

도로터널 방재 · 환기시설 설치 및 관리지침

2023. 08.

국토교통부

도로터널 방재·환기시설 설치 및 관리지침 개정에 따른 경과조치

본 예규의 시행일을 기준으로 종전 규정을 사용할 수 있으나, 유예기간은 시행일로 부터 4년 이내로 한정하며, 최신의 예규를 적용하여야 한다. 다만, 운영 중인 터널 중 본 예규를 적용하지 못하는 경우에는 ‘건설기술진흥법’에 따른 심의를 거쳐서 예외로 할 수 있다.

제 1 편 : 방재편

제 1 장 통 칙

1.1 목적

본 지침은 도로터널 방재시설의 계획·설계·시공 및 관리 시 적용해야 할 최소한의 기술기준을 규정함을 목적으로 한다.

1.2 적용범위

- (1) 본 지침은 「도로법」 10조에서 규정하고 있는 고속국도, 일반국도, 특별시도, 광역시도, 지방도, 시도, 군도, 구도의 터널에 적용함을 원칙으로 한다.
- (2) 본 지침의 적용대상인 ‘도로터널’은 자동차의 통행을 목적으로 지반을 굴착하여 지하에 건설한 구조물, 개착공법으로 지중에 건설한 구조물(BOX형 지하차도), 기타 특수공법(침매공법 등)으로 하저에 건설한 구조물(침매터널 등)과 지상에 건설한 터널형 방음시설(방음터널)을 말한다.
- (3) 본 지침의 적용대상 도로터널은 전차종이 통과하는 일반 도로터널과 소형자동차만 통과하는 소형차 전용터널을 말한다.
<신설>
- (4) 본 지침은 터널 내 차로수가 2차로인 터널을 기본으로 하며, 3차로 이상의 대단면 터널에 대해서도 터널의 제원 및 위험도를 고려하여 준용한다.
- (5) 내공단면적 및 시설한계가 표준단면과 현저한 차이가 있는 특수공법의 터널은 본 지침의 적용을 예외로 할 수 있다. 다만, 본 지침에서 정하는 방재시설(소화설비, 경보설비, 피난대피설비, 소화활동설비, 비상전원설비)의 설치를 계획하여야 하며, 시설별 설치여부 및 시설별 세부설치기준은 개별 터널별로 수치해석, 모형실험, 정량적 위험도평가 등을 수행하여 계획한다.

1.3 용어의 정의

- (1) 가압운전모드 : 쌍굴터널, 피난대피터널 및 격벽분리형 대피통로 등의 안전지역 압력을 화재터널보다 높게 유지하여 화재터널에서 발생한 연기가 대피(상대)터널로 침입하는 것을 방지하기 위한 환기기 운전모드를 말한다.
- (2) 가요성 금속피 케이블 : 전선 또는 케이블을 선심으로 인터록 금속(알루미늄, 스틸) 테이프 외장이나 평활 또는 주름진 금속 시스로 외장한 배관·배선 일체화 케이블을 말한다.
- (3) 개구부 : 터널 상부 또는 측벽에 공기의 유입 또는 유출이 가능한 열린 공간을 의미한다.
- (4) 갱구부 : 터널의 갱구부는 터널의 입구부와 출구부를 말한다.
- (5) 경보 : 사고 발생 시 터널관리자나 관련기관에 터널 내의 이상 상황을 전달하고, 터널 내 사용자들이 적절한 행동을 취하도록 통보하는 행위를 말한다.
- (6) 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.
- (7) 고속도로 : 「도로법」 제10조 및 「도로교통법」 제2조제3항 및 시행규칙 제19조에 따른 도로로서 중앙분리대에 의하여 양방향의 분리되고 입체교차를 원칙으로 하는 도로를 말하며, 차량의 운행속도가 최저속도는 50km/h, 최고속도는 80~120km/h로 출입이 제한된 도로를 말한다.
- (8) 곡선터널 : 터널의 선형이 직선이 아닌 굽어진 터널을 말하며, 평면선형의 굴곡도는 도로가 평면상 굴곡된 정도를 나타내는 지표로 단위길이에 대한 교각의 변화나 곡선반경으로 정의한다.

- (9) 교통환기력 : 터널을 운행하는 차량의 항력에 의한 피스톤효과에 의해서 발생하는 환기력을 말한다.
- (10) 구간배연 : 터널연장이 긴 경우에 터널을 다수의 구간으로 나누어 배연하는 방식을 말한다.
- (11) 구조물 : 교량, 터널, 댐 등과 같이 천연 또는 인공재료를 사용하여 하중을 기초에 전달하고 그 사용목적에 유익하도록 건조된 공작물을 총칭한다.
- (12) 균일배기방식 : 터널내에 덕트를 시설하고 일정 간격으로 배기구를 설치하여 단위 길이당 배기풍량이 균일하도록 배기하는 방식으로 횡류환기방식의 일종을 말한다.
- (13) 관리기관 : 도로관리청, 유료도로관리청, 유료도로관리권자(민자사업자)등 을 말한다.<신설>
- (14) 기계환기 : 터널환기를 위해 필요로 하는 소정의 환기량을 교통환기력으로 충족할 수 없는 경우, 환기설비를 설치하여 강제적으로 환기를 수행하는 것을 말한다.
- (15) 내조식 조명 : 표지판 내부에 조명을 설치하여 표지의 내용을 인식할 수 있도록 하는 조명방식을 말한다.
- (16) 내진동형 : 구조물에서 전달되는 기계적 진동에 저항할 수 있는 형태의 구조를 말한다.
- (17) 대단면 터널 : 3차로 이상의 차로수를 갖는 터널로 시설한계와 유지점검용 통로, 조명, 방재설비, 배수설비 등의 터널부속 설비나 환기를 위한 덕트 설치공간 등의 여유 단면을 포함한 터널로 단면적이 일반터널 보다 큰 터널을 말한다.
- (18) 대배기구방식 : 횡류환기방식의 일종으로 배기구에 개방/폐쇄가 가능한 전동댐퍼를 설치하여 화재 시 화재지점 부근의 배기구를 개방하여 집중적으로 배연할 수 있는 제연방식을 말한다.

- (19) 대피 소요시간 : 터널화재 시 화재를 감지하고 안전지역까지 대피하는 데 필요한 시간으로 화재 감지시간, 반응/결정시간과 이동시간을 포함한다.
- (20) 대형차혼입률 : 설계 연도의 연평균일교통량의 차종별 구성비 중 대형버스, 중형트럭, 대형트럭 및 특수트럭에 대한 구성비의 합을 말한다.
- (21) 데이터 수집장치 : TC계(차종별 교통량 계측장치), VI(매연 투과율)측정계, CO/NOx측정계 및 풍향풍속계 등 터널 내 교통량 및 환경정보를 획득하기 위한 계측장비와 데이터 저장장치 등을 말한다.
- (22) 망입유리 : 유리액을 롤러로 제판하여 그 사이에 철, 황동, 알루미늄 등의 금속망을 삽입하고 압착하여 성형한 유리를 말한다.
- (23) 무전기 : 통신설비에서 무선으로 전파를 전송하는 장비를 말하며, 터널 내부에 안테나를 설치하여, 발신 혹은 수신하며 이동자기(마이크로폰이나 호출자기)로 송수신을 행한다.
- (24) 물분무소화설비 : 소화수를 헤드 또는 노즐을 통해 고압, 중압, 저압으로 분사하는 시설로, 펌프, 밸브, 배관, 헤드 또는 노즐로 구성된다.
- (25) 물분무 헤드 또는 노즐 : 물분무소화설비의 말단에 부착하여 직선류 또는 나선류의 물을 충돌시켜 분무하기 위한 기구이다.
- (26) 본선터널 : 차량운행에 상용되는 주된 차로를 말하며, 차량이 주행하는 터널을 말한다.<신설>
- (27) 분기터널 : 본선터널에서 차선의 분류나 합류가 발생할 경우, 본선터널과 교차각이 예각 또는 직각으로 연결된 터널을 말한다.<신설>

- (28) 배기구 : 터널 환기 시 오염공기를 배기하거나 화재 발생 시 화재연기를 배연하기 위한 개구부를 말한다.
- (29) 배연 : 화재 시 발생하는 연기 및 열기류를 화재지점으로 부터 외부로 배기하는 것을 말한다.
- (30) 배연구역 : 터널 천장부에 설치된 덕트를 통해 화재에서 발생하는 연기를 배연하기 위해서 배기구를 개방하는 등의 방법을 적용하는 일정한 범위의 지역을 말한다.
- (31) 반횡류방식 : 터널에 급기 또는 배기덕트를 시설하여 급기 또는 배기만을 수행하는 횡류환기방식을 말한다.
- (32) 방수압력 : 옥내소화전의 노즐, 물분무소화 헤드 또는 노즐의 선단에서 소화수의 압력(MPa)을 말한다.
- (33) 방수 : 방수제 및 방수포를 사용하여 물이나 습기의 투과에 대한 저항을 크게 하는 것을 말한다.
- (34) 방호시설 : 낙석, 붕괴, 파랑 등으로 인하여 교통에 지장을 주거나 도로구조에 손상을 줄 우려가 있는 부분에 설치하는 울타리, 옹벽, 기타 설치물을 말한다.
- (35) 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.
- (36) 변전실 : 고압 이상의 전기를 수전하여 부하기기의 사용전압에 적합하게 변성하기 위한 변압기, 차단기, 배전반, 단로기, 계측기 등을 설치하기 위한 공간을 말한다.
- (37) 부압 : 기준압력인 대기압 보다 낮은 압력을 말한다.
- (38) 분배기 : 전파의 전송선로 도중에 삽입하여 전파를 균등하게 배분하는 기구를 말한다.

- (39) ABC급 화재 : 일반적으로 A급화재는 연소 후 재를 남기는 화재로써 나무, 종이 섬유 등의 가연물에 의한 화재, B급화재는 연소 후 재를 남기지 않는 화재로써 유류, 가스 등의 가연성 액체나 기체 등에 의한 화재, C급화재는 전기설비 등에서 발생하는 화재로써 수변전 설비, 전선로(電線路) 등의 화재를 말한다.
- (40) 비상전원 : 사고나 고장에 의해 상용전원이 공급되지 못할 경우에 대비한 무정전전원설비나 비상발전설비에 의한 전력 공급원을 말한다.
- (41) 사각지대 : 화재 및 재해 발생 시 각종 감시장치 및 비상설비의 영향력이 미치지 못하여 상황의 감시가 불가능한 지역을 말한다.
- (42) 사갱 : 터널 굴착 시 버력이나 재료의 운반을 위하여 굴착하는 것으로 일정한 경사를 가진 갱을 말하며, 환기용 갱으로 활용되기도 한다.
- (43) 상용전원 : 정상적인 상태에서 한국전력공사 등 외부의 전력 회사로부터 전력을 공급받아 사용하는 전력공급원을 말한다.
- (44) 상대터널 : 쌍굴터널에서 화재가 발생하지 않은 인접터널을 말한다.
- (45) 도로의 설계서비스수준 : 도로를 계획하거나 설계할 때의 통행속도, 교통량과 교통용량의 비율, 교통밀도와 교통량 등에 따른 도로운행 상태의 질을 말한다.
- (46) 설계속도 : 차량의 주행에 영향을 미치는 도로의 기하구조를 설계하기 위하여 정하는 속도로써, 도로설계 요소의 기능이 충분히 발휘될 수 있는 조건에서 보통의 운전 기술을 가진 운전자가 도로의 어느 구간에서도 쾌적성을 잃지 않고 안전하게 주행할 수 있는 속도(km/h)이다.

- (47) 설계화재강도 : 방재시설 설계 시 시설의 용량산정을 위해 적용하는 차량화재에 따른 발생열량(MW)을 말한다.
- (48) 성층화 : 화재연기가 온도차에 의한 부력에 의해 터널 상층부에서 연기층을 형성하는 현상을 말한다.
- (49) 소방용품 : 「화재예방, 소방시설 설치·유지 및 안전관리에 관한 법률」(이하 “「소방시설법」”이라 한다)에서 규정하는 소방시설 등을 구성하거나 소방용으로 사용되는 제품 또는 기기를 말한다.
- (50) 소실 : 화재로 인해 구조물 및 제반시설이 연소하여 파괴되는 현상을 말한다.
- (51) 소화능력 : 단위 소화기의 소화능력을 표시하는 것으로 소화기마다 검정시험을 거쳐 합격하여야 당해 능력단위를 인정하게 되는데, 이러한 검정시험은 A급화재, B급화재에 대해서 실시한다.
- (52) 소화약제 : 소화기에 사용되는 소화성능이 있는 분말상, 액상 또는 기상의 물질을 말한다.
- (53) 소화용수 : 소화에 필요한 옥내소화전설비, 물분무소화설비 등 소화설비에 공급을 위하여 수조에 저장하는 용수를 말한다.
- (54) 소형자동차 : 「자동차관리법 시행규칙」 제2조<별표 1>에 따른 승용자동차와 승합자동차·화물자동차·특수자동차 중 경형(輕型)과 소형을 말한다.<신설>
- (55) 소형차 전용도로 : 도로법에 따른 도로 중 자동차관리법에서 정한 소형자동차만 이용이 가능한 도로를 말한다.<신설>
- (56) 선형 : 도로 중심선에 의해서 입체적으로 묘사되는 형상을 말하며, 이중에서 횡단면으로 본 도로 중심선의 형상을 평면 선형이라고 하고, 종단면으로 본 도로 중심선의 형상을 종단 선형이라고 한다.

- (57) 수직갱 : 터널공사 및 환기나 제연을 위하여 수직으로 굴착된 갱도를 말한다.
- (58) 시설 관리자 : 시설물에 대한 물리적·기능적 결함 정도를 파악하고 시설물에 대한 조사·측정·분석을 통하여 각종 결함원인 및 시설물의 구조적 안전성을 평가하고 기능성 및 안정성 회복을 위한 보수·보강 방안을 제시하여 사전 재해 예방 및 효율적인 유지·관리·운영을 수행하는 자를 말한다.
- (59) 신호발신구역 : 터널 내 설치된 비상신호(자동화재탐지설비, 비상경보, 긴급전화, 소화기, 소화전) 경보장치에서 신호가 발생한 지역을 말한다.
- (60) 슬림형 제트팬 : 기존 제트팬의 정방향 성능은 현행과 동일하게 유지하고 역방향 성능은 정방향 대비 60% 이상을 유지할 수 있는 팬을 말한다.
- (61) 쌍굴터널 : 상하행선을 분리하기 위해 인접하여 평행하게 건설한 2개의 튜브(갱)로 구성된 터널을 말한다.
- (62) 안테나 : 무선통신 목적을 달성하기 위하여 공간에 전파를 방사하거나, 또는 전파에 의해 기전력을 유기(誘起)시키기 위하여 공중에 가설한 도선(導線)등의 장치를 말한다.
- (63) 안전지역 : 터널 내 화재 및 재해발생 시 터널 이용자의 대피나 소방대원의 소화활동을 위한 공간으로, 화재로 인한 열과 연기로부터 보호되는 안전한 지역을 말한다.
- (64) 야간점등회로 : 수광부에 광도전셀(Cds소자)을 이용하여 자연광의 밝기에 따라 터널 조명등을 점등하거나 또는 조명 제어반의 제어장치를 통해 야간에 점등되는 회로를 말한다.
- (65) 역류 : 열기류가 부력에 의해서 차량흐름의 반대방향이나 화재 직전에 형성된 주기류의 반대방향으로 흐르는 현상을 말한다.

- (66) 연기류 : 화재에 의해서 발생하는 연기의 흐름을 말한다.
- (67) 연속터널 : 동일 노선상에서 2개 이상의 터널이 연속하여 시공된 터널로 교통사고나 화재사고시 사고의 영향이 전파될 가능성이 있는 터널을 말한다.
- (68) 연평균일교통량 : 연평균일교통량(AADT : Average Annual Daily Traffic)은 1년 동안 도로의 한 지점 또는 일정 도로 구간을 지나는 양방향 교통량을 365일로 나눈 교통량을 말한다.
- (69) 열기류 : 화재에서 발생하는 온도가 높은 공기흐름을 말한다.
- (70) 긴급상황 : 터널내부 및 입·출구부 인근에서 화재, 교통사고, 위험물 누출, 침수 등의 사고가 발생되어 교통흐름의 제어가 필요하거나, 안전을 위한 조치가 요구되는 상황을 말한다.
- (71) 유해가스 : 화재 시 인체나 주위환경에 유해한 작용을 일으키는 일산화탄소, 탄화수소, 질소산화물, 연기 등의 연소가스를 말한다.
- (72) 위탁관리사업자 : 관리기관으로부터 터널 방재시설 운영 및 관리를 위임받은 사업자를 말한다.<신설>
- (73) 위험물 : 「위험물안전관리법」 및 「화학물질관리법」에 따른 인화성 또는 발화성 등의 성질을 가지는 물품이나 유독물질, 허가물질, 제한물질 또는 금지물질, 사고대비물질, 그 밖에 유해성 또는 위해성이 있거나 그러할 우려가 있는 유해화학 물질을 말한다.
- (74) 위험물 차량 감시시스템: 위험물수송 차량에 대하여 터널 진입 전에 차량의 이상상태 검지나 화물(위험물)의 열화상 등의 스캐닝을 통해 차량의 터널 진입여부를 통제할 수 있는 시스템을 말한다.

- (75) 위험물 차량 유도시스템: 위험물수송 차량에 대하여 유도차량이나 관리자의 안내에 따라 터널 내에서 위험물 차량 간에 안전거리를 확보하면서 터널을 통과하도록 유도하는 시스템을 말한다.
- (76) 원격관리 : 통합관리센터, 관리사무소 등에서 인근의 관리소 등의 터널설비에 대한 관리·계측 및 감시 장치를 원격리에서 조작하는 관리방식을 말한다.
- (77) 원동기 : 에너지를 회전 또는 왕복운동 등과 같은 기계적인 일로 바꾸는 동력장치를 말하며, 수력원동기, 증기원동기, 내연기관 등이 있다.
- (78) 임계풍속 : 화재 시 성층화를 유지하면서 열(연)기류의 역류 현상을 억제하기 위한 최소한의 풍속을 말한다.
- (79) 일반도로 : 도로법에 따른 도로로써 그 기능에 따라 주간선도로, 보조간선도로, 집산도로 및 국지도로로 구분되는 도로를 말한다.
- (80) 임피던스 : 교류회로에 있어서 전류가 흐르기 어려운 정도를 나타내는 양을 말하며, 단위는 Ω , 기호는 Z 가 쓰이며, 전압 E 에 의해서 흐르는 전류를 I 라고 하면 $Z=E/I$ 가 된다.
- (81) 자기구조단계 : 터널 화재초기에 관리자나 소방대가 터널에 도착하기 전 단계로 대피자가 스스로 판단하여 대피 등 안전 조치를 강구하여야 하는 단계를 말한다.
- (82) 자동절체방식 : ATS(Automatic Transfer Switch) 방식으로 하나 이상의 부하를 한 전원에서 다른 전원으로 자동절체할 수 있는 장치를 말한다.
- (83) 자동차 전용도로: 간선도로로써 「도로법」 제48조에 따라 지정된 도로를 말한다.
- (84) 재방송안테나 : 터널 내 설치하는 재방송설비의 안테나로서 방송의 수신이 불가능한 터널 내에 전파를 유도하여 송수신할 목적으로 설치하는 장치를 말한다.

- (85) 재방송설비 : 「방송통신발전 기본법」에 따라 방송수신 장애 지역인 터널에 라디오방송 및 이동멀티미디어방송을 수신할 목적으로 신고하지 아니하고 개설했을 수 있는 무선국용 무선설비를 말한다
- (86) 제연 : 화재 시 발생하는 연기 및 열기류의 방향을 제어하거나 일정 구역에서 배기하는 것을 말하며, 전자를 제연, 후자를 배연으로 구분한다.
- (87) 제연보조설비 : 화재발생시 터널상부에서 공기나 물 등의 유체 등을 일정한 각도로 분사하여 연기흐름을 차단하는 제연커튼이나 연기흐름을 지연하는 제연경계벽 등과 같이 연기의 확산을 제어 및 차단·지연하는 설비 시스템을 말한다.
- (88) 전기인입 : 옥외 또는 옥측에서 부터 구내의 전기사용 장소로 전기를 수용하는 것을 말한다.
- (89) 전광식 : 표지판의 한 방식으로 램프나 LED를 배열하고 각 램프나 LED를 점등하여 소정의 문자를 표시하는 방식을 말한다.
- (90) 전파의 복사 : 음성, 신호, 데이터 등의 정보를 포함하는 반송파를 안테나를 통해 송출하는 것을 말한다.
- (91) 전파의 전파 : 음성, 신호, 데이터 등의 정보를 포함하는 반송파가 안테나를 통해 공간으로 이동하는 것을 말한다.
- (92) 전환스위치 : 두 개 이상의 회로를 전환하는 제어스วิต치를 말한다.
- (93) 정보표지판 : 터널 내부에서 비상사태가 발생하는 경우, 터널로 진입하려는 주행차량에게 터널 안의 이상 상황을 신속하게 통보하여 진입을 정지시키거나 터널 진입전 차량에게 터널 내 상황을 인식시켜 사고의 확대를 방지하는 설비로 전광식, 자막식, 신호식 등이 있다.

- (94) 정전 : 전기의 공급이 사고 등으로 정지되는 것을 말한다.
- (95) 접지전극 : 피접지물과 대지를 전기적으로 접속하기 위하여 지중에 매설한 도체를 말한다.
- (96) 접지판 : 접지전극의 하나로 두께가 1.4mm 이상이고, 면적이 0.35m^2 이상인 구리판을 말한다.
- (97) 종단저항 : 터널 내 화재감지설비의 신호회로에 대한 도통 시험을 하기 위해 회로의 말단에 설치하는 저항을 말한다.
- (98) 종류환기방식 : 터널입구 또는 수직갱, 사갱 등으로부터 신선 공기를 유입하여 종방향 기류를 형성하여 터널 출구 또는 수직갱, 사갱 등으로 오염된 공기 또는 화재 연기를 배출하는 방식을 말한다.
- (99) 주행속도 : 도로의 일정 구간을 차량이 주행할 때, 구간의 길이를 주행한 시간으로 나눈 값을 말한다.
- (100) 주행차로 : 편도 2차로 이상의 도로에서 가장 우측차로를 말한다.
- (101) 지지금구 : 설비 및 기기, 배관 등의 본체를 구조체 등에 부착하기 위한 금속재, 자기재, 합성수지 등의 지지철물을 말한다.
- (102) 질식·냉각작용 : 화재 주위에 산소공급을 차단하여 화재를 진화하는 작용(질식), 화재주위에 분사된 물이 증발하면서 주위로부터 연소열을 흡열하여 온도를 낮추는 작용(냉각)을 말한다.
- (103) 침매터널 : 하저 또는 해저에 미리 터널에 맞게 지반을 형성한 후에 육상에서 이미 만들어진 터널을 수중에서 침설하여 터널을 구축하는 공법으로 건설된 터널을 말한다.
- (104) 측벽 : 터널의 우측 또는 좌측의 콘크리트면을 말한다.

- (105) 축전지 : 화학반응에 의해서 충전과 방전을 반복할 수 있는 전지를 말하며, 2개의 전극과 전해액으로 구성된다.
- (106) 터널 관리소 : 터널 내 방재시설 등을 유지관리 및 운전제어를 목적으로 무인관리를 위한 최소한의 관리시스템이 설치된 장소를 말한다.
- (107) 터널 관리사무소 : 터널 내 방재시설 등을 유지관리 및 운전제어를 목적으로 관리자에 의해 상시 터널 내 상황을 감시할 수 있도록 관련시설(전기실, 변전실, 비상발전기실, 중앙제어실 등)과 관리시스템을 설치한 장소를 말한다.
- (108) 터널관리자 : 도로관리청 등 관리기관 및 터널 위탁관리사업자에 소속되어 터널 방재시설 등을 효율적으로 유지·관리·운영하는 자를 말한다.<신설>
- (109) 터널 통합관리센터 : 인근 터널 관리소나 관리사무소 등을 통합하여 2개 이상의 터널 내 방재시설 등을 감시·제어하고, 관리인원이 상주하여 개별 터널들을 통합적으로 운영·관리할 수 있도록 관련시설 및 관리시스템 등을 설치한 장소를 말한다.
- (110) 터널등급 : 터널에 방재시설 설치를 위한 터널 분류 등급으로 연장등급과 위험도지수 평가에 의한 방재등급으로 구분한다.
- (111) 터널형 방음시설(방음터널) : 교통소음을 흡음 또는 차단하여 도로주변의 교통소음을 저감하기 위한 시설 중 터널과 형상이 유사한 구조의 방음시설을 말한다.
- (112) 통보 : 사고 당사자 등이 터널 내의 사고 상황을 다른 도로이용자나 도로 관리자에게 전달하는 것을 말한다.
- (113) 프로토콜 : 시스템간의 원활한 상호작용을 위해 기종간의 인터페이스 방법을 말한다.

- (114) 피스톤효과 : 터널을 운행하는 차량의 공기저항에 의해서 기류가 형성되는 효과로 교통환기력을 발생시키는 역할을 한다.
- (115) 비상방송 : 화재 등 비상상황 발생 시 터널내부 및 입구부에 설치된 스피커를 통하여 자체방송을 하여 터널 이용자에게 비상상황을 전달하는 것을 말한다.
- (116) 화재확산시간 : 터널화재 시 화재지점에서 화재연기가 터널 종방향으로 확산되어 화재지점에서부터 피난연결통로, 피난 대피터널, 격벽분리형 피난대피통로 등의 안전한 대피공간으로 탈출 가능한 위치까지 화재연기가 도달되는 시간을 말한다.
- (117) 할입방송 : 화재 등 긴급 상황 발생 시 터널 이용자에게 공용주파수를 이용한 라디오방송 및 지상파 멀티미디어 방송을 하여 긴급상황에 대한 정보를 제공하는 것을 말한다.
- (118) 환기설비 : 터널 내 차량으로부터 배출되는 오염물질을 희석 또는 배기하기 위하여 신선공기를 급기하거나 오염공기를 배기하기 위한 설비를 말한다.
- (119) 횡류환기방식 : 터널에 설치된 급·배기 덕트를 통해서 급기와 배기를 동시에 수행하는 방식으로 평상시에는 신선공기를 급기하고 차량에서 배출되는 오염된 공기를 배기하며, 화재 시에는 화재로 인해 발생하는 연기를 배기하는 방식을 말한다.
- (120) 휘도 : 발광면상의 어느 한 점에서 주어진 방향으로의 휘도는 그 점을 포함하는 미소면적의 주어진 방향의 광도를 미소면적의 그 방향에서 본 겉보기 면적으로 나눈 값을 말한다.
- (121) IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) : 입력부 (gate)의 임피던스는 무한대에 가깝고 출력 C-E 간은 트랜지스터의 특성을 갖는 전력용 반도체 소자를 말한다.

(122) RTU (Remote Terminal Unit) : 원격제어반은 논리 연산부, 제어부, 입·출력모듈, 통신모듈, 전원모듈 등으로 구성된다. 유·무선 통신설비를 이용하여 중앙조정실에서 원격 주요 지점에 대한 감시제어 및 통계·기록업무가 수행되어야 하고, 전체 설비의 효율적 관리를 위하여 설비 간에 유선 또는 무선을 통한 상호 데이터 통신이 가능하도록 해야 한다.

제 2 장 도로터널 방재시설

2.1 일반사항

- (1) 터널방재시설은 사고예방, 초기대응, 피난대피, 소화 및 구조 활동, 사고확대방지를 기본목적으로 한다.
- (2) 터널방재시설은 사고에 대한 예방적인 조치 및 사후조치 전반에 걸쳐서 방재시설의 역할을 정확하게 인식하고, 시설간 연계성과 설치목적에 고려하여 관리운용을 명확하게 계획하여야 한다.
- (3) 터널방재시설은 관리체계에 영향을 주게 되므로 관리체계와의 관계를 고려하여 계획되어야 한다.
- (4) 터널화재의 발전단계는 화재초기 도로 이용자가 스스로 상황을 판단하여 피난대피나 소화 등 대응조치를 취해야 하는 자기구조단계와 도로 관리자와 경찰, 소방대원 등의 관계기관의 관련자가 현장에 도착하여 본격적으로 소화나 구조 활동을 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 통해서 신뢰성을 검증하여 설치목적에 부합되도록 계획하여야 한다.
- (6) 터널간의 이격 거리가 짧은 연속터널 구간은 화재 등 비상상황 시 사고의 영향범위 분석을 통해 연속터널 여부를 검토하고 터널방재시설의 설치를 계획하여야 한다.
- (7) 침매터널이나 하저·해저터널은 구조적인 측면과 방재측면에서의 안전성을 우선순위로 고려하여 방재시설을 변경하여 설치할 수 있다.

- (8) 터널에 설치되는 방재시설 중 소방용품은 본 지침의 기기사양을 만족하고, 「소방시설법」에서 정하는 형식승인제품을 사용하여야 한다.
- (9) 터널형 방음시설(방음터널)에는 본 지침에서 정하는 방재시설을 설치함을 원칙으로 하며, 시설별 세부 설치기준은 터널형 방음시설(방음터널)의 특수성을 고려하여 변경·적용할 수 있다.
- (10) 소형차 전용터널은 지역, 통과차종, 토목구조 등의 특성을 고려하여 터널방재시설의 설치를 계획하여야 한다.<신설>
- (11) 본선터널과 연결되는 분기터널의 방재시설은 본선터널과 동일한 수준 또는 동등 이상으로 계획하여야 한다.<신설>

2.1.1 사고예방계획

- (1) 사고예방은 터널방재시설을 계획함에 있어서 중요한 요소로 인식하여야 한다. 이를 위해 터널의 구조적인 측면과 교통시스템 등 예방을 위한 시설의 확보뿐만 아니라 이들의 운용 및 법적인 규제와 이를 준수하도록 하는 대책 등을 계획하여야 한다.
- (2) 터널의 구조적인 측면에서의 사고 예방대책은 도로의 적정 설계속도의 계획 및 이에 따른 도로의 선형 및 구조, 비상주차대나 비상차로 등이다.
- (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 운용이 사고확대의 큰 원인이 된다는 점을 고려하여, 시설관리자의 배치 및 운영기술에 대한 교육훈련과 이용자의 안전의식 및 터널의 잠재적인 위험성을 인식시키기 위한 홍보계획을 수립하여야 한다.
- (5) 과속 등에 의한 교통사고 발생빈도가 높고 사고 시 대형피해가

예상되는 터널은 사고예방을 위하여 무인 교통단속용 장비를 설치·관리기관과 협의하여 설치할 수 있다.

2.1.2 초기대응계획

- (1) 초기대응 수단으로 비상경보설비 및 감시체계, 대피유도 및 피난·대피시설, 초기소화설비, 제연설비 등이 있다.
- (2) 초기대응 수단은 화재초기 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) 차량 화재 시 최대화재강도에 도달하는 시간은 일반적으로 10분 정도로 비교적 짧으므로 통보, 경보, 초기소화 등의 초기대응은 한정된 시간 내에 주로 사고 당사자 또는 현장을 통행중인 도로 이용자 등에 의하여 수행될 가능성이 높다. 따라서 터널 이용자가 연기에 노출되지 않도록 하기 위한 적정용량의 제연시설의 설치, 운용의 중요성을 강조하여 계획하여야 한다.
- (5) 화재의 초기진화에 가장 효과적인 것으로 알려진 소화기 등은 일반적으로 이용자가 시설에 쉽게 접근할 수 있도록 접근성 및 시인성을 고려하여 계획하여야 한다.
- (6) 또한 화재초기단계에 터널 내로 차량 진입을 금지하여 피난 대상을 최소한으로 억제하여야 하고 피난 시 혼란을 피하기 위한 통보 및 경보설비는 도로 이용자 등이 쉽게 인지할 수 있도록 계획하여야 한다.
- (7) 차량화재사고와 초기대응 방법이 상이한 위험물 수송차량의

적재물 유출 또는 화재 등이 발생한 경우에는 신속하게 유관 기관에게 사고 상황을 전파하고, 대응계획을 접수받아 조치할 수 있도록 비상연락망을 계획하여야 한다.

2.1.3 소화 및 구조 활동 계획

- (1) 소화 및 구조 활동 시설은 사고의 확대방지를 위해서 소방대의 접근성을 우선적으로 고려하여 계획하여야 하며, 터널의 구조적 특성과 지역 교통상황 등을 반영하여 소화 및 구조 활동을 신속하고 원활하게 수행할 수 있도록 적절한 배치 및 운영계획이 수립되어야 한다.
- (2) 화재의 확대로 인한 구조물의 손상으로 터널이 장시간 폐쇄 되는 경우, 막대한 경제적 손실을 초래하게 되므로 특히, 차량의 통행량이 많은 터널의 경우에는 적극적인 소화 및 소화활동을 위한 방재시설의 설치 및 운영계획을 수립하여야 한다.
- (3) 터널 방재대책은 제반시설과 이를 운용하는 능력과 시스템의 유기적인 연계성이 중요하므로 전체적으로 통합이 이루어질 수 있도록 계획하여야 한다.
- (4) 터널 방재대책 수립 시 시설관리자 뿐만 아니라 소방서, 경찰서, 구조대 등 관계기관과의 유기적인 협력체계를 구축하고, 관계기관 사이의 충분한 조정과 정기적인 종합훈련을 의무화하며 이에 대한 계획을 수립하여야 한다.
- (5) 주변 관계기관(인근 소방서, 경찰서, 구조대 등)과의 협력체계에도 불구하고 접근동선 및 출동시간이 용이하지 않은 장대터널을 계획·운영하는 경우에는 필요시 별도의 '간이 소방서'를 조직하여 운영할 것을 권장한다. 단, 간이 소방서는 터널 내 신속한 진입 및 소화·구조 활동이 용이한 장소로 계획·운영하여야 한다.

2.1.4 피난·대피시설의 계획

- (1) 피난대피는 화재 및 기타 재해 등의 비상시 생명을 보존하기 위해 안전지역으로 이동하는 행위이며, 터널의 경우에는 기본적으로 도로 이용자가 현장 상황을 스스로 판단하여 대피 여부를 결정해야 하는 경우가 많다는 점을 인식하여 피난유도시설 및 피난·대피시설을 적절히 계획하여야 한다.
- (2) 피난환경은 화재의 종류, 화재성장특성, 터널단면적 등에 따라 큰 차이가 있으므로 방재시설의 주된 목적인 피난대피환경을 확보하기 위해서는 일정시간동안 대피가 가능한 환경을 유지할 필요가 있다. 이를 위해 터널의 특성을 고려하여 제연시설을 계획하여야 한다.
- (3) 피난·대피시설은 대피자가 쉽게 인지할 수 있어야 하며, 대피방향 등 혼란을 야기하지 않도록 명확하게 하여야 한다.
- (4) 피난·대피시설은 피난연결통로 및 피난대피터널, 격벽분리형 피난대피통로가 효과적이며, 이에 대한 시설 계획은 대피인원, 대피소요시간, 화재확산시간 등을 면밀히 검토하여 설치한다.
- (5) 분기터널은 터널단면적의 급격한 변화에 따른 영향을 고려하여 피난유도시설 및 피난·대피시설과 제연시설을 계획하여야 한다.<신설>

2.1.5 방재시설 운용계획

- (1) 방재시설의 운용은 방재시설의 규모 및 종류에 따라 상시 감시체제를 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 운용에 필요한 터널 내 상황정보를 얻기 위한 데이터 수집장치 및 감시장치를 고려하여 계획하여야 한다.

- (3) 물분무소화설비는 방수구역내의 대피자가 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 운용체계 등을 충분히 고려하는 동시에 각 방재시설의 기능 한도에 유의하여 운영시설의 규모 및 효율적인 관리체계가 구축될 수 있도록 계획하여야 한다.
- (5) 관리기관 및 위탁관리사업자는 터널 화재 시 대응능력을 향상하고 방재시설을 효과적으로 운영할 수 있도록 터널관리자에 대한 터널 재난대비훈련 및 교육을 실시하여야 한다.

