

KR A-06020

Rev. 1, 17. December 2014

# 터널 방재설비 계획 및 설계

2014. 12.



한국철도시설공단



## 목 차

1. 일반사항 .....	1
2. 환기설비 .....	1
2.1 일반사항 .....	1
2.2 환기설비 계획 .....	1
2.3 환기설비 설계 .....	4
3. 방재설비 .....	8
3.1 일반사항 .....	8
3.2 방재설비 계획 .....	9
3.3 방재설비 설계 .....	9
4. 지하터널 배수설비 .....	10
5. 자동제어설비 .....	11
6. 인터페이스 .....	12
RECORD HISTORY .....	13

## 1. 일반사항

### (1) 기본방향

- ① 지하터널에 환기설비를 계획 및 설계함에 있어서 비상시 제연기능이 이루어지도록 하여 재해 발생시 인명피해 최소화 및 조기복구가 가능토록 검토되어야 한다.
- ② 기계 환기와 자연환기를 병용하여 외기를 공급함으로써 본선의 열축적 방지 및 열차 내 승객들을 위한 신선공기의 공급 등이 이루어지도록 검토되어야 한다.

### (2) 기본개념

- ① 터널의 선형 및 배선계획에 따라 환기 시스템을 결정하여야 한다.
- ② 본선 내에 발생하는 각종 열 부하를 제거할 수 있어야 한다.
- ③ 본선 내 열 평형 유지와 열 축적을 방지하여야 한다.
- ④ 열차 내 승객을 위한 신선공기를 공급하여야 한다.
- ⑤ 화재시 제연기능을 겸용하여 피난로를 확보토록 하여야 한다.
- ⑥ 터널 내에서 발생하는 분진(PM-10), 일산화탄소, 질소산화물(NOx) 등을 허용농도 이하로 유지할 수 있도록 충분한 환기량을 확보하여야 한다.

## 2. 환기설비

### 2.1 일반사항

- (1) 계획은 터널의 형상과 길이를 고려하여 장비의 성능이 효과적으로 발휘되도록 관련 전문분야와 충분한 협의를 하여 합리적이고 경제적인 시설이 되도록 하여야 한다.

### (2) 계획의 목적

열차의 운행에 따라 터널 내에 발생하는 열을 배출하고 신선외기를 도입하여 토양의 흡열기능을 유지하기 위하여 환기설비를 계획하여야 한다.

### 2.2 환기설비 계획

#### (1) 환기방식 계획

기계환기방식과 자연환기방식을 검토하고 복선구간, 단선구간, 단복선 혼합구간, 지상연결구간에 따라 효율적인 환기방식을 선정하여야 한다.

##### ① 본선 환기방식



표 1. 본선 환기방식의 예시

방식	기 계 환 기 방 식	자 연 환 기 방 식
항목		
개 요	본선내의 열축적 방지를 위하여 급·배기 송풍기를 이용하여 환기하는 방식	본선내에 발생하는 열을 열차 주행시 자연 발생하는 열차풍압을 이용하여 환기하는 방식
개념도		

## ② 복선구간 환기방식

표 2. 복선구간 환기방식의 예시

항 목	내 용
개 념 도	
열차주행 방향	양 방 향
특 성	<ul style="list-style-type: none"> <li>열차가 양방향으로 주행하므로 기류방향이 수시로 교차됨</li> <li>열차의 주행시 피스톤 효과에 의해서 발생하는 환기량이 단 선구간에 비해서 적음</li> <li>승강장에 스크린도어가 없을 경우 정거장 인근의 배기 환기실에서 열차풍을 흡수함으로써 승강장에서 열차풍의 영향을 저감할 수 있음</li> </ul>

## ③ 단선구간 환기방식

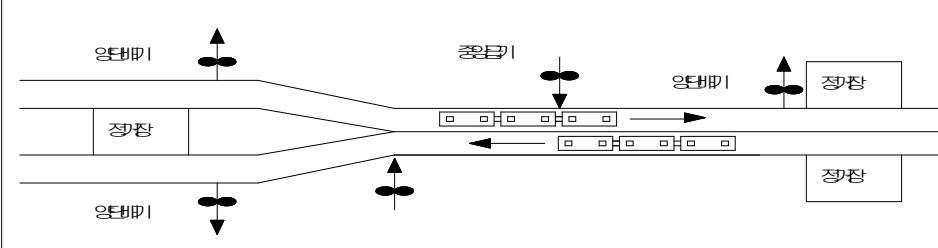
표 3 단선구간 환기방식의 예시

항 목	내 용
개 념 도	

항 목	내 용
열차주행 방향	일 방 향
특 성	<ul style="list-style-type: none"> <li>열차의 주행방향이 한방향으로 진행되며 주행방향의 전면에 정압이 발생하고, 후면에 부압이 발생</li> <li>열차의 주행방향에 따라서 피스톤 효과에 의한 기류가 발생</li> <li>환기효율을 높이기 위하여 열차의 주행방향과 송풍기의 기류방향을 일치시킨 종류환기방식을 적용</li> </ul>

