

제 9-4 편 터널방재설비



목 차

1. 총 칙	529
1.1 목 적	529
1.2 적용범위	529
1.3 용어의 정의	530
2. 도로터널 방재시설	540
2.1 일반사항	540
2.1.1 사고예방 계획	541
2.1.2 초기대응 계획	541
2.1.3 소화 및 구조 활동 계획	542
2.1.4 피난대피시설의 계획	542
2.1.5 방재시설 운영계획	543
2.1.6 화재 시 대응계획	543
2.2 방재시설의 분류	544
2.2.1 소화설비	544
2.2.2 경보설비	545
2.2.3 피난대피설비 및 시설	546
2.2.4 소화활동설비	547
2.2.5 비상전원설비	548
2.3 방재시설 설치계획	549
2.3.1 터널등급 구분	549
2.3.2 터널 위험도지수 산정기준	549
2.3.3 방재등급별 설치계획	552
3. 소화설비	556
3.1 수동식 소화기	556
3.1.1 일반사항	556
3.1.2 기기사양	556
3.1.3 설치기준	557
3.2 옥내소화전설비	558
3.2.1 일반사항	558
3.2.2 기기사양	558
3.2.3 설치지침	558

3.3 물분무설비	559
3.3.1 일반사항	559
3.3.2 설치지침	560
4. 경보설비	561
4.1 비상경보설비	561
4.1.1 일반사항	561
4.1.2 기기사양	561
4.1.3 설치지침	562
4.2 자동화재탐지설비	563
4.2.1 일반사항	563
4.2.2 기기사양	563
4.2.3 설치지침	564
4.3 비상방송설비	564
4.3.1 일반사항	564
4.3.2 기기사양	565
4.3.3 설치지침	565
4.4 긴급전화	566
4.4.1 일반사항	566
4.4.2 기기사양	566
4.4.3 설치지침	567
4.5 CCTV (감시용 텔레비전설비)	567
4.5.1 일반사항	567
4.5.2 기기사양	568
4.5.3 설치지침	568
4.6 라디오재방송설비	569
4.6.1 일반사항	569
4.6.2 기기사양	570
4.6.3 설치지침	570
4.7 정보표지판	571
4.7.1 일반사항	571
4.7.2 기기사양	572
4.7.3 설치지침	573

4.8 터널진입차단설비	574
4.8.1 일반사항	574
4.8.2 기기사양	574
4.8.3 설치지침	574
4.9 영상유고감지설비	575
4.9.1 일반사항	575
4.9.2 기기사양	575
4.9.3 설치지침	576
5. 피난대피설비 및 시설	578
5.1 비상조명등	578
5.1.1 일반사항	578
5.1.2 기기사양	578
5.1.3 설치지침	578
5.2 유도표지등	579
5.2.1 일반사항	579
5.2.2 기기사양	580
5.2.3 설치지침	580
5.3 피난대피시설	581
5.3.1 일반사항	581
5.3.2 설치지침	581
5.3.3 설치사양	583
6. 소화활동설비	585
6.1 제연설비	585
6.1.1 일반사항	585
6.1.2 화재 발생 시 환기계획	586
6.1.3 제연용 환기기기 용량 설계	588
6.1.4 화재 시 환기기기의 운영	590
6.1.5 환기시설의 온도저항	592
6.2 무선통신보조설비	592
6.2.1 일반사항	592
6.2.2 기기사양	593
6.2.3 설치지침	593
6.3 연결송수관설비	594
6.3.1 일반사항	594
6.3.2 설치지침	595

6.4 비상콘센트설비	595
6.4.1 일반사항	595
6.4.2 기기사양	595
6.4.3 설치지침	596
7. 비상전원설비	597
7.1 무정전전원(UPS)설비	597
7.1.1 일반사항	597
7.1.2 기기사양	597
7.1.3 설치지침	597
7.2 비상발전설비	598
7.2.1 일반사항	598
7.2.2 기기사양	598
7.2.3 설치지침	599
8. 관리시스템 설치지침	600
8.1 일반사항	600
8.2 관리시스템 계획	601
8.3 설치지침	601
9. 정량적 위험도 평가지침	605
9.1 일반사항	605
9.2 정량적 위험도 평가절차	605
9.3 위험의 평가기준	608
9.4 위험도 평가 예	608
10. 설비 설계 예	616
10.1 방재 시스템	616
10.2 통신 설비	617
10.2.1 수동 통보기	617
10.2.2 자동 통보기	617
10.3 비상경보 설비	618
10.4 소화 설비	618
10.4.1 소화기	618
10.4.2 소화전	619
10.4.3 물분무 설비	620

10.5 기타설비	620
10.5.1 유도설비	620
10.5.2 감시용 텔레비전(CCTV) 설치	621
10.6 소화수 공급설비	622
10.6.1 수원(水源)	622
10.6.2 수조(水槽)	622
10.6.3 펌프	624
10.6.4 관로	626
참고자료	630



1. 총 칙

1.1 목 적

이 요령은 도로터널 방재시설의 계획·설계·시공 및 관리 시 적용하여야 할 최소한의 기술기준을 규정함을 목적으로 한다.

1.2 적용범위

- (1) 이 요령은 도로법 11조에서 규정하고 있는 고속국도의 터널 방재설비에 적용함을 원칙으로 하고, 기타 일반국도 등의 도로에서도 준용할 수 있다.
- (2) 이 요령은 터널 내 차로수가 2차로인 터널을 기준으로 하며, 3차로 이상의 대단면 터널에 대해서도 터널의 제원 및 위험도를 고려하여 준용한다.
- (3) 내공단면적 및 시설한계가 표준단면과 현저한 차이가 있는 특수공법의 터널은 이 요령의 적용을 예외로 할 수 있다.
- (4) 소형차도로의 터널은 이 요령에서 정하고 있는 방재시설(소화설비, 경보설비, 피난대피설비, 소화활동설비, 비상전원설비)을 설치하는 것을 원칙으로 하며, 시설별 설치여부 및 시설별 세부설치기준은 개별터널별로 수치해석·모형실험·정량적 위험도평가 등을 수행하여 계획한다.
- (5) 고속도로터널을 위한 방재시설 설치기준이 변경·검토되고 있으므로 고속도로터널 방재시설 설계 시 변경사항을 확인하여야 한다.

1.3 용어의 정의

- (1) 가압운전모드 : 병렬터널에서 화재터널보다 대피(상대)터널의 압력을 상승시켜, 화재터널에서 발생한 연기가 대피(상대)터널로 침입하는 것을 방지하기 위한 환기기기 운전모드를 말한다.
- (2) 개구부 : 터널 상부 또는 측벽에 공기의 유입 또는 유출이 가능한 열린 공간을 의미한다.
- (3) 갱구부 : 터널의 갱구부는 터널의 종단의 시점부와 종점부를 말한다.
- (4) 경보 : 사고 발생 시 터널 관리자나 관련 기관에 터널 내의 이상 상황을 전달하고, 터널 내 사용자들이 적절한 행동을 취하도록 통보하는 행위를 말한다.
- (5) 개방형 프로토콜(open protocol) : 서로 다른 특성을 갖는 설비나 정보통신기기들 상호간의 통신을 위한 인터페이스 방식을 말하며, 개방형이란 특정 설비만 적용되는 방식이 아닌 범용으로 사용되는 방식을 말한다.
- (6) 고속도로 : 「도로법」 제8조 및 제9조에 따른 고속국도와 도로교통법 제2조3항 및 시행규칙 제19조3항의 규정에 의한 도로로서 중앙분리대에 의하여 양방향의 분리되고 입체교차를 원칙으로 하며, 설계속도가 80km/h 이상으로 출입이 제한된 도로를 말한다.
- (7) 곡선터널 : 터널의 선형이 직선이 아닌 굽어진 터널을 말하며, 평면선형의 굴곡도는 도로가 평면상 굴곡된 정도를 나타내는 지표로 단위길이에 대한 교각의 변화나 곡선반지름으로 정의한다.
- (8) 공중선 : 무선통신 목적을 달성하기 위하여 공간에 전파를 방사하거나, 또는 전파에 의하여 기전력을 유기(誘起)시키기 위하여 공중에 가설한 도선(導線)을 말하며, 안테나로도 불리운다.
- (9) 교통환기력 : 터널을 운행하는 차량의 항력에 의한 피스톤 효과에 의하여서 발생하는 환기력을 말한다.
- (10) 구간제연 : 터널 연장이 긴 경우에 터널을 다수의 구간으로 나누어 제연하는 방식을 말한다.

- (11) 구조물 : 교량·터널·댐 등과 같이 천연 또는 인공재료를 사용하여 하중을 기초에 전달하고, 그 사용목적에 유익하도록 건조된 공작물을 총칭한다.
- (12) 균일배기방식 : 천장에 덕트를 시설하고 일정간격으로 배기구를 설치하여 배연을 수행하는 횡류환기방식의 일종으로서, 단위길이 당 배기풍량이 균일하도록 배기하는 방식을 말한다.
- (13) 기계환기 : 터널환기를 위하여 필요로 하는 소정의 환기량을 교통환기력으로 충족할 수 없는 경우, 환기설비를 시설하여 강제적으로 환기를 수행하는 것을 말한다.
- (14) 내조식 조명 : 표지판 내부에 조명을 설치하여 표지의 내용을 인식할 수 있도록 하는 조명방식을 말한다.
- (15) 내진동형 : 구조물에서 전달되는 기계적 진동에 저항할 수 있는 형태의 구조를 말한다.
- (16) 대단면 터널 : 3차로 이상의 차로수를 갖는 터널로 시설한계와 유지점검용 통로·조명설비·방재설비·배수설비 등의 터널부속 설비나 환기를 위한 덕트 설치공간 등 여유단면을 포함한 터널로서, 단면적이 일반터널보다 큰 터널을 말한다.
- (17) 대배기구방식 : 횡류환기방식의 일종으로서, 배기구에 개방·폐쇄가 가능한 전동댐퍼를 설치하여 화재 시 화재지점 부근의 배기구를 개방하여 집중적으로 배연할 수 있는 제연방식을 말한다.
- (18) 대피 소요시간 : 터널화재 시 화재를 감지하고 안전지역까지 대피하는 데 필요한 시간으로 화재 감지시간, 반응·결정시간과 이동시간을 포함한다.
- (19) 대형차 혼입률 : 설계년도의 연평균일교통량의 차종별 구성비 중 대형버스, 중형트럭, 대형트럭 및 특수트럭에 대한 구성비의 합을 말한다.
- (20) 데이터 수집장치 : TC계(차종별 교통량 계측장치), VI(매연투과율)측정계, CO_x·NO_x측정계 및 풍향풍속계 등 터널 내 교통량 및 환경정보를 획득하기 위한 계측장비와 데이터 저장장치 등을 말한다.

- (21) 망입유리 : 유리액을 롤러로 제판하여 그 사이에 철, 황동, 알루미늄 등의 금속망을 삽입하고 압착하여 성형한 유리를 말한다.
- (22) 무전기 : 통신설비에서 무선으로 전파를 전송하는 장비를 말하며, 터널 내부에 안테나를 설치하여 발신 혹은 수신하며, 이동기기(마이크로폰이나 호출기)로 송수신을 행한다.
- (23) 물분무헤드 : 물분무설비의 말단에 부착하여 직선류 또는 나선류의 물을 충돌시켜 분무하기 위한 기구이다.
- (24) 배기구 : 터널 환기 시 오염공기를 배기하거나 화재 발생 시 화재연기를 배연하기 위한 개구부를 말한다.
- (25) 배연 : 화재 시 발생하는 연기 및 열기류를 화재지점으로 부터 외부로 배기하는 것을 말한다.
- (26) 배연구역 : 터널 천장부에 설치된 덕트를 통하여 화재에서 발생하는 연기를 배연하기 위하여 배기구를 개방하는 등의 방법을 적용하는 일정한 범위의 지역을 말한다.
- (27) 반횡류방식 : 터널에 급기 또는 배기덕트를 시설하여 급기 또는 배기만을 수행하는 환기방식을 말한다.
- (28) 방수압력 : 옥내소화전의 노즐, 물분무 헤드의 선단에서 소화수의 압력(MPa)을 말한다.
- (29) 방수 : 방수제 및 방수포를 사용하여 물이나 습기의 투과에 대한 저항을 크게 하는 것을 말한다.
- (30) 방호시설 : 낙석, 붕괴, 파랑 등으로 인하여 교통에 지장을 주거나 도로 구조에 손상을 줄 우려가 있는 부분에 설치하는 울타리, 옹벽, 기타 설치물을 말한다.
- (31) 변전소 : 고압의 전기를 수전하여 이를 변성(전압을 올리거나 내리는 것, 또는 전기의 성질을 변경시키는 것을 말한다)하여 부하기기의 사용전압에 적합하게 바꾸기 위한 변압기, 차단기, 배전반, 단로기, 계측기 등을 설치하기 위한 장소를 말한다.

- (32) 변전실 : 고압 이상의 전기를 수전하여 이를 변성하여 부하기기의 사용전압에 적합하게 바꾸기 위한 변압기, 차단기, 배전반, 단로기, 계측기 등을 설치하기 위한 공간을 말한다.
- (33) 부압 : 기준압력인 대기압 보다 낮은 압력을 말한다.
- (34) 분배기 : 전파의 전송선로 도중에 삽입하여 전파를 균등하게 배분하는 기구를 말한다.
- (35) ABC급 화재 : 일반적으로 A급 화재는 연소 후 재를 남기는 화재로서, 나무 · 종이 · 섬유 등의 가연물의 화재, B급 화재는 연소 후 재를 남기지 않는 화재로서, 유류 · 가스 등의 가연성 액체나 기체 등에 의한 화재, C급 화재는 전기설비 등에서 발생하는 화재로서, 수변전 설비 · 전선로(電線路)의 화재를 말한다.
- (36) 비상전원 : 사고나 고장에 의하여 상용 전원이 공급되지 못할 경우에 대비한 무정전 전원설비나 비상 발전설비에 의한 전력공급원을 말한다.
- (37) 사각지대 : 화재 및 재해 발생 시 각종 감시장치 및 비상설비의 영향력이 미치지 못하여 상황의 감시가 불가능한 지역을 말한다.
- (38) 사갱 : 터널 굴착 시 버력이나 재료의 운반을 위하여 굴착하는 것으로 일정한 경사를 가진 갱을 말하며, 환기용 갱으로 활용되기도 한다.
- (39) 상용전원 : 정상적인 상태에서 한국전력공사 등 외부의 전력회사로부터 전력을 공급받아 사용하는 전력공급원을 말한다.
- (40) 상대터널 : 병렬터널에서 화재가 발생하지 않은 인접터널을 말한다.
- (41) 도로의 설계서비스수준 : 도로를 계획하거나 설계할 때의 기준으로서, 통행속도 · 교통량과 교통용량의 비율 · 교통밀도와 교통량 등에 따른 도로운행 상태의 질을 말한다.
- (42) 설계속도 : 설계속도란 도로설계의 기초가 되는 자동차의 속도를 말한다.
설계속도는 도로의 구조면에서 본 경우와 차량의 주행 면에서 본 경우로 다음과 같이 정의할 수가 있다.

- ① 설계속도란 차량의 주행에 영향을 미치는 도로의 물리적 형상을 상호 관련시키기 위해 선택된 속도이다.
 - ② 도로 설계요소의 기능이 충분히 발휘될 수 있는 조건 하에서 운전자가 도로의 어느 구간에서 쾌적성을 잃지 않고 유지할 수 있는 적정 속도이다.
 - ③ 설계속도는 도로망에서 그 도로구간의 기능을 고려하여 지향하는 희망속도이며, 도로의 환경보존을 배려하는 속도이다.
- (43) 설계화재강도 : 방재시설 설계 시 시설의 용량산정을 위하여 적용하는 차량화재에 따른 발생열량(MW)을 말한다.
- (44) 성층화 : 화재연기가 온도차에 의한 부력에 의하여 터널 상층부에서 연기층을 이루는 현상을 말한다.
- (45) 소실 : 화재로 인하여 구조물 및 제반시설이 연소하여 파괴되는 현상을 말한다.
- (46) 소화능력 : 단위 소화기의 소화능력을 표시하는 것으로 소화기마다 검정시험을 거쳐 합격하여야 당해 능력단위를 인정하게 되는데, 이러한 검정시험은 A급 화재 · B급 화재에 대해서 실시한다.
- (47) 소화약제 : 소화기에 사용되는 소화성능이 있는 분말상 · 액상 또는 기상의 물질을 말한다.
- (48) 소화용수 : 소화에 필요한 옥내소화전설비, 물분무설비 등 소화설비에 공급을 위하여 수조에 저장하는 용수를 말한다.
- (49) 선형 : 도로 중심선이 입체적으로 묘사되는 형상을 말하며, 이 중에서 도로 중심선의 평면적 형상을 평면선형이라고 하고, 종단면으로 본 도로 중심선의 형상을 종단선형이라고 한다.
- (50) 수직갱 : 터널공사 및 환기나 방재를 위하여 수직으로 굴착된 갱도를 말한다.
- (51) 시설 관리자 : 시설물에 대한 물리적 · 기능적 결함 정도를 파악하고, 시설물에 대한 조사 · 측정 · 분석을 통하여 각종 결함 원인 및 시설물의 구조적 안전성을 평가하여 효율적인 시설물 유지관리와 기능성 및 안정성 회복을 위한 보수 · 보강 방안을 제시하여 사전 재해 예방 및 효율적인 유지 · 관리 · 운영을 수행하는 자를 말한다.

- (52) 신호발신구역 : 터널 내 설치된 비상신호(자동화재탐지설비, 비상경보, 긴급전화, 소화기, 소화전) 경보장치에서 신호가 발생한 지역을 말한다.
- (53) 병렬터널 : 상·하행선을 분리하기 위하여 인접하여 평행하게 건설한 2개의 튜브(갱)로 구성된 터널을 말한다.
- (54) 안전지역 : 터널 내 화재 및 재해발생 시 터널 이용자의 대피나 소방대원의 소화활동을 위한 공간으로서, 화재로 인한 열과 연기로부터 보호되는 안전한 지역을 말한다.
- (55) 야간점등회로 : 수광부에 광도전셀(Cds 소자)을 이용하여 자연광의 밝기에 따라 회로를 열고 닫아 터널 조명 등을 점등하거나 또는 조명제어반의 제어장치에 타이머를 내장하여 야간에 점등할 수 있도록 하는 설비이다.
- (56) 역류 : 열기류가 부력에 의해서 차량흐름의 반대방향이나 화재 직전에 형성된 주기류의 반대방향으로 흐르는 현상을 말한다.
- (57) 연기류 : 화재에 의해서 발생하는 연기의 흐름을 말한다.
- (58) 연속터널 구간 : 터널이 비교적 짧은 간격으로 연속하여 존재하는 구간을 말한다.
- (59) 연평균일교통량 : 연평균일교통량(AADT : Annual Average Daily Traffic)은 1년 동안 도로의 한 지점 또는 일정 도로 구간을 지나는 양방향 교통량을 365일로 나눈 교통량을 말한다.
- (60) 열기류 : 화재에서 발생하는 온도가 높은 공기흐름을 말한다.
- (61) 유고상황 : 터널내부 및 입·출구부 인근에서 교통사고, 위험물누출, 화재 등의 사고가 발생되어 교통흐름의 제어가 필요하거나 안전을 위한 조치가 요구되는 상황을 말한다.
- (62) 유도안테나 : 라디오재방송설비에 의한 방송이 불가능한 터널 내에 전파를 유도하여 송수신할 목적으로 설치하는 장치를 말한다.
- (63) 유해가스 : 화재 시 인체나 주위환경에 유해한 작용을 일으키는 일산화탄소, 탄화수소, 질소산화물, 연기 등의 연소가스를 말한다.

- (64) 원격관리 : 통합관리센터나 인근의 터널관리소에 근접한 터널의 관리·계측 및 감시 장치를 원거리에서 조작하는 관리방식을 말한다.
- (65) 원동기 : 에너지를 회전 또는 왕복운동 등과 같은 기계적인 일로 바꾸는 동력장치를 말하며, 수력원동기·증기원동기·내연기관 등이 있다.
- (66) 임계풍속 : 화재 시 성층화를 유지하면서 열(연)기류의 역류현상을 억제하기 위한 최소한의 풍속을 말한다.
- (67) 일반도로 : 도로법에 의한 도로(고속국도를 제외한다)로서, 그 기능에 따라 주간선도로·보조간선도로·집산도로 및 국지도로로 구분되는 도로를 말한다.
- (68) 임피던스 : 교류회로에 있어서 전류가 흐르기 어려운 정도를 나타내는 양을 말하며, 단위는 Ω , 기호는 Z 가 쓰이며, 전압 E 에 의하여서 흐르는 전류를 I 라고 하면 $Z=E/I$ 가 된다.
- (69) 자기구조단계 : 터널화재 초기에 관리자나 소방대가 터널에 도착하기 전 단계로, 대피자가 스스로 판단하여 대피 등 안전조치를 강구하여야 하는 단계를 말한다.
- (70) 자동절체방식 : ATS(automatic transfer switch) 방식으로서, 하나 이상의 부하를 한 전원에서 다른 전원으로 자동 전환할 수 있는 장치를 말한다.
- (71) 자동차전용도로: 간선도로로서, 「도로법」 제61조에 따라 지정된 도로를 말한다.
- (72) 제연 : 화재 시 발생하는 연기 및 열기류의 방향을 제어하거나 일정 구역에서 배기하는 것을 말하며, 전자를 제연, 후자를 배연으로 구분하기도 한다.
- (73) 전기인입 : 옥외 또는 옥측에서 부터 구내의 전기사용 장소로 전기를 수용하는 것을 말한다.
- (74) 전광식 : 표지판의 한 방식으로 램프나 LED를 배열하고, 각 램프나 LED를 점등하여 소정의 문자를 표시하는 방식을 말한다.
- (75) 전파의 복사 : 정보(음성, 신호, 데이터 등)를 선로 등을 통하여 수신하는 것을 말한다.

- (76) 전파의 전송 : 정보(음성, 신호, 데이터 등)를 선로 등을 통하여 송신하는 것을 말한다.
- (77) 전환스위치 : 두 개 이상의 회로를 전환하는 제어스위치를 말한다.
- (78) 정보표지판 : 터널 내부에서 비상사태가 발생하는 경우, 터널로 진입하려는 주행차량에게 터널 안의 이상 상황을 신속하게 통보하여 진입을 정지시켜 사고의 확대를 방지하는 설비로서, 전광식 · 자막식 · 신호식 등이 있다.
- (79) 정전 : 전기의 공급이 사고 등으로 정지되는 것을 말한다.
- (80) 접지전극 : 피접지물과 대지를 전기적으로 접속하기 위하여 지중에 매설한 도체를 말한다.
- (81) 접지판 : 접지극의 하나로 두께가 1.4mm 이상이고, 면적이 0.35㎡ 이상인 구리판을 말한다.
- (82) 종단저항 : 터널 내 화재감지설비의 신호회로에 대한 도통시험을 하기 위하여 회로의 말단에 설치하는 저항을 말한다.
- (83) 종류환기방식 : 터널 입구 또는 수직갱, 사갱 등으로부터 신선한 공기를 유입하여 종방향 기류를 형성하여 터널 출구 또는 수직갱, 사갱 등으로 오염된 공기 또는 화재 연기를 배출하는 방식을 말한다.
- (84) 중앙분리대 : 차도를 통행의 방향에 따라 분리하고, 옆 부분의 여유를 확보하기 위하여 도로의 중앙에 설치하는 분리대와 측대를 말한다.
- (85) 주행속도 : 도로의 일정 구간을 차량이 주행할 때, 구간의 길이를 주행한 시간으로 나눈 값을 말한다.
- (86) 주행차로 : 자동차가 도로의 정하여진 부분을 한 줄로 통행할 수 있도록 차선에 의하여 구분되는 차도의 부분을 말한다.
- (87) 지지금구 : 설비 및 기기, 배관 등의 본체를 구조체 등에 부착하기 위한 금속제 또는 자기제 등의 지지철물을 말한다.

- (88) 질식·냉각작용 : 화재 주위에 산소공급을 차단하여 화재를 진화하는 작용(질식), 화재 주위에 분사된 물이 증발하면서 주위로부터 연소열을 흡열하여 온도를 낮추는 작용(냉각)을 말한다.
- (89) 침매터널 : 하저 또는 해저에 미리 터널에 맞게 지반을 형성한 후에 육상에서 이미 만들어진 구체를 수중에서 침설하여 터널을 구축하는 공법으로 건설된 터널을 말한다.
- (90) 측벽 : 터널의 우측 또는 좌측의 콘크리트 면을 말한다.
- (91) 축전기 : 화학반응에 의하서 충전과 방전을 반복할 수 있는 전지를 말하며, 2개의 전극과 전해액으로 구성된다.
- (92) 터널방재등급 : 터널에 방재시설 설치를 위한 터널 분류 등급으로서, 소방관련법에 따른 연장기준 등급과 위험도 지수평가에 의한 위험도지수 기준등급으로 구분한다.
- (93) 통보 : 사고 당사자 등이 터널 내의 사고 상황을 다른 도로 이용자나 도로 관리자에게 전달하는 것을 말한다.
- (94) 프로토콜 : 시스템끼리의 원활한 상호작용을 위하여 기종 간의 인터페이스 방법을 말한다.
- (95) 피스톤 효과 : 터널을 운행하는 차량의 공기저항에 의하서 기류가 형성되는 효과로 교통환기력을 발생시키는 역할을 한다.
- (96) 비상방송 : 화재 등 비상상황 발생 시 터널에서 스피커를 통하여 자체 방송을 하거나 라디오방송 주파수를 통하여 터널 이용자에게 비상상황을 전달하는 것을 말한다.
- (97) 화재확산시간 : 터널화재 시 화재지점에서 화재연기가 터널 종방향으로 확산되어 화재지점에서부터 피난연결통로, 피난대피터널, 피난대피소 등의 안전한 대피공간으로 탈출 가능한 위치까지 화재연기가 도달되는 시간을 말한다.
- (98) 할입방송 : 긴급상황 시 도로 이용자에게 공용주파수를 이용하여 라디오로 비상상황에 대한 정보를 제공하는 것을 말한다.

