3. 도로터널 방재시설 등급별 설치기준<국토교통부 예규>

연장등급 및 방재등급별 기준

등급	터널 연장(L) 기준등급 (연장등급)	위험도지수(X) 등급 (방재등급)
1	3,000m 이상 (L > 3,000m)	X > 29
2	1,000m 이상, 3,000m 미만(1,000≦ L <3,000m)	19 < X ≤ 29
3	500m 이상, 1,000m 미만 (500≦ L <1,000m)	14 < X ≤ 19
4	연장 500m 미만 (L < 500)	X ≦ 14

가. 터널의 방재등급 산정기준

「도로터널 방재시설 설치 및 관리지침」(국토교통부)에 의거 방재시설 설치를 위한 터널 등급은 터널연장(L)을 기준으로 하는 연장등급과 교통량 등 터널의 제반 위험인자를 고려한 위험도지수(X) 기준으로 하는 방재등급으로 구분하며, 등급별 범위는 다음과 같이 정한다.

- 1) 터널의 방재등급은 개통 후 최초 10년, 향후 매 5년 단위로 실측 교통량을 조사하여 재평가하며, 방재시설의 조정을 검토할 수 있다.
- 2) 방재등급은 일방통행의 경우, 터널 튜브별로 산정하여 상위등급으로 터널의 방재등급을 정한다. 다만, 상하행 터널이 완전히 분리된 경우(피난연결통로 설치불가)에는 튜브별로 각각 방재등급을 산정한다.
- 3) 터널의 연장등급은 길이에 따라 3000m 이상을 1등급, 1000m 이상 3000m 미만을 2등급, 500m 이상 1000m 미만을 3등급, 500m 미만을 4등급으로 분류하였다.

나. 터널의 위험도 지수(X) 세부항목 산정

1) 터널의 위험도 지수는 주행거리계(터널연장 X 교통량), 터널재원(종단경사, 터널높이, 곡선반경), 대형차혼입률, 위험물의 수송에 대한 법적규제(대형차통과대수, 위험물수송차량에 대한 감시시스템, 위험물수송차량에 대한 유도시스템), 정체정도(터널 내 합류/분류, 터널 전방교차로(IC, JCT/신호등/TG), 통행방식(대면터널, 일방통행)을 잠제적인 위험인자로 하여 산정한다.

- 2) 일방통행 터널의 경우 터널 튜브별로 산정하여 상위등급으로 터널의 방재 등급을 정한다. 다만, 상하행터널이 완전히 분리된 경우(피난연결통로 설치불가)에는 튜브별로 각각 방재등급을 산정한다.
- 3) 각 위험인자별 위험도지수 산정 세부기준은 터널 연장기준과 방재등급의 범위표와 같이 정하며, 산정기준은 6가지 인자별로 위험도 조건에 따른 위 험도 지수를 구하여 총합을 계산하였으며, 그 값을 6으로 나눈 평균값이 2 를 초과하는 경우 터널방재등급을 1단계 상향 조정하도록 되어 있다.

4) 6가지 위험 인자

- ① 교통량과 터널연장의 곱
- ② 경사도(종단경사)
- ③ 대형차 혼입률
- ④ 위험물수송에 대한 법적규제 유무
- ⑤ 정체정도(V/C 수준 혹은 서비스 수준)
- ⑥ 통행 방식(일방향, 양방향 통행)

터널 위험도 지수(X) 평가기준

세부평가항목			범위	위험도지수
			8,000 미만	1.5
	ㅈ쉐미미 -	레 /그 트라 - 어디	8,000 이상 ~ 16,000 미만	2.5
사고 확률	주행거리계 (교통량 × 연장) (Veh·km/tube·day)		16,000 이상 ~ 32,000 미만	5.0
7 2			32,000 이상 ~ 64,000 미만	7.5
			64,000 이상	10.0
		경사도	10 미만	0.5
	표고차 및		10 이상 ~ 20 미만	1.0
터널			20 이상 ~ 30 미만	1.5
특성	경사도		30 이상	2.0
			3.0 미만	0.5
		진입부 경사도(%)	3.0 이상	1.0
터널	터널 특성 터널높이(m)		1.0	1.0
특성			5.0 이상 ~ 7.5 미만	2.0

	평가항목	범위	위험도지수
		5.0 미만	3.0
디난	ᆟᄀ서바건/~~)	1,800m 이상	0.5
터늴곡선만경(m)		1,800m 미만	1.0
		10 미만	0.5
	대혀차 ㅎ이르 /0/.)	10 이상 ~ 17.5 미만	1.0
	내용자 준답을 (/0)	17.5 이상 ~ 25 미만	1.5
		25 이상	2.0
이쉬ㅁ		500 미만	0.5
	대혀차 즈해거리게	500 이상 ~ 1,000 미만	1
		1,000 이상 ~ 2,500 미만	2
판넌	(Lil III/tube - day)	2,500 이상 ~ 5,000 미만	4
		5,000 이상	6
	감시시스템		0
			0
	유도시스템		1
		LOS A ~ LOS C	1
1	ᆲᆈᇫᇫᅎ	LOS D	2
^	기미스 구군	LOS E ~ LOS F	3
		대면통행	3
디너	ll 하리 L 브리	없음	0
니ㄹ	Ч धπ ° тт	있음	2
교사근	. 시호드 . TC 드	없음	0
표시포	· 단포 6 · 10 · 6	있음	2
	구분	갓길(길어깨)	-
	일방통행	0	1
		X	<u>2</u> 5
	대면통행		6
	위험물 수송 관련 터널	수송 관련대형차 주행거리계 (대 m/tube · day)감시시스템 유도시스템서비스 수준터널 내 합류・분류교차로・신호등・TG 등 구분 일방통행	지용00m 이상 1,800m 미만 1,800m 미만 10 미만 10 이상 ~ 17.5 미만 17.5 이상 ~ 25 미만 25 이상 500 미만 500 이상 ~ 1,000 미만 1,000 이상 ~ 2,500 미만 2,500 이상 ~ 5,000 미만 5,000 이상 감시시스템 없음 유도시스템 없음 유도시스템 없음 다양 A ~ LOS C LOS D LOS E ~ LOS F 대면통행 없음 고차로 • 신호등 • TG 등

4. 터널 등급별 방재시설 설치기준

터널 등급별 방재시설 설치 기준은 터널의 화재 발생을 예방하고 화재가 발생하였을 경우 피해를 최소화하기 위한 것을 기본 목적으로 하며, 방재시설을 터널의 연장등급과 방재등급에 따른 방재설비의 종류를 명시하고 있다.

터널 등급별 방재시설 설치기준

터널등급			1등급	2등급	3등급	4등급	비고
방재	방재시설		10 6	208	30 6	10 6	-1
소	소화기구		•	•	•	•	
와 서	옥내	소화전설비	•0	•0			연장등급, 방재등급 병행
소 화 설 비	물분	-무소화설비	0				
	비상	·경보설비	•	•	•		
		·화재탐지설비	•	•			
경	_	·방송설비	0	0	0		
ᆼ 보		·전화	0	0	0		
설	CCT		0	0	0	Δ	△: 200m 이상 터널
비		유고감지설비	Δ	Δ	Δ		
		송설비	0	0	0	Δ	△: 200m 이상 터널
		표시판	0	0			
		차단설비	0	0			
	_	·조명등	•	•	•	Δ	△: 200 m 이상 터널
	유도		0	0	0		
피		피난연결통로	•	•	•		1등급 : 피난대피터널을
난 대 피 설 비	대 피 시 설	피난대피터널 (1)	•	Δ			우선적용 2등급 : 격벽분리형 피난 대피통로를 우선 적용
-1		격벽분리형피 난대피통로(1)	Δ	•	•		
		비상주차대	0	0			
소	제연	설비	0	0	•		
화 화	무선	통신보조설비	•	•	•	△(2)	
활 동	연결	송수관설비	•0	•0			연장등급, 방재등급 병행
설 비	(비상)콘센트설비		•	•	•		
비 상 전	무정	전전원설비	•	•	•	△(3)	
원 설 비	비싱	·발전설비	•0	•0	Δ		연장등급, 방재등급 병행

● 기본시설 : 연장등급에 의함 ○ 기본시설 : 방재등급에 의함

△ 권장시설 : 설치의 필요성 검토에 의함 ● 보강설비 : 연장등급 및 방재등급에 의함

- (1) 피난연결통로의 설치가 불가능한 터널에 설치
- (2) 4등급 터널의 경우, 재방송설비가 설치되는 경우에 병용하여 설치함
- (3) 4등급 터널은 방재시설이 설치되는 경우에 시설별로 설치함
- 2. "설계화재강도"란 터널 화재시 소화설비 및 제연설비 등의 용량 산정을 위해 적용하는 차종별 최대 열방출률(MW)을 말한다.

해 설

1. 설계화재강도

가. 설계화재강도

방재시설 설계 시 제연설비의 용량산정을 위해 적용하는 차량 등 가연물질의 열방출률(HRR: Heat Release Rate)로 나타내고, 최대 열방출률 $Q_{\max}(\mathbb{W})$ 은 가용공기의 양으로 수식을 표현한다.

$$HRR = Q_{\text{max}} = V_a \eta_{ox} \rho_{ox} \Delta H_{cox} \times 10^3$$

여기서, Va : 공기의 체적유량(m^3/s)

 η_{ox} : 공기 속의 산소 몰분율(0.21)

 ho_{ox} : 산소의 밀도 (표준상태에서 $1 ext{kg/m}^3$)

 ΔH_{cor} : 산소에 대한 소비열량 (13kJ/g)

나. 연기발생량 (*Ms*)

$$M_s = 0.05 P(H-Y)^{\frac{2}{3}} \rho_o g^{\frac{1}{2}}$$

여기서, P: 화재둘레(m)

H : 터널 높이

Y : 터널 바닥에서 연기층 하부까지의 높이(m)

 ρ_o : 화재 시 주변 공기밀도(kg/m³)

g : 중력가속도(m/s²)

다. 차량에 따라 화재강도 5~100MW, 연기발생량은 20~200㎡/s로 연소상태나 차종, 차량 대수에 따라 차이가 많으나, 화재안전기준에서는 버스 1대 연소를 가정하여 화재강도는 20MW, 연기발생량은 80㎡/s를 기준으로 삼는다.

설계화재강도 및 연기발생량(도로터널 방재시설 설치 및 관리치침)

적용차종	승용차	버스	트럭	탱크로리
화재강도	5 이하	20	30	100
연기발생량	20	60~80	80	200

2. 터널 내부 온도

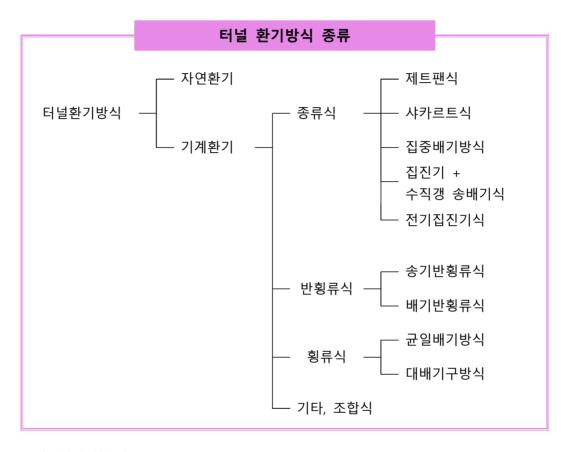
터널 화재로 인한 터널 내부 벽면 온도(PIARC, 1999)

천장 내부	측벽 내부
승용차	400°C
버스, 소형화물차	700°C
대형화물차(휘발류 등의 위험물 적재 않은 경우)	1000°C
유조차(일반적 경우)	1200℃
유조차(터널의 배수나 유출량의 제한이 없는 경우)	1400°C
만약 불꽃이 구조물을 직접 가열한 경우	더 높은 온도 고려 가능

- 가. 일반적으로 승용차에 비해 버스나 HGV(Heavy goods vehicle, 대형화물차량) 의 온도가 높게 나타나고 있다. 이것은 승용차나 버스의 차체는 철재이기 때문에 창문이나 문 등 개구부를 통해 화염이 분출하고 천장면에 직접 닿지 못하거나 간헐적으로 도달하므로 연소는 환기요소에 지배되고 연소속도 및 열방출률이 낮게 나타난다.
- 나. PIARC(국제상설도로회의)에서는 연구결과를 통해 온도조건으로 터널 화재 시 벽과 천장에 대한 평가기준을 제시하고 있다.
 - 1) 승용차 화재는 400℃ 정도로 화염이 벽에 도달하면 더욱 높아진다.
 - 2) 버스나 소형 짐차의 화재는 700℃이고 화염이 벽에 도달하면 더욱 높아진다.
 - 3) 연소물품을 가진 HGV(Heavy goods vehicle)은 1,350℃를 적용한다.
 - 4) 가솔린 탱크차량(일반적인 경우)에는 1,350℃를 적용한다.
 - 5) 가솔린 탱크차량(심각한 경우로 배수가 불량한 터널의 붕괴방지 목적)에는 1.400℃를 적용한다.
- 3. "종류식 환기방식"이란 터널 안의 배기가스와 연기 등을 배출하는 환기설 비로서 기류를 종방향(출입구 방향)으로 흐르게 하여 환기하는 방식을 말 한다.
- 4. "횡류식 환기방식"이란 터널 안의 배기가스와 연기 등을 배출하는 환기설 비로서 기류를 횡방향(바닥에서 천장)으로 흐르게 하여 환기하는 방식을 말한다.
- 5. "반횡류환기방식"이란 터널 안의 배기가스와 연기 등을 배출하는 환기설비 로서 터널에 수직배기구를 설치해서 횡방향과 종방향으로 기류를 흐르게 하여 환기하는 방식을 말한다.

해 설

1. 터널의 환기방식



가. 환기방식의 종류

- 1) 자연환기 방식
 - 가) 자연환기방식은 필요환기량이 터널 내 주행 자동차의 피스톤 효과에 의한 자체 풍량만으로 충분할 때 가능함
 - 나) 일반적으로 터널길이 1,000m 이하에 가능함
- 2) 기계환기 방식
 - 가) 기계환기방식은 자연 환기력만으로는 부족한 긴 터널에 적용
 - 나) 기계환기방식은 여러 가지 방식이 있으며, 그 방법의 선택은 도로조건,

지형조건, 지역조건, 교통방향, 교통량, 사고예방 및 구조활동의 용이성, 경제성 등을 감안해야 함.

2. 기계환기 방식의 종류 및 특징

가. 기계환기방식의 종류

기계환기는 공기흐름방식과 덕트 유무에 따라 종류식과 횡류식으로 구분한다. 종류식은 축방향으로 기류를 발생시키는 방식으로 터널 단면 전체를 환기덕트로 활용하며 별도의 덕트를 설치하지 않으며, 입구에서 급기하는 방식과 터널 중앙부에서 수직갱을 통해서 급배기하는 방식이 있다. 횡류식은 터널에 평행하게 설치된 별도의 덕트를 통해서 공기가 급기 또는 배기되는 방식을 말하며, 급기와 배기가 동시에 수행되는 것을 횡류식이라고 하고 급기 또는 배기만 수행하는 경우를 반횡류식이라고 한다.

기계환기방식의 종류

ģ	환기방식	개요	특징
	제트팬식	제트팬 및 교통환기력	- 덕트가 필요 없으므로
	샤카르트식	송기노즐의 분류에 의한 승압력 및 교통환기력	터널 개통 후에도 환 기설비 추가 설치 가
종류식	집중배기방식	갱구로부터 흡입되는 풍량이 있고 교통환기력이 저항으로 작용하는 구간 존재	능함 - 차도 자체를 환기덕트 로 사용하므로 압력손
	수직갱 송배기방식	송기노즐의 승압력 및 교통환기 력에 의함	실이 적고 경제적
	전기집진기식	분진이 여과포 표면에 부착, 퇴 적되어 여과된 공기는 여과포를 지나 배출됨	- 자연풍 및 피스톤작용을 필요로 하는 경우에는 영향평가가 필요함
반횡류식	송기반횡류식	터널 내 송기덕트에 의해서 신선 공기가 공급되고 오염물질이 희 석됨	- 차도 공간과 별개로 덕트공간이 필요하므로
라	배기반횡류식	터널 내 배기 덕트에 의해 오염 물질이 배기되고 양갱구를 통해 서 신선공기가 공급됨	추후 증설이 어렵다 - 별도 덕트 시공으로 종류식보다 고가임
횡류식	어지기 때문에	기해서 송기와 배기가 동시에 이루 횡방향의 흐름이 발생하고 차도 당은 비교적 적다.	- 자연풍의 영향을 비교적 받지 않음

나. 기계환기방식에 따른 제연 특성

환기방식에 따른 제연특성

구분	종류식	횡류식(또는 반횡류식)
연기의 제어 방식에 따른 특성	화재 지역으로부터 대피 반대 방향으로 연기 및 열기류를 제어(제연, Smoke Control)하는 방식으로열기류의 유동 방향 제어가 용이함	화재 지역으로부터 연기를 배연 (Exhaust Smoke)하는 방식으로 연기 및 열기류의 방향성 제어가 곤란하며, 화재 규모가 큰 경우에 는 적용성이 낮음
환기팬 운전제어 방식에 따른 특성	일반적으로 30초에서 1분 이내에 제트팬 정상운전 속도에 도달하며, 터널 내 풍속이 정상상태에 도달 하기 위해서 시간 지연 발생함	송기 반횡류식의 경우 화재 시 배 연모드로 전환하기 위한 대기시간 과 역전운전 후에 정상가동에 필 요한 시간 지연 발생함
통행방식에 따른 특성	양방향 터널보다는 일방향 통행 터널에 대한 적용성이 좋음 교통정체 시에는 연기가 화재 하 류 지역의 차량이나 대피자를 덮 칠 수 있으므로 독일 및 프랑스에 서는 정체빈도가 높은 도시지역의 터널과 대면터널에 대한 적용을 금지하기도 함	일방통행 터널의 경우 차량의 운행에 의해 발생하는 피스톤 효과에 의한 풍속이 항상 존재하므로열기류 방향성 제어가 곤란하여일방통행 터널보다 대면통행 터널에 대한 적용성이 우수함
배연을 위한 환기 용량 산정	연기의 역류를 억제하기 위한 임 계풍속을 유지할 수 있도록 제트 팬 설치 대수를 결정함	화재강도에 다른 연기발생량 및 연기의 확산을 억제할 수 있도록 최소한의 풍속을 얻기 위한 풍량 에 의해서 배연량을 결정함
비상전원	종류식 환기 제연설비 제트팬은 비상발전기에 의해 가동되도록 설 치하므로 정전 등의 비상시 제연 설비 작동 가능함	배기 또는 급기 목적의 대형 축류 팬은 비상전원시설에 의한 가동이 가능하나 발전실 규모와 용량이 큼

- 6. "양방향터널"이란 하나의 터널 안에서 차량의 흐름이 서로 마주보게 되는 터널을 말한다.
- 7. "일방향터널"이란 하나의 터널 안에서 차량의 흐름이 하나의 방향으로만 진행되는 터널을 말한다.

해 설

1. 통행방식

가. 통행방식별 터널현황

우리나라는 2014년 기준 터널의 83.9%가 일방통행방식이고, 4등급 미만이 595개소, 3등급이 507개소, 2등급이 47개소, 1등급터널은 24개소가 있다.

통행방식별 터널 현황

구분	4등급	3등급	2등	급	1등급	합기	겜
1 4	500m	500	1000	2000	3000~	H,	"
	미만	~1000	~2000	~3000	3000~		
일방통행	595	507	219	47	24	1,392	83.9%
대면통행	161	73	25	7	1	267	16.1%
합계	756	580	244	54	25	1,659	100%

나. 일방통행 터널의 연장등급과 방재등급 분석(2014년)

우리나라 일방터널은 2014년 기준 연장등급과 위험도 기준등급으로 1등급 터널이 2개소, 위험도 2등급터널이 32개소, 위험도 3등급터널이 58개소, 위험도 4등급터널이 106개소가 있다.

일방통행 터널의 연장등급과 방재등급 구성

위험도기준등급 연장등급	1	2	3	4	개소	구성비
1(3000m~)	1	0	0	0	1	0.5%
2(1000m~3000m)	1	16	15(1)	0	32	16.2%
3(500m~1000m)	0	16	43	24	83	41.9%
4(~500)	0			82	82	41.4%
개소	2	32	58	106	1	98
구성비	1.0%	16.2%	29.3%	53.5%	1(00%

봉황, 진천, 소조령, 적석1, 다릿재, 남성현, 가포, 양곡, 호박소, 신동천, 백마, 일동, 한계, 마래 엑스포터널 다. 양방향통행 터널의 연장등급과 방재등급 분석(2014년)

우리나라 양방향 터널은 2014년 기준 연장등급과 위험도 기준등급으로 1등급 터널이 2개소, 위험도 2등급 터널이 13개소, 위험도 3등급 터널이 40개소, 위 험도 4등급 터널이 1개소가 있다.

야바하투해	티너이	연장등급과	바케드그	그서
상당상동생	더달의	선성등급과	빙새등급	十分

위험도기준등급 연장등급	1	2	3	4	개소	구성비
1 (3000m~)	1	0	0	0	1	1.8%
2 (1000m~3000m)	1	5	2(속리, 곱티재)	0	8	14.3%
3 (500m~1000m)	0	6	15	0	21	37.5%
4(~500)	0	2	23	1	26	46.4%
개소	2	13	40	1		56
구성비	3.6%	23.2%	71.4%	1.8%	1(00%

- 라. 터널의 통행방식에 따른 환기특성은 일방향 교통에서는 교통환기력을 유효하게 이용할 수 있는 종류식 환기방식이 유리하며, 양방향 교통의 경우에는 교통환기력을 기대할 수 없으므로 횡류방식이나 집중배기방식을 선택하는 것이 유리하다.
- 8. "연기발생률"이란 일정한 설계화재강도의 차량에서 단위 시간당 발생하는 연기량을 말한다.

해 설

1. "연기"란 가연물이 연소나 가열로 열분해되면서 방출하는 각종 가연성 가스에서 유리된 탄소인자와 매연, 미연소 물질의 연소 도중에 응축액, 물방울 입자 등이 공기 중에 부유 확산되어 있는 상태를 말한다.

2. 연기발생량

화재가 발생하였을 때 연료 가스의 제적에 비해 화재에 공급되는 공기의 체적이 상대적으로 크므로 화재 시 발생되는 연기발생량은 뜨거운 가스와 화염의 상승으로 동반되는 공기량과 거의 같다고 볼 수 있으며, 이때 공기량은 화염의 둘레, 화재의 방출열, 바닥과 뜨거운 연기층의 하부 및 천장 아래 형성되는 뜨거운 연기 사이의 거리에 따라 달라진다.

3. 연기발생율

각 국가 차종별 연기발생률과 CO발생률

	연기발생율(Smoke Flow Rate[㎡/s]) 주요 기준 및 화재실험값 CO발생					CO발생율
화원	PIARC	RABT	CETU	NFPA502	EUREKA	(CO Production
	Brussels 1987	(독일) 1994	(프랑스) 1996	(USA) 1998	실형화재 실험	kg/s)
승용차	20	20~40	20	20	-	-
승용밴	-	-	30	-	30	0.02~0.046
승용2~3대	-	-	30	-	-	-
승합버스 및 화물	60	60-90	80	60	50~60	0.077~0.128
화물(Heavy good vehicle)	-	-	50~80	-	-	-
유조차(가솔린 운반차)	100~200	150~300	300	-	-	0.306~0.714

- 가. 터널에서 차량화재가 발생하면 차종별 연소생성물질의 양은 연소상태에 따라서 다르며, 각 국의 설계기준에 제시된 기준치는 다음 표와 같다. PIARC의 경우 승용차 연기발생량은 20㎡/s 정도이다. 버스의 경우 60㎡/s이다. 탱크로리의 경우 100~200㎡/s로 적용하고 있다.
- 나. CO 발생률은 승용밴의 경우에는 00.02~0.046kg/s, 승합버스 및 화물의 경우에는 0.077~0.128kg/s, 유조차(가솔린운반차)의 경우에는 0.306~0.714kg/s로 적용하고 있다.

9. "피난연결통로"란 본선터널과 병설된 상대터널이나 본선터널과 평행한 피난통로를 연결하기 위한 연결통로를 말한다.

해 설

1. 피난 대피시설

가. 개요

피난 대피시설은 터널 내 화재 및 기타 사고에 직면한 도로 이용자 등을 안전 지역으로 대피를 유도하기 위한 설비 및 안전한 공간 등을 말하며, 대피를 직 접적으로 지원하는 대피시설과 간접적으로 지원하는 대피설비로 분류한다.

- 나. 피난대피시설의 종류는 피난연결통로, 피난대피터널, 격벽분리형 피난대피통 로, 비상주차대 등이 있으며, 피난대피설비는 비상조명등, 유도등 등이 있다.
 - 1) "피난연결통로"는 쌍굴터널에서 상대터널을 연결하는 통로, 본선터널과 피 난대피터널을 연결하는 통로, 격벽분리형 피난대피통로와 본선터널을 연결 하기 위한 통로(또는 문) 등을 말한다.
 - 2) "피난대피터널"은 대면통행터널에서 화재 시 터널로부터 안전지역으로 대 피자를 탈출시키기 위한 터널로 본 터널과 평행한 서비스 터널이나 사갱 및 수직갱 등을 의미한다.
 - 3) "격벽분리형 피난대피통로" 는 본선 터널 내에 터널과 격벽에 의해서 분리되어 화재연기 및 열을 차단할 수 있는 통로를 말한다.
 - 4) "비상주차대" 는 터널 내 고장 또는 사고차량이 2차 사고를 유발하지 않도록 정차하기 위한 지역을 말한다.
 - 5) "차단문"은 피난연결통로를 통한 연기의 유출입 방지 및 평상시 환기의 신뢰성 확보를 위해서 설치하는 문으로 방화문 역할을 수행할 수 있도록 하며, 정전 시에도 동작이 용이한 무동력 자동 닫힘 기능을 보유한 문을 말한다.

다. 피난연결통로 설치 지침

- 1) 연장등급이 3등급 이상의 터널에 설치한다.
- 2) 피난연결통로의 설치 간격은 250m 이하로 하며, 750m 이하의 간격으로 구급 차량이 통과할 수 있는 차량용 피난연결통로를 설치한다. 다만, 피난 대치터널이나 격벽분리형 피난대피통로에는 차량용 피난연결통로를 생략할 수 있다.
- 3) 터널연장이 1,200m 이하의 터널에서는 정량적 위험도 평가에 의해서 안전 성 확보가 가능한 경우에는 최대 설치 간격을 300m로 할 수 있다.
- 4) 차량용 피난연결통로의 맞은편에는 차량의 회전 및 고장 차량의 정차를 위해서 비상주차대를 시설하며, 단, 도로의 폭이 비상 차량의 반경을 확보할수 있는 경우에는 비상주차대를 생략할수 있다.
- 5) 피난연결통로는 평상시 환기의 신뢰성과 화재 시 연기의 유입을 막기 위해 서 차단문을 설치한다.
- 6) 피난연결통로에는 비상조명을 설치한다.
- 7) 피난연결통로에는 위치표시를 위한 유도등을 설치하며, 본선 터널의 측벽 부에는 피난연결통로로 유도할 수 있도록 유도등을 설치한다.
- 8) 대인용 피난연결통로의 차단문은 터널 간에 차압이 작용하는 상태에서도 작은 조작력에 의해서 열릴 수 있도록 한다.

라. 피난연결통로 설치 사양

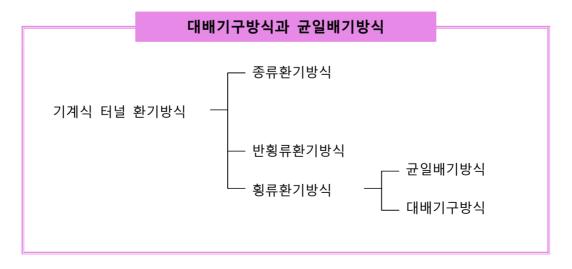
피난연결통로는 대인용과 차량용으로 구분하며, 피난연결통로의 시설한계는 대인용은 최소 2.5(폭)X2.5(높이)m 이상, 차량용 최소 4.7(폭)X3.5(높이)m 이상 으로 한다.

마. 피난 : 대피시설 차단문

1) 차단문의 개구부는 대인용의 경우에는 최소 1.35(폭)X2.0(높이)m 이상을 확보하며, 차량용의 경우에는 구급 차량이 통과할 수 있도록 3.2(폭)X3.5 (높이)m 이상으로 한다. 다만, 격벽분리형 대피통로의 차단문은 확폭할 수 있다.

- 2) 피난연결통로의 차단문은 대인용 65N 이하, 차량용 100N 이하의 조작력으로 열 수 있는 구조로 하며, 평상시에는 항시 닫혀 있는 구조로 한다. 다만, 차단문 양측에 걸리는 압력차가 큰 터널인 경우에는 조작력을 증대할 수 있다.
- 3) 차단문 양측 사이에 압력차가 발생할지라도 개폐가 용이하며, 개폐 여부를 관리사무소 또는 통합관리센터에서 감시가 가능하며, 전원차단에 관계없이 자동닫힘기능을 보유하여야 한다.
- 4) 평상시 배기가스, 분진, 습기차단과 화재 시 화재연기와 열기류에 노출을 고려하여 스테인리스 재질을 사용하고 기밀구조로 한다.
- 5) 차단문 및 고정용 구조물은 800Pa 이상의 압력을 견딜 수 있도록 설치하여 야 한다.
- 10. "배기구"란 터널 안의 오염 공기를 배출하거나 화재 발생 시 연기를 배출하기 위한 개구부를 말한다.

해 설



- 1. "배기구"는 차량이 통행하는 터널에서 자동차 배기가스를 배출하거나 화재가 발생하면 연기를 외부로 배출하기 위하여 설치한 환기구이며 횡류식 환기방 식에서 사용한다.
- 2. "횡류환기방식"은 천장에 설치된 덕트를 통해 별도의 배기구로 배연을 수행하는 방식으로 균일배기 방식과 대배기구방식이 있다.

가. 균일배기 방식

- 1) 횡류환기방식 중 천장에 설치된 덕트를 통해서 배연을 수행하는 배기구를 일정한 간격으로 설치하여 터널 전체에 균일하게 배기가 이루어지는 방식이다.
- 2) 급기구 또는 배기구의 단면적이 작은 소형 급·배기구를 비교적 작은 간격으로 설치한다.
- 3) 화재 시 전역에서 작동하며 각 배기구에 대한 개폐 조정이 불가능하다.
- 4) 환기소에 근접한 급기 또는 배기구에서는 덕트 내 정압이 과도하게 걸려서 풍량이 증가하고 환기소에서 먼 배기 또는 급기구에서는 덕트 내 정압이 감소하여 풍량이 과도하게 감소하는 현상이 발생할 수 있다

나. 대배기구방식

- 1) 횡류환기방식 중 천장에 설치된 덕트를 통해서 배연을 수행하는 방식으로 단면적이 비교적 큰 배기구를 설치한다.
- 2) 화재 발생 시 각 배기구에 대한 개폐 조정이 가능한 전동댐퍼를 설치하여 화재 지점 부근 배기구를 선택적으로 개방하여 집중 배연이 가능하다.

제4조(소화기) 소화기는 다음 각호의 기준에 따라 설치하여야 한다.

- 1. 소화기는 능력단위 (「소화기구의 화재안전기준(NFSC 101)」 제3조제6호에 따른 수치를 말한다. 이하 같다)는 A급 화재는 3단위, 이상, B급 화재는 5단위 이상 및 C급 화재에 적응성이 있는 것으로 할 것
- 2. 소화기의 총 중량은 사용 및 운반의 편리성을 고려하여 7kg 이하로 할 것
- 3. 소화기는 주행차로의 우측 측벽에 50m 이내의 간격으로 2개 이상을 설치하며, 편도 2차선 이상의 양방향 터널과 4차로 이상의 일방향 터널의 경우에는 양쪽 측벽에 각각 50m 이내의 간격으로 엇갈리게 2개 이상을 설치할 것
- 4. 바닥 면(차로 또는 보행로를 말한다. 이하 같다)으로부터 1.5m 이하의 높이 에 설치할 것
- 5. 소화기구함 상부에 "소화기"라고 조명식 또는 반사식의 표지판을 부착하여 사용자가 쉽게 인지할 수 있도록 할 것

해 설

1. 소화기 개요

소화기는 고체, 액체, 기체 소화약제를 가압 또는 축압하여 방사하는 기구로서 화재 초기에 사람이 직접 조작하여 소화하는 기구이다. 소화기는 터널에서 화재가 나면 사용빈도가 가장 높으므로 일반 터널 이용자가 사용하기 적합한 크기와 무 게로 하고 적절한 위치에 설치하여야 한다.

2. 능력단위

- 가. 소화기 및 소화약제에 따른 간이소화용구에 있어서는 법 제36조제1항에 따라 형식승인된 소화기의 능력을 표시하는 것을 말한다.
- 나. 검정시험을 거쳐 능력단위를 인정하여 소화능력단위로 사용한다.
- 다. 검정시험은 A급화재 소화능력시험, B급화재 소화능력시험을 실시한 결과에 의해서 능력단위를 인정한다.

- 라. C급화재에 대한 능력단위는 지정하지 아니하고 방사된 약제가 전기절연성이 면 C급화재에 적응되는 것으로 표시한다.
- 마. K급소화기는 K급화재용 소화기의 소화성능시험에 적합하여야 하며, 능력단 위는 지정하지 않는다.

3. 능력단위의 분류

가. 소형소화기

A급화재용소화기 또는 B급화재용소화기는 능력단위의 수치가 1이상이어야 한다. 또한 대형소화기 이외의 소화기를 말한다.

나 대형소화기

능력단위의 수치는 A급화재에 사용하는 소화기는 10단위 이상, B급화재에 사용하는 소화기는 20단위 이상이어야 하고, 충전하는 소화약제의 양은 위 표의 중량 이상으로 한다.

대형소화기	소화약제	종류별	중량
-------	------	-----	----

소화기의 종류	중량
물소화기	80L 이상
강화액소화기	60L 이상
할로겐화합물소화기	30kg 이상
이산화탄소소화기	50kg 이상
분말소화기	20kg 이상
포소화기	20L 이상

4. 화재분류

가. 국내 화재분류

소화기의 화재적응성에 대한 화재 구분을 국내의 경우는 A급(보통화재), B급 (유류화재), C급(전기화재), K급(주방화재) 화재로 분류하고 있다.

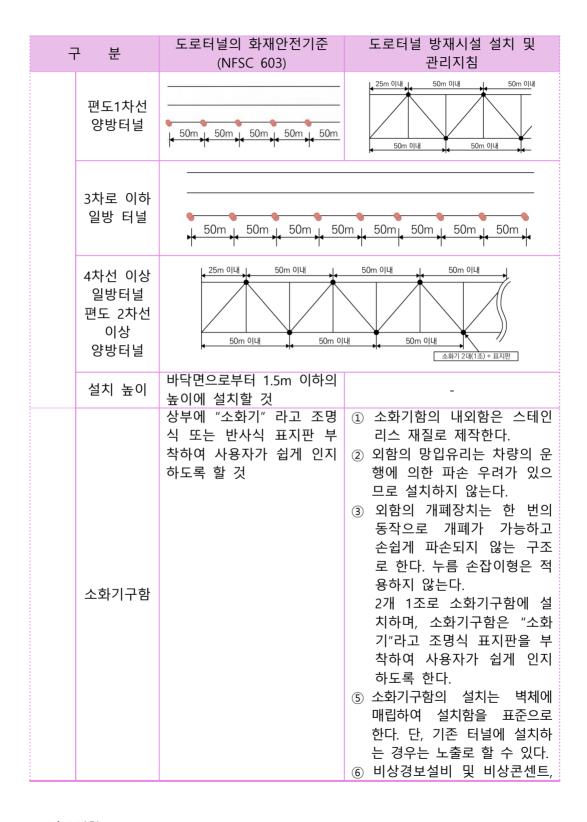
나. NFPA 화재분류 (NFPA 10)

- 1) A급화재 : 나무, 헝겊, 종이, 고무, 플라스틱 등과 같은 일반적인 가연 물질에서 발생하는 화재
- 2) B급화재 : 인화성액체, 가연성 액체, 유지(油脂), 타르, 유성도료, 솔벤트, 래 커, 알코올, 가연성가스 등에서 발생하는 화재
- 3) C급화재 : 통전 중인 전기기기와 관련된 화재
- 4) D급화재 : 마그네슘, 티타늄, 지르코늄, 나트륨, 리튬, 칼륨 등과 같은 가연 성 금속에서 발생하는 화재
- 5) K급화재 : 가연성 조리재료(식물성, 동물성 기름이나 지방)를 포함한 조리기구

5. 법령 비교

소화기 화재안전기준 & 도로터널 방재시설 설치 관리지침

7	1 분	도로터널의 화재안전기준 (NFSC 603)	도로터널 방재시설 설치 및 관리지침
싵	설치대상	모든 터널	※ <u>50m 이상 터널</u>
	능력 단위	A급 3단위 이상 B급 5단위 이상 C급 적응성 있는 것	A급 3단위 이상 B급 5단위 이상 C급 적응성 있는 것
설치	기기 사양	총중량은 운반의 편리성을 고려하여 7kg 이하로 할 것	① 격납, 운반, 소화 조작에 용이한 것 한 것 ② 온도, 습도의 변화에 의해 소화약제가 변질되지 않고 장기간 보존되며, 유지관리가 쉬운 것
기준	설치간격	① 주행차로 우측 벽에 50m 이내 간격으로 2개 이상 설치 ② 편도 2차선 이상의 양방 향 터널과 4차로 이상의 일방향 터널의 경우 양 쪽 측벽으로 각각 50m 이내 간격으로 엇갈리게 설치	① 주행차로 측벽(우측 측벽)에 설치 50m 이하 간격으로 설치 ② 대면통행 터널 및 4차로 이상 일방통행 일방터널은 양쪽 측 벽에 50m 이하의 간격으로 지그재그 설치



구 분	도로터널의 화재안전기준 (NFSC 603)	도로터널 방재시설 설치 및 관리지침
		옥내소화전과 함께 설치되는 경우에는 일체형으로 설치한다. ⑦ 화재 사실의 통보, 분실방지 및 유지관리를 목적으로 소화기 탈착 시 자동으로 이상 신호가 관리사무소 또는 통합관리센터로 통보하도록 설치 권장한다. 다만, 연장이 500m 이하로 경보설비가 설치되지 않은 터널에서는 제외할 수 있다. ⑧ CCTV나 유고감지설비가 설치되는 터널에는 이들 설비와연동하여 경보 발생구역에 대한 집중감시가 이루어지도록한다.

