

KR C-14020

Rev.3, 25. July 2017

궤도 선형 및 배선

2017. 07. 25



한국철도시설공단

경 과 조 치

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

일 러 두 기

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

목 차

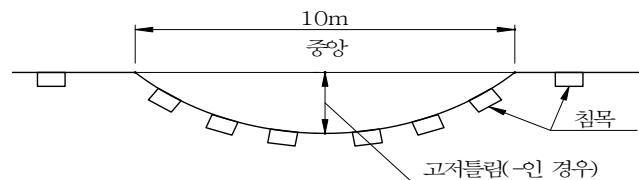
1. 용어의 정의	1
2. 측량	3
3 선형설계	4
3.1 설계속도	4
3.2 궤간	5
3.3 곡선의 반경	5
3.4 캔트	6
3.5 완화곡선의 삽입	7
3.6 직선과 원곡선의 최소길이	10
3.7 선로의 기울기	10
3.8 종곡선	12
3.9 슬랙	13
3.10 건축한계	13
3.11 궤도의 중심간격	14
4. 선로배선 계획	15
4.1 일반사항	15
4.2 선로 경합금지 사항	15
 해설 1. 선형설계	17
1. 곡선구간의 열차 운행속도 결정 방법 참고	17
2. 완화곡선 해설	18
3. 선로의 기울기	23
4. 궤도의 중심간격	24
해설 2. 선로 경합사항	28
1. 완화곡선과 종곡선	28
2. 분기기와 완화곡선 또는 종곡선	28
3. 교량과 분기기 및 레일신축이음매 위치	28
4. 건널목 또는 교대와 이음매와의 위치 관계	28
5. 무도상 교량과 완화곡선 또는 종곡선	28
6. 기울기 변경 구간 또는 연속 내려가는 기울기와 평면 곡선	28
7. 신축이음매와 완화곡선	29



해설 3. 정거장 배선계획	30
1. 배선계획 일반	30
2. 분기기의 배치	31
3. 정거장 평면도 작성	32
4. 정거장 궤도 중심간격	32
5. 정거장 승강장	32
6. 선로 유효장	33
6.1 선로 유효장 설정	33
6.2 선로 유효장 측정	34
6.3 선로 유효장 내의 분기기 설치	34
6.4 유효장 산출기준	35
7. 분기기간 이격거리	36
8. 안전측선 설치	37
8.1 안전측선의 설치개소	37
8.2 안전측선을 생략하는 경우	37
9. 포용량 및 입환가능량	37
10. 정거장선별 번호 및 선명 표기기준	37
11. 정거장 선로연장 산출기준	38
12. 차량접촉한계표의 표기기준	40
13. 본선 선별방향 표기기준	40
14. 유치선 및 안전측선 종점 표기기준	40
15. 분기기 스켈톤 표기기준	41
 RECORD HISTORY	 53

1. 용어의 정의

- (1) 가동크로싱(Movable crossing) : 구조에 따른 크로싱의 한 종류로 크로싱의 결선부를 없게 하여 레일을 연속시켜 차량의 충격동요, 소음 등을 해소하고 승차감을 개선하여 고속열차 운행의 안전을 도모하기 위한 크로싱
- (2) 가드레일(Guard rail) : 기본 레일에 병행하여 레일의 마모방지, 탈선방지를 위하여 또는 건널목, 분기기 등에 사용되는 레일
- (3) 건널목 : 철도 선로가 도로와 평면적으로 교차하는 부분으로 도로교통을 용이하게 하기 위하여 궤도부분 또는 선로부지 내를 나무, 콘크리트, 석재 등으로 포장하고 필요에 따라 통행자의 주의를 끌도록 경계표를 설치. 교통량에 따라 보안설비를 하며 그 설비의 종류에 따라 제 1, 2, 3종 등으로 나누며 보안설비로 안전을 보장하기 힘든 경우 또는 도로망 등의 관계로 입체교차로 하는 경우가 있음
- (4) 고속철도(高速鐵道) : 열차가 주요구간을 시속 200킬로미터 이상의 속도로 주행하는 열차
- (5) 고저(면틀림) : 한쪽 레일의 레일길이 방향에 대한 레일면의 높이차



- (6) 구조물 중심(構造物 中心) : 구조물 중심선
- (7) 궤간(軌間) : 양쪽 레일 안쪽 간의 거리 중 가장 짧은 거리를 말하며, 레일의 윗면으로부터 14밀리미터 아래지점을 기준으로 함
- (8) 궤도(軌道) : 레일 · 침목 및 도상과 이들의 부속품으로 구성된 시설
- (9) 궤도 중심(軌道 中心) : 궤도의 선형 중심선
- (10) 기지(基地) : 화물의 취급 또는 차량의 유치 등을 목적으로 시설한 장소로서 화물기지, 차량기지, 주차기지, 보수기지 및 궤도기지
- (11) 노반(路盤) : 궤도를 부설하기 위한 토목구조물 및 토공
- (12) 레일(Rail) : 레일은 열차하중을 직접 지지하며, 차량이 탈선하지 않도록 유도하여 차량의 안전운행을 확보. 레일은 침목과 도상을 통하여 열차하중을 넓게 노반에 분포시키며, 원활한 주행면을 제공하여 주행저항을 적게 하고, 신호전류의 궤도회로, 동력전류의 통로도 형성하는 역할을 하여 열차를 안전하게 유도하는 궤도의 가장 중요한 재료
- (13) 레일신축 : 레일이 온도의 변화에 따라서 신축하는 현상
- (14) 본선(本線) : 열차운행에 상용할 목적으로 설치한 선로 (예 : 주본선, 부분선)



- (15) 부분선(副本線) : 정거장 내에 있어 주본선 이외의 본선 (예 : 상·하부분선, 착발선, 도착선, 통과선, 대피선, 교행선)
- (16) 분기기(Turnout or Switch) : 분기기는 열차 또는 차량을 한 궤도에서 타궤도에 전이시키기 위하여 설치한 궤도상의 설비
- (17) 선로(線路) : 차량을 운행하기 위한 궤도와 이를 받치는 노반 또는 인공구조물로 구성된 시설
- (18) 설계속도 : 해당 선로를 설계할 때 기준이 되는 상한속도
- (19) 슬랙(Slack) : 차량이 곡선부를 원활하게 통과하도록 바깥쪽 레일을 기준으로 궤간을 넓히는 것
- (20) 신축이음매(Rail expansion joint) : 신축이음매란 장대레일의 온도상승 및 하강에 따라 발생하는 축력이 허용 좌굴강도를 초과하거나 파단시 개구량이 허용량을 초과하는 개소에 설치하는 장치
- (21) 열차(列車) : 동력차에 객차 또는 화차 등을 연결하여 본선을 운전할 목적으로 조성한 차량
- (22) 완화곡선(緩和曲線) : 캔트 체감에 대응한 곡률 저감을 위해 원곡선과 직선 사이에 위치하는 곡선
- (23) 월상검수(月常檢收) : 월간 단위로 주요부분에 대해서 시행하는 검사
- (24) 유치선(留置線) : 수용선이라고도 하며, 전동차나 객차, 화차를 수용·유치하는 선으로 운용차를 수용하는 선로, 도착선, 출발선, 세척선, 검사선, 기회선 등을 제외한 선
- (25) 유효장(有效長) : 인접 선로의 열차 및 차량 출입에 지장을 주지 아니하고 열차를 수용할 수 있는 해당 선로의 최대길이
- (26) 인상선(引上線) : 차량을 전선하기 위하여 인상하는 선으로 선구가 병렬로 배치되어 있는 경우나 열차를 다단으로 조성하는 경우 반드시 필요한 선
- (27) 전차선(電車線) : 전기차량의 집전장치에 직접 접촉되어 전기를 공급하는 전선
- (28) 전차선로(電車線路) : 동력차에 전기에너지를 공급하기 위하여 선로를 따라 설치한 시설물로서 전선, 지지물 및 관련 부속 설비를 총괄하여 말함
- (29) 절연이음매(insulation joint) : 레일과 이음매판의 볼트 주위 및 유간에 직접 파이버(fiber) 또는 합성수지(plastic) 및 기타의 재료로 된 절연재를 삽입하여 전기를 절연시키는 이음매
- (30) 정거장(停車場) : 여객 또는 화물의 취급을 위한 철도시설 등을 설치한 장소[주차장(열차의 조성 또는 차량의 입환을 위하여 철도시설 등이 설치된 장소) 및 신호장(열차의 교차 통행 또는 대피를 위하여 철도시설 등이 설치된 장소)을 포함]
- (31) 종곡선(縱曲線) : 차량이 선로기울기의 변경지점을 원활하게 운행할 수 있도록 종단면상에 두는 곡선