- (99) 환기설비 : 터널 내 차량으로부터 배출되는 오염물질을 희석 또는 배기하기 위하여 신선공기를 급기하거나 오염공기를 배기하기 위한 설비를 말한다.
- (100) 횡류환기방식 : 터널에 설치된 급·배기 덕트를 통하여서 급기와 배기를 동시에 수행하는 방식으로 평상 시에는 신선공기를 급기하고 차량에서 배출되는 오염된 공기를 배기하며, 화재 시에는 화재로 인하여 발생하는 연기를 배기하는 방식을 말한다.
- (101) 휘도 : 발광면 상의 어느 한 점에서 주어진 방향으로의 휘도는 그 점을 포함하는 미소면적의 주어진 방향의 광도를 미소면적의 그 방향에서 본 겉보기 면적으로 나눈 값을 말한다.
- (102) IGBT (insulated gate bipolar transistor) : 입력부(gate)의 임피던스는 무한대에 가깝고, 출력 C-E 간은 트랜지스터의 특성을 갖는 전력용 반도체 소자를 말한다.
- (103) RTU (remote terminal unit) : 원격제어반이라 하며, 환기 및 방재설비의 데이터를 수집하여 주 컴퓨터로 송출함과 동시에 주 컴퓨터로부터의 제어명령을 수신하여 해당 기기를 제어하는 장치를 말한다. 각종 설비의 데이터를 수집하여 중앙감시 제어장치로 통신망을 통하여 송신하며, 중앙감시 제어장치로부터 각종 제어명령을 수신할 수 있어야 하고, 각각의 원격제어반에 설치된 중앙처리장치에 내장된 프로그램에 의하여 제어가 이루어진다.



2. 도로터널 방재시설

2.1 일반사항

- (1) 터널방재시설은 사고예방, 초기대응, 피난대피, 소화 및 구조 활동, 사고확대방지를 기본 목적으로 한다.
- (2) 터널방재시설은 사고에 대한 예방적인 조치 및 사후조치 전반에 걸쳐서 방재시설의 역할을 정확하게 인식하고, 시설 간 연계성과 설치목적에 고려하여 관리·운영을 명확하게 계획하여야 한다.
- (3) 터널방재시설은 관리체계에 영향을 주게 되므로 관리체계와의 관계를 고려하여 계획하여야 한다.
- (4) 터널화재의 발전단계는 화재초기 도로 이용자가 스스로 상황을 판단하여 피난대피나 소화 등 대응조치를 취하여야 하는 자기구조단계와 도로 관리자와 경찰, 소방대원 등의 관계기관의 관련자가 현장에 도착하여 본격적으로 소화나 구조활동을 수행하는 소화 및 구조단계로 구분된다. 따라서 방재시설을 계획·설치하거나 운영계획을 수립할 때에는 이와 같은 단계를 고려하여 화재의 시간적 경과에 따른 대응책을 마련하여야 한다.
- (5) 터널방재시설 중 환기방식별 제연설비의 규모, 배치, 운영 등의 계획은 실험적인 방법이나 수치해석적인 방법을 통하여서 신뢰성을 검증하여 설치목적에 부합되도록 계획하여야 한다.
- (6) 터널 간의 이격거리가 짧은 연속터널 구간 등에서는 노선 전체의 방재대책을 고려하여 터널방재시설의 설치를 계획하여야 한다.
- (7) 침매터널이나 하저·해저터널, 소형차도로 터널과 같이 육상터널과 비교하여 토목 구조적으로 상당한 차이가 있는 경우에는 구조적인 측면과 방재 측면에서의 안전성을 우선 순위로 고려하여 방재시설을 변경하여 설치할 수 있다.

2.1.1 사고예방 계획

- (1) 사고예방은 터널방재시설에 있어서 중요한 요소로 인식되어야 한다. 이를 위하여 터널의 구조적인 측면과 교통시스템 등 예방을 위한 시설의 확보뿐만 아니라 이들의 운영 및 법적인 규제와 이를 준수하도록 하는 대책 등을 계획하여야 한다.
- (2) 터널의 구조적인 측면에서의 사고예방 대책은 도로의 적정 설계속도의 산정 및 이에 따른 도로의 선형 및 구조, 비상주차대, 비상차로 등이 있다.
- (3) 교통통제시스템은 각종 법적규제에 대한 준수조치 등 사고예방을 위한 각종 교통표지판과 터널입구의 정보표시판, 차로이용규제신호등 등 안전운전을 위한 시설 등이 있다.
- (4) 이외에 터널 내 차량사고의 대부분이 운전자의 과실에 의해서 비롯되며, 시설의 부적절한 운영이 사고확대의 큰 원인이 된다는 점을 고려하여, 시설 관리자의 배치 및 운영기술에 대한 교육훈련과 이용자의 안전의식 및 터널의 잠재적인 위험성을 인식시키기 위한 홍보계획을 수립하여야 한다.

2.1.2 초기대응 계획

- (1) 초기대응 수단으로 비상경보설비 및 감시체계, 대피유도 및 피난대피시설, 초기소화설비, 제연설비 등이 있다.
- (2) 초기대응 수단은 화재 초기 자기구조단계에서 위험상황에 처한 인명의 손상을 최소화하기 위한 수단이란 측면에서 신속한 대피 및 대피유도에 중요성을 두어 계획하여야 한다.
- (3) 자기구조단계에서는 터널 이용자의 판단 및 대피를 도울 수 있는 경보설비 및 피난유도설비의 효율적인 운영이 인명피해에 가장 큰 영향을 미치게 되므로 초기대응 시설 및 운영에 신중을 기하여 계획하여야 한다.
- (4) 차량화재 시 최대화재강도에 도달하는 시간은 일반적으로 10분 정도로 비교적 짧으므로, 통보·경보·초기소화 등의 초기대응은 한정된 시간 내에 주로 사고 당사자 또는 현장을 통행 중인 도로 이용자 등에 의하여 수행될 가능성이 높다. 따라서 터널 이용자가 연기에 노출되지 않도록 하기 위한 적정 용량의 제연설비의 설치·운영의 중요성을 강조하여 계획하여야 한다.

- (5) 화재의 초기진화에 가장 효과적인 것으로 알려진 소화기 등은 일반도로 이용자가 시설에 쉽게 접근할 수 있도록 접근성 및 시인성을 고려하여 계획하여야 한다.
- (6) 또한 화재초기단계에 터널 내로 차량 진입을 금지하여 피난대상을 최소한으로 억제하여야 하고, 피난 시 혼란을 피하기 위한 통보 및 경보설비는 도로 이용자 등이 쉽게 인지할 수 있도록 계획하여야 한다.

2.1.3 소화 및 구조 활동 계획

- (1) 소화 및 구조활동 시설은 사고의 확대방지를 위해서 소방대의 접근성을 우선적으로 고려하여 계획하여야 하며, 소화활동을 원활하게 수행할 수 있도록 소화활동설비의 적절한 배치 및 운영계획이 수립되어야 한다.
- (2) 화재의 확대로 인한 구조물의 손상으로 터널이 장시간 폐쇄되는 경우, 막대한 경제적 손실을 초래하게 되므로 특히, 차량의 통행량이 많은 터널의 경우에는 적극적인 소화 및 소화활동을 위한 방재시설의 설치 및 운영계획을 수립하여야 한다.
- (3) 터널방재 대책은 제반시설과 이를 운영하는 능력과 시스템의 유기적인 연계성이 중요하므로 전체적으로 총합이 이루어질 수 있도록 계획하여야 한다.
- (4) 터널방재 대책 수립 시 시설 관리자뿐만 아니라 소방서·경찰서·구조대 등 관계기관과의 유기적인 협력체계를 구축하고, 관계기관 사이의 충분한 조정과 정기적인 종합훈련을 의무화하며, 이에 대한 계획을 수립하여야 한다.

2.1.4 피난대피시설의 계획

- (1) 피난대피는 화재 및 기타 재해 등의 비상 시 생명을 보존하기 위하여 안전지역으로 이동하는 행위이며, 터널의 경우에는 기본적으로 도로 이용자가 현장 상황을 스스로 판단하여 대피 여부를 결정하여야 하는 경우가 많다는 점을 인식하여 피난유도설비 및 피난대피시설을 적절히 계획하여야 한다.
- (2) 피난대피환경은 화재의 종류, 화재성장속도 등에 따라 큰 차이가 있으므로 방재시설의 주된 목적인 피난대피환경을 확보하기 위해서는 일정시간 동안 대피가 가능한 환경을 유지할 필요가 있다. 이를 위하여 터널의 특성을 고려하여 제연설비를 계획하여야 한다.

- (3) 피난대피시설은 대피자가 쉽게 인지할 수 있어야 하며, 대피방향 등 혼란을 야기하지 않도록 명확하게 하여야 한다.
- (4) 피난대피시설로 피난연결통로 및 피난대피터널이 효과적이며, 이에 대한 시설계획은 대피인원의 산정 · 대피소요시간 · 화재확산시간 등을 면밀히 검토하여 설치한다.

2.1.5 방재시설 운영계획

- (1) 방재시설의 운영은 방재시설의 규모 및 종류에 따라 상시감시체제를 요구하는 시설과 그렇지 않은 시설로 구분하여 계획하여야 한다.
- (2) 제연설비의 경우에는 자동운전이 가능하나 관리자가 상황을 파악한 후에 수동운전을 하는 것을 기본으로 한다. 대피환경을 유지하기 위해서 필요로 하는 정보를 적절하게 수집하지 못하면, 설치목적에 따른 효과를 발휘하기가 어려울 뿐만 아니라 역효과가 발생할 가능성도 있다. 따라서 이와 같은 방재시설에 대한 계획 시 운영에 필요한 터널 내 환경정보를 얻기 위한 데이터 수집장치 및 감시장치를 고려하여 계획하여야 한다.
- (3) 물분무설비는 대피자가 완전히 대피한 후에 작동하는 것을 원칙으로 한다. 이와 같이 관리자가 대피환경을 확인한 후에 조작하여야 하는 방재시설이 설치되는 터널은 상시 관리체계의 구축을 계획하여야 한다.
- (4) 방재시설은 시설간의 연동관계나 관리체계 및 운영체계 등을 충분히 고려하는 동시에 각 방재시설의 기능한도에 유의하여 운영시설의 규모 및 효율적인 관리체계가 구축될 수 있도록 계획하여야 한다.

2.1.6 화재 시 대응계획

- (1) 터널화재 시 초기대응 대책이 인명의 보호 및 사후 피해 정도에 미치는 영향이 가장 크기 때문에 이 요령에서 화재 시 적정한 대응을 위해서 다음과 같은 기본사항을 제시한다.
- (2) 화재감지는 자동화재탐지설비에 의해서 수행되는 것을 기본으로 하지만, 초기감시능력의 강화를 위하여 소화전함문의 개방감지 · CCTV · 영상유고감지설비 및 주행속도감지기 등에 의해서도 이상 상황을 감지할 수 있도록 한다.

- (3) 자동화재탐지설비 등의 이상신호가 수신반에 수신되면 비상경보설비에 의해서 자동으로 경보를 발하고, 신호발신구역의 CCTV가 연동하여 집중감시가 될 수 있도록 구성한다.
- (4) 비상경보는 관리자가 상주하는 터널에서는 관리자에 의해서 확인할 수 있도록 하며, 원격관리를 수행하는 경우에는 해당 관리기관에 자동으로 통보될 수 있도록 한다.
- (5) 관리자는 터널 내 비상상황이 인지되면 터널진입차단설비나 입구정보표지판에 의해서 차량의 진입을 차단하고, 라디오재방송설비·비상방송설비·차로이용규제신호등의 통보수단을 이용하여 터널 내 이상 상황을 통보하며, 전원이 정상적으로 공급되고 있는 상황에서는 터널 내 조명을 모두 점등하여 최대한의 조도를 확보할 수 있도록 한다.
- (6) 관리자가 상주하는 터널의 경우에는 관리자가 제연설비를 화재 발생 시나리오에 의해서 수동조작하며, 관리자가 상주하지 않는 터널의 경우에는 제연운전모드에 의해서 우선적으로 자동운전 되도록 제어로직을 구성하고, 관리자에 의해서 후 조치하도록 한다.

2.2 방재시설의 분류

2.2.1 소화설비

도로터널 내 소화설비는 차량 화재 시 화재의 진압·소화를 위한 설비로서, 소화기·소화전·물분무설비가 있으며, 작동방식에 따라 수동식과 자동식 소화설비로 구분한다.

(1) 소화기구

- ① 소규모 화재의 초기소화를 목적으로 사람이 직접 조작하여 소화약제를 방출하는 기구이다.
- ② 사용대상이 터널 이용자라는 점을 고려하여 운반 및 취급이 용이하도록 선정하고, 접근성이 용이한 위치에 설치한다.

(2) 옥내소화전설비

- ① 화재에 대한 주체적인 소화설비이며, 호스 및 방수노즐을 이용하여 소화용수를 방출하는 소화설비로 터널 내 소화전은 호스연결식 옥내소화전을 말한다.

(3) 물분무설비

- ① 물분무설비는 물분무헤드에 의해서 입자상의 물을 방출하여 질식·냉각작용에 의하여 화재의 연소 및 확대를 억제하여 소화활동을 지원하고 구조물을 보호하기 위한 소화설비이다.
- ② 터널에서는 대피자가 있는 공간에 물분무를 방출하면 연기의 성층화를 교란하여 대피에 곤란을 초래할 수 있는 것으로 보고되고 있으므로 효용성·경제성·운영상의 적합성을 검토하여 설치 여부를 검토한다.

2.2.2 경보설비

경보설비는 화재나 사고 등의 긴급 상황을 도로 관리자 및 소방대 또는 경찰에게 전달하는 동시에 도로 이용자 등에게 사고의 발생을 통보하기 위한 설비이다. 사고 발생을 관리자에게 알려주는 비상경보설비(발신기), 긴급전화 및 자동화재탐지설비와 관리자가 상황을 접수 후에 이를 터널 이용자에게 알려주는 비상경보설비(비상경종), 비상방송설비, 정보표시판, 라디오재방송설비가 있다.

(1) 비상경보 설비

- ① 사고 당사자 또는 발견자가 수동 조작하여 사고를 통보하여 사고발생 위치를 인식할 수 있도록 하며, 터널 내에 경보를 발하여 터널 부근 및 터널 내의 도로 이용자에게 사고발생을 신속하게 통보하기 위한 설비로 발신기(누름 버튼)와 비상벨로 구성된다.

(2) 자동화재탐지설비

- ① 화재로부터 발생하는 열·연기·빛 등을 자동감지하여 화재 발생 위치를 수신반을 통하여 관리소나 통합관리센터의 관리자에게 알리기 위한 설비이다.

(3) 비상방송설비

- ① 화재 시에 차량에서 탈출한 터널 이용자 등에게 스피커를 통하여 비상상황을 전파하고, 대피안내 등 적절한 정보를 제공하기 위한 확성방송설비이다.

(4) 긴급전화

- ① 사고 당사자 또는 발견자가 사고발생을 도로 관리자 등에게 연락하기 위한 전용전화이다.

(5) CCTV(폐쇄회로감시설비)

- ① 터널 내 화재 발생 시 상황을 파악하고, 사고발생 유무를 감시하기 위한 설비이다.
- ② 대피시설과 터널에 일정 간격으로 설치하여 터널 전체를 사각지대 없이 감시할 수 있도록 설치하며, 화재차량의 규모나 위치를 확인하여 제연설비의 운전 및 대피를 유도하기 위한 설비이다.
- ③ 평상 시에는 터널 내의 교통흐름 감시에 활용할 수 있으며, 향후 터널 내의 교통 정보를 입수할 수 있는 설비로 활용할 수 있다.
- ④ 향후, 영상유고감지설비의 도입을 고려하여 제원 및 설치방법을 변경하여 계획할 수 있다.

(6) 라디오재방송설비

- ① 라디오재방송설비는 라디오 방송의 수신이 불가능한 터널 내에 누설동축케이블을 포설하여 방송파를 수신·증폭하여 터널 내부로 송신함으로써 터널 내에서 라디오 방송을 수신할 수 있도록 하기 위한 설비이다.
- ② 또한 긴급상황에서는 할입방송(노측방송)을 수행하여 긴급상황을 전파하기 위한 설비이다.

(7) 정보표지판

- ① 정보표지판은 터널 내 화재 등의 비상상황과 유지·관리·공사 등의 이상 상황을 터널 내·외의 차량운전자에 전달하기 위한 설비로 터널입구정보표지판과 터널 내 정보표시판 및 터널진입차단설비 등이 있다.

2.2.3 피난대피설비 및 시설

터널 내에서 화재 및 기타 사고에 직면한 도로 이용자 등을 안전지역으로 대피를 유도하기 위한 설비 및 안전한 공간 등을 말하며, 대피를 직접적으로 지원하는 대피시설과 간접적으로 지원하는 비상조명등·유도표지등으로 분류된다.

(1) 비상조명등

- ① 터널 상용전원의 사용 불능 시 안전확보를 위하여 비상발전설비나 무정전전원설비에 의해서 점등되는 최소한의 조명이다.

(2) 유도표지등

- ① 터널 이용자에게 터널 입·출구, 피난연결통로 등 방재설비의 거리와 방향 정보를 표시하여 터널 이용자를 안전지역으로 유도하기 위한 설비이다.

(3) 피난대피시설

- ① 피난대피시설은 대피자의 안전확보를 확실히 할 수 있다는 점에서 방재시설의 전반적인 신뢰성을 향상할 수 있는 가장 필수적인 수단이다.
- ② 피난대피시설은 피난연결통로, 피난대피터널, 피난대피소, 비상주차대가 있다.
- ③ 피난연결통로는 병렬터널을 연결하는 통로 또는 본선과 평행하게 건설된 피난대피터널을 연결하는 통로이다.
- ④ 피난대피터널은 본선 터널과는 별도로 설치하여 화재 시 대피자를 안전지역으로 유도하기 위한 터널로써, 일반적으로 건설에 막대한 비용을 필요로 하기 때문에 경제성을 검토하여 설치하도록 한다.

2.2.4 소화활동설비

소화활동설비는 화재를 진압하거나 인명구조 활동을 위해서 소방대나 관리자가 사용하는 설비이며, 제연설비 · 무선통신보조설비 · 연결송수관설비 · 비상콘센트설비가 있다.

(1) 제연설비

- ① 터널화재 발생 시 연기의 이동방향을 제어하거나 화재지역에서 연기를 배연하여 대피환경을 확보하고, 피난활동 및 소화활동을 용이하게 하고, 화재 진화 후에 터널 내의 연기를 터널 외부로 강제적으로 배출하기 위한 설비이다.
- ② 터널에 설치되는 제연설비는 화재 시 환기방식의 특성상 제연(制煙, smoke control)을 목적으로 하는 경우와 배연(排煙, smoke exhaust)을 목적으로 하는 경우로 구분된다. 전자는 종류식의 화재 시 대응개념으로 화재지점으로부터 대피자가 없는 지역으로 기류를 형성하여, 연기류의 방향을 대피 반대방향으로 제어함으로써 대피자의 안전을 확보할 수 있도록 하며, 후자는 횡류 또는 반횡류식의 화재 시 대응개념으로 덕트를 통해서 연기를 화재지역으로부터 배기하여 안전을 확보할 수 있도록 한다.
- ③ 기계환기를 수행하는 터널에서는 환기설비를 제연설비로 병용한다. 따라서 환기설비계획 시 제연을 위한 용량을 고려하여 계획한다.

(2) 무선통신보조설비

- ① 무선통신보조설비는 구조 및 소화활동 수행 시 소방대원 상호간의 통신을 하기 위한 설비로 일반적으로 누설동축케이블과 부수장비로 구성한다.
- ② 터널의 입 · 출구 부근에 설치하여 터널의 내 · 외부와 연락하기 위한 설비로 평상 시에는 유지 · 관리에 이용하며, 화재 발생 시 소방대가 이용할 수 있다.

(3) 연결송수관설비

- ① 소방대의 본격적인 소화작업 수행을 위한 소화용수의 공급을 목적으로 한다.
- ② 터널의 외부에서 화재장소 부근의 옥내소화전이나 소방차의 소방용수를 공급할 수 있도록 설치하는 설비로서, 배관 · 송수구 · 방수구 등으로 구성된다.

(4) 비상콘센트설비

- ① 화재장소에서 소화활동 및 인명구조장비 등에 비상전원을 공급할 수 있도록 설치하는 콘센트설비이다.

2.2.5 비상전원설비

비상전원설비는 터널 내 정전 상황에서 비상조명설비 등의 기능을 유지하거나 소화펌프와 같은 방재 설비에 필요한 전원을 공급하기 위한 설비이다.

(1) 무정전전원설비

- ① 정전 발생 시 전원공급이 재개되는 시간동안 무정전으로 비상조명등 등 방재시설의 기능을 유지하기 위한 비상전원설비이다.

(2) 비상발전설비

- ① 원동기에 의해서 발전기를 구동하여 발전하는 설비로 장시간 동안 방재시설의 기능을 유지하기 위하여 비상전원을 공급하는 것을 목적으로 한다.

2.3 방재시설 설치계획

2.3.1 터널등급 구분

- (1) 방재시설설치를 위한 터널등급은 터널연장을 기준으로 하는 연장기준등급과 교통량 등 터널의 제반 위험인자를 고려한 위험도지수기준등급으로 구분하며, 등급별 범위는 <표 2.1>과 같이 정한다.
- (2) 터널의 방재등급은 개통 후 · 최초 10년 · 향후 매 5년 단위로 실측교통량을 조사하여 재평가하며, 이에 따라 방재시설의 조정을 검토할 수 있다.

<표 2.1> 터널연장기준 방재등급의 범위

등급	터널연장(L) 기준등급	위험도지수(X) 기준등급
1	3,000m 이상 ($L \geq 3,000m$)	$X > 29$
2	1,000m 이상, 3,000m 미만 ($1,000 \leq L < 3,000m$)	$19 < X \leq 29$
3	500m 이상, 1,000m 미만 ($500 \leq L < 1,000m$)	$14 < X \leq 19$
4	연장 500m 미만 ($L < 500$)	$X \leq 14$

2.3.2 터널 위험도지수 산정기준

- (1) 터널 위험도지수는 주행거리계(터널연장×교통량), 터널 제원(종단경사, 터널높이, 곡선 반지름), 대형차 혼입률, 위험물의 수송에 대한 법적규제(대형차통과대수, 위험물수송 차량에 대한 감시시스템, 위험물수송차량에 대한 유도시스템), 정체정도(터널 내 합류 · 분류, 터널전방 교차로 · 신호등 · T.G), 통행방식(대면통행, 일방통행)을 잠재적인 위험인자로 하여 산정한다.
- (2) 각 위험인자별 위험도 산정 세부기준은 <표 2.2>와 같이 정하며, 산정방법은 다음과 같다.
 - ① 위험도지수기준등급은 일방통행의 경우, 터널 튜브별로 산정하여 상 · 하행 중 등급이 높은 것으로 터널등급을 정한다.
 - ② 주행거리계는 교통량과 터널연장을 곱한 값이며, 교통량은 목표 연도(터널 준공 후 20년 후)에 예상되는 연평균일교통량을 기준으로 하며, 튜브당 교통량을 적용한다. 단, 중방향계수는 고려하지 않는다.

- ③ 표고차는 입·출구 표고와 터널의 최저지점과의 높이차로 터널의 구간별 경사도와 연장을 곱하여 이의 총합으로 구한다. 단, V자형 경사터널의 경우에는 위험도지수를 2로 한다.
- ④ 진입부 경사도는 터널 전방 1,000m 구간에 대해서 거리가중평균으로 구한다.
- ⑤ 터널높이는 도상에서부터 터널 천장의 최대높이로 하며, 횡류환기방식을 적용하는 터널과 같이 터널 천장부에 배연을 위한 유로를 설치하는 경우에는 유로의 높이까지를 터널부 높이로 한다.
- ⑥ 대형차혼입률은 도로설계 시 적용하는 대형차혼입률을 적용한다.
- ⑦ 대형차 주행거리계 산정을 위한 대형차의 기준은 중형트럭·대형트럭·특수트럭을 말하며, 연평균 일교통량을 기준으로 하여 튜브당 대형차통과 대수를 산정하고, 여기에 터널연장을 곱하여 주행거리계로 구한다.
- ⑧ 위험물수송차량에 대한 감시시스템 및 유도시스템은 위험물 통과를 규제하거나 선도차량의 유도에 의해서 통과하는 시스템을 말한다.
- ⑨ 터널진출부의 교차로·신호등 여부는 터널진출부에서 1,000m 이내의 거리를 기준으로 한다.
- ⑩ 길어깨는 최소폭원이 2.0m 이상인 경우에 한하여 길어깨가 있는 것으로 한다.
- ⑪ 중분대는 폭원 1m 이상으로 이중가드레일 형식 이상의 안전성을 확보할 수 있는 경우에 한한다.

(3) 위험도지수기준등급은 연장기준등급에 대해서 다음과 같이 상향 또는 하향하여 적용한다.

- ① 위험도지수기준등급은 연장기준등급 대비 1단계를 상향 또는 하향할 수 있다.
- ② 연장기준등급 대비 위험도지수기준등급의 상향 및 하향은 500m 이상(연장기준 3등급 이상)의 터널에만 적용한다.
- ③ 연장기준등급이 2등급 이상인 터널 중 위험도지수기준등급이 3등급 이하로 평가되는 경우에는 정량적 위험도 평가를 실시하여 터널의 안전성이 확보가 되는 경우에 등급을 하향할 수 있다.

〈표 2.2〉 터널 위험도 평가기준

세부평가항목			범위	위험도지수
사고 확률	주행거리계 (교통량×연장) (대 · km/tube · day)		8,000 미만	1.5
			8,000 이상~16,000 미만	2.5
			16,000 이상~32,000 미만	5.0
			32,000 이상~64,000 미만	7.5
			64,000 이상	10.0
터널 특성	표고차 및 경사도	입출구 표고차(m)	10 미만	0.5
			10 이상~20 미만	1.0
			20 이상~30 미만	1.5
			30 이상	2.0
		진입부 경사도(%)	3.0 미만	0.5
			3.0 이상	1.0
	터널 높이(m)		7.5 이상	1.0
			5.0 이상~7.5 미만	2.0
			5.0 미만	3.0
	터널 곡선반지름(m)		1,800m 이상	0.5
			1,800m 미만	1.0
	대형 차량	위험물 수송 관련	대형차 혼입률 (%)	10 미만
10 이상~17.5 미만				1.0
17.5 이상~25 미만				1.5
25 이상				2.0
대형차 주행거리계 (대 · km / tube · day)			500 미만	0.5
			500 이상~1,000 미만	1
			1,000 이상~2,500 미만	2
			2,500 이상~5,000 미만	4
			5,000 이상	6
감시시스템			있음	0
			없음	1
유도시스템			있음	0
			없음	1

세부평가항목		범위		위험도지수
정제 정도	서비스 수준	LOS A~LOSC		1
		LOS D		2
		LOS E~LOS F		3
		대면통행		3
	터널 내 합류·분류	없음		0
		있음		2
	교차로·신호등·TG 등	없음		0
		있음		2
통행 방식	구분	시설		—
		길어깨	충분대	
	일방통행	○	—	1
		×	—	2
	대면통행	○	○	3
		×	○	4
		○	×	5
		×	×	6

2.3.3 방재등급별 설치계획

(1) 터널방재시설은 연장기준등급에 의해서 설치하는 시설과 위험도지수기준등급에 의해서 설치하는 시설로 구분하며, 방재시설의 설치기준은 <표 2.3>과 같이 정하며, 다음과 같이 설치한다.