가. 설치대상

- 1) 「도로터널의 화재안전기준(NFSC 603)」은 소화기 설치대상이 모든 터널
- 2) 「도로터널 방재시설 설치 및 관리지침」은 50m 이상 터널에 설치하도록 규 정함

※ 도로터널 방재시설 설치 및 관리지침

제3장 소화설비

- 3.1 소화기구
- 3.1.3 설치지침
- (1) 소화기구
- ① 소화기구는 50m 이상의 터널에 설치한다.

나. 기기사양

「도로터널의 화재안전기준(NFSC 603)」은 소화기 운반의 편리성을 위한 7kg 이하의 소화기를 설치하라고 되어 있으나, 도로터널 방재시설 설치 및 관리지침에는 격납, 운반, 소화 조작에 용이한 것으로 7kg 이하 명시는 없으며, 온도, 습도의 변화에 의해 소화약제가 변질되지 않고 장기간 보존되며, 유지관리가쉬운 것을 설치하라고 규정하고 있다.

다. 설치간격

- 1) 4차선 이상 일방터널 편도 2차선 이상 양방터널 양쪽 측벽으로 각각 50m 이내 간격으로 엇갈리게 설치
- 2) 3차로 이하 일방 터널 한쪽 측벽만 50m 이내 간격으로 설치
- 3) 편도 1차선 양방향 터널
 - ① 「도로터널의 화재안전기준(NFSC 603)」에서는 한쪽 측벽만 설치
 - ② 「도로터널 방재시설 설치 및 관리지침」에서는 양쪽 측벽으로 각각 50m 이내 간격으로 엇갈리게 설치하라고 규정되어 있음

【참고사항】 ---

※ 도로터널 방재시설 설치 및 관리지침

제3장 소화설비

- 3.1 소화기구
- 3.1.3 설치지침
- (1) 소화기구
- ② 소화기구의 설치간격은 50m 이하로 하고, 주행차로의 측벽(우측 측벽)에 설치하는 것을 원칙으로 하나, 구조적인 특성 등 현장조건에 따라 변경할수 있다.
- ③ 대면통행터널 및 4차로 이상의 일방통행터널은 양쪽 측벽에 50m 이하의 간격으로 설치하며, 지그재그(교차)로 설치한다.

라. 설치높이

도로터널의 화재안전기준(NFSC 603)에서는 소화기 설치높이를 바닥에서 1.5m 이하에 설치하라고 되어 있으며, 도로터널 방재시설 설치 및 관리지침은 규정 이 없는 경우 화재안전기준에 준하여 설치하도록 규정되어 있다.

마. 소화기구함 설치기준

- 1) 「도로터널의 화재안전기준(NFSC 603)」 상부에 "소화기"라고 조명식 또는 반사식 표지판 부착하여 사용자가 쉽게 인지하도록 할 것
- 2) 「도로터널 방재시설 설치 및 관리지침」
 - ① 소화기함의 내외함은 스테인리스 재질로 제작한다.
 - ② 외함의 망입유리는 차량의 운행에 의한 파손 우려가 있으므로 설치하지 않는다.
 - ③ 외함의 개폐장치는 한 번의 동작으로 개폐가 가능하고 손쉽게 파손되지 않는 구조로 한다. 누름 손잡이형은 적용하지 않는다.
 - ④ 2개 1조로 소화기구함에 설치하며, 소화기구함은 "소화기"라고 조명식 표 지판을 부착하여 사용자가 쉽게 인지하도록 한다.
 - ⑤ 소화기구함의 설치는 벽체에 매립하여 설치함을 표준으로 한다. 단, 기존 터널에 설치하는 경우는 노출로 할 수 있다.
 - ⑥ 비상경보설비 및 비상콘센트 옥내소화전과 함께 설치되는 경우에는 일체 형으로 설치한다.
 - ⑦ 화재 사실의 통보, 분실방지 및 유지관리를 목적으로 소화기 탈착 시 자동으로 이상 신호가 관리사무소 또는 통합관리센터로 통보하도록 설치권장한다. 다만, 연장이 500m 이하로 경보설비가 설치되지 않은 터널에서는 제외할 수 있다.
 - ⑧ CCTV나 유고감지설비가 설치되는 터널에는 이들 설비와 연동하여 경보 발생구역에 대한 집중감시가 이루어지도록 한다.

제5조(옥내소화전설비) 옥내소화전설비는 다음 각호의 기준에 따라 설치하여 야 한다.

소화전함과 방수구는 주행차로 우측 측벽을 따라 50m 이내의 간격으로 설치하며, 편도 2차선 이상의 양방향 터널이나 4차로 이상의 일방향 터널의 경우에는 양쪽 측벽에 각각 50m 이내의 간격으로 엇갈리게 설치할 것

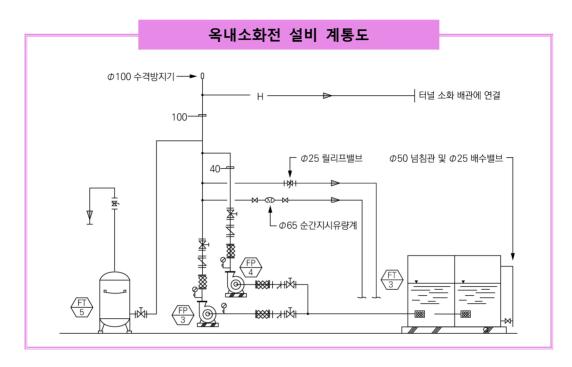
- 2. 수원은 그 저수량이 옥내소화전의 설치개수 2개(4차로의 이상의 터널의 경우 3개)를 동시에 40분 이상 사용할 수 있는 충분한 양 이상을 확보할 것
- 3. 가압송수장치는 옥내소화전 2개(4차로의 이상의 터널의 경우 3개)를 동시에 사용할 경우 각 옥내소화전이 노즐 선단에서의 방수압력은 0.35㎞ 이상이고 방수량은 190ℓ/min 이상이 되는 성능의 것으로 할 것. 다만, 하나의 옥내소화전을 사용하는 노즐 선단에서는 방수압력이 0.7㎞을 초과할 경우에는 호스접결구의 인입측에 감압장치를 설치하여야 한다.
- 4. 압력수조나 고가수조가 아닌 전동기 및 내연기관에 의한 펌프를 이용하는 가압송수장치는 주펌프와 동등 이상인 별도의 예비펌프를 설치할 것
- 5. 방수구는 40mm 구경의 단구형을 옥내소화전이 설치된 벽면의 바닥면으로 부터 1.5m 이하의 높이에 설치할 것
- 6. 소화전함에는 옥내소화전 방수구 1개, 15m 이상의 소방호스 3본 이상 및 방수노즐을 비치할 것
- 7. 옥내소화전설비의 비상전원은 40분 이상 작동할 수 있을 것

해 설

1. 옥내소화전 설비

가. 옥내소화전 개요

옥내소화전 설비는 화재 발생 초기에 터널의 관리자나 이용자가 화재조기 진 압을 할 수 있도록 구조물 내에 설치한 수동식 소화설비로서 소화용 수원, 가 압송수장치, 배관, 방수구, 소방용 호스와 노즐, 옥내소화전함, 전원설비 등으로 이루어진 설비를 말한다.



나. 옥내소화전 용어

- 1) "고가수조"란 구조물 또는 지형지물 등에 설치하여 자연낙차의 압력으로 급수하는 수조를 말한다.
- 2) "압력수조"란 소화용수와 공기를 채우고 일정 압력 이상으로 가압하여 그 압력으로 급수하는 수조를 말한다.

2. 법령 비교

옥내소화전 화재안전기준 & 도로터널 방재시설 설치 관리지침

구	분		도로터널의 화재안전기준 (NFSC 603)	도로터널 방재시설 설치 및 관리지침
설치대상			길이 1000m 이상	연장 2등급 이상이거나, 방재 2등급 이상
설치 기준	방 수 구	설 치	① 주행차로 우측 측벽을 따라 50m 이내의 간격으로 설치하며 ② 편도 2차선 이상의 양방향	① 통행방식 상관없이 3차로 이하는 한쪽 측벽에 50m 이내로 설치하되 일방통행은 주행차로 우측설치가 원칙 (단,

구	분		도로터널의 화재안전기준 (NFSC 603)	도로터널 방재시설 설치 및 관리지침
			터널이나 4차로 이상의 일 방향 터널의 경우에는 양 쪽 측벽에 각각 50m 이내 의 간격으로 엇갈리게 설 치할 것	
		3 차 선 이 하	50m 50m 50m 50m	50m + 50m + 50m
		4 차 선 이 상	25m 0 Lil 50m 0	50m 이내 50m 이내 <u>소화기 2대(1至) + 丑지</u> 만
		설 치	40m 구경의 단구형을 옥내소 화전이 설치된 벽면의 바닥으 로부터 1.5m 이하의 높이에 설치할 것	40m 구경의 단구형
	개≤	화전 소 · 원	· ·	동시사용 소화전 개소는 2개소 (4차로 이상은 3개소)로 하고 수 원은 소화전용으로 한다.
	가 송 장	수	① 옥내소화전 2개 (4차로 이상 터널은 3개)를 동시에 사용할 경우 방수 압력은 0.35㎞ 이상, 방수량은 190ℓ/min이상 되는 성능으로 할 것. 다만, 노즐선단 방수압력이 0.7㎞ 초과할 경우 호스접결구의 인입	① 동시사용 소화전 개소는 2개 소로 하고 4차로 이상 터널 은 3개소로 한다. ② 노즐 선단의 방수압력은 0.35세A 이상, 방수량은 190ℓ/min 이상 ③ 방수지속시간은 소방차 출동 시간을 고려하여 산정하며 최소 40분 이상

구	분	도로터널의 화재안전기준 (NFSC 603)	도로터널 방재시설 설치 및 관리지침
		축에 감압장치를 설치하여 야 한다. ② 압력수조나 고가수조가 아 닌 내연기관에 의한 펌프이용 시 가압송수장치는 주펌프와 동등 이상의 예비펌프 설치할 것	
	설치 높이	방수구는 40mm 구경의 단구형을 옥내소화전이 설치된 벽면 바닥으로부터 1.5m 이하의 높이에 설치	
	비상 전원	옥내소화전설비 비상전원은 40분 이상 작동할 수 있을 것	가압송수장치를 40분 이상 작동
	소화전 함	소화전함에는 옥내소화전 방수구 1개, 15m 이상 소방호스 3본 이상 및 방수노즐을 비치할 것	방수구, 소방호스, 노즐은 소화전 함에 비치하며, 소방호스의 총연 장은 45m 이상

가. 설치대상

- 1) 「도로터널의 화재안전기준(NFSC 603)」은 길이 1000m 이상 터널에 설치
- 2) 「도로터널 방재시설 설치 및 관리지침」은 연장 2등급 이상이거나, 방재 2등급 이상 터널에 설치하도록 규정함
- 3) 방재 2등급

터널연장기준 방재등급 2등급터널

등급	터널 연장(L) 기준등급	위험도지수(X) 등급
2	1,000m 이상, 3,000m 미만 (1,000 ≦L < 3,000m)	19 < X ≦ 29

--- 【참고사항】 ---

※ 연장등급이 3등급 이상인 터널의 방재등급이 연장등급보다 1단계 이상 높으면 1단계 상위등급으로 적용하고, 1단계 낮으면 1단계 하위 등급으로 적용한다. 단, 방재등급이 연장등급보다 하위등급이 되는 경우에는 정량적 위험도 평가를 실시하여 터널의 안전성이 확보되는 경우에 적용하며, 연장등급4등급인 터널은 적용하지 않는다. (「도로터널 방재시설 설치 및 관리지침」 2.3.2 터널위험도 산정기준)

나. 방수구

- 1) 4차선 이상 일방터널 편도 2차선 이상 양방터널 양쪽 측벽으로 각각 50m 이내 간격으로 엇갈리게 설치
- 2) 3차로 이하 일방터널 한쪽 측벽만 50m 이내 간격으로 설치

다. 소방대상물별 옥내소화전 설치기준

소방대상물별 옥내소화전 비교

구분	도로터널	건	물
下正	옥내소화전	옥내소화전	호스릴 옥내소화전
소방규정	NFSC 603	NFSC	102
방수압	0.35MPa	0.17MPa	0.17MPa
방수량	190 l /min	130 l /min	130 l /min
호스길이	15mX3본	수평 25m	수평 25m

- 1) 도로터널은 방수압 0.35씨, 건물의 옥내소화전은 0.17씨이다.
- 2) 도로터널 방수량 190l/min 건물의 옥내소화전은 130l/min이다.
- 3) 도로터널은 호스 길이를 15mX3본으로 정하였으나, 건물의 경우에는 호스

길이에 대한 규정은 없고, 수평거리 25m만 있으며, 실무에서는 15m 호스 2본을 소화전함에 설치하고 있다.

라. 가압송수장치

- 1) 설치기준
 - 가) 동시사용 옥내소화전 개소는 2개소로 하고 4차로 이상 터널은 3개소로 한다.
 - 나) 옥내소화전 방수압력은 0.35㎞ 이상, 방수량은 190ℓ/min 이상으로 함. 다만, 노즐선단 방수압력이 0.7㎞ 초과할 경우 호스접결구의 인입 측에 감압장치를 설치할 것
 - 다) 방수지속 시간은 40분 이상 작동할 수 있도록 함

2) 감압장치

가) 반동력

- ① 가압송수장치의 용량은 최대 옥내소화전 2개(4차로 이상인 경우 3개)를 동시에 사용하였을 때 만족할 수 있는 것으로 선정하라는 의미이다. 만일 소화전이 3개소(4차로 이상인 경우)이상 설치되어 있다면, 소화펌프로부터 가장 멀리 있는 소화전을 기준으로 3개를 동시에 사용하였을 때 만족할 수 있는 용량이어야 한다. 옥내소화전이 3개소(4차로 이상인 경우)이상 설치되어 있다면, 가압송수장치의 용량은 최소 190L/min x 3개 = 570L/min 이상으로 설치하여야 한다.
- ② 도로터널의 옥내소화전의 기준 방수량은 0.35MPa에서 190L/min을 기준으로 한다. 옥내소화전 방수 시 반동력에 의한 인명안전을 고려하여 옥내화전의 최대사용 압력을 0.7MPa로 제한하고 있다.

나) 반발력 계산

반발력
$$R = 0.015 \times d^2 \times 10 P_{margle}[N]$$

여기서 d : 노즐구경(mm)

P : 노즐압력 (MPa)

노즐 반발력 비교

구분	도로터널	건축	축물
下亡	옥내소화전	옥내소화전	호스릴 옥내소화전
방수량(ℓ/min)	190	130	130
호스 구경(mm)	40	40	25
노즐 구경(mm)	40	40	25
반발력(N)	302	142	49

다) 감압방법

- ① 소화전 말단 호스접결부위에 감압용 오리피스를 설치하는 방식
- ② 펌프 토출 측에 감압밸브를 설치하여 제한 압력 이하로 낮추어 송수하는 방식
- ③ 펌프의 위치변경 또는 시스템의 구성을 통하여 압력을 낮추어 송수하는 방식

마. 수원

- 1) 「도로터널 방재시설 설치 및 관리지침」은 옥내소화전 수원은 전용으로 설치하도록 되어 있음
- 2) 「옥내소화전의 화재안전기준(NFSC 102)」은 옥내소화전 수원을 수조로 설 치하는 경우에는 소방설비의 전용수조로 하여야 한다. 다만, 다음 각호의 어느 하나에 해당하는 경우에는 그러하지 아니하다.
 - 가) 옥내소화전펌프의 후드밸브 또는 흡수배관의 흡수구(수직회전축밸브의 흡수구를 포함한다.)를 다른 설비(소방설비 이외의 것을 말한다.)의 후드 밸브 또는 흡수구보다 낮은 위치에 설치한 때
 - 나) 고가수조의 자연낙차를 이용한 가압송수장치에 따른 고가수조로부터 옥

내소화전설비의 수직배관에 물을 공급하는 급수구를 다른 설비의 급수 구보다 낮은 위치에 설치한 때

- 3) 「옥내소화전의 화재안전기준(NFSC 102)」수원 설치기준
 - 가) 점검에 편리한 곳에 설치할 것
 - 나) 동결방지조치를 하거나 동결의 우려가 없는 장소에 설치할 것
 - 다) 수조의 외측에 수위계를 설치할 것
 - 라) 수조의 상단이 바닥보다 높을 때에는 수조의 외측에 고정식 사다리를 설치할 것
 - 마) 수조가 실내에 설치된 때에는 그 실내에 조명설비를 설치할 것
 - 바) 수조의 밑 부분에는 청소용 배수밸브 또는 배수관을 설치할 것
 - 사) 수조의 외측의 보기 쉬운 곳에 "옥내소화전설비용 수조"라고 표시한 표 지를 함께 하여야 한다.
 - 아) 옥내소화전펌프의 흡수배관 또는 옥내소화전설비의 수직배관과 수조의 접속부분에는 "옥내소화전설비전용배관"이라고 표시한 표지를 할 것

바. 소화전함 설치기준

- 1) 옥내소화전설비의 화재안전기준(NFSC 102) 소화전함 설치기준
 - 가) 옥내소화전설비의 함은 다음 각호의 기준에 따라 설치하여야 한다.
 - (1) 함은 소방청장이 정하여 고시한 「소화전함 성능인증 및 제품검사의 기술기준」에 적합한 것으로 설치하되 밸브의 조작, 호스의 수납 등에 충분한 여유를 가질 수 있도록 할 것. 연결송수관의 방수구를 같이 설치하는 경우에도 또한 같다.
 - (2) 옥내소화전함은 층마다 설치하되, 해당 특정소방대상물의 각 부분으로 부터 하나의 옥내소화전함까지 수평거리가 25m 이하가 되도록 할 것. 수평거리 기준을 초과하는 경우로서 기둥 또는 벽이 설치되지 아니한 대형공간의 경우는 다음과 같이 설치할 수 있다.
 - ① 호스 및 관창은 방수구의 가장 가까운 장소의 벽 또는 기둥 등에 함께 설치하여 비치할 것

- ② 방수구의 위치표지는 표시등 또는 축광도료 등으로 상시 확인이 가 능토록 할 것
- 나) 옥내소화전설비의 함에는 그 표변에 "소화전"이라는 표시와 그 사용요령을 기재한 표지판(외국어병기)을 붙여야 한다.
- 2) 「도로터널 방재시설 설치 및 관리지침」소화전함 설치지침
 - 가) 소화전함은 스테인리스 강관으로 제작하며, 밸브의 조작, 호스의 수납 등에 충분한 여유 공간을 확보할 수 있도록 제작하며, 소화전함에는 '소 화전'이라는 표시를 하여 인지할 수 있도록 설치
 - 나) 소화기구함의 설치는 터널 라이닝 벽체에 매입하여 설치함을 표준이며, 기존터널 설치 시 노출 가능
 - 다) 수동식소화기, 비상경보설비 및 비상콘센트와 함께 설치되는 경우에는 일체형으로 설치
 - 라) 소화전함 문의 개폐 시 자동으로 경보를 발생할 수 있도록 하며, 수신반 과 연동되도록 구성
 - 마) CCTV가 설치되는 터널에서는 CCTV와 연동하여 경보 발생구역에 대한 집중감시가 이루어질 수 있도록 하고, CCTV와 수동으로 연동해제 가능할 것

제5조의2 (물분무소화설비) 물분무소화설비는 다음 각호의 기준에 따라 설치하여야 한다.

물분무 헤드는 도로면에 1m²당 6l/min 이상의 수량을 균일하게 방수할 수 있도록 할 것

- 2. 물분무설비의 하나의 방수구역은 25m 이상으로 하며, 3개 방수구역을 동시에 40분 이상 방수할 수 있는 수량을 확보할 것
- 3. 물분무설비의 비상전원은 40분 이상 기능을 유지할 수 있도록 할 것

해 설

1. 물분무소화설비

가. 물분무소화설비 개요

물분무소화설비란 소화수를 헤드 또는 노즐을 통해 고압, 중압, 저압으로 분사하여 물입자를 미세하게 분무하여 물방울 표면적을 넓게 하여 스프링클러의 적용이어려운 유류화재나 전기화재 등에 적용하기 위한 소화설비이다. 물분무소화설비는 방사되는 물분무 입자에 의한 냉각작용, 질식작용, 희석작용, 유화작용을 통해 소화하는 설비이며, 화재의 연소 및 확대를 억제하여 대피자 보호, 소화활동 지원, 구조물 보호를 위한 소화설비를 말한다. 물분무소화설비는 수원, 가압송수장치, 밸브, 배관, 화재감지장치, 시험장치, 헤드 또는 노즐로 구성되어 있다.

나. 용어

- 1) "분분무(Water Spray)"란 특별히 설계된 헤드 또는 장치로부터 방출되며, 미리 정해진 패턴, 입자크기, 속도, 살수밀도를 가지고 있는 형태의 물을 말한다.
- 2) "물분무소화설비(Water Spray System)"란 화재 시 소화용수를 노즐 또는 헤드를 통해 분사하여 화재를 진압함과 동시에 화재 시 발생하는 열에 의해서 터널 시설이 손상되지 않도록 냉각 보호하고 복사열을 차단하여 화재의 확산을 방지하는 자동소화설비로 미분무소화설비를 포함한다.
- 3) "물분무소화 헤드 또는 노즐"이라 함은 화재 시 직선류 또는 나선류의 물을 미립상태로 분무하기 위한 기구를 말한다.
- 4) "충돌(Impingement)"이란 물분무 헤드로부터 직접 분사되는 작은 물방울이 방호표면을 치는 것
- 5) "제어밸브(Control Valve)"란 설비로의 급수를 제어하는 데 사용되는 표시형 밸브
- 6) "폐쇄형 물분무헤드(Automatic Water Spray Nozzle)" 캡에 일정한 힘이 가해져 밀폐 상태로 유지되던 분사 오리피스가 감열소자의 동작에 따라 자동 개방되면 압력을 받은 물이 특정한 패턴으로 분무하도록 설계된 기구

- 7) "화재감지장치(Fire Detection Equipment)"란 열, 연기, 불꽃 등 연소와 직접적으로 관련된 하나 이상의 성분을 자동적으로 감지할 수 있는 장치
- 8) "살수밀도(Stream Density)"란 방호구역 또는 방호표면 대한 살수밀도로서 단위는 $\ell/\min/m^2$ 임
- 9) "소화(Extinguishment of Fire)"란 물분무 입자에 의한 냉각, 수증기로 인한 질식, 액체의 유화, 희석작용 등의 소화효과로 화재를 완전하게 진화
- 10) "연소제어(Control of Burning)"란 화재가 발생할 수 있는 장치 또는 지역에 가연물이 제거되거나 소화될 때까지 화재로부터의 열방출을 제한하고, 연소속도를 제어하기 위하여 물분무를 사용하는 것으로 가연성 물질이 물분무로 완전하게 소화되지 않거나 완전한 소화가 바람직한 것으로 고려되지 않을 때 적용
- 11) "급수배관"이란 수원 및 옥외송수구로부터 물분무헤드에 급수하는 배관을 말함
- 12) '일제개방밸브"란 화재 발생 시 자동 또는 수동식 기동장치에 의해 개방되는 밸브를 말하며, 방수구역을 선택적으로 변경할 수 있는 밸브폐쇄 기능이 있어야 함

다. 물분무소화설비 효과

1) 소화(Extinguishment of fire)

화재를 완전히 진압하는 것으로 물분무 입자에 의한 냉각효과, 수증기로 인한 질식작용, 액체의 유화, 희석작용 등의 원리로 화재 시 가연물에 직접 소화하는 것을 말한다.

2) 연소제어(Control of burning)

연소제어는 물분무 입자가 방사되었을 때 가연물에 직접 도달한 물분무 입자수와 분포도가 충분하지 않아 열방출률을 급격히 감소시키지 못하고 연소가 확대되지 않도록 화재의 크기를 제한하는 것을 말하며, 재발화방지 효과가 크다.

3) 노출방호, 연소확대방지(Exposure protection)

화재가 발생하면 화재로 인한 복사열, 대류열, 전도열이 주위에 학산되어 주변 가연물에 착화되어 연소되거나, 인근에 있는 구조물을 손상시킬 수 있으므로 화

재가 발생하면 물분무 입자가 열확산이 되지 않도록 차단하는 것을 말한다.

4) 화재예방(Prevention of fire)

화재가 발생하면 초기에 화재 확산의 요인이 될 수 있는 인화성물질을 용해, 희석, 냉각하거나 연소범위 이하로 농도를 감소시켜 화재가 확신되지 않도록 출 화를 예방하는 것을 말한다.

라. 물분무소화설비 소화 원리

1) 냉각효과(Surface Cooling)

화재 발생 시 미세 물분무 입자로 열에 의해 증발되면서 주위의 열을 뺏는 효과로 물방울이 연소면을 전체적으로 덮을 경우 냉각효과가 좋다. 그러나 인화성액체나 가스 생성물에 대해서는 효과는 낮다.

2) 희석효과 (Dilution)

수용성 액체 위험물의 경우 방사되는 물분자의 입자수에 따라 수용성 위험물이 비인화성 농도로 희석되는 것을 말하며, 수용성 액체류를 비인화성으로 만드는 데 필요한 양 이상의 물분무 입자를 방사해야 한다.

3) 질식작용(Smothering by steam produced)

화재 발생 시 물분무 입자가 기화되면서 화재표면을 차단하여 산소 공급을 억제하는 것을 말한다. 물분무 입자와 같이 물방울이 크기가 작은 경우에는 표면적이 커서 질식작용이 효과적이다. 그러나 질식작용의 경우에는 물분무설비가화재발생구역 전역에 설치되어 화재의 강도가 화재표면을 차단할 수 있는 수증기를 충분히 발생시킬 수 있어야 효과적이다.

4) 유화작용(Emulsification)

유화작용은 물과 비수용성 액체가 일반적으로는 혼합되지 않지만 용기 속에 물분무입자가 속도에너지를 가지고 유표면에 방사되어 섞이면 일시적으로 혼합 상태를 유지하게 되면서 물과 기름의 혼합으로 에멀전(Emulsion) 상태가 되는 것을 말하며, 유화상태가 된 가연성 액체 표면에서 가연성 기체의 증발을 억체하여 연소범위 이하로 되어 연소를 억제하는 효과를 가진다.

마. 물분무소화설비 적응장소

- 1) 적응장소
 - ① 인화성 가스 및 액체 등의 화재
 - ② 전기설비(변압기, 유입 개폐기, 전동기, 케이블트레이)
 - ③ 일반가연물(종이, 목재, 섬유류 등)
 - ④ 특정한 위험성 있는 고체(Certain Hazardous Solid)
- 2) 비적응 장소
 - ① 물과 심하게 반응하는 물질 또는 물과 반응하여 위험한 물질을 생성하는 물질의 저장 및 취급장소
 - ② 고온의 물질 및 증류범위가 넓어 끓어 넘칠 위험이 있는 물질의 저장 및 취급장소
 - ③ 기계 운전 시 표면의 온도가 섭씨 260°C 이상으로 되는 경우 직접 물분 무가 방사되었을 경우에 손상을 입힐 수 있는 기계장치 등이 있는 장소

2. 물분무소화설비구성



가. 물분무헤드

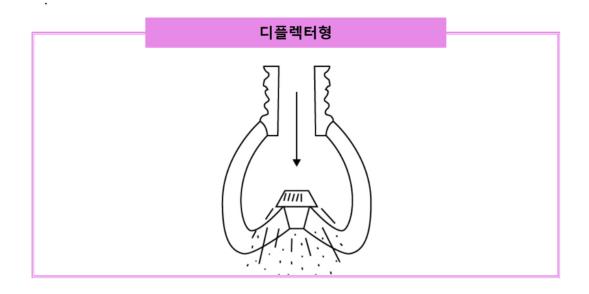
1) 정의

물분무헤드는 화재 시 직선류 및 나선류의 물을 충돌, 확산시켜 미립상태 (0.02~2.5µm)로 분무함으로써 소화하는 헤드를 말한다.

2) 물분무헤드의 종류

가) 디플렉터형(Deflector Type)

오리피스(유로)를 통해 줄어드는 수류의 빨라진 유속으로 살수판(반사판, 디 플렉터)에 충돌시켜 미세한 물방울을 만드는 물분무혜드를 말한다.



소방청 | 689

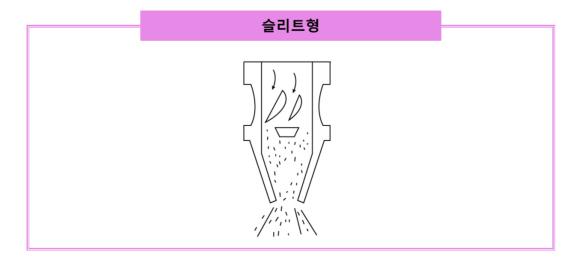
나) 선회류형

선회류에 의해 확산 방출하거나 선회류와 직선류의 충돌에 의해 확산 방출하여 미세한 물방울을 만드는 물분무헤드를 말한다.



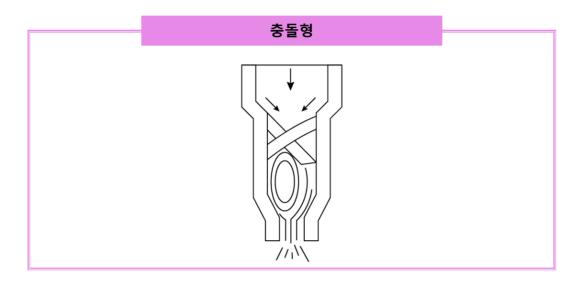
다) 슬리트형(Slit Type)

수류를 슬리트(좁고 길다란 구멍)에 의해 방출하는 방식으로 수막상의 미세한 물방울을 만드는 물분무헤드이고 이물질에 취약한 단점이 있다.



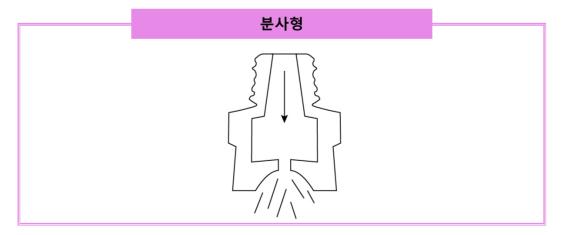
라) 충돌형

헤드 내에서 유수와 유수의 충돌에 의해 미세한 물방울을 만드는 것으로 작은 물방울들이 오리피스를 통과하면서 충돌로 분무를 형성하는 물분무헤드를 말한다.

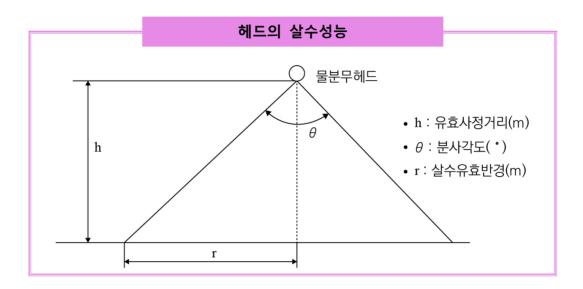


마) 분사형

소구경의 오리피스(Orifice)로부터 고압으로 분사하여 오리피스를 통과하는 순간 미세한 분무 형태를 형성하는 것을 분사형 헤드라고 한다.



- 3) 물분무헤드의 살수 성능
 - 가) 물분무헤드의 살수 성능은 「소화설비용헤드의 성능인증 및 제품검사 기술기준」에 의해 물분무헤드 표준방사압은 0.35Ma로 시험하게 되어있다.



- 나) 물분무헤드의 경우에는 스프링클러설비나 포헤드 설비처럼 헤드 수평거리나 헤드 간 거리에 관해 규정하고 있지 않다. 물분무헤드는 제조사별로 유효사정거리, 분사각도, 살수유효반경 등 형식에 따른 사양이 달라서, 화재를 소화하기 위해 필요한 헤드를 적절히 배치하도록 규정하고있으며 소요개수 및 배치 방법은 설계자가 선정한 헤드에 대해 제조사헤드 성능을 고려하여 결정하여야 한다.
- 다) 물분무헤드에 대한 국내 성능시험기준은 표준방사압은 0.35MPa로 1개 헤 드를 시험장치에 부착하고 2회 방사하여 분사각도, 표준방수량, 유효사 정 거리를 측정하는 것으로 다음의 물분무헤드의 살수성능 표와 같다.

물분무헤드의 살수성능 (소화설비용헤드의 성능인증 및 제품검사 기술기준 제7조)

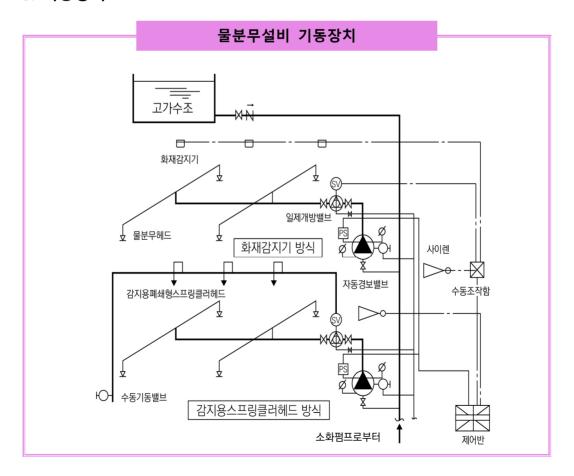
분사각도 $ heta$ (°)	표준방수량(lpm)	유효사정거리 h (m)
30° 이상 60° 미만	30 이상 40 이상 50 이상	4 이상 4 이상 4 이상
60° 이상 90° 미만	30 이상 40 이상 50 이상 60 이상 75 이상	2 이상 3 이상 4 이상 4 이상 4 이상
90° 이상 110° 미만	30 이상 40 이상 50 이상 60 이상 70 이상	2 이상 2 이상 3 이상 3 이상 4 이상
110° 이상 140° 미만	30 이상 60 이상	2 이상 2 이상

나. 제어밸브

- 1) 제어밸브는 유수감지장치 1차 측에 설치하여 급수를 차단하는 개폐표시형 밸브를 말한다. 제어밸브는 물분무헤드에서 방수가 될 경우에 방수를 중단 하거나 소화 후 설비를 종료시키거나 수리 보수를 위해서 유수검지장치나 일제개방밸브를 보수할 경우 등 급수차단을 목적으로 설치한다.
- 2) 제어밸브는 급수배관에 설치되어 급수를 차단하는 개폐밸브이므로 탬퍼스 위치(Tamper Switch)를 설치하여 폐쇄되면 수신기에 표시되고 경보를 발생 하여야 한다.
- 3) 제어밸브는 일제개방밸브 담당구역마다 설치하도록 한다.



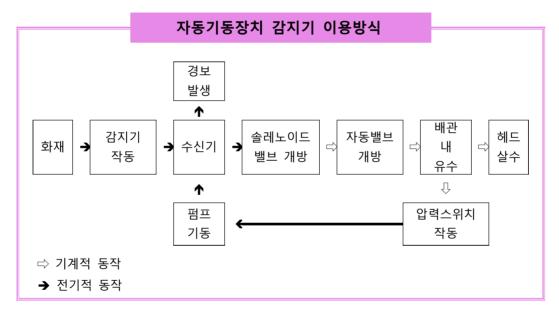
3. 기동장치



가. 자동식 기동장치

자동화재탐지설비의 감지기 작동 또는 폐쇄형 스프링클러 헤드의 개방과 연동하여 경보를 울리고 가압송수장치와 자동개방밸브를 기동하는 것을 말한다.

- 1) 전기적 방식(감지기 기동방식)
 - 가) 감지기가 동작하면 수신기로 신호가 입력되고 자동개방밸브의 전자밸브가 작동하여 자동개방밸브가 자동으로 개방하게 된다. 자동개방밸브가 개방 하게 되면 배관 내 압력의 변화를 감지하여 펌프가 자동기동하는 방식을 말한다.

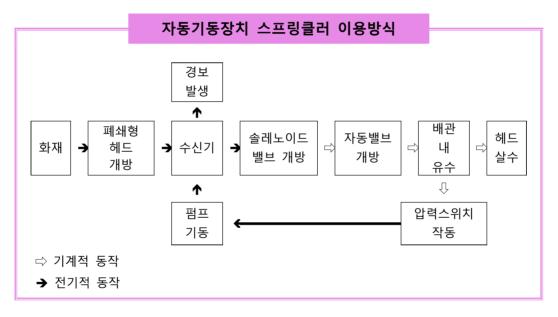


나) 작동순서

- ① 화재 발생
- ② 감지기 1회로가 작동하면 화재 발생 경보를 울리고 감지기 2회로가 작 동하면 수신기에서 일제개방밸브에 부착된 솔레노이드 밸브가 작동되도 록 신호를 보낸다.
- ③ 자동개방밸브의 솔레노이드 밸브가 개방되고 일제개방밸브 내 가압수가 방출되어 밸브 내 감압 현상으로 인해 다이어프램이 열린다.