2.1.6 화재 시 대응계획

- (1) 터널 화재 시 초기대응 대책이 인명의 보호 및 사후 피해 정도에 미치는 영향이 가장 크기 때문에 본 지침에서 화재 시 적정한 대응을 위해서 다음과 같은 기본사항을 제시한다.
- (2) 화재감지는 자동화재탐지설비에 의해서 수행되는 것을 기본으로 하지만, 초기감시능력의 강화를 위해 소화전함 문의 개방감지, CCTV, 자동사고감지설비 및 주행속도 감지기, 환경계측기(매연, CO 계측기 등)에 의해서도 이상상황을 감지할 수 있도록 감시체계를 구축한다.
- (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 통합관리센터 또는 관리기관에 자동으로 통보될 수 있도록 한다.
- (5) 관리자는 터널 내 비상상황이 인지되면 터널진입차단설비나 입구정보 표지판에 의해서 차량의 진입을 차단하고 재방송설비, 비상방송설비, 차로이용규제신호등의 통보수단을 이용하여 터널 내 이상상황을 통보하며, 전원이 정상적으로 공급되고 있는 상황에서는 터널 내 조명을 모두 점등하여 최대한의 조도를 확보할 수 있도록 한다.
- (6) 관리자가 상주하는 터널의 경우에는 관리자가 제연설비를 화재발생 시나리오에 의해서 수동조작 하도록 하며, 관리자가 상주하지 않는 터널의 경우에는 제연운전모드에 의해서 우선적으로 자동운전 되도록 제어로직을 구성하고, 관리자에 의해서 후 조치하도록 한다.
- (7) 소형차 전용터널 특성에 의해 별도의 소화 및 구조활동 운영을 계획한 경우에는 터널관리자가 상주할 수 있는 관련시설을 계획하여야 한다.<신설>
- (8) 소형차 전용터널의 대응계획 수립 시에는 소방대가 원활하게 터널에 진입할 수 있는 방안을 마련하여야 하며, 특히 화재가 발생할 가능성이 높은 정체상황에서 소방대의 터널 진입 방안을 반드시 제시하여야 한다.<신설>

2.1.7 터널관리자 교육<신설>

- (1) 관리기관 및 위탁관리사업자는 터널관리자에 대해 화재안전 관련 안전교육기관으로 지정받은 교육기관 또는 단체(이하 “도로터널 방재교육기관”이라 한다.)에서 시행하는 교육을 수료하도록 하여야 한다.

- (2) 도로터널 방재교육기관은 교육에 필요한 교재, 프로그램, 인력, 교육장소, 터널방재시설의 운영 및 대응요령을 실습할 수 있는 시설(소화, 경보, 제연 및 피난대피설비, 원격제어시설 등)과 교육수료자에 대한 관리인력 및 체계를 갖추어야 한다.
- (3) 도로터널 방재교육기관은 교육계획수립에 필요한 인원을 파악하기 위해 교육 대상자 현황을 관리기관 및 위탁관리사업자에게 요청할 수 있다.
- (4) 도로터널 방재교육기관은 교육수료자에게 유효기간 등을 포함한 교육수료증을 교부하여야 하며, 교육실적을 관리기관 및 위탁관리사업자에게 통보하여야 한다.
- (5) 도로터널 방재교육기관은 연간 교육계획 및 교육주기·내용·시간·수료기준 등 교육 운영에 관한 세부사항은 별도로 정하여 공지하여야 한다.

2.2 방재시설의 분류

2.2.1 소화설비

도로터널 내 소화설비는 차량 화재 시 화재의 진압·소화를 위한 설비로 소화기, 소화전, 물분무소화설비(미분무소화설비 포함), 원격 제어살수설비(소형차전용터널, 방음터널)가 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) 물분무소화설비(미분무소화설비 포함)

- ① 물분무소화설비(미분무소화설비 포함)는 고압, 중압, 저압의 소방용수를 물분무 헤드 또는 노즐에 의해서 입자상으로 방출하여 질식·냉각작용에 의해 화재의 연소 및 확대를 억제하여 대피자 보호, 소화활동 지원, 구조물 보호를 위한 소화설비이다.

(4) 원격제어살수설비<신설>

- ① 원격제어살수설비는 소형차 전용터널 및 방음터널에서 화재 발생 초기에 터널관리자가 원격제어하여 신속하게 화재를 진압하기 위한 소화설비이다.<신설>

2.2.2 경보설비

경보설비는 화재·사고 또는 침수 등의 긴급상황을 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, 재방송설비가 있다.

(1) 비상경보설비

- 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) 자동화재 탐지설비

- ① 화재로부터 발생하는 열, 연기, 빛 등을 자동 감지하여 화재 발생 위치를 수신반을 통해 관리사무소나 통합관리센터의 관리자에게 알리기 위한 설비이다.

(3) 비상방송설비

- ① 긴급상황시에 차량에서 탈출한 터널 이용자 등에게 스피커를 통해 비상상황을 전파하고 대피안내 등 적절한 정보를 제공하기 위한 확정방송설비이다.

(4) 긴급전화

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

(5) CCTV(감시용 텔레비전 설비)

- ① 터널 내 재해 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 평상시에는 터널 내의 교통흐름 감시에 활용할 수 있으며, 향후 터널 내의 교통정보를 입수할 수 있는 설비로 활용할 수 있다.
- ④ 향후, 영상유고감지설비의 도입을 고려하여 제원 및 설치방법을 변경하여 계획할 수 있다.

(6) 자동사고감지설비

- ① 터널에 설치된 CCTV의 영상정보 또는 주파수 등을 이용하여 수신된 검지데이터를 실시간으로 분석하여 설정된 긴급상황 발생 시 자동으로 관리시스템으로 알리기 위한 설비이다.
- ② 터널 내 CCTV와 연동이 가능하며, 터널통합관리시스템과 연동할 수 있어야 한다.

(7) 재방송 설비

- ① 재방송설비는 라디오방송 및 지상파 멀티미디어방송의 수신에 불가능한 터널 내에 누설동축케이블 또는 안테나 등을 설치

하여 방송파를 수신·증폭하여 터널내부 또는 입출구부로 송신하여 방송을 수신할 수 있는 설비이다.

- ② 또한 긴급 상황에서는 할입방송(노측방송)을 수행하여 긴급 상황을 전파하기 위한 설비이다.

(8) 정보표지판

- ① 정보표지판은 터널 내 화재 등의 긴급상황과 유지·관리·공사 등의 이상 상황을 터널 내·외의 차량운전자에 전달하기 위한 설비로 터널입구 정보표지판과 차로이용규제신호등, 진입차단표지판 등이 있다.

(9) 터널진입차단설비

- ① 터널 내 화재사고 등의 긴급상황시 사고 상황을 터널로 진입하는 차량에게 알리고 진입을 차단하여 2차 사고를 예방하기 위해 터널 입구부 전방에 설치하는 설비이다.

2.2.3 피난대피설비

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

(1) 비상조명등

- ① 터널 상용전원의 사용 불능 시 안전확보를 위하여 비상발전 설비나 무정전 전원설비에 의해서 점등되는 최소한의 조명이다.

(2) 유도등

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

(3) 피난·대피시설

- ① 피난·대피시설은 대피자의 안전 확보를 확실히 할 수 있다는 점에서 방재시설의 전반적인 신뢰성을 향상할 수 있는 가장 필수적인 수단이다.
- ② 피난·대피시설은 피난연결통로, 피난대피터널, 격벽분리형 피난대피통로, 비상주차대, 배면대피통로가 있다.
- ③ 피난연결통로는 쌍굴터널을 연결하는 통로 또는 본선과 평행하게 건설된 피난대피터널을 연결하는 통로이다.
- ④ 피난대피터널은 본선터널과는 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, 비상콘센트설비, 제연보조설비가 있다.

(1) 제연설비

- ① 터널 화재 발생 시 연기의 이동방향을 제어하거나 화재지역에서 연기를 배연하여 대피환경을 확보하고, 피난활동 및 소화활동을 용이하게 하고, 화재 진화 후에 터널 내 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 구분될 수 있다. 즉, 전자는 종류환기방식의 화재 시 대응 개념으로 화재지점으로 부터 대피자가 없는 지역으로 기류를 형성하여, 연기류의 방향을 대피반대방향으로 제어함으로서 대피자의 안전을

확보할 수 있도록 하는 것이며, 후자는 횡류 또는 반횡류 환기방식의 화재 시 대응개념으로 덕트를 통해서 연기를 화재지역으로부터 배기하여 안전을 확보할 수 있도록 하는 것이다.

- ③ 기계환기를 수행하는 터널에서는 환기설비를 제연설비로 병용한다. 따라서, 환기설비 계획 시 제연을 위한 용량을 고려하여 계획한다.

(2) 무선통신 보조설비

- ① 무선통신 보조설비는 구조 및 소화활동 수행 시 소방대원 상호간에 통신을 하기 위한 설비로 누설동축케이블 또는 안테나 등의 부수장비로 구성한다.
- ② 이외에 터널의 입·출구 부근에 설치하여 터널의 내·외부와 연락하기 위한 설비로 평상시에는 유지관리에 이용하며, 화재발생시 소방대가 이용할 수 있도록 구축한다.
- ③ 무선통신보조설비의 무전기 접속단자는 관리소 및 관리사무소, 터널의 입구 및 출구, 피난연결통로에 설치하여야 한다. 다만, 안테나 방식일 경우는 생략할 수 있다.

(3) 연결송수관설비

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

(4) 비상콘센트 설비

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

(5) 제연보조설비

- ① 터널 화재 발생 시 화재연기의 확산을 제어, 차단, 지연함으로써 피난환경 및 피난시간 확보를 위한 설비로 터널 본선이나

피난연결통로 등에 설치할 수 있다.

- ② (반)횡류 환기방식 혹은 대배기구 방식에서 배연효율의 증대를 목적으로 배기구 주변에 설치하여 화재연기의 원활한 배출을 보조할 수 있다.
- ③ 다만, 제연보조설비 설치로 인한 평상시 환기류의 저항증대를 고려하여 환기시스템을 계획하여야 한다.

2.2.5 비상전원설비

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

(1) 무정전 전원설비

- ① 정전 직후부터 전원공급이 재개되는 시간동안 비상조명등, 유도등 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.

2.2.6 소형차 전용터널의 소화·구조활동 시설

- (1) 구조 및 교통특성을 고려하여 긴급상황 시 신속하게 소화 및 구조 활동을 위한 간이소방서와 비상차로가 있다.

(2) 간이소방서 및 비상차로

- ① 간이소방서는 소형차 전용터널에 진입이 가능한 소화 및 구급차량을 비치하고 운영인력이 상주하는 곳을 말한다.
- ② 비상차로(갯길)는 간이소방서에서 운영되는 구호 및 소방차가

터널 화재지점까지 교통상황에 영향을 받지 않고 신속히 도착할 수 있는 차로를 말한다,

- ③ 간이소방서 및 비상차로는 운영 및 경제성을 검토하여 설치할 수 있다.

2.3 방재시설 설치계획

2.3.1 터널 등급구분

- (1) 방재시설 설치를 위한 터널등급은 터널연장(L)을 기준으로 하는 연장등급과 교통량 등 터널의 제반 위험인자를 고려한 위험도 지수(X)를 기준으로 하는 방재등급으로 구분하며, 등급별 범위는 <표 1.2.1>과 같이 정한다.
- (2) 터널의 방재등급은 개통 후, 매 5년 단위로 실측교통량 및 주변 도로여건 등을 조사하여 재평가하며, 이에 따라 방재시설의 조정을 검토할 수 있다.

<표 1.2.1> 연장등급 및 방재등급별 기준

등급	터널연장(L) 기준		위험도지수 (X)기준
	일반도로터널 및 소형차전용터널	방음터널<신설>	
1	3,000m 이상 ($L \geq 3,000$ m)	3,000m 이상 ($L \geq 3,000$ m)	$X > 29$
2	1,000m 이상, 3,000m 미만 ($1,000 \leq L < 3,000$ m)	1,000m 이상, 3,000m 미만 ($1,000 \leq L < 3,000$ m)	$19 < X \leq 29$
3	500m 이상, 1,000m 미만 ($500 \leq L < 1,000$ m)	250m 이상, 1,000m 미만 ($250 \leq L < 1,000$ m)	$14 < X \leq 19$
4	연장 500m 미만 ($L < 500$)	연장 250m 미만 ($L < 250$)	$X \leq 14$

2.3.2 터널 위험도지수 산정기준

- (1) 터널 위험도지수는 주행거리계(터널연장×교통량), 터널제원(중단경사, 터널높이, 곡선반경), 대형차 혼입률, 위험물의 수송에 대한 법적규제(대형차 통과대수, 위험물 수송차량에 대한 감시시스템, 위험물 수송차량에 대한 유도시스템), 정체정도(터널 내 합류/분류, 터널전방 교차로(IC, JCT/신호등/TG), 통행방식(대면통행, 일방통행)을 잠재적인 위험인자로 하여 산정한다.
- (2) 방재등급은 일방통행의 경우, 터널 튜브별로 산정하여 상위 등급으로 터널의 방재등급을 정한다. 다만, 상·하행 터널이 완전히 분리된 경우(피난연결통로 설치불가)에는 튜브별로 각각 방재등급을 산정한다.
- (3) 각 위험인자별 위험도지수 산정 세부기준은 <표 1.2.2(a)> 및 <표 1.2.2(b)>와 같이 정하며, 산정방법은 다음과 같다. 다만, 방음터널의 경우에는 <표 1.2.2(c)>의 위험인자별 위험도지수를 추가로 고려하여 산정한다.
- ① 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.
 - ② 표고차는 입·출구 표고와 터널의 최저지점과의 높이차로 터널의 구간별 경사도와 연장을 곱하여 이의 총합으로 구한다. 다만, V자형(지하차도형) 경사터널의 경우에는 위험도지수를 2로 하고, 연장이 1km 이상인 역 V자형(산악터널형)은 +/- 변곡점으로 부터 입구와 출구까지의 거리가 모두 500m 이상인 경우에 위험도 지수를 2로 한다
 - ③ 진입부 경사도는 터널 전방 1,000m 구간에 대해서 거리

가중평균으로 구한다. 다만, 경사도는 모두 양의 값으로 환산하여 가중평균을 구한다.

- ④ 터널높이는 노면에서 부터 터널 천장의 최대높이로 하며, (반)횡류식 및 대배기구 환기방식처럼 상부덕트가 있는 경우에는 덕트 내부 공간의 높이를 포함하여 터널높이로 산정한다.
- ⑤ 대형차 혼입률은 도로설계 시 적용하는 대형차 혼입률로 전체 차종에 대한 대형버스, 중형트럭, 대형트럭, 특수트럭의 합계 구성비를 지칭한다. 다만, 소형차 전용터널의 경우에는 고려하지 않는다.
- ⑥ 대형차 주행거리계 산정을 위한 대형차의 기준은 중형트럭, 대형트럭, 특수트럭을 말하며, 연평균일교통량을 기준으로 하여 튜브 당 대형차통과 대수를 산정하고 여기에 터널연장을 곱하여 구한다. 다만, 소형차 전용터널의 경우에는 소형트럭을 기준으로 산정한 소형 화물차 주행거리계를 고려한다.
- ⑦ 위험물수송차량에 대한 감시시스템 및 유도시스템은 위험물 통과를 규제하거나 선도차량의 유도에 의해서 통과하는 시스템을 말한다. 다만, 소형차 전용터널의 경우에는 고려하지 않는다.
- ⑧ 터널진출부의 교차로(IC, JCT 포함)/신호등/TG 여부는 터널진출부에서 1,000m 이내의 거리를 기준으로 한다.
- ⑨ 갓길(길어깨)은 최소폭원이 2.0m 이상인 경우에 한하여 갓길(길어깨)이 있는 것으로 한다.
- ⑩ 소형차 전용터널은 터널진입이 가능한 구호·구급차 1대 및 소방차 2대 이상 보유한 간이소방서를 설치 할 수 있다.
- ⑪ 방음터널의 방음판 재료의 구분 및 성능기준은 “건축자재등 품질인정 및 관리기준” 및 “GR M 3048(재활용 플라스틱

차음벽 패널 표준)”을 따르며, 방음터널의 방음판의 재료가 복합재료로 시공된 경우에는 그중 성능기준이 가장 열악한 재료를 기준으로 한다. 다만, 방음터널 천장부의 방음판을 유리재료로 하는 경우, 화재시 비산 등으로 인한 2차 사고를 고려하여 난연재료에 해당하는 위험도지수를 적용한다.
<신설>

⑫ 방음터널의 중앙분리벽은 화재가 반대방향의 터널로 확산되는 것을 방지하기 위한 시설로 중앙분리벽 재료의 성능기준은 준불연 이상의 성능을 확보하여야 한다.<신설>

⑬ 화재확산 방지구획은 화재가 터널의 종방향으로 확산하는 것을 방지하기 위하여 재료의 성능기준이 준불연 이상의 재료로 확산방지구간을 시공하여 구획하는 것을 말하며, 확산방지구간의 종방향 길이는 5m로 하며, 방지구획간 거리는 50m 이내로 한다. 다만, 터널의 방음판 재료의 성능기준이 준불연 이상인 경우에는 화재확산 방지구획과 관련된 위험도지수를 적용하지 아니한다.<신설>

⑭ 민가와 이격거리는 방음터널의 측벽과 최근접 이격거리로 한다. 다만, 방음판 재료의 성능기준이 준불연 이상인 경우에는 민가와 이격거리에 관련된 위험도지수를 적용하지 아니한다.<신설>

(4) 방재등급은 연장등급에 대해서 다음과 같이 상향 또는 하향하여 적용한다.

① 연장등급이 3등급 이상인 터널의 방재등급이 연장등급보다 1단계 이상 높으면 1단계 상위등급으로 적용하고 1단계 이상 낮으면 1단계 하위등급을 적용한다. 다만, 방음터널의 경우 연장4등급인 경우에도 방재등급이 연장등급 보다 1단계 이상 높으면 1단계상위등급으로 적용한다.

- ② ①항에 따라 방재등급이 연장등급보다 하위등급이 되는 경우에는 정량적 위험도 평가를 실시하여 터널의 안전성이 확보가 되는 경우에 1단계 하위등급으로 적용할 수 있다.
- ③ 연장등급이 4등급인 터널은 위험도지수와 관계없이 방재등급을 4등급으로 적용한다. 단, 방음터널은 모든 터널에 대해서 위험도지수에 의한 방재등급을 산정한다.

2.3.3 연장등급·방재등급별 설치계획

- (1) 터널방재시설은 연장등급에 의해서 설치하는 시설과 방재등급에 의해서 설치하는 시설로 구분하며, 방재시설의 설치기준은 <표 1.2.3(a)>, <표 1.2.3(b)> 및 <표 1.2.3(c)>를 적용한다.
 - ① 「소방시설법」에 따른 설치대상 방재시설 및 피난연결통로(●로 표시)는 연장등급에 의해서 설치한다.
 - ② ①항에서 정의한 시설 외의 방재시설(○로 표시)은 방재등급에 의해서 설치한다.
- (2) 각 방재시설의 터널내 설치위치 및 설치간격은 <표 1.2.4(a)>, <표 1.2.4(b)> 및 <표 1.2.4(c)>를 적용한다.

<표 1.2.2(a)> 터널 위험도지수(X) 평가기준(일반 도로터널)

세부평가항목			범위	위험도지수
사고 확률	주행거리계 (교통량×연장) (Veh · km/tube · day)		8,000미만	1.5
			8,000이상~16,000미만	2.5
			16,000이상~32,000미만	5.0
			32,000이상~64,000미만	7.5
			64,000이상	10.0
터널 특성	표고차 및 경사도	입·출구 표고차(m)	10미만	0.5
			10이상~20미만	1.0
			20이상~30미만	1.5
			30이상	2.0
		진입부 경사도(%)	3.0미만	0.5
			3.0이상	1.0
	터널높이 (m)		7.5이상	1.0
			5.0이상~7.5미만	2.0
			5.0미만	3.0
	터널곡선반경 (m)		1,800이상	0.5
			1,800미만	1.0
	대형 차량	위험물수송 관련	대형차 혼입률 (%)	10미만
10이상~17.5미만				1.0
17.5이상~25미만				1.5
25이상				2.0
대형차 주행거리계 (대·km/tube ·day)			500 미만	0.5
			500이상~1,000미만	1
			1,000이상~2,500미만	2
			2,500이상~5,000미만	4
			5,000이상	6
			감시 시스템	있음
없음				1
유도 시스템			있음	0
		없음	1	

세부평가항목		범위	위험도지수
정체 정도	서비스수준	LOS A~LOSC	1
		LOS D	2
		LOS E~LOS F	3
		대면통행	3
	터널내 합류/분류	없음	0
		있음	2
	교차로/신호등/TG 등	없음	0
		있음	2
통행 방식	구분	갓길(길어깨)	-
	일방통행	○	1
		×	2
	대면통행	○	5
		×	6

<표 1.2.2(b)> 터널 위험도지수(X) 평가기준(소형차 전용터널)

세부평가항목			범위	위험도지수
사고 확률	주행거리계 (교통량×연장) (Veh·km/tube·day)		8,000미만	1.5
			8,000이상~16,000미만	2.5
			16,000이상~32,000미만	5.0
			32,000이상~64,000미만	7.5
			64,000이상~128,000미만	10.0
			128,000이상~256,000미만	12.5
			256,000이상	15.0
터널 특성	표고차 및 경사도	입출구 표고차(m)	10미만	0.5
			10이상~20미만	1.0
			20이상~30미만	1.5
			30이상~40미만	2.0
			40이상~50미만	2.5
			50이상	3.0
	진입부		3.0미만	0.5

세부평가항목			범위	위험도지수
		경사도(%)	3.0이상	1.0
	터널높이 (m)		7.5이상	1.0
			6.0이상~7.5미만	2.0
			4.5이상~6.0미만	3.0
			3.0이상~4.5미만	4.0
			3.0미만	5.0
	터널곡선반경 (m)		1,800이상	0.5
			1,800미만	1.0
	배연구간(m)	배연구간(m)	없음	3.0
			500 미만	0.0
			500이상~3,000미만	1.0
			3,000 이상	2.0
	간이소방서		없음	2.0
			있음	0.0
소형 화물	소형화물 주행거리계 (대.km/tube·day)		1,000 미만	0.5
			1,000이상~5,000미만	1.0
			5,000이상~10,000미만	1.5
			10,000이상	2.0
정체 정도	서비스수준		LOS A~LOSC	1.0
			LOS D	2.0
			LOS E~LOS F	3.0
			대면통행	3.0
	터널내 합류/분류	합류/분류개소	없음	0.0
			1개소	2.0
			2개소	2.5
			3개소	3.0
			4개소	3.5
			5개소 이상	4.0
	교차로/신호등/TG 등		없음	0.0
			있음	2.0

세부평가항목		범위	위험도지수
통행 방식	구분	갓길(길어깨)	-
	일방통행	○	1.0
		×	2.0
	대면통행	○	5.0
		×	6.0

(주) 소형화물차 주행거리계는 소형트럭 대수를 기준으로 계산함

(주) 배연시스템은 화재시 연기를 배출할 수 있는 시스템을 의미하며, 배연구간은 최대 배연거리를 기준함

(주) 터널내 합류/분류가 있는 경우는 합류 또는 분류 구간의 개수를 합산하여 계산함

<표 1.2.2(c)> 터널 위험도지수(X) 평가기준(방음터널)

세부평가항목		범위	위험도지수
터널 특성	방음판 재료의 성능기준 ⁽¹⁾	불연재료	0.0
		준불연재료	0.5
		난연재료	1.0
		자기소화성 재료	2.0
		해당없음	4.0
	중앙분리벽	설치	0.0
		미설치	2.0
	화재확산 방지구획	있음	0.0
		없음	1.0
	인접민가와 이격거리 ⁽²⁾	50m 이상	0.0
		30m 이상 50m 미만	1.0
		10m 이상 30m 미만	1.5
		10m 미만	2.0

(1) 방음판의 재질은 “건축자재등 품질인정 및 관리기준” 및 “GR M 3048(재활용 플라스틱 차음벽 패널 표준)”에 따름.<신설>

(2) 인접민가란 방음터널 주변에의 상가나 거주용 건축물 말함.<신설>

<표 1.2.3(a)> 등급별 방재시설 설치기준(일반 도로터널)

방재시설 \ 터널등급		1등급	2등급	3등급	4등급	비 고
소화 설비	소화기구	●	●	●	●	
	옥내소화전설비	●○	●○			연장등급, 방재등급 병행
	물분무설비	○				
경보 설비	비상경보설비	●	●	●		
	자동화재탐지설비	●	●			
	비상방송설비	○	○	○		
	긴급전화	○	○	○		
	CCTV	○	○	○	△	△: 200m 이상 터널
	자동차사고감지설비	△	△	△		
	재방송설비	○	○	○	△	△: 200m 이상 터널
	정보표지판	○	○			
	진입차단설비	○	○			
피난 대피 설비	비상조명등	●	●	●	△	△: 200m 이상 터널
	유도등	○	○	○	○ ⁽⁴⁾	대피시설이 설치되는 연장4등급터널 ⁽⁴⁾
	대피 시설	피난연결통로	●	●	●	250m초과하는 연장4등급 터널 ⁽⁴⁾
		피난대피터널 ⁽¹⁾	●	△		1등급:피난대피터널을 우선 적용 2등급: 격벽분리형 피난대피통로를 우선 적용
		격벽분리형 피난대피통로 ⁽¹⁾	△	●	● ⁽⁴⁾	250m초과하는 연장4등급 터널 ⁽⁴⁾
		피난대피소 ⁽¹⁾	삭제			
		비상주차대	○	○		
소화 활동 설비	제연설비	○	○	◎	◎	<삭 제>
	무선통신보조설비	●	●	●	△ ⁽²⁾	
	연결송수관설비	●○	●○			연장등급, 방재등급 병행
	(비상)콘센트설비	●	●	●		
비상전 원설비	무정전전원설비	●	●	●	△ ⁽³⁾	
	비상발전설비	●○	●○	△		연장등급, 방재등급 병행

● 기본시설 : 연장등급에 의함 ○ 기본시설 : 방재등급에 의함

△ 권장시설 : 설치의 필요성 검토에 의함

◎ 보강설비 : 운영중 연장3등급 및 연장4등급 중 250m 초과하고 대피시설이 미흡한 터널

(1) 피난연결통로의 설치가 불가능한 터널에 설치

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

(3) 4등급 터널은 방재시설이 설치되는 경우에 시설별로 설치함

(4) 연장4등급 중 250m를 초과하는 경우 정량적 위험도 평가결과에 따라 설치함

<표 1.2.3(b)> 등급별 방재시설 설치기준(소형차 전용터널)<신설>

방재시설 \ 터널등급		1등급	2등급	3등급	4등급	비 고
소화 설비	소화기구	●	●	●	●	
	옥내소화전설비	●○	●○			연장등급, 방재등급 병행
	원격제어살수설비		△			2등급 이상, 3,000m 이상
	물분무설비	○				
경보 설비	비상경보설비	●	●	●		
	자동화재탐지설비	●	●			
	비상방송설비	○	○	○		
	긴급전화	○	○	○		
	CCTV	○	○	○	△	△: 200m 이상 터널
	자동사고감지설비	△	△	△		
	재방송설비	○	○	○	△	△: 200m 이상 터널
	정보표지판	○	○			
	진입차단설비	○	○			
피난 대피 설비	비상조명등	●	●	●	△	△: 200m 이상 터널
	유도등	○	○	○	○ ⁽⁴⁾	대피시설이 설치되는 연장4등급터널 ⁽⁴⁾
	대피 시설	피난연결통로	●	●	● ⁽⁴⁾	250m 초과하는 연장4등급 터널 ⁽⁴⁾
		피난대피터널 ⁽¹⁾	●	△		1등급:피난대피터널을 우선 적용
		격벽분리형 피난대피통로 ⁽¹⁾	△	●	● ⁽⁴⁾	2등급: 격벽분리형 피난대피통로를 우선 적용
		비상주차대	○	○		250m 초과하는 연장4등급 터널 ⁽⁴⁾
소화 활동 설비	제연설비	○	○			
	무선통신보조설비	●	●	●	△ ⁽²⁾	
	연결송수관설비	●○	●○			연장등급, 방재등급 병행
	(비상)콘센트설비	●	●	●		
비상전 원설비	무정전전원설비	●	●	●	△ ⁽³⁾	
	비상발전설비	●○	●○	△		연장등급, 방재등급 병행

● 기본시설 : 연장등급에 의함 ○ 기본시설 : 방재등급에 의함

△ 권장시설 : 설치의 필요성 검토에 의함

(1) 피난연결통로의 설치가 불가능한 터널에 설치

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

(3) 4등급 터널은 방재시설이 설치되는 경우에 시설별로 설치함

(4) 연장4등급 중 250m를 초과하는 경우 정량적 위험도 평가결과에 따라 설치함

<표 1.2.3(c)> 등급별 방재시설 설치기준(방음터널)<신설>

방재시설 \ 터널등급		1등급	2등급	3등급	4등급	비 고
소화 설비	소화기구	●	●	●	●	
	옥내소화전설비	●○	●○	△		연장등급, 방재등급 병행
	원격제어살수설비		△			
	물분무설비	○				
경보 설비	비상경보설비	●	●	●		
	자동화재탐지설비	●	●			
	비상방송설비	○	○	○		
	긴급전화	○	○	○		
	CCTV	○	○	○	△	
	자동사고감지설비	△	△	△		
	재방송설비	○	○	○	△	
	정보표지판	○	○			
	진입차단설비	○	○	△		
피난 대피 설비	비상조명등 ⁽¹⁾	△	△	△	△	
	유도등	○	○	○	○	
	대피시설	● ○	● ○	● ○	△	연장 250m 이상: 필수설치, 250m 미만: 권장설치
소화 활동 설비	제연설비 ⁽²⁾	○	○	△		
	무선보조통신설비	●	●	●	△ ⁽³⁾	
	연결송수관설비	●○	●○	△		연장등급, 방재등급 병행
	(비상)콘센트설비	●	●	●		
비상전 원설비	무정전전원설비	●	●	●	△ ⁽⁴⁾	
	비상발전설비	●○	●○	△		연장등급, 방재등급 병행

● 기본시설 : 연장등급에 의함 ○ 기본시설 : 방재등급에 의함 △ 권장시설 : 설치의 필요성 검토에 의함

- (1) 터널형 방음시설(방음터널)의 내부에서 주간시 채광에 의한 조도 확보가 불가능하거나, 야간시 '도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙'에 의한 조도를 유지하는 조명시설이 없는 경우 비상조명등을 설치함.
- (2) 제연설비는 제트팬 종류식, 천장부 배연방식, 부분배연(천장 또는 개폐형방식), (반)횡류식, 제연보조설비 등을 말함.
- (3) 재방송설비가 설치되는 경우에 병용하여 설치.
- (4) 방재시설이 설치되는 경우에 시설별로 설치.

<표 1.2.4(a)> 방재시설 설치위치 및 설치간격(일반 도로터널)

방재시설		설치위치와 설치방법	설치간격
소화 설비	수동식 소화기	일방통행터널 : 4차로 미만의 일방통행 터널은 주행차로 우측 측벽, 4차로 이상의 터널은 양측벽에 설치 대면통행터널 : 양쪽 측벽에 교차 하여 설치, 격납상자를 설치하고 내부에 2개 1조로 비치	50m 이내
	옥내소화전 설비	4차로 미만의 일방통행 터널은 주행차로 우측 측벽 편도 2차로 미만의 대면통행 터널 은 한쪽 측벽 4차로 이상 일방통행 터널 및 편도 2차로 이상의 대면통행 터널은 양측벽	50m 이내
	물분무소화설비	측벽설치(도로면 전체에 균일하게 방수되도록 한다)	방수구역 : 25~50m
경보 설비	비상경보설비	수동식 소화기 또는 옥내소화전함에 병설	50m 이내
	자동화재 탐지설비	최적성능을 확보할 수 있는 위치	환기방식별 필요인식 범위
	비상방송설비	터널내 측벽에 설치(교통통제 및 상황전파 목적으로 터널 입구 전방 에도 설치함)	50m 이내
	긴급전화	터널입구와 출구부, 터널측벽과 피난 · 대피시설(피난대피터널, 격벽분리형 피난대피통로, 비상 주차대)에 설치	250m 이내
	CCTV	터널측벽설치(피난 · 대피시설 출입부 및 터널 전 구간 감시가 가능하도록 설치함.)	터널내: 200~400m 간격 터널외부: 500m 이내
	자동차사고감지설비	터널 전 구간 감시 가능하도록 설치	영상사고감지: 100m 내외 돌발상황감지: 터널특성반영
	재방송설비	터널 구간에서 청취(시청)가능하도록 설치	
	정보 표지판	터널입구 정보표지판	터널전방 500m 이내
		터널 진입 차단설비	터널전방 500m 이내
		차로이용 규제신호등	터널외부는 터널입구정보표시판과 터널진입차단설비사이에 설치 터널내 400~500m 간격 터널외부: 500m 이내

방 재 시 설			설치위치와 설치방법	설치간격
피난 대피 설비 및 시설	비상조명등		야간 점등회로를 병용하여 설치	
	유도등	A	대피시설 부근	
		B	대피시설이 설치된 측벽설치	약 50m 간격
	피난 대피 시설	피난연결 통로	쌍굴터널, 피난대피터널, 격벽분리형 피난대피통로 (차단문 설치)	250~300m 이내
		피난대피 터널	본선타널과 평행하게 설치하는 것을 원칙으로 함.	
		격벽분리형 피난대피통로	본선 터널내 측벽에 설치	
		피난대피소	삭제	
		비상주차대	주행차선 갓길(길어깨), 대면통행 터널은 양측벽	750m 이내
소화 활동 설비	제연설비		환기설비와 병용	
	무선통신보조 설비		재방송설비와 병용할 수 있음	터널내: 피난연결통로 (250m 이내) 터널외부: 10m 이내 터널관리소: 10m 이내
	연결송수관설비		송수구: 터널입출구부 방수구: 옥내소화전설비와 병설	50 m이내
	비상콘센트설비		소화전함에 병설	50 m이내
비상 전원 설비	무정전 전원설비		시설별 설치	시설별
	비상발전설비		별도로 구획된 실내 또는 합체에 설치	

<표 1.2.4(b)> 방재시설 설치위치 및 설치간격 (소형차 전용터널)<신설>

방 재 시 설		설치위치와 설치방법	설치간격
소화 설비	수동식 소화기	○ 일방통행터널 : 3차로 이하 일방통행 터널은 한쪽 측벽, 4차로 이상의 터널은 양측벽에 설치 ○ 대면통행터널 : 양쪽측벽에 교차하여 설치, 격납상자를 설치하고 내부에 2개 1조로 비치	50m 이내
	옥내소화전 설비	○ 3차로 이하의 일방통행터널은 한쪽 측벽, 소화용수 공급용 주배관은 상하행 공동으로 사용가능	50m 이내
	원격제어살수설비	○ 4차로 이상 일방통행 터널 및 편도2차로 이상의 대면통행 터널은 양측벽 ○ 편도 2차로 미만의 대면통행 터널은 한쪽 측벽	
	물분무소화설비	○ 도로면 전체에 균일하게 방수할 수 있도록 설치 ○ 소화용수 공급용 주배관은 상하행 공동으로 사용가능	방수구역 : 25~50 m
정보 설비	비상경보설비	○ 수동식 소화기 또는 옥내소화전 합에 병설	50m 이내
	자동화재 탐지설비	○ 최적성능을 확보할 수 있는 위치	환기방식별 필요인식 범위
	비상방송설비	○ 터널내 측벽에 설치(교통통제 및 상황전파 목적으로 터널입구 전방에도 설치)	50m 이내
	긴급전화	○ 터널입구와 출구부, 터널측벽과 피난·대피시설(피난대피터널, 격벽분리형 피난대피통로, 비상주차대)에 설치	250m 이내
	CCTV	○ 터널측벽설치를 원칙으로 하나 터널의 천정부에 설치가 가능 ○ 피난·대피시설 출입부 및 터널 전구간 감시가 가능하도록 설치.	터널내 : 100~200m 이내 터널외부 : 500m 이내
	자동사고감지설비	○ 터널 전 구간 감시 가능하도록 설치	영상사고감지 : 100m 내외 돌발상황감지 : 터널특성 반영
	재방송설비	○ 터널 구간에서 청취(시청) 가능하도록 설치	

방 재 시 설			설치위치와 설치방법	설치간격
	정보 표지판	터널입구 정보표지판	○ 터널 전방 500m 이내	
		터널 진입 차단설비	○ 터널 전방 500m 이내 ○ 합류되는 분기터널 100m 이내	
		차로이용 규제신호등	○ 터널외부는 터널입구정보표시판 과 터널진입차단설비 사이에 설치	터널내 : Module크기에 따른 시야확보 범위 (200m 이내)
피난 대피 설비 및 시설	비상조명등		○ 야간 점등회로를 병용하여 설 치	
	유도등	A	○ 대피시설 부근	
		B	○ 대피시설이 설치된 측벽설치	약 50m 간격
	피난 대피 시설	피난연결통로	○ 쌍굴터널, 피난대피터널, 격벽 분리형 피난대피통로(차단문 설치)	200m 이내 (1,200m 이하 터널은 300m 이내)
		피난대피터널	○ 본선터널과 평행하게 설치하는 것을 원칙으로 하나 환기탑과 영업소와 연결할 수 있음.	
		격벽분리형 피난대피통로	○ 본선 터널 및 분기터널 측벽에 설치	
		비상주차대	○ 주행차선 갓길(길어깨), 대면 통행 터널은 양측벽	750m 이내
소화 활동 설비	제연설비		환기설비와 병용	
	무선통신보조 설비		○ 재방송설비와 병용할 수 있음	터널내 : 피난연결통로 터널외부: 10m 이내 터널관리소 : 10m 이내
	연결송수관설비		○ 송수구: 터널입출구부 ○ 방수구: 옥내소화전설비와 병설 ○ 소화용수 공급용 주배관은 상하행 공동으로 사용가능	50m 이내
	(비상)콘센트설비		○ 소화전함에 병설	50m 이내
	무정전 전원설비		○ 시설별 설치	시설별
비상 전원 설비	비상발전설비		○ 별도로 구획된 실내 또는 함체에 설치	

<표 1.2.4(c)> 방재시설 설치위치 및 설치간격 (방음터널)<신설>

방 재 시 설			설치위치와 설치방법	설치간격
피난 대피 설비 및 시설	대피 시설	피난 연결통로	○ 중앙분리벽에 의해 분리된 방음터널, 피난대피터널에 설치 ○ 피난연결통로문은 피난연결 통로의 차단문에서 제시하는 동등 이상의 규격 및 성능기준으로 설치함	피난연결통로문 간격 : 100m 이내
		격벽분리형 피난대피통 로	○ 본선 터널 및 분기터널의 한쪽 측벽에 설치 ○ 피난대피통로문은 피난연결 통로의 차단문에서 제시하는 동등 이상의 규격 및 성능기준으로 설치함	피난대피통로문 간격 : 100m 이내
		배면 대피통로	○ 본선 터널 및 분기터널 주행차로의 측벽에 설치 ○ 터널의 외부와 직접 연결될 수 있도록 설치 ○ 배면대피통로문은 피난연결 통로의 차단문에서 제시하는 규격기준을 만족하여야 함.	배면대피통로문 간격 : 100m 이내
		비상주차대	○ 주행차선 갓길(길어깨), 대면통행 터널은 양측벽	750m 이내

- 피난대피설비및시설중 비상조명등과 유도등(A,B)와 소화설비, 경보설비, 소화활동설비, 비상전원설비는 일반도로터널 및 소형차전용터널 준용
- 다만, 소화설비중 수동식소화기, 옥내소화전, 원격제어살수설비의 경우 총6차로 이상의 방음터널은 양측벽 및 중앙분리대에 각각 설치함.