- ① 소방관련법에 의한 설치대상 방재시설 및 피난연결통로(●로 표시)는 연장기준등급에 의해서 설치한다.
- ② 소방관련법에 의한 설치대상 시설이 아닌 방재시설(○로 표시)은 위험도지수기준등급에 의해서 설치한다.

(2) 각 방재시설의 터널 내 설치위치 및 설치간격은 <표 2.4>를 적용한다.

〈표 2.3〉 등급별 방재시설 설치기준

방재시설 \ 터널등급		1등급	2등급	3등급	4등급	비 고
소화 설비	소화기구	●	●	●	●	
	옥내소화전설비	●	●			
	물분무설비	○				
정보 설비	비상경보설비	●	●	●		
	자동화재탐지설비	●	●			
	비상방송설비	○	○	○		
	긴급전화	○	○	○		
	CCTV	○	○	△		
	영상유고감지설비	△	△	△		
	라디오재방송설비	○	○	○	△	△: 200m 이상 4등급터널
	정보표시판	○	○			
	진입차단설비	○	○			
피난 대피 설비 및 시설	비상조명등	●	●	●	△	△: 200m 이상 4등급터널
	유도표지등	○	○	○		
	피난 대피 시설	피난연결통로	●	●	●	
		피난대피터널(1)	○	△		
		피난대피소(1)	○	△		
		비상주차대	○	○		
소화 활동 설비	제연설비	○	○			
	무선통신보조설비	●	●	●	△(2)	
	연결송수관설비	●	●			
	비상콘센트설비	●	●	●		
비상전원 설비	무정전전원설비	●	●	●	△(3)	
	비상발전설비	●	●			

● 기본시설 : 연장기준등급에 의함

○ 기본시설 : 위험도지수기준등급에 의함

△ 권장시설 : 설치의 필요성 검토에 의함

(1) 피난연결통로의 설치가 불가능한 터널에 설치

(2) 4등급 터널의 경우, 라디오재방송설비가 설치되는 경우에 병용하여 설치함

(3) 4등급 터널은 방재시설이 설치되는 경우에 시설별로 설치함

〈표 2.4〉 방재시설 설치위치 및 설치간격

방재시설		설치위치와 설치방법	설치간격
소 화 설 비	수동식 소화기	일방통행터널 : 4차로 미만의 일방통행터널은 주행차로 우측 측벽, 4차로 이상의 터널은 양쪽 측벽에 설치 대면통행터널 : 양쪽 측벽에 교차하여 설치, 격납상자를 설치하여 내부에 2개 1조로 비치	50m 이내
	옥내소화전설비	4차로 미만의 일방통행터널은 주행차로 우측 측벽, 편도 2차로 미만의 대면통행터널은 한쪽 측벽, 4차로 이상 일방통행터널 및 편도 2차로 이상의 대면통행터널은 양쪽 측벽	50m 이내
	물분무설비	측벽설치(도로면 전체에 균일하게 방수되도록 한다)	방수구역 : 25m 이상, 3구역 동시 방수
경 보 설 비	비상경보설비	수동식 소화기 또는 옥내소화전함에 병설	50m 이내
	자동화재탐지설비	최적 성능을 확보할 수 있는 위치	환기방식별 필요인식 범위
	비상방송설비	터널 측벽과 피난대피시설(피난대피터널, 피난대피소, 비상주차대)에 설치	50m 이내
	긴급전화	터널 입구와 출구부, 터널 측벽과 피난대피시설(피난대피소, 피난대피터널, 비상주차대)에 설치	250m 이내
	CCTV	터널측벽설치(피난대피시설 및 터널 전 구간 감시가 가능하도록 설치함)	터널 내 : 200~400m간격 터널외부 : 500m 이내
	영상유고감지설비	터널 전 구간 감시가 가능하도록 설치간격을 정함	100m 간격
	라디오재방송설비	터널 전 구간에서 청취 가능하도록 설치	
	정 보 표 시 판	터널입구 정보표지판	터널 전방 500m 이내
		터널진입 차단설비	터널 전방 500m 이내
		차로이용 규제신호등	400~500m 간격

방재시설			설치위치와 설치방법	설치간격
피난 대피 설비 및 시설	비상조명등		야간점등회로를 병용하여 설치	
	유 도 표지등	A	대피시설 부근	
		B	대피시설이 설치된 측벽설치	약 50m 간격
	피난 대피 시설	피난 연결통로	병렬터널(차단문 설치)	250~300m 이내
		피난 대피터널	본선터널과 평행하게 설치하는 것을 원칙으로 함.	
		피난 대피소	본선터널의 측벽이나 하부에 안전공간을 확보하여 설치	250~300m 이내
		비상 주차대	주행차로 길어깨, 대면통행 터널은 양쪽 측벽	750m 이내
소화 활동 설비	제연설비		환기설비와 병용	
	무선통신보조 설비		라디오재방송설비와 병용	
	연결송수관설비		송수구 터널입출구부 방수구 옥내소화전설비와 병설	50m 이내
	비상콘센트설비		소화전함에 병설	50m 이내
비상 전원 설비	무정전전원설비		시설별 설치	시설별
	비상발전설비		별도로 구획된 실내에 설치	



3. 소화설비

3.1 수동식 소화기

3.1.1 일반사항

- (1) 소화기구는 화재 초기의 자기구조단계에 사용하는 수동식 소화기로 소화성능 및 적응성을 고려하여 적절한 종류를 선정하여야 한다.
- (2) 소화기는 터널화재 시 사용빈도가 가장 높으므로 일반터널 이용자가 사용하기에 적절한 위치, 크기, 무게, 탈착 가능한 구조로 설치되어야 한다.
- (3) ‘소화기’라 함은 고체·액체·기체 소화약제를 가압 또는 축압하여 방사하는 기구로서, 사람이 직접 조작하여 소화하는 기구이다.
- (4) 이 요령에 언급되지 않은 사항은 소화기구의 화재안전기준(NFSC 101) 및 도로터널화재안전기준(NFSC 603)에 준한다.

3.1.2 기기사항

- (1) 터널 내 소화기는 다음과 같은 조건을 고려하여 선정한다.
 - ① 터널 내 소화기는 소화기구의 화재안전기준에서 정한 분말소화기로 소화능력이 A급 3단위·B급 5단위 이상이고, C급 화재에 적응성이 있는 것으로 한다.
 - ② 격납, 운반, 소화 조작이 용이한 것으로 한다.
 - ③ 온도·습도의 변화에 의하여 소화약제가 변질되지 않고 장기간 보존되며, 유지·관리가 쉬운 것으로 한다.

(2) 소화기함

- ① 소화기함의 내·외함은 스테인리스 재질로 제작한다.
- ② 외함의 망입유리는 차량의 운행에 의한 파손될 우려가 있으므로 설치하지 않는다.
- ③ 외함의 개폐장치는 한 번의 동작으로 개폐가 가능하고, 손쉽게 파손되지 않는 구조로 한다. 누름손잡이형은 긴급상황에서 신속한 동작이 원활하지 않으므로 적용하지 않음을 원칙으로 한다.

3.1.3 설치기준

(1) 소화기구

- ① 소화기구는 50m 이상의 터널에 설치한다.
- ② 소화기구의 설치간격은 50m 이하로 하고, 주행차로의 측벽(우측 측벽)에 설치하는 것을 원칙으로 하나, 구조적인 특성 등 현장조건에 따라 변경할 수 있다.
- ③ 대면통행터널 및 4차로 이상의 일방통행터널은 양쪽 측벽에 지그재그로(교차) 설치한다.
- ④ 2개 1조로 소화기구함에 설치하며, 소화기구함은 ‘소화기’라고 조명식 표지판을 부착하여 사용자가 쉽게 인지할 수 있도록 한다.

(2) 소화기구함

- ① 소화기구함의 설치는 벽체에 매립하여 설치함을 표준으로 한다. 단, 기존 터널에 설치하는 경우에는 노출하여 설치할 수 있다.
- ② 비상경보설비 및 비상콘센트, 옥내소화전과 함께 설치되는 경우에는 일체형으로 설치한다.
- ③ 화재 사실의 통보, 분실방지 및 유지·관리를 목적으로 소화기함 문의 개방 시 또는 소화기 탈착 시 자동으로 이상신호가 통보되도록 설치할 것을 권장한다. 단, 500m 이하로 경보설비가 설치되지 않는 터널에서는 제외할 수 있다.
- ④ CCTV나 영상유고감지설비가 설치되는 터널에서는 이들 설비와 연동하여 경보발생구역에 대한 집중감시가 이루어지도록 한다.

3.2 옥내소화전설비

3.2.1 일반사항

- (1) 화재 발생 초기에 터널 이용자 및 터널 관리자에 의하여 신속하게 화재를 진압할 수 있도록 구조물 내에 설치하는 고정식 수동소화설비이다.
- (2) 소화용 수원, 가압송수장치, 배관, 옥내소화전함, 전원(상용전원, 비상전원), 방수구, 소방용 호스, 노즐 등으로 구성된다.
- (3) 이 요령에 언급되지 않은 사항은 옥내소화전의 화재안전기준(NFSC 102) 및 도로터널 화재안전기준(NFSC 603)에 준한다.

3.2.2 기기사양

- (1) 터널에 설치되는 옥내소화전설비의 사양은 다음과 같다.
 - ① 방수구는 구경 40mm의 단구형으로 한다.
 - ② 노즐선단의 방수압력은 0.35MPa 이상으로 하며, 방수량은 190ℓ /min 이상으로 한다.
 - ③ 비상전원은 가압송수장치를 40분 이상 작동할 수 있어야 한다.
 - ④ 옥내소화전의 수원은 소화전용으로 설치한다.

3.2.3 설치지침

(1) 옥내소화전의 배치

- ① 연장기준등급이 2등급 이상인 터널에 설치한다.
- ② 통행방식에 관계없이 터널 내 차로수가 3차로 이하 터널은 한쪽 측벽에 설치하되, 일방통행터널은 주행차로 우측 측벽에 설치하는 것을 원칙으로 한다. 단, 터널 구조상 우측 측벽 설치가 곤란한 경우에는 좌측 측벽에 설치할 수 있다.
- ③ 통행방식에 관계없이 터널 내 차로수가 4차로 이상인 터널은 양쪽 측벽에 지그재그로 설치함을 원칙으로 한다.
- ④ 설치간격은 50m 이내로 한다.
- ⑤ 방수구 · 소방호스 및 노즐은 소화전함에 비치하며, 소방호스의 총연장은 45m 이상으로 한다.

(2) 옥내소화전의 가압송수장치와 수원은 다음 조건을 만족하도록 산정한다.

- ① 동시사용 소화전의 개소는 2개소로 한다. 단, 4차로 이상의 터널은 3개소로 한다.
- ② 방수지속시간은 터널의 지역적인 특성상 소방차의 출동시간을 고려하여 산정하며, 최소 40분 이상으로 한다.

(3) 소화전함

- ① 소화전함은 스테인리스 강판으로 제작하며, 밸브의 조작 · 호스의 수납 등에 충분한 여유 공간을 확보할 수 있도록 제작한다. 소화전함에는 ‘소화전’이라는 표시를 하여 인지할 수 있도록 한다.
- ② 소화전함의 설치는 터널 라이닝 벽체에 매립하여 설치함을 표준으로 하며, 기존 터널에 설치하는 경우에는 노출하여 설치할 수 있다.
- ③ 수동식 소화기, 비상경보설비 및 비상콘센트와 함께 설치되는 경우에는 일체형으로 설치한다.
- ④ 소화전함문의 개폐 시 자동으로 경보를 발생할 수 있도록 하며, 수신반과 연동되도록 구성한다.
- ⑤ 또한, CCTV가 설치되는 터널에서는 CCTV와 연동하여 경보발생구역에 대한 집중감시가 이루어질 수 있도록 한다. 이 경우, CCTV는 수동으로 연동을 해제할 수 있도록 한다.

3.3 물분무설비

3.3.1 일반사항

- (1) 화재 시 직선류 또는 나선류의 물을 물분무헤드에 충돌 · 확산시켜 미립상태로 분무하여 화재를 진압함과 동시에 화재 시 발생하는 열에 의해서 터널시설이 손상되지 않도록 냉각 보호하고, 복사열을 차단하여 화재의 확산을 방지하는 적극적인 화재진압 수단이다.
- (2) ‘물분무헤드’라 함은 화재 시 직선류 또는 나선류의 물을 충돌 · 확산시켜 미립상태로 분무함으로써 소화하는 노즐을 말한다.
- (3) ‘급수배관’이라 함은 수원 및 옥외송수구로부터 물분무헤드에 급수하는 배관을 말한다.
- (4) ‘일체개방밸브’라 함은 화재 발생 시 자동 또는 수동식 기동장치에 의하여 열려지는 밸브를 말하며, 방수구역을 선택적으로 변경할 수 있는 밸브폐쇄 기능도 있어야 한다.
- (5) 본 설치지침에서 언급되지 않은 사항은 물분무설비의 화재안전기준(NFSC 104)에 준한다.

3.3.2 설치지침

- (1) 물분무설비는 위험도지수기준등급이 1등급 이상인 터널에 설치한다.
- (2) 물분무헤드는 도로면에 1m²당 6ℓ /min 이상의 수량을 균일하게 방수할 수 있도록 제원 및 설치간격을 선정한다.
- (3) 물분무설비의 작동은 관리자가 CCTV에 의해서 방수대상구역에 대피자가 없는 것을 확인하고 방수함을 원칙으로 한다.
- (4) 물분무설비의 방수구역은 25m 이상으로 하며, 3구역을 동시에 40분 이상 방수할 수 있도록 한다.
- (5) 물분무설비의 비상전원은 40분 이상 기능을 유지할 수 있도록 한다.



4. 경보설비

4.1 비상경보설비

4.1.1 일반사항

- (1) 비상경보설비는 화재 발생 시 화재장소 또는 중앙감시실에 경보를 발령하여 화재를 통보할 수 있는 설비로서, 비상벨 · 발신기 · 중계기 및 수신기 등으로 구성된다.
- (2) ‘비상벨설비’라 함은 터널 내의 화재 발생상황을 경종으로 경보하는 설비를 말한다.
- (3) ‘발신기’는 화재 발생신호를 수신기에 수동으로 발신하는 장치를 말한다.
- (4) ‘수신기’는 발신기에서 발하는 화재신호를 직접 수신하는 장치를 말한다.
- (5) 이 요령에 언급되지 않은 사항은 비상경보설비의 화재안전기준(NFSC 201) 및 도로터널화재안전기준(NFSC 603)을 준용한다.

4.1.2 기기사양

(1) 발신기

- ① 발신기는 일반적으로 지구경종 · 위치표시등과 일체형으로 하며, 패널형태의 단독형 또는 소화전함과 일체형으로 설치한다.
- ② 발신기의 위치를 표시하는 표시등은 부착면으로 부터 15° 이상의 범위 안에서 부착지점으로부터 10m 이내의 지점에서 식별이 가능하여야 한다.

(2) 음향장치

- ① 지구음향장치는 모터 구동형으로 하며, 음향장치의 음량은 음향장치의 중심으로부터 1m 떨어진 위치에서 90dB 이상이 되어야 한다.
- ② 음향장치는 정격전압의 80% 전압에서 음향을 발생할 수 있어야 한다.

(3) 수신기

- ① 발신기의 발신위치를 인식할 수 있는 것으로 한다.
- ② 발신기와 통화가 가능한 구조로 한다.
- ③ 수신기는 감지기, 중계기 또는 발신기가 작동하는 경계구역을 표시할 수 있는 기능을 갖도록 한다.

4.1.3 설치지침

(1) 공통사항

- ① 연장기준등급이 3등급 이상인 터널에 설치한다.
- ② 통행방식에 관계없이 터널 내 차로수가 3차로 이하의 터널은 한쪽 측벽에 설치하되, 일방통행터널은 주행차로 우측 측벽에 설치하는 것을 원칙으로 한다. 단, 터널 구조상 우측 측벽 설치가 곤란한 경우에는 좌측 측벽에 설치할 수 있다.
- ③ 통행방식에 관계없이 터널 내 차로수가 4차로 이상인 터널은 양쪽 측벽에 지그재그로 설치함을 원칙으로 한다.
- ④ 설치간격은 50m 이내로 한다.
- ⑤ 비상경보설비에는 감시상태를 60분간 지속한 후 유효하게 10분 이상 경보할 수 있도록 비상전원 설비를 갖추어야 한다.
- ⑥ 전원회로의 배선은 옥내소화전설비의 화재안전기준(NFSC 102)에 준하여 내화배선으로 한다.

(2) 발신기 및 음향장치

- ① 발신기는 소화기함이나 소화전함 상부에 수평으로 설치하며, 발신기 · 음향장치(경종) · 음향공(158mm Bell) · 위치표시등과 병설하여 설치한다.
- ② 발신기의 조작스위치는 점검로 바닥으로부터 0.8m 이상, 1.5m 이하의 높이에 설치한다.

(3) 수신기

- ① 수신기는 관리자가 화재경보를 인지하기에 용이한 장소에 설치하여야 한다.
- ② 긴급전화에 의해서 비상상황이나 화재상황이 통보되는 경우 관리자가 수동으로 비상벨을 경보할 수 있도록 한다.
- ③ 2개소 이상에서 수신기를 운영하는 경우에는 반드시 상호통신이 가능한 시설을 갖춘다.
- ④ 수신기를 옥외에 설치할 경우에는 온도 및 습도에 대한 보호대책을 강구하여야 한다.

4.2 자동화재탐지설비

4.2.1 일반사항

- (1) 화재 시 발생하는 열, 연기, 불꽃 또는 연소생성물을 화재 발생 초기에 자동적으로 감지하여 화재사실을 관리자에게 자동 통보하는 설비이다.
- (2) 화재 발생장소를 알리는 수신기, 열 또는 연기, 화염 등을 감지하기 위한 탐지기, 화재 신호를 발신하는 발신기, 중계기, 비상벨, 사이렌 등의 음향장치 등으로 구성한다.
- (3) 자동화재탐지설비의 수신기, 발신기, 음향장치 등은 '4.1 비상경보설비' 항목을 준용한다.
- (4) 이 설치지침에 언급되지 않은 사항은 자동화재탐지설비의 화재안전기준(NFSC 203) 및 도로터널화재안전기준(NFSC 603)을 준용한다.

4.2.2 기기사항

- (1) 자동화재탐지기는 감지하는 대상이나 작동원리에 따라서 많은 종류의 탐지기가 사용되고 있으나, 터널에 설치되는 탐지기는 화재안전기준(NFSC 203)에 제시되어 있는 자동화재탐지기 중 감지범위 및 감지능력은 다음 조건을 만족하여야 한다.
 - ① 자동화재탐지기 성능은 화재강도가 1.5MW의 화재 시 종방향의 풍속이 3m/s인 상황에서 화재 발생 후 1분 이내에 화재를 탐지할 수 있는 능력의 것을 표준으로 한다.
 - ② 자동화재탐지기의 경계구역은 자동화재탐지설비의 화재안전 기준(NFSC 203)에 준하나, 물분무설비가 설치되는 경우는 당해 소화설비의 방수구역과 동일하거나 짧아야 한다.
 - ③ 화재지점에 대한 인지능력은 환기방식에 따라서 고려한다. 즉, 종류환기방식에서는 화재부근의 제트팬의 가동은 연기의 성층화를 교란하여 대피에 악영향을 주게 되므로 제트팬의 가동에 필요한 범위 내에서 화재지점을 인지할 수 있는 능력을 갖추어야 한다.
 - ④ 또한 횡류환기방식을 적용하는 터널에서 배연을 위한 구역을 구분하는 경우에는 구역제어를 위해서 필요한 범위에서 화재지점을 인지할 수 있도록 한다.
 - ⑤ 대배기구방식을 적용하는 경우에는 화재지점의 원격제어 댐퍼의 개폐 조작을 위해서 댐퍼의 설치 간격 이내로 화재지점을 인지할 수 있는 감지능력이 있어야 한다.
 - ⑥ 자동화재탐지설비는 자동차의 배기가스에 의한 열기류 및 입출구부의 태양광에 의한 온도상승에 따라 영향을 받지 않아야 한다.

4.2.3 설치지침

(1) 자동화재탐지설비의 설치대상 터널 및 설치는 다음과 같다.

- ① 연장기준등급이 2등급 이상의 터널에 설치함을 원칙으로 한다.
- ② 터널 내 자동화재탐지기는 화재 발생을 가장 신속하게 감지할 수 있는 위치에 설치한다.
- ③ 터널 위험도 및 터널폐쇄로 인한 경제적인 손실 등을 고려하여 2,000m 이상의 터널에서는 사전경보 및 관리자의 상황 판단을 위해서 가시도측정장치와 병용하거나 CCTV 및 영상유고감지설비를 화재감시시스템으로 병용하는 것을 권장한다.
- ④ 자동화재탐지설비가 작동하면 CCTV와 연동하여 CCTV에 의해서 화재구역에 대한 감시가 자동적으로 이루어질 수 있도록 한다.

(2) 연장기준등급이 3등급인 터널이 위험도지수기준등급에 의해서 제연설비가 설치되는 경우에는 자동화재탐지설비를 CCTV나 영상유고감지기로 대체할 수 있다.

(3) 연장기준등급이 2등급이지만 위험도지수기준등급이 3등급인 터널은 소방관련법 규정에 의해서 자동화재탐지설비의 설치가 의무적이거나, 이 경우 관할소방서와 협의하여 CCTV 또는 영상유고감지설비로 자동화재탐지설비를 대체할 수 있다.

4.3 비상방송설비

4.3.1 일반사항

- (1) 관리사무소에서 터널 내 사고 발생 시 터널에 설치된 스피커를 통하여 터널 내부에 비상방송을 할 수 있도록 한다.
- (2) 화재 시 화재수신기와 연동하여 자동으로 비상방송이 가능하도록 하여야 한다.
- (3) 비상방송설비는 60분 이상 기능을 유지할 수 있는 무정전전원을 공급한다.
- (4) 이 요령에서 언급하지 않은 사항은 비상방송설비에 대한 화재안전기준(NFSC 202)에 준한다.

4.3.2 기기사양

- (1) 비상방송설비는 Power Amp, Tunner, CD Player, Tape Recorder, Emergency 유니트, Matrix Logic 유니트 등으로 구성한다.
- (2) 비상방송설비와 라디오재방송설비는 상호 연동하여 비상 시 터널 내 라디오방송 채널에서도 비상방송이 동시에 송출되도록 구성한다.

4.3.3 설치지침

- (1) 위험도지수기준등급이 3등급 이상으로 제연설비나 피난대피시설이 설치되는 터널에 설치함을 원칙으로 한다.
- (2) 스피커는 주행차로 측벽 상부에 설치하며, 터널 내 소음을 80~90dB 정도로 고려하여 터널 전체에서 비상방송을 청취할 수 있도록 설치한다.
- (3) 스피커에서 방송되는 내용은 운전자가 차량의 창문을 열고 저속으로 주행할 경우에 방송내용을 알아들을 수 있도록 한다.
- (4) 피난대피시설(비상주차대, 피난대피터널, 피난대피소)에는 비상방송설비를 설치한다.
- (5) 스피커는 습도 및 먼지 등의 영향이 많은 터널 특성을 고려하여 방수용 옥외설치형을 기본으로 한다.
- (6) 터널에서의 비상방송은 스피커 상호간의 간섭 및 공명현상으로 인해서 음성의 명료도가 저하하는데, 음성의 명료도를 높이기 위해서 2웨이 이상 스피커의 사용을 표준으로 한다.
- (7) 마이크를 통해서 직접 방송하거나, 녹음된 내용을 방송할 수 있도록 한다.
- (8) 스피커는 구역별로 작동할 수 있도록 한다.

4.4 긴급전화

4.4.1 일반사항

- (1) 긴급전화는 터널 내부에 설치되는 긴급전화기 및 관리실에 설치되는 긴급전화 주장치와 접수대로 구성된다.
- (2) ‘긴급전화’라 함은 이용자가 별도의 다이얼 조작 없이 관리자와 직접 통화가 가능한 전화를 말한다.
- (3) ‘긴급전화 주장치’란 현장의 긴급전화기와 접수대를 연결하여 통신할 수 있도록 하는 장치를 말한다.
- (4) ‘접수대’라 함은 터널 내부의 긴급전화기로부터 송신되는 신호를 수신하여 긴급전화 이용자와 통화를 하며, 해당 위치를 파악할 수 있는 장비를 말한다.
- (5) 긴급전화는 비상 시 60분 이상 기능을 유지할 수 있는 무정전전원을 공급한다.

4.4.2 기기사양

(1) 긴급전화기

- ① 긴급전화기는 송수화기와 긴급전화 표시등이 있는 구조로 한다.
- ② 송수화기를 들면 전화 연결음이 들려야 하며 송수화기로 접수자의 음성을 확인할 수 있어야 하고 접수대에서는 송신 중인 긴급전화기의 위치를 파악할 수 있어야 한다.
- ③ 일정시간 동안 관리자가 응답하지 않는 경우에는 또 다른 관리체계에 자동으로 연결될 수 있도록 한다.

(2) 긴급전화 주장치

- ① 함체의 전면에는 도어를 장착하여 내부의 장비를 보호할 수 있도록 한다.
- ② 주장치는 전원공급장치, 통신모듈을 포함하며, 긴급전화의 위치를 파악할 수 있는 기능이 있어야 한다.

