

KR C-02060

Rev.11, 24. July 2019

본선부대 및 안전시설

2019. 7. 24



한국철도시설공단

REVIEW CHART

개정 번호	개정 일자	개정사유 및 내용(근거번호)	작성자	검토자	승인자
0	2012.12.05	설계기준 체계 전면개정 (설계기준처-3537, '12.12.5)	박정수	석종근 손병두	김영우
1	2013.02.22	지하구조물 유지관리용 접근시설 설치 기준 신설 (설계기준처-518, '13.2.22)	최용진	석종근 손병두	김영우
2	2013.04.29	“선하역사 배수 개선사항” 반영 (설계기준처-1334, '13.4.29)	최용진	석종근 손병두	김영우
3	2014.11.17	“방음벽 지주간격 조정요건” 상세 기술(설계기준처-3380, '14.11.17)	최용진	김대원 이용희	이동렬
4	2014.12.09	설계·시공 기준 전반에 대하여 안 전 강화(방호울타리, 낙하물방지막, 안전난간 등)	전병규	김대원 백효순	이동렬
5	2016.06.15	산기슭 선로 연변 동물침입 방지를 위한 울타리 설치형식 등 반영 (설계기준처-1628, '16.6.15)	최용진	손병두 백효순	김영하
6	2016.12.02	교량 배수관 설치방법 개선, 교량점 검시설 설치기준 보완 등 반영 (설계기준처-3380, '16.12.2)	민진식	손병두 백효순	김영하
7	2017.03.20	“철도설계기준(국토교통부고시 제 2015-1014호, '15.12.29)” 개정내용 반영(설계기준처-3735호, '15.12.30)	민진식	이만수 백효순	김영하
8	2017.10.27	토공구간 방음벽 기초 및 지주간격 기준제시(설계기준처-3175호)	최용진	이만수 백효순	김영하
9	2017.12.22	교량 대피시설 설치 기준, 방음벽 지주 간격 개정, 교대 및 교각 점검시설 설 치기준 개정(설계기준처-3830호)	민진식	이만수 백효순	김영하
10	2019.07.22	국토교통부 대전~당진 차동1교 작업자 추락 사망사고 조사결과에 따른 후속 조치(철도건설과-2220, '18.7.10) 반영 (기준심사처-2371호)	최용진	박진용	민병균
11	2019.07.24	2019년 종합감사(강원본부) 결과(교량 비상대피시설인 “지면 지지 형식” 개요 도 수록) 반영 (기준심사처-2423호)	최용진	박진용	민병균

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. 토공관련 부대시설	1
2.1 길내기	1
2.2 개천내기	1
2.3 방음벽	2
2.4 낙석방지공	3
3. 교량관련 부대시설	4
3.1 부속설비	4
 해설 1. 안전시설	 9
1. 안전시설의 일반사항	9
1.1 안전시설의 정의	9
1.2 안전시설의 종류	9
1.3 안전시설의 기능	10
1.4 설계시 고려사항	11
1.5 용어의 정의	12
2. 열차운전 안전시설	13
2.1 탈선방호시설	13
2.2 차막이	15
2.3 과선교 안전시설	17
2.4 건널목 안전시설	18
3. 작업원(여객) 안전시설	19
3.1 교량안전시설	19
3.2 터널안전시설	21
4. 선로방호시설	24
4.1 방호울타리	24
4.2 교각충돌 방지시설	25
4.3 차량한계틀	30
 해설 2. 부대시설	 32
1. 부대시설의 일반사항	32
1.1 용어의 정의	32



1.2 부대시설의 종류	32
1.3 부대시설의 기능	33
1.4 설계시 고려사항	33
2. 방음시설	33
2.1 개 요	33
2.2 설계기준	41
2.3 종합적 설계	68
3. 유지관리시설	71
3.1 토공부	71
3.2 교량부	74
3.3 터널부	79
3.4 지하구조물 접근시설	80
4. 생태통로	82
4.1 생태통로의 정의 및 기능	82
4.2 생태통로의 역할	82
4.3 생태통로의 종류	82
4.4 생태통로의 설치	83
4.5 생태통로의 설계	87
4.6 기타	87
5. 전기관련 토목시설	88
5.1 공동관로	88
5.2 공동관로 세굴방지 및 배수시설	89
5.3 접지시설	90
해설 3. 공사 중 설비	103
1. 공사 중 설비개요	103
2. 공사 중 환기설비	103
2.1 환기량 산정	103
2.2 환기설비 선정	108
2.3 환기방식의 선정	110
3. 공사 중 급수설비	115
4. 공사 중 배수설비	116
5. 오탁수 처리설비	116
6. 공사용 전기시설	117
6.1 수변전 설비	117
6.2 고압 및 저압 배전선로 설비	118
6.3 공사용 조명설비	118

6.4 공사용 동력설비	119
7. 기타 전기관련 토목시설물	119
RECORD HISTORY	120

1. 용어의 정의

- (1) 비탈면 : 지반의 경사진 면을 말하며 형성 기원에 따라 쌓기 또는 깎기로 만들어진 인공비탈면과 원래 지형이 경사진 자연비탈면으로 구분.
- (2) 노반(路盤 : Road Bed) : 궤도를 부설하기 위한 흙구조물 및 토목구조물.

2. 토공관련 부대시설

2.1 길내기

2.1.1 길내기 일반

농로 등 기존도로를 횡단하거나 철도건설로 인해 기존도로를 이설 또는 신설해야 할 경우는 길내기를 설계해야 한다.

2.1.2 설계

- (1) 도로와 철도가 교차하는 경우에는 입체 교차되도록 설계해야 한다. 다만, 관계기관과 협의한 경우 평면교차로 설계할 수 있다.
- (2) 철도와 도로의 교차개소는 기존위치에서 직각횡단할 수 있게 하며 부득이한 경우 위치를 조정해야 한다.
- (3) 철도를 고가 혹은 지하로 입체화 하는 경우, 철도를 횡단하는 구간의 도로 기울기는 가능한 한 수평으로 하고, 그 외 구간은 도로설계기준(도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙, 농어촌도로의 구조·시설기준에 관한 규칙 등)에 따르며, 지하 횡단시설의 기울기는 특수차량(유류차, 컨테이너차)이 안전하게 통과할 수 있게 해야 한다.
- (4) 지하 횡단시설의 통과높이는 「KR C-02010」 (2)도로횡단시설한계 기준에 따른다.
- (5) 자동차가 통행하는 농로와 마을진입도로에는 교행대피와 보도를 두어야 한다.
- (6) 도로가 철도를 횡단하는 과선교 및 터널의 시종점 구간 등 도로가 철도에 근접되어 자동차 추락이 우려되는 구간에는 추락방지용 옹벽등 방호설비를 설치해야 한다.

2.2 개천내기

2.2.1 개천내기 일반

- (1) 기존 개천을 횡단하거나 철도건설로 인해 이설 또는 신설해야 할 경우는 개천내기를 해야 한다.
- (2) 개천내기 설계는 관할하천 관리청, 지방자치단체와 협의하고 하천설계기준 등 그의 시설기준에 따라 설계해야 한다.

2.2.2 설계

- (1) 개천내기는 수리 및 수문학적으로 검토하여 설계해야 한다.
- (2) 개천내기 폭, 유효높이 등은 최대 홍수 시 범람 등을 고려하여 안전하도록 설계해야 한다.



- (3) 농경지를 횡단하는 구간은 설계된 개천내기로부터 농수로에 원활하게 유입 및 유출될 수 있도록 해야 한다.

2.3 방음벽

2.3.1 방음벽 일반

- (1) 설계하중은 고정하중, 풍하중을 적용하며 일반적으로 충돌하중은 고려하지 않는다.
- (2) 고정하중 산출시 단위중량은 <표 1>을 기준으로 하고 실하중이 명백한 것은 그 값을 적용해야 한다. <표 1>에 제시하지 않은 재료의 단위중량은 실하중을 적용한다.
- (3) 풍하중은 방음벽에 수직으로 적용하며 <표 2>와 같다.

표 1. 재료의 단위중량(kN/m³)

재료	단위중량	재료	단위중량
강재	77.0	콘크리트방음판넬	2.25
철근콘크리트	24.5	알루미늄방음판넬	0.30

표 2. 방음벽 기초 및 지주의 지역별 표준 설계 풍하중(단위 : kN/m²)

지역	기본풍속 (m/s)	지명	표준설계풍하중(kN/m ²)			
			토공부			교량부
			H≤4.5m	4.5m<H≤9.0m	H>9.0m	
내륙	30	서울, 대구, 대전, 춘천, 청주, 수원, 추풍령, 전주, 익산, 진주	0.7	0.9	1.0	1.1
서해안	35	서산, 인천	0.8	1.2	1.3	1.5
서남해안 남해안 동남해안	40	군산, 여수, 충무, 부산, 포항, 울산	1.2	1.5	1.5	2.0
동해안 제주해역 특수지역	45	속초, 강릉, 제주, 서귀포, 목포	1.5	1.5	1.5	2.5

- (4) 방음벽의 설계는 열차 통과 전후의 열차풍압, 진동 및 풍하중 등의 영향을 고려하여 방음벽 지주판인 플레이트의 고정너트 풀림방지장치를 설계해야 한다.

2.3.2 지주의 간격

- (1) 토공부에 설치하는 방음벽 지주의 간격은 <표 3>을 기준으로 풍하중과 방음벽 높이에 따라 다르게 적용하며 필요한 경우, 구조해석을 통하여 결정할 수 있다.

표 3. 풍하중과 방음벽 높이별 지주간격

풍하중(kN/m ²)	방음벽높이(m)	지주간격(m)
0.7	2.0~8.0	4.0
0.9	2.0~8.0	4.0
1.2	2.0~6.5미만	4.0
	6.5이상~8.0	2.0
1.5	2.0~6.0미만	4.0
	6.0이상~8.0	2.0

(2) 지주는 구조적으로 안정성을 확보하도록 설계해야 한다.

2.3.3 방음벽 기초

(1) 설계하중은 고정하중, 풍하중, 토압, 활하중을 고려하여 설계해야 한다.

① 고정하중 및 풍하중은 방음벽지주 설계하중을 적용하며 토압은 「KR C-06020」을 따른다.

② 활하중은 열차 활하중을 적용해야 한다.

(2) 설계하중계수 및 조합, 구조해석, 구조 상세는 「KR C-06020」을 따른다.

2.3.4 기타

(1) 기초옹벽의 돌출높이 및 구조 등은 현장여건에 따라 변경할 수 있다.

(2) 쌓기 구간의 방음벽 설치개소에는 주변여건을 감안한 배수공을 설치하여 집중 호우 시 노반에 피해가 없도록 설계해야 한다.

2.4 낙석방지공

2.4.1 낙석방지공 일반

(1) 암반비탈면에서 낙석이나 낙반의 위험이 있는 개소는 비탈면을 보호하기 위해 낙석방지공을 설계해야 한다.

(2) 낙석방지공은 비탈면의 하단부나 중간부 또는 옹벽 등의 구조물 상부에 설치하는 등 현장조건에 적합한 방법으로 설계해야 한다.

2.4.2 낙석방지공 설계

(1) 낙석방지울타리는 충격하중 25kN/m에 견딜 수 있게 설계하며 낙석방지울타리는 지주, 벽체, 조립용 철물, 기초로 구성되며 어떠한 재료라도 장래 녹이 발생하는 재료는 사용할 수 없다.

(2) 낙석방지울타리는 깎기 비탈면 높이가 10m 이상인 구간에 설치하며 경암, 연암 및 전석이 섞인 혼합암 층의 높이가 5m 이상인 구간에 우선 설치한다. 지주 상단부는 일정한 길이가 노반 쪽으로 휘도록 제작하고 지주의 기초 상면(지면)과 철망하단부 사이는 유지보수를 감안하여 일정한 간격(0.3m)을 띄어 설치한다.



- (2) 낙석방지울타리는 깎기 비탈면 경사가 완만하여 낙석의 튀는 높이가 낙석방지울타리 높이보다 높지 않은 경우 설치하고 깎기 비탈면 경사가 급하여 낙석이 선로에 떨어질 우려가 경우에는 낙석방지망과 함께 설치하며, 토사가 혼합되어 낙하될 것으로 예상되는 경우에는 옹벽과 함께 설치한다. (『도로안전시설설치 및 관리지침-낙석방지시설편』참조)
- (4) 낙석방지 울타리의 높이는 2.5m를 표준으로 한다. 이격거리는 비탈면으로부터 1~2m 이내에서 비탈면과 주변의 여건에 따라 결정해야 한다. (『도로안전시설설치 및 관리지침-낙석방지시설편』참조)
- (5) 농로, 지방도(군도, 면도), 국도, 고속국도 통과(교차)구간에는 낙석(설빙)방지 울타리를 설치해야 한다.

3. 교량관련 부대시설

3.1 부속설비

3.1.1 상판에 부설해야 하는 시설물

- (1) 철도 운영과 연관해서 상판에 부설해야 하는 시설물은 다음과 같다.
 - ① 접지 장치(전기적인 절연체에 대한 안전한 요구도)
 - ② 전차선로 지주 또는 신호기 프레임을 고정하는 장치
 - ③ 방수재
 - ④ 구조물 신축이음장치
 - ⑤ 배수로
 - ⑥ 공동관로(cable ditches, 전기장치의 인터페이스)
 - ⑦ 난간과 방음벽
 - ⑧ 탈선 방호벽
- (2) 이러한 시설은 교량설계에서 매우 중요한 영향을 줄 수 있다. 교량 상판에 이들 시설이 놓일 자리와 관련하여 위치를 결정하기 전에 반드시 주의 깊게 검토해야 한다.
- (3) 철도는 그 기하학적인 노선의 특성상 매우 연장이 긴 교량구간을 포함하므로, 모든 전기적이고 기계적이며 신호와 관련된 시설이 토공구간과 만나는 곳 또는 교량 상에서 만나는 곳들이 있으므로 주의 깊게 확인하고 고려해야 한다.
- (4) 접지
 - ① 모든 구조물(상부구조와 하부구조)은 구조물의 수명기간 동안에 부식(전기부식)에 대한 보호를 하기 위하여 그들이 설치되는 강재 요소에 대하여 접지 장치를 「철도설계기준(시스템편)」에 따라 설치해야 한다.
 - ② 세부적인 설계와 도면은 이에 상응하는 상세를 제시하고 도면에 도시해야 한다. 특별히 보강 강재 도면 등은 접지를 가능하게 하기 위해 각각의 요소에 대한 접지용 강재를 포함하는 설치 장치들을 제시해야 한다.

(5) 전차선로 지주와 신호기 고정장치

- ① 교량상판에 설치되는 전차선로와 신호기 지주 고정블록은 특히 고속주행시 발생하는 모든 하중과 휨을 견딜 수 있게 설계해야 한다.
- ② 상기와 동일한 요구사항은 신호 프레임과 그 지주에 대해서도 적용해야 한다.
- ③ 정확한 설치위치와 상세사항은 도면에 제시되어야 하며 상세한 사항은 「철도설계기준(시스템편)」에 따라 설치해야 한다.

(6) 방수

- ① 철근의 부식을 방지하여 교량의 내구성을 향상시키기 위하여 교량 상부 바닥판에 교면방수 등 보호공을 적용해야 한다.
- ② 교면방수 등 철도교량의 보호공법은 교량형식, 궤도형식, 하중조건, 환경조건 등을 고려하여 선정해야 하며, 공법 선정시 보호성능, 시공성, 유지관리, 친환경성, 경제성 등을 평가하여 선정해야 한다.

(7) 신축이음장치

① 레일신축이음장치

가. 레일신축이음장치는 레일에서 허용할 수 없는 초과응력을 발생시키는 교량의 종방향변위와 그 레일의 축력을 해결하기 위해 적용된다.

나. 레일신축이음장치의 설치는 신축길이가 강교 60m 이상, 콘크리트 혹은 강합성교 90m 이상일 경우에 대하여는 「KR C-08080」의 축력해석에 따라 축력이 허용범위를 초과하는 개소에 설치하여야 한다. 다만, 현장여건상 또는 기타의 사유로 필요하다고 판단되는 개소에 설치할 수 있다. 이는 일반체결구를 사용할 경우이며, 지형변화가 심한 경우와 연약지반구간인 경우에는 별도로 축력해석을 수행하도록 한다.

다. 교량상에 1개의 레일신축이음장치가 있는 불연속 궤도의 고정점간 거리는 400m로 제한해야 한다.

라. 신축이음매의 설치조건은 「철도설계지침(궤도편) (2010)」 7.4 ‘장대레일 신축이음장치’를 따른다.

② 교량 구조물신축이음장치

가. 교량 구조물신축이음장치는 상세도면에 표현해야 하며 반드시 철도시방에 의하여 완제품 시험을 시행해야 한다.

나. 교량 구조물신축이음장치는 다음을 고려하여 설치해야 한다.

(가) 건조수축, 온도 변화, 시동 및 제동 하중 등에 기인하는 교량 종방향 움직임에 대한 자유 신축공간의 제공

(나) 지진이 발생하는 동안 구조물들 사이에서 충돌에 의한 충격을 막기 위하여 다른 진동 모드를 고려함으로써 두개의 인접 구조물 사이에서의 공간을 제공

(다) 이음의 각 연결부 면에서 도상을 유지하기 위하여



- (라) 특히 넓은 유간이 발생할 수 있을 경우 인적손상의 방지를 위하여
- (마) 교각 또는 교대 상에서의 어떠한 도상 자갈 이탈로 인한 하부로의 자갈낙하 방지
- (바) 횡방향 도상 경사를 준용하는 수직방향 치수의 조절 허용
- (사) 정규적인 절연
- (아) 교체와 제거 등의 유지관리
- (자) 크리프와 건조수축에 기인하는 큰 변형이 예상되는 경우에 장래의 수평 유간 조절에 대한 허용치 확보

다. 신축이음장치의 신축량 산정에는 상기의 기본 신축량 외에 설치할 때의 오차와 하부구조의 예상 밖의 변위 등에 대처할 수 있도록 여유량을 고려해야 한다. 이 여유량은 교량의 규모에 따라 다음의 값으로 한다.

- 신축장 100m 미만 : (기본 신축량×20%)+10mm
- 신축장 100m 이상 : 설치 여유량(10mm)+부가 여유량(20mm)

여기서, 신축장은 신축하는 거더의 길이로서 일반받침 및 면진받침에 대하여 각각 고정단으로부터의 거리 및 교량의 중심에서부터의 거리이다.

라. 교량 구조물신축이음장치에는 상대변위의 크기에 따라 레일신축이음장치의 설치여부를 결정해야 한다.

- (가) 강재 플레이트 형식은 작은 상대변위를 허용하는 곳에 대하여(레일 신축 이음 없는 두개로 구성된 교량 상판사이의 상대변위는 레일과 구조물의 상호작용 때문에 최소치로 10mm 이상) 레일 신축 이음 없이 적용해야 한다.
- (나) 탄성계의 얇은 판을 사용하여 400mm까지의 큰 변위를 허용해야 하는 경우(레일 신축 이음이 있는 두개의 교량 상판사이에서의 레일-구조물간의 상호작용 때문에 최소치는 30mm 이상)에는 레일 신축이음을 제공해야 한다.

(8) 배수시설

① 교량상부 슬래브 배수

가. 배수 장치는 모든 상세도면에 표현해야 한다.

나. 바닥이 폐상식인 경우에는 가능한 한 큰 배수공 및 배수관을 설치하고 배수 경사는 1/100 이상으로 해야 한다.

다. 구조상 물이 고이는 부분은 배수공을 뚫거나 배수공을 설치해야 한다.

라. 프리스트레스트 콘크리트 박스거더 교량의 경우 상판배수는 단면의 중심으로 2%의 경사를 가지고 있어야 한다. 배수구는 단면중심에 위치하도록 설계해야 한다. 우수 등의 유입수는 박스의 안쪽에 있는 관으로 집수되어 교각 위치에서 지면으로 배수되도록 하는 것으로 한다.

마. 배수관은 교각으로 연결하여 유도수로로 배수 처리하며, 배수구의 위치는 지표에서 300mm 이격하는 것으로 한다. 이때 온도변화에 의한 신축이 적은 고정단 교각으로 연결하고 가동단 교각에 연결시에는 재료에 따른 신축의 영향을 고려하여야

한다.

② 선하역사 배수

- 가. 배수관 규격은 역사(홈지붕 포함)에서 발생하는 우수 유입량 및 역사(홈지붕 포함) 배수 개별처리 여부를 건축분야와 사전에 협의한 후 선로 등에서 발생하는 유입량을 포함한 계획배수량의 3배를 유하시킬 수 있도록 계획한다.
- 나. 횡배수관은 이음부 및 굴곡부 개소를 최소화 하며, 현장여건을 감안하여 2% 이상의 기울기를 두어 원활한 배수가 되도록 하고, 배수관 연장이 긴 경우 혹한기에 동결로 인한 동파방지를 위하여 배수관 보온 또는 열선처리 등을 고려하여야 한다.
- 다. 수직배수관의 말단부는 혹한기 동결로 인한 동파방지 및 찬공기의 유입을 차단하기 위하여 동결심도 이상의 맨홀안에 인입하여야 한다. 다만, 현장여건에 따라 맨홀 인입이 곤란한 경우에는 배수관 보온 또는 열선처리 등을 고려하여야 한다.
- 라. 모든 배수관은 혹한기에도 동파되지 않아야 하고 또한, 녹 및 부식이 발생하지 않는 자재를 사용하여야 한다.

(9) 공동관로

- ① 공동관로는 전기장치와의 접촉에 원활하도록 설계해야 한다.
- ② 공동관로 장치는 상세도면에 표현해야 한다.
- ③ 도상자갈이 공동관로를 덮지 않도록 설치높이를 설정해야 하며, 특히 곡선부에서는 켄트 영향선을 고려하여 공동관로 높이를 설정하거나 자갈막이벽 등을 설치하여 공동관로에 덮힘이 발생하지 않도록 해야 한다.

(10) 난간과 방음벽

- ① 이들 장치들은 상세도면에 표현해야 한다.
- ② 난간과 방음벽은 이들의 설치를 위하여 미리 제공하여야 하는 앵커나 고정장치를 그 정확한 위치와 함께 설계도면에 표현해야 한다.
- ③ 난간 고정장치는 설계조건에 주어진 풍하중 외에 난간의 꼭대기 부분에 800N/m의 수평하중을 추가로 견딜 수 있도록 설계해야 한다.
- ④ 방음벽은 교량 부위에 작용하는 풍하중 등의 영향을 고려하여 설계해야 한다.
- ⑤ 지주와 기초부를 볼트로 체결시 열차운행 진동에 의해 볼트 및 너트가 풀리지 않는 방법을 필수적으로 반영·적용하여야 한다

(11) 탈선방호벽

- ① 고속철도에서 주행 중인 열차가 교량 위에서 탈선하는 것을 방지하는 시설물을 설치해야 한다.
- ② 탈선방호벽은 열차의 주행속도에 따른 탈선하중 및 직선구간, 곡선구간 시설물 높이, 폭 등의 설치조건을 고려하여 설계해야 한다.

3.1.2 유지관리 설비

- (1) 교량의 점검과 유지관리를 위하여 접근로, 점검통로, 교각점검시설 등과 교량의 박스 내부점검을 위한 조명등(조도 10Lux 이상)을 설치해야 한다.



- (2) 각종 유지관리 설비는 현지여건을 감안하여 교량점검시설 설치지침(국토교통부) 등 관련 기준에 따라 설치해야 한다.

3.1.3 방재설비

- (1) 교량 시·종점부 및 하부에는 무단침입 및 무단적치물 등으로 인한 화재예방을 위하여 방호울타리 및 위험표지를 설치해야 한다.
- (2) 교량 위에서 사고 발생 시 안전하고 신속한 대피가 가능하도록 대피로, 안전난간, 중간 대피통로 등을 설치해야 한다.
- (3) 각 종 방재 설비는 「철도시설안전기준에 관한 규칙」에 따라 설치해야 하며, 현지여건을 감안하여 조정하여 설치해야 한다.

3.1.4 방음설비

- (1) 방음설비의 설계에 있어서는 소음의 발생현황, 환경조건 등을 고려하여 선택해야 하며 강도, 내구성 등에 대하여도 검토하고 그 형식은 다음의 조건 중에서 채택하는 것으로 한다.
 - ① 상부음 또는 구조음에 대처할 목적으로 교량의 측면 및 하면에 방음벽을 설치하는 차음공
 - ② 구조음에 대처할 목적으로 강판면에 제진재를 붙이거나 콘크리트로 강부재를 둘러싸는 제진공
 - ③ 주거터 부재에 전해지는 진동에너지를 억제할 목적으로 발라스트 매트를 깔거나 궤도용 슬래브의 보자리에 고무를 붙인 방진 슬래브 등의 방진공
 - ④ 궤도면, 방음벽 등에 흡음재를 부설한 흡음공이 있고 이들을 조합시켜서 사용한다.
- (2) 차음공의 구조 및 재료는 소요되는 차음효과, 강도를 가지는 것 이외에 보수에 대해서도 고려한 것이어야 한다.
- (3) 풍하중은 방음벽에 수직으로 적용하며 풍하중 강도는 「2.3항」의 <표 2> 지역별 설계풍하중을 적용한다.
- (4) 차음공에 이용하는 강재 및 볼트의 허용응력은 일반 허용응력의 1.25배로 한다. 다만 폭풍시 풍압에 대해서는 1.5배로 한다.
- (5) 차음공에 이용하는 강재의 세장비는 <표 4>의 값을 초과하지 않도록 해야 한다.
- (6) 제진공에 이용하는 제진재료는 소요되는 제진효과, 강도 및 내구성을 가진 것으로 해야 한다.
- (7) 제진재료는 진동에 의해 떨어져 나가지 않도록 고정해야 한다.

표 4. 차음공에 사용하는 강재의 세장비

부재의 종류	세장비
압축재	150
인장재	240

해설 1. 안전시설

1. 안전시설의 일반사항

1.1 안전시설의 정의

- (1) 안전시설이란 철도 교통의 안전하고 원활한 소통을 확보하며, 철도종사자 및 여객의 안전을 도모하기 위하여 설치하는 시설물이다.
- (2) 현행 교통관련법규중 안전시설에 대해 언급하고 있는 법규와 내용은 다음과 같다.
 - ① 「교통안전법 제2조」에서는 교통안전시설을 “도로, 철도, 궤도, 항만시설, 어항시설, 수로, 비행장 및 항공보안에 관련되는 시설과 그 시설물에 구축 또는 부착되어 차량, 선박 또는 항공기의 안전운행 또는 운항을 보조하는 공작물”로 정의하고 있다.
 - ② 「철도안전법 제25조」에서는 철도시설관리자는 국토해양부령이 정하는 안전기준에 적합하게 철도시설을 설치하도록 기술하고 있으며, 철도건설규칙(국토해양부) 및 철도의 건설기준에 관한 규정(국토해양부)에서는 승강장의 안전설비, 건널목 및 과선교의 안전시설, 터널조명, 차막이 및 구름방지설비 등의 안전시설을 설치하는 것으로 기술하고 있다.
- (3) 철도운영의 중요조건으로“안전, 신속, 정확, 쾌적, 저렴”이 열거된다. 그 중에서도“안전”은 절대의 과제이며 모든 노력이 안전확보에 기초를 두고 이루어진다. 이와 같이 철도의 모든 시설물이 안전시설이라 하여도 지나치지 않으나 본 편람에서는 철도의 노반 건설시에 설치해야할 안전시설에 한정하여 다루고자 한다.

1.2 안전시설의 종류

본 해설에서는 안전시설물을 시설물 자체가 가지는 본래의 기능에 따라 열차운전 안전시설, 작업원(여객)안전시설, 선로방호시설, 공사중 안전시설의 4가지 그룹으로 나누어 분류하였으며, 각각에 해당하는 안전시설의 종류는 다음과 같다.

1.2.1 열차운전 안전시설

열차운전 안전시설은 열차운전시 신호의 오인이나 브레이크 취급의 지연 또는 과속 등 운전부주의로 발생하는 사고의 예방과 피해를 최소화하기 위한 시설로서 다음과 같은 시설들을 포함한다.

- (1) 탈선방호시설
- (2) 차막이 및 구름방지설비
- (3) 건널목 및 과선교 안전시설

1.2.2 작업원(여객)안전시설

작업원 안전시설은 철도시설물 유지, 보수를 위한 작업원과 열차의 도중정차 등으



로 선로에 하차한 승객의 안전을 확보하기 위한 시설물로 다음과 같은 시설들을 포함한다.

- (1) 교량 안전난간
- (2) 교량 대피소
- (3) 터널 안전손잡이
- (4) 터널 대피소
- (5) 터널 조명

1.2.3 선로방호시설

선로방호시설은 철도선로 노반에 위해를 가할 우려가 있는 인마의 출입을 사전에 차단하고 또한 노반 구조물에 위해를 가할 수 있는 도로 차량 등의 충돌을 사전에 예방하여 철도노반을 보호 하기 위한 시설물로 다음과 같은 시설들을 포함한다.

- (1) 방호울타리
- (2) 추락방지 설비
- (3) 낙하물 방지시설
- (4) 교각 및 상부구조물 충돌 방지시설
- (5) 차량한계틀
- (6) 생태통로

1.3 안전시설의 기능

안전시설의 기능은 철도 선로변에 산재해 있는 수많은 위험요소들로부터 열차 및 승객을 보호 하여 열차사고의 발생이나 이로 인한 피해를 최소화하고, 또한 선로 시설물의 유지, 보수 작업원들이 주행중인 열차의 위험으로부터 안전을 확보하여 안전하게 시설물을 유지, 관리할 수 있도록 하는 것이다.

각 항목별 안전시설의 기능은 다음과 같다.

1.3.1 열차운전 안전시설

- (1) 열차의 탈선을 방지하는 기능
- (2) 신호의 오인이나 제동 취급의 지연 등으로 인하여 과주하였을 경우 차량을 정지시켜 사고나 피해를 최소화하는 기능
- (3) 건널목 및 과선교를 통행하는 차량이나 보행자로부터 받을 수 있는 위험요소를 사전에 예방하는 기능
- (4) 열차 운전요원의 심리적인 안정감을 확보하는 기능

1.3.2 작업원(여객)안전시설

- (1) 주행중인 열차로부터 작업원의 안전을 확보
- (2) 열차가 교량이나 터널내에서 정차시 여객의 안전 확보 및 대피 유도

1.3.3 선로방호시설

- (1) 철도노반에 위해를 가할 우려가 있는 사람과 짐승의 출입을 사전에 예방하여 시설물의 안전 확보와 안전사고의 사전예방
- (2) 철도교량 하부로 도로가 통과시 통과 차량에 의한 철도교량 교각 충돌을 사전에 예방하여 열차 운행의 안전성 확보
- (3) 철도교량 하부로 도로가 통과시 형하공간 부족으로 인하여 통과차량이 철도교량 상부구조에 충돌하는 것을 사전에 방지하여 열차운행의 안전성 확보
- (4) 다른 위험요소로부터 철도시설물의 안전을 확보
- (5) 추락 방지설비
- (6) 낙하물 방지설비

1.4 설계시 고려사항

1.4.1 일반적 고려사항

- (1) 필요한 안전시설을 가장 적게, 그러나 필요한 만큼은 반드시 설치한다.
- (2) 시설물은 통일성이 유지되도록 설치하여 유지관리에 유리하도록 하여야 한다.
- (3) 열차운전에 방해되지 않도록 설치하여 열차의 양호한 주행성을 확보하여야 한다.
- (4) 보수요원의 안전한 통행이 확보되도록 설치하여야 한다.
- (5) 각 시설물은 무분별하게 설치하지 않도록 하고 본래의 기능에 부합되도록 적정한 장소에 설치하여야 한다.
- (6) 적용되는 모든 자재는“산업표준화법”에 의한 한국산업규격표시품(이하 “KS표시품”이라 한다) 또는 이와 동등 이상의 성능을 지닌 자재 이어야 하며, “친환경상품 구매촉진에 관한법률”에 의한 친환경상품 또는“중소기업제품 구매촉진 및 판로 지원에 관한 법률”에 따른 우선구매대상 기술개발제품이 설계에 반영될 수 있는지 검토하여야 한다.

1.4.2 종합적 고려사항

일반적으로 철도선로에는 다양한 안전시설이 종합적으로 설치되어야 한다. 그러므로 각 시설물이 제 기능을 발휘할 수 있도록 시설물별로 적정 설계를 해야 하며 각 시설물 설치로 인하여 타 시설의 기능이 저하되지 않고 모든 기능을 유지할 수 있도록 종합적이고 체계적인 검토가 필요하다.

이러한 요구사항이 특히 요구되는 구간은 주행 중인 열차가 작업원이나 일반인들을 접할 수 있는 모든 개소이며 각 시설그룹별로 고려할 사항은 다음과 같다.

(1) 열차운전 안전시설

주행 중인 열차에서 발생할 수 있는 상황을 고려하여 적절히 반응할 수 있도록 안전시설물을 설계하여야 하며 크기, 형태 등이 일관성 있게 설치, 운용되어야 한다.



- ① 열차탈선 방호시설은 열차가 교량상에서 탈선하여도 교량 하부로 낙하 하지 않도록 충분한 강성을 가져야 한다.
- ② 열차탈선 방호시설로 인하여 궤도의 유지보수에 지장을 주지 않아야 하며, 또한 열차운행을 위한 신호체계에도 지장을 주어서는 안 된다.
- ③ 열차가 과주하였을 때에도 일정 구간을 벗어나지 않도록 하여 피해를 최소화하는 설비를 하여야 한다.
- ④ 건널목 및 과선교를 통행하는 일반차량이나 일반인에 의하여 열차운행에 위협을 주어서는 안 되며, 차량이 과선교 난간에 충돌하여도 선로위로 추락하지 않도록 설비를 하여야 하며 또한 통행 주민이 달리는 열차에 유해한 물질을 투척하지 못하도록 하는 시설물을 설치하여야 한다.

(2) 작업원(여객) 안전시설

선로변에서 유지보수 작업시 작업원이 통과열차에 안전하도록 필요한 설비를 하여야 하며 각 노반 구조형식별로 필요한 시설물을 설치, 운용하여야 한다.

- ① 선로 유지보수 작업원 안전확보에 필요한 시설을 반드시 설치하여야 한다.
- ② 특히 선로 주변 공간이 넓은 구조에서는 안전시설이 필요하지 않으나 교량과 터널 등과 같이 폐쇄된 구조에서는 작업원 및 여객의 대피와 통행을 함께 고려하여 설치하여야 한다.
- ③ 터널에는 조명시설, 대피유도시설, 비상전화 등 다양한 안전시설을 종합적으로 검토하여 설치하여야 한다.

(3) 선로 방호시설

선로방호시설이 제기능을 충분히 발휘하기 위해서는 충분한 설치공간이 확보되어야 하며 노반구조가 동일한 구간에서는 연속성이 유지되어야 한다. 또 서로다른형식(예를 들면 방호울타리와 교량난간)의 시설물들을 함께 설치할 때에는 전이부분의 성능이 약화되지 않도록 설치한다.

- ① 철도를 횡단하는 차량의 운전자에게 적절하게 안전정보를 전달하여 사고를 예방할 수 있어야 한다.
 - ② 가장 기본적인 선로 구조물의 안전은 반드시 보장되도록 하여야 한다.
- 다. 선로 구조물 방호에 필요한 충분한 강성을 가지고 있어야 한다.

1.5 용어의 정의

본 해설에 포함된 안전시설에서 사용된 용어의 정의는 다음과 같다.

1.5.1 안전충선

정거장 구내에서 2개 이상의 열차를 동시에 진출·입시킬 때 만일 열차가 정위치에 정차하지 못하고 지나칠지라도 열차가 다른 열차와 접촉 또는 충돌하는 사고의

발생을 방지하기 위해 설치하는 측선이며, 분기기는 항상 안전측선의 방향으로 개통되어 있는 것을 정위로 한다.

1.5.1 차막이

선로의 종점에 있어 차량의 일주를 방지하기 위하여 설치하는 설비를 말한다.

1.5.2 안전난간

교량 등에서 작업원 등 보행자가 교량 바깥으로 떨어지는 것을 방지하기 위한 교량용 방호울타리를 말한다.

1.5.3 안전손잡이

터널에서 작업원등의 보행자가 통과열차 대피시 잡을 수 있도록 하고 터널 외로 탈출을 유도하기 위하여 설치한 설비를 말한다.

1.5.4 차량방호 난간

과선도로교 등에서 차량이 철도선로로 낙하하는 것을 방지하기 위하여 설치하는 난간 등의 설비를 말한다.

1.5.5 방호울타리

선로로 일반인 및 짐승의 침입을 막기 위하여 선로변에 설치하는 울타리 등의 설비를 말한다.

1.5.6 낙석방지 시설

비탈면 보호공의 일종으로 철도노반의 깎기 비탈면으로부터의 낙석, 토사붕괴 등으로 인한 선로 장애 및 노반구조물의 손상 등을 예방하기 위하여 설치하는 구조물을 말한다.

1.5.7 차량한계틀

선로 하부를 통과하는 도로에 있어서 다리밑 공간을 고려하여 선로 좌·우에 일정 높이 이상의 차량의 통과가 불가능하도록 차량통과높이 한계를 설정하여 설치한 구조물을 말한다.

2. 열차운전 안전시설

2.1 탈선방호시설

2.1.1 정의 및 기능

교량구간에서 열차가 탈선 하였을 때 차량이 전복하거나 교량하부로 낙하하는 것을 방지하기 위하여 설치하는 시설물로서 일반철도에서 적용하고 있는 가드레일방식과 고속철도에서 채택하고 있는 측면구조물방식이 있으며, 본 절에서는 측면구조물방식에 대하여 기술한다.



2.1.2 설계기준

교축직각방향 탈선 이동을 막아주는 장치적인 역할로써 케이블 홈통(Ditch)등에 설치하게 되어 있는 탈선 방호벽 등의 교량 상부면 돌출구조에는 150KN의 교축직각방향 수평하중을 적용하여 탈선 시 열차의 수평 이탈을 제어 할 수 있도록 하여야 한다.

(1) 탈선방호벽의 위치

- ① 탈선 방지 기능을 고려한 위치
- ② 점검통로의 연석기능으로 충분한 폭원 확보

(2) 호남고속철도에서의 탈선방호벽 설계 예

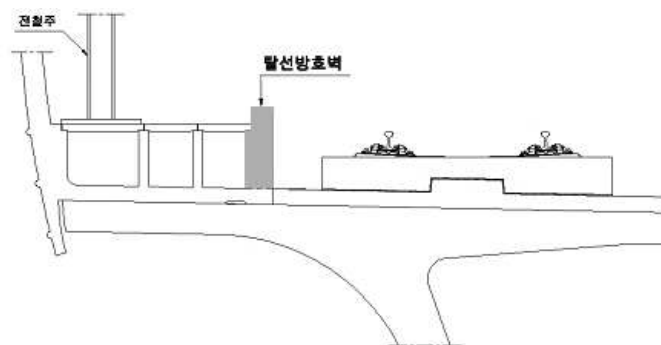


그림 1. 방호벽설계 예

구 분	높이(mm)	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 10px;"> <p>케도중심</p> <p>1,900</p> <p>750 650 500 240</p> <p>926</p> <p>220</p> <p>232</p> <p>150</p> <p>324</p> <p>150</p> <p>2%</p> <p>TCL</p> <p>PCL</p> <p>기</p> <p>단</p> </div> </div>
여유높이	220	
레일 및 체결구	232	
TCL	334	
PCL	150	
배수기울기	-10	
합계	926	
경부고속철 2단계	972	
감소량	46	

① 탈선방호벽의 크기

- 가. 방호벽의 높이 직선구간 926mm(여유높이 220mm)
- 나. 배수 및 케이블 인·출입구 $\Phi 50\text{mm}$ 2m 간격
- 다. 시공이음 설치 4m 간격
- 라. 콘크리트 설계기준강도 300MPa
- 마. 설치위치는 교량 전구간 및 토공접속부 6m까지 설치

2.2 차막이

2.2.1 정의 및 기능

열차가 정지위치를 과주하였을 때 충격을 완화시키기 위하여 완충능력이 있는 구조로 차량을 정지시키기 위하여 선로종단 그리고 기지내 유치선 및 입환선의 끝에 설치하는 장치이다.

2.2.2 종류

차막이의 종류에는 돌식, 레일식, 차륜막이식 및 유압댐퍼식이 있다.