- (32) 주본선(主本線) : 정거장 내에 있어 동일방향의 열차를 운전하는 본선이 2개 이상 있을 경우 그 가운데에서 가장 중요한 본선 (예 : 상·하본선)
- (33) 차량(車輛) : 선로를 운행할 목적으로 제작된 동력차·객차·화차 및 특수차
- (34) 차량한계(車輛限界) : 철도차량의 안전을 확보하기 위하여 궤도 위에 정지된 상태에서 측정한 철도차량의 길이와 너비 및 높이의 한계
- (35) 차막이(車止) : 열차 또는 차량이 과주 또는 일주하는 것을 방지하기 위하여 궤도의 종단에 설치하는 설비
- (36) 철도(鐵道) : 전용 용지에 토공, 교량, 터널, 배수시설 등 노반을 조성하여 그 위에 레일, 침목, 도상 및 그 부속품으로 구성된 궤도를 부설하고 그 위를 기계적, 전기적 또는 기타 동력으로 차량을 운행하여 일시에 대량의 여객과 화물을 수송하는 육상 교통기관
- (37) 측량중심(測量中心) : 노선 선정시 계획한 측량을 위한 중심선
- (38) 측선(側線) : 본선 외의 선로 (예 : 유치선, 조성선, 예비차선, 압상선, 전송선, 인상선, 분별선, 화물적하선, 반복선, 기회선, 기대선, 세척선, 검수선, 안전측선 등)
- (39) 침목(Sleeper or Tie) : 침목은 레일을 소정위치에 고정시키고 지지하며, 궤간을 정확하게 유지하며, 레일을 통하여 전달되는 하중을 도상에 넓게 분포시키는 역할
- (40) 캔트(Cant) : 차량이 곡선구간을 원활하게 운행할 수 있도록 안쪽 레일을 기준으로 바깥쪽 레일을 높게 부설하는 것
- (41) PC침목 : Pre-stressed Concrete 침목
- (42) 하중(荷重) : 구조물 또는 부재에 응력이나 변형의 증감을 일으키는 전체의 작용력
- (43) 횡압(橫壓) : 주행 중인 열차의 차륜으로부터 레일에 수평한 힘

2. 측량

- (1) 노반 확인 측량 및 측량 관리자 지정시 다음에 따른다.
 - ① 확인측량(기존 또는 인접 노면 공구 측점)
 - ② 보조 기준점 말뚝 설치(노반 양측)
 - ③ 제반기구, 장비, 인원 동원
 - ④ 측량 관리자 지정
- (2) 각종 선로기준표 설치는 다음 내용이 포함되어야 한다.
 - ① 중심선 측량
 - ② 임시 km표 설치
 - ③ 가수준점(TBM)설치
 - ④ 공동사용 인조점 설치
 - ⑤ 수준 측량은 최종 선형조정 작업후 시행



⑥ 최종 궤도 선형 측량 성과물 제출

가. 시공계획서

나. 노반 인수확인 측량 성과물

다. 선로 기준표 설치시에 실시한 측량성과물

(3) 시공 측량 및 기준점 설치 방법

① 자갈도상

가. 1차 중심선 측점

나. 2차 중심선 측점

다. 고저측량

라. 보조 기준점

마. 임시 km표

바. 임시 m표

사. 궤도정비 기준표

② 콘크리트도상

가. 1차 중심선 측점

나. 2차 중심선 측점

다. 고저측량

라. 보조 기준점

마. 임시 km표

바. 임시 m표

(4) 분기부의 시공측량 및 기준점 설치 방법

① 중심선 측점

② 분기부 주요 측점 설치

③ 보조기준점

④ 고저 측량

(5) 최종 확인 측량은 다음에 따른다.

① 선로 중·평면도 및 선형계획서와 중심측량과 고저측량 결과 확인

② 선형 및 고저측량 결과치를 상세기록

3 선형설계

3.1 설계속도

설계속도는 ‘철도의 건설기준에 관한 규정’ 제4조에 의거 노선 선정시 적용한 최대속도를 기준으로 한다.

3.2 궤간

궤간의 표준치수는 ‘철도의 건설기준에 관한 규정’ 제5조에 의거 1,435mm로 한다.

3.3 곡선의 반경

- (1) 곡선반경은 열차의 주행안전성 및 승차감을 확보할 수 있도록 설계속도 등을 고려하여 정하여야 한다.
- (2) 본선의 곡선반경은 설계속도에 따라 다음 표의 값 이상으로 하여야 한다.

설계속도 V (킬로미터/시간)	최소 곡선반경(미터)	
	자갈도상 궤도	콘크리트도상 궤도
350	6,100	4,700
300	4,500	3,500
250	3,100	2,400
200	1,900	1,600
150	1,100	900
120	700	600
$V \leq 70$	400	400

주) 이외의 값은 제7조의 최대 설정칸트와 최대 부족칸트를 적용하여 다음 공식에 의해 산출한다.

$$R \geq \frac{11.8V^2}{C_{max} + C_{d,max}}$$

여기서 R : 곡선반경(미터)

V : 설계속도(킬로미터/시간)

C_{max} : 최대 설정칸트(밀리미터)

$C_{d,max}$: 최대 부족칸트(밀리미터)

- (3) 본선이 다음 각 호와 같이 특수한 경우에는 (2)항에도 불구하고 다음 각 호에서 정하는 크기까지 곡선반경을 축소할 수 있다.

① 정거장의 전후구간 등 부득이한 경우

설계속도 V (km/h)	최소 곡선반경(m)
$200 < V \leq 350$	운영속도고려 조정
$150 < V \leq 200$	600
$120 < V \leq 150$	400
$70 < V \leq 120$	300
$V \leq 70$	250

② 전동차전용선로 : 설계속도에 관계없이 250m

- (4) 부분선, 측선 및 분기기에 연속되는 곡선반경은 200m까지 축소할 수 있다. 다만, 고속철도 전용선의 경우에는 다음의 크기 이상으로 하여야 한다.