(3) 접수대

- ① 접수대에는 호출응답에 따른 긴급전화기의 위치를 표시하는 기능이 있어야 한다.

- ② 비상 시 관리자가 송수화기로 통화할 경우, 통화 내용이 자동으로 녹음되도록 하며, 주장치에는 통화기록(위치명, 시작 및 종료시간, 통화시간 등)을 기록 및 저장할 수 있어야 한다.
- ③ 주장치에는 긴급전화기의 고장 여부를 알 수 있도록 자가진단 기능이 있어야 한다.

4.4.3 설치지침

- (1) 위험도지수기준등급이 3등급 이상의 터널에 설치한다.
- (2) 긴급전화의 설치는 피난대피시설(피난대피소, 비상주차대, 피난대피터널) 및 주행차로 측벽(우측 측벽)에 250m 이내의 간격으로 설치함을 원칙으로 한다.
- (3) 긴급전화는 바닥으로부터 1.0~1.5m 이하의 높이에 설치한다.
- (4) 터널 측벽에 매립·설치하거나 방음을 위하여 문이 달린 부스를 설치하여 소음을 차단할 수 있는 구조로 하는 것을 권장한다.
- (5) 긴급전화의 설치위치를 분명하게 할 수 있도록 내조식 조명의 표지판에 ‘긴급전화’라고 표시하여 먼 곳에서도 식별이 가능하도록 한다.

4.5 CCTV (감시용텔레비전설비)

4.5.1 일반사항

- (1) CCTV는 터널에 설치되는 카메라, 관리실에 설치되는 모니터 및 녹화장치로 구성된다.
- (2) ‘CCTV’라 함은 카메라 및 모니터를 통하여 터널 입출구 및 터널 내부의 상황을 감시하고, 동시에 녹화할 수 있는 설비를 말한다.
- (3) 터널 내의 교통상황을 실시간으로 감시할 수 있도록 구성되어야 하며, 필요 시 특정 부분만을 확대하여 감시할 수 있는 기능을 보유할 수 있다.
- (4) 관리사무소에서 CCTV 시스템에 대한 원격제어가 가능하여야 한다.
- (5) CCTV는 비상상황 시 최소 1시간 이상 기능을 유지할 수 있도록 무정전전원설비에 의하여 비상전원을 공급한다.

4.5.2 기기사양

(1) 카메라

- ① 터널 내부에 설치하는 카메라는 터널과 같은 저조도 환경에서 영상의 끊김이나 번짐현상을 최소화 할 수 있는 기종을 적용한다.
- ② 카메라 하우징은 옥외설치용 카메라 하우징을 사용함을 표준으로 하며, 특히 터널내부의 경우, 각종 분진 및 차량매연으로부터 카메라를 보호할 수 있는 하우징을 사용한다.

(2) 모니터

- ① 20인치 이상의 모니터를 표준으로 한다.

(3) 녹화장치

- ① CCTV 영상을 저장하는 디지털방식인 DVR, NVR 또는 동등 이상의 방식으로 녹화가 가능하도록 한다.

4.5.3 설치지침

(1) 카메라

- ① 위험도지수기준등급이 2등급 이상의 터널에 설치하는 것을 원칙으로 하며, 제연설비가 설치되는 터널에는 화재상황 감시를 위해서 설치함을 원칙으로 한다.
- ② CCTV는 터널 입·출구 및 터널 내 가시거리의 확보가 용이한 장소에 설치한다.
- ③ 터널 내 설치간격은 200~400m를 표준으로 하며, 터널의 선형 및 종단경사, 식별 가능한 화상의 크기, 렌즈의 초점거리를 고려하여 결정하여야 한다.
단, CCTV를 영상유고감지설비의 카메라로 활용하거나 향후, 영상유고감지설비의 설치를 계획하는 경우에는 영상유고감지기 설치기준에 준하여 설치할 수 있다.
- ④ 터널 외부는 터널 입·출구의 교통흐름을 잘 파악할 수 있도록 터널 입·출구부 500m 이내의 지점에 설치함을 원칙으로 한다.
- ⑤ 감시용 CCTV 설비는 터널에서 발생하는 모든 비상신호(자동화재탐지설비, 비상경보, 소화기, 소화전)와 연동하여 비상신호 발신구역의 카메라 및 모니터가 자동으로 활성화되어 집중감시가 이루어지도록 한다.
- ⑥ 터널 내 카메라의 설치높이는 3.5m 이상으로 설치하며, 조명 및 역광의 영향과 대형차량에 의한 시야 저해가 최소화될 수 있도록 한다.

- ⑦ 터널 외부카메라는 터널 입출구부의 상·하행 차로의 교통흐름을 동시에 파악할 수 있는 높이에 설치하도록 한다.
- ⑧ 터널내 CCTV 카메라는 시공성, 유지보수성 등을 감안하여 주행차로 측벽에 설치한다.

(2) 영상전송 및 저장

- ① 현장의 카메라와 터널에 설치되는 CCTV 제어장치간의 선명한 화상전송이 이루어 질수 있도록 한다.
- ② 영상은 각종 정보를 제공할 수 있도록 6시간 이상의 영상저장을 원칙으로 하며, 최근상황을 연속적으로 갱신할 수 있도록 한다. 단, 화재상황에서는 화재원인 및 대처상황 등의 기록을 위해서 자동갱신기능이 자동으로 해제될 수 있도록 한다.

4.6 라디오재방송설비

4.6.1 일반사항

- (1) 터널 내 재난 발생 시 긴급방송(라디오) 및 공중파방송의 중계를 위한 설비로 긴급 라디오방송 기능을 포함한 라디오(공중파방송) 중계장치 및 누설동축 케이블과 부대설비로 구성한다.
- (2) 소방법에서 요구하는 무선통신보조설비와 겸용하여 설치하며, 이 경우에 소방무선통신에 영향을 주지 않도록 설치하여야 한다.
- (3) ‘라디오 중계장치’라 함은 AM/FM 공중파방송을 수신하여 터널 내 설치된 누설동축케이블 등을 통하여 재송신하여 터널 내에서 공중파 방송의 청취가 가능하도록 함은 물론 터널 내 재난 발생 시 공중파방송 주파수로 긴급 라디오방송을 하여 신속하게 대처할 수 있도록 유도하는 장치를 말한다.
- (4) ‘누설동축케이블’이라 함은 동축케이블의 외부도체에 가느다란 홈을 만들어서 전파가 외부로 누설될 수 있도록 한 케이블을 말한다.
- (5) ‘분배기’라 함은 신호 전송로가 분기되는 개소에 설치하는 것으로 신호 균등분배를 위하여 사용하는 장치를 말한다.
- (6) ‘증폭기’라 함은 신호전송 시 신호가 약해져서 수신이 불가능해지는 것을 방지하기 위해서 증폭하는 장치를 말한다.

- (7) ‘소방합성기’라 함은 무선기기접속 단자함을 상호간섭 없이 임피던스 정합하여 누설동축 케이블에 FM방송신호를 접속할 수 있도록 하는 장치를 말한다.

4.6.2 기기사양

(1) 라디오 중계장치

- ① 터널이 위치한 지역에서 수신이 가능한 AM/FM 공중파 주파수를 터널 내에 중계할 수 있도록 한다.
- ② 재난 발생 시 중계 가능한 모든 주파수로 긴급 라디오방송을 할 수 있어야 한다.
- ③ 비상방송설비와 라디오재방송설비는 상호 연동하여 긴급 할입방송(노측방송) 시 터널 내 스피커를 통하여 비상방송이 가능하도록 구성한다.
- ④ 무인 운영이 가능하여야 한다.

(2) 누설동축케이블

- ① 누설동축케이블은 불연 또는 난연성의 것으로서 무선통신보조설비와 겸용하여 사용한다.
- ② 누설동축케이블 또는 동축케이블의 임피던스는 50Ω 으로 하고, 이에 접속하는 공중선, 분배기 등의 장치는 당해 임피던스에 적합한 것으로 하여야 한다.
- ③ 누설동축케이블은 소방전용 무선통신보조설비 주파수 대역을 수용할 수 있어야 한다.

(3) 분배기, 분파기, 혼합기

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

(4) 증폭기

- ① 비상 시 무선통신보조설비는 60분 이상 작동할 수 있도록 무정전전원을 공급한다.
- ② 증폭기의 전면에는 주회로의 전원이 정상인지의 여부를 표시할 수 있는 표시등을 설치한다.

4.6.3 설치지침

(1) 공통사항

- ① 라디오재방송설비는 위험도지수기준등급이 3등급 이상의 터널에 설치함을 원칙으로 하며, 터널 이 용자에 대한 운전자 서비스 측면에서 200m 이상의 4등급 터널에 설치를 권장한다.
- ② 200m 미만 터널의 경우에는 지역적 특성과 교통량 등을 감안하여 라디오 중계장치의 설치 여부를 검토할 수 있다.

(2) 라디오 중계장치

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

(3) 누설동축케이블

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

(4) 분배기, 분파기

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

4.7 정보표지판

4.7.1 일반사항

- (1) 정보표지판은 비상 시 뿐만 아니라 유지관리, 보수공사 등 안전운행을 확보하기 위하여 각종 정보를 운전자에게 전달하는 수단으로 터널입구정보표지판과 차로이용규제 신호등이 있다.
- (2) 정보표지판은 터널입구정보표지판(VMS), 차로이용규제신호등(LCS), 제어장치 및 전원 공급장치로 구성되며, 차량의 운전자들에게 사고나 유지·관리 등의 요인으로 차로가 통제될 경우, 통제차로를 인식시켜 주며, 기타 외부 요인에 의한 사고 정보를 제공하여 운전자들이 적절한 행동으로 각종 상황에 대처하여 사고를 미리 예방할 수 있도록 하는 설비이다.
- (3) 정보표지판은 시인성이 우수하고 정보 갱신이 용이한 전광식을 원칙으로 한다.
- (4) ‘터널입구정보표지판’라 함은 터널 내부의 교통상황을 가시적인 문자 또는 그래픽 형태로 표시하는 장치를 말한다.

- (5) 터널입구정보표지판은 제한속도, 추월금지, 차로운영 상황, 라디오 채널정보 등 일반적인 사고예방을 위한 정보와 사고발생 시 사고 상황을 알리고 진입금지를 지시하는 등 각종 지시사항을 표시할 수 있도록 한다.
- (6) ‘차로이용규제신호등’이라 함은 터널 내부의 사고 또는 작업 시 차량의 진입 통제 및 운행가능 차로를 표시하는 장치를 말한다.
- (7) ‘제어장치’라 함은 위 전광판에 정보를 표출하는 신호를 보내거나 제어하는 장치를 말한다.

4.7.2 기기사양

(1) 터널입구정보표지판

- ① 전광표지판은 옥외용 고휘도 LED Dot Matrix Module로 LED 소자는 직사광선 하에서도 선명한 화면이 표출될 수 있어야 한다.
- ② 크기는 가로 10×세로 2Module 이상을 표준으로 한다.
- ③ Module의 크기는 600×600mm 이상으로 제작하며, 16×16Dot 이상의 Matrix로 구성함을 표준으로 한다.

(2) 차로이용규제신호등 (LCS : Lane-Use Control Signal)

- ① LCS 표시판은 옥외용 고휘도 LED Dot Matrix Module로 설치하며, 가로 1×세로 1Module 이상을 표준으로 한다.
- ② Module의 크기는 600×600mm 이상으로 제작하며, 16×16 Dot 이상의 Matrix로 구성함을 표준으로 한다.

(3) 제어장치

- ① 제어장치는 중앙장치(컴퓨터), 통신장치 및 제어로 구성된다.
- ② 중앙장치(컴퓨터)는 VMS/LCS 시스템의 스케줄, 홍보 및 안내문안의 계획·편집, 휘도 조절, 통신장치 및 제어의 기능감시, 전광판의 표출내용 감시기능 등을 갖추어야 한다.
- ③ 제어기는 중앙장치의 명령에 따라 각종 메시지 및 그래픽 등을 전광판에 표현하고, 자체진단 결과를 중앙장치로 송출하는 기능을 갖추도록 한다.

4.7.3 설치지침

(1) 터널입구 (VMS : Variable Message Sign)

- ① 위험도지수기준등급이 2등급 이상인 터널에 설치한다.
- ② 터널안내 전광판은 터널입구 전방 500m 정도에 설치함을 표준으로 한다. 단, 시야가 확보되지 않는 곳에서는 설치위치를 변경할 수 있으며, 회차로가 있는 경우에는 정차한 차량이 회차로를 이용할 수 있는 위치에 설치한다.
- ③ 연속터널의 경우에는 전방 터널에만 설치할 수 있다.
- ④ 터널에서 화재가 발생하는 경우, 미리 준비된 메시지를 수동 또는 자동으로 표출할 수 있도록 한다.

(2) 차로이용규제신호등 (LCS : Lane-use Control Sign)

- ① 위험도지수기준등급이 2등급 이상인 터널에 설치한다.
- ② 차로이용규제신호등은 터널입구와 터널입구 사이 및 터널 내부에 설치한다.
- ③ 터널 내부에는 400~500m 간격으로 설치한다. (단, 곡선터널일 경우에는 시야확보 범위 이내로 간격을 축소하여 설치한다.)

(3) 제어기

- ① 제어기는 보호함에 설치하여야 하며, 보호함은 전광판 설치위치 근처에 설치한다.
- ② 보호함의 전·후면에는 문 및 시건장치를 설치하고, 방우·내진동형의 구조를 갖추어야 한다.
- ③ 보호함은 내부의 온도와 습도를 유지하고 먼지의 유입을 막을 수 있도록 제작한다.
- ④ 보호함의 내부에는 야간작업 및 유지보수를 위한 AC 전원 콘센트(2구)를 설치한다.
- ⑤ 보호함의 외부 모서리는 낙뢰방지를 위하여 둥근형으로 하고, 접지봉 또는 접지판을 매설하여 외함을 직접 제3종 접지한다.

(4) 운영

- ① 터널입구 및 터널 내 정보표지판은 실시간으로 정보를 입력할 수 있도록 원격관리시스템의 도입을 원칙으로 한다.
- ② 원격감시시스템을 통하여 가변적 메시지를 관리자가 입력하여 표출하거나 사전에 준비된 표준 메시지를 선택하여 표출이 가능하도록 한다. 또한 실시간으로 전광판에 표출되는 메시지를 감시할 수 있도록 한다.
- ③ 제어기는 중앙제어장치의 명령에 따라 정형화된 경보 메시지 중 교통량 감지시스템 및 수동발신기에서 감지된 신호를 이용하여 자동으로 ‘차량정체’ 또는 ‘소통원활’ 등을 표시할 수 있으며, 이상신호 발생 시 관리자가 터널 상황을 확인하여 수동으로 ‘화재 발생’ 또는 ‘차량 사고’ 등의 경보 메시지를 표시할 수 있어야 한다.

4.8 터널진입차단설비

4.8.1 일반사항

- (1) 터널진입차단설비는 터널 내 화재 시 터널로 진입하는 차량을 차단하여 2차 사고를 방지할 목적으로 시설한다.
- (2) 진입차단설비는 사고 상황을 전파하고 효율적으로 차량의 진입을 차단하기 위한 스크린과 제어장치로 구성된다.

4.8.2 기기사양

- (1) 스크린은 ‘터널사고 진입금지’ 등의 사고를 알리고 진입을 금지하기 위한 문구를 명확하게 식별할 수 있도록 제작한다.
- (2) 스크린의 폭은 약 3.2m 정도로 하며, 스크린이 펼쳐졌을 때 최하부 높이는 도상위 2.2m로 한다.

4.8.3 설치지침

- (1) 위험도지수기준등급이 2등급 이상의 터널 전방 100~500m 지점에 설치한다.
- (2) 터널진입차단설비는 터널입구나 차로이용규제신호등과 터널입구 사이에 설치하는 것을 원칙으로 한다.
- (3) 차로이용규제신호등이나 정보표지판 등의 시설물과 혼합형으로 설치할 수 있다.
- (4) 터널진입차단설비는 터널입구정보표시판 시설 및 차로이용규제신호등과 연계하여 순차적으로 작동하도록 한다.
- (5) 오동작 등에 의한 사고 우려가 있으므로 스크린이 작동하는 경우에는 관리자가 작동을 인지할 수 있도록 경보음을 발하게 한다.

4.9 영상유고감지설비

4.9.1 일반사항

- (1) 영상유고감지설비는 도로터널에서 카메라가 실시간으로 제공하는 영상을 분석하여 터널 내 유고상황을 자동으로 구분하고 이를 운영자에게 경보하는 장치를 말한다.
- (2) 영상유고감지설비는 터널내 설치되는 카메라, 운영소프트웨어, 영상처리기와 유고감지 분석서버 컴퓨터로 구성된다.
- (3) 터널에 설치되는 CCTV와 연동이 가능하며 터널의 교통 상황을 실시간으로 감시한다.
- (4) 터널 내 유고상황을 감지하기 위한 경보설비의 일환으로 위험도지수기준등급이 2등급 이상인 터널에 설치를 권장한다.
- (5) 향후, 터널통합관리시스템과 연동하여 유고상황에 대한 정보를 제공할 수 있어야 한다.
- (6) 영상유고감지설비는 비상 시 1시간 이상 성능을 유지할 수 있도록 무정전전원을 공급한다.

4.9.2 기기사양

(1) 카메라

- ① CCTV(감시용텔레비전)설비에서 제시하고 있는 기기사양을 준용하되, 영상의 끊김 현상을 방지하기 위하여 최소 30 프레임/초 이상의 성능을 확보하여야 한다.
- ② 터널 내 저조도 환경에서 차량의 불빛에 의한 번짐현상을 최소화할 수 있는 기종을 적용하여 오경보를 최소화할 수 있도록 한다.

(2) 영상유고감지 운영 소프트웨어

- ① 터널에서 발생할 수 있는 유고상황(화재연기감지, 보행자, 낙하물, 사고 또는 정지차량, 역주행 차량 등)을 실시간으로 감지하여 터널 운영자에게 실시간으로 통보함과 동시에 그 영상을 저장할 수 있어야 한다.
- ② 터널 내 환경변화에 따른 운영상 설정값을 임의로 변경 가능하도록 하여 오작동에 의한 오경보가 발생하지 않도록 한다.
- ③ 터널의 환경변화에 따른 오작동 발생을 차단하기 위하여 운영자가 원격지에서 영상유고감지기의 성능시험을 할 수 있도록 한다.

(3) 유고감지분석서버 컴퓨터

- ① 국내 서버급의 컴퓨터를 준용하며, 유고상황 발생 시 영상을 자동저장 할 수 있도록 한다.

(4) 영상유고감지설비 선정 시 <표 4.1> 평가항목 및 가중치를 참고하여 선정하도록 한다.

<표 4.1> 평가항목 및 가중치

평 가 항 목		가중치	비고
감지능력	보행자, 낙하물, 정지차량, 역주행, 화재감지	0.2	
	정확성 및 신속성	0.1	
감지범위	감지범위 최소 100m 이상	0.1	
경제성	초기투자비	0.2	시공 시 초기 설치비용
	유지관리비	0.2	소프트웨어 라이선스 연장 및 업그레이드 등을 포함
유지 보수성	카메라 점검 주기	0.05	
	운영자의 편의성	0.1	
국산화	HW/SW 국산화율	0.05	

4.9.3 설치지침

(1) 카메라

- ① 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 필요 시 카메라를 추가로 설치할 수 있다.
- ② 터널 내 카메라의 설치 는 영상감지만을 목적으로 하는 경우에는 터널의 중앙부분이 최적의 위치이나 시공성 및 유지보수성을 감안하여 주행차로의 측벽에 설치할 수 있다.
- ③ 터널 측벽에 카메라를 설치할 경우 설치 높이는 3.5~4m 내외에 설치하며, 역광 방지 및 대형차량에 의한 영상감지영역의 저해 요인을 최소화하도록 한다.
- ④ 대형차량에 의한 흔들림 및 차량의 그림자, 인접차로 침범, 카메라 렌즈의 이물질 부착, 주야간의 조도 변경 및 외부환경 변화(우천, 안개) 등에 의한 감지성능 저하를 최소화할 수 있도록 설치한다.

(2) 유고감지운영 소프트웨어 및 분석서버 컴퓨터

- ① 영상유고감지설비는 최적의 성능을 확보하기 위해서 시운전 시 터널의 조도 등 내부 환경에 적응하기 위한 반복적인 교정(calibration)과 세부 조정(tuning)을 수행하여야 한다.
- ② 터널 내 유고상황 발생 시 경보 발생과 동시에 통제실의 현장 화면이 주 모니터에 표출되어야 하며, 발생한 유고상황은 운영자가 데이터베이스화하여 비상상황에 대한 검토가 용이하도록 별도의 로그파일과 사고영상이 저장되어야 한다.



5. 피난대피설비 및 시설

5.1 비상조명등

5.1.1 일반사항

- (1) 터널은 사고나 화재로 인해서 정전이 되면 이차적인 사고를 유발할 위험성이 크며, 신속한 대피에 가장 크게 영향을 미치게 된다. 따라서 비상조명등은 정전 시 2차적인 사고를 방지하고 안전하고 원활한 피난대피활동을 할 수 있도록 조도를 확보하기 위한 설비이다.
- (2) ‘비상조명등’이라 함은 야간점등회로를 이용하여 정전 시에도 안전하고 원활한 대피활동을 할 수 있도록 본선터널 및 대피시설 등에 설치하여 자동 점등되는 조명등을 말한다.
- (3) 이 설치지침에 언급되지 않은 사항은 비상조명등의 화재안전기준(NFSC 304)에 준한다.

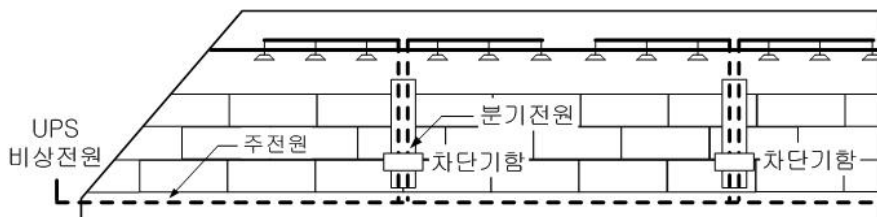
5.1.2 기기사양

- (1) 무정전전원설비에 의하여 전원이 공급되는 비상조명은 차도 및 보도의 바닥면의 기준 최저 10lx 이상의 조도를 확보하여야 하며, 전원공급은 내화전선을 사용한다.
- (2) 비상발전기에 의하여 점등되는 조명의 조도는 기본부 조명의 최저 1/2 이상을 확보하여야 하며, 전원공급은 난연전선 또는 동급 이상을 사용한다.

5.1.3 설치지침

- (1) 연장 500m 이상의 터널에 설치하며, 연장 200m 이상의 위험도기준등급 4등급 터널은 필요 시 설치할 수 있다.

- (2) 예비전원을 내장하는 비상조명등을 설치하는 경우에는 평상 시 점등 여부를 확인할 수 있는 점검 스위치를 설치하고, 해당 조명등을 60분 이상 유효하게 작동시킬 수 있는 용량의 축전지와 예비전원 충전장치를 내장하여야 한다.
- (3) 예비전원을 내장하지 않는 비상조명등을 설치하는 경우에는 옥내소화전설비의 화재안전기준(NFSC 102)에 준하여 비상전원을 설치하여야 한다.
- (4) 무정전전원설비에 의한 비상조명등의 전원공급선로는 공동구 및 벽체매입 배관방식으로 시설하고 피난연결통로의 설치간격을 2개의 구역으로 나누어(구역당 길이 ; 약 125~150m) 구역별 분기차단기를 설치하여, 화재 등 사고로 인하여 천장부 전원공급선이 단락, 지락되는 경우에 해당구역의 차단기만 차단되어 사고구역 이외의 선로는 정상적으로 전원이 공급될 수 있도록 <그림 5.1>과 같이 전원공급선로를 구성한다.



〈그림 5.1〉 비상조명등 설치 개념도

5.2 유도표지등

5.2.1 일반사항

- (1) 유도표지등은 대피자를 대피시설이나 안전지역으로 유도하기 위하여 대피시설이나 출구까지의 거리와 방향, 위치 등의 정보를 제공하기 위한 내조식 표지판을 말한다.
- (2) ‘유도표지등A’는 피난대피시설(피난연결통로, 피난대피터널, 피난대피소, 비상주차대)의 위치표시를 위한 유도표지등을 말한다.
- (3) ‘유도표지등B’는 터널 측벽에 일정간격으로 설치하여 대피시설이나 안전지역까지의 거리와 방향을 지시하는 유도표지등을 말한다.

- (4) ‘유도표지등A’는 용도에 따라 갱문형, 벽부형, 천장형으로 구분한다.
- (5) 유도표지등은 비상 시 60분 이상 기능을 유지할 수 있도록 비상전원시설을 갖춘다.

5.2.2 기기사양

- (1) 유도표지등은 녹색바탕에 백색표지를 원칙으로 한다.
- (2) 유도표지등의 치수는 갱문형은 250×250mm 이상(단면표지), 벽부형 350×740mm 이상(양면표시), 천장형은 1,300mm×600mm 이상(양면표시)을 표준으로 한다.
- (3) 유도표지등B는 1,300mm×700mm 이상으로 단면표시를 표준으로 한다.

5.2.3 설치지침

- (1) 위험도지수기준등급이 3등급 이상의 터널 및 피난연결통로가 설치되는 터널에 설치한다.
- (2) 유도표지등은 원거리에서 식별이 용이하도록 화재 시 연기류의 방향, 하강현상 및 유지 관리를 고려하여 설치함을 표준으로 한다.
- (3) 유도표지등A는 원거리에서 식별이 가능하도록 연기에 의해서 빛이 차단되지 않는 피난 대피시설의 근접한 지점에 돌출형으로 설치한다.
- (4) 유도표지등B는 대피시설의 방향 및 거리를 표시하여 근접한 안전지역으로 대피를 유도 할 수 있도록 하며 설치높이는 차도면에서 1.5m 정도로 한다.
- (5) 유도표지등B는 대피시설이 설치되는 방향의 측벽에 설치함을 원칙으로 한다.
- (6) 유도표지등B는 대피시설(피난연결통로, 피난대피소)간에 50m 정도의 간격으로 설치하는 것을 표준으로 한다.
- (7) 유도표지등은 경년변화가 적고 최대 30m의 거리에서 문자 및 색채를 식별할 수 있어야 한다.