(1) 돌식(중력식)

- ① 흙이나 콘크리트블록 구조 및 이와 동등한 것을 표준으로 한다. 통상은 콘크리트구조로 하며 높이는 2m전후, 길이는 1.5m~2.5m정도로 한다.
- ② 차량의 강도를 감안하여 100tf까지는 견딜 수 있는 것으로 하며, 그 이상이 되면 차막이가 전도되도록 설계한다.

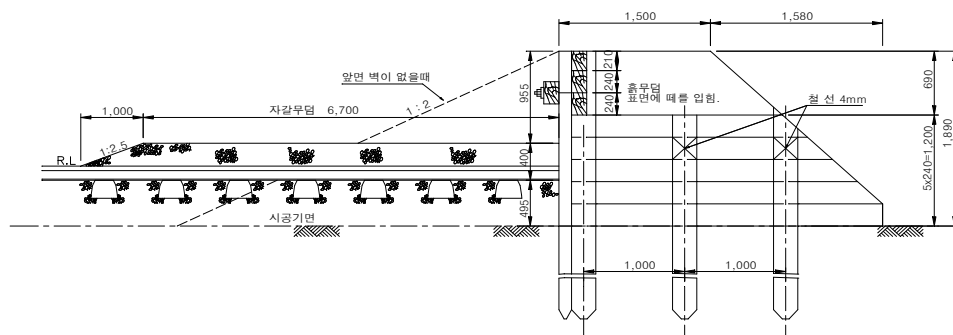


그림 2. 돌식 차막이 형상

(2) 레일식

- ① 유치선, 인상선 등 정거장의 종단 또는 선로의 종단은 레일식 차막이를 설치한다.
- ② 차막이용 레일은 50kgN형 레일 등 규격품을 사용하여야 한다.

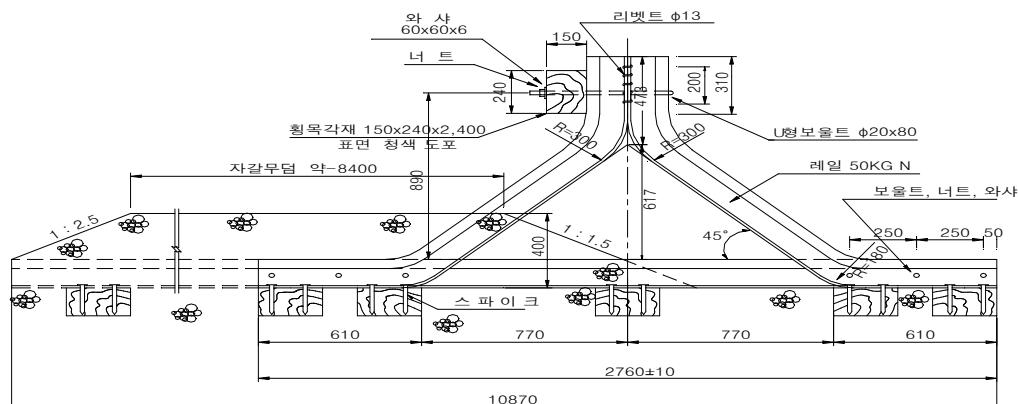


그림 3. 레일식 차막이 형상

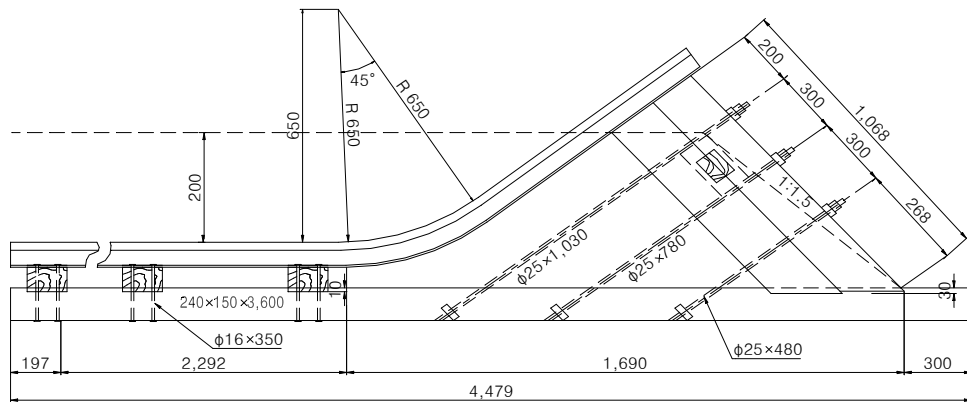


그림 4. 레일식 간이차막이 형상

(3) 차륜막이식

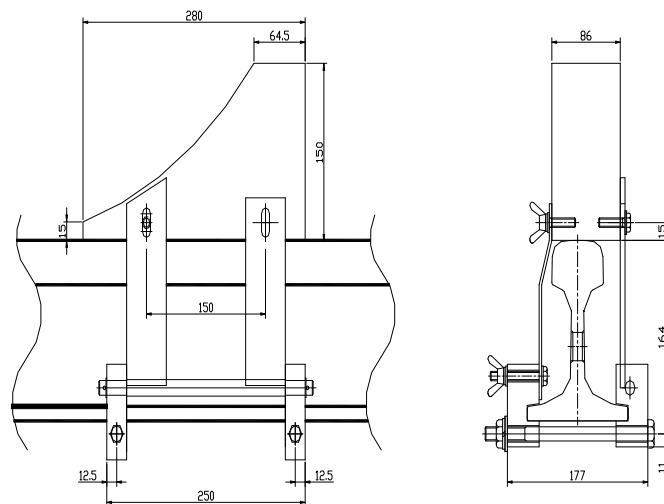
① 개요

측선에서 유치중인 차량이 자연적으로 굴러 타선로와 차량에 지장을 줄 수 있는 곳에 설치한다.

② 설치방법 및 성능조건

가. 단단한 목재 및 고무재료를 사용하여 차량의 손상방지 및 구름방지 기능이 확보되도록 한다.

나. 반전식 차륜막이는 본선으로부터 분기하는 측선의 차량접촉한계표지 내방 3m 지점에 설치한다.



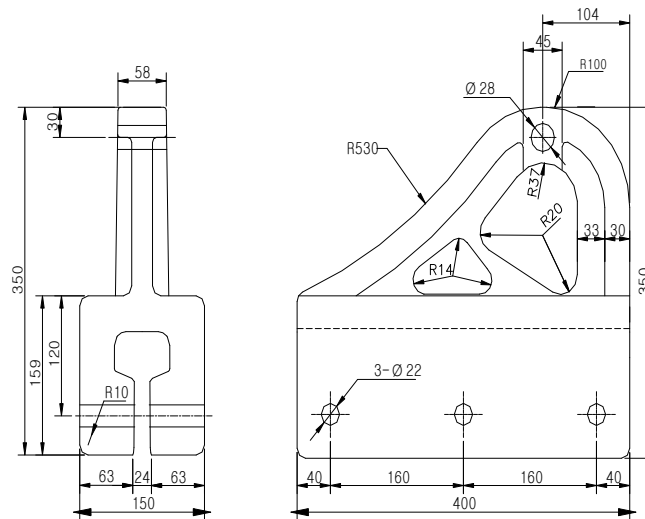


그림 5. 차륜막이식 차막이 형상

(4) 유압댐퍼식

- ① 차막이 설치 장소가 협소한 공간 및 지하공간 등에는 유압식 차막이를 설치할 수 있다.
- ② 유압완충기는 충돌에너지 발생시 피스톤의 유압을 이용하여 1차적으로 흡수하는 장치로, 충분한 행정거리를 확보하여야 한다.

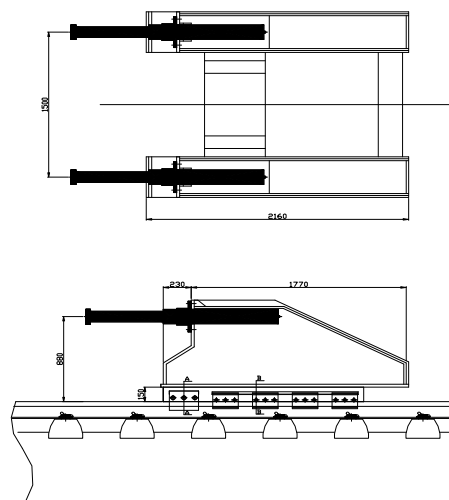


그림 6. 유압댐퍼식 차막이 형상

2.3 과선교 안전시설

2.3.1 정의 및 기능

과선교를 통행하는 차량의 이탈, 추락을 방지하는 차량방호책 및 통행차량·통행인에 의한 투기물 차단을 위하여 설치하는 낙하물 방지벽 등을 말한다.



2.3.2 설계기준

차량방호시설은 도로안전시설 설치 및 관리지침(국토해양부-차량방호안전시설편)에 의하여 설치하여야 한다.

(1) 차량방호벽

상기 기준 외에 당해 도로를 관리하는 관리청의 기준이 별도로 있을 시는 관리청의 기준에 의한다.

(2) 낙하물 방지막

① 차선 최외측 양단에 차량방호벽을 설치하고 그 상단에 낙하물방지막을 설치하여야 하며 보차도 구분이 있을 경우에 보차도 경계에 차도난간을 설치하고 보도 끝단에는 보도난간 및 낙하물 방지막을 설치하여야 한다.

② 낙하물방지막 상단의 높이는 교면으로 부터 3.0m 이상으로 한다.

③ 낙하물방지막은 투기물을 던지거나 집어넣을 수 없는 안전막 또는 미세 투시형 그물망구조로 하되 미관과 내구성을 고려한다.

④ 차량방호벽과 낙하물방지막 사이의 공간이 최소화되도록 설계한다.

(3) 구조

① 낙하물 방지막의 재료는 소요의 강도를 확보하고 유지관리, 보수 등을 고려하여 설정한다.

② 고정하중, 풍하중 등 작용하는 하중을 고려하여 설계하여야 한다.

2.4 건널목 안전시설

2.4.1 정의 및 기능

철도신설 및 개량시 가급적 입체교차를 원칙으로 하나 “철도건설규칙 제55조” 및 “건널목개량촉진법 제7조” 단서의 규정에 해당되어 입체교차가 불필요하다고 인정된 곳이나 입체화 시설 공사중 임시건널목이 필요한 개소에 한하여 설치한다.

2.4.2 상시 건널목 설치기준

(1) 건널목 설치시 다음 각호의 기준에 적합하게 설계하여야 한다.

① 인접 건널목과의 거리는 1,000m 이상일 것

② 열차확인거리는 당해 선로에서 열차가 최고운행속도로 운행할 때의 제동거리 이상을 확보할 것

③ 건널목의 폭은 3m 이상일 것

④ 철도선로와 접속도로와의 교차각은 60° 이상일 것

⑤ 양쪽 접속도로는 일정구간 포장되어야 하며, 도로와 교차시 철도의 선로중심으로부터 30m까지의 구간을 직선으로 하여 굴곡이 없어야 하고, 그 구간의 경사도는 3% 이하로 하며, 놓여준 도로와 교차시에는 구간의 경사도를 2.5% 이하로 한다. 자전거도로와 철도가 평면교차할 경우에는 철도경계선으로부터 10m까지의 구간을 직선으로

로 하며, 그 구간내의 경사도는 3% 이하로 한다.

(2) 차단기 설치

- ① 차단기는 지형상 부득이한 경우를 제외하고는 도로에서 선로를 바라볼 때 우측에 설치하되, 열차운행에 지장을 주지 아니하는 곳에 설치하여야 한다.
- ② 차단기에는 접지저항값이 100Ω 이하인 접지설비를 하여야 한다.
- ③ 차단기는 고압전선으로부터 1.5m 이상의 거리를 두고 설치되어야 한다.
- ④ 제1종 건널목의 차단기에는 차단봉 하강 직전 진입하는 차량을 감지하여 당해 차량이 건널목을 통과할 때까지 맞은편 차단봉의 하강시간을 조정할 수 있는 장치를 설치하여야 한다.

(3) 경보기 설치

- ① 건널목에 차단기를 설치하지 아니하고 경보기만을 설치하는 경우에는 지형상 부득이한 경우를 제외하고는 도로에서 선로를 바라볼 때 우측에 설치하되 열차운행에 지장을 주지 아니하는 곳에 설치하여야 한다.
- ② 경보기를 차단기와 함께 설치하는 경우에는 차단기 바깥쪽에 차량운전자 및 보행자가 쉽게 알아볼 수 있는 위치에 설치한다.
- ③ 편도 2차선 이상의 도로와 편도 1차선인 도로와 연결되는 제1종 건널목에 설치되는 경보기는 차량운전자 및 보행자가 쉽게 그 위치를 알 수 있도록 철제빔 등의 보조장치를 사용하여 가능한 높게 설치하여야 한다.

2.4.3 임시건널목

공사용 임시건널목은 상시건널목 설치기준에 따르되 현지여건상 부득이할 경우에는 운행선 관리자와 협의, 안전시설을 설치한다.

3. 작업원(여객) 안전시설

3.1 교량안전시설

3.1.1 정의 및 기능

교량에서 작업하는 유지보수요원이 교량바깥으로 떨어지는 것을 방지하기 위한 난간을 설치하여 안전이 확보되도록 한다.

3.1.2 안전난간

(1) 관련 기준

- ① 철도건설규칙
- ② 철도시설안전기준에 관한 규칙
- ③ 철도설계기준

(2) 설계기준

- ① 구조 및 제원



가. 난간은 교량에서 유지보수요원이 추락하는 것을 방지하거나 비상시 여객 대피통로로 활용하므로 소요의 구조적 강성을 확보하여야 한다.

나. 난간의 높이는 이용자를 감안하여 1.2m를 표준으로 한다. 여기서 말하는 높이란 보도 등의 노면으로부터 난간 레일 상단까지의 높이를 말한다.

다. 난간의 지주 간격은 2.0m를 표준으로 하나, 난간의 재질, 품질, 성능 등에 따라 조정한다.

② 구성

지주, 기초판, 기초로 구성된다.

③ 재료

난간에 사용되는 재료는 충분한 강도가 있고 내구성이 뛰어나며, 유지 관리가 용이한 것을 사용할 필요가 있다.

④ 설계방법

가. 연직 방향을 설계할 때는 이용자 등이 난간을 올라타거나 기대거나 하는 경우와 중량물을 올려놓는 경우가 있을 수 있으므로, 어느 정도 연직 하중을 고려하는 것이 바람직하다.

나. 난간 고정장치는 설계조건에 주어진 풍하중 외에 난간의 꼭대기 부분에 800N/m의 수평하중을 추가로 견딜 수 있도록 하여야 한다.

다. 난간을 고정시키는 교량난간면의 폭과 높이는 난간의 매설 깊이를 충분히 확보할 수 있도록 한다. 난간 고정에 대해서는 난간 정상부에 수평력을 작용시켰을 경우를 고려하여 설계하는데, 일반적으로 200mm 이상 매립하고 보강근을 설치하는 것이 바람직하다

라. 난간의 강도에 대해서는 수직, 수평방향의 하중에 견딜 수 있는 구조로 하는 것이 바람직하다.

마. 철도교량(길이가 1km 이상인 경우) 구간에서 철도사고가 발생할 경우 승객 및 승무원이 신속하게 대피할 수 있도록 통로 및 계단을 감안하여야 한다.

3.1.3 교측보도

(1) 교측보도는 작업원의 점검 통로, 작업원의 대피소, 도장 작업등을 위한 발판 등의 목적으로 설치하므로 충분한 강성이 확보될 수 있도록 설치하여야 하며 외관과 연결 등에도 주의하여야 한다.

(2) 교측보도 및 교량점검용 통로, 계단, 난간 등의 설비는 교량의 지간 및 상부구조물의 형식에 따라 설비조건이 다를 수 있으므로 세부 설계시 현장여건에 부합되게 설계하여야 한다.

(3) 교량구간에서 신호장비 설치공간을 확보시 교측보도 이용에 지장이 없게 하여야 한다.

3.1.4 교량대피시설

(1) 관련기준

① 철도시설의 기술수준

(2) 설치기준

① 설치간격

가. 교량 길이가 1km 이상인 경우에 설치하되, 교량의 시·종점 교대부 출입구 및 점검 통로를 보완하여 교량 대피시설로 활용할 수 있도록 안전시설을 보장한다.

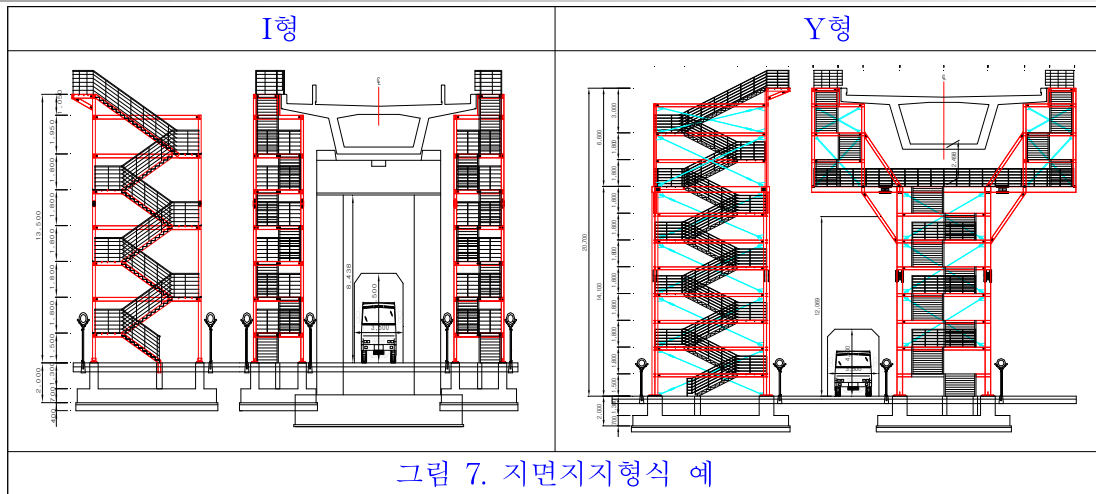
나. 2km이상 장대교량의 경우 비상시 대피시설로 사용하고 평상시 점검 및 유지보수 시설물로 활용할 수 있도록 하며 콘크리트 궤도는 2km 내외 간격, 자갈도상 궤도는 점검 및 유지보수가 상대적으로 빈번함을 고려하여 1km 내외 간격으로 설치한다. 다만, 현장여건(하천, 횡단구간, 접근성 등)과 경제성을 고려하여 설치 간격을 조정할 수 있다.

표 5. 교량대피계단 설치(예)

구분	설치개소
자갈도상	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 1km이상~2km미만 : 양 교대부 설치 (교대부 설치 어려울 경우 인근 토공부 또는 교량에 설치하거나 교량 중간 지점에 대피계단 1개소 설치 가능) ◦ 2km이상~3km미만 : 양 교대부 설치, 중간 대피계단 1개소 설치 ◦ 3km이상~4km미만 : 양 교대부 설치, 중간 대피계단 2개소 설치 ◦ 1km이상 추가시 마다 1개소씩 추가 설치 ※ 비상시 열차 정지위치에서 가능한 최대 1km 이내에 대피계단 배치
콘크리트도상	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 1km이상~4km미만 : 양 교대부 설치 (교대부 설치 어려울 경우 중간 대피계단 1개소 설치) ◦ 4km이상~6km미만 : 양 교대부 설치, 중간 대피계단 1개소 설치 ◦ 6km이상~8km미만 : 양 교대부 설치, 중간 대피계단 2개소 설치 ◦ 2km이상 추가시 마다 1개소씩 추가 설치 ※ 비상시 열차 정지위치에서 가능한 최대 2km 이내에 대피계단 배치 ※ 운영기관 요구시 1km 내외 간격으로 상선, 하선 순서로 한방향에 배치할 수 있음.(상선 및 하선 기준으로는 2km 간격)

② 대피시설 형식

가. 단선교량은 교측보도쪽으로 I형으로 설치하고 복선교량은 상·하선 양측으로 I형 또는 Y형으로 현장여건에 맞도록 설치한다.



나. 교량 높이, 대피시설 현장 여건 등을 고려하여 이용편의성, 시공성 및 경제성을 고려하여 형식을 결정한다.

③ 계단설치

계단설치의 규격은 < 표 6 >을 따르는 것을 원칙으로 한다.

표 6. 교량 대피(점검)계단 규격

구분	규격
계단 유효폭	◦ 120cm 이상
난간	◦ 난간높이 : 120cm, 난간레일 : 3단 ◦ 레일수직간격 : 30~40cm
계단	◦ 계단참 : 3m마다 120cm 이상(중간층의 넓은 공간) ◦ 계단높이 : 15cm 이하 ◦ 계단너비 : 30cm 이상 ◦ 계단 경사도: 30° 이하 ◦ 계단 대피로 높이 : 210cm 이상 ◦ 발판과 손잡이에 미끄럼방지 시설 설치 ◦ 위에서 언급되지 않은 내용은 철도설계기준(건축편) 및 KR-A 03020을 준용 한다.

④ 대피계단 위치 안내판 설치

가. 대피계단 위치까지 거리를 명시하여야 한다.(터널 내 탈출구 표시판 그림 참조)

나. 안내판은 편측 100m간격으로 안전난간에 부착하고 복선교량의 경우 상, 하선 양쪽으로 지그재그로 50m 간격으로 부착하여야 한다.(철도설계 참고도 - 교각 및 교대 번호판 참고)

⑤ 대피계단 조명시설

가. 대피승객 또는 유지관리 작업자의 야간 이용시 안전확보를 위해서 대피계단에 조명시설을 설치하여야 한다.

3.2 터널안전시설

3.2.1 정의 및 기능

선로의 점검, 유지보수 업무수행자의 안전유지와 비상사태 발생시 승객 및 승무원이 신속히 이동할 수 있는 안전시설을 말한다.

3.2.2 관련근거

- (1) 철도건설규칙
- (2) 철도시설안전에관한규칙
- (3) 철도시설안전세부기준

3.2.3 안전손잡이

통과열차에 따른 열차풍으로 인한 보수요원의 안전유지와 비상사태 발생시 승객이 도보로 피난하게 될 경우 붙잡고 걸을 수 있도록 통행 보조물로 활용 가능하여야 한다.

(1) 설치기준

① 구조 및 제원

안전손잡이는 구조적인 강성을 확보하고 연결송수관, 대피이동표지판, 단자함 등의 설치여건을 고려한 기본적인 설계기준을 만족하도록 하며 이용자를 감안하여 1.2m 이내의 높이에 설치한다. 여기서 말하는 높이란 대피로 바닥면으로 부터 손잡이까지의 높이이며 지주 간격은 2.0m를 표준으로 한다.

복선터널일 경우 양쪽 측벽에 모두 설치하고, 단선 터널일 경우 보도 헌치가 설치된 측벽에 설치한다.

② 구성

지주, 손잡이, 앵커볼트로 구성된다.

③ 재료

안전손잡이에 사용되는 재료는 충분한 강도가 있고 내부식성이고 열전도율이 낮으며, 유지관리가 용이한 것을 사용 하여야 한다.

재료는 스테인리스 스틸(STS304) 또는 동등성능 이상으로 하여야 한다.

(2) 설계방법

안전손잡이를 고정시키는 앵커볼트는 손잡이를 충분히 지탱하고 이용자의 외력을 감안하여 견고한 고정이 되도록 한다.

3.2.4 대피시설

터널내에는 대피로, 대피통로 및 대피소를 두어 유지관리요원과 비상시 승객들의 안전한 대피를 도모하여야 한다.

(1) 대피로 설치기준



- ① 대피로는 비상시 승객 또는 승무원이 도보로 신속히 본선터널의 양쪽 출입구 또는 대피통로의 입구로 신속히 이동할 수 있도록 설치되어야 한다.
- ② 대피로는 본선터널 안 바닥면의 궤도를 제외한 부분에 설치하되, 단선터널의 경우에는 한 쪽 벽 쪽에, 복선터널의 경우에는 터널의 양쪽 벽 쪽에 설치하여야 한다.
- ③ 대피로의 바닥은 견고한 재질을 사용하여야 하며, 승객이 대피하는데 지장을 초래하는 장애물 등이 없어야 된다.
- ④ 대피로의 폭은 700mm 이상으로 하고, 높이는 2.1m 이상 확보하는 것을 원칙으로 한다.

(2) 대피통로 설치기준

- ① 대피통로에는 화재가 발생한 경우에도 승객 또는 승무원이 연기 등 유독가스에 질식되지 아니하도록 유독가스 차단시설이 설치되어야 한다.
- ② 대피통로간의 간격은 비상시 승객 또는 승무원이 신속하게 대피할 수 있도록 안전성분석 결과에 따른 적정한 간격을 유지하도록 하여야 한다.
- ③ 수직터널은 본선터널 안의 수평연결구(터널 벽 쪽의 움푹 파인 곳으로 대피로와 연결된 곳을 말한다)에서 승객 또는 승무원이 지표면으로 직접 탈출할 수 있도록 설치되어야 한다.
- ④ 둘 이상의 독립된 본선터널을 병렬적으로 건설하는 경우에는 교차통로를, 하나의 본선터널 안에 둘 이상의 선로가 있는 터널을 건설하는 경우에는 수직터널 또는 경사터널이 대피통로로 사용되도록 하여야 한다.
- ⑤ 경사터널은 소방차량 등 긴급구조차량이 본선터널 안까지 진입할 수 있도록 충분한 공간이 확보되어야 한다.

(3) 대피통로 접속부 안전기준

- ① 본선터널과 대피통로가 접속되는 부분은 승객 또는 승무원의 진입을 용이하게 하고 유독가스가 스며드는 것을 방지할 수 있도록 유독가스를 제어하는 설비(제연설비) 등이 설치되어야 한다.
- ② 경사터널의 접속부는 소방차량 등 긴급구조차량이 돌아갈 수 있도록 충분한 공간이 확보되어야 한다.

3.2.5 터널 화재제어설비

(1) 제연설비

- ① 본선터널 안에는 터널의 구조 및 환경에 적합하게 화재가 발생한 경우에 유독가스가 인접지역으로 급격히 확산되지 아니하도록 제연설비를 설치하여야 한다.
- ② 제연설비 중 전동기·배풍기·배출풍도 및 배풍막(배풍기와 배출풍도를 연결하는 막을 말한다)은 250℃에서 1시간 이상 정상적으로 기능을 유지할 수 있어야 한다.③ 다만, 배풍기와 분리 설치되어 배출가스의 영향을 받지 아니하는 전동기는 그러하지 아니

하다.

(2) 배연설비

- ① 본선터널 안에는 화재가 발생할 경우에 효과적으로 유독가스의 배출방향·속도 등을 제어하여 이를 터널 밖으로 배출시킬 수 있는 배연(배연)설비를 안전성분석 결과에 따라 설치하여야 한다.
- ② 본선터널 바닥면과 연결되어 있는 배기통로를 대피통로로 사용하는 경우에는 비상시 승객 또는 승무원이 신속히 대피할 수 있는 구조로 설치되어야 한다.

(3) 연결송수관 설비

- ① 본선터널 안에는 소방용수의 공급을 위한 연결송수관 설비를 안전성분석 결과에 따라 설치하여야 한다.
- ② 소방용수의 공급은 본선터널의 출구와 입구를 연속으로 연결하는 송수관으로 하여야 한다.

3.2.6 터널조명

(1) 설치기준

- ① 본선터널 안에는 비상시 승객의 안전한 대피를 위하여 비상조명등을 설치하여야 한다.
- ② 비상조명등이 항상 켜져 있도록 비상조명등에 전원을 공급하는 장치는 이중으로 설계되어야 한다.
- ③ 비상조명등은 단선터널의 경우에는 한쪽 벽에, 복선터널의 경우에는 양쪽 벽에 20m 이내의 간격으로 가능한 한 낮게 설치하여야 한다.
- ④ 비상조명등은 대피로 바닥의 평균조명도가 1 Lux 이상의 밝기를 유지하도록 설치되어야 한다.



4. 선로방호시설

4.1 방호울타리

4.1.1 개요

(1) 정의 및 기능

열차운행중 철도를 가로질러 횡단하는 것은 매우 위험한 일이며 경우에 따라서는 대형사고를 불러일으킬 수 도 있으므로 인근 주민, 가축, 야생동물의 접근을 방지하여 열차 주행시 안전을 확보하기 위하여 선로 외곽경계를 따라 방호울타리를 설치한다.

즉 철도의 방호울타리의 주기능은 도로의 방호울타리와 달리 단순히 선로외부에서 선로내로 직접 들어오지 못하도록 하는 시설이다.

따라서 이들의 접근 및 침입을 막아 궁극적으로 열차의 정시운행을 확보하고 나아가 철도주변의 인근주민과 가축의 생명을 보호하기 위함이다.

그 외 각기비탈면의 풍화 등에 의한 낙석 또는 토사가 선로에 침범하지 않도록 하는 낙석방지울타리, 고가철도구간에서 낙하물체 방지울타리 등이 있다.

(2) 종류

방호울타리는 보통 사용재료에 따라 구분이 되는데 각각의 종류별 구분에 따라 그 형식을 분류 하면 다음과 같다.

- ① 능형철망
- ② 가시철망
- ③ 방음벽형
- ④ 콘크리트 블록형
- ⑤ 창살형 울타리

표 7. 각 형식별 방호울타리의 특징

형식		장점	단점
방 호 울 타 리	능형철망	◦ 적당한 강성과 인성을 가지며, 파손부의 보수가 쉽고, 시선 유도의 역할도 한다. 곡선 반경이 적은 구간에 사용할 수 있다.	◦ 더러운 것이 눈에 띄기 쉽다.
	가시철망	◦ 곡선 반경이 적은 구간에 사용할 수 있다. 전망, 쾌적성이 좋다. ◦ 적설 지방에 유리하다.	◦ 이음부의 시공에 많은 노동력이 필요하다.
	방음벽형	◦ 좁은 분리대에 사용할 수 있다. ◦ 전망, 쾌적성이 좋다. ◦ 적설 지방에 유리하다.	◦ 곡선 반경이 적은 구간에 사용할 수 없다.
	콘크리트블럭형	◦ 방호효과가 비교적 크다.	◦ 사용빈도가 적음

(3) 관련 근거

- ① 철도 건설규칙
- ② 철도시설 안전기준에 관한 규칙
- ③ 철도시설안전세부기준

4.1.2 설계기준

(1) 설치장소

철도의 방호울타리의 주기능은 선로외부에서 선로안으로 직접 들어오지 못하도록 하는 시설이다. 따라서 이들의 접근 및 침입을 적극적으로 방지하기 위하여 선로 좌우측의 철도용지 내에서 현장여건을 고려하여 설치한다.

- ① 깎기·쌓기부(낙석방지울타리 및 방음벽은 방호울타리로 활용 가능)
- ② 터널 입·출구 주위 비탈면
- ③ 교량은 교대주변까지 단, 교량 용지경계선 주변에 공장이 있어 자재적재나 쓰레기 적치가 예상되는 구간 및 교량하부에 적치물을 방치할 우려가 있는 구간은 울타리를 설치하고 유지보수용 도로가 인근 주민의 통행로를 통과하거나 도로 등을 횡단하는 개소는 통행이 가능하도록 하고 유지보수 도로내에 외부인이 출입하지 못하도록 울타리를 설치하고 울타리에 “출입금지” 경고표지판을 부착하여야 한다.
- ④ 철도와 길내기가 인접하고 있는 구간
 - 길내기 노반의 높이가 철도 노반보다 높은 길내기에서 차량이 길 밖으로 벗어나 철도에 진입할 위험이 있는 구간은 방호벽과 함께 설치
 - 길내기 노반의 높이가 철도 노반의 높이보다 1.5미터 미만으로 낮고, 순간격이 5미터 미만인 길내기로서 차량이 길 밖으로 벗어나 철도에 들어갈 위험이 있는 구간

(2) 울타리 형식 선정

- ① 사람의 접근이 빈번한 구간, 도심 등 시내구간, 터널입·출구부 구간은 용융아연도금 능형망 울타리
- ② 산악지 등 그 외 구간은 가시철망 울타리를 설치하고 산기슭 선로변 동물침입이 우려되는 구간은 동물특성에 따라 능형망 울타리 또는 가시철망 울타리 설치
- ③ 동물침입이 우려되는 구간의 울타리 하부는 틈이 없도록 철망 설치(지면하부에 10cm 근입)
- ④ 울타리 형식 및 높이, 개소는 주변 여건, 환경, 위치, 동물특성 등에 따라 적절한 형식을 선정한다.

4.2 교각충돌 방지시설

4.2.1 개요

(1) 정의 및 기능

교각충돌방지시설이라함은 도로를 횡단하는 철도 교량의 교각이 도로운행차량들로



부터 피해를 입지 않도록 보호시설물을 설치하여 철도구조물의 안전성을 확보하기 위하여 설치되는 방호시설의 일종이다.

- ① 자동차가 충돌할 염려가 있는 각주에는 콘크리트벽 등으로 충분한 안전방호시설을 설치하여 교대 또는 교각시설물을 보호
- ② 도로차량에 의한 사고를 억제하여 물적손해를 최소화
- ③ 운전자의 시선을 사전유도하여 철도 교량하부 통과시 충돌예방
- ④ 설치 일반사항

충돌방지시설은 도로상에 설치되는 철도교량의 교각 등에 충돌하지 않도록 시설을 설치하여 도로이용 승객 등의 안전을 도모하는 시설이 되어야 한다. 주행차량이 고정된 구조물 등과 직접 충돌하는 것을 방지하여, 교통사고의 치명도를 낮추도록 설치하여야 한다. 충돌방지시설의 기능은 차량의 충돌시 차량의 충격에너지를 흡수하고 교각등 구조물의 위치를 미리 알려주어 운전자가 주행속도를 줄이거나 차선변경 등의 적절한 행동을 취할 수 있도록 하는 기능도 갖고 있다.

4.2.2 종류

(1) 종류

교각보호시설은 현지 교통 및 지형여건과 교각보호시설물의 구조·안전특성 등을 감안하여 도로안전시설 설치 및 관리지침(국토해양부)에 따라 경제적인 교각보호시설을 관계 기관과 협의하여 설치한다.

(2) 관련내용 및 사례

① 호남고속철도 설계지침(6.9.1 충돌하중)

가. 충돌염려가 있는 각주에 콘크리트벽 등으로 충분한 안전방호시설설치
나. 방호시설 미설치 경우 충돌하중 설계에 반영

② 도로의 구조·시설기준에 관한 규칙 제38조

가. 교통사고방지를 위하여 필요하다고 인정하는 경우 방호 울타리설치
나. 충격흡수시설·과속방지시설 등의 교통안전시설을 설치

③ 설치사례

가. 고속철도 : 교각이나 교대가 기존도로에 놓여있어 충돌의 위험성이 있는 곳에 구조물 보호시설 설치
나. 도로공사 : 도로의 구조·시설기준에 관한 제38조에 따라 안전시설설치
다. 기존철도 : 설계에 충돌하중을 감안하고 있기 때문에 별도의 안전시설은 설치하지 않음
라. 서울특별시 : 별도의 규정 없이 현지 여건을 감안해서 구조물보호시설 설치

4.2.3 설계기준

(1) 기준

- ① 자동차가 충돌할 염려가 있는 교대·교각에는 콘크리트벽 등으로 충분한 안전방호시

설을 하여야 한다. 이들 방호시설을 설치하지 않을 경우에는 충돌하중이 차도면에서 1.8m높이에서 수평으로 작용 하는 것으로 보고 설계하여야 한다.

가. 차도방향에 대하여 : 1,000kN

나. 차도 직각방향에 대하여 : 500kN

- ② 자동차가 충돌할 염려가 있는 각주에는 방호공을 설치하지 않으면 안 된다. 방호공은 각주본체와 독립한 것으로 하고 방호공에 충돌해도 각주 자체에는 영향이 미치지 않도록 한다. 실험에 의하면 자동차의 충돌하중은 상당히 큰 값이 되지만 여기서는 종래의 예를 고려하여 각주와 방호공 사이의 공간이 충분치 못한 곳의 경우의 방호공의 내하력은 차도방향에 대하여 1,000kN, 차도와 직각방향에 대하여 500kN을 목표로 하여 설계하여야 한다. 다만 이들의 양방향의 하중은 동시에 작용하지 않는 것으로 한다.
- ③ 각주와 방호공 사이에 자동차의 충격에너지를 흡수할 수 있는 공간이 확보되어 있으면 그 정도에 따라 상기의 값을 적당히 감소시킬 수 있다. 이 경우 방호공의 구조는 그 자체의 변형에 의해 충돌에너지를 흡수하는 가드레일(Guard rail) 등으로 설치하면 좋지만 여유가 없는 경우에는 단단한 구조물로 하는 것이 좋다. 방호공을 설치할 수 없는 경우에는 각주자체가 충돌하중에 대하여 충분한 내하력을 갖고 있지 않으면 안 된다.

(2) 관련 근거

- ① 도로안전시설 설치편람, 국토해양부
- ② 도로안전시설 설치 및 관리지침-차량방호 안전시설편, 국토해양부
- ③ 호남고속철도 설계지침
- ④ 철도설계기준

(3) 설치장소

충격흡수시설은 다음과 같이 차량의 충돌이 예상되는 장소에 설치한다.

① 교각, 교대

충돌하는 차량의 탑승자를 보호하고, 교량의 구조적 안전성을 유지하기 위하여 충격흡수시설을 설치한다.

교각의 폭은 다양하므로, 폭에 적합하면서 필요한 수행도가 발휘될 수 있는 시설물을 선정하여 설치한다. 단, 차량의 주행 차로와 충격흡수시설 사이의 측방 여유는 가능한 충분히 확보한다.

(4) 설치공간

충돌방지시설의 수행도를 보장하기 위해서는 구조물의 설계단계에서 시설의 설치를 위한 충분한 여유공간의 확보가 필요하다.

4.2.4 시설선정

(1) 선정과정



① 충격흡수시설은 다음 사항을 고려하여 선정하며, 선정과정은 <그림 8>과 같다.

가. 설치장소의 도로·교통조건

나. 설치장소의 길이와 폭

다. 충격흡수시설의 수행도

라. 경제성(초기 설치비, 유지관리비 등)

② 충격흡수시설의 선정과정은 4단계를 거쳐 이뤄지며, 각 단계의 주요 내용은 다음과 같다.

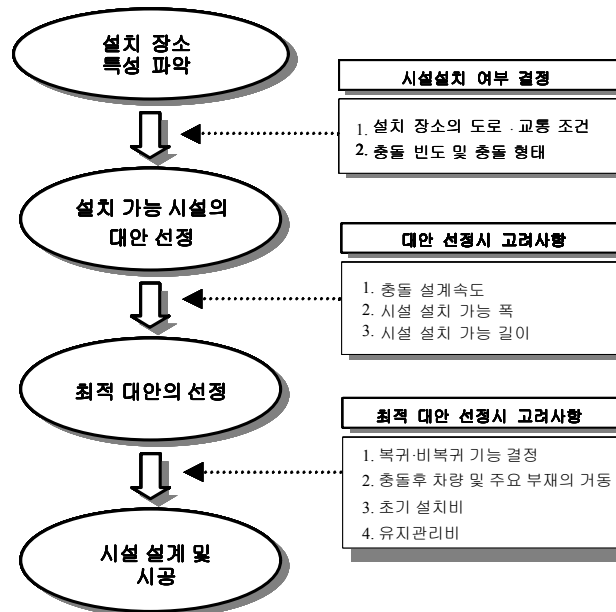


그림 8. 충격흡수시설의 선정 과정

(2) 설치장소의 특성 파악

설치 장소의 도로·교통 조건이란 도로의 선형이나 경사 등과 같은 도로의 기하구조 특성과 설치 구간의 충돌 설계속도를 예상하기 위한 주행속도 등과 같은 교통특성을 말한다.

특히, 차량 주행속도 등의 교통 조건은 설치할 충격흡수시설의 수행도를 결정할 때 고려되는 중요한 요소 가운데 하나이다.

다음으로 고려될 요인은 충돌 빈도와 충돌 형태이다. 충돌 빈도가 높은 곳에서는 유지관리 및 보수가 용이한 시설을 선정하는 것이 유지관리에 드는 비용을 줄일 수 있다. 일반적으로 사고의 빈도가 높은 장소에서는 차량을 복귀시켜주는 기능을 가진 충격흡수시설의 설치가 바람직하다. 또한, 차량과의 경미한 접촉이 잦은 장소에서도, 가능한 한 주행 복귀형 충격흡수시설을 설치하는 것이 유지관리비의 절감 측면에서 바람직하다.