구 분	최소 곡선반경(m)
주본선 및 부분선	1,000(부득이한 경우 500)
회송선 및 착발선	500(부득이한 경우 200)

3.4 캔트

- (1) 곡선구간의 궤도에는 열차의 운행 안정성 및 승차감을 확보하고 궤도에 주는 압력을 균등하게 하기 위하여 다음 공식에 의하여 산출된 캔트를 두어야 하며, 이때 설정캔트 및 부족캔트는 **철도의 건설기준에 관한 규정 7조(캔트)**의 값 이하로 하여야 한다.

$$C = 11.8 \frac{V^2}{R} - C_d$$

C : 설정캔트(밀리미터)

V : 설계속도(킬로미터/시간)

R : 곡선반경(미터)

C_d : 부족캔트(밀리미터)

- (2) 열차의 실제 운행속도와 설계속도의 차이가 큰 경우에는 다음 공식에 의해 초과캔트를 검토하여야 하며, 이때 초과캔트는 110mm를 초과하지 않도록 하여야 한다.

$$C_e = C - 11.8 \frac{V_o^2}{R}$$

C_e : 초과캔트(밀리미터)

C : 설정캔트(밀리미터)

V_o : 열차의 운행속도(킬로미터/시간)

R : 곡선반경(미터)

- (3) 제1항에도 불구하고 분기기 내의 곡선, 그 전후의 곡선, 측선 내의 곡선과 그 밖에 캔트를 부설하기 곤란한 개소에 있어서 열차의 주행 안전성을 확보한 경우에는 캔트를 두지 아니할 수 있다.

- (4) 제1항에 따른 캔트는 다음 각 호의 구분에 따른 길이 내에서 체감하여야 한다.

- ① 완화곡선이 있는 경우 : 완화곡선 전체 길이
- ② 완화곡선이 없는 경우 : 최소 체감길이(m)는 $0.6\Delta C$ 보다 작아서는 아니 된다. 여기서 ΔC 는 캔트변화량(mm)이다.
- ③ 곡선과 직선의 체감 위치는 곡선의 시·종점에서 직선구간으로 체감한다.
- ④ 복심곡선의 경우 곡선반경이 큰 곡선 중에서 체감한다.

- ⑤ 직선구간에서 제감을 원칙으로 한다. 다만, 특수한 완화곡선을 사용 및 선로의 개량 등 부득이한 경우에는 곡선부에서 제감할 수 있다.
- (5) 열차의 실제 운행속도와 설계속도의 차이가 큰 경우에는 초과캔트를 검토하여야 하며, 이때 초과캔트는 110mm를 초과하지 않도록 하여야 한다.
- (6) 캔트의 설치방법은 다음을 따른다.
 - ① 캔트를 붙이는 방법은 특별한 경우를 제외하고는 곡선의 내측레일을 고정하고, 외측레일을 올리는 것을 원칙으로 한다.
 - ② 무도상 교량상의 캔트는 트러스거더를 제외하고는 캔트량의 1/2은 거더의 보 자리에 붙이고, 나머지 1/2은 팩킹을 사용하여 설치한다.
 - ③ 트러스교량 및 교량 설계시 특별히 캔트설치 방법을 명시한 경우에는 별도로 정할 수 있다.
 - ④ 캔트는 유지관리의 편의를 위하여 10mm 단위로 설정한다.
 - ⑤ 20mm 이하의 캔트는 설치하지 않을 수 있다. 다만, 이때는 역 캔트가 발생하지 않도록 시공시 주의하여야 한다.
- (7) 캔트 적용을 위한 적용 속도는 다음을 따른다.
 - ① 고속열차, 저속열차 등 다양한 종류의 열차가 운행되는 선로의 곡선부 캔트설정을 위한 운행속도는 해당 곡선의 열차최고속도 또는 운전선도를 바탕으로 열차별 곡선구간의 통과속도를 구한 후 고속열차와 저속열차와의 운행빈도를 고려한 다음의 평균자승법을 기준으로 산출하는 것을 원칙으로 한다.
 - ② 단일열차 종류로 운행되는 전용선의 경우 노반설계는 해당곡선 최고속도로 하고 궤도설계는 운전선도에 의한 열차운행속도를 적용한다. 다만, 정거장 전후에는 속도의 저감을 고려하여 적용할 수 있다.
 - ③ 설정 캔트는 열차최고속도와 최저속도에서 최대부족캔트 및 최대초과캔트량 이내이어야 한다.

3.5 완화곡선의 삽입

- (1) 본선의 경우 설계속도에 따라 다음 표의 값 미만의 곡선반경을 가진 곡선과 직선이 접속하는 곳에는 완화곡선을 두어야 한다. 다만, 분기기에 연속되는 경우이거나 기존선을 고속화하는 구간에서는 제2항의 부족캔트 변화량 한계값을 적용 할 수 있다.



설계속도 $V(\text{Km/hr})$	곡선반경(m)
250	24,000
200	12,000
150	5,000
120	2,500
100	1,500
$V \leq 70$	600

(2) 제(1)항 표 이외의 값은 다음의 공식에 의해 산출한다.

$$R = \frac{11.8V^2}{\Delta C_{d,lim}}$$

R : 곡선반경(미터)

V : 설계속도(킬로미터/시간)

$\Delta C_{d,lim}$: 부족칸트 변화량 한계값(밀리미터)

(3) 부족칸트 변화량은 인접한 선형간 균형칸트 차이를 의미하며, 이의 한계값은 다음과 같고, 이외의 값은 선형 보간에 의해 산출한다.

설계속도 $V(\text{km/hr})$	부족칸트 변화량 한계값(mm)
350	25
300	27
250	32
200	40
150	57
120	69
100	83
$V \leq 70$	100

(4) 분기기 내에서 부족칸트 변화량이 다음 표의 값을 초과하는 경우에는 완화곡선을 두어야 한다.

① 고속철도전용선

분기속도 v (킬로미터/시간)	$v \leq 70$	$70 < v \leq 170$	$170 < v \leq 230$
부족칸트 변화량 한계값(밀리미터)	120	105	85

② 그외

분기속도 v (킬로미터/시간)	$v \leq 100$	$100 < v \leq 170$	$170 < v \leq 230$
부족칸트 변화량 한계값(밀리미터)	120	$141 - 0.21v$	$161 - 0.33v$

- (5) 본선의 경우 두 원곡선이 접속하는 곳에서는 완화곡선을 두어야 하며, 이때 양쪽의 완화곡선을 직접 연결할 수 있다. 다만 부득이한 경우에는 완화곡선을 두지 않고 두 원곡선을 직접 연결하거나 중간직선을 두어 연결할 수 있으며, 이때 아래 각 호에서 정하는 바에 따라 산정된 부족켄트 변화량은 제(3)항 표의 값 이하로 하여야 한다.

① 중간직선이 없는 경우

② 중간직선이 있는 경우로서 중간 직선의 길이가 기준값보다 작은 경우

중간직선이 있는 경우, 중간직선 길이의 기준값($L_{s,lim}$)은 설계속도에 따라 다음 표와 같다.