2.4 연속터널

2.4.1 일반사항

- (1) 연속터널은 전방터널과 후방터널이 동일 노선상에서 2개 이상의 터널이 연속하여 시공된 터널로 교통사고나 화재사고시 사고의 영향이 전파될 가능성이 있는 터널을 말한다.
- (2) ‘전방터널’이라 함은 연속되는 터널 중 차량의 진행방향으로 선행하여 통과하는 터널(제1터널)을 말한다.
- (3) ‘후방터널’이라 함은 연속되는 터널 중 최전방 터널(제1터널)을 제외한 터널을 말한다.
- (4) <삭제>
- (5) <삭제>
- (6) <삭제>

2.4.2 설치기준

- (1) 전방터널의 출구와 후방터널의 입구간의 이격거리가 500m 미만인 경우를 연속터널로 한다.
- (2) 연속터널의 등급산정 및 방재시설의 설치는 전방터널(제1터널)의 출구와 후방터널의 입구간의 이격거리에 따라 다음과 같이 산정한다.
 - ① 이격거리가 30m 미만이거나 모형실험 또는 수치시뮬레이션에 의해 전방터널의 화재연기가 후방터널로 유입할 가능성이 있는 경우에는 연속터널을 1개의 터널로 간주하여 연장등급 및 방재등급을 산정하여 방재시설을 설치한다.<신설>
 - ② ① 항에 해당하지 않는 연속터널은 각 터널별로 연장등급과 방재등급을 산정하여 방재시설을 설치한다. 다만, 정보표지판과 터널 진입차단설비는 연속터널을 1개의 터널로 간주하여 방재등급을 산정하고 설치대상이 되는 경우에 전방터널(제1터널)에 대해서만 설치한다.<신설>

(3) <삭제>

(4) <삭제>

2.5 터널형 방음시설(방음터널)

2.5.1 일반사항

- (1) 터널형 방음시설(방음터널)은 교통소음의 저감을 목적으로 흡음 또는 차단효과를 얻을 수 있도록 설치하는 방음시설 중 형상이 터널과 동일하거나 유사한 구조를 갖는 방음시설을 의미한다.
- (2) 일반터널과 같이 반밀폐된 터널형 방음시설(방음터널)에서는 화재시 연기의 배출이 제한되어 인명피해가 예상되므로 방재시설의 설치를 검토하여야 한다.
- (3) 터널형 방음시설(방음터널)의 방음판 재질 및 성능은 「건축자재등 품질인정 및 관리기준」(국토교통부 고시)과 「방음시설의 성능 및 설치기준」(환경부 고시)을 준용한다.

2.5.2 설치기준

- (1) 터널형 방음시설(방음터널)은 ‘2.3 방재시설 설치계획’에 따라서 방재시설을 계획하고 설치한다. 다만, 다음의 경우에는 예외로 한다.
 - ① 직상부가 시설 폭원의 1/2 이상 개방된 경우나, 한쪽 이상의 측벽부가 최대 시설 높이만큼 개방된 경우
 - ② <삭제>
 - ③ <삭제>
- (2) 터널형 방음시설(방음터널)에는 본 지침에서 정하는 시설을 설치하여야 한다. 다만, <표 1.2.5>에 정하는 방재시설은 설치하지 않을 수 있다.

(3) 터널형 방음시설(방음터널)이 특수성으로 인하여 <표1.2.4(c)>의 방재시설별 설치기준을 적용하기 어려운 경우에는 수치시뮬레이션 등을 통한 안전성 검토와 「건설기술진흥법」에 따른 설계심의를 거쳐 다르게 적용할 수 있다.

<표 1.2.5> 터널형 방음시설(방음터널)의 방재시설 면제기준

설치가 면제되는 방재시설	설치면제기준	비 고
재방송설비	터널형 방음시설(방음터널)의 내부에서 라디오 및 지상파멀티미디어 방송수신이 가능한 경우	
비상조명등	터널형 방음시설(방음터널)의 내부에서 주간시 채광에 의한 조도확보가 가능하고, 야간시 ‘도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙’에 의한 조도를 유지하는 조명시설을 설치한 경우 (단, 지역 특성상 적설에 의해 조도확보가 어려운 경우는 주간에도 조명시설을 운영하여야 한다.)	
무선통신보조설비	터널형 방음시설(방음터널)의 내부에서 외부와의 무선통신이 가능한 경우	
피난·대피시설	<삭 제>	<삭 제>
긴급전화	터널형 방음시설(방음터널)의 내부에서 운전자의 이동통신 단말기 송수신이 가능한 경우	<신 설>

제 3 장 소화설비

3.1 소화기구

3.1.1 일반사항

- (1) 소화기구는 화재 초기의 자기 구조단계에 사용하는 수동식 소화기로 소화 성능 및 적응성을 고려하여 적절한 종류를 선정해야 한다.
- (2) 소화기는 터널 화재 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 기구로써 사람이 직접 조작하여 소화하는 기구이다.
- (4) 본 지침에 언급되지 않은 사항은 소화기구의 화재안전(성능, 기술)기준(NFPC 101, NFTC 101) 및 도로터널화재안전(성능, 기술)기준(NFPC 603, NFTC 603)을 준용한다.

3.1.2 기기 사양

- (1) 터널 내 소화기는 다음과 같은 조건을 고려하여 선정한다.
 - ① 터널 내 소화기는 소화기구의 화재안전(성능, 기술)기준에서 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 의해 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. 누름 손잡이형은 긴급상황에서 신속한 동작이 원활하지 않으므로 적용하지 않음을 원칙으로 한다.

3.1.3 설치지침

(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 측벽, 총 차로수가 6차로 이상인 방음터널은 양쪽 측벽 및 중앙 분리대(벽)에 50m이하의 간격으로 설치하며, 지그재그(교차)로 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 화재사실의 통보, 분실방지 및 유지관리를 목적으로 소화기 탈착 시 자동으로 이상신호가 관리사무소 또는 통합관리센터로 통보되도록 설치할 것을 권장한다. 다만, 연장이 500m 이하로

경보설비가 설치되지 않는 터널에서는 제외할 수 있다

- ④ CCTV나 자동사고감지설비가 설치되는 터널에는 이들 설비와 연동하여 경보발생구역에 대한 집중감시가 이루어지도록 한다.

3.2 옥내소화전설비

3.2.1 일반사항

- (1) 화재 발생 초기에 터널 이용자 및 터널관리자에 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) 본 지침에 언급되지 않은 사항은 옥내소화전의 화재안전(성능, 기술)기준(NFPC 102, NFTC 102) 및 도로터널화재안전(성능, 기술)기준(NFPC 603, NFTC 603)을 준용한다.

3.2.2 기기 사양

- (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 방수구, 소방호스 및 노즐은 소화전함에 비치하며, 소방호스의 총연장은 45m 이상으로 한다.
 - ④ 비상전원은 가압송수장치를 40분 이상 작동할 수 있어야 한다.
 - ⑤ 옥내소화전의 수원은 소화전용으로 설치한다.
- (2) 소형차 전용터널에는 호스릴 옥내소화전설비를 설치할 수 있으며, 사양은 다음과 같다.<신설>

- ① 호스릴의 호스구경은 32mm로 한다.<신설>
- ② 노즐선단의 방수압력은 0.20MPa 이상으로 하며, 방수량은 190ℓ/min 이상으로 한다.<신설>

3.2.3 설치지침

(1) 옥내소화전의 배치

- ① 연장등급이 2등급 이상이거나 방재등급이 2등급 이상인 터널에 설치한다. 다만, 방음터널은 방재등급 3등급인 터널에 설치를 권장한다.
- 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 측벽, 총 차로수가 6차로 이상인 방음터널은 양쪽 측벽 및 중앙분리대(벽)에 지그재그로 설치함을 원칙으로 한다.
- ④ 설치간격은 50m 이내로 한다.
- ⑤ 소형차 전용터널과 중앙분리대가 설치된 방음터널에서는 소화용수 공급을 위한 주배관을 상하행 터널 공동으로 사용할 수 있다.

(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 물분무소화설비

3.3.1 일반사항

- (1) 화재 시 소화용수를 노즐 또는 헤드를 통해 분사하여 화재를 진압함과 동시에 화재 시 발생하는 열에 의해서 터널시설이 손상되지 않도록 냉각 보호하고 복사열을 차단하여 화재의 확산을 방지하는 자동소화설비로 미분무소화설비를 포함한다.
- (2) ‘물분무소화 헤드 또는 노즐’이라 함은 화재 시 직선류 또는 나선류의 물을 미립상태로 분무하기 위한 기구를 말한다.
- (3) ‘급수배관’이라 함은 수원 및 옥외송수구로부터 물분무헤드에 급수하는 배관을 말한다.
- (4) ‘일제개방밸브’라 함은 화재 발생 시 자동 또는 수동식 기동장치에 의해 개방되는 밸브를 말하며, 방수구역을 선택적으로

변경할 수 있는 밸브폐쇄 기능도 있어야 한다.

- (5) 본 설치지침에서 언급되지 않은 사항은 물분무소화설비의 화재안전(성능, 기술)기준(NFPC 104, NFTC 104) 및 미분무소화설비의 화재안전(성능, 기술)기준(NFPC 104A, NFTC 104A)을 준용한다.

3.3.2 기기사양

- (1) 물분무소화설비의 헤드는 도로면(비상주차대, 길어깨(갓길) 포함)에 1m²당 6ℓ/min 이상의 수량을 방수할 수 있도록 제원 및 설치간격을 선정한다. 단, 미분무소화설비는 별도로 한다.
- (2) 미분무설비의 노즐은 미분무소화설비의 화재안전(성능, 기술)기준(NFPC 104A, NFTC 104A)을 따라 제원 및 설치간격을 선정한다.

3.3.3 설치지침

- (1) 물분무소화설비(미분무소화설비 포함)는 방재등급이 1등급 이상인 터널에 설치한다.
- (2) 물분무소화설비(미분무소화설비 포함)의 작동은 관리자가 CCTV에 의해서 방수구역에 대피자가 없는 것을 확인하고 방수함을 원칙으로 한다. 다만, 급격한 화재의 확산으로 조기에 방수하는 경우에는 3회 경고방송을 시행한 후에 방수할 수 있다.
- (3) 물분무소화설비(미분무소화설비 포함)의 방수구역은 25m~50m로 하며, 2~3구역(75m 이상)을 동시에 40분 이상 방수할 수 있는 소화용수를 확보한다.
- (4) 물분무소화설비(미분무소화설비 포함)의 비상전원은 40분 이상 기능을 유지할 수 있도록 한다.
- (5) 소형자 전용터널 및 중앙분리대가 설치된 방음터널에서는 소화

용수 공급을 위한 주배관은 상하행 터널 공동으로 사용할 수 있다.

3.4 원격제어살수설비(소형차 전용터널 및 방음터널)

3.4.1 일반사항<신설>

- (1) 소형차 전용터널에서 화재 발생 초기에 터널관리자에 의하여 신속하게 화재를 진압할 수 있도록 구조물 내에 설치하는 자동소화설비이다.<신설>
- (2) 소화용 수원, 가압송수장치, 배관, 전원(상용전원, 비상전원), 분사헤드, 구동 및 제어장치 등으로 구성된다. <신설>
- (3) 본 지침에 언급되지 않은 사항은 옥내소화전의 화재안전(성능, 기술)기준(NFPC 102, NFTC 102)을 준용한다.

3.4.2 기기사항<신설>

- (1) 노즐선단의 방수압력은 0.35MPa 이상으로 하며, 방수량은 190ℓ/min 이상으로 한다.<신설>
- (2) 비상전원은 가압송수장치를 40분 이상 작동할 수 있어야 한다.<신설>
- (3) 수원은 소화전용으로 설치하며, 옥내소화전 수원과 병용하여 사용할 수 있다.<신설>

3.4.3 설치지침<신설>

- (1) 원격제어살수설비의 배치<신설>
 - ① 방재등급이 2등급 이상이고 터널연장이 3,000m 이상인 터널에 설치를 권장한다. 다만, 방음터널은 방재등급이 2등급이고 터널연장이 1,000m 이상이고 3,000m 미만인 터널에 설치를 권장한다.

- ② 설치위치와 소화용수 공급을 위한 주배관은 3.2.3의 내용을 따른다.<신설>
- (2) 원격제어살수설비의 가압송수장치와 수원은 다음 조건을 만족하도록 산정한다.<신설>
 - ① 소화용수의 용량은 동시사용 개소를 총 2개소로 하여 산정한다. <신설>
 - ② 방수지속시간은 터널의 지역적인 특성상 소방차의 출동시간을 고려하여 산정하며, 최소 40분 이상으로 한다.<신설>
- (3) 원격제어 노즐<신설>
 - ① 터널내 환경을 고려하여 노즐 부식이 발생되지 않도록, 구동 및 제어장치는 적절한 방수·방습등급을 선정하여 원활히 작동되도록 제작하여야 한다.<신설>
 - ② 방수중 구동 및 제어장치 등에 의해 관리자가 방수량 및 분사각도를 조정할 수 있어야 한다.<신설>
- (4) CCTV가 설치되는 터널에서는 CCTV와 연동하여 경보발생 구역에 대한 집중감시가 이루어질 수 있도록 한다. 이 경우, CCTV는 수동으로 연동을 해제할 수 있도록 한다.<신설>
- (5) 원격제어살수설비의 작동은 관리자가 CCTV에 의해서 방수 구역에 대피자가 없는 것을 확인하고 방수하는 것을 원칙으로 한다.<신설>

제 4 장 경보설비

4.1 비상경보설비

4.1.1 일반사항

- (1) 비상경보설비는 화재 발생 시 화재장소 또는 통합센터 및 관리사무소에 경보를 발령하여 화재를 통보할 수 있는 설비로써 비상벨, 발신기, 중계기 및 수신기 등으로 구성된다.
- (2) ‘비상벨설비’라 함은 터널 내의 화재 발생상황을 경중으로 경보하는 설비를 말한다.
- (3) ‘발신기’는 화재 발생신호를 수신기에 수동으로 발신하는 장치를 말한다.
- (4) ‘수신기’는 발신기에서 발하는 화재신호를 직접 수신하는 장치를 말한다.
- (5) 본 지침에 언급되지 않은 사항은 비상경보설비 및 단독경보형 감지기의 화재안전(성능, 기술)기준(NFPC 201, NFTC 201) 및 도로터널화재안전(성능, 기술)기준(NFPC 603, NFTC 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 부착지점으로 부터 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 통신이 가능한 구조로 한다.
- ③ 수신기는 감지기, 중계기 또는 발신기가 작동하는 위치를 표시할 수 있는 기능을 갖도록 한다.

4.1.3 설치지침

(1) 공통사항

- ① 연장등급이 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 측벽, 총 차로수가 6차로 이상인 방음터널은 양쪽 측벽 및 중앙분리대에 지그재그(교차)로 설치함을 원칙으로 한다.
- ④ 설치간격은 50m 이내로 한다.
- ⑤ 비상경보설비에는 감시상태를 60분간 지속한 후 유효하게 10분 이상 경보할 수 있도록 비상전원설비를 갖추어야 한다.
- ⑥ 전원회로의 배선은 옥내소화전설비의 화재안전(성능, 기술)

기준(NFPC 102, NFTC 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.
- ⑤ 관리자가 없는 터널인 경우에는 119 속보기능을 내장하여 관할 소방서 또는 터널통합관리사무소(유지관리사무소 포함)로 연계하여야 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, 화재신호를 발신하는 발신기, 중계기, 음향장치 등으로 구성한다.
- (3) 자동화재탐지설비의 수신기, 발신기, 음향장치 등은 ‘4.1 비상경보설비’ 항목을 준용한다.
- (4) 본 설치지침에 언급되지 않은 사항은 자동화재탐지설비 및 시각경보장치의 화재안전(성능, 기술)기준(NFPC 203, NFTC 203) 및 도로터널화재안전(성능, 기술)기준(NFPC 603, NFTC 603)을 준용한다.

4.2.2 기기사양

- (1) 터널에 설치되는 탐지기는 자동화재탐지설비 및 시각경보장치의 화재안전(성능, 기술)기준(NFPC 203, NFTC 203)에 제시되어 있는 자동화재탐지기 중 감지범위 및 감지능력은 다음 조건을 만족하여야 한다.
 - ① 자동화재탐지기 성능은 화재강도가 1.5MW의 화재 시 터널 내 종방향의 풍속이 3m/s인 상황에서 화재 발생 후 1분 이내에 화재를 탐지할 수 있는 능력의 것을 표준으로 한다.
 - ② 자동화재탐지기의 경계구역은 자동화재탐지 및 시각경보장치설비의 화재안전(성능, 기술)기준(NFPC 203, NFTC 203)을 준용하나 물분무소화설비가 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 (반)횡류 환기방식을 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 설치간격 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 연장등급이 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 가시도 측정장치와 병용하거나 CCTV 및 자동사고감지설비를 화재감시시스템으로 병용하는 것을 권장한다.
 - ④ 자동화재탐지설비가 작동하면 CCTV와 연동하여 CCTV에 의해서 화재구역에 대한 감시가 자동적으로 이루어질 수 있도록 한다.
- (2) 연장등급이 3등급인 터널에 방재등급에 따라 제연설비를 설치하는 경우에는 자동화재탐지설비를 CCTV나 자동사고감지설비로 대체할 수 있다.
- (3) 연장등급이 2등급이지만 방재등급이 3등급인 터널은 연장등급에

따라 자동화재탐지설비의 설치가 의무적이거나, 이 경우 관할 소방서와 협의하여 CCTV 또는 자동사고감지설비로 자동화재 탐지설비를 대체할 수 있다.

4.3 비상방송설비

4.3.1 일반사항

- (1) 터널 내 사고 발생 시 관리사무소 또는 통합관리센터에서 터널에 설치된 스피커를 통하여 터널 내부에 비상방송을 하기 위한 설비를 말하며, 차량의 진입통제 및 상황전파를 목적으로 터널입구 전방에도 설치할 수 있다.
- (2) 화재 시 화재수신기와 연동하여 자동으로 비상방송이 가능하도록 하여야 한다.
- (3) 비상방송설비는 60분 이상 기능을 유지할 수 있도록 무정전전원을 공급한다.
- (4) 본 지침에서 언급하지 않은 사항은 비상방송설비에 대한 화재안전(성능, 기술)기준(NFPC 202, NFTC 202)을 준용한다.

4.3.2 기기사양

- (1) 비상방송설비는 Power Amp, Tunner, CD Player, Tape Recorder, Emergency 유니트, Matrix Logic 유니트 등으로 구성한다.
- (2) 비상방송설비와 재방송설비는 상호 연동하여 비상시 터널 내 라디오방송 채널, DMB 방송에서도 비상방송이 동시에 송출되도록 구성한다.

4.3.3 설치지침

- (1) 방재등급이 3등급 이상으로 제연설비나 피난·대피시설이

설치되는 터널내부 및 터널입구 전방에 설치한다.

- (2) 터널 내 소음을 고려 스피커 음압은 90dB/W/m 이상으로 한다.
- (3) 스피커는 유선 또는 무선스피커를 사용할 수 있으며, 검사원 통로 또는 주행차로 측벽 상부에 설치한다.
- (4) 피난·대피시설(비상주차대, 피난대피터널)에는 비상방송설비를 설치한다.
- (5) 스피커는 습도 및 먼지 등의 영향이 많은 터널 특성을 고려하여 방수용 옥외설치형을 기본으로 한다.
- (6) 터널의 비상방송용 스피커는 터널내 전구간에서 음성명료도(STI)가 0.42 이상이어야 한다.
- (7) 마이크를 통해서 직접 방송하거나, 녹음된 내용을 방송할 수 있도록 한다.
- (8) 스피커는 구역별로 작동할 수 있도록 한다.
- (9) 터널입구 전방에 설치되는 스피커는 정차한 차량의 운전자가 창문을 열고 알아들을 수 있도록 터널입구에서 부터 전방 200m 까지 50m 이내의 간격으로 설치하며, 옥외 가로등 시설 등 과 병설하여 설치할 수 있다.

4.4 긴급전화

4.4.1 일반사항

- (1) 긴급전화는 터널 내부에 설치되는 긴급전화기 및 관리실에 설치되는 긴급전화 주장치, 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 비상시 60분 이상 기능을 유지할 수 있는 무정전 전원을 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 비상시 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) 방재등급이 3등급 이상의 터널에 설치한다.
- (2) 긴급전화의 설치는 대피시설(격벽분리형 피난대피통로, 비상주차대, 피난대피터널) 및 주행차로 측벽에 250m 이내의 간격으로 설치함을 원칙으로 한다.
- (3) 긴급전화는 검사원 점검통로 바닥면으로 부터 1.0~1.5m 이하의 높이에 설치한다.
- (4) 터널 측벽에 매립·설치하거나 방음을 위해 문이 달린 부스를 설치하여 소음을 차단할 수 있는 구조로 하는 것을 권장한다.
- (5) 내조식 조명의 표지판에 ‘긴급전화’라고 표시하여 먼 곳에서도 식별이 가능하도록 한다.

4.5 CCTV (감시용 텔레비전 설비)

4.5.1 일반사항

- (1) CCTV는 터널에 설치되는 카메라, 제어실에 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, 필요시 특정 부분만을 확대하여 감시할 수 있는 기능을 보유할 수 있다.
- (4) 관리사무소와 통합관리센터에서 CCTV 시스템에 대한 원격 제어가 가능하여야 한다.
- (5) CCTV는 비상상황 시 최소 1시간 이상 기능을 유지할 수 있도록 무정전전원설비에 의해 비상전원을 공급한다.

4.5.2 기기사양

(1) 카메라

- ① 터널 내부에 설치하는 카메라는 터널과 같은 저조도 환경에서 영상의 끊김이나 번짐현상을 최소화할 수 있는 기종을 적용한다.
- ② 카메라 하우징은 옥외설치용 카메라 하우징을 사용함을 표준으로 하며, 특히 터널내부의 경우, 각종 분진 및 차량 매연으로부터 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 방재등급이 3등급 이상의 터널에 설치하며, 방재등급이 3등급 미만인 경우에는 현장여건을 고려하여 200m 이상의 터널에 설치할 수 있다.
- ② 운영 중인 연장등급이 3등급인 터널로 피난대피시설이 본 지침의 기준에 미달하는 터널에 설치할 수 있다.
- ③ CCTV는 터널 입·출구 및 터널 내 가시거리의 확보가 용이한 장소에 설치한다.
- ④ 터널 내 설치간격은 200~400m(단, 소형차 전용터널은 100~200m)를 표준으로 하며, 터널의 선형 및 종단경사, 식별 가능한 화상의 크기, 렌즈의 초점거리를 고려하여 결정해야 한다. 단, CCTV를 자동사고감지설비의 카메라로 활용하거나 향후, 자동사고감지설비의 설치를 계획하는 경우에는 영상 사고감지설비 설치기준을 적용한다.

- ⑤ 터널 외부는 터널 입·출구의 교통흐름을 확인할 수 있도록 터널 입·출구부 500m 이내의 지점에 설치함을 원칙으로 한다.
- ⑥ 감시용 CCTV는 터널에서 발생하는 모든 비상신호(자동화재 탐지설비, 비상경보, 소화기, 소화전, 자동사고감지설비)와 연동하여 비상신호 발신구역의 카메라 및 모니터가 자동으로 활성화되어 집중감시가 이루어지도록 한다.
- ⑦ 터널 내 카메라의 설치높이는 3.5m 이상으로 설치하며, 조명 및 역광의 영향과 대형차량에 의한 시야 저해가 최소화될 수 있도록 한다.
- ⑧ 터널 외부카메라는 터널 입·출구부의 상·하행 차로의 교통 흐름을 동시에 파악할 수 있는 높이에 설치하도록 한다.
- ⑨ 터널 내 CCTV 카메라는 시공성, 유지보수성 등을 감안하여 검사원통로가 설치되어 있는 측벽에 설치한다. 단, 소형차 전용터널은 천정에도 설치할 수 있다.

(2) 영상전송 및 저장

- ① 현장의 카메라와 터널에 설치되는 CCTV 제어장치간의 선명한 화상전송이 이루어 질 수 있도록 한다.
- ② 영상은 각종 정보를 제공할 수 있도록 48시간 이상의 영상 저장을 원칙으로 하며, 최근 상황을 연속적으로 갱신할 수 있도록 한다. 단, 화재상황에서는 화재원인 및 대처상황 등의 기록을 위해서 자동갱신기능이 자동으로 해제될 수 있도록 한다.

4.6 자동사고감지설비

4.6.1 일반사항

- (1) 자동사고감지설비는 터널 내 긴급상황을 도로터널에서 카메라가 실시간으로 제공하는 영상을 분석하는 영상사고감지설비와 주파수를 이용하여 수신된 검지데이터를 실시간으로 분석하는

돌발상황감지설비가 있으며, 자동으로 감지된 긴급상황을 운영자에게 경보하는 장치를 말한다.

- (2) 자동사고감지설비는 터널 내 설치되는 카메라, 운영소프트웨어, 영상처리기와 사고감지분석서버 컴퓨터로 구성된다.
- (3) 돌발상황감지설비는 터널 내 설치되는 센서부(레이더센서, 레이더제어기), 추적부와 운영소프트웨어, 사고감지분석서버용 컴퓨터로 구성된다.
- (4) 자동사고감지설비는 비상시 1시간 이상 성능을 유지할 수 있도록 무정전전원을 공급한다.

4.6.2 기기사양

(1) 영상사고감지설비의 카메라

- ① CCTV(감시용 텔레비전)설비의 기기사양을 준용하며, 영상의 끊김현상을 방지하기 위하여 최소 30 프레임/초 이상의 성능을 확보하여야 한다.
- ② 터널의 저조도 환경에서 차량의 불빛에 의한 번짐현상을 최소화할 수 있는 기종을 적용하여 오경보를 최소화할 수 있도록 한다.

(2) 돌발상황감지설비의 센서부 및 추적부

- ① 주파수는 도로정보감시용 혹은 국가에서 허가한 대역을 사용하여야 하며, 검지데이터 전송주기는 200ms 이하를 만족하여야 한다.
- ② 추적부인 CCTV는 돌발상황 발생 시 자동으로 최대 1,000m 이내 해당위치 영상지원이 가능할 수 있도록 회전형 광학줌 20배 이상의 성능을 확보하여야 한다.

(3) 자동사고감지 운영 소프트웨어

- ① 터널에서 발생할 수 있는 긴급상황(화재연기감지, 보행자,

사고 또는 정지차량, 역주행 차량 등)을 실시간으로 감지하여 터널관리자에게 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 오작동의 발생을 차단하기 위하여 운영자가 원격지에서 자동사고감지설비의 성능시험을 할 수 있도록 한다.

(4) 자동사고감지 분석 서버 컴퓨터

① 긴급상황 발생 시 영상 또는 돌발상황검지 데이터를 자동저장할 수 있도록 한다.

② 기록저장매체는 최근 한달(30일)간 자동사고감지 이벤트(동영상 포함)기록을 저장하며, 월별로 발생 이벤트를 기록·보관하여야 한다.

(5) 자동사고감지설비 선정 시 <표 1.4.1> 평가항목 및 가중치를 참고하여 선정할 수 있다.

<표 1.4.1> 평가항목 및 가중치

평가항목		가중치	비고
감지 능력	- 보행자, 정지차량, 역주행	0.15	감시능력 항목별 가중치 0.05점
	- 화재감지	0.05	
	- 정확성 및 신속성	0.1	
감지 범위	- 감지범위 최소 100m 이상	0.1	
경제성	- 초기투자비	0.2	시공 시 초기 설치비용
	- 유지관리비	0.2	소프트웨어 라이선스 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	

4.6.3 설치지침

- (1) 터널 내 긴급상황을 감지하기 위한 경보설비의 일환으로 방재등급이 3등급 이상인 터널에 설치를 권장할 수 있다.
- (2) 터널에 설치되는 CCTV와 연동이 가능하여야 하며 터널의 교통상황을 실시간으로 감시한다.
- (3) 향후, 터널통합관리시스템과 연동하여 긴급상황에 대한 정보를 제공할 수 있어야 한다.
- (4) 자동사고감지설비는 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) 영상사고감지설비의 카메라

- ① 긴급상황감지를 목적으로 하는 CCTV의 설치간격은 영상사고 감지시스템의 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.
- ② 터널 내 카메라의 설치는 시공성 및 유지보수성을 감안하여 주행차로의 측벽에 설치하며, 설치높이는 3.5m 이상으로 한다.
- ③ 카메라는 대형차량에 의한 흔들림, 차량의 그림자, 옆차선 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

- ① 돌발상황감지를 목적으로 하는 센서부의 설치간격은 터널의 선형 및 종단경사, 도로폭 등을 고려하여 감시의 사각지역이 발생하지 않도록 설치한다.
- ② 터널 내 센서부 및 추적부의 설치는 카메라 설치위치와 동일하게 한다.
- ③ 레이더센서의 방위각 및 고도각은 설치후 최종 확인하며, 레이더센서는 도로의 방향과 동일하게 설치하며 고도각은 도로와 수평을 유지하는 상태로 설정하여 감지성능 저하를 최소화할 수 있는 위치에 설치한다.

(7) 자동사고감지설비 운영 소프트웨어 및 분석용 서버 컴퓨터

- ① 자동사고감지설비는 최적의 성능을 확보하기 위해서 시운전 시 터널의 조도 등 내부 환경에 적응하기 위한 반복적인 교정(calibration)과 세부 조정(tuning) 등을 수행하여야 한다.

- ② 터널 내 긴급상황 발생 시 경보 발생과 동시에 현장 화면이 감시모니터에 표출되어야 하며, 발생한 긴급상황은 운영자가 데이터베이스화하여 비상상황에 대한 검토가 용이하도록 별도의 로그파일과 사고영상이 저장되어야 한다.
- ③ 자동사고감지설비는 운영 중 최적 성능이 발휘할 있도록 설치 후 2년이 경과된 시점부터 매 6개월 마다 1회 이상 교정과 세부조정 등을 수행하여야 한다.

4.7 재방송설비

4.7.1 일반사항

- (1) 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.
- (2) 「소방시설법」에서 요구하는 무선통신보조설비와 겸용하여 설치하며, 이 경우에 소방무선통신에 영향을 주지 않도록 설치하여야 한다.
- (3) ‘재방송 중계 장치’라 함은 AM/FM 및 지상파 디지털 멀티미디어 공중파방송을 수신하여 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 긴급방송을 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) ‘안테나’라 함은 AM/FM방송 및 지상파 디지털 멀티미디어 방송신호 등의 반송파를 터널 내에 복사하여 전파하기 위한 설비로서 소방무선통신주파수대역을 포함하여 소방무선통신 설비와 겸용할 수 있다.
- (6) ‘분배기’라 함은 신호 전송로가 분기되는 개소에 설치하는 것으로 신호 균등분배를 위해 사용하는 장치를 말한다.
- (7) ‘증폭기’라 함은 신호전송 시 신호가 약해져서 수신이 불가능해지는 것을 방지하기 위해서 증폭하는 장치를 말한다.
- (8) ‘소방합성기’라 함은 무선기기접속 단자함을 상호간섭 없이 임피던스 정합하여 누설동축 케이블에 FM방송신호를 접속할 수 있도록 하는 장치를 말한다.
- (9) 본 지침에 언급되지 않은 사항은 「방송통신발전기본법」, 「전파법」, 「무선설비규칙」, 「신고하지 아니하고 개설할 수 있는 무선국용 무선설비 기술기준」을 준용한다.

4.7.2 기기사양

- (1) 재방송 중계 장치
 - ① 터널이 위치한 지역에서 수신 가능한 AM/FM라디오방송과 지상파 멀티미디어방송의 공중파 주파수를 터널 내에 중계할 수 있도록 한다.
 - ② 재난 발생 시 중계 가능한 라디오방송 및 지상파 멀티미디어 방송 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 중계 장치의 성능은 「무선설비규칙」(미래창조과학부 고시)에서 정하는 특정소출력무선국용 무선설비의 기술기준에 따른다.

(2) 누설동축케이블 및 안테나

- ① 누설동축케이블 및 안테나는 불연 또는 난연성의 것으로써 무선통신보조설비와 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.

(3) 분배기, 분파기, 혼합기

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

(4) 증폭기

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

4.7.3 설치지침

(1) 공통사항

- ① 재방송설비는 방재등급이 3등급이상의 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 재방송 중계 장치의 설치 여부를 검토할 수 있다.
- ③ 재방송설비의 수신범위는 터널내부를 원칙으로 한다. 다만, 긴급상황 발생빈도가 높은 방재2등급(연속터널 포함) 이상 터널은 터널 내부, 입구에서 정보표지판까지, 연속터널은 전방터널과 후방터널 사이 구간에 확대 적용할 수 있다.<신설>

(2) 재방송 중계 장치

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

(3) 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, 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.