- ④ 자동개방밸브가 작동하여 1차 측 가압수가 2차 측의 빈 배관으로 흘러들어가서 유수에 의해 알람 스위치가 작동되어 유수경보장치가 동작한다.
- ⑤ 배관 내 물의 압력이 낮아지면 펌프실의 압력챔버에 설치된 압력스위치 가 압력을 감지하여 펌프를 기동한다.
- ⑥ 가압수가 개방된 물분무 헤드를 통해 살수된다.
- 2) 기계적 방식(폐쇄형헤드 기동)

자동개방밸브와 접속되어 있는 스프링클러 폐쇄형 헤드가 개방되면 배관 내유수로 인하여 압력변화가 발생하여 자동개방밸브가 자동으로 개방되고 압력변화를 감지하여 펌프가 자동으로 기동한다.



가) 작동순서

- ① 화재 발생
- ② 열에 의해 자동개방밸브의 기동용 폐쇄형 스프링클러 헤드의 감열부가 파열되어 개방된다.
- ③ 자동 개방 밸브 내 중간챔버실의 감압으로 밸브가 개방되며 개방된 헤드로 압력수가 빠져나가면 자동개방밸브가 개방된다.
- ④ 자동개방밸브가 작동하여 1차 측 가압수가 2차 측의 빈 배관으로 흘러

들어가서 유수에 의해 알람 스위치가 작동되어 화재경보를 발생한다.

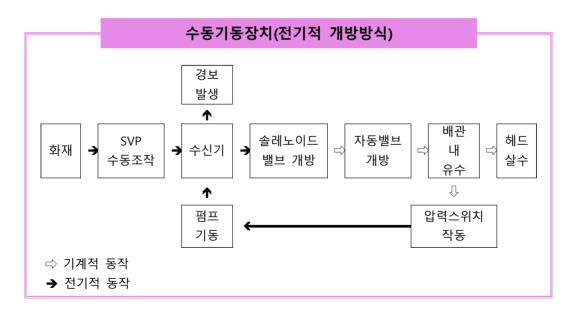
- ⑤ 배관 내 물의 압력이 낮아지면 펌프실의 압력챔버에 설치된 압력스위치 가 압력을 감지하여 펌프를 기동한다.
- ⑥ 가압수가 개방된 물분무 헤드를 통해 살수된다.

나. 수동식 기동장치

물분무설비의 헤드는 비감지형 개방형헤드이기 때문에 자동개방밸브를 자동이나 수동으로 개방시켜 주어야 하는데 설치된 밸브를 수동으로 조작하는 장치는 수동 기동장치라고 하고 직접조작에 의한 기계적 방식과 원격조작에 의한 전기적 방식이 있으며 직접조작 또는 원격조작에 의해서 각각의 수동식 개방밸브와 가압송수 장치를 동작시키거나, 자동식 개방밸브와 가압송수장치를 동작하는 장치를 말한다.

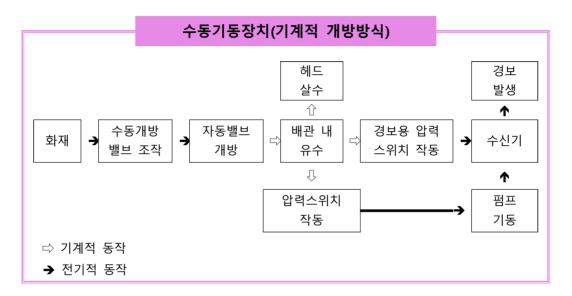
1) 수동기동장치(전기적 방식)

수동기동장치 중 전기적 방식은 전동으로 동작하는 MOV(전동밸브, Motor Operating Valve) 등을 설치하고 원격조작 버튼을 원격으로 동작시켜 밸브를 개방하는 것을 말한다.



2) 수동기동장치(기계적 방식)

수동기동장치 중 기계적 개방방식은 수동개방밸브를 직접 손으로 조작하여 개방하는 것을 말한다.



4. 법령 비교

물분무소화설비 화재안전기준 & 도로터널 방재시설 설치 관리지침

구 분	도로터널의 화재안전기준 (NFSC 603)	도로터널 방재시설 설치 및 관리지침
설치대상	지하가 중 예상교통량, 경사도 등 터널의 특성을 고려하여 행 정안전부령으로 정하는 터널	방재등급 1등급 이상
설치기준	물분무설비의 하나의 방수구역 은 25m 이상으로 하며, 3개 방 수구역을 동시에 40분 이상 방 수할 수 있는 수량을 확보할 것	물분무소화설비의 방수구역은 25~50m로 하며, 2~3구역(75m 이상)을 동시에 40분 이상 방수 할 수 있는 소화용수를 확보한다
헤드	도로면에 1m²당 6%/min 이상 방수	도로면(비상주차대, 갓길 포함)에 1㎡당 6ℓ/min 이상 방수

구 분	도로터널의 화재안전기준 (NFSC 603)	도로터널 방재시설 설치 및 관리지침
개요도	75m 25m 25m 25m 25m 25m 25m	100m 25m 50m 25m 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4
방수구역	25m 3구역 최대 75m	50m 2구역 최대 100m
헤드 수량	15개(75 ÷ 5 = 15)	207H(100 ÷ 5 = 20)
방수량	6000(l/min) 헤드 방수량 400(l/min) 적용 시	8000(l/min) 헤드 방수량 400(l/min) 적용 시
제어밸브	소화전함당 2개	소화전함당 1개
비상전원	40분 이상 기능 유지	40분 이상 기능 유지
설치기준		물분무소화설비의 작동은 관리 자가 CCTV에 의해서 방수구역 에 대피자가 없는 것을 확인하 고 방수함을 원칙으로 한다. 다 만, 급격한 화재의 확산으로 조 기에 방수하는 경우에는 3회 경 고 방송 시행 후 확인하고 방수 할 수 있다.

가. 설치대상

1) 「도로터널의 화재안전기준(NFSC 603)」에는 지하가 중 예상교통량, 경사도 등 터널의 특성을 고려하여 행정안전부령으로 정하는 터널

[참고사항]

「화재예방, 소방시설 설치・유지 및 안전관리에 관한 법률 시행규칙」제6조 (소방시설을 설치하여야 하는 터널) ② 영 [별표 5] 제1호바목7) 본문에서 "행정안전부령으로 정하는 터널"이란「도로의 구조・시설 기준에 관한 규칙」 제48조에 따라 국토교통부장관이 정하는 도로의 구조 및 시설에 관한 세부 기준에 의하여 물분무설비를 설치하여야 하는 터널을 말한다.

제48조(도로의 구조 등에 관한 세부적인 기준) 이 규칙에서 정한 사항 외에 도로의 구조 및 시설의 기준에 관한 세부적인 사항은 국토교통부장관이 정하 는 바에 따른다.

터널연장기준 방재등급 1등급터널

등급	터널 연장(L) 기준등급	위험도지수(X) 등급
1	3,000m 이상 (L > 3,000m)	X > 29

【참고사항】 -

※ 연장등급이 3등급 이상인 터널의 방재등급이 연장등급보다 1단계 이상 높으면 1단계 상위등급으로 적용하고, 1단계 낮으면 1단계 하위등급으로 적용한다. 단, 방재등급이 연장등급보다 하위등급이 되는 경우에는 정량적위험도 평가를 실시하여 터널의 안전성이 확보되는 경우에 적용하며, 연장등급 4등급인 터널은 적용하지 않는다. (「도로터널 방재시설 설치 및 관리지침」 2.3.2 터널위험도 산정기준)

나. 방수구역

1) 「도로터널의 화재안전기준(NFSC 603)」에는 하나의 방수구역은 25m 이상으로 하며, 3개 방수구역 최대 75m이며, 동시에 40분 이상 방수할 수 있는 수량을 확보하라고 정하고 있음

2) 「도로터널 방재시설 설치 관리지침」에서는 방수구역은 25~50m로 하며, 2~3구역(75m 이상)으로서 2구역 최대 방수구역 100m이며, 동시에 40분 이상 방수할 수 있는 소화용수를 확보하라고 규정하고 있음

다. 방수량

- 1) 「도로터널의 화재안전기준(NFSC 603)」에는 헤드 방수량 400(l/min) 적용 시 헤드 수량 15개(75m ÷ 5m/개 = 15개)로 6000(l/min)이 된다.
- 2) 「도로터널 방재시설 설치 관리지침」에서는 헤드 방수량 400(l/min) 적용 시 헤드 수량 20개(100m ÷ 5m/개 = 20개)로 8000(l/min)이 된다.

라. 밸브설치

- 1) 「도로터널의 화재안전기준(NFSC 603)」에는 3개의 방수구역이 최대 75m 이고 소화전함의 설치간격은 50m 이내로 되어있으므로 소화전함 1개에 방수구역 2개소를 제어하는 밸브 2개를 설치하여야 한다.
- 2) 「도로터널 방재시설 설치 관리지침」에는 1개의 방수구역이 25~50m이므로 2구역 방수구역이 최대 100m이므로 소화전함 1개에 방수구역 1개소를 제어하는 제어밸브 1개를 설치할 수 있도록 규정하고 있다.

마. 작동

「도로터널 방재시설 설치 및 관리지침」에는 대피자의 피난 안전성을 고려하여 작동 시 관리자가 CCTV에 의해서 방수구역에 대피자가 없는 것을 확인하고 방수함을 원칙으로 한다. 다만, 급격한 화재의 확산으로 조기에 방수하는 경우에는 3회 경고 방송 시행 후 확인하고 방수할 수 있도록 규정하고 있다.

제6조 (비상경보설비) 비상경보설비는 다음 각호의 기준에 따라 설치하여야 한다.

- 1. 발신기는 주행차로 한쪽 측벽에 50m 이내의 간격으로 설치하며, 편도 2차선 이상의 양방향 터널이나 4차로 이상의 일방향 터널의 경우에는 양쪽의 측벽에 각각 50m 이내의 간격으로 엇갈리게 설치할 것
- 2. 발신기는 바닥면으로부터 0.8m 이상 1.5m 이하의 높이에 설치할 것
- 3. 음향장치는 발신기 설치 위치와 동일하게 설치할 것. 다만, 「비상방송설비의 화재안전기준(NFSC 202)」에 적합하게 설치된 방송설비를 비상경보설비와 연동하여 작동하도록 설치한 경우에는 비상경보설비의 지구음향장치를 설치하지 아니할 수 있다.
- 4. 음향장치의 음량은 부착된 음향장치의 중심으로부터 1m 떨어진 위치에 서 90dB 이상이 되도록 할 것
- 5. 음향장치는 터널 내부 전체에 동시에 경보를 발하도록 설치할 것
- 6. 시각경보기는 주행차로 한쪽 측벽에 50m 이내의 간격으로 비상경보설 비 상부 직근에 설치하고, 전체 시각경보기는 동기방식에 의해 작동될 수 있도록 할 것

해 설

1. 비상경보설비

가. 비상경보설비 개요

비상경보설비는 화재 발생 시 화재장소 또는 통합센터 및 관리사무소에 경보를 발령하여 화재를 통보할 수 있는 설비로서 비상벨, 발신기, 중계기 및 수신기 등으로 구성되어 있다.

- 나. 비상경보설비 용어
 - 1) "비상벨설비"란 화재 발생 상황을 경종으로 경보하는 설비
 - 2) "자동식 사이렌설비"란 화재 발생 상황을 사이렌으로 경보하는 설비
 - 3) '발신기"란 화재 발생 신호를 수신기에 수동으로 발신하는 장치
 - 4) "수신기"란 발신기에서 발하는 화재 신호를 직접 수신해서 화재의 발생을 표시하고 경보해 주는 장치

다. 비상경보설비구성

1) 비상벨

비상벨은 기동장치, 음향장치, 표시등, 비상전원, 배선 등으로 구성되어 있고 기동장치는 발신기 세트의 누름 스위치를 사용하며 경종, 표시등, 누름 스위치를 일체형으로 한 발신기 세트를 사용한다.

2) 발신기

화재가 발생하면 수동으로 화재 발생 신호를 직접 수신기에 발신하거나 중계기 통해 수신기로 발신하는 장치를 말하며, P형, M형, T형이 있다.

3) 중계기

감지기나 발신기가 작동하면 입력 신호를 받아 수신기나 제어반으로 발신하고 제어 신호를 발신하는 것으로 구역 내의 작동된 신호를 수신기 등에 중계하거나 통보하며, 제어기능을 중계하여 송출하는 장치이다.

4) 수신기

감지기나 발신기의 동작에 의한 신호를 직접 수신하거나 또는 중계기를 통해 수신한 신호에 주경보를 발령하고 화재 발생 상태 표시를 직접 송출하거나 중계 기를 통해 대응하는 출력 신호를 송출하는 장치이다.

5) 시각경보장치

자동화재탐지설비에서 발하는 화재 신호를 시각경보기에 전달하여 청각장애인에게 점멸형태의 시각경보를 하는 설비이다.

2. 법령 비교

비상경보설비 화재안전기준 & 도로터널 방재시설 설치 및 관리지침

구	분	도로터널의 화재안전기준 (NFSC 603)	도로터널 방재시설 설치 및 관리지침
설치대상		500m 이상	연장3등급이상(500~1000m)
발신기 음향장치	설치 기준	① 주행차로 한쪽 측벽에 50m 이내 간격으로 설치 ② 편도 2차선 이상의 양방 향터널이나 4차로 이상	① 통행방식에 상관없이 터널 내 차로 수가 3차로 이하인 경우 는 한쪽 측벽에 50m 이내로 설치

구	분	도로터널의 화재안전기준 (NFSC 603)	도로터널 방재시설 설치 및 관리지침
		의 일방향 터널은 양쪽 의 측벽에 50m 이내로 엇갈리게 설치	② 통행방식에 상관없이 터널 내 차로 수가 4차로 이상인 경우 에는 양쪽 측벽에 50m 이내 로 지그재그로 설치
설치위치	3차선 이하	50m + 50m + 50m + 50	50m 50m 50m
	편도 2차선, 양방 4차선 이상	25m 이내 50m 이내 50m 이내 50m 이내 50m 이내 소화기 2대(1조) + 표지판	
시각 경보기	설치 기준	주행차로 한쪽 측벽에 50m 이내의 간격으로 비상경보설 비 상부 직근에 설치	_
설치위치	설치도	14 50m 14 50m 14 50m 14 50m	
발신기		바닥면으로부터 0.8m 이상 1.5m 이하의 높이에 설치	1) 기기사양 ① 발신기는 일반적으로 지구 경종, 위치표시등과 일체형으로하며, 패널 형태의 단독형 또는 소화전함과 일체형으로 설치한다. ② 발신기의 위치를 표시하는 표시등은 부착면으로부터 15°이상의 범위 안에서 부착지점으로부터 10m 이내의 지점에서식별이 가능하도록 설치한다. 2) 설치지침 ① 발신기는 소화기함이나 소화

구 분	도로터널의 화재안전기준 (NFSC 603)	도로터널 방재시설 설치 및 관리지침
		전함 상부에 수평으로 설치하 며, 발신기, 음향장치, 음향공 (158mm Bell) 위치표시등과 병 설하여 설치 ② 조작스위치는 점검로 바닥으 로부터 0.8m 이상 1.5m 이하 의 위치에 설치
음향장치	① 음량은 부착된 음향장치의 중심으로부터 1m 떨어진 위치에서 90dB 이상 ② 음향장치는 발신기 설치위 치와 동일하게 설치할 것 ③ 음향장치는 터널 내부 전 체에 동시에 경보를 발하 도록 설치할 것	① 음향장치는 모터 구동형을 하며, 음량은 부착된 음향장치의 중심으로부터 1m 떨어진위치에서 90dB 이상 ② 음향장치는 정격전압의 80%전압에서 음향을 발생할 수있어야 한다.
시각경보기	주행차로 한쪽 측벽에 50m 이내의 간격으로 비상경보설 비 상부 직근에 설치하고 전 체 시각경보기는 동기방식에 의해 작동되도록 설치할 것	
비상전원설비	감시상태를 60분간 지속한 후 유효하게 10분 이상 경보할 수 있도록 설치할 것.	감시상태를 60분 지속한 후 10분 이상 경보 가능
배선		내화배선
수신기	「자동화재탐지설비 및 시각경 보장치의 화재안전기준(NFSC 203)」수신기 설치기준 참조	 기기사양 발신기의 발신 위치를 인식할 수 있을 것 발신기와 통신이 가능한 구조 일 것

구 분	도로터널의 화재안전기준 (NFSC 603)	도로터널 방재시설 설치 및 관리지침
		 ③ 수신기는 감지기, 중계기, 또는 발신기가 작동하는 위치를 표시할 수 있는 기능을 가질 것 2) 설치지침 ① 관리자가 화재경보를 인지하기에 용이한 장소에 설치 ② 긴급전화에 의해서 비상상황이나 화재 상황이 통보되는 경우 관리자가 수동으로 비상벨을 경보할 수 있을 것 ③ 2개소 이상에서 수신기를 운영하는 경우에는 온도 및 습도에 대한 보호 대책을 강구하여야 한다. ④ 수신기를 옥외에 설치할 경우에는 온도 및 습도에 대한 보호 대책을 강구할 것 ⑤ 관리자가 없는 터널인 경우에는 119 속보기능을 내장하여관할 소방서 또는 터널통합관리사무소(유지관리사무소 포함)로 연계하여야한다.

가. 설치대상

- 1) 「도로터널의 화재안전기준(NFSC 603)」은 길이 500m 이상 터널에 설치
- 2) 「도로터널 방재시설 설치 및 관리지침」은 연장 3등급 이상 터널에 설치하도록 규정함

나. 비상경보설비 설치

- 1) 발신기, 음향장치((NFSC 603) 및 도로터널 방재시설 설치 및 관리지침)
 - 가) 4차선 이상 일방터널 편도 2차선 이상 양방터널 양쪽 측벽으로 각각 50m 이내 간격으로 엇갈리게 설치

- 나) 3차로 이하 일방 터널 한쪽 측벽만 50m 이내 간격으로 설치
- 2) 시각경보기(NFSC 603)
 - 가) 주행차로 한쪽 측벽에 50m 이내 간격으로 비상경보설비 상부 직근에 설치하고 전체 시각경보기는 동기방식에 의해 작동될 수 있도록 할 것
 - 나) 시<u>각경보기는 화재안전기준에서는 「자동화재탐지설비 및 시각경보장치의 화재안전기준(NFSC 203)」에 규정되어 있으나, 「도로터널의 화재안전기준(NFSC 603)」에서는 제7조 자동화재탐지설비가 아니라 제6조 비상경보설비 기준에 속해 있다.</u>

다. 수신기 설치기준

- 1) 「자동화재탐지설비 및 시각경보장치의 화재안전기준(NFSC 203)」 자동화재 탐지설비 수신기 설치기준
 - 가) 해당 특정소방대상물의 경계구역을 각각 표시할 수 있는 회선 수 이상 의 수신기를 설치할 것
 - 나) 4층 이상의 특정소방대상물에는 발신기와 전화통화가 가능한 수신기를 설치할 것
 - 다) 수위실 등 상시 사람이 근무하는 장소에 설치할 것
 - 라) 수신기가 설치된 장소에는 경계구역 일람도를 비치할 것
 - 마) 수신기의 음향기구는 그 음량 및 음색이 다른 기기의 소음 등과 명확히 구별할 수 있는 것으로 할 것
 - 바) 수신기는 감지기 · 중계기 또는 발신기가 작동하는 경계구역을 표시할 수 있는 것으로 할 것
 - 사) 종합방재반을 설치한 경우에는 해당 조작반에 수신기의 작동과 연동하여 감지기 · 중계기 또는 발신기가 작동하는 경계구역을 표시할 수 있는 것으로 할 것
 - 아) 2 이상의 수신기를 설치하는 경우에는 수신기 상호 간에 연동하여 화재 발생 상황을 각 수신기마다 확인할 수 있도록 할 것

2) 「도로터널 방재시설 설치 및 관리지침」

가) 기기사양

- ① 발신기의 발신 위치를 인식할 수 있을 것
- ② 발신기와 통신이 가능한 구조일 것
- ③ 수신기는 감지기, 중계기, 또는 발신기가 작동하는 위치를 표시할 수 있는 기능을 가질 것

나) 설치지침

- ① 관리자가 화재경보를 인지하기에 용이한 장소에 설치
- ② 긴급전화에 의해서 비상상황이나 화재 상황이 통보되는 경우 관리자가 수동으로 비상벨을 경보할 수 있을 것
- ③ 2개소 이상에서 수신기를 운영하는 경우에는 온도 및 습도에 대한 보호 대책을 강구하여야 한다.
- ④ 수신기를 옥외에 설치할 경우에는 온도 및 습도에 대한 보호 대책을 강구할 것
- ⑤ 관리자가 없는 터널인 경우에는 119 속보기능을 내장하여 관할 소방 서 또는 터널통합관리사무소(유지관리사무소 포함)로 연계하여야 한다.

라. 시각경보기 설치기준

- 1) 복도·통로·청각장애인용 객실 및 공용으로 사용하는 거실(로비, 회의실, 강의실, 식당, 휴게실, 오락실, 대기실, 체력단련실, 접객실, 안내실, 전시실, 기타이와 유사한 장소를 말한다)에 설치하며, 각 부분으로부터 유효하게 경보를 발할 수 있는 위치에 설치할 것
- 2) 공연장 · 집회장 · 관람장 또는 이와 유사한 장소에 설치하는 경우에는 시선이 집중되는 무대부 부분 등에 설치할 것
- 3) 설치높이는 바닥으로부터 2m 이상 2.5m 이하의 장소에 설치할 것. 다만, 천장의 높이가 2m 이하인 경우에는 천장으로부터 0.15m 이내의 장소에 설치하여야 한다.
- 4) 시각경보장치의 광원은 전용의 축전지설비 또는 전기저장장치(외부 전기에

너지를 저장해 두었다가 필요한 때 전기를 공급하는 장치)에 의하여 점등 되도록 할 것. 다만, 시각경보기에 작동전원을 공급할 수 있도록 형식승인 을 얻은 수신기를 설치한 경우에는 그러하지 아니하다.

제7조 (자동화재탐지설비) ① 터널에 설치할 수 있는 감지기의 종류는 다음 각호의 어느 하나와 같다.

- 1. 차동식 분포형 감지기
- 2. 정온식감지선형감지기(아날로그식에 한한다. 이하 같다)
- 3. 중앙기술심의위원회의 심의를 거쳐 터널화재에 적응성이 있다고 인정된 감지기
- ② 하나의 경계구역의 길이는 100m 이하로 하여야 한다.
- ③ 제1항에 의한 감지기의 설치기준은 다음 각호와 같다. 다만, 중앙기술심의위원회의 심의를 거쳐 제조사 시방서에 따른 설치방법이 터널화재에 적합하다고 인정되는 경우에는 다음 각호의 기준에 의하지 아니하고 심의 결과에 의한 제조사 시방서에 따라 설치할 수 있다.

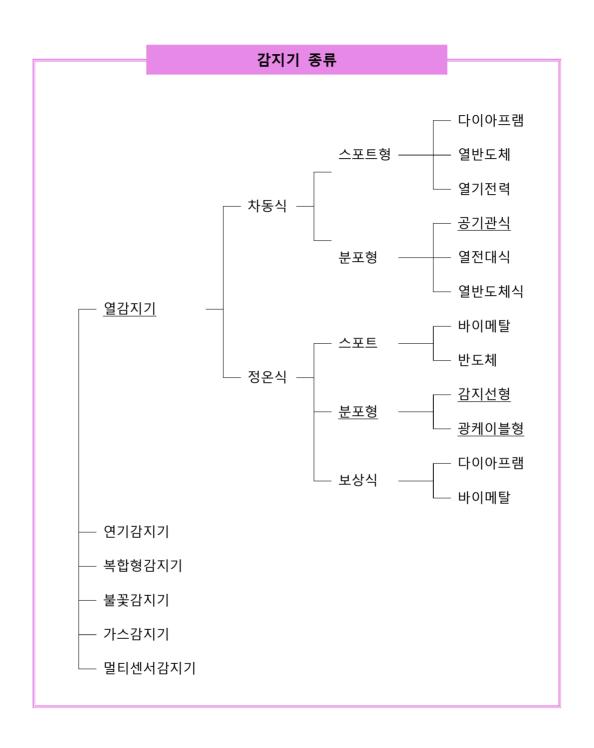
감지기의 감열부(열을 감지하는 기능을 갖는 부분을 말한다. 이하 같다)와 감열부 사이의 이격거리는 10m 이하로, 감지기와 터널 좌 · 우측 벽면과의 이격거리는 6.5m 이하로 설치할 것

- 2. 제1호에도 불구하고 터널 천장의 구조가 아치형의 터널에 감지기를 터널 진행방향으로 설치하고자 하는 경우에는 감열부와 감열부 사이의 이격거 리를 10m 이하로 하여 아치형 천장의 중앙 최상부에 1열로 감지를 설치 하여야 하며, 감지기를 2열 이상으로 설치하고자 하는 경우에는 감열부 와 감열부 사이의 이격거리는 10m 이하로 감지기 간의 이격거리는 6.5m 이하로 설치할 것
- 3. 감지기를 천장면(터널 안 도로 등에 면한 부분 또는 상층의 바닥 하부면을 말한다. 이하 같다)에 설치하는 경우에는 감지기가 천장면에 밀착되지 않도록 고정금구 등을 사용하여 설치할 것
- 4. 형식승인 내용에 설치방법이 규정된 경우에는 형식승인 내용에 따라 설치할 것. 다만, 감지기와 천장면과의 이격거리에 대해 제조사의 시방서에 규정되어 있는 경우에는 시방서의 규정에 따라 설치할 수 있다.
- ④ 제2항에도 불구하고 감지기의 작동에 의하여 다른 소방시설 등이 연동되는 경우로서 해당 소방시설 등의 작동을 위한 정확한 발화위치를 확인할 필요가 있는 경우에는 경계구역의 길이가 해당 설비의 방호구역 등에 포함되도록 설치하여야 한다.
- ⑤ 발신기 및 지구음향장치는 제6조를 준용하여 설치하여야 한다.

해 설

1. 자동화재탐지설비

- 가. 자동화재탁지설비 개요
 - 1) 자동화재탐지설비란 화재 시에 발생하는 열 또는 연기 및 불꽃 등을 초기 단계에서 감지하여 자동으로 경보음을 벨 또는 음향장치를 통해 울려서 소 방대상물의 관계자에게 알리고, 거주하고 있는 사람들이 신속하게 피난할 수 있도록 하기 위한 설비를 말한다.
 - 2) 자동화재탐지설비의 구성요소
 - 가) 수신기(Fire Alarm Control Panel) : 감지기나 발신기로부터 보내는 신호를 직접 수신하거나 이들 신호를 중계기를 통해서 수신하여 화재 발생 상황을 소방대상물의 관계자에게 통보하여 주고 자동소화설비 등에 제 어 신호를 송출한다. 수신기의 종류에는 P형, R형, M형 등이 있다.
 - 나) 중계기(Transponder) : 감지기나 발신기 등의 작동으로 발생한 신호를 받아 수신기에 신호를 중계하거나 각각의 발신기나 감지기 신호를 회선 마다 고유 신호로 변화하여 수신기에 송신하는 역할을 하며, 수신기 신호를 중계하여 각종 시설 작동 신호를 보낸다. 중계기에는 감시기능의 중계기와 제어기능의 중계기 등이 있다.
 - 다) 감지기(Detector): 화재로 인해 발생하는 열, 연기, 불꽃 등을 감지하여 자동으로 화재 신호를 수신기에 발신하는 기능을 하는 것을 말한다. 감지기의 종류에는 열감지기, 연기감지기, 불꽃감지기, 복합형감지기, 아날 로그감지기 등이 있다.
 - 라) 발신기(Manual Fire Alarm Box) : 화재가 발생하였을 때 사람이 수동으로 스위치를 눌러 화재 신호를 수신기에 전달하는 것을 말한다.
 - 마) 음향장치 : 화재가 발생하면 수신기에서 제어 신호를 받아서 음향으로 경보를 보내는 기능을 한다.
- 나. 감지기 종류



2. 터널에 설치할 수 있는 감지기

터널 감지기 비교

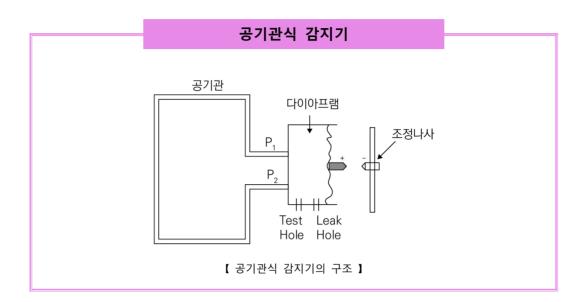
	차동식 분포형	정온식감지기			
종별	감지기	정온식 감지선형감지기	광센서 감지선형		
구조	센서튜브(동관) 설치	절연피복을 입힌 아연도강선	내열성 광섬유케이블		
감지방식	동관내부의 열에 의해 내부공기압의 상승으 로 접점 접촉방식	정온식 감지기능	차동식, 정온식, 보상식 감지기능		
형식	보통형 1종 공기관식	방수형 1종 70℃ 또는 90℃	방수형, 재용형, 아날로그식		
설치높이	0~15m	0~4m	0~20m		

가. 차동식 분포형 감지기

1) 차동식 감지기

주위 온도가 일정 온도 상승률(℃/sec) 이상이 되었을 때 이를 감지하는 방식의 감지기로서 일국소의 열효과를 감지하는 Spot형과 광범위한 주위 열의 누적을 감지하는 분포형으로 나뉜다.

- 2) 차동식분포형 감지기 종류
 - 가) 공기관식 분포형감지기
 - (1) 구조 : 공기관식 감지기는 공기관과 검출부로 구성되어 있으며, 검출부는 다이아프램, Leak Hole, Test Hole로 이루어져 있다.
 - (2) 검출부
 - ① 다이아프램 : 공기관 팽창에 의해 접점을 붙이는 기능을 한다.
 - ② Leak Hole : 낮은 온도상승에 의한 오보 방지를 위해 공기를 누설하는 기능을 한다.



③ Test Hole : 공기관 감지기 시험을 위해 사용한다.

(3) 작동

① 평상시 완만한 온도상승

공기관 내에서 팽창된 일정기준 이내의 공기팽창은 공기량이 검출부의 Leak Hole을 통해 배출되어 다이아프램이 접점에 붙지 않고 화재 신호를 발신하지 않는다.

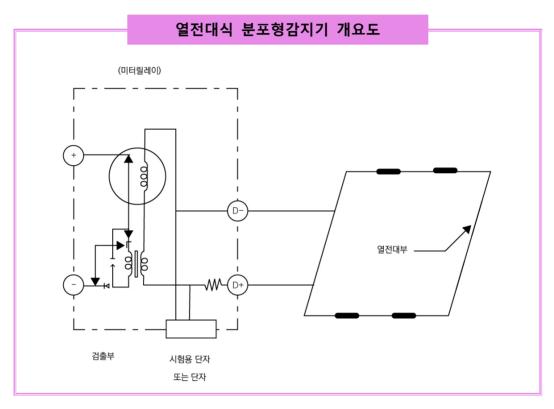
② 화재에 의한 급격한 온도상승

공기관 내의 공기가 급격히 팽창되어 다이아프램을 밀어올려 접점을 형성한다. Leak Hole로 일부 공기가 누설되지만, 온도상승률이 높아서 다이아프램 접점을 붙여서 화재 신호를 발신한다.

- (4) 공기관식 분포형 감지기 설치기준
 - ① 공기관의 노출 부분은 감지구역마다 20m 이상이 되도록 할 것
 - ② 공기관과 감지구역의 각 변과의 수평거리는 1.5m 이하가 되도록 하고, 공기관 상호 간의 거리는 6m(주요구조부가 내화구조인 경우 9m) 이하가 되도록 할 것
 - ③ 공기관은 도중에 분기하지 말 것

- ④ 하나의 검출 부분에 접속하는 공기관의 길이는 100m 이하가 되도록 할 것
- ⑤ 검출부는 5° 이상 경사되지 아니하도록 부착할 것
- ⑥ 검출부는 바닥으로부터 0.8m 이상 1.5m 이하의 위치에 설치할 것

나) 열전대식 분포형감지기

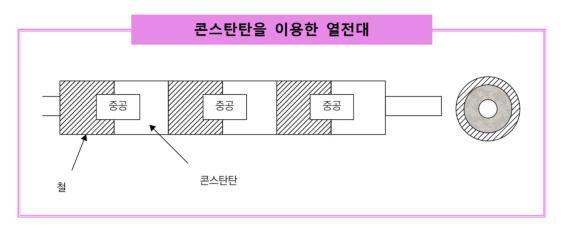


(1) 열전대식 분포형 감지기 개요

- ① 열전대식 분포형 감지기는 Seebeck effect(제백효과)에 의해 발생되는 열기전력에 의해 화재를 검출 감지기를 말한다.
- ② 제백효과(seebeck effect)는 2종의 금속 또는 반도체를 폐로가 되게 접속하고, 접속한 2점 사이에 온도차를 주면 기전력이 발생하여 전 류를 흘리는 현상으로 온도상승에 의한 열용량 차이의 발생으로 열 기전력을 발생하게 하여 화재를 검출한다.

(2) 열전대식 감지기의 구조

- ① 열전대식 감지기는 리드선에 철(Fe)과 콘스탄탄을 접합시켜 제백효과(seebeck effect)를 이용한다.
- ② 콘스탄탄은 Cu 55%와 Ni 45%의 합금이며 열전대 효과가 크다.



(3) 동작원리

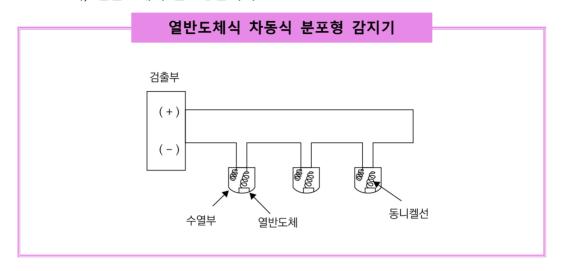
- ① 화재가 발생하면 열전대부에 급격한 온도상승이 발생되어 열전대에 전달된다.
- ② 제백효과(seebeck effect)에 의해 열기전력이 큰 것은 (+) 방향으로 작은 것은 (-) 방향으로 흐른다.
- ③ 양방향으로 흐르는 열기전력 차이의 누적에 따른 전위차가 발생하여 릴레이에 전류가 흐르게 되고, 이 전류를 검출해서 화재 신호를 보낸다.
- ④ 완만한 온도상승에는 양 접합부 사이의 온도상승에 대한 열용량의 차이가 거의 없어 화재 신호가 발생하지 않는다.

(4) 설치기준

① 열전대부는 감지구역의 바닥면적 18m²(주요구조부가 내화구조로 된 특정소방대상물에 있어서는 22m²)마다 1개 이상으로 할 것. 다만, 바닥면적이 72m²(주요구조부가 내화구조로 된 특정소방대상물에 있어서는 88m²) 이하인 특정소방대상물에 있어서는 4개 이상으로 하여야한다.

② 하나의 검출부에 접속하는 열전대부는 20개 이하로 할 것. 다만, 각각의 열전대부에 대한 작동 여부를 검출부에서 표시할 수 있는 것(주소형)은 형식승인받은 성능인정 범위 내의 수량으로 설치할 수 있다.

다) 열반도체식 분포형감지기



(1) 열반도체식 감지기 개요

열반도체식 차동식 분포형감지기는 광범위한 지역에서 온도상승에 의해 발생하는 열반도체에서 열기전력에 의해 화재를 검출하는 감지기를 말한다.

- (2) 열반도체식 감지기 구조
 - ① 열반도체 소자 : Bi-Sb-Te계 화합물로 열기전력을 발생시킨다.
 - ② 동, 니켈선 : 단자와 열반도체를 연결하며, 열반도체와 역방향의 열기전력을 발생시킨다.
 - ③ 수열캡 : 감열부에서 열을 유효하게 받을 수 있도록 한다.
- (3) 열반도체식 감지기 동작원리
 - ① 화재가 발생하면 온도상승으로 수열캡을 온도가 상승한다.
 - ② 수열캡에 밀착되어 있는 열반도체 소자에 제백효과(seebeck effect) 로 인한 열기전력이 발생하여 여러 개의 감열부에서 누적된 열에 의해 화재를 검출한다.
 - ③ 동니켈 선에 반도체와 역방향의 열기전력이 발생되어 완만한 온도상 승에 의한 반도체 소자에서 열기전력을 상쇄하여 오작동을 억제한다.

(4) 열반도체식 감지기 설치기준

열반도체식 감지기 종류별 부착 높이

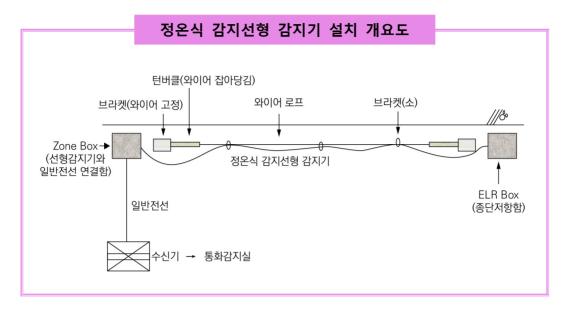
부착 높이 및 소방대상물의 구분		감지기의 종류	
丁当 重 "	구역 표이 옷 꼬리네잉물의 구군		
8m 미만	주요구조부가 내화구조로 된 소방대상물 또는 그 구분	65	36
om 기년	기타 구조의 소방대상물 또는 그 부분	40	23
۵m Oldt 15m ПП	주요구조부가 내화구조로 된 소방대상물 또는 그 구분	50	36
8m 이상 15m 미만	기타 구조의 소방대상물 또는 그 부분	30	23

- ① 감지부는 그 부착 높이 및 특정소방대상물에 따라 다음 표에 따른 바닥면적마다 1개 이상으로 할 것. 다만, 바닥면적이 다음 표에 따른 면적의 2배 이하인 경우에는 2개(부착높이가 8m 미만이고, 바닥면적이 다음 표에 따른 면적 이하인 경우에는 1개) 이상으로 하여야 한다.
- ② 하나의 검출기에 접속하는 감지부는 2개 이상 15개 이하가 되도록할 것. 다만, 각각의 감지부에 대한 작동 여부를 검출기에서 표시할수 있는 것(주소형)은 형식승인받은 성능인정 범위 내의 수량으로설치할 수 있다.