(3) 설치 가능 시설의 대안 선정

충격흡수시설의 선정 2단계로, 충격흡수시설이 설치될 장소의 길이나 폭 등의 여

유 공간을 확인하고 시설의 대안들을 선정한다.

우리나라와 같이 충격흡수시설의 설치를 위해 충분한 공간이 확보되지 못한 경우에 있어서는, 시설을 설치할 장소의 폭과 길이를 정확히 파악하는 것이 중요하다. 예를 들어, 고속도로 분기점 등 충격흡수시설을 설치할 여유 공간이 확보된 경우는 다양한 시설을 선정할 수 있으며, 충돌속도에 따라 설치 장소에 적합한 시설을 설계할 수 있다.

그러나 도시부 도로 등과 같이 충격흡수시설을 설치할 충분한 여유 공간이 확보되지 못한 곳에서는 <그림 9>에 제시된 설치 사례와 같이 방호울타리를 설치하여 차량의 탑승자와 방호 대상물을 보호하는 방안이 고려될 수 있다.

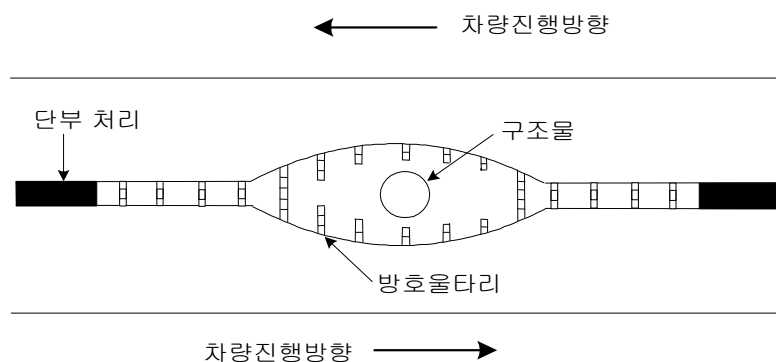


그림 9. 폭이 좁은 곳에서의 방호울타리 설치 예

(4) 최적 대안의 선정

충격흡수시설이 설치될 장소의 설치 공간 특성 등 여러 조건을 고려하여 대안들을 선정한 후에는 최적의 대안을 선정한다. 최적의 대안을 결정할 때에는 앞서 조사된 설치장소의 도로·교통 조건, 설치장소의 길이나 폭 등의 설치공간 특성, 충돌 빈도 및 형태 등을 종합적으로 고려한다.

(5) 설계 및 시공

설치할 시설을 선정한 후 충격흡수시설을 설치할 때에는 해당 제품의 제작사에서 제시한 시방서를 토대로 현장 여건에 적합하게 공사시방서를 작성하고, 시공자는 이에 부합 하도록 시공한다. 시설의 설계 예로, 복귀형 충격흡수시설들 가운데는 충돌 설계속도에 따라 시설의 길이를 조정할 수 있는 시설이 있으며, 이러한 길이의 조정은 충격흡수시설내 완충능력을 가진 단위체들을 조정함으로써 가능하다. 이와 같이, 설치장소의 충돌 설계속도에 따라 충격흡수시설의 설계와 시공에 차이가 있으므로, 시설 설치 후 설치장소 특성과의 적합성 여부를 면밀히 검토한다.



4.3 차량한계틀

4.3.1 차량한계틀

(1) 정의 및 기능

차량한계틀이라 함은 도로를 횡단하는 철도 교량의 구조물이 규정된 형하공간을 확보하더라도 통과차량에 의한 철도시설물의 보호를 위하여 적재높이 제한 위반차량 등의 진입에 의한 충돌로 충격이나 파손을 초래할 수 있으므로 차량통과 높이 제한 표지나 한계틀 설치로 철도 구조물을 보호하여 열차안전운행에 지장을 주지 않기 위한 안전시설물이다.

철도교량 등 구조물은 건설당시 기존 도로상부를 통과하거나 또는 건설후 운영중 도로개설로 자동차등이 통과하게 되며 특히 상부구조의 자중이 비교적 가벼운 강구조(플레이트거더 등)와 지점부가 고정단보다는 가동단의 경우 통과높이 한계초과차량의 통과에 따른 충격에 의해 수평력에 견디는 힘이 적으므로 이러한 개소를 면밀히 조사하여 구조물 안전확보에 만전을 가하여야 한다.

(2) 종류

차량한계틀을 설치하고자 할 때에는 통과도로의 전후 종단선형 및 도로조건을 고려하여 도로의 구조시설기준에관한규칙에 따라 통과높이를 결정하여 다음과 같은 종류의 차량통과에 대한 시설물 등을 하여야 한다.

① 차량통과 한계틀

철도가도교의 다리밑공간이 4.7m(고속철도 5.0m) 미만인 개소에는 일정 형태의 형틀을 교량통과 진입부의 일정위치에 설치하여 통과한계내의 차량만이 통과 할 수 있도록 설치하는 것을 원칙으로 하되 전후고가도로 또는 보도육교 등 현지여건을 감안하여 설치여부를 결정한다.

② 차높이 제한표지 설치

차량한계틀 설치개소에 부가하여 설치하되 철도가도교의 높이가 4.7m이상인 개소도 자동차 운전자로 하여금 통과높이를 인지하고 철도구조물의 접근 전방부에서 주의 운전 등을 할 수 있도록 통과제한 높이표지 설치를 검토한다.

4.3.2 설계기준

(1) 기준

① 설치개소

일반적으로 철도가도교 다리밑공간이 4.7m(고속철도 5.0m) 미만인 개소에 설치

② 차량한계틀 설치

가. 구조물의 실제통과높이보다 100mm 낮게 설치

나. 차높이제한수치표기 : 구조물의 실제통과높이보다 200mm 낮게 표기

다. 차높이 제한표지는 도로교통법의 관계규정을 준용한다.

(2) 설치위치 및 방향

- ① 차량한계틀의 설치위치 및 방향은 차동차가 통과하는 철도 구조물 전방에 설치하며, 대형 또는 특수차량이 통과할 때에는 차량길이를 고려하여 설치한다.

가. 교량 : 전방 20~50m부근에 지형여건 감안 설치

나. 통로BOX : 전방 5~15m부근에 지형여건 감안 설치

4.3.3 시설의 선정과정

(1) 시설선정

차량한계틀 시설은 다음사항을 고려하여 선정한다.

- ① 설치장소의 도로·교통조건
- ② 설치장소의 전후 도로여건
- ③ 경제성(초기 설치비, 유지관리비 등)

(2) 시설 설계 및 시공

설치할 한계틀을 선정한 후 제작시방서를 토대로 현장 여건에 적합하게 공사 시방서를 작성하고, 시공자는 이에 부합하도록 시공한다.

표 8. 각 기관의 설치기준

기관명	설 치 개 소	한계틀 설치높이	통과높이 제한 수치표기	비고
철 도	◦ 통과높이 4.7m(고속철도 5.0m)미만인 개소에 설치	◦ 구조물의 통과높이 보다 100mm 낮게 설치 ◦ 교량 : 전방 20~50m 부근에 지형여건 감안 설치	◦ 구조물의 통과높이 에서 200mm 뺀 값	
도 로 공 사	◦ 일반적으로 통과 높이 4.5m미만인 개소에 설치	◦ 구조물의 실제 통과 높이보다 100mm 낮게 설치	◦ 한계틀 설치높이에서 100mm 뺀 값	
국토부	◦ 일반적으로 통과 높이 4.5m미만인 개소에 설치	◦ 구조물의 실제 통과 높이보다 100~500mm 낮게 설치	◦ 한계틀 설치높이에서 100mm 뺀 값	



해설 2. 부대시설

1. 부대시설의 일반사항

1.1 용어의 정의

- (1) 부대시설이란 열차의 사고로 발생하는 피해를 줄이거나 노반시설물에 위해를 가해 열차의 안전 운전을 위협하는 요소를 줄이기 위해 설치되는 안전시설과는 달리, 선로시설물의 유지관리를 용이하게 하고, 근로자의 편의를 도모하고 안전성 및 쾌적성을 제공할 뿐만 아니라 사고에 대한 피해를 최대한 줄일 수 있게 설치되는 시설물을 말한다.
- (2) 접지보호장치
고압전기가 접지되었을 때 인체 또는 기기회로를 보호할 목적으로 설치한 장치 또는 설비를 말한다.
- (3) 횡단전선관
본선 노반을 횡단하는 전선을 부설할 목적으로 시공기면 하부에 횡으로 설치한 관을 말한다.
- (4) 안전난간
작업하는 사람이 떨어지지 않도록 만든 난간을 말한다.

1.2 부대시설의 종류

- (1) 방음시설
방음시설은 열차에서 발생하는 음을 차단 또는 흡수하거나 음의 회절에 의해 소음을 감소시킴으로써 선로인접 지역의 생활환경을 보전하는 목적으로 설치하는 시설물이다.
- (2) 유지관리시설
유지관리 시설은 선로 시설물중 일반적인 방법으로는 접근이 어려운 개소에 대하여 평상시 유지보수요원의 접근이 용이하게 하여 유지관리 편의성 제공을 목적으로 하는 시설물이다.
- (3) 생태통로
철도로 인하여 야생동물의 서식지가 단절되거나 훼손되는 것을 방지하기 위하여 설치되는 인공구조물 이다.
- (4) 전기관련 토목시설
전기관련 토목시설은 철도 노반공사시 함께 검토 및 시공되어야 할 전기, 통신, 신호, 전차선 등의 관련 시설물이다.

1.3 부대시설의 기능

(1) 방음시설

방음시설은 주행중인 열차에 의해 발생하는 음을 차단 또는 흡수하거나 음의 회절에 의해 소음을 감소시킴으로써 선로 인접지역의 생활환경을 보다 쾌적하게 유지시키는 기능을 한다.

(2) 유지관리시설

유지관리시설은 시설물을 관리하는 유지보수 요원의 업무수행을 할때 점검을 하기 위한 접근이 어려운 개소에 대하여 편의를 제공하여 유지관리 편의성을 제공하는 기능을 한다.

(3) 생태통로

철도건설로 인하여 생태적 공간의 연결로 생태계의 연속성 유지, 야생동물의 서식지로 이용 및 천적으로부터 피난처의 기능을 한다.

(4) 전기관련 토목시설

전기관련 토목시설은 철도노반 공사시 함께 검토 및 시공되어야 하는 전기, 통신, 신호, 전차선 등 관련 시설물로 전기, 신호, 통신 등의 각종 케이블 포설을 위한 시설물로 노반공사 완료 후 전기공사시 작업을 용이하게 하는 기능을 한다.

1.4 설계시 고려사항

- (1) 철도 노반 주위에 설치되는 각종 부대시설은 열차의 운행에 지장을 주거나 운전자의 전방주시를 방해하지 않아야 한다.
- (2) 장래 기술발전 등의 추세를 감안하여 최소한의 부대시설만을 설치하도록 한다.
- (3) 유지보수요원이 이용하기에 편리하여야 하며 특히 유지관리시설은 자동차에 의한 접근이 가능하도록 고려하여야 한다.
- (4) 전기시설물 등은 타시설과의 인터페이스를 충분히 검토하여 후속 공정에 지장을 주거나 이중작업이 되지 않도록 하여야 한다.

2. 방음시설

2.1 개 요

2.1.1 정의 및 기능

(1) 정의

방음시설은 주행중 열차에서 발생하는 음을 차단 또는 흡수하거나 음의 회절에 의해 소음을 감소시킴으로써 철도 인접지역의 생활환경을 보전하는 목적으로 설치되는 철도변(토공, 교량구간)의 구조물을 지칭한다.



(2) 설계

방음시설 설계는 철도 선로주변지역의 주거환경 및 주거지역의 위치, 높이, 거리 등의 현황을 정밀하게 조사하고 현지음을 측정·분석하여 소음영향정도를 예측·분석하고 그에 따른 대책을 수립하는 환경영향평가에 따라 열차 운행시 주변지역의 정온한 환경을 유지하도록 소음저감을 목표로 하고 있다.

(3) 방음시설의 소음저감개념

- ① 소음의 전달은 소음원에서의 소음이 전파되어 일정한 전달경로를 통과하여 소음원으로 도달하게 되는데 도달하는 소음의 정도는 소음원에 따라 다르며, 전달경로상의 거리와 장애물 등에 의해 영향을 받는다.
- ② 소음의 저감을 위해서는 전달경로상의 대책으로 소음원과의 거리를 충분히 이격하여 소음의 전파를 약하게 하는 방법이 있으나 제한된 국토에서 이러한 수단은 비현실적 이므로 소음원 대책으로 소음원 자체를 제거하거나 장애물을 설치하여 소음의 전달을 막아 소음을 감소시키는 방법이 있다.
- ③ 현재 널리 사용되는 소음의 전달경로를 막는 차폐물 등으로 방음벽을 설치하는 방법이 일반적인 방법이며, 방음독, 방음림, 방음터널 등의 방음시설을 이용하는 방법이 있다.
- ④ 이러한 시설은 소음의 전달경로를 차단하는 대책으로 소음원인 철도와 수음원 사이에 소음 저감을 목적으로 설치하는 교통소음 저감시설이다.
- ⑤ 위와 같은 시설로 소음기준을 충족시키기 어려울 경우 최종적으로 저소음 차량을 개발하거나 수음원 대책으로 건물자체를 기밀하게 시공하고 투과손실이 높은 자재를 사용하여 소음이 실내로 들어오는 것을 막는 방법이 있다.

(4) 소음 및 진동공해에 대한 인식

- ① 소음 및 진동공해는 일상생활중에서 가장 빈번히 접하는 환경오염으로 도시인의 심리적, 정신적, 신체적 피로를 가중시키고 있다. 따라서 주변지역 주민들의 정온한 생활환경 유지는 쾌적한 생활환경육구를 감안하여 시급히 해결해야 할 과제로 대두되고 있다.
- ② 따라서 소음, 진동에 대한 저감방안에 대하여 1994년 소음·진동 관련법규가 제정되어 종래의 규제대상에서 제외되었던 철도소음과 항공기 소음을 규제하기에 이르렀으며 이에 따라 소음저감 대책이 심각하게 대두 되었다.

2.2.1 종류

(1) 방음시설의 종류

방음시설은 형태에 따라 방음벽, 방음림, 방음독, 방음터널 등이 있는데, 본 편람에서는“방음벽의 성능 및 설치기준(환경부)” 과 현재 철도, 고속철도와 고속도로 및 일반도로에 설치되어 있는 방음벽의 설치기준 위주로 구성하였으며, 그 외 시설인 방

음독, 방음림, 방음터널 등은 개략적인 내용만을 제시하는 정도로 구성하였다. 방음벽은 음향 성능의 원리와 사용재료에 따라서 구분되며 각각의 구분에 따른 방음시설의 종류는 다음과 같다.

① 음향성능상의 원리에 따른 구분

반사형, 흡음형, 간섭형, 공명형

② 사용재료에 따른 구분

칼라형, 투명형, 금속형, 목재형, PVC형, 콘크리트형

③ 방음벽의 종류

가. 방음벽의 분류

방음벽은 음향적 기능상 반사형 방음벽과 흡음형 방음벽으로 크게 나눌 수 있다. 반사형 방음벽은 말 그대로 소리를 반사하는 재료이기 때문에 선로양단에 방음벽이 서로 마주보게 설치되어 있거나 방음벽이 설치된 지점의 맞은편 지역이 반사음의 영향을 받는 곳에서는 그로 인해 소음피해지역이 확산될 우려가 높기 때문에 사용이 제한된다.

이와 같이 반사형 방음벽은 사용 장소가 제한적이라는 단점을 가지고 있으나 어느 정도 이상의 투과손실을 갖는 재료는 거의 모두 방음벽으로 사용할 수 있어 선택의 폭이 넓다 하겠다. 이러한 점에서 반사형 방음벽의 재료는 대부분이 건축물에서 많이 사용되는 콘크리트, 벽돌, 목재, 유리, 금속재 등으로 구성되어 있으며, 이들 재료를 방음벽의 조건에 맞도록 변형시킨 것으로서 개발했다는 의미보다는 기존의 재료를 응용한 경우가 많다는 것이 특징이다.

차음과 흡음의 2가지 기능을 갖는 흡음형 방음벽은 반사음의 영향을 고려할 필요가 없기 때문에 주변조건에 관계없이 설치할 수 있다는 장점이 있다. 그러나 반사형 방음벽에 비해 흡음층을 덧붙이기 때문에 구조적으로 복잡해지며, 내후성을 고려해야 하기 때문에 그만큼 가격이 상승한다는 단점이 있다. 일반적으로 흡음형 방음벽의 재료는 기존의 재료들을 그대로 적용할 수 없는 경우가 많기 때문에 방음벽 조건에 맞는 새로운 재료 또는 새로운 형태의 방음벽이 많이 개발되어 현장에 적용되고 있다.

<그림 10>은 방음벽으로 사용되고 있는 재료들을 흡음형 방음벽과 반사형 방음벽으로 나누어 나타낸 것이다.

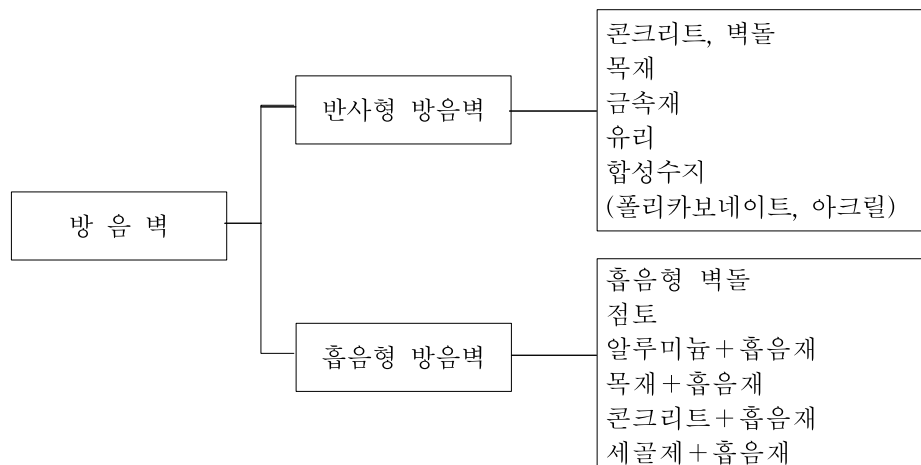


그림 10. 방음벽 재료별 분류

나. 방음벽 재료별 종류 및 특성

(가) 알루미늄 흡음형 방음벽

- 현재 국내에서 가장 많이 사용되는 방음벽으로 방음벽의 두께가 95~200mm 정도이고 크기는 다양하게 제작이 가능하며
- 전면은 알루미늄 유공판(1.0t)을 사용하고 후면과 측면은 아연도금 강판(1.6t)을 대부분 사용하고 있으며, 내부 흡음재는 G/W, R/W, 폴리에스터 등이 사용되며 밀도와 두께에서 차이를 두고 있다.
- 하지만 내부 흡음재의 내구성이 약하고 물기가 생겼을 때 성능이 급격히 저하되는 단점이 있어 PVF 필름 등을 사용하여 흡음재를 보호하고 있다.

(나) 콘크리트 방음벽

- 콘크리트는 방음벽 재료 중 가장 오래 전부터 사용되었으며 현재까지도 가장 널리 사용되고 있는 반사성 방음벽의 대표적인 재료이며, 최근에는 시멘트와 광물성 목질섬유를 혼합하여 흡음성을 부여한 계통의 방음벽도 등장하고 있다.
- 방음벽 재료로 콘크리트를 사용했을 때의 가장 큰 이점은 가격, 유연성, 내구성, 및 유지보수가 가능한 것으로 콘크리트 방음벽은 환경 미학적인 면이 요구되는 어떠한 외부공간에도 설치가 가능하다.
- 콘크리트 방음벽은 구조적인 면에서 타 재료보다는 우수하여 소규모 건설업자에 의하여 어느 곳이든 간단하게 설치가 가능하며 방음독을 제외한 어떤 재료보다 내구성이 좋으나 방음벽의 기초를 더 보강해야하는 문제점이 있다.

(다) 목재 방음벽

- 목재는 방음벽 재료 중 가장 자연적인 재료로써 가급적 자연에 가까운 방음벽으로 독일, 프랑스, 미국 등에서 많이 사용하고 있으며, 목재만을 사용한 반사형 방음벽과 목재와 흡음재를 조합하여 만든 흡음형 방음벽이 있다.

- 현재 방음벽 재료로 사용하고 있는 목재는 열대지방에서 생산되는 고밀도의 열대성 나무와 일반적인 소나무 등으로서 전자는 내후성, 내변형성, 내충해성 등이 우수하여 별다른 중간과정 없이 그대로 사용되고 있으나, 후자는 진공과 고압력하의 증기압력솥에서 처리하여야 한다.
- 목재는 외관이 좋고 부드러운 장점이 있으나 시공기간이 길고 재료비가 비싼 단점이 있으며, 가압방부 처리 시 내구연한이 약 30년 정도이다.

(라) 투명방음벽

- 투명방음벽은 1976년 프랑스에서 유리를 사용하여 최초로 설치되어 설치비용이 점차 늘어나고 있으나, 안정성, 경제성, 유지보수 및 친환경성 등을 고려하여 선정되어야 하며 투명성을 유지하기 위해서는 주기적으로 청소가 필요하다.
- 투명방음벽의 재료로서는 투명성이 뛰어나고 변형, 변색이 거의 발생하지 않거나 내충격성이 양호한 재료이어야 하며 장기간 햇빛에 노출되더라도 변색이나 변형이 거의 발생하지 않고 내충격성이 양호한 폴리카보네이트(polycarbonate), 아크릴(PMMA), 강화유리 등이 많이 사용되고 있다.

표 9. 투명방음벽의 소재별 일반적 성질비교

구분 선정 조건	폴리카보네이트 (polycarbonate)	아크릴 (PMMA)	강화유리
생산방법	◦ 폴리카보네이트는 탄성 에스테르형 구조단위를 갖는 고분자의 총칭으로서 에스테르 교환법(용융법)이나 호스겐법(용제법)으로 생산된다.	◦ 메타크릴산 메틸을 주 성분으로 한 중합체로써 유기과산화물을 촉매로 한 성형재료는 현탁중합법이 많이 이용되며, 주입판 및 주형품은 괴상중합법에 의해 제조하며 일반적으로 경도, 기계적성질, 내열성이 우수하다.	◦ 천연재료인 규소를 주 성분(70~73%)으로 하여 일반 판유리를 열처리한 후 급냉시켜 제조하며, 성능은 일반판유리에 비해 강도와 내열성이 향상된 것으로 변색이나 변형이 거의 없고 내후성이 뛰어나다.
물리적 성질	◦ 투과율 : 80~90% ◦ 비 중 : 약 1.2 ◦ 흡수율 : 습기의 영향을 거의 받지 않음	◦ 투과율 : 93%이상 (가시광선은 거의 완전하게 투과시킴) ◦ 굴절율 : 1.49 ◦ 흡수율 : 흡수율이 좋아 재료의 변형이나 변질을 가져올 수 있음	◦ 투과율 : 90% 이상 ◦ 굴절율 : 1.52 ◦ 비 중 : 약 2.5 ◦ 흡수율 : 거의 없음
기계적 성질	◦ 충격강도: 7.5~10MPa (아크릴의 약30배, 강화유리의 약50배 높음) ◦ 인장강도: 50~70MPa ◦ 내마모성, 크리프 등이 매우 우수	◦ 충격강도 : 0.2MPa ◦ 인장강도 : 취약 ◦ 항장력, 표면강도 및 내균열성은 높지만 10MPa 이상의 장기하중을 받으면 균열이 발생될 수 있음	◦ 충격강도 : 일반유리의 약 5배로 취약



표 10. 투명방음벽의 소재별 일반적 성질비교(계속)

구 분 선정 조건	폴리카보네이트 (polycarbonate)	아크릴 (PMMA)	강화유리
열적 성질	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 열변형온도 : -100~140 ℃ ◦ 선팽창계수 : 내열성과 내후성이 우수하고, 고온에서도 양호한 양질을 유지하는 자기 소화성이 있으며 유독가스는 발생하지 않는다. 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 열변형온도 : 100℃ 정도(내열용의 경우) ◦ 선팽창계수 : 내열성이 취약하여 온도변화에 따른 변화추이는 20℃ 온도차이에서 약 0.15%의 신축이 생기므로 판재의 변형에 유의해야 함 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 열변형온도 : 700~800℃ ◦ 선팽창계수 : $0.85 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$ 로서 열에 대한 변형이 극히 작으며, 내열성능이 강해 200℃의 온도변화에도 견딜 수 있음
전기적 성질	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 절연과괴 전압이 높은 우수한 절연재료임 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 아크나 Cracking에 대한 저항은 플라스틱계 중에서 가장 우수함 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 비전도체로서 아크릴이나 폴리카보네이트에 비해 정전기 발생우려가 적음
화학적 성질	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 알콜, 기름, 약산 등에는 안정 ◦ 강알칼리, 방향탄화수소, 연소화탄화수소 등에는 용해된다. 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 약산, 알칼리, 수용성 무기염의 경우에는 안정 ◦ 일부의 유기용제에 용해되고, 습한 염소가스에 내화학성이 떨어짐 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 주요 구성성분이 규석이므로 내화학성이 뛰어나고 변색의 염려가 없음

(마) 잔골재를 이용한 흡음형 방음벽

- 골재마감 흡음판은 크게 자갈판(10mm), 흡음재(10mm), 공기층(30mm), 마감판(아연도 강판이나 콘크리트)으로 구성되며, 자갈판은 입경이 4.0mm이하인 양질의 석영질(SiO_2) 골재를 접착성이 좋고 내후, 내열성이 양호한 에폭시계통의 접착제를 이용하여 자갈사이의 틈이 막히지 않도록 제작한 것으로서 다양한 색상을 착색할 수 있고, 모듈화가 가능하기 때문에 모자이크 효과에 의한 방음벽 입면의 다양화를 꾀할 수 있다. 그리고 자갈판 이면에 부착되어 전체적인 흡음성능을 향상시켜주는 흡음재는 자갈판과 부착된 후 박리되지 않아야 하고 내수성이 요구되기 때문에 고밀도의 리지드보드(밀도 200kg/m^3)가 주로 사용되고 있다. 골재마감 흡음판은 기 설치된 콘크리트 방음벽의 외장재로도 사용할 수 있으며 지하철 역구내 등 미관적 마감처리가 요구되는 장소에도 흡음성 마감재로서 활용될 수 있다.
- 자갈사이에 구성된 공극에 의한 공기공명현상에 의해 1차 흡음이 되고, 자갈판 이면에 부착된 다공질재료에 의해 2차 흡음이 되며, 흡음판의 평균흡음율은 대략 70~80%정도이다.

(바) 점토질 흡음형 방음벽

- 일반 테라코타 제품과는 달리 점토해면의 다공성은 섬유재료(유리섬유, 석재 섬유)의 경우처럼 공극이 있으며, 해면을 말리고 삶아서 처리를 하면 소음흡수 능력이 우수한 딱딱하고 견고한 작은 구멍이 많은 재료가 된다.
- 점토해면재료를 사용한 방음벽의 경우 화재발생 시 어떠한 유독연기도 내뿜지 않고 불연소성이 강한데, 이는 일반 흡음형 재료와 비교해서 상대적으로 딱딱하고 견고한 성질을 가지고 있으며, 박리위험이나 약화의 위험은 거의 없으며, 설치류에 의해 공격받지도 않는다.
- 물을 잘 흡수하지 않기 때문에 미생물의 서식을 방해하며, 표면에 원하는 대로 채색이 가능하여 미적 감각을 부여 할 수 있다.
- 수송과 운반, 저장에 주의를 요하며 침식에 대한 저항성이 약하다. 그리고 충격성에 약하여 콘크리트나 금속판 등과 함께 사용되면 효과가 좋다.

(사) 벽돌, 블록방음벽

- 벽돌이나 블록을 이용한 흡음형 방음벽의 경우 벽돌자체의 공극과 인위적으로 구멍을 뚫어 흡음형 공명기 형태를(공명형) 취하여 흡음하는 형태를 지니고 있다.
- 주파수 영역을 흡음하는 장점이 있으나 선택적으로 흡음을 하므로 파장이 큰 저주파수에 대해서는 그다지 큰 효과는 없으며, 시공기간이 많이 소요되는 문제가 있다.

(아) 경량콘크리트 흡음형 방음벽(Cellstone, 강체흡음재)

- 시멘트, 규산질 원료(Slag, Flyash, 규사 등), 특수혼화제를 주원료로 고온고압 양생하여 제조되는 경량기포 콘크리트의 흡음재로 공극율 85%이상(대부분 open pore)으로 흡음능력이 우수하다(평균 0.8 수준)
- 섬유상 흡음재의 단점인 피부자극, 인체유해성이 없으며 다양한 문양의 디자인과 표면처리로 사용영역이 광범위하고, 현장가공 및 시공성이 우수하며 시공 후 분진발생이 거의 없다.

(자) 공명형 방음벽

- 방음판에 구멍이 뚫려있고 내부에 공명기가 있어 음파가 공명에 의하여 감쇠되는 방음벽이다.

(차) 간섭형 방음벽

- 방음벽의 상단에 설치하는 간섭장치는 입구단에서 음이 입사하여 간섭장치를 통과하여 출구단으로 음이 방사된다.
- 간섭장치 안의 Split의 간격 및 길이를 이용 간섭주파수를 조절할 수 있도록 되어 있으며, 간섭장치의 상단을 통해 회절되는 음파의 상호간섭에 의해 소



음을 저감시킨다.

- 간섭장치를 방음벽 상단에 설치하였을 경우에 소음저감 효과는 같은 높이의 방음벽에 비해 2.5~3.5dB(A) 정도의 감음 효과가 있다.

(카) 분지형 방음벽

- 금속판과 흡음재를 사용해서 방음벽 상단을 분지시켜 회절효과를 높이는 것으로 3~5dB정도 소음저감 효과가 있으나 방음벽이 도로 외부로 인출되기 때문에 유지관리에 어려움이 있다.

(타) Noise Reducer

- 폴리카보네이트와 흡음재를 사용해서 방음벽 상단에 버섯모양의 흡음체를 설치해서 회절효과를 높이는 것으로 도로 외부로 인출이 적고 설치의 제한이 적으나 분지형 방음벽 보다 소음저감의 효과는 적다.
- Noise Reducer를 방음벽 상단에 설치하였을 경우에 소음저감 효과는 같은 높이의 방음벽에 비해 방음벽에 가까운 장소(10m 내외)에서는 2~2.5 dB 정도, 먼 곳(30m 내외)에서는 1dB 정도의 감음효과가 있다.

(파) Calm Zone

- 방음벽을 타고 넘어오는 회절음과 공력소음의 저감을 위해 길이가 다른 4단 구조의 중공관으로 구성된 음의 굴절지연회로를 구성한다.
- 장치를 통과한 음파(굴절지연파)와 통과하지 않은 직접파가 간섭현상을 일으켜 감음을 일으키며, 무향실에서 시험한 결과 이 장치의 25m 지점에서의 소음저감 효과는 3~4dB이다.

④ 기타방음시설

가. 방음둑

- (가) 방음둑은 나무를 심고 조경작업을 함으로써 자연스러운 형태를 유지하며, 방음둑을 설치하면 특별한 유지보수가 필요 없으며 지면으로부터 완만한 경사를 이루므로 운전자와 인근주민에게 심리적 안정감을 줄 수 있다.
- (나) 방음둑은 단면형태에 따라 사다리꼴, 삼각형상의 방음둑과 이들을 조합한 복합 형태의 방음둑으로 구분된다.

나. 방음림

- (가) 방음림은 식물의 가지와 잎등 나무 전체를 통하여 소음을 차단하는 수림대를 의미하며, 소음효과를 가장 자연스럽게 유도할 수 있는 장점이 있으나, 단기간에 조성이 어렵고 좁은 지역의 몇 그루의 나무로는 차음효과를 기대할 수 없으며, 넓은 면적의 방음림에서만 차음효과를 기대할 수 있다.
- (나) 방음림을 조성할 때에는 두 세겹으로 연이어서 철도와 평행하게 완경사를 이루는 수림대를 만들면 일렬로 된 조림지보다 더 높은 효과를 얻을 수 있으므로

성장한 수림이 제어할 수 있는 소음감쇠거리는 최소한 15m는 되어야 하며, 수림의 배열에 있어서 각 열간의 거리는 약 1m로 하는 것이 좋다.

- (다) 방음림의 길이는 철도의 선로중심선에서 수음점을 연결한 선의 길이를 L이라고 할 때 방음림 조성길이는 좌·우 각각 동일길이 L 이상으로 하는 것이 바람직하며, 조림지역이 50~100m는 되고 관목이 무성할 경우 약 5~10dB(A) 정도의 소음을 저감할 수 있다.

다. 방음터널

- (가) 소음원에 의한 소음의 영향이 커서 방음벽을 6~8m 이상 높게 설치할 필요가 있는 곳에는 높은 방음벽보다는 철로의 일부분 또는 전체를 덮는 방음시설의 설치가 더 효과적이다.
- (나) 높은 수직 방음벽은 인접한 주민에게 시각적인 불쾌감을 주고 바람이나 무게를 견뎌낼 만큼의 구조적 보강이 필요하고 건설비용도 많이 드나 지역적인 특수한 상황으로 상당히 조용한 상태가 요구되는 곳에는 하나의 해결 방법으로 방음터널을 설치하게 된다.
- (다) 방음터널 길이가 길 경우 조명문제와 환기문제에 대한 대책이 필요하다.

2.2 설계기준

2.2.1 설계기준

(1) 국내의 환경소음 규제 기준

① 교통소음·진동 규제기준

1960년대 이후 산업화 도시화로 자동차, 철도교통량의 증가로 교통소음이 급격하게 증가되어 이를 효율적으로 규제하기 위하여 1990년 8월 소음·진동 규제법이 제정되어 교통소음과 진동의 한도가 마련되었다. 교통소음·진동의 한도는 규제기준과 다소 다르다 이는 도로와 철도 등의 소음·진동으로 피해를 받는자에게 대책이 필요하다고 판단되는 수준을 정하는 것이다. 한도 초과시에는 방음시설을 설치하거나 시·도지사가 원인자에게 대책수립을 요청할 수도 있다.

② 철도 소음한도

철도는 대량수송 및 전시제 운행이라는 중요한 역할을 하면서도 한편으로 철도승객 및 철도연변에 거주하고 있는 사람들에게 상당한 소음공해에 시달리게 하였으므로 정온한 생활환경을 누릴 권리를 보장하기 위하여 일반철도(소음·진동관리법 시행규칙 별표 12. 교통소음·진동의 관리기준)와 고속철도(환경영향평가 협의기준)소음한도를 <표 11>와 같이 규정하고 있다.



표 11. 일반철도 및 고속철도 소음한도

대상 지역	일반철도	
	주간(06:00~22:00)	야간(22:00~06:00)
주거지역, 녹지지역, 관리지역 중 취락지구·주거개발진흥지구 및 관광·휴양개발진흥지구, 자연환경보존지역, 학교·병원·공공도서관 및 입소규모 100명 이상의 노인의료복지시설·영유아보육시설의 부지 경계선으로부터 50m 이내지역	Leq 70dB(A)	Leq 60dB(A)
상업지역, 공업지역, 농림지역, 생산관리지역 및 관리지역 중 산업·유통개발진흥지구, 미고시지역	Leq 75dB(A)	Leq 65dB(A)

대상 지역	고속철도(소음협의기준)(*주)			
	시험선구간		시험선외 구간	
	개통시	개통15년 이후	개통시	개통15년 이후
주거지역, 녹지지역, 관리지역 중 취락지구·주거개발진흥지구 및 관광·휴양개발진흥지구, 자연환경보존지역, 학교·병원·공공도서관 및 입소규모 100명 이상의 노인의료복지시설·영유아보육시설의 부지 경계선으로부터 50m 이내지역	Leq 65dB(A)	Leq 60dB(A)	Leq 63dB(A)	Leq 60dB(A)
상업지역, 공업지역, 농림지역, 생산관리지역 및 관리지역 중 산업·유통개발진흥지구, 미고시지역	Leq 70dB(A)	Leq 65dB(A)	Leq 68dB(A)	Leq 65dB(A)

주) 고속철도(소음협의기준) : 국토해양부(구,건설교통부)로부터 한국철도시설공단(구,한국고속철도건설
공단)에 통보('99.12.8)된 내용

(2) 설계시 유의사항

① 소음·진동 저감시설의 설치

가. 소음·진동저감시설은 발생원의 특성 및 대상지역의 용도를 고려하여 저감효과, 구조적 안전성, 경제성 및 주변경관과의 조화가 이루어지도록 설치되어야 한다.

나. 소음·진동 저감시설은 대상지역중 소음·진동의 영향도가 큰 지역으로서 열차운행 빈도, 선로상태 및 철도주변의 지역여건 등을 참작하여 우선순위를 정하고 그 순위에 따라 순차적으로 설치한다.

② 방음시설의 설치

가. 철도교통소음의 저감을 위한 방음시설은 가능한 한 철도용지경계에 설치하여야 한다.

나. 방음시설을 설치함에 있어 소음저감의 효과, 예산절약, 지역여건 등을 고려하여 철도용지경계에 설치하는 것이 곤란한 경우에는 별도로 철도재산의 관리방안을 마련한 후 철도용지경계내의 적절한 위치에 설치 할 수 있다.

③ 방음시설의 유지관리

가. 방음시설의 설치에 있어서는 설계·시공시 소음저감효과를 예측하고 설치전후의 소음도를 측정하여 성능평가를 실시하여야 한다.

나. 방음시설은 방음성능, 안정성 및 미관 등이 항상 유지되도록 관리하여야 한다.

2.2.2 구조

(1) 구조

방음벽은 일반적으로 <그림 12>과 같이 기초부, 지주, 방음판의 3가지로 구성되며, 지면에 시공된 기초 위에 지주가 앵커볼트로 고정되어 이 지주에 방음판이 클립, 볼트 등으로 고정되는 형태로 설치된다.

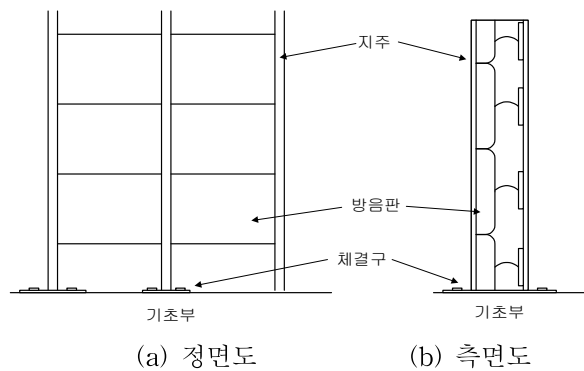


그림 11. 방음벽의 기본 구조형상

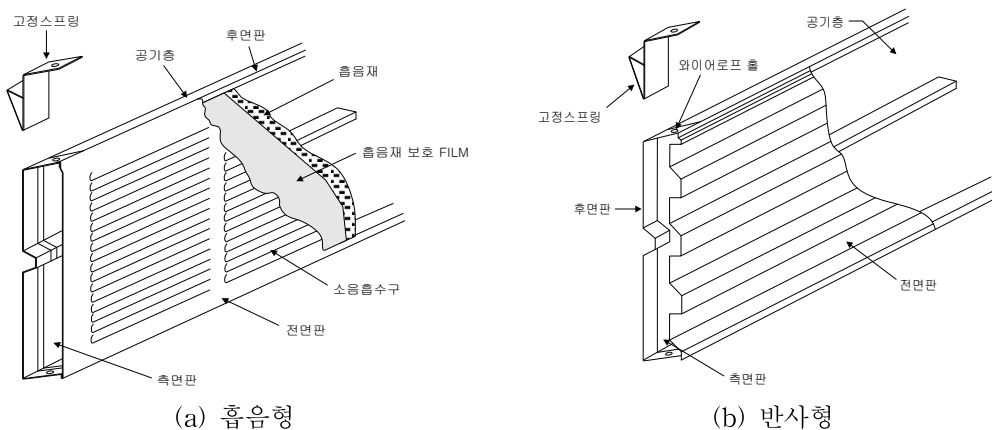


그림 12. 방음판의 구조 예



현재 국내에서 많이 사용되는 흡음형과 반사형 방음판의 구조는 <그림 12>와 같다. 방음벽 시공에서 지주는 일반적으로 H형강을 많이 사용하는데, 형강의 치수는 방음벽의 높이, 지주 간격, 설계하중에 따라 구조설계에 의해 정한다. 이들 지주와 앵커볼트는 용융아연도금을 해야 하며, 아연 부착량은 $550\text{g/m}^2(77\mu\text{m})$ 이상으로 한다.