4.8 정보 표지판

4.8.1 일반사항

- (1) 정보표지판은 비상시뿐만 아니라 유지관리, 보수공사 등 안전운행을 확보하기 위해 각종 정보를 운전자에 전달하는 시설을 말한다.
- (2) 정보표지판은 터널입구정보표지판(VMS), 차로이용규제신호등(LCS), 진입차단표지판, 제어장치 및 전원공급장치로 구성되며, 차량의 운전자들에게 사고나 유지·관리 등의 요인으로 차선이 통제될 경우, 통제차선을 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 문자 또는 그래픽 형태로 표시하는 장치를 말한다.
 - (5) 터널입구정보표지판은 제한속도, 추월금지, 차선운영 상황, 재방송 채널정보 등 일반적인 사고예방을 위한 정보와 사고 발생시 사고 상황을 알리고 진입금지를 지시하는 등 각종 지시사항을 표시할 수 있도록 한다.
 - (6) ‘차로이용규제신호등’은 터널 내부의 사고 또는 작업 시 차량의 진입 통제 및 운행가능 차선을 표시하는 장치를 말한다.
 - (7) ‘진입차단표지판’은 터널에서 긴급상황 발생시 터널진입을 차단하기 위한 진입금지 문자 등을 표출하는 장치를 말한다.
- <신설>
- (8) ‘제어장치’는 정보표지판에 정보를 표출하는 신호를 보내거나 제어하는 장치를 말한다.

4.8.2 기기사양

- (1) 터널입구 정보표지판(VMS : Variable Message Sign)
 - ① 전광표지판은 옥외용 고휘도 LED Dot Matrix Module로 LED 소자는 직사광선하에서도 선명한 화면이 표출될 수 있어야 한다.
 - ② 크기는 가로 10 × 세로 2 Module 이상을 표준으로 한다.
 - ③ Module의 크기는 600×600mm 이상으로 제작하며, 16×16 Dot 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 1 Module 이상을 표준으로 한다.

- ② Module의 크기는 600×600mm(소형차 전용터널은 300×300mm) 이상 으로 제작하며, 16×16 Dot 이상의 Matrix로 구성함을 표준으로 한다.

(3) 진입차단표지판<신설>

- ① 진입차단표지판은 옥외용 고휘도 LED Dot Matrix Module로 설치하며, 가로 1 × 세로 1 Module 이상을 표준으로 한다.
<신설>
- ② Module의 사양은 LCS와 동일하게 한다.<신설>

(4) 제어장치

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

4.8.3 설치지침

(1)터널입구 정보표지판(VMS: Variable Message Sign)

- ① 방재등급이 2등급 이상인 터널에 설치한다.
- ② 터널안내 전광판은 터널입구 전방 500m 정도에 설치함을 표준으로 한다. 다만, 시야가 확보되지 않는 경우에는 설치 위치를 변경할 수 있으며, 회차로가 있는 경우에는 정차한 차량이 회차로를 이용할 수 있는 위치에 설치한다.
- ③ 연속터널의 경우에는 전방터널(제1터널)에만 설치한다.
- ④ 터널에서 화재가 발생하는 경우, 미리 준비된 메시지를 수동 또는 자동으로 표출할 수 있도록 한다.

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

- ① 방재등급이 2등급 이상인 터널에 설치한다.
- ② 차로이용규제신호등은 터널내부 및 터널입구 정보표지판과 터널입구 사이에 설치한다.
- ③ 터널 진입부에는 터널입구 정보표지판으로부터 후방 100m 정도에 설치하며, 터널 내부에는 400~500m 간격으로 설치한다. 다만, 곡선터널 또는 소형차 전용터널의 경우에는 시야확보 범위 이내로 간격을 축소하여 설치한다.
- ④ 연속터널은 전후방 터널에 모두 설치한다.

(3) 진입차단표지판<신설>

- ① 긴급상황 발생빈도가 높은 방재등급 2등급 이상인 터널 또는 방재등급 3등급 이상의 연속터널에 설치할 수 있다.<신설>
- ② 터널 입구 전방 200m 까지 50m 간격으로 설치한다. 단, 연속터널의 경우에는 전방터널 및 전방·후방터널사이에 설치한다.<신설>
- ③ 터널에서 화재 등의 긴급상황 발생시 미리 준비된 메시지를 수동 또는 자동으로 표출할 수 있도록 한다.<신설>

(4) 제어기

- ① 제어기는 보호함에 설치하여야 하며, 보호함은 전광판 설치 위치 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 낙뢰 방지를 위하여 둥근형으로 하고, 접지봉 또는 접지판을 매설하여 외함을 직접 제3종 접지한다.

(5) 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’, ‘진입금지’ 등의 경보 메시지를 표시할 수 있어야 한다.

4.9 터널진입차단설비

4.9.1 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 표지(스크린 또는 기타 장치)와 제어 장치로 구성된다.

4.9.2 기기사항

- (1) 차량 진입 차단을 위한 표지에는 ‘터널사고 진입금지’ 등의 사고를 알리고 진입을 금지하기 위한 문구가 명확하게 표출되어야 한다.
- (2) 차량 진입 차단을 위한 표지의 폭은 약 3.2m 정도로 하며,

표지가 완전히 전개된 상태에서 최하부의 높이는 도상위 2.2m로 한다.

- (3) 소형차 전용터널의 표지의 폭은 1차로 도로폭 보다 0.4m 작게 하며, 표지가 완전히 전개된 상태에서 최하부의 높이는 도로 위 1.0m로 한다.<신설>

4.9.3 설치지침

- (1) 방재등급이 2등급 이상인 터널에 터널전방 100m 지점 정도에 설치하며, 회차로가 있는 경우에는 회차로 후방에 설치한다.
단, 100m 지점에 설치가 곤란한 경우 현장여건을 고려하여 500m 이내에서 설치위치를 조정할 수 있으며, 방음터널은 방재등급 3등급인 터널에 설치를 권장한다.
- (2) 교통측면에서 연속터널의 경우에는 전방터널(제1터널)에 설치한다.
- (3) 터널입구 차로이용규제신호등이 설치되는 경우에는 터널입구와 차로이용규제신호등 사이에 설치하는 것을 원칙으로 한다.
- (4) 운영 중인 터널에 방재시설을 보강할 목적으로 설치하는 경우에는 차로이용규제신호등이나 정보표지판 등의 시설물과 혼합형으로 설치할 수 있다.
- (5) 터널진입차단설비는 터널입구정보표지판 시설 및 차로이용규제 신호등과 연계하여 순차적으로 작동하도록 한다.
- (6) 표지가 전개되어 시설한계 이내로 들어오는 방식은 오동작 등에 의한 사고 우려가 있으므로 운전자 또는 관리자가 작동을 인지할 수 있도록 경보음을 발하게 한다.
- (7) 제어기는 터널입구정보표지판의 제어기 설치방법과 동일하게 설치한다.
- (8) 소형차 전용터널은 본선터널 입구와 합류되는 분기터널의 입구전방 100m 이내 지점에 설치한다.<신설>

제 5 장 피난대피설비 및 시설

5.1 비상조명등

5.1.1 일반사항

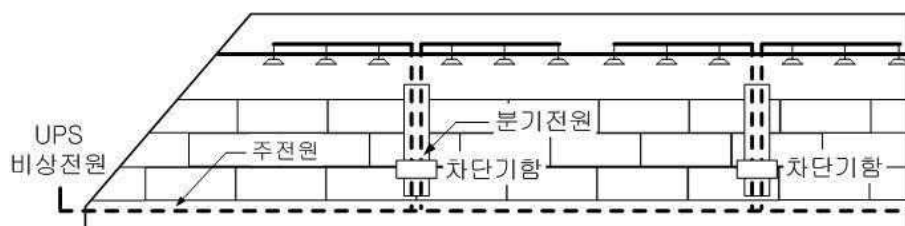
- (1) 터널은 사고나 화재로 인해서 정전이 되면 이차적인 사고를 유발할 위험성이 크며, 신속한 대피에 가장 크게 영향을 미치게 된다. 따라서 비상조명등은 정전 시 이차적인 사고를 방지하고 안전하고 원활한 피난대피활동을 할 수 있도록 조도를 확보하기 위한 설비이다.
- (2) ‘비상조명등’은 점등회로를 이용하여 정전 시에도 안전하고 원활한 대피활동을 할 수 있도록 본선터널 및 대피시설 등에 설치하여 자동점등이 되는 조명등을 말한다.
- (3) 터널 내 비상조명등은 무정전전원설비에 의해서 비상전원이 공급되는 조명등과 비상발전기에 의해서 전원이 공급되는 조명등이 있다.
- (4) 본 설치지침에 언급되지 않은 사항은 비상조명등의 화재안전(성능, 기술)기준(NFPC 304, NFTC 304)을 준용한다.

5.1.2 기기사항

- (1) 무정전 전원설비에 의해 전원이 공급되는 비상조명은 차도 및 보도의 바닥면의 기준 최저 10lx 이상의 조도를 확보한다.
- (2) 비상발전기에 의해 점등되는 조명의 조도는 기본부 조명의 최저 1/2 이상을 확보한다.
- (3) 전원공급은 내화, 난연 전선 또는 동급 이상을 사용하여야 하며, 노출간선 구간은 트레이 내 배선 또는 내화,난연 전선을 선심으로 한 금속관 배선, 가요성 금속피 케이블을 사용한다.

5.1.3 설치지침

- (1) 연장등급이 3등급 이상인 터널에 설치하며, 연장 200m 이상의 터널은 필요시 설치할 수 있다.
- (2) 예비전원을 내장하는 비상조명등을 설치하는 경우에는 평상시 점등 여부를 확인할 수 있도록 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 화재안전(성능, 기술)기준(NFPC 102, NFTC 102)을 준용하여 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 인해 천정부지 전원 공급선이 단락, 지락 되는 경우에 해당구역의 차단기만 차단되어 사고구역 이외의 선로는 정상적으로 전원이 공급될 수 있도록 <그림 1.5.1>과 같이 전원공급선로를 구성한다.



<그림 1.5.1> 비상조명등 설치 개념도

5.2 유도등

5.2.1 일반사항

- (1) 유도등은 대피자를 피난·대피시설이나 안전지역으로 유도하기 위해 대피시설 및 터널의 출구까지의 거리와 방향, 위치 등의 정보를 제공하기 위한 내조식 표지판을 말한다.
- (2) ‘유도등A’는 피난·대피시설(피난연결통로, 피난대피터널, 격벽분리형 피난대피통로, 비상주차대, 배면대피통로)의 위치 표시를 위한 유도등을 말한다.
- (3) ‘유도등B’는 터널 측벽에 일정간격으로 설치하여 피난·대피시설(피난연결통로 등)과 안전지역까지의 거리와 방향을 지시하는 유도등을 말한다.
- (4) ‘유도등A’는 용도에 따라 갭문형, 벽부형, 천정형으로 구분한다.
- (5) 유도등은 비상시 60분 이상 기능을 유지할 수 있도록 비상 전원시설을 갖춘다.
- (6) 본 설치지침에 언급되지 않은 사항은 유도등 및 유도표지의 화재안전(성능, 기술)기준(NFPC 303, NFTC 303)을 준용한다.

5.2.2 기기사양

- (1) 유도등A은 녹색바탕에 백색표지로 하며, 유도등B는 백색바탕에 녹색표지를 사용한다.
- (2) 유도등A의 갭문형은 250×250mm 이상(단면표시), 벽부형 350×740mm 이상(양면표시), 천정형은 1,300mm×600mm 이상(양면표시)을 표준으로 한다. 다만, 통합형(벽부형+천정형)은 2,800mm×600mm 이상(양면표시)으로 할 수 있다.
- (3) 유도등B는 1,300mm×700mm 이상으로 단면표시를 표준으로 한다.

5.2.3 설치지침

- (1) 방재등급이 3등급 이상의 터널 및 피난·대피시설이 설치되는 터널에 설치한다.
- (2) 유도등은 원거리에서 식별이 용이하도록 화재 시 연기류의 방향, 하강현상 및 유지관리를 고려하여 설치한다.
- (3) 유도등A는 원거리에서 식별이 가능하도록 연기에 의해서 빛이 차단되지 않는 피난·대피시설의 근접한 지점에 돌출형으로 설치한다.
- (4) 유도등B는 피난·대피시설의 방향 및 거리를 표시하여 근접한 안전지역으로 대피를 유도할 수 있도록 한다.
- (5) 유도등B는 피난·대피시설이 설치되는 방향의 측벽에 설치함을 원칙으로 하며, 설치높이는 차도면에서 1.5m 정도로 한다.
- (6) 유도등B는 피난·대피시설의 피난연결통로간에 50m 정도의 간격으로 설치하는 것을 표준으로 한다.
- (7) 유도등은 경년변화가 적고 비상조명 조건에서 최대 30m의 거리에서 문자 및 색채를 식별할 수 있어야 한다.

5.3 피난·대피시설

5.3.1 일반사항

- (1) 터널화재 시 터널 이용자의 대피를 위한 시설로 피난연결통로, 피난대피터널, 격벽분리형 피난대피통로, 비상주차대, 배면대피통로를 말한다.
- (2) ‘피난연결통로’는 쌍굴터널에서 상대터널을 연결하는 통로, 본선터널과 피난대피터널을 연결하는 통로, 격벽분리형 피난대피통로와 본선터널을 연결하기 위한 통로(또는 문) 등을 말한다. 방음터널의 경우에는 중앙분리벽에 의해 분리된 상대터널을 연결하는 통로(또는 문)를 말한다.
- (3) ‘피난대피터널’은 대면통행터널에서 화재 시 터널로부터

안전지역으로 대피자를 탈출시키기 위한 터널로 본 터널과 평행한 서비스 터널이나 사갱 및 수직갱 등을 의미한다.

- (4) ‘격벽분리형 피난대피통로’는 본선 터널 내에 터널과 격벽에 의해서 분리하여 화재연기 및 열을 차단할 수 있는 통로를 말한다.
- (5) ‘비상주차대’는 터널 내 고장 또는 사고차량이 2차 사고를 유발하지 않도록 정차하기 위한 지역을 말한다.
- (6) ‘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.
- (7) ‘배면대피통로’는 방음터널에서 터널외부로 연결하는 통로(또는 문)을 말한다.<신설>

5.3.2 설치지침

(1) 피난연결통로(일반 도로터널)

- ① 피난연결통로의 설치대상 터널은 다음 각호로 정한다.
 - 가. 연장등급이 3등급 이상의 터널
 - 나. 최대피난거리가 250m를 초과하는 연장 4등급 터널로 정량적 위험도 평가결과, 위험도가 사회적 위험도 평가 기준을 만족하지 못하는 터널<신설>
- ② 피난연결통로의 설치간격은 250m 이하로 하며, 750m 이하의 간격으로 구급차량이 통과할 수 있는 차량용 피난연결통로를 설치한다. 다만, 피난대피터널이나 격벽분리형 피난대피통로에는 차량용 피난연결통로를 생략할 수 있다.
- ③ 터널연장이 1,200m 이하의 터널에서는 정량적 위험도 평가에 의해서 안전성 확보가 가능한 경우에는 최대 설치간격을 300m로 할 수 있다.

- ④ 차량용 피난연결통로의 맞은편에는 차량의 회전 및 고장차량의 정차를 위해서 비상주차대를 시설하며, 단, 도로의 폭이 비상차량의 회전반경을 확보할 수 있는 경우에는 비상주차대를 생략할 수 있다.
- ⑤ 피난연결통로는 평상시 환기의 신뢰성과 화재 시 연기의 유입을 막기 위해서 차단문을 설치한다.
- ⑥ 피난연결통로에는 비상조명을 설치한다.
- ⑦ 피난연결통로에는 위치표시를 위한 유도등A를 설치하며, 본선터널의 측벽부에는 피난연결통로로 유도할 수 있도록 유도등B를 설치한다.
- ⑧ 대인용 피난연결통로의 차단문은 터널간에 차압이 작용하는 상태에서도 작은 조작력에 의해서 열릴 수 있도록 한다.

(2) 피난연결통로(소형차 전용터널)<신설>

- ① 피난연결통로의 설치대상 터널은 다음 각호로 정한다.
 - 가. 연장등급이 3등급 이상의 터널
 - 나. 최대피난거리가 250m를 초과하는 연장 4등급 터널로 정량적 위험도 평가결과, 위험도가 사회적 위험도 평가 기준을 만족하지 못하는 터널
- ② 피난연결통로의 설치간격은 200m 이하로 하며, 매 3개소마다 차량용 피난연결통로를 설치한다.
- ③ 1,200m 이하의 터널은 최대설치간격을 300m 이하로 하며, 차량용은 최소 1개소 이상으로 한다. 다만, 600m 이하의 터널은 차량용 피난연결통로를 생략할 수 있다.
- ④ 피난연결통로의 상대 터널측 출구부가 주행차로와 직접연결되는 경우에는 주행중인 차량에 의한 2차 사고를 방지하기 위한 완충지대나 시설을 설치한다.

(3) 피난연결통로(방음터널)<신설>

- ① 대피통로는 피난문을 포함하여 피난연결통로를 우선 설치하

며, 설치가 곤란할 경우 격벽분리형 또는 배면대피통로 설치한다.

- ② 피난연결통로는 연장등급 3등급 및 방재등급 3등급 이상인 터널에 기본시설로서 설치하며, 250m 미만에서는 설치를 권장한다.<신설>
- ③ 대인용 피난연결통로의 설치간격은 100m 이하로 하며, 차량용 피난연결통로는 생략할 수 있다.<신설>
- ④ 피난연결통로문(차단문)은 5.3.3 (4)항에서 제시하는 동등 이상의 규격 및 성능기준으로 한다.<신설>

(4) 피난대피터널

- ① 연장등급이 1등급인 터널로 피난연결통로 설치가 불가능한 터널에 설치하는 것을 원칙으로 하며, 경제성이나 토목기술상의 이유로 피난대피터널을 시설할 수 없는 경우에는 「건설기술진흥법」에 따른 설계심의를 절차를 거쳐서 격벽분리형 피난대피통로를 설치할 수 있다.
- ② 피난대피터널에는 5.3.2 (1) 또는 (2)항에 따라 피난연결통로를 설치한다. 단, 방음터널은 5.3.2 (3)항에 따라 피난연결통로를 설치한다.
- ③ 피난대피터널에는 비상조명을 설치하여 조도를 확보하고 사고시 자동점등 되도록 하며, 3시간 이상 점등이 가능하도록 비상전원을 확보한다.
- ④ 피난연결통로와 피난대피터널의 연결부에는 출구까지 방향과 거리를 표시한 유도등을 설치하여 대피를 유도한다.
- ⑤ 피난대피터널은 생명유지에 필요한 공기를 공급하며, 가압을 목적으로 가압설비를 시설하여 연기의 유입을 차단할 수 있도록 한다.
- ⑥ 피난대피터널을 연결하는 통로에는 연기의 유입을 차단하기 위해서 대인용 차단문 설치지침에 준해서 차단문을 설치한다.

(5) 격벽분리형 피난대피통로

- ① 격벽분리형 피난대피통로의 설치대상 터널은 다음 각호로 정한다.

가. 연장등급이 3등급 이상인 대면통행 터널 및 피난연결통로 설치가 불가능한 일방통행 터널, 다만 연장등급이 1등급인 터널은 피난대피터널을 우선적으로 검토한다.

나. 최대피난거리가 250m를 초과하는 연장 4등급 터널로 정량적 위험도 평가를 실시하여 사회적 위험도 평가기준을 만족하지 못하는 터널.<신설>

다. 다만, 연장 200m 이하 분기터널에는 생략할 수 있다.<신설>

- ② 격벽분리형 피난대피통로에는 5.3.2 (1) 또는 (2)항에 따라서 피난연결통로를 설치한다. 단, 방음터널은 5.3.2 (3)항에 따라 피난연결통로를 설치한다.

- ③ 피난대피통로에는 비상조명, 유도등, 가압설비를 피난대피터널에 준하여 설치한다.

- ④ 피난대피통로와 연결하는 비상구는 연기의 유입을 차단하기 위해서 차단문을 설치하여야 한다.

- ⑤ 피난대피통로에 진입이 용이하도록 고정식 또는 탈부착이 가능한 계단을 설치할 수 있다.

- ⑥ 운영 중인 터널 중 피난·대피시설이 현행지침을 준수하지 못하는 다음의 터널에 설치한다. 다만, 토목기술상의 이유로 격벽분리형 피난대피통로를 설치할 수 없는 경우에는 「건설기술진흥법」에 따른 설계심의를 거쳐서 예외로 할 수 있다.

가. 연장기준이 3등급 이상인 대면통행 터널

나. 일방향 터널 중 제연설비의 추가만으로 정량적 위험도 평가에 의한 사회적 위험도가 허용한계를 초과하는 터널

다. 연장이 250m 이상이고 피난연결통로(또는 배면대피통

로)를 설치하지 못하는 방음터널<신설>

(6) 비상주차대

- ① 방재등급이 2등급 이상인 터널에 차량용 피난연결통로 맞은편에 설치함을 표준으로 한다.
- ② 대면통행터널로 비상차로가 없는 경우에는 750m 이내의 간격으로 터널의 양측에 마주보게 설치하여 차량의 회전이 가능하도록 한다.
- ③ 비상차로가 있는 터널이나 일방향 3차로 이상의 터널은 생략할 수 있다.
- ④ 본 설치지침에 언급되지 않은 사항은 도로설계기준의 비상주차대 설치기준을 준용하여 설치한다.

(7) 배면대피통로<신설>

- ① 방음터널에 설치되는 배면대피통로는 본선 터널 및 분기터널의 측벽에 설치한다.
- ② 설치기준은 5.3.2 (3) ②항과 ③항에 따라서 설치하고, 차단문의 개구부 규격은 5.3.3 (4) ①항에 따른다.
- ③ 운영 중인 방음터널 중 피난·대피시설이 현행지침(피난연결통로 기준)을 준수하지 못하는 방음터널은 5.3.2 (5) ⑥항에 따라서 예외로 할 수 있다.

5.3.3 설치사양

(1) 피난연결통로

- ① 피난연결통로는 대인용과 차량용으로 구분하며, 피난연결통로의 시설한계는 대인용은 최소 2.5(폭)×2.5(높이)m 이상, 차량용 최소 4.7(폭)×3.5(높이)m 이상으로 한다. 다만, 소형차전용 터널의 경우는 대인용 및 차량용 피난연결통로 시설한계 높이를 본선터널의 시설한계 높이로 할 수 있다.

(2) 피난대피터널

- ① 피난대피터널은 구급차량의 주행이 가능한 경우와 대인용으로 구분하며, 경제성 및 위험도를 고려하여 결정한다.
- ② 본선터널과 피난대피터널은 피난연결통로로 연결하며 피난대피터널의 경사도는 10%를 넘지 않도록 한다.
- ③ 대피자가 대피하기 위한 목적의 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) 격벽분리형 피난대피통로

- ① 격벽은 불연재료를 사용하여 화재로 부터 안전한 대피공간을 확보하여야 한다.
- ② 피난대피통로의 폭은 피난해석을 통하여 결정하며, 최소폭은 0.75m 이상, 높이는 2.0m 이상으로 한다. 다만, 병목현상 등을 해소하기 위해서 일정간격으로 대피로의 확폭부를 둘 수 있다.
- ③ 피난대피통로의 외부 출입구는 본선터널의 출입구와 이격하여 화재연기가 피난통로로 유입하지 않도록 조치한다. 다만, 이격거리의 적정성은 모형실험 또는 수치시뮬레이션을 통하여 검증하여야 한다.

(4) 피난·대피시설 차단문

- ① 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. 다만, 격벽분리형 대피통로의 차단문은 확폭할 수 있고, 소형차전용터널의 경우 대인용 및 차량용 차단문의 높이는 본선터널의 시설한계 높이로 할 수 있다.

- ② 피난연결통로의 차단문은 대인용 65N 이하, 차량용 100N 이하의 조작력으로 열 수 있는 구조로 하며, 평상시에는 항상 닫혀 있는 구조로 한다. 다만, 차단문 양측에 걸리는 압력차가 큰 터널일 경우에는 조작력을 증대할 수 있다.
- ③ 차단문 양측 사이에 압력차가 발생할지라도 개폐가 용이하며, 개폐여부를 관리사무소 또는 통합관리센터에서 감시가 가능하며, 전원차단에 관계없이 자동 닫힘 기능을 보유하여야 한다.
- ④ 평상시 배기가스, 분진, 습기차단과 화재시 화재연기와 열기류에 노출을 고려하여 스테인리스 재질을 사용하고 기밀구조로 한다.
- ⑤ 차단문 및 고정용 구조물은 800Pa 이상의 압력차를 견딜 수 있도록 설치하여야 한다.
- ⑥ 차단문의 성능은 국토교통부 고시한 ‘자동방화셔터 및 방화문의 기준’의 갑종 방화문의 기준에 따른다.

제 6 장 소화활동설비

6.1 제연 설비

6.1.1 일반사항

- (1) 제연설비는 화재지역으로부터 연기를 배기하거나 대피 반대 방향으로 연기류의 이동을 제어하여 화재초기 자기구조(self rescue) 단계에서 이용자 스스로가 안전을 확보할 수 있도록 하는 가장 중요한 설비이다.
- (2) 터널 내 화재 시 연기의 제연은 평상시 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) 본 지침에서는 배연(smoke exhaust)과 제연(smoke control)을 구분하지 않고 제연설비라 칭한다. 환기 방식별 일반적인 제연특성은 <표 1.6.1>과 같다.

<표 1.6.1> 횡류식 및 종류식의 일반사항

구 분	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 용이 하다.
환기팬의 운전제어	급기 반횡류식의 경우, 화재시 배연모드로 전환하기 위한 대기시간과 역전운전 후에 정상가동에 필요한 시간지연이 길다.	일반적으로 30초에서 1분 이내에 제트팬 정상운전속도에 도달하지만, 터널내 풍속이 정상상태에 도달하기 위해서 시간지연이 필요하다.

구 분	횡류식(또는 반횡류식)	종류식
통행방식에 따른 적용	일방통행 터널의 경우에는 차량의 운행에 의해서 발생하는 피스톤효과에 의한 풍속이 상시 존재하므로 열기류의 방향성 제어가 곤란하며, 일방통행 터널보다는 대면통행 터널에 대한 적용성 우수하다.	대면통행 보다는 일방통행 터널에 대한 적용성 우수함 교통정체시에는 연기가 화재하류 지역의 차량이나 대피자를 덮칠 수 있다. 이와 같은 이유로 외국에서는 단순히 제트팬에 의한 종류식은 정체빈도가 높은 도시지역의 터널과 대면통행 터널에 대한 적용을 금지하는 경우도 있다.
배연을 위한 환기기 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 대수 결정한다.
배연 또는 제연능력 향상을 위한 방안	대배기구 방식에 의해서 화재지점에서 집중적으로 연기를 배기할 수 있는 시스템 구축이 필요하다. 제어의 정확성이 요구되며 배기구의 개폐조절을 위한 전동댐퍼의 설치로 인하여 설치비용 및 유지관리 비용 이 증대한다.	연기가 전구간으로 확산되는 것을 억제하기 위해서 일정간격으로 수직갱 또는 배연용 덕트를 설치하여 구간배연을 통해 연기의 배기능력을 증대할 필요가 있다.
비상전원	배기 또는 급기목적의 대형 축류팬은 비상전원시설에 의한 가동이 가능하나 발전실 규모와 용량이 증대한다.	종류식의 주 제연설비인 제트팬은 비상 발전기에 의해서 가동되도록 시설하고 있어, 정전등의 비상시 제연이 가능하다.

6.1.2 화재발생시 환기계획

(1) 화재단계

- ① 차량 화재 발생 시의 제연에 대한 요구사항은 화재단계에 따라 다음의 두 단계로 구분된다.

가. 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.

나. 제2단계 : 화재진압을 지원하기 위한 제연이 수행되어야 하는 단계로 제연설비는 소화활동을 지원하기 위한 운전을 수행하며, 제연설비를 가동하거나 정지시킬 때에는 현장 소방대와 긴밀하게 연락하도록 한다.

(2) 화재강도

- ① 제연설비용량은 설계화재강도와 임계풍속, 연기발생량에 따라 차이가 발생한다. 차종별 화재강도 및 이에 따른 연기발생량은 <표 1.6.2>에 나타낸 바와 같다.
- ② 본 지침에서는 설계화재강도를 20MW 이상으로 하며, 이때의 연기발생량은 80m³/s로 할 것을 권장한다.
- ③ 위험물 수송차량의 통과대수가 많은 경우에는 설계화재강도를 증가할 수 있다.

<표 1.6.2> 설계화재 강도 및 연기발생량

적용차종	승용차	버스	트럭	탱크롤리
화재강도 (MW)	5이하	20	30	100
연기발생량 (m ³ /s)	20	60~80	80	200

(3) 터널내 임계풍속

- ① 임계풍속은 다음의 식(1.6.1), 식(1.6.2)로 계산하며, 보정계수(β)는 설계자가 수치시뮬레이션 등을 수행하여 신뢰성을 검증한 후에 적용함을 원칙으로 한다.

$$V_{rc} = K_g \cdot F_{rc}^{-\frac{1}{3}} \left(\frac{gHQ}{\beta \rho_0 C_p A_r T_f} \right)^{\frac{1}{3}}$$

(1.6.1)

$$T_f = \frac{Q}{\beta \rho_0 C_p A_r V_{rc}} + T_0$$

(1.6.2)

여기서, V_{rc} : 임계풍속(m/s), K_g : 터널경사 보정계수, F_{rc} : 임계 Froude 수(=4.5), g : 중력가속도(=9.8m/s²), H : 화점에서 터널 천장까지의 높이(혹은 대표직경), Q : 화재강도(MW), β : 보정계수, ρ_0 : 초기 공기밀도 (kg/m³), T_0 : 초기 공기온도(K), C_p : 정압비열(J/kg·K), A_r : 터널단면적(m²), T_f : 화점온도(K) 이다.

② 터널경사 보정계수는 다음 식(1.6.3)으로 계산한다.

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

(1.6.3)

여기서, grade: 터널 종단경사(%) 이다.

(4) 제연설비 설치계획

- ① 방재등급 2등급 이상 터널의 본선과 분기터널에 설치한다.
다만, 연장 200m 이하 분기터널에는 생략할 수 있다.
 - ② 제연방식은 화재 시 터널 내 대피자의 분포특성을 고려하여 터널의 연장 및 교통특성에 따라 결정하며, <표 1.6.3>에 제시한 제연방식의 적용을 권장한다.
 - ③ 대면통행터널 및 정체빈도가 높을 것으로 예상되는 일방통행 터널은 횡류(또는 반횡류)식을 적용하는 것을 권장하며, 종류식의 적용은 정량적 위험도 평가를 수행하여 안전성을 검증한 후에 적용함을 원칙으로 한다.
 - ④ 본선터널과 합류하는 분기터널에는 화재연가기 본선으로 최대한 유입하지 않도록 배연시스템을 설치할 것을 권장한다.
- <신설>

(5) 피난·대피시설이 미흡한 터널의 제연설비 설치계획

- ① 피난연결통로(5.3.2 (1), (2), (3)) 및 격벽분리형 피난대피통로(5.3.2 (5)) 시설이 미흡한 터널은 피난대피환경 보완계획을 수립하고, 제연설비 또는 제연보조설비를 추가한다.
- ② 제연설비 보강 계획 수립 시 우선순위는 다음과 같이 정한다.
 - 가. 방재등급이 2등급 이상인 터널
 - 나. 피난·대피환경이 미흡한 전터널
 - 다. 정량적 위험도평가에 의한 사회적 위험도가 허용한계를 초과하는 터널
- ③ 제연설비를 추가하는 경우에는 다음과 같이 한다.
 - 가. 제트팬 또는 슬립형 제트팬을 적용할 수 있으며, 예비용 제트팬은 설치하지 않을 수 있다. 다만, 방재등급이 2등급 이상 터널은 제외한다.
 - 나. 제연보조설비의 설치개소 및 간격은 제작사 사양 기준에 의한다. 다만, 시뮬레이션이나 모형실험 및 정량적 위험도평가에 의해서 피난 안전성 확보 결과를 제시하여야 한다.
 - 다. 제연보조설비의 터널 내 설치부품은 250℃의 온도에서 40분 이상 내열성능을 확보하여야 한다.
 - 라. 제연보조설비의 작동은 화재감지기와 연동 또는 관리자에 의한 수동운전도 가능하여야 한다.
 - 마. 제연보조설비 설치로 인해 평상시 환기류의 저항이 증가할 우려가 있으므로 환기시스템에 대한 검토를 수행한다.

<표 1.6.3> 터널특성별 권장 제연방식

지역 및 통행방식	터널길이	화재시 적용 제연방식 및 방법
대면통행 및 도시지역	500 m 미만	▪ 자연환기에 의한 제연
	500~1,000 m 미만	▪ 방재등급 2등급 이상의 터널은 기계환기방식
	1,000 m 이상	▪ 방재등급 1등급 이상의 터널은 대배기구방식의 횡류방식 또는 반횡류식
지방지역의 일방통행	500 m 미만	▪ 자연환기에 의한 제연
	500~3,000 m 미만	▪ 방재등급이 2등급 이상인 터널은 기계환기방식
	3,000 m 이상	▪ 수직구, 집중배기, 대배기구 방식 등 배연능력을 향상하기 위한 구간배연시스템 권장

6.1.3 제연용 환기기 용량 설계

(1) 횡류식

- ① 횡류식은 천장에 설치된 덕트를 통해 배연을 수행하는 방식으로 배기구에 대한 개폐가 불가능하여 국소배연이 불가능한 균일배기방식과 배기구에 전동댐퍼를 설치하여 화재 시 배연구간을 선택적으로 선정하여 국소배연을 수행할 수 있는 대배기구방식으로 대별된다.
- ② 배연풍량(Q_E)은 연기발생량과 배기구 주변공기의 유입 및 종향 기류제어를 위한 부가풍량을 고려하여 식(1.6.4)로 산정한다.

$$Q_E = Q_s + A_r \cdot V_r \quad (1.6.4)$$

여기서, Q_s 는 연기발생량으로 80m³/s(설계화재강도 20MW 기준)으로 하며, $A_r \cdot V_r$ 은 주변공기의 유입 및 종방향 기류제어를 위한 부가풍량으로 V_r 은 종방향 기류를 제어하기 위한 풍속 개념에서 도입된 것이다.

③ 부가풍량은 고려한 배연풍량

가. 배연풍량은 설계 화재강도 하에서는 연기발생량이 동일하기 때문에 배연방식 및 화재 시 종방향 풍속과 배기구 형상, 터널제원 등에 영향을 받아 변하는 부가풍량에 의해서 결정한다.

나. 부가풍량을 결정하기 위한 V_r 은 일반적으로 화재지점에서 예상되는 종방향 풍속 이상이 되도록 정하며, 모형실험이나 시뮬레이션을 통해서 신뢰성을 검토하여 산정한다.

다. 배연풍량은 연기의 확산거리를 화재 발생지점으로 부터 상·하류방향으로 각각 250m 이하로 제한할 수 있도록 정한다.

라. 연기의 확산거리는 예상되는 대피시간의 2배의 시간이 경과한 시점에서 CO가스(농도 100ppm)가 천정부를 타고 이동한 거리를 분석하여 산정한다.

④ (반)횡류식 및 대배기구방식은 다음과 같은 원칙을 적용하여 설계한다.

가. 터널 갱구부근에서의 배연은 일반적으로 효과적이지 못하다. 그러므로 터널 진출입부와 배기구 사이의 거리는 50~100m 정도 이격하여야 한다.

나. 배기구의 형상은 배연효율을 향상하기 위해서 종횡비를 정한다.

다. 배기 덕트 내 풍속은 20m/s 이하로 한다.

라. 대배기구 방식에서 댐퍼는 개별적으로 개폐가 가능해야 한다.