나 정온식 감지선형 감지기

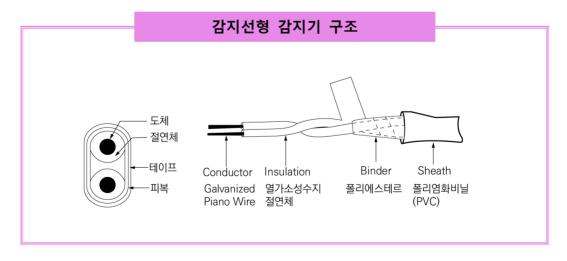
1) 정온식 감지선형 감지기 개요

정온식 분포형 감지선형 감지기는 전선의 형태로 화재발생으로 주위온도가 일정온도 이상일 경우 가용절연물이 용융되어 절연물 내부의 접점이 형성되는 방식이다. 주로 일국소의 화재를 검출하고 길이가 긴 형태의 대상에 적합하다.



2) 정온식 감지선형 감지기 구조

- ① 내부선: 스프링에 사용하는 강철선(Piano wire)으로 꼬여 있다.
- ② 가용절연물(Heat Sensitive Material) : 절연재료인 에틸셀룰로즈(Ethyle Cellulose)로 화재 감지하여 온도상승 시 용융되어 강철선에 단락된다.
- ③ 내피(Protective Tape) : 보호 테이프
- ④ 외피(Outer Cover): 난연성 피복으로 방수 및 내용물을 보호한다.

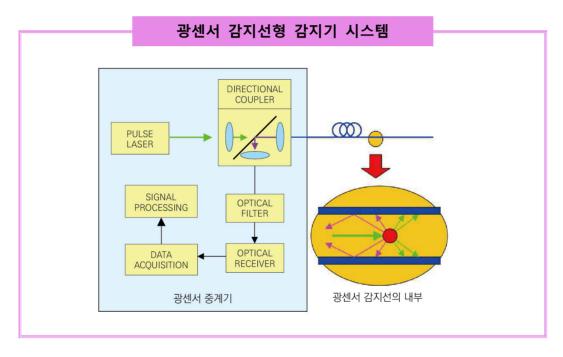


- 3) 정온식 감지선형 감지기 작동원리
 - ① 강철선(Piano wire)을 꼬아서 원래대로 돌아가려는 힘을 이용한다.
 - ② 내열성이 낮은 가용절연재료 (Heat Sensitive Material)인 에틸셀룰로즈를 강철선에 피복하여 꼬아둔다.
 - ③ 화재가 발생하여 전선 주위가 공칭작동온도가 되면 가용절연물이 녹으면서 꼬여 있는 피아노선이 선간 단락되어 접점이 형성되면서 회로를 구성하여 전류가 흘러 감지기 DC 24V 전압이 감소하게 된다.
 - ④ 수신기에서 화재경보를 발하고 화재발생위치도 확인할 수 있다.
- 4) 정온식 감지선형 감지기 특징
 - ① 일반적으로 비재용성(재사용 불가)의 감지기
 - ② 분포형이지만 일국소의 열효과를 감지하여 동작
 - ③ 감지기 형태가 전선 형태로서 건축물 이외의 다양한 장소에 적용 가능(지하구, Cable Tray, 옥외시설물 등)에도 적용이 가능하다.
 - ④ 환경조건이 불량한 장소(습기, 먼지, 부식, 폭발위험 등)에도 설치 가능하다.
 - ⑤ 같은 회로 내에서 온도조건이 다른 선형 감지기 연결이 가능하다.
 - ⑥ 전용수신반을 사용하면 발화지점의 표시가 가능하다.
- 5) 정온식 감지선형 감지기 설치기준
 - ① 보조선이나 고정금구를 사용하여 감지선이 늘어지지 않도록 설치할 것
 - ② 단자부와 마감 고정금구와의 설치간격은 10㎝ 이내로 설치할 것
 - ③ 감지선형 감지기의 굴곡반경은 5㎝ 이상으로 할 것
 - ④ 감지기와 감지구역의 각 부분과의 수평거리가 내화구조의 경우 1종 4.5m 이하, 2종 3m 이하로 할 것. 기타 구조의 경우 1종 3m 이하, 2종 1m 이 하로 할 것
 - ⑤ 케이블트레이에 감지기를 설치하는 경우에는 케이블트레이 받침대에 마감

금구를 사용하여 설치할 것

- ⑥ 지하구나 창고의 천장 등에 지지물이 적당하지 않은 장소에서는 보조선을 설치하고 그 보조선에 설치할 것
- ⑦ 분전반 내부에 설치하는 경우 접착제를 이용하여 돌기를 바닥에 고정시키 고 그곳에 감지기를 설치할 것

다. 광센서 감지선형 감지기



1) 광센서 감지선형 감지기 개요

광섬유센서 감지기는 광섬유(Optical Fiber)를 이용한 센서로서, 광원인 레이저다이오드나 LED를 광섬유 끝부분에 연결하여 되돌아오는 빛을 수광하는 부분에 광센서를 연결하여 빛의 변화량을 측정한다.

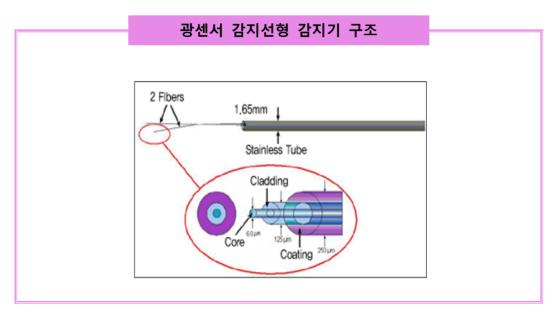
- 2) 광센서 감지선형 감지기 시스템 구성
 - (가) 중계기(OTS: Optical Temperature Sensor)

광센서감지시스템에서 제어장치(Controller)에 해당하는 OTS(Optical

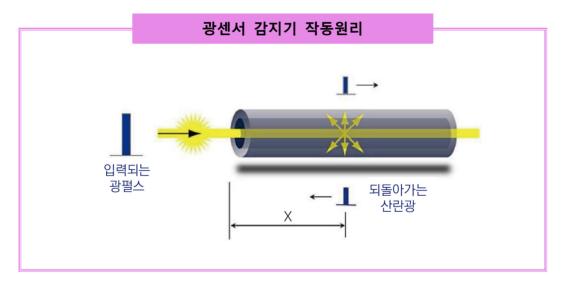
Temperature Sensor)는 연결된 광센서 감지선형 감지기의 전장에 걸쳐 Laser Pulse를 쏘아 케이블 각 부분에서 산란되는 산란광을 다시 수신한 후 각 부위의 온도 및 열 상태를 분석하고, OTS Controller는 방호구역의 길이 (Zone Lengths) 및 화재경보온도(Alarm Thresholds Setting)를 자유롭게 설정할 수 있다.

(나) 광센서 감지선형 감지기

- ① 코어(Core): 코어는 얇은 유리섬유의 중심이 되는 부분으로 빛이 이동하는 통로가 되며, 이 중심 부분의 굴절률은 바깥 부분의 굴절률보다약간 크도록 설계되어 전반사(Total Reflection) 현상을 이용하여 빛이코어 부분에 접속되어 잘 빠져나가지 않고 손실 없이 이동하도록 한다. 코어의 지름이 수 \(\mu\mu\mathbf{n}\) 건을 단일모드 광섬유라고 하고 수십\(\mu\mathbf{n}\) 건을 다중모드 광섬유라고 하며 코어의 굴절률 분포에 따라 계단형 혹은 언덕형 광섬유로 나눈다.
- ② 클래딩(Cladding) : 코어의 외부를 감싸고 있으며 빛을 코어 안쪽으로 반사시켜 전반사(Total Reflection) 조건이 되도록 하는 역할을 한다.
- ③ 버퍼코팅(Buffer Coating) : 플라스틱 섬유 코팅으로 광섬유를 보호하는 기능을 한다.



- 3) 광센서 감지선형 감지기 작동원리
 - ① 광센서 중계기 내부의 광원으로부터 레이저 펄스를 광센서 감지선으로 송출한다.
 - ② 레이저 펄스가 광섬유에 입사되면 광섬유내의 Glass 격자들(SiO2)이 주 위의 온도나 밀도의 영향으로 빛의 분산, 산란 현상이 발생한다.
 - ③ 산란된 레이저 펄스 중 일부 광원으로 복귀하는 산란광을 온도감지에 이용한다.
 - ④ 광센서 중계기의 검출부에서 복귀 펄스를 수신부로 전달한다.
 - ⑤ 복귀펄스를 분석해서 각 위치별 온도 값을 추출한다.
 - ⑥ 방재센터에서 온도변화 값 및 위치를 확인한다.



4) 온도측정원리

- 가) 광센서 제어장치(중계기) 내부 광원에서 레이저 펄스(Laser Pulse)를 발사하면 광센서 감지선의 각 지점에서 분산, 산란되는 레이저 펄스를 중계기에서 전송받아 각 위치별 온도 및 온도상승율을 판단하여 화재 지점을 측정하는 방식이다
- 나) 광섬유에 사용되는 석영유리는 SiO2 형태로 구성되어 있으며 광섬유는 온 도가 상승하면 고체 상태에서 격자 진동을 일으키면서 빛(광선)과 충돌하

게 되면 광 양자(Phonon)와 분자에 있는 전자 사이 상호작용이 일어나면서 광섬유 안에서 라만산란(Raman Scattering)이 발생한다. 산란된 빛의주파수는 입력된 빛 주파수에 대해 격자진동 등 공명주파수와 거의 동일한 크기로 변환되면서 광섬유로부터 후방 산란된 빛은 3개의 각기 다른스펙트럼 요소를 포함한다.

- ① 광원으로 사용된 파장의 레일리(Rayleigh) 산란
- ② 양자(Phonon)가 발생되면서 나오는 레일리파(Rayleigh wave)보다 높은 파장의 Stokes 요소
- ③ 양자(Phonon)가 소멸되면서 나오는 레일리파(Rayleigh wave)보다 낮은 파장의 Antistokes 요소
- 다) 라만산란(Raman Scattering)을 측정하기 위해서 후방산란(Back Scattering) 기술 중 광시간영역반사측정법(OTDR : Optical Time Domain Reflectometry)을 이용하여 빛이 차단된 지점, 중첩에 의한 산란의 상호연 결 및 판단을 하며, 전송된 빛과 수신된 빛의 전달시간 차이로 산란 레벨과 위치를 판단할 수 있다.
- 라) 광케이블로부터 연속적으로 들어오는 후방 산란된 빛은 광학 모듈에서 분 광학적으로 여과되어 광 감지를 사용하여 전기신호로 변화되어 증폭되고 다시 저주파로 분광 범위로 변환되며, 이 중 Antistokes 대역의 강도 (Intensity) 온도에 따라 달라지는 반면 Stokes 대역의 강도(Intensity)는 온 도와 무관하기 때문에 강도 차이의 비율을 통해서 온도를 측정한다.

5) 광센서 감지선형 감지기 특징

- ① 정온식, 차동식, 보상식 3가지 열감지 방식을 선택하여 사용 가능하다.
- ② 화재 발생 장소를 m 단위 아라비아 숫자로 표기할 수 있다.
- ③ 각 구간별 온도를 실시간으로 1℃ 단위 숫자로 표기할 수 있다.
- ④ 전선관 등 기 설치된 구조물을 사용한 설치가 가능하다.
- ⑤ 주변 환경에 적합한 작동온도를 임의로 설정할 수 있고, 발화 전 이상징후 포착이 가능하여 화재 초기에 대응할 수 있다.

- ⑥ 광센서 감지선형감지기 장치가 단순해서 유지관리가 용이하다.
- ⑦ 과거 기록 보존 저장이 가능하고 매년 누적된 자료 분석을 통한 적합한 감 시체제를 구축할 수 있다.

3. 법령 비교

자동화재탐지설비 화재안전기준 & 도로터널 방재시설 설치 관리지침

구 분	도로터널의 화재안전기준 (NFSC 603)	도로터널 방재시설 설치 및 관리지침	
설치대상	1000m 이상	연장2등급 이상(1000~3000m)	
감지기종류	① 차동식분포형감지기 ② 정온식 감지선형 감지기 (아날로그식에 한함) ③ 중앙기술심의위원회의 심 의를 거쳐 터널에 적응성 이 있다고 인정된 감지기	화재안전기준(NFSC 203)에 제 시되어 있는 자동화재탐지설비 중 감지범위 및 감지능력을 만 족하는 감지기	
기기사양	1) 하나의 경계구역의 길이는 100m 이하로 한다. 2) 감지기 설치기준 ① 감지기의 감열부와 감열부 사이의 이격거리는 10m 이하로, 감지기와 터널 좌 • 우측벽면과의 이격 거리는 6.5m 이하로 설치 ② 터널 천장의 구조가 아치형이고 터널 진행방향으로 설치하는 경우에는 감열부와 감열부사이의 이격거리를 10m 이하로 하여 아치형 천장의 중앙 최상부에 1열로 감지기를 설치할 것 ③ 감지기를 2열로 설치하는 경우에는 감열부사이의 이격거리는 10m 이하로 하고감지기간의 이격거리는	1 화재강도가 1.5WW의 화재 시 터널 내 종방향의 풍속이 3™s 인 상황에서 화재 발생 1분 이내 화재를 탐지할 수 있는 능력의 것 2 환기방식에 따른 화재지점 인지능력 - 종류식환기방식에서는 화재 부근의 제트팬 가동으로 연 기 성층화를 교란하여 대피 에 악영향을 주므로 제트팬 가동에 필요한 범위내에서 화재 지점을 인지 - 반횡류방식을 적용하는 터 널에서는 배연을 위한 구역 을 구분하는 경우에는 구역 제어를 위해서 필요한 범위 내의 화재 지점 인지 - 대배기구방식을 적용하는 경우에는 화재 지점인지 - 대배기구방식을 적용하는 경우에는 화재 지점의 원격 제어 댐퍼의 개폐 조작을 위해서 댐퍼의 설치간격 이 내로 화재 지점을 인지할	

구 분	도로터널의 화재안전기준 (NESC 603)	도로터널 방재시설 설치 및 관리지침	
구 분 도로터널의 화재안전기준	(NFSC 603) 6.5m 이하로 설치할 것 4 감지기를 천장면(터널 안 도로 등에 면한 부분 또는 상층의 바닥하부면을 말한다)에 설치하는 경우에는 감지기가 천장면에 밀착되지 않도록 고정금구 등을 사용하여 설치할 것 5 형식승인 내용에 설치방법이 규정된 경우에는 형식승인 내용에 따라설치할 것(감지기와 천장면과의 이격거리에 대해제조사 시방서에 규정되어 있는 경우에는 시방규정에 따를 것) 3) 감지기의 작동에 의해서	도로터널 방재시설 설치 및 관리지침 수 있는 감지능력 ③ 자동차의 배기가스에 의한 열기류 및 입출구부의 태양 광에 의한 온도상승에 영향을 받지 않을 것 ① 터널 내 자동화재탐지기는 화재 발생을 가장 신속하게 감지할 수 있는 위치에 설치한다. ② 터널위험도 및 터널 폐쇄로인한 경제적인 손실을 고려하여 2000m 이상의 터널에서는 사전경보 및 관리자의상황판단을 위한 가시도 측정장치와 병용하거나 CCTV및 영상정보를 이용한 유고감지설비를 화재감시시스템으로 병용하는 것을 권장	
(NFSC 603) 설치기준 도로터널 방재시설 설치 및 관리지침 설치지침	다른 소방시설 등이 연 동되는 경우로서 해당 소방시설 등의 작동을 위한 정확한 발화위치를 확인할 필요가 있는 경 우에는 경계구역의 길이 가 해당 설비의 방호구 역 등에 포함되도록 설 치하여야 한다. 4) 발신기 및 지구음향 장치 는 비상경보설비 기준에 준용하여 설치하여야 한 다.	③ 자동화재탐지설비가 작동하면 CCTV와 연동하여 CCTV에 의해서 화재구역에 대한 감시가 자동적으로 이루어지도록 할 것 ④ 연장등급이 3등급인 터널에 방재등급에 따라 제연설비를 설치하는 경우에는 자동화재탐지설비를 CCTV나 영상정보를 이용한 유고감지설비로 대체할 수 있다. ⑤ 연장등급이 2등급이지만 방재등급이 3등급인 터널은연장등급에 따라 자동화재탐지설비 설치가 의무적이나,관할 소방서와 협의하여 CCTV 또는 영상정보를 이용한유고감지설비로 자동화재탐지설비를 대체할 수 있다.	

가. 설치대상

- 1) 화재예방, 소방시설 설치 유지 및 안전관리에 관한 법률 시행령」[별표 5] 자동화재탐지설비 설치대상 지하가 중 터널로서 길이가 1천m 이상인 것
- 2) 「도로터널 방재시설 설치 및 관리지침」 자동화재탐지설비 설치지침
 - 가) 연장 2등급 이상 터널에 설치함을 원칙으로 한다.
 - 나) 연장등급이 3등급인 터널에 방재등급에 따라 제연설비를 설치하는 경우에는 자동화재탐지설비를 *CCTV*나 영상정보를 이용한 유고감지설비로 대체할 수 있다.
 - 다) 연장등급이 2등급이지만 방재등급이 3등급인 터널은 연장등급에 따라 자동화재탐지설비 설치가 의무적이나, 관할 소방서와 협의하여 *CCTV* 또는 영상정보를 이용한 유고감지설비로 자동화재탐지설비를 대체할 수 있다라고 규정되어 있다.

터널연장기준등급 방재등급

등급	터널 연장(L) 기준등급	위험도지수(X) 등급
2	1,000m 이상, 3,000m 미만(1,000 ≦L < 3,000m)	19 < X ≤ 29
3	500m 이상, 1,000m미만 (500≦ L <1,000m)	14 < X ≤ 19

나. 유고감지설비

1) 일반사항

- 가) 유고감지설비는 터널 내 유고상황을 도로터널에서 카메라가 실시간으로 제공하는 영상을 분석하는 영상유고감지설비와 주파수를 이용하여 수신 된 검지데이터를 실시간으로 분석하는 돌발상황감지설비가 있으며, 자동으로 감지된 유고상황을 운영자에게 경보하는 장치를 말한다.
- 나) 영상유고감지설비는 터널 내 설치되는 카메라, 운영소프트웨어, 영상처리기와 유고감지분석서버 컴퓨터로 구성된다.
- 다) 돌발상황검지설비는 터널 내 설치되는 센서부(레이더센서, 레이더제어 기), 추적부와 운영소프트웨어, 유고감지분석서버용 컴퓨터로 구성된다.

라) 유고감지설비는 비상시 1시간 이상 성능을 유지할 수 있도록 무정전전 원을 공급한다.

2) 기기사양

- 가) 영상유고감시설비의 카메라
 - ① CCTV(감시용 텔레비전)설비의 기기사양을 준용하며, 영상의 끊김 현상을 방지하기 위하여 최소 30프레임/초 이상의 성능을 확보하여야 한다.
 - ② 터널의 저조도 환경에서 차량의 불빛에 의한 번짐 현상을 최소화할 수 있는 기종을 적용하여 오경보를 최소화할 수 있도록 한다.
- 나) 돌발상황감지설비의 센서부 및 추적부
 - ① 주파수는 도로정보감지용 혹은 국가에서 허가한 대역을 사용하여야 하며, 검지데이터 전송주기는 200ms 이하를 만족하여야 한다.
 - ② 추적부인 CCTV는 돌발상황 발생 시 자동으로 최대 1,000m 이내 해당 위치 영상지원이 가능할 수 있도록 회전형 광학줌 20배 이상의 성능을 확보하여야 한다.
- 3) 유고감지 운영 소프트웨어
 - 가) 터널에서 발생할 수 있는 유고상황(화재연기감지, 보행자, 사고 또는 정지차량, 역주행 차량 등)을 실시간으로 감지하여 터널 운영자에게 실시간으로 통보함과 동시에 그 영상을 저장할 수 있어야 한다.
 - 나) 터널 내 환경변화에 따른 운영상 설정값을 임의로 변경 가능하도록 하여 오작동에 의한 오경보가 발생하지 않도록 한다.
 - 다) 터널의 환경변화에 따른 오작동의 발생을 차단하기 위하여 운영자가 원 격지에서 유고감지설비의 성능시험을 할 수 있도록 한다.
- 4) 유고감지 분석 서버 컴퓨터
 - 가) 유고상황 발생 시 영상 또는 돌발상황검지 데이터를 자동저장 할 수 있 도록 한다.
 - 나) 기록저장매체는 최근 한 달(30일)간 유고감지 이벤트(동영상 포함)기록 을 저장하며, 월별로 발생 이벤트를 기록·보관하여야 한다.

5) 유고감지설비 선정 시 <표 4.1> 평가항목 및 가중치를 참고하여 선정할 수 있다.

평가항목 및 가중치

평가항목		가중치	비고
감지	- 보행자, 정지차량, 역주행, 화재감지	0.2	화재감지능력 부재 시 가중치에서 50% 감점
능력	- 정확성 및 신속성	0.1	
감지 범위	- 감지범위 최소 100m 이상	0.1	
	- 초기투자비	0.2	시공 시 초기 설치비용
경제성	- 유지관리비	0.2	소프트웨어 라이센스 연장 및 업그레이드 등을 포함한 유지비
유지보수성	- 카메라 또는 감지부 및 추적부 점검 주기	0.05	
	- 운영자의 편의성	0.1	
국산화	- HW/SW 국산화율	0.05	

다. 설치지침

- 1) 터널 내 유고상황을 감지하기 위한 경보설비의 일환으로 방재등급이 3등급이상인 터널에 설치를 권장할 수 있다.
- 2) 터널에 설치되는 CCTV와 연동이 가능하며 터널의 교통상황을 실시간으로 감시한다.
- 3) 향후, 터널통합관리시스템과 연동하여 유고상황에 대한 정보를 제공할 수 있어야 한다.
- 4) 유고감지설비는 현장 설치 후 현장여건에 적응하기 위한 반복적인 교정 (calibration)과 세부조정(tuning) 등이 반드시 필요하기 때문에 발주기관의 장은 조정기간(약 6개월 이내)을 거쳐 성능검증보고서를 제출받아야 하다.

5) 영상유고감지설비의 카메라

- 가) 유고감지를 목적으로 하는 CCTV의 설치간격은 유고감지시스템의 성능에 영향을 받으나 약 100m를 표준으로 하며, 터널의 선형 및 종단경사, 렌즈의 초점거리 등을 고려하여 결정한다. 다만, 기존에 설치되어 있는 CCTV와 병용하여 사용하는 경우 감시의 사각지역이 발생하지 않도록 필요시 카메라를 추가로 설치할 수 있다.
- 나) 터널 내 카메라의 설치는 시공성 및 유지보수성을 감안하여 주행차로의 측벽에 설치하며, 설치높이는 3.5m 이상으로 한다.
- 다) 카메라는 대형차량에 의한 흔들림, 차량의 그림자, 옆 차선 침범, 카메라 렌즈의 이물질 부착, 주야간의 조도 변경 및 외부환경 변화(우천, 안개) 등에 의한 오동작 및 감지성능 저하를 최소화할 수 있는 위치에 설치한다.
- 6) 돌발상황감지설비의 센서부 및 추적부
 - 가) 유고감지를 목적으로 하는 센서부의 설치간격은 유고감지시스템의 성능에 영향을 받으나 도로폭 12m에서 연장 1,000m를 표준으로 하며, 터널의 선형 및 종단경사, 도로폭 등을 고려하여 설치한다.
 - 나) 터널 내 센서부 및 추적부의 설치는 카메라 설치위치와 동일하게 한다.
 - 다) 레이더센서의 방위각 및 고도각은 설치후 최종 확인하며, 레이더센서는 도로의 방향과 동일하게 설치하며 고도각은 도로와 수평을 유지하는 상태로 설정하여 검지성능 저하를 최소화할 수 있는 위치에 설치한다.
- 7) 유고감지운영 소프트웨어 및 분석용 서버 컴퓨터
 - 가) 유고감지설비는 최적의 성능을 확보하기 위해서 시운전 시 터널의 조도 등 내부 환경에 적응하기 위한 반복적인 교정(calibration)과 세부 조정 (tuning) 등을 수행하여야 한다.
 - 나) 터널 내 유고상황 발생 시 경보 발생과 동시에 현장화면이 감시모니터 에 표출되어야 하며, 발생된 유고상황은 운영자가 데이터베이스화하여 비상상황에 대한 검토가 용이하도록 별도의 로그파일과 사고영상이 저장되어야 한다.
 - 다) 유고감지설비는 운영 중 최적 성능이 발휘될 수 있도록 설치 후 2년이

경과된 시점부터 매 6개월마다 1회 이상 교정과 세부조정 등을 수행하여야 한다.

제8조 (비상조명등) 비상조명등은 다음 각호의 기준에 따라 설치하여야 한다.

- 1. 상시 조명이 소등된 상태에서 비상조명등이 점등되는 경우 터널 안의 차도 및 보도의 바닥 면의 조도는 10x 이상, 그 외 모든 지점의 조도는 11x 이상이 될 수 있도록 설치할 것
- 2. 비상조명등은 상용전원이 차단되는 경우 자동으로 비상전원으로 60분이 상 점등되도록 설치할 것
- 3. 비상조명등에 내장된 예비전원이나 축전지설비는 상용전원의 공급에 의하여 상시 충전상태를 유지할 수 있도록 설치할 것

해 설

1. 비상조명등

가. 비상조명등 개요

터널은 화재나 사고로 인하여 정전이 되면 2차적인 사고 유발 위험성이 높으며, 신속한 대피가 어렵다. 비상조명등은 정전 시 2차 사고를 방지하고 안전하고 원할 할 피난 대피 활동을 할 수 있도록 조도를 확보해주는 설비이다.

- 나 비상조명등 관련 용어
 - 1) "비상조명등"은 점등회로를 이용하여 정전 시에도 안전하고 원활한 대피활동을 할 수 있도록 본선터널 및 대피시설 등에 설치하여 정전 시 자동으로점등되는 조명등을 말한다.
 - 2) "조도(illumination)"란 어떤 표면 단위면적에 비추는 빛의 양을 말한다. 단위는 룩스(lux)이고, 1lux란 1m²의 면적 위에 1lm의 광속이 균일하게 비칠때를 말한다

조도(lux) = 광속(lm)/(거리(m)) 2

다. 비상조명등의 종류

1) 전용형

상용전원과 비상전원 광원이 분리된 구조이며 조명등 내 예비전원용 백열등을 설치한 경우를 말한다.

2) 겸용형

동일한 광원을 상용 및 비상전원으로 겸용하는 구조이며 동일한 조명등을 상 용전원 및 비상전원에 연결하여 설치한 경우를 말한다.

2. 법령 비교

비상조명등 화재안전기준 도로터널 방재시설 설치 관리지침

구 분	도로터널의 화재안전기준 (NFSC 603)	도로터널 방재시설 설치 및 관리지침
설치대상	500m 이상	① 연장3등급(500~1000m) 이상 ② 연장 200m 이상 터널은 필 요시 설치 가능
조도	 차도 및 보도 바닥 조도는 10lx 이상 그 외 모든 지점의 조도는 1lx 이상 설치할 것 	 차도 및 보도 바닥면 조도는 10lx 이상 그 외 지점의 조도는 기본부 조도의 1/2 이상 설치
비상전원 예비전원	① 상용전원이 차단되는 경우 자동으로 60분 이상 점등 ② 비상조명등에 내장된 예비전 원이나 축전지설비는 상용전 원의 공급에 의해 상시 충전 상태를 유지할 것 ③ 화재안전기준(NFSC 102) 예 비전원을 내장하지 아니하는 비상조명등의 비상전원은 자 가발전설비, 축전지설비 또 는 전기저장장치를 다음 기 준에 따라 설치할 것 가. 점검에 편리하고 화재 및 침수 등의 재해로 인한	① 차도 및 보도 전원공급은 무정전 전원장치로 공급 ② 그 외 기본부 조명은 비상발전기 공급 ③ 예비전원 내장 비상조명등설치 시는 평상시 점등 여부를확인할수 있도록 점검스위치를 설치하고 해당 조명등을 60분 이상 작동할수있는 용량 축전지와 예비전원 충전장치 내장할 것 ④ 예비전원 내장하지 않은 경우 옥내소화전설비의 화재안전기준(NFSC 102)에 준용하

구 분	도로터널의 화재안전기준 (NFSC 603)	도로터널 방재시설 설치 및 관리지침
	피해받을 우려가 없는 곳나. 상용전원으로부터 전력의 공급이 중단된 때에는 자동으로 비상전원 전환다. 비상전원의 설치장소는 비상전원의 공급에 필요한 기구나 설비 외의 것을 두어서는 아니 된다.라. 비상전원을 실내에 설치하는 때에는 그 실내에 비상조명등을 설치할 것	는 비상전원 설치 「무정전전원설비에 의한 비상 조명등의전원공급선로는 공동구 및 벽체 매입 배관방식으로 시설하고 설치간격을 2개의 구역으로 나누어 (길이당 약 125m~150m) 구역별분기차단기를 설치하여, 화재 등 사고로 인해 천장부전원공급선이 단락, 지락 되는 경우에 해당 구역 차단기만 차단되고 그 외 선로는정상적으로 전원공급이 될것
배선	전원회로의 배선은 「옥내소화전설비의 화재안전기준(NFSC 102)」 [별표 1] 내화배선에 따르고, 그 밖의 배선은 내화배선 또는 내 열배선에 따라 설치할 것	① 내화, 난연전선 또는 동급이상을 사용할 것 ② 노출 구간은 트레이 내 배선 또는 내화, 난연전선을 선심으로 한 금속관 배선, 가요성금속피 케이블을 사용

해 설

가. 설치대상

- 1) 「도로터널의 화재안전기준(NFSC 603)」에서는 연장 500m 이상에 설치
- 2) 「도로터널 방재시설 설치 및 관리지침」에서는 연장3등급(500~1000m) 이상 터널에 설치
- 3) 연장 200m 이상 터널은 필요시 설치할 수 있음

나. 조도

- 1) 「도로터널의 화재안전기준(NFSC 603)」
- 차도 및 보도의 경우 10lx 이상 그 외 모든 지점의 조도는 1lx 이상
- 2) 「도로터널 방재시설 설치 및 관리지침」

- 가) 무정전전원설비에 의해서 공급되는 비상조명은 차도 및 보도 바닥면의 기준 최저 10lx 이상 확보
- 나) 비상발전기에 의해 점등되는 조명의 조도는 기본부 조명의 1/2 이상 확보다. 전원공급
 - 1) 「도로터널 방재시설 설치 및 관리지침」
 - ① 차도 및 보도 전원공급은 무정전 전원장치로 공급
 - ② 그 외 기본부 조명은 비상발전기 공급
 - 2) 화재안전기준에는 별도로 구별하지 않았음

라 전원회로 배선

1) 「옥내소화전설비의 화재안전기준(NFSC 102)」[별표 1]

비상전원으로부터 동력제어반 및 가압송수장치에 이르는 전원회로의 배선은 내화 배선으로 할 것. 다만, 자가발전설비와 동력제어반이 동일한 실에 설치된 경우에는 자가발전기로부터 그 제어반에 이르는 전원회로의 배선은 그러하지 아니하다.

배선에 사용되는 전선의 종류 및 공사방법(제10조제2항 관련)

가) 내화배선

밪 번 공 사 사용전선의 종류 1. 450/750V 저독성 난연 가교 폴리올레 금속관·2종 금속제 가요전선관 또는 합성 핀 절연 전선 수지관에 수납하여 내화구조로 된 벽 또 2. 0.6/1KV 가교 폴리에틸렌 절연 저독성는 바닥 등에 벽 또는 바닥의 표면으로부 난연 폴리올레핀 시스 전력 케이블 터 25mm 이상의 깊이로 매설하여야 한다. 3. 6/10kV 가교 폴리에틸렌 절연 저독성 다만 다음 각목의 기준에 적합하게 설치 하는 경우에는 그러하지 아니하다. 난연 폴리올레핀 시스 전력용 케이블 4. 가교 폴리에틸렌 절연 비닐시스 트레이 가. 배선을 내화성능을 갖는 배선전용실 또는 배선용 샤프트·피트·덕트 등에 용 난연 전력 케이블 5. 0.6/1kV EP 고무절연 클로로프렌 시스 설치하는 경우 케이블 나. 배선전용실 또는 배선용 샤프트·피트· 6. 300/500V 내열성 실리콘 고무 절연전 덕트 등에 다른 설비의 배선이 있는 경우에는 이로부터 15cm 이상 떨어지게 선(180℃) 7. 내열성 에틸렌-비닐 아세테이트 고무 하거나 소화설비의 배선과 이웃하는

사용전선의 종류	공 사 방 법
절연 케이블 8. 버스덕트(Bus Duct) 9. 기타 전기용품안전관리법 및 전기설비 기술기준에 따라 동등 이상의 내화성능 이 있다고 주무부장관이 인정하는 것	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
내화전선	케이블공사의 방법에 따라 설치하여야 한다.

비고 : 내화전선의 내화성능은 버너의 노즐에서 75mm의 거리에서 온도가 750±5℃인 불꽃으로 3시간 동안 가열한 다음 12시간 경과 후 전선 간에 허용전류용량 3A의 퓨즈를 연결하여 내화시험 전압을 가한 경우 퓨즈가 단선되지 아니하는 것. 또는 소방청장이 정하여 고시한 「소방용전선의 성능인증 및 제품검사의 기술기준」에 적합할 것

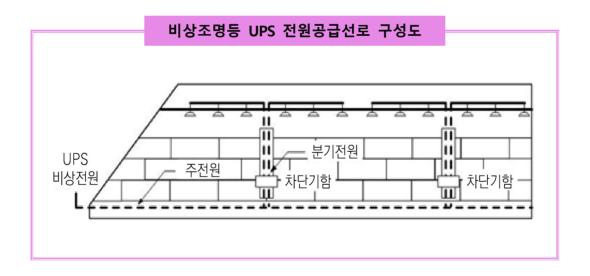
나) 내열배선

사용전선의 종류	공 사 방 법
 450/750V 저독성 난연 가교 폴리올레 핀 절연 전선 	금속관·금속제 가요전선관·금속덕트 또는 케이블(불연성 덕트에 설치하는 경우에
 0.6/1KV 가교 폴리에틸렌 절연 저독성 난연 폴리올레핀 시스 전력 케이블 	한한다) 공사방법에 따라야 한다. 다만, 다음 각목의 기준에 적합하게 설치하는 경우
 6/10kV 가교 폴리에틸렌 절연 저독성 난연 폴리올레핀 시스 전력용 케이블 	
 가교 폴리에틸렌 절연 비닐시스 트레이용 난연 전력 케이블 	
5. 0.6/1kV EP 고무절연 클로로프렌 시스 케이블	나. 배선전용실 또는 배선용 샤프트·피트· 덕트 등에 다른 설비의 배선이 있는
6. 300/500V 내열성 실리콘 고무 절연전 선(180℃)	경우에는 이로부터 15cm 이상 떨어지 게 하거나 소화설비의 배선과 이웃하
 내열성 에틸렌-비닐 아세테이트 고무 절연 케이블 	는 다른 설비의 배선 사이에 배선지 름(배선의 지름이 다른 경우에는 지름
8. 버스덕트(Bus Duct) 9. 기타 전기용품안전관리법 및 전기설비	이 가장 큰 것을 기준으로 한다)의 1.5배 이상의 높이의 불연성 격벽을
기술기준에 따라 동등 이상의 내열 성	설치하는 경우
능이 있다고 주무부장관이 인정하는 것	
내화전선·내열전선	케이블공사의 방법에 따라 설치하여야 한다.

비고 : 내열전선의 내열성능은 온도가 816±10℃인 불꽃을 20분간 가한 후 불꽃을 제거하였을 때 10초 이내에 자연소화가 되고, 전선의 연소된 길이가 180mm 이하이거나 가열온도의 값을 한국산업표준(KS F 2257-1)에서 정한 건축구조부분의 내화시험방법으로 15분 동안 380℃ 까지 가열한 후 전선의 연소된 길이가 가열로의 벽으로부터 150mm 이하일 것. 또는 소방청장이 정하여 고시한「소방용전선의 성능인증 및 제품검사의 기술기준」에 적합할 것

2) 「도로터널 방재시설 설치 및 관리지침」 무정전 전원설비(UPS)

무정전전원설비에 의한 비상조명등의 전원공급선로는 공동구 및 벽체 매입 배관방식으로 시설하고 설치간격을 2개의 구역으로 나누어(길이당 약 125m ~ 150m) 구역별 분기차단기를 설치하여, 화재 등 사고로 인해 천장부 전원공급선이 단락, 지락되는 경우에 해당 구역의 차단기만 차단되고 사고구역 이외의 선로는 정상적으로 전원이 공급될 수 있도록 전원공급선로 구성할 것



제9조 (제연설비) ① 제연설비는 다음 각호의 사양을 만족하도록 설계하여야 한다.

1. 설계화재강도 20WW를 기준으로 하고, 이 때 연기발생률은 80m³/s로 하며, 배출량은 발생된 연기와 혼합된 공기를 충분히 배출할 수 있는 용량 이 상을 확보할 것

해 설

1. 제연설비

가. 제연설비 개요

제연의 원리는 화재실의 개구부로부터 비화재실이나 피난로로 연기가 침입 확산 되어 연기로 채워지는 것을 막기 위해 화재실에서 배연으로 연기를 배출하거나, 피난로에 신선한 공기를 공급하여 연기의 침입이나 확산을 막는 것이다.

나. 제연의 목적은 구획화(Compartmentation)에 의한 확산 침투 방지, 배연 (Ventilation), 차연(Confinement), 연기의 하강방지(Prevention of drop down), 축연(Storage), 희석(Dilution) 등과 같은 연기제어이다. 연기관리 (Smoke Management)는 거주자 또는 소방관에게 편익을 제공하고 재산피해를 줄이기 위해 복합적으로 혹은 독립적으로 연기의 거동을 조정하는 모든 방법을 포함한다.