설계속도 $V(\text{km/hr})$	중간직선 길이 기준값(m)
$200 < V \leq 350$	$0.5 V$
$100 < V \leq 200$	$0.3 V$
$70 < V \leq 100$	$0.25 V$
$V \leq 70$	$0.2 V$

- ③ 중간직선이 있는 경우로서 중간 직선의 길이가 제(4)항 ②호에서 규정한 기준값 보다 크거나 같은 경우는 직선과 원곡선이 접하는 경우로 보아 제(1)항에 따른 기준에 따른다.
- (6) 제(1)항에 따른 완화곡선의 길이(m)는 다음 공식에 의하여 산출된 값 중 큰 값 이상으로 하여야 한다. 다만 3.3 (3)항 각 호의 경우에는 곡선반경에 따라 축소할 수 있다.

$$L_{T1} = C_1 \Delta C \qquad L_{T2} = C_2 \Delta C_d$$

L_{T1} : 켄트 변화량에 대한 완화곡선 길이(미터)

L_{T2} : 부족켄트 변화량에 대한 완화곡선 길이(미터)

C_1 : 켄트 변화량에 대한 배수



C_2 : 부족칸트 변화량에 대한 배수

ΔC : 칸트 변화량(밀리미터)

ΔC_d : 부족칸트 변화량(밀리미터)

설계속도 $V(\text{km/hr})$	칸트 변화량에 대한 배수	부족칸트 변화량에 대한 배수
350	2.50	2.20
300	2.20	1.85
250	1.85	1.55
200	1.50	1.30
150	1.10	1.00
120	0.90	0.75
$V \leq 70$	0.60	0.45

주) 이외의 값은 다음의 공식에 의해 산출한다.

$$\text{칸트 변화량에 대한 배수} : C_1 = \frac{7.31 V}{1000}$$

$$\text{부족칸트 변화량에 대한 배수} : C_2 = \frac{6.18 V}{1000}$$

여기서, V : 설계속도(킬로미터/시간)

(7) 완화곡선의 형상은 3차 포물선으로 하여야 한다.

3.6 직선과 원곡선의 최소길이

(1) 본선의 직선 및 원곡선의 최소 길이는 설계속도에 따라 다음 표의 값 이상으로 하여야 한다. 다만 부분선, 측선 및 분기기에 연속되는 경우에는 직선 및 원곡선의 최소 길이를 다르게 정할 수 있다.

설계속도 $V(\text{km/hr})$	직선 및 원곡선 최소 길이(m)
350	180
300	150
250	130
200	100
150	80
120	60
$V \leq 70$	40

(2) 제1항의 표 이외의 값은 다음의 공식에 의해 산출한다.

$$L=0.5V$$

여기서, L : 직선 및 원곡선의 최소 길이(m)

V : 설계속도(km/h)

3.7 선로의 기울기

(1) 본선의 기울기는 설계속도에 따라 다음 표의 값 이하로 하여야 한다.

설계속도 V (킬로미터/시간)		최대 기울기(천분율)
여객전용선	$250 < V \leq 350$	$35^{(1),(2)}$
여객화물혼용선	$200 < V \leq 250$	25
	$150 < V \leq 200$	10
	$120 < V \leq 150$	12.5
	$70 < V \leq 120$	15
	$V \leq 70$	25
전기동차전용선		35

(1) 연속한 선로 10킬로미터에 대해 평균기울기는 1천분의 25이하여야 한다.

(2) 기울기가 1천분의 35인 구간은 연속하여 6킬로미터를 초과할 수 없다.

(주) 단, 선로를 고속화하는 경우에는 운행차량의 특성 등을 고려하여 열차운행의 안전성이 확보되는 경우에는 그에 상응하는 기울기를 적용할 수 있다.

- (2) 제1항에도 불구하고 부득이한 경우 최대 기울기 값을 다음에서 정하는 크기까지 다르게 적용할 수 있다.

설계속도 V (km/h)	최대 기울기(천분율)
$200 < V \leq 250$	30
$150 < V \leq 200$	15
$120 < V \leq 150$	15
$70 < V \leq 120$	20
$V \leq 70$	30
단, 선로를 고속화하는 경우에는 운행차량의 특성을 고려하여 그에 상응하는 기울기를 적용할 수 있다.	

- (3) 본선의 기울기 중에 곡선이 있을 경우 제(1)항 및 (2)항에 의한 기울기에서 다음 공식에 의하여 산출된 환산기울기의 값을 뺀 기울기 이하로 하여야 한다.

$$G_c = \frac{700}{R}$$

여기서 G_c : 환산기울기(천분율)

R : 곡선반경(m)

- (4) 정거장의 승강장 구간의 본선 및 그 외의 열차정차구간 내에서의 선로 기울기는 1천분의 2 이하로 하여야 한다. 다만, 열차를 분리 또는 연결을 하지 않는 본선으로서 전동차 전용선인 경우에는 1천분의 10까지, 그 외의 선로인 경우에는 1천분의 8까지 할 수 있으며, 열차를 유치하지 아니하는 측선은 1천분의 35까지 할 수 있다.

- (5) 종곡선 간 직선 선로의 최소 길이는 설계속도에 따라 다음 값 이상으로 하여야 한다.

$$L = 1.5V/3.6$$



L : 종곡선 간 같은 기울기의 선로길이(미터)

V : 설계속도(킬로미터/시간)

- (6) 제(1)항 및 제(2)항에도 불구하고 운행할 열차의 특성을 고려하여 정지 후 재기동 및 설계속도로의 연속주행 가능성과 비상 제동시 제동거리 확보 등 열차운행의 안전성이 확보되는 경우에는 본선의 기울기를 다르게 적용할 수 있다.

3.8 종곡선

- (1) 선로의 기울기가 변화하는 개소에는 열차의 운전속도 및 차량의 구조 등을 고려하여 열차의 주행안전성 및 승차감에 지장을 미칠 우려가 없도록 종곡선을 설치하여야 한다.
- (2) 선로의 기울기가 변화하는 개소의 기울기 차이가 설계속도에 따라 다음 표의 값 이상인 경우에는 종곡선을 설치하여야 한다.

설계속도 $V(\text{km/h})$	기울기 차(천분율)
$200 < V \leq 350$	1
$70 < V \leq 200$	4
$V \leq 70$	5

- (3) 종곡선의 최소 곡선반경은 설계속도에 따라 다음 표의 값 이상으로 하여야 한다.

설계속도 $V(\text{km/hr})$	최소 종곡선 반경(m)
$265 \leq V$	25,000
200	14,000
150	8,000
120	5,000
70	1,800

- (4) 제(3)항의 표 이외의 값은 다음의 공식에 의해 산출한다.

$$R_v = 0.35V^2$$

여기서 R_v : 최소 종곡선 반경(미터)

V : 설계속도(킬로미터/시간)

- (5) $200 < V \leq 350$ 의 경우, 종곡선 연장이 $1.5V/3.6(\text{m})$ 미만이면 종곡선 반경을 최대 4만m 까지 할 수 있다.
- (6) 제(3)항에도 불구하고 도심지 통과구간 및 시가화 구간 등 부득이한 경우에는 설계 속도에 따라 다음 표의 값과 같이 최소 종곡선 반경을 축소할 수 있다.

