

KR C-12120

Rev.1, 20. March 2017

환기 및 조명 설비

2017. 3. 20



한국철도시설공단

경 과 조 치

이 “철도설계지침 및 편람” 이전에 이미 시행 중에 있는 설계용역이나 건설공사에 대하여는 발주기관의 장이 인정하는 경우 종전에 적용하고 있는 우리공단 “철도설계지침 및 편람”을 그대로 사용할 수 있습니다.

일 러 두 기

- 사용자의 이용 편의를 위하여 책 단위로 구성된 “철도설계지침” 및 “편람”을 국제적인 방식에 맞게 체계를 코드별로 변경하였습니다.
또한, 코드에 대한 해설 및 목차역할을 하는 KR CODE 2012, 각 코드별로 기준 변경사항을 파악할 수 있도록 Review Chart 및 Record History를 제정하였습니다.
- 이번 개정된 “철도설계지침 및 편람”은 개정 소요가 발생할 때마다 각 항목별로 수정되어 공단 EPMS, CPMS에 게시될 것이니 설계적용 시 최신판을 확인 바랍니다.
- “철도설계지침 및 편람”에서 지침에 해당하는 본문은 설계 시 준수해야 하는 부분이고, 해설(이전 편람) 부분은 설계용역 업무수행의 편의를 제공하기 위해 작성한 참고용 기술도서입니다. 여기서, 제목 부분의 편람은 각 코드에서의 해설을 총칭한 것입니다.

목 차

1. 용어의 정의	1
2. 환기설비	1
2.1 설계일반	1
2.2 환기설계	1
3. 조명설비	2
4. 공사 중 환기설비	3
5. 공사 중 조명설비	3
6. 공사 중 배수설비	4
 해설 1. 일반사항	 5
1. 환기설비	5
2. 전기설비	5
3. 방재설비	6
4. 공사 중 설비	6
해설 2. 환기설비 계획	8
1. 개 요	8
1.1 목 적	8
1.2 적용범위	8
2. 계획 및 조사	8
2.1 계 획	8
2.2 조 사	9
3. 환기설계	10
3.1 철도터널의 환기 특성	10
3.2 환기 제조건	11
3.3 터널 및 차량내부 환경	12
3.4 자연환기검토	16
3.5 소요환기량 산정	17
3.6 환기방식의 선정	18
3.7 환기기 선정	20
3.8 환기소	22
3.9 환기 제어	23

4. 유효성 검증	23
5. 환기량 계산	24
5.1 개 요	24
5.2 발열량 제거를 위한 환기량 계산	25
5.3 오염물질 제거를 위한 환기량 계산	25
5.4 환기량 선정	26
6. 환기시뮬레이션 수행예	26
6.1 개요	26
6.2 시뮬레이션 입력조건	26
6.3 시뮬레이션 해석결과	27
해설 3. 전기설비	28
1. 일반사항	28
1.1 개 요	28
1.2 철도전기시설의 구분	28
2. 전기관련 터널시설	32
2.1 공동관로 시설	32
2.2 전차선용 지지금구	34
2.3 장력조정장치 설치공간	36
2.4 터널내 전기관련 기계설	37
2.5 접지시설	39
2.6 터널조명설비	41
2.7 작업용 전원설비	43
RECORD HISTORY	45

1. 용어의 정의

- (1) 대피로 : 터널 내의 화재 발생시 안전지역으로 대피자를 탈출시키기 위한 공간으로 본선터널과 평행한 별도의 터널이나 경사갱 및 연직갱 등.
- (2) 배연(Smoke Exhaust) : 화재 시 발생하는 연기 및 열기류를 화재지점으로부터 외부로 배출.
- (3) 비상전원 : 상시전원(정상적인 상태에서 외부로부터 전력을 공급받아 사용하고 있는 전력공급원)이 사고나 고장으로 인하여 공급되지 못할 경우에 사용하기 위한 전력공급원.
- (4) 비상조명 : 화재 등 사고로 인한 갑작스런 정전 시 2차사고를 방지하고 안전하고 원활한 피난활동을 할 수 있도록 설치하는 예비조명.
- (5) 안전영역(Safety Zone) : 터널의 안전에 영향을 미치는 정도를 규정한 터널 주변의 영역으로서 각 영역별로 터널안전을 위한 대책을 강구하도록 규제하는 영역.
- (6) 자가발전설비 : 외부 전원의 정전에 대비하여 전기 수용자가 별도로 설치한 발전전원설비.
- (7) 제연(Smoke Control) : 화재 시 연기 및 열기류의 흐름방향을 제어하는 것.
- (8) 질소산화물(NOx) : 엔진 내에서 연료의 연소 시 고온에 의하여 공기 중의 질소와 산소가 열반응하여 생성되는 물질.
- (9) 환기설비 : 터널 내 공기질을 유지하기 위하여 신선공기를 급기하거나 오염공기를 배출하기 위한 설비.

2. 환기설비

2.1 설계일반

- (1) 터널을 통과하는 차량 열차에 의해서 발생하는 오염물질 및 발생열을 처리하여 공기 질 및 열환경을 유지할 수 있도록 환기설비를 계획해야 한다.
- (2) 환기설비는 터널제원과 통과열차의 특성을 고려하여 소요환기량을 검토하고 자연환기가 불가능한 경우에 설치해야 한다.
- (3) 환기설비는 터널화재 시 제연 또는 배연설비를 겸할 수 있으며, 환기설비계획 시에는 이를 고려하여 계획해야 한다.
- (4) 이 기준에 기재되지 않은 사항은 「터널설계기준(국토해양부)」에 의해서 설계해야 한다.

2.2 환기설계

- (1) 오염물질 배출열차가 운행되는 경우에는 호흡과 관련된 일산화탄소, 질소산화물, 분



진을 환기대상 오염물질로 하며, 터널환경을 허용농도 이하로 유지할 수 있도록 환기설비를 계획해야 한다.

- (2) 열차의 주행, 차량 냉방기기, 조명, 일체의 발열 등에 의해 상승되는 터널내의 온도가 일정온도 이상을 초과하지 않도록 터널 내 온도를 제어 하기 위한 환기량 이상을 확보하도록 한다.
- (3) 열차가 터널을 주행할 때 공기압변동에 의한 이명현상이 발생하지 않도록 계획해야 한다.
- (4) 환기설비가 설치될 경우에는 비상 시 승객의 안전한 대피환경을 제공하고 발생 매연을 신속하게 배출할 수 있도록 환기설비는 제연 및 배연을 고려하여 계획해야 한다.
- (5) 상기 환기요소인자를 검토, 분석하고 열차의 교통환기력에 의한 자연 환기량을 산출한 결과와 비교하여 경제적이고 신뢰성이 높은 환기방식 및 기기용량, 규모 등을 결정해야 한다.

3. 조명설비

- (1) 철도터널의 조명등 부하설비를 하는 터널의 길이는 다음 표에 의한다.

종 별	직 선	R=600 이상	R=600 미만
단선터널	120m 이상	100m 이상	80m 이상
복선터널	150m 이상	130m 이상	110m 이상
고속철도터널	200m 이상	200m 이상	-

- (2) 조명기구의 시설위치는 신호기의 투시에 지장을 주지 아니하는 개소로 선정하되 조명기구의 설치 높이는 바닥면상 1.8~2.0m(고속철도 2.5m), 조작함은 1.2m, 콘센트는 0.5m, 유도등은 0.5m를 표준으로 하되 현장조건에 따라 증감할 수 있다. 조명기구의 설치간격은 10m(고속철도 20m)를 표준으로 하되 광원에 따라 간격을 달리할 수 있다. 완화조명을 위하여 고속철도 500m 이상의 터널은 150m까지 10m 간격, 일반철도 250m 이상의 터널은 70m 까지는 7m 간격으로 설치한다.
- (3) 전반조명의 소요 평균조도는 터널 바닥면을 기준으로 하여 5럭스(Lux) 이상으로 해야 한다.
- (4) 전반조명은 백색 형광램프 32W, 또는 터널등(고압나트륨, 메탈할라이드, 무전극 램프, LED램프 등) 등을 사용하되 재점등 시간이 긴 전구를 시설할 경우에는 순시 점등형 전구를 고려하고 조명기구는 열차 통과에 의한 진동 및 풍압과 함께 산, 알칼리, 수분 등에 견디는 터널용으로 설계해야 한다.
- (5) 대피소 내의 조명은 전반조명과 동일형상의 형광등 32W, 또는 터널등(고압나트륨, 메탈할라이드, 무전극 램프, LED램프 등)을 사용하고 중·소형 대피소는 1등, 대형 대피소는 2등으로 해야 한다. 다만 소형 대피소는 터널 전반조명과 공용한다.

4. 공사 중 환기설비

- (1) 터널연장 및 시공방식을 고려하여 산정해야 하며, 환기량은 다음의 필요 환기량을 고려하여 산정해야 한다.
 - ① 터널 내 작업원이 필요로 하는 신선공기공급을 위한 환기량
 - ② 발파 후 발생하는 유해가스 처리를 위한 필요 환기량
 - ③ 내연기관의 가동을 위한 공기공급 및 기관에서 발생하는 오염가스처리를 위한 환기량
 - ④ 분진처리를 위한 환기량
- (2) 총 소요환기량은 병행작업이 예상되는 공종의 환기량 합량에서 가장 큰 환기량을 적용해야 한다.
- (3) 터널 내 작업원이 필요로 하는 환기량은 $3\text{m}^3/\text{분}/\text{인}$ 을 기준으로 해야 한다.
- (4) 폭약 1kg 당의 환기대상 유해가스 발생량은 일반적인 기준을 적용할 수 있으나 해당 터널에서 사용은 폭약의 제조업체가 제시한 기준을 적용해야 한다.
- (5) 내연기관의 유해가스 발생량은 일반적인 기준을 적용할 수 있으나 해당터널에서 사용하는 장비제조업체가 제시한 표준 배출량을 적용하고 엔진 출력당 배출에 관한 기준을 적용할 수 있다.
- (6) 숏크리트 타설로 인한 분진 발생량은 $25\text{mg}/\text{m}^3$ 을 적용해야 한다.
- (7) 터널 공사 중의 유해가스 및 분진 허용농도는 근로환경 관계법규에 제시된 기준치를 만족하도록 한다.
- (8) 공사 중 터널에서 유해가스나 가연성가스가 발생하는 경우, 유해가스에 의한 인명사고 및 가연성가스의 폭발 방지를 위해 터널 내 지반에서 나오는 가스 발생유무를 측정 감시해야 하며, 이를 고려한 환기를 수행해야 한다.

5. 공사 중 조명설비

- (1) 조명은 직접작업이 이루어지는 작업장에 일시적 및 국소적인 조명과, 작업이 이루어지지 않는 통로 등에 장기적 및 광역적인 조명으로 구분하여 설계해야 한다.
- (2) 굴진면과 같이 직접작업이 이루어지는 장소는 필요로 하는 조도를 확보할 수 있도록 하며, 밝고 어두운 차이가 심하지 않도록 여러 개의 조명기구를 사용하여 70럭스(Lux) 이상의 조도를 확보할 수 있도록 한다.
- (3) 작업이 이루어지지 않는 터널 중간 구간은 50럭스(Lux) 이상, 터널 입출구부나 연직갱 구간의 조도는 30럭스(Lux) 이상의 조도를 확보해야 한다.
- (4) 터널 내에 사용하는 조명기구는 습기에 강하고 누전이 되지 않는 방수형 보호장치를 부착한 기구로 해야 한다.
- (5) 작업에 필요한 수전반, 분기전 등에는 점멸등을 설치하여 작업차량에 의한 손상이 발생되지 않도록 해야 한다.



6. 공사 중 배수설비

- (1) 터널내 용수는 정상적인 용수와 집중용수로 구분할 수 있으며 정상적인 용수는 터널이 관통하는 크기, 터널의 심도 위치, 누수층의 규모, 투수성을 고려하여 계획해야 하며, 집중용수는 설계 시 집중용수의 가능성을 결정하여 그 규모를 고려한다.(보통의 암반상태에서의 용수의 발생량은 1km당 $0.5 \sim 1.5\text{m}^3/\text{분}$ 정도이다.)
- (2) 오르막 기울기로 계획하는 경우는 자연유하를 기준으로 하지만 가배수로를 설치하고, 내리막 기울기로 계획하는 경우는 막장 부근에 물을 모아 수중펌프로 배수해야 한다. 터널연장이 긴 경우는 중계펌프를 두어 배수하며, 펌프대수는 용량 및 양정을 고려한다.
- (3) 펌프 전원은 비상시를 대비하여 자가발전설비와 예비펌프를 고려한다.
- (4) 배수관의 단면적이나 펌프의 능력은 터널 공사시 용출수 이외에 예상치 않은 대용수 또는 경사갱, 연직갱 및 기타 지선터널에서 물이 유입하는 경우를 고려하여 배수관의 단면적이나 펌프의 능력은 2배 정도의 여유를 두어 계획한다.
- (5) 배수된 물은 갱내의 급수원으로 사용하는 경우에는 사용용도에 적합하도록 수질조사를 실시한다.

해설 1. 일반사항

터널구간은 지상구간과는 달리 각종 오염물질이 대기로 확산되지 못하고 축적되기 쉬우므로 환경유지를 위한 환기와 보선작업자나 비상시 대피를 위한 조명이 필요하고, 화재사고시 연기의 확산방지와 승객의 신속한 대피를 위한 대책이 필요하다. 또한 공사 중에도 상기 내용에 준하는 환기대책과 공사용 장비에 사용되는 용수의 공급, 터널내 용출수 및 오탁수 처리설비 등이 필요하다.