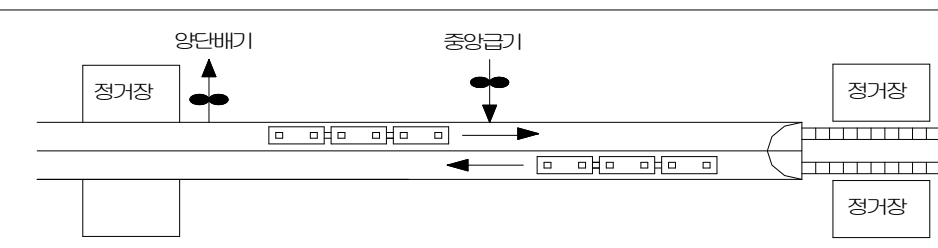
#### ④ 단 · 복선 혼합구간 환기방식

표 4. 단 · 복선 환기방식의 예시

항 목	내 용
개 념 도	
열차주행방향	<ul style="list-style-type: none"> <li>단선구간 : 일방향</li> <li>복선구간 : 양방향</li> </ul>
특 성	<ul style="list-style-type: none"> <li>구간별로 단선 및 복선구간의 환기특성을 나타냄</li> <li>단선구간에 적용하는 양단급배기 방식과 복선구간에 적용하는 양단급기 + 중양배기 방식을 혼용하여 적용</li> </ul>

#### ⑤ 지상 연결구간

표 5. 지상 연결구간 환기방식의 예시

항 목	내 용
개 념 도	
열차주행방향	양 방 향
특 성	<ul style="list-style-type: none"> <li>복선구간의 환기방식과 동일하나 지상연결부분에서는 외부와 직접 통해있으므로 자연배기 적용</li> </ul>



## (2) 환기실 계획

- ① 환기설비의 적용범위, 환기방식, 기기류의 조합 및 배치, 설치위치, 크기 등을 충분히 검토하여야 한다.
- ② 환기실 규모는 송풍기, 자연환기용 풍도, 계단, 전기실 규모, 소음기 설치 공간 등을 고려하여야 하며, 열차풍을 효과적으로 환기에 이용하여 승강장에 미치는 열차풍의 영향을 최소화하고 효과적으로 배출 할 수 있도록 계획하여야 한다.

## (3) 송풍기 계획

- ① 송풍기의 대수분할은 전체 풍량을 기준으로 적정하게 하여야 한다.
- ② 제작 및 반·출입을 고려하여야 한다.
- ③ 비상시 제연기능 확보가 가능한 구조로 화재시 열기류에 노출되는 송풍기 및 그 부대설비들은 250℃의 온도에서 1시간 가동상태를 유지할 수 있어야 한다.
- ④ 정·역회전이 가능하도록 하며 역회전시의 효율은 정회전의 80% 이상을 확보 하도록 하여야 한다.

## (4) 환기구 계획

표 6. 환기구 형식 비교

구 분	TOWER 형	바 닥 형	
개 요	환기 구조물로써 지상 도로부에 1,600mm높이 이상으로 설치	지상 보도에 설치	보도 이외의 위치에 설치
통과풍속	7 m/sec 이내	2.5m/sec	5 m/sec 이내

- 주) 1. 개구부의 높이는 주변지역의 홍수위(100년 빈도)를 검토하여 그 이상에 설치도록 계획  
 2. 지상 타워(Tower)의 높이는 지상의 주변 여건을 감안하여 민원 발생이 없도록 선정  
 3. 풍속 제한치는 토출측의 단면 손실을 고려한 전면적(Gross Area) 기준

## 2.3 환기설비 설계

### (1) 실내환경 설계기준

- ① 배출소음 기준 : 본선 혼기용 급기탑 및 배기탑에서의 배출 소음기준은 소음진동규 제법 시행규칙의 교통소음 규제기준을 적용한다.