설계속도 V (킬로미터/시간)	최소 종곡선 반경(미터)
200	10,000
150	6,000
120	4,000
70	1,300
이외의 값은 다음의 공식에 의해 산출한다. $R_v = 0.25 V^2$ 여기서, R_v : 최소 종곡선 반경(미터) V : 설계속도(킬로미터/시간)	

- (7) 종곡선은 직선 또는 원의 중심이 1개인 곡선구간에 부설해야 한다. 다만, 부득이한 경우에는 콘크리트도상 궤도에 한하여 완화곡선 또는 직선에서 완화곡선과 원의 중심이 1개인 곡선구간까지 걸쳐서 둘 수 있다.

3.9 슬랙

- (1) 원곡선에는 선로의 곡선반경 및 차량의 고정축거 등을 고려하여 슬랙을 두어야 한다.
- (2) 곡선반경이 큰 경우나 차량의 고정축거가 짧은 경우 및 그 밖에 궤도에 과대한 횡압이 발생할 우려가 없는 경우는 예외로 한다.
- (3) 곡선반경 300m 이하인 곡선구간의 궤도에는 다음 공식에 의하여 산출된 슬랙을 두어야 한다. 다만, 슬랙은 30mm 이하로 한다.

$$S = \frac{2,400}{R} - S'$$

S =슬랙(mm) R = 곡선반경(m) S' =조정치(mm)(0~15)

- (4) 슬랙은 다음 각 호의 구분에 따른 길이 내에서 체감하여야 한다.
 - ① 완화곡선이 있는 경우 : 완화곡선 전체 길이
 - ② 완화곡선이 없는 경우 : 최소 체감길이(m)는 $0.6\Delta C$ 보다 작아서는 아니 된다. 여기서 ΔC 는 캔트변화량(mm)이다.
 - ③ 곡선과 직선의 체감 위치는 곡선의 시·종점에서 직선구간으로 체감한다.
 - ④ 복심곡선의 경우 곡선반경이 큰 곡선 중에서 체감 한다.
 - ⑤ 직선구간에서 체감을 원칙으로 한다. 다만, 특수한 완화곡선을 사용 및 선로의 개량 등 부득이한 경우에는 곡선부에서 체감할 수 있다.

3.10 건축한계

- (1) 직선구간의 건축한계의 범위는 ‘철도건설규칙’ 별표 1에 따른다.
- (2) 건축한계 안에는 건물 또는 그 밖의 구조물을 설치하여서는 아니 된다. 다만, 가공전



차선 및 그 현수장치와 선로보수 등의 작업상 필요한 일시적인 시설로서 열차 및 차량운전에 지장이 없는 경우에는 그러하지 아니 한다.

- (3) 곡선구간의 건축한계는 캔트의 크기에 따라 경사시켜야 한다.
- (4) 곡선구간의 건축한계는 직선구간의 건축한계에 다음의 공식에 의하여 산출된 양과 캔트에 의한 편기량 및 슬랙량을 더하여 확대하여야 한다.

① 곡선에 의한 확대량

$$W = \frac{50,000}{R} \quad (\text{전동차전용선인 경우 } W = \frac{24,000}{R})$$

여기서, W = 선로중심에서 좌우측으로의 확대량(mm)

R = 곡선반경(m)

② 캔트 및 슬랙에 의한 차량 편기(偏倚)량

곡선 내측편의량 A = 2.4C+S

곡선 외측편의량 B = 0.8C

여기서, A : 곡선 내측편의량(mm)

B : 곡선 외측편의량(mm)

C : 설정캔트(mm)

S : 슬랙(mm)

(5) 건축한계 확대량은 다음 각 구분에 따른 길이로 체감하여야 한다.

- ① 완화곡선의 길이가 26m 이상인 경우 : 완화곡선 전체의 길이
- ② 완화곡선의 길이가 26m 미만인 경우 : 완화곡선 구간 및 직선구간을 포함하여 26m 이상의 길이
- ③ 완화곡선이 없는 경우 : 곡선의 시·종점으로부터 직선구간으로 26m 이상의 길이
- ④ 복심곡선의 경우 : 26m 이상의 길이. 이 경우 체감은 곡선반경이 큰 곡선에서 시행한다.

3.11 궤도의 중심간격

- (1) 정거장외의 구간에서 2개의 선로를 나란히 설치하는 경우에 궤도의 중심간격은 설계 속도에 따라 다음 표의 값 이상으로 하여야 하며, 고속철도 전용선의 경우에는 다음 각 호를 고려하여 궤도의 중심간격을 다르게 적용할 수 있다. 다만, 궤도의 중심간격이 4.3미터 미만인 구간에 3개 이상의 선로를 나란히 설치하는 경우에는 서로 인접하는 궤도의 중심간격 중 하나는 4.3미터 이상으로 하여야 한다.

설계속도 V(km/h)	궤도의 최소 중심간격(m)
$250 < V \leq 350$	4.5
$150 < V \leq 250$	4.3
$70 < V \leq 150$	4.0
$V \leq 70$	3.8

- ① 차량교행 시의 압력
 - ② 열차풍에 의한 작업원의 안전(선로사이에 대피소가 있는 경우에 한한다)
 - ③ 궤도부설 오차
 - ④ 직선 및 곡선부에서 최대 운행속도로 교행하는 차량 및 측풍 등에 의한 탈선 안전도
 - ⑤ 유지보수의 편의성 등
- (2) 정거장(기지를 포함한다) 안에 나란히 설치하는 궤도의 중심간격은 4.3미터 이상으로 하고, 6개 이상의 선로를 나란히 설치하는 경우에는 5개 선로마다 궤도의 중심간격을 6.0미터 이상 확보하여야 한다. 다만, 고속철도전용선의 경우에는 통과선과 부분선간의 궤도의 중심간격은 6.5미터로 하되 방풍벽 등을 설치하는 경우에는 이를 축소할 수 있다.
- (3) 제(1)항 및 제(2)항에 따른 경우 선로 사이에 전차선로 지지주 및 신호기 등을 설치하여야 하는 때에는 궤도의 중심간격을 그 부분만큼 확대하여야 한다.
- (4) 곡선구간 궤도의 중심간격은 제(1)항부터 제(3)항까지의 규정에 따른 궤도의 중심간격에 3.10 (4)항에 따른 건축한계 확대량을 더하여 확대하여야 한다. 다만, 곡선반경이 2,500미터 이상의 경우는 확대량을 생략할 수 있다.
- (5) 선로를 고속화하는 경우의 궤도의 중심간격은 설계속도 및 제(1)항 각호에서 정한 사항을 고려하여 다르게 적용할 수 있다.

4. 선로배선 계획

4.1 일반사항

- (1) 본선과 인상선, 분류선과 대기선을 분리하는 배선으로 하여 선로의 사용 용도를 단순화한다.
- (2) 본선상의 분기기 수는 가능한 적게 하고 분기기의 설치는 고속열차가 직선측을 통과하고 분기기측을 통과하지 않도록 배선한다.
- (3) 분기기는 배향분기기를 기준하여 배선한다.
- (4) 곡선 분기기 슬립스위치 등의 특수분기기는 부득이한 경우를 제외하고는 설치하지 않아야 하며 특수분기기의 분기측을 고속열차가 통과하지 않도록 한다.
- (5) 사고시에 대응하는 배선을 고려하여 각선 상호의 융통성을 확보하도록 배선한다.
 - ① 사고시 대응 및 유지보수 작업차의 효율적 운행을 위해 고속철도 정거장 사이에 도중 건널선을 설치할 수 있다.
 - ② 고속철도 역간거리 25km 이상인 경우, 해당 구간의 유지보수 작업횟수 및 열차운행 시격 등을 감안하여 도중 건널선 설치를 결정한다. 그러나 역간거리 25km 이상인 구간에 도중 건널선을 생략하거나 미만인 구간에 추가를 위해서는 도중 건널



선 설치에 따른 편익과 비용의 변화를 고려한다.