1. 환기설비

- (1) 열차는 전기나 경유 등의 에너지를 사용하여 운행되며 그에 따른 발열 및 배기가스의 발생이 불가피하다.
 - (2) 따라서 터널은 반밀폐공간으로 열차 이용 승객이나 승무원 및 보선요원의 건강유지를 위하여 오염원의 효과적인 배출을 통한 터널내 환경유지가 필수적이다.
 - (3) 터널환기를 위한 필요환기량은 차종, 운행간격 및 출력상태에 따라 큰 차이가 있으며, 다음 사항을 고려하여 계획해야 한다.
 - (4) 환기량은 열차의 운행에 따른 발열량 및 오염물질 발생량과 터널내 흡열 및 자연환기량을 감안하여 결정해야 한다. 또한, 열차풍의 거동에 의한 상태변화가 심하므로 적절한 수치시뮬레이션을 실시하여 환기의 유효성 및 환기방식의 적정성 검증이 필요하다.
- ① 전기 전동차의 경우, 주행발열, 제동발열 및 에어컨의 응축기 방열 등을 처리하기 위한 환기량으로 소요환기량이 결정되며, 대부분의 철도터널은 자연환기의 가능성이 높다.
 - ② 디젤기관차는 열차발열뿐만 아니라 500℃ 이상의 연소열과 연소가스에 포함된 NO_x, CO, SO_x, PM 등 각종 유해물질이 발생하며, 보선작업자는 장시간 노출이 불가피하고 승객과 승무원은 일시적으로 노출되므로 대상자의 터널내 체류시간을 고려하여 오염물질에 직접 노출되는 터널내부와 간접 노출되는 열차내부에 대한 허용농도의 상세 검토가 필요하다.

2. 전기설비

- (1) 철도터널에서의 정상업무 수행 및 유사시 대비를 위해서는 전력공급 시설 및 기타 전기시설의 적정 설치가 요구된다.
- (2) 철도터널에서 요구되는 제반시설의 필요성 및 목적과 시설간의 상호관계를 검토하여 철도터널에 필요한 전기시설을 계획해야 한다.



3. 방재설비

- (1) 방재시설의 계획은 국내외 시설기준, 방재설비 적용사례, 현황 및 사고사례를 조사하여 경제적이며 효과적인 시설을 선별 하여 설치해야 한다.
- (2) 열차가 터널운행 중 화재가 발생하는 경우, 터널은 대피환경이 열악하므로 우선적으로 터널을 통과하여 지상구간에서 승객의 하차를 유도하여야 하며, 열차의 비상운전 거리를 검토하여 터널내 정차가 예상되는 장대터널의 경우에는 대피통로 구난역 및 구난지역 등의 피난 대피환경에 대한 검토 및 적용이 필요하다.
- (3) 화재, 충돌, 탈선 등 여러 가지 유형의 열차사고에 대한 재해사례를 분석하여 이에 상응하는 비상시나리오별 피난대피계획과 신속한 사후처리 방안을 수립하며, 특히 화재 사고는 화재열기와 함께 화재연기에 의한 질식으로 많은 인명피해가 발생하는 점을 고려하여 차종별 화재규모에 따라 화재연기의 임의제어가 가능하도록 임계속도 이상의 풍속을 확보할 수 있는 송풍기의 선정 및 제연계획에 대한 검토가 필요하다.
- (4) 터널내 임의지역 및 구난역 등의 특정지역에 대한 화재상황을 예측하고 1차원 및 3차원 수치 시뮬레이션을 실시하여 화재 강도 및 기류 속도에 따른 상세 검증이 필요하다.

4. 공사 중 설비

- (1) 터널내 작업장에서 공사 중 필요한 환기량은 지반조건, 굴착공법, 굴착단면, 터널 길이, 사용 화약량, 작업 Cycle, 공사용 기계, 시공방법에 의해 달라지지만, 공사 중 발생하는 분진이나 발파가스의 제거와 종업원의 필요 산소공급을 위한 환기가 필요하며 유해물질이 중복하는 경우의 소요환기량은 터널내에서 예상되는 각각의 작업상황과 현장의 자연조건 등 공사의 제조건을 충분히 검토하고, 대상으로 되는 공종에 따라 결정해야 한다.
- (2) 급수설비는 천공 및 굴착기의 마찰열 냉각이나 분진제어 및 슛크리트타설과 그라우팅 등과 같은 공사 중 사용수 등 각종 기기의 필요용수를 공급하기 위한 시설로 갱구에 물탱크를 설치하여 펌프를 사용하거나 수두차를 이용하여 막장부까지 소요압력을 유지시켜 공급해야 하고 급수설비는 비상시 소화용으로 사용할 수 있도록 계획할 필요가 있다.
- (3) 배수설비는 터널내에서 발생하는 배출수의 신속한 배출로 양호한 작업환경이 유지될 수 있도록 하며 상향경사와 달리 하향경사로 진행되는 공사는 강제배수설비가 필요하며 막장부의 굴진과 발생량에 따라 400~500m마다 수중펌프를 설치하여 릴레이식으로 갱외로 배수하여 옥외 탁수 처리시설로 배수시킨다. 배수설비는 예상 용출수량, 용출수개소, 장비 사용수량 및 작업내용을 고려하여 여유 있는 배수설비계획을 수립해야 한다.

- (4) 터널내 발생 배출수에는 굴착시 연마된 석분과 콘크리트 경화제에 포함된 강알칼리성의 일반폐수가 혼입되어 있어 공사지역에 따라 환경법에서 정하는 배출수 처리수 허용기준에 적합하게 처리하여 주변지역의 오염 확산을 방지해야 한다. 계획시 설치부지가 터널갱구의 비탈면에 위치하는 경우가 많으므로 배출량과 처리속도 및 설치부지의 규모를 감안하여 방식을 선정하여야 하며, 일반적으로 자연침전과 약품투여를 병행하는 물리·화학적 처리방식이 많이 채택되고 있다.



해설 2. 환기설비 계획

1. 개 요

1.1 목 적

환기설비 계획은 철도터널 건설 및 유지관리에 필요한 환기시설의 설계방법을 서술한 것이다. 철도터널의 환기시설은 명확한 설치기준이 정립되어 있지 않은 실정이며, 철도설계기준에서는 “단선터널과 복선터널, 터널길이, 터널의 선로조건, 선로등급에 따라 필요한 경우 철도청과 협의하여 설계”하도록 정하고 있다. 본 장에서는 환기시설의 적용을 위한 계획, 조사 및 환기시설 선정방법 등에 대한 전반적인 사항을 언급함으로써 최적의 환기시설을 계획할 수 있도록 하고자 한다.

1.2 적용범위

국내의 철도터널은 대부분이 복선터널이며, 최근들어 고속철도 터널 및 장대터널의 건설이 급증하고 있다. 본 장에서는 복선터널뿐만 아니라 다양한 형태의 철도터널에 적용될 수 있는 내용을 다루고자 한다. 다만, 터널규모 및 열차의 운행계획 등에 따라 보다 세부적인 검토가 필요하므로 이에 대한 고려가 필요하다.

2. 계획 및 조사

2.1 계 획

- (1) 터널공간은 열차의 발열 또는 오염물질을 고려한 적정 환기가 필요하며 연장이 짧은 터널은 자연환기가 가능하나 연장이 길고 교통량이 많은 터널에서는 기계환기시설이 필요하게 된다.
- (2) 환기계획은 터널의 전체 계획수립과 단면 형상 등과 같은 터널본체 구조의 결정 및 터널 노선선정 등의 기본계획과도 밀착 관계가 있으므로 전체 계획의 일부로써 면밀하게 검토할 필요가 있다. 즉 환기계획에 큰 영향을 미치는 운행방식(단·복선), 열차의 종류(전기·디젤), 방재계획과의 관련성, 주변환경에 미치는 영향 등을 고려하여 경제적이고 합리적인 검토가 실시되어야 한다.

(3) 계획의 순서

① 터널노선의 검토

노선의 편익, 지형, 경사 상태 등을 고려하여 시행하며 특히 장대터널의 경우 연직갱, 경사갱의 위치선정은 환기계획이 노선의 선정과 밀착 관계를 갖게 되므로 비교안을 작성 검토 후 선정해야 한다.

② 자료수집

노선이 결정되면 다음과 같은 환기계획용 자료를 수집하여 상세하게 검토해야 한다.

가. 차량조건(발열량, 오염물질 배출량 등)

나. 열차운행조건(운행시간, 운행속도 등)

다. 기상조건

라. 주변환경 및 지형, 노반상태

마. 관계 법령

③ 환기의 필요성 검토

가. 열부력 및 교통환기력에 의한 자연환기의 가능여부를 분석해야 한다.

나. 열차발열 및 오염농도에 대한 터널내 공기환경을 분석하여 기계환기의 필요성 여부를 분석해야 한다.

다. 기계환기의 적용여부는 방재계획과 연계하여 종합적인 검토결과에 따라 최종 결정해야 한다.

④ 소요환기량 산정

가. 열차발열 및 오염농도의 분석결과에 따라 필요한 환기량을 산출해야 한다.

나. 방재계획과 연계할 경우 임계풍속을 충족시킬 수 있도록 환기량을 결정해야 한다.

⑤ 환기 기본계획 작성

가. 소요환기량 및 터널주변 환경조건 등을 고려하여 환기방식을 선정해야 한다.

나. 이때 각 비교안을 작성하여 상세하게 검토하여야 하며 경제성, 유지관리의 용이성, 주변환경에 미치는 영향 등을 고려하여 선정해야 한다.

⑥ 환기기 선정

가. 환기기 사양, 환기기 배치 등을 결정해야 한다.

나. 환기기의 설치를 위한 환기실의 적정 규모 및 장비 배치를 해야 한다.

다. 환기기의 제어를 위한 운전, 감시설비에 대하여 검토해야 한다.

2.2 조 사

2.2.1 열차운행계획

(1) 열차의 운행시간, 종류 및 운행횟수 등을 조사해야 한다.

(2) 열차의 종류별 운행속도 및 차량의 구성현황 등을 조사해야 한다.

2.2.2 기 상

(1) 대기 및 터널내 온도, 풍향, 풍속, 기압차 등을 조사해야 한다.

(2) 자연환기력의 추정과 갱구의 배출 오염공기의 확산 정도를 예측해야 한다.

2.2.3 환 경

(1) 터널내 오염물질이 주변지역으로 확산되어 환경적으로 문제를 발생시킬 가능성은 적



으나, 지역여건에 따라 문제의 소지가 있으므로 주변 환경에 대한 영향을 검토할 필요가 있다.

- (2) 환기기를 설치하는 경우 운전소음의 확산을 방지하는 조치를 검토해야 한다.
- (3) 국내의 경우 아직까지는 철도차량의 오염물질 배출에 대한 기준이 정립되지 않았으나, 이에 대한 기준의 검토가 필요하다.

3. 환기설계

3.1 철도터널의 환기 특성

철도터널은 차량의 운행특성 및 오염물질 배출량 특성이 도로터널과 다르기 때문에 환기계획도 이러한 점을 고려하여 수립해야 한다. 철도터널과 도로터널은 다음과 같은 특성을 갖고 있다.

표 1. 철도터널과 도로터널의 환기 특성 비교

구분	철도터널	도로터널
터널 내 오염 농도	<ul style="list-style-type: none"> 오염물질의 배출량이 많기 때문에 열차가 한 대 지나가는 것으로도 터널 내 오염물질 농도는 허용 농도를 초과할 수 있으며 오염물질의 치환 전에 열차가 추가적으로 진입하는 경우 오염물질이 중첩되어 오염농도가 증가할 수 있다. 	<ul style="list-style-type: none"> 오염 농도는 차량의 주행 속도와 교통량에 큰 영향을 받는다.
비상 환기	<ul style="list-style-type: none"> 화재 등 사고시에도 일정 시간(약 15분) 주행이 가능하므로 터널 탈출 운전을 우선으로 해야 한다. 터널 탈출이 불가능한 경우(15km 이상의 장대터널) 구난역 및 서비스 터널에 대한 계획이 필요하다. 장대터널의 경우 제연환기(화재시 연기의 승객 탈출방향으로의 역류 방지)시설 계획의 검토가 필요하다. 	<ul style="list-style-type: none"> 화재, 사고시 전후의 운행차량 때문에 터널 탈출이 곤란하다. 일반적으로 1km 이상의 터널에는 화재시 연기의 역류 방지(제연환기) 계획을 수립해야 한다.
화재강도 및 제연특성	<ul style="list-style-type: none"> 제연설비용량검토를 위한 화재강도는 객차 1량의 전소시 발생하는 평균 10MW 규모의 열방출을 기준으로 해야 한다. 화재시 제연운전계획은 가장 근접한 갱구나 환기구로 배기할 수 있도록 계획된다. 단면적이 도로터널에 비해 상대적으로 작아 제연속도를 만족하는 설비용량은 비교적 작다. 	<ul style="list-style-type: none"> 제연설비용량검토를 위한 화재강도는 20MW 정도를 적용해야 한다. 화재시 제연운전계획은 일방향 또는 양방향 조건에 따라 다르다. 일방향 터널의 경우에는 차량진행방향으로 제연을 하고 반대방향으로 대피하는 것을 원칙으로 해야 한다. 양방향 터널의 경우에는 제연방향 설정이 곤란하여 장대터널의 경우에는 횡류식 환기방식 등이 적용된다.

3.2 환기 제조건

3.2.1 터널제원

(1) 연 장

터널의 연장은 열차의 운행시간과 관련되므로 오염물질의 발생량과 관계해야 한다.

(2) 단면적

내부 필요시설물의 설치를 감안한 단면적을 선정하여야 하며 일반적으로 단면의 증가는 교통환기력에 의한 자연환기효과를 감소시키나, 열차가 운행하지 않는 시간 대에는 자연환기 증가효과가 있다.

(3) 경사도

열차의 출력과 관련되며 출력의 증가는 소요환기량의 증가를 초래한다.

(4) 터널형식별

① 단선단일터널

운행간격에 따라서 장대터널의 경우, 교행역의 설치가 필요하며 차량의 양방향 교번 운전으로 교통환기력이 상쇄되어 터널내 오염물질 및 열축적이 가속화되어 필요 환기용량이 증가한다.