5.3 피난대피시설

5.3.1 일반사항

- (1) 터널화재 시 터널 이용자의 대피를 위한 시설로 피난연결통로, 피난대피터널, 피난대피소, 비상주차대를 말한다.
- (2) ‘피난연결통로’라 함은 병렬터널에서 상대터널을 연결하는 통로나 피난대피터널과 본터널을 연결하기 위한 통로를 의미한다.
- (3) ‘피난대피터널’은 대면통행터널에서 화재 시 터널로부터 안전지역으로 대피자를 탈출시키기 위한 터널로 본 터널과 평행한 서비스터널이나 사갱 및 수직갱 등을 의미한다.
- (4) ‘피난대피소’는 피난연결통로나 피난대피터널이 확보되지 못하는 상황에서 화재 시 임시로 대피하기 위한 대피장소를 의미하며, 피난대피소에는 생명유지에 필요한 시설을 갖춘다.
- (5) ‘비상주차대’는 터널 내 고장 또는 사고차량이 2차 사고를 유발하지 않도록 하고 화재 발생 시 구급차량이나 소방차량의 정차 및 소화활동을 위한 지역을 말한다.
- (6) ‘차단문’은 피난연결통로를 통한 연기의 유출입 방지 및 평상 시 환기의 신뢰성 확보를 위해서 설치하는 문으로 방화문 역할을 수행할 수 있도록 하며 정전 시에도 동작이 용이한 무동력 자폐기능을 보유한 문을 말한다.

5.3.2 설치지침

(1) 피난연결통로

- ① 연장기준등급이 3등급 이상의 터널과 대피터널이 있는 대면통행터널에 설치한다.
- ② 일방통행터널에서 대인용 피난연결통로의 설치간격은 250m 이하로 하며, 3개소 마다(750m 이하의 간격) 구급차량이 통과할 수 있는 차량용 피난연결통로를 설치한다.
- ③ 터널연장이 1,200m 이하의 터널에서는 최대 설치간격을 300m로 할 수 있다.
- ④ 차량용 피난연결통로의 맞은편에는 차량의 회전 및 고장차량의 정차를 위해서 비상주차대를 시설하며, 단, 비상차량의 회전반지름이 확보되는 경우에는 비상주차대를 생략할 수 있다.

- ⑤ 피난연결통로는 평상 시 환기의 신뢰성과 화재 시 연기의 유입을 막기 위해서 차단문을 설치한다.
- ⑥ 피난연결통로에는 비상조명을 설치한다.
- ⑦ 피난연결통로에는 위치표시를 위한 유도표지등A를 설치하며, 터널 측벽부에 피난연결통로로 유도할 수 있도록 유도표지등B를 설치한다.
- ⑧ 대인용 피난연결통로의 차단문은 터널간에 차압이 작용하는 상태에서도 작은 조작력에 의해서 열릴 수 있도록 한다.

(2) 피난대피터널

- ① 위험도지수기준등급이 1등급 터널로써 대면통행터널과 피난연결통로 설치가 불가능한 일방통행터널에 설치함을 원칙으로 한다.
- ② 위험도지수기준등급이 2등급이면서 터널연장이 1,000m를 초과하는 대면통행터널과 정체가 심할 것으로 예상되는 도심터널의 경우는 정량적 위험도 평가를 통하여 설치 여부를 판단하여 설치한다.
- ③ 단, 화재지역에서 연기를 집중적으로 배연할 수 있도록 선택대배기구방식 등의 구간제연시스템을 적용하는 터널은 정량적 위험도 평가결과, 안전성을 확보할 수 있는 경우에는 설치를 예외로 할 수 있다.
- ④ 피난대피터널과 본선터널은 피난연결통로를 설치하여 연결하며, 피난연결통로는 일방통행터널의 피난연결통로 설치기준에 준한다.
- ⑤ 피난대피터널에는 비상조명을 설치하여 조도를 확보하고 사고 시 자동점등 되도록 하며, 3시간 이상 점등이 가능하도록 비상전원을 확보한다.
- ⑥ 피난연결통로와 피난대피터널의 연결부에는 가까운 출구로의 방향과 거리를 표시한 유도표지등을 설치하여 대피를 유도한다.
- ⑦ 피난대피터널은 생명유지에 필요한 공기를 공급하며, 가압을 목적으로 가압설비를 시설하여 연기의 유입을 충분히 막을 수 있도록 한다.
- ⑧ 피난대피터널을 연결하는 통로는 연기의 유입을 차단하기 위해서 대인용 차단문 설치지침에 준해서 차단문을 설치한다.

(3) 피난대피소

- ① 피난대피소는 대피터널을 설치하여야 하는 터널 중 경제성이나 토목기술상의 이유로 피난대피터널을 시설할 수 없는 경우에 설계심의절차를 거쳐서 시설할 수 있다.
- ② 피난대피소는 피난연결통로 설치간격에 준하여 설치함을 원칙으로 한다.
- ③ 피난대피소는 덕트 등을 통해서 신선공기를 공급하고 이를 통해서 가압할 수 있도록 한다.

- ④ 피난대피소는 비상조명, 긴급전화, 소화기 및 CCTV를 설치하며, 정전 시 자체 축전지에 의해서 3시간 이상 기능을 유지할 수 있도록 하여야 한다.
- ⑤ 피난대피소의 피난연결통로의 차단문은 대인용 피난연결통로의 차단문의 설치지침에 준하여 설치하며, 2중으로 한다.

(4) 비상주차대

- ① 위험도지수기준등급이 2등급 이상인 터널에 차량용 피난연결통로 맞은편에 설치함을 표준으로 한다.
- ② 대면통행터널의 경우에는 750m 이내의 간격으로 터널의 양측에 설치함을 원칙으로 하며, 마주보게 설치하여 차량의 회전이 가능하도록 한다.
- ③ 비상차로가 있는 터널이나 3차로 이상의 터널은 생략할 수 있다.
- ④ 터널 내 비상주차대의 설치규격은 도로설계기준의 비상주차대 설치기준에 준하여 설치한다.

5.3.3 설치사양

(1) 피난연결통로

- ① 피난연결통로는 대인용과 차량용으로 구분하며 차량용 피난연결통로의 시설한계는 최소 4.7(폭)×3.5(높이)m 이상, 대인용은 최소 2.5(폭)×2.5(높이)m 이상으로 한다.
- ② 피난연결통로 차단문의 개구부는 대인용의 경우에는 최소 1.35(폭)×2.0(높이)m 이상을 확보하며, 차량용의 경우에는 구급차량이 통과할 수 있도록 3.2(폭)×3.5(높이)m 이상으로 한다.

(2) 피난대피터널

- ① 피난대피터널은 구급차량의 주행이 가능한 경우와 대인용으로 구분하며, 경제성 및 위험도를 고려하여 결정한다.
- ② 본선터널과 피난대피터널은 피난연결통로로 연결하며 피난대피터널의 경사는 10%를 넘지 않도록 한다.
- ③ 대피자 대피목적의 피난대피터널의 단면은 최소 2.5(폭)× 2.5(높이)m 이상이어야 하며, 피난대피터널과 연결하는 피난연결통로의 차단문은 최소 1.35(폭)×2.0(높이)m 이상이 되도록 한다.
- ④ 구급차량의 주행이 가능한 피난대피터널의 단면은 최소 2.8(폭)×2.8(높이)m 이상이 되어야 하며, 피난대피터널과 연결하는 피난연결통로는 대인용을 기준으로 설치한다.

(3) 피난대피소

- ① 피난대피소는 바닥면적이 50㎡ 이상이 되도록 하며 최소폭은 4m, 최소높이는 2.2m 이상을 확보한다.
- ② 향후 일방통행터널로 전환할 계획이 있는 경우에는 피난연결통로를 활용할 수 있도록 계획한다.
- ③ 차단문은 자동폐쇄기능을 보유한 형식과 기밀이 유지될 수 있는 차단문을 각각 1개씩 설치한다.

(4) 피난연결통로 및 피난대피소의 차단문

- ① 터널에 설치되는 피난연결통로의 차단문은 작은 조작력에 의해서도 열 수 있는 구조이어야 하며, 평상 시에는 항상 닫혀 있는 구조로 한다.
- ② 양 터널 사이에 압력차가 발생할지라도 개폐가 용이하며 전원차단 시에도 자동폐쇄기능을 보유하여야 한다.
- ③ 평상 시 배기가스, 분진, 습기차단과 화재 시 화재연기와 열기류에 노출을 고려하여 스테인리스 재질을 사용하고 기밀구조로 한다.
- ④ 대형버스의 화재강도(20MW)를 고려하여 1시간 이상의 내열성능을 갖는 구조로 한다. 단, 피난대피소는 3시간 이상으로 한다.
- ⑤ 단, 위 성능기준에 의한 시험방법이 제시되지 않는 경우에는 자동방화셔터 및 방화문의 기준(건설교통부 고시 제2005-232호)에 의한 시험성적서로 대신할 수 있다.



6. 소화활동설비

6.1 제연설비

6.1.1 일반사항

- (1) 도로터널의 화재 시 제연설비는 화재지역으로부터 연기를 배기하거나 대피 반대방향으로 연기류를 형성하여 화재초기 자기구조(self rescue) 단계에서 이용자 스스로가 안전을 확보할 수 있도록 하는 가장 중요한 설비이다.
- (2) 터널 내 화재 시 연기의 제연은 평상 시 환기설비에 의해서 수행되며, 제연방식은 연기를 화재공간에서 완전히 제거하는 배연(smoke exhaust)을 목적으로 하는 횡류식 또는 반횡류식과 대피 반대방향으로 기류를 제어하여 대피안전을 확보하도록 하는 제연(smoke control) 개념의 종류식으로 구분된다.
- (3) 이 요령에서는 배연(smoke exhaust)과 제연(smoke control)을 구분하지 않고 제연설비라 칭한다. 환기방식별 일반적인 제연특성은 <표 6.1>과 같다.

<표 6.1> 횡류식 및 종류식의 일반사항

구분	횡류식(또는 반횡류식)	종류식
연기의 제어개념	화재지역으로부터 연기를 배연(exhaust smoke)하는 방식으로 연기 및 열기류의 방향성 제어가 곤란하여 화재규모가 큰 경우에는 적용성이 떨어진다.	화재지역으로부터 일방향으로 연기 및 열기류를 제어(제연, smoke control)하는 방식으로 열기류의 유동방향 제어가 용이하다.
환기팬의 운전제어	급기 반횡류식의 경우, 화재 시 배연모드로 전환하기 위한 대기시간과 역전운전 후에 정상가동에 필요한 시간지연이 길다.	일반적으로 30초에서 1분 이내에 제트팬 정상운전속도에 도달하지만, 터널 내 풍속이 정상상태에 도달하기 위해서 시간지연이 필요하다.

구분	횡류식(또는 반횡류식)	종류식
통행방식에 따른 적용	일방통행 터널의 경우에는 차량의 운행에 의해서 발생하는 피스톤효과에 의한 풍속이 상시 존재하므로 열기류의 방향성 제어가 곤란하며, 일방통행터널보다는 대면통행터널에 대한 적용성이 우수하다.	대면통행보다는 일방통행터널에 대한 적용성이 우수하다. 교통정체 시에는 연기가 화재하류 지역의 차량이나 대피자를 덮칠 수 있다. 이와 같은 이유로 외국에서는 단순히 제트팬에 의한 종류식은 정체빈도가 높은 도시 지역의 터널과 대면통행터널에 대한 적용을 금지하는 경우도 있다.
배연을 위한 환기기기 용량 산정	화재강도에 따른 연기발생량 및 연기의 확산을 억제할 수 있도록 최소한의 풍속을 얻기 위한 풍량에 의해서 배연량을 결정한다.	연기의 역류를 억제하기 위한 임계풍속을 유지할 수 있도록 제트팬 설치 대수를 결정한다.
배연 또는 제연능력 향상을 위한 방안	대배기구방식에 의해서 화재지점에서 집중적으로 연기를 배기할 수 있는 시스템 구축이 필요하다. 제어의 정확성이 요구되며 배기구의 개폐조절을 위한 전동댐퍼의 설치로 인하여 설치비용 및 유지관리 비용이 증대한다.	연기가 전 구간으로 확산되는 것을 억제하기 위해서 일정간격으로 수직갱 또는 배연용 덕트를 설치하여 구간배연을 통하여 연기의 배기능력을 증대할 필요가 있다.
비상전원	배기 또는 급기목적의 대형 축류팬은 비상전원시설에 의한 가동이 가능하나 발전실 규모와 용량이 증대한다.	종류식의 주 제연설비인 제트팬은 비상발전기에 의해서 가동되도록 시설하고 있어, 정전등의 비상 시 제연이 가능하다.

6.1.2 화재 발생 시 환기계획

(1) 화재단계

- ① 차량 화재 발생 시의 제연에 대한 요구사항은 화재단계에 따라 다음의 두 단계로 구분된다
- 제1단계 : 화재 발생 초기(약 10~15분)로 대피환경의 확보를 목표로 하여 제연설비를 운영하여야 하는 단계이다. 이 단계에서는 제연설비를 수동조작하여 대피자가 존재하지 않는 방향으로 연기류를 형성함을 원칙으로 한다. 이때 제연풍속은 임계풍속으로 하며, 자동으로 임계풍속을 유지할 수 있도록 제연팬에 대한 제어로직을 구성한다.
 - 제2단계 : 화재진압을 지원하기 위한 제연이 수행되어야 하는 시기로 제연설비는 소화활동을 지원하기 위한 운전을 수행하며, 제연설비를 가동하거나 정지시킬 때에는 현장 소방대와 긴밀하게 연락하도록 한다.

(2) 화재강도 선정

- ① 제연설비용량은 설계화재강도와 임계풍속, 연기발생량에 따라 차이가 발생한다. 차종별 화재강도 및 이에 따른 연기발생량은 <표 6.2>에 나타난 바와 같다.

- ② 이 요령에서는 설계화재강도를 20MW 이상으로 하며, 이때의 연기발생량은 80m³/s로 할 것을 권장한다.
- ③ 위험물수송차량의 통과대수가 많은 경우에는 설계화재강도를 증가할 수 있다.

〈표 6.2〉 설계화재강도 및 연기발생량

적용 차종	승용차	버스	트럭	탱크롤리
화재강도(MW)	5 이하	20	30	100
연기발생량(m³/s)	20	60~80	80	200

(3) 터널 내 임계풍속

- ① 임계풍속은 다음 식으로 계산하며, 보정계수(β)는 설계자가 수치시뮬레이션 등을 수행하여 신뢰성을 검증한 후에 적용함을 원칙으로 한다.

$$V_r = K_g Fr_c^{-\frac{1}{3}} \left(\frac{gHQ}{\beta \rho_o C_p A_r T_f} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$T_f = \frac{Q}{\beta \rho_o C_p A_r V_{rc}} + T_o$$

여기서, $Fr_c = 4.5$

H : 화점에서 터널 천장까지의 높이(혹은 대표직경)다.

- ② 종단경사 보정계수는 다음 식으로 계산한다.

$$K_g = [1 + 0.014 \tan^{-1}(\text{grade}/100)]$$

(4) 제연설비 계획

- ① 위험도지수기준등급이 2등급 이상인 터널에 설치한다.
- ② 화재에 대비한 제연설비는 화재 시 터널 내 대피자의 분포특성을 고려하여 터널의 연장 및 터널의 교통특성에 따라 결정하며, 〈표 6.3〉에 제시한 제연방식의 적용을 권장한다.
- ③ 대면통행터널 및 정체 빈도가 높을 것으로 예상되는 일방통행터널은 횡류(또는 반횡류)식을 적용하는 것을 권장하며, 종류식의 적용은 정량적 위험도 평가를 수행하여 안전성을 검증한 후에 적용함을 원칙으로 한다.
- ④ 소형차도로 터널은 정량적 위험도 평가를 수행하여 안전성을 검증하여 제연설비를 계획한다.

〈표 6.3〉 터널특성별 권장 제연방식

지역 및 통행방식	터널 길이	화재 시 적용 제연방식 및 방법
대면통행 및 도시지역	500m 이하	• 자연환기에 의한 제연
	500~1,000m 미만	• 기계환기에 의한 제연
	1,000m 이상	• 횡류 또는 반횡류식 • 약 800m 이내의 간격으로 집중배기 또는 구간배연이 가능한 시설을 설치하여 배연능력을 향상 할 수 있는 조치를 강구할 것을 권장한다. • 2,000m 이상의 터널은 배연능력을 향상하기 위해서 대배기구 방식을 권장한다.
지방지역의 일방통행	500m 미만	• 자연환기에 의한 제연
	500~3,000m 미만	• 위험도지수기준등급이 3등급 이하인 터널 : 자연환기방식 • 위험도지수기준등급이 2등급 이상인 터널 : 기계환기방식
	3,000m 이상	• 집중배기방식이나 대배기구방식 등 구간배연시스템에 의하여 배연능력을 향상하기 위한 조치를 강구할 것을 권장한다.

6.1.3 제연용 환기기기 용량 설계

(1) 횡류식

- ① 횡류식은 천장에 설치된 덕트를 통하여 배연을 수행하는 방식으로 배기구에 대한 개폐조정이 불가능한 균일배기방식과 배기구에 전동댐퍼를 설치하여 화재 시 배연구간을 선택적으로 선정하여 배연을 수행할 수 있는 대배기구방식으로 대별된다.

② 횡류식의 배연풍량산정

- 화재 시 배연이 주행 공간에서 이루어지기 때문에 연기뿐만 아니라 주변의 공기가 유입되므로 배연량은 연기발생량(화재강도 : 20MW 기준, 80m³/s)보다 현저히 증가한다.

- 배연풍량(Q_b)은 터널 내 유속과 연기발생량(Q_s)을 근거로 하여 산정하며, 산정공식은 다음과 같다.

$$Q_b = A_r \cdot V_r + Q_s$$

- 여기서, $A_r \cdot V_r$ 은 주변공기의 유입으로 인해서 증가하는 풍량으로 V_r 은 종방향 기류를 제어하기 위한 풍속개념에서 도입된 것으로 배연방식 및 배기구형상, 터널제원에 따라 달라지며, 특히 터널 내 기류가 존재하는 경우에는 현저하게 증대한다. 따라서 배연풍량은 모형실험이나 시물레이션을 통해서 신뢰성을 검토한 후에 적용함을 원칙으로 한다.

- 다음은 특정조건에서의 배연풍량 산정예를 나타낸 것이다.

- 균일배기방식(횡류 또는 반횡류식) :

$$Q_E = 80 + 3.0Ar \quad (\text{단, 배연구간연장 } 600\text{m 이하, 터널풍속 } 1\text{m/s 이하})$$

– 대배기구방식 :

$$Q_E = 80 + 1.5Ar \text{ (단, 터널풍속 } 1\text{m/s 이하)}$$

③ 대배기구방식은 다음과 같은 원칙을 적용하여 설계한다.

- 터널 갱구부근에서의 배연은 일반적으로 효과적이지 못하다. 그러므로 터널 갱구부와 배기구 사이의 거리는 최소 100m 정도 이격하여야 한다.
- 배연구역은 터널 내 풍속상태에 따라서 달라지나 일반적으로 화재 발생지점으로부터 대칭적으로 200~300m 정도로 한다.
- 배기구의 형상 및 설치간격은 기본적으로 다음 사항에 준해서 설계할 것을 권장한다. 그러나 배연효율은 터널 내 풍속 및 단면형상에 영향을 받으므로 수치시뮬레이션을 통해서 검증 후 적용한다.
 - 배기구의 형상은 배연효율을 향상하기 위해서 단면 전체에 개구부가 형성될 수 있도록 종횡비를 정한다.
 - 배기구에서의 면풍속은 15m/s 이하로 한다.
 - 배기구 댐퍼는 각각 개별적으로 조절이 가능하여야 한다.
 - 배기구의 설치간격은 50~100m 정도로 하며, 터널 특성에 따라서 조정한다.
 - 댐퍼는 충분한 밀폐성이 확보되어야 한다.

④ 터널 내 풍속 제어

- 배기구를 통한 배연은 종방향 풍속이 작을수록 효과적이다.
- 따라서, 터널연장이 2,000m 이상인 경우에는 종방향 풍속을 제어하기 위한 조치를 강구할 것을 권장한다.
- 풍속제어방법으로는 일반적으로 제트팬을 설치하거나 환기구역을 구분하여 구역별로 급기량과 배기량을 조절하는 방식을 적용한다.

(2) 종류식

① 화점부근의 연기가 역류하는 것을 방지하기 위한 최소풍속인 임계풍속을 유지할 수 있도록 시스템을 계획한다. 임계풍속은 전술한 계산식을 적용하여 계산하며, 수치시뮬레이션 등의 수단으로 신뢰성을 검토하여 적용함을 원칙으로 한다.

② 화재 시 제연용 제트팬 대수 산정

- 화재 시 제트팬 대수는 임계풍속을 만족할 수 있도록 선정한다. 따라서 화재 시 제트팬 대수는 터널단면적, 터널 내 차량 수, 자연풍에 의한 환기저항 등에 영향을 받게 된다.
- 제연용 제트팬만 설치하는 경우에는 환기 시 제트팬의 송압효율 확보를 위한 제트팬설치기준을 변경하여 적용할 수 있으며, 이에 따라 효율저하가 예상되는 경우에는 이를 고려하여 제트팬 대수를 산정한다.

- 화재 시 터널 내 정체차량 수는 화재위치를 출구로 하여 정체차량 수가 가장 많게 산정되는 조건을 적용하고 터널차단에 소요되는 시간을 3분으로 하여 다음과 같이 계산한다.

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

여기서, N은 시간교통량(대/hr)이며, 우변의 제1항은 화재 발생시점에서 터널에 존재하는 차량의 수이며, 우변의 제2항은 화재 발생 후 3분 동안에 터널에 진입한 차량 수이다.

- 또한 위의 식에서 n은 화재직전의 터널 내 평균주행속도에 따라서 차이가 있으며, 주행속도가 낮을수록 증대한다. 따라서 화재 전 평균주행속도가 제트팬 대수에 영향을 미치며, 화재 직전의 차량주행속도는 도로의 특성을 고려하여 선정한다.

③ 화재 시 제트팬의 소손을 고려하여 예비용 제트팬을 고려한다.

④ 방재용 제트팬의 설치

- 방재용 제트팬은 화재 시 가압 및 화재안전성을 위해서 터널의 입출구부에 분산하여 설치함을 원칙으로 한다.
- 분산설치가 곤란한 경우에는 성층화 교란방지 및 제트팬의 소손을 최소화할 수 있도록 설치위치를 정하며, 이를 검증한 후에 설치할 것을 권장한다.

6.1.4 화재 시 환기기기의 운영

(1) 일반사항

- ① 제연설비가 설치되는 터널은 관리소 또는 관리사무소의 설치를 원칙으로 한다.
- ② 제연설비의 운전을 위해서 자동화재탐지설비와 CCTV 등 교통량감지설비, 터널 내 풍속계의 설치를 권장한다.
- ③ 화재 시 실행되는 제연설비의 운영메뉴얼을 화재 발생 시나리오(화재의 위치, 화재차량의 종류)에 따라서 작성하고 제연설비 조작반에 비치한다.
- ④ 제연설비는 화재경보와 연동하여 자동으로 가동될 수 있도록 제어로직을 구성함을 원칙으로 한다.
- ⑤ 제연설비의 운영은 관리인이 상주하는 경우에는 수동조작을 원칙으로 하고, 관리인이 상주하지 않는 터널에서는 우선 자동으로 가동한 후, 관리자에 의해서 운전될 수 있도록 제어로직을 구성한다.
- ⑥ 관리사무소가 없는 경우에는 터널입구에 제어반을 설치할 수 있다.
- ⑦ 제연설비의 조작은 수동조작에 우선권을 부여한다.
- ⑧ 비상사태 시 제연설비는 운전 명령에 최대한 신속하게 작동될 수 있도록 하여야 하며, 급기 반회류식의 경우에는 화재 시 배연을 위하여 역전운전이 요구되므로 신속한 배연운전이 되도록 조치를 강구한다.

- ⑨ 제연설비는 비상 시 1시간 이상 기능을 유지할 수 있도록 비상발전설비에 의한 비상전원을 설비를 갖춘다.

(2) 종류식의 제연팬 운영

① 일방통행터널(비정체 시)

- 화재초기에는 차량주행방향으로 임계풍속을 유지할 수 있도록 제연설비를 운전한다.
- 터널 내 풍속제어를 위해서 풍속제어로직 및 제연팬 운전모드의 설정이 필요하다.
- 화재위치, 화재 발생차종에 따른 제연팬 운전모드를 작성하여 비치·운영한다.
- 상대터널의 제트팬 또는 환기시설은 피난연결통로로 연기유입을 방지하기 위해서 가압운전모드로 운전한다.
- 화재터널의 제트팬이 터널입구 및 터널 출구부에 분산 설치된 경우에는 터널 출구의 제트팬을 가동하여 화재터널의 압력이 부압이 되도록 운전하는 것이 바람직하다.
- 또 화재에 근접한 제트팬의 가동은 연기의 성층화를 교란하게 되므로 가동하지 않는다.

② 대면통행터널 및 일방통행터널(정체 시)

- 교통이 정체된 경우, 초기단계에는 화재 전후방에 대피자가 존재하게 되므로 최대한 낮은 풍속을 유지할 수 있도록 제트팬의 가동을 정지하여, 성층화를 교란하지 않도록 한다.
- 대피자가 안전한 장소에 대피한 것이 확인된 후에는 형성된 기류의 방향으로 임계풍속을 유지할 수 있도록 운전한다.

(3) 횡류식의 운영

- ① 평상 시 급기를 수행하고 화재 시에 배기운전으로 전환하는 균일배기방식의 횡류식을 적용하는 경우, 급기구는 시운전 및 조정을 통해서 환기효율이 저하할지라도 배기 시 균일한 풍량이 발생할 수 있도록 급기구의 개도를 조정하여 운영한다.
- ② 일방통행터널에서 비정체 시에 화재가 발생하는 경우에는 구역제어 또는 대배기구에 의한 선택배기를 하는 경우, 차량의 주행방향으로 기류가 형성될 수 있도록 배연계획을 수립하고 운전한다.
- ③ 대면통행터널 및 일방통행터널(정체 시)은 차량의 정체에 의해서 화재 상하류에 대피자가 존재할 가능성이 있으므로 화재 지점의 풍속을 최대한 낮게 유지할 수 있도록 환기기기 운전계획을 수립하여 운전한다.