① 방음벽 기초

- 가. 설계하중은 고정하중, 풍하중, 토압, 활하중, 지진하중을 고려하여 설계하여야 한다.
- 나. 고정하중 및 풍하중은 방음벽 지주 설계하중을 적용하며 토압과 지진하중은 철도 설계기준을 따른다.
- 다. 활하중은 열차하중을 적용한다.
- 라. 설계하중계수 및 조합, 구조해석, 구조상세는 철도설계기준을 따른다.
- 마. 기초 웅벽의 돌출높이는 시공기면에서 500mm로 한다.
- 바. 흙쌓기구간의 방음벽 설치개소에는 주변여건을 감안한 배수공을 설치하여 집중호우시 노반에 피해가 없도록 설계한다.

사. 콘크리트 기단

콘크리트 기단은 다음의 목적을 위해 방음벽 하단에 설치된다.

- (가) 음향적 요소와 지면과의 접촉을 피하기 위함
- (나) 음향적 요소에 견디는 표면을 제공하기 위함
- (다) 각기 다른 구조물 위의 방음벽을 설치함으로써 요구되는 마감부분의 특수형태를 모두 면처리하게 하기 위함
- (라) 노반의 물이 시공기면 밖으로 배수되도록 하기 위함

② 지주(H-Beam)

방음벽 지주는 각 경우에 맞도록 설계되어야 하며 음향적 검토결과 방음벽 높이를 고려하여 정하여야 한다.

- 가. 설계하중은 고정하중, 풍하중을 적용하며 일반적으로 충돌하중은 고려하지 않는다.
- 나. 풍하중은 설계기준에 따른다.
- 다. 방음벽 지주간격은 방음판 생산규격을 고려하여 4.0m, 3.0m, 2.0m를 기준으로 하고 방음벽 높이, 구조적 안전성, 경제성 등을 검토하여 간격을 조정하여야 한다.
- 라. 지주는 구조적으로 안정성을 확보하도록 설계해야 한다.

③ 방음판

방음판을 제작하는 방법은 제조업체마다 다르나 방음판 제작을 위한 시방에 명기하여야 한다. 국내 생산업체의 방음판이 2, 3, 4m 너비로 생산되나 실제 토공부에 설치되는 지주의 간격이 4m(교량부 2m)를 기준으로 되어있으므로 이에 적합하게 되어야 한다.

2.2.3 규격

음향특성 및 구조강도 측면에서 볼 때 방음판을 특정 크기로 제한할 필요는 없으나 보수 및 정비유지 측면에서 방음판을 규격화할 필요가 있다. 특히 흡음형 금속제 방음벽 및 투명 방음벽의 경우 부분파손이 빈번히 일어나기 때문에 규격화되어야 한다. 일반적으로 방음판의 크기는 <표 12>와 같이 한다. 단, 지주와 지주 간격에 해당하는 변의 길이는 조립여유를 감안하여 짧게 할 수 있다.

표 12. 방음판의 크기

종류	가로(mm)	세로(mm)
금속제 흡음형	4000, 3000, 2000	400, 500
투명 및 반사형	500, 1000, 2000	2000
기타	임의	임의

2.2.4 음향성능 및 재질기준

반사형 방음벽은 투과손실을 흡음형방음벽은 흡음율과 투과손실을 기준으로 그 성능을 나타낸다. 이는 환경부 고시 「방음벽의 성능 및 설치기준」에서 흡음형방음벽의 성능평가항목인 흡음율과 투과손실, 투명방음벽의 성능평가항목인 투과손실의 성능을 규정하고 있다.

(1) 투과손실

- ① “투과손실”이라 함은 소음에너지가 방음판을 투과하기 전과 투과한 후의 음압레벨의 차이를 말한다.
- ② 방음벽의 방음판 투과손실은 수음자 위치에서 방음벽에 기대하는 회절감쇠치에 10 dB을 더한 값 이상으로 하거나, 500Hz의 음에 대하여 25dB이상, 1000Hz의 음에 대하여 30dB이상을 표준으로 한다.
- ③ 투과손실 측정방법은 KS F 2808에 의한다.

(2) 흡음률

- ① “흡음율”이라 함은 입사음의 강도에 대한 흡수음의 강도의 백분율을 말한다.
- ② 흡음형 방음판의 흡음율은 시공직전 완제품 상태에서 250, 500, 1000 및 2000Hz의 음에 대한 흡음율의 평균이 70%이상인 것을 표준으로 한다.
- ③ 흡음율 측정방법은 KS F 2805에 의한다

(3) 가시광선 투과율

투명 방음벽의 방음판은 충분한 내구성이 있어야 하며, 가시광선 투과율은 85% 이상을 표준으로 한다. 가시광선 투과율의 시험방법은 KS L 2514에 의한다. 투명방음판의 경도는 폴리카보네이트가 10~91 ROCKWELL(M), 세라미그라스가 110~130 ROCKWELL(M) 이상으로 한다.



(4) 내화성

차량화재 등에 의한 방음벽 부위로 연소된 경우에 방음판의 내화성이 필요하다. 방음판이 연소되어 화재가 민가에까지 미치거나 고가로부터 연소된 방음판이 민가에 떨어지는 경우는 절대적으로 있어서는 안된다. 방음판의 내화성 시험방법에 대해서는 명확하게 규정된 것은 없으나 철도의 상황 등을 충분히 고려해서 적당한 시험방법에 의해 내화성을 확인할 필요가 있다. 일례로 독일의 ZTV-Lsw 88(Additional Regulations Concerning Noise Protection Walls)에 면화재를 가정한 연소시험이 있다.

(5) 산화피막 도금의 필요성

철도의 동력원인 전기 및 디젤로 인한 산화를 억제하고 부수적으로 햇빛 및 철도 조명 등에 의한 방음벽의 반사광 억제방안으로 피막도금을 검토하여야 한다.

① 화학적 산화피막

알루미늄(합금)의 방식 및 도장하지용을 목적으로 한다. 이 피막은 막 두께가 얇고 (1~3 μ m) 내식 및 내마모성은 양극산화피막보다 떨어진다. 그 방법을 나타내면 <표 13>와 같다.

표 13. 화학적 산화피막법

종류	특징	비고
Bae Mite법	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 방식 또는 도장하지 등 ◦ 무색~황색 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 끓인 후 순수로 적신다. ◦ 암모니아 등의 첨가제를 가하는 경우도 있다.
M. B. V법	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 화학피막으로서는 매우 잘 알려져 있다. ◦ 회색 	◦ Na ₂ CO ₃ + K ₂ CrO ₄ 의 고온용
E. W법	<ul style="list-style-type: none"> ◦ MBV의 개량법 ◦ 무색~명회색 	◦ Na ₂ CO ₃ + Na ₂ CrO ₄ + NaSiO ₃ 의 고온용
Alodine 또는 Alocrom법	◦ 피막가운데 Cr, Al, P, F 등을 함유한 피막은 얇고 단단하고, 색은 녹갈색이거나 옥충색을 하고 있다.	◦ 크롬산염, 인산염, 불화물을 함유한 산성의 용액을 이용한다.
Alrok법	◦ MBV법에 유사하고 사용하는 합금에 의해 색이 다르다.	◦ Na ₂ CO ₃ + K ₂ Cr ₂ O ₇ 의 고온용

② 양극산화피막(anodizing)

알루미늄에서 가장 중요한 표면처리방법으로 보통 알루마이트라 한다. 알루미늄 제품을 각종 전해액에 양극으로 전해산화 하는 것이다. 이 방법에 의한 피막 두께는 6~25 μ m 정도의 것이 많이 이용된다. 박리되지 않고 내식성 내마모성이 풍부하고 전기절연성도 좋고 봉공처리 전에는 자유롭게 염색하는 것도 가능하고, 봉공처리후에는 내구성도 좋게 된다. 대표적인 양극산화피막법을 <표 14>에 나타낸다.

표 14. 양극산화 피막법

종별	진해액	전원	비고
황산법	10~25% 황산	주로 직류 10~30V	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 가연용기물, 건축재제품, Tank 등 가장 많이 사용하고 있다. ◦ 은색계 밝은 피막
수산화법	2~5% 수산화	직류 또는 30~80V	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 일본특허, 가연용기물 등 황금색 피막
크롬산법	2~5% 크롬산	직류 30~60V	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 유백색-회색 불투명 피막
인산법	인산	직류 30~60V	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 유백색-회색 불투명 피막
유기산법	Sulfonic산계 등	직류 또는 30~60V 교류	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 자연발색

양극산화피막의 부식형태는 거의 공식(pitting corrosion)형태이고 공식의 발생은 시험편의 상향면보다 하향면의 방향이 많다. 또한 부식은 폭로 5년 이상에서 가속화되고 폭로기간이 짧은 사이에 발생한 부식상황이 장기간의 폭로결과에 대응한다.

양극산화피막의 대기폭로에 의한 외관은 폭로환경에 의해서 커다란 변화를 입게되고 부식발생에 의한 것을 제외한 표면거칠기 변화, 광택도의 저하, 색상의 변화도 외관변화의 큰 요인이 된다. 알루미늄합금에 양극산화피막 또는 화학적피막을 시행하고 그위에 도장을 시행한 복합피막은 샤시 등에 많이 사용되며 방식효과 또한 높이는 방법이다. 그 복합피막의 실외에서의 내후성은 도막의 성능에 좌우된다. 도막 성능은 도료의 종류, 도장방법, 도막두께 및 밀바탕과의 밀착성 등에 따라 크게 다르게 된다. 복합피막의 내식성에 대해서 촉진시험의 데이터는 충분하지만 대기폭로에 관한 데이터는 적어서 내식성에 대한 명확한 결과는 얻을 수 없다.

그러나 내식성은 도료의 종류 및 도장방법에 의한 것이 크다.

<표 15>은 산업환경 및 해수환경에서 산화피막의 두께에 따른 부식특성을 나타낸 것이다. 6.5 μ m의 피막두께에서 알루미늄산화피막 처리를 한 제품이 피막처리를 하지 않은 제품에 비해 약 2배 정도의 수명이 연장된 것을 볼 수 있다.



표 15. 순수알루미늄의 비보호 · 양극산화 처리시 부식시험3)

부식 정도		1B 등급 (99.5%)		1A 등급 (99.8%)			고순도 등급 (99.99%)	
		도막두께(μm)		도막두께(μm)			도막두께(μm)	
		0	6.5	0	4	6.5	0	4
산업환경 (폭로년수: 7년)	외관 1)	2.5	5	2.5	5	5	3.5	6
	물성 2)	2.75	5.5	3	4.5	6	3	5
해양환경 (폭로년수: 7년)	외관 1)	<1	4	1	4	5	3	4
	물성 2)	5	>11	8	7	>11	>11	>11

주) 1) 임의지정수준까지의 표면외관의 열화년수

2) 임의지정수준까지의 역학적 특성의 열화년수

3) Champion, F.A. and Spilett, E.E, Sheet metal ind., 33, 25(1956)

본 설계에서는 가혹한 환경에서 견딜 수 있는 기준(KSD 8303)을 적용하여 양극산화피막을 실시하는 것으로 설계에 반영하였으며 지금까지의 결과를 볼 때 산화피막을 하지 않은 방음판(전면판)의 수명에 비해 2배 이상의 수명을 연장할 수 있는 효과가 있는 것으로 분석되었다.

또한 그 후에도 부식이 계속 진행되는 과정에서 산화피막을 적용한 방음판은 부식 정도가 2배 이상 느리기 때문에 외관의 청결도 면에서도 많은 효과를 볼 수 있을 것이다.

표 16. 양극 산화피막(KSD8303)

종류	양극산화 피막 두께(μm)	도막두께(μm)	도 막	주요 용도 보기
A	9.0 이상	12.0 이상	투명계	건축부재 (옥외에서 가혹한 환경)

(6) 재질기준 및 기타 고려사항

- ① 방음벽에 사용되는 재료는 발암물질 등 인체에 유해한 물질을 함유하지 아니한 것으로서 내구성이 있어야 하고 햇빛반사가 적어야 하며, 부식되거나 동결융해 등으로 인하여 변형되지 않는 재료로 한다.
- ② 방음벽은 20년 이상 내구성이 보장되는 재료를 사용한다.
- ③ 방음벽에 사용되는 재료 중 외부는 불연성 또는 준불연성이어야 하고 내부의 흡음 재료는 자기 소화성으로 연소시 화염을 발생하지 않아야 한다.
- ④ 비산 또는 노화에 의하여 인체에 유해한 분진을 발생할 수 있는 흡음재는 내용물이 비산하지 않도록 충분한 내구성 및 강도를 가진 피복재로 싸서 사용한다.

- ⑤ 흡음재는 수분함유에 의하여 부패되지 않는 재료여야 하고 발수처리하거나 발수처리된 피복재로 싸서 물을 머금지 않게 한다.
- ⑥ 방음판은 하단부에 배수구멍 등을 설치하여 배수가 잘 되어야 한다.
- ⑦ 방음벽에 사용되는 모든 금속재료는 산화에 의한 부식이 일어나지 않도록 불수강을 사용하거나 내식 도장 등의 표면처리가 되어야 하고 소정의 도장시험을 합격하여야 한다.
- ⑧ 방음벽의 모든 도장은 무광택으로 반사율이 10% 이하여야 한다.
- ⑨ 방음벽의 모든 재료는 극단적인 취성이 없어야 하고 파손시 날카로운 파편을 생성하지 않아야 한다.

2.2.5 계획 및 설계순서

(1) 설계개요

방음벽 설계 과정의 소음감쇠 목표는 음향적인 조건에 의하여 결정되며, 이는 방음벽의 비 음향적인 조건과 연계되어 특정 설계가 선정되고 적절한 평가에 의하여 하나의 디자인이 선택된다. 소음에 의한 피해가 대부분 심리적이며 감정적인 점을 감안하면 방음벽 설계의 전 과정에 지역주민의 의견이 반영되어야 방음벽의 효과가 극대화될 수 있다.

방음벽을 설계하고자 할 때 우선적으로 파악해야 하는 것은 환경정책기본법의 관계법에서 규정하고 있는 대상지역의 기준 소음레벨 혹은 요구되는 현재의 소음레벨이다. 철도소음한도를 초과하는 소음이 예측 또는 관측되는 지역에서는 방음시설의 설치를 고려해야 한다.

관계법에서 규정하고 있는 기준 소음레벨과 현재의 소음레벨(또는 예측치의 소음레벨)과의 차이가 방음벽을 설치하여 감쇠시켜야 할 목표치이며, 이를 소음의 감쇠목표치라 한다. 설계 목표치는 소음에 대한 환경기준을 적용하면 무리가 없고 기준의 적용은 병원, 휴양시설 및 주거지역의 경우 낮 시간대 및 밤 시간대 모두의 기준을 적용하고 학교 및 기타지역은 낮 시간대의 기준을 적용하는 것이 타당하다. 그리고 수음점은 보호대상지역 중 교통소음의 영향을 가장 크게 받는 지점으로 해야 한다.



(2) 설계순서

설계순서는 <그림 13>를 참고한다.

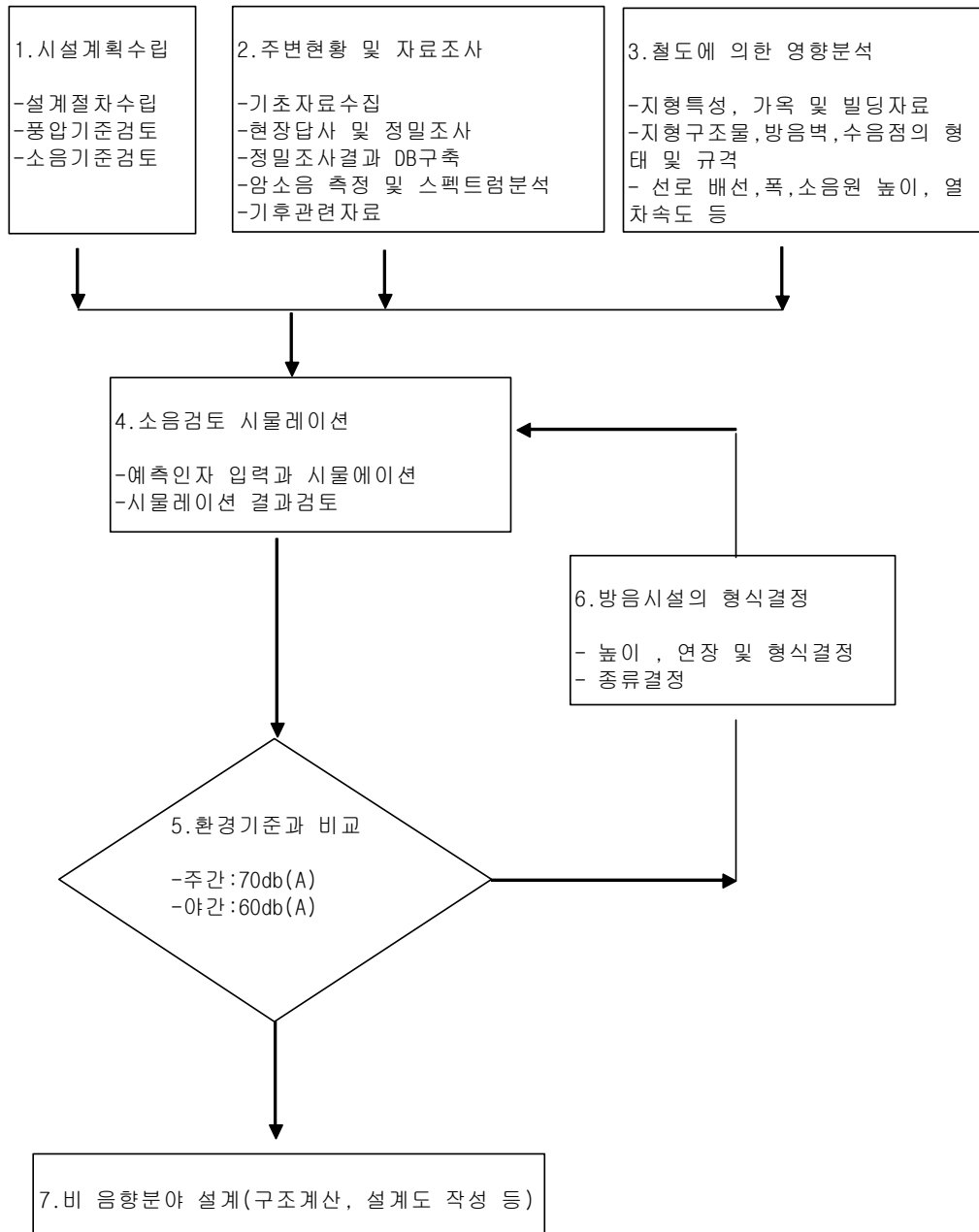


그림 13. 방음벽 설계흐름도

(3) 주변현황조사 및 자료조사

① 조사 대상, 방법 및 절차

가. 조사 대상

(가) 주변지형·지반조사

(나) 기상현황조사

- (다)선로주변의 도시계획상 용도지역 분포조사
- (라)소음 피해 예상지역의 시설물 확인측량
- (마) 주민의견 설문조사
- (바) 방음시설 설계에 필요한 자료수집 및 조사

나. 조사방법 및 절차

표 17. 조사내용 및 방법

구분	조사 방법		비고
	기초조사	본조사	
주변 지형·지반조사	◦ 지도(1:5,000, 1:1,200)	◦ 현지조사(답사) (지형, 수목, 기타)	
기상현황 조사	◦ 1차 Survey	◦ 현지확인 (현지 거주자 인터뷰, 답사)	
선로주변 도시계획상의 용도지역 분포조사	◦ 1차 Survey	◦ 각 시, 군, 구청 토지이용 확인 인원 입수 조사	
소음피해 예상지역의 시설물 확인 측량	◦ 1차 Survey ◦ 시설물 위치 확인	◦ 선로를 기준으로 거리 측량 높이 확인	
주민의견 설문조사	◦ 설문작업	◦ 현지 설문조사 ◦ 주민회의 청취	
방음시설 설계에 필요한 자료수집 및 조사	◦ 시설물 위치 표시	◦ 시설물내 주거여부 파악 ◦ 시설물용도 파악	

② 선로변 현황조사

가. 주변지형·지반조사

열차 운행시 선로 주변지역의 주거지역 등에 미치는 소음 피해 영향을 예측하기 위한 설계 인자들(지형특성, 주거 분포 상태, 위치, 규격 및 수음점까지의 이격거리 등)을 조사하여 설계에 반영한다.

나. 기상현황 조사

기상관련자료 중에서 소음해석시 가장 영향이 큰 요소인 기온, 풍향·풍속, 강수량에 대하여 과거의 자료를 설계시 적용한다.

다. 선로주변 도시계획상 용도지역 분포조사

- (가) 선로 주변 좌·우측 방향의 가옥 배치에 대하여 정밀조사를 하고, 지번에 따른 용도 지역은 측량
- (나) 가옥, 축사, 비닐하우스, 학교, 군부대, 창고 및 공장 등의 모든 시설물에 대하여 선로 경계로부터의 이격 거리와 높이를 레이저 거리측정 장비 등을 사용하여 실측 및 분석

라. 소음피해발생 예상지역의 시설물 확인측량

선로경계로부터 이격거리와 높이를 특정하여 설계시 반영



마. 주민의견 설문조사

주민에게 미치는 피해영향을 최소화하기 위하여 선로주변 마을의 주민들을 대상으로 설문조사를 실시하여 대상지점 주민의 반응, 요구조건 등을 설계 시 참고한다.

바. 방음시설 설계에 필요한 자료 수집 및 조사

(가) 철도 차량의 제원

- 주파수 대역별 소음

- 선음원인 열차의 소음은 기본적인 열차의 제원 외에 열차의 속도 및 각 연결 차량에 대한 주파수별 소음도에 의해 영향을 받는다.

③ 배경소음 측정

가. 측정지점의 선정

- (가) 현지답사를 실시하여 소음피해 발생 예상지역을 분류하고 250m~300m 이내지역을 대상지역으로 선정하여 시설물을 조사
- (나) 선로주변 대상가옥 중 최고근접 지점과 가옥이 밀집된 중앙부지점과 같이 대상지역의 소음을 대표할 수 있는 지점
- (다) 선로의 레일레벨(rail level)과 동일선상 또는 그 상부에 있는 지점으로서 피해가 우려되는 곳(아파트, 연립주택, 빌딩, 고지대에 위치한 가옥 등)
- (라) 학교, 병원, 공공도서관, 종교시설(교회, 사찰, 성당) 등 음향적으로 취약한 지점
- (마) 도로변 지역과 같이 도로소음의 영향을 확인할 수 있는 지점
- (바) 배경소음도가 특별히 높다고 예측되는 지점
- (사) 현장 실측시 측정이 필요하다고 판단되는 지점(지형적 이상지점, 민원발생지점)
- (아) 대규모 주거지역은 데이터의 객관성을 위해 2 Point에서 4 Point 정도의 지점 선정

나. 측정방법 및 장비

- (가) 환경부에서 고시된 소음·진동공정시험방법에 준하여 측정하는 것을 원칙으로 함
- (나) 측정장비
 - 주 장 비 : 디지털 소음계, 저장 분석 컴퓨터, 소프트웨어
 - 보조장비 : 삼각대, 배터리, 충전기, 풍속계, 줄자, 랜턴 등

다. 주요 피해지점의 특성 평가

- (가) 일부 개소의 경우 소음피해가 우려되는 지점에 대한 세부적인 해석을 통한 평가의 수행이 필요하다
- (나) 선로의 하부보다는 상부의 피해가 더 클 것으로 판단되므로 선로 상부에 있는 지점에 대한 평가와 도로에 의한 소음의 중첩이 발생하는 부분에 대한 상세한 평가를 하여야 한다.

(다) 선정기준

- 주요 소음피해예상지역(black point)의 소음 주파수 대역별 조사를 통하여 특성평가를 실시하여야 한다.
- 레일레벨(rail level) 기준으로 공중별(토공, 교량)로 상부, 하부, 동일 선상 및 터널 입·출구부 등으로 구분하여 적합한 위치 선정
- 근거리(100m 미만), 원거리(100~300m), 은폐지역 등으로 구분하여 적합한 위치 선정
- 집단 주거지역이 형성되어 있는 지역 및 주변 도로(철도)의 영향을 많이 받는 곳을 중심으로 선정
- 대상지역의 주파수 대역별 소음도 측정을 위하여 sequential filter가 내장된 소음측정기를 이용, 각 측정지점에 대해 24시간 연속측정을 실시함이 필요하다.

2.2.6 설계시 기본적인 고려사항

(1) 기본적 사항

- ① 소음발생원의 특성 및 보호대상지역의 용도를 조사하고, 보호대상지역 주민의 의견을 수렴하여 방음시설을 선정한다.
- ② 방음시설은 전체적으로 주변경관과 잘 조화를 이루고 미적으로 우수하여야 하며 환경친화적이어야 한다. 이를 위하여 방음시설의 색상, 수림대조성, 덩굴식물 식재, 투명방음판과 불투명방음판의 조합, 방음벽의 단부 및 연결부에 화분설치, 다양한 문양의 방음판 사용 등 다각적인 방안을 강구한다.
- ③ 방음판은 파손부위를 쉽게 교체할 수 있는 구조로 해야 한다.
- ④ 방음벽은 사고시 대피·청소·유지관리 등을 위하여 적정간격으로 통로를 설치할 수 있다. 통로는 소음이 직접 밖으로 투과하지 않는 구조로 한다.
- ⑤ 방음시설은 강풍·진동에 의하여 변형 또는 파괴되지 않도록 안전한 구조로 하되, 국토해양부의 「도로교 표준시방서」에서 정하는 지역별 설계풍속을 적용할 수 있다.
- ⑥ 방음벽은 가급적 방음효과가 우수하고 사후관리가 편리하며 내구성이 좋은 것으로 한다.
- ⑦ 방음벽을 설치함으로써 얻을 수 있는 최대 감음량은 20dB(A)이나 이만큼의 소음을 감쇠시킨다는 것은 거의 불가능하기 때문에 저감목표 값이 20dB(A)를 초과한다면 다른 방안을 강구해야 한다.
- ⑧ 평면성토 또는 고가구조 구간에서 방음벽이 연속되어 있을 때는 선로내외의 환경과의 조화를 도모하기 위하여 식재의 활용 등을 고려하고 방음벽이 500m를 넘어 연속될 때는 방재 및 유지관리를 위하여 출입구를 설치하여야 한다. 출입구는 500~1,000m일 때는 중간에 1개소, 1,000m를 넘을 때는 500m마다 1개의 비율로 설치한다.



⑨ 음원결정

- 가. 교통소음에 대한 방음벽 설계시 음원은 무한길이의 선음원으로 보며, 음원의 높이는 노면위 0.5m를 표준으로 한다. 다만, 주 소음발생원이 노면보다 상당히 높은 경우에는 주 소음 발생원의 위치로 한다.
- 나. 소음원의 발생소음도는 실제 현장측정을 통하여 결정하는 것을 원칙으로 하며, 장래의 소음을 예측하여 평가하고자 하는 경우에는 예측식을 이용하여 결정할 수 있다.

⑩ 수음점 결정

수음점은 보호대상지역 부지경계선중 소음도가 가장 높은 지점으로 한다. 다만, 소음으로부터 보호받아야 할 시설이 2층이상인 경우 등 부지경계선보다 소음도가 더 큰 장소가 있는 경우에는 그 곳에서 소음원 방향으로 창문·출입문 또는 건물벽 밖의 0.5m 내지 1m 떨어진 지점으로 한다.

⑪ 방음벽의 선정기준

- 가. 철도 소음원의 양쪽 모두에 보호대상지역이 있거나 한쪽에만 방음시설을 설치할 경우 반대측 수음자에게 반사음의 영향이 우려되는 경우에는 흡음형 방음벽 또는 반사음 저감효과가 흡음형 방음벽과 동등 이상인 방음시설로 한다.
- 나. 조망, 일조, 채광이 요구될 경우에는 투명방음벽 또는 투명방음판과 다른 방음판을 조합한 방음벽으로 한다.
- 다. 소음원과 보호대상지역 사이에 적정한 공간이 있는 경우에는 자연미관과 방음 효과를 달성할 수 있는 방음림을 설치하거나 방음벽, 방음둑과 방음림을 조합한 방음시설을 설치할 수 있다.
- 라. 소음원 및 보호대상지역의 주변 지형여건상 방음벽, 방음둑 등으로 충분한 방음효과를 얻기 어려운 지역은 방음터널로 한다.
- 마. 방음시설 설치대상지역의 입지여건이나 장래 토지이용계획 등을 고려하되 그 특성에 따라 달리 할 수 있다.

⑫ 방음벽의 크기결정

- 가. 방음벽의 높이는 방음벽에 의한 삽입손실에 따라 결정되며, 계획시의 삽입손실은 방음벽 설치대상지역의 소음환경기준과 수음점의 소음실측치(또는 예측치)와의 차이이상으로 한다.
- 나. 방음벽의 길이는 방음벽 측단으로 입사하는 음의 영향을 고려하여 설계목표를 충분히 달성할 수 있는 길이로 결정해야 한다.

⑬ 방음벽 설치지점 선정

- 가. 방음벽은 설치가능한 장소 중 소음저감을 극대화할 수 있는 지점에 설치하여야 한다.
- 나. 방음효과의 증대를 위하여 선로측면외에 중앙부분에도 방음벽을 설치 할 수 있다.

(2) 방음벽의 설계조건

현재 교통량의 증가로 소음레벨의 증가는 불가피한 것이다. 소음레벨을 효과적으로 낮추기 위한 여러 방법 중 소음원과 수음원 사이의 전파경로를 차단하여 소음레벨을 낮추는 방법이 효과적이다. 그 중 방음벽의 사용은 국토가 협소한 우리나라의 실정에 비추어 볼 때 국토이용의 극대화 측면에서 가장 이상적인 방법이 아닐 수 없다. 방음벽의 설치는 좁은 공간에 설치할 수 있고 시공이 용이하며, 대책효과도 크기 때문에 도로나 철로변에 설치가 되고 있다. 하지만 방음벽 설치로 인한 조망의 방해와 미적 조화의 불균형으로 설치시 상당히 주의를 요한다. 효과적인 방음벽의 설치를 위해 고려해야 하는 음향적인 조건(방음벽의 높이, 길이, 위치, 재료)과 비음향적인 조건(미관, 안전성, 유지보수 등)을 설명하고자 한다.

<그림 14>의 방음벽 설계 프로세스의 Flow Chart에서 나타난 것처럼 소음의 감쇠 목표설정은 음향적인 조건에 영향을 주며, 이는 비음향적인 조건과 더불어 방음벽의 디자인을 선정하며, 선정된 디자인을 평가하고 최적화하여 그 지역에 적당한 방음벽을 선정하는 과정을 보여주고 있다. 이러한 방음벽의 선정과정에서 그 지역의 주민의 참여가 무엇보다도 중요하며 이를 간과해서는 안 된다.

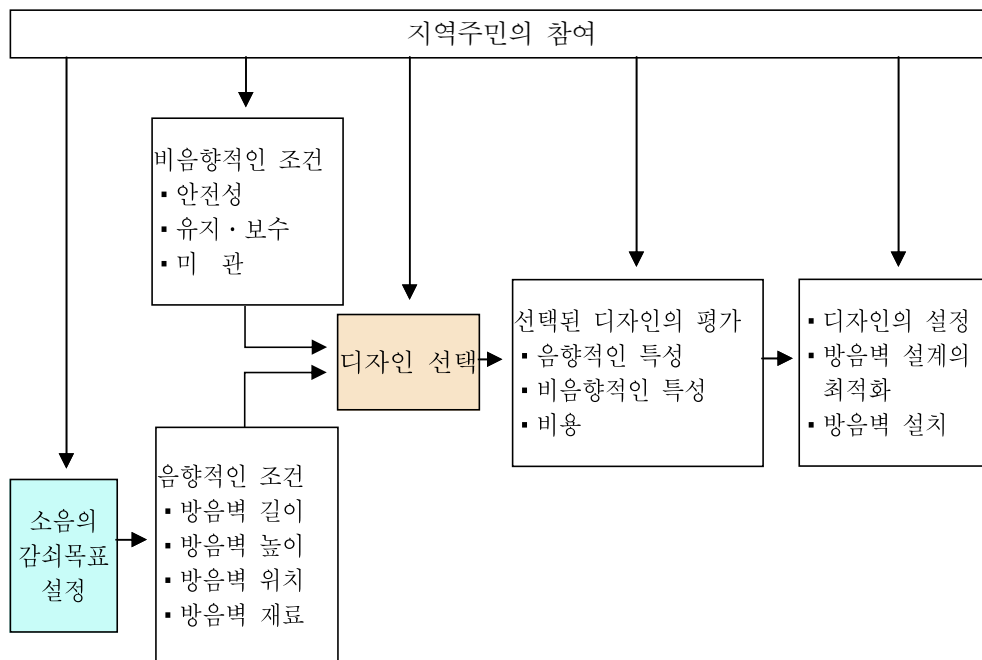


그림 14. 방음벽 설계 프로세스의 Flow Chart

① 음향분야

방음벽의 설치에 앞서 선행되어야 하는 것은 대상지역에 요구되는 소음레벨과 현재의 소음레벨이다. 현재의 소음상태를 파악하여 기준 소음레벨에 적합한지를 살펴 이를 초과시 이에 해당하는 소음레벨 만큼을 방음벽을 통하여 감쇠시켜야 한다.



이때 선정되는 소음레벨을 소음의 감쇠목표치이다. 방음벽을 통한 소음의 저감은 방음벽 자체의 투과손실과 방음벽 상단과 측단을 통한 회절감쇠치, 방음벽과 수음원과의 이격거리, 지표면의 상태, 주변의 구조물 등에 의해서 결정된다. 방음벽의 효과를 살펴보면 소음원과 수음점사이에 시선을 차단할 정도의 높이로 설치된 방음벽의 감쇠효과는 약 5dB(A)이며, 지표면의 감쇠효과는 1~2dB(A)정도가 된다.

합리적인 높이와 길이를 갖는 방음벽 및 방음독은 일반적으로 10dB(A)의 감쇠효과를 얻을 수 있으며, 15dB의 감쇠효과를 달성하기는 어려우나 보통 아주 높은 구조물 및 투과손실이 높은 재료를 사용하거나 틈이나 개구부를 거의 없게 함으로써 얻을 수 있다. 방음벽의 설치로 최대로 얻을 수 있는 감쇠량은 20dB이나 거의 불가능하므로 저감목표가 20dB를 초과한다면 다른 방안을 강구해야 한다.

<표 18>은 5dB를 단위로 방음벽 감쇠효과를 분류한 것으로 소음레벨을 20dB 감쇠시키기 위해서는 음향에너지를 99%를 제거해야한다는 것을 의미한다. 그리고 방음시설은 수음점에서 음원으로의 가시선을 직접 차단하지 않는 한 감음효과가 거의 없다. 따라서 철도에 인접한 고층건물의 경우 소음을 저감할 수 있는 높이는 아파트의 경우 5층 이하, 기타건물의 경우 4층 이하로 함이 타당하다. 이 범위까지만 방음벽 등의 방음시설로 소음을 저감시키고 그 이상에서는 방음벽 이외에 건축적 측면(건축물의 투과손실 증대)에서 접근을 해야 한다.

표 18. 방음벽을 통한 소음감쇠 비교

방음벽 소음감쇠치	실행가능정도	음향에너지 감소	Loudness의 감쇠
5 dB	간단함	68 %	30 %
10 dB	주의 필요	90 %	50 %
15 dB	대단히 어려움	97 %	65 %
20 dB	거의 불가능	99 %	75 %

가. 고려사항

소음의 전달은 소음원에서의 소음이 전파하여 일정한 전달경로를 통과하여 수음원으로 도달하게 되는데 도달하는 소음의 정도는 소음원에 따라 다르며 전달경로상의 거리와 장애물 등에 의해 영향을 받는다. 소음의 저감을 위해서는 우선 소음원 대책으로 소음원 자체를 제거하거나 소음원의 소음을 줄여 전달되는 소음을 감소시키면 된다. 또한 전달경로상의 대책을 살펴보면 소음원과의 거리를 충분히 이격하여 소음의 전파를 약하게 하는 방법이 있다. 하지만 제한된 국토에서 이러한 수단은 비현실적이다. 또한 전달을 막을 장애물을 설치하면 소음이 감소된다. 이러한 조치가 미비할 경우 마지막으로 수음원 대책으로 건물자체를 기밀하게 시공하고 투과손실을 높여서 소음이 실내부로 들어오는 것을 막는 방법이 있다. 소음의 전달경로를 차폐물 등으로 막는 것이 현재 널리 사용되는 방음벽의 설치이다.

또한 방음벽과 더불어 방음독, 방음림과 방음터널 등의 방음시설을 이용할 수 있으며, 방음시설은 소음의 전달경로를 차단하는 대책으로 소음원인 철도와 수음원 사이에 소음 저감을 목적으로 설치하는 교통소음 저감시설의 하나이다.

나. 방음벽에 의한 소음저감 개념

방음벽은 소음원의 전달경로를 차단하여 수음원에서 소음을 감소하는 것이다. 방음벽과 같이 전달경로 상에 장애물을 설치하는 경우 소음원에서 발생하여 전파되는 음에너지는 장애물(방음벽) 상단을 회절하여 수음점에 도달한다. 또한 장애물 자체를 투과하여 전달되는 음과 장애물에 의해 반사되는 음으로 나누어진다. 방음벽에 의한 소음의 감쇠량은 회절음의 영향을 줄이기 위한 방음벽 높이의 증가와 방음벽의 면밀도에 의해 결정되며 방음벽을 투과하는 음보다는 방음벽 높이에 의한 소음의 저감정도가 훨씬 더 크다고 할 수 있다.

(가) 회절

- 철도와 수음원 사이에 놓여진 방음벽이 무한히 길고 면밀도가 상당히 크다고 하면 소음의 전파는 오직 방음벽의 상단에서 회절하여 전달되는 음뿐이다. 이때 회절하는 음은 회절각(θ)이 클수록 방음벽에 의한 소음저감효과는 상승한다. 회절각을 크게 하기 위해서는 방음벽의 높이를 높이는 방법과 수음점이 방음벽 가까이 위치하면 가능하지만 방음벽의 높이를 무한정 높일 수 없으며 수음점이 방음벽 가까이 위치하면 사람들의 시야가 가려져 전망에 문제가 생긴다.

(나) 투과손실

- 철로에서 발생하는 소음은 회절을 통한 방음벽의 상단으로 넘어가는 음과 방음벽 자체를 통과하여 수음원에 도달하는 투과음이 있다. 벽을 투과하는 음에너지는 방음벽의 재료와 음의 입사각, 주파수 등에 영향을 받으며 특히 방음벽 재료의 중량과 강성에 의해 결정된다. 소음을 차단하는 재료의 능력을 투과손실(TL)을 이용하여 평가한다. 방음벽의 투과 손실은 소음원의 주파수특성과 방음벽에 사용된 재료의 밀도에 의해 결정되며 저주파수의 경우 벽체의 강도에 중간주파수의 경우 질량법칙에, 고주파수의 경우 벽체의 Damping에 의해 제어되는 영역으로 분할된다. 투과손실을 간단히 계산하는 방법으로 다음 식이 많이 사용된다.

$$TL = 18\log(mf) - 44 \quad (1)$$

m : 재료의 면밀도(kg/m^2) f : 입사음의 주파수

재료의 투과손실은 재료에 조금의 틈이 존재한다면 그 틈으로 인해 음이 상당히 전달된다. 방음벽 시공시 재료의 이음부와 지면과 만나는 부분에 시공이 불량하여 틈새가 생기면 방음벽에 의한 소음효과는 현저하게 저하된다.



예를 들어 벽안쪽에 일정한 음압레벨 L_1 이 분포되어 있을 때 벽체에 틈새가 없으면 벽 외측에서의 음압레벨 L_2 는 L_1 에 비해 벽의 투과손실 TL만큼 감소하지만 벽 전체 면적의 $1/n$ 만큼 틈새가 있으면 L_2 는

$$L_2 = L_1 - 10 \log n \text{ [dB]} \quad (2)$$

만큼 감소된다. 방음벽 시공시 틈새가 발생하지 않도록 주의할 것을 기울여야 한다.