② 단선병렬터널

차량의 일방향 운전은 차량의 열차풍에 의한 자연환기력이 발생하여 환기효율이 우수하여 필요환기용량의 저감이 가능한 방식이다

③ 복선터널

차량의 동시 양방향 운전으로 자연환기력의 상쇄로 인한 터널내 오염물질 및 열축적 가속화로 필요 환기용량이 최대이며 효과적인 환기에 제약이 크므로 기류의 거동상태에 따라 환기류를 일치시키거나 비 운행시간에 집중적으로 환기하는 방식을 검토해야 한다.

3.2.2 열차운행형태

(1) 열차의 운행형태는 평상시와 침두시 및 증편시로 구분하여 검토할 필요가 있다.

(2) 운행시각 및 차량편성은 열차의 운전선도를 활용하여 운행시각 및 차량편성의 구성상태와 유해물질을 배출하는 디젤기관차 운행비율 및 터널내 운행시 Notch의 사용정도를 구분하여 검토해야 한다.

(3) 열차의 주행속도는 운전선도 및 열차 운전시물레이션 자료를 활용하여 적용해야 한다.

3.2.3 유해물질 배출

평상시 환기의 목적은 터널내 공기를 교체하여 터널내부의 잔존 유해물질을 터널외부로 배출시켜, 반복적인 디젤열차 주행으로 농도상승을 억제하여 오염농도를 허용농도 이하로 유지하는 것으로 터널내에 발생하는 유해물질의 종류와 배출량에 대한 검토가 필요하다.



- (1) 디젤기관차가 운행하는 터널에서는 유해가스와 매연이 발생되며, 유독성 물질의 농도는 승객과 승무원의 건강위생이 보장되는 수준으로 유지되어야 한다.
- (2) 디젤기관차 배출량에 영향을 주는 요인으로는
 - 가. 열차의 정격 출력
 - 나. 열차의 종류와 내구연수
 - 다. 열차의 유지보수 정도
 - 라. 열차 운행시 사용 Notch의 정도
 - 마. 배출 Filter 또는 촉매변환기(Catalytic Converter)의 장착 여부가 있으며
- (3) 디젤기관차의 주요 배출물질로는
 - 가. NOx(대부분 NO이고 일부는 NO₂)
 - 나. CO
 - 다. PM이 있다.

3.2.4 기 상

기상월보와 실측을 병행하여 과대 설계 요인을 제거하도록 해야 한다.

- (1) 외기온도 및 지중온도
계절별 온도차에 따라 자연환기력이 변동하므로 검토하여 반영해야 한다.
- (2) 풍향, 풍속
계절에 따라 갱구 방향에 대한 풍향, 풍속을 검토하여 반영해야 한다.
- (3) 기압차, 강우, 적설 등의 특이현상을 검토하여 대책을 수립해야 한다.

3.2.5 지형, 지물

- (1) 시추측정
필요시 시추에 의한 지중온도, 용출수량, 가스발생량 등을 조사하여 대책을 설계에 반영해야 한다.
- (2) 기타 주변환경을 파악하여 민원 등이 발생하지 않도록 대책을 수립해야 한다.
국내의 경우, 디젤기관차에 대한 오염물질 배출량 규제기준이 없기 때문에 환기의 신뢰성을 위하여 운행 중인 디젤차량의 배출량 측정 결과를 분석하여 오염물질별로 터널내 농도를 구하여 허용농도와의 차가 가장 큰 물질을 환기대상 유해물질로 선정해야 한다.

3.3 터널 및 차량내부 환경

3.3.1 터널내부농도

철도터널에서 오염물질의 배출은 열차의 이동에 따라서 이동하는 점 소스(Point Source)가 되므로 열차의 속도와 터널내 풍속이 일정하면 열차가 지나간 지점의 농도는 일정한 값을 나타내게 된다.

또한 열차가 터널을 주행할 때 열차의 화통(Exhaust Stack)에서 오염물질이 배출되면 오염물질은 열차주위를 흐르는 공기흐름이 난류이기 때문에 급속하게 터널내 공기와 혼합되며, 터널내 오염물질의 농도는 확산체적에 의존하게 된다.

이 확산체적은 열차와 터널내 공기의 상대적인 이동거리에 의해서 결정되게 된다.

따라서 초기오염농도가 C_0 인 터널을 열차가 일정한 속도(V)로 통과하고 터널내 풍속(U)이 일정하다는 가정 하에 그림 7과 같이 한 대의 열차가 진입하여 t 초 동안 주행하는 경우에 터널내 오염농도를 계산하면(1)~(5)와 같다.

t 초 동안 열차의 이동거리 :

$$L_t = V \cdot t \quad (1)$$

t 초 동안 터널입구에서 신선공기 유입하는 거리 :

$$L_a = U \cdot t \quad (2)$$

오염공기의 확산 체적 :

$$V_a = |V - U| \cdot A_r \cdot t \quad (3)$$

오염농도의 변화량 :

$$\Delta C = \frac{\dot{S} \cdot t}{V_a} = \frac{\dot{S}}{|V - U| \cdot A_r} \quad (4)$$

오염농도 :

$$C_t = C_0 + \Delta C \quad (5)$$

따라서 열차가 터널을 주행하고 있는 동안에 터널내 농도는 <그림 1(a)>와 같이 열차가 통과한 구간에서는 일정한 값을 보이게 되며, 이 값은 터널길이와는 무관하다.

<그림 1(b)>는 열차가 완전히 터널을 통과한 후의 터널의 농도분포를 나타낸 것으로 열차의 진행방향으로 기류가 형성되므로 열차가 진입한 갱구를 통해 신선공기가 유입되며, 신선공기가 유입되는 구간은 농도가 0이 된다.

또 이 상태에서 또 다른 열차가 터널을 진입한다면 시간이 경과함에 따라 터널내 농도는 (c)와 (d)가 된다.

그림에서 신선공기가 유입되어 터널내 농도가 0인 지역을 후행열차가 통과할 때는 선행열차가 통과하는 경우와 동일한 경향을 나타내지만 선행열차에 의해서 오염된 지역을 지나게 되면 오염농도가 중첩하게 되게 된다. 즉, 풍속조건 및 열차의 속도가 동일하다면 중첩되는 지점에서 농도는 2배에 달하게 된다.

따라서 철도터널의 환기에서는 후행열차가 주행하여 오염물질이 누적되어 허용농도를 초과하기 전에 오염공기를 배기하는 것이 중요하다 할 수 있다. 그러나 신속한 배기를 위해서 열차주행 방향으로 환기풍의 풍속을 증가시키면 상대속도가 감소



하여 터널내 농도가 증가하게 되므로 허용농도를 초과하지 않는 범위에서 열차 스케줄을 고려하여 환기량이 결정되어야 할 것으로 판단된다.

특히, 일방향 터널은 기류의 방향이 일방향이기 때문에 오염물질의 배기가 원활하게 이루어지지만 복선터널에서는 기류의 방향이 열차주행방향에 따라 급격하게 변하기 때문에 오염물질의 배기가 불리하며, 경우에 따라서는 터널내 정체하는 현상이 발생하여 터널내 농도가 급격하게 증대할 것을 판단할 수 있다.

<그림 2>는 연장이 4km, 단면적이 43m²인 터널에서 60km/h로 열차가 주행할 때 터널의 풍속에 따른 터널에서의 NOx의 예상 농도와 퍼지 시간(터널내 오염물질을 완전히 배출하는데 걸리는 시간)을 나타낸 것이다.

그림에서 터널내 풍속을 0m/s로 하는 경우에 8Notch상태로 열차가 운행을 한다면 현재의 배출량 기준에 의해서 터널내 NOx의 농도는 13.2ppm 정도로 예측되며, 터널내 풍속이 증가(상대속도 : 감소)할수록 오염농도는 증가하는 것으로 나타나고 있으며, 터널내 풍속(U)이 8m/s 이상(상대속도 8.67m/s 이하)되면 허용농도(25ppm)를 초과하는 것으로 나타나고 있으며, 이와 같은 경향은 터널길이와는 관계없다.

또 그림에서 오염물질을 완전히 배출하기 위한 Purge Time은 터널의 길이와 터널내 풍속에 영향을 받게 되며, 터널내 풍속이 증가할수록 짧아지게 된다. 그러나 터널내 풍속이 증가하면 상대속도가 감소하므로 이로 인하여 터널내 농도가 증가하게 된다. 따라서 Purge Time은 허용농도를 넘지 않는 수준에서 다음열차의 진입시간을 고려해서 결정해야 될 것으로 판단된다.

즉, 예를 들어 열차의 운행간격이 16분이라면 터널길이가 4km일 때 중첩을 피하기 위해서는 터널내 평균풍속이 6m/s에 달해야 할 것으로 판단된다.

3.3.2 객차내의 오염농도

철도차량의 경우에 일반적으로 창문을 밀폐한 채로 운행하기 때문에 터널의 오염물질이 직접객차에 영향을 미친다고 볼 수는 없다. 즉, 에어컨디션에 의해서 환기가 이루어지기 때문에 외기 도입량에 따라서 <그림 3>에 나타낸 바와 같이 일정시간 시간지연을 두고 점차적으로 객차내(Cabinet) 농도가 터널내 농도에 수렴하는 경향을 나타내게 된다.

따라서 임의 시간 t에서 객차내부의 농도는 환기횟수(λ 회/h)를 고려하여 식(6)로 구할 수 있다.

$$C_{\text{inside}}^i = C_{\text{inside}}^{i-1} + \frac{\lambda \Delta t}{3600} [C_{\text{outside}}^{i-1} - C_{\text{inside}}^{i-1}] \quad (6)$$

C_{inside}^i : i 시간에서 열차내 오염농도

C_{outside}^{i-1} : i-1 시간에서 열차외부 오염농도

λ : 시간당 객차 환기회수(시간당 터널 공기유입량/객차 체적)

<그림 4>는 연장이 4km, 단면적이 43m²인 단선터널을 주행속도 60km/h로 3대의 열차가 16분 간격으로 주행하는 경우에 터널내 풍속 및 NOx의 농도분포를 나타낸 그림이다. <그림 4(a)>는 열차의 거동에 따른 터널내 풍속분포를 나타낸 것으로 전술한 바와 같이 열차의 터널진입과 동시에 증가하기 시작하여 열차가 통과한 후에 급격하게 풍속이 감소하고 있음을 알 수 있다. 본 예는 전형적인 단선터널을 예로 들은 것으로 차량의 주행속도가 60km/h일 때 터널내 최대 풍속은 4m/s 정도에 도달하고 있음을 알 수 있다. 또 <그림 4(b)>는 터널내 종방향의 NOx농도 분포를 나타낸 것으로 열차의 주행으로 인해 터널내 풍속이 점차 증가하여 상대속도는 감소하기 때문에 농도가 점차 증가하고 있으며, 터널 입구에서는 신선공기의 유입으로 인하여 농도가 감소하는 것을 알 수 있다.

열차 한 대가 주행할 때 터널내 농도는 약 16.7ppm 정도로 나타나고 있다.

이 경우는 전형적인 단선터널을 대상으로 구한 값으로 터널내 농도는 열차의 주행속도가 빨라지면 감소할 것으로 생각된다. 또 그림(a)에서 t=21분일 때 터널내 농도 분포는 터널 출구에서 농도가 상승하는 현상을 보이고 있는데 이것은 전술한 바와 같이 오염물질이 미처 배출되지 못한 구역을 후행열차가 진입하여 오염물질이 중첩되어 생기는 현상이다.

오염농도는 열차의 진행으로 인해 터널내 풍속이 증가하면서 상대속도가 감소하므로 점차 증가하는 경향을 보이고 있으며, 또 20분 이후에 농도가 급격하게 증가하고 있는데, 이것은 선행 열차에서 배출된 오염물질이 잔류하는 구간을 지날 때 농도의 중첩에 의한 것이다.

또 그림에서 열차의 전면부보다 열차의 후미부가 농도가 높게 나타나는데, 이것은 열차 후미에 발전차에서 배출되는 오염물질을 고려하고 있기 때문이다.

또 객차내의 농도는 전술한 바와 같이 터널내부 농도 보다 상당히 낮은 농도를 나타내고 있음을 알 수 있다. 본 계산에서는 환기횟수를 5.2회/시로 하여 계산하였다.

<그림 5>는 동일한 터널을 열차가 교차주행하는 경우에 시간에 따른 터널내 농도 분포 및 속도분포를 나타낸 것이다. 그림(a)는 위에서 부터 첫 번째 열차가 통과하는 상태에서부터 6번째 열차가 통과하는 상태를 나타낸 것으로 첫 번째 열차가 통과하는 경우에는 터널내 농도는 <그림 4>와 동일한 경향을 갖으나, 2번째 열차가 반대방향으로 통과하는 경우에는 기류의 방향이 급격하게 변하여 터널내 풍속이(-)가 되며, t=18분대에는 터널내 오염물질이 중첩하여 농도가 2배 정도에 도달하고 있으며, 열차의 운행수가 많아질수록 일정구간의 오염물질이 배출되지 못하기 때문에 터널내 농도가 급격하게 증가하며, 열차의 중행방향에 따라서 최대농도지점이 상류측에 하류측으로 하류측에서 상류측으로 반복하여 이동하는 것을 알 수 있다.



따라서 이와 같이 단선터널을 상하행 열차가 교차주행하는 경우에 특히 기류의 정체여부를 판단하여 Purging Time과 열차운행 스케줄을 고려하여 터널내 환기설비가 설계되어야 한다.

3.4 자연환기검토

3.4.1 일반사항

- (1) 터널에서 외부 조건에 의한 환기력은 터널 내·외부 온도차에 의해 발생하는 부력효과와 운행열차에 의해 발생하는 교통 환기력으로 구분되며 외부자연풍 효과는 부력효과와 교통환기력에 비해 매우 작다.
- (2) 온도차에 의한 부력효과는 터널 내·외부 온도차에 의해 동계에는 터널내부의 가벼운 공기가 상향경사 방향으로 이동되고, 하계에는 터널내부의 무거운 공기가 터널 하향경사 방향으로 이동하여 자연적인 기류가 발생 한다.
- (3) 열차에 의한 교통환기력은 열차주행으로 발생하는 압력 에너지가 운동에너지로 변환되어, 열차의 진행방향으로 터널풍속을 형성시키는 것으로 교통환기력에 의한 풍속은 열차의 진입시 급격하게 증가하여 열차가 운행하는 동안 일정한 풍속을 유지하며, 열차가 터널을 통과한 후에는 점차 자연환기력에 의한 풍속으로 회복하게 된다.
- (4) 자연환기의 가능여부는 열차풍 및 자연환기력에 의해서 발생하는 풍속에 의한 신선공기의 치환시간 및 후행열차에 의해서 발생하는 오염물질의 중첩에 의한 오염농도의 증가현상에 의해서 결정된다.