6.1.5 환기시설의 온도저항

- (1) 연기를 주행공간으로부터 직접 배출시키는 제연용 제트팬은 250℃의 온도에서 60분 이상 정상가동상태를 유지할 수 있어야 한다.
- (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 필요 시 냉각설비를 적용한다.
- (3) 또한 대배기구의 개폐용 전동모터는 250℃ 이상의 온도에서 60분 이상 정상 가동되어야 하며, 정전 등 전원이 차단되는 경우에도 조작된 상태를 유지할 수 있어야 한다.
- (4) 주행 공간 내의 전원 공급라인과 제트팬과 전원연결장치들은 250℃의 온도에서 60분 이상 운전상태를 유지할 수 있도록 한다.

6.2 무선통신보조설비

6.2.1 일반사항

- (1) 터널 내 구조활동 및 소화활동 시 터널 내 · 외부간의 무선통신을 위한 설비이다.
- (2) 무선통신보조설비는 누설동축케이블과 무선기기접속단자함 및 증폭기 등으로 구성하며 라디오재방송설비와 겸용하여 설치할 수 있다.
- (3) ‘누설동축케이블’이라 함은 동축케이블의 외부도체에 가느다란 홈을 만들어서 전파가 외부로 새어나갈 수 있도록 한 케이블을 말한다.
- (4) ‘증폭기’라 함은 신호전송 시 신호가 약해져서 수신이 불가능해지는 것을 방지하기 위해서 증폭하는 장치를 말한다.
- (5) 이 요령에 언급되지 않은 사항은 무선통신보조설비의 화재안전기준(NFSC 505)을 준용할 수 있다.

6.2.2 기기사양

(1) 누설동축케이블

- ① 누설동축케이블은 불연 또는 난연성의 것으로써 습기에 의하여 전기적인 특성이 변질되지 않아야 한다.
- ② 누설동축케이블 또는 동축케이블의 임피던스는 50Ω 으로 하고, 이에 접속하는 공중선·분배기 등 기타의 장치는 당해 임피던스에 적합한 것으로 하여야 한다.
- ③ 누설동축케이블은 소방전용 무선통신보조설비 주파수 대역을 수용할 수 있어야 한다
- ④ 누설동축케이블은 라디오재방송설비와 겸용하여 설치할 수 있다.

(2) 무선기기접속단자함

- ① 단자를 보호하기 위하여 보호함을 설치하고, 먼지·습기 및 부식 등에 의하여 영향을 받지 않도록 하여야 한다.
- 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 커넥터를 갖추어야 한다.

(3) 증폭기

- ① 무선통신보조설비를 60분 이상 유효하게 작동할 수 있도록 무정전전원을 공급한다.
- ② 증폭기의 전면에는 주회로의 전원이 정상인지의 여부를 표시할 수 있는 표시등을 설치한다.

6.2.3 설치지침

(1) 공통사항

- ① 연장기준등급이 3등급 이상인 터널에 설치하는 것을 원칙으로 하며, 3등급 미만의 터널에서 라디오재방송설비가 설치되는 경우에는 이를 겸용하여 설치할 수 있다.
- ② 누설동축케이블은 소방전용주파수대에서 전파의 전송 또는 복사에 적합한 것으로 소방대 상호간에 무선연락에 지장이 없도록 설치한다.
- ③ 누설동축케이블은 말단에는 무반사 종단저항을 설치하여야 한다.
- ④ 성능저하가 발생하지 않는 범위에서 화재의 영향을 가장 적게 받는 위치에 설치한다.
- ⑤ 차도터널, 피난연결통로, 피난대피터널, 터널 내 기계실 등에 상시 제공될 수 있도록 한다.

- ⑥ 터널 내 무선통신보조설비는 소방전용 채널을 운영한다. 다만, 필요에 따라 무선통신설비에 간섭을 주지 않는 범위 내에서 경찰전용 및 유지 관리자 전용의 주파수 대역을 이용할 수 있다.
- ⑦ 누설동축케이블의 시점에는 관리용 무선기와와의 공용기를 접속하고, 터널 내 휴대용 무선기와 상호 연락이 가능한 기능을 갖도록 한다.

(2) 누설동축케이블

- ① 누설동축케이블은 화재에 의하여 케이블의 피복이 소실된 경우에 케이블 본체가 떨어지지 않도록 4m 이내마다 금속재 또는 자기재 등의 지지금구로 벽·천장·기둥 등에 견고하게 고정시켜야 한다.

(3) 무선기기접속단자

- ① 단자는 한국산업규격에 적합한 것으로 하며, 바닥으로부터 높이 0.8m 이상 1.5m 이하의 위치에 설치한다.
- ② 터널관리소와 터널입구 및 출구 10m 이내에 각각 설치하여야 한다.
- ③ 단자 보호함 표면은 적색으로 도색하고 ‘무선기기접속단자’라고 표시한 표지를 한다.

6.3 연결송수관설비

6.3.1 일반사항

- (1) 연결송수관설비는 화재진압을 위한 소화용수를 공급하기 위한 배관으로 송수구 및 방수구와 배관으로 구성된다.
- (2) ‘송수구’라 함은 소화설비에 소화용수를 보급하기 위하여 건물 외벽 또는 구조물의 외벽에 설치하는 관을 말한다.
- (3) ‘방수구’라 함은 소화설비로부터 소화용수를 방수하기 위하여 건물내벽 또는 구조물의 외벽에 설치하는 관을 말한다.
- (4) 이 기준에서 언급되지 않은 사항은 연결송수관설비의 화재안전기준(NFSC 502)에 준한다.

6.3.2 설치지침

(1) 송수구

- ① 연장기준등급이 2등급 이상의 터널에 설치함을 표준으로 한다.
- ② 송수구는 터널의 입출구부에 소방차의 접근이 용이한 지점에 설치한다.

(2) 방수구

- ① 연장기준등급이 2등급 이상의 터널에 설치함을 표준으로 한다.
- ② 방수구는 50m 이하의 간격으로 옥내소화전함에 병설한다.

6.4 비상콘센트설비

6.4.1 일반사항

- (1) ‘인입개폐기’라 함은 전기설비기술기준의 규정에 의한 것을 말한다.
- (2) ‘변전소’라 함은 전기설비기술기준의 규정에 의한 것을 말한다.
- (3) 이 설치지침에 언급되지 않은 사항은 비상콘센트설비의 화재안전기준(NFSC 504) 및 도로터널화재안전기준(NFSC 603)을 준용할 수 있다.

6.4.2 기기사양

- (1) 터널에 설치되는 비상콘센트설비는 구조활동이나 소화활동을 위하여 필요한 전원을 공급할 목적으로 시설하며, 단상교류 220V인 것으로써 공급용량은 1.5kVA 이상으로 한다.
- (2) 콘센트마다 배선용 차단기를 설치하여야 하며, 충전부가 노출되지 않도록 한다.
- (3) 비상콘센트설비의 전원부와 외함 사이의 절연저항은 500V 절연저항체로 측정할 때 20MΩ 이상이어야 한다.

6.4.3 설치지침

- (1) 연장기준등급이 3등급 이상의 터널에 설치한다.
- (2) 설치간격은 50m 이내로 하며, 소화기 또는 소화전함에 병설하고, 피난연결통로, 피난 대피소, 비상주차대에 설치한다.
- (3) 비상콘센트는 보호함에 내장하여 설치하여야 하며, 소화기함이나 소화전함에 일체형으로 병설한다.
- (4) 1개의 전용회로에 설치할 수 있는 비상콘센트의 수는 동시 사용률을 고려하여 결정한다.
- (5) 전압강하 계산 시 부하는 비상콘센트 3개를 합한 용량(4.5kVA)으로 하며 배전거리는 말단 3개의 콘센트에 부하가 연결된 것으로 한다.
- (6) 허용전압강하는 내선규정(대한전기협회제정)에 준한다.



7. 비상전원설비

7.1 무정전전원(UPS)설비

7.1.1 일반사항

- (1) 무정전전원설비는 터널 내 화재 등 비상사태로 인하여 터널 내 정전상황이 발생하는 경우에 비상발전기의 전원공급 개시 전 및 비상발전기 가동 정지 후 일정시간 동안 방재설비에 대하여 비상전원을 공급하기 위한 시설이다.
- (2) 이 설계지침에 언급되지 않은 사항은 옥내소화전설비의 화재안전기준(NFSC 102)에 준하여 설치한다.
- (3) ‘무정전전원설비’라 함은 보통 UPS(Uninterruptible Power Supply System)라고 부르며, 상용 전원의 정전 등에 대비하여 항상 안정된 전원을 부하에 공급하기 위한 장치로 컨버터, 인버터, 축전지, 전환스위치 등으로 구성된다.

7.1.2 기기사양

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

7.1.3 설치지침

- (1) 터널연장이 200m 이상인 터널에 이 요령에서 정하는 방재시설이 설치되는 경우, 비상전원 공급용으로 설치한다.

- (2) 무정전전원설비는 비상조명등 등의 방재설비에 대하여 전원을 공급할 수 있는 적절한 용량으로 선정하여야 한다.
- (3) 무정전전원설비는 옥내설치를 원칙으로 하며, 옥외설치 시에는 단열 및 냉난방 시설을 갖춘 큐비클 내부에 설치하여야 한다.
- (4) 무정전전원설비는 화재안전기준에서 20분을 표준으로 하고 있으나, 터널은 일반적으로 소방서와 원거리에 위치한다는 점에서 접근성 등을 고려하여 60분 이상 비상전원을 공급할 수 있도록 시설한다.

7.2 비상발전설비

7.2.1 일반사항

- (1) 비상발전설비는 터널 내 화재 등 비상사태로 인해서 터널 내 정전상황이 발생하는 경우 옥내소화전설비, 제연설비 등의 방재설비에 비상전원을 공급하기 위한 시설이다.
- (2) 이 설계지침에 언급되지 않은 사항은 옥내소화전설비의 화재안전기준(NFSC 102)에 준하여 설치한다.
- (3) ‘비상발전설비’라 함은 상시전원이 차단 또는 정전된 경우에 원동기와 발전기에 의해서 전력을 생산하기 위한 장비로 원동기, 발전기, 제어장치 및 부속장치 등으로 구성된다.

7.2.2 기기사양

- (1) 비상발전기는 연료 종류에 따라 디젤 발전기, 가솔린 발전기, 가스터빈 발전기, 스팀터빈 발전기 등이 있으나, 디젤 발전기의 사용을 표준으로 한다.
- (2) 비상발전기의 운전은 정전 시 자동으로 가동하여야 한다.
- (3) 옥외에 설치하는 비상발전기는 소음을 최대한 줄일 수 있는 형식을 사용한다.

7.2.3 설치지침

- (1) 연장기준등급이 3등급 이상인 터널에 설치함을 원칙으로 한다. 다만 하나의 변전소로부터 전력의 공급이 중단되면 자동으로 다른 변전소로부터 전원을 공급받을 수 있도록 상용전원을 구성한 경우에는 비상발전기 설치를 생략할 수 있다.
- (2) 비상발전설비는 터널 내 설치되는 방재시설을 충분히 가동할 수 있는 용량으로 화재안전기준에서 요구하는 비상전원 공급시간을 고려한 비상출력 용량으로 시설하여야 한다.
- (3) 비상발전기는 옥내설치를 원칙으로 하며, 옥외설치 시에는 발전기 및 원동기 내부에 수분, 먼지 등 유해한 물질이 들어가지 않도록 방호시설을 설치하여야 한다.
- (4) 발전기 운전은 정전검출계전기에 의하여 한전측과 발전측으로 자동절체가 가능하도록 제어회로를 구성한다.
- (5) 한전측 전원과 발전기 전원과의 절체는 자동절체(ATS) 방식으로 인터록을 구성한다.



8. 관리시스템 설치지침

8.1 일반사항

- (1) 이 장은 터널 내 화재 등 사고 시 신속한 대응 및 통제체계의 구축과 터널 내 설치되는 환기, 소방, 교통관련 각종 방재시설의 효율적인 유지·관리 및 점검을 위해서 설치하여야 할 관리시스템에 대한 최소한의 일반적·기술적인 지침을 정함을 목적으로 한다.
- (2) 관리사무소는 터널에 설치되는 방재시설 및 관리사무소에 설치되는 시설에 따라서 무인관리사무소(이하 관리소라 함)와 관리인이 상주하는 관리사무소, 관리소와 관리사무소를 통합하여 지원하는 통합관리센터로 구분한다.
- (3) 관리소 및 관리사무소는 전기실·중앙제어실·CO₂실·기계실·비상발전기실·경유탱크실·대기실·화장실·염화칼슘창고 등으로 구성하며, 터널의 규모 및 시설규모에 따라서 변경하여 적용할 수 있다.
- (4) ‘관리소’는 무인관리를 목적으로 터널의 방재시설 및 환기시설의 유지관리 및 운전제어를 위한 최소한의 시설을 갖추도록 하며, 전기실·변전실·비상발전기실, 중앙제어실 등을 갖춘 건축물을 말한다.
- (5) ‘관리사무소’는 터널의 방재시설 및 환기시설의 유지관리 및 운전제어를 위한 전기실·변전실·비상발전기실·중앙제어실 등을 갖추고 있으며, 상주관리자에 의해서 상시 터널 내 상황을 감시할 수 있도록 시설을 갖추고 있고, 주변 관리소의 상황을 파악하여 통합관리하기 위한 통합관리센터로 운영될 수 있다.
- (6) ‘통합관리센터’는 주변 관리소나 관리사무소로부터 터널상황을 감시 및 제어하고 터널 내 방재시설 및 환기시설에 대한 운영·관리를 위한 인원이 상주하는 관리사무소를 말한다.

8.2 관리시스템 계획

- (1) 관리소, 관리사무소, 통합관리센터는 터널 규모 및 관리자의 효율적인 관리를 고려하여 설치·운영한다. 관리소 및 관리사무소에 설치되는 시설은 <표 8.1>과 <표 8.2>를 참조하여 결정한다.
- (2) 관리시스템은 주변의 노선현황과 개별터널의 통합범위를 고려하여 선정하며, 단기적·중기적·장기적 계획을 고려하여 관리소·관리사무소·통합관리센터를 계획한다.
- (3) 관리시스템의 구성은 통합감시·제어시스템·방법시스템·관리시스템 등으로 기능적인 측면을 고려하고, 각종 장애에 의한 업무의 중단이 최소화될 수 있도록 구성한다.
- (4) 관리시스템은 통합관리시스템, 개별관리시스템 등 계층구조를 가지고 있어서 각 계층간 제어의 충돌문제가 발생할 수 있으므로 제어계층을 고려하여 유고발생 시 각 시스템별 운영자 측면에서 처리하여야 하는 부분으로 업무를 분장하고 이에 대한 대응방안을 정의하여야 한다.
- (5) 관리시스템의 인터페이스 방안은 RTU에 의한 방법을 원칙으로 하며 개방형 프로토콜을 채택한다.

8.3 설치지침

(1) 관리소

- ① 관리소는 연장기준 등급이 3등급인 터널 중 제연설비가 설치되는 터널에 설치함을 원칙으로 하며, 터널의 사고 상황 시 통제에 필요한 설비와 터널통합관리를 위한 통신 관련시설 등 최소한의 설비만을 갖출 수 있다.
- ② 관리소는 터널입구나 출구 또는 터널 내부에 공간을 확보하여 설치할 수 있으며, 관리소 자체의 화재에 대비하여 소방차의 접근이 용이하도록 하며, 터널 내부에 설치할 경우에는 자체 화재로 인하여 발생하는 연기가 터널 내로 유입하지 않도록 별도의 자동소화시설을 한다.

(2) 관리사무소

- ① 관리사무소는 위험도지수기준등급이 2등급 이상의 터널에 관리인이 상주할 수 있는 시설로 계획할 수 있도록 한다.
- ② 향후 터널통합관리시스템의 도입에 따른 무인화를 고려하여 설계하며, 주변의 관리소를 통합하여 운영할 수 있도록 계획한다.
- ③ 관리사무소를 계획하는 경우에는 60분 이내에 출동 가능한 지역 및 반지름 50km 정도에 있는 관리소를 통합 운영할 수 있도록 계획한다. 단, 유관기관(소방서, 경찰서 등)에서 60분 내에 출동 가능한 지역은 거리와 시간을 제한하지 않는다.
- ④ 정기점검에 필요한 각종시설 및 보고서 등을 비치한다.
- ⑤ 관리소를 통합하여 운영하는 경우에는 통합된 관리소 전용의 CCTV 모니터, 화재경보설비는 터널별로 원격 운영할 수 있도록 한다.
- ⑥ 관리사무소는 주변지역의 통합관리센터로 운영될 수 있다.
- ⑦ 통합 운영되는 관리소는 제연설비를 원격으로 운영할 수 있도록 한다.

(3) 통합관리센터

- ① 통합관리센터는 관리소 및 관리사무소를 군관리하기 위한 시설로 60분 이내에 출동할 수 있는 지역 및 반지름 50km 정도의 지역의 터널현황 등을 고려하여 계획한다. 단, 유관기관(소방서, 경찰서 등)에서 60분 내에 출동 가능한 지역은 거리와 시간에 제한을 두지 않는다.
- ② 통합관리센터 운영 시 CCTV 모니터 및 경보설비는 터널별로 전용으로 원격 운영 할 수 있도록 한다.
- ③ 터널 내 경보신호 및 방재시설로부터 경보신호를 수신하는 경우, 해당 터널을 정확하게 파악할 수 있도록 감시판넬을 구성하여 운영한다.
- ④ 제연설비는 원격제어가 가능하도록 시스템을 구성한다.

〈표 8.1〉 관리사무소 기능실별 기능 및 설치 예

실구분	실면적 (㎡)	시 설 물	기 능	개별 관리 사무소	통합 관리 센터
전기실	233 (71)	수변전 설비	• 한전전기인입(고압→저압)	○	
		UPS 설비	• 방재시설별 축전기에 의한 무정전전원설비(40분)	○	
		분전반	• 각종설비 동력 분배	○	

실구분	실면적 (㎡)	시 설 물		기 능	개별 관리 사무소	통합 관리 센터
제어실	82 (25)	화재수신반		• 터널 내 화재감시	○	△
		긴급전화설비 접수대		• 비상 시 관리동, 센터 통화시설	○	○
		비상방송설비 제어반		• 터널 내 비상 시 방송 송출	○	○
		라디오재방 송설비 제어반	AM/FM 송수신기	• 터널 내 상황을 라디오 등을 통한 송출	○	
			무선통신 중계기		○	○
			긴급방송 유니트		○	○
		원격 감시 및 제어설비	RTU	• 터널 내 각종설비 감시제어	○	
			그래픽판넬		△	○
			Op. Station		○	○
		CCTV	제어판넬	• 터널 내 · 외부상황 감시녹화	○	△
			모니터	• 개별터널 각종설비 감시제어	○	○
		통합관련설비		• 개별터널 각종설비의 감시제어 요소를 통합센터에 중계	○	○
		통합방법설비		• 무인운영 관리동감시(CCTV, ACU)	○	○
발전 기실	77 (24)	비상발전기설비		• 정전 시 비상전원 공급	○	○ (자체)
		유류탱크실		• 비상발전기 연료공급	○	
기계실	67 (21)	소화전 펌프		• 소화용수 가압공급(펌프 등)설비	○	
		히팅케이블 제어반		• 소화배관 동파방지 설비	○	
		분전반		• 각종설비의 동력공급용	○	
		급수설비		• 화장실, 향온 향습기, 급수용 시설 및 물탱크	△	
CO2실	41 (13)	CO ₂ 저장용기		• 전기실, 발전기실 등의 화재진압	○	○ (자체)
저수조	21 (7)	소화용수 저장탱크		• 터널 내 소화전설비 용수 저장	○	
창고	10 (4)	-		• 각종설비 예비부품, 공구류 보관	△	○
기타	54 (17)	계단실 외 각종		-	△	
		화장실, 복도, 홀 등		-	△	
개별 관리사무소 : 관리소와 관리사무실을 의미함 △ : 관리소 설치 제외						

〈표 8.2〉 관리소, 관리사무소, 통합관리센터 계획 예

구분	관리소	관리사무소	통합관리센터
터널등급	연장기준 3등급	위험도지수기준 2등급이상	—
개요	무인관리를 목적으로 연장등급기준 3등급 터널의 방재시설 및 환기시설의 유지·관리 및 운전제어를 위한 최소한의 시설을 갖추도록 하며, 전기실, 변전실, 비상발전기실, 중앙제어실 등의 공간을 갖춘다.	상주관리자에 의해서 상시 터널 내 상황을 감시할 수 있도록 하기 위한 시설을 갖추고 있으며, 주변 관리소의 상황파악을 하기 위한 통합관리센터로 운영될 수 있다.	주변 관리소나 관리사무소의 통합운영을 목적으로 터널 내 방재시설 및 환기시설에 대한 운영관리를 위한 인원이 상주하는 사무소이며, 별도의 통합관리소 설치와 관리사무소에 통합기능을 추가하는 경우로 구분된다.
건물규모	자연환기 : 옥외형 기계환기 : 지상1층	지하1층, 지상1층	별도 : 지하1층, 지상1층 통합 : 지하1층, 지상1층
건축면적	자연환기 : 30평 내외 기계환기 : 40평 내외	180평 내외	별도 : 180평 내외 통합 : 200평 내외

〈표 8.3〉 단기, 중기, 장기 운영계획 예

구분	단기적	중기적	장기적
개요	관리소만 설치되는 중규모 터널을 운영인원이 상주하는 인접한 관리사무소에서 원격관리시스템을 이용한 운영	관리사무소가 설치되는 터널을 운영인원이 상주하는 인접한 관리사무소에서 원격관리시스템을 이용한 운영	관리소와 관리사무소가 설치되는 터널을 지역단위별로 관리하는 통합계획을 수립하고 원격관리시스템을 이용한 운영
관리개수	관리소 10개소 내외	관리사무소 2~3개소	관리사무소 4개~6개
관리주체	위탁운영	위탁운영	위탁운영
인접거리	50km 이내	50km 이내	50km 이내
긴급출동 시간	60분 이내	60분 이내	60분 이내
대상터널	운영 중 및 공사 중인 터널, 설계중인 터널	운영 중 및 공사 중인 터널, 설계중인 터널	운영 중 및 공사 중인 터널, 향후 설계중인터널

(주) 유관기관(소방서, 경찰서 등)에서 60분 내에 출동 가능한 지역은 거리와 시간에 제한을 두지 않는다.



9. 정량적 위험도 평가지침

9.1 일반사항

- (1) 이 장은 도로터널의 정량적 위험도 평가를 위한 세부수행지침을 정함을 목적으로 한다.
- (2) 정량적 위험도 평가는 도로터널의 위험도를 정량적으로 분석하고 수치화함으로써 방재 시설의 설치 또는 적정성 여부를 판단하기 위한 기준을 제시하여 도로터널의 방재시설에 대한 성능설계를 수행하기 위한 자료로 활용함을 목적으로 한다.
- (3) 도로터널의 위험은 추돌 및 충돌 등 일반사고·붕괴·수해·화재 등 다양한 사고를 포함하나, 정량적 위험도 평가는 화재사고에 한하여 실시한다.
- (4) 도로터널의 위험도에 대한 평가는 시나리오별 사상자수(fatalities) 및 해당 사상자가 발생하는 누적빈도(frequency)에 대한 분석을 수행하여 사회적 위험도(societal risk) 평가기준에 의해서 그 적정성 여부를 판단한다.

9.2 정량적 위험도 평가절차

- (1) 도로터널의 위험도에 대한 정량적 평가를 위해서는 화재 발생 시나리오의 작성 및 시나리오별 사고발생률의 산정, 화재해석, 차량정체 및 대피해석, 유해가스가 인체에 미치는 영향의 정량화, 사상자수의 추정, 위험도 평가기준에 의한 위험수준에 대한 분석이 필요하다.
- (2) 정량적 위험도 평가는 일반적으로 다음과 같은 단계로 수행하며, 각각에 대해서 명확한 근거 및 결과를 제시함을 원칙으로 한다.

- ① 화재사고 시나리오의 작성
- ② 화재해석
- ③ 대피해석
- ④ 사상자수의 추정
- ⑤ 사상자수에 따른 누적빈도 작성
- ⑥ 사회적 위험도 평가기준에 의한 위험도 평가

(3) 화재 발생 시나리오 작성기준

- ① 도로터널에서의 화재사고 발생률(건/108Veh · km)은 국가 통계자료나 관계기관의 통계자료를 인용하여 산정함을 원칙으로 한다. 단, 통계자료가 없는 경우에는 일반도로에서 발생하는 사고통계를 기준으로 하여 터널구간에서 발생할 수 있는 일반사고 발생률을 추정하고, 이중 5~6% 정도를 화재사고 발생률로 산정할 수 있다.
- ② 도로터널 화재 시 사고의 영향은 차량 및 적재물에 따른 화재강도에 영향을 받으므로 화재 발생 차종을 승용차, 버스 및 화물차량으로 구분하여 각각에 대한 사고발생률을 산정하여 작성한다.
- ③ 승용차의 화재강도는 5MW로 산정함을 원칙으로 하며, 단독화재 및 2대 연속화재로 구분하여 시나리오를 구성할 수 있다.
- ④ 버스 및 화물차량의 화재강도는 버스는 20MW 이상, 일반 화물차량은 30MW 이상, 위험물 수송차량은 100MW 이상으로 산정하며 각각의 사고발생 확률을 고려한 시나리오를 작성한다.
- ⑤ 화재 시 교통상황(정체 또는 비정체)은 화재로 인한 제연팬 운전 및 화재에 따른 대피자의 분포 및 대피특성, 피해 정도에 지대한 영향을 미치므로 교통량 분석을 통하여 정체빈도를 고려하여 작성한다.
- ⑥ 제연설비가 설치되는 경우에는 제연설비의 운전 성공/실패를 고려할 수 있도록 하며, 성공/실패 확률은 기술 데이터를 활용하거나 통계적인 방법에 의해서 신뢰성이 확보된 자료를 적용한다.
- ⑦ 피난연결통로의 설치간격 및 화재위치에 따른 영향을 고려할 수 있도록 작성한다.
- ⑧ 소화설비의 작동 여부는 Fault Tree 기법에 의해서 시나리오에 반영할 수 있으며, 소화설비의 성공/실패 확률은 기술 데이터를 활용하거나 통계적인 방법에 의해서 신뢰성을 확보한 자료를 적용한다.
- ⑨ 전술한 기본 시나리오에 화재 시 터널 내 풍속이 미치는 영향을 고려하여 시나리오를 작성할 수 있다.