- ③ 고속철도 도중 건널선의 설치에 따른 편익과 비용의 변화 고려시, 비용 요소는 당해 공사비, 재료비 및 유지보수비(40년)를 포함하고, 편익 요소는 선로 유지보수 작업차의 이동시간 단축 편익과 사고 발생시 열차운행의 효율성 확보 편익을 포함한다.

- (6) 선로 배선시는 각종 건물배치, 지하도, 도로, 우수 배수관로, 오폐수관로, 상 하수도, 전력, 통신, 신호케이블 매설 및 주건식 위치 등을 고려하여야 한다.

4.2 선로 경합금지 사항

완화곡선, 원곡선, 기울기, 종곡선, 분기기, 신축이음매, 무도상 교량 등이 상호 경합한 경우에 그 조합에 따라서는 열차의 주행 안정성, 열차의 승차감 또는 선로 보수상 좋지 않은 영향이 발생하는 일이 있으므로 다음의 경합을 피하여야 한다.

- (1) 완화곡선과 종곡선
- (2) 분기기와 완화곡선 또는 종곡선
- (3) 건널목 또는 교대와 이음매와의 위치 관계
- (4) 무도상 교량과 완화곡선 또는 종곡선
- (5) 기울기 변경구간 또는 연속 내려가는 기울기와 평면 곡선
- (6) 신축이음매와 완화곡선



해설 1. 선형설계

1. 곡선구간의 열차 운행속도 결정 방법 참고

【참고】

1. 캔트 설정을 위한 곡선구간의 열차 운행 속도 결정에는 아래의 방법이 있다.

(1) 최고속도를 설계속도로 하는 방법

$$V_d = V_{\max}$$

V_d : 적용속도

V_{\max} : 최고속도

(2) 통과속도의 평균치를 산술평균하는 방법

$$V_d = \sqrt{\frac{V_{\max} + V_m}{2}}$$

V_d : 적용속도

V_m : 평균속도

V_{\max} : 최고속도

(3) 열차종별 평균방법

① 일반 자승평균법

$$V_d = \sqrt{\frac{V_1^2 + V_2^2 + V_3^2 + \dots + V_n^2}{N}} = \sqrt{\frac{\sum V^2}{\sum N}}$$

V_d : 적용속도

V_n : 열차별 운행속도

N : 전체 열차 수

② 열차종별 자승평균법

$$V_d = \sqrt{\frac{n_1 V_1^2 + n_2 V_2^2 + n_3 V_3^2 + \dots + n V^2}{N}} = \sqrt{\frac{\sum n V^2}{\sum N}}$$

n : 열차종별 통과 수

V : 열차종별 속도

N : 전체 열차 수

③ 특정가중 자승평균법

$$V_d = \sqrt{\frac{4 \sum V_1^2 + \sum V_2^2}{4N + n}}$$

V_1 : 여객열차속도

V_2 : 화물열차속도

N : 여객열차 수

n : 화물열차 수

④ 충격가중 자승평균법

$$V_d = \sqrt{\frac{\sum n V^2 (1 + \frac{V}{100})}{\sum n (1 + \frac{V}{100})}}$$

V : 열차 최고속도

n : 열차수

⑤ 최대최소 자승법

$$V_d = \sqrt{\frac{V_1^2 + V_2^2}{2}}$$

V_1 : 최대속도

V_2 : 최소속도

⑥ 종류별 열차평균속도의 자승평균법

$$V_d = \sqrt{\frac{V_A^2 + V_B^2 + V_C^2 + V_D^2}{4}}$$

V_d : 적용속도

V_A : 특급열차의 평균속도

V_B : 통과여객열차의 평균속도

V_C : 정차여객열차의 평균속도

V_D : 통과화물열차의 평균속도

2. 신선로 p283~284, 선로공학 p239

실제상의 캔트는 일반적으로 평균속도로 한다. 평균속도의 산정은 여러 가지 방법이 있지만, 일반적으로 제곱 평균법으로 구한다. 제곱 평균법에 의한 평균속도의 산정방법은 다음 식과 같다.

$$V_d = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n n_i V_i^2}{\sum_{i=1}^n N_i}}$$

여기서, V_d : 적용속도

V_i : 열차종별 속도

N_i : 전체열차 수



더욱이, 산정된 설정캔트에 대해서는 최고속도의 열차에 대한 캔트부족량의 검토가 필요하다. 열차의 평균속도와 고속열차의 최고속도와의 차이가 현저한 경우 등에는 그 균형 캔트에서 일정한 캔트 부족량을 공제한 설정 캔트로 하는 경우도 있다.

신간선에서는 일반적으로 열차 종별마다의 최고속도가 일정하므로 최고속도를 설계 속도로 하여 허용 캔트 부족량을 고려하면서 실제의 캔트량을 결정한다.

2. 완화곡선 해설

- (1) 3차 포물선 완화곡선식은 다음의 정밀식을 사용한다. 다만, 노반선형 설계시 이 식과 상이한 3차 포물선 완화곡선식을 적용한 경우에는 노반의 적용식을 따를 수 있다.

$$x = l \times \left[1 - \frac{l^4}{40R^2L^2} + \frac{l^8}{3456R^4L^4} - \dots \right]$$

$$y = \frac{l^3}{6RL}$$

$$X = L \times \left[1 - \frac{L^2}{40R^2} + \frac{L^4}{3456R^4} - \dots \right]$$

$$Y = \frac{L^2}{6R}$$

여기서, L : 완화곡선 길이(m)