다. 터널 제연설비

터널 제연설비는 터널 내부에서 화재가 발생하였을 때 대피환경을 확보하기 위해 연기확산 억제를 목적으로 설치한 설비를 말한다. 도로 터널에 화재가 발생하면 제연설비는 화재 지역으로부터 연기를 배출하거나 대피 방향 반대 방향으로 연기를 형성하여 화재 초기에 이용자가 스스로 안전을 확보할 수 있도록 해주는 중요한 설비이다. 터널 화재 시 연기제어 방식은 대피 방향 반대 방향으로 기류를 제어하여 피난 안전을 확보하도록 하는 제연(Smoke Control) 개념의 종류식 시스템과 연기를 화재 공간에서 제거하는 배연(Smoke Exhaust) 개념의 횡류식(혹은 반 횡류식)으로 구분한다.

2 설계화재강도

설계화재강도는 터널 화재가 발생하였을 때 소화설비와 제연설비의 용량산정을 위해 적용하는 차종별 최대 열방출률(Heat Release Rate, HRR)을 말한다. 최대 열 방출율 Omax는 가용공기의 양으로 나타낼 수 있다.

HRR=
$$Q_{max}$$
 = $Va \cdot \eta_{ox} \cdot \rho_{ox} \cdot H_{cox} \times 10^3 \text{ [kW]}$ (식 9.1)

Va : 공기의 체적유량(m³/s)

ηox : 공기속의 산소 몰분율(0.21)

ροx : 산소의 밀도(표준상태에서 1kg/m³)

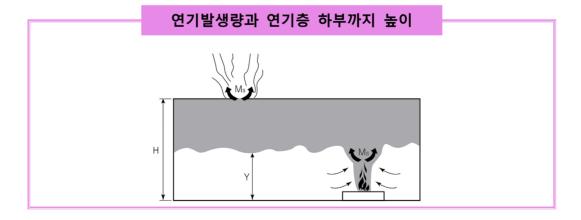
Hcox : 산소에 대한 소비 열량 (대부분 13kJ/g)

3. 연기발생량

가. 개요

터널에서 화재가 발생하면 Fire Plum에 의해 부력이 발생하며, 연기는 수초간 상승하다가 천장면을 따라 이동한다. 이후 열손실로 인해 연기 밀도가 증가하면서 다시 하강하게 되고 고온의 유독성 물질이 하강하지 않고 있다가 배연을 위한 제트팬을 가동하면 연기층이 급격히 하강하여 사람의 호흡선 이하로 내려와 인명피해를 발생시키는 요인이 되기도 한다.

나. 연기발생량



화재가 발생하면 차량의 내장재와 적재된 물품에 따라 유독가스와 고열의 연기 등 연소생성물이 발생한다. 터널이나 지하의 화재사고 분석을 보면 대형 인명피해가 발생한 원인이 화원에 의한 직접적인 원인이 아니라 대부분 유독가스에 의한 질식으로 사망한 경우가 많다. 연기 발생의 중요한 지표는 일산화탄소농도와 SOOT 농도 CO발생량 산소농도 등이다.

연소 중인 HGV로부터 추정한 연기와 일산화탄소분율

연소 물질		중량 (kg)	연소열 (MJ/kg)	연기분율 (kg/kg)	CO분율 (kg/kg)
운전석	폴리에틸렌	80	44.0	0.0600	0.024
正包含	폴리우레탄폼	25	26.0	0.1980	0.042
연료	경유	50	41.0	0.0590	0.019
타이어	고무	600	32.0	0.1140	0.021
바닥재	나무	600	18.0	0.0150	0.004
	판지(셀룰로오스)	1000	17.0	0.0150	0.004
적재물	PVC	1000	17.0	0.1720	0.063
	폴리스티렌	1000	40.0	0.1640	0.060
합계		4355	25.3	0.1013	0.034

다. 연기발생량 계산

화재 발생 시 화재의 둘레를 Pf(m)라고 하고 바닥에서 연기층 하부까지 높이를 Y(m)라고 할 때 연기발생량 Ms(kg/s)을 구하는 Hinkley(1971) 식은 다음과 같다.

$$M_{S} = 0.096 P_{f} \, \rho_{o} \, Y^{\frac{3}{2}} \! \left(g \frac{T_{o}}{T_{f}} \right)^{\! \frac{1}{2}} \!$$

여기서, M_s: 연기발생량(kg/s)

P_f: 화재의 둘레(m)

Y: 바닥과 천장 아래의 연기층 하부 사이의 거리(m)

ρ₀: 공기의 밀도(17°C일 때 1.22kg/m³)

T_o: 외기의 절대 온도(200K)

T_f: 연기 플럼에서 화염의 절대 온도(1,100K)

g : 중력가속도(m/s²)

다. 연기에 의한 거주한계

화재 발생으로 사람이 열과 연기에 노출되면 무력화되어 사망에 이를 가능성이 크다. 따라서 발화에서 피난 완료까지의 피난 시간과 유독가스에 의해 무력화되기 전까지의 거주 가능 시간 사이에 생성된 연소생성물이 사람에게 어떠한 영향을 미치는가에 따라 재실자의 탈출 여부를 결정된다.

연기에 의해 감광도가 저하되면 재실자는 패닉이 발생하여 안전한 피난을 저해할 수 있으며, 고온의 연기와 유독가스로 인한 질식 증상으로 의식을 잃게 될 수도 있다.

터널 화재 시 고온 및 유해가스의 영향(PIARC, 1999)

$$K = \frac{OD}{L}log_e(10)$$

$$\frac{OD}{L} = \xi Y_s \frac{m_f}{V_T} \log_{10}(I_o/I)'$$

다. 가시도 및 가시거리

터널 내 화재로 인한 소광계수(extinction coefficient; K)

여기서, Io: 광원의 세기,

I: 수신부광원의 세기,

OD: Optical Density,

ξ : 연기소광계수(m²/kg)

 Y_s : 연기발생량(kg/kg)

 M_f : Burning rate(kg/s)

 V_T : 공기와 화염의 환합체적률 (VT = U · A)이다.

라. 화재 시 대피 시간과 대피 속도

대피 시간 및 대피 속도는 피난 연락갱 설치기준이나 각종 대피시설 및 제연설비 운영에 따라 달라질 수 있다.

1) 화재 확산 시간과 대피 시간

대피는 자동화재탐지설비가 감지하여, 경보설비가 울리면, 대피할지 말지를 결정하는 인지 시간과 안전한 장소로 이동하는 대피 시간으로 이루어져 있다. 화재 발생 후 대피 시간은 실제 피난을 위해 이동하는 데 필요한 시간으로 인지 시간을 고려하여 화재 확산 시간보다 빨라야 하며 다음 표와 같다.

화재확산시간 및 대피 시간(SFPE Handbook, 2016)

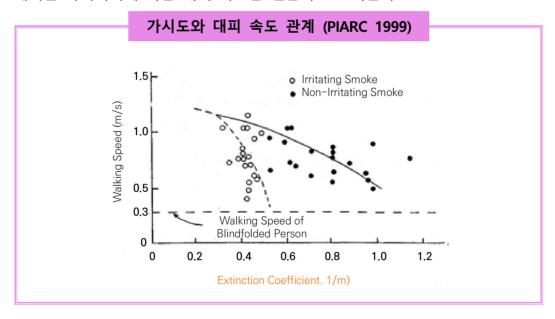
구 분	화재확산시간 (min)	인지시간 (min)	대피 시간 (min)	보행속도 (m/s)
NFPA-130	6	1~2	4~5	1.01 (61 m/min)
RABT	5~7		3~5	1~15
스웨덴			2	0.7
Eureka Test	6	1	5	1.19

2) 대피 시간 산정 기준

- 가) 대피 시간은 감지시간, 반응/결정시간, 이동시간으로 구분하여 이들의 합을 대피 시간으로 한다.
- 나) 화재감지시간은 자동화재탐지 설비의 감지성능을 1분 이내로 보기 때문에 감지가 성공하는 경우에는 1분 이내로 한다.
- 다) 대피 결정시간은 차량을 버리는 시간과 대피를 결정하는 시간으로 구분 한다.
- 라) 대피 속도(Walking Speed)는 전방 대피자와의 거리, 연기에 의한 가시 거리, 대피자 주변의 밀도 등에 의해 영향을 받는다.
- 마) 교통약자의 대피 속도는 최대 0.6m/s를 기준으로 한다.

마. 가시도에 따른 대피 속도

가시거리와 대피 속도의 관계는 전방의 대피자의 거리에 따른 대피 속도는 방해물이 없는 경우에 보행속도 1.4m/s로 하고 앞사람과의 거리는 1.6m로 적용한다. 터널 내 연기농도에 따른 가시거리 악화에 따른 대피 속도는 PIARC 1995년에 제시된 가시거리에 따른 대피 속도를 일반적으로 따른다.



4. 배연용량

가. 개요

지체 및 정체가 빈번한 도심지 터널의 경우 제연 및 배연에 의한 피난 환경 확보를 위해 횡류식 환기방식이 효과적으로 평가되며, 배연용량 산정을 연기발생량과 터널 단면적 열기류 제어를 위한 풍속 등으로 산정하고 있다.

나. 배연량 산정

화재 시 배연은 주행공간에서 이루어지기 때문에 연기와 함께 주변의 공기가 같이 유입되므로 배연을 위한 환기기 용량은 일반적으로 연기발생량보다는 현저히 증가한다. 배연용량(QE)은 반횡류 또는 횡류환기방식을 전제로 화재 발생 이후 터널 내 발생 가능한 유속과 연기발생량을 바탕으로 산정한다.

$$Q_E = Ar \cdot Va + Qs [m/s]$$
 [식]

O_F: 배연용량

Qs: 연기발생량(화재강도 20MW에서 80m³/s)

Ar : 터널 단면적

Va: : 열기류 제어를 위한 풍속

다. 각국의 횡류환기방식 관련 기준 배연 풍량 비교

국가별 횡류환기방식 최적배연량 해석결과(건기평)

국가	배연 풍량	비고
미국	[화재강도 20MW] 균일배기방식 (single zone transverse ventilation System): 0.155 m³/s·lane·m [화재강도 20MW] 대배기구방식(Oversized Exhaust port system): 0.132 m³/s·lane·m	- 600m기준 - 배연풍량 : 186.0㎡/s·600m - 158.4㎡/s·600m
	[화재강도 50MW] 대 배 기 구 방 식 (Oversized	- 204.0 m³/s·600m

국가	배연 풍량	비고
	Exhaust port system) : 0.170 m³/s·lane·m	
독 일 (RABT02)	$Q_E = Q_S + V_a \bullet A_r$	- Va=3.0 ^m /s - 600m 기준 배연풍량 : 215.6㎡/s·600m
프랑스 (CETU02)	$Q_E = Q_S + V_a \bullet A_r$	- 최소 배연량 ≥ 110 m²/s - 종방향 풍속 제어가 이루어지지 않은 경우에는 Va=1.5m/s로 한다. 예) 몽블랑 터널 : 150m²/s·600m = 80+45.2×1.5=147.8 m²/s
오스트리아	- Q _E ≧ 120㎡/s·firezone (HGV차량 기준)	- 80m³/s(연기발생량)
스위스	- $Q_E \ge 80 \text{ m}^3/\text{s}\cdot\text{km}$	- 80m³/s(연기발생량)

5. 법령 비교

제연설비 화재안전기준 & 도로터널 방재시설 설치 관리지침

구 분	도로터널의 화재안전기준 (NFSC 603)	도로터널 방재시설 설치 및 관리지침
설치대상	지하가 중 예상 교통량, 경 사도 등 터널의 특성을 고 려하여 행정안전부령으로 정하는 터널	① 방재2등급 이상 ② 운영 중인 터널의 경우 연장 등급이 3등급 이상이고 피난 · 대피 시설이 미흡한 터널은 피난대피환경 보완계획수립 후 제연설비 추가함
화재강도 설계	① 설계화재강도 기준 20MW, 연기발생률 80㎡/s, 배출 량은 혼합된 공기를 충 분히 배출할 수 있는 용 량 이상확보할 것 ② 화재강도가 설계화재강 도보다 높을 것으로 예 상될 경우 위험도 분석	① 차종별 화재강도 및 연기발 량은 다음 표와 같다 ② 설계화재강도는 20MW 이상으로 하며, 이때의 연기발생량 은 80㎡/s를 권장함 ③ 위험물 수송 차량의 통과 대수가 많은 경우에는 설계화 재강도를 증가할 수 있음

구 분	도로터널의 화재안전기준 (NFSC 603)	도로터널 방재시설 설치 및 관리지침
	을 통하여 설계화재강도 를 설정하도록 할 것	
설치기준	① 종류환기방식의 경우 제 트팬의 소손을 고려하여 예비용 제트팬을 설치하도록 할 것 횡류환기방식(또는 반횡류환기방식) 및 대배기구방식의 배연용팬은 도의 길이에 따라서 수 등을 통해서 다일온도 수치해석 등을 점토한 후에 적용하도록 할 것 대배기구 제용 전동 지할 수 대를 유지할 수 있도로에서 등은 유지할 수 되는 정전 등은의 조작사태를 유지할 것 제트팬 사이의 전원 공급장치 등은 250℃의 온도에서 60분 이상 도록 할 것 으로록 할 것	② 대면통행 터널(정체 시) 3) 횡류식 운영
기동	제연설비의 기동은 각호의 어느 하나에 의해 자동 또 는 수동으로 기동될 수 있 도록 할 것 ① 화재감지기가 동작되는 경우 ② 발신기의 스위치 조작 또는 자동소화설비의 기동장치를 동작시키는	관리소 또는 관리사무소의 설치를 원칙으로 함 ② 제연설비의 운영은 24시간 감시체계가 구축되어 있는 터널에서는 수동조작을 원 칙으로 하고 감시체계가 구

구 분	도로터널의 화재안전기준 (NFSC 603)	도로터널 방재시설 설치 및 관리지침
	경우 ③ 화재수신기 또는 감시제 어반의 수동조작스위치 를 동작시키는 경우	리자에 의해서 운전될 수 있도록 원격제어설비를 구성 ③ 제연설비의 조작권은 수동조 작에 우선권을 부여함
비상전원	60분 이상 작동할 수 있을 것	비상발전설비에 의한 비상전원 으로 60분 이상 기능 유지

가. 설치대상

1) 「화재예방, 소방시설 설치·유지 및 안전관리에 관한 법률 시행령」[별표 5] 5항 소화활동설비 중 제연설비 설치대상에는 지하가 중 예상 교통량, 경사 도 등 터널의 특성을 고려하여 행정안전부령으로 정하는 터널

【참고사항】

「화재예방, 소방시설 설치・유지 및 안전관리에 관한 법률 시행규칙」제6조 (소방시설을 설치하여야 하는 터널) ② 영 [별표 5] 제1호바목7) 본문에서 "행정안전부령으로 정하는 터널"이란「도로의 구조・시설 기준에 관한 규칙」 제48조에 따라 국토교통부장관이 정하는 도로의 구조 및 시설에 관한 세부 기준에 의하여 물분무설비를 설치하여야 하는 터널을 말한다.

- ③ 영 별표 5 제5호가목5)에서 "행정안전부령으로 정하는 터널"이란「도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙」제48조에 따라 국토교통부장관이 정하는 도로의 구조 및 시설에 관한 세부기준에 의하여 제연설비를 설치하여야하는 터널을 말한다.
- **제48조(도로의 구조 등에 관한 세부적인 기준)** 이 규칙에서 정한 사항 외에 도로의 구조 및 시설의 기준에 관한 세부적인 사항은 국토교통부장관이 정하는 바에 따른다.

2) 「도로터널 방재시설 설치 및 관리지침」은 방재2등급 이상 터널과 운영 중인 터널의 경우 연장등급이 3등급 이상이고 피난 · 대피시설이 미흡한 터널은 피난대피환경 보완계획수립 후 제연설비 추가하도록 하고 있으며 방재등급이 2등급 이상이거나 정량적 위험도 평가에 의한 사회적 위험도가 허용한계를 초과하는 경우에 해당한다.

터널 특성별 권장 제연방식

지역 및 통행방식	터널길이	화재 시 적용 제연방식 및 방법
-1101 = +11	500m 미만	자연환기에 의한 제연
대면통행 및	500~1000m 미만	방재등급 2등급 이상은 기계환기방식
도시지역	1000m 이상	방재등급 1등급 이상의 터널은 대배기구방식의 횡류방식 또는 반횡류식
	500m 미만	자연환기에 의한 제연
지방지역의	500~3000m 미만	방재등급 2등급 이상은 기계환기방식
일방통행	3000m 이상	수직구, 집중배기, 대배기구방식 등 배연능력을 향상하기 위한 구간배연시스템권장

나. 화재 시 환기기의 운용

1) 일반사항

- 가) 제연설비가 설치되는 터널은 관리소 또는 관리사무소의 설치를 원칙으로 한다.
- 나) 제연설비의 운전을 위해서 자동화재 탐지설비와 CCTV 등 교통량 감지설비, 터널 내 풍속계의 설치를 권장한다.
- 다) 제연방식 및 터널의 특성을 고려하여 제연설비 운영매뉴얼을 화재 발생 시나리오(화재의 위치, 화재 차량의 종류)에 따라서 작성하고 제연설비 조작반에 비치한다.
- 라) 제연설비는 화재경보와 연동하여 자동으로 가동될 수 있도록 제어 로직

- 을 구성함을 원칙으로 한다.
- 마) 제연설비의 운영은 24시간 감시체계가 구축되어 있는 터널에서는 수동 조작을 원칙으로 하고, 감시체계가 구축되어 있지 않은 터널에서는 자동으로 가동한 후, 관리자에 의해서 운전될 수 있도록 원격제어설비를 구성한다.
- 바) 관리사무소가 없는 경우에는 터널의 입구 또는 출구에 제어반을 설치할 수 있다.
- 사) 제연설비의 조작은 수동조작에 우선권을 부여한다.
- 자) 비상사태 시 제연설비는 운전 명령에 최대한 신속하게 작동될 수 있도록 하여야 하며, 급기 반횡류식의 경우에는 화재 시 배연을 위해 역전 운전이 요구되므로 신속한 배연운전이 되도록 조치를 강구한다.
- 차) 제연설비는 비상시 60분 이상 기능을 유지할 수 있도록 비상발전설비에 의한 비상전원설비를 갖춘다.
- 2) 종류식의 제연팬 운영
 - 가) 일방통행 터널(비정체 시)
 - ① 화재초기에는 차량주행방향으로 임계풍속을 유지할 수 있도록 제연설비를 운전한다.
 - ② 터널 내 풍속제어를 위해서 풍속제어로직을 구성한다.
 - ③ 화재위치, 화재발생차종에 따른 제연팬 운전모드를 작성하여 비치 운 영한다.
 - ④ 상대터널의 제트팬 또는 환기시설은 피난연결통로로 연기유입을 방지하기 위해서 가압운전모드로 운전한다.
 - ⑤ 화재터널의 제트팬이 터널입구 및 터널출구부에 분산 설치된 경우에는 터널 출구의 제트팬을 가동하여 화재터널의 압력이 부압이 되도록 운 전하는 것이 바람직하다.
 - ⑥ 화재에 근접한 제트팬의 가동은 연기의 성층화를 교란하게 되므로 가 동하지 않는다.

- 나) 대면통행 터널 및 일방통행 터널(정체 시)
 - ① 교통이 정체된 경우, 초기 단계에는 화재 전후방에 대피자가 존재하게 되므로 최대한 낮은 풍속을 유지할 수 있도록 제트팬의 가동을 정지하여, 성층화를 교란하지 않도록 한다.
 - ② 대피자가 안전한 장소에 대피한 것이 확인된 후에는 형성된 기류의 방향으로 소화 및 구조 활동을 위한 운전을 수행한다.

3) 횡류식의 운영

- 가) 균일배기방식의 (반)횡류식을 적용하는 경우, 배기구는 시운전 및 조정을 통해서 환기 효율이 저하할지라도 배기 시 배연구간에서 균일한 풍량이 발생할 수 있도록 급기구의 개도를 조정하여 운영한다.
- 나) 일방통행 터널에서 비정체 시에 화재가 발생하는 경우에는 구역제어 또는 대배기구에 의한 선택 배기를 하는 경우, 차량의 주행 방향으로 기류가 형성될 수 있도록 배연계획을 수립하고 운전한다.
- 다) 대면통행 터널 및 일방통행 터널(정체시)은차량의 정체에 의해서 화재 상·하류에 대피자가 존재할 가능성이 있으므로 화재 지점 주변의 풍속을 최대한 낮게 유지할 수 있도록 환기기 운전계획을 수립하여 운전한다.

다. 환기시설의 온도저항

- 1) 연기를 주행공간으로부터 직접 배출시키는 제연용 제트팬은 250℃의 온도 에서 60분 이상의 정상가동 상태를 유지할 수 있어야 한다.
- 2) 화재에 간접 노출되는 횡류식(또는 반횡류식) 및 대배기구방식의 배연용 팬은 덕트의 길이 등에 따라서 노출 온도가 차이가 있으므로 수치해석 등을 통해서 내열온도 등을 검토한 후에 필요시 냉각설비를 적용한다.
- 3) 대배기구의 개폐용 전동모터는 250℃ 이상의 온도에서 60분 이상 정상 가 동되어야 하며, 정전 등 전원이 차단되는 경우에도 조작된 상태를 유지할 수 있어야 한다.
- 4) 주행공간 내의 전원 공급 라인과 제트팬과 전원연결장치들은 250℃의 온도 에서 60분 이상 운전상태를 유지할 수 있도록 한다.

2. 제1호에도 불구하고 화재강도가 설계화재강도보다 높을 것으로 예상될 경우 위험도분석을 통하여 설계화재강도를 설정하도록 할 것

해 설

위험도분석

1. 위험도분석 및 평가의 필요성

가. 개요

도로터널에 대한 방재시설의 설계 및 설치 시 터널의 연장, 교통량, 위험요소를 고려하여 방재등급을 정하고 있으나 화재 시 배연이나 대응이 제한적이기 때문에 유럽을 중심으로 터널 방재시설에 대한 성능위주 설계가 도입되어 정량화된 지표를 제시하기 위한 정량적 위험도 분석 평가 기법이 제시되고 있다. 대표적으로 PIARC(World Road Association)에서 개발한 QRAM(Quantitative Risk Assessment Model)이 있으나 위험 물질 수송 차량을 대상으로 하여 일반화재 적응성은 낮은 편이고, 국내에서는 터널에서 사고 발생률에 대한 데이터가 부족하므로 설계 안전성 검증목적으로 사용하고 있다.

나. 위험도분석 평가 요소

- 1) 도로터널 사고 발생률
- 2) 터널 화재 발생 시나리오
- 3) 시나리오별 터널 내 오염물질농도에 대한 화재해석
- 4) 시나리오별 사상자수 평가를 위한 대피모델 및 차량정체모델
- 5) F/N 선도에 의한 사회적 위험도 평가

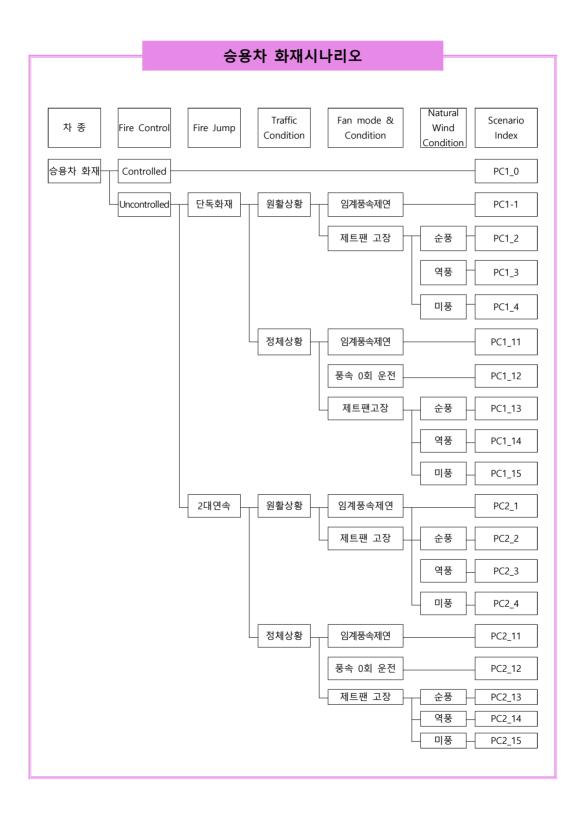
위험도 평가를 위한 검토요소 및 상세 내용

검토요소	내용
터널 화재 발생	터널에서 일반사고 및 화재사고 발생율 분석데이터
시나리오	차종별 화재강도 기준: 일반적으로 승용차(5MW, 10MW), 버스(20MW),

검토요소	내용
	일반화물(30WW), 위험물 수송차량(130WW)로 구분됨 화재사고의 심각성 및 인접 차량으로의 화재의 전파 및 이에 대한 통제데이터 화재 시 교통조건에 따라서 환기기의 운전이 완전히 상이하므로 화재 전 교통조건(정상주행상태와 정체 상태)을 평가하기 위한 기법 제연시설의 설치 여부 및 제연 성공 여부
화재 시 터널 내 유해물질 농도	화재 시 터널 내 온도분포, 복사열의 강도, 유해가스(CO, CO ₂)의 농도, 가시거리를 해석하기 위한 모델 또는 간략 계산을 위한 프 로그램 연동 각 유해요소가 인체에 미치는 영향에 대한 기준
대피시뮬레이션	화재 시 대피자의 위치 및 대피 시간을 파악하기 위한 대피시뮬 레이션 기법개발 및 프로그램화 대피자의 대피특성에 대한 자료 인접한 사람의 밀도, 전방의 대피자와의 거리, 연기농도 등을 반 영하는 대피 속도 평가기법
시나리오별 사상자수의 추정	유해요소가 대피자에게 미치는 영향에 대한 기준 유해요소에 노출되는 정도를 정량적으로 평가하기 위한 기법 사상자수의 평가방법
Special Risk 평가기준	Frequency(F)/Fatalities(N)에 대한 평가기준 터널 사고에 대한 사회적인 위험도 평가기준

2. 위험도 평가기법

- 가. 터널 화재사고 발생 시나리오
 - 1) 터널 화재 발생 시나리오 고려사항
 - 가) 차종별 화재사고 발생율
 - 나) 차종별 화재강도
 - 다) 화재 전 주행상태
 - 라) 인접 차량으로의 화재 전파
 - 마) 제연설비의 성공 여부
 - 2) 사고 발생 시나리오 기법



터널 화재시나리오는 일반적으로 Event Tree 기법으로 전개하며 차종, 화재 제어(Fire Control), 화재 확산(Fire Jump), 교통상황(Traffic Condition), 제연팬 가동여부(Fan mode & Condition), 자연풍의 상태(Natural Wind Condition)를 고려하여 작성한다.

3) 차종별 화재사고 발생율

차종별 사고발생률(2014)

구분	연도	승용차	버스	화물차	계
	2009	1940	386	1391	3717
화재	2010	1849	389	1386	3624
발생	2011	1787	355	1379	3521
건수 (건/연)	2012	1739	351	1392	3482
(신/신)	2013	1622	320	1374	3316
	합계	8,937	1,801	6,922	17,660
	2009	186,325,358,775	25,212,905,637	57,643,538,158	269,181,802,570
	2010	184,631,390,513	22,741,219,508	58,646,960,730	266,019,570,751
주행 거리계	2011	183,851,958,672	21,882,427,615	55,895,072,797	261,629,459,084
(Veh⋅km)	2012	194,704,853,833	18,355,019,419	59,681,921,935	272,741,795,187
	2013	194,281,435,360	21,563,790,339	61,570,397,103	277,415,622,802
	합계	943,794,997,153	109,755,362,518	293,437,890,723	1,346,988,250,394
	2009	1.04	1.53	2.41	1.38
차종별	2010	1.00	1.71	2.36	1.36
사고 발생률	2011	0.97	1.62	2.47	1.35
(건/108	2012	0.89	1.91	2.33	1.28
Veh·km)	2013	0.83	1.48	2.23	1.20
	합계	0.95	1.64	2.36	1.31

소방방재청의 5년간(2009~2013) 차종별 화재사고 발생 건수를 정리해서 연간 주행거리계(교통안전공단 자동차 주행거리계)로 나눠서 사고 발생률을 구하면 전체 차종에 대한 사고 발생률은 1.31건/108Veh·km이고, 차종별 사고 발생률은 승용차 0.95건/108Veh·km, 버스 1.64건/108Veh·km, 화물차 2.36건/108Veh·km로 화물차가 승용차보다 사고 발생률이 2.48배 높다.

4) 차량 화재 발생 시나리오

- 가) PIARC 95 보고서에서 따르면 승용차의 화재강도는 5MW, 총발열량은 약 6GJ, 화재지속시간은 20~40분, 화재성장속도(Growth rate)는 0.012kW/s2로 제시하고 있다.
- 나) PIARC 99 보고서에서 버스의 화재강도는 20~30MW, 총발열량은 41GJ, 화재성장속도(Growth rate)는 0.1kW/s2로 하고 있다.
- 다) 승용차 화재 중 소화기로 진화가 가능한 비율을 PIARC 95 보고서에서 80~90%, 일본수도공단자료에서는 53% 정도로 제시하고 있다.
- 라) 한국도로공사의 화재사고 통계자료에 따른 화재강도가 30MW를 초과하는 경우에는 화재가 확대되는 것으로 보고 있고 대형트럭의 경우 14.8%가 30MW 이상으로 보고되고 있다.

한국도로공사의 터널 내 화재사고 통계(2005~2014)

차종구분	10세W 이하	20MW 이하	30MW 이하	30MW 초과	합계	30MW 이상
대형트럭	3	1	2	1	7	14.3%
화물	23	2	0	1	26	3.8%
화물 & 대형합계	26	3	2	2	33	6.1%
버스	5	1	0	0	6	0.0%
승용	10MW 이하	20MW 이하	30MW 이하	30MW 초과	합계	합계
	36	12	11	0	59	0.0%

나. 차종별 화재강도 설정

- 1) 터널 화재 시 PIARC에서 제시한 승용차 화재강도는 2.5~5MW, 버스는 20~35MW, 위험물운반차량은 100~200MW로 폭넓게 분포하고 있다.
- 2) 2003년 노르웨이 Runchamar 터널(연장 1600m, 폭 9m, 높이 6m)에서 수 행된 실험에 의하면 여러 가지 실험을 수행하여 총발열량(GJ), 최대화재강 도(MW), 화재성장시간(min) 를 PIARC에서 제시한 설계자료는 다음과 같다.

차종별 화재강도 및 성장시간

실험 조건	총발열량 (GJ)	최대화재 강도(MW)	성장시간 (min)
	승용차		
승용차, 1970년대 차량	4	1.5,1.8, 2	12,10,14
EUREKA 499, 1988년 이후 차량, u=0.4m/s	7	6	8
Austin Maestro 1982	NA	8.5	16
Citroen 1986	5	6	15
2nd Benelux tests, Opel Kadett 1990, u=0 and u=6m/s	NA	4.8 and 4.7	11 and 38
1980~1990년대 승용차 (Peugeot, Renault, Citroen, Ford, Opel, Fiat, VW)	21,3.1,4.1 and 6.7	3.5,2,1,4.1 and 8.3	10,29,26 and 25
Test one car(Trabant, Austin and Ctroen)	3.1,3.2,8	3.7,1.7,4.6	11,27,17
Two car	8.5,7.9,8.4,NA	1.7,7.5,8.3,10	NA,13,NA,NA
Two car(Polo+Trabant, Peugeot+Trabant, Citroen+Trabant, Jetta+Ascona)	5.4,5.6,7.7,10	5.6,6.2,7.1,8.4	29,40,20,55
Test with Tree car	NA	8.9	33
	버스		
25-35 year old 12 m Long Volvo school bus with 40 seats, EUREKA 499, u=0.3m/s	41	29	8

실험 조건	총발열량 (GJ)	최대화재 강도(MW)	성장시간 (min)
A bus test in Shimizu Tunnel, u=3~4m/s	NA	30	7
대형	병트레일러		
Trailer 10.9ton(Wood 82%, Plastic 18%), Runehamer test u=3m/s	240	203	18
Leyland DAF 310 ATi-HGV with 2ton funirure, EUREKA 499 u=3~6m/s	87	128	14
8.5ton fueniture, fixtures and rubber tyres Runehamer test 3 u=3m/s	152	125	10
Trailer(3.5ton paper cartons filled with plastic cup), Runehammer test u=3m/s	67	70	14
2nd Benelux tests u=1~2m/s 72 wood pallets	19	25	12
2nd Benelux tests 8,9 u=0 m/s 4-6m/s, 36 wood pallets	10	13,19,16	16,8,8
A Simulated truck load, EUREKA 499, u=0.7m/s	65	17	15

다. 화재 전 주행상태 적용 방안

터널에서 화재가 발생하는 경우 종류식환기방식인 경우에는 제연팬을 가동하여 임계풍속을 유지하는 것이지만, 대면터널이나 정체가 극심한 경우에는 터널 내 풍속을 증가시켜 연기의 이동을 촉진하므로 화재하류에 있는 대피자를 연기가 덮쳐인명피해를 가중시킬 우려가 있다. 그러므로, 차량정체가 극심한 경우에는 제연팬의 운전을 정지하는 것이 대피환경에 유리하고 인명피해를 감소시킬 수 있다. 제연팬의 운전 여부에 따라 인명피해 정도가 현저히 증가할 수 있으므로 시나리오작성 시 교통특성을 평상시(Normal Traffic Flow)와 정체 시(Congest Traffic Flow)로 구분하여 반영하여야 한다. 도로정체시간에 대한 평가는 교통량이 도로용량을 초과하는 시간을 계산하여 정체 비율로 산정하는 방식을 활용한다.

3. 화재 시 유해물질 농도 및 열환경 평가방법

터널 내 화재가 발생하였을 때 유해물질이 인체에 미치는 영향을 설계에 적용하기 위한 방법은 일반적인 한계값과 수치해석을 통한 화재해석 결과를 통한 평가 방법이 있다. 수치해석을 이용한 화재 유해물질에 대한 농도 및 온도평가 방법은 온도, 복사열, 유해가스농도(CO, CO₂, 매연, 가시거리)를 계산공식을 활용하여 간략계산하는 방식과 CFD 시뮬레이션을 수행하여 계산 결과를 생성하는 방법이 있다.

가. 화재강도 권고 한계값 적용

터널 화재 시 온도, 복사열, 가시거리, CO, CO² 등의 유해물질이 인체에 미치는 영향을 설계에 적용하기 위한 한계 값을 수치로 만든 값을 말한다.

터널 화재 시 온도 및 유해가스의 영향

대상물질	출처	적용	비고
	NFPA	60℃	-
	PIARC	80°C(15min)	-
온도	영국	80°C(15min)	-
	SP	70℃	irritating, 건조한 상태
	34	150°C	5분 안에 피부화상
	NFPA	2.5kW/m²	
	PIARC	2~2.5kW/m²	(Fire Fighter : 5kW/m²-30min)
복사열	SP	2kW/m²	자극성 : 1/2 정도가 1st degreeburns
	34	6kW/m²	치명적 : 1/2 정도가 탈출 중 사망
	NFPA	$30ft(=115mg/m^3)$	발광체
	INFPA	20ft(=65mg/m³)	비발광체
가시거리	4	25m, K=0.1m ⁻¹ ,15.79mg/m³	중정도의 방해, 터널표시등을 1개 정도 분간할 수 있는 정도
	SP	12.5m분간, K=0.2m ⁻¹ ,31.6mg/m³	심각한 장애
		2.5 m분간, K=0.5m ⁻¹ ,157.9mg/m³	방향감각 상실

대상물질	출처	적용	비고					
		2000	수초					
	NFPA	1500	6분					
		800	15분					
	FAA	4800ppm	5min-Hazard Limit					
	CO	1,500ppm	15분 후에 두통, 30분 후에 의식불명, 60분 후에 사망					
CO		2,000ppm	10분 후에 두통, 20분에 의식불명, 45분에 사망					
		SP	SP	SP	SP	SP	3,000ppm	최대 노출시간 5분, 10분 후에 의식불명
						6,000ppm	1~2분 후에 두통과 졸음, 10~15분 안에 사망	
		12,800ppm	즉시 죽음, 2~3번의 호흡으로 의식불명, 1~3분 안에 사망					
CO ₂	FAA	480,000ppm						

나. 수치해석

1) 간략계산방식

터널 내 열 및 유해가스 평가식은 일반적으로 Ingason이 The Handbook Of Tunnel Fire Safety에서 제시한 간략식을 적용한다.

가) 온도

터널 화재 시 열평형식

$$\dot{m}_{a}C_{p}\frac{d\,T_{avg}}{dx}=h_{c}P(\,Tavg-\,Tw\,)+\varepsilon_{q-\,w}F_{\,w}P\sigma\,(\,T_{avg}^{4}-\,T_{w}^{4})$$

나) t초 후 화재하류 x(m) 지점 온도

$$T_{avg}(x,t) = T_a + \left[T_{avg,x=0}(\tau) - T_a \right] \exp \left[-\left(\frac{hpx}{m_a C_p}\right) \right]$$

다) 복사열 영향

$$q'' = \frac{F_s \cdot m \cdot \Delta H_c}{4\pi X^2}$$

여기서,

q" = Radiation heat flux(kW/m²)

Fs = Fraction of the combustion heat radiated from the flame surface=0.3

 $m = Burning rate(kg/s) = 0.055kg/(s,m^2)$

△Hc = 가솔린의 발열량 = 43.7MJ/kg

x = 화재로부터의 거리(m)

라) 유해가스 농도

$$X_{i,avg} = Y_i \frac{M_a}{M_i} \frac{Q(\tau)}{\dot{m}_a H_T}$$

마) 산소저감률

$$X_{O_{2,avg}} = 0.2095 - \frac{M_a}{Mo_2} \frac{Q(\tau)}{\dot{m}_a \times 13,100}$$

바) 소광계수(Extinction coefficient)

$$K = \frac{OD}{L}log_e(10)$$

$$\frac{OD}{L} = \xi Y_s \frac{\dot{m_f}}{V_T}$$

사) 가시거리

$$V = 0.87 \frac{uA_{Hec}}{Q(\tau)D_{mass}}$$

2) 수치해석 모델링

FDS 등 기존 상용프로그램으로 화재 조건별 터널 내 온도 및 농도해석을 통해 시나리오별 제시된 호흡면 농도를 구할 수 있다.