마. 대배기구 방식에서 배기구 설치간격은 50~100m 정도로 하며, 터널 특성에 따라서 조정한다.

바. 대배기구 방식에서 댐퍼는 충분한 밀폐성이 확보되어야 하며, 배연팬 용량 산정 시 댐퍼 및 덕트의 누기를 고려하여야 한다.

⑤ 종방향 풍속제어

가. 배기구를 통한 배연은 종방향 풍속이 작을수록 효과적이다. 따라서, 터널연장이 2,000m 이상인 터널에서는 종방향 풍속을 제어하기 위한 조치를 강구할 것을 권장한다.

나. 종방향 풍속제어 방법으로 구간 풍량 제어, 제트팬, 제연 보조설비(연기확산을 차단·지연 설비) 등을 적용할 수 있다.

다. 종방향 풍속제어 방법의 적정성 여부는 시뮬레이션이나 모형실험을 통해서 검증하여야 한다.

(2) 종류식

① 화원부근의 연기가 역류하는 것을 방지하기 위한 최소풍속인 임계풍속을 유지할 수 있도록 시스템을 계획한다. 임계풍속은 수치시뮬레이션 등의 수단으로 신뢰성을 검토하여 적용한다.

② 화재 시 제연용 제트팬 대수 산정

가. 화재 시 제트팬 대수는 터널제원, 터널 내 정체차량에 의한 환기저항, 자연풍에 의한 환기저항, 열부력에 의한 환기저항 등을 고려하여 임계풍속을 만족할 수 있도록 선정한다.

나. 제트팬의 승압효율 확보를 위한 제트팬 설치기준은 변경하여 적용할 수 있으며, 승압효율의 저하가 예상되는 경우에는 이를 고려하여 제트팬 대수를 산정한다.

다. 화재 시 터널 내 정체차량 수는 화재위치를 출구로 하고 터널차단에 소요되는 시간을 3분으로 고려하여 다음 식 (1.6.5)로 계산한다.

$$n = \frac{N \cdot L_r}{V_t} + N \cdot \frac{3}{60} \quad (1.6.5)$$

여기서, N: 시간교통량(대/hr), V_t : 화재전 차량의 주행 속도(km/h), L_r : 터널연장(km)이다.

라. 위의 다.에서 화재전의 차량주행속도(V_t)는 도로의 특성을 고려하여 선정한다.

마. 정체차량수에 따른 정체길이가 터널의 연장을 초과하는 경우에는 초과하는 지역의 차량수는 제외한다.

③ 화재 시 터널 내 정체길이 산정

가. 화재 시 터널 내 정체길이는 차량평균길이와 차간간격의 합으로 나타낼 수 있으며, 터널 내 총 정체차량 대수를 고려한 정체길이(L_S)는 식(1.6.6)로 산정한다.

$$L_S = (CL_{avg} + GL_{TH}) \cdot \frac{n}{Lane} \quad (1.6.6)$$

여기서, CL_{avg} : 차량의 평균길이(m), GL_{TH} : 차간간격(선행 차량 후미부에서 후행차량 전두부)(m), n : 정체시 터널내 총 차량대수, $Lane$: 차로수 이다.

나. 차량의 길이는 도로설계편람(617. 환기시설)의 차종별 차량제원을 참고할 수 있으며, 차량의 평균길이는 식(1.6.7)로 계산한다.

$$CL_{avg} = \sum_{i=1}^{차종} (CL_i \cdot \phi_i) \quad (1.6.7)$$

여기서, CL_i : 차종(i)별 차량길이(m), ϕ_i : 차종(i)별 혼입률(%) 이다.

다. 차간간격은 식(1.6.8)로 계산한다.

$$GL_{TH} = \frac{1,000}{D_o} - CL_{PC} \quad (1.6.8)$$

여기서, D_o : 정체시 밀도(pc/km · lane), CL_{PC} : 승용차의 길이(m)(=4.34m) 이다.

④ 화재 시 제트팬으로 유입하는 공기온도상승에 의한 제트팬의 승압력 감소현상과 열부력에 의한 저항이 발생하므로 모형 실험 또는 수치시뮬레이션을 통해 제트팬 대수의 적정성을 검증한다.

- ⑤ 화재 시 제트팬의 소손을 고려하여 예비용 제트팬을 고려한다.
- ⑥ 방재용 제트팬의 설치
 - 가. 방재용 제트팬은 화재 시 가압 및 화재 안전성을 위해서 터널의 입출구부에 분산하여 설치함을 원칙으로 한다.
 - 나. 분산설치가 곤란한 경우에는 성층화 교란방지 및 제트팬의 소손을 최소화할 수 있도록 설치위치를 정하며, 이를 검증한 후에 설치할 것을 권장한다.

6.1.4 화재 시 환기기의 운용

(1) 일반사항

- ① 제연설비가 설치되는 터널은 관리소 또는 관리사무소의 설치를 원칙으로 한다.
- ② 제연설비의 운전을 위해서 자동화재 탐지설비와 CCTV 등 교통량 감지설비, 터널 내 풍속계의 설치를 권장한다.
- ③ 제연방식 및 터널의 특성을 고려하여 제연설비 운영매뉴얼을 화재발생 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 24시간 감시체계가 구축되어 있는 터널에서는 수동조작을 원칙으로 하고, 감시체계가 구축되어 있지 않은 터널에서는 우선 자동으로 가동한 후, 관리자에 의해서 운전될 수 있도록 원격제어설비를 구성한다.
- ⑥ 관리사무소가 없는 경우에는 터널의 입구 또는 출구에 제어반을 설치할 수 있다.
- ⑦ 제연설비의 조작은 수동조작에 우선권을 부여한다.

- ⑧ 비상사태 시 제연설비는 운전명령에 최대한 신속하게 작동될 수 있도록 하여야 하며, 급기 반회류식의 경우에는 화재시 배연을 위해 역전운전이 요구되므로 신속한 배연운전이 되도록 조치를 강구한다.
- ⑨ 제연설비는 비상시 60분 이상 기능을 유지할 수 있도록 비상발전설비에 의한 비상전원설비를 갖춘다.

(2) 종류식의 제연팬 운영

① 일방통행 터널(비정체시)

- 가. 화재초기에는 차량주행방향으로 임계풍속을 유지할 수 있도록 제연설비를 운전한다.
- 나. 터널 내 풍속제어를 위해서 풍속제어로직을 구성한다.
- 다. 화재위치, 화재발생 차종에 따른 제연팬 운전모드를 작성하여 비치·운영한다.
- 라. 상대터널의 제트팬 또는 환기시설은 피난연결통로로 연기유입을 방지하기 위해서 가압운전모드로 운전한다.
- 마. 화재터널의 제트팬이 터널 입구 및 터널 출구부에 분산 설치된 경우에는 터널출구의 제트팬을 가동하여 화재터널의 압력이 부압이 되도록 운전하는 것이 바람직하다.
- 바. 화재에 근접한 제트팬의 가동은 연기의 성층화를 교란하게 되므로 가동하지 않는다.

② 대면통행 터널 및 일방통행 터널(정체시)

- 가. 교통이 정체된 경우, 초기단계에는 화재 전후방에 대피자가 존재하게 되므로 최대한 낮은 풍속을 유지할 수 있도록 제트팬의 가동을 정지하여, 성층화를 교란하지 않도록 한다.
- 나. 대피자가 안전한 장소에 대피한 것이 확인된 후에는 형성된 기류의 방향으로 소화 및 구조 활동을 위한 운전을 수행한다.

(3) 횡류식의 운영

- ① 균일배기방식의 (반)횡류식을 적용하는 경우, 배기구는 시운전 및 조정을 통해서 환기효율이 저하할지라도 배기시 배연구간에서 균일한 풍량이 발생할 수 있도록 급기구의 개도를 조정하여 운영한다.
- ② 일방통행 터널에서 비정체시에 화재가 발생하는 경우에는 구역제어 또는 대배기구에 의한 선택배기를 하는 경우, 차량의 주행방향으로 기류가 형성될 수 있도록 배연계획을 수립하고 운전한다.
- ③ 대면통행 터널 및 일방통행 터널(정체시)은 차량의 정체에 의해서 화재 상·하류에 대피자가 존재할 가능성이 있으므로 화재지점 주변의 풍속을 최대한 낮게 유지할 수 있도록 환기기 운전계획을 수립하여 운전한다.

6.1.5 환기시설의 온도저항

- (1) 연기를 주행공간으로부터 직접 배출시키는 제연용 제트팬은 250℃의 온도에서 60분 이상의 정상가동 상태를 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 필요시 냉각설비를 적용한다.
- (3) 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 운전 상태를 유지할 수 있도록 한다.

6.1.6 제연설비의 성능검증

- (1) ‘제연설비의 성능검증’이라 함은 유지관리 시 작동기능 등을 점검하는 일상점검(정밀점검 포함)을 의미하는 것이 아니라, 화재시 설계된 임계풍속 혹은 배연풍량 이상으로 제연설비의 성능이 발휘되는지 여부를 검증하는 것을 말한다.
- (2) 공용 중 터널 내에서 환기설비 겸용으로 운전되는 제연설비는 환기·방재특성을 고려하여야 하며, 비상시 제연성능 확보를 위해 다음과 같이 정기적인 성능검증을 수행한다.

① 성능검증의 수행주기

- 가. 제연설비가 설치된 공용중 터널은 개통 후 매 4년마다 1회 이상 수행을 원칙으로 하고, 그 결과를 유지 및 보관하여야 한다.
- 나. 다만, 제연설비(댐퍼 포함) 및 동력공급선(케이블) 등을 교체하는 규모의 화재가 발생한 터널은 화재 발생 후 1년 이내에 성능검증을 수행함을 원칙으로 한다.

② 성능검증의 수행조건

- 가. 수행자의 자격요건은 도로터널 제연설비(환기설비포함)에 대한 설계, 시험·조정·평가(TAB), 연구용역 중 1개 이상의 실적이 있는 자로 한다.
- 나. 최초로 제연성능을 검증하는 터널의 경우, 수행자는 제연설비의 용량의 적정성을 검증하기 위하여 성능검증 시 측정된 제연설비의 성능을 반영하여 열부력 및 전 터널 연장을 고려한 화재 시뮬레이션을 병행하여야 한다.
- 다. 수행자는 성능검증 시 평가대상 터널의 일반제원 및 제연설비 제원, 교통량, 주행속도, 풍속 측정결과, 평가결과 등을 포함하는 성능검증의 결과보고서를 발주기관에게 제출한다.
- 라. 발주기관은 필요시 터널 환기·방재 전문가(5인 이상)로 구성되는 자문단을 구성하여 운영한다.

(3) 제트팬에 의한 제연성능 검증을 위한 측정방법 및 검증기준은 다음과 같다.

① 측정방법

가. 터널 내 차량의 평균주행속도(V_t)를 측정한다.

나. 풍속 계측기를 사용하여 제트팬 가동 전(V_0 , 15분), 가동 유지상태(V_1 , 15분), 정지 후(V_2 , 15분)동안의 측정을 수행하며, 각 단계별 획득된 풍속의 평균값(V_0 , V_1 , V_2)을 검증기준에 사용한다.

② 검증기준

가. 제트팬 가동 전 평균풍속(V_0)과 제트팬 가동유지상태의 평균풍속(V_1)하에서 1대당 제트팬 승압력(실측 제트팬 승압력)을 산정한다.

나. 제트팬 가동유지상태의 평균풍속(V_1)하에서 설계이론에 따른 1대당 이론 제트팬 승압력을 산정한다.

다. 실측 제트팬 승압력이 이론 제트팬 승압력 보다 높은 경우에 제연설비(제트팬)은 제연성능을 확보한 것이라 판단한다.

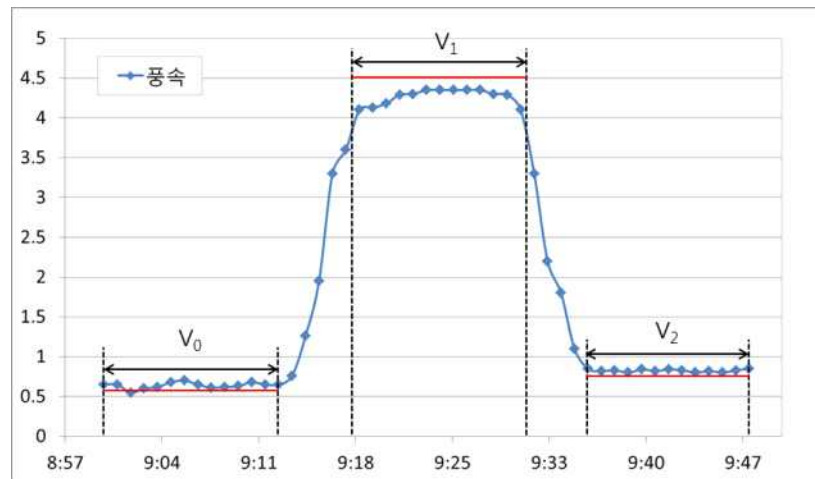
③ 검증 시 다음 조건에 해당하는 경우에는 재측정을 수행한다.

가. 제트팬 가동 전 평균풍속(V_0)과 제트팬 정지 후 평균풍속(V_2)의 차이가 1m/s 초과할 경우

나. 제트팬 가동 전 평균풍속(V_0)과 제트팬 정지 후 평균풍속(V_2)의 차이에 따른 압력 변동값이 제트팬 가동 후 평균풍속(V_1)에 의한 1대당 이론 제트팬 승압력을 초과할 경우

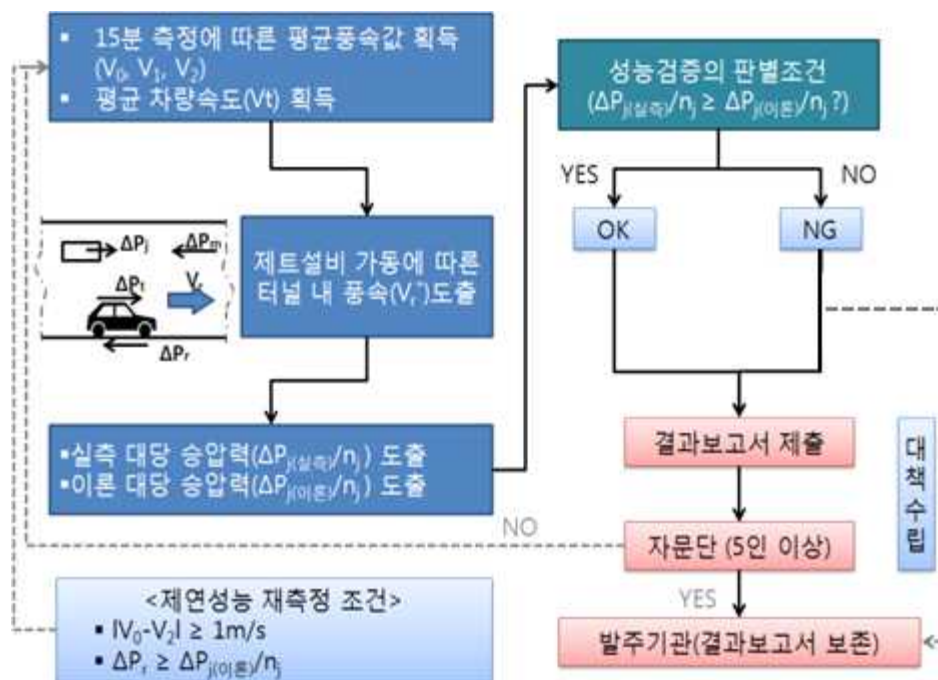
④ 수행 방법 예시

가. 풍속 측정 예시



〈그림 1.6.2〉 풍속 측정방법(예)

나. 성능검증 수행 흐름도



〈그림 1.6.3〉 수행 흐름도(예)

(4) (반)횡류 방식 및 대배기구 방식의 배연팬(축류팬)에 대한 제연 성능검증을 위한 측정방법 및 검증기준은 다음과 같다.

① 측정방법

가. 화재 시 구역별 배기구 운영모드에서 팬풍량을 TAB의 측정기준에 의해서 측정한다.

나. 균일배기 횡류식에서는 배기 포트별 풍량을 측정한다.

② 검증기준

가. 구역별 배연풍량이 설계배연풍량 이상이 되는 경우는 배연능력을 확보한 것으로 판단한다.

나. 균일배기 횡류식에서는 배기포트별 풍량이 균일한지 여부를 추가적으로 확인·검증한다.

(5) 제연성능이 미달된 터널은 제연성능을 확보하여야 한다.

6.1.7 소형차 전용터널의 제연설비 설치기준<신설>

(1) 소형차 전용터널의 제연설비의 설치는 다음사항을 고려하여 계획한다.

① 제연설비 설계를 위한 설계화재강도는 15MW 이상으로 하며, 이때의 연기발생량은 $60\text{m}^3/\text{s}$ 로 할 것을 권장한다.

② 횡류환기방식 및 대배기구방식을 적용하는 경우에 배연풍량은 연기의 확산거리를 화재 발생지점으로 부터 상·하류방향으로 각각 200m 이하로 제한할 수 있도록 정한다.

③ 연장이 3,000m 이상인 터널에 종류환기방식을 적용하는 경우에는 매 2,000m 구간내에서 집중배연할 수 있는 시설을 구축한다.

④ 본선터널과 합류하는 분기터널은 유·출입구간에서 발생한 연기가 본선으로 최대한 유입하지 않도록 배연시스템을 설치할 것을 권장한다.

(2) (1)에서 정하지 않은 사항은 본 지침의 6.1 제연설비를 따른다.

6.1.8 방음터널의 제연설비 설치기준<신설>

- (1) 방음터널의 제연설비의 설치는 다음사항을 고려하여 계획한다.
 - ① 방음터널에 설치가능한 제연방식은 제트팬 종류식, 천장부배연방식, 부분배연(천장 또는 측벽 또는 개폐형)방식, (반)횡류식, 제연보조설비 등을 포함한다.
 - ② 이 밖의 설치계획은 일반방음터널은 6.1.2 (4)항, 소형차전용방음터널은 6.1.7 (1)항에 따라 설치하되, 방재등급 3등급 제연설비 설치는 권장한다.
- (2) (1)에서 정하지 않은 사항은 본 지침의 6.1 제연설비를 따른다.

6.2 무선통신보조 설비

6.2.1 일반사항

- (1) 터널 내 구조 활동 및 소화 활동 시 터널 내·외부간의 무선 통신을 위한 설비이다.
- (2) 무선통신보조설비는 누설동축케이블과 무선기기 접속단자함 및 증폭기 등으로 구성하며 재방송설비와 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 신호 전송 시 신호가 약해져서 수신이 불가능해지는 것을 방지하기 위해서 증폭하는 장치를 말한다.
- (5) 본 지침에 언급되지 않은 사항은 무선통신보조설비의 화재안전 (성능, 기술)기준(NFPC 505, NFTC 505)을 준용한다.

6.2.2 기기 사양

(1) 누설동축케이블

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

(2) 무선기기접속단자함

- ① 단자를 보호하기 위하여 보호함을 설치하고, 먼지·습기 및 부식 등에 의해서 영향을 받지 않도록 하여야 한다.
- ② 무선기기를 쉽게 접속할 수 있도록 5m 이상 길이의 연장 케이블을 포함하여야 한다.
- ③ 여러 가지 형태의 무선기기 출력단자와 연결할 수 있도록 시중에 통용되는 형태의 연결용 커넥터를 갖추어야 한다.
- ④ 안테나 방식의 경우는 생략할 수 있다.

(3) 증폭기

- ① 무선통신보조설비를 60분 이상 유효하게 작동할 수 있도록 무정전전원설비에 의한 비상전원을 갖춘다.
- ② 증폭기의 전면에는 주회로의 전원이 정상인지의 여부를 표시할 수 있는 표시등을 설치한다.

6.2.3 설치지침

(1) 공통사항

- ① 연장등급이 3등급 이상인 터널에 설치하는 것을 원칙으로 하며,

3등급 미만의 터널에서 재방송설비가 설치되는 경우에는 이를 겸용하여 설치할 수 있다.

- ② 누설동축케이블은 소방전용 주파수대에서 전파의 전송 또는 복사에 적합한 것으로 소방대 상호간에 무선연락에 지장이 없도록 설치한다.
- ③ 누설동축케이블은 말단에는 무반사 종단저항을 설치하여야 한다.
- ④ 성능저하를 발생하지 않는 범위에서 화재의 영향을 가장 적게 받는 위치에 설치한다.
- ⑤ 차도터널, 피난연결통로, 격벽분리형 대피통로, 피난대피터널, 터널 내 기계실, 전기실 등에 상시 제공될 수 있도록 한다.
- ⑥ 터널 내 무선통신보조설비는 소방전용 채널을 운용한다, 다만, 필요에 따라 무선통신 설비에 간섭을 주지 않는 범위 내에서 경찰전용 및 유지관리자 전용의 주파수 대역을 이용할 수 있다.
- ⑦ 누설동축케이블의 시점에는 관리용 무선기와 공용기를 접속하고, 터널내 휴대용 무선기와 상호연락이 가능한 기능을 갖도록 한다.

(2) 누설동축케이블

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

(3) 무선기기 접속단자

- ① 단자는 한국산업규격에 적합한 것으로 하며, 바닥으로부터 높이 0.8m 이상 1.5m 이하의 위치에 설치한다.
- ② 터널관리소 또는 터널 관리사무소와 터널 입구 및 출구 10m 이내에 각각 설치하여야 한다.

- ③ 단자 보호함 표면은 적색으로 도색하고 “무선기 접속단자”라고 표시한 표지를 한다.

6.3 연결송수관설비

6.3.1 일반사항

- (1) 연결송수관설비는 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) 본 기준에서 언급되지 않은 사항은 연결송수관설비의 화재안전(성능, 기술)기준(NFPC 502, NFTC 502)을 준용한다.

6.3.2 설치지침

- (1) 송수구
 - ① 연장등급 및 방재등급이 2등급 이상의 터널에 설치함을 표준으로 한다. 다만, 유·출입구간 거리가 200m 이하인 분기터널은 생략할 수 있다.
 - ② 송수구는 터널의 입·출구부에 소방차의 접근이 용이한 지점에 설치한다.
- (2) 방수구
 - ① 연장등급 및 방재등급이 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) 본 설치지침에 언급되지 않은 사항은 비상콘센트설비의 화재 안전(성능, 기술)기준(NFPC 504, NFTC 504) 및 도로터널의 화재안전(성능, 기술)기준(NFPC 603, NFTC 603)을 준용한다.

6.4.2 기기사항

- (1) 터널에 설치되는 비상콘센트설비는 구조 활동이나 소화활동을 위해 필요한 전원을 공급할 목적으로 시설하며, 단상교류 220V인 것으로서 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) 연장등급이 3등급 이상의 터널에 설치한다.
- (2) 설치간격은 50m 이내로 하며, 소화기 또는 소화전함에 병설하고, 피난연결통로, 비상주차대에 설치한다.
- (3) 비상콘센트는 보호함에 내장하여 설치하여야 하며, 소화기함이나 소화전함에 일체형으로 병설한다.
- (4) 1개의 전용회로에 설치할 수 있는 비상콘센트의 수는 동시사용률을 고려하여 결정한다.
- (5) 전압강하 계산 시 부하는 비상콘센트 3개를 합한 용량(1Φ 220V 4.5kVA)으로 하며, 배전거리는 말단 3개의 콘센트에 부하가 연결된 것으로 한다.
- (6) 허용전압강하는 내선규정(대한전기협회 제정)을 준용한다.

제 7 장 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) 본 설계지침에 언급되지 않은 사항은 옥내소화전설비의 화재 안전(성능, 기술)기준(NFPC 102, NFTC 102)을 준용하여 설치한다.
- (3) ‘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.

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 본 지침에서 정하는 방재 시설이 설치되는 경우, 비상전원 공급용으로 설치한다.
- (2) 무정전 전원설비는 비상조명 및 유도등 등 방재설비에 대하여

전원을 공급할 수 있는 적절한 용량으로 선정하여야 한다.

- (3) 무정전 전원설비는 침수의 위험이 없는 곳에 설치하여야 하며, 옥외설치 시에는 단열 및 냉난방 시설을 갖춘 큐비클 내부에 설치하여야 한다.
- (4) 무정전 전원설비는 일반적으로 소방서와 원거리에 위치한다는 점에서 접근성 등을 고려하여 60분 이상 비상전원을 공급할 수 있도록 시설한다.

7.2 비상발전기 설비

7.2.1 일반사항

- (1) 비상발전기설비는 터널 내 화재 등 비상사태로 인해서 터널 내 정전상황이 발생하는 경우 옥내소화전설비, 제연설비 등의 방재설비에 비상전원을 공급하기 위한 시설이다.
- (2) 본 설계지침에 언급되지 않은 사항은 옥내소화전설비의 화재 안전(성능, 기술)기준(NFPC 102, NFTC 102)을 준용한다.
- (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 기기사항

- (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) 연장등급 및 방재등급이 2등급 이상인 터널에 설치하는 것을

원칙으로 하며, 방재등급이 3등급인 터널에는 설치를 권장한다. 다만, 다른 하나의 변전소(전력공급사업자)로부터 전력공급이 중단되면 자동으로 다른 변전소(전력공급사업자)로부터 전원을 공급받아 해당 전력시설물에 상용전원을 공급할 수 있도록 계통을 구성한 경우에는 비상발전기 설치를 생략할 수 있다.

- (2) 비상발전설비는 터널 내 설치되는 방재시설을 충분히 가동할 수 있는 용량으로서 화재안전기준에서 요구하는 비상전원 공급시간을 고려한 비상출력용량으로 시설하여야 한다.
- (3) 비상발전기는 침수의 위험이 없는 곳에 설치하여야 하며, 옥외 설치 시에는 발전기 및 원동기 내부에 수분, 먼지 등 유해한 물질이 들어가지 않도록 방호시설을 설치하여야 한다.
- (4) 발전기 운전은 정전을 검출할 수 있는 계전기에 의하여 한국 전력공사(이하 “한전”이라 한다)측과 발전측으로 자동절체가 가능하도록 제어회로를 구성한다.
- (5) 한전측 전원과 발전기측과의 절체는 자동절체(ATS)방식으로 인터록을 구성한다.

제 8 장 관리시스템 설치지침

8.1 일반사항

- (1) 본 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) 관리시스템은 터널에 설치되는 방재시설에 따라 무인관리사무소 (이하 “관리소”라 한다.)와 관리인이 상주하는 관리사무소, 관리소와 관리사무소를 통합하여 운영하는 통합관리센터로 구분한다.
- (3) ‘관리소’는 무인관리를 목적으로 터널의 방재시설 및 환기시설의 유지관리 및 운전제어를 위한 최소한의 시설을 갖추도록 하며, 전기실, 변전실, 비상발전기실 등의 실(공간)을 갖춘 건축물을 말한다. 다만, 옥외 전기실을 포함할 수 있다.
- (4) ‘관리사무소’는 터널의 방재시설 및 환기시설의 유지관리 및 운전제어를 위한 전기실, 변전실, 비상발전기실, 중앙제어실 등을 갖추고 있으며, 관리자에 의해서 상시 터널 내 상황을 감시할 수 있도록 시설을 갖추어야 한다.
- (5) ‘통합관리센터’는 인근 관리소나 관리사무소로 부터 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 1.8.1>과 <표 1.8.2>를 참조하여 결정한다.

- (2) 관리시스템은 주변의 노선현황과 개별터널의 통합범위를 고려하여 선정하며, 단기, 중기, 장기계획을 고려하여 관리소, 관리사무소, 통합관리센터를 계획한다.
- (3) 관리시스템의 구성은 통합감시/제어시스템/방범시스템/관리시스템 등으로 기능적인 측면을 고려하고, 각종 장애에 의한 업무의 중단이 최소화될 수 있도록 구성한다.
- (4) 관리시스템은 통합관리시스템, 개별관리시스템 등 계층구조를 가지고 있어서 계층 간 제어의 충돌문제가 발생할 수 있으므로 제어계층을 고려하여 유고발생시 각 시스템별 운영자 측면에서 처리해야 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 방재등급이 3등급 이하인 터널에 설치함을 원칙으로 한다.
- ② 관리소는 터널 입구나 출구에 공간을 확보하여 설치함을 원칙으로 하며, 관리소 자체의 화재에 대비하여 소방차의 접근이 용이하도록 하여야 한다. 다만, 터널 내부에 설치할 경우에는 자체화재로 인해 발생하는 연기가 터널 내로 유입하지 않도록 별도의 시설을 갖추어야 한다.

(2) 관리사무소

- ① 관리사무소는 방재등급이 2등급 이상의 터널에 설치한다.
- ② 향후, 터널통합관리 시스템의 도입에 따른 무인화를 고려하여 설계하며, 주변의 관리소를 통합하여 운영할 수 있도록 계획한다.

- ③ 관리사무소를 계획하는 경우에는 60분 이내에 출동 가능한 지역 및 반경 50km 정도에 있는 관리소를 통합 운영할 수 있도록 계획한다. 단, 유관기관(소방서, 경찰서 등)에서 60분 이내에 출동 가능한 지역은 거리와 시간을 제한하지 않는다.
- ④ 정기점검에 필요한 각종시설 및 보고서 등을 비치하여야 한다. 또한 비상시를 고려하여 공기호흡기(산소소생기), 휴대용 마스크(피해자 구호용), 연기투시용 랜턴, 들것, 구급 약품함 등을 비치할 수 있다.
- ⑤ 관리소를 통합하여 운영하는 경우에는 통합 운영하는 관리소에 전용의 상황감시 모니터 및 비상방송, 재방송설비, 화재경보설비 등을 전용으로 또는 관리사무소 관리시스템에서 원격운영 할 수 있도록 한다.
- ⑥ 관리사무소는 주변지역의 통합관리센터로 운영될 수 있다.
- ⑦ 통합 운영되는 관리사무소는 소화설비, 경보설비, 제연시설, 비상전원설비 등을 원격 운영할 수 있도록 한다.

(3) 통합관리센터

- ① 통합관리센터는 관리소 및 관리사무소를 군(그룹) 관리하기 위한 시설로 60분 이내에 출동할 수 있는 지역 및 반경 50km 정도의 지역에 터널현황 등을 고려하여 계획한다. 다만, 유관기관(소방서, 경찰서 등)에서 60분 이내에 출동 가능한 지역은 거리와 시간에 제한을 두지 않는다.
- ② 통합관리센터 운영 시 CCTV 모니터 및 경보설비는 터널별로 전용으로 원격운영할 수 있도록 한다.
- ③ 터널 내 경보신호 및 방재시설로부터 경보신호를 수신하는 경우, 해당 터널을 정확하게 파악할 수 있도록 통합 상황판을 구성하여 운영한다.
- ④ 제연시설은 원격제어가 될 수 있도록 시스템을 구성한다.

- ⑤ 상기 ①에 따른 출동시간 및 관리구간은 발주기관의 장이 터널 사고 시 신속한 초동대응 등이 필요하다고 판단될 경우 30분 이내에 출동할 수 있도록 통합관리센터를 계획할 수 있다.

<표 1.8.1> 관리사무소 기능실 별 기능 및 설치예

실구분	실면적 (㎡)	시 설 물		기 능	관리소	관리사 무소	통합관리 센터
전기실	233 (71)	수변전 설비		·한전전기인입(특고압→저압)	○	○	
		UPS 설비		·방재시설별 축전기에 의한 무정전전원설비(60분)	○	○	○
		분전반		·각종설비 동력 분배	○	○	○
제어실	82 (25)	화재수신반		·터널내 화재감시		△	○
		긴급전화 설비	주장치	·비상시 관리사무소, 통합관리센터 통화시설		○	○
			전화기	·터널내 긴급전화기	○	○	○
		비상방송설비 제어반		·터널내 비상시 방송 송출	○	○	○
		재방송 설비 제어반	FM/DMB 송수신기	·터널내 상황을 라디오 등을 통한 송출	○	○	
			무선통신 중계기		○	○	
			긴급방송 유니트		○	○	
			제어반		△	△	○
		원격감시 및 제어설비	RTU	·터널내 각종설비 감시제어	○	○	△
			모니터			○	○
			Op. Station		△	△	○
		CCTV	제어판넬	·터널내·외부상황 감시 녹화	△	△	○
			모니터	·개별터널 각종설비 감시제어	△	○	○
		통합상황판		·터널내 사고상황 집중감시		△	○
		통합관련설비		·개별터널 각종설비의 감시제어 요소를 통합센터에 중계	○	○	○
		통합방법설비		·무인운영 관리동감시(CCTV, ACU)	△	△	○

실구분	실면적 (㎡)	시 설 물	기 능	관리소	관리사 무소	통합관리 센터
발전기 실	77 (24)	비상발전기설비	·정전시 비상전원 공급	△	○	○ (자체)
		유류탱크실	·비상발전기 연료공급	△	○	○ (자체)
기계실	67 (21)	소화전 펌프	·소화용수 가압공급(펌프등) 설비		○	
		히팅케이블 제어반	·소화배관 동파방지 설비		○	
		분전반	·각종설비의 동력공급용		○	○
		급수설비	·화장실, 향온 향습기, 급수용 시설 및 물탱크		○	○
CO ₂ 등 청정 소화 약제실	41 (13)	CO2 저장용기 (청정소화약제 포함)	·전기실, 발전기실 등의 화재진압	△	○	○ (자체)
저수조	21 (7)	소화용수 저장탱크	·터널내 소화전설비 용수 저장		○	
창 고	10 (4)	-	·각종설비 예비부품, 공구류보관		△	○
기 타	54 (17)	계단실외 각종	-		△	○
		화장실, 복도, 홀등	-		△	○

△ : 개별 또는 통합관리를 고려 선택적으로 설치

<표 1.8.2> 관리소, 관리사무소, 통합관리센터 계획 예

구분	관리소	관리사무소	통합관리센터
개 요	무인관리를 목적으로 방재시설 및 환기시설의 유지관리 및 운전제어를 위한 최소한의 시설을 갖추도록 하며, 전기실, 변전실 등의 실을 갖춘다.	상주관리자에 의해서 상시 터널내 상황을 감시할 수 있도록 하기 위한 시설을 갖추고 있으며, 주변 관리소의 상황과약을 하기 위한 통합관리센터로 운영될 수 있다.	주변 관리소나 관리사무소의 통합운영을 목적으로 터널내 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

제 9 장 정량적 위험도 평가지침

9.1 일반사항

- (1) 본 장은 도로터널의 정량적 위험도 평가를 위한 세부수행지침을 정함을 목적으로 한다.
- (2) 정량적 위험도 평가는 도로터널의 위험도를 정량적으로 분석하고 수치화함으로서 방재시설의 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 화재 사고에 한하여 실시한다.
- (4) 도로터널의 위험도에 대한 평가는 시나리오별 사상자수(fatalities) 및 해당 사상자가 발생하는 누적빈도(frequency)에 대한 분석을 수행하여 사망자-누적빈도선도(F/N curve)를 그래프 화하여 이를 사회적 위험도(Societal Risk) 기준과 비교함으로서 방재시설의 규모나 적정성 여부를 판단한다.
- (5) 터널방재설비의 성능위주설계를 위해서 터널방재설비를 계획하는 경우에 정량적 위험도 평가를 수행할 것을 권고하며, 다음의 경우에는 반드시 수행하도록 한다.
 - ① 1.2 (3) 에 따른 예외적인 터널에 대하여 개별 방재시설을 계획하는 경우
 - ② 2.3.2 (4) ② 에 따른 터널 방재등급이 연장등급보다 1단계 하위등급을 적용하는 경우
 - ③ 5.3.2 (1) ③ 에 따른 터널연장이 1,200m 이하의 터널에서 피난연결통로를 300m 로 계획하는 경우
 - ④ 5.3.2 (4) ⑥ 나. 에 따른 운영 중인 터널 중 격벽분리형 피난대피통로를 계획할 경우

- ⑤ 6.1.2. (4) ③ 에 따른 대면통행 터널 및 정체빈도가 높을 것으로 예상되는 일방통행 터널에 종류식을 적용하는 경우
- ⑥ 6.1.2. (5) ② 다. 에 해당하는 터널에 제연설비를 설치하여야 하는 우선순위 결정시
- ⑦ 6.1.2. (5) ③ 나. 에 해당하는 터널에 제연보조설비를 설치하는 경우
- ⑧ 5.3.2 (1) ① 또는 (2) ① 또는 (4) ①에 따른 최대피난거리가 250m를 초과하는 연장 500m 미만 터널을 계획하는 경우
- ⑨ 5.3.2 (2)의 피난연결통로 간격 및 6.1.7 의 제연설비 용량의 적정성을 검증하는 경우

9.2 정량적 위험도 평가절차

- (1) 도로터널의 위험도에 대한 정량적 평가를 위해서는 화재발생 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 선도
 - ⑥ 사회적 위험도평가 기준에 의한 위험도 평가
- (3) 화재발생 시나리오 작성기준

- ① 도로터널에서의 화재사고 발생률(건/10⁸ Veh·km)은 국가 통계자료나 관계기관의 통계자료를 인용하여 산정하며, 최근 5년간의 평균값을 적용한다.
- ② 도로터널 화재 시 사고의 영향은 차량 및 적재물에 따른 화재강도에 영향을 받으므로 화재발생 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 화물차량은 화재강도(20, 30, 100MW)별로 재분류하며 화재확대확률을 고려하여 시나리오를 작성한다. 다만, 소형차 전용터널은 터널을 통과할 수 있는 차량(승용차, 소형버스, 소형화물트럭)을 고려하여 소형버스와 소형트럭의 화재강도는 각각 15, 20MW로 한다.<신설>
- ⑤ 화재 시 교통상황은 제연팬 운전 및 화재에 따른 대피자의 분포 및 대피특성, 피해정도에 지대한 영향을 미치므로 교통량 분석을 통해 정체정도를 확률로 분석하여 적용한다.
- ⑥ 제연설비가 설치되는 경우에는 제연설비 운전의 성공/실패를 고려하며, 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 화재 시 자연풍의 크기 및 방향은 터널 내 풍속에 영향을

미처 사고결과에 큰 영향을 미치므로 자연풍의 방향 및 크기를 고려하여 화재시나리오를 작성한다.