3.4.2 부력효과

터널 내·외부의 온도차가 큰 동계와 하계를 기준으로 부력에 의한 유효 압력차와 터널풍속을 다음과 같은 순서로 검토해야 한다.

- (1) 외부 기온 선정
- (2) 터널 지형 분석
- (3) 계절별 유효압력차 계산
- (4) 터널내 풍속 계산
- (5) 치환거리 및 치환시간검토를 통한 공기교체여부 검토

3.4.3 교통환기력

터널내 열차주행으로 발생하는 터널풍속과 치환시간을 계산하여 오염공기교체 가능여부를 검토하는 순서는 다음과 같다.

- (1) 차량의 종류나 제원의 그룹화
- (2) 터널내 풍속 계산
- (3) 공기 교체 여부 검토

3.4.4 교통환기력에 의한 터널내 풍속

- (1) 주행중인 열차의 전면, 측면, 후면에는 압력변동에 의해서 생성된 압력에너지는 운동 에너지로 변환, 터널내 기류를 형성하게 된다. 열차에 의한 압력은 차량길이, 주행속도, 열차 측면 마찰계수, 터널 단면적과 열차 단면적비가 증가할수록 압력변화량이 커진다. 또한 열차가 터널을 통과하면 교통환기력이 소실되며 터널내 풍속은 공기는 관성력에 의해 지수 함수적으로 감소하게 된다.
- (2) 터널내 열차주변의 압력분포는 <그림 1>과 같으며, 열차의 교통환기력은 b~f구간 사이의 압력차에 의해서 발생한다.

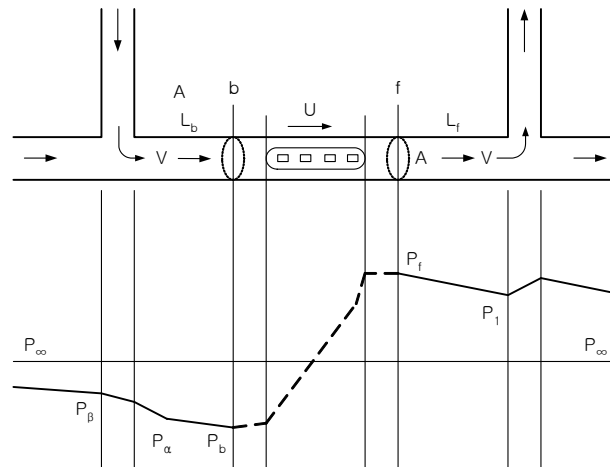


그림 1. 터널내 열차주변의 압력분포

3.5 소요환기량 산정

3.5.1 개요

일반적으로 철도터널의 소요환기량은 전술한 바와 같이 배기가스에 의해서 발생하는 오염물질의 치환 또는 희석을 위한 환기량과 열차의 주행발열이나 에어컨디션과 같은 보조기기의 발열을 처리하기 위한 환기량으로 결정된다.

3.5.2 발열량에 의한 검토

(1) 잔류열량 검토

열차의 종류, 운전상태, 자연환기의 정도에 따라 다르며 열차 주행에 의해 발생하는 발열량에 대한 소요환기량은 터널 벽면을 통한 흡열량과 비교하여 환기의 필요성을 검토해야 한다.

- 열차발열량(q_T) < 벽면을 통한 흡열량(q_W) : 자연환기
- 열차발열량(q_T) > 벽면을 통한 흡열량(q_W) : 기계환기

(2) 환기량 산정식

$$Q = \frac{q}{0.29 \times \Delta t}$$



여기서, Q : 발열량에 대한 소요환기량 [m^3/hr]

q : 잔여 발열량 [kcal/hr]

Δt : 터널 내. 외부 평균 온도차 [$^{\circ}\text{C}$]

3.5.3 오염물질에 의한 검토

(1) 환기 필요 여부 검토 대상 오염물질 선정

열차 운행으로 인해 배출되는 오염물질의 농도를 검토하여 설계조건에 위배되는 농도를 나타내는 물질을 선정해야 한다.

(2) 환기 여유시간 검토

터널의 특성과 열차의 운행 시격, 설계 개념 등을 고려해 터널내 공기 치환이 이루어져야하는 시간을 검토해야 한다.

(3) 환기 설비 필요여부 검토

열차 운행에 의한 교통환기력과 부력에 의한 기류에 의해 터널내 오염물질이 필요한 농도 이하로 낮아지는 시간과 환기 여유 시간을 비교하여 환기 설비 필요 여부를 결정해야 한다.

3.6 환기방식의 선정

3.6.1 개요

정상 환기시, 디젤 기관차에 의해 발생된 유해물질의 터널내 축적 방지를 위해, 열차운행간격내(Head Way)에 완전한 공기교체(Purging)를 위한 치환환기방식 이나 회석환기방식의 검토가 필요하며 비상 환기시에는 화재발생시 승객안전 확보와 대피시간 확보를 위한 연기역류 제어능력을 갖춘 방식과 용량으로의 선정이 필요하며 상기 정상/비정상시의 환기조건을 모두 만족하는 환기방식의 선정이 필수적이다.

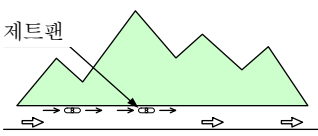
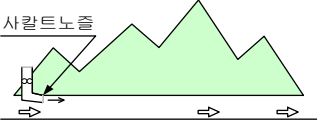
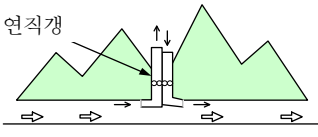
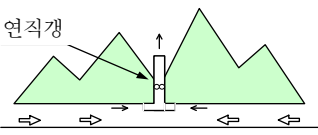
3.6.2 적용 가능한 환기방식

환기방식은 하기와 같이 대별 할 수 있으며 터널의 여건에 맞추어 조합방식을 포함한 비교안을 검토하여 선정해야 한다.

(1) 종류식 환기방식

열차의 운행 방향과 환기류의 방향의 방향을 일치시켜 자연환기력을 최대한으로 활용하는 방식으로 경제적인 환기가 가능하나, 기준 온도나 농도를 상회하는 경우 또는 외기의 도입이 필요한 경우 연직갱 송, 배기식을 적용해야 한다.

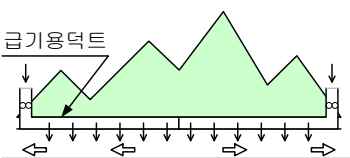
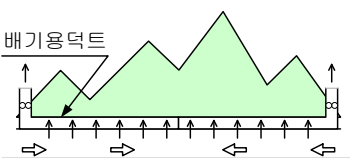
표 2. 종류식 환기방식

환기 방식	환 기 개 요	환기 개요도
제트팬식	터널 측부의 벽체에 제트팬을 설치하여 갱구로 환기하는 방식으로 차량한계선을 고려하여 설치개소의 단면 확대여부에 대한 검토가 필요하다.	
사칼트식	터널 갱구의 환기실에서 환기류를 고속분사하여 터널내부 공기의 유인작용으로 환기하는 방식으로 일반적으로 연장이 짧은 터널에 적용할 수 있다.	
연직갱 송, 배기식	연장이 긴 터널에 적용이 가능하며 연직갱 주변의 환경에 대한 세심한 검토가 필요하다.	
집중배기식	터널 갱구의 환기실에 송풍기를 설치하고 덕트와 큰 흡입구를 필요위치에 설치하여 배기하는 방식으로 일반적으로 연장이 짧은 터널에 적용할 수 있다.	

(2) 반횡류식

- ① 터널 갱구부의 환기실에 송풍기를 설치하고 전체 터널에 덕트와 흡입구를 설치하여 송기나 배기를 하여 환기하는 방식으로 일반적으로 환기가능 연장은 연직갱 송·배기식을 제외한 종류식에 비하여 증가하나 덕트의 설치로 단면의 증가가 필수적이므로 TBM 공법의 하부공간 등의 유휴공간을 활용할 수 있는 경우로 한정할 수 있다.
- ② 장대터널에서 별도의 서비스터널을 설치하는 경우, 서비스터널을 급기 또는 배기용 덕트로 활용하여 본선터널을 환기하는 방안도 가능하다.

표 3. 반횡류식 환기방식

환기방식	송기 반 횡류식	배기 반 횡류식
개 요 도		

- ③ 횡류식은 반횡류식과 유사하나 송기와 배기를 동시에 수행하는 방식으로 송기나 배기가 동일 장소에서 횡 방향으로 이루어지므로 방재시 가장 효과적인 방식이다, 일반적으로 적용연장에 대한 제한은 없으나, 덕트의 설치로 단면적의 증가가 최대이므로 TBM 공법의 하부공간 등의 유휴공간을 활용할 수 있는 경우로 한정할 수 있다.



- ④ 포탈도어식은 터널의 갱구에 도어를 설치하여 열차가 터널을 통과한 후 원활한 환기가 이루어지도록 갱구의 도어를 닫고 터널내부로 외기를 공급하여 반대편 갱구로 오염물질을 배기하는 방식이다.

표 4. 횡류식 및 포탈도어식 환기방식

환기방식	횡류식	포탈도어식
개요도		

- ⑤ 조합환기식은 터널의 조건에 따라 상기 방식을 조합하여 최적의 방식을 적용하도록 한다.

(3) 환기방식 선정

① 치환(Purging) 환기

선행 디젤기관차에서 배출되는 유해물질을 후행 열차진입 전에 완전히 교체하여 잔존 오염물질을 제거하는 환기방식으로 급배기 기류방향은 터널내 발생된 열부력 기류방향과 동일한 방향으로 함을 원칙으로 해야 한다.

이 환기방식은 계획된 열차운행 시간표에 따라 열차의 비운행시간에 송풍기의 제어운전이 필요하다

② 희석(Dilution)환기

열차의 주행방향이나 열부력 기류방향과 관계없이 일정기류를 형성, 상대속도를 높여 농도를 낮추는 환기방식으로 연속적인 일방향 운전이 가능한 단선병렬 터널에 적용이 용이하다.

③ 임시환기

자연환기가 가능한 터널이라도 내부환경이 기준치를 초과하여 열악한 경우 이동식 환기기를 보선용 열차에 장착하여 작업전 임시환기로 보선원 작업효율을 제고하도록 해야 한다.

3.7 환기기 선정

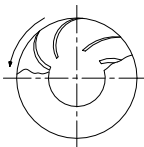
3.7.1 선정시 고려사항

- (1) 터널 환기용으로 사용되는 송풍기는 대풍량 저풍압이 요구되며, 풍량제어 범위에서 경제적으로 운영할 수 있는 기종을 선정해야 한다.
- (2) 부력효과, 교통환기력 이용 및 비상시 화재발생을 감안하여 정·역회전 사양과 고온에서도 운전이 가능한 전동기에 직결하여 구동방식으로 계획해야 한다.

- (3) 송풍기 주요부품은 NOx 및 SOx에 대한 내구성을 검토하여 구조성이 우수하고, 내압성 및 내식성이 뛰어난 재질을 선정하며 장시간 사용으로 인한 유지관리와 운전의 효율성을 위하여 닛수 분할 설치를 고려해야 한다.

3.7.2 익형 형식별 특징

표 5. 환기기 익형 형식별 특징

형 식 명			회전차 형상과 주요특징	비속도 (Ns)	전풍압 (mmAq)	전압효율 (%)
원 심 식	터보형	터보팬	 뒷기울기 날개 또는 직선	300~750	150~1,200	65~80
		날개형팬	 뒷기울기 날개형 단면	300~750	150~1,200	75~85
		리미트 로드팬	 S자형 날개케이스 입구부 정날개달림	500~1,000	30~250	55~75
	레이 디얼	플레이트팬	 반경방향 날개 또는 직선	200~500	200~1,500	60~75
	다익형	다익팬	 앞기울기 날개 폭좁은 여러개	500~700	15~400	45~65
축 류 식	축류형	축류팬	 날개형 정익 또는 직선	1,000~2,000	20~700	65~90
			 날개형 또는 개부 정익없음	1,500~3,000	0~20	50~65



3.7.3 팬 형식별 성능 특성

표 6. 팬 형식별 성능 특성

구분	기 종	날 개	특성 곡선	특 징
원 심 식	터보브로워 터 보 형 날 개 형 팬 리미트로드팬	뒷기울기 날 개		풍량-풍압곡선이 산모양이며, 풍량이 증가함에 따라 축동력도 증가하지만 어느 정도에서 증가하지 않음
	플레이트팬	반경방향 날 개		풍량-풍압곡선이 산모양이며, 풍량이 증가함에 따라 축동력도 증가함
	다 익 팬	앞기울기 날 개		풍량-풍압곡선이 골짜기 모양(서징구역)이며, 풍량이 증가함에 따라 축동력이 현저하게 증가함
축 류 식	축 류 팬	축 류		풍량-풍압곡선이 골짜기 모양(서징구역)이며, 축동력은 대체로 일정함

3.8 환기소

3.8.1 설계시 고려사항

환기소는 터널의 본체, 환기용 연직갱, 경사갱 및 갱구 주변에 설치할 수 있으며 아래와 같은 사항들을 고려해야 한다.

3.8.2 시설물 검토

- (1) 터널구조물과의 연계 설치
- (2) 장비 반입로 및 반입구 설치
- (3) 환기기 및 소음기 등 부속기기설치
- (4) 환기 풍도 및 환기탑 설치(풍속 기준 등 표기)
- (5) 반, 출입용 인양 장비 설치
- (6) 관리시설

3.9 환기 제어

3.9.1 설계시 고려사항

환기기의 제어는 운전효율을 극대화할 수 있도록 계획하여야 하며, 다음과 같은 사항들을 고려해야 한다. 또한, 철도터널내 공기환경은 열차의 운행상황에 따라 수시로 변하므로 운행상황별로 환기기의 제어계획을 검토할 필요가 있다.