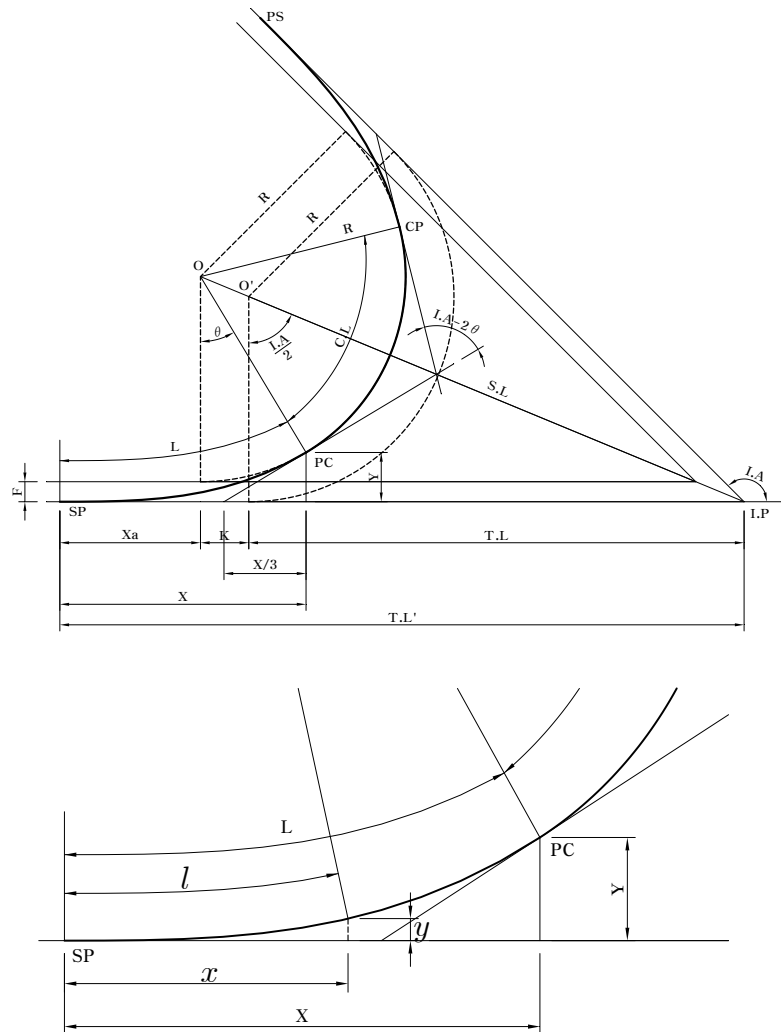
l : 완화곡선상 임의 위치의 길이(m)

x : 완화곡선상 임의 위치의 횡거(m)

y : 완화곡선상 임의 위치의 종거(m)

X : 완화곡선 횡거(m)

Y : 완화곡선 종거(m)



- (2) 완화곡선의 계산 후에는 좌표값에 의한 CAD 선형을 바탕으로 원하는 결과값이 올바르게 계산되었는지와 노반설계 선형과의 일치여부를 반드시 확인하여야 한다.
- (3) 철도는 캔트를 체감한 후 일정거리의 직선거리를 필요로 하므로 캔트가 설치되는 곡선은 가능한 한 완화곡선을 삽입하는 것이 바람직하다. 또한, 캔트가 있는 곡선구간에 있어 선로 가운데 기둥이 있거나 철도시설물이 있는 경우에는 곡선구간 확폭에 따른 필요한 선로간격을 확보하기 위하여 완화곡선을 삽입하는 것이 필요하다.
- (4) 완화곡선의 길이는 다음 사항을 고려하여 결정한다.
- ① 차량의 고정축거로 3점 지지에 의한 차륜이 떠오르는 경향이 있으므로 캔트의 체감을 완만하게 하여 이로 인한 탈선의 위험이 없도록 한다.
 - ② 주행차량이 받는 단위시간 당의 캔트량의 변화와 캔트 부족량의 변화는 승차감이 나빠지 않은 범위 내에서 일정한 값 이상이어야 한다. 따라서 완화곡선의 길이는 열차 운전속도에 비례하여 길이를 정하게 된다.



【참고】

1. 철도설계기준(노반편) p49~50

$$X = M \cdot C$$

$$Y = \frac{X^3}{6RX} = \frac{X^2}{6R}$$

$$L = X_1 \left(1 + \frac{1}{10} \tan^2 \theta\right)$$

2. 철도곡선 p62~65

(1) 3차 포물선(Cubic Parabola)

보통 완화곡선장 L 과 접선축의 투영값 X 의 차는 작아 완화곡선장 L 을 X 로 사용하여 $L \approx X$ 로 사용하던가, X 에 대한 L 의 값을 별도로 구하는 방법을 사용하는 경우가 많다.

$$y = \frac{x^3}{6RX}$$

완화곡선장의 계산을 간단하게 하기 위하여 X 축 상의 거리로 할 경우에는 실제 곡선장과의 오차가 발생하며 R 에 비해 L 이 큰 경우 수정된 식을 사용한다.

$$x = l - \frac{l^5}{40R^2L^2}, \quad X = L - \frac{L^3}{40R^2}$$

(2) 3차 나선곡선(Cubic Spirals)

$$X = L - \frac{L^3}{40R^2}$$

$$Y = \frac{L^2}{6R}$$

(3) 클로소이드(Clothoid)

$$X = (x)_{l=L} = L - \frac{L^3}{40R^2}$$

$$Y = (y)_{l=L} = \frac{L^2}{6R} - \frac{L^4}{336R^3}$$

(4) Sine 채감곡선

$$X = L - 0.0226685 \frac{L^3}{R^2}$$

$$Y = \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{\pi^2}\right) \times \frac{X^2}{R} = 0.14867881635766 \frac{X^2}{R}$$

3. 최신철도선로 p58~59

곡선은 Fresnel 적분으로 나타내는 파라미터형으로만 표현할 수 있다. 그러한 곡선은 클로소이드 또는 Cornu Spiral 으로 알려져 있다. 이 식은 수학적으로 복잡한 공식과 컴퓨터를 사용하여야 하기 때문에 수계산의 경우에는 일반적으로 3차 포물선이라는 다소 단순한 완화곡선을 사용한다.

$$y = \frac{x^3}{6RL}$$

독일철도는 곡률이 4차 방정식으로 이루어진 4차 포물선(geschwungene Rampe)을 사용한다.

4. www.landXML.org “Transition curves in Road Design”

landXML은 1999년 미국 교통부(US DOT) EAS-E 초기멤버와 Autodesk사와의 제휴로 설립되어 현재 37개국 441개의 사·공기업의 회원을 확보하고 있다.

landXML에서 표준으로 정하고 있는 완화곡선 종류별 식은 아래와 같다.

(1) 클로소이드(Clothoid)

$$x = l \times \left[1 - \frac{l^4}{40R^2L^2} + \frac{l^8}{3456R^4L^4} - \dots \right]$$

$$y = \frac{l^3}{6RL} \times \left[1 - \frac{l^4}{56R^2L^2} + \frac{l^8}{7040R^4L^4} - \dots \right]$$

$$X = L \times \left[1 - \frac{L^2}{40R^2} + \frac{L^4}{3456R^4} - \dots \right]$$

$$Y = \frac{L^2}{6R} \times \left[1 - \frac{L^2}{56R^2} + \frac{L^4}{7040R^4} - \dots \right]$$

(2) 3차 나선곡선(Cubic Spirals)

$$x = l \times \left[1 - \frac{l^4}{40R^2L^2} + \frac{l^8}{3456R^4L^4} - \dots \right]$$

$$y = \frac{l^3}{6RL}$$

$$X = L \times \left[1 - \frac{L^2}{40R^2} + \frac{L^4}{3456R^4} - \dots \right]$$

$$Y = \frac{L^2}{6R}$$

(3) 3차 포물선(Cubic Parabola)

$$x = l$$



$$y = \frac{x^3}{6RL}$$

$$X = L$$

$$Y = \frac{L^2}{6R}$$

(4) 사인곡선(Sinusoidal Curve)

$$X = L \times \left[1 - \frac{96\pi^4 - 160\pi^2 + 420}{3840\pi^4} \times \frac{L^2}{R^2} \right]$$

$$= L - 0.02190112582400869 \frac{L^3}{R^2}$$

$$Y = L \times \left[\left(\frac{1}{6} - \frac{1}{4\pi^2} \right) \times \frac{L}{R} - \left(\frac{1}{336} - \frac{1}{160\pi^2} + \frac{5}{128\pi^4} - \frac{209}{3072\pi^6} \right) \times \frac{L^3}{R^3} \right]$$

$$= L \times \left[0.1413363707560822 \frac{L}{R} - 0.0026731818162654 \frac{L^3}{R^3} \right]$$