(4) 화재해석 일반사항

- ① 시나리오별 화재해석 결과는 사상자수 추정에 영향을 미치므로 기술적·통계적인 방법에 의해서 신뢰성을 확보한 기술 자료를 적용한다.
- ② 화재해석은 온도 및 연소생성물에 대해서 수행하며, 연소로 인해 발생하는 유해가스의 종류는 위험도 평가의 신뢰성을 확보할 수 있도록 연소이론에 근거하여 정한다.
- ③ 화재강도에 따른 연소생성물의 발생량은 화재 해석 틀에 따라서 상이한 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 항목 같이 반영한다.
- ② 터널 내 진입 차량 수는 화재 발생 3분 이내에 차량의 진입이 차단되는 것으로 하여 산정한다.
- ③ 정체길이를 산정하는 경우, 정체시 차량밀도는 $150 \sim 165 \text{ pc/km} \cdot \text{lane}$, 차종별 혼입률은 목표 연도의 일평균 교통량의 구성비를 적용하며, 차종별 차량의 길이는 도로설계 기준에 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 의한 평가기법 및 유효안전 피난시간(ASET : Available Safe Egress Time)과 필요안전 피난시간(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 등가사망자수로 고려하여 산정할 수 있다.

9.3 위험의 평가 기준

(1) 추정사상자수-사고발생빈도 선도(F/N 선도)

- ① 추정사상자수와 추정사상자수 이상이 사망자가 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) 평가 기준과 비교하여 걱정수준의 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 평가는 ALARP 영역의 High Level 기준을 $N=10$, $F=10^{-4}$ 으로 Low Level 기준을 $N=10$, $F=10^{-6}$ 으로 할 것을 권장한다.

9.4 위험도 평가예

- (1) 본 정량적 위험도 평가예는 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 1.9.1>과 같이 제시한다.
- ① 표에서 주행거리계는 교통안전관리공단의 보고서를 인용하여 작성한 것이다.
- ② 터널 내 차종별 화재사고 발생률은 국가안전처의 차량 화재 발생 통계자료를 근거하여 주차장 등 공지에서 발생한 화재 건수를 제외하고 재분석한 결과이다.
- ③ 목표연도의 사고 발생률은 사고발생건수가 감소하는 추세에 있기 때문에 차종별 화재사고 발생률은 최근 5년간의 통계 데이터를 활용하여 재산정하여 적용할 수 있다.
- (3) 일반도로터널의 사고발생시나리오는 <그림 1.9.1>과 같으며, 화재강도의 적용 및 분기비는 다음과 같다.
- ① 차종별 화재강도의 적용
- 가. 승용차의 경우에는 화재강도를 5MW로 하며, 2대 연속 화재의 경우에는 10MW로 고려하고 분기비는 5% 이하로 적용하였다.
- 나. 화재강도별 버스 및 화물차량의 구성은 다음과 같이 적용하였다.
- (가) 20MW : 버스(소형+ 대형)+ 소형트럭
- (나) 30MW : 트럭중형+ 트럭(대형+ 특수) $\times$ (1-탱크롤리

및 위험물 수송차량 구성비)

(다) 100MW : 트럭(대형+특수)×탱크롤리 및 위험물
수송차량 구성비

다. 탱크롤리 차량의 구성비는 5% (2009~2013년 화물차
대수 분석결과, 평균 4.8%)로 적용하였다.

② 화재확대확률 : 각 차종의 화재 시 화재가 확대될 확률은
다음과 같이 적용하였다.

가. 승용차의 경우에는 60%로 적용하였다.

나. 화물차량 및 버스의 경우에는 한국도로공사의 통계데이터를
분석하여 15%(최대 14.8%)를 적용하였다.

다. 30MW와 100MW급 화재의 경우에 경미한 화재발생건수는
한 단계 낮은 단계의 화재의 발생건수에 추가하는 것으로
하였다.

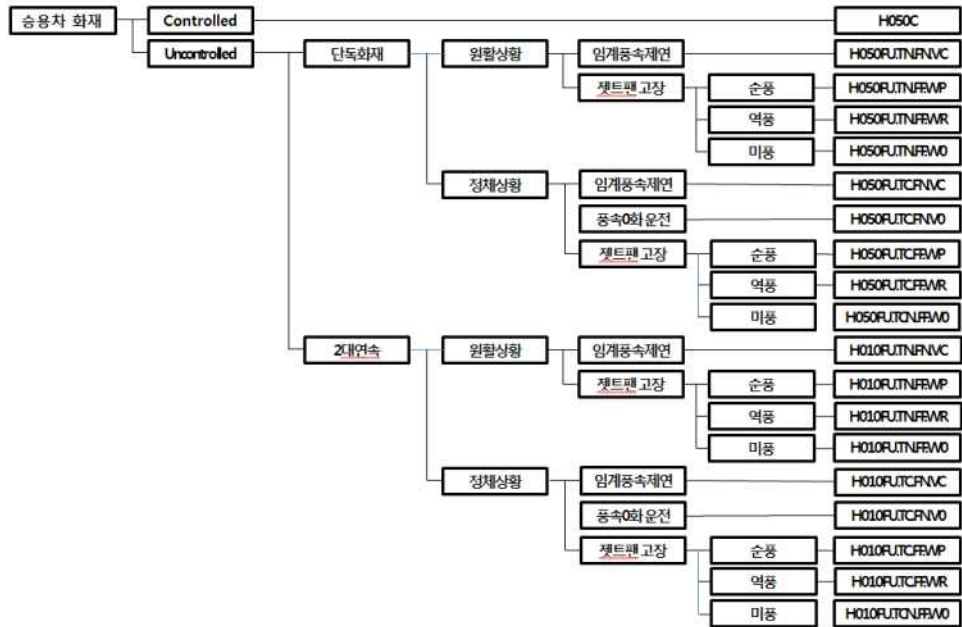
③ 교통상황에 따른 화재발생 시나리오는 화재전 교통상황에
대해 정상소통을 98%, 정체상태를 2%로 산정한 결과이다.

④ 화재 시 제연성공여부는 제연팬 고장 및 운전모드에 따라
분기하였으며, 제트팬 고장확률은 10% 이내로 적용하였다.

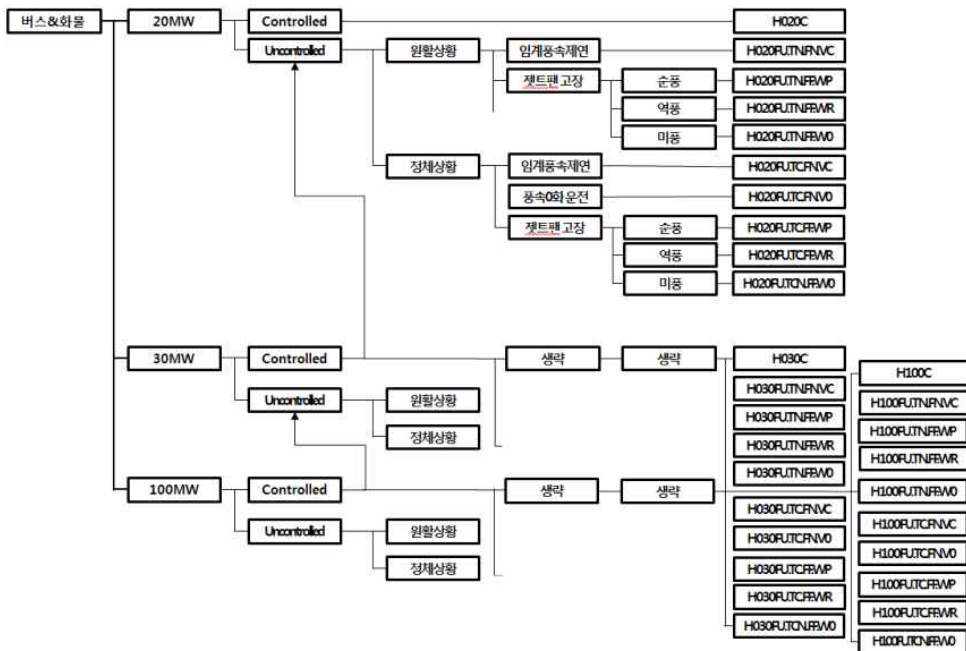
⑤ 제트팬 고장 시 자연풍의 조건은 순풍 : 미풍 : 역풍으로
고려하며, 각각의 분기비는 균등하게 적용하였다.

<표 1.9.1> 사고발생률 분석

구분	년도	승용차	버스	화물차	계
화재발생건수 (건/년)	2009	1940	386	1391	3717
	2010	1849	389	1386	3624
	2011	1787	355	1379	3521
	2012	1739	351	1392	3482
	2013	1,622	320	1,374	3316
	2014	1,477	300	1,401	3,178
	2015	1,539	268	1,485	3,292
	2016	1,529	281	1,415	3,225
	2014년(5년간)	8,937	1,801	6,922	17,660
	2017년(5년간)	7,906	1,520	7,067	16,493
주행거리계 (10 ⁶ Veh·km)	2009	186,325	25,213	57,644	269,182
	2010	184,631	22,741	58,647	266,020
	2011	183,853	21,882	55,895	261,629
	2012	194,705	18,355	59,682	272,742
	2013	194,281	21,564	61,570	277,415
	2014	205,518	20,737	60,472	286,727
	2015	212,721	19,818	62,372	294,911
	2016	224,024	19,857	63,688	307,569
	2014년(5년간)	943,795	109,755	293,438	1,346,988
	2017년(5년간)	1,031,249	100,331	307,784	1,439,364
차종별 사고발생률 (건/억km.Veh)	2009	1.04	1.53	2.41	1.38
	2010	1.00	1.71	2.36	1.36
	2011	0.97	1.62	2.47	1.35
	2012	0.89	1.91	2.33	1.28
	2013	0.83	1.48	2.23	1.2
	2014	0.72	1.45	2.32	1.11
	2015	0.72	1.35	2.38	1.12
	2016	0.68	1.42	2.22	1.05
	2014년(5년간)	0.95	1.64	2.36	1.31
	2017년(5년간)	0.77	1.52	2.30	1.15



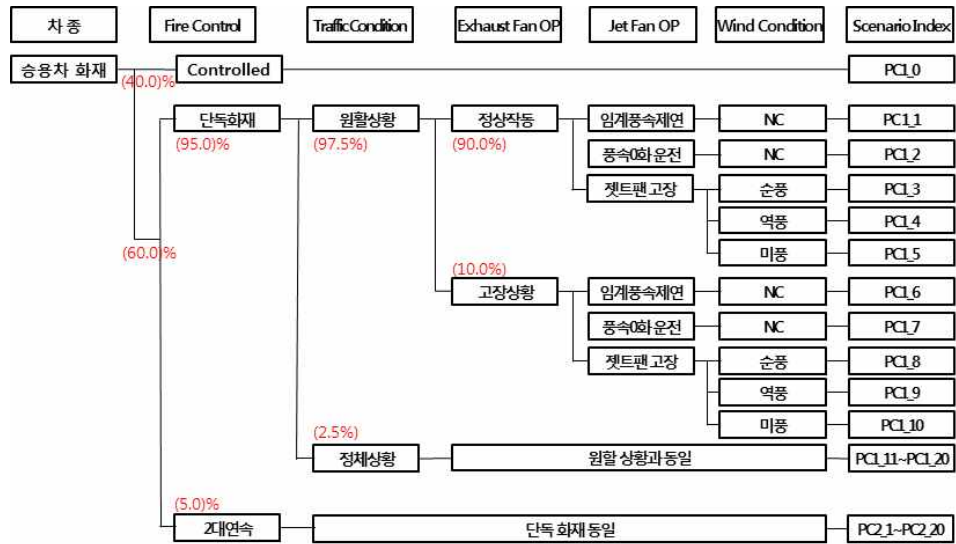
(a) 승용차



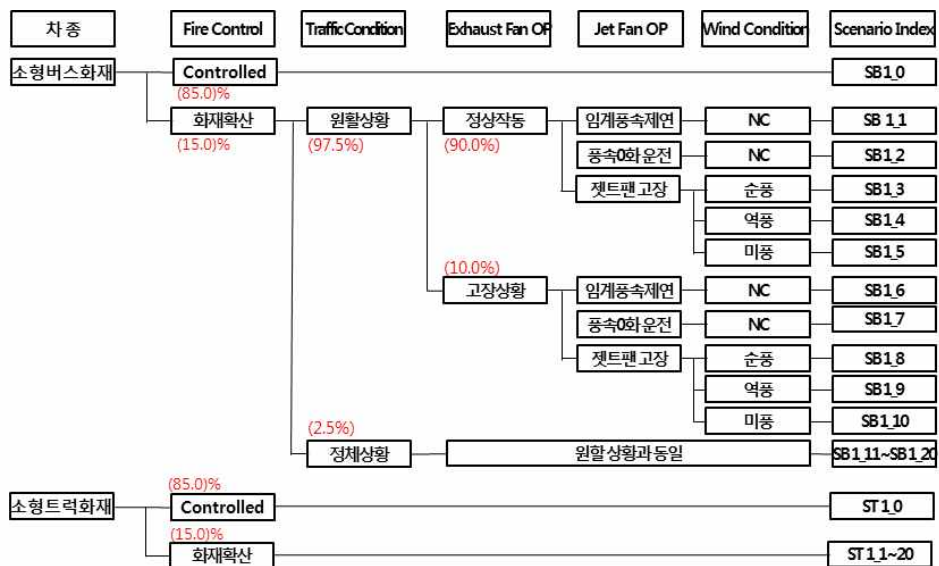
(b) 화물차

<그림 1.9.1> 일반도로터널 화재발생 시나리오

- (4) 소형차 전용 터널의 사고발생시나리오는 <그림 1.9.2>와 같으며, 화재강도 및 분기비는 다음과 같다. <신설>
- ① 승용차의 경우에는 화재강도를 5MW로 하며, 2대 연속 화재의 경우에는 10MW로 고려하고 분기비는 5% 이하로 적용하였다.<신설>
 - ② 소형버스의 화재강도는 15MW를 적용하며, 화재확산확률은 15%를 적용한다.<신설>
 - ③ 소형트럭의 화재강도는 20MW를 적용하며, 화재확산확률은 15%를 적용한다.<신설>
 - ④ 화재전 교통상황에 대한 정체빈도는 서울시 도로에 대한 한시간 평균 주행속도가 10km/h 미만인 빈도수에 대한 확률을 적용할수 있으며, 2017년 11월의 통계 데이터 분석에 근거하여 2.5%를 적용하였다.<신설>
 - ⑤ 화재시 제연성공여부는 제연팬 고장 및 운전모드에 따라 분기하였으며, 제트팬 고장확률은 10% 이내로 적용하였다. <신설>
 - ⑥ 자연풍은 순풍, 미풍, 역풍으로 구분하여 적용하며, 도심지 터널이므로 미풍은 80%로 고려하였다.<신설>



(a) 승용차



(b) 소형버스 및 소형트럭

<그림 1.9.2> 소형차 전용터널 화재시나리오

(5) 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, 본 지침에서는 외국의 연구자료를 인용하여 <표 1.9.2>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(1.9.1) 및 식(1.9.2)와 <그림 1.9.3>에 의해서 각 대피자에 대한 대피속도를 구하고 이중에 가장 작은 값을 적용할 것을 권장한다.

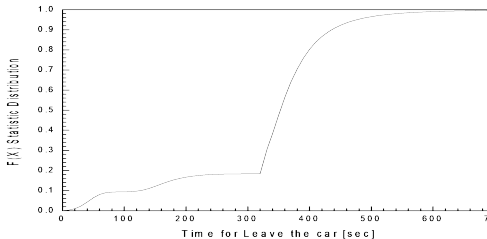
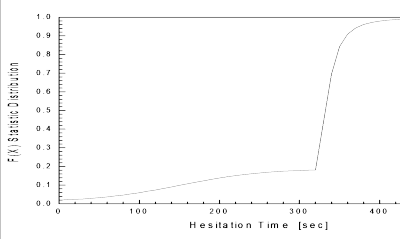
가. 전방의 대피자의 거리에 따른 대피속도

$$W_{spd} = V_u \cdot \sin\left(\frac{90}{180} \pi \cdot \frac{D_p - b}{T_D - b}\right), \quad b \leq D_p \leq T_D$$
$$W_{spd} = V_u, \quad D_p > T_D \quad (1.9.1)$$

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 depth 이다.

<표 1.9.2> 대피특성에 따른 확률분포

그룹	반응시간		결정시간	
	비율(%)	확률분포식	확률분포식	
I	18.4	51	Norm(41.6, 17.1)	8% (지체없이 대피하는 비율) 0.08+(1-0.08)Norm(151,8)
II		49	Gumb(28.8, 155)	
II	81.6	GEV(-0.22,19.81, 33.08)		28% (지체없이 대피하는 비율) 0.28+(1-0.28)GEV(-0.44,13,8.42)
확률분포				

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

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

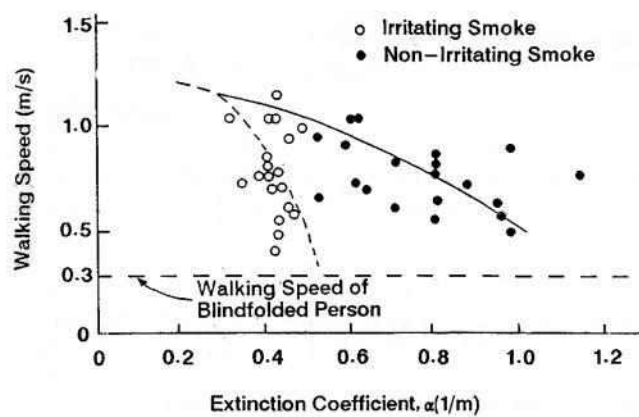
나. 대피자 밀도에 따른 대피속도

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

$$W_{\text{spd}} = 0.85k \quad (1.9.2)$$

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

다. 가시도에 따른 대피속도



<그림 1.9.4> 가시도와 대피속도의 관계

⑥ 교통약자의 대피속도는 최대 0.6 m/s 를 기준으로 한다.

(6) 사상자수 추정기준

- ① 화재시 인체에 영향을 미치는 유해가스는 일산화탄소, 이산화탄소, HCN, 산소저감율 등이 있으나, 유효복용분량(FED)평가에 의해 사상자수를 추정하는 경우에 적용대상 가스는 현 시점의 기술적인 수준을 반영하여 결정할 수 있으며, 가장 대표적인 일산화탄소는 포함하여야 한다.
- ② 유해가스에 따른 유효복용분량 산정식은 식(1.9.3)~식(1.9.5)을 적용할 수 있다.

$$F_{ICO} = \frac{\%COHb}{D} = \frac{8.2925 \times 10^{-4} (\text{ppmCO})^{1.036} t}{D} \quad (1.9.3)$$

$$F_{IO_2} = \frac{t}{e^{8.13 - 0.54(20.9 - \%O_2)}} \quad (1.9.4)$$

$$F_{ICO_2} = \frac{t}{e^{(6.1623 - 0.5189\%CO_2)}} \quad (1.9.5)$$

여기서, D : 의식불명에 이르게 하는 COHb%농도(%)로 30%를 적용한다. t : 시간(min), %O₂ : 산소농도(%), %CO₂ : 일산화탄소 농도이다.

- ③ 열환경에 대한 평가는 온도, 복사열을 포함할 수 있으며, 각각에 대해 노출되어 발생하는 위험분율(이하 유효복용분량으로 표현한다)은 식(1.9.6)와 식(1.9.7)을 적용할 것을 권장하며, 온도는 반드시 포함할 것을 권장한다.

$$F_{IHEAT} = \frac{t}{e^{5.1849 - 0.0273T}} \quad (1.9.6)$$

$$F_{IRAD} = \frac{q''^{1.33}}{1.33} t \quad (1.9.7)$$

여기서, T : 온도(°C), q'' : 복사강도(radiative intensity : kW/m²)이다.

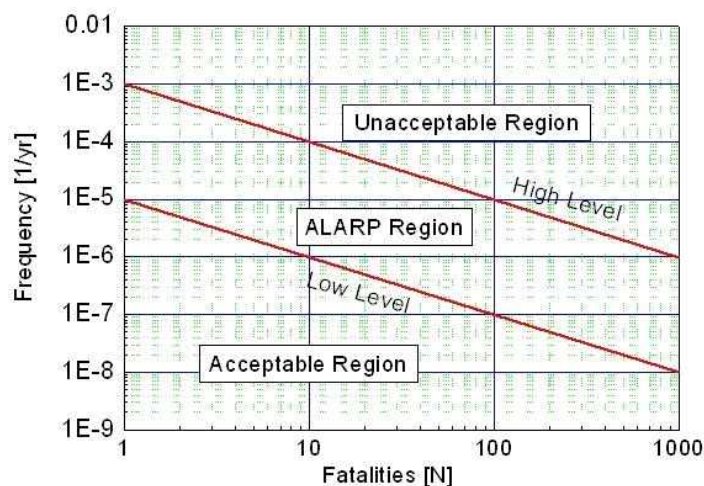
- ④ 화재 시 유해가스 및 열환경이 인체에 미치는 영향은 복합적으로 나타나므로 각각에 대한 유효복용분량의 총합으로 인체에 미치는 영향 정도를 평가한다. 즉, 사상여부를 추정하기 위한 유효복용분량은 식(1.9.8)로 구할 수 있다.

$$FED_1 = F_{ICO} \times V_{CO_2} + F_{ICO_2} + F_{IO} + F_{IHeat} + F_{IRAD} \quad (1.9.8)$$

- ⑤ 일반적으로 식(1.9.8)에 의해 계산되는 유효복용분량(FED1)이 0.3 이상인 경우에는 사상자로 판단하며, 그 이하인 경우에는 경상자로 등가사상자수 산정기준에 의해서 평가할 수 있다.

(7) 사회적 위험도 평가 기준

- ① 사회적 위험도 평가기준은 경제협력개발기구(OECD)와 국제상설도로협회(WRA, 구 PIARC) 및 다수의 국가에서 제시하고 있으며, 본 지침에서는 <그림 1.9.5>로 제시한다.
- 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 1.9.5> 사회적 위험도 평가기준

제 2 편 : 환기편

제 1 장 통 칙

1.1 목적

본 지침은 「도로법」 제10조, 제50조와 「도로의 구조·시설에 관한 규칙」 제42조(터널의 환기시설 등)에 따라 도로터널 내 공기질을 유지하고, 터널 외부로 배출되는 오염물질을 제어하기 위하여 환기 시설의 설계에 관한 사항을 규정함을 목적으로 한다.

1.2 적용범위

- (1) 본 지침은 「도로법」 10조에서 규정하고 있는 고속국도, 일반국도, 특별시도, 광역시도, 지방도, 시도, 군도, 구도의 터널에 적용함을 표준으로 한다.
- (2) 또한 「도로의 구조·시설에 관한 규칙」 제42조 ①항에 규정된 ‘환기시설’에 대하여 ③항 이외의 보다 세부적인 기술사항을 규정하며, 제1편 방재시설에 기술된 ‘도로터널’에 적용한다.

1.3 용어정의

- (1) 가스상물질 : 차량으로부터 배출되는 배출가스 중 일산화탄소(CO) 및 질소산화물(NO_x)을 말한다.
- (2) 갱구부 : 터널의 갱구부는 터널의 종단의 시점부와 종점부를 말한다.
- (3) 교통밀도 : 도로의 성격에 따라 도로용량을 기준으로 주행속도 별로 단위 길이당 주행차로에 있는 승용차량의 대수(pcu/km·lane)로 표현한 교통량을 말한다.
- (4) 교통환기력 : 터널을 주행하는 차량의 피스톤 효과에 의하여 발생하는 환기력을 말한다.

- (5) 경정기압 : 터널의 입·출구의 압력차이가 단순한 고도차에 의한 차이인 경우, 고도차 및 온도차에 의한 영향을 제거하기 위하여 관측된 기압(대기압)을 터널의 평균고도 기준점으로 환산한 기압을 말한다.
- (6) 기계환기 : 터널환기를 위해 필요로 하는 소요환기량을 교통 환기력으로 충족할 수 없는 경우, 환기설비를 설치하여 강제적으로 환기를 수행하는 것을 말한다.
- (7) 기준배출량 : 차량으로부터 배출되는 질량단위 배출량(g/km or g/kW·hr)을 도로터널의 소요환기량 산정을 위하여 입자상물질은 m^3/h , 가스상 물질인 CO, NOx는 m^3/h 로 단위 환산한 배출량을 말한다.
- (8) 기압장벽고 : 터널의 입·출구 주변 지형을 이용하여 풍압계수를 결정하는 장애벽면 크기를 정량화 한 것을 말한다.
- (9) 도로터널 : 자동차의 통행을 목적으로 지반을 굴착하여 지하에 건설한 구조물, 개착공법으로 지중에 건설한 구조물(BOX형 지하차도), 기타 특수공법(침매공법 등)으로 하저에 건설한 구조물(침매터널 등)과 지상에 건설한 터널형 방음시설(방음터널)을 말한다.
- (10) 도시지역 : 시가지를 형성하고 있는 지역이나 그 지역의 발전 추세로 보아 시가지로 형성될 가능성이 높은 지역을 말한다.
- (11) 등가저항면적(A_m) : 교통환기력을 계산하기 위해 터널 내공 단면적에 따른 소형차량과 대형차량의 전면투영면적을 혼입률에 따라 보정하여 나타낸 등가면적을 말한다.
- (12) 대면통행 : 하나의 도로에서 둘 이상의 차량이 서로 마주보며 반대방향으로 이동하는 통행방식을 말한다.
- (13) 대배기구 방식 : 횡류환기방식의 일종으로 배기구에 개방/폐쇄가 가능한 전동댐퍼를 설치하여 화재시 화재지점 부근의 배기구를 개방하여 집중적으로 배연할 수 있는 제연방식을 말한다.

- (14) 대형차 혼입률 : 설계연도의 연평균 일교통량의 차종별구성비 중 대형버스, 중형트럭, 대형트럭 및 특수트럭에 대한 구성비의 합을 말한다.
- (15) 반횡류방식 : 터널에 급기 또는 배기덕트를 시설하여 급기 또는 배기만을 수행하는 횡류환기방식을 말한다.
- (16) 본선터널 : 차량운행에 상용되는 주된 차로를 말하며 차량이 주행하는 터널을 말한다.
- (17) 비엔진 입자상물질 : 차량의 엔진으로부터 배출되는 입자상 물질이 아닌 차량의 타이어 및 브레이크 마모에 의해서 발생하는 입자상물질, 도로표면 마모 입자상물질, 재부유 입자상물질 등의 입자상물질을 말한다.
- (18) 배기구 : 터널 환기시 오염공기를 배기하거나 화재발생시 화재연기를 배연하기 위한 개구부를 말한다.
- (19) 배출가스 : 차량으로부터 배출되는 입자상 물질과 가스상 물질을 총칭한다.
- (20) 배연(Smoke exhaust) : 화재시 발생하는 연기 및 열기류를 화재지점으로부터 외부로 배출하는 것을 말한다.
- (21) 사갱(경사갱) : 터널굴착시 버력이나 재료의 운반을 위하여 굴착하는 것으로 일정한 경사를 가진갱을 말하며, 환기용 갱으로 활용되기도 한다.
- (22) 설계속도 : 차량의 주행에 영향을 미치는 도로의 기하구조를 설계하기 위하여 정하는 속도로써, 도로설계요소의 기능이 충분히 발휘될 수 있는 조건에서 보통의 운전기술을 가진 운전자가 도로의 어느 구간에서도 쾌적성을 잃지 않고 안전하게 주행할 수 있는 속도(km/h)이다.
- (23) 수직갱(연직갱) : 터널공사 및 환기나 배연을 위하여 수직으로 굴착된 갱도를 말한다.

- (24) 슬립스트리밍(Slip streaming) 효과 : 앞차의 후미에서 발생하는 난류에 의하여 뒤차의 차량항력이 감소하는 효과를 말한다.
- (25) 소요환기량 : 터널 환기시설 용량결정을 위해 주행속도별로 차량으로 배출되는 오염물질을 처리하기 위해 필요한 단위 시간당 환기풍량(m^3/s)을 말한다.
- (26) 승용차 환산계수(PCE) : 승용차 이외의 차종(트럭, 버스 등의 중차량) 1대와 대체될 수 있는 승용차 대수의 계수비를 말한다.
- (27) 유해가스 : 화재시 인체나 주위환경에 유해한 작용을 일으키는 일산화탄소, 탄화수소, 질소산화물, 연기 등의 연소가스를 말한다.
- (28) 일산화탄소(CO) : 차량의 엔진내에서 연료의 연소시 불완전 연소에 의해 생성되는 물질을 말한다.
- (29) 연평균교통량(AADT) : Average Annual Daily Traffic으로 연평균 일교통량으로 교통량의 정도를 나타내며, 1년 동안 도로의 한 지점 또는 일정도로 구간을 지나는 양방향 교통량을 365일로 나눈 교통량을 말한다.
- (30) 입자상물질 : 차량으로 부터 배출되는 배출가스 중 입자상 물질(Smoke 또는 PM(Particulate matter))을 지칭한다.
- (31) 임계자연풍속 : 대면통행시 소요환기량에 따른 처리풍속 ($V_{req}=Q_{req}/A_r$)과 터널내 실제 풍속(V_{r*})을 비교하여 자연환기 또는 기계환기 여부를 결정할 때, 환기방식을 구별하는 임계점에서의 자연풍 크기를 임계자연풍(V_{n*})이라 한다.
- (32) 자연환기 : 터널환기를 위해 필요로 하는 소요환기량을 교통환기력으로 충족할 수 있는 경우에 별도의 환기설비 없이 환기를 수행하는 것을 말한다.

- (33) 조합환기방식 : 도로터널의 환기방식 중 종류환기방식과 (반)횡류환기방식을 결합한 환기방식을 말한다.
- (34) 주행속도 : 도로의 일정 구간을 차량이 주행할 때, 구간의 길이를 주행한 시간으로 나눈 값을 말한다.
- (35) 종류환기방식 : 터널입구 또는 연직갱, 경사갱 등으로 부터 신선공기를 유입하여 환기기의 승압효과에 의해서 터널내에 중방향 기류를 형성하여 터널출구 또는 연직갱, 경사갱 등으로 오염된 공기나 화재연기를 배출하는 방식을 말한다.
- (36) 중방향계수(D) : 양방향 교통량에 대한 중방향 교통량의 비율을 나타내는 계수를 말한다.
- (37) 질소산화물(NOx) : 차량의 엔진내에서 연료의 연소시 고온에 의하여 공기중의 질소와 산소가 열반응하여 생성되는 물질을 말한다.
- (38) 제연(Smoke control) : 화재시 연기 및 열기류의 흐름방향을 제어하는 것을 말한다.
- (39) 제작차 허용배출기준 : 제작차 허용배출량 기준(Emission standards)으로 환경부의 대기환경보전법 시행규칙의 ‘별첨17, 제작차배출 허용기준’을 말한다.
- (40) 차도 : 자동차의 통행에 사용되며 차로로 구성된 도로의 부분을 말한다.
- (41) 차등차속 : 대면통행시 방향별로 서로 다른 교통량에 의해 형성되는 주행차속의 차이를 말한다.
- (42) 차로 : 자동차가 도로의 정해진 부분을 한줄로 통행할 수 있도록 차선에 의하여 구분되는 차도의 부분을 말한다.
- (43) 차로수 : 양방향 차로(오르막차로, 회전차로, 변속차로 및 양보차로는 제외)의 수를 합한 것을 말한다.
- (44) 차선 : 차로와 차로를 구분하기 위하여 그 경계지점에 표시하는 선을 말한다.

- (45) 피스톤 효과 : 터널을 운행하는 차량의 공기저항에 의해서 기류가 형성되는 효과로 교통환기력을 발생시키는 역할을 한다.
- (46) 한계풍속 : 터널 내 환기시설 등에 의해 형성되는 기류속도의 최대값을 규정해 놓은 한계치를 말한다.
- (47) 환기시설 : 터널내 차량으로부터 배출되는 오염물질을 희석, 배기 또는 정화하기 위하여 신선공기를 급기하거나 오염공기를 배출하거나 공기정화시설로 유입하기 위한 설비를 말한다.
- (48) 환기특성도 : 터널연장과 종단경사에 따른 소요환기량의 관계를 나타낸 그래프로, 내공단면적과 소요환기량의 관계를 통해 종단경사에 따른 특정 종류식 환기방식의 한계연장을 나타낸다.
- (49) 환산교통량 : 일반차량(대)를 승용차량(PCU)로 환산한 교통량을 말한다.
- (50) 횡류환기방식 : 터널에 설치된 급·배기 덕트를 통해서 급기와 배기를 동시에 수행하는 방식으로 평상시에는 신선공기를 급기하고 차량에서 배출되는 오염된 공기를 배기하며, 화재 시에는 화재로 인해 발생하는 연기를 배기하는 방식을 말한다.