(4) 화재해석 일반사항

- ① 시나리오별 화재해석 결과는 사상자수 추정에 영향을 미치므로 다음과 같은 일반사항을 고려함을 원칙으로 하며, 이 요령에 제시되지 않은 자료는 기술적·통계적인 방법에 의해서 신뢰성을 확보한 기술자료를 적용한다.
- ② 화재 시 온도 및 연소생성물 농도에 대하여 수치해석을 수행하며, 연소로 인하여 발생하는 유해가스의 종류는 위험도 평가의 신뢰성을 확보할 수 있도록 연소이론에 근거하여 정한다.
- ③ 화재강도에 따른 연소생성물의 발생량은 화재해석틀에 따라서 다른 입력 데이터를 요구할 수 있으므로 일반적으로 제시되는 값을 변환하여 사용할 수 있다.

(5) 대피해석 일반사항

- ① 대피해석을 위해서는 화재로 인한 정체차량의 정체길이, 정체차량 수, 차두간격 등 차량정체 특성의 분석 및 차량정체로 인한 터널 내 대피자 수의 산정이 필요하며, 다음 항목과 같이 반영한다.
- ② 터널 내 진입 차량 수는 화재 발생 3분 이내에 차량의 진입이 차단되는 것으로 하여 산정한다.
- ③ 차두간격 및 정체길이를 산정하는 경우, 정체 시 차량밀도는 150 pc/km · lane, 차종별 혼입률은 목표년도의 일평균교통량의 구성비를 적용하며, 차종별 차량의 길이는 도로설계기준에 제시된 기준을 적용한다.
- ④ 대피시간은 감지시간, 반응·결정시간, 안전지역으로 이동시간을 포함하며, 감지시간 및 반응·결정시간은 터널에 설치되는 화재탐지설비 및 경보설비의 성능 또는 신속성을 반영하여 결정할 수 있다.
- ⑤ 대피자의 이동속도(walking speed)는 대피자 밀도, 전방 대피자와의 거리, 가시거리에 의한 보행속도의 저하를 고려하여 산정하는 것을 원칙으로 한다.

(6) 사상자수의 추정을 위한 일반사항

- ① 대피자가 열환경 및 유해가스에 노출되어 이들로부터 받는 인체의 영향 정도는 유해가스에 대한 유효복용분량(FED : Fractional Effective Dose)에 의해서 평가기법 및 유효안전피난시간(ASET : Available Safe Egress Time)과 필요안전피난시간(RSET : Required Safe Egress Time)에 대한 분석기법 등 통계적인 기법에 의해서 평가할 수 있다.
- ② 유효복용분량이 소정의 값을 초과하는 경우에 사상자로 판정하며, 화재영향의 경중에 따라서 등가 사망자 수로 고려하여 산정할 수 있다.

9.3 위험의 평가기준

(1) 추정사상자수-사고발생빈도 선도(F/N선도)

- ① 추정사상자수와 추정사상자수 이상이 발생할 수 있는 빈도(사고발생 누적빈도)를 각각 로그좌표계의 x축과 y축에 표시한 것으로 추정사상자수-사고발생누적빈도 선도(Frequency(F) /Fatalities(N))라 한다.
- ② 정량적 위험도는 각 시나리오별로 사상자수를 추정하여 추정사상자수와 사고발생 누적빈도를 분석하고 이를 사회적 위험도(societal risk) 평가기준과 비교하여 적정수준의 여부를 판정한다.

(2) 위험도 평가기준

- ① 정량적 위험도 평가결과는 총체적 위험도와 사상자수-사고발생 누적빈도(F/N) 선도에 의한다.
- ② 총체적 위험도는 시나리오별 사고발생 확률과 사망자 수의 곱을 구하고 이를 누적한 결과로 나타낸다.
- ③ 사회적 위험도의 평가를 위한 국가기준이 현재 제시되지 못하고 있는 실정이나, 이 요령에서는 ALARP 영역의 High Level 기준을 $N=10$, $F=10-4$ 으로 Low Level 기준을 $N=10$, $F=10-6$ 으로 할 것으로 권장한다.

9.4 위험도 평가 예

- (1) 이 정량적 위험도 평가 예는 실제 위험도평가에 적용할 수 있는 기술 데이터를 예시한 것으로 위험도 평가 시 기술적인 자료가 없는 경우에는 예시된 자료를 인용하여 적용할 수 있다.

(2) 연도별 사고발생률은 <표 9.1>과 같이 제시한다.

- ① 표에서 일반사고 발생률은 교통안전관리공단의 보고서를 인용한 것이며, 터널에서의 일반사고 발생률은 일반도로의 발생 건수 중 터널에서 발생할 수 없는 사고에 대한 감소요인을 반영한 결과이다.
- ② 터널 내 화재사고 발생률은 터널 내 일반사고 발생률에 화재사고로 확대되는 비율을 5%로 적용해서 산정한 결과이다.
- ③ 목표 연도의 사고발생률은 사고발생 건수가 감소하는 추세에 있기 때문에 제시된 사고발생률 이하로 적용할 수 있다.

(3) 사고발생시나리오는 <그림 9.1>과 같이 예시한다.

〈표 9.1〉 사고발생률

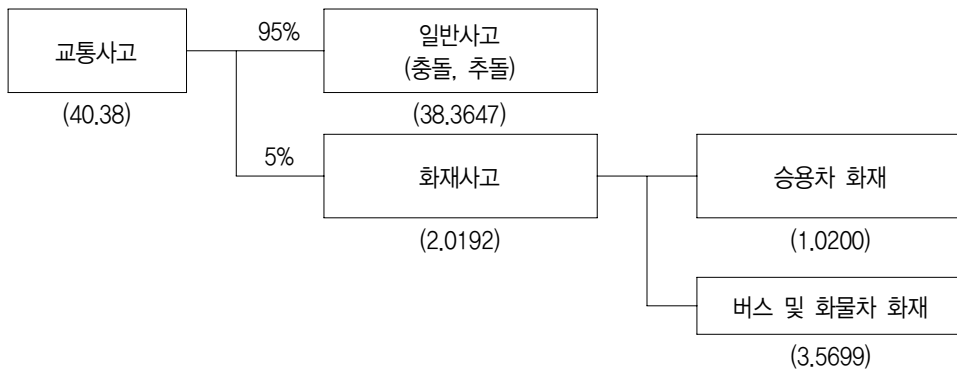
연 도			2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
자동차등록 대수 (100만 대)			12.1	12.9	13.9	14.6	14.9	15.4	15.9
연간 총 주행거리 (10억 Veh · km)			290	300	310.8	317	324	328	331
일반도로에서 일반사고 발생건수(A)			290,481	260,579	231,026	240,832	220,755	214,171	213,745
터널 사고 건수 (건/yr)	일반 사고	발생 건수(B)	301	292	259	453	382	549	567
	화재 사고 ^(주1)	발생 건수(C)	12	8	13	13	4	7	32
일반사고 발생 건수비(B/A)			0.10%	0.11%	0.11%	0.19%	0.17%	0.26%	0.27%
화재사고 발생 건수비(C/B)			3.99%	2.74%	5.02%	2.87%	1.05%	1.28%	5.64%
터널사고 발생률 (건/10km, Veh)	일반사고 ^(주2)		53.0	45.8	34.0	45.4	35.9	34.4	34.1
	화재사고 ^(주3)		2.65	2.29	1.70	2.27	1.80	1.72	1.70

(주1) 정부 DB에서 검색되지 않는 자료로, 소방방재청, 국정감사자료, 한국도로공사 통계자료 및 각종 언론매체 등에 제시된 자료를 재정리한 것임.

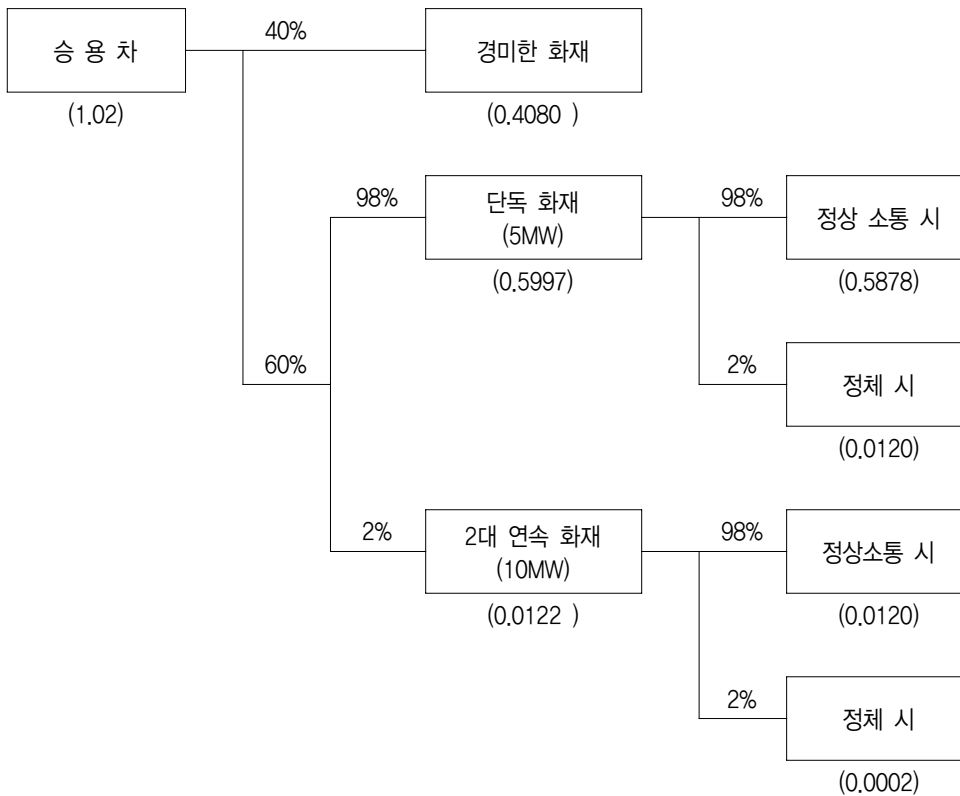
(주2) 일반도로의 사고발생률(=사고 건수/연간 총 주행거리=건/108Veh · km) 중 터널에서 발생할 수 없는 사고(횡단보도사고 등)에 대한 감소율(47.2%)을 고려하여 적용한 결과임.

(주3) 터널에 대한 일반사고 중 화재사고의 비(C/B비율)를 적용하여 화재사고 건수로 환산한 결과임.

- ① 그림의 시나리오는 사고발생률을 2000년 이후 평균치인 40.38건/108Veh · km로 하여 산정한 결과를 예시한 것이며,
() 안의 숫자는 사고발생률(건/108Veh · km)을 나타낸 것이다.
- ② 화재 발생 차종은 승용차와 버스 및 화물차량의 화재로 구분하고 있으며, 승용차와 화물차의 총 주행거리계의 비는 승용차 61% : 화물차 39%, 화물차의 사고발생률은 승용차보다 약 3.5배 높은 것으로 산정하여, 차종별 사고발생률을 계산한 결과이다.
- ③ 승용차의 화재 중 40%를 경미한 화재로 하였으며, 2대 연속으로 화재가 전파하는 비율을 2%로 하였다.
- ④ 화물차량 차종별 사고발생률은 국제상설도로협회에서 제시하는 자료를 인용하여, 20MW 정도의 화재규모를 87%, 30MW 정도의 화재규모를 11%, 100MW 정도의 화재규모를 2%로 적용하여 산정한 결과이다.
- ⑤ 교통상황에 따른 화재 발생 시나리오는 화재 전 교통상황에 대하여 정상소통을 98%, 정체상태를 2%로 산정한 결과이다.



(a) 승용차 화재 및 버스와 화물차 화재 구분



(b) 승용차 화재 시나리오



(c) 화물차 화재 발생 시나리오

〈그림 9.1〉 터널 화재 발생 시나리오

(4) 대피시간 산정을 위한 적용기준

- ① 도로터널 화재 시 대피시간은 다음과 같이 예시하며, 기술적인 데이터가 없는 경우에는 이를 적용할 수 있다.
- ② 대피시간은 감지시간, 반응·결정시간, 이동시간으로 구분하여 이들의 합을 대피시간으로 한다.
- ③ 화재감지시간은 자동화재탐지설비의 감지성능을 1분 이내에 화재를 감지할 수 있는 것을 요구하고 있기 때문에 감지가 성공하는 경우에는 1분 이내로 설정한다.

- ④ 대피결정시간은 차량을 버리는 시간과 대피를 결정하는 시간으로 구분하며, 이에 대한 정확한 기술 자료는 없으나, 이 요령에서는 외국의 연구자료를 인용하여 <표 9.2>에 제시한 시간대별 대피자의 행동특성 및 이에 따른 확률분포를 적용할 것을 권장한다.
- ⑤ 대피속도는 대피자 밀도, 전방 대피자와의 거리, 연기농도에 의한 가시도에 영향을 받으며, 식(9.1) 및 식(9.3)과 <그림 9.2>에 의해서 각 대피자에 대한 대피속도를 구하고 이중에 가장 작은 값을 적용할 것으로 권장한다.

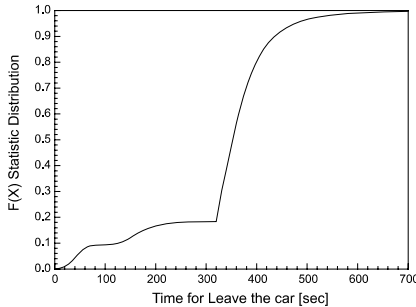
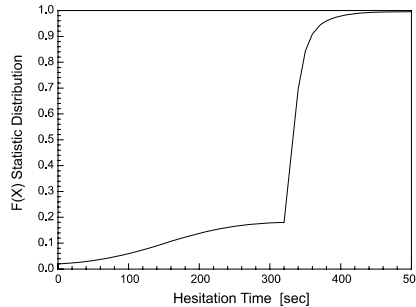
■ 전방의 대피자의 거리에 따른 대피속도 :

$$W_{spd} = V_u \cdot \sin\left(\frac{90}{180}\pi \cdot \frac{D_p - b}{T_D - b}\right), b \leq D_p \leq T_D$$

$$W_{spd} = V_u, D_p > t_d \quad (9.1)$$

여기서, V_u 는 방해물이 없는 경우에 보행속도로 $V_u = 1.4 \text{ m/s}$, D_p 는 앞사람과의 거리, $T_D = 1.6\text{m}$, b : body depth이다.

<표 9.2> 대피특성에 따른 확률분포

그룹	반응시간		결정시간
	비율(%)	확률분포식	확률분포식
I	18.4	51	8% (지체 없이 대피하는 비율) $0.08 + (1 - 0.08)\text{Norm}(151, 8)$
II		49	
II	81.6	GEV(-0.22, 19.81, 33.08)	28% (지체 없이 대피하는 비율) $0.28 + (1 - 0.28)\text{GEV}(-0.44, 13, 8.42)$
확률분포			

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

$\geq V(x; k, \mu, \sigma) = \exp\left(\frac{1}{(1 - k(x - \mu)/\sigma)^{1/k}}\right)$, $\text{Gumb}(x; a, b) = \exp\left(\frac{1}{\exp\left(-\frac{(x - b)}{a}\right)}\right)$

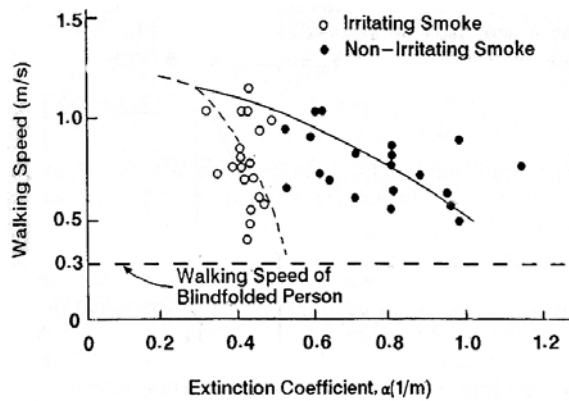
■ 대피자 밀도에 따른 대피속도

$$W_{spd} = k - a \cdot k \cdot D, D_H > 0.55 \text{ person/m}^2$$

$$W_{spd} = 0.85k \quad (9.2)$$

여기서, $a=0.266\text{m}^2/\text{person}$, D_H : 거주밀도, k 는 상수로
램프, 복도, 출입구의 경우에는 1.4m/s이다.

■ 가시도에 따른 대피속도



〈그림 9.2〉 가시도와 대피속도의 관계

(5) 터널 내 정체차량

- ① 정체길이의 전파속도(speed of shock wave; U_w)는 교통공학적으로 구할 수 있으며, 식(9.3)과 같이 예시한다.

$$U_w = \frac{q_1 - q_2}{D_1 - D_0} \text{ (km/h)} \quad (9.3)$$

여기서, q_1 : 정체지점의 시간교통량 (traffic flow rate)

q_2 : 도착 시간교통량(pc/h)

D_0 : 정체지점의 교통밀도(150 pc/km)

D_1 : 도착교통류의 교통밀도이다.

- ② 터널 내 정체차량 수 및 차두간격의 계산을 위한 수식은 다음과 같이 제시한다.

■ 정체차량 수를 식(9.4)로 구한다.

$$N_i = D_0 / PCU_{Total} \cdot \phi_i \text{ (대/km} \cdot \text{Lane)} \quad (9.4)$$

여기서, N_i : i 차종의 차량 수

PCU_{Total} : 총괄 승용차 환산계수

ϕ_i : i 차종의 혼입률이다.

- 평균차두간격(D_v)의 계산은 식(9.5)로 구한다.

$$D_v = 1 / \sum_{i=1}^n N_i \cdot CL_i \quad (9.5)$$

여기서, CL_i 는 i 차종의 차량길이를 도로설계기준을 참조하여 산정한다.

(6) 사상자수 추정기준

- ① 화재 시 인체에 영향을 미치는 유해가스는 일산화탄소, 이산화탄소, HCN, 산소저감률 등이 있으나, 유효복용분량(FED) 평가에 의하여 사상자수를 추정하는 경우에 적용대상 가스는 현시점의 기술적 수준을 반영하여 결정할 수 있으며, 가장 대표적인 일산화탄소를 포함하여야 한다.
- ② 유해가스에 따른 유효복용분량 산정식은 식(9.6)~식(9.8)을 적용할 수 있다.

$$F_{ICO} = \frac{\%COHb}{D} = \frac{8.2925 \times 10^{-4} (\text{ppmCO})^{1.036} t}{D} \quad (9.6)$$

$$F_{IO_2} = \frac{t}{e^{8.13 - 0.54(20.9 - \%O_2)}} \quad (9.7)$$

$$F_{ICO_2} = \frac{t}{e^{(6.1623 - 0.5189\%CO_2)}} \quad (9.8)$$

여기서, D : 의식불명에 이르게 하는 COHb%농도(%)로 30%를 적용한다. t : 시간(min), $\%O_2$: 산소농도(%), $\%CO_2$: 일산화탄소 농도이다.

- ③ 열환경에 대한 평가는 온도, 복사열을 포함할 수 있으며, 각각에 대하여 노출되어 발생하는 위험분율(이하 유효복용분량으로 표현한다)은 식(9.9)와 식(9.10)을 적용할 것을 권장하며, 온도는 반드시 포함할 것을 권장한다.

$$F_{IHEAT} = \frac{t}{e^{5.1849 - 0.0273T}} \quad (9.9)$$

$$F_{IRAD} = \frac{q''^{1.33}}{80} t \quad (9.10)$$

여기서, t : 온도($^{\circ}C$), q'' : 복사강도(Radiative Intensity : kW/m^2)이다.

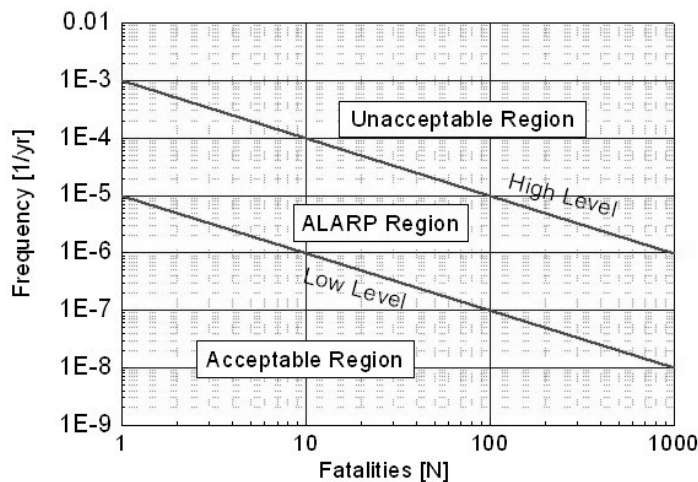
- ④ 화재 시 유해가스 및 열환경이 인체에 미치는 영향은 복합적으로 나타나므로 각각에 대한 유효복용분량의 총합으로 인체에 미치는 영향 정도를 평가한다. 즉, 사상여부를 추정하기 위한 유효복용분량은 식(9.11)로 구할 수 있다.

$$FED_I = F_{ICO} \times V_{CO_2} + F_{ICO_2} + F_{IO} + F_{IHeat} + F_{IRAD} \quad (9.11)$$

- ⑤ 일반적으로 식(9.11)에 의하여 계산되는 유효복용분량(FED_1)이 0.3 이상인 경우에는 사상자로 판단하며, 그 이하인 경우에는 경상자로 등가사상자수 산정기준에 의해서 평가할 수 있다.

(7) 사회적 위험도 평가기준

- ① 사회적 위험도 평가기준은 경제협력개발기구(OECD)와 국제상설도로협회(PIARC) 및 다수의 국가에서 제시하고 있으며, 이 요령에서는 <그림 9.3>과 같이 예시한다.
- ② 그림에서 Unacceptable 영역은 사회적으로 위험수준을 받아들일 수 없는 영역을 의미한다.
- ③ Acceptable 영역은 사회적으로 받아들이기에 충분히 낮은 위험영역을 의미한다.
- ④ ALARP 영역은 경제성을 고려하여 적극적인 노력에 의해서 위험수준을 낮춰야 하는 영역으로 정의된다.



<그림 9.3> 사회적 위험도 평가기준



10. 설비 설계 예

10.1 방재 시스템

방재 시스템은 터널 안의 사고 발생 시 다른 관리용 제 시설 기능을 통합하여 이를 효과적으로 활용하고 사고 등에 대한 적절한 조치를 신속히 할 수 있도록 설계한다.

- (1) 터널 안에 사고 통보는 일반적으로 이용자로부터 수동 통보 또는 긴급 전화에 의존하며, 화재의 경우는 자동 경보(화재 검지기)에 의존하고 있다. 그러나 일반 이용자는 터널안의 상황을 정확히 통보하는 일에 익숙하지 못할 때가 많으므로 터널 안을 순시하는 회수를 늘리든지, 아니면 감시 설비를 만들어 관리 사무소에서 감시를 해야 한다.

감시 방법에는 폐쇄회로 텔레비전(CCTV) 카메라로 직접 감시하는 방법과 CO계, VI계 등 기타 농도 검출 장치나 교통량 측정기(traffic counter)에 의해 이상 사태를 식별하는 간접적인 감시 방법이 있다. 원격 감시 제어 설비로 터널 안에 대한 정보를 관리 사무소에 전송하고 이를 관리 사무소에서 수신, 감시하여 방재 기기를 조작하며, 개개의 기구가 유효하게 운용되도록 터널의 관리 체제를 충분히 검토하여 시스템을 구성해야 한다.

- (2) 터널 안의 교통 사고나 화재 사고는 일반도로 상의 사고의 경우처럼 그 조치를 경찰이나 소방서와 함께 하므로 사고 통보는 중대한 임무이다. 또, 사고 현장에 사고 대책 본부가 만들어질 때는 본부의 지시나 통보를 정확히 전달함과 동시에 환기, 조명의 관리용 제설비의 적절한 운전 조작을 통하여 사고 현장의 환경을 정비 유지하는 일도 중요하다.

10.2. 통신 설비

10.2.1 수동 통보기

수동 통보기는 ‘화재 통지 설비에 관계되는 기술상의 규격을 정하는 법령’에 정한 발신기에 준하는 것이어야 한다.

- (1) 수동 통보기에는 P형 발신기와 M형 발신기가 있다. P형 발신기란 각 발신기가 공통신호(스위치의 개폐 접점으로 신호를 보낸다.)를 수신기에 발신하는 것이다. 따라서, 발신 위치를 알기 위해서는 구획 수만큼의 표시용 전기선을 만들어야 한다.

M형 발신기는 각 발신기가 개개 고유의 신호를 수신기에 발신하는 것이며, 수신기로 발신기에서 나온 고유 신호를 선별 수신하거나 발신 위치를 알 수가 있다. 따라서, 표시 구획을 세분화하여도 표시용 전기선은 공통으로 할 수가 있다.

기기의 선정은 기본적으로 발신 위치 표시의 필요성과 그 경제성에 의해 결정되나, 터널 안이라는 환경을 고려하면 구조적으로 단순하고 실용성이 높은 P형 발신기의 이용이 타당하다.

10.2.2 자동 통보기

자동 통보기는 열, 연기, 복사식 검지기 등이 사용된다.

- (1) 긴급 전화는 일반 이용자가 정보를 정확하고 쉽게 통보할 수 있어야 하므로 한쪽 통화 방식보다 양쪽 통화방식이 적합하다고 할 수가 있다. 또 전화의 종류, 형식 및 기종의 선정은 각 터널의 관리 체제에 따라서 긴급 전화의 접수 방식이 다를 때가 있으므로 이에 적합하도록 발신 위치 식별의 필요성을 고려해야 한다.
- (2) 긴급 전화의 설치 위치를 분명하게 하기 위하여 내부 조명 방식으로 ‘긴급 전화’라고 표시하여 먼 곳에서도 볼 수 있도록 한다.

10.3. 비상경보 설비

도로전광표시판은 원칙적으로 전광식이나 그와 같은 성능을 갖는 것으로 한다.