- (1) 환기방식
- (2) 자연환기력
 - ① 열부력에 의한 자연풍의 방향
 - ② 자연풍의 크기
- (3) 열차의 운행현황
 - ① 열차의 종류(전기, 디젤)
 - ② 열차의 운행방향
 - ③ 열차의 운행시간, 시격
- (4) 화재시 등의 비상시 운전계획

4. 유효성 검증

환기 설계 완료 후 각 부분적인 조건에 맞는 설계가 열차 운영 중 설계 조건에 부합되는지 여부와 설계 대상 이외에 다른 기준을 만족하는지에 대해 검토를 할 필요가 있다. 그러나 터널의 경우 실물에 대한 직접적인 시험 운전과 실험에 의한 검토가 어렵기 때문에 대부분 수치해석을 통해 설계 적절성과 설계의 유효성을 검증하게 된다.

터널은 외형이 종방향 크기가 단면에 비해 월등히 크기 때문에 터널 내부의 단면상 유동은 1차원적인 유동을 가정하여 해석하여도 전체적인 환기 성능의 평가에는 큰 무리가 없다. 따라서 1차원 해석을 통해 다음과 같은 사항들에 대하여 터널내 환기 성능을 검토하게 된다.

- ① 열차 운행 중 터널내 유해 물질 농도 분석
- ② 열차 운행 중 터널내 온도 분포 및 변화 분석
- ③ 터널내 배열, 환기에 대한 설계의 적절성 검증
- ④ 화재시 제연시설의 임계풍속 이상의 기류 유지 가능성 검증

다음은 1차원 수치해석 사례이다.

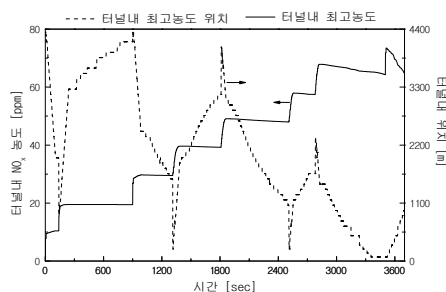


그림 2. 오염농도 해석

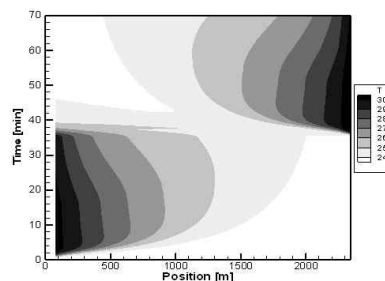


그림 3. 온도분포 해석

1차원 해석을 통해 상기 사항에 대한 검토는 가능하지만 평상시 국부적인 환기류 또는 온도분포 및 화재시 연기의 거동에 대한 정보와 열의 확산에 대한 공간적인 정보는 얻을 수 없기 때문에 이들에 대한 환기 및 방재 설비의 유효성 검증은 위해서는 터널내 화재 발생위치 부근을 대상으로 하는 3차원 해석이 필요하다.

다음은 3차원 수치해석 사례이다.

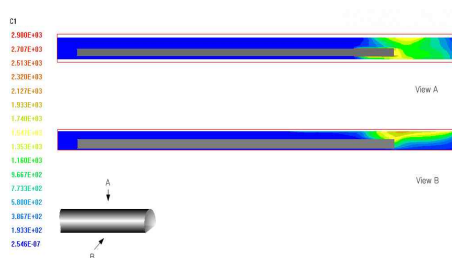


그림 4. 화재연기의 농도 해석

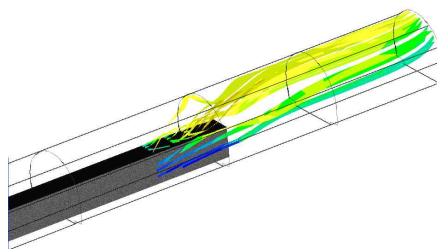


그림 5. 화재연기의 기류 해석

5. 환기량 계산

5.1 개요

철도터널의 환기량은 도로터널과 마찬가지로 터널제원, 열차운행계획 및 주변환경에 따라 달라진다. 그러나 도로터널과는 달리 터널내에 주행하는 열차의 수가 1~2대 정도로 한정되므로 도로터널과는 다르게 환기량을 산정할 필요가 있다. 환기량은 터널 내 환경을 기준치 이내로 유지하기 위해 외부의 신선공기를 공급하여 농도를 낮추거나 오염공기를 외부의 신선공기로 치환하기 위한 용량으로 선정하며, 화재시를 고려하여 제연풍량을 만족할 수 있도록 계획해야 한다. 철도터널은 오염원이 되는 열차의 수가 매우 적어 터널 전구간에 대해 오염원이 이동하는 특성을 나타낸다. 따라서 지하철과 같이 열축적에 의한 환기가 필요한 경우를 제외하고는 희석환기보다 치환환기에 의한 환기량 산정이 바람직하다.

5.2 발열량 제거를 위한 환기량 계산

5.2.1 열차의 발열량 계산(q_T)

$$q_T = q_{TR} + q_{AX} + q_{AC} + q_G + q_E$$

여기서, q_{TR} : 열차의 주행발열 [kcal/hr]

q_{AX} : 열차 보조기기의 발열 [kcal/hr]

q_{AC} : 차량 냉방장치의 발열 [kcal/hr]

q_G : 발전기의 발열 [kcal/hr]

q_E : 배기가스의 발열 [kcal/hr]

5.2.2 벽면을 통한 흡열량 계산(q_W)

$$q_W = K \times F \times \Delta t$$

여기서, K : 터널 벽체의 열관류율 [[kcal/hr·m²·℃]

F : 터널 벽면의 표면적 [m²]

Δt : 터널내부 허용온도와 지중의 온도차 [℃]

5.2.3 잔여열량 계산

$$q = q_T - q_W$$

5.2.4 환기량 산정

$$Q_h = \frac{q}{0.29 \times \Delta t}$$

여기서, Q_h : 발열량에 대한 소요환기량 [m³ / hr]

q : 잔여열량 [kcal / hr]

Δt : 터널 내·외부 온도차 [℃]

잔여열량 q 의 값이 음(-)의 값이 나오면 기계환기가 필요하지 않은 경우이므로 환기량을 산정하지 않는다.

5.3 오염물질 제거를 위한 환기량 계산

5.3.1 열차의 운전시격(t_T)

열차의 운전시격은 터널 내 오염물질의 분포에 따라 환기가 필요한 시간대의 열차 운전간격으로 적용해야 한다. 열차의 운전간격은 환기운전 시간대에 따라 달라질 수 있으므로 가장 짧은 운전간격을 열차의 운전시격으로 선정해야 한다.

그러나 계획 중인 노선의 경우 세부적인 운전계획이 확정되지 않은 상태이므로 목표연도에 예상되는 디젤열차 운행횟수를 기준으로 평균 운행시격으로 계산하며, 피크시간대의 운전 및 야간 미운행시간대를 고려하여 안전율을 적용해야 한다.



$$t_T = \frac{24 \times 3600}{N \times (1.5 \sim 2)}$$

여기서, N : 디젤열차의 운행횟수 [회/일](복선터널은 왕복, 단선터널은
편도 기준)

5.3.2 환기량 산정

$$Q_P = \frac{A \times L}{t_T}$$

여기서, Q_P : 오염물질에 대한 소요환기량 [m^3/sec]

A : 터널 단면적 [m^2]

L : 환기구사이의 거리 [m]

t_T : 디젤열차의 운전시각 [sec]

5.4 환기량 선정

철도터널의 환기량은 발열량에 의한 환기량(Q_h)과 오염물질에 의한 환기량(Q_P)중
큰 값으로 선정해야 한다. 계산된 환기량에 따라 환기기를 선정하게 되면 수치시물레
이션을 수행하여 터널내 환경이 계획된 기준을 만족하는지의 여부를 검증해야 한다.
또한, 화재시를 고려하여 예상되는 화재규모에 따라 필요한 임계속도를 만족하는 용
량의 제연풍량을 확보해야 한다.

6. 환기시물레이션 수행예

6.1 개요

철도터널의 공기환경에 대한 검토는 열차의 운행상황에 따라 불규칙적으로 변하므로
단순한 수계산으로 환기의 필요성을 검토하는 것은 불가능하므로, 수치해석 프로그래
를 사용하여 터널내 공기환경에 대한 검토를 수행해야 한다. 다음은 이러한 수치해석
의 적용사례를 요약하여 나타낸 것이다.

6.2 시물레이션 입력조건

- (1) 터널 제원
- (2) 온도적용 기준
- (3) 차량 제원
- (4) 열차 운행 횟수
- (5) GEOMETRY

6.3 시뮬레이션 해석결과

- (1) 교통환기력 해석
- (2) 터널내 오염농도 해석
- (3) 터널내 온도 해석
- (4) 압력 및 압력변동을 해석
- (5) 종합검토의견

열차풍에 의한 교통환기력으로 터널내 공기를 외기로 완전히 교체할 수는 없으나, 터널내 오염농도 및 온도분포가 기준치를 만족하므로 자연환기로 계획하며, 열차의 운행으로 발생하는 압력변화로 인해 승객에게 미치는 이명감 및 불쾌감은 없을 것으로 판단됨.



해설 3. 전기설비

1. 일반사항

1.1 개 요

철도의 노반구성 요소에는 꺾기와 쌓기에 의해 구성되는 토공구간과 하천, 호수 또는 바다를 가로질러야하는 교량구간 및 산으로 가로막힌 곳을 관통하기 위한 터널로 구성된다. 터널을 이용한 노반구성에서 전기시설을 위해 검토하고 고려해야할 사항은 철도 고유의 운반수단으로서의 기능확보를 위해 필요한 운영관련 전기시설의 터널내 수용에 관한 사항과 터널의 특성에 따른 운영 중에 필요한 정상적인 유지보수와 유사시 효과적 대응에 필요한 터널 고유전기시설의 배치 및 이와 관련하여 필요한 전원시설 등이 될 것이다. 이와 더불어 터널을 건설계획을 효과적으로 지원할 수 있는 공사기간중 전기시설에 대한 계획 및 설계로 매우 중요한 부분이라고 할 수 있다.

1.2 철도전기시설의 구분

철도전기시설은 운행될 차량의 종류에 따라 그 범위가 규정된다. 즉, 디젤기관차 등과 같이 화석연료를 이용하여 구동에너지를 변환 사용하는 일반철도와 전차선 등과 같은 전기에너지 공급시설을 설치하고 전기기관차에 의해 전기에너지를 직접 수전하여 구동에너지로 사용하는 전기철도로 구분된다. 전기철도와 일반철도의 환경을 고려한 전철화 사업을 감안할 때 장래에 건설될 철도를 위한 터널에는 전기 철도로의 전철화사업이 대부분일 것이므로 터널의 구조적 형상에 미리 적용되는 것이 효과적이라고 할 수 있다.

1.2.1 일반철도의 전기시설

산업이 고도화 대량화 대중화되기 이전의 철도는 자동운행이라는 개념이 없이 인간의 눈과 귀에 의한 수신호, 수동작에 의한 운행이었지만 현재의 철도는 대량수송과 정확한 수송을 위해 대부분의 시설이 자동화되어있고 이러한 자동화를 위해서는 철도설비의 개량과 더불어 신호, 통신설비의 발전이 이루어 졌으며 그러한 운행 필수설비의 정확한 동작은 모두 전기적으로 이루어지게 되므로 전기시설의 대용량화 복잡화 및 안전을 확보하기 위한 이중화가 근래의 추세이다. 이러한 관점에서 철도에서의 터널내부 전기시설의 종류 및 특징을 설명하였다.

(1) 전기설비

① 배전설비

- 철도시설의 운영에 필요한 전원을 확보하고 전력이 필요한 각 개별 장소에 공급하는 설비

- 철도시설이 건설되는 전구간에 걸쳐서 배치되어야 한다.
- 이중화구조에 의한 Fail Safe 구조를 갖추어야 한다.
- 종전의 6.6kV Delta 계통에서 22.9kV WyeYE 저항접지방식으로 전환되고 있다.
- 특고 또는 고압의 배전전압으로부터 선로연변 전기시설에서 사용하는 저압전압으로의 전압 변성설비를 필요로 하며 선로에서 부하전류에 의해 전압강하가 발생하므로 최대공급가능거리가 제한된다. 최대 공급가능 제한거리의 2배 이상의 터널에서는 터널내부에 전압변성용 전기설을 설치하는 것이 좋다.
- 터널내에 전기실이 구성되는 경우 그에 따른 전기실 시설유지를 위한 부대설비가 필요하다.
- 특히 시설의 확대 및 장애증설을 위한 선로 좌우측 관로간의 횡단관로에 대한 여유분을 설치하는 것이 필요하다.

② 조명설비

- 터널내부에서의 작업을 위한 조명설비가 필요하다.
- 작업의 종류 및 요구되는 작업의 정밀도에 따라 소요 조도를 판단해야 한다.
- 설치될 조명기구는 터널내부 환경에 대한 적응성이 있어야 한다.
- 작업 및 점검자의 행동유형에 부합되는 구간별 점멸방법이 강구 적용되어야 한다.
- 터널내 차량 사고시 승객, 승무원 보호 관점에서 비상시 자동운영 절차가 준비되어야 한다.

③ 작업용 전원설비

- 해당선로의 궤도 및 구조물에 대한 유지보수계획과 연계 검토된 작업용 전원시설이 필요하다.
- 소형전동공구 및 전기용접지의 최대소요용량 및 동시사용 필요대수에 따라 작업용 전원수구의 전압종별, 전류규격을 결정하여 설치해야 한다.
- 작업을 위한 국부 조명 부하도 고려해야 한다.