제 2 장 도로터널 환기시설

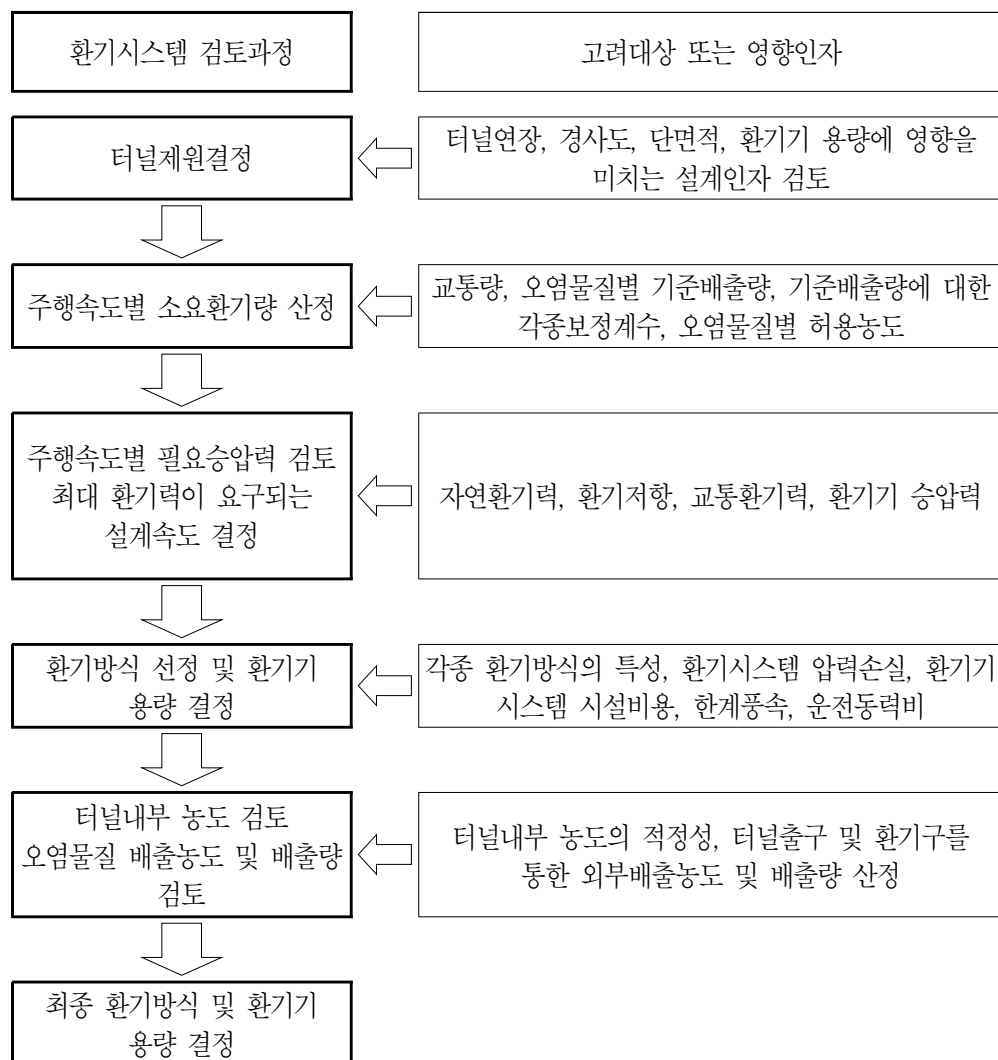
2.1 일반사항

- (1) 도로터널에서의 설계 소요환기량은 입자상물질(매연), 일산화탄소, 질소산화물의 오염물질을 대상으로 산출한다.
- (2) 오염물질에 대한 환기량 산정을 위한 차종별 기준배출량은 환경부의 ‘대기환경보전법 시행규칙’에서 정한 오염물질별 ‘제작차 배출량 허용기준’ 적용을 표준으로 한다.
- (3) 터널 내 환기대상 오염물질별 허용농도기준은 제3장에서 기술한 터널 내 허용농도 기준을 만족하여야 한다.
- (4) 터널 내 풍속기준은 ‘제3장 소요환기량 산정기준’ 내 ‘3.8 터널내 한계풍속’에서 기술한 터널 내 한계풍속 기준을 만족하여야 한다.
- (5) 추정교통량이 현저하게 적은 터널이나 지방부 터널과 같이 주행속도가 높고, 지·정체 발생확률이 낮은 터널일 경우에는 환기검토 제외속도를 적용하여 환기시스템을 설계할 수 있다.
- (6) 환기방식 선정시에는 교통조건, 주변 환경조건, 내공단면적, 대표직경과 같은 터널조건, 경사도, 표고(계획고), 외부자연풍과 같은 지형 및 기상조건, 화재 시 피난 안전성, 유지관리, 경제성, 기타 단계건설 및 관련법규를 종합적으로 검토하여야 한다.
- (7) 환기시설은 화재 발생 시, 제연이나 배연시설로 운영되므로 환기방식의 선정 단계부터 비상시 안전성에 대하여 고려하여야 한다.
- (8) 기타 본 지침에서 기술하지 않은 사항에 대하여 환기시설을 계획할 경우는 모형실험이나 수치해석 등을 통하여 환기시설의 적정성 검증하여 신뢰성을 확보하여야 한다.

2.2 환기시설 계획 및 조사

2.2.1 환기시설 계획

- (1) 환기시설은 터널의 단면적 및 단면형상 등과 같은 터널 본체 구조 결정과 노선선정 등 전체 터널 설계 계획에 영향을 미치기 때문에 면밀하게 계획하여야 한다.
- (2) 도로터널의 환기시스템 계획 및 설계는 일반적으로 <그림 2.2.1>에 따른 단계로 검토한다.



<그림 2.2.1> 도로터널 환기시스템 검토단계 및 영향인자

- (3) 환기설계 목표년도는 공용개시 후 20년 후를 표준으로 한다.
다만, 교통량의 급격한 변화가 예상되는 경우에는 5년 단위로 교통량 변동을 고려하여 단계건설을 계획할 수 있다.
- (4) 환기시설은 화재 발생 시에 제연이나 배연시설로 운영되므로 환기방식의 선정 단계부터 비상시 안전성을 고려하여야 한다.
제연이나 배연시설 용량이 평상시 환기시설 용량을 초과하는 경우에는 제·배연용량으로 환기시설 용량을 결정하여야 한다.
- (5) 도로터널 내부의 공기는 터널을 운행하는 자동차의 배출가스 등에 의하여 오염된다. 따라서, 터널 이용자의 건강과 안전을 위해서 오염물질의 농도를 소정의 수준이하로 유지하기 위한 환기가 필요하다.
- (6) 터널 환기시설 계획시 검토대상 오염물질은 이용자의 안전운행에 직접적이고 단시간에 영향을 미치는 가스상물질(일산화탄소와 질소산화물)과 입자상물질로 한다.
- (7) 도로터널에서 발생하는 오염물질은 터널 출구, 환기소 등을 통해서 집중적으로 배출되므로, 터널출구 및 환기소가 도시 지역에 설치되는 경우에는 오염물질의 배출을 최소화할 수 있는 방식을 적용하여 설계한다. 또한, 환기소 설치를 최소화 하는 방안 및 터널 출구부에 오염물질 배출량을 최소화하는 방안을 검토하여 설계한다.
- (8) 도로터널의 환기는 교통환기력 만으로 요구되는 수준의 환기가 가능한 경우에는 자연환기방식으로 환기하며, 그렇지 못한 경우에는 기계환기방식으로 환기한다.
- (9) 기계환기방식의 선정시에는 터널의 본체시공과 관련하여 환기 및 방재시스템 설치계획, 주변 환경에 미치는 영향 등을 고려하여 신뢰성과 경제성이 우수한 방식을 선정한다.

- (10) 차량의 오염물질 배출량은 터널의 환기량 및 환기기 용량에 직접적으로 영향을 미치므로 차량의 오염물질 배출량 저감 추세 등을 고려하여 검토되어야 한다.
- (11) 터널의 환기기 용량은 도로설계조건에서 최대 교통량을 반영하여 설계하는 것이 일반적이며, 연차별 평균 일교통량의 변동이 심한 경우나 장래에 터널의 증설 계획 등이 있는 경우에는 단계건설을 검토할 수 있다.
- (12) 터널 내부에 보행자 도로 및 자전거 도로가 있는 경우에는 차량에서 배출되는 오염물질의 영향을 최소화할 수 있도록 해당 공간에 격벽 등을 설치하여 분리하거나 오염물질에 대한 허용농도 기준을 강화하여 적용한다.

2.2.2 환기시설 계획을 위한 조사

- (1) 환기시설은 교통, 기상, 환경에 대하여 조사·분석을 통해 계획하며, 환기시설 조사·분석 자료는 환기시스템 설계를 위한 기초자료로 활용한다.
- (2) 터널 운영 중에 배출되는 오염물질이 주변 환경에 미치는 영향에 대한 검토 시에도 활용한다.
- (3) 교통관련 조사
 - ① 환기를 위한 소요환기량은 도로의 설계교통량(최대용량)을 근거로 산정하므로 일평균교통량의 대소는 환기량에 큰 영향을 미치지 않는다. 그러나 단계건설의 필요성을 검토하기 위해서 연차별 일평균교통량의 변화추세에 대한 검토가 필요하다.
 - ② 차종별 구성비는 소요환기량 및 환기시스템 용량에 영향으로 미치므로 이에 대한 조사를 수행한다.
 - ③ 사용연료에 따라 오염물질 배출특성이 상이하므로 디젤 차량과 가솔린 차량의 구성비에 대한 조사를 수행한다.

(4) 기상관련 조사

- ① 기상조사는 자연풍에 의한 환기저항 및 갱구부(터널의 입구부 또는 출구부) 또는 환기탑 주위에서 배출되는 오염물질의 확산, 터널 출구부의 결빙, 터널로 유입되는 공기의 조건 등을 검토하기 위해서 수행한다.
- ② 기상과 관련된 조사사항은 터널 입·출구부 및 환기소 부근의 온도, 풍속 및 풍향, 결빙일수, 강설량, 안개일수 등이며, 이들은 기상청의 자료를 근거로 하며 터널에 근접한 기상청 자료를 보정하여 사용할 수 있다.

(5) 환경관련 조사

- ① 환경에 대한 조사는 터널에서 배출되는 오염물질이 주변 환경에 미치는 영향과 터널로 유입되는 공기가 터널 내 오염물질 농도에 미치는 영향을 검토하기 위해서 수행한다.
- ② 환경에 미치는 영향을 예측하기 위해서는 터널 주변의 기상 조건과 대기환경농도, 터널 출구 및 환기소에서 배출되는 오염물질별 배출량 및 풍량이 검토되어야 한다.
- ③ 환경영향 평가 시 필요한 터널 및 환기소에서 배출되는 오염물질별 배출량 및 풍량은 터널 환기설계 시 주행속도별로 산정하여 최대배출량 값을 적용한다.

(6) 관련법규

- ① 환기시설의 설치 및 유지관리 수행을 위해 「도로의 구조·시설에 관한 규칙」, 「터널 환기, 조명, 방재시설(환기시설) (KDS 27 60 00)」 등 관련된 법규내용을 검토하여야 한다.
- ② 「대기질 환경기준」, 「환경정책기본법」 등을 조사하여 환기 시설이 공해방지 및 환경보전, 재해방지, 안전 등의 항목에 위배되지 않도록 하여야 한다.

제 3 장 소요환기량 산정기준

3.1 소요환기량 산정기준의 일반사항

- (1) 터널 내 환기대상 오염물질은 일산화탄소(CO), 질소산화물(NOx), 입자상물질(매연)로 한다.
- (2) 터널의 소요환기량은 주행속도별(10~80km/h 범위에서 10km/h 단계)로 산정한다.
- (3) 각 오염물질에 대한 소요환기량은 터널을 운행하고 있는 차량에서 발생하는 오염물질 총 발생량(가스상물질은 m^3/s , 입자상물질은 m^3/s)을 산정하고 이를 허용농도와 대기농도의 차로 나누어 주행속도별로 산정한다.

3.2 소요환기량 산정을 위한 교통량 산정방법

3.2.1 차종 구분

- (1) 소요환기량 산정을 위한 차종은 7개 차종으로 구분한다.
- (2) 7개 차종은 승용차, 버스(소형, 보통), 트럭(소형, 보통, 대형, 특수)로 한다.
- (3) 승용차는 사용연료에 따라 휘발유와 경유로 구분한다.
- (4) 차종 구분 및 자동차의 제원은 <표 2.3.1>을 참고하여 적용한다.

<표 2.3.1> 차종별 차량제원

구 분		승용차		버 스		트 럭				
		휘발유	경유	소형	보통	소형	보통	대형	특수	
									세미 트레일러	풀 트레일러
단위중량당 마력(PS/톤)		68.6		33.6	18.6	33.5	17.8	13.5	7.4	8.6
무게 [톤]	차중량	1.08		1.48	9.49	1.41	3.25	8.30	13.83	14.45
	총중량	1.37		2.20	12.16	2.39	6.22	18.55	45.02	36.45
차체 규격 [cm]	길이	434		450	1,077	452	610	874	1,831	1,872
	너비	168		165	245	168	202	248	261	260
	높이	144		197	312	168	227	321	286	307
마력	[HP]	94		74	226	80	111	250	332	315
	[kW]	69.1		54.4	166.2	58.8	81.6	183.9	244.2	231.7

3.2.2 주행속도별 터널 내 차량수 산정

- (1) 환기시스템 용량 결정을 위한 소요환기량 산정 시 교통량은 해당 도로의 최대설계교통량을 적용한다.
- (2) 최대설계 교통량은 목표년도의 설계교통량을 기준으로 산정한다.
- (3) 차종별 교통량은 주행속도별로 교통밀도를 산정하고 설계 교통량을 근거로 하여 차종별 구성비를 반영하여 산정한다.
- (4) 교통밀도는 식(2.3.1)으로 산정하며, 터널의 입지조건 및 설계조건에 따른 최대교통량 및 주행속도 0km/hr 에서 정체 교통량을 고려하여 구한다.

$$D_t = \frac{D_o \times M_{\max}}{[D_o \times V + M_{\max} \times (1 - V/60)^2]} \quad (2.3.1)$$

여기서, D_t : 교통밀도(pcu/km · lane), D_o : 정체시 교통량(속도 $V=0$ km/h 에서 150~165pcu/km · lane 적용), $M_{\max}$: 최대가능 교통량 또는 도로용량(pcu/h · lane), V : 주행속도(km/h) 이다.

(5) 교통밀도는 승용차 대수로 산정되므로 터널 입지 조건 및 설계조건에 따른 승용차 환산계수(PCE)는 <표 2.3.2>를 적용하여 차량수를 산정한다.

<표 2.3.2> 승용차 환산계수(PCE)

도로구분	승용차	소형버스	대형버스	소형트럭	중형트럭	대형트럭	특수트럭
고속도로	1	1	1.5	1	1.5	1.5	2
다차선	1	1	1.5	1	1.5	1.5	2
이차선	1	1	1.5	1	1.5	1.5	1.9

3.3 소요환기량 산정을 위한 기준배출량

(1) 소요환기량을 산정을 위한 차종별 기준배출량은 「대기환경보전법 시행규칙」의 ‘별첨 17. 제작차 배출허용기준’을 적용하여 산정하며, 차종별 오염물질별 기준배출량은 <표 2.3.3>과 같이 제시한다. 다만, <표 2.3.3>은 2019년에 고시된 「대기환경보전법 시행규칙」의 ‘별첨 17. 제작차 배출허용기준’을 근거하여 산정된 것이다.

<표 2.3.3>도로터널 소요환기량 산정을 위한 기준배출량(m³/h 또는 m³/h)

차 종	승용차		버 스		트 럭			
			소형	대형	소형	중형	대형	특수
연 료	휘발유	경유	경유	경유	경유	경유	경유	경유
입자상물질 (m³/h)	0.0000	0.8712	0.8712	7.7917	0.8712	3.8269	8.6191	11.1532
CO (m³/h)	0.0178	0.0172	0.0217	0.5541	0.0217	0.2721	0.6129	0.7931
NOx (m³/h)	0.0000	0.0017	0.0022	0.0382	0.0022	0.0188	0.0423	0.0547

(2) 입자상물질의 배출량은 비엔진 입자상물질 발생량을 고려하여야 한다.

- ① 비엔진 발생 입자상물질은 타이어 및 브레이크 마모에 의한 입자상물질, 도로표면 마모에 의한 입자상물질, 재부유 입자상물질 등 을 의미하며, <표 2.3.4>를 참고하여 적용한다.

<표 2.3.4> 차속별 비엔진 입자상물질 발생량

차속[km/h]	승용차 [m³/h]		대형차 [m³/h]	
	양방향	일방향	양방향	일방향
0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	1.1	0.7	5.1	4.4
20	2.2	1.3	10.1	8.8
30	3.4	2.0	15.2	13.3
40	4.5	2.6	20.2	17.7
50	5.6	3.3	25.3	22.1
60	6.7	3.9	30.3	26.5
70	7.8	4.6	35.4	30.9
80	9.0	5.3	40.4	35.3
90	10.1	5.9	45.5	39.8
100	11.2	6.6	50.6	44.2
110	12.3	7.2	-	-
120	13.4	7.9	-	-
130	14.6	8.6	-	-

3.4 소요환기량 산정을 위한 각종 보정계수

- (1) 차량에서 배출되는 오염물질의 배출량은 주행속도, 경사도, 표고, 차령에 따라 다르기 때문에 이에 대해서 기준배출량을 보정하여 산정한다.
- (2) 각종 보정계수 중 제시되지 않은 경사도에 대한 적용은 전·후 경사도의 값을 보간하여 적용할 수 있다.

3.4.1 속도·경사 보정계수

- (1) 속도·경사 보정계수는 차종별로 <표 2.4.1>~<표 2.4.12>를 적용한다.

<표 2.4.1> 입자상물질에 대한 속도·경사보정계수

(차종 : 승용차, 사용연료 : 휘발유)

차속 (km/hr)	경사도(%)						
	-6	-4	-2	0	2	4	6
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10	0.500	0.500	0.500	0.500	1.000	1.000	1.000
20	0.500	0.500	0.500	1.000	1.000	1.000	1.500
30	0.500	0.500	0.500	1.000	1.000	1.500	2.000
40	1.000	1.000	1.000	1.000	1.500	2.000	2.500
50	1.000	1.000	1.000	1.000	1.500	2.000	3.000
60	1.000	1.000	1.000	1.500	2.000	3.000	4.500
70	1.000	1.000	1.500	1.500	2.500	4.500	7.500
80	1.000	1.500	1.500	2.500	4.000	6.500	12.000
90	1.500	1.500	1.500	3.000	6.000	10.500	19.000
100	2.500	1.500	2.000	3.500	7.500	14.500	24.500
110	3.500	3.000	3.500	5.500	10.000	18.500	31.000
120	5.000	4.500	6.500	10.000	16.500	25.000	40.000
130	6.500	8.000	11.500	18.500	29.000	39.500	52.000

<표 2.4.2> 입자상물질에 대한 속도 · 경사보정계수

(차종 : 승용차, 사용연료 : 경유)

차속 (km/hr)	경사도(%)						
	-6	-4	-2	0	2	4	6
0	0.174	0.174	0.174	0.174	0.174	0.174	0.174
10	0.478	0.522	0.565	0.652	0.696	0.783	0.870
20	0.478	0.565	0.652	0.783	0.870	1.000	1.174
30	0.478	0.609	0.696	0.870	1.000	1.174	1.348
40	0.522	0.609	0.783	1.000	1.217	1.478	1.739
50	0.522	0.652	0.870	1.174	1.478	1.826	2.087
60	0.565	0.696	0.913	1.217	1.652	2.130	2.609
70	0.565	0.783	1.087	1.391	1.870	2.304	3.043
80	0.565	0.826	1.217	1.652	2.304	2.870	3.739
90	0.652	0.957	1.391	2.000	2.826	3.565	4.217
100	0.870	1.130	1.652	2.435	3.304	4.087	4.609
110	1.174	1.522	2.043	2.870	3.870	4.565	5.087
120	1.478	2.000	2.739	3.435	4.174	4.870	5.435
130	1.870	2.696	3.522	4.304	4.826	5.478	6.130

<표 2.4.3> 입자상물질에 대한 속도 · 경사보정계수

(차종 : 소형버스/소형트럭, 사용연료 : 경유)

차속 (km/hr)	경사도(%)						
	-6	-4	-2	0	2	4	6
0	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143	0.143
10	0.429	0.476	0.524	0.619	0.690	0.786	0.857
20	0.476	0.548	0.667	0.786	0.905	1.095	1.310
30	0.476	0.548	0.690	0.833	1.119	1.405	1.667
40	0.500	0.667	0.786	1.000	1.286	1.714	2.024
50	0.476	0.643	0.881	1.143	1.452	2.095	2.238
60	0.548	0.714	1.000	1.405	1.714	2.500	2.833
70	0.595	0.786	1.095	1.643	2.333	2.905	3.405
80	0.929	1.095	1.524	2.167	2.929	3.524	4.119
90	1.357	1.595	1.976	2.690	3.476	4.143	4.857
100	1.833	2.167	2.619	3.167	3.929	4.714	5.405
110	2.190	2.643	3.143	3.810	4.524	5.310	5.976
120	2.571	3.143	3.690	4.286	5.119	5.905	6.405
130	2.857	3.500	4.095	4.881	5.762	6.357	6.571

<표 2.4.4> 입자상물질에 대한 속도·경사보정계수

(차종:대형버스/중형트럭/대형트럭/특수트럭, 사용연료:경유)

차속 (km/hr)	경사도(%)						
	-6	-4	-2	0	2	4	6
0	0.225	0.225	0.225	0.225	0.225	0.225	0.225
10	0.538	0.613	0.700	0.788	0.888	0.988	1.075
20	0.463	0.538	0.700	0.813	0.925	1.063	1.200
30	0.438	0.513	0.700	0.850	1.050	1.238	1.413
40	0.413	0.488	0.725	1.000	1.313	1.613	1.875
50	0.388	0.463	0.725	1.075	1.488	1.863	2.188
60	0.388	0.463	0.750	1.163	1.788	2.413	2.825
70	0.388	0.475	0.788	1.263	2.088	2.950	3.463
80	0.413	0.463	0.825	1.538	2.425	3.500	4.100
90	0.438	0.488	0.825	1.800	2.713	3.563	4.138
100	0.438	0.488	0.850	1.875	2.875	3.675	4.163

<표 2.4.5> CO 속도·경사보정계수

(차종 : 승용차, 사용연료 : 휘발유)

차속 (km/hr)	경사도(%)						
	-6	-4	-2	0	2	4	6
0	0.394	0.394	0.394	0.394	0.394	0.394	0.394
10	0.562	0.642	0.708	0.803	0.876	1.029	1.212
20	0.613	0.745	0.920	1.131	1.657	2.584	3.664
30	0.562	0.679	0.810	1.000	1.263	1.664	2.270
40	0.606	0.752	0.942	1.197	1.628	2.423	3.569
50	0.650	0.861	1.022	1.328	1.737	2.416	3.409
60	0.620	0.832	0.971	1.328	1.847	2.759	4.321
70	0.723	0.971	1.307	1.869	2.657	4.409	7.956
80	0.912	1.182	1.540	2.263	3.635	6.504	12.131
90	0.854	1.146	1.657	2.599	4.927	10.664	19.292
100	1.131	1.526	2.307	3.679	6.270	15.285	30.343
110	1.949	2.423	3.460	5.701	10.847	23.810	57.752
120	3.445	4.007	5.409	9.540	18.964	44.117	109.942
130	6.226	7.752	10.380	17.270	36.810	96.255	187.496

<표 2.4.6> CO 속도 · 경사보정계수

(차종 : 승용차, 사용연료 : 경유)

차속 (km/hr)	경사도(%)						
	-6	-4	-2	0	2	4	6
0	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150
10	0.400	0.450	0.550	0.650	0.750	0.900	1.000
20	0.450	0.500	0.650	1.400	1.650	1.800	2.050
30	0.450	0.600	0.700	1.200	1.500	1.750	1.950
40	0.450	0.600	0.700	1.000	1.350	1.600	1.850
50	0.500	0.550	0.700	0.900	1.300	1.550	1.800
60	0.500	0.550	0.600	0.800	1.200	1.500	1.800
70	0.500	0.550	0.600	0.800	1.050	1.400	1.700
80	0.450	0.550	0.600	0.800	1.050	1.200	1.600
90	0.450	0.500	0.600	0.750	0.950	1.050	1.450
100	0.500	0.550	0.600	0.650	0.800	0.950	1.350
110	0.600	0.600	0.600	0.700	0.750	0.850	1.250
120	0.650	0.650	0.600	0.700	0.900	1.000	1.400
130	0.700	0.700	0.600	0.700	1.000	1.200	1.450

<표 2.4.7> CO 속도 · 경사보정계수

(차종 : 소형버스/소형트럭, 사용연료 : 경유)

차속 (km/hr)	경사도(%)						
	-6	-4	-2	0	2	4	6
0	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
10	0.450	0.500	0.600	0.750	0.800	0.900	1.050
20	0.500	0.600	0.750	0.900	0.950	1.050	1.150
30	0.500	0.650	0.800	1.000	1.100	1.200	1.300
40	0.550	0.650	0.850	1.000	1.150	1.250	1.450
50	0.550	0.700	0.850	1.050	1.250	1.400	1.500
60	0.500	0.700	0.850	1.050	1.350	1.500	1.700
70	0.550	0.800	0.900	1.150	1.500	1.650	1.900
80	0.700	0.850	0.950	1.250	1.650	1.800	2.100
90	0.850	1.000	1.050	1.300	1.750	1.950	2.550
100	1.000	1.150	1.100	1.400	1.950	2.300	2.850
110	1.200	1.300	1.250	1.500	2.200	2.700	3.100
120	1.400	1.500	1.700	2.100	2.700	3.000	3.300
130	1.450	1.800	2.100	2.550	3.000	3.200	3.400

<표 2.4.8> CO 속도 · 경사보정계수

(차종:대형버스/중형트럭/대형트럭/특수트럭, 사용연료:경유)

차속 (km/hr)	경사도(%)						
	-6	-4	-2	0	2	4	6
0	0.141	0.141	0.141	0.141	0.141	0.141	0.141
10	0.435	0.524	0.643	0.781	0.903	1.041	1.164
20	0.372	0.424	0.662	0.829	0.974	1.138	1.309
30	0.323	0.375	0.680	0.888	1.138	1.405	1.572
40	0.216	0.323	0.699	1.000	1.387	1.788	2.048
50	0.152	0.230	0.717	1.093	1.606	2.112	2.409
60	0.130	0.227	0.736	1.297	1.981	2.316	2.517
70	0.134	0.227	0.755	1.498	2.346	2.520	2.625
80	0.134	0.227	0.770	1.703	2.725	2.870	2.848
90	0.134	0.227	0.825	1.747	2.814	3.089	3.063
100	0.134	0.227	0.829	1.844	2.903	3.294	3.271

<표 2.4.9> NO_x 속도 · 경사보정계수

(차종 : 승용차, 사용연료 : 휘발유)

차속 (km/hr)	경사도(%)						
	-6	-4	-2	0	2	4	6
0	0.074	0.074	0.074	0.074	0.074	0.074	0.074
10	0.444	0.481	0.593	0.667	0.778	0.852	0.963
20	0.481	0.593	0.741	0.889	1.074	1.259	1.556
30	0.481	0.593	0.778	1.000	1.259	1.593	2.000
40	0.519	0.667	0.889	1.148	1.519	1.889	2.296
50	0.481	0.630	0.852	1.185	1.593	2.037	2.630
60	0.481	0.667	0.926	1.333	1.889	2.556	3.185
70	0.481	0.704	1.000	1.481	2.185	3.074	3.741
80	0.519	0.778	1.185	1.926	2.741	3.630	4.556
90	0.593	0.889	1.370	2.370	3.667	4.370	5.407
100	0.704	1.111	1.630	2.852	4.481	5.667	6.593
110	0.963	1.407	2.222	3.407	5.148	6.778	8.333
120	1.259	1.852	3.037	4.519	6.037	8.037	9.778
130	1.630	2.667	4.815	6.630	7.333	9.148	11.000

<표 2.4.10> NO_x 속도 · 경사보정계수

(차종 : 승용차, 사용연료 : 경유)

차속 (km/hr)	경사도(%)						
	-6	-4	-2	0	2	4	6
0	0.237	0.237	0.237	0.237	0.237	0.237	0.237
10	0.405	0.474	0.542	0.642	0.763	0.889	1.047
20	0.416	0.500	0.611	0.774	0.968	1.216	1.495
30	0.421	0.532	0.674	0.911	1.179	1.542	1.942
40	0.421	0.537	0.711	1.000	1.358	1.832	2.411
50	0.421	0.547	0.747	1.084	1.537	2.116	2.879
60	0.442	0.595	0.853	1.258	1.853	2.684	3.768
70	0.458	0.653	0.984	1.521	2.295	3.316	4.621
80	0.400	0.626	1.053	1.789	2.984	4.674	6.663
90	0.437	0.700	1.289	2.311	3.684	5.716	9.032
100	0.505	0.747	1.421	2.679	4.563	6.900	10.747
110	0.700	1.153	1.995	3.605	6.016	9.411	13.021
120	1.016	1.705	2.800	4.537	7.511	12.589	16.637
130	1.337	2.521	4.058	6.363	10.084	15.342	19.653

<표 2.4.11> NO_x 속도 · 경사보정계수

(차종 : 소형버스/소형트럭, 사용연료 : 경유)

차속 (km/hr)	경사도(%)						
	-6	-4	-2	0	2	4	6
0	0.242	0.242	0.242	0.242	0.242	0.242	0.242
10	0.331	0.382	0.465	0.573	0.720	0.873	1.019
20	0.338	0.420	0.554	0.745	1.013	1.764	2.223
30	0.344	0.459	0.643	0.917	1.299	2.166	2.841
40	0.312	0.439	0.650	1.000	1.516	2.561	3.459
50	0.287	0.414	0.662	1.089	1.732	2.637	3.732
60	0.255	0.490	0.682	1.178	2.414	3.662	5.191
70	0.287	0.573	1.057	1.885	3.096	4.688	6.650
80	0.312	0.599	1.274	2.752	4.815	6.917	9.312
90	0.541	1.006	1.936	3.694	6.522	9.229	11.580
100	0.777	1.516	2.745	4.860	7.783	10.803	13.408
110	1.280	2.561	4.389	7.038	9.949	12.713	14.975
120	2.089	3.968	6.439	9.369	12.236	14.503	16.108
130	3.484	5.892	8.720	11.675	14.280	15.624	16.478

<표 2.4.12> NO_x 속도 · 경사보정계수

(차종:대형버스/중형트럭/대형트럭/특수트럭, 사용연료:경유)

차속 (km/hr)	경사도(%)						
	-6	-4	-2	0	2	4	6
0	0.137	0.137	0.137	0.137	0.137	0.137	0.137
10	0.515	0.624	0.733	0.821	0.880	0.934	0.986
20	0.389	0.525	0.724	0.842	0.938	0.989	1.061
30	0.308	0.461	0.714	0.880	0.979	1.054	1.212
40	0.227	0.395	0.658	1.000	1.132	1.341	1.661
50	0.190	0.314	0.610	1.062	1.233	1.587	2.010
60	0.154	0.233	0.591	1.167	1.728	2.350	2.867
70	0.117	0.155	0.546	1.273	2.224	3.115	3.724
80	0.117	0.155	0.546	1.378	2.721	3.878	4.580
90	0.117	0.155	0.546	1.392	2.798	3.984	4.610
100	0.117	0.155	0.546	1.441	2.893	4.070	4.639

3.4.2 표고보정계수

- (1) 오염물질 배출량은 표고에 따른 대기중 산소농도 및 압력에 영향을 받기 때문에 터널의 표고에 따른 보정이 필요하다.
- (2) 표고보정계수는 <표 2.4.13>에 따라 적용한다. 표고 2,000m를 기준하고 있으며, 해수면에서 해발 1,000m까지는 표고보정계수를 1.0으로 적용한다.
- (3) 따라서 1,000~2,000m 사이값은 선형보간하여 적용한다.

<표 2.4.13> 표고보정계수(2,000m 기준)

fh	CO		NO _x		가시도
	가솔린	디젤	가솔린	디젤	디젤
2025 이후	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

3.4.3 차령보정계수

- (1) 차량은 촉매장치(catalytic converter)의 열노화(thermal ageing)로 인해 오염물질 배출량이 증가하는 경향이 있으며, 이를 위해 차령보정계수를 고려하여야 한다.
- (2) 차령보정은 CO, NO_x발생량 산정 시 적용하며, 5년 단위로 차령보정계수 및 상대 주행거리비(REM)를 평균하여 <표 2.4.14>를 적용한다.

<표 2.4.14> 차령에 따른 상대주행거리비 및 CO, NO_x의 보정계수

차령(년)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	5년					5년					5년				
구성비	10	10	10	10	10	9.5	8.5	7.5	6.5	5.5	4.5	3.5	2.5	1.5	0.5
%	10.0%					7.5%					2.5%				
상대주행 거리비	101.3	101.3	101.3	101.3	101.3	101.3	101.3	101.3	101.3	101.3	99.7	98.6	97.4	96.3	95.2
(REM) %	101.3					101.3					97.44				
차령보정 계수	1	1	1.1	1.155	1.21	1.315	1.42	1.52	1.62	1.725	1.83	1.83	1.83	1.83	1.83
(CO)	1.093					1.520					1.830				
차령보정 계수	1	1	1.11	1.22	1.33	1.44	1.56	1.67	1.78	1.89	2	2	2	2	2
(NO _x)	1.132					1.669					2.000				

3.5 오염물질별 소요환기량 산정

(1) 오염물질별 환기량 산정은 식(2.3.2)~(2.3.4)으로 계산한다.

① 입자상물질

$$Q_{PM} = \left(\sum_{i=ncar} q_{PM,i} + \sum_{i=ncar2} q_{PMNV,i} \right) \times n_i \times \frac{1}{3600} \times \frac{1}{K_{lim} - K_{amb}}$$

(2.3.2)

② CO

$$Q_{CO} = \sum_{i=ncar} q_{CO,i} \times n_i \times \frac{1}{3600} \times \frac{10^6}{CO_{lim} - CO_{amb}}$$

(2.3.3)

③ NOx

$$Q_{NOx} = \sum_{i=ncar} q_{NOx,i} \times n_i \times \frac{1}{3600} \times \frac{10^6}{NOx_{lim} - NOx_{amb}}$$

(2.3.4)

여기서, Q_{PM} , Q_{CO} , Q_{NOx} : 오염물질별 소요환기량(m^3/s),
 q_{PM} , q_{PMNV} , q_{CO} , q_{NOx} : 차종별 입자상물질, 비엔진 입자상물질
 발생량 (m^3/h 대), CO, NOx 발생량(m^3/h 대), n : 차종별
 차량대수(PCU;대), 첨자 lim : 설계농도(입자상물질 : m^{-1}
 , CO : ppm, NOx : ppm), 첨자 amb : 대기(터널유입)농도
 (입자상물질 : m^{-1} , CO : ppm, NOx : ppm) 이다.

(2) (1)항의 차종별 오염물질 배출량은 식(2.3.5)에 따라 계산한다.

$$q_{EM} = (q_0 \times f_{iv} \times f_h)_{EM} \times \left(\sum_{i=1}^3 EPP_{ti} \times 5 \right) \quad (2.3.5)$$

여기서, q_0 : 차종별 오염물질 기준배출량(입자상물질 : m^3/h 대,
 CO 및 NOx : m^3/h 대), f_{iv} : 차종별 오염물질별 속도경사보정
 계수, f_h : 표고보정 계수, i : 차량군(차령 0~14년까지를

5년씩 3개군으로 구분), EPP_{ti} : 차종별 및 차령군별 유효 승용차 환산대당 점유비율(EPP), 첨자 EM : 오염물질을 나타내며, (1)항의 첨자 PM, NO_x, CO를 의미한다.

① 유효 승용차 환산대당 점유비율(EPP, Effective PCU Percentage)

$$EPP = \frac{\phi}{E_{PCU}} \times 100 (\%) \quad (2.3.6)$$

여기서, 차종별 실주행 차종구성비(ϕ)는 식 (2.3.7)으로 계산한다.

$$\phi = \phi_{PCU} \times \phi_{YR} \times \phi_{VP} \quad (2.3.7)$$

여기서, ϕ_{PCU} : 차종별 구성비(%), ϕ_{YR} : 5년 단위 차령 구성비(%), ϕ_{VP} : 5년 단위 주행거리비(%), E_{PCU} : 승용차환산대수(%) 이다.

3.6 도로터널 지·정체에 따른 환기검토 제외 속도

- (1) 지·정체 발생확률이 매우 낮은 지방부 도로터널은 환기검토 제외 속도를 검토하여 지·정체 시는 설계속도에서 제외할 수 있다.
- (2) 해당 터널의 일평균교통량(AADT)과 차로수를 고려하여, 왕복 4차로(편도 2차로) 기준으로 환산한 교통량이 39,000대/일 (및 45,000pcu/일) 이하일 경우에는 환기검토 제외 속도식을 검토한다.
- (3) 환기검토 제외 속도는 식(2.3.8)과 같이 산정한다.

$$U_{EV} = u_E \times (1 - V/C) \quad (2.3.8)$$

여기서, U_{EV} : 환기검토 (최대)제외속도, V/C : 교통량과 도로용량과의 비율, u_E : (지체환기설비용량 결정 제외를 위한) 원할시 환기검토 제외속도로 설계속도 120km/hr 시 $u_E = 42.5\text{km/hr}$, 설계속도 100km/hr시 $u_E = 40\text{km/hr}$, 설계속도 80km/hr시 $u_E = 35\text{km/hr}$ 를 적용한다.