표 7. 교통소음의 한도 (소음진동규제법 시행규칙 [별표 12])

대 상 지 역	구 분	한도	
		주간 (06:00~22:00)	야간 (22:00~06:00)
주거지역, 녹지지역, 관리지역 중 취락지구 및 관광·휴양개발진흥지구, 자연환경보전지역, 학 교·병원·공공도서관의 부지경계선으로부터 50m 이내지역	소음 (Leq dB(A))	70	60
	진동 (dB(V))	65	60
상업지역, 공업지역, 농림지역, 생산관리지역 및 관리지역 중 산업·유통개발진흥지구, 미고시 지 역	소음 (Leq dB(A))	75	65
	진동 (dB(V))	70	65

- ※ 비 고 1. 대상지역의 구분은 [국토의 계획 및 이용에 관한 법률] 적용  
2. 대상지역은 교통소음·진동의 영향을 받는 지역으로 적용

## ② 설계온/습도 기준

가. 외기의 온/습도 설계기준은 건축물의 에너지 절약 설계기준(국토해양부 고시 제 2010-371호) 별표6 “냉난방설비 장치의 용량계산을 위한 설계 외기 온/습도”을 따른다.

표 8. 서울지역 외기 온/습도 기준

구 분 시 간	하 기		동 기		비 고
	건구온도(℃)	상대습도(%RH)	건구온도(℃)	상대습도(%RH)	
오 전 9:00	27.9	72	-11.3	63	오 전 혼잡시간
오 후 3:00	31.2	63.6	-4.8	34.5	평시
오 후 7:00	30.5	62	-6.5	44	오 후 혼잡시간

※ 국토해양부 고시 제2010-371호 “냉난방설비 장치의 용량계산을 위한 설계 외기 온/습도”

## 나. 본선 지하구간 내 온도 조건

(가) 본선 지하 구간내 온도는 “최고 외기온도+4℃ 이하”로 적용

(나) 본선 지하 구간내 습도는 외기의 절대습도와 동일한 것으로 간주

## 다. 지중온도 기준

표 9. 지중온도 기준

구 분 깊 이	지표면	지하 1m	지하 3m	지하 5m	설계기준
	하 기	28.1 ℃	23.8 ℃	17.9 ℃	15.3 ℃
	동 기	-1.8 ℃	5.6 ℃	13.4 ℃	15.1 ℃





## (2) 환기량 설계기준

### ① 송풍량 산정기준

$$Q = \frac{q_s}{0.288 \times \Delta t}$$

여기서,  $Q$  : 풍량 [ $\text{m}^3/\text{hr}$ ]

$q_s$  : 실내 현열량 [ $\text{kcal/hr}$ ]

0.288 : 공기정압비열 ( $C_p$ )  $\times$  공기비중량 ( $\gamma$ )

$C_p$  : 0.24 kcal/kg $^{\circ}\text{C}$

$\gamma$  : 1.2 kg/ $\text{m}^3$

$\Delta t$  : 실내 설계온도와 급기온도 차 [ $^{\circ}\text{C}$ ]

### ② 환기구 면풍속

가. 환기탑 높이가 1.5m 이상인 경우 : 7 m/s 이하(그레이팅 등 손실을 감안한 유효 풍속)

나. 바닥형

(가) 보도의 경우 : 2.5m/s이하(그레이팅 등 손실을 감안한 유효풍속)

(나) 보도이외의 경우 : 5.0m/s 이하(그레이팅 등 손실을 감안한 유효풍속)

③ 상기 환기량 산정은 운행차량의 종류, 열차운행계획 등을 고려하여야 한다.

## (3) 발열량 산정기준

### ① 열차주행 총발생열( $q_{TR}$ kcal/h)

$$q_{TR} = \frac{W + w\eta_t}{427} \times \frac{V^2}{2g} + \frac{W(h_b - h_s)}{427} \times (1 - \beta)(1 + \alpha_a)(1 + \alpha_s) \times N$$

여기서,  $W$  : 승객 포함 열차 총중량(kg)

$w$  : 열차의 자중(kg)

$\eta_t$  : 관성계수( $\approx 0.08$ )

427 : 열의 일당량 (kg  $\cdot$  m/kcal)

$V$  : 최종제동지점에서의 속도(m/s)

$h_b, h_s$  : 최종제동지점의 표고(m), 정거장 중심표고(m)

$g$  : 중력가속도(m/s $^2$ )

$\beta$  : 회생전력율( $\approx 0.3$ )

$\alpha_a$  : 열차가속에 의한 발열부가계수( $\approx 0.25$ )

$\alpha_s$  : 보조 기기에 의한 발열부가계수( $\approx 0.05$ )

## 7



열차주행발생열  $q_{TR}$ 에는 보조기기 발열이 포함되어 별도로 계상하지 않는다.