(다) 방음벽의 반사

- 방음벽으로 사용되는 재료에 따라 소음원에서 발생한 음에너지는 반사된다. 이 부분은 광학에서처럼 입사각과 같은 각을 따라 소음원 쪽으로 다시 반사되는데 이러한 반사는 소음원 쪽에 있는 다른 소음 피해자에게 해를 끼칠 수 있다. 반사된 소음은 다른 장애물이 없으면 수음원 쪽으로 다시 반사되어 영향을 주지는 않지만 평행하게 설치된 방음벽이 있는 경우 방음벽 상단의 회절음 이외에도 맞은편 방음벽에 의한 영향을 받게 된다.

반사음의 영향정도는 수음점의 높이, 방음벽의 높이, 방음벽 사이의 거리에 따라 영향을 받는다. 일반적으로 반사형 방음벽의 경우 반사음에 의한 영향을 무시할 수 있는 경우는 다음과 같다.

- 방음대책이 필요한 건축물이 방음벽으로부터 500m 이내에 없는 경우
- 반사음의 영향을 받는 건축물이 철로보다 낮게 있는 경우
- 반사면(건물, 방음벽, 옹벽 등)이 맞은편의 방음벽으로부터 반사면 높이의 20배 이상 떨어져 있는 경우 등이 있다.

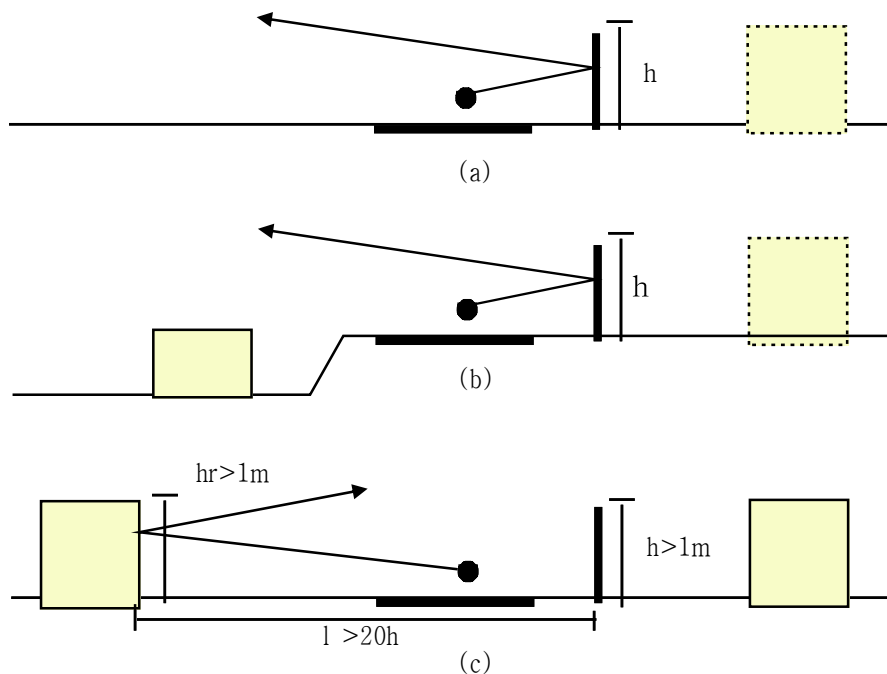


그림 15. 반사음의 영향을 무시할 수 있는 경우

- 이러한 반사음의 영향을 줄이는 방법은 방음벽에 흡음재를 이용하거나 방음벽을 기하적으로 설치하여 반사음에너지가 소음과 무관한 지역으로 향하게 하는 방법이 있다. 경사진 방음벽의 이용은 기울어진 경사로 인한 방음벽의 구조적인 문제와 요구되는 높이를 달성하기 위해서 수직방음벽보다 더 많은 재료가 필요하다는 문제점이 있다. 방음벽을 경사지게 설치하려면 경사각도가 수직에 대해 약 $15\sim 20^\circ$ 가 되어야 하며 다음 그림에서 각도를 계산할 수 있다.

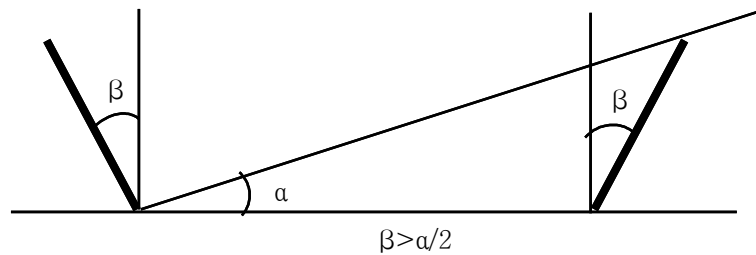
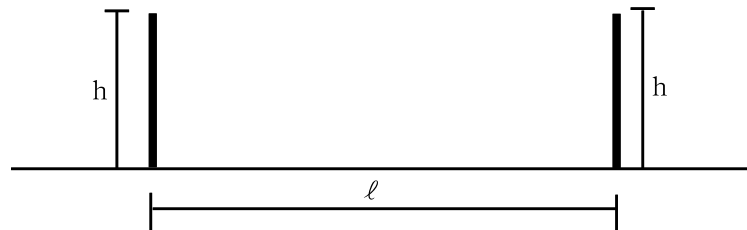


그림 16. 경사방음벽의 경사각 산출방법

- 서로 마주보고 세워진 방음벽의 경우 다음과 같은 법칙이 있다.



$h \geq \ell/5$	◦ 흡음형 방음벽을 설치
$\ell/5 > h \geq \ell/10$	◦ 흡음형 방음벽의 설치가 꼭 필요한 것은 아니며 주변지역의 경관을 고려하여 흡음형 방음벽을 설치하거나 반사형을 경사지게 설치하는 방법을 고려한다. (방음벽의 경사가 주의를 끄는 부분)
$\ell/10 > h \geq \ell/20$	◦ 방음벽을 경사지게 설치하는 것이 필요. 흡음형 방음벽을 설치할 수도 있으나 경사지게 설치하는 것이 더 효율적이다.
$h < \ell/20$	◦ 흡음형 방음벽이나 경사진 방음벽의 이용이 필요하지 않다.

(라) 흡음

- 방음벽이 마주보고 설치될 경우 추가적인 반사음 에너지의 영향을 받지 않으려면 위의 예처럼 방음벽 사이의 거리를 충분히 이격시켜 주어야 한다. 하지만 좁은 국토여건상 이런 방법은 실효성이 없으며 이를 위해서 방음벽 자체를 흡음성이 높은 재료로 만들어 반사음의 영향을 줄여야 한다.



- 방음벽의 흡음성능을 높이기 위해서는 반사성 재료의 사용 대신 다공질 섬유질 재료나 얇은 막, 그리고 공명기 등을 사용하면 되나 가장 일반적으로 사용하는 방법은 다공질성의 재료를 사용하는 것이다. 흡음은 소음에서 전파되는 음에너지의 일부는 장애물에 부딪칠 경우 이 장애물의 표면과 아주 가까이에 있던 대기의 일부분은 진동에 어려움을 느끼게 되고 단단한 부분위에서의 마찰을 통해 음향에너지의 일부는 열로 전달된다. 이점에서 흡수가 일어난다. 재료마다 흡음의 성능이 다르며 일반적으로 흡음을 잘하는 재료로 다공성 섬유질을 들 수 있다. 다공질 재료의 흡음특성을 지배하는 요인은 흐름저항, 유공율(기포와 간극의 전체에 대한 비율), 구조정수(기포와 간극의 형, 배열에 관계하는 양)이다. 여기서 흐름 저항이란 재료에 미소공기흐름을 정상적으로 흐르게 할 때 재료양면의 정압차와 유속의 비로 정의된다. 다공질 재료의 흡음특성은 재료의 두께, 밀도, 섬유의 굵기 등에 영향을 받는다.

(마) 직접음 감쇠치 (incident sound loss)

- 지금까지의 회절감쇠치는 방음벽이 무한장(無限長)일 경우를 가정하였으나 현실적으로 방음벽은 유한한 것이므로 방음벽 양측단으로부터 수음점에 직접 입사되는 다음을 고려하여야 한다.
- <그림 17>의 선음원의 단위길이당 음의 세기를 k , 음원에서 수음점까지의 거리를 r 이라고 하고 음의 전파가 일정하게 수평으로 확산된다고 하면, 수음점 O 에 입사되는 총 음의 세기는 다음과 같다.

$$I_{in} = k/r \int_{\theta=\frac{\pi}{2}}^{\pi/2} \cos\theta d\theta = 2k/r \quad (3)$$

- 유한 장벽의 설치로 수음점 O 에 입사되는 직접음 세기의 감쇠치 lin' 는 다음과 같다.

$$I_{in'} = k/r \int_{\theta=-\theta_2}^{\pi/2} \cos\theta d\theta = k/r \sin \int_{\theta_2}^{\theta_1} \quad (4)$$

여기서 θ_1, θ_2 는 방음벽 좌, 우단의 내각(°)이다.

따라서 방음벽에 의한 직접음 감쇠치 ΔLin 은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} Lin &= 10 \log [I_{in}/(I_{in}-(I_{in}-I_{in'}))] \\ &= 10 \log [2/[2-(\sin\theta_1+\sin\theta_2)]] \text{ dB} \end{aligned} \quad (5)$$

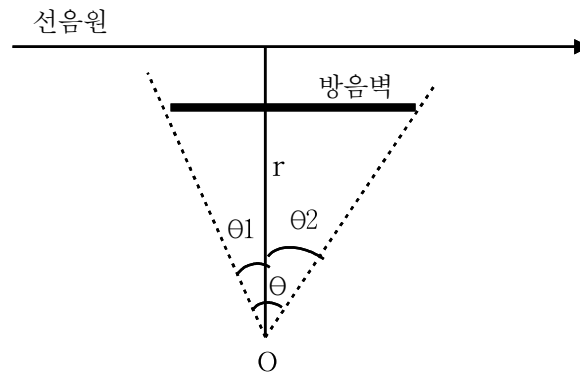


그림 17. 방음벽 우측단에서 수음점에 입사되는 음의 모델

② 비음향분야 설계

가. 설계지침

- (가) 철도설계기준
- (나) 철도설계지침
- (다) 환경친화적 철도건설지침

2.2.7 설치장소

- (1) 철도의 개량 및 신설에 따른 환경영향평가를 실시한 후 그 결과에 따라 설치한다.
- (2) 학교, 병원 등 정숙을 요하는 공공시설 부근은 우선 설치한다.
- (3) 30호 이상의 밀집지역으로서 예측 소음도가 주간 70dB(A), 야간 60dB(A)를 상회하는 지역에 설치한다.
- (4) 환경영향평가지 설치 제외된 구간이라도 현장 여건 변동으로 필요하다고 판단되는 곳은 설치여부를 재검토하여 반영한다.

2.2.8 설치위치

방음벽의 설치위치는 가능한 소음저감을 극대화할 수 있는 지점에 설치가 되어야 한다. 방음벽은 설치장소의 지반상태도 감안하여 지반의 침하, 사태 등에 대해서도 안전한 위치에 설치가 되어야 한다. 일본의 경우 방음벽이 깎기지역에 설치시 깎기단에서 1m, 쌓기지역의 경우 쌓기단에서 1.75m를 이격하여 설치하는 것을 기본으로 하고 있다.

방음시설의 차음효과는 경로차에 의하여 결정되며, <그림 18>에 나타낸 음원 S와 수음점 P를 초점으로 하는 타원의 궤적 상에 정점을 가진 방음벽의 경로 차는 위치에 관계없이 일정하다.

따라서, 음원과 수음점의 위치가 주어지고, 방음벽의 설치위치를 자유로이 산정할 수 있는 경우는 음원에 가장 가까운 쪽, 즉 철로단에 설치하는 것이 좋다. 방음벽은 음원 또는 수음점에 가까우면 높이가 낮아짐을 알 수 있으며, 음원에 가까운 쪽을 선정하는 편이 보다 광범위하게 감쇠 효과가 얻어진다.

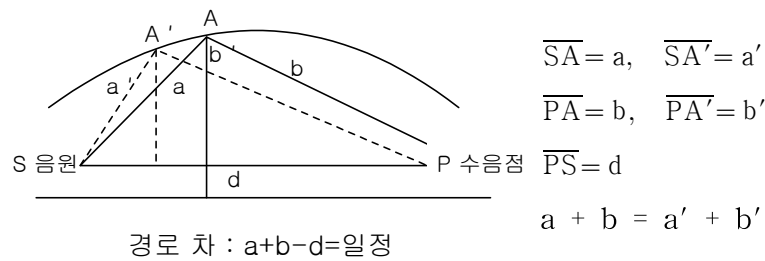


그림 18. 방음시설의 경로 차

(1) 흙쌓기부

궤도 중심선에서 4.0m 이상 이격하여 시공하는데 필요로 하는 폭의 위치에 설치하는 것이 바람직하다.

(2) 땅깍기부

철도노반 땅깍기 비탈머리 외측을 기준으로 시공하는데 필요로 하는 폭의 위치에 설치한다.

(3) 구조물부

콘크리트 벽인 경우에는 벽 상단에 직접 설치하여도 좋으며, 현장 상황에 따라 가장 적절한 위치에 설치한다.

2.2.9 음원 및 수음점 결정

(1) 음원결정

철로소음에 대한 방음시설 설계시 음원은 무한길이의 선음원으로 보며, 음원의 높이는 노면위 0.5m를 표준으로 한다. 다만, 주 소음발생원이 궤도보다 상당히 높은 경우에는 주 소음발생원의 위치로 한다.

소음원의 발생 소음도는 실제 현장측정을 통하여 결정하는 것을 원칙으로 하며, 장래의 소음을 예측하여 평가하고자 하는 경우에는 예측식을 이용하여 결정할 수 있다.

(2) 수음점 결정

수음점은 보호대상지역 부지경계선 중 소음도가 가장 높은 지점으로 한다. 다만, 소음으로부터 보호받아야 할 시설이 2층 이상인 경우 등 부지경계선보다 소음도가 더 큰 장소가 있는 경우에는 그 곳에서 소음원 방향으로 창문·출입문 또는 건물벽 밖의 0.5m 내지 1m 떨어진 지점으로 한다.

2.2.10 형식선정

(1) 방음벽 선정시 고려 사항

- ① 방음성능이 우수할 것
- ② 환경친화적 시설일 것

- ③ 경제적 시설일 것
- ④ 조망권이 확보될 수 있는 시설일 것
- ⑤ 파손되지 않는 강도를 유지할 것
- ⑥ 분진이 발생되지 않는 재질일 것
- ⑦ 부식성이 높은 환경에 견딜 수 있을 것
- ⑧ 화학적·전자적 반응물질은 피할 것
- ⑨ 피로도에 견딜 수 있는 내구성이 있을 것
- ⑩ 오염방지능력이 충분할 것
- ⑪ 미관이 우수할 것
- ⑫ 주변경관과 조화를 이룰 것
- ⑬ 유지관리, 보수가 용이할 것

표 19. 방음시설의 형식별 선정기준

형식	선정 기준	비고
반사형	일반구간	
흡음형	철로의 좌우에 방음벽을 설치해야 할 구간	
투명형	일조권 침해 예상지역 불투명 방음벽 설치시 결빙예상지역	
칼라형	대도시주변 대단위 밀집지역 종합병원 등 요양시설이 위치한 지역 연장이 200m 이상 설치해야 할 지역	녹색, 청색, 백색을 우선으로 주위경관을 고려해서 설치

(2) 방음벽 형태별 비교분석

철도소음의 영향이 인접 주변지역에 미치는 영향을 저감하기 위한 방법은 소음원을 없애거나 감소시키는 것이 가장 좋은 방법이나, 근본적인 저감대책이 곤란하므로 간접적인 방법인 소음전파경로를 차단, 분산 및 흡음시키는 방법인 방음벽을 적용하여야 한다. 따라서 방음벽의 형태별 방음효과를 분석하여 방음성능이 우수하고 시공성, 경제성, 유지보수 등 종합적으로 고려하여 형태를 선택하여야 한다.

2.2.11 설치높이

방음벽의 설치위치를 결정하고 소음도를 설계 목표 수준(예를 들면 소음규제 기준치)까지 감쇠시키기 위하여 필요한 높이를 결정하여야 한다. 기본적으로는 높이 h 를 미지수로 하고, 필요 경로차 δ 로부터 역산하면 좋으나 어떤 높이를 가정하여 감쇠치를 구하고 필요 감쇠치가 구하고 필요 감쇠치가 구해질 때까지 벽의 높이를 변화시켜 가는 것도 좋은 방법이다.



방음벽의 소요 높이의 계산에서 필요 감쇠치(dB)와 음원의 대표 주파수 f(Hz)가 주어지고 음원과 수음점이 고정되어 있을 경우 동일한 경로 차가 발생하는 방음벽 높이의 궤적은 타원을 나타내게 된다. <식 (6)>과 같은 타원 방정식에 <그림 19>의 경로 차 $\delta=2a-L$ 을 대입하면 <식 (7)>와 같이 나타낼 수 있다.

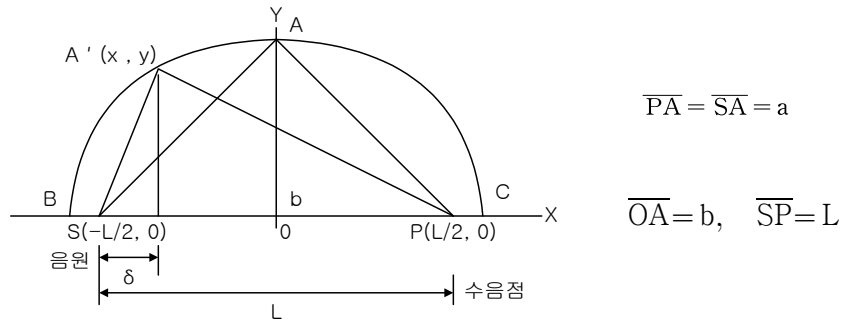


그림 19. 타원 궤적의 방음벽 경로 차

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1 \quad (6)$$

$$\frac{4x^2}{(\delta+L)^2} + \frac{4y^2}{\delta(\delta+2L)} = 1 \quad (7)$$

여기서, 경로 차 δ 는 음원과 수음점을 잇는 거리 L에 비하여 작으므로,

$$\frac{\delta}{2L} \ll 1 \quad (8)$$

로 가정하면, 식 (2)는

$$\frac{4x^2}{L^2} + \frac{2y^2}{\delta L} = 1 \quad (9)$$

로 되며, 벽의 설치 위치를 음원으로부터 l로 하면,

$$x = -\left(\frac{L}{2} - l\right) \quad (10)$$

으로 된다. 이것을 식 (4)에 대입하면,

$$y = \sqrt{2\delta l \left(1 - \frac{l}{L}\right)} \quad (11)$$

여기서,

δ : 경로 차(m)

l : 음원과 방음벽 간의 직선 거리(m)

L : 음원과 수음점 간의 직선 거리(m)

로 된다.

이 y 의 값이 필요 감쇠치를 구하기 위한 벽의 소요높이가 된다. 단, 이 식에 의한 높이는 음원과 수음점을 잇는 직선으로부터 수직 높이인 점 및 지면의 반사는 고려되어 있지 않다.

방음벽의 길이는 방음벽 측단으로 입사하는 음의 영향을 고려하여 설계목표를 충분히 달성할 수 있는 길이를 가져야 한다.

방음벽의 설치 길이는 직접음 감쇠치에 의하여 결정한다.

2.2.12 설치길이

(1) 방음벽이 무한장으로 간주되는 범위

응시각이 180° 인 무한한 길이의 방음벽은 일반적으로 16dB의 감쇠량을 얻을 수 있다. 그러나 실제로 무한한 길이의 방음벽은 설치되지 않으며 편의상 방음벽의 유효 높이(음원과 수음점을 잇는 직선으로부터의 높이)의 몇 배의 길이가 양 끝에 연장되어 있으면 무한장의 경우로 가정할 수 있다. 즉, 유한장 방음벽이라도 길이에 따라서는 무한장과 동등하게 취급할 수 있는 범위가 있다.

<그림 20>에 나타낸 것과 같은 유한장의 선음원에 대하여 방음벽을 설치하는 경우는 벽의 상단부에 대한 회절음의 경로차

$$\delta 1 = \overline{A_1 O_1} + \overline{O_1 P} - \overline{A_1 P}, \delta 2 = \overline{A_2 O_2} + \overline{O_2 P} - \overline{A_2 P} \text{를 구하고,}$$

각각 $\delta 1 \geq 10\delta$ 또는 $\delta 2 \geq 10\delta$ 로 되도록 방음벽의 길이를 결정하면, 측단부로부터의 회절은 거의 무시할 수 있다.

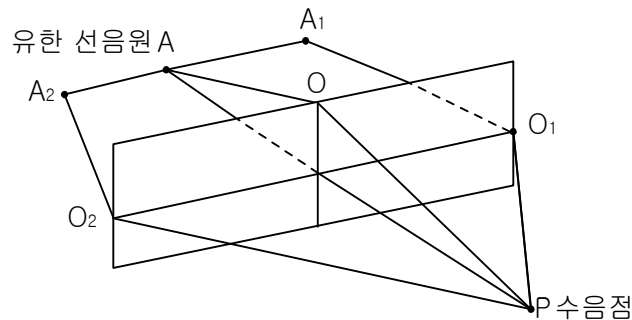


그림 20. 유한장 선음원에 대한 경로 차

(2) 방음벽이 유한장일 경우

철도와 같이 대단히 긴 음원에 대하여 부분적으로 방음벽을 설치하는 경우, 즉 <그림 21>의 유한장 음원에 대하여 방음벽을 취급하는 경우에 방음벽의 감쇠치를 구하는 방법은 다음과 같다.

우선 방음벽 설치후의 P점에서의 음압레벨을 L_o 로 하면 다음 식으로 나타낼 수 있다.



$$L_0 = \text{PWL} - 11\log d + 10\log(2\sin\alpha_0) \quad (12)$$

$$= \text{PWL} - 8 - 10\log d + 10\log \sin\alpha_0$$

여기서,

PWL : 선음원의 파워레벨(dB)

d : 음원과 수음점 사이의 거리(m)

α_0 : 음원의 응시각의 1/2(라디안)

다음에 방음벽을 설치한 후의 음압레벨은 방음벽의 설치 구역으로부터의 음압레벨의 합성치로서 구할 수 있다.

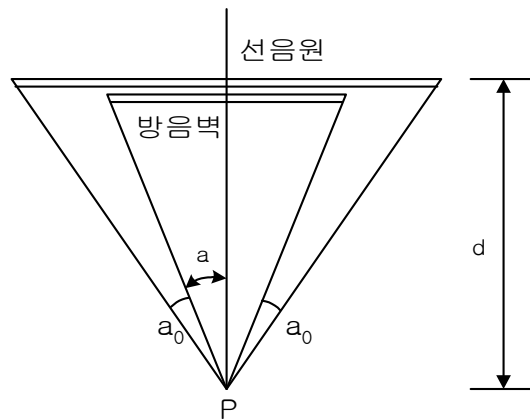


그림 21. 유한장 선음원과 방음벽

설치구간으로부터의 음압레벨 L_1 은,

$$L_1 = \text{PWL} - 8 - 10\log d + 10\log \sin\alpha - \Delta D \quad (13)$$

$$= L_0 - 10\log \frac{\sin\alpha'}{\sin\alpha} - \Delta D$$

여기서,

ΔD : 무한장일때의 벽의 감쇠치(dB)

α : 벽의 응시각의 1/2(라디안)

비설치구간으로부터의 음압레벨 L_2 는,

$$L_2 = \text{PWL} - 8 - 10\log d \quad (14)$$

$$+ 10\log(\sin\alpha_0 - \sin\alpha)$$

$$= L_0 + 10\log\left(\frac{\sin\alpha_0 - \sin\alpha}{\sin\alpha_0}\right)$$

$$= L_0 + 10\log\left(1 - \frac{\sin\alpha}{\sin\alpha_0}\right)$$

결국, 방음벽 설치 후의 수음점 P의 음압레벨 L은 L_1 과 L_2 의 합성치로서 다음 식으로 구한다.

$$L = 10\log(10^{L_1/10} + 10^{L_2/10}) \quad (15)$$

$$= L_0 + 10\log(10^{\frac{-\Delta D}{10}} \times \frac{\sin\alpha}{\sin\alpha_0} + 1 - \frac{\sin\alpha}{\sin\alpha_0})$$

유한장 방음벽에 의한 감쇠치를 D' 로 하면, 설치 전후의 음압레벨 차로부터 다음 식에 의하여 구한다.

$$\Delta D' = L_0 - L \quad (16)$$

$$= -10\log(10^{\frac{-\Delta D}{10}} \times \frac{\sin\alpha}{\sin\alpha_0} + 1 - \frac{\sin\alpha}{\sin\alpha_0})$$

윗 식을 변형하면

$$\alpha = \sin^{-1} \frac{1 - 10^{-\Delta D'/10}}{1 - 10^{-\Delta D/10}} \sin\alpha_0 \quad (17)$$

또는

$$\Delta D = 10\log \left[1 - \frac{\sin\alpha_0}{\sin\alpha} (1 - 10^{-\Delta D'/10}) \right] \text{ 으로 된다.} \quad (18)$$

일반적으로 유한한 길이의 방음벽을 설치할 때에는 수음점으로부터 응시각이 둔각이 되도록 길이를 결정하는 것이 실질적이며, 천연적인 지형 조건을 이용하여 필요한 무한한 길이의 효과를 제공할 수 있고(<그림 22> 참조), 수음 지역에 향하도록 방음벽 양단을 구부림으로써 방음벽 길이를 축소시킬 수 있다.(<그림 23> 참조)

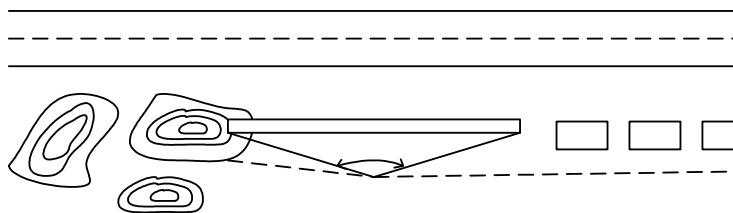


그림 22. 지역, 지형 형태를 이용한 방음벽 효과 상승

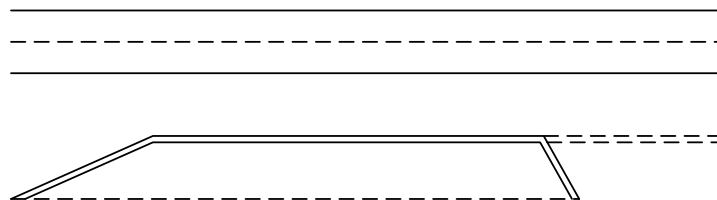


그림 23. 방음벽 양단을 구부려 방음벽 효과 상승



2.3 종합적 설계

2.3.1 종합설계고려사항

(1) 유지관리 및 보수

방음벽 유지요소는 방음벽 자체의 유지를 포함하여 주변경관과 관련된 유지, 충격에 의해 손상된 재료의 대체, 방음벽의 청소 등이 있다. 일반적으로 방음벽 구성재료의 유지관리상 내후성 스틸, 콘크리트, 인공적 혹은 자연적으로 내후처리된 목재 등은 채색되지 않은 자연상태로 이용하는 것이 오히려 경제적이다. 흡수성의 자재를 사용하는 경우에는 먼지와 우수가 침투되지 않도록 하여야 하며, 훼손되었을 경우 쉽게 교체될 수 있어야 한다. 깨끗하게 될 수 없거나 교체될 수 없는 자재라면 파손될 가능성이 전혀 없는 지역에 설치하여야 하나 그런 자재는 가능하면 사용하지 않는 것이 바람직하다.

(2) 미관

방음벽 설계시 미관적 측면에서 고려해야 할 주요사항은 인접한 부지이용에 대한 시각적 충격을 완화시키는 것이다. 기본적 요건들은 음향적인 방음벽과 인접지역과의 역할사이에 규모관계를 포함한다.

특히 독립된 주거지역의 규모가 작은 한 채의 주택에 인접한 방음벽은 시각적으로 심한 역효과를 낼 수 있다. 부가적으로 주거지역에 밀착되어 설치된 대규모의 방음벽은 역음영을 만들어 내며, 미기후에 영향을 미칠 수 있다. 이러한 규모관계의 문제에 대한 하나의 해결방법은 전경에 있어서 조망의 도입을 통해 시각적 충격을 완화시켜 주기 위해 단이 진 벽을 이용하는 것이다. 이것은 주거지역에 있어서 일조와 통풍을 허용한다. 일반적으로 방음벽은 주거지역으로부터 건물높이의 약 4배 이격시켜 설치하는 것이 바람직하며, 시각적으로 방음벽이 확연하게 드러나지 않도록 하기 위해 조경을 하는 것이 바람직하다.

방음벽의 시각적 특성은 주변환경과의 관계를 고려하여야 하며, 일반적으로 조경면적을 넓게 하는 것이 방음벽의 타입 중 시각적으로 가장 유익하다. 방음벽은 가능한 주변지역과의 특성을 반영해야 하며, 주변지역의 경관과 어울리도록 재료, 질감, 색채 등에 대해 연구되어야 한다. 일반적으로 음향적인 방음벽에 접근하는 성공적인 설계는 방음벽의 존재를 최소화하기 위해 이용되는 조경요소에 달려 있으며, 일관된 색상과 표면 마감을 이용함으로써 일부 성취될 수 있다.

그러나 방음벽의 시각적 탁월성을 증가시키는 과도한 상세 혹은 페인팅 된 캔디스트라이프(흰 바탕에 밝고 가는 단색선이 있는 줄무늬)효과를 피하는 것이 일반적으로 바람직하다. 방음벽은 미관과 안전성측면에서 고려할 때 갑작스럽게 시작되거나 끝나서는 안된다. 지면으로부터 요구되는 높이로서 점차적인 변화는 방음벽을 방음벽으로 시작하거나 마무리하는 방법, 방음벽 끝을 선로 반대편으로 굽게 하고 지면

으로부터 요구되는 높이까지 경사지게 하는 방법, 방음벽을 높이에 따라 단을 지우는 방법과 분재용 장식용기로 벽을 마무리하는 방법이 있다.

(3) 지역주민의 참여

철로시설에 인접하고 있는 지역에 있어서 소음폭로는 지역주민에게 불쾌감, 회화 및 수면방해, 작업의 능률저하, 휴식행위 저해 등을 야기 시킨다. 이것은 지역주민으로 하여금 불쾌감을 갖도록 하며, 심한 경우에는 단체행동을 유발하기도 한다. 이러한 소음폭로를 줄여 주기 위한 방음벽 설치는 중요한 신뢰감을 제공한다. 그러나 미관적 측면에서 볼 때 초라하게 설계되었거나 기준에서 벗어난 규모로 인해 시각적으로 불쾌한 충격을 주는 방음벽은 지역주민에게 훨씬 강한 단체행동을 유발하기도 한다. 공청회를 통한 요구수렴차원을 넘어 해당 지역주민을 실제로 방음벽 설계과정에 참여시킴으로써 설치된 방음벽을 수용하고 그 가치를 인정할 가능성이 훨씬 더 커질 것이다. 이러한 지역주민의 참여는 소음감쇠 목표치를 조사하는 단계부터 방음벽의 위치, 재료, 최종설계안의 선택에 이르기까지 방음벽 설계 전 과정에 걸쳐 이루어지는 것이 바람직하며, 설치된 방음벽에 대한 불만을 줄일 수 있다.

(4) 기타 고려사항

① 재료선정

- 가. 방음벽에 사용되는 모든 재료는 발암물질, 방사능 물질, 연소시 치명적인 유독가스 발생물질 등 인체에 유해한 물질을 함유하지 않아야 한다.
- 나. 방음벽은 20년 이상 내구성이 보장되는 재료를 사용하여야 한다.
- 다. 방음벽에 사용되는 재료는 불연성, 또는 준불연성이어야 하고 연소시 화염을 발생하지 않아야 한다.
- 라. 비산 또는 노화에 의하여 인체에 유해한 분진을 발생할 수 있는 흡음재는 내용물이 비산하지 않도록 충분한 내구성 및 강도를 가진 피복재로 싸서 사용하여야 한다.
- 마. 흡음재는 수분함유에 의하여 부패되지 않는 재료여야 하고 발수처리하거나 발수처리된 피복재로 싸서 사용하여야 한다.
- 바. 방음판은 하단부에 배수공 등을 설치하여 배수가 잘 되어야 한다.
- 사. 방음벽의 모든 도장은 무광택으로 반사율이 10%이하여야 한다.
- 아. 방음벽의 모든 재료는 극단적인 취성이 없어야 하고 파손시 날카로운 파편을 생성하지 않아야 한다.

② 방음판의 크기

음향특성 및 구조강도 측면에서 볼 때 방음판을 특정 크기로 제한할 필요는 없으나 보수 및 정비유지 측면에서 방음판을 규격화할 필요가 있다. 특히 흡음형 금속제 방음벽 및 투명 방음벽의 경우 부분 파손이 빈번히 일어나기 때문에 규격화할 필요가 있다.



③ 설치 후 주변영향

방음벽 설치 반대편이 소음환경 보호대상 지역일 경우 흡음형 방음벽으로하고 비 보호대상 지역인 경우 임의로 한다. 단, 투명 방음벽의 설치가 요구되고 반대편이 소음환경 보호대상지역일 경우 투명 방음벽 반대편에 적절한 방음시설이 설치되어야 한다.

④ 주변 경관과의 조화

방음시설은 전체적으로 주변경관과 잘 조화를 이루고 미적으로 우수하여야 한다. 이를 위하여 방음벽의 색상, 식수대 조성, 넝쿨식물 식재, 투명 방음벽과 불투명 방음벽의 조합, 방음벽의 단부 및 연결부에 화분설치, 특수문양 방음벽 사용 등을 고려할 수 있다. 그리고 길이 방향으로 단차가 있는 굴절 방음벽의 경우 연결부위를 매끄럽게 연결하여야 한다. 또한 방음벽 후면, 특히 방음판과 지주 사이의 연결부를 잘 마감하여 시각적으로 양호하고 오물의 삼입을 방지할 수 있는 구조로 하여야 한다.

⑤ 일조 및 조망 및 전파장해

방음벽의 높이가 높아지면 일조와 조망에 문제가 생기고 추가적으로 전파를 차단하여 TV시청이나 통신에 장애를 줄 수가 있다. 시계, 일조, 채광 등이 요구될 경우 투명방음벽 또는 투명방음벽과 다른 방음벽을 조합하여 사용할 수 있으며, 전파방해 문제는 특정 전파에 장애를 주지 않는 방음벽을 선택하여야 한다.

(5) 개발방향 고려

완벽한 방음대책을 위해서는 주변지역의 현황파악 및 정밀조사가 충분한 기간동안 이루어져야 하며 다양한 방음시설을 적용할 수 있는 공간의 확보가 필수적이다. 이를 위해서는 충분한 설계기간이 필요하며, 방음시설에 대해 충분한 시간을 가지고 설계하여 다양하고 완벽한 방음대책을 수립하여야 하나 인구밀도가 높은 우리나라의 현실로 방음시설을 위한 공간확보가 어려운 문제와 철도건설 사업기간과 사업비의 제한으로 경제성, 시공성 및 유지보수 측면등을 고려하여 방음시설을 결정 하여야 한다. 또한 환경오염이 심각한 현실을 감안할 때 환경보전이 중요한 문제로 인식하고 있으므로 시간이 흐를수록 환경에 대한 중요성을 인식하여 환경 친화적인 방법과 시설 등이 많이 개발되어 피해저감시설로 설치될 것이다. 따라서 향후 강화된 소음 기준을 충족하기 위하여 설계자는 이를 충분히 고려하여 설계에 반영하여야 한다.

① 방음시설의 개발

국내·외에서 각종 방음시설에 대한 연구가 진행중이며 소음을 감소시킬 수 있는 새로운 방음시설 개발이 계속 진행되고 있다. 따라서 향후 보다 우수한 제품이 개발 될 것으로 예상되므로 이를 설계자는 고려하여야 한다.

② 저소음화 차량개발

교통량 해소를 위한 방안으로 철도의 수요가 앞으로 증가할 것으로 예상되므로 신기술의 차량이 개발될 것이며, 공기마찰이 적은 유선형과 같은 저소음 차량개발에 많은 진전이 있을 것을 고려하여야 한다.

③ 주택에 대한 방음대책방안

방음벽의 개량 및 차량 저소음화 등으로 철도 소음은 효과적으로 차단 될 것이나, 만약 특정 주택에서 효과를 볼 수 없을 경우에는 최후의 방법으로 주택에 대한 방음대책을 수립해야 한다. 철도 소음은 저주파 소음과 고주파 소음이 동시에 발생하는 특성이 있으므로 이를 차단하기 위해서는 주택 창문 및 출입문에 대한 방음을 실시하고, 노후화된 주택의 경우에는 지붕의 개량도 병행하여야 한다.

이에 대한 방음대책은 향후 대상가옥이 있을 경우에 건축공학적 측면에서 대상가옥의 구조를 파악하고, 가옥의 위치, 주변지형 등을 고려하여 종합적인 방음대책을 강구하여야 한다.

(4) 설계자의 자세

방음시설의 설계는 우선 소음이라는 원인 제공의 저감을 위한 음향적인 자료를 기반으로 구조물을 설치하게 되는 비음향(구조)을 종합하여 설계를 하여야 하므로 분야별 관계전문가들의 심도 있는 검토를 거쳐 실제 설계에 임하여야 한다.

3. 유지관리시설

유지관리시설이란 건설된 시설물이 제 기능을 유지하기 위하여 수시점검, 일상점검 및 정기점검을 통하여 사전에 유해요인을 제거하고 손상된 부분을 원상복구하여 열차의 안전을 도모하기 위해 설치하는 것으로서 설계자는 계획, 설계단계에서부터 유지관리를 염두에 두어 설계에 반영하여야 한다.

3.1 토공부

토공부에 유지관리시설을 반영할 시에는 다음사항을 고려하여 설계하여야 한다.

- (1) 점검과 보수작업을 위한 접근이 용이하도록 필요한 공간이 확보되어야 한다.
- (2) 점검 또는 작업을 위한 진출입시에 안전성이 보장되어야 한다.
- (3) 경제적이고 효율적으로 배치하여야 한다.
- (4) 방음벽, 옹벽, 전차선지주, 전선관로 및 맨홀 등이 상호경합되어 유지관리시설에 저촉되지 않도록 하여야 한다.

3.1.1 유지보수용 도로 및 주차장

철도의 시설유지 보수와 비상시 시설복구를 원활히 수행하기 위하여 교량 및 터널 시·종점부에 시설보수용 도로 및 주차장을 설치한다.



(1) 교량구간

① 기 확보된 교량하부 용지내에서 좌측 또는 우측에 통행로를 설치한다.

가. 폭 5.0m (연장이 200m이상일 경우 200m마다 교행 대기공간 확보)

나. 노면은 깐자갈 포설

② 접근로 종점부에는 점검차량과 유지보수용 자재를 적치할 수 있는 주차장을 설치하되 대상구조물에서 이용이 편리한 위치에 설치한다.

가. 교량가설용 동바리를 설치하기 위하여 바닥콘크리트를 타설한 개소는 이를 최대한 활용한다. (폭20m, 연장 25m~40m)

나. 바닥콘크리트 타설개소가 없는 곳에 주차장 설치할 경우는 아스팔트콘크리트 또는 시멘트콘크리트 간이포장으로 한다.

③ 기존도로에서 접근로에 진입할 수 있도록 연결하여야 하며 필요시 교통처리시설을 설치하여야 한다.

(2) 터널 시·종점부

① 기존도로를 최대한 활용하여 터널입구 좌측 또는 우측에 주차장을 설치한다.

가. 진입로 폭은 5.0m로 하고 노면은 아스팔트콘크리트 또는 시멘트콘크리트 간이포장으로 한다.

나. 주차장노면은 아스팔트콘크리트 또는 시멘트콘크리트 간이포장으로 한다.

② 터널이 교량구조물과 인접한 경우 1개소만 설치하고 접근이 가능하도록 한다.

③ 기존도로에서 접근로에 진입할 수 있도록 연결하여야 하며 필요시 교통처리시설을 설치하여야 한다.