가) 화재성장곡선

화재는 초기 Q= α t2[kW]의 속도로 성장하며, α 값을 화재성장속도라고 한다. α 는 열방출률이 1 ω kW에 도달하는 시간을 나타내며, α 값에 따라 화재성장곡선은 Slow, Medium, Fast, Ultra fast 등 4단계로 분류된다.

$$Q = \alpha t^2 [kW]$$

α : 화재성장속도 [kW/s2]

t : 지속시간 [sec]

- 【참고사항】

※ Ultra fast의 경우 Q=1055[kW], t=75[sec] 1055 = α X 752 α = 0.1875

- ① Slow = 1055/600² 이상(0.00293<α<0.1172(kw/s²) slow는 훈소성 화재에 해당하는 연소속도
- ② Meduim = 1055/300² 이상(0.0172<α<0.04689)(kw/s²) meduim은 목재류 화재에 해당하는 연소속도
- ③ Fast = 1055/150² 이상 (0.04689<α<0.18756)(kw/s²) fast는 플라스틱 화재에 해당하는 연소속도

④ Ultra fast = 1055/75² 이상(α>0.18756)(kw/s²) Ultra fast는 석유류 화재에 해당하는 연소속도



나) 연기 및 CO가스 발생

유럽 각 나라 기준에 따르면 차종별 연기발생량 및 CO 발생량은 다음 표와 같으며, PIARC 보고서에 의하면 버스 1대에 대한 화재강도는 20MW, 연기발생 량은 60~80m/s, CO 발생량은 0.077~0.128kg/s, 연기생성비율(Ys: Smoke Yield)은 0.133(g/fuel), CO생성비율(Yco: CO Yield)은 0.168(g/fuel)을 적용한다.

차종별 연기 및 CO 발생량

	연7	CO 발생률 (CO				
화원	PIARC Brussels 1987	RABT (독일) 1994	CETU (프랑스) 1996	NFPA 502 (USA) 1998	EUREKA 실형화 재실험	Production, kg/s)
승용차	20	20-40	20	20	_	-
승용van	-	-	30	-	30	0.02~0.046
승용 2-3대	-	-	30	-	-	-
승합버스 및 화물	60	60-90	80	60	50-60	0.077~0.128
화물(Heavy	-	-	50-80	-	-	-

good vehicle)						
유조차 (가솔린운 반차)	100-200	150-300	300	-	-	0.306~0.714

4. 대피시뮬레이션

터널 내 대피자가 유해가스에 노출되는 정도를 평가하기 위해서는 화재 이후 각시간별 대피자의 위치 및 대피 여부를 결정하기 위한 대피시뮬레이션이 필요하다. 따라서 대피특성, 초기 차량 및 대피자의 배치를 위한 차량의 정체특성, 대피자의 대피속도 산정방법에 대한 분석이 필요하다.

가. 터널 화재 시 대피특성



- 1) 터널에 화재가 발생하면 화재를 감지하고, 경고방송 및 비상상황의 전파이후, 대피의 결정과 안전한 장소로 이동하는 과정을 거친다. 대피시간은 화재 발생 후 차량에서 대기하는 대기시간(Time in the car or Leave the car)과 차량에서 하차하여 대피를 결정하는 결정시간(Hesitation time), 대피를 시작하여 안전한 장소로 이동하는 이동시간(Walking time)으로 구분한다.
- 2) 터널 화재 시 대피시간은 Anders의 연구에 의하면 대피자의 행동특성에 따라 대기시간, 결정시간, 이동시간으로 구분하고 있다. 대피특성은 경고방송 이전에 대피를 시작하는 사람과 경고 방송 이후에 대피하는 그룹으로 나누며 각각 그룹에 대한 비율 및 확률분포를 제시하고 있다.

72			결정시간				
그룹	비율(%)		비율(%)		행동양상	Statistical Distribution	비율/확률분포식
1	18.4	51	80~130초 전에 차량을 버리는 사람	Norm(41.6,17.1)	8 0.09 (1.0.09)Norm		
2	10.4	49	80~130초 이후에 차량을 버리는 사람	Gumb(28.8,155)	0.08+(1-0.08)Norm 151,8)		
3	81.6		경고 방송 후에 챠량을 버리는 사람	GEV-0.22,19.81,3 3.08)	28 0.28+(1-0.28)GEV (-0.44,13,8.42)		

대피특성 및 확률분포 (Anders Noren)

주) Norm함수는 누적정규분포로 다음 식과 같다.

$$Norm(x;\mu,\sigma) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} Exp\left(-\frac{1}{2}(\frac{x-\mu}{\sigma})^2\right)$$

Gumb는 Gumbel분포를 의미하여, 다음 식과 같다.

$$Gumb(x;a,b) = Exp\left(\frac{1}{Exp(-\frac{(x-b)}{a})}\right)$$

GEV는 General Extrem Value 분포를 의미하며, 다음 식과 같다.

$$GE \ V \ge \ Q \ V(x;k,\mu,\sigma) = \operatorname{Exp} \left(\frac{1}{\left(1 - k(x - \mu)/\sigma\right)^{\frac{1}{k}}} \right)$$

나. 차량 및 대피자의 배치

- 1) 대피 시뮬레이션을 위해서 초기에 대피자를 배치하고, 터널 내 차량의 정체길이 및 터널 내 차량수를 구한다.
- 2) 터널 화재 시 교통특성에 따라 화재지점을 기준으로 5개 구간으로 구분해 서 시간 경과에 따른 존별 차량 수를 산정한다.

구간별 교통특성

구간	교통특성
Zone 1	터널 폐쇄 후 화재 후방에 차량이 존재하지 않는 구간
Zone 2	터널 차단 이전에 도착한 차량이 사고인지를 못하고 계속 진입하는 구간
Zone 3	차량이 정체하는 구간
Zone 4	화재 하류의 차량이 없는 구간
Zone 5	화재 하류의 차량이 계속 진행하는 구간

다. 대피속도(Walking Speed) 산정

대피자의 대피속도(Walking Speed)는 일반적으로 대피자 주변의 대피자 밀도, 전방의 대피자와의 거리, 연기에 의한 가시거리에 영향을 받으며, 일반적으로 대피 속도에 대한 각국 설계자료는 다음 표와 같다.

대피속도에 대한 각국의 설계자료

구 분	대 피 속 도	비고
'99 PIARC 보고서 (Fire and Smoke Control in Road tunnel)	0.5~1.5m/s	연기농도(가시도), 조명, 자극성에 따라서 차이 있음
NEPA-Code 130	약 1.0m/s	4% 이하의 진입로
한국도로공사	0.8~0.9m/s	고속도로 방재시스템 연구
터널기술	1.19m/s	고속도로 터널의 피난연결통로 및 규격 및 설치 간격
영국(Design of Road Tunnels)	0.5~1.0m/s	1.5m/s 일반
스웨덴(Tunnel 99)	평균 보행속도 0.7m/s	

1) 전방 대피자와의 거리

전방 대피자와의 거리에 따른 보행속도는 Thompson이 Simulex 모델에 적용한 식을 적용한다.

전방의 대피자의 거리에 따른 대피속도

$$W_{spd} = V_u \cdot Sin(\frac{90}{180}\pi \cdot \frac{D_P - b}{T_D - b}), b \le D_P \le T_D$$

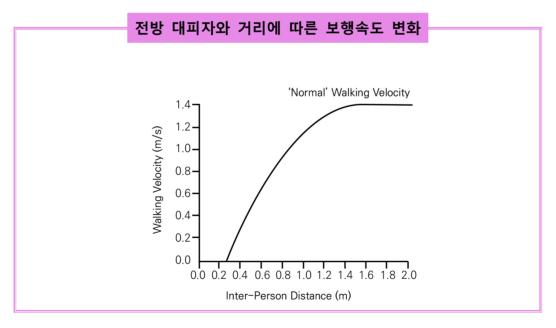
$$W_{spd} = V_u, D_p \rangle t_d$$

여기서, Vu는 방해물이 없는 경우에 보행속도로 Vu=1.4m/s

Dp는 앞사람과의 거리

TD: 1.6 m

b: body depth이다.



2) 대피자 주변의 대피자 밀도

대피자 주변 밀도에 의한 보행속도는 다음 식으로 계산한다.

- 대피자 밀도에 다른 대피속도

$$W_{spd}$$
=k-a · k · D_H,
 D_{H} >0.55 person/m²
 W_{spd} =0.85k

여기서, Wspd: 대피자 밀도에 다른 대피속도 (M/s)

a : 0.266m²/person

DH : 밀도

k는 상수로 경사지나 회랑, 출입구의 경우에는 1.4m/s이다.

3) 연기에 의한 가시거리 영향

감광계수에 따른 가시거리

감광계수(1/m)	가시거리(m)	비고
0.1	20~30	- 건물 내부에 익숙하지 못한 사람의 피난한계농도 - 연기감지기가 작동할 정도의 농도
0.3	5	- 건물 내부에 익숙한 사람의 피난 한계농도
0.5	3	- 어두침침함을 느낄 정도의 농도
1.0	1~2	- 거의 앞이 보이지 않을 정도의 농도
10	0.2~0.5	- 최성기 화재 때의 농도
30		- 화재실에서 연기가 분출할 때의 농도

화재가 발생하면 연기에 의해 가시도가 저하되어 재실자가 피난하는 데 장애 요소가 되고 소방관의 화재진압에도 장애가 된다. 가시도는 연기를 통해 물체를 인식할 수 있는 최대거리인 한계가시거리 Lv 로 나타낸다.

$$L_v = \frac{C_v}{C_s}$$

여기서 Cv : 물체 조명도에 의존되는 계수(1~4)

Cs : 감광계수

5. FED 평가 모델 및 사상자수 추정

FED(Fractional Effective Dose: 유효복용분량) 평가 모델은 열환경 및 유해가스가

인체에 미치는 영향을 정량적으로 평가하기 위한 방법으로 t(min) 시간 동안 인간이 호흡한 유해가스의 누적 복용량(ppm·t)을 특정한 영향(Incapacitation or Death)을 미치는 정도를 L(Ct)50, 즉, 유해가스에 의해 50%가 치사(Death)에 이를 수 있는 누적농도를 기준으로 하는 경우와 무기력(Incapacitation)에 도달하는 누적농도를 기준으로 하는 경우로 구분한다. 일반적으로 FED는 무기력에 이르는 무력화 기준으로 하고 무력화 복용분량(FID: Fractional Incapacitation Dose)라고 한다. FED 값이 0.3 이상이면 무력화 상태로 도달하는 것으로 보고 사상자 수를 구한다. 무력화복용분량(Fractional Incapacitation Dose)을 계산하기 위한 모델은 Purser 모델, N-GAS 모델, FAA(Federal Aviation Administration) 모델 등이 있다.

1) Purser 모델은 인체에 미치는 열환경 및 유해가스가 복합적으로 영향을 미치는 FED 식을 제시하고 있다.

$$FED = (F_{1CO} + F_{1HCN}) \times V_{CO_2} + F_{1O} \text{ or } F_{1CO_2}$$

여기서, FED : Fractional Effective Dose, 유효복용분량

F_{1CO} : CO 흡입이 인체에 미치는 위험도 지수

 F_{1HCN} : HCN 흡입이 인체에 미치는 위험도 지수

 V_{CO2} : CO_2 흡입이 인체에 미치는 위험도 지수

F₁₀₂ : O₂ 저감에 따른 위험도 지수

F_{1CO2} : CO₂ 농도에 따른 위험도 지수

2) FAA(Federal Aviation Administration) 모델은 미연방 항공우주국이 비행기화재사고 시 열환경인자(온도, 복사열) 및 유해가스에 대한 영향을 시간개념을 도입하여 모두 합하여 FED 평가식을 적용하였다.

$$FED = (F_{1CO} + F_{1HCN}) \times V_{CO_2} + F_{1Heat} + F_{1RAD}$$

여기서, F_{1CO} : CO 흡입이 인체에 미치는 위험도 지수

F_{1HCN}: HCN 흡입이 인체에 미치는 위험도 지수

V_{CO2} : CO₂ 흡입이 인체에 미치는 위험도 지수

F_{1Heat} : 직접 접촉열에 의한 위험도 지수

F_{1RAD} : 복사열에 의한 위험도 지수

가. CO 가스농도

1) CO는 화재 시 발생하는 주요한 유독성 가스 중 하나로 호흡기에 의해서 혈액 내 헤모글로빈과 반응하여 COHb(Carboxyhemoglobin)을 형성한다.

- 2) 혈중 COHb 농도가 30%에 이르면 의식 불명 상태가 되고 50%를 초과하면 사망하게 된다.
- 3) 혈중 COHb 농도는 CO에 노출되는 시간과 농도에 영향을 받는다.

$$\% COHb = 3.317 \times 10^{-5} (ppm CO)^{1.036} RMV \cdot t$$

여기서, RMV(Volume of air breathed) : 사람의 활동에 따른 분당 호흡량

활동 단계별 RMV(Volume of air breathed)

구분	사람의 활동정도	RMV(ℓ/min)
1단계	휴식을 취하거나 수면 중인 상태	8.5
2단계	걷기 등 가벼운 운동을 하는 단계	25
3단계	천천히 달리기나 계단오르기 등 힘든 운동을 하는 단계	50

4) CO 흡입이 인체에 미치는 위험도 지수는 F1(FID: Fractional Incapacitation Dose)에 의해 판단되고, 의식불명에 이르는 COHb 농도를 D 라고 하면, F1 이 1에 달하면 의식불명에 이르게 된다.

$$F_{1CO} = \frac{\% \, COHb}{D} = \frac{K (ppm \, CO)^{1.036} t}{D} \label{eq:f1CO}$$

여기서, F1CO: 의식불명에 이르게 하는 위험도 지수

K : 인간의 활동상태에 따라 변하는 호흡 상태에 의해서 변하며, RMV=25(1/min)
 D : 의식불명에 이르는 COHb 농도 (%), 가벼운 운동을 하는 단계 30%

t : 독성가스 노출시간(min)

나. 산소 저감률

1) 산소농도 저감은 의식불명에 이르게 하는 위험인자 중 하나로 산소농도 저감률이 10% 전후에 도달하면 의식 불명에 이르게 되며, 9.8% 가 한계치로 알려져 있다.

산소농도저감에 따른 인체영향

산소농도(%)	인체영향 및 증상
19~21	정상호흡
15~19	업무능력 감소, 신체기능 조절 손상 및 심장, 폐, 순환기장애자 초기증상 유발
12~14	호흡수 증가, 맥박증가, 기능조절 능력 및 지각능력 손상
10~12	호흡이 더욱 빨라지고 청색 입술이 되며 판단력저하
8~10	정신혼미, 어지럼증, 의식상실, 안면창백, 구토
6~8	8분 내 100% 치명적, 6분 내 50% 치명적, 4~5분 내 치료 시 회복 가능
4~6	40초 내에 혼수상태, 경련 호흡정지, 사망

2) 산소농도 저감에 따른 위험도 지수식

$$F_{1O_2} = \frac{t}{e^{8.13 - 0.54(20.9 - \%O_2)}}$$

여기서, t: 독성가스에 노출시간(min), %O2: 산소의 농도이다.

F₁⊙ : 산소저감에 따른 위험지수

다. CO₂ 가스 농도

1) CO₂는 독성 가스는 아니지만 농도가 높아지면 호흡량을 증가시켜 유독가 스 호흡량을 증가시키는 위험성이 있다. 일반적으로 CO₂ 농도가 3% 증가 하면 호흡량이 2배가 되고, 5% 증가하면 호흡량이 3배 정도 증가한다. 2) CO₂ 농도에 따른 호흡량 증가에 관련된 식

$$V_{CO_2} = \frac{e^{0.1902\% CO_2 + 2.0004}}{7.1}$$

- 3) 공기중에 CO₂ 농도가 10%가 되면 약 2분 안에 의식을 잃게 된다.
- 4) CO₂ 농도에 따른 위험도 지수식

$$F_{1CO_2} = \frac{t}{e^{(6.1623 - 0.5189\%CO_2)}}$$

라. HCN(Hydrogen Cyanide)

- 1) HCN(Hydrogen Cyanide)은 무색의 휘발성 액체로 화재가 발생하면 고온에서 질소(N₂) 함유 물질이 열분해 과정에서 생성되는 물질로서 독성이 있어 흡입한 경우, 100ppm 이상이면 30분~1시간 이내에 사망하거나 위독해지므로 미국·영국·일본 등지에서는 공기 중의 허용농도를 10ppm으로 규제하고 있다.
- 2) HCN은 CO보다 독성이 강하며, 혈액과 반응하면 호흡을 증가시키고 혼수 상태에 이르게 되며 때로는 폐부종이 동반되기도 하고 심장마비 발생으로 사망에 이르게 된다.
- 3) HCN 위험도 지수식

$$F_{1HCN} = \frac{t}{e^{(5.396 - 0.023ppm\,HCN)}}$$

마. 열환경

- 1) 터널에 화재가 발생하면 가열된 가스와 직접 접촉한 전도열, 대류열, 화염 및 가열된 공기층에 의한 복사열이 발생한다.
- 2) 화재로 고열이 발생하면 인체에 영향을 미치며 피부에 열화상을 일으키거 나 고열의 공기로 호흡기에 영향을 미쳐 인명피해를 발생시킨다.

3) 일반적으로 0.1mm 피부 깊이의 온도가 44.8℃에 도달하면 화상을 입게 되며, PIARC에 의하면 인간이 견딜 수 있는 복사열의 한계치는 2.5kW/m²이며, 노출온도가 80℃에서 15분 이상 버티기 어려우며, 120℃ 이상이면 심각한 화상을 초래하게 된다.

인간의 허용온도 및 복사열량

구 분	온 도	복 사 열 량
NFPA	60°C	2.5 kW/m²
PIARC	80°C (15min)	2~2.5kW/m² (Fire Fighter : 5kW/m²-30min)
영국	80°C (15min)	

4) 직접 접촉열에 의한 위험도 지수식

$$F_{1HEA\,T}\!=\frac{T}{e^{5.1849\,-\,0.0273\,T}}$$

여기서, T: 주변공기온도(℃)이다.

5) 복사열에 의한 위험도 지수식

$$F_{1RAD} = \frac{q^{1.33}}{80}t$$

6) 터널 화재 시 화염에 의한 복사열량 계산식(Engelhard, 1997)

$$q'' = \frac{F_s \cdot m \cdot \Delta H_C}{4\pi X^2}$$

여기서, q": Radiation Heat Flux(kW/m²)

 F_s : 전체 발열량 중 복사열량이 차지하는 비율(약 0.3)

m : 연료소비량(kg/s)

△H_c : 연료의 발열량(Mj/kg)

X : 화점에서부터의 거리

바. 가시거리

- 1) 가시도는 관측자의 위치에서 보이는 위치까지의 거리를 말하며, 이때 전방의 목표물을 식별할 수 있는 거리를 가시거리(L)라고 한다. 가시도는 연기의 특성과 주변환경, 관찰자의 특성에 따라 달라진다.
 - 가) 연기의 특성 : 연기의 색, 입자 크기, 연기의 밀도, 인체에 주는 영향(마 취성, 자극성 등), 연기의 흡수 및 산란계수 등
 - 나) 주변환경 : 관찰되는 목표물의 크기와 색, 목표물의 조도(빛의 강도 및 위치), 빛의 파장
 - 다) 관찰자의 특성 : 관찰자의 물리적 또는 정신적 상태(패닉상태 혹은 정상 상태), 개인의 명암 순응 여부
- 2) 가시거리는 연기를 통해 전방의 물체를 식별할 수 있는 거리를 말한다. 연기는 완전연소되지 못한 검댕이나 고체 입자가 공기를 떠다니기 때문에 불투명하며 시야를 차단한다. 연기로 대기의 혼탁정도를 나타내는 척도인 가시거리(L)는 목표물의 유형에 따라 다르게 계산한다.

반사형 표지 및 문짝 :
$$L = \frac{2~\sim~4}{C_s}(m)$$

발광형 표지 및 주간의 창 :
$$L = \frac{5 \sim 10}{C_s}(m)$$

여기서, L : 가시거리(m)

$$Cs: 감광계수\left(\frac{1}{m}\right)$$

3) 가시거리에 대한 평가는 발광원에서 발생한 빛이 일정한 거리(L)에 위치한 수광원 사이에 수광원에서 수광된 빛의 강도비를 나타내는 소광계수 K(Extingtion coefficient)에 의해 표현되며 Lambert Beer의 식에 의해 유도된 투과율(Transmittance)공식은 다음과 같다.

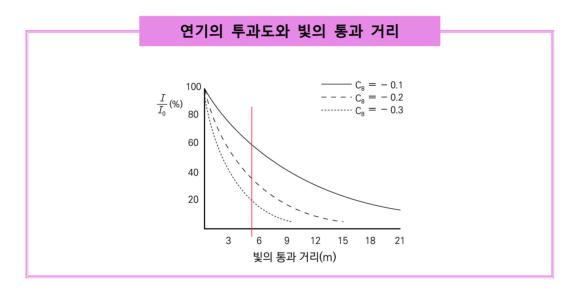
$$\frac{I}{I_o} = e^{-KL}$$

K : 소광계수

I : 수광원에서 빛의 강도I_o : 발광원에서 빛의 강도

 $\frac{I}{I_o}$: 투과율 T(Transmittance)

빛이 연기층에서 5m 진행할 때 감광계수가 -0.1인 경우 투과율은 60% 정도가 되고, 감광계수가 -0.2인 경우 투과율는 40%, 감광계수가 -0.3인 투과율은 20% 정도가 된다.



4) 감광계수와 가시거리 관계

$$C_{\circ} \cdot L = Const.$$

여기서, L : 가시거리(m)

 C_s : 감광계수 $\left(\frac{1}{m}\right)$

화재로 인해 연기가 발생하면 독성과 호흡곤란을 일으키고 심리적 불안을 초 래하며, 가시거리가 저하되어 유도표식이 잘 안 보이기도 하고 평소에 익숙한 건물에서도 피난 방향을 찾기 어려워 피난 행동에 영향을 주고 패닉이 발생하기도 한다. 가시거리는 연기의 농도뿐 아니라 건물을 잘 알고 있는 경우와 그렇지 않은 사람은 차이가 있다. 일반적으로 건물에 익숙한 사람은 가시거리 3~5m, 건물을 잘 모르는 사람은 15~20m 가시거리에서 피난이 가능하다.

6. 사회적 위험도(Social Risk) 평가기준

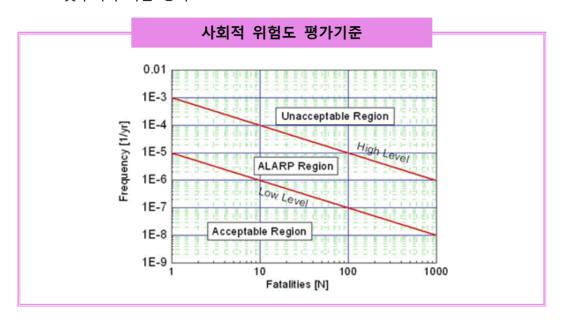
가. 사회적 위험도 평가 기준

- 1) 사회적 위험도 평가 기준은 핵발전소 및 위험 물질의 수송 같은 위험설비를 중심으로 개발되었음
- 2) 사회적 위험도 평가 기준의 주요 변수는 인구밀도로서 고도화된 산업화로 인구 밀집이 높은 나라에서 개발되었음
- 3) 터널의 사회적 위험도 평가를 위한 X축은 N(Number of Fatalities : 사망자수)사건의 결과이고 Y축 F(Cumulated Frequency[1/year] : 누적된 빈도) 는 사건의 빈도를 나타내는 그래프로 표현함
- 4) 위험 평가 결과는 사망자 수로 하며, 사건 발생률은 연간 사고 발생 빈도로 표현됨
- 5) 사회적 위험도 평가기준은 경제협력개발기구(OECD)와 국제상설도로협회 (PIARC, World Road Association) 및 다수의 국가에서 제시하고 있으며 사회적 위험의 결과를 非누적(Noncumulative) 선도로 나타낸 것을 f/N 선도라고 하고, 누적(Cumulative) 선도로 나타낸 것을 F/N 선도라고 함

나. F/N 선도

- 1) High Level 기준선은 사회적으로 받아들일 수 없는 Unacceptable 영역을 구분하는 선
- 2) Low Level 기준선은 사회적으로 받아들일 수 있는 Acceptable 영역을 구분하는 선
- 3) Unacceptable 영역은 사회적으로 위험수준을 받아들일 수 없는 영역

- 4) Acceptable 영역은 사회적으로 받아들이기에 충분히 낮은 위험영역
- 5) ALARP(As Low As Reasonable Practicable) 영역은 High Level 기준선과 Low Level 기준선의 중간 영역으로 경제성 분석을 통해 최대한 위험도를 낮추어야 하는 영역



② 제연설비는 다음 각 호의 기준에 따라 설치하여야 한다. 종류환기방식의 경우 제트팬의 소손을 고려하여 예비용 제트팬을 설치하도록 할 것

해 설

1. 터널제연

- 가. 터널제연 시스템
 - 1) 방연시스템(Smoke Defence System)
 - 가) 개요 : 방연은 연기를 일정 공간의 구획 내에 가두어 연기의 확산을 방지하는 축연과 두 실 사이의 압력차를 이용하는 차연과 피난경로에 신선한 공기를 가압시켜 피난 공간의 압력을 높여서 연기가 침투하지 않도록 하는 방식을 말한다.

나) 종류

- ① 밀폐방연방식
- ② 축연에 의한 방연방식
- ③ 제2종 기계제연방식(가압방식)
- 2) 배연시스템(Smoke Exhaust System)

가) 개요

배연은 부력을 이용한 자연 배연 방식과 배출기의 기계적인 힘을 이용하여 연기를 직접 배출하거나 희석해서 옥외로 배출하는 방식을 말한다. 연기를 제어하여 연기 하강이나 확산을 방지하고 연기농도를 낮추는 것을 목적으로 하며, 충분한 깊이의 연기층이 형성되도록 하여야 한다. 연기층이 엷은 경우 하부에서 공기를 흡입하면 배연 효과가 낮아질 수 있다. 배연구에 상황에 따라상부로 상승해 버린 연기를 흡입이 어려울 수 있으므로 연기배출구는 공간 최상부에 설치하는 것이 좋다.

나) 종류

- ① 자연배연방식
- ② 스모크타워 배연방식
- ③ 제1종 기계배연방식(급배기 기계배연)
- ④ 제3종 기계제연방식(흡입기계배연)이 있다.

나. 터널 환기방식

터널 환기방식 선정 기준

환기방식	자연환기방식	기계환기방식
환기방식 선정기준	통기저항력과 저항자연풍력의 합이 교통환기력보다 작은 경우	통기저항력과 저항자연풍력의 합이 교통환기력보다 큰 경우
관계식	$TRIANGLEP_r + TRIANGLEP_m <$	$TRIANGLEP_r + TRIANGLEP_m >$

 $\triangle \mathbf{Pr}$: 통기저항력 (mmAq) $\triangle \mathbf{Pt}$: 교통환기력 (mmAq)

△*Pm* : 저항자연풍력 (mmAq)

1) 자연환기방식

비고

가) 자연환기방식은 주로 대기의 기상조건과 이동차량의 피스톤 효과에 의해 환기가 이루어지는 방식을 말한다. 화재가 발생하면 차량이 정지한 상태에서 자연 환기가 이루어지므로, 대부분 교통량이 작고 길이가 짧은 터널에 적용하고 있다. 미국의 경우에는 250m 이내 도심지 터널이나 450m 이내 교통량이 작은 산악 터널에 적용하고 있다. 자연환기방식은 통기저항력과 터널의 마찰저항의 합이 교통환기력보다 작으면 자연환기로 가능하고 환기저항과 터널 마찰저항의 합이 교통환기력보다 크면 제트팬 등을 이용한 기계 환기 시스템을 해야 한다.

나) 자연환기량 산출

$$\triangle \Pr = \triangle Pt - \triangle Pm$$

 \triangle Pr : 통기저항력 (mmAq) \triangle Pt : 교통환기력 (mmAq) \triangle Pm : 저항자연풍력 (mmAq)

① 통기저항력

통기저항력은 터널 공기의 유동에 의한 벽면과의 마찰 손실로 유동 방향과 반대로 작용하는 터널 벽면 마찰 손실을 말한다.

$$\triangle \Pr = (1 + e + r \cdot \frac{Lr}{Dr}) \cdot \frac{1}{2} \cdot Vr^{2}$$

여기서, $\triangle \mathbf{Pr}$: 통기저항력(mmAq)

ξe : 터널입구 손실계수

λr : 터널벽면 마찰손실계수

Lr : 터널연장(m)

Dr : 터널대표직경(m)

ρ : 공기밀도(0.1224kgf·s2/m4)

Vr : 터널내 차도풍속(m/s)

② 교통환기력

터널을 통과할 때 터널 내부의 공기기둥이 차량으로부터 추력을 받는데 이를 차량에 의한 피스톤효과(Piston Effect)라고 하며, 터널을 주행하는 차량의 피스톤효과에 의해 교통환기력이 발생한다.

$$\triangle Pt = \frac{Ae}{Ar} \cdot \frac{1}{2} \cdot n \cdot (Vt - Vr)^{2}$$

여기서, Δ*Pt* : 교통환기력(mmAq)

Ar : 터널 내공 단면적(m²)

Ae : 자동차 등가저항면적(m²)

ρ : 공기밀도(0.1224 kgf·s²/m⁴)

n : 터널 내 자동차 대수(대)

Vt : 터널 내 주행속도(m/s)

Vr : 터널 내 차도풍속(m/s)

③ 저항자연풍력

터널 입구나 출구의 자연풍에 의한 환기저항은 자연풍의 압력차, 터널 입·출구 간의 압력차, 터널의 온도차에 의한 압력차 등에 의해 발생하며, 일반적으로 입출구 간의 압력차로 나타낸다. Vn 의 속도로 자연풍이 터널을 통과할 때 발생하는 마찰 손실 및 입·출구 손실의 합을 나타낸다.

$$\triangle Pm = (1 + e + r \cdot \frac{Lr}{Dr}) \cdot \frac{1}{2} \cdot Vn^{2}$$

여기서, Δ**Pm**: 저항자연풍력(mmAq)

ξe : 터널입구 손실계수

λr : 터널벽면 마찰손실계수

Lr : 터널연장(m)

Dr : 터널대표직경(m)

ρ : 공기밀도(0.1224 kgf·s²/m⁴)

Vn : 자연풍에 의한 차도 내 풍속(m/s)

2) 기계환기방식

기계제연용 제트팬



기계환기방식은 공기흐름에 따라 종류식, 반횡류식, 횡류식으로구분하고 있다. 일반적으로 횡류식과 반횡류식은 배연기능이 우수하고 신뢰성이 높은 환기방식 이지만 환기용 덕트가 별도로 설치되어야 하므로 터널 단면적 증대로 인한 건설 비, 설비비, 유지관리비 등이 종류식에 비해 고가이다.

가) 종류식 환기방식

터널의 축방향으로 기류를 발생시키는 종류식은 터널 단면 전체를 환기덕트로 활용하여 별도의 덕트가 필요 없는 방식으로 입구에서 급기하는 방식과 터널 중앙부에서 수직갱을 통해서 급배기하는 방식, 터널 내 천장부에 축방향제트팬을 설치하는 방법 등이 있다, 종류식 환기방식은 단순하고, 일방향일 경우 교통 환기력을 효과적으로 활용할 수 있는 장점이 있으나, 장대터널의 경우 충분한 환기풍량을 확보하기 어려워 터널 길이에 제한을 받는다. 종류식환기방식의 유형에는 팬과 노즐을 이용하는 방식, 제트팬을 이용한 방식, 노즐과 수직갱을 이용한 방식이 있다

나) 횡류식 환기방식

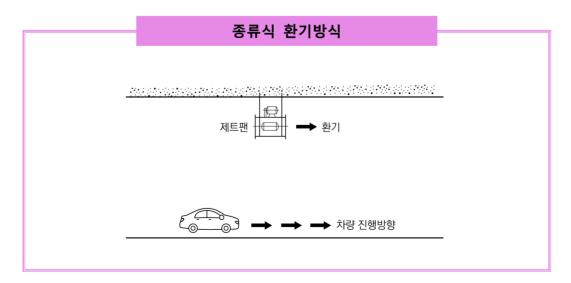
횡류식은 터널 내 별도의 급기덕트와 배기덕트를 터널 축방향으로 설치하고 공기 이동이 터널의 수직방향으로 흐르도록 하고 축방향으로는 교통에 의한 미미한 흐름이 일어나도록 하며 급기와 배기가 동시에 수행될 수 있도록 하는 방식을 횡류식이라고 한다.

다) 반횡류식 환기방식(Semi-transverse Ventilation)

- ① 반횡류식은 횡류식에서 급기 혹은 배기만 가능하도록 설치하는 방식으로 급기형 반횡류방식과 배기형 반횡류방식으로 구분한다. 배기형은 급기형에 비해 환기효율이 낮아 일반적으로 급기형이 효율이 좋다.
- ② 급기형은 평상시 환기를 실시하고 화재 시는 연기를 배출시키기 위해 송풍기를 역회전해서 사용하므로 시간지연이 발생하며, 초기대응이 원 활하지 못하다.
- ③ 급기구로부터 공급된 공기가 여러 개의 연결구를 통해 균등하게 공급되거나 배기되는 방식으로 횡방향 및 종방향으로 기류를 흐르게 하는 방식으로 국내 적용 사례는 찾기 어렵다.

2. 종류환기방식(Longitudinal ventilation)

가. 개요



종류환기방식은 터널 내 기류가 차도를 종방향으로 흐르는 방식으로 덕트 없이 터널 전체에 적용하는 방식이다. 급기는 터널 천장에 제트팬(Jet Fan)을 설치하고 터널의 축 방향으로 환기하며, 터널 중간 천장에 수직갱을 설치하거나 터널 입구 에서 급기하며 기류가 터널 길이 방향으로 흐르게 한다. 차량이 운행 중인 경우에 는 차량에 의한 피스톤 효과가 발생하고 차량이 정지상태인 경우 역기류가 발생할 수 있다. 따라서 임계풍속을 유지할 수 있도록 제트팬 설치를 적절하게 해야 한다.

나. 종류식 특징

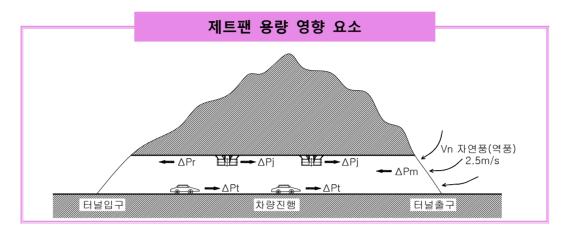
- 1) 교통환기력을 활용하므로 에너지 효율이 좋다.
- 2) 화재 부근의 연기가 역류하는 것을 방지하지 위한 임계풍속을 유지해야 하고 제트팬에 의해 임계풍속을 유지한다.
- 3) 임계속도는 계산식이나 시뮬레이션을 통해 구하고 임계풍속을 이용하여 제 연용 제트팬수를 구한다.

3. 제트팬 용량산정

제트팬 용량 산정 인자

순서	영향요소	비고
가. 화재강도	차량의 종류, 대수	
나. 임계풍속	화재강도, 터널 높이 역류길이	
다. 환기기용량	벽면마찰저항 교통환기저항 자연환기력 제트팬승압력	

제연용 제트팬 용량은 설계화재강도, 임계풍속, 연기발생량에 따라 달라진다. 그리고, 제트팬 용량은 화재 발생 시 임계풍속을 만족할 수 있도록 설치되어야 한다. 제트팬 대수는 터널의 연장, 단면적, 화재강도, 터널 내 화재 위치, 화점의 높이, 터널 내 차량의 수, 자연풍에 의한 환기 저항 등에 영향을 받으므로 설계화재 강도를 선정하고 임계풍속을 결정한 후 환기시스템 용량을 고려하여 산정한다.



가. 설계화재 강도

1) 방재시설 설계 시 제연설비의 용량산정을 위해 적용하는 차량 등 가연물질의 열방출률(HRR: Heat Release Rate)로 나타내고, 최대 열방출률 $Q_{\max}(\Bbbk W)$ 는 가용공기의 양으로 수식으로 표현한다.

$$HRR = Q_{\text{max}} = V_a \eta_{ox} \rho_{cox} \Delta H_{cox} \times 10^3$$

여기서, Va : 공기의 체적유량

 η_{ox} : 공기속의 산소 몰분율(0.21)

 ρ_{ox} : 산소의 밀도 (표준상태에서 1kg/m^3)

 ΔH_{cox} : 산소에 대한 소비열량 (13kJ/g)

2) 설계화재 강도는 차량 종류에 따라 다르게 적용되며, 일반적으로 승용차한 대는 2.5~5(MW), 승합자는 15MW, 버스 1대는 20MW, 화물차는 20~30MW, 위험물 탱크로리 누설 시는 100~200MW로 설정한다.