③ 차량냉방기에 의한 발생열( $q_c$  kcal/h)

$$q_c = (q_d + 860 \times m) \times n \times N \times \frac{T_t}{3600}$$

여기서,  $q_d$  : 냉방기 정격용량(kcal/h)

$m$  : 냉방기 모터 용량(kW)

$n$  : 편성 차량수(량/열차)

$N$  : 시간당 통과 열차수(대/h)

$$T_t : t_1 + t_2 + \frac{1}{2} \times (t_a + t_b)$$

※  $t_1$  및  $t_a$ 는 A역의 노치오프이후 터널주행시간 및 정거장 진입시간이고,  $t_2$  및  $t_d$ 는 이전역인 B역의 노치오프이전 터널주행시간 및 정거장 퇴출시간

④ 벽체에 의한 흡열량( $q_w$  kcal/h)

$$q_w = K \times A \times (t_1 - t_2)$$

여기서,  $K$  : 터널내 벽체의 열관류율[kcal/(m<sup>2</sup>h℃)]

$A$  : 터널 벽체의 면적(m<sup>2</sup>)

$t_1, t_2$  : 터널내의 설계온도, 지중온도(℃)

⑤ 터널 열부하 합계( $q_T$  kcal/h)

$$q_T = q_{TRb} + q_c - q_w$$

여기서,  $q_{TRb}$ : 대상 터널구간, 열차주행발생열의 합(kcal/h)

가. 배열을 위한 환기량

$$QV = \frac{Q}{C_p \times r \times \Delta t}$$

여기서,  $Q$  : 잔여열량(Kcal/hr)

$Q_v$  : 배열을 위한 환기량(m<sup>3</sup>/hr)

$C_p$  : 공기 정압비열(Kcal/Kg.℃)

$r$  : 공기 비중량(Kg/m<sup>3</sup>)

$\Delta t$  : 실내, 외의 온도차(℃)

### 3. 방재설비

#### 3.1 일반사항

- (1) 기본방향 : 지하구간에 화재 등 사고 발생 시 피해를 최소화하고 승객의 안전을 확보하기위하여 제연설비와 열차내 화재시 신속한 조기진화를 위한 소화기 및 소방관의 원활한 소화활동을 돕기 위한 연결송수관 설비를 계획하여야 한다.
- (2) 관련법령 : 화재 등 긴급 상황 발생에 대비하기위한 방재설비 계획은 철도안전법, 철도건설규칙, 도시철도건설규칙, **철도시설의 기술기준** 등에 의한다.

### 3.2 방재설비 계획

본선터널 등 지하구간의 방재설비는 안전성분석(QRA) 결과에 따른다.

- (1) 소화기 : 초기소화용으로 사용하기 쉽고, 신속한 대응이 가능한 소화기를 계획하여야 한다.
- (2) 연결송수관 설비 : 화재가 충분히 확대된 상태일 경우 밀폐된 공간에서 화재연기는 시야확보를 곤란하게 할 뿐만 아니라 소방대의 소화활동을 제한하기 때문에 최소한의 소화용수 공급을 위한 설비로써 연결송수관배관을 계획하여야 한다.
- (3) 제연설비 : 본선 지하구간에서 화재가 발생 시를 가정한 시뮬레이션을 실시하여 지하 구간내 승객의 대피방향으로 연기가 확산되지 않고 대피방향 반대편으로 신선공기를 공급하여 발생연기를 신속하게 배출하여 터널 내 환경을 신속하게 회복하도록 기류 방향을 선택하여 운전하도록 제연설비를 계획하여야 한다.