(3) 설치기준

① 유지보수용 도로

가. 설계하중 : DB-18(필요시 DB-24)

나. 도로폭 : 5.0m(포장폭 4.0m)

다. 통과높이 : 4.5m

라. 최소곡선반경 : R=15m 이상

마. 종단기울기 : 17% 이하(부득이한 경우 25% 이하)

바. 노면포장공법 : 콘크리트 또는 아스팔트 포장

사. 회차시설은 쇄석(T=200mm, Ø=60mm 이하)을 부설하고 배수시설은 토사측구로 한다.

② 주차장

가. 면적 : 400m²(가로20m×세로20m)를 기준으로 하되 현장실정에 맞게 설치한다.

나. 포장 : 아스팔트콘크리트 또는 시멘트콘크리트 간이포장

다. 기타 : 지형조건에 따라 토사측구 및 경계석을 설치한다.

③ 진입도로

- 가. 설계하중 : DB-18(필요시 DB-24)
- 나. 도로폭 : 5.0m(포장폭 4.0m, 회차로 설치)
- 다. 통과높이 : 4.5m
- 라. 최소곡선반경 : R=15m 이상
- 마. 종단기울기 : 17% 이하(부득이한 경우 25% 이하)
- 바. 교행시설 및 회차시설은 500m마다 설치
- 사. 노면포장공법 : 콘크리트 또는 아스팔트 포장

④ 시멘트콘크리트 간이포장 : 주변현황 및 조건에 따라 결정

⑤ 아스팔트콘크리트 간이포장 : 주변현황 및 조건에 따라 결정

3.1.2 깎기구간 유지관리용 사다리

철도 선로주변의 깎기 비탈면에 유지관리용 사다리를 설치하여 비탈면 점검을 용이하게 하고 불안정한 비탈면을 사전에 감지하여 비탈면 유지관리의 효율성 증진을 위해 설치한다.

(1) 설치대상

- ① 깎기 높이 15m 이상 비탈면
- ② 절리가 불안정하게 발달한 깎기 비탈면
- ③ 붕락형 풍화암 깎기 비탈면
- ④ 터널 입, 출구 전면 또는 좌·우측 비탈면
- ⑤ 암반의 절리방향이 선로쪽으로 기울어져 있는 지층 또는 단층지대 등으로 절리가 발달된 구간의 비탈면
- ⑥ 사면안정성검토 결과 깎기비탈사면 기울기가 표준기울기 보다 완만한 기울기로 계획된 비탈면
- ⑦ 기타 수시점검이 필요한 비탈면

(2) 설치기준

- ① 비탈면 유지관리용 사다리는 높이 15m 이상에 설치되는 소단의 연장이 250m 이내인 경우는 1개소, 250~500m인 경우에는 2개소, 250m 증가할 때마다 1개소씩 추가하여 배치한다.
- ② 특히 다음과 같은 장소에서 이용 빈도가 높은 곳에 배치하도록 한다.
 - 가. 비탈어깨 배수시설, 중배수시설 등 관리상 문제가 생기기 쉬운 장소
 - 나. 방음벽이 있는 경우 출입문이 가까이 있는 장소
- ③ 비탈면의 중앙부근에 설치하는 경우는 토사, 리핑암지반이나 암반의 단층 및 소규모 전단대 등의 불연속면이 매우 발달된 구간에 시공기면으로부터 비탈면의 정상부근에 닿도록 설치한다.



- ④ 비탈면의 양단에 설치하는 경우는 발파암등 급경사비탈면이나 굴곡이 심한 개소로서 비탈면측면에 설치하도록 한다.

(3) 재질

사다리 및 계단은 녹이 생기지 않는 스테인레스(STS304)재료 또는 용융아연도금강재를 사용하여야 한다.

3.1.3 흠쌓기구간 접근계단

기존도로 또는 보수용 도로에서 흠쌓기구간에 접근하기 위해 계단을 설치한다. 좌측 또는 우측 중 접근이 용이한 개소에 설치하되 울타리가 있는 경우 출입문과 함께 설치한다.

- (1) 폭 : 1.2m

- (2) 기울기 : 기 시공된 사면기울기에 맞추어 설치

3.2 교량부

철도교량의 각 부위 기능상태, 노후도 및 결함 등의 확인 점검과 유지보수가 효율적으로 이루어지도록 교량유지관리시설을 설치하여야 하며, 다음사항을 고려하여 설계하여야 한다.

- ① 점검과 보수작업에 필요한 공간이 확보되어야 한다.
- ② 점검 또는 작업시에 안전성이 보장되어야 한다.
- ③ 교량시공과 동시에 제작 설치하여야 한다.

3.2.1 용어정의

- (1) 고정식 점검시설

점검계단, 점검통로 및 출입사다리와 그 부속설비, 그리고 점검용 조명설비를 포함한다.

- (2) 점검계단

교량의 상부(노면) 또는 하부(지상)에서 교대로 접근하기 위해서 설치하는 계단식 접근시설을 말한다.

- (3) 점검통로

이동식 접근장비를 이용하여 접근이 불가능한 교량부재의 점검 및 유지관리를 위해서 설치하는 통로를 말하며, 외부점검통로와 내부점검통로로 구분한다.

- (4) 출입사다리

교량의 상부(노면) 또는 하부(지상)에서 점검통로로 도달하기 위하여 설치하는 승강사다리를 말한다.

- (5) 이동식 접근장비

사다리, 점검대차, 굴절식 점검차, 고소작업대 등 고소부재에 접근할 수 있는 장비를 말한다.

(6) 점검용 조명설비





박스형 거더교의 박스내부에 설치하는 조명 및 조명용 전기설비를 말한다.

3.2.2 교대 및 교각 점검시설 설치기준

(1) 점검대상

교대 및 교각의 상판하부, 주형, 받침, 균열, 파손, 결함 등 점검 및 유지보수

(2) 점검계단

- ① 교대 및 교량하부의 유지관리 또는 점검을 위해 교량의 상부(노면) 또는 하부(지상)에서 점검계단을 설치한다. 현장여건상 설치가 어려운 경우 점검통로, 출입사다리 등을 설치한다.
- ② 교량상부 상·하선 양측에서 교대로 접근할 수 있도록 설치(교량당 4개소)하는 것을 원칙으로 하며, 단선 교량의 경우 교측보도 방향으로 편측에 설치(교량당 2개소)한다.
- ③ 교대 앞채움의 성토시 교량받침 점검 및 유지관리에 지장이 없도록 상부거더 하단에서 1.5m 확보하고 하부 횡단이 가능하도록 1m 이상의 소단을 설치하되 편경사 등 현장여건을 고려하여 적절히 조정할 수 있다.
- ④ 교대부 상부에서 하부까지 점검계단으로 연결이 가능한 경우 비상사태 발생시 재난대피계단으로 겸용할 수 있도록 하며, 이때에는 소단부, 교량하부 통과 여부 등 현장여건을 고려하여 교량상부(노반)에서 하부(지상)까지  형,  형,  형,  형 등으로 연결한다.
- ⑤ 점검자 및 승객의 안전을 위하여 안전난간을 설치한다.

(3) 설치대상

- ① 다리밑공간이 6.5m 이상인 교각 또는 교대
 - 가. 현수교, 사장교, 강아치교, 트러스교 등과 같이 상부나 하부에서 이동식 접근장비로 점검이 불가능한 교량
 - 나. 이동식 접근장비에 의한 점검시 하부도로나 철도의 시설한계를 침범하여 교통소통 및 안전에 지장을 초래할 것으로 예상되는 교량
 - 다. 계곡부 및 하천 등을 통과하여 점검로 개설이 불가능하여 이동식 접근장비로 점검이 불가능한 교량
 - 라. 교량점검통로를 설치하는 것이 당해 구조물 유지관리상 효율적이라고 판단되는 교각 또는 교대
- ② 다리밑공간이 6.5m 미만인 교각 또는 교대
 - 점검통로를 설치하지 않고는 다른 방법으로 점검이 불가능 하다고 판단되는 교각 또는 교대
- ③ 설치 예외규정



해당 교량의 다리밑공간이 상이하여 일부 교각 또는 교대에만 점검시설이 미설치되는 경우에는 점검의 효율성 등을 종합적으로 고려하여 전체적인 점검시설의 설치 여부를 판단한다.

(4) 설치예외 교량 및 부재

- ① 점검통로 설치시 교량미관을 현저하게 저해하는 경우
- ② 점검통로 설치시 차량 등의 원활한 통행을 저해할 우려가 있는 경우
- ③ 홍수시 유수소통을 저해할 우려가 있거나 부유물 등이 걸려 교량안전에 위해를 끼칠 우려가 있는 경우

(5) 설치방법

① 점검통로

가. 1, 2열 받침 모두 출입사다리가 포함된 면을 포함한 코핑부 3면에 설치한다. 단 PSC박스거더교와 같이 교각주두부의 공간이 넓고 교량높이가 낮아 점검과 작업이 용이하고 위험성이 없는 경우는 점검통로를 설치하지 않을 수 있다.

나. 철도, 도로 등과 교차하는 교각에는 점검통로를 설치하는 것을 원칙으로 하며, 점검용 차량으로 점검이 가능한 구간은 제외 한다.

다. 코핑이 없는 원형교각 등 필요하다고 판단되는 경우 4방향 모두에 설치할 수 있다.

② 출입사다리

가. 출입사다리는 상부에서 접근하는 것을 원칙으로 하되, 교량 하부에서 점검통로에 접근하는 것이 유리하다고 판단되는 경우 지상에서 점검통로까지 출입사다리를 설치할 수 있으며, 이 경우 일반인(특히, 어린이)이 접근할 수 없도록 채정장치를 설치하여야 한다. 단, PSC박스거더교인 경우, 박스내부통로로 이동이 가능하기 때문에 교량상부에서 교각 주두부로 이동하기 위한 출입사다리는 제한적(교각4개당 1개소)으로 설치하고, 지상으로 연결되는 출입사다리를 일정 간격(상부출입사다리 설치 교각과 교호하도록)으로 설치할 수 있으며 교량상부 및 지상연결 사다리 설치는 교량방재시설(재난대피시설) 설치기준(개소)과 중복되지 않도록 고려하여야 한다.

나. 난간, 방음벽 등 설치구간은 출입사다리로 점검자의 진출입이 편리하고 안전하도록 출입문을 설치하여야 한다.

다. 상부구조물을 점검하는 내부 점검통로를 통하여 인접교각 내부점검통로로 이동이 가능한 경우에는 교대부에만 설치할 수 있다.

라. 중공형 교각의 경우 교각 주두부가 개방되어 있고 하부로부터의 접근이 가능한 경우는 인접 교각의 형태, 배수방식 등을 고려하여 적절한 형식의 사다리를 설치할 수 있다.

3.2.3 상부구조물 점검시설 설치기준

(1) 고정식 점검통로

① 설치대상

- 가. 교량의 상부나 하부에서 이동식 접근장비에 의한 점검이 불가능한 교량에 한하여 설치한다.
- 나. 교량 상부구조형식이 현수교, 사장교, 아치교, 트러스교 등인 교량에서 이동식 접근장비로는 상부의 주요부재를 점검할 수 없는 교량
- 다. 수시로 점검이 필요한 교량중에서 이동식 접근장비에 의한 점검 시 교통혼잡이 예상되거나 하부도로의 건축한계로 인해 교통소통 및 안전에 지장이 예상되는 교량으로 고정식 점검통로의 설치가 필요하다고 판단되는 교량

② 설치방법

- 가. 점검통로는 상부구조에 교축방향으로 설치한다.
- 나. 설치수량은 중요부위의 점검이 가능하도록 설치하여야 한다.
- 다. 교대 및 교각 점검시설을 이용하여 접근이 가능하도록 설치하는 것을 원칙으로 한다.
- 라. 교각 및 교대 점검시설의 출입사다리를 이용하는 것을 원칙으로 하되 이용할 수 없을 경우 별도의 사다리를 설치할 수 있다.

(2) BOX형 교량 내부점검을 위한 시설설치방법

① 출입사다리 및 점검통로

점검계단에 의한 접근이 불가능한 교대와 신축이음이 설치되는 교각에는 박스 내부로의 진출입이 가능하도록 출입사다리 및 점검통로를 설치한다.

② 교대홍벽 블럭아웃

거더 단부의 블럭아웃만으로 진입공간이 확보(400mm 이상)가 곤란할 경우 교대 홍벽부를 추가로 블럭아웃

③ PSC 박스교량의 교대부에는 교량내부로 진입이 가능하도록 홍벽에 블럭아웃 설치

- 가. 출입문의 높이는 2m, 폭 1m 이상으로 설치하는 것을 원칙으로 하되 현지사정을 고려하여 조정할 수 있다.
- 나. 출입문의 재질은 경질의 스테인레스로 하고 힌지는 양쪽에 설치하며 중앙에는 잠금장치를 설치한다.
- 다. 교대, 교각, 교량상부, PSC박스 내부에 구조물의 위치를 식별할 수 있도록 식별표지판을 설치한다.

④ PSC 박스거더의 연결부의 간격이 35cm 이상일 경우안전발판을 설치하여야 한다.

(3) BOX형 교량 내부점검용 조명 설치기준

- ① 설치대상은 거더의 연장이 50m 이상(강 BOX 및 PSC BOX)의 교량을 대상으로 한다.
- ② 조도는 박스내부의 평균조도가 10Lx 이상이 확보될 수 있도록 한다.



- ③ 설치방법은 거더(강 BOX, PSC BOX) 좌측 상단에 전선구 Cable을 설치토록 하며, 박스내부 좌측(높이 1.5~1.8m)에 5m 이하(강 BOX), 10m 이하(PSC BOX)의 간격으로 조명등을 설치토록 한다. 또한, 콘센트는 30m 이하(강 BOX), 50m 이하(PSC BOX)의 간격으로 설치하되 거더의 연장을 고려하여 거더별 균등 간격으로 설치토록 한다.
- ④ 전원공급은 이동식 발전기 사용을 원칙으로 한다. 다만, 터널용 전원설비 등 분전함까지의 거리가 50m 이내일 경우에는 터널용 전원설비 등을 활용하여 전원을 공급할 수 있다.

3.2.4 설계기준

(1) 설계하중

- ① 점검통로에 작용하는 하중은 3.5kN/m^2 로 가정한다.
- ② 점검통로 난간설계시 난간에 작용하는 수직하중은 0.6kN/m , 수평하중은 0.4kN/m 로 가정한다.
- ③ 수직형 출입사다리에는 점검자 하중(집중하중)으로 1.0kN/인 이 2.1m 간격으로 작용하는 것으로 가정한다.
- ④ 경사형 출입계단에는 점검자 하중(집중하중)으로 1.0kN/인 이 세로열로 3인이 작용하는 것으로 가정한다.
- ⑤ 경사형 출입계단의 계단참에 작용하는 하중은 3.5kN/m^2 로 가정한다.

(2) 구조

- ① 교량점검시설은 교량 점검자의 안전을 충분히 확보할 수 있는 구조이어야 한다.
- ② 점검통로, 출입사다리 및 출입계단은 교량 부재에 고정시키는 구조로 한다.
- ③ 점검통로는 지지대, 통로(바닥), 난간으로 구성한다.
- ④ 점검통로의 난간은 원형 또는 구형 파이프구조로 하고, 핸드 레일은 3단으로 한다.
- ⑤ 점검통로의 난간 높이는 교량의 일반적인 난간 높이로 한다.
- ⑥ 수직형 출입사다리는 추락방지 원형지지대가 있는 구조로 한다.
- ⑦ 경사형 출입계단의 계단과 계단참에는 난간을 설치하며 2단의 가로 레일을 갖는 구조로 한다.
- ⑧ 하부구조 점검통로를 신설하는 교각 또는 교대에 설치할 경우에는 점검통로 발판을 하부구조와 일체화되는 콘크리트 구조를 고려할 수 있다.

(3) 규격

점검시설의 규격은 표20을 따르는 것을 원칙으로 한다.

표 20. 점검계단 및 점검통로의 규격

구분		규격
점검계단		◦ 유효폭 : 60cm 정도
점검 통로	통로	◦ 유효폭 : 80cm ※ 유효폭은 구조체(교각 및 교대) 벽면으로부터 난간내측까지 거리임.
	난간	◦ 유효높이 : 120cm ◦ 레일수직간격 : 30~40cm ◦ 난간레일 : 3단
	출입 사다리 및 출입 계단	◦ 발판폭 : 50cm 이상 ◦ 수직형 출입사다리 원형지지대 내경 : 60cm ◦ 경사형 출입계단 발판의 깊이 : 13cm이상 ◦ 경사형 출입계단 발판의 높이 : 25cm이하 ◦ 경사형 출입계단의 각도 : 45° 내외 ◦ 발판과 손잡이에 미끄럼방지 시설 설치

(4) 재질

- ① 교량점검시설은 내구성과 경제성이 우수한 재질을 사용하여 제작하여야 한다.
- ② 점검통로 및 부속물은 강도, 내식성, 내구성이 우수한 재질(스테인리스, 알루미늄 등)로 제작한다.
- ③ 점검통로 발판은 스테인리스, 알루미늄 및 콘크리트 중에서 경제성이 우수한 재질을 사용하여 설치한다.
- ④ 염해 우려 지역에 가설된 교량에 설치하는 점검통로는 염해에 문제가 없는 재질로 제작한다.

3.2.5 기타사항

- (1) 점검시설의 출입사다리는 복선구간은 하선측, 단선구간은 교측보도측에 설치한다. 다만, 한쪽 방음벽구간 또는 미관고려시 반대측에 설치할 수 있다.
- (2) 교량점검시설은 유지보수측면 및 경제성을 감안하여 설치하여야 한다.
- (3) 설계시에는 교량의 유지관리방법(점검시 점검항목 및 점검방법 등)을 제시하여야 한다.

3.3 터널부

터널부에 유지관리시설을 반영할 시에는 다음사항을 고려하여 설계하여야 한다.

- (1) 점검과 보수작업에 필요한 공간이 확보되어야 한다.
- (2) 점검 또는 작업시에 안전성이 보장되어야 한다.
- (3) 터널내의 방재시설로 활용 될 수 있도록 설계하도록 한다.

3.3.1 사갱 및 수직구

장대 철도터널 구간의 공사용 사갱 및 수직구는 운영시 사고발생 등 비상시 비상 대피로로 활용하고 유지관리시설로도 사용하도록 비상대피시설을 설계한다.

- (1) 공사용 사갱의 시설



- ① 사갱터널 구간에는 방수 및 라이닝콘크리트 타설을 기본으로 하고 지역특성에 따라 조정한다($f_{ck}=24\text{MPa}$, $t=200\text{mm}$)
- ② 바닥부에는 기초 콘크리트를 시공한다.($f_{ck}=24\text{MPa}$, $t=150\text{mm}$, 와이어 메쉬 설치)
- ③ 조명시설 및 비상구 표시를 하여야한다.
조도는 70Lux 이상으로 하고 간격은 20m 이내로 한다.
- ④ 사갱 진입도로 및 회차시설을 반영하되 유지보수용도로 설계기준에 준하여 설계한다.
- ⑤ 사갱입구부는 출입문 및 시건장치등 보안장치를 반영한다.
가. 출입문은 내부에서 자유롭게 나갈 수 있고 외부에서 보안장치를 해제한 후 출입이 가능하도록 한다.
나. 출입문은 열차풍에 미치는 영향이 적도록 창살형으로 제작하여야 한다.
- ⑥ 비상시 소방차량 등 긴급구조차량이 본선터널 안까지 진입할 수 있도록 충분한 공간이 확보되어야 한다.

(2) 공사용 수직구

- ① 안전사다리 및 조명시설을 설치하여야 한다.
- ② 강우 등이 직접 유입되지 않도록 출입구를 만들어야 한다.
- ③ 인근도로에서 수직구에 연결되도록 진입도로 및 회차시설을 하되 유지보수용도로 설계기준에 준하여 설계한다.
- ④ 수직구에는 입구에 보안장치를 하여 무단출입자의 통행을 막아야한다.
가. 출입문은 내부에서 자유롭게 나갈 수 있고 외부에서 보안장치를 해제한 후 출입이 가능하도록 한다.
나. 출입문은 열차풍에 미치는 영향이 적도록 창살형으로 제작하여야 한다.

3.4 지하구조물 접근시설

3.4.1 설계일반

- ① 지하정거장, 본선환기구, 집수정 등에 설치하는 접근시설은 유지관리가 효율적으로 이루어지도록 설치하여야 한다.
- ② 출입사다리에는 고정하중과 점검자 하중(집중하중)으로 100 kg/인 이 2.1 m 간격으로 작용하는 것으로 가정한다.
- ③ 콘크리트 부재에 접근시설을 설치하는 경우, 연결부재는 매입형 볼트(Embedded Bolt) 또는 셸앵커볼트(Set Anchor Bolt) 등 고정력이 우수한 연결재를 사용하여 콘크리트에 고정하거나, 견고한 결이식 구조 등으로 한다. 앵커볼트의 간격 및 수량은 지지력 및 앵커 근입깊이를 계산하여 산정한다.
- ④ 접근시설을 설치하기 위한 사용 재료는 스테인레스와 용융아연도금 강재를 비교 검토하여 경제성, 내구성이 확보되는 재질을 사용한다.

3.4.2 접근시설 선정기준

- ① 접근시설은 설치높이, 접근조건 등 시설물의 유지관리를 효율적으로 할 수 있는 종류를 선정하여야 한다.

구 분	접근시설
- 10m 이상 높이 - 본선터널을 통해 접근이 어려운 환기시설	원형계단 고정식 안전사다리
- 7m 이상 높이 - 본선터널을 통해 접근이 가능한 환기시설	고정식 안전사다리
- 7m 미만 높이 - 정화조, 집수정, 침사조 등의 시설물에서 물에 접하지 않은 부분	일반사다리
- 집수정, 정화조, 침사조 등 내부 슬러지 등 물에 접하는 부분	매입사다리

3.4.3 접근시설 설계기준

(1) 원형계단

- ① 설치높이가 10m이상인 경우 5m마다 계단참을 설치한다.
- ② 계단참의 유효폭은 60cm이상으로 한다.
- ③ 계단은 미끄럼을 방지하기 위하여 다공판 Plate를 사용하는 것을 원칙으로 한다.

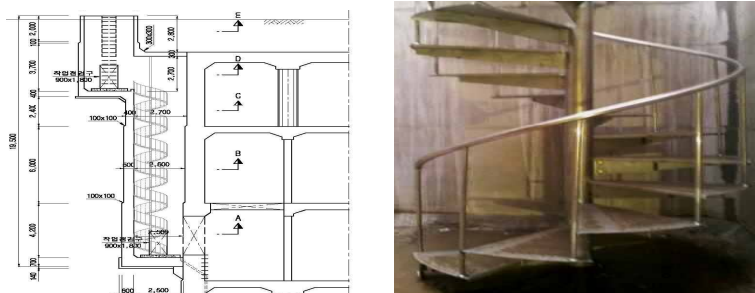


그림 24. 원형계단 설계 예

(2) 고정식 안전사다리 및 일반사다리

- ① 발판의 폭은 500mm이상, 높이는 300mm로 하고 발판과 벽사이에는 150mm 간격을 유지한다.
- ② 설치 높이가 7m미만인 경우는 일반사다리를 설치한다.
- ③ 설치 높이가 7m이상인 경우는 바닥으로 부터 높이가 2.5m 지점부터 추락방지를 위한 원형지지대를 갖는 고정식 안전사다리를 설치한다.
- ④ 고정식 안전사다리의 원형지지대의 직경은 600mm이상으로 한다.



그림 25. 고정식 안전사다리 설계 예

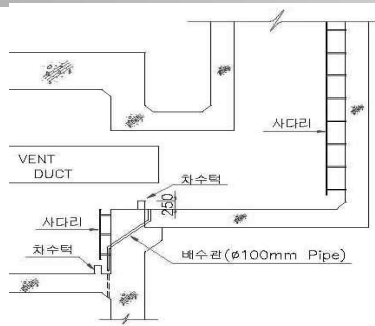


그림 26. 일반사다리 설계 예

(3) 매입사다리

- ① 발판의 높이는 300mm로 하고 발판과 벽 사이에는 150mm 간격을 유지한다.
- ② 매입사다리 직상부 바닥슬라브에 매입사다리 접근을 위한 높이 1.0m 이상의 손잡이용 사다리를 설치하여야 한다.

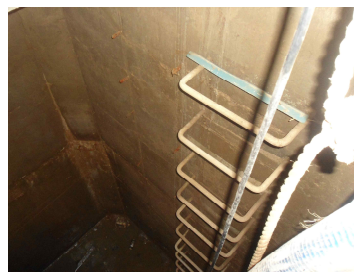
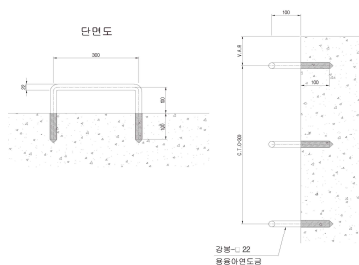


그림 27. 매입사다리 설계 예

4. 생태통로

4.1 생태통로의 정의 및 기능

“생태통로(생태 이동통로, 야생동물 이동통로)”라 함은 철도로 인하여 단절된 생태계의 연결 및 야생동물의 이동을 위한 인공구조물로서, 야생동물이 노반에 침범하지 않고 철도를 횡단할 수 있도록 조성하며 일반적으로 육교형(overpass)과 터널형(underpass)으로 구분되며, 그 기능은 다음과 같다.

- (1) 야생동물의 이동로 제공
- (2) 야생동물 서식지로 이용
- (3) 천적 및 대형 교란으로부터 피난처 역할
- (4) 단편화된 생태계의 연결로 생태계의 연속성 유지
- (5) 기온 변화에 대한 저감 효과
- (6) 교육적, 위락적 및 심미적 가치 제고
- (7) 개발억제 효과

4.2 생태통로의 역할

생태통로는 동물들의 단순한 이동에 이용될 뿐만 아니라, 야생동물들의 서식지와 피난처로서의 역할 등 여러 가지 기능을 갖게 됨

그러나 이러한 긍정적인 측면이 제대로 발휘되기 위해서는 밀업군 혹은 천적에 의한 피해 가능성을 최소화하기 위한 노력이 병행되어야 하며, 식물의 경우 외래종의 확산 등에 대한 대책도 고려되어야 함

4.3 생태통로의 종류

4.3.1 설치주체에 따른 구분

구분	의미	예
자연 통로	넓은 의미의 이동통로. 동물의 이동로를 따라 자연적으로 설치된 통로	강을 따라 형성된 숲길, 숲 내부의 동물 이동로
인공 통로	동물의 이동을 목적으로 인공의 재료를 이용하여 인위적으로 만든 구조물	터널형 통로, 육교형 통로

4.3.2 형태에 따른 구분

종류	의미	예
선 형	도로, 철도 혹은 하천변 등을 따라 설치된 통로. 식생을 이용하여 통로가 설치되곤 함	Hedgerow, Fencerow, Shelterbelt
육교형	횡단부위가 넓은 곳, 깎기지역 혹은 장애물 등으로 동물을 위한 통로 설치가 어려운 곳에 만들어지는 통로	Ecoduct/ Overbridge
터널형	인간의 영향이 빈번한 지역이며, 육상 통로를 설치하기 위한 연결지역이 지상에 없는 경우, 또는 지하에 중소 하천이 있는 경우 만들어지는 통로	Culvert, Box, Pipe

4.3.3 설치규모에 따른 구분

구분	의미	예
대규모 통로 Global scale corridor	국제적 혹은 국가적인 차원에서 만들어진 것	이태리와 스위스의 야생동물보호구역을 연결한 통로
지역적 통로 National 혹은 Regional scale corridor	Core area 사이 등을 연결하는 지역적 이동통로를 의미함	그린네트워크화 사업과 같이 전국을 대상으로 하는 사업, 혹은 각 지역의 생물서식공간 연결 사업
국지적 통로 Local scale corridor	국지적인 규모의 이동통로	한 지역에서 이루어지는 사업의 결과 만들어지는 통로
소규모 통로 Fencerow corridor	특정지역에 설치된 소규모 이동통로	생울타리, 돌담 등과 같이 인접지역에 위치한 특징적인 환경을 서로 연결하는 작은 통로

4.4 생태통로의 설치

4.4.1 생태통로의 설치 절차

- (1) 생태통로는 생태계 단편화를 완화하기 위한 수단 중의 한 가지로 이용되는 수단임
- (2) 사업 수행시 가능한 한 인위적인 야생동물 이동통로의 설치를 피하고 영향 저감을 위한 대안을 찾는 과정이 필요하며, 이러한 이유에서 이동통로 설치 필요성 검토 단계에 대한 많은 논의가 필요함
- (3) 특히, 생태통로의 설치에 동·식물 생태학, 조경학뿐만 아니라 토목공학 등 다방면의



전문가의 판단과 참여가 필수적이므로, 학제간 접근이 필수적임
(4) 생태통로의 설치에 따른 절차는 다음과 같이 4단계로 이루어짐

표 17. 생태통로의 설치절차

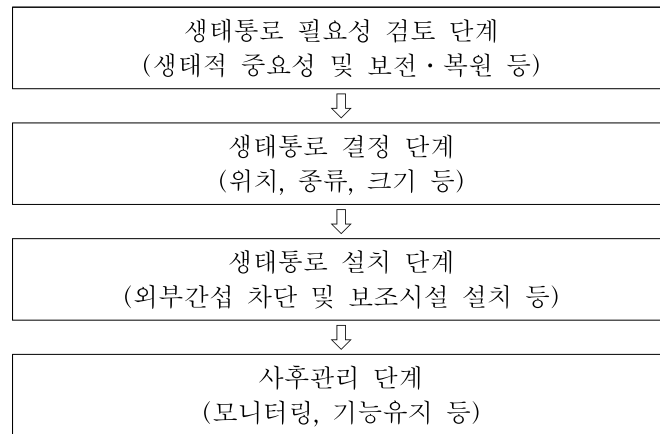
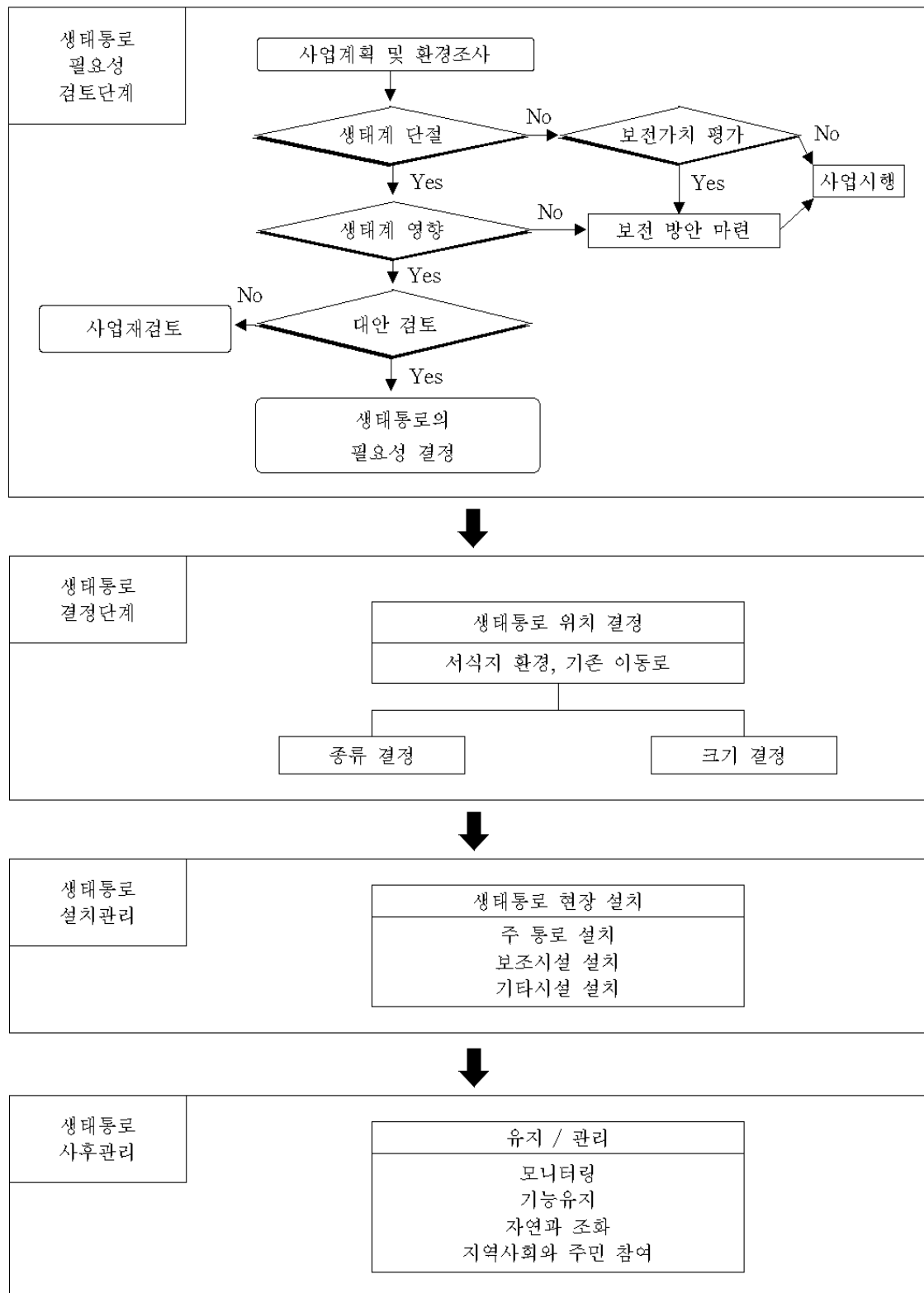


표 18. 생태통로 설치절차 흐름도





4.4.2 생태통로의 위치결정시 고려사항

항목	주요 고려 사항
주요 대상 동물 파악	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 사업 대상지의 우점동물 파악 <ul style="list-style-type: none"> - 특정종을 위하여 이동통로를 설치하는 경우 사업지역에 나타난 다른 종은 참고사항으로 활용 ◦ 자연환경보전법 제2조 및 제3조에 규정된 동물은 특정종을 위한 이동통로 설치사업의 경우에도 보전 방안 강구 필요 ◦ 주요 대상 동물의 서식지 특성 파악 <ul style="list-style-type: none"> - 기존 이동로의 특징 - 선호하는 먹이, 서식지 특성 및 행동권 혹은 세력권
기존 이동로 파악	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 기존 이동로의 위치 및 개수 조사 ◦ 기존 이동로를 이용한 흔적이 있는 종 파악 ◦ 기존 이동로의 훼손 가능성 파악 <ul style="list-style-type: none"> - 자연적인 훼손 가능성(산사태, 식물 피복 등) - 사업 시행에 의한 훼손 가능성 - 인간의 간섭 여부(사람 통행, 주변 도로 등)
주변부와 연결방안 고려	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 주변 서식지와 생태적 연속성 검토 <ul style="list-style-type: none"> - 내부 서식지[core]가 주변 서식지[edge]보다 큰 곳 - 연결시 전체적인 서식지 네트워크 형성 및 생태적 연속성 유지 가능 여부 - 연결서식지 중간의 징검돌생태계(stepping stone) 존재여부 - 기존 이동로와의 연결 가능성 - 국·공립공원 또는 생태계 보전지역과의 연결 여부 ◦ 동물 이동의 장애물 존재 여부 및 제거 가능성 <ul style="list-style-type: none"> - 서식지 내부에 인간 왕래 도로가 없거나 있는 경우 폐쇄가 가능한지 여부 - 직선으로 연결 가능 여부 - 연결 서식지간 이동 방해 장애물이 없거나 제거가능한 곳 ◦ 주변 서식지의 토지 소유권 파악
개발계획 및 경관 생태학적 분석필요	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 향후 주변지역의 개발 계획, 특히 주변지역이 도시화된 경우 도로 및 택지 개발사업의 시행 계획 파악 필요 ◦ GIS기법을 이용한 경관생태학적 기능 평가를 통하여 여러개의 통로를 설치하여 종합적 생태계 복원 시도

4.4.3 생태통로의 종류 선정을 위한 기준

사업 지역	해당지역 특징	선형	육교형	터널형
개활지/ 경작지/ 하천	도로/철도변, 하천변 이용 가능	●		
	서식지간 지표면상 직선 연결 가능	●		
	작은 서식지들간을 지표면 연결 가능	●		
	사업지역과 주변 지역간 구분/보호 필요	●		
산지/계곡	깎기지역간 거리가 넓다		●	
	깎기개소가 깊다		●	
	지표면으로 이동이 불가능		●	
	지상에 장애물/오염원 등이 있음		●	
	서식지간 거리가 넓다		●	
중·소 하천/산지 /계곡	지상연결이 곤란하다			●
	사업이 중·소 하천위를 횡단			●
	사업으로 배수로/개울 등이 폐쇄 가능			●
	기존 이동로 위로 인공시설(도로) 통과			●
	이동거리가 짧다			●
	지상에 장애물/오염원 등이 있음			●
	인간의 통행/영향이 빈번함			●
	사업지역 아래로 서식지가 인접			●

4.4.4 생태통로의 크기결정을 위한 고려사항

항목	주요 고려 사항
주요 대상 동물의 특성 고려	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 기존 이동로 특성 파악 ◦ 연결 대상 서식지간 거리는 가능한 짧고, 직선을 유지 ◦ 주요 대상 동물종의 먹이종이 서식 가능하여야 함 ◦ 통로 안에 서식하는 특성을 지닌 종의 경우 이들의 서식이 가능한 크기여야 함 ◦ 통로의 길이가 길수록 폭은 넓게 함
주변부 처리	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 통로 주변부에 동물들이 자연스럽게 접근하도록 식재 등 처리가 가능한 공간이 있어야 함
외부 영향	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 장마, 홍수, 토사유출 등에 대한 대비 고려 ◦ 외래종의 이입을 가능한한 회피할 수 있도록 함 ◦ 기타 외부 영향(소음, 빛, 약탈종 등)의 최소화



4.5 생태통로의 설계

4.5.1 육교형 생태통로

(1) 일반적 육교형 생태통로

육교형 통로 설치시 중앙부의 최소 폭은 7m 이상이어야 하며, “주요 생태축”을 통과하는 경우에는 최소폭을 30m 이상으로 한다.

다만, 주요 생태축 구간에서 지형적인 여건에 따라 동 기준을 준수하지 못하는 불가피한 경우에는 환경영향평가협의 등 개발사업 협의시 생태통로의 적정한 규모에 대하여 환경부와 협의하여 조정할 수 있다.

(2) 기타 육교형 생태통로

① 경관적 연결

가. 생태계의 공간적 연속성 확보가 중요한 구간, 철도에 의한 능선부 절개로 훼손된 경관 또는 풍수지리적 가치 제고가 필요한 구간에 조성한다.

나. 철도에 의해 훼손된 절개면, 능선, 식생 등이 원래에 가깝게 복원되도록 하고 흙쌓기를 충분히 하며 터널의 경우 폭은 가급적 100m 이상으로 한다.

② 개착식 터널의 보완

가. 흙깎기 비탈면의 붕괴에 따른 피해를 예방하기 위해 조성한 복개형 개착식 터널중 일부 보완을 통하여 생태통로의 기능을 부여한다.

나. 진입부는 통로의 양쪽에 모두 조성되어야 하며, 진입부의 폭은 너비 3m 이상으로 한다.

4.5.2 터널형 생태통로

(1) 포유류용 통로

① 모든 야생동물의 이용이 가능하도록 개방도 0.7 이상의 규격으로 조성하되, 쌓기높이가 15m를 초과할 경우 개방도를 0.6 이상으로 조정할 수 있다(개방도=통로 단면적/통로길이)

② 수로 위치에 설치 시 수로의 연간 최대용량보다 훨씬 큰 규모로 설계하여 통로내에 물이 흐르지 않는 바닥 부분이 항상 존재하도록 한다.

(2) 양서·파충류용 통로

① 통로의 규격은 단선 및 복선노반의 폭에 따라 결정하며 노반폭이 넓을수록 넓게 한다.

② 통로 내부에 햇빛이 들어와야 이용률이 높아지는 종을 대상으로 하는 경우에는 가능한 햇빛이 들어올 수 있도록 설치한다.

4.6 기타

(1) 생태통로는 설치 및 관리기관에서 주기적인 관리 및 모니터링을 하여야 한다.

(2) 본 편람에서 기술하지 않은 생태통로 관련기준은 “생태통로 설치 및 관리지침(환경부)”의 내용에 따라 설치하여야 한다.