④ 접지설비

- 터널내 각종 전기시설의 효과적 접지를 위한 설비
- 터널내부에 전기실 배치 필요시 전기실 구성을 위하여 필요한 각종접지 설비

(2) 신호설비

① 신호보안장치

- 신호방식에 따라 구분된다.
- MTBF를 고려한 열차의 절대위치 및 인접열차간의 상대위치를 파악하고 신호방식에 따라 열차간 안전거리를 확보하는 설비이다.
- 전철기에 대한 제어회로와 궤도회로의 구성으로 구분된다.



② 궤도 회로장치

- 운행 중인 열차의 절대위치 및 인접열차간의 상대위치를 파악하고 신호방식에 따라 열차간 안전거리를 확보하는 설비이다.
- 자동운전을 위한 필수설비이다.
- 근래에는 가청 주파수(Audio Frequency)가 주로 적용된다.

③ 연동장치

- 열차의 안전운행 및 정확한 운행을 보장하는 신호기, 전철기 및 궤도회로 상호간을 전기적 또는 기계적으로 연쇄 동작시킴으로써 열차 안전운전을 확보하기 위한 시설이다.
- 열차운행에 가장 중요한 필수설비이다.

④ 열차자동제어장치(ATC, ATP, ATO)

- 근래의 열차 자동화 운행장치이다.
- 지상장치와 차상장치간의 열차정보교환에 의한 안전을 확보한 최적운행을 보장해야 한다.

⑤ 열차집중제어장치(CTC)

- 전 노선에 걸쳐 구간별로 제어되는 각종열차 제어장치를 중앙에서 집중감시 및 원격제어하는 설비이다.
- 열차운영의 안전과 효율성을 동시 확보하게 된다.

(3) 통신설비

① 전송설비

- 구간내 열차의 안전운행을 보장하기 위해서는 전력, 신호에서의 각급 제어소간의 정보교류를 포함한 여러 가지 유성을 포함한 각종정보의 교환이 필요하게 된다.
- 이러한 각종 정보교환의 통로는 통신기술의 발전에 따라 고속 광통신 정보 간선에 의해 이루어진다.
- 또한 정보의 전송 및 접수장소가 다양하고 대량화되어 정보의 교환체계를 구성하는 설비가 복잡하게 구성된다.

② 열차무선설비

- 수백 km에 걸쳐 펼쳐진 노선에 정해진 시격으로 운행하는 열차와 각급 제어소 및 역과의 통신수단으로 열차 무선설비가 시설되어 열차운행의 안전뿐만 아니라 효율성 제어에도 기여하게 된다.
- 노선의 구성이 토공구간, 교량구간, 터널구간으로 구성되게 되므로 터널내부에서의 무선통신 확보를 위한 터널내 케이블 안테나 설비가 필요하게 되며 개방공간에서의 무선통신은 안테나를 적정 높이의 안테나타워에 설치하여 확보해야 한다.

③ 자동요금 검수설비 및 경영정보시스템

- 철도사업의 주된 수입원은 승객으로부터의 운임수입이다 그리고 운임수입은 구간 내 각 정거장에서 입금되며 승객이 가고자하는 행선지에 따라 각양각색이다.
- 따라서 각 정거장 등 발권소에서의 운임 징수업무를 자동화하여 자료화하고 이를 철도사업 경영체계와 연계하여 사업의 생산성을 최대화하는 수단이 필요하게 된다.
- 근래에는 주중, 일중 차등 요금제가 적용되므로 설비의 복잡성이 확대되는 추세이고 On-Line에 의한 운영으로 사업의 효율성을 제고하고 있다.

④ 기타 통신설비

- 상기에 언급한 설비 외에 정차장에서의 안전을 확보하는 설비, 대승객 서비스 제고를 위한 열차운행 정보 표시설비, 구간내 유지보수작업을 지원하는 인터폰설비 등 각종 통신시설이 필요하다.
- 이러한 통신시설의 효율적 배치를 위해서는 터널내부에도 통신기계실이 배치되곤 한다.

1.2.2 전기철도의 전기시설

환경에 대한 고려 및 기존 화석에너지의 효율성 제고를 위해 철도의 전철화가 추진되고 있다. 따라서 장래 시설될 철도의 터널은 전철화를 고려한 구조를 갖추어야 각종시설의 효율적 설치가 가능하게 되므로 터널에 있어서의 전기철도 고유의 요구사항에 대한 검토가 필요하게 된다.

(1) 전차선 설비

① 가선용 지지금구 설비

- 토공구간 및 교량구간으로 구성된 개방된 노선공간에서의 전차선 설치를 위한 수단 확보는 터널구간에 비해 용이하다. 그러나 폐쇄된 공간인 터널구간에서는 차량을 위주로 하는 구조적 요구조건인 차량한계에 의해 정해지는 건축한계의 설정에 의해 영향을 받는다.
- 터널의 종류에 따라 검토의 조건은 다르겠지만 장래 전철화를 고려하여 터널내부 천장에 일정간격으로 지지금구를 매립해 두는 것은 아주 유용한 일이다.

② 전차선 장력조정장치 설비

- 카테나리 방식의 가공 전차선을 설치하여야 하는 전철화 사업에서는 가공전차선의 설치구간별로 전차선의 온도에 따른 신축영향을 상쇄할 수 있는 장력 조정장치를 설치해야 한다.
- 스프링 텐션에 의한 장력 조정장치를 설치하는 방법도 있으며 근래 터널구간에 적용되고 있다.

③ 접지설비

- 일반철도에서의 접지설비는 전기설비의 종류별 요구조건에 따라 설치될 수 있다.



- 그러나 전기철도에서는 전차선에 흐르는 대규모 전류에 의한 주변 금속체 및 토목구조물 내부의 철근에 대한 영향을 고려한 전구간에 걸친 접지설비를 설치해야 한다.

2. 전기관련 터널시설

2.1 공동관로 시설

2.1.1 설치목적

- (1) 철도노선의 전구간에 걸쳐 각종 전기시설이 배치되면 전기시설간에는 전선로가 구성되어야 한다. 이러한 전선로는 금속케이블, 광케이블이 주종이며 사용전압 및 용도에 따라 적절한 관로 시설을 갖추어야 한다.
- (2) 터널은 제한된 실내공간으로 만일 각종 전기시설(전력, 신호, 통신) 등이 각자 자기 목적 달성을 위해 임의로 각종 전선로를 구성한다면 터널내부는 아주 복잡한 형상을 이루게 될 것이며 외관상 및 유지보수 목적상으로도 별 도움이 되지 않을 것이다.
- (3) 따라서 터널 계획 초기에 이러한 전선로에 대한 분석에 의해 분류된 전선로별로 적절한 관로시설을 공통으로 설치하면 구조적으로도 구성이 용이하고 각종 시설별 기능확보에도 유리할 것이다.

2.1.2 철도산업의 전기시설 구성 특징

- (1) 철도는 대량 교통수단으로 장거리에 걸쳐 설치되며 그 운영 방안도 상당히 복잡하고 국가적 차원에서도 철도의 교통수단으로서의 기능을 상시 유지하여 기능상실을 방지해야 한다.
- (2) 따라서 예기치 못한 상황에 의한 기능중단의 사태를 예방하기 위해 그리고 승객 및 화물의 안전수송을 보장하기 위해 대부분의 전기시설은 이중화 구조를 갖게 되며 전기 시설간의 전선로 구성도 예외가 아니다.
- (3) 이는 터널내부에서의 공동관로 구성 및 배치에도 검토 반영되어야 하는 사항이며 일반적으로 상하행선 선로를 중심으로 양측에 관로를 구성하고 이중구성 전선로를 좌, 우측에 분리수용함으로써 유사시 전체기능 중단을 예방하고 있다.

2.1.3 시설별 공동관로내 수용케이블의 종류

(1) 전력설비

- ① 특고압 배전용 케이블
- ② 터널내 조명 및 작업용 전원 구성을 위한 저압케이블
- ③ 터널내 각종 신호, 통신용 시설을 위한 전원케이블(저압)

(2) 신호설비

- ① 각종 신호기계설로부터 선로 연변 시설(전철기, 신호등, 지상장치 등)로의 조작케이블
- ② 선로연변 시설을 위한 전원케이블

(3) 통신설비

- ① 전구간에 걸친 정보 전송용 광케이블
- ② 열차무선 설비용 안테나 급전선
- ③ 선로연변 통신시설과 통신기계설간 연락 통신선
- ④ 선로연변 통신시설용 전원선은 교류의 경우 전력에서 공급

2.1.4 공동관로 구성 방안

(1) 전기적 고려 사항

- ① 위에서 언급한 바와 같이 전력, 신호, 통신용 전선로는 서로 간의 상호간섭을 배제하기 위해 분리된 수용공간에 설치해야 한다.
- ② 분리된 수용공간 내에서도 안전을 위해 전압계급 별로 격벽에 의한 구분설치가 필요하다.
- ③ 이러한 시스템별 전압계급별 분리구분 및 공간내 수용은 운영 중 고장에 의한 유지보수 및 확장을 고려하여 적절히 배치하여 작업이 용이하도록 한다.

(2) 터널의 구조적 고려 사항

- ① 터널은 지하에 설치되는 운송수단의 통로로서 지하공간이라는 구조적 특징을 가진다. 또한 터널축조 방법에 따른 특성을 가질 수도 있다.
- ② 지하공간이라는 구조적 특수성에 의해 터널내에 필수적으로 갖추어지는 환기와 배수에 필요한 시설이 있다.
- ③ 배수와 관련된 구조적 시설과 전기적 시설인 공동관로는 항상 상호간섭의 관계에 있게 된다. 두 시설간의 공통점은 터널의 횡단면에서 볼 때 종방향으로 양쪽 벽쪽으로 배치된다는 것이다. 그러나 어느 시설이 횡단면상에서 바깥쪽 또는 안쪽에 설치되느냐가 간섭사항이 된다.
- ④ 공동관로 시설은 전기시설의 특성상 터널이 종방향으로 진행하면서 선로연변 전기시설물의 배치에 따라 횡단전선관이 설치되어야 하거나 터널내부에 설치될 지하공간간의 각종 전기기계설로의 연결관로가 필요하게 된다.

(3) 효율적 구성방안

- ① 공동관로의 배치
 - 터널횡단면상의 양측 및 내측에 배치

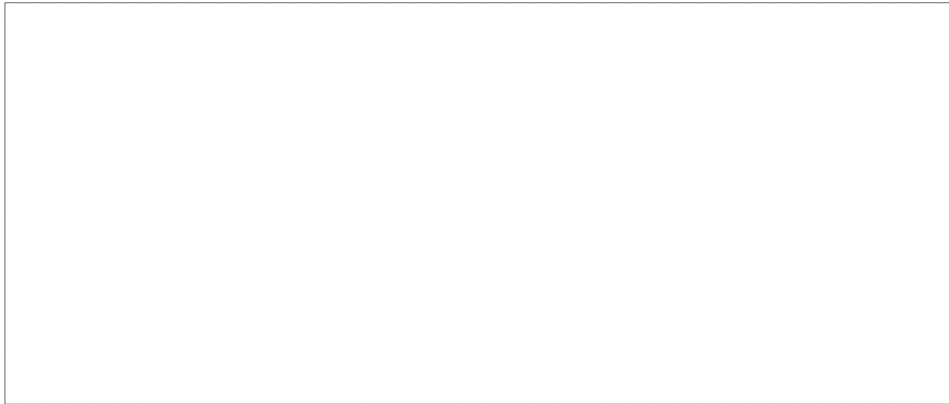


그림 6. 터널 내 공동관로의 배치

② 공동관로의 구성

- 구조체 : 공동관로를 위한 공간을 제공
- 공동관로 : 전력, 통신, 신호 설비별 구분공간 구성

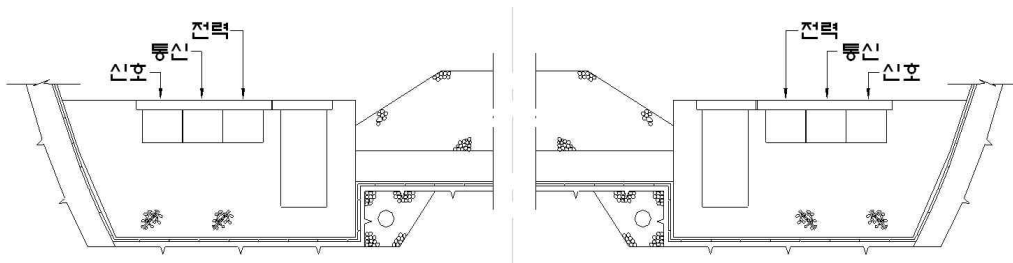


그림 7. 공동관로의 구성

- 공동관로의 구성재료는 터널 내부환경, 전선로로써의 요구사항(발열, 케이블 손상 방지) 및 외부충격으로부터의 자기 보호를 위한 기계적 강도를 보유해야 한다.
- 구조물의 내용적 규격은 사업별 규모에 따라 전기 부문과의 협의에 의해 결정되어야 한다.

2.2 전차선용 지지금구

2.2.1 설치목적

- (1) 전기철도에서 급전용 전차선을 설치하기 위해서는 카테나리 방식이나 R형 강체전차선에 의한 가공선로를 구성해야 한다.
- (2) 이러한 전차선을 설치하기 위해서는 터널의 구조체에 지지대를 설치하고 지지대로부터 가선용 금구를 설치하여 전차선을 가선한다.

2.2.2 전차선로 지지물 배치의 특성

- (1) 전차선로의 지지물 배치는 전차선 설계에서 패킹플랜이라는 배치도에 의해 표현된다. 전차선은 급전선으로 전기기관차에 설치된 펜타그래프와 접촉되어 움직이는 열

차에 동력을 공급하게 된다. 따라서 열차의 표정속도 및 최고속도가 전차선 설치의 견고성을 정해주는 요인이 된다.