### 3.3 방재설비 설계

#### (1) 소화기 설계

표 10. 소화기 적용 기준

구 분	자동식소화기 (청정소화가스)	자동 확산소화기	ABC분말 소형 소화기 (약제중량의 합이 18킬로그램 이상)
본선 MCC실	◎(동력제어반 내부)	◎	
본선 환기실		◎	
터널 환기실 및 대피소			◎

#### (2) 연결송수관설비 설계

- ① 급수방식 : 건식
- ② 송수구 설치간격 : 50m
- ③ 배관 설계기준

가. 송수관배관은 정거장사이를 하나의 큰 Zone으로 구분하되, 환기실과 환기실 사이를 하나의 송수구역으로 하여야 한다.

나. 송수구역은 1 km 이내가 되도록 하여야 한다.



다. 방수구가 설치되는 위치에는 방수기구함을 설치하여야 한다.

- ④ 연결송수관설비는 평상시에는 터널안의 청소용으로도 활용토록 설계되어야 한다.
- ⑤ 화재 및 청소 시 정거장의 상수도과 연결하여 사용이 가능하도록 설계되어야 한다.
- ⑥ 방수기구함 문 앞쪽에 야광표지를 하여 쉽게 찾을 수 있도록 설치되어야 한다.
- ⑦ 모든 소방차에 탑재되는 펌프에 적용될 수 있는 관경을 산정하여야 한다.
- ⑧ 배관과 접지단자함간의 접지선을 연결하여, 감전 사고를 방지할 수 있어야 한다.
- ⑨ 외부로부터 소화용수를 공급 받을 수 있도록 연결 송수구 배관시설을 설치하여야 하며, 방수기구함 설비의 위치와 간격은 터널의 길이와 소방호스의 최대 길이 등을 고려하여 정하여야 한다.

### (3) 제연설비 설계

- ① 본선에 화재 발생시 연기에 의한 피해를 방지하기 위하여 비상시에는 본선 환기용 송풍기를 정회전 및 역회전을 시켜 필요한 제연 풍량을 얻어야 하므로 화재구역의 화재 위치 및 피난방향에 따라 연기를 제어할 수 있는 속도로 풍량을 설계하여야 한다.
- ② 배출기의 흡입측 풍도안의 풍속은 15m/s 이하로 하고, 배출측 풍속은 20m/s 이하로 한다.

### (4) 제연구역 설정

제연구역은 가능한 화재가 발생한 정거장과 정거장 사이로 하되 효율성 등을 감안하여 인접한 정거장까지를 1개의 제연구역으로 설정할 수 있다.

## 4. 지하터널 배수설비

### (1) 지하터널 배수설비 계획 및 설계

- ① 노선 주변의 환경, 지하수의 압력 등으로 인해 지하수가 항상 유입되므로 본선 지하구간에 적절한 배수설비를 설치하여 지하구간이 침수되는 경우가 발생하지 않도록 하여야 한다.
- ② 배수로와 집수정을 본선 지하구간의 구배조건에 따라 해당구간의 가장 낮은 부분에 설치하고, 집수정으로 우수, 지하수 및 정거장의 생활하수를 집수한 후 배수펌프에 의해 지하수 관로로 배출되도록 하여야 한다.
- ③ 지하수를 활용을 고려하여, 지하수와 생활하수를 별도로 집수하여 처리할 수 있는 구조로 설계하며 우수, 오수 분류 하수관에 각각 배수할 수 있도록 배수펌프 및 배관을 분리하여야 한다.
- ④ 집수정 내에 설치되는 펌프기동용 전력공급설비는 궤도면보다 높게 설치하여야 하며 동력제어반(MCC), 배관 및 기타설비에 필요한 최소면적을 확보하고 펌프인양용 설비를 설치하여야 한다.
- ⑤ 지하수조, 생활 하수조 및 침사조 등을 설치하여야 한다.

- ⑥ 집수정은 본선부분 중 기울기가 가장 낮은 곳에 위치하게 되며 지하철 배수설비는 열차 안전운행에 중요한 역할을 하므로 충분한 점검 및 유지관리가 필요하여 집수정을 정거장 양단 또는 인근에 위치토록 하며 직원의 출입이 용이하고 지하수 활용이 가능하도록 계획하여야 한다.
- ⑦ 배수펌프는 신뢰도가 높고 내구성이 좋고 자동운전이 가능하며, 집수정 상부까지 침수되어도 운전이 가능한 형식으로 계획하여야 한다.
- ⑧ 배수펌프
  - 가. 일반지역에서는 2대 설치 시 해당 용량은 유입수량의 100%로 합계 200%를 확보하며, 3대 설치 시 해당 용량은 유입수량의 60%로 합계 180%이상을 확보한다.
  - 나. 침수가능지역에서는 유입수량의 400% 확보하고 예비 펌프를 100%이상 확보하도록 하며, 비상시 긴급배제가 가능하도록 별도의 비상전원에 의하여 운용한다.
- ⑨ 펌프작동은 정상시에는 교번 운전하며 가동 중인 펌프가 고장시에는 대기 중인 정상펌프가 자동으로 교체운전이 되고, 비상시에는 펌프가 동시에 운전이 되도록 계획하여야 한다.