5. 전기관련 토목시설

5.1 공동관로

5.1.1 공동관로의 정의 및 기능

일반철도와 고속철도에서 사용하는 방식과 자갈궤도와 콘크리트궤도에서 사용하는 방식이 다소 상이하나 본장에서는 최근 호남고속철도에서 적용한 콘크리트 궤도구조에서의 적용된 공동관로 시설을 기준으로 정의하면 전력, 통신, 제어용 케이블을 안전하게 수용하기 위한 설비로서, 고속철도의 경우 전기계통의 2중화를 위해 노반양측에 설치하며, 3칸 개거식의 뚜껑을 가진 구조로 되어 있다. 또한 노반조건에 따라 토공용, 터널용, 교량용으로 구분하여 사용하고 있다.

5.1.2 공동관로의 종류

(1) 터널용

터널용 공동관로는 경부고속철도 1단계에서의 신호·통신·전력 케이블 동시 사용에 따른 작업효율 저하 및 공동관로 뚜껑 무게 과다 등의 문제점이 발생되어 신호·통신·전력 케이블을 분리된 공간에 설치하고 공동구 뚜껑 무게 감소 등의 개선사항을 반영하여 관로의 규격을 신호·통신 분야 규격은 400mm×320mm, 전력분야 규격은 370mm×320mm로 적용하여 설치한다.

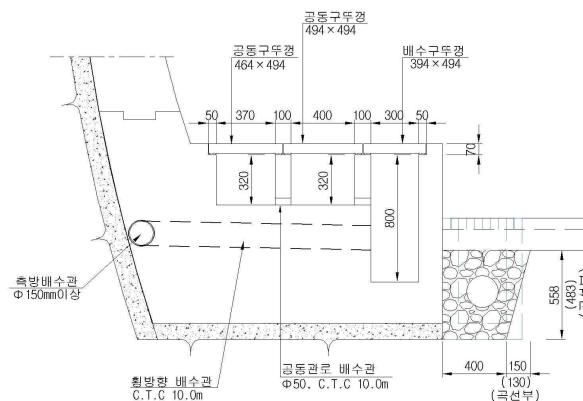


그림 28. 터널용 관로 설계 예

(2) 토공용

경부고속철도 공동관로는 매입형으로 노반시공시 공동관로를 동시 시공하였으나, 호남고속철도 공동관로는 노출형으로 노반완성 후 시행되는 후속공정(HSB, TCL, 레일부설, 전철주기초 등)에 의한 파손 등을 방지하기 위하여 궤도포설과 전철주 설치후 공동관로 본체시공 및 케이블 설치까지 공동관로 덮개 방치가 불가피 하여 노반공사시 공동관로 파손이 예상되어 SYSTEM분야에서 시공하는 것으로 계획되어었으며 토공용 공동관로의 규격은 <그림 29>와 같다.

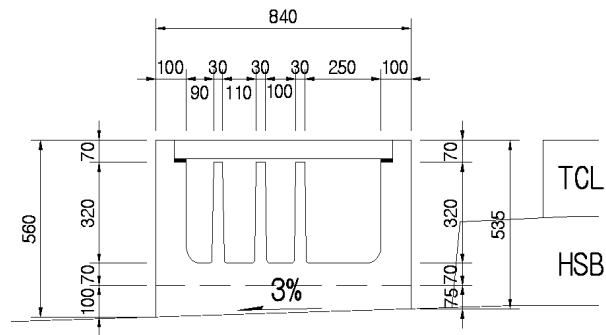


그림 29. 토공용 관로 설계 예

교량용 공동관로는 교량상에서 관로내의 공간을 극대화하고 공기단축을 위해 전력 및 신호/통신 트러프를 프리캐스트로 일체화 하여 불필요한 사공간을 배제하며, 공동관로 및 난간기초, 전철주기초의 일치된 높이를 적용하여 통로 이용 효율성을 극대화 하여야 함. 또한 핸드홀 높이를 감안하여 공동관로 및 전철주기초, 난간기초 높이를 600mm(난간기초 기준)로 일치시킨다. 그 크기와 형태는 <그림 30>과 같다.

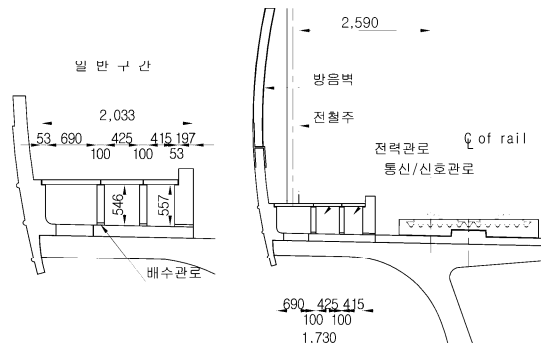


그림 30. 교량용 관로 설계 예

5.2 공동관로 세굴방지 및 배수시설

5.2.1 정의 및 기능

공동관로 세굴방지 및 배수시설이란 토공 돌기구간에 공동관로를 시공할 경우 공동관로침하 및 우수로 인한 외측 사면의 유실방지를 위하여 아스팔트를 10mm바닥에 깔고 사면 끝에 L형 측구 및 집수정을 설치하여 우수 및 표면수의 수로역할을 함으로써 이를 배수하기 위한 시설이다.

5.2.2 설계기준

(1) 설치위치

공동관로 하면에 아스팔트 및 L형 측구는 전 구간에 타설하며, 선로측구는 현장타설 콘크리트로 설치하고 선로측구의 물을 배수하기 위해 집수정을 설치하며, 도수로를 50m 간격마다 설치한다.

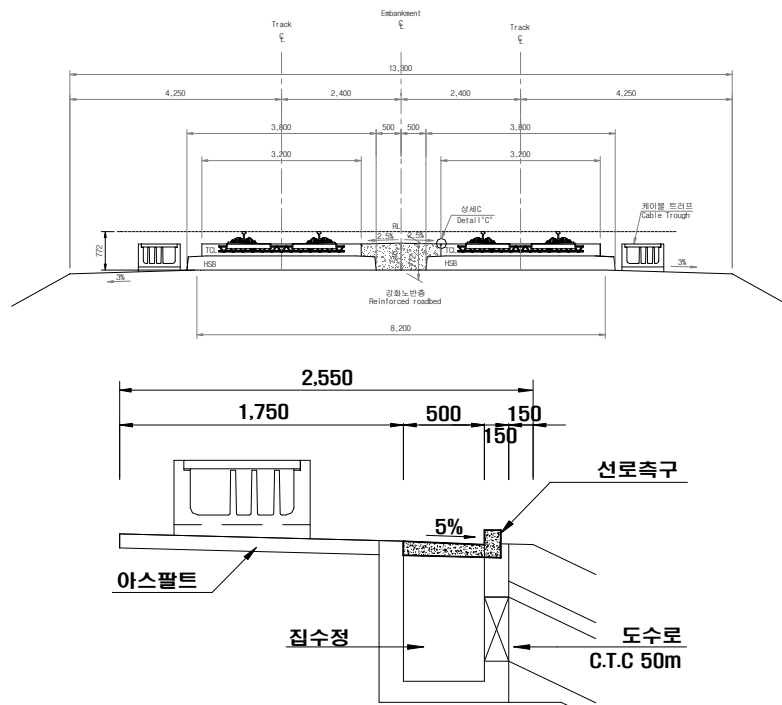


그림 31. 세굴방지 및 배수시설 설계 예

5.3 접지시설

5.3.1 정의 및 기능

접지시설이란 이상 전압으로 인한 누설전류로부터 인명 및 장비를 보호하며 철근 구조물의 부식을 방지하기 위하여 설치한다.

5.3.2 설계기준

(1) 운행속도 300km/h 이상 구간

① 공통사항

가. 노반 상·하선 공동관로에 절연접지선(F-GV 70mm²)을 포설하여 선로변의 각종 설비 및 구조물, 방음벽, 휨스 등의 금속체와 접속한다.

(가) 길이 50m 이하 : 시·종점부에 접속

(나) 길이 50m 이상 : 매 50m마다 접속

나. 노반 상·하선 절연접지선(F-GV 70mm²)은 1~1.2km 간격으로 접속하고 임피던스 중성선과도 접속하여 전차선 귀선회로 구성(Inter Cross Link 및 Connector of Protective Wire 횡단개소)

② 토공구간

가. 노반 상·하선에 매설접지선(CU 35)과 공동관로 내에 절연접지선(F-GV 70mm²) 포설

나. 매설접지선(CU 35mm²)과 절연접지선(F-GV 70mm²)은 50m마다 상호 접속

다. 노반 상·하선 횡단접속은 50~250m 간격(횡단전선과 설치개소)

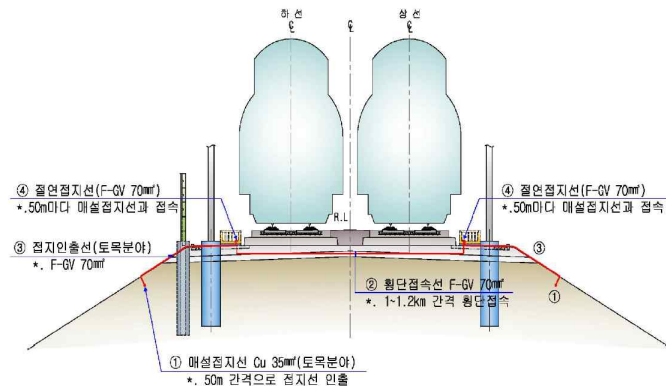


그림 32. 흙쌓기구간 접지설계 예

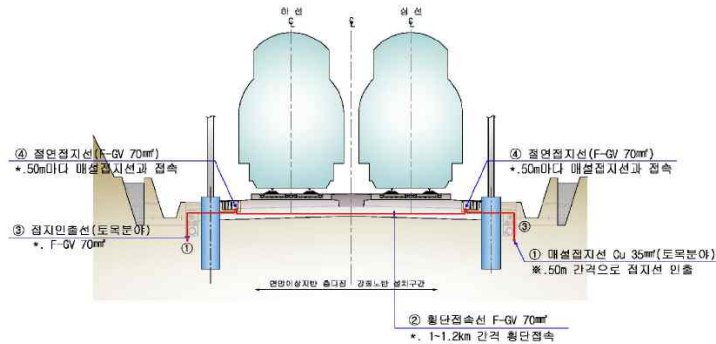


그림 33. 꺾기구간 접지설계 예

③ 교량구간

가. 절연접지선(F-GV 70mm²)과 교각기초 접지를 교각마다(25~50m) 접속
나. 교량 상판간을 연결하고 절연접지선(F-GV 70mm²)과 접속

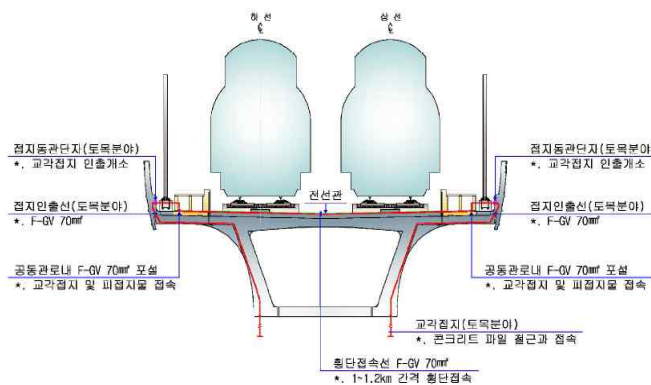


그림 34. 교량구간 접지설계 예

④ 터널구간

가. 노반 상·하선에 매설접지선(CU 35mm²)과 공동관로 내에 절연접지선(F-GV 70mm²) 포설

나. 매설접지선(CU 35mm²)과 절연접지선(F-GV 70mm²)은 50m마다 상호 접속

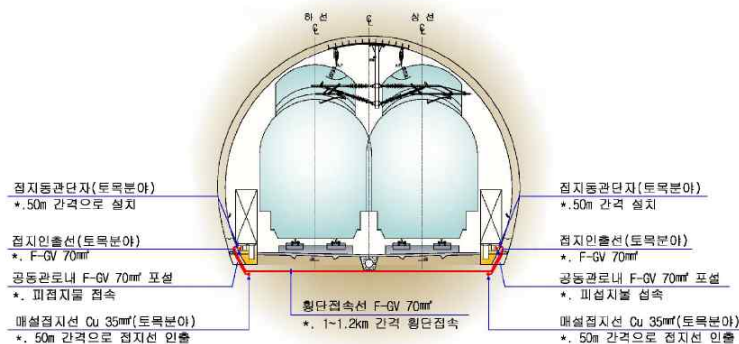


그림 35. 터널구간 접지설계 예

(2) 운행속도 300km/h이하 구간

① 공통사항

가. 토공 및 터널구간 상·하선에 접지단자함(250m 간격기준)을 설치하여 선로변의 각종 설비 및 구조물, 방음벽, 휨스 등의 금속체와 접속

나. 선로내 피접지물 시설현황에 따라 설치 간격 조정

다. 기존선 개량구간 및 역구내 등에 피접지물 시설이 많을 경우 절연접지선(F-GV 70mm²)을 추가 포설하되 접지단자함은 생략

라. 방음벽 및 휨스, 안전난간 등의 금속체 접지

(가) 길이 50m 이하 : 시·종점부에 접속

(나) 길이 50m 이상 : 매 50m마다 접속

마. 노반 상·하선 전차선로용 횡단접속(CPW)은 1~1.2km마다 접속하고 임피던스 중성선과도 접속하여 전차선 귀선로 구성

② 토공구간

가. 매설접지선(CU 35mm²) 포설

선로 대지고유저항이 1,000[Ω·m] 이하인 경우 1회선 포설

선로 대지고유저항이 1,000[Ω·m] 이상인 경우 2회선 포설

나. 단선구간의 경우 매설접지선(CU 35mm²) 1회선 포설

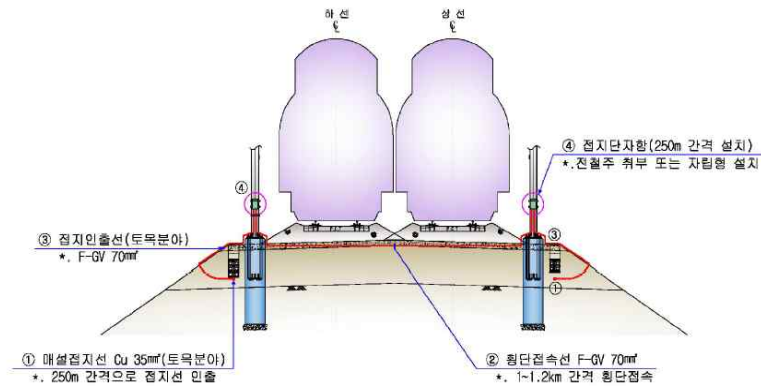


그림 36. 홉쌍기구간 접지설계 예(복선)

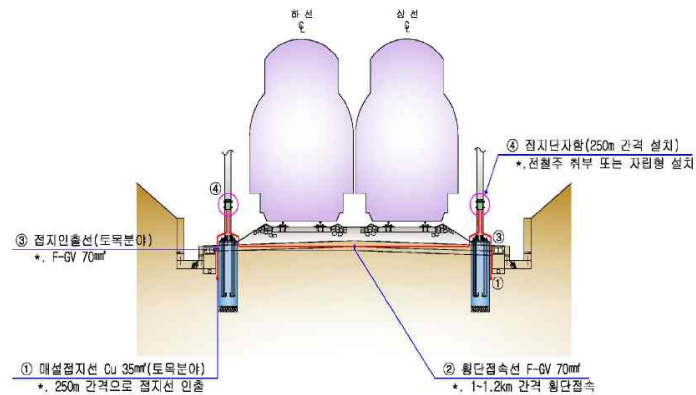


그림 37. 홉기구간 접지설계 예(복선)

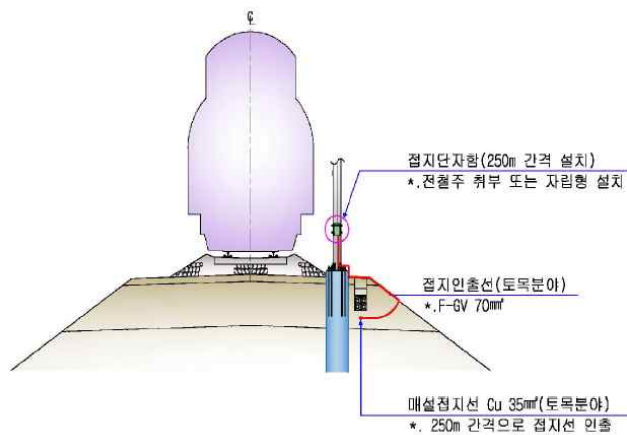


그림 38. 홉쌍기구간 접지설계 예(단선)

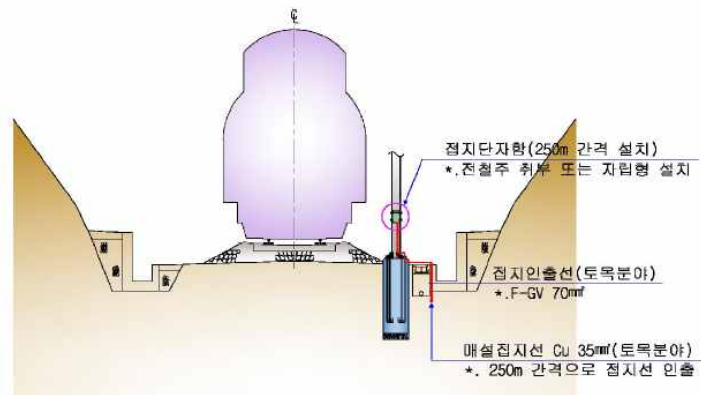


그림 39. 꺾기 구간 접지설계 예(단선)

③ 교량구간

- 가. 노반 상·하선에 절연접지선(F-GV 70mm²)을 포설하여 선로변 각종설비 및 교각접지 인출개소, 안전난간, 신축이음(Expansion Joint)등의 금속체와 접속
- 나. 단선구간은 공동관로에 절연접지선(F-GV 70mm²) 1회선 포설

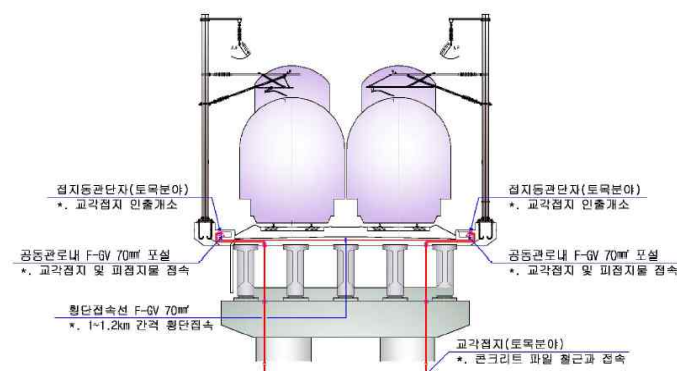


그림 40. 교량구간 접지설계 예(복선)

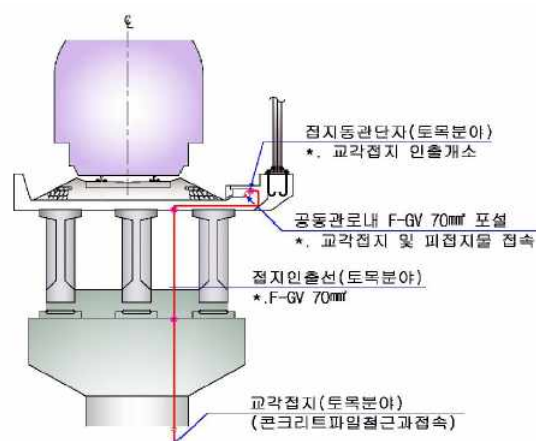


그림 41. 교량구간 접지설계 예(단선)



④ 터널구간

가. 터널 상·하선에 매설접지선(CU 35mm²) 포설하여 토목구조체와 접속

나. 단선구간의 경우 매설접지선(CU 35mm²) 1회선 포설

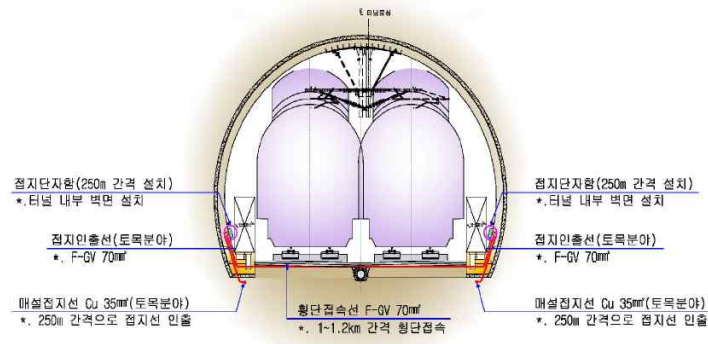


그림 42. 터널구간 접지설계 예(복선)

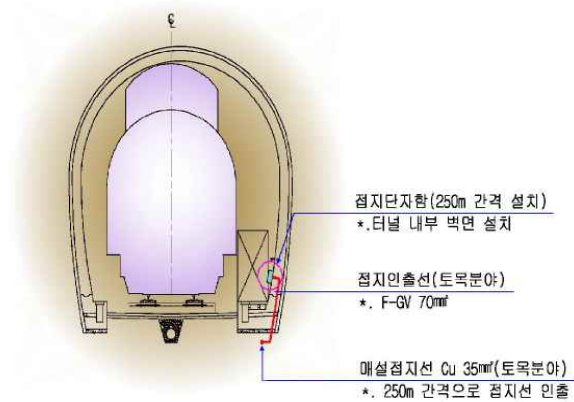


그림 43. 터널구간 접지설계 예(단선)

(3) 정거장 구내

① 매설접지선(CU 35mm²)을 정거장의 시·종점부의 횡단 접속하고 역구내 접지를 환형 또는 망상형으로 구성

② 역구내 환형 또는 망상형 접지망에 전기실, 신호/통신 기계실, 각종 표지류, 신호기기, 승강장 난간, 방음벽 등의 금속체를 접속

가. 길이 50m 이하 : 시·종점부에 접속

나. 길이 50m 이상 : 매 50m마다 접속

③ 역구내 등에 피접지물 시설이 많은 경우 절연접지선을 추가 포설하되 접지단자함은 생략

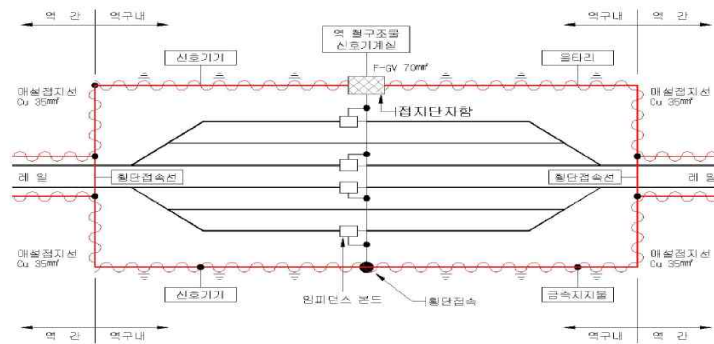


그림 44. 정거장 구내 접지설계 예

(4) 매설접지 설계 및 시공주체

① 운행속도 300km/h 이상 구간

선로변 피접지물과의 접속은 전기분야의 경우 소관분야에서 시행하고 그 외 모든 설비는 전력분야에서 시공

가. 토공구간

구분		시공 주체	
		설계	시공
매설접지선(연동연선)	역간	전력	토목
	역구내	전력	토목
접지인출선(절연접지선)		전력	토목
공동관로내 절연접지선		전력	전력
임피던스 본드		신호	신호
횡단접속(CPW, NW)	배관	전차선	토목
	배선	전차선	전차선
횡단접속(ICL)	배관	신호	토목
	배선	신호	신호
단자함, 보호선간 접지		전차선	전차선

나. 역구내

구분		시공 주체	
		설계	시공
매설접지선(연동연선)		전력	토목
공동관로내 절연접지선		전력	전력
접지인출선(절연접지선)		전력	토목
단자함		전차선	전차선



다. 교량구간

구분		시공 주체	
		설계	시공
교각접지 및 접지동관단자		토목	토목
공동관로내 절연접지선		전력	전력
임피던스 본드		신호	신호
횡단접속(CPW, NW)	배관	전차선	토목
	배선	전차선	전차선
횡단접속(ICL)	배관	신호	토목
	배선	신호	신호
단자함, 보호선간 접지		전차선	전차선

라. 터널구간

구분		시공 주체	
		설계	시공
구조체접지 및 접지동관단자		토목	토목
매설접지선(연동연선)		전력	토목
접지인출선(절연접지선)		전력	토목
공동관로내 절연접지선		전력	전력
임피던스 본드		신호	신호
횡단접속(CPW, NW)	배관	전차선	토목
	배선	전차선	전차선
횡단접속(ICL)	배관	신호	토목
	배선	신호	신호
단자함, 보호선간 접지		전차선	전차선

② 운행속도 300km/h 이하 구간

- 가. 피접지물과의 접속은 전기분야의 경우 소관분야에서 시행하고 그 외 모든 설비는 전차선분야에서 시공
- 나. 비전철구간은 매설접지선(CU 35mm²) 및 접지인출선(F-GV 70mm²)은 토목분야에서 시공하고 접지단자함은 전력분야에서 시공

다. 기존선 개량구간으로서 토목공사를 시행하지 않는 구간은 전력분야에서 시공하는 것을 원칙으로 하되, 신호/통신 매설공사만 시행시 해당분야에 반영

라. 토공구간

구분		시공 주체	
		설계	시공
매설접지선 (연동연선)	역간	전력	토목
	역구내	전력	전력
접지인출선		전력	토목
접지단자함		전차선	전차선
임피던스 본드		신호	신호
횡단접속 (CPW, NW)	배관	전차선	토목
	배선	전차선	전차선

마. 역구내

구분	시공 주체	
	설계	시공
매설접지선(연동연선)	전력	토목
접지인출선	전력	토목
접지단자함	전차선	전차선

바. 교량구간

구분		시공 주체	
		설계	시공
교각접지 및 접지동관단자		토목	토목
공동관로내 절연접지선		전력	전력
임피던스 본드		신호	신호
횡단접속 (CPW, NW)	배관	전차선	토목
	배선	전차선	전차선



사. 터널구간

구분		시공 주체	
		설계	시공
매설접지선(연동연선)		전력	토목
접지인출선(절연접지선)		전력	토목
접지단자함		전차선	전차선
임피던스 본드		신호	신호
횡단접속 (CPW, NW)	배관	전차선	토목
	배선	전차선	전차선

(5) 설계시 고려사항

접지설비 설계시 유의해야 할 사항은 다음과 같다.

① 교량접지

- 가. Pile기초인 경우 교량하부의 Pile 2개 이상을 상호 연결되도록 테르밋 용접하여 교각상부로 연결되는 별도의 접지용접선에 용접하고 상부의 접지단자와 접지선도 테르밋 용접한다.
- 나. 확대기초 및 우물통 기초의 경우 기초 상하부 외각 모서리 철근의 이음개소를 용접하여 하나의 철근이 되도록 용접한 후 테르밋 용접으로 나동선을 이용 접지하여야 한다.
- 다. 접지단자의 설치위치와 개소는 교각상부에 1개, 교량상판하부에 1개, 상판의 양면 난간 내측에 각각 1개씩 설치한다.
- 라. 교량상판하부에 설치하는 접지단자는 교각에 설치된 접지단자와의 연결이 용이하도록 가장 근접한 거리에 설치한다.
- 마. 접지용 평철과 교차하는 교량상판철근은 최소 1m마다 평철과 용접한다.
- 바. 교량상·하부 및 상판과 상판의 연결부에 설치된 접지단자간 상호 연결하여야 한다.

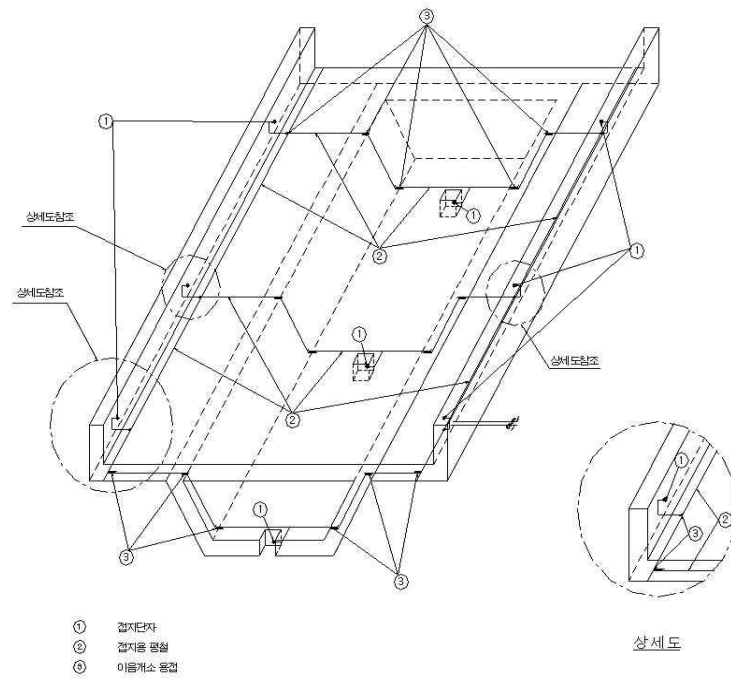


그림 45. 교량상판의 접지 설치 예

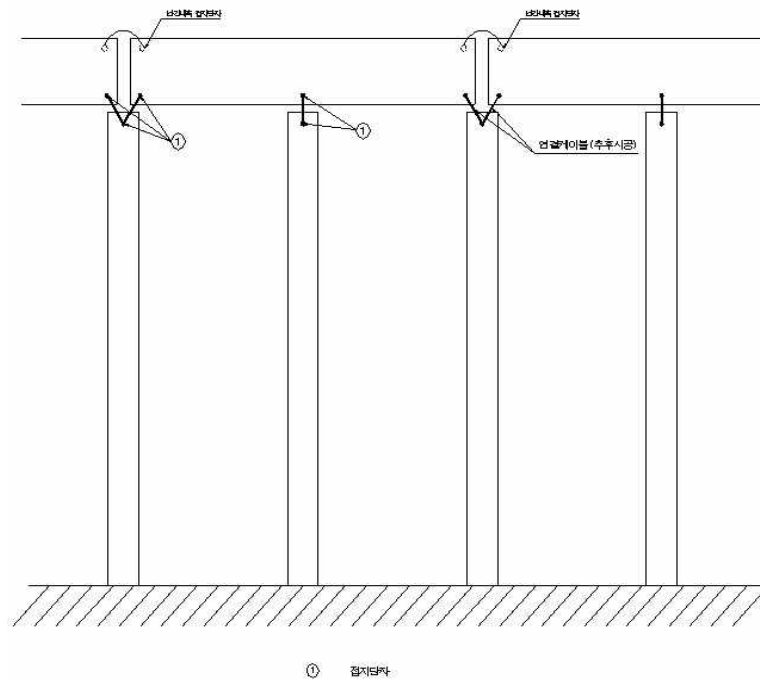


그림 46. 교량연결부 접지 설치 예

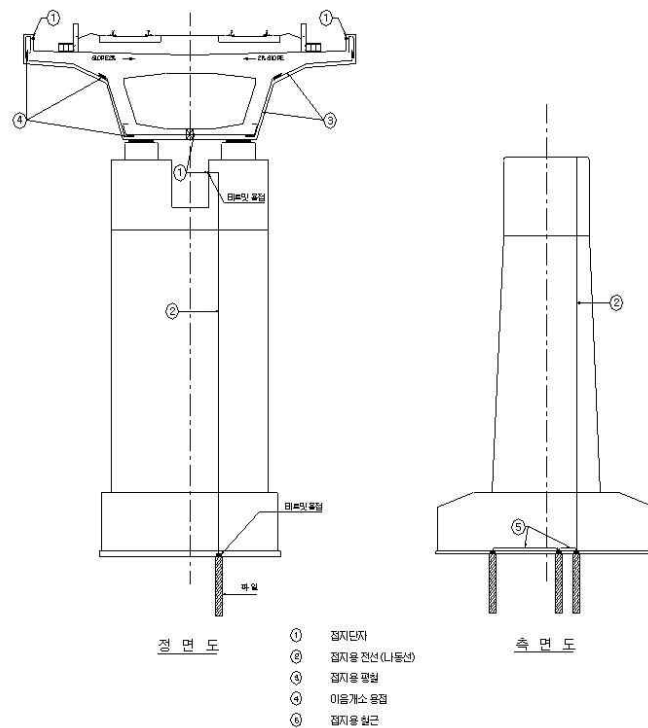


그림 47. 교각의 접지 설계 예

② 터널접지

- 가. 공동관로 접지단자의 설치는 터널내 양쪽의 공동관로 내측면에 50m 간격으로 교차되게 설치한다.
- 나. 터널양측 배수공동관로용 기초에 설치된 접지선으로부터 매 50m 마다 교차되게 인출된 접지인출선을 기준으로 만나는 철근의 5개소를 용접하여야 한다.
- 다. 터널라이닝에 설치되는 접지단자는 매 블록마다 별도의 평철을 이용하여 견고하게 설치하여야 한다.
- 라. 라이닝(철근)구간의 접지단자는 공동관로 상부를 기준으로 300mm의 높이에 설치하며 10m간격으로 설치한다.
- 마. 접지용평철과 교차하는 종방향철근은 최소 1m마다 용접하고, 횡방향철근은 터널상부는 0.5m, 하부는 1m간격으로 용접한다.

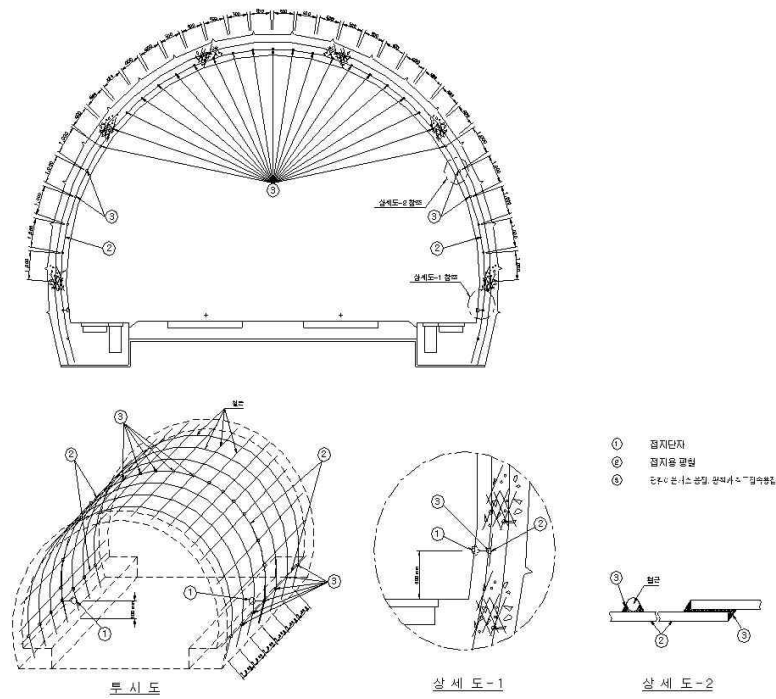


그림 48. 터널의 접지 설계 예

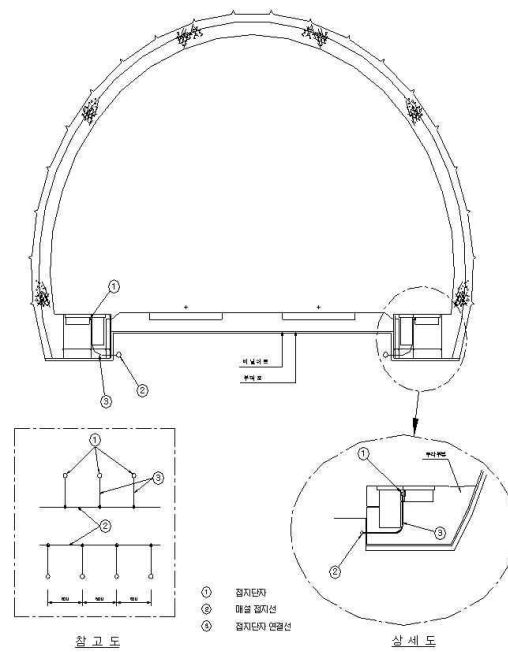


그림 49. 터널내 공동관로의 접지 설계 예



해설 3. 공사 중 설비

1. 공사 중 설비개요

터널의 작업환경은 외부와 달리 환기, 급수, 배수, 탁수처리 및 조명 등 여러가지 제약조건이 있다. 예를 들면 작업중 가장 알맞은 조도를 유지시켜야 하고 온도 및 오염된 공기가 인체에 해로움을 주어서는 안되므로 허용농도 이하로 유지하기 위해서 신선한 공기를 공급하여야 하며, 작업의 능률을 높이기 위해 항상 물기가 없는 지반을 유지시켜 밝은 한 분위기를 만들고 작업자를 착암기 및 장비의 소음으로부터 보호하기 위해 귀막이의 사용 및 슛크리트공의 마스크 및 보호장비를 사용해야 한다.

이런 작업환경이 모두 갖추어져야만 공해로부터 작업자의 건강을 확보할 수 있고 작업능률을 높일 수 있으므로 터널 굴착공법과 갱내작업공간을 고려한 환기·안전 설비계획을 수립해야 한다.

2. 공사 중 환기설비

2.1 환기량 산정

공사 중에 터널에서 필요한 환기량은 지반여건, 굴착공법, 터널 길이, 굴착단면, 사용 화약량, 작업 Cycle, 공사용 기계, 시공방법에 의해 달라지지만, 유해물질이 중복하는 경우의 소요환기량은 예상되는 터널내에서 각각의 작업상황과 현장의 자연조건 등 공사의 제조건을 충분히 검토하고, 대상으로 되는 공종을 예정해서 결정해야한다.

공사의 제 조건마다의 소요환기량은 가~마 등에서 각각 구할 수 있다. 최종적인 소요환기량 Q_{req} 는 각 공종마다의 환기량 중 가장 큰 값을 고려하여 다음 식에 의해 결정하는 것으로 해야 한다.

$$Q_{req} = Q_p + Q_{max} \quad (19)$$

여기서, Q_{req} : 소요환기량[m³/min]

Q_p : 종업원에 대한 환기량[m³/min]

Q_{max} : 각 공종마다의 환기량 가운데 최대값[m³/min]

(1) 자연발생가스·산소결핍공기가 있는 경우

터널공사에서 자연발생가스·산소결핍공기가 있는 경우의 환기량의 산정은 디젤기관 의 배기가스, 발파후 가스 등에 관계하는 요인의 환기량이 크기 때문에 고려하지 않는 경우가 많다. 그러나 사전조사 예측은 규명하기 어렵고, 가연성가스·산소결핍공기의 발생이 예상되는 공사에서는 충분히 안전하게 계획하여 설비할 필요가 있다.

또한 상시 감시체제를 갖추어 비상시의 대응을 철저히 주지시켜야 한다.

특히 쉴드공사에서는 환기량의 산정이 가연성가스·산소결핍공기의 발생량에 의해 결정되는 경우가 많기 때문에 충분히 여유를 두도록 한다.

① 자연발생가스의 경우

가연성 가스를 희석하는 소요환기량은 다음식에 의해 구해야 한다.

$$\frac{E_m}{100} = \frac{V}{Q_{1a} + V} \quad (20)$$

$Q_{1a} \gg V$ 라면,

$$Q_{1a} = \frac{V}{E_m} \times 100$$

여기서, Q_{1a} : 소요환기량 [m^3/min]

V : 가연성가스의 용출량 [m^3/min]

E_m : 관리목표농도(=0.25) [%]

가연성가스(터널공사에서는 주로 메탄가스를 대상)의 발생량은 가스가 포함되어 있는 지층조건, 가스압력, 암석의 침투율, 굴삭속도, 굴삭방법 등의 여러 가지의 조건에 의해 다르므로 예측하기 어렵다. 그래서 소요환기량 Q_{1a} 의 설정은 시추조사 등을 행하여 사전에 가스발생량을 예상한 상태에서 그것이 관리목표농도 이하가 되도록 값을 산정해야 한다.