- (1) 확인성과 주위 환기력이 뛰어나고 순간적으로 정보가 제공되어야 하며, 전광식을 원칙으로 한다.
- (2) 비상 시 이외에도 공사, 정전 등 터널 안의 상황을 표시하고 통행의 안전을 도모하도록 다목적으로 이용해야 한다.
- (3) 피난 연결통로가 있는 터널에서는 화재 사고 등 비상 시에 이용자가 피난 연결통로를 이용하여 반대쪽의 터널에 뛰어드는 것도 예상되므로 반대쪽 터널의 도로전광표지에도 정보를 제공해야 한다.

10.4. 소화 설비

10.4.1 소화기

- (1) 소화기는 손잡이식 ABC 분말 소화기 2개 1조로 소화기구함에 수납한다.
- (2) 소화기함은 '소화기'라고 조명식 표지판을 부착하여 사용자가 쉽게 인지할 수 있도록 한다.

소화기는 화재 초기 단계에 사용하는 소화 기구로 중요한 것이지만 화재가 다양해지고 복잡해짐에 따라 각종의 기종이 시판되고 있으므로 소화 성능, 적응 범위를 고려하여 유효 적절한 기종을 선정해야 한다. 일반적으로 소화기는 소화 대상물의 종별에 따라 다음과 같이 분류된다.

- ① A 화재용 : 목재, 종이, 직물 등의 보통 화재용
- ② B 화재용 : 가솔린, 등유 등의 기름 화재용
- ③ C 화재용 : 전기가 통하고 있는 전기 기기, 전기 설비 등의 전기 화재용

각종 소화기 중 도로 터널용의 소화기를 선정할 때는 다음의 조건을 고려한다.

- ① 자동차 화재의 특수성을 고려하여 특히 B 화재에 대하여 소화 능력이 큰 것
- ② 터널 안의 좁은 공간을 고려하여 격납, 운반, 소화 조작이 쉬운 것
- ③ 독성이 있는 가스를 발생하지 않는 것

- ④ 온도, 습도의 변화에 의해 소화제가 변질되지 않고 장기간 보존되며, 유지관리가 쉬운 것 등 이상의 전제 조건 하에 터널용 소화기를 선정하면 손잡이식의 분말(인산염) 소화기가 가장 좋다고 판단된다. 실제 터널 안에서 생기는 화재의 종류나 규모는 자동차의 종류, 적재물의 종류와 양에 따라 매우 다르다. 따라서, 각종 화재에 대응할 수 있도록 ABC 화재용을 채용하기로 한다.
- 손잡이식 ABC 분말 소화기 3.3kg의 개략적인 성능은 아래와 같다.

- ① 소화 능력 단위 : A급 3단위, B급 5단위 이상, C급 화재에 적응성 있는 것
- ② 방 사 거 리 : 4~7m
- ③ 방 사 시 간 : 8~12초

여기서는 일반인이 손잡이식 분말 소화기를 쉽게 조작할 수 있다는 것을 전제하였는데, 이는 자동차에 탑재되는 소화기가 소형의 분말 소화기가 많고, 이것과 취급 방법이 같은 것이 바람직하다는 판단에서 위의 소화기를 선정하였다.

10.4.2 소화전

- (1) 소화전의 방수구는 구경 40mm의 단구형으로 하고, 방수 압력은 0.35MPa 이상, 노즐 1개의 방수량은 190ℓ /min 이상이며, 길이 15m의 호스 3본 및 노즐(분무 전환 노즐 달림)을 연결한 호스식으로 한다. 또한 소화전 2개를 동시에 방수했을 때에도 위의 조건을 만족시켜야 한다.
- (2) 방수구는 소화전함에 넣어서 설치하고 소화전함에는 ‘소화전’이라 명시한다.

- (1) 터널 안에 만드는 소화전은 소화 효과 및 사용자가 혼자서 노즐을 갖고 쉽게 소화 활동을 할 수 있을 정도를 고려하여 방수량 190ℓ /min, 방수압력 0.35MPa로 정한다.
- (2) 소화용 방수 압력과 방수량을 얻는 방법으로는 고가 저수조로써 항상 소화전에 상기 방수압을 얻을 수 있는 압력을 가해 두는 방법과 방수구를 개방함에 따른 감압을 감지하여 소화 펌프를 원격 운전하는 방법 등이 있으며, 이 중 어느 방식을 선정할 것인가는 각 터널의 입지 조건을 감안하여 결정한다.
- (3) 터널 안의 동일 화재 현장에 대하여 소화전의 동시 사용은 2개 소화전 동시 사용을 기준으로 한다.
- (4) 소화배관 및 방수구가 얼지 않도록 보호해야 한다.

10.4.3 물분무 설비

물분무 설비의 헤드는 차로 폭 범위 내의 노면 1m^2 에 대해 $6\ell/\text{min}$ 이상의 수량이 균등하게 살수되도록 배치해야 한다.

- (1) 물분무 설비는 소화배관에서 분리되는 물분무헤드에서 물을 분산살수하여 화재를 진압과 동시에 화재 시 발생하는 열에 터널 시설이 손상하지 않도록 냉각보호하고 복사열을 차단하여 소화 및 대피 작업을 용이하게 하고 아울러 다른 차량으로 화재가 전파되는 것을 방지하는 것이다.
- (2) 살수 구간은 화재 지점과 어긋나지 않도록 하기 위해 화재 감지기의 동작으로 해당 구획의 일제개방밸브가 열리는 제어 방식으로 하며, 구획의 경계에서 발생하는 화재에도 대처하기 위해 3구획 동시 방수가 가능한 것으로 한다.
- (3) 물분무헤드에서의 방수는 화재의 발생을 화재 감지기로 감지하고, 수신기로 일제개방밸브의 선택 및 소화 펌프를 가동시켜 관리자가 감시용 텔레비전(CCTV)으로 화재 지점을 확인한 후 수동으로 일제개방밸브를 개방하는 방식이 일반적이다.

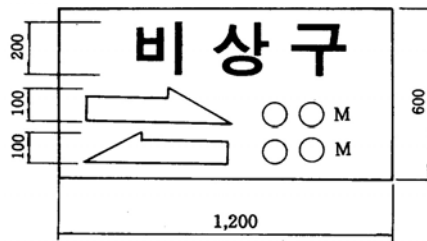
일제개방밸브의 개방 조작은 관리 사무소나 터널 환기소 또는 터널 안에서 할 수 있도록 하고 화재 지점의 이동에 대처할 수 있도록 수동, 자동조작이 가능해야 한다.

10.5 기타설비

10.5.1 유도설비

- (1) 유도설비는 표지판 및 방송 설비로 구성되며, 방송 설비는 음성 방송과 라디오 방송으로 구성된다.
- (2) 표지판은 내부 조명식(야광)을 표준으로 한다.
- (3) 음성 방송은 스피커로, 라디오 방송은 전파를 통하여 자동차 라디오에 의해 음성을 전달한다.
- (4) 방송용 마이크는 관리 사무소에 설치한다.

- (1) 표지판은 터널 안의 재해 시 차 밖에 나온 사람에게 대피 연결통로로 유도하기 위해 연결통로의 위치를 알리는 것이며, 먼 곳에서 눈으로 확인되어야 하므로 내부 조명식으로 한다. <그림 10.1>은 표지판에 대한 설치 예를 표시한 것이다.



1. 바탕색은 녹색, 글자 및 기호는 백색으로 한다.
2. 글자체 등의 기타사항은 '도로표지규칙'에 따른다.

<그림 10.1> 유도 표지판

- (2) 방송 설비로서 확성 방송만을 이용할 경우, 창문을 닫고 주행하는 운전자는 방송을 듣지 못할 수도 있으므로 자동차 라디오를 이용하는 라디오 방송도 아울러 설치한다.
- (3) 라디오 방송 설비는 보통은 터널 근방의 수신 가능한 라디오 방송을 재방송하고 긴급 시에는 라디오 방송을 중단하고 관리 사무소에 있는 마이크로 긴급 방송을 할 수 있어야 한다.

10.5.2 감시용 텔레비전(CCTV) 설치

- (1) 카메라의 영상은 관리 사무소에서 감시
- (2) 화재 감지기, 수동 통보기 및 긴급 전화기에서 신호에 의해 자동 작동으로 한다.
- (3) 텔레비전 방식은 표준 텔레비전 방식에 준한다.
- (4) 카메라는 감시원 통로면 위의 옆벽 부분에 설치한다.

화재 감지기, 수동 통보기 및 긴급 전화기의 신호에 따른 작동 작동은 모니터 텔레비전을 포함한 전체의 전원을 켜고 동시에 자동적으로 그 지점의 카메라를 선택하여 관리 사무소에 경보를 보낸다.

기기의 설계와 제조 및 보수가 유리한 방식을 채택한다.

카메라는 보수 작업을 쉽게 하기 위해 제어 부분을 분할하여 옆벽에 설치하고, 카메라 헤드 사이는 카메라 케이블로 접속한다.

10.6 소화수 공급설비

10.6.1 수원(水源)

수원은 공용 상수도로 하는 것이 일반적이지만, 공용 상수도에 의한 수원의 확보가 곤란할 때는 터널 용수, 지하수에 의존한다.

터널 방재용의 수원은 일반적으로 물이 마르지 않는 안정된 수량(水量)이 확보되는 공공용 상수도로 하기로 한다. 도시 근교에 근접하여 건설된 고속도로는 공공용 상수도로 수원 확보가 비교적 쉽게 얻을 수가 있지만 근래 이와 같은 입지 조적이 좋은 터널은 감소되고 있다. 따라서, 입지 조건이 나빠 수원의 확보가 곤란할 때는 터널 용수, 하천 및 늪, 우물 등에서 물을 얻도록 한다. 또한 터널 용수, 하천 및 늪, 우물물로 수원을 확보 할 때는 연간 조건이 가장 나쁜 갈수기의 물량을 조사하여 주(主) 수조에 12시간 이내에 만수가 되는 수량을 원칙으로 한다.

10.6.2 수조(水槽)

- (1) 주 수조의 용량은 원칙적으로 필요 방수량을 40분간 사용한 양에 여유를 더한 수량을 저수할 수 있는 크기로 한다.
- (2) 호수조(呼水槽)의 용량의 단위는 1m^3 를 표준으로 한다.

- (1) 주 수조의 용량은 소화전, 살수기 설비 용수를 동시 사용하는 조건에 따라 사용분 만큼 확보해야 하며 안정도를 고려하여 여유를 주기로 한다. 또한 덕트 냉각 설비가 있을 때는 이것도 포함하여 고려해야 한다.

펌프하단에 설치되는 수조의 깊이는 펌프 흡입 위치에서 수조 및 바닥판 상단까지의 실제 깊이와 배관의 마찰 손실 수두의 합계가 유효흡입수두를 넘지 않도록 한다.

- (2) 저수조는 지진, 바람 및 부식 작용에 의한 누수가 생기지 않는 것이어야 하며, 일반적으로 철근 콘크리트제로 하고, 필요에 따라서 점검구, 사다리 및 수위 표시기를 만든다. 또, 급수 방식은 저수조의 수위가 낮아지면 자동적으로 급수하는 방식으로 한다.

- (3) 저수조가 펌프보다 낮은 위치에 설치되는 경우, 호수조는 화재 시에 소화 활동을 신속히 하기 위하여 소화배관을 항상 채우고 아울러 자동 밸브 작동의 유지 및 펌프의 호수용(呼水用)으로 설치하는 것이며, 호수조(呼水槽)를 단독으로 설치할 때의 저수 용량은 1m^3 정도가 바람직하다. 또, 호수조는 동결 방지를 고려해야 한다.

(4) 물분무용 수조 용량의 계산 (예)

(가) 물분무 설비의 분무량

$$Q_1 = 1.1 \times l \cdot w \cdot t$$

여기서, Q_1 : 분무량(ℓ /min)

l : 분무 구간 길이(3구획 동시 살수 $25\text{ m} \times 3 = 75\text{ m}$)

w : 분무 대상 폭 [7.0 m (차로) + 0.5 m (측대) $\times 2$]

t : 단위 분무량 (6ℓ /min/ m^2)

여기서, 계수 1.1은 10%의 여유를 잡은 것이다.

$$Q_1 : 1.1 \times 75 \times 8 \times 6 = 3960(\ell / \text{min})$$

(나) 덕트 냉각 설비의 분무량

$$Q_2 = \frac{(t - t_c) \cdot V \cdot \gamma \cdot P}{\epsilon \cdot \eta}$$

여기서, Q_2 : 냉각에 필요한 분무량(ℓ /min)

t : 배기 온도($^{\circ}\text{C}$)

t_c : 팬보호 상의 한계 온도($^{\circ}\text{C}$)

V : 배기 풍량(m^3/sce)

γ : 배기 비중(kg/m^3)

P : 배기 비열($0.2417\text{ kcal}/\text{kg}^{\circ}\text{C}$)

ϵ : 물의 기화열(kcal/kg)

η : 물의 냉각 효율(0.5)

$$\gamma = 1.2931 \times \frac{273}{273 + t_m}$$

여기서, t_m : 평균 온도($[t + t_c]/2$)

또한 배기 온도(t)는 다음에 따라 구한다.

$$(t - t_0) \cdot V \cdot \gamma \cdot P = g \cdot c \cdot s \cdot \alpha \cdot \beta$$

여기서, t_0 : 급기온도(30°C)

g : 연소물의 연소 속도(자동차용 가솔린 : $0.049\text{kg/sec} \cdot \text{m}^2$)

c : 연소물의 발열량(11.00kcal/kg)

s : 연소면적(30m^2 이상으로 한다.)

α : 불완전 연소 계수(0.9)

β : 열손실 계수(0.9)

또, 물의 기화열(ε)은 $0 \sim 180^{\circ}\text{C}$ 사이에 있는 온도 t' 에 대해,

$t = 539.1 - 0.3428(t'-100) - 1.000834(t'-100)^2$ 으로 구해진다.

(다) 주 수조 용량

주 수조 용량은 터널 길이에 의해 설치되는 설비의 내용에 따라 다르기 때문에 그 필요에 따라 결정한다.

〈표 10.1〉 주 수조 용량(계산 예)

터 널 길 이	설비명	필 요 물 량	주 수조 용량
1,000m 이상	소화전	$190\ell / \text{min} \cdot \text{개} \times 2\text{개} = 380\ell / \text{min}$	$(380)\ell / \text{min} \times 40\text{min} \times 1.2 = 18,24\text{m}^3$
3,000m 이상의 터널 중 물분무기가 있을때	소화전 물분무	$190\ell / \text{min} \cdot \text{개} \times 2\text{개} = 380\ell / \text{min}$ $1,320\ell / \text{min} \cdot \text{구획} \times 3\text{구획} = 3,960\ell / \text{min}$	$(380+3,960)\ell / \text{min} \times 40\text{min} \times 1.2 \approx 208,32\text{m}^3$

※ 환기 방식에 의한 급,배기팬 보호용 덕트 냉각 설비가 필요할 때는 이를 가산해야 함

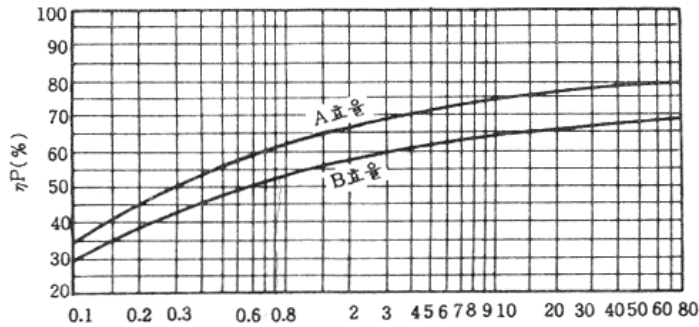
10.6.3 펌프

- (1) 펌프는 양수량, 양정(揚程), 효율, 출력, 기종 등 여러 가지 조건을 충분히 검토한 후 선정한다.
- (2) 가압 펌프의 양정이 1.2MPa 이하면 일반배관용 탄소강관의 사용이 가능하다.
- (3) 소화수에 공급하는 펌프 능력은 주 수조를 12시간 이내에 만수시킬 수 있어야 한다.

(1) 펌프는 아래의 것을 표준으로 한다.

- ① 취수 펌프, 수중 터빈 또는 볼류트펌프
- ② 가압펌프, 횡형 터빈 또는 볼류트펌프
- ③ 호수(呼水)펌프, 수중터빈 또는 볼류트펌프

- (2) 펌프 효율은 기존, 양수량, 양정, 회전 수 기타 여러 가지 조건에 따라 변하므로 일단 <그림 10.2>에 표시한 효율을 기준으로 전동기 출력을 산출해야 한다.



단, A 효율 : 펌프의 최고 효율
B 효율 : 펌프의 정해진 토출량에 대한 최저효율

<그림 10.2> 토출량과 펌프 효율의 관계도

- (3) 펌프의 양정, 유량, 축 동력, 전동기 출력 등은 아래의 식으로 구할 수가 있다.

(가) 전 양정

$$H = h_a + \sum h_f + h_o$$

여기서, H : 전 양정(m)

h_a : 실 양정(m)

$\sum h_f$: 관로의 손실 수두의 합(m)

h_o : 관로 말단의 방수압 환산수두(m)

(나) 흐름량

$$Q = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 V \times 60$$

여기서, Q : 흐름량(m^3/min)

D : 관지름(m)

V : 흐름 속도(m/sec)

(다) 축동력

$$P_s = \frac{r \cdot Q \cdot H \times 0.163}{\eta P}$$

여기서, P_s : 펌프 축 동력(kw)

r : 양수의 단위 체적당 중량(kg/ℓ)

ηP : 펌프 효율

(라) 전동기 출력

$$P_m = \frac{r \cdot Q \cdot H \times 0.163}{\eta P} \times (1 + \alpha) = P_s (1 + \alpha)$$

여기서, P_m : 전동기 출력(kw)

α : 여유도(0.10~0.20)

10.6.4 관로

관로는 관의 종류, 구경, 수압, 관의 길이 및 마찰 손실을 고려하여 펌프의 말단 기기에 필요한 물량을 필요한 압력으로 방출할 수 있도록 설계해야 한다.

(1) 관의 종류는 경제성, 시공성 및 유통성(流通性)을 고려하여 선정해야 하나 과거의 실적을 고려하여 <표 10.2>를 표준으로 한다.

<표 10.2> 관의 종류

시 공 장 소	관 종	규 격
터널 안 및 터널 밖 배수 주관	수도용 T형 원심력 덕타일 주철관	KS F 4412 - 87
취 수 관(취수조~주수조) 호수배관(주수조~호수조)	비닐 라이닝 강관	규격품의 관 및 이음 내면에 경질염화 비닐관 및 수지를 라이닝 한 것
펌프 실내 배관	비닐 라이닝 강관	규격품의 관 및 이음 내면에 경질염화 비닐관 및 수지를 라이닝 한 것

(2) 관의 지름, 유량 및 평균 유속, 마찰 손실 수두에 대해서는 여러 가지 실험식이 있지만 현재는 일반적으로 Hazen-Williams의 공식이 많이 사용되고 있어 이 식을 이용하는 것이 바람직하다. 또한 이 공식의 유속 계수 값은 관의 사용 연수가 지남에 따라 차차 작아지는 경향이 있으므로, 새로운 관을 설계할 때에는 유속 계수 값으로 20년 후를 생각하여 <표 10.3>의 값으로 한다.

또한, 〈그림 10.5〉와 〈그림 10.6〉은 Hazen-Williams의 식에 의한 유량 계산 도표를 나타낸 것이다.

Hazen-Williams의 공식

$$d = 1.6528 C^{-0.38} \cdot Q^{0.38} \cdot l^{-0.205}$$

$$Q = 0.27853 C \cdot d^{2.63} \cdot l^{0.54}$$

$$V = 0.35464 C \cdot d^{2.63} \cdot l^{0.54}$$

$$l = h/l = 10.666 C^{-1.85} \cdot d^{-4.87} \cdot Q^{1.85}$$

여기서, d : 관의 지름(m)

Q : 유량(m³)

V : 평균유속(m/sec)

l : h/l = 동수 경사

C : 유속 계수

h : 관로의 길이(l)에 대한

마찰 손실 수두(m)

〈표 10.3〉 유속계수 값

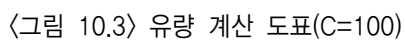
관 종 류	C값
강 관	100
모르타르라이닝 주철관	103
도 금 강 관	130

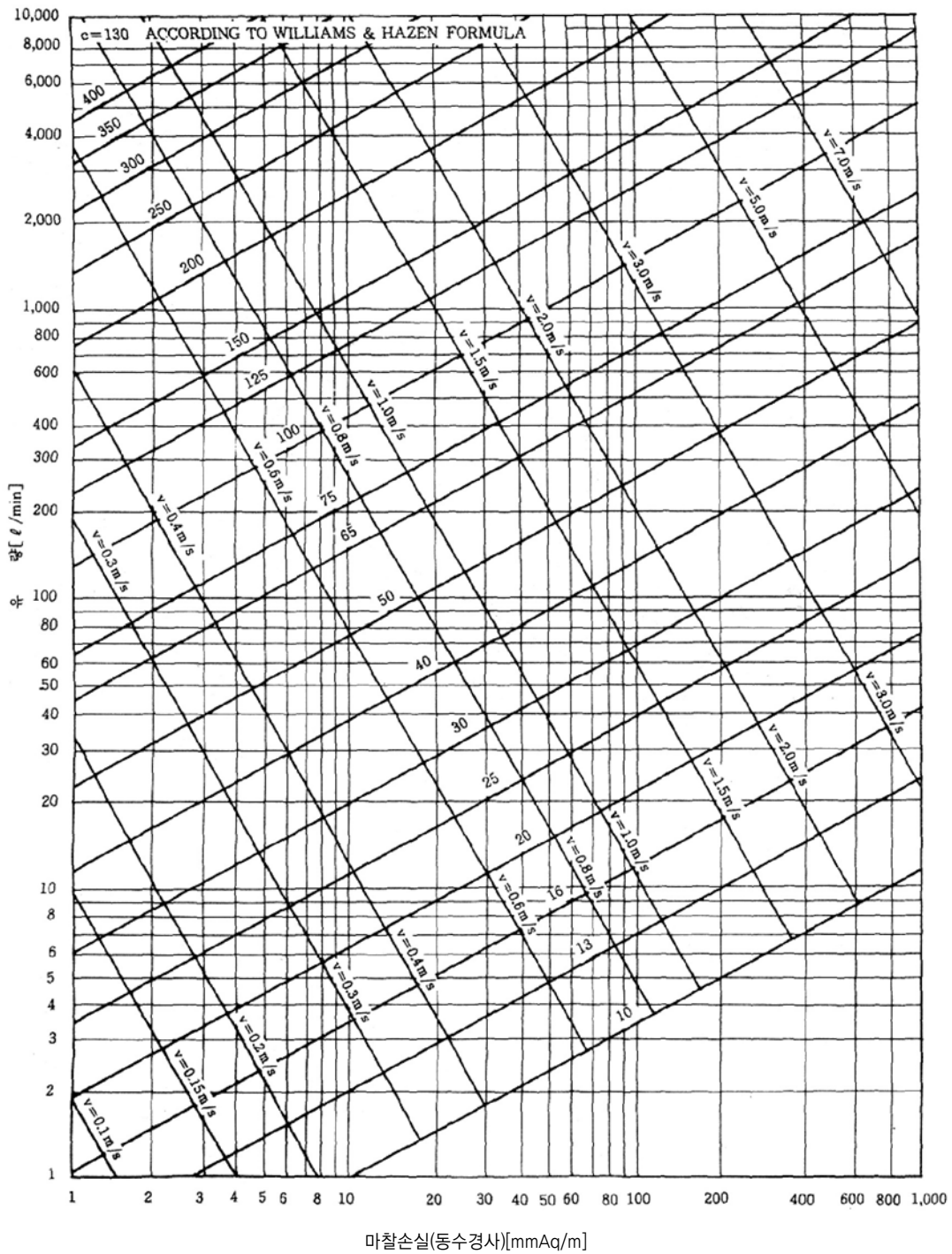
〈표 10.4〉는 관 내의 평균 유속의 최대 한도를 나타낸 것이다.

〈표 10.4〉 관내의 평균 유속의 최대 한도

관 내면 상태	평균 유속의 최대 한도(m/sec)
모르타르 또는 콘크리트	3.0
강 또는 주 철	6.0

- (3) 급수관의 부설은 루프 배관을 원칙으로 하나 터널의 지형상 부득이할 때는 제한을 두지 않는다. 또, 한랭지에서는 동결 방지 대책면에서 관 내 유체를 순환하게 하거나 흐르게 하도록 해야 한다.
- (4) 관로의 시설 시 터널부와 밝은 곳의 경계 및 구조물과 토공의 경계 등 부등 침하의 발생이 예상되는 장소에서는 연성 이음부에 의한 완충 효과를 고려해야 한다.
- (5) 토공에 시설하는 관로의 굽어지는 부분, 분기점 등은 수압 및 부등 침하에 의한 관의 변형을 방지하기 위해 콘크리트로 타설하는 것이 바람직하다.





〈그림 10.4〉 유량 계산 도표(C=130)



참 고 자 료

1. 터널표준시방서, 국토해양부, 2009
2. 도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙, 해설, 지침, 국토해양부, 2009
3. 고속도로 건설공사 설계 기준, 한국도로공사, 2000
4. 고속도로 건설공사 표준도, 한국도로공사, 2001
5. 호남고속도로 고서-순천간 4차선 확장 실시설계 터널공 설계기준 비교검토(안), 한국도로공사 설계사업소 설계기준부, 1992
6. 고속도로 공사 시공 및 품질관리 지침서(Ⅰ), 한국도로공사(수도권 고속도로 건설사업소), 1991
7. 영동고속도로 신갈-원주간 4차선 확장 실시설계 특별시방서, 한국도로공사, 1991
8. 중부고속도로 건설지, 한국도로공사, 1988
9. 남산 제1호 터널 쌍굴 건설공사 종합보고서, 서울특별시, 1988
10. 고속철도 터널 표준시방서(안), 고속전철기획단, 1991
11. 토목 구조물의 현장계측에 관한 연구, 한국전력공사 기술연구원, 1989
12. 토목공사 감리 실무 요령(도로, 지하철), 한국종합기술개발공사, 1989
13. 최신 도로설계요령 제3권 12편 터널공, 건설이공학사, 1980
14. 설계요령 제3집 제9편 터널, 일본도로공단, 1985
15. 방재설비 기준, 한국도로공사, 1998
16. 도로터널 방재시설 설치지침, 국토해양부, 2004
17. 도로터널 방재시설 설치 및 관리지침, 국토해양부, 2009