## 5. 자동제어설비

### (1) 자동제어설비 계획 및 설계

- ① 지하철 정거장과 본선에 시설되는 각종 기계설비들을 기기별 운전조건에 따라 제어 및 감시하는 시설로서, 쾌적한 환경유지, 유지관리 효율성, 에너지절약 등 종합적인 기능을 가진 운영체계를 가지고 있어야 한다.
- ② 터널 환기용 송풍기는 화재 등 비상사태 발생 시 승객이 안전하게 대피 할 수 있도록 제연 운전기능을 갖추어야 한다.
- ③ 지하철 안전운행과 직접 관련이 있는 지하수 배수펌프는 고수위 및 고고수위 정보, 전원 및 고장감시, 운전상태 감시 기능을 갖춘 종합감시 운영체계를 확보하여 정보수집, 분석, 제어 등을 체계적으로 확립하여 운영 할 수 있는 전산화된 자동제어 시스템을 구축하여야 하며 기 운영 중인 시스템과도 상호 호환성을 갖추어야 한다.
- ④ 역사 및 사령실에 각종설비의 원격감시 및 제어가 가능하도록 통합시스템을 구축하여야 하며, 비상사태 발생 시 방재 시스템으로 전환되어 사령에 의한 방재 운전으로 신속하게 대응 할 수 있어야 한다.
- ⑤ 기기의 단독화로 중앙 감시반 이상 시에도 현장 제어반은 계속적으로 제어 기능을 수행할 수 있어야 하며, 하나의 현장 제어반 고장 시 타 현장 제어반에 영향을 주지 않도록 하여야 한다.
- ⑥ 에너지를 절약할 수 있는 소프트웨어를 내장하여 에너지 절약 기능을 수행하고, 감

시 및 제어 업무 수행 시 데이터의 일시적 증가에 따른 통신의 혼잡현상에도 원활



한 기능을 유지하여야 한다.

- ⑦ 현장 제어 기능 부여하여 현장에서 휴대기기로 기동정지, 상태감시, 설정치 변경이 가능도록 하여야 한다.
- ⑧ 방재설비 등 타 계통과의 연동제어가 가능토록 함으로서 정거장내 비상사태 발생 시 공조설비를 연계하여 동작할 수 있도록 하여야 한다.
- ⑨ 집수정 제어 전원은 정거장 제어 전원에서도 공급하여 이중화되도록 하여야 한다.
- ⑩ 필요시 CCTV에 의해 감시 하여 비상사태에 대비할 수 있어야 한다.

## 6. 인터페이스

### (1) 분야별 인터페이스

#### ① 토목 및 건축분야

- 가. 본선 조건(선로 구배, 열차운영계획 등), 환기구(실) 및 집수정 위치
- 나. 장비반입구 및 유지보수용 동선, 개구부
- 다. 송풍기, 펌프 유지보수용 천정 호이스트 레일(또는 후크), 점검 사다리
- 라. 집수조 바닥 펌프 설치용 홈
- 마 각종 배관 슬리브
- 바 환기실, MCC실 등 출입문

#### ② 전기분야

- 가. 설치 장비에 대한 배치 및 동력
- 나. 연결송수관 설치에 따른 전선 간섭여부
- 다. MCC 설치 위치
- 라. UPS 및 접지설비
- 마. 고압배전반실 등 전기관련실 환기필요 여부

#### ③ 신호 및 통신분야

- 가. CCTV 및 조작반 설치 위치
- 나. 연결송수관 설치에 따른 통신 및 신호라인 간섭여부
- 다. 자동제어선 신호통신용 관로 사용

## RECORD HISTORY

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

Rev.1('14.12.17) 이용자 중심의 승강장 설비 개선 방안(설계기준처-3245, '14.11.05), 설계 기준 개선과제(단기) 및 관련부서의 개정요구 사항을 반영한 철도설계 지침 및 편람(건축편) 개정(소화기 억제 적용기준 개정)