- (4) 다만, 터널 출구 전방 1km 이내에 합·분류부(진·출입로, 톨게이트, 휴게소 등)가 있을 경우에는 환기검토 제외속도 식을 적용하지 않는다.

3.7 터널 내 허용농도 기준

- (1) 환기시스템 설계를 위한 오염물질별 허용농도는 주행속도에 따라 <표 2.7.1>과 같이 주행속도 및 오염물질의 종류에 따라 정한다.
- (2) 제1항에도 불구하고 터널 연장 및 예상 교통량 등을 고려하여 터널 내 장시간 체류가 예상되는 터널을 대상으로는 필요시 <표 2.7.1>의 허용농도 기준을 강화하여 적용할 수 있다.

<표 2.7.1> 오염물질별 터널 내 허용농도 기준

주행속도 오염물질	10 km/hr	20 km/hr	30 km/hr	40 km/hr	50 km/hr	60 km/hr	70 km/hr	80 km/hr
입자상물질 ($\times 10^{-3} \text{m}^{-1}$)	9	7	7	7	5	5	5	5
CO (ppm)	70ppm							
NOx (ppm)	20ppm							

3.8 터널 내 한계풍속

- (1) 1km 이상의 종류환기방식 터널은 최소 1.5m/s 이상의 환기 풍속을 확보하여야 한다.
- (2) 터널의 차도 내 풍속은 일방향 터널인 경우에는 10m/s 이하로 하며, 국부적인 최대풍속은 12m/s를 초과하지 않도록 한다.

제 4 장 환기시스템 설치기준

4.1 일반사항

- (1) 터널 환기방식은 자연환기방식과 기계환기방식으로 구분되며, 소요환기량 및 소요승압력을 고려하여 기계환기방식의 적용 여부를 검토하고 화재시 대응계획을 고려하여 환기방식을 결정한다.
- (2) 터널 내 기류는 터널 내 공기에 작용하는 환기력과 유동저항력이 균형을 이루는 상태에서 결정된다.
- (3) 터널 내 환기력은 차량의 통행에 의해서 자연적으로 발생하는 교통환기력과 환기시스템(제트팬, 삭칼드(Saccardo) 및 수직갱 등의 급기노즐)에 의한 승압력이 있으며, 유동저항력으로는 벽면마찰저항력과 자연풍에 의한 저항력이 있다.
- (4) 소요환기량을 발생시키기 위해서 필요한 승압력이 교통환기력만으로 만족하지 못하는 경우와 방재등급상 제연시설을 설치하여야 하는 터널은 기계환기방식을 채택한다.
- (5) 노선상에 다수의 터널을 건설하는 경우는 터널연장, 종단경사 등 터널제원에 따른 소요환기량의 관계를 나타낸 환기특성도를 작성하여 정량적으로 환기계획을 수립할 필요가 있으며, 경제적인 환기방식을 선정하여야 한다.
- (6) 기계환기방식을 적용을 하는 경우에는 <표 2.4.1>를 참고한다.

<표 2.4.1> 환기방식의 특징(일방향 터널)

환 기 방 식		종 류 식					반 횡 류 식	횡 류 식
기본적 특징		터널에서 종방향의 기류가 형성되며, 교통환기력을 유효하게 이용할 수가 있다. 터널 내 덕트는 필요하지 않음.					터널의 종방향으로 설치된 덕트를 통해 신선공기를 급기하거나 오염공기를 배기하는 방식	
형 식		제트팬식	삭칼드식	집중배기식	수직갱 방식	바이패스방식	급기반횡류	배기반횡류
개 요		제트팬에 의해서 환기량을 얻기 위한 송압력을 발생시키는 방식	터널의 입구부에 설치하는 급기노즐의 분류에 의해 송압력을 발생시키는 방식	집중적으로 배기하기 위한 배기구를 설치하여 배기하는 방식으로 출구에서 배출을 최소화함.	터널에 수직갱을 설치하여 오염공기를 배기하고 신선공기를 급기하는 방식	터널에 바이패스터널을 굴착하고 오염공기를 유입하여 정화한 후에 재급기하는 방식	급기덕트에 의해 신선공기를 급기하는 방식	배기 덕트에 의해 오염공기를 배기하는 방식
개 략	환기 계통도							
	차도 내압							
	차도내 풍속							
	농도 분포							
차도내 풍속		터널내 풍속은 급기구 및 바이패스터널 부근을 제외하고 터널전체에 걸쳐서 일정함. 한계풍속은 10m/s이하					중성점이 터널내부에서 발생할 가능성이 있으며 한계풍속은 10m/s이하	일반적으로 차도내 풍속은 교통환기력에 의한
구 조		천장에 제트팬 설치공간이 필요					덕트공간이 필요	
유 지 관 리	설비 동력	교통환기력을 이용할 수 있어 교적 짧은 터널에 경제적이다	제연목적의 제트팬과 조합된 환기방식이 요구되며 교통환기력을 효과적으로 이용할 수 있음				배기 반횡류식에 비하여 덕트 내 압력손실 감소	터널내 압력 손실이 적어 배기반횡류식에 비해서 고가임.
	제 어 성	풍량 단계와 가동팬의 수는 비례하지 않음	급기노즐 속도가 상승류 속도가 증가하는 현상이 발생할 수 있으며, 인해 농도가 증가할 수 있음.	출구배출을 억제할 목적으로 하는 경우 풍량이 과도하게 증가할 수 있음	급배기팬이 각각 필요하며, 연직갱방식보다 동력비가 증가함	하나의 팬으로 급배기가 이루어지므로 연직갱방식보다 동력비 저렴	교통량의 변동에 비례해서 제어됨	
오염물질의 배출		출구측 갱구로 전량 배출	오염물질의 일부 또는 전량이 배기탑으로 배출	환기탑 및 출구측 갱구로 배출	집진설비로 오염물질 처리, 적극적인 오염물질 제거방식	출구측 갱구로 오염물질 전량 배출	갱구에서 오염공기를 배출하지 않고 배기구를 통해서 배출함	배기탑을 통해서 배출되거나 일부는 터널출구로 배출됨
자연풍의 영향		자연풍에 영향을 크게 받음					자연풍의 영향을 비교적 받지 않음	
설치의 곤란성		덕트를 필요로 하지 않기 때문에 터널의 개통 후에도 환기설비의 추가 설치가 가능. 단 오염물질 저감시설은 제외					차도공간과는 별도의 덕트를 필요로 하기 때문에 단면적이 증가하고 환기설비의 증설 변경은 곤란함	
설비비		횡류식보다 저렴					종류식 보다 고가임	

4.2 터널내 환기력 및 저항력

4.2.1 교통환기력(차량에 의한 승압력)

- (1) 터널을 주행하는 자동차의 피스톤효과에 의해서 발생하는 것으로 차량의 주행속도가 U_t 이고 터널내 풍속이 U_r 인 조건에서 교통환기력 (ΔP_t)은 식(2.4.1)으로 산정한다.

$$\Delta P_t = N_t^+ \frac{A_m}{A_r} \frac{\rho}{2} (U_t^+ - U_r)^2 - N_t^- \frac{A_m}{A_r} \frac{\rho}{2} (U_t^- + U_r)^2 \quad (2.4.1)$$

- ① 터널 내 차량수(N_t)는 식(2.4.2)로 계산한다.

$$N_t = n \cdot L_r \cdot N_{Lane} = \frac{N_{veh} \cdot L_r}{U_t} \quad (2.4.2)$$

여기서, n : 단위길이 당 교통량(대/km), L_r : 터널길이(km),
 N_{Lane} : 차선수, N_{veh} : 시간당 통과하는 교통량(대/hr)이다.

- (2) 차량의 등가저항면적(A_m)은 식(2.4.3)에 의해 계산한다. 다만, 터널 단면적이 작은 경우, 등가저항면적이 증가하여 교통환기력이 증가하나 이는 고려하지 않는다.

$$A_m = 0.64 + \frac{8.84}{A_r} + (3.97 + \frac{107}{A_r}) \times \gamma_L \quad (2.4.3)$$

여기서, A_m : 차량의 전면투영면적(m^2), A_r : 터널의 내공 단면적(m^2), γ_L : 대형차 혼입율이다.

- (3) 저속(10km/h)에서는 슬립스트리밍(Slip streaming)효과를 고려하여 환기기 용량을 산정한다. 단, 교통환기력이 저항으로 작용 시에는 제외한다.

4.2.2 제트팬 승압력

- (1) 터널내 제트팬의 분류에 의한 승압력은 식(2.4.4)에 의해 계산한다.

$$\Delta P_j = \rho \frac{A_j}{A_r} U_j^2 \left(1 - \frac{U_r}{U_j}\right) K \quad (2.4.4)$$

여기서, K는 제트팬의 설치효율로 Z/D(Z : 팬의 중심선과 터널천장과의 거리, D : 제트팬의 직경) 및 차도풍속(U_r)이 변수이며, 설계시 K값은 시뮬레이션이나 「도로설계편람(617. 환기시설)」을 준용하여 적용한다.

4.2.3 급기노즐 및 배기구의 환기력

- (1) 삭칼드 방식, 수직갱(연직갱) 급·배기방식, 바이패스방식에서는 급기노즐이나 배기구가 설치되며 이들에 의한 환기력은 식(2.4.5) 또는 식(2.4.6)으로 계산한다.

① 급기노즐의 환기력 (ΔP_b)

$$\Delta P_b = 2 \left(\frac{Q_b}{Q_{r2}} \right) \left\{ \left(\frac{U_b}{U_r} \right) K_b \cos \beta - 2 + \frac{Q_b}{Q_{r2}} \right\} \frac{1}{2} \rho U_r^2 \quad (2.4.5)$$

② 배기구에 의한 환기력(ΔP_e)

$$\Delta P_e = 2 \left(\frac{Q_e}{Q_{r1}} \right) \left\{ K_e + \frac{Q_e}{Q_{r1}} - 2 \right\} \frac{1}{2} \rho U_{r1}^2 \quad (2.4.6)$$

- (2) 급·배기 노즐의 승압력계수(K_b , K_e)는 급·배기노즐의 형상 및 유량에 관계되는 값으로 실험적으로 각각 0.85~1.15와 0.7~1.1의 범위로 알려져 있으며, 일반적으로 환기기 설계시 1로 적용한다.

4.2.4 자연풍에 의한 저항력

- (1) 자연풍은 자연풍의 방향에 따라 환기력 또는 환기저항력으로 적용할 수 있으나, 환기저항으로 고려하며, 식(2.4.7)로 계산한다.

$$\Delta P_{MTW} = \left(1 + \zeta_e + \lambda_r \frac{L_r}{D_r}\right) \frac{\rho}{2} U_n^2 \quad (2.4.7)$$

여기서, U_n 은 터널을 관통해서 부는 자연풍의 풍속(역풍)으로 터널외부에서 작용하는 풍속이 터널 내 풍속으로 유도되는 저항풍속을 의미한다.

- (2) 설계 시 자연풍에 의한 환기저항력은 2.5m/s의 풍속으로 역풍이 작용하는 것으로 하여 산정한다. 다만, 도시지역의 터널에서는 자연풍의 풍속이 작기 때문에 기상조사자료를 분석하여 적용할 수 있다.
- (3) 터널연장이 3km를 초과하는 경우에는 기압장벽고나 경정기압차에 대한 분석을 수행하여 자연풍에 의한 환기저항을 검토한다. 다만, 지형데이터나 기상청의 위치 관계상 기압장벽고 또는 경정기압차에 대한 신뢰성 있는 결과를 확보하는 것이 곤란한 경우에는 자연풍을 역풍 2.5m/s로 고려할 수 있다. 단, 자연풍 저항력은 최소 20Pa 이상을 적용하여야 하며, 500m 이하 단 터널에는 적용하지 아니한다.
 - ① 기압장벽고에 의한 자연환기력 추정방법은 기압장벽고 1m당 풍압을 0.40~0.45Pa/m로 고려한다.
 - ② 경정기압차에 의한 자연환기력 추정방법은 터널 입·출구의 부근에 대해 기상청에서 제공하는 해면기압자료를 근거로 하여 기압차를 입·출구 갱구의 압력차로 적용하는 방식이며, 터널 입·출구의 경정기압차는 식(2.4.8)로 산정한다.

$$P_r = P_0 \cdot \exp \left[\frac{g \cdot \Delta h}{R \cdot \left(273.15 + \frac{t + (t + T \Delta h)}{2} + \epsilon_m \right)} \right] \quad (2.4.8)$$

여기서, P_r : 경정기압, P_0 : 원기압, Δh : 고도차, R : 건조 공기의 기체상수, g : 중력가속도, t : 온도, T : 기온 저감율, ϵ_m : 수증기에 대한 보정치이다.

4.2.5 벽면마찰저항(유동저항)력

- (1) 벽면마찰저항(유동저항)력은 터널의 벽면마찰 및 교통표시판 등 터널내 제반 시설물 등에 의해서 발생하는 유동저항으로 식 (2.4.9)로 계산한다.

$$\Delta P_r = (1 + \zeta_e + \lambda_r \frac{L_r}{d_r}) \frac{\rho}{2} U_r^2 \quad (2.4.9)$$

- (2) 벽면마찰계수(λ_r)는 도로터널의 벽면마찰계수로 Moody선도에서 구해지는 값이나, 터널 내 유동특성이 일반적인 터널에서의 유동특성과 현저히 다르지 않은 경우에는 0.020~0.025로 하며, 일반적인 산악터널에 대한 벽면마찰손실계수는 0.025를 적용한다.

4.3 종류식 환기시스템의 설계

4.3.1 일반사항

- (1) 종류식 환기시스템은 교통조건, 주변 환경조건, 화재시 안전성, 유지관리, 경제성, 단계건설 등을 종합적으로 검토하여 설계해야 한다.
- (2) 종류식 환기방식에서 차도내 풍속은 소요환기량에 의해서 결정되며, 차도 내 한계풍속은 유지관리자 및 차량고장 등으로 하차한 운전자가 위험에 노출될 경우를 고려하여 10m/s 이하를 표준으로 하며, 국부적으로 최대 12m/s를 초과하지 않도록 한다.

4.3.2 제트팬 방식

- (1) 제트팬에서 토출되는 분류의 평균속도는 30m/s 이상으로 한다.
- (2) 제트팬의 설치는 승압효율을 최대로 할 수 있도록 천장과의 이격거리를 0.5D(D는 제트팬 내경) 이상을 유지하는 것을 표준으로 한다.
- (3) 터널 종방향으로 제트팬 간의 설치간격은 터널직경의 10배 또는 100m 이상을 이격하는 것을 표준으로 한다.
- (4) 제트팬 필요대수는 터널내 소요환기량을 만족할 수 있도록 차도내 유동저항, 자연풍에 의한 환기저항, 교통환기력 및 제트팬 승압력이 압력평형을 이루는 상태에서 결정한다.
- (5) 경제성 검토를 통해서 이격거리 및 간격을 조정할 수 있으며, 이 경우 시뮬레이션 등을 통해 승압효율을 검토하고 효율 감소 시 설치 대수를 증가한다.

4.3.3 삭칼드 방식

- (1) 삭칼드 방식의 급기노즐은 터널에 중간지점에 설치하는 것도 가능하다. 그러나, 이 경우에는 노즐 상류측의 풍량이 감소하여 오염농도가 증가할 수 있으므로 유의하여야 한다.
- (2) 급기노즐의 승압력(ΔP_b)은 식(2.4.5)로 계산하며, 일반적인 말발굽형 터널의 급기노즐에서 토출풍속은 30~35m/s, 분사각은 5~15°, 승압계수 K_b 는 0.90~0.95 정도를 적용할 것을 권장한다. 다만, 단면형상 및 노즐형상에 따른 승압효율은 시뮬레이션이나 모형실험을 통해 신뢰성을 확보한 후에 적용한다.
- (3) 환기(축류)팬에 대한 소요정압(ΔP_{total})은 유로에서 유동손실, 유로형상 변화에 따른 부차적 손실, 노즐의 정압손실의 합으로 계산하며, 팬정압 선정시 10%의 여유율을 고려한다.

4.3.4 수직갱(연직갱) 급·배기방식

- (1) 일반사항
 - ① 수직갱(연직갱) 방식은 급기 및 승압력을 발생하기 위한 급기노즐 및 급·배기를 수행하기 위한 수직갱(연직갱) 또는 사갱(경사갱)과 일반적으로 터널과 평행하게 굴착하는 바이패스 유로와 급·배기 팬으로 구성된다.
- (2) 수직갱(연직갱) 풍량 및 설치위치 선정 시 고려사항
 - ① 일반적으로 수직갱(연직갱) 방식에서 급·배기 풍량은 동일하게 선정하는 것을 원칙으로 하며, 풍량은 수직갱(연직갱)의 설치위치에 영향을 받기 때문에 이를 고려하여 최적화될 수 있도록 검토한다. 다만, 수직갱(연직갱) 배기구와 터널 출구부에서 처리대상물질의 농도가 허용농도가 되도록 설치하는 것이 가장 효율적이다.
 - ② 수직갱(연직갱) 방식에서는 승압력은 급기노즐에 의한 승압력과 배기구에 의한 승압력이 있으나, 배기구에 의한 승압력은 작기 때문에 무시할 수 있다.

- ③ 급기노즐의 토출풍속은 승압력을 고려할 경우 30m/s 이상을 표준으로 한다.
- ④ 연직갱(수직갱)의 풍량이 터널입구에서 유입하는 풍량보다 작은 경우에는 수직갱 구간에서 단락류(short circuit)가 발생할 우려가 있으므로 풍량산정 및 풍량제어시 이를 고려하여야 한다.

(3) 기타 고려사항

- ① 기류유입 및 급기를 위한 풍도와 수직갱의 풍속은 25m/s 이하로 계획한다.
- ② 풍도 및 수직갱은 화재시 배연을 위해 사용할 수 있으며, 배연 시 풍속 및 내열한도는 본 지침 제1편 : 방재편(일반 도로터널) 내 ‘6.1.3 제연용 환기기 용량 설계’ 및 ‘6.1.5 환기시설의 온도저항’에 따른다.
- ③ 제연팬 용량 산정 시에 화재시나리오에 따라 수직갱의 승압력을 고려하여 결정할 수 있다.
- ④ 연직갱(수직갱)의 배기탑에서는 터널 내 오염공기가 집중적으로 배출되므로 주변환경에 미치는 영향을 검토하고, 필요시 오염물질 저감시설을 설치하여 오염공기를 정화한 후에 배출할 수 있다.

4.3.5 바이패스방식(집진 방식)

- (1) 바이패스방식(집진 방식)은 터널내 오염된 공기를 구조물 또는 보조터널(바이패스 터널)을 시공하여 터널내 오염공기의 전체 또는 일부를 유인하여 정화처리한 후에 터널로 재유입시켜 터널내 공기질을 유지하는 방식으로 입자상물질을 제거하는 집진기(전기집진기 또는 체진필터 집진기)와 가스상물질(CO, NOx)을 제거하는 유해가스제거시설이 있다.
- (2) 오염된 공기를 유인하는 구조물 또는 보조터널은 본선터널과 접합방식에 따라 횡형과 천정형으로 구분된다.

- (3) 바이패스방식의 시설은 오염된 터널공기를 정화시키기 위한 구조물 또는 보조터널과 송풍기 및 오염물질 저감시설(집진기 및 유해가스 제거시설) 등으로 구성된다.
- (4) 정화처리된 공기는 급기노즐을 통하여 고속으로 분사하여 분류에 의한 승압력을 환기력으로 이용할 수 있는 방식이다.
- (5) 오염물질 저감시설의 오염물질 제거 효율
 - ① 오염물질 정화시설의 제거효율은 유해가스를 제거하는 정화시설은 70% 이상, 입자상물질을 처리하는 집진설비는 80% 이상을 원칙으로 한다.
- (6) 오염물질 저감방식의 처리풍량 및 설치위치 선정시 고려사항은 연직갱(수직갱)방식과 동일하다.
- (7) 기타 고려사항
 - ① 화재가 발생하는 경우에 오염물질 저감시설은 가동을 중지하는 것으로 계획·설계한다. 따라서, 바이패스방식을 화재시 집중배연을 위한 대책으로 활용하지 않도록 화재시 운영계획을 수립한다.

4.4 (반)횡류식 환기시스템의 설계

4.4.1 일반사항

- (1) 터널내에 덕트와 급기 또는 배기구를 설치하여 신선공기를 급기하거나 오염된 공기를 배기하는 방식으로 급기 또는 배기만을 하는 경우에는 각각 급기 반횡류식, 배기 반횡류식이라 하며, 급·배기를 동시에 하는 경우에는 통상 횡류식이라 한다.
- (2) 급기구 또는 배기구의 단면적이 작은 소형 급·배기구를 비교적 작은 간격으로 설치하는 균일 급·배기 방식과 단면적이 비교적 큰 급기 또는 배기구를 50m 이상의 간격으로 설치하고 급·배기구의 개폐를 제어할 수 있는 대배기구 방식이 있다.

4.4.2 균일 급·배기 방식

- (1) 급기 또는 배기 반횡류식의 경우에는 터널 내 풍속이 0m/s가 되는 중성점이 존재할 가능성이 있으며 특히, 배기 반횡류식의 경우에는 중성점에서는 오염물질의 농도가 과도하게 높아지게 되므로 이에 대한 검토가 필요하다.
- (2) 덕트내 풍속은 25m/s 이하로 한다. 단, 배연검용인 경우에는 배연풍속은 본 지침 제1편 : 방재편(일반 도로터널) 내 '6.1.3 제연용 환기기 용량 설계'를 따른다.
- (3) 급기방식의 경우, 급기구간의 간격은 5m를 표준으로 하며, 배기구의 간격은 급기구의 간격의 2배를 표준으로 한다.
- (4) 급·배기팬의 소요전압은 덕트 시작부의 풍속 및 동압, 급기 덕트의 정압차, 연결유로의 압력손실(ΔP_{cn}), 소음장치나 집진 설비 등의 압력손실을 고려해야 한다.
- (5) 급배기구에서 균일풍량이 급기 또는 배기될 수 있도록 시물 레이션을 통해 배기구 또는 급기구의 개도율을 검토하여야 한다.

4.4.3 대배기구 방식

- (1) 대배기구 방식의 대배기구 간격은 50~100m로 하며, 화재시 배연을 목적으로 하는 배기구는 개폐가 원격으로 제어될 수 있도록 한다.

4.5 대면통행 터널의 환기시스템의 설계

4.5.1 일반사항

- (1) 대면통행 터널에서는 대면 교통 환기력과 자연풍에 의한 환기력이 상쇄되는 경우, 터널내 기류의 풍속은 0m/s에 근접하게 된다. 이 경우, 터널내 농도는 급격하게 상승하게

되므로 대면통행터널은 터널연장이 짧은 경우에도 기계환기 시스템의 적용을 필요로 하는 경우가 있다.

- (2) 그러나 방향별 터널내 차량대수 및 차속 등의 차이로 인해 차등적인 교통환기력이 발생할 수 있으며, 또한 자연풍의 작용방향에 따라 터널내 환기력은 서로 상쇄되지 않을 수 있으므로 이를 고려한 환기제어 방향을 고려할 필요성이 있다.
- (3) 또한 교통환기력이 차속과 터널내 유속차의 제곱($dP_{veh} \propto (V_t - V_r)^2$)에 비례하기 때문에 터널내 기류흐름에 대한 반대방향의 교통력이 주교통력으로 작용하게 되는 경우가 있으며, 이러한 교통환기력은 저항력으로 간주될 수 있다.
- (4) 따라서 외부 자연풍이 작용하는 경우에는 어느 방향으로든 기류흐름이 형성되고 교통환기력의 차이가 발생하게 된다. 이때 소요환기량에 대한 소요승압력의 부족으로 기계환기 방식을 계획한다면, 교통환기력의 방향에 대한 순방향 혹은 역방향에 대한 2가지의 환기팬 운전모드가 형성된다.

4.5.2 대면통행 터널의 소요환기량 산정

- (1) 가스상물질의 소요환기량 산정은 터널내 허용농도를 기준으로 방향별 소요환기량을 계산하고 이를 합산하여 주행속도별 총 소요환기량으로 산정한다.
- (2) 반면, 차등차속을 적용한 입자상물질의 소요환기량 산정은, 주행방향별 고속과 저속의 차등차속 적용할 경우 양방향 모두 고속의 가시도 허용농도를 기준으로 소요환기량을 산정하여야 한다.

4.5.3 터널내 차량대수에 따른 차등차속 단계 산정

- (1) 대면통행 터널에서는 방향별 주행속도가 다를 수 있으므로, 방향별 차등차속을 적용한다.

- (2) 설계교통량은 양방향 최대 교통용량(도로용량)을 기준으로 하며, 교통밀도(식(2.3.1) 참조)에 따른 방향별 교통용량(M_{max})은 동일비율 적용을 표준으로 한다.
- (3) 차등차속 적용에 의한 방향별 터널 내 차량대수비는 중방향 계수(D)값을 넘지 않도록 차등차속 단계를 설정한다. 예를 들어 1단계의 차등차속의 범위가 설정되면, 기준방향의 차속이 60km/h 일 경우, 반대방향의 차속은 50km/h, 70km/h에 대한 환기검토(차등차속) 범위가 결정될 수 있다.

4.5.4 환기시설 용량산정 방법

- (1) 차등차속의 범위(단계)가 설정되면, 자연풍은 저항력 또는 환기력으로 작용할 수 있으므로 해당 차등차속별로 자연풍의 풍속을 -2.5m/s 에서 부터 $+2.5\text{m/s}$ 까지 0.1m/s 단위로 자연풍의 영향을 검토한다.
- (2) 소요환기량에 따른 처리풍속($V_{req}=Q_{req}/Ar$)과 터널내 실제 풍속(V_{r*})을 비교하여 자연환기 또는 기계환기 여부를 결정한다. 이때 환기방식을 구별하는 임계점에서의 자연풍 크기를 임계자연풍(V_{n*})이라 한다.
- (3) 임계자연풍값을 기준으로 자연환기가 불가능한 경우는 기계환기방식을 계획하며, 교통력의 방향, 자연풍의 크기, 팬 환기력의 상대적인 크기에 따라 터널내 기류방향이 결정되므로, 이를 고려하여 환기시설의 용량을 산정한다.
- (4) 특정 갱구부 방향으로 배출되는 오염물질의 확산을 제어할 필요가 있는 도시지역 터널의 경우에는 최대 환기시설 용량으로 환기계획을 수립할 필요가 있으나, 갱구부의 오염물질을 제어할 필요가 없는 산악지역 터널의 경우에는 환기시설 용량이 최소로 요구되는 방향으로 환기시설 용량을 계획할 수 있다.

4.6 환기방식별 소요동력 및 경제성 검토

- (1) 환기검토에 따른 환기방식의 최종 선정에 앞서 소요동력 등에 대한 경제성 분석을 수행해야 한다.
- (2) 터널연장이 길고 터널 내 풍속이 고속인 경우에는 제트팬 증가에 따른 풍량 증가가 미미할 수 있으므로, 환기의 경제성을 실현하기 위해서 바이패스방식이나 수직갱 방식을 검토한다.
- (3) 조합환기방식(제트팬과 오염물질 저감방식 또는 제트팬과 수직갱 방식)에서는 환기기 운전 조합에 따라서 발생 풍량이 동일할지라도 소비동력의 차이가 발생할 수 있으므로 반드시 소비동력을 최소로 할 수 있는 운전단계를 검토하고 이에 따른 환기기 제어 계획을 수립한다.

4.7 환기시설의 운영평가 수행

- (1) 터널내 환기시설은 터널 준공 전에 설계에서 요구하는 능력을 만족하는지 여부에 대한 종합적인 TAB(시험·조정·평가) 또는 운영평가를 수행하여야 한다. 특히, (반)횡류식 환기시스템의 경우는 제시된 급·배기구의 개도율을 확인·조정하여야 한다. 다만, 덕트가 화재 시 배연덕트 겸용인 경우에는 배연 시에도 균일풍량을 얻을 수 있도록 조정한다.
- (2) 환기시설의 운영평가는 환기시설에 대한 설계보고서, 설계계산서, 설계도면 및 설계에 참고된 자료를 활용하여 환기시스템의 적합성 여부(환기계통, 제연설비계통, 소음계통, 종합보고서 등)를 확인·검토하여야 한다.
- (3) 운영중인 터널의 경우는 목표연도의 설계교통량 대비 운영중 실제교통량을 비교하여 4년 주기로 환기시설 운영평가를 실시하고, 필요할 경우 환기시설 용량의 증대 또는 감소수준을 검토하고 보완계획을 수립하여야 한다.

- (4) 단계건설을 위한 검토 주기는 교통량 평가 및 환기시설 운영 평가에 의해서 변동될 수 있다.

제 5 장 환경계측기 설치기준

5.1 일반사항

- (1) 터널에서는 안전운행을 위한 환경을 확보하기 위해 실시간으로 터널 내 환경을 모니터링하여 환기시스템을 제어할 수 있도록 하여야 한다.
- (2) 터널 내 환경측정을 위해서 설치되는 계측기는 오염물질별 오염농도 계측기, 터널내부의 기류특성을 파악하기 위한 풍향·풍속계, 교통상황을 감지하기 위한 교통류 감지기 등이 있다.
- (3) 터널 내부 환경 측정을 위한 계측기는 터널의 통행방식과 진·출입특성에 따라 적용 환기방식의 농도변화 특성을 고려하여 설치위치 및 측정대상 물질을 선정하여 설치한다.
- (4) 터널 내 계측기는 터널 내 기류가 완전히 혼합되어 농도 및 풍속분포가 터널 내 농도 및 풍속을 대표할 수 있는 위치에 설치하는 것을 원칙으로 한다.
- (5) 터널의 외부에는 기상조건을 감지하기 위한 풍향·풍속계, 기압계, 안개감지센서 등은 터널상황에 적합한 것으로 선정하며, 설치 필요성을 검토하여 설치한다.

5.2 오염물질 농도 계측기

5.2.1 측정범위

- (1) 계측대상 오염물질은 입자상물질 및 가스상물질(CO, NOx)로 하며, 계측기는 터널의 특성을 고려하여 선택적으로 선정할 수 있다. 그 외의 물질에 대해서는 터널의 지리적 위치 및 특성을 고려하여 설치할 수 있다.

- (2) CO 계측기의 측정범위는 0~200ppm, NOx 계측기는 0~50ppm, 가시거리 계측기의 측정범위는 $0\sim 15\times 10^{-3}\text{m}^{-1}$ 범위로 한다.
- (3) NOx 농도계의 설치는 생략할 수 있으며, 이 경우에는 CO 농도에 의해서 NOx 농도를 유추할 수 있도록 조치한다.
- (4) 입자상물질은 터널 내 운전자의 가시거리에 영향을 미치게 되므로 가시거리계를 설치한다. 다만, 오염물질이 배출되는 배출지점(터널출구와 환기탑 배기구)이나 공기정화시설의 전·후단에는 입자상물질의 농도를 표출하는 계측기를 설치할 수 있다.

5.2.2 설치위치 및 설치대수

- (1) 환기구간을 1개로 볼 수 있는 제트팬에 의한 종류식 환기방식의 터널에서 오염물질의 농도는 이론적으로 터널 출구부에서 최대가 된다는 점을 고려하여 설치위치를 선정한다.
- (2) 제트팬 방식을 적용한 종류환기방식의 터널 연장이 3,000m 이상의 터널에서는 1개소 이상의 계측기를 추가적으로 설치할 수 있다.
- (3) 환기구간이 다수의 구간으로 분할되는 수직갱이나 오염물질 저감방식의 터널에서는 각 환기구간에 최소한 1개소 이상에 계측기를 설치한다.
- (4) (반)횡류 환기방식에서 급·배기 덕트에 의해서 환기존(환기구간)이 구분되는 경우에는 각 환기존(환기구간)에 1개소 이상의 위치에 계측기를 설치한다. 또한 (반)횡류 환기방식의 터널에서는 환기 시 터널 내 오염물질의 농도가 최대가 되는 위치가 교통량 및 주행속도에 따라서 달라질 수 있으므로 이론적으로 최대가 될 것으로 예측되는 지점을 포함하여야 한다.

- (5) 대면통행 터널에서 환경 계측기는 터널의 시점과 종점부에 설치하는 것을 표준으로 하며, 환기특성을 고려하여 중앙부에 추가적으로 설치할 수 있다.
- (6) 터널 입구부와 환기팬의 유입 또는 토출 측 및 급기노즐의 출구부와 같이 기류의 변동이 급격한 지역에서는 기류가 안정될 수 있도록 충분한 거리를 이격하여 설치할 수 있도록 한다.

5.3 풍향·풍속계

- (1) 터널에 설치되는 풍향·풍속계의 측정범위는 0~20m/s로 한다.
- (2) 제트팬 환기방식의 터널에서 풍향·풍속은 유지관리를 위해서 오염물질 계측기와 동일한 지점에 설치한다.
- (3) 수직갱 환기방식과 같이 구간별 풍속이 달라질 수 있는 터널에서는 환기구간별로 최소 1개소에 설치한다.
- (4) 대면통행 터널에서는 터널 입·출구부에 각각 1대씩 설치하는 것을 권장한다.
- (5) 터널 단면상 계측기 설치높이는 터널 내 차량주행이 풍향·풍속에 미치는 영향을 감안하여 평균값 측정이 가능하고, 평상시 유지관리 용이성이 고려된 위치로 결정한다.
- (6) 제트팬 종류환기방식이라도 터널 연장이 3,000m 이상이거나, 환기시설이 구간별 독립제어 방식 등을 적용하여 터널 내 풍향·풍속이 달라지는 경우에는 추가적인 계측기 수량을 필요한 위치에 설치할 수 있다.

5.4 기타 터널 내·외부 계측기

- (1) 종류식 환기방식의 대면통행 터널인 경우에는 터널 입구부에서 풍향·풍속을 측정하여 팬의 가동방향과 풍량을 제어할 필요가 있다.

- (2) 자연풍에 의한 환기력이 터널 내 기류에 미치는 영향이 클 것으로 예상되는 터널에서는 외기의 풍향·풍속에 의한 환기팬 연동이 필요하며, 이와 같은 경우에 터널 양 갱구 부근에 풍향·풍속계 및 기압계의 설치를 고려한다.
- (3) 안개 발생 빈도가 높은 지역에서는 갱구로 유입되는 안개에 의한 피해를 최소화하기 위하여 안개 센서의 설치를 검토하며, 설치위치는 갱구로부터 10m 이내로 한다.
- (4) 터널내부에는 시설물관리 목적상 필요할 경우 온·습도계 설치를 고려할 수 있다.

제 3 편 : 행정사항

1. 유효기간

이 예규는 「훈령·예규 등의 발령 및 관리에 관한 규정」에 따라 이 예규를 발령한 후 법령이나 현실 여건의 변화 등을 검토하여야 하는 2026년 06월 30일까지 효력을 가진다.

부 칙

제1조(시행일) 이 예규는 발령한 날부터 시행한다.

제2조(경과조치) ① 본 예규의 발령 전에 공사 중인 터널은 발주 기관의 장이 필요하다고 인정하는 경우 종전의 규정을 사용할 수 있다. 다만, 설계 중이거나 착공 전 터널은 본 예규를 적용하여야 한다.

② 이미 운영(본 예규 이전에 건설되어 공용) 중인 터널은 본 예규의 시행일로 부터 4년 이내의 유예기간을 두고 단계적인 대책 수립을 통해 개선하여야 한다. 다만, 운영 중인 터널 중 본 예규를 적용하지 못하는 경우에는 ‘건설기술진흥법’에 따른 심의를 거친 후 그 결과에 따라 예외로 할 수 있다.

③ 본 예규 시행일을 기준으로 개통 이후 4년 이상 경과한 공용 중인 터널은 제1편6.1.6.(2)①의 규정에 따라 최초 수행주기는 2024년 12월 31일까지 완료하여야 한다.