또한 메탄가스는 질량이 $0.55kg/m^3$ 로 공기에 비해서 가벼워서 터널 상부공간 등에 정체·축적하는 경향이 있기 때문에 정체지역을 만들지 않기 위해서 풍속을 확보할 필요가 있다. 터널내 공기가 정지하고 있는 상태에서는 메탄가스의 상부는 층을 만들고, 분자확산 때문에 오랜 시간 공기와 혼합하고, 부력에 의해 천장을 따라서 이동해야 한다. 풍속 $0.3m/s$ 에서는 메탄가스는 발생점보다 역류해서 메탄가스층을 형성하고, 풍속 $0.5m/s$ 에서는 메탄가스의 역류는 어느 정도 없게 되지만 아직 메탄층은 형성되어 있다. 그러나 풍속 $1.0m/s$ 이상으로 되면 메탄가스는 활발하게 혼합해서 층의 형성이 없게 된다.

따라서 메탄가스가 정상적으로 용출해 있는 경우는 터널내의 풍속을 $1.0m/s$ 이상으로 하면 메탄가스가 상부에 층을 형성하기 않기 때문에 이 값에 접근하도록 할 필요가 있다.

② 산소결핍공기가 있는 경우

터널내 공기의 산소농도가 항상 18% 이상이 되도록 계속해서 환기하지 않으면 안 된다. 산소결핍 공기를 희석하는 경우의 소요환기량은 다음 식에 의해 구해야 한다.

$$Q_{1c} = \frac{C \cdot V}{C_a - C} \quad (21)$$



여기서, Q_{1c} : 소요환기량 [m^3/min]

V : 산소결핍공기의 용출량 [m^3/min]

C : 터널내에서 산소농도가 일정으로 된 시간의 농도 [%]

C_a : 신선공기의 산소농도(=0.21) [%]

그러나 최종적인 소요환기량은 작업자수에 대한 환기량에 유해물질에 대한 환기량을 더해서 구하는 것으로 해야 한다. 무압기공법의 터널공사에서 산소결핍공기를 예상하는 경우 작업자에 대한 환기량은

$N \geq 5$ 인 경우, N : 작업자수

$$Q_{1c} = 10N \text{ [m}^3/\text{min]}$$

$N < 5$ 인 경우

$$Q_{1c} = 50 \text{ [m}^3/\text{min]}$$

③ 가연성 가스가 있는 경우

가연성 가스가 존재하고, 그 농도가 폭발 위험이 있는 농도에 도달할 우려가 있는 장소에 사용하는 전기기기는 방폭 구조로 해야 한다.

터널 외부에 환기팬을 설치한 경우, 송기식은 비방폭형으로 해도 좋으나 배기식에서는 터널 외부설비라 할지라도 가연성 가스가 덕트를 통하여 환기팬을 통과하므로 방폭형을 사용해야 한다.

(2) 발파를 사용하는 경우

터널내에서 발파를 사용하는 경우의 발파후 가스에 대한 소요환기량 Q_2 는 발파후의 농도를 t 분간에 관리농도까지 저감하는 것으로 다음 식으로 구해야 한다.

① 소요 환기량 Q_2

$$Q_2 = K \times \frac{W \cdot \epsilon}{\alpha \cdot t} \quad (22)$$

여기서, Q_2 : 소요환기량 [m^3/min]

W : 1회 발파에 사용하는 화약량 [kg]

ϵ : 화약 1kg당 유해가스 발생량 [m^3/kg]

K : 팬(Fan)의 용량, 덕트의 설치위치 등에 따르는 계수
(배기방식의 경우 = 0.4)

α : 유해가스의 규제 목표 농도

t : 막장부의 유해가스 농도를 규제치 이하로 하는 소요시간 (일반적으로 막장부에서 작업을 중단할 필요가 있는 시간 = 20분)

표 21. 유해가스의 규제 목표 농도

구분 종류	예상하는 중독장해	밀도 (공기=1)	폭발범위 (vol %)	ACGIH 의 규제목표치	일본법령상 규제치
일산화탄소(CO)	중독	0.97	12.5~74.0	50ppm	50ppm
탄산가스(CO ₂)	산소결핍증	1.53	-	500ppm	1.5%
이산화질소(NO ₂)	중독	1.59	-	5ppm	-
황화수소(H ₂ S)	중독	1.199	-	10ppm	10ppm
아황산가스(SO ₂)	중독	2.26	-	2ppm	-
메탄가스(CH ₄)	폭발	0.55	5.3~14	-	1.5 %
산소(O ₂)	산소결핍증	1.11	-	-	18 %

표 22. 발파 후 가스의 유해가스

화약의 종류	환기대상유해가스	표준발생량(m ² /kg)	비 고
일반 다이ना마이트	일산화탄소(CO)	8×10^{-3}	
기타 다이ना마이트	일산화탄소(CO)	11×10^{-3}	
슬러리(Slurry)	일산화탄소(CO)	2.5×10^{-3}	
ANFO	산화질소(NO ₂)	17×10^{-3}	

(3) 디젤기관을 사용하는 경우

터널 공사에서 사용하는 디젤기관에서 배출되는 유해가스에 대한 소요환기량 Q_3 는 다음 식으로 산출해야 한다. 또한 산출에 적용되는 정격출력당 환기량 및 기계가동율은 <표 7>을 사용해야 한다.

$$Q_3 = (H_S \cdot q_S \cdot \alpha_S) + (H_D \cdot q_D \cdot \alpha_D) + (H_E \cdot q_E \cdot \alpha_E) \quad (23)$$

여기서, Q_3 : 소요환기량 [m³/min]

H_S : Shovel계 사용기계의 총정격출력 [HP]

H_D : Dump계 사용기계의 총정격출력 [HP]

H_E : 기타기계 사용기계의 총정격출력 [HP]

q_S : Shovel계 정격출력당 환기량 [m³/(min·HP)]

q_D : Dump계 정격출력당 환기량 [m³/(min·HP)]

q_E : 기타기계 정격출력당 환기량 [m³/(min·HP)]

α_S : Shovel계 가동율

α_D : Dump계 가동율

α_E : 기타기계 가동율



표 23. 디젤기관의 HP당 환기량

종 별	배기가스 처리장치 무 (m ³ / (min · HP))	배기가스 처리장치 유 (m ³ / (min · HP))	가 동 율
Shovel 계	2.16	1.08	0.2~0.3
Dump 계	0.84	0.67	0.4~0.5
기타 기계	0.82	0.65	0.15~0.2

(4) 숏크리트 시공의 경우

터널내에서 숏크리트 작업시 발생하는 분진에 대한 소요환기량 Q_4 는 분진발생량을 확실하게 파악할 수 있는 경우에는 다음 식으로 산정할 수 있다.

$$Q_4 = \frac{q}{E_m} \quad (24)$$

여기서, Q_4 : 소요환기량 [m³ / min]

q : 막장부 부근에서의 분진 발생량 [mg / min]

E_m : 관리목표 농도 [mg / m³]

터널내 숏크리트 공법으로 인한 분진 발생상태 조사결과에 의하면 조성은 대부분 광물질이고 규산량도 20% 이하로 제2종 분진이다. 실측 농도는 입경 10μm 이하에서는 5mg/m³이하이고 환경기준상 문제는 없지만 집진 장치를 설치한 예도 있다. 숏크리트 공법의 분진대책으로서는 통상 환기 이외에 집진 장치 설비, 살수 등도 충분히 검토할 필요가 있다. 또 숏크리트 시공시 터널내 작업자는 분진 마스크를 착용해야 한다.

표 24. 광물성 분진의 규제 농도

분 진	일본에서의 규제농도(mg / m ³)
제1종 분진 : 날아 다니는 규산 30% 이상의 광물성 분진, 골석, 납석, 알루미늄, 알루미늄, 유화광 (석선은 제외)	2
제2종 분진 : 날아다니는 규산 30% 미만의 광물성 분진, 산화철-흑연, 카본 Block, 활성탄, 석탄	5
제 3종 분진 : 기타의 분진	10
석선 분진	2점유/cm ³

(5) 터널내 작업자가 필요로 하는 환기량

$$Q_1 = q \times N \text{ [m}^3 \text{ / min]} \quad (25)$$

여기서, q : 작업자 1인당 필요로 하는 환기량(=3m³ / (min·인))

N : 터널내 최대 종업원수 [인]

종업원의 호흡에 의한 터널내의 공기의 오염은 CO₂이다. 호흡에 의한 CO₂가스의 발생은 발생후 가스 및 디젤기계 배기가스 등에 의한 경우와 비교해서는 극히 적은 량이지만 장시간 작업시 CO₂는 증가한다. 특히 많은 사람이 작업하는 경우에는 무시할 수 없다.

작업자의 호흡에 의한 환기량은 다음과 같다.

$$Q_p \geq \frac{c}{a-b} \quad (26)$$

여기서, Q_p : 소요 환기량 [m^3/min]

a : CO₂의 관리목표농도($5,000ppm = 5,000 \times 10^{-6}$)

b : 대기중의 CO₂농도($0.03\% = 0.03 \times 10^{-2}$)

c : 작업자가 배출하는 CO₂량 [m^3/min]

상기 식에 $c = 1.2 \times 10^{-3} m^3/(min \cdot \text{인})$ 을 대입하면

$$\begin{aligned} Q_p &= \frac{1.2 \times 10^{-3}}{5,000 \times 10^{-6} - 0.03 \times 10^{-2}} \\ &= 0.3 m^3/(min \cdot \text{인}) \end{aligned} \quad (27)$$

위에서 처럼 작업자 1인당 약 $0.3 m^3/min$ 이 되지만 이 정도의 소풍량으로는 사람이 출입하는 공간을 효과적으로 환기하는 것은 일반적으로 곤란하다.

또 환경악화 원인에는 땀에 의한 습도증가, 기온의 상승 및 체취의 충만 등이 있고 작업자에게는 적절한 기류(Draft)를 필요로 하기 때문에 이를 고찰해서 작업자 1인당의 소요 환기량을 최저 $3 m^3/min$ 로 하는 것이 바람직하다. 또한 작업자의 호흡에 의한 공기오염의 경우에 환기방법은 작업지점에서 송기식이 효과적이다.

2.2 환기설비 선정

(1) 송풍기 풍량 산정

소요환기량을 막장부까지 공급 또는 발생된 유해공기를 갱외로 배출하기 위한 송풍기 풍량은 다음 식에 의해 구해진다.

$$Q_F = \frac{Q_{req}}{1-m} = \frac{Q_{req}}{1 - (\beta \times L \times \frac{1}{100})} \quad (28)$$

여기서, m : 누풍율

β : 100m당 누풍율

L : 덕트 연장 [m]

β 는 통상시공에서 다음 값을 취한다.

경질덕트(스파이럴 강관 등) : $\beta=0.015$

연질덕트(비닐 덕트 등) - 시공양호 : $\beta=0.015$

- 시공불량 : $\beta=0.030$



(2) 급기 및 배기덕트 지름 선정

환기 덕트의 크기는 다음 식에 의해 구해진다.

$$A = \frac{Q_A}{60 V} = \frac{\pi D^2}{4} \quad (29)$$

$$D = \sqrt{\frac{Q_A}{15 \pi V}}$$

여기서, A : 덕트의 단면적 [m²]

D : 덕트의 지름 [m]

V : 덕트내 평균유속 [m/sec]

Q_A : 평균풍량($= \frac{Q_F + Q_{req}}{2}$) [m³/min]

Q_F : 송풍기용량 [m³/min]

Q_{req} : 소요환기량 [m³/min]

덕트내 풍속 V는 환기의 경제성을 좌우하는 중요한 요소이고 일정한 환기량 Q에 대해서 V를 크게 취하면 덕트 단면적을 적게 할 수 있다. 통상 V=10~12m/s로 하는 예가 많다. 단, 전단면 굴착시 여유가 있는 경우 이 풍속을 5~7m/s로 하는 것이 유리하다.

(3) 덕트의 압력손실 산정

소요 환기량을 환기하기 위한 덕트의 총 압력손실은 다음 식으로 구한다.

$$h_T = h_f = \frac{1}{1-m} \times \lambda \times \frac{L_E}{D} \times \frac{\gamma}{2g} \times V^2 \quad (30)$$

여기서, λ : 관마찰 손실계수

(강관 = 0.02(배기덕트), 비닐관 = 0.025(송기덕트))

m : 누풍율($=\beta \times \frac{L_E}{100}$)

β : 100m당 누풍율(β = 배기 0.015, 급기 0.020)

L_E : 상당 덕트 길이

D : 덕트 지름 [m]

γ : 공기의 비중량($=1.2\text{kg/m}^3$)

g : 중력가속도($=9.8\text{m/s}^2$)

V : 덕트내 평균풍속 [m/s]

(4) 송풍기 선정

일반적인 경우 터널내에서 작업환경 제공을 위한 소요환기량을 환기하기 위한 송풍기 풍량과 풍압은 상기 (1)과 (3)에서 선정되어지고 송풍기 전동기 용량은 다음 식으로 구한다.

송풍기의 필요 축동력은 이론동력에 팬 및 전동기의 효율을 고려하여 선정하며, 팬 효율 $\eta_1 = 70\%$, 전동기 효율 $\eta_2 = 80\%$ 정도가 보통이다.

$$N = \frac{Q_F \times h_T}{6,120 \times \eta_1 \times \eta_2} \times (1 + \alpha) \quad (31)$$

여기서, N : 송풍기 동력 [kW]

η_1 : 송풍기 효율 [%]

η_2 : 전동기 효율 [%]

Q_F : 송풍기 풍량 [m³/min]

h_T : 송풍기 풍압 [mmAq]

α : 여유율 [%]

2.3 환기방식의 선정

환기방식은 터널공사의 규모, 시공방식 등에 적합한 것을 선정할 필요가 있지만 배기식, 송기식, 송배기 병용식, 가변식, 국소 순환용 송풍기에 의한 방식이 실용되고 있다. 이것의 각종 환기방식의 적용은 터널의 규모(단면적, 연장 등), 시공방법, 시공조건 등을 고려해서, 가장 적합한 방식을 선정한다.

(1) 환기방식 선정의 기본개념

① 터널내 집중방식

갱구 부근에 대규모의 송풍기를 설치하는 방식으로 배기식, 송기식, 병용식 등이 있고 환기효과는 뛰어나지만 설치가 대규모로 되고 설비의 변경이 어렵다. 터널 연장에 비해 상당한 동력비가 소요되므로 연장이 짧은 소규모 터널에 적합하다.

② 직렬방식

공사 진행에 맞추어서 덕트 및 환풍기를 순차 설치해 나가는 방식으로 송기식, 배기식, 연결식, 단속식 등이 있고 터널내 집중 방식에 비해서 송풍기 대수가 많게 되므로 그 보수에 노력을 요하게 되고 또 단속식의 경우는 환기효율이 나쁘게 된다. 그러나 공사의 진행에 맞추어 사용할 수 있는 경제적인 면이 있으므로 현재 터널공사에 많이 쓰이고 있다.

(2) 환기방식 선정

일반적으로 채용되고 있는 환기방식은 터널내 배기식, 급기식으로 분류되지만 실제의 환기설비에 대해서는 이 배기식, 급기식을 병용한 급·배기 병용식 또는 배기식과 급기식을 조합시킨 급·배기 조합식이 많다.

이와 같이 터널공사 중에 환기방식에는 여러 가지 방식이 있기 때문에 터널의 규모(단면, 연장), 시공방법 및 조건, 주변환경 등을 충분히 고려하여 선정할 필요가 있다.



각종 환기방식의 적용방법 및 특징은 다음과 같다.

① 배기식

가. 집중 배기식(덕트내 : 부압)

공사의 착공시 터널 전구간에 대응할 수 있는 환기팬을 터널갱구 부근에 집중 설치하여 터널굴착에 따라 덕트를 연장하는 방식으로 덕트의 흡입구는 채굴현장 부근에 설치하여 발생가스·분진을 덕트를 통해 터널 밖으로 배기해야 한다.

- 굴착현장에서 발생하는 발파후 가스 또는 뿜기 콘크리트 분진 등은 덕트를 통해서 직접 배기되기 때문에 터널 전 연장을 오염하지 않은 장점이 있다.
- 작업의 진행에 대응해서 덕트연장을 늘려나가는 방식으로 채굴현장의 청정화가 행하여지지만 발파에 의한 덕트의 파손 또는 덕트 연장 작업의 집약화 등에 의해 채굴현장에서 흡입구가 30m 정도 이상 떨어진 경우 발파후 가스, 디젤기관의 배기가스 및 뿜기 콘크리트 분진 등의 공기오염물질을 평균적으로 흡입하는 것이 곤란하기 때문에 일반적으로는 국소용 환기팬을 병용해서 환기를 수행할 필요가 있다.
- 이 방식의 덕트는 부압이 걸리므로 연질관을 사용할 수 없다.

나. 집중·배기식(덕트내 : 정압)

터널 내에 주 환기팬을 설치하여, 굴착현장의 진행에 대응해서 주 환기팬을 이동해서 가는 방법이다.

- 터널 밖에 주 환기팬을 설치하는 방법보다 채굴현장에서의 흡입 능력은 높다.
- 덕트는 연질관을 사용할 수 있지만 주 환기팬의 이동 및 덕트의 연장에 시간이 걸리고, 이동용 가대 등의 설비가 필요하다.
- 터널 밖의 소음대책은 필요 없지만 터널내의 환기팬의 소음에 대한 대책이 필요하다.

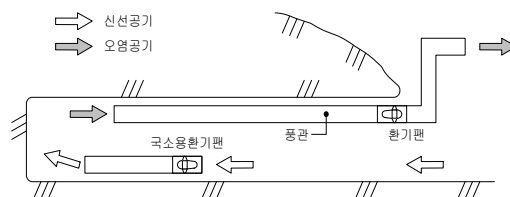


그림 50. 집중 배기식(덕트 내 부압)

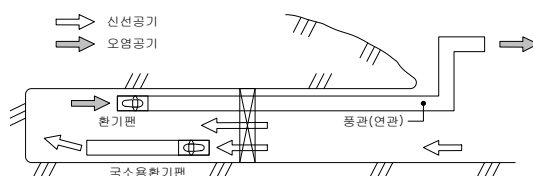


그림 51. 집중 배기식(덕트 내 정압)

다. 직렬 배기식(덕트내 : 부압)

비교적 소형의 축류팬을 덕트의 중간에 설치해서 굴착진행에 대응해서 덕트를 순차적으로 접속·연결하는 방식으로 발생가스, 분진 등은 덕트를 통해서 터널 밖으로 배기해야 한다.

- 축류팬의 소요동력은 환기팬에 접속한 덕트의 길이에 비례해야 한다. 그러나 집중식에 비해서 접속개소가 증가하기 때문에 누풍이 일어나기 쉽다.
- 연질관을 사용할 수 있지만 이 경우 접속부가 부압이기 때문에 연관이 수축하여 관마찰저항이 현저하게 증가되는 결점이 있다.
- 기타 특징으로는 집중배기식과 유사하다.

라. 직렬 배기식(덕트내 : 정압)

굴착현장의 진행에 대응해서 환기팬을 증가시켜 가는 방법으로 저압의 환기팬을 사용할 수 있다. 풍관(덕트)내가 정압이므로 연관을 사용할 수 있다.

- 터널 연장이 길게 되어도 흡입 능력은 저하하지 않는다.
- 저압의 환기팬을 사용할 수 있고 덕트는 연질관을 사용할 수 있지만 접속개소의 덕트의 부압대책이 필요하다.
- 터널 밖의 환기팬의 소음대책은 필요하지 않지만 터널내의 환기팬의 소음대책이 요구된다.
- 주 환기팬의 이동, 덕트의 연결에 시간이 걸리고, 이동용 가대 등의 설비가 필요로 된다.

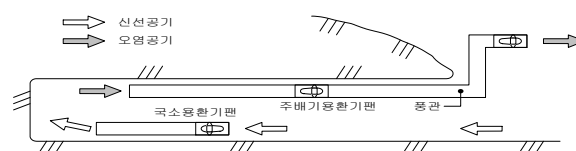


그림 52. 직렬 배기식(덕트 내 부압)

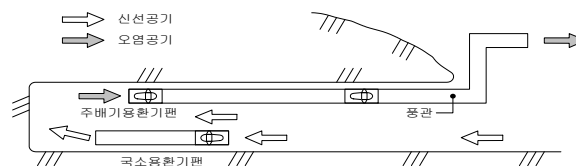


그림 53. 직렬 배기식(덕트 내 정압)

② 급기식

가. 집중 급기식

설비는 집중 배기식과 대부분 같은 사양이지만 덕트의 배기구를 굴착현장부근에 설치하여 터널갭구로 부터 신선공기를 유입하여 덕트에 의해 굴착 현장으로 급기해야 한다. 발생가스는 터널을 통해서 배출시킨다.



- 굴착현장 부근에서 발생하는 가스, 분진은 터널을 통해서 배출되기 때문에 터널 전체가 오염된다. 중간에서 복공 기타의 작업이 행하여지는 경우에는 집중·배기식에 비하여 좋지 않은 상태가 된다.

집중·배기식과 마찬가지로 덕트는 작업의 진행에 따라서 연장하며 급기되는 신선공기에 의해서 청정화가 행하여진다. 급기구와 굴착현장과의 거리가 30m 정도 이상 이격된 경우에는 급기된 신선공기가 채굴현장까지 도달하는 것이 곤란하기 때문에 급기구를 가능한 한 채굴현장에 가깝게 하든가 또는 국소용 환기팬의 병용이 필요하다.

- 덕트는 연질관을 사용할 수 있지만, 이 경우 누풍에 대해서 고려하는 것이 필요하다.

나. 직렬 급기식

환기설비는 직렬 배기식과 같은 사양이지만, 신선공기는 덕트를 통해서 굴착현장으로 급기하고, 발생가스는 터널을 통해서 배출해야 한다. 특징은 상기의 직렬 배기식 및 집중 급기식과 유사하다.

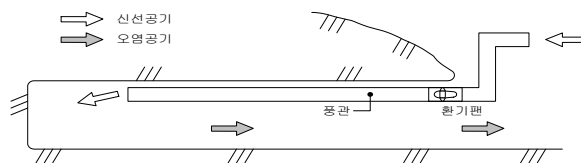


그림 54. 집중 급기식 환기개요도

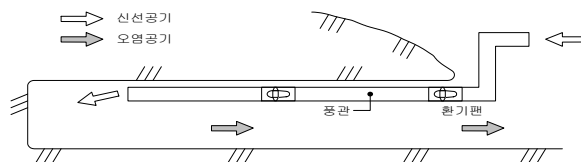


그림 55. 직렬 급기식 환기개요도

③ 급·배기 병용식

가. 집중 급·배기 병용식

집중 배기식과 집중 급기식의 2계열의 환기설비에서 배기계통의 팬은 급기계통의 팬보다 능력을 크게 하고, 급기계통의 급기구를 배기계통의 흡입구보다 굴착현장의 적당한 위치에 설치하여 공사의 진행에 따라 덕트를 연장시킨다.

- 집중 배기식과 집중 급기식의 단점을 보완하는 것이 가능하다. 따라서 터널이 긴 경우 또는 횡갱 터널, 경사갱, 연직갱을 통과해 본선터널이 굴착되는 경우 또는 굴진속도의 향상에 의한 발생가스량, 분진량이 증가하는 경우 등 작업환경이 악화되는 것을 해결하기 위해서는 이 방식이 우수한 것으로서 추천되고 있다.

- 이 방식을 전단면 굴착의 경우에 적용하고 있다.
- 급기계통의 덕트에는 연질관을 사용할 수 있지만, 배기계통의 풍관은 경질관으로 하지 않으면 안된다.

나. 직렬 급·배기병용식

직렬급기식과 직렬배기식의 2계열의 환기설비로 된다.

- 배기계통의 덕트에 연질관을 사용할 수 있지만, 팬의 집중 배치에 비해 접속개소가 증가하여 누풍이 일어나기 쉽기 때문에 이점을 고려하는 것이 필요하다.
- 기타, 집중 급배기 조합식 및 직렬 배기식 및 직렬 급기식을 참조한다.

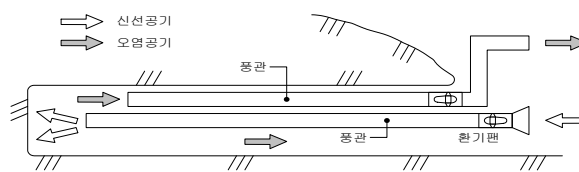


그림 56. 집중 급배기 병용식

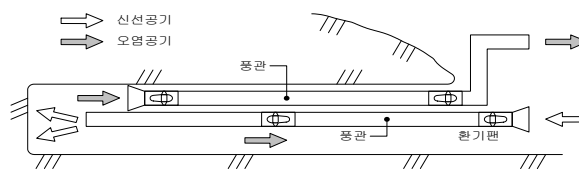


그림 57. 직렬 급배기 병용식

④ 급·배기 조합식

1000m 이상의 장대터널에서 채굴되고 있는 방식으로 터널내의 급기용과 배기용의 환기설비를 설치하고 터널내의 공기를 채굴현장으로 급기하고, 회석된 오염공기를 배기용의 환기팬 또는 덕트를 통해서 배기하는 방식이다.

가. 집중 급·배기 조합식(배기용 덕트내 : 부압)

급기용 환기팬을 터널내에 배기용 환기팬을 터널 밖에 설치하여 터널내의 공기를 채굴현장으로 급기한 후 회석시킨 오염공기를 배기용 환기팬을 통해서 배기하는 방식이다. 덕트내 압력이 급기용은 정압으로 되기 때문에 연질관을 사용할 수 있지만 배기용은 부압으로 되기 때문에 경질관을 사용해야 한다.

- 1000m 이상의 장대터널에서도 채굴현장에 대해서 소요환기량이 충분히 확보할 수 있다.
- 덕트의 연장은 급·배기 병용식에 비해서 짧다.
- 오염공기가 터널내로 흐르기 때문에 복공 작업의 환경은 좋지 않다.
- 급기용과 배기용의 환기팬의 풍량제어를 고려할 필요가 있다.



- 배기용의 덕트는 특히 누풍방지에 유의할 필요가 있다.
- 배기용의 환기팬 흡입구는 흡입하기 좋도록 가동할 필요가 있다.

나. 집중 급·배기 조합식(덕트내 : 정압)

급기용과 배기용의 2대의 대형 환기팬을 터널내의 작업장 가까이에 설치하고 터널내의 공기를 급기해서 회석된 오염공기를 배기용 환기팬을 통해서 배기하는 방식이다. 덕트는 급기용·배기용 모두 정압으로 되기 때문에 연결관을 사용할 수 있다.

- 1000m 이상의 장대터널에서도 채굴현장에 대해서 소요환기량을 충분히 확보할 수 있다.
- 덕트의 연장은 급·배기 병용식에 비해 짧다.
- 덕트는 급기, 배기 모두 정압으로 되기 때문에 연결관을 사용할 수 있다.
- 오염공기가 터널내를 흐르기 때문에 복공 작업의 환경이 좋지 않다.
- 급기용과 배기용의 환기팬의 풍량제어를 고려할 필요가 있다.
- 배기용의 덕트는 특히 누풍방지에 유의할 필요가 있다.
- 배기용의 환기팬의 흡입구는 흡입하기 쉽도록 가공할 필요가 있다.

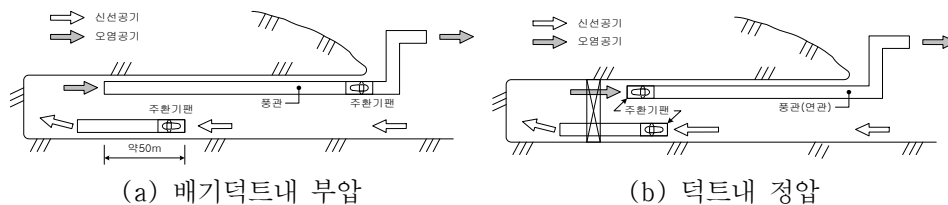


그림 58. 집중 급배기 조합식

⑤ 갱도환기법(갱도식)

장대터널의 망목상(網目狀 : 그물형태) 터널갱구 부근에 환기팬, 풍문(風門)을 설치해서 통풍하고, 굴진 중의 터널 그것을 덕트가 나누어서 환기를 행해야 한다. 도중에 있는 연결터널, 작업터널 등에는 풍호(風戶)를 설치해서 도중에 누풍, 순환류를 방지해야 한다. 선단부(앞쪽)의 연결터널 안쪽에는 국소용 환기팬을 설치하고 채굴현장 부근의 환기는 덕트환기법으로 행해야 한다.

2개 이상 터널이 서로 관통해서 루프를 만든 경우에 적용 가능한 유효한 환기방법이다.

3. 공사 중 급수설비

굴착암반과 커터 또는 점보드릴의 마찰열 발생을 억제 및 슛크리트, 그라우트 등의 굴착공사시 사용되는 용수량을 공급하여 주기 위한 시설로 갱구에서 물탱크를 설치하여 펌프를 사용하거나 수두차를 이용 막장부까지 소요압력을 유지시켜 공급해야 한다.

다. 또한 급수설비는 소화용으로 사용될 수 있는 용량을 확보하는 것이 바람직하다. 이를 위해서는 소화배관 100m 간격으로 연결송수구를, 호스길이는 50m, 노즐선단압력은 0.17MPa 이상, 방수량은 130~150ℓ/min 정도로 하는 것이 바람직하다.

4. 공사 중 배수설비

배수설비는 용출수 등을 터널외부로 항상 신속히 배출 할 수 있는 능력을 가진 설비로 하고 동시에 항시 양호한 작업환경을 유지될 수 있도록 유지관리에 노력해야 한다.

강제배수설비는 막장부 굴진과 병행하여 400~500m마다 수중펌프를 설치, 릴레이식으로 갱외 침전지로 배수시킨다.

배수설비는 예상 용출수량과 장비사용수량 등을 고려하여 여유 있는 배수설비계획을 세우고 용출수개소, 지하 용출수량, 작업내용에 따라서 배수펌프와 집수정을 설치하지 않으면 안된다. 대량용출수가 예측되는 지질에서는 추가의 배수설비공간을 배수설비계획시 고려해야 한다. 특히 측벽도강 소단면작업갱 등의 단면이 작은 경우는 차량한계 등에 주의해야 한다.

배수량에 따른 펌프의 교환을 용이하게 하거나 배수계통의 변경은 곤란하므로 여유 있는 배수설비로 해야 한다. 또한 배수배관을 이용하는 경우는 배관경이 지나치게 크면 유속이 감소되고 배관내 부유물이 침강하여 막히는 일이 있으므로 주의를 해야 한다.

터널 경사가 내리막인 장소는 정전시 막장부가 침수할 위험이 있으므로 비상용 전원을 설치하여 펌프의 운전관리를 할 필요가 있다

배수펌프를 설치할 경우는 배관이음, 호스, 배수펌프 및 집수정의 관리가 중요하다.

5. 오탉수 처리설비

오탉수처리설비는 주변의 하천 조건 및 하류까지의 수질오염에 의한 환경문제도 고려해서 설비의 처리능력에 대해 계획해야 한다.

오탉수처리설비는 하천의 수질오염을 방지하기 위해 지질조사 자료에 의한 용출수량의 추정이나 공사용수 사용계획에 의한 원수량을 기준으로 처리수량을 결정하고, 주변의 하천조건 및 하류까지의 수질오염에 의한 환경문제도 고려해서 설비의 처리능력에 대해서 신중히 검토하고 계획해야 한다. 설비 주변에 오탉수처리 Flow Chart 간판 등을 게시하기도 하고, 원수와 처리수가 명확하게 알 수 있도록 하는 설비라는 것은 환경보전 입장에서 바람직하다.

터널공사에서는 때로는 예상 이상으로 다량의 용출수가 나오는 일도 있다. 탁수처리설비는 일단 설치하면 증설이나 변경이 용이하지 않기 때문에 기기는 증설이 가능한 Type을 선정하고, 여유가 있는 부지에 설비를 계획해야 한다.



또한, 공사 완료까지 설치하는 것이 바람직하다. 기준치는 각 시·도별로 기준을 설정하고 있는 경우도 있고, 사전에 시·도별 조례, 지도내용 등을 충분히 조사할 필요가 있다.

또한, 방출 하천의 유량이나 어패류의 존재, 종류 등은 사전에 조사해 둘 필요가 있고, 어업권의 설정이나 양어장 등이 있는 경우는 관리에 주의가 필요하다.

특히 다량의 주입(注入)공사가 예측될 경우에는 pH가 상승하므로 중화장치의 능력은 여유가 있는 설비로 하는 것이 바람직하다.

6. 공사용 전기시설

6.1 수변전 설비

6.1.1 터널 굴착공사의 특징

- (1) 터널의 종류는 다양하겠지만 공사용 전기시설 확보의 관점에서 개착식터널과 아치형 터널을 위주로 검토해야 한다.
- (2) 개착식터널의 경우는 비교적 짧은 연장에 적용되므로 공사용 전기시설에서 특별히 고려할 사항이 별로 없다.
- (3) 아치식 터널의 경우 비교적 짧은 터널은 양단에서 굴착이 개시되어 터널을 축조하지만 장대터널의 경우 예정터널의 갱도 중간 부분에 경사갱을 설치하고 양단이 아닌 복수의 다수 장소에서 굴착이 이루어질 수 있다.
- (4) 터널의 굴착이란 땅속에 굴을 파는 일로 파낸 흙의 처리를 위해서는 갱도로부터 터널 외부로 흙을 운반하고 육상 운반용 차량에 상차하는 작업이 필요하다. 터널내부에서의 굴착부가 점점 전진함에 따라 굴착장비에 대한 전원공급선이 계속연장 되어져야 한다.
- (5) 굴착점이 전진하면서 기 굴착된 갱도에서는 지하수가 유출되어 흐를 수 있으며 갱입구로 부터의 거리가 벌어지면서 작업 장소에서의 산소부족으로 종업원의 작업이 곤란할 수 있으며 굴착작업에 의한 먼지 비산으로 작업 환경이 저해될 수 있다.
- (6) 위와 같이 터널굴착 공사에서의 전력 소요 장비 및 시설을 보면 굴착장비용 전원, 환기 설비용 전원, 배수용 전원, 조명용 배전, 작업용 소공구를 위한 전원 콘크리트 라이닝 타설을 위한 거푸집 이동 설치 등을 위한 전원 등으로 대별된다.
- (7) 특히 굴착장비의 경우 대개 표준 저압 전원 방식인 380/220V 3상 전원이 아닌 440/275V 3상 전원 장비가 사용될 수 있으므로 되어 주의가 필요하다.

6.1.2 수변전설비의 구성

(1) 수전선로

- ① 현장주변 한전 22.9kV 배선선로로부터 현장까지 설치

- ② 굴착개소별 독립 별도 설치 필요
- ③ 한전 배전선로에 여유용량이 없을 시는 원거리로부터 독립 수전선로 구성 필요

(2) 변전설비

- ① 22.9kV 전압을 현장에서 필요한 전압으로 강하시키기 위한 변압기 설치
- ② 수전점으로부터 굴착점까지의 거리가 원거리이므로 대부분의 굴착장비의 경우 6.6kV급의 자체변압기를 내장하므로 변전설비에 6.6kV 배전용 변압기 시설 필요
- ③ 기타 장비의 경우 380/220V 3상 4선식 전원으로 공급 가능

6.2 고압 및 저압 배전선로 설비

6.2.1 고압배전선로(6.6kV 3상 4선)

- (1) 수전점 변압기로부터 굴착점까지 구성
- (2) 7.2kV급 고압케이블로 구성
- (3) 터널입구부는 배관후 배관내에 케이블 수용 시설
- (4) 터널내부는 적당한 높이의 측벽에 조가선 설치 및 케이블 고정 설치 및 방수에 유의 필요
- (5) 케이블을 예상 최장거리 만큼을 미리 확보하거나 1, 2회 접속 연장 계획시설 및 접속 연장시는 중간 접속재를 활용

6.2.2 저압배전선로(380/220V 3상 4선)

- (1) 터널내부 작업용 조명전원으로서의 전력공급
- (2) 터널내부용 환기설비로의 동력공급
- (3) 터널내부 배수 설비로의 동력공급
- (4) 터널외부 공사 지원 시설의 전력공급
- (5) 임시용 분전반을 자립식으로 철제 제작 활용

6.3 공사용 조명설비

6.3.1 전반조명설비

- (1) 터널벽면 일측에 조가선 설치 및 조명기구 설치
- (2) 통로 통행 보안등으로 사용

6.3.1 국부조명설비

- ① 굴착부 작업용 집중조명
- ② 콘크리트라이닝 타설용 집중조명
- ③ 기타 작업 지원용 집중조명
- ④ 자립식 투광기로 제작 및 필요 광도에 이동 활용



6.4 공사용 동력설비

- (1) 환기, 배수 등 설비는 기계설비 계획에 따라 전력공급
- (2) 작업용 공구는 전등용 분전반에서 전력공급

7. 기타 전기관련 토목시설물

기타 전기관련 토목시설은 철도노반 공사시 함께 시공되어야 하는 전력, 통신, 신호, 전차선등 관련시설물 등의 간섭여부가 매우 중요하다. 따라서 전기관련 토목시설물들에 대하여 설계자는 토목구조물 설계시 전기관련 사항을 반드시 고려하여 설계에 반영하여야 한다.

- (1) 횡단전선관
- (2) 핸드홀 또는 맨홀
- (3) 전철주기초
- (4) 매립전 또는 C-Channel
- (5) 장대터널구간의 각종 전기설비
 - ① 급전구분소
 - ② 병렬급전소
 - ③ 신호기계실
 - ④ 무선중계실
 - ⑤ 각종기재갱 등

RECORD HISTORY

- Rev.0('12.12.05) 철도설계기준 철도설계지침, 철도설계편람으로 나누어져 있는 기준 체계를 국제적인 방법인 항목별(코드별)체계로 개정하여 사용자가 손쉽게 이용하는데 목적을 둬.
- Rev.1('13.02.22) 수도권종합감사('12.4.2~5.4) 결과 “광역철도에 설치되는 지하구조물 유지관리용 접근시설의 일관된 설치기준 마련” 개선요구에 따라 개선방안(광역/민자철도차-6509, '12.12.20)을 반영한 조항 신설
- <참고자료>
- 교량점검시설 설치지침(건설교통부, 2003.4)
 - 산업안전보건에 관한 규칙 제24조(사다리식 통로의 구조)
 - 도시철도건설규칙 제66조(환기구 내부의 설비)
 - 서울지하철(9호선) 설계기준(환기구)
 - 도시철도기술자료집
- Rev.2('13.04.29) 경부고속철도 오송역 등 우수관 동파 및 누수방지를 위해 그 동안 조치 내용 및 관련부서, 전문가 의견 등을 반영하여 “선하역사 배수 개선사항”을 반영하여 조항 신설
- <참고> KR A-03020(철도역사 설계) (11)승강장 ⑬승강장 설계(설계기준처-1261, '13.4.23)
- Rev.3('14.11.17) 방음벽 지주간격을 최대한 완화할 수 있도록 조정요건을 상세히 기술
- Rev.4('14.12.09) 최근에 발생한 “판교 테크노벨리 추락사고”를 계기로 우리공단의 설계·시공 기준 전반에 대하여 안전 강화 (방호울타리, 낙하물방지막, 안전난간 등)
- Rev.5('16.06.15) 감사원 지적사항(동물침입방지 울타리 형식 개선)을 반영
- * 감사원 지적사항(감사실-3133, '15.12.2)
- Rev.6('16.12.02) 교량 배수관 설치방법 보완, 방음벽 지주와 기초 연결부 폴립방지 기능 추가, 과선교 낙하물 방지막 설치시 작용하중 검토 추가, 교량점검시설 설치기준 보완, 길내기 관련 법령 수정, 건널목 설치기준 보완
- Rev.7('17.03.20) 철도설계기준(국토교통부고시제2015-1014호, '15.12.29)이 개정 고시됨에 따라 개정내용(방음벽 기초옹벽 돌출높이 및 구조 변경)을 반영
- Rev.8('17.10.27) 상위기준인 철도설계기준 개정 내용 반영
- * 국토교통부고시제2017-573호, '17.8.30)
- Rev.9('17.12.22) 교량 대피시설 설치기준, 방음벽 지주간격 개정, 교대 및 교각 점검시설 설치기준 개정
- Rev.10('19.07.22) 국토교통부 대전~당진 차동1교 작업자 추락 사망사고 조사결과에 따른 후속조치(철도건설과-2220, '18.7.10) 반영



Rev.11('19.07.24) 2019년 종합감사(강원본부) 결과(감사실-1816, '19.6.17) 반영
(교량 비상대피시설인 “지면 지지 형식” 개요도 수록)