- (2) 전기기관차에 의한 열차가 전차선으로부터 동력을 공급받아 주행하게 되면 팬터그래프가 자체스프링에 의해 전차선과의 접촉을 지속적으로 유지하고자 하지만 가공설치된 선차선의 진동이 불규칙할 경우 접촉이 단절되는 현상이 반복된다. 이것을 이선율이라 하는데 운행시간중의 비접촉 시간율을 나타낸다.
- (3) 전차선의 지지물의 배치는 이선율을 최소화하는 방향으로 검토해야 한다.
- (4) 또한 선로의 배선구성과 터널구성에 따라 지지금구 하나에 상행선 하행선 전차선을 모두 설치하는 방법과 각각 설치하는 방법이 있다. 그에 따라 전차선용 지지금구의 배치도 달라지게 된다.

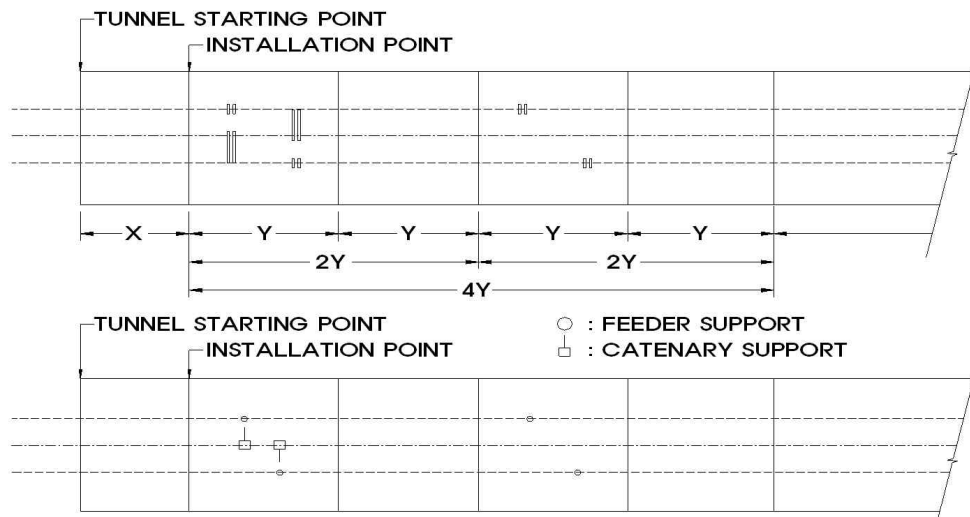


그림 8. 카테나리 방식 전차선 지지금구 배치도(C-Channel)

2.2.3 지지금구의 설치방안

(1) 아치형 터널에서의 설치

- ① 아치형 터널에서의 전차선 지지금구는 아치를 따라 조정가능한 구조로 되어 조정시 높이와 위치가 조정될 수 있는 구조이어야 한다.
- ② 아치형 터널의 경우 터널폼에 의해 라이닝이 설치되므로 라이닝에 지지금구를 고정하기 위해서는 형상이 터널폼의 곡선과 동일하여 터널폼에 부착고정이 가능한 형상이어야 한다.
- ③ 일반적으로 터널폼의 단위 길이가 일정하므로 입구로부터 출구까지 적정 위치에 일정한 간격으로 고정설치를 할 수 있도록 패킹 플랜을 계획해야 한다.

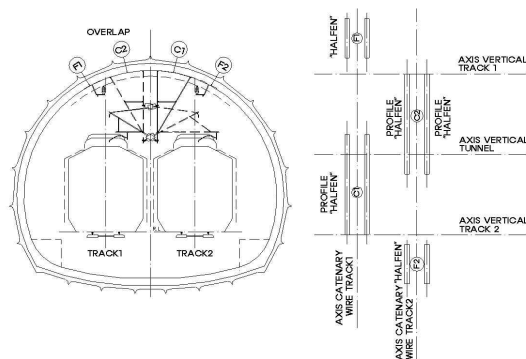


그림 9. 카테나리방식 전차선 지지금구 배치도 2(C-Channel)

(2) 개착식 터널에서의 설치

- ① 개착식 터널의 경우 선로의 중심선에 설치하면 되므로 인서트 양카류로 일정한 형상을 갖추어 설치할 수 있다. 좌우 편위 조정은 인서트 양카에 고정된 지지금구에서 가능하므로 설치가 아치형 터널에 비해 용이하다.

2.3 장력조정장치 설치공간

2.3.1 설치 목적

- (1) 전기철도에서 전기기관차에 에너지를 공급하기 위한 급전체계에는 앞서 언급한 바와 같이 25kV 계통의 경우 R-bar에 의한 강체전차선 방식과 카테나리 방식이 있다. 강체전차선 방식과 카테나리 전차선 방식의 적용에 관해서는 운행하고자 하는 열차의 최고속도에 따라 정해진다.
- (2) 즉, 전차선과 펜타그래프간의 열차운행최고 속도에서의 중단없는 전력공급을 보장할 수 있는 방식이어야 한다.
- (3) 따라서 카테나리 전차선에서의 전차선 구분 구간의 양측에는 전차선에 적당한 장력을 유지하여 온도변화에 따른 신축에 의한 수직적 수평적 굴곡부 발생을 억제해 줄 수 있는 장력조정장치가 설치되어야 한다.

2.3.2 설치방안

- (1) 만약 터널의 표준단면적이 정해진 범위내에서 장력 조정장치 설치가 곤란한 경우에 적용된다.
- (2) 전차선 기본설계인 패킹 플랜에 의해 위치가 정해지며 패킹 플랜은 배선의 곡률반경에 따라 계획한다.
- (3) 전차선 구분구간은 대략 1,500m 이내 간격으로 정해진다.
- (4) 즉 1,500m 이내마다 기본 단면보다 확대된 단면을 가진 적정 길이의 구간이 배치된다는 것이다.
- (5) 확대된 단면을 가진 구간은 상하행선 동일 위치일 수도 있고 상이한 위치가 될 수도

있다. 물론 구조적 안정성을 고려하여 가능하다면 동일위치인 경우가 시공성이 개선될 것이다. 따라서 전기분야와 터널토목분야가 긴밀히 협의하여 결정하여야 할 것이다.

- (6) 확대단면을 가지는 구간의 거리 및 깊이는 대략 구간거리가 200~250m 정도이고 깊이는 1.5~2.5m 정도이다. 이는 개착식 터널의 경우 사각구조이므로 적은 깊이의 구조에서도 장력조정장치 지지대 높이를 확보할 수 있으므로 짧아질 수 있을 것이나 아치형 터널의 경우 아치의 곡률에 따라 장력조정장치의 지지대에 필요한 높이를 확보할 수 있는 깊이이어야 한다.

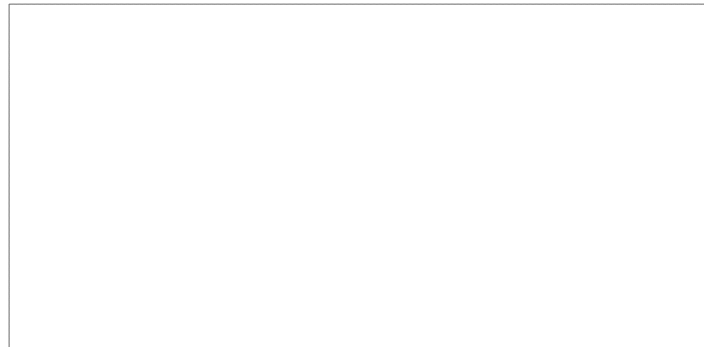


그림 10. 장력조정장치 설치를 위한 터널구조

2.4 터널내 전기관련 기계실

2.4.1 설치목적

- (1) 일반사항에서 언급한 바와 같이 철도산업에서의 전기시설인 전력, 신호, 통신 각 분야의 시스템적 필요성에 의해 터널내부에 기계실이 배치될 수 있다.
- (2) 특히 장대터널 즉 2km를 초과하는 터널의 경우 필연적으로 터널 내부에 전기관련 기계실 배치가 필요하게 된다.
- (3) 2km 이내 길이의 터널의 경우 일반적으로 전기관련 기계실이 필요한 경우 터널 입출구 부분에 면적을 확보하여 설치해야 한다. 따라서 터널 계획시에는 항상 터널 내부에서의 전기관련 기계실의 필요성 여부와 더불어 입출구부에서의 필요성도 동시에 검토해야 한다.
- (4) 특히 통신시설인 무선통신 중계용 안테나 설비는 모든 터널의 입출구에 배치하는 경우가 많다.

2.4.2 설치방안

(1) 전력관련 기계실

- ① 필요한 장소에 필요한 면적으로 설치해야 한다.
- ② 바닥면에 전선의 통로로 활용할 케이블 트렌치를 배치하여야 하므로 최소 천장고가 대략 3.5m 이상은 되어야 한다.
- ③ 본선터널 양측에 배치된 공통관로와의 연결관로 구성을 고려한 구조이어야 한다.(배



수로와의 간섭조정 방안 적용)

- ④ 구조물 완성 후 건축적 마감작업을 고려해야 한다.
- ⑤ 장비의 반출입이 가능한 건축적 마감을 계획하여 장래 유지보수에 대비해야 한다.
- ⑥ 적절한 환기방안 또는 냉방시설을 적용하여 기기의 발열에 의한 기기의 성능저하 및 수명감소를 예방하는 구조로 해야 한다.
- ⑦ 방수를 고려한 구조적 계획으로 지하공간에서의 침수, 습도 증가에 의한 전기기기 절연 열화를 억제해야 한다.
- ⑧ 본선 터널에서 발생하는 분진으로 인한 실내환경 오염 및 전기기기 고장을 억제할 수 있는 환기시설을 적용해야 한다.
- ⑨ 그와 더불어 전기기기의 적용 시방도 터널내부라는 환경 특수성을 고려한 제품으로 적용해야 한다.

(2) 신호 관련기계실

- ① 신호관련 기계실은 신호 분야의 요구 사항에 따라 신호관련 기계설비를 설치하기에 적합한 장소에 설치해야 한다.
- ② 전력관련 기계실과 유사동일한 조건으로 설치하여야 하나 신호 관련 설비의 특성에 적합한 구조를 감안해야 한다.
- ③ 실내에 전자부품으로 구성된 장비가 수용되므로 특히 습기를 방지하기 위한 건축마감이 필요하다.
- ④ 기계실로부터 터널 본선 양측에 배치된 공동관로에는 케이블이 많으므로 충분한 전선로를 확보하기 위한 검토가 요구된다.

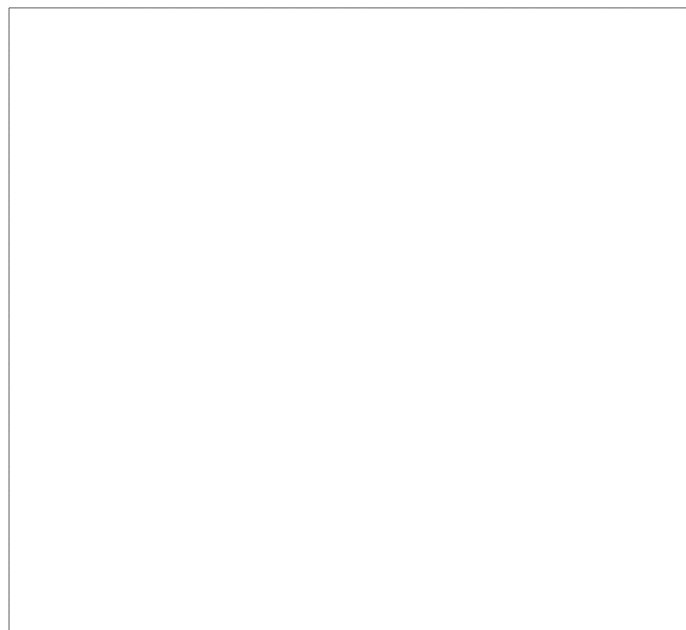


그림 11. 터널 내 전기관련 기계실 배치도



그림 12. 터널 내 전기관련 기계실 단면도

다. 통신관련 기계실

- (가) 통신관련 기계실은 통신 분야의 요구 사항에 따라 통신관련 기계설비를 설치하기에 적합한 장소에 설치해야 한다.
- (나) 신호관련 기계실의 요구사항과 유사한 항목이 요구된다.

2.5 접지시설

2.5.1 설치목적

- (1) 전기공급계통 및 신호, 통신 계통 들은 전기에 의해 동작하는 기기들로서 일반철도 및 전기철도에서 모두 계통의 안정과 감전사고 방지 및 기기의 보호를 위해 접지시설이 필요하다.
- (2) 특히 전기철도의 경우는 열차의 구동에 소요되는 전력이 크게 되어 전차선에 흐르는 전류가 대규모가 되므로 터널내의 제한된 공간에서 대규모 전류가 흐르는 전선이 배치되는데 따른 전기자기적 영향을 고려한 보호시설로서의 접지시설이 요구된다.

2.5.2 설치방안

- (1) 일반철도에서의 접지시설은 주로 전기관련 기계실을 위주로 해당 장소에 설치되므로 터널 구조적인 고려보다는 전기 시설적으로 검토해야 한다.
- (2) 전기철도의 경우 접지시설은 필수설비이며 따라서 구조체 건설과 연계되어 노선 전반에 걸쳐 이루어지는 것이 일반적이다. 즉, 교량의 경우 교각과 상판 제작시 내부 철근의 접지의 연속성을 확보할 수 있는 계획이 수립 적용되어야 하고 터널에서도 터널의 라이닝 및 노반구조체 내부 철로도 접지의 연속성이 유지되어야 한다.
- (3) 또한 구조체 접지와 더불어 전 노선에 걸친 공통모선 접지선이 설치되며 일정 간격마다 구조체 접지와 연접하여 하나의 접지모선으로 전기시설의 접지 요구사항과 전기철도에서의 노선연변 금속체 접지를 공통으로 적용해야 한다.