나. 임계풍속

1) 임계풍속 개요

터널 화재 시 축방향 공기속도가 증가하여 관성력이 부력값 이상으로 커질 경우 부력에 의한 연기는 교란되어 연기 하강을 초래하게 된다. 따라서 터널 화재시 연기의 역류(Back layering)방지와 성층화 유지를 위해서 적당한 공기속도를

유지할 필요가 있으며 성층화를 유지하면서 연기의 역류 현상을 억제하기 위한 최소속도를 임계속도(Critical Velocit)라고 한다. 임계속도는 프루드수(F_r)를 변수로 하는 관계식으로 다음과 같이 표현된다.

$$F_r = rac{\ddot{+}$$
력
$$\frac{gH(
ho_0 -
ho_f)}{
ho_0 \ V_c^2} = rac{gH}{V_c^2} (1 - rac{T_0}{T_f})$$

여기서, V_c : 임계속도(m/s)

q : 중력가속도(m/s2)

H : 화재높이(m)

 ρ_{o} : 공기밀도(kg/m³)

ρ_f : 화재 시 공기밀도(kg/m³)

T。: 화재 지점 상류로부터 유입되는 공기온도(℃)

T_f : 화재에 의해서 가열된 화재 지점 하류의 공기온도(℃)

2) 연기의 성층화

터널에서 화재가 발생하면 열기류가 천장으로 급격히 상승하면서 성층화를 이룬다. 연기의 성층화는 피난 시 호흡선이 확보되므로 대피자 안전을 위해 매우중요하다.

3) 역류현상(Back layering)

가) 개요



터널 화재가 발생 시 터널 안 축방향 기류가 작은 경우에는 기류의 방향과 반대 방향으로 연기가 이동하는 현상이 발생하는데 이것을 역류(Back layering) 현상이라고 한다. 연기의 역류길이는 길고 연기는 공기의 속도가 증가하여 1째s에 가까워질 때 화점으로부터 역류현상이 일어나게 되면 역류길이는 터널높이의 약 17배정도까지 될 수 있다.

나) 역류길이 계산

$$L_b = K_b H \left(\frac{gQ}{\rho_o c_p T_o U^3 H} \right)^{\frac{1}{3}}$$

여기서, Lb : 역류길이(Backlayering length)

H : 터널 높이(m)

Q : 열방출량 또는 화재강도(MW)

ρ。: 공기 밀도(kg/m³)

T。: 공기 온도 (K)

U : 공기속도(^m/s)

g : 중력가속도(^m/s)

c_p : 공기의 비열(kJ/kgK)

다. 환기기 용량 계산

1) 통기저항력

$$Pr = (1 + e + r \cdot \frac{Lr}{Dr}) \cdot \frac{1}{2} \cdot Vr^{2} \qquad [mmAq]$$

△Pr: 통기저항력 (mmAq)

ξe : 터널입구 손실계수

λr : 터널벽면 마찰손실계수

Lr : 터널연장 (m) Dr : 터널대표직경 (m)

ρ : 공기밀도 (0.1224 kgf·s²/m⁴)

2) 저항자연풍속

$$Pm = (1 + e + r \cdot \frac{Lr}{Dr}) \cdot \frac{1}{2} \cdot Vn^{2} \qquad [mmAq]$$

λr : 터널벽면 마찰손실계수

Lr : 터널연장(m) Dr : 터널대표직경(m)

ρ : 공기밀도 (0.1224 kgf·s²/m⁴)

Vn : 자연풍에 의한 차도내 풍속 (m/s)

3) 교통환기력(화재 시 터널 내 정체 차량수, 터널 차단 시간)

$$Pt = \frac{Ae}{Ar} \cdot \frac{1}{2} \cdot n \cdot (Vt - Vr)^{2} \qquad [mmAq]$$

여기서.

△*Pt* : 교통환기력(mmAq)

Ar : 터널 내공 단면적(m²)

Ae : 자동차 등가저항면적(m²)

ρ : 공기밀도(0.1224 kgf·s²/m⁴)

n : 터널 내 자동차 대수(대) Vt : 터널 내 차량 주행속도(m/s)

Vr : 터널 내 차도풍속(m/s)

4) 제트팬 승압력

가) 화기필요승압력

환기필요승압력은 통기저항력과 저항자연풍속의 합에서 교통환기력을 뺀 값을 구한다.

$$Pq = Pr + Pm - Pt \qquad [mmAq]$$

나) 제트팬 승압력

$$Pj = \frac{1}{2} \cdot Vj^{2} \cdot \frac{Aj}{Ar} \cdot 2 \cdot \left(1 - \frac{Vr}{Vj}\right) \qquad [mmAq]$$

 $\triangle Pj$: 제트팬 승압력(mmAq)

ρ : 공기밀도(0.1224 kgf·s²/m⁴)

 V_i : 제트팬의 속도(m/s)

Aj : 제트팬의 출구 단면적(m²)

Ar : 터널 내공 단면적(m²) Vr : 터널 내 차도풍속(m/s)

다) 제트팬 소요대수

① 제트팬을 직렬로 설치하는 경우

$$Z = \frac{TRIANGLEP_q}{TRIANGLEP_i}$$

② 제트팬을 병렬로 설치하는 경우

$$Z = \frac{TRIANGLEP_q}{TRIANGLEP_i \times N_i}$$

여기서, N_j : 제트팬 열의 수

라) 제트팬 설치거리

- ① 제트팬 설치 시 천장과의 이격거리는 일반적으로 $0.5D_i$ 이상
- ② 제트팬 간 설치 거리는 터널 직경의 대략 12~14배
- ③ Rohn 식을 이용한 제트팬 사이 거리

$$\frac{U_{jcm}}{U_{jco}} = \left(0.128 \frac{X}{D_j} + 0.663\right)^{-1}$$

여기서, U_{ico} : 제트류의 코어 중심선에서 속도

 U_{icm} : 제트팬과 거리가 X(m) 떨어진 지점에서 속도

 D_i : 제트팬의 직경

마) 제트팬 설치간격

입구에 가까울수록 화재 시 안전성이 높아지고 승압 효율이 좋으나, 빗물에 노출우려가 있고 입구 미관을 고려하여 입구에서 30m 지점에 설치하며 (출구부 거리는 터널 내 설치 간격과 동일하게 적용), 중규모터널은 수전 위치에 가까운 곳에 배치한다.

일본제트팬설치간격

Туре	내경	A_J (m)	Uj(^m /s)	갱구에서거리(m)	설치간격(m)
Ф 600	630	0.27	30	80	80
Ф1,000	1030	0.83	30	140	140
Ф1,200	1250	1.23	30	160	160
Ф1,500	1530	1.83	30	180	180

Ai: 제트팬의 출구 단면적 (m²)

 $Uj: 제트류의 코어 중심선에서 속도(^m/s)$

한국 도로공사기준 제트팬 설치 간격

차도 내 풍속	설치간격
4㎜/s 이하	100m 이상
4째/s ~ 8째/s 이하	120m 이상
8m/s ~ 12m/s 이하	140m 이상

- 5) 터널 내 정체 차량 수
 - 가) 화재 발생 시 터널 내 정체 차량 수 n은 화재 위치를 출구로 하여 정체 차량 수가 가장 많이 산정되는 조건을 적용하여 화재 발생 직후부터 터 널이 차단될 때까지 시간을 3분으로 간주하여 주행 속도별 단위길이당 차량 수와 시간당 교통량 N(Veh/hr)으로 식을 구한다. 화재 발생 시 터 널 내 차량 수는 화재 지점과 화재 직전의 터널 내 평균 주행 속도에 따라 차이가 있으며, 주행속도가 낮을수록 차량 수는 증가한다.

$$n = \frac{N \cdot L}{V_t} + N \cdot \frac{3}{60}$$

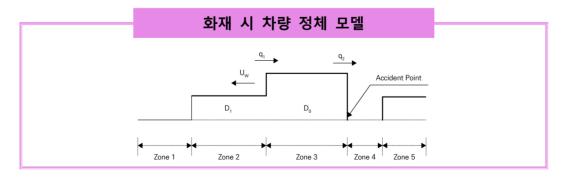
여기서, n : 정체차량수

L : 터널 연장(km)

V_t: 화재 전 차량 주행속도(km/hr),

N : 시간당 교통량(Veh/hr)

- 나) 화재 시 차량 정체 길이는 차량 정체 특성을 고려하여 구할 수 있으며 차량의 정체 특성은 화재지점을 기준으로 5개의 구간으로 구분할 수 있다.
 - ① Zone 1 : 터널폐쇄 후 화재 후방에 차량이 존재하지 않는 구간
 - ② Zone 2 : 터널차단 이전에 도착한 차량이 사고를 인식하지 못하고 계속 진행하는 구간
 - ③ Zone 3 : 차량이 정체한 구간
 - ④ Zone 4 : 화재하류의 차량이 없는 구간
 - ⑤ Zone 5 : 화재하류의 차량이 계속 진행하는 구간



- 6) 화재에 의한 열부력
 - 가) 화재 시 발생열에 의한 열부력으로 열기류의 온도상승이 발생하며, 이로 인한 팬효율 감소 및 열소손을 고려하여야 한다. 그리고, 열부력은 상향 경사방향으로 작용하기 때문에 상향경사의 경우에 열부력은 승압력으로 작용하나, 하향경사의 경우에는 환기저항으로 작용하므로 제연용제트팬 대수를 증가시키는 요인이 된다.
 - 나) 열부력 산정식

$$\Delta P_{th} = (\rho_{out} - \rho_{fire})g\Delta H$$

여기서, ρ_{out} : 외기의 밀도(kg/m3)

 $ho_{
m fire}$: 화재구역의 공기밀도(kg/m3)

g : 중력가속도(m/s²),

△H : 부력이 작용하는 고도차(m)

다) 화재로 인한 상승온도(ΔT)

$$\Delta T = 11.9 \sqrt{Q}$$

여기서, Q : 화재강도(MW)

라) 오스트리아에서는 제연팬 용량산정 시 부력을 고려하여 산정한다.

$$\begin{split} \Delta P &= \eta_p (\rho_{out} - \rho_{fire}) g ~\bullet~ L_{fire} ~\bullet~ \frac{Slop}{100} \\ \Delta P &= \eta_p ~\bullet~ \rho_{out} (1 - \frac{T_{out}}{T_{fire}}) g ~\bullet~ L_{fire} ~\bullet~ \frac{Slop}{100} \end{split}$$

여기서, Lfire : 화재열기류가 확산된 구역길이(m)

η。: 압력변화효율

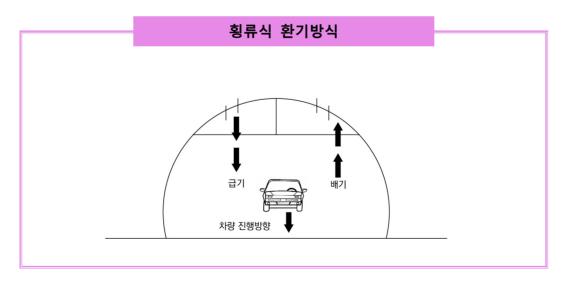
열부력 계산 적용계수	별부력	계산	적용계수
-------------	-----	----	------

구분		5MW	30MW
Λ.Τ.	종류식	25	65
ΔΤ	횡류식 또는 대배기구방식	구방식 20	40
Lfire(m)		400	800
ηρ		0.85	0.75

- 2. 횡류환기방식(또는 반횡류환기방식) 및 대배기구 방식의 배연용 팬은 덕트의 길이에 따라서 노출 온도가 달라질 수 있으므로 수치해석 등을 통해서 내열온도 등을 검토한 후에 적용하도록 할 것
- 3. 대배기구의 개폐용 전동모터는 정전 등 전원이 차단되는 경우에도 조작상 태를 유지할 수 있도록 할 것
- 4. 화재에 노출이 우려되는 제연설비와 전원공급선 및 제트팬 사이의 전원공급장치 등은 250℃의 온도에서 60분 이상 운전상태를 유지할 수 있도록할 것

해 설

1. 횡류 환기 방식(Transverse Ventilation)



- 1) 횡류식은 터널의 환기 방식 중 덕트를 터널 길이 방향으로 설치하여 환기 가 횡방향으로 흐르는 방식으로, 전용 급기 덕트를 설치하여 외기를 공급하고 화재 시에 배기덕트로 연기나 오염된 공기를 배출시킨다.
- 2) 급기용 송풍기와 배기용 송풍기, 급기구와 배기구를 천장에 설치하여 급배기가 병렬로 동시에 이루어진다.
- 3) 횡류식은 비용이 많이 소요되나 길이가 긴 장대 터널에 매우 효과적이다.
- 4) 횡류식은 개폐 조정이 안 되는 균일배기방식과 전동댐퍼를 설치하여 화재 구역의 댐퍼를 선택해서 개방할 수 있는 대배기구 방식으로 나눈다.

2. 대배기구방식

- 가. 횡류환기방식 종류
 - 1) 대배기구 방식

배기구에 전동댐퍼를 설치하여 화재 시 선택적으로 배연을 수행하는 방식이다.

2) 균일배기 방식

천장에 설치된 덕트를 통해서 배연을 수행하는 방식으로 개폐 조작은 불가하다.

- 나, 환기방식에 따른 배연량 산정 방법
 - 1) 배연량 Q(m³/s)는 연기발생량에 주변공기 유입으로 인해 증가하는 풍량의 합이다.
 - 2) 연기발생량은 20MW 화재 발생 기준 80m³/s이다.
 - 3) 주변공기 유입으로 증가하는 풍량은 균일배기방식은 3^{m/s}, 대배기구 방식은 1^{m/s}에 터널 내 단면적 (A) 의 곱이다.
 - ① 대배기구방식 배연량 : Q(m³/s) = 80+1.0A
 - ② 균일배기방식 배연량 : Q(m³/s) = 80+3.0A

3. 전원이 차단되는 경우에도 조작상태 유지

- 가. 정지 운전(Shut-Down)
 - 1) 이상 상태 또는 설비에 고장이 발생할 경우 자동 경보와 함께 관련 차들을

정지 절차에 따라 자동으로 안전하게 정지할 수 있도록 한다.

- 2) 운전을 임의로 중단할 경우에는 운전 매뉴얼에 따라 수동으로 부하를 감소 시키며 안전하게 정지할 수 있도록 한다.
- 3) 상기 항의 수동정지 과정에서도 장치나 설비에 이상이 있을 경우 자동 경보와 함께 관련 장치를 안전하게 정지하도록 한다.
- 나. 비상운전(Emergency Operation)

화재나 차량사고 발생 시 차량 및 승객 보호를 위하여 비상 운전을 수행하여 차량과 승객을 안전하게 대피할 수 있도록 한다.

4. 제연설비와 전원공급선 및 제트팬 사이의 전원공급장치 등은 250℃ 의 온도에서 60분 이상 운전상태를 유지

- 1) 연기를 주행공간으로부터 직접 배출시키는 제연용 제트팬은 250℃의 온도 에서 60분 이상의 정상가동 상태를 유지할 수 있을 것
- 2) 화재에 간접 노출되는 횡류식(또는 반횡류식) 및 대배기구방식의 배연용 팬은 덕트의 길이 등에 따라서 노출온도가 차이가 있으므로 수치해석 등을 통해서 내열온도 등을 검토한 후에 필요시 냉각설비를 적용
- 3) 대배기구의 개폐용 전동모터는 250°C 이상의 온도에서 60분 이상 정상 가동 되어야 하며, 정전 등 전원이 차단되는 경우에도 조작된 상태를 유지할 것
- 4) 주행 공간 내의 전원 공급라인과 제트팬과 전원연결장치들은 250℃의 온도 에서 60분 이상 운전상태를 유지할 것
- ③ 제연설비의 기동은 다음 각 호의 어느 하나에 의하여 자동 또는 수동으로 기동될 수 있도록 하여야 한다.
- 1. 화재감지기가 동작되는 경우
- 2. 발신기의 스위치 조작 또는 자동소화설비의 기동장치를 동작시키는 경우
- 3. 화재수신기 또는 감시제어반의 수동조작스위치를 동작시키는 경우

해 설

1. 제연설비 기동 목적

터널 화재 발생 시 터널 내 대피자가 고온의 연기나 유독가스로부터 보호받고 안전한 대피를 위해 설치한다.

2. 제연설비 구성 방식

- 1) 제연설비는 화재경보와 연동하여 자동으로 가동될 수 있도록 제어 로직을 구성함을 원칙으로 한다.
- 2) 제연설비의 운영은 24시간 감시체계가 구축되어 있는 터널에서는 수동조작을 원칙으로 하고, 감시체계가 구축되어 있지 않은 터널에서는 우선 자동으로 가동한 후 관리자에 의해서 운전될 수 있도록 원격제어설비를 구성한다.

3. 화재 자동감지

- 1) 자동화재 감지기에 의한 감지
- 2) 관리자용 컴퓨터에 실제 화재 여부 확인창 생성
- 3) 관리자가 CCTV로 현장상황을 판단 후 방재연동 운전 개시

4. 화재 수동감지

- 1) 각종 터널 시설 및 외부로부터 화재정보 입수(CCTV, 계측기 경보, 수동발신기, 비상전화, 고객신고 등)
- 2) 관리자가 현장상황을 판단 후 방재연동 운전 개시
- ④ 비상전원은 60분 이상 작동할 수 있도록 하여야 한다.

해 설

1. 비상전원 개요

비상전원(Emergency power)은 상용전원이 사고나 고장에 의해 공급되지 못할

792 | 소방청

경우에 사용하기 위한 전력공급원으로, 비상발전기·축전지 설비·무정전전원공급장 치 등을 말한다.

2. 비상전원 종류

가. 비상발전기(Emergency generator)

- 1) "비상발전기(Emergency generator)"라 함은 상용전원의 공급이 정지되었을 경우 비상전원을 필요로 하는 중요 기계·설비에 대하여 전원을 공급하기 위한 발전장치를 말하며, 디젤 엔진형·가솔린 엔진형·가스터빈 엔진형·스팀터빈 엔진형 등이 있다.
- 2) 비상발전기의 종류는 원동기 종류에 따라 디젤 발전기, 가솔린 발전기, 가 스터빈 발전기, 스팀터빈 발전기 등이 있으며 사업장에서 필요한 발전기용 량과 시설투자비 등을 고려하여 종류를 선정한다.
- 3) 비상발전기용량「비상전원의 선정 및 설치에 관한 기술지침」(한국산업안전 보건공단)
 - ① 정격 운전상태에서 부하설비의 가동에 필요한 발전기 용량
 - ② 부하 중 최대용량의 전동기를 기동할 때 허용전압 강하를 고려한 발전기 용량
 - ③ 부하 중 최대용량의 전동기를 기동 순서상 마지막으로 기동할 때 필요한 발전기 용량 중 가장 큰 용량으로 결정

나. 축전지(Battery)

1) 축전지 개요

- ① "축전지(Battery)"라 함은 전기에너지를 화학에너지로 바꾸어 모아 두었다 가 필요한 때에 전기에너지를 사용하는 전지(2차전지)를 말한다.
- ② 축전지 설비는 축전지, 충전장치, 인버터장치 등으로 구성되며 상용전원의 고장 또는 부족 등의 경우에 전원공급용으로 사용한다.
- ③ 대용량의 축전지 설비인 전기저장장치(ESS)는 생산된 전기를 배터리 등에 저장했다가 주파수 조정, 신재생에너지와의 연계, 전력수요 반응 등 전력이 필요할 때 공급하여 전력 사용상의 효율 향상을 기하고 전력피

- 크 억제, 전력품질 향상 및 전력수급 위기 대응을 위한 비상 및 예비전 원(Emergency and standby power)으로 활용한다.
- ④ 축전지설비는 독립된 전원으로 순수한 직류전원이고 경제적이며 유지보수가 용이한 특징이 있다.

2) 축전지의 종류

- ① 1차전지: 한번 방전하면 재차 사용할 수 없는 전지(ex. 건전지)
- ② 2차전지 : 방전방향과 반대방향으로 충전하여 재사용할 수 있는 전지(ex. 연측전지, 알칼리축전지)

3) 2차전지의 종류

(가) 연축전지

- ① 묽은 황산 속에 과산아연(PbO₂)과 해면상 납(Pb)을 전해액(묽은 황산 H₂SO₄ 38%, 비중 : 1280)에 담으면 이온화 경향이 높은 금속인 해면 상 납(Pb)은 음극, 이온화경향이 낮은 과산아연(PbO₂)은 양극이 되어 화학반응을 통해 기전력을 발생시키며 공칭전압[2V]가 발생한다.
- ② 연축전지 화학반응식

$$(\rightarrow \mbox{ bd})$$

PbO₂ + 2H₂SO₄ + Pb \leftrightarrow PbSO₄ + 2H₂O + PbSO₄ $(\leftarrow \mbox{ 충전})$

③ 연축전지가 화학에너지를 전기에너지로 변환하는 과정을 방전(Discharge) 이라고 한다. 방전현상은 앙극판의 과산아연(PbO₂)과 음극판의 해면상 납 (Pb)은 황산연(PbSO₄)로 변하고 전해액인 묽은황산(2H₂SO₄)은 반응하여 물(H₂O)로 변하여 비중이 낮아진다.

(나) 알칼리축전지

① 알칼리축전지는 양극활물질로 옥시수산화니켈(NiOOH), 음극활물질로 금속카드뮴(Cd), 전해액은 가성칼륨수용액(KOH)을 사용하여 방전 및 충전을 한다. 공칭전압은 1.2V이고 연축전지에 비해 고효율 방전특성 일 있고 수명이 길다.

② 알칼리축전지 화학반응식

$$(\rightarrow$$
 방전)
2NiOOH + Cd + 2H₂O \rightleftarrows 2Ni(OH)₄ + Cd(OH)₄ $(\leftarrow$ 충전)

③ 전해액인 가성칼륨수용액(KOH)은 연축전지처럼 직접 방전과 충전반응에 관여하지 않고 전기를 전달하는 역할만 하므로 축전지 용량에 관여하지 않는다.

(다) 리튬이온전지

- ① 양극은 리튬, 금속, 산소가 결합되어 있는 형태의 리튬코발트산화물인 리듐코발트옥사이드(LiCoO₂)를 사용하고, 음극은 Carbon계 흑연 (Graphite)으로 되어 있으며,
- ② 화학반응식

LiPF
$$_6$$
 + Li $_2$ CO $_3$ \rightarrow POF $_{34}$ + CO $_2$ + 3 LiF

- ③ 전해질 리튬헥사플루오로포스페이트(LiPF₆)는 백색분말의 무기화합물로 비수성이고 극성용매에서 용해율이 높아 2차전지에 사용하고 있으며, 포스포릴플루오라이드(POF₃)는 빠르게 가수분해되는 무색가스이고 플 루오린화리튬(LIF)는 무기화합물로 용융염의 구성성분이다.
- 4) 축전지 용량계산

축전지 용량 계산식(정전류부하 시)

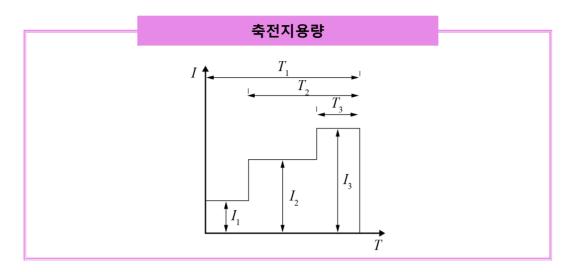
$$C = \frac{1}{L} \left[K_1 I_1 + K_2 (I_2 - I_1) + K_3 (I_3 - I_2) \right] [Ah]$$

여기서, C: 필요 축전지 용량[Ah]

L: 보수율(일반적으로 0.8)

K : 용량환산시간[h]

I : 부하특성별 방전전류[A]



다. 무정전전원(UPS) 설비

1) 개요

- 가) 무정전전원설비는 터널 내 화재 등 비상사태로 인하여 터널 내 정전상 황이 발생하는 경우에 비상발전기의 전원공급 개시 전 및 비상발전기 가동 정지 후 일정시간 동안 방재설비에 대하여 비상전원을 공급하기 위한 시설이다.
- 나) '무정전전원설비'라 함은 UPS(Uninterruptible Power Supply System)라고 부르며, 상용전원의 정전 등에 대비하여 안정된 전원을 부하에 공급하기 위한 장치로 컨버터, 인버터, 축전지, 전환스위치 등으로 구성된다.

2) 기기사양

- 가) UPS의 동작방식은 인버터 및 컨버터에 IGBT(Insulated Gate Bipolar Transistor)반도체를 채용한 ON-LINE Type이어야 한다.
- 나) UPS용 축전지는 2V 또는 12V의 무보수 밀폐형을 사용하여 큐비클 내부에 내장하여 설치할 수 있어야 한다.

3) 설치지침

가) 터널연장이 200m 이상인 터널에 방재시설 설치 및 관리지침에서 정하는 방재시설이 설치되는 경우, 비상전원 공급용으로 설치한다.

- 나) 무정전 전원설비는 비상조명 및 유도등 등 방재설비에 대하여 전원을 공급할 수 있는 적정한 용량으로 선정하여야 한다.
- 다) 무정전 전원설비는 옥내설치를 원칙으로 하며, 옥외설치 시에는 단열 및 냉난방 시설을 갖춘 큐비클 내부에 설치하여야 한다.
- 라) 무정전 전원설비는 일반적으로 소방서와 원거리에 위치한다는 점에서 접근성 등을 고려하여 60분 이상 비상전원을 공급할 수 있도록 시설한다.

제10조 (연결송수관설비) 연결송수관설비는 다음 각 호의 기준에 따라 설치하여야 한다.

- 1. 방수압력은 0.35MPa 이상, 방수량은 400l/min 이상을 유지할 수 있도록 할 것
- 2. 방수구는 50m 이내의 간격으로 옥내소화전함에 병설하거나 독립적으로 터널출입구 부근과 피난연결통로에 설치할 것
- 3. 방수기구함은 50m 이내의 간격으로 옥내소화전함 안에 설치하거나 독립 적으로 설치하고, 하나의 방수기구함에는 65mm 방수노즐 1개와 15m 이 상의 호스 3본을 설치하도록 할 것

해 설

1. 연결송수관 설비

가. 연결송수관설비 개요

연결송수관설비는 소방대에 의해 사용되는 설비로서 연결송수관 방수구는 소방대가 건물 외부에서 침투하여 연결송수관 방수구에 접근하기 용이하도록 계단에서 5m 이내에 설치하도록 규정하고 있다. 연결송수관용 호스는 소방대가 사용하는 것이므로 평소에는 접결하지 않고 방수기구함 내 별도로 보관한다.

- 나. 연결송수관설비 용어
 - 1) "연결송수관설비"는 소화용수를 공급하기 위한 배관으로 송수구 및 방수구 와 배관으로 구성된다.

- 2) "송수구"란 소화설비에 소화용수를 보급하기 위하여 건물 외벽 또는 구조물의 외벽에 설치하는 관을 말한다.
- 3) "방수구"란 소화설비로부터 소화용수를 방수하기 위하여 건물 내벽 또는 구조물의 외벽에 설치하는 관을 말한다.

2. 법령 비교

연결송수관설비 화재안전기준 & 도로터널 방재시설 설치 관리지침

구 분	도로터널의 화재안전기준(NFSC 603)	도로터널 방재시설 설치 및 관리지침
설치대상	길이 1000m 이상	연장2등급 이상(1000~3000m)
방수구	50m 이내 간격으로 옥내소화전함 안에 설치하거나 독립적으로 설치	50m 이내 간격으로 옥내소화전함에 병설
설치간격	50m 50m 50m 50m	0m + 50m + 50m + 50m
송수구		터널의 입·출구부에 소방차의 접근이 용이한 지점에 설치
설치기준	방수압 0.35MPa 방수량 400l/min	
방수기구함	65mm 방수 노즐 1개와 15m 호스 3본 설치	

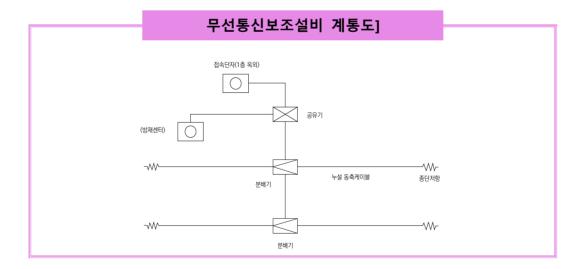
- 가. 설치대상(화재예방 소방시설 설치 · 유지 및 안전관리에 관한 법률 시행령 [별표 5])
 - 1) 층수가 5층 이상으로서 연면적 6천㎡ 이상인 것
 - 2) 1)에 해당하지 않는 특정소방대상물로서 지하층을 포함하는 층수가 7층 이 상인 것
 - 3) 1) 및 2)에 해당하지 않는 특정소방대상물로서 지하층을 포함하는 층수가

3층 이상이고 지하층의 바닥면적의 합계가 1천m² 이상인 것

- 4) 지하가 중 터널로서 길이가 1천m 이상인 것
- 나. 도로터널 방재시설 설치 및 관리지침 <국토교통부> 연결송수관설비 설치지침
 - 1) 송수구
 - 가) 연장등급이 2등급 이상의 터널에 설치함을 표준으로 한다.
 - 나) 송수구는 터널의 입·출구부에 소방차의 접근이 용이한 지점에 설치한다.
 - 2) 방수구
 - 가) 연장등급이 2등급 이상의 터널에 설치함을 표준으로 한다.
 - 나) 방수구는 50m 이하의 간격으로 옥내소화전함에 병설한다.
- **제11조 (무선통신보조설비)** ① 무선통신보조설비의 무전기접속단자는 방재실과 터널의 입구 및 출구, 피난연결통로에 설치하여야 한다.
 - ② 라디오 재방송설비가 설치되는 터널의 경우에는 무선통신보조설비와 겸용으로 설치할 수 있다.

해 설

1. 무선통신보조설비



가. 무선통신보조설비 개요

- 1) 무선통신보조설비는 터널 내 구조활동 및 소화활동을 위한 터널 내 · 외부 간의 무선통신을 위한 설비를 말한다.
- 2) 무선통신보조설비는 누설동축케이블과 무선기기, 접속단자함 및 증폭기 등으로 구성되어 있고 재방송설비와 겸용하여 설치 가능하다.

나. 무선통신보조설비 용어

- 1) "누설동축케이블"은 동축케이블의 외부도체에 가느다란 홈을 만들어 전파가 외부로 새어나갈 수 있도록 한 케이블을 말한다.
- 2) "증폭기"는 신호 전송 시 신호가 약해져 수신이 불가능해지지 않도록 증폭하는 장치를 말한다.
- 3) "라디오 재방송설비"는 터널 내 재난 발생 시 긴급방송(라디오) 및 공중파 방송의 중계를 위한 설비로 긴급 라디오 방송 기능을 포함한 라디오(공중 파 방송) 중계장치 및 누설동축케이블과 부대시설로 구성되어 있다. 재방송 이란 터널에서 방송이 나오는 것이 방송국에서 보내는 전파를 바로 수신하는 것이 아니라 AM/FM 라디오 청취가 불가능한 지하철, 터널, 지하주차장, 지하상가 등 지하공간의 관리실에 라디오 재방송설비를 설치하고 외부 안테나에서 받아 터널 내부로 재방송하는 방식을 말한다. 비상사태가 발생하면 라디오 주파수를 통해 관리실에서 긴급방송이 가능하므로 터널 내 라디오 청취자에게 비상사태에 신속하게 대처하도록 도와주는 설비를 말한다.
- 4) "재방송안테나" 터널 내 설치하는 재방송 설비의 안테나로 방송의 수신이 불가능한 터널 내에 전파를 유도하여 송수신할 목적으로 설치하는 장치이다
- 5) "안테나"란 AM/FM 방송 및 지상파 디지털 멀티미디어 방송신호 등의 반송 파를 터널 내에 복사하여 전파하기 위한 안테나로 무선통신보조설비 주파 수대역을 포함하므로 소방무선통신보조설비와 겸용이 가능하다.
- 6) "전파의 복사"란 음성, 신호, 데이터 등 정보를 포함한 반송파를 안테나를 통해 송출하는 것을 말한다.
- 7) "전파의 전파"란 음성, 신호, 데이터 등 정보를 포함한 반송파를 공중선(안

테나)를 통해 공간으로 이동하는 것을 말한다.

- 8) "할입방송"이란 화재 등 긴급상황발생 시 터널 이용자에게 공용주파수를 이용한 라디오방송을 통해 긴급 상황에 대한 정보를 제공하는 것을 말한다.
- 9) "분배기"란 신호의 전송로가 분기되는 장소에 설치하며, 정합과 신호균등 분배를 위해 사용하는 장치를 말한다.
- 10) "분파기"란 서로 다른 주파수의 합성된 신호를 분리하기 위해 사용하는 장치로 안테나에서 수신된 외부의 CDMA, Paging, FM신호를 각각 간섭 없이 분리시켜 줄 수 있어야 한다.
- 11) 혼합기 : 두 개 이상의 입력신호를 원하는 비율로 조합한 출력이 발생하 도록 하는 장치를 말한다
- 12) 재방송 중계장치: AM/FM 및 지상파 디지털 멀티미디어 공중파방송을 수 신하여 터널 내 설치된 누설동축케이블 및 안테나 등을 통해 재송신하여 터널 내에서 공중파 방송의 청취가 가능하도록 함은 물론 터널 내 재난 발생 시 공중파 라디오 및 지상파 디지털 멀티미디어방송 주파수로 긴급 방송을 하여 신속하게 대처할 수 있도록 유도하는 장치를 말한다.
- 13) 소방합성기 : 무선기기접속 단자함을 상호간섭 없이 임피던스 정합하여 누설동축 케이블에 FM방송신호를 접속할 수 있도록 하는 장치를 말한다.

다. 무선통신보조설비 설치대상

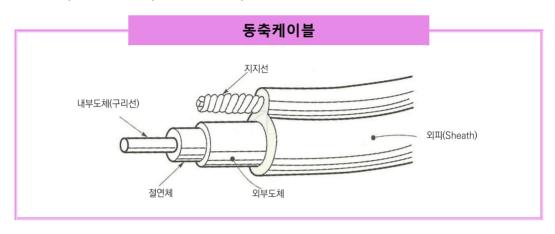
화재예방, 소방시설 설치 · 유지 및 안전관리에 관한 법률 시행령(약칭 소방시설 법 시행령) [별표 5]

- 1) 지하가(터널은 제외한다)로서 연면적 1천㎡ 이상인 것
- 2) 지하층 바닥면적의 합계가 3천m² 이상인 것 또는 지하층의 층수가 3층 이 상이고 지하층의 바닥면적의 합계가 1천m² 이상인 것은 지하층의 모든 층
- 3) 지하가 중 터널로서 길이가 500m 이상인 것
- 4) 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」제2조 9호에 따른 공동구
- 5) 층수가 30층 이상인 것으로서 16층 이상 부분의 층

라. 무선통신보조설비의 구성

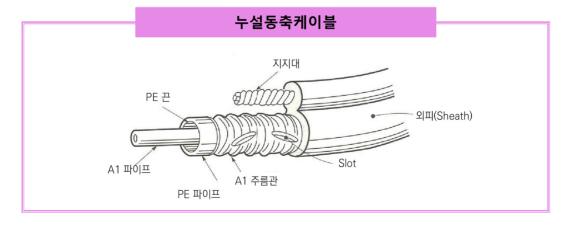
1) 전송장치

가) 동축케이블(Coaxial Cable)



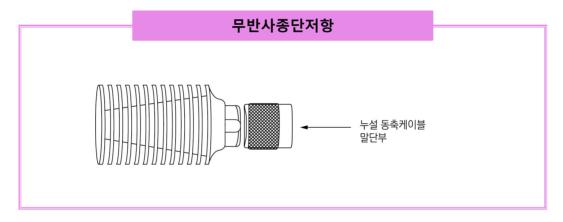
동축케이블은 외부 도체와 내부 도체가 동심원을 이루고 있으면서 전기신호를 전송할 수 있는 데이터통신에 사용되는 전송선로의 일종으로, 도체의 동심원상에 서 내부 도체와 외부 도체를 동일한 축상에 배열하여 외부 잡음에 거의 영향을 받지 않는 고주파 전송용 회로의 도체를 말한다. 동축케이블의 신호는 전송거 리에 따라 약해지며, 외부로 누설전계도 약해지므로 이의 손실보상을 위해서 중계기나 증폭기를 설치한다. 동축케이블은 외부 전계나 전기적으로 차폐되어 외부 도체에 의한 영향이 거의 없으며 소방용으로는 난연성 제품을 사용한다.

나) 누설동축케이블(Leaky Coaxal Cable)



누설동축케이블은 외부 도체상에 전자파를 방사할 수 있도록 케이블 길이 방향으로 Slot을 일정하게 만들어 놓고, Slot의 기울기와 길이에 따라 주파수를 선택할 수 있도록 한 것으로 동축케이블과 안테나(Antenna)를 겸하는 고주파 전송용 회로의 도체로서 균일한 전계를 광범위하게 방사할 수 있다. 케이블의 오염이나 경년 변화에 대해 열화가 적고 표피효과(도체 내부에 주파수증가로 전류밀도가 도체표면에 집중되는 현상)로 동축케이블 도체 내부는튜브 상태이다. 결합손실(전기회로에 기기를 삽입할 때 발생되는 전력손실)이작은 케이블을 접속시켜 희망하는 전송거리를 얻을 수 있으며 이를 Grading 이라 한다.

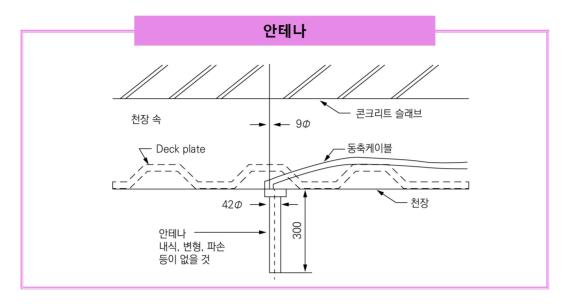
2) 무반사종단저항(Dummy Load)



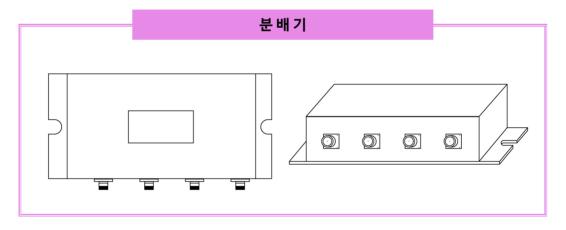
누설동축케이블로 전송된 전자파가 케이블 끝에서 반사되어 교신을 방해하게 되는데, 송신부로 되돌아오는 전자파가 반사되지 않도록 케이블 말단에 설치하 는 것이다.

3) 안테나(Antenna)

전파를 효율적으로 송신하거나 수신하기 위해 사용하는 공중도체로 안테나의 길이는 주파수에 따라 지향성과 무지향성으로 구분하며 동축케이블의 말단에 설 치한다.

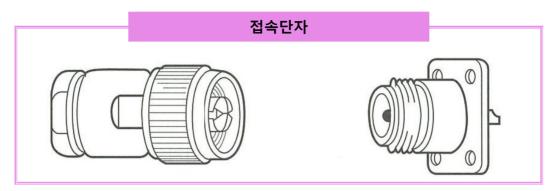


4) 분배기(Distributor) 등(분배기, 분파기, 혼합기)



누설동축케이블을 분기하는 곳에 설치하여 입력신호를 2개소 이상 분배하는 것을 말한다. 무선통신 수신회로의 안테나에 유기된 신호전력은 매우 약하므로 안테나에 유기된 신호전력을 최대한 수신부로 보내주어야 하는데 내부 임피던스 (Impedance) Z_s 인 전원과 임피던스가 Z_s 인 부하가 있는 회로에서 $Z_s=Z_s$ 일 때 최대로 부하로 전달되며 이러한 상태를 정합(Impedance Matching)이라고 한다. 일정한 Impedance를 갖는 분배기를 사용하여 단자와 신호전원 및 수신기의 특성 Impedance가 같아지도록 하며 신호전력을 효율적으로 균등 분배하기 위해설치하며 2분배기, 4분배기, 6분배기 등이 있다.

5) 접속단자(Cable Connector)



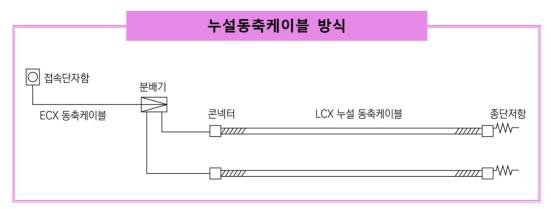
무선통신보조설비를 이용하여 상호 간에 교신을 하기 위하여 무전기를 접속하는 단자로서 "접속용케이블"을 사용하여 접속단자와 무전기 간에 상호접속을 하며, 접속단자는 한국산업규격(KS)에 적합한 것으로 0.8~1.5m 이하에 설치한다.

6) 증폭기(Amplifier)

신호 전송 시 전송 거리에 따라 신호가 약해져서 말단에서의 수신이 불가능해 지는 경우에 이를 증폭하여 사용하는 장비를 말한다.

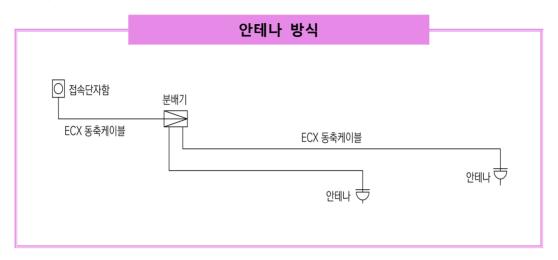
다. 무선통신보조설비의 종류

1) 누설동축케이블방식



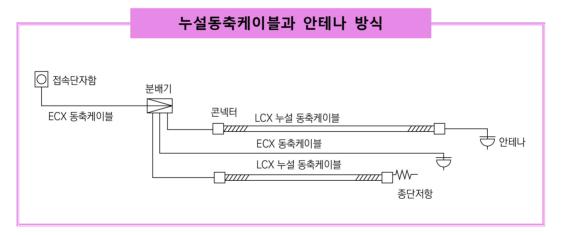
동축케이블과 누설동축케이블을 조합한 것으로 터널 지하철역 등 폭이 좁고, 긴 지하가나 건축물 내부에 적합하며, 전파는 균일하고 광범위하게 방사할 수 있으며, 케이블이 외부에 노출되어 유지보수가 용이하다.

2) 안테나 방식



누설동축케이블과 안테나를 조합한 것으로 장애물이 적은 대강당, 극장 등에 적합하며, 말단에는 전파의 강도가 떨어져 통화에 어려움이 있으나 누설동축케 이블 방식보다 경제적이며, 케이블을 반자 내에 은폐할 수 있어서 화재 시 영향 이 적고 미관을 해치지 않는다.

3) 누설동축케이블 및 안테나 방식 누설동축케이블의 장점과 안테나방식의 장점을 이용한 것이다.



라. 무선통신보조설비 종류별 특성

누설동축케이블과 안테나방식 비교

종류	누설동축케이블 방식	블 방식 안테나방식	
개요	터널 내 1차로 상단에 설치하는 케이블로 RFCX-FR22D가 정식명칭	메인장치로부터 신호를 수신하여 이를 송신하는 장치	
설치기준	500미터 이상 터널	방재등급 3등급이상 터널	
설치위치 및 설치방법	재방송설비와 병행	터널구간에서 청취 (시청) 가능하 도록 설치	
특징	· 누설동축케이블 22D 이내 포설 · 낙뢰발생 시 누설동축케이블을 통해 유도뢰 유립 우려	 터널 내 광케이블(통신용) 설치 (유도뢰 차단) 300m 이내마다 중계기 설치 중계기 설치 시 누설동축케이블 설치 면제 	
기기사양	 ・ 누설동축케이블 및 안테나는 불연 또는 난연성으로 무선통신보조설비와 겸용하여 사용 ・ 누설동축케이블 또는 동축케이블 및 안테나의 임피던스는 50Ω으로 하고, 접속하는 안테나이나 분배기 등의 장치는 적합한 것으로 사용 ・ 누설동축케이블 및 안테나는 소방전용 무선통신보조설비 주파수대역 수용가능한 것으로 사용 	 터널이 위치한 지역에서 수신이 가능한 AM/FM 방송 및 지상파 멀티미디어방송의 공중파 주파수를 터널 내에 중계할 수 있을 것 재난 발생 시 중계 가능한 라디오방송 주파수로 긴급 라디오방송 할 수 있을 것 비상방송설비와 재방송설비는 상호연동하며 긴급 할입방송 시터널 내 스피커로 비상방송이가능하도록 구성 	
설치지침	· 누설동축케이블 또는 안테나가 화재에 의해 케이블의 피복이 소실된 경우 케이블 본체가 떨 어지지 않도록 금속재, 자기재, 합성수지 등의 지지금구로 벽, 천장, 기둥 등에 견고하게 고정 할 것	· 재방송설비는 방재등급 3등급이 상의 터널에 설치함을 원칙으로 하며, 터널 이용자를 위한 서비 스 측면에서 200m 이상의 4등 급 터널에 설치 가능	

누설동축케이블과 안테나방식 구성 비교

항목	누설동축케이블방식	안테나방식	
송수신안테나방식	누설동축케이블	공용안테나	
수신부 주요구성	AM 주장치(수신) FM 주장치(수신) TRS 주장치(수신)(10mW/ch)	AM 주장치(수신) FM 주장치(수신) TDMB 주장치(수신) TRS 주장치(수신)(10mW/ch)	
주장치부 주요구성	NMS 모니터, 광송전장치	비상방송주장치, 광전송장치	
보조장치부	AM보조장치(15dBm/ch) FM보조장(15dBm/ch) TRS보조장치(2watt/ch*5ch)	AM보조장치(15dBm/ch) FM보조장(10dBm/ch) TDMB 보조장치(10dBm/ch) 소방무선증폭기(10dBm/ch) TRS보조장치(10dBm/ch)	
비상방송 스피커	무선랜방식	유선방식	
데이터 검출장치	AM/FM/TRS 스펙트럼 및 AM/FM 오디오수신	AM/FM/TDMB/소방무선/TR 스펙트럼 및 AM/FM 오디오 수신	
소방무선통신 보조설비	관리동, 터널 입출구 및 피난 갱에 단자함 설치하여 누설동 축케이블에 연결	소방무선증폭기 설치 단자함 설치 필요 없음	

2. 법령 비교

도로터널의 화재안전기준 & 도로터널 방재시설 설치 관리지침

구 분	도로터널의 화재안전기준 (NFSC 603)	도로터널 방재시설 설치 및 관리지침		
설치 대상	길이 500m이상	① 연장3등급(500~1000m) 이상 ② 연장3등급 미만 중 재방송 설비가 설치되는 경우 겸용 가능		

구 분	도로터널의 화재안전기준 (NFSC 603)	도로터널 방재시설 설치 및 관리지침
비상 전원	30분 이상 작동 [무선통신보조설비의 화재안전기준(NFSC 505)]	60분 이상 유효하게 작동할 수 있는 무정전전원설비 설치
설치 기준	 무전기 접속단자는 방재실과 터널의 입구 및 출구, 피난연 결통로에 설치할 것 라디오 재방송설비가 설치되는 터널의 경우에는 무선통신보조 설비와 겸용으로 설치할 것 	누설동축케이블은 재방송설비와 겸 용하여 설치할 수 있다.
구 분	무선통신보조설비의 화재안전기준 (NFS C505)	도로터널 방재시설 설치 및 관리지침
구 분 누설축 케이블	① 소방전용주파수대에서 전파의 전송 또는 복사에 적합한 것으로 할 것. 다만, 소방대 상호 간의 무선연락에 지장이 없는 경우에는 다른 용도와 겸용할 수 있다. ② 누설동축케이블과 이에 접속하는 안테나도 구성할 것 ③ 누설동축케이블은 불연 또는 난연성의 것으로서 습기에 따라 전기의 특성이 변질되지 아니하는 것으로 하고, 노출하여설치한 경우에는 피난 및 통행에 장애가 없도록 할 것 ④ 누설동축케이블은 화재에 따라해당 케이블의 피복이 소실된경우에 케이블 본체가 떨어지지 아니하도록 4m 이내마다금속제 또는 자기제 등의 지지금구로 벽.천장·기둥 등에 견고하게 고정시킬 것. ⑤ 누설동축케이블 및 안테나는금속판 등에 따라 전파의 복사	 누설동축케이블은 불연 또는 난 연성의 것으로 습기에 의하여 전기적인 특성이 변질되지 않아야 한다. 누설동축케이블 또는 동축케이블 의 임피던스는 50Ω으로 하고,이에 접속하는 안테나, 분배기등 기타 장치는 당해 임피던스에 적합한 것으로 하여야 한다. 누설동축케이블은 소방전용으로 무선통신보조설비 주파수 대역을 수용할 수 있어야 한다. 누설동축케이블은 재방송설비와 겸용하여 설치할 수 있다. 누설동축케이블은 화재에 의해서케이블의 피복이 소실된 경우에케이블 본체가 떨어지지 않도록 4m 이내마다 금속재, 자기재,합성수지 등의 지지금구로 벽,천장,기둥 등에 견고하게 고정시켜야 한다. 누설동축케이블은 소방전용 주파수대에서 전파의 전송 또는 복사에 적합한 것으로 소방대 상호간에 무선연락에 지장이 없

구 분	도로터널의 화재안전기준 (NFSC 603)	도로터널 방재시설 설치 및 관리지침
	또는 특성이 현저하게 저하되지 아니하는 위치에 설치 ⑥ 누설동축케이블 및 안테나는 고압의 전로로부터 1.5m 이상 떨어진 위치에 설치할 것 ⑦ 누설동축케이블의 끝부분에는 무반사 종단저항을 견고하게 설치할 것 ⑧ 누설동축케이블 또는 동축케이블의 임피던스는 50Ω으로 하고, 이에 접속하는 안테나·분배기 기타의 장치는 해당 임피던스에 적합한 것으로 할 것	도록 설치한다. ⑦ 누설동축케이블은 말단에 무반사 종단저항을 설치하여야 한다. ⑧ 누설동축케이블의 시점에는 관리용 무선기와의 공용기를 접속하고, 터널 내 휴대용 무선기와 상호 연락이 가능한 기능을 갖도록 한다.
무선기기 접속단자	2) 무선기기 접속단자 설치기준 ① 화재층으로부터 지면으로 떨어지는 유리창 등에 의한 지장을 받지 않고 지상에서 유효하게 소방활동을 할 수 있는 장소 또는 수위실 등 상시사람이 근무하고 있는 장소에설치 ② 단자는 한국산업규격에 적합한 것으로 하고, 바닥으로부터 높이 0.8m 이상 1.5m 이하의 위치에 설치할 것지상에 설치하는 접속 단자는보행거리 300m 이내마다설치하고, 다른 용도로 사용되는접속단자에서 5m 이상의 거리를 둘 것이 시상에 설치하는 단자를 보호하기 위하여 견고하고 함부로개폐할수 없는 구조의 보호함을 설치하고, 먼지·습기 및부식 등에 따라 영향을 받지아니하도록 조치할 것	2) 무선기기 접속단자함 ① 단자를 보호하기 위하여 보호함을 설치하고, 먼지, 습기 및 부식 등에 의해서 영향을 받지 않도록 하여야한다. ② 무선기기를 쉽게 접속할 수 있도록 5m 이상 길이의 연장케이블을 포함하여야 한다. ③ 여러 가지 형태의 무선기기 출력단자와 연결할 수 있도록 시중에 통용되는 형태의 연결용 컨넥터를 갖추어야 한다. ④ 안테나 방식의 경우는 생략할수 있다. ⑤ 단자는 한국산업규격에 적합한 것으로 하고, 바닥으로부터 높이 0.8m 이상, 1.5m 이하의 위치에 설치한다. ⑥ 터널관리소 또는 터널 관리사무소와 터널 입구 및 출구 10m이내에 각각 설치하여야 한다. ⑦ 단자보호함 표면은 적색으로 도색하고, '무선기기 접속단자'

구 분	도로터널의 화재안전기준 (NFSC 603)	도로터널 방재시설 설치 및 관리지침
	⑤ 단자의 보호함의 표면에 "무 선기 접속단자"라고 표시한 표지를 할 것	라고 표시한 표지를 한다.
증폭기	① 전원은 전기가 정상적으로 공급되는 축전지, 전기저장장치 (외부전기에너지를 저장해 두었다가 필요한 때 전기를 공급하는 장치) 또는 교류전압 옥내간선으로 하고, 전원까지의 배선은 전용으로 할 것 중폭기의 전면에는 주 회로의 전원이 정상인지의 여부를 표시할 수 있는 표시등 및 전압계를 설치할 것 중폭기에는 비상전원이 부착된 것으로 하고 해당 비상전원 용량은 무선통신보조설비를 유효하게 30분 이상 작동시킬 수있는 것으로 할 것 역무선이동중계기를 설치하는 경우에는 「전파법」제58조의 2에따른 적합성평가를 받은 제품으로 설치할 것	 무선통신보조설비를 60분 이상 유효하게 작동할 수 있도록 무정전 전원설비에 의한 비상전원을 갖춘다. 증푹기 전면에는 주회로의 전원이 정상인지의 여부를 표시할수 있는 표시등을 설치한다. 성능저하를 발생하지 않는 범위에서 화재의 영향을 가장 적게받는 위치에 설치한다. 차도터널, 피난대피터널, 터널내 기계실, 전기실 등에 상시제공될수 있도록 한다. 터널 내 무선통신보조설비는 소방전용 채널을 운용한다. 다만,필요에 따라 무선통신설비에간성을 주지 않는 범위 내에서경찰 전용 및 유지관리자 전용의 주파수 대역을 이용할수있다.
분배기	 3) 분배기 등의 설치기준 ① 먼지·습기 및 부식 등에 따라 기능에 이상을 가져오지 아니하도록 할 것 ② 임피던스는 50Ω의 것으로 할 것 ③ 점검에 편리하고 화재 등의 재해로 인한 피해의 우려가 없는 장소에 설치할 것 	

가. 설치대상

- 1) 「도로터널의 화재안전기준(NFSC 603)」 연장 500m 이상에 설치
- 2) 「도로터널 방재시설 설치 및 관리지침」
 - ① 연장3 등급(500~1000m) 이상
 - ② 연장3 등급 미만 중 재방송설비가 설치되는 경우 겸용 가능

등급별 방재시설 설치기준

방재시설	터널등급	1등급	2등급	3등급	4등급	비고
소화 활동 설비	무선통신보조설비	•	•	•	△*	
경보설비	재방송설비	0	0	0	Δ	

● 기본시설 : 연장등급에 의함

○ 기본시설 : 방재등급에 의함

△ 권장시설 : 설치의 필요성 검토에 의함

* 4등급 터널의 경우, 재방송설비가 설치되는 경우에 병용하여 설치함

나. 비상전원

- 1) 「무선통신보조설비의 화재안전기준(NFSC 505)」 비상전원 용량은 무선통신보조설비를 30분 이상 작동
- 2) 「도로터널 방재시설 설치 및 관리지침」 60분 이상 유효하게 작동할 수 있는 무정전전원설비 설치

다. 설치기준 비교

- 1) 「무선통신보조설비의 화재안전기준(NFSC 505)」
 - ① 누설동축케이블과 이에 접속하는 안테나로 구성할 것
 - ② 지상에 설치하는 무선기기접속단자는 보행거리 300m 이내마다 설치하고, 다른 용도로 사용되는 접속단자에서 5m 이상의 거리를 둘 것
 - ③ 분배기는 먼지 · 습기 및 부식 등에 따라 기능에 이상을 가져오지 아니

하도록 할 것

- ④ 분배기의 임피던스는 50Ω의 것으로 할 것
- ⑤ 점검에 편리하고 화재 등의 재해로 인한 피해의 우려가 없는 장소에 설치할 것
- 2) 「도로터널 방재시설 설치 및 관리지침」
 - ① 누설동축케이블은 소방전용으로 무선통신보조설비 주파수 대역을 수용할 수 있을 것
 - ② 무선기기접속단자함은 터널 관리소 또는 터널 관리사무소와 터널 입구 및 출구 10m 이내에 각각 설치할 것
 - ③ 성능저하를 발생하지 않는 범위에서 화재의 영향을 가장 적게 받는 위치에 설치한다.
 - ④ 차도터널, 피난대피터널, 터널 내 기계실, 전기실 등에 상시 제공될 수 있도록 한다.

다. 「도로터널 방재시설 설치 및 관리지침」의 재방송설비

- 1) 일반사항
 - 가) 터널 내 재난 발생 시 라디오긴급방송 및 라디오방송과 지상파 디지털 멀티미디어 공중파방송의 중계를 위한 설비로 방송기능을 포함한 중계 장치와 누설동축케이블 및 안테나 등의 부대설비로 구성한다.
 - 나) 「소방시설법」에서 요구하는 무선통신보조설비와 겸용하여 설치하며, 이 경우에 소방무선통신에 영향을 주지 않도록 설치하여야 한다.

2) 기기사양

가) 재방송 중계장치

- ① 터널이 위치한 지역에서 수신이 가능한 AM/FM라디오방송과 지상파 멀티미디어방송의 공중파 주파수를 터널 내에 중계할 수 있도록 한다.
- ② 재난 발생 시 중계 가능한 라디오방송 및 지상파 멀티미디어방송 주파수로 긴급라디오방송을 할 수 있어야 한다.
- ③ 비상방송설비와 재방송설비는 상호 연동하여 긴급 할입방송(노측방송)

시 터널 내 스피커를 통하여 비상방송이 가능하도록 구성한다.

- ④ 무인 운영이 가능하여야 한다.
- ⑤ 재방송 중계장치의 성능은 「무선설비규칙」에서 정하는 특정소출력무 선국용 무선설비의 기술기준에 따른다.

나) 누설동축케이블 및 안테나

- ① 누설동축케이블 및 안테나는 불연 또는 난연성의 것으로서 무선통신보 조설비와 겸용하여 사용한다.
- ② 누설동축케이블 또는 동축케이블 및 안테나의 임피던스는 50Ω으로 하고, 이에 접속하는 분배기 등의 장치는 당해 임피던스에 적합한 것으로 하여야 한다.
- ③ 누설동축케이블 및 안테나는 소방전용 무선통신보조설비 주파수 대역을 수용할 수 있어야 한다.

다) 분배기, 분파기, 혼합기

① 먼지나 습기 및 부식 등에 의하여 기능에 이상이 발생하지 않도록 하여야 한다.

라) 증폭기

- ① 비상시 무선통신보조설비는 60분 이상 작동할 수 있도록 무정전전원 을 공급한다.
- ② 증폭기의 전면에는 주회로의 전원이 정상인지의 여부를 표시할 수 있는 표시등을 설치한다.

3) 설치지침

가) 공통사항

- ① 재방송설비는 방재등급이 3등급 이상의 터널에 설치함을 원칙으로 하며, 터널 이용자에 대한 운전자 서비스 측면에서 200m 이상의 4등급 터널에 설치할 수 있다.
- ② 200m 미만 터널의 경우에는 지역적 특성과 교통량 등을 감안하여 재 방송 중계장치의 설치 여부를 검토할 수 있다.

나) 재방송 중계장치

① 점검이 편리하고 먼지, 습기 등으로 인한 피해의 우려가 없는 장소에 설치한다.

다) 누설동축케이블 및 안테나

- ① 누설동축케이블 또는 안테나는 화재에 의하여 당해 케이블의 피복이 소실된 경우에 케이블 본체가 떨어지지 않도록 금속재, 자기재, 합성수지 등의 지지금구로 벽·천장·기둥 등에 견고하게 고정시켜야 한다.
- ② 누설동축케이블의 말단에는 무반사 종단저항을 견고하게 설치하여야 한다.
- ③ 터널이라는 특수성을 고려하여야 하며, 본선터널, 피난연결통로, 피난 대피터널, 터널 내 기계실, 전기실 등에 상시 제공될 수 있도록 한다.

라) 분배기, 분파기

① 점검이 편리하고 화재 등의 재해로 인한 피해의 우려가 적은 장소에 설치한다.

라. 무선통신보조설비와 재방송설비 비교

무선통신보조설비 & 재방송설비

항목	무선통신보조설비	재방송설비	
설치대상	500m 이상	① 200m 이상 방재 4등급 이상 ② 200m 미만 터널의 경우 지역적 특성과 교통량 등 감안해서 설치 가능	
설치목적	누설 동축 케이블을 지하로 안에 부설하고, 무선기와 접속하는 단자를 지상이나 방재 센터에 설치하여, 지하가(地下街) 등에서 소방대가 서로 무선 통신을 하 기 위한 설비	터널 내 재난 발생 시 라디오 긴급 방송 및 라디오 방송과 지상파 디지털 멀티미디어 공중파방송의 중계를 위한 설비로 재난발생 시 공중파 라디오 및 지상파 디지털 멀티미디어 방송 주파수로 긴급 방송을 하여 신속하게 대처할 수 있도록 신속한 유도를위해 설치	

항목	무선통신보조설비	재방송설비	
구성	 누설동축케이블, 동축케이블, 안테나 무선기기접속단자 분배기, 분파기, 혼합기 증폭기, 무선이동중계기 	 재방송 중계장치 누설동축케이블 및 안테나 분배기, 분파기, 혼합기 증폭기 	
설치기준	라디오 재방송설비가 설치되는 터널의 경우에는 무선통신보조 설비 겸용으로 설치할 수 있음	「소방시설법」에서 요구하는 무선 통신보조설비와 겸용하여 설치하 며, 이 경우 소방무선통신에 영 향을 주지 않도록 설치	

제12조 (비상콘센트설비) 비상콘센트 설비는 다음 각 호의 기준에 따라 설치하여야 한다.

1. 비상콘센트설비의 전원회로는 단상교류 220V인 것으로서 그 공급용량은 1.5kVA 이상인 것으로 할 것

해 설

1. 비상콘센트

가. 비상콘센트 개요

비상콘센트는 소방대가 사용하는 소화활동설비로서 소방대가 소화 작업 중 상용 전원의 정전이나 소손으로 전원이 차단될 경우에 비상전원으로 접속된다. 화재 시 에도 내화조치가 되어 있어 일정 시간 동안 전원을 공급받을 수 있으며 소화 활 동을 보조하기 위한 소방장비를 사용하기 위한 전원설비로 이용한다. 외부에서 직 접 전원을 접속하기 어려운 고층이나 지하 심층에 주로 설치한다.

나. 비상콘센트 설비 용어

1) "전원회로"란 비상콘센트에 전력을 공급하는 회로를 말한다.

816 | 소방청

2) "단상교류 220V"란 전등, 전열 등에 사용하는 일반용의 전원회로 방식으로 가정용 전원은 일반적으로 단상2선이다.

비상콘센트(단상교류 220V)는 접지형 2극 플러그접속기(KS C 8305)를 사용하여야 하며, 플러그접속기의 칼받이 접지극에는 접지공사를 하는 등 '비상콘센트설비의 화재안전기준(NFSC 504)'을 참고한다.

3) "공급용량"은 발전기, 변압기에서 공급하는 경우에는 피상전력단위(kVA)로 표기하고 전기설비 용량은 부하접속으로 전력이 소비되므로 유효전력단위 (kW)로 표기한다.

전기설비에서 용량을 표시할 경우 전기를 소비하는 각종 부하(Load)의 경우는 단위를 유효전력(단위: kW)를 사용한다. 이에 비해 전기를 공급하는 발전기나 변압기의 경우는 공급단위를 피상전력(단위: kVA)로 표시한다. kW와 kVA의 P=Vi, W=VA로 같은 말이다. 다만, 쉽게 구분하기 위해 다르게 쓴다. 유효전력(kW)은 피상전력(kVA)에서 무효전력(단위: Var)을 뺀 값이다.

2. 전원회로는 주배전반에서 전용회로로 할 것. 다만, 다른 설비의 회로의 사고에 따른 영향을 받지 아니하도록 되어 있는 것은 그러하지 아니하다.

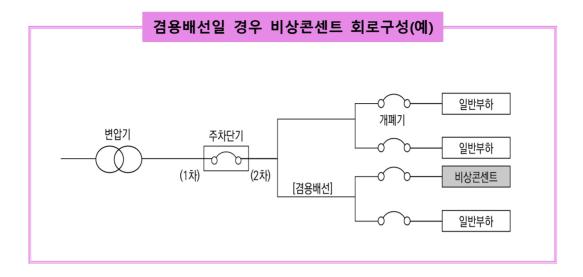
해 설

1. 전원회로는 전용으로 할 것

비상콘센트용 회로는 원칙적으로는 주배전반으로부터 전용의 회로를 설치하여야 함.

2. 다른 설비의 회로 사고에 따른 영향을 받지 않는 경우 겸용 가능

다른 부하의 회로 사고 시 영향을 받지 않는 경우에는 겸용배선이 가능하며, 다른 회로 사고에 영향을 받지 않도록 회로를 구성하려면 겸용배선에 비상콘센트 부하와 일반부하가 설치되었을 때 주차단기는 일반배선에 접속된 부하개페기보다 먼저 차단되지 않아야 한다. 그리고, 비상콘센트의 개폐기 차단용량은 겸용배선에 접속된 일반부하 차단용량의 동등 이상이 되어야 함



3. 콘센트마다 배선용 차단기(KS C 8321)를 설치하여야 하며, 충전부가 노출되지 아니하도록 할 것

해 설

1. 설치기준

전원에서 분기되는 위치와 비상콘센트 자체에는 배선용 차단기를 설치하고 비상 콘센트용 배선용차단기는 보호함 내에 설치한다.

2. 배선용차단기

가. 배선용 차단기란 당초 600V 이하의 저압에서 사용하는 Fuse가 없는 차단기 (No Fuse Breaker)로서 일반개폐기와 달리 충전부가 노출되어 있지 않으며 과전류 발생 시 자동으로 트립(Trip)되어 전로를 보호하는 일종의 저압용 자동개폐장치이다. 그러나 국제규격인 IEC에서는 이를 산업용과 주택용으로 구분하는 관계로 국제기준과 부합화하기 위하여 현재는 관련 KS 기준을 개정하였다.

- 나. 이로 인하여 KSC 8321은 2009년 12월 31일 개정되어 공식 명칭은 "주택용 배선용 차단기"(Miniature Circuit-Breaker for Overcurrent Protection for Household Uses)이었으나 2011년 12월 29일 국제표준의 수준에 맞도록 산업용 차단기와 가정용 차단기를 분리하였고 표준내용을 정비하여 "산업용 배선 차단기"(Molded-Case Circuit-Breaker for industrial uses, MCCB)로 변경되었다. 적용범위는 정격전압을 교류 1,000V 이하로 한정하였다.
- 4. 주행차로의 우측 측벽에 50m 이내의 간격으로 바닥으로부터 0.8m 이상 1.5m 이하의 높이에 설치할 것

해 설

1. 설치기준

- 가. 비상콘센트의 보호함을 옥내소화전함 등과 접속하여 설치하는 경우에는 옥 내소화전함 등의 표시등과 겸용할 수 있도록 되어 있으며, 옥내소화전함은 50m 간격으로 설치되어 있음
- 나. 종전의 기준은 일본 소방법 시행규칙 제31조의 2 제1호를 준용한 결과 바닥에서 높이 1m 이상 1.5m 이하로 규정하였다. 그러나 국내 화재안전기준에서는 모든 소방시설물에 대한 높이는 일반인이 조작이 용이한 0.8m~1.5m이기에 비상콘센트 높이도 동일하게 2008년 12월 15일 현재와 같이 개정하였다. 이 경우 높이의 기준점인 바닥이란 소방대가 비상콘센트를 사용하는 콘센트 바로 직하의 바닥면을 말하는 것이므로 따라서 복도나 통로의 바닥면뿐 아니라 계단의 디딤면도 바닥으로 간주하여야 한다.

2. 법령 비교

도로터널의 화재안전기준 & 도로터널 방재시설 설치 관리지침

구 분	도로터널의 화재안전기준 (NFSC 603)	도로터널 방재시설 설치 및 관리지침	
설치대상	길이 500m 이상 (참고. 화재예방, 소방시설 설치·유 지 및 안전관리에 관한 법률 시행 령 별표 5)	연장3등급(500~1000m) 이상	
설치간격	주행차로 우측 측벽에 50m 이내 간격으로 바닥으로부터 0.8m 이상 1.5m 이하의 높이로 설치할 것	50m 이내로 소화기 또는 소화전 함에 병설하고 피난연결통로, 비상 주차대에 설치한다.	
전원회로	① 단상교류 220V인 것으로 그 공급용량은 1.5kVA 이상인 것으로 할 것 ② 전원회로는 주배전반에서 전용회로로 할 것. 다만, 다른 설비의 회로 사고에 따른 영향을받지 아니하도록 되어 있는 것은 그러하지 아니하다. ③ 콘센트마다 배선용 차단기를 설치하여야 하며, 충전부가 노출되지 아니하도록 할 것	① 단상교류 220V인 것으로 그 공급용량은 1.5kVA 이상 ② 콘센트마다 배선용차단기를 설치하여 충전부가 노출되지 않도록 한다. ③ 1개의 전용회로에 설치할 수있는 비상콘센트 수는 동시 사용율을 고려하여 결정한다. ④ 전압강하 계산 시 부하는 비상콘센트 3개를 합한 용량(1Ø220V450kVA)으로 하며, 배전거리는 말단 3개의 콘센트에부하가 연결된 것으로 한다. ⑤ 허용전압강하는 내선규정(대한전기협회 제정)을 준용한다.	
절연저항		전원부와 외함 사이의 절연저항은 500V 절연저항체로 측정할 때 20MΩ 이상이어야 한다.	
보호함		비상콘센트는 보호함에 내장하여 설치하며, 소화기함이나 소화전함 에 일체형으로 병설한다.	

가. 설치대상

- 1) 「도로터널의 화재안전기준(NFSC 603)」, 「화재예방, 소방시설 설치·유지 및 안전관리에 관한 법률 시행령」 별표 5 제5호에 따라 길이 500m 이상에 설치
- 2) 「도로터널 방재시설 설치 및 관리지침」 연장 3등급(500~1000m) 이상

나. 비상콘센트설비의 전원회로 설치기준

1) 「비상콘센트의 화재안전기준 (NFSC 504)」

하나의 전용회로에 설치하는 비상콘센트는 10개 이하로 할 것. 이 경우 전선의 용량은 각 비상콘센트(비상콘센트가 3개 이상인 경우에는 3개)의 공급용량을 합한 용량 이상의 것

2) 「도로터널 방재시설 설치 및 관리지침」 비상콘센트 설비 설치지침 1개의 전용회로에 설치할 수 있는 비상콘센트 수는 동시 사용율을 고려하여 결정할 것

다. 보호함

- 1) 「비상콘센트의 화재안전기준 (NFSC 504)」 제5조에 따라 비상콘센트를 보호하기 위하여 비상콘센트보호함은 다음 각 호의 기준에 따라 설치하여야한다.
 - ① 보호함에는 쉽게 개폐할 수 있는 문을 설치할 것
 - ② 보호함 표면에 "비상콘센트"라고 표시한 표지를 할 것
 - ③ 보호함 상부에 적색의 표시등을 설치할 것. 다만, 비상콘센트의 보호함을 옥내소화전함 등과 접속하여 설치하는 경우에는 "<u>옥내소화전함 등의 표</u> <u>시등과 겸용</u>할 수 있다"라고 명시함
- 2) 「도로터널 방재시설 설치 및 관리지침」비상콘센트 설비 설치지침 "비상콘센트를 보호함에 내장하여 설치하며, <u>소화기함이나 소화전함</u>에 일체형 으로 병설한다"라고 규정하고 있어 소화기함 또는 소화전함에 설치 가능하도록 하고 있다.

라. 허용전압강하(내선규정 2016)

- 1) 전압강하의 범위는 변압기 2차 측에서 전기분전반까지임
- 2) 저압배선중의 전압강하는 간선 및 분기회로에서 각각 표준전압의 2% 이하로 하는 것을 원칙으로 한다. 다만, 전기사용장소 안에 시설한 변압기에 의하여 공급되는 경우에 간선의 전압강하는 3% 이하로 할 수 있다.
 - ① 인입선 접속점에서 인입구까지의 부분도 간선에 포함하여 계산할 것.
 - ② 사용장소 안에 시설한 변압기에서 공급하는 경우는 그 변압기의 2차 측단자에서 주배전반까지의 부분도 간선에 포함한다.
 - ③ 사용부하 중 허용전압 강하가 적은 것을 필요로 하는 장소는 부하의 요 구조건에 따라야 한다.
 - ④ 배선방식, 부하전류 및 전선의 굵기에 의한 전압강하의 값은 부록 100-7을 참조할 것.
- 3) 공급변압기의 2차측 단자(전기사업자로부터 전기의 공급을 받고 있는 경우는 인입선접속점)에서 최원단의 부하에 이르는 전선의 길이가 60m를 초과하는 경우의 전압강하는 제1항에 관계없이 부하전류로 계산하며, 다음 표에 따를 수 있다.

전선길이 60m를 초과하는 경우의 전압강하

공급변압기의 2차 측 단자	전압강하 (%)		
또는 인입선 접속점에서	사용장소 안에 시설한	전기사업자로부터	
최원단의 부하에 이르는	전용 변압기에서	저압으로 전기를	
사이의 전선길이(m)	공급하는 경우	공급받는 경우	
120 이하	5 이하	4 이하	
200 이하	6 이하	5 이하	
300 초과	7 이하	6 이하	

제13조 (다른 화재안전기준과의 관계) 터널에 설치하는 소방시설 등의 설치기 준 중 이 기준에서 규정하지 아니한 소방시설 등의 설치기준은 개별 화재 안전기준에 따라 설치하여야 한다.

제14조 (재검토기한) 소방청장은 「훈령 · 예규 등의 발령 및 관리에 관한 규정」에 따라 이 고시에 대하여 2016년 1월 1일을 기준으로 매3년이 되는 시점(매 3년째의 12월 31일까지를 말한다)마다 그 타당성을 검토하여 개선 등의 조치를 하여야 한다.

부 칙 <제2009-31호, 2009. 8. 24.>

(시행일) 이 기준은 고시한 날부터 시행한다.

부 칙 <제2009-45호, 2009, 10, 22.>

(시행일) 이 기준은 고시한 날부터 시행한다.

부 칙 <제2012-139호, 2012. 8. 20.>

(시행일)이 기준은 고시한 날부터 시행한다.

부 칙 <제2013-55호, 2013. 9. 3.>

이 고시는 발령한 날부터 시행한다.

부 칙 <제2015-125호, 2015. 10. 28.>

이 고시는 발령한 날부터 시행한다.

부 칙<제2017-1호, 2017. 7. 26.>

(정부조직개편에 따른 복수의무인증제품의 인증방법 및 국가통합인증마트 표시요령 등의 정비에 관한 고시 제정)

제1조(시행일) 이 고시는 발령한 날부터 시행한다.

제2조 생략

참고 문헌

- 1. 국가화재안전기준 [NFSC]
- 2. 소방시설의 설계 및 시공, 2012, 성안당, 남상욱
- 3. 제연공학, 2009, 성안당, 이동명 외
- 4. KFS 1015 물분무소화설비기준, 2009, 한국화재보험협회
- 5. 도로터널 방재시설 설치 및 관리지침 [국토교통부예규 제308호, 2020.]
- 6. 고속도로 터널 환기시설 설계기준시설, 1997, 한국도로공사
- 7. 서울시 도로터널 환기기준 개정(안), 2017, 터널 환기 및 방재 기술위원회
- 8. 소방기술기준에 관한 규칙 [행정자치부령 제6호, 1998]
- 9. 도로터널 방재시설 설치 및 관리지침 개정연구, 2015, 한국터널지하공간학회
- 10. 그림 및 사진 일부 인터넷 참조

2020년도 국가화재안전기준 해설서 도로터널의 화재안전기준(NFSC 603)

- < 2020년 위원 >
 - □ 집필위원
 - 진경화(㈜케이디엔지니어링건축사사무소)
 - □ 감수단체
 - (사)한국소방기술사회
 - □ 기획위원

소방청 소방정책국

- 소 방 정 책 국 장 최병일
- 소방분석제도과장 배덕곤
- 안 전 기 준 계 장 정홍영
- 소방시설민원센터 문찬호, 도진선, 안성수, 이진기
 - 안 진, 권태규, 여광동, 차선영