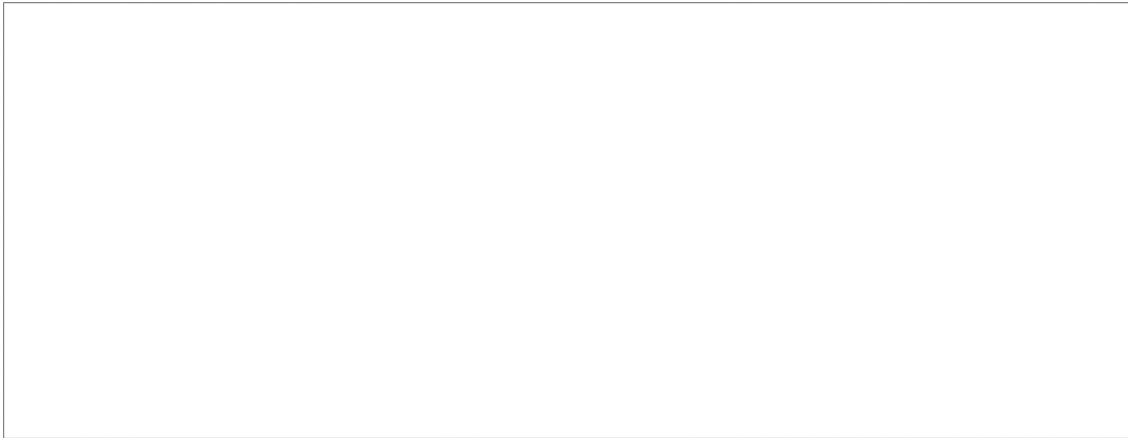


그림 13. 접지 계통도

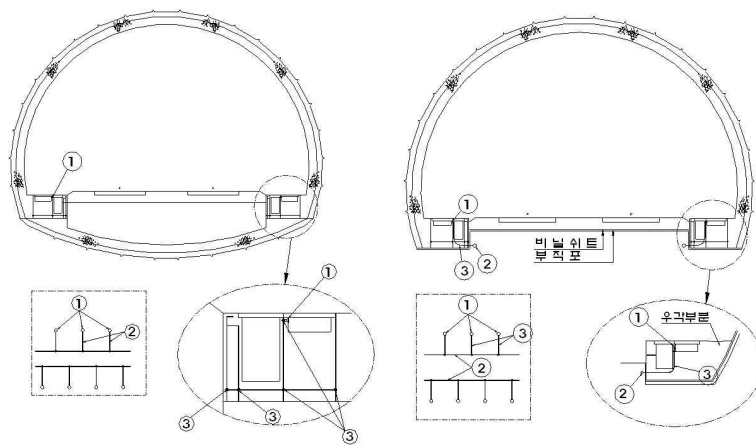


그림 14. 터널 내 접지 설치 표준도

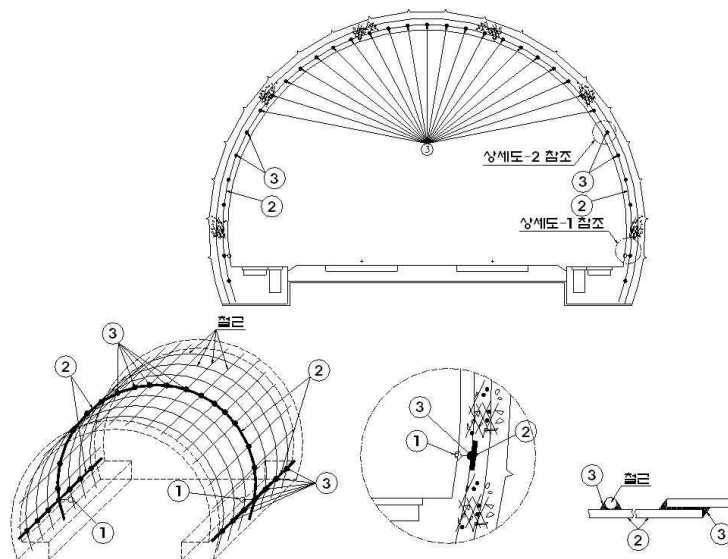


그림 15. 아치형 터널 구조체 접지설치 상세도

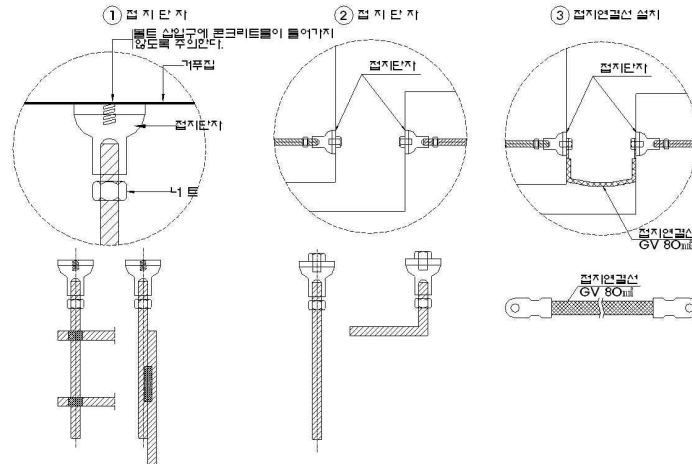


그림 16. 접지단자 설치 표준도

2.6 터널조명설비

2.6.1 설치목적

- (1) 철도터널은 원칙적으로 상시점등을 하지 않고 운영된다. 왜냐하면 궤도 위를 운행하는 열차는 자동화된 제어장치에 의해 운행되고 철도는 일반차량이나 사람이 통행할 수 없도록 법으로 규제되어 있기 때문이다.
- (2) 그러나 긴급시 또는 통상적 유지보수를 위해서는 내부 조명이 필요하다. 이러한 두 가지 필요 상황에 경제적이고 효율적으로 조명을 확보하기 위해서는 긴급시 상황과 통상적 유지보수의 상황을 분석하여 설비를 확보해야 한다.
- (3) 열차가 터널 내부를 주행중 예기치 않은 고장 등의 이유로 운행이 정지되어 부득이 열차에 탑승한 승객이 차량으로부터 이탈하여 대피가 필요한 경우에는 승객이 안전하게 터널 외부로 이동할 수 있도록 통로를 확인할 수 있게 해주어야 한다. 터널 내부로부터 입구까지의 거리 즉 터널 중간에서 긴급 상황이 발생하였을 때 최단 거리의 출구방향 표시가 필요하다. 즉 최단 시간내에 승객들을 안전하게 대피시키기 위해서는 긴급상황의 내용에 따라 방향을 정하고 승객의 불안감을 덜어주기 위해서도 더욱 필요하다.
- (4) 통상적 유지보수를 위한 조명은 철도산업의 특성을 검토 분석해야 한다. 즉 열차운영의 안전을 확보하기 위해서는 각종 일상 점검이 필요하게 된다. 이러한 일상점검 활동의 종류, 내용 및 소요 정도를 검토하여 조명시설을 확보하는 것이 필요하다. 일상 점검 활동과 더불어 정기적 유지보수 및 긴급 보수를 대비한 작업을 위한 조명도 검토되어야 한다. 터널 내부의 철도시설에 대한 발생 가능한 유지보수 작업을 지원하기 위한 효율적 조명 시설을 미리 확보해 두어야 한다는 것이다.



2.6.2 전반 조명(긴급시 및 일상점검 지원)

- (1) 통상적 유지보수 및 긴급시 승객 대피용 조명시설이다.
- (2) 터널내 건축한계 외측에 설치하여 열차 운행에 지장을 주어서는 안된다.
- (3) 비상조명등은 단선터널의 경우 한쪽 벽쪽에, 복선터널의 경우에는 양쪽 벽쪽에 10m 이내의 간격으로 가능한 낮게 기준 평균조도 10럭스(lux) 이상 밝기를 유지하도록 설치하여야 하며, 철도안전규정에 적용받는 터널에서 2중화 전원공급 계통 확보가 곤란한 경우에는 무정전전원장치 또는 터널 저압 수전 등을 보완하여 설치해야 한다.
- (4) 구조물의 천장 및 천장설치 전차선 관련 시설의 점검도 고려한 조명시설이어야 한다. 즉 조명기구 형상이 터널내 전방향으로의 광속조사에 의한 일상점검이 가능해야 한다.

2.6.3 국부조명(유지보수 작업 지원)

- (1) 상시 유지하는 시설을 유지보수 작업에 필요한 조도기준으로 설치하는 것은 경제성이 떨어진다. 따라서 터널내 일정 장소에서 벌어질 수 있는 유지보수 작업을 위한 조명은 필요한 때에 주변의 전원을 이용하여 이동형 고출력 조명기구를 적용하는 방식을 활용 한다.
- (2) 이러한 국부조명용 조명기구는 각 터널별로 일정수량을 확보하거나 유지보수 조직별로 필요 수량만큼 확보하여 운영할 수 있다.
- (3) 국부 조명용 조명기구는 자립형이며 필요한 장소로의 이동이 용이한 구조를 갖추어야 한다. 휴대용 자립형의 경우 이동 및 보관이 용이하므로 기동성을 제고해 준다.

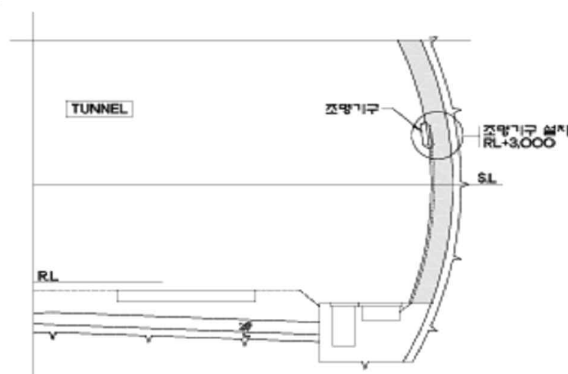


그림 17. 터널등기구 설치용 배관함 설치도

- (4) 국부조명용 조명기구는 대부분 특정장소에서의 유지보수작업을 지원하게 되며 작업용 전원 수구에 연결하여 사용하므로 작업용 전원 수구의 전원 용량에 맞게 시설해야 한다.

2.6.4 조명의 제어

(1) 전반 조명의 제어

- ① 장경간 터널의 경우 전반 조명을 위한 조명 전력도 무시할 수 없을 정도로 크게 된다. 따라서 조명의 점멸 방법에 따라 소비전력량을 현저하게 절감할 수 있다.

- ② 전반 조명의 점멸 방법은 터널 내에서의 조명의 필요성을 효율적이면서 적극적으로 지원하는 방향으로 계획되어야 한다. 즉 일상점검을 위한 점검팀이 터널의 한쪽 입구에서 다른 쪽 출구로 진행하면서 점검활동을 할 경우 점검팀의 시야 범위 내에만 필요한 조도를 확보해주고 진행 방향으로 소등과 점등을 반복하면서 진행하게 해준다면 점검기간중 전체 점등에 의한 에너지 낭비를 억제할 수 있다.
- ③ 그러나 긴급상황에 의한 승객 대피의 경우는 그러하지 않다. 즉 긴급상황에 의해 승객이 가까운 출구로 대피할 필요가 있을 경우 승객의 안전한 탈출보장과 승객의 불안감 해소를 위해 터널 전구간에 걸쳐 점등하는 것이 필요하다.
- ④ 위의 서로 다른 방안은 자동화 회로에 의해 구성되어 필요한 경우 별로 정확한 동작이 이루어질 수 있어야 한다.

2.6.5 출구방향 표시등

- (1) 긴급 시 승객의 탈출을 돕기 위한 표시등은 전원공급이 중단되지 않는 표시등으로서 녹색바탕에 백색표지를 적용한 탈출구 표시를 하고 양쪽 방향에 대한 가장 가까운 터널입구 또는 비상탈출구까지의 거리를 명시해야 한다.
- (2) 단선터널일 경우 한쪽 벽쪽에 100m 이내, 복선터널일 경우 양쪽 벽쪽에 지그재그 50m 이내 간격으로 바닥면상 0.5m 이내로 설치해야 한다.
- (3) 외부전원공급을 차단하는 때에는 60분 이상 자체적으로 전원을 공급할 수 있는 축전지가 내장되어야 한다.

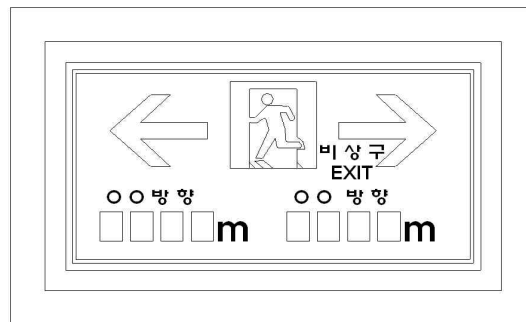


그림 18. 출구 방향 표시등

2.7 작업용 전원설비

2.7.1 시설목적

- (1) 철도터널은 내부시설 즉 구조물을 포함한 각종 전기, 기계시설의 시설개량 및 고장 수리를 위한 작업이 필요한 경우가 발생한다.
- (2) 이러한 터널내 작업을 위해 작업중 필요한 전기기계 기구의 종류 및 전원 용량을 조사하고 그에 따른 작업용 전원설비를 미리 갖추어 놓으면 필요시 작업을 원활하게 수행할 수 있게 된다.



- (3) 그러나 특수한 작업 즉 대용량 전원이 필요한 경우는 전기분야와 협의하여 전원을 확보하여야 할 것이다.

2.7.2 시설방안

- (1) 작업용 전원설비는 발생 가능한 작업을 분석하여 결정하여야 하겠지만 대체로 3상 전원을 시설하는 것이 유리하다.
- (2) 저압 3상 4선식 380/220V 전원을 터널내부 벽측에 지그재그로 양측에 설치하여 필요시 활용할 수 있게 해야 한다.
- (3) 분전함 방식으로 구성하여 내부에 주차단기 및 3상, 단상의 차단기를 적정수량 시설하여 용도 및 필요에 따라 연결 사용할 수 있게 한다.

RECORD HISTORY

Rev.0('12.12.5) 철도설계기준 철도설계지침, 철도설계편람으로 나누어져 있는 기준 체계를 국제적인 방법인 항목별(코드별)체계로 개정하여 사용자가 손쉽게 이용하는데 목적을 둬.

Rev.1('17.3.20) 철도설계기준(국토교통부고시제2015-1014호, '15.12.29)이 개정 고시됨에 따라 개정내용(전반조명 평균조도 변경)을 반영