(5) 코사인 곡선(Cosinusoidal Curve)

$$X = L - \left(\frac{2\pi^2 - 9}{48\pi^2} \right) \times \frac{L^3}{R^2}$$

$$= L - 0.0226689447 \frac{L^3}{R^2}$$

$$Y = L \times \left[\left(\frac{1}{4} - \frac{1}{\pi^2} \right) \times \frac{L}{R} - \left(\frac{6\pi^4 - 54\pi^2 + 256}{1152\pi^4} \right) \times \frac{L^3}{R^3} \right]$$

$$= L \times \left[0.1486788163576622 \frac{L}{R} - 0.0027402322400286 \frac{L^3}{R^3} \right]$$

(6) 사인 반파장 곡선(Sine Half-Wavelength Diminishing Tangent Curve)

$$X = L - \left(\frac{2\pi^2 - 9}{48\pi^2} \right) \times \frac{L^3}{R^2}$$

$$= L - 0.0226689447 \frac{L^3}{R^2}$$

$$Y = \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{\pi^2} \right) \times \frac{X^2}{R}$$

$$= 0.14867881635766 \frac{X^2}{R}$$

(7) Bloss형 곡선(Bloss Curve)

$$X = L - \frac{L^3}{43.8261R^2} + \frac{L^5}{3696.63R^4}$$

$$Y = \frac{3L^2}{20R} - \frac{L^4}{363.175R^3}$$

5. 완화곡선 식의 적용

철도에 적용하는 완화곡선 식은 일반적으로 3차 포물선 또는 클로소이드 완화곡선을 주로 사용한다. 그러나 3차 포물선 식은 완화곡선장과 접선에 투영된 X 를 근사치로 동일하게 가정하여 계산을 쉽게 하기 위하여 사용되었으나 컴퓨터가 발달 하면서 복잡한 계산을 빠른 시간 안에 시행할 수 있게 되어 주로 3차 포물선의 정밀식을 사용한다.

또한, 점차 열차의 속도가 높아지고 기술이 발달되면서 철도 선진국에는 더욱 고차원의 완화곡선 식을 사용하여 가능한 완화곡선 시종점부에서의 차량의 저크를 줄일 수 있는 방안을 연구하고 있는 실정이다.

적용하고자 하는 완화곡선 식은 일본식과 동일한 결과를 보이고 보다 더 정밀한 값을 제시하고 있으며, 세계적으로 CAD화와 더불어 표준화 되어가고 있는 LandXML에서 제시한 식을 기준으로 제시하였다.

3. 선로의 기울기

선로의 기울기는 최소곡선 반경보다 수송력에 직접적인 영향을 주므로 가능한 한 수평에 가깝도록 하는 것이 좋으나 수평으로 하면 교량과 장대터널을 필요로 하게 되어 건설비가 많이 소요되므로, 우리나라와 같은 산악이 많은 지역에서는 기울기(grade)도 많아진다.

(1) 기울기의 표시는 각국에 따라 다르나 한국철도에서는 다음의 3가지 중 천분율을 많이 사용하고 있다.

① 천분율(permillage of permill)(‰)

수평거리 1,000에 대한 고저 차로 20/1,000 또는 20‰로 표기하고 한국, 프랑스, 독일, 일본 등 세계 각국 철도에 널리 사용되고 있다.

② 백분율(percentage or percent)(%)

수평거리 100에 대한 고저 차로 표시하며 2/100 또는 2%로 표기하고 미국철도에 사용되고 있으며 한국에서도 도로에서는 철도와는 달리 백분율을 사용하고 있다.

③ 고저 차

1에 대한 수평거리를 표시하며 영국에서 사용되고 있다. 일반적으로 고저 차는 분자로하고 수평거리를 분모로 하여 고저 차와 수평거리의 비율로 표기하고 있다.

(2) 기울기의 분류

① 최급기울기

열차운전구간 중 가장 경사도가 심한 기울기를 말한다.

② 제한기울기(ruling grade)



기관차의 견인 정수를 제한하는 기울기를 말하며 반드시 최급기울기와 일치하는 것은 아니다.

③ 타력(惰力) 기울기(momentum grade)

제한기울기보다 심한 기울기라도 그 연장이 짧은 경우에는 열차의 타력에 의하여 이 기울기를 통과할 수가 있다. 이러한 기울기를 타력기울기라 한다.

④ 표준기울기(standard maximum grade)

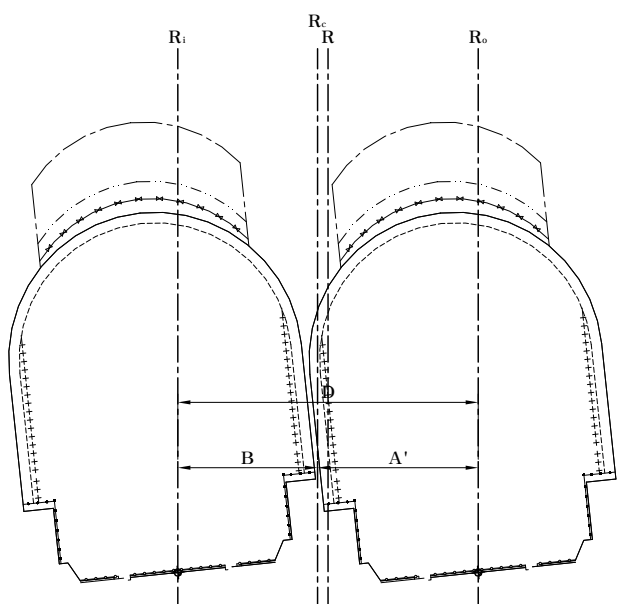
열차운전 계획상 정거장 사이마다 조정된 기울기로서 역간에 임의·지점 간의 거리 1km의 연장 중 가장 급한 기울기로 조정된다.

⑤ 가상기울기(virtual grade)

기울기선을 운전하는 열차의 베로시티 헤드(velocity head)의 변화를 기울기로 환산하여 실제의 기울기에 대수적으로 가산한 것을 가상기울기라 하고 열차운전·시분에 적용된다.

4. 궤도의 중심간격

- (1) 곡선구간의 선로간에 기둥, 전차선 지지주 및 신호기 시설물이 없는 경우의 궤도중심간 거리(D)는 다음의 거리 이상이어야 한다. 다만, 직선구간의 선로 중심간격이 아래식에 의해 산출된 D 값보다 클 경우에는 곡선구간의 선로 중심간격은 직선구간의 선로 중심간격과 동일하게 한다.



$$D = A' + B$$

$$A' = 2.0 + W + 2.4(|C_o - C_i|) + s$$

$$B = 2.0 + W - 0.8(|C_o - C_i|)$$

여기서, D : 궤도 중심간 거리

A' : 구조물 중심에서 외측 궤도중심까지의 거리

B : 구조물중심에서 내측 궤도중심까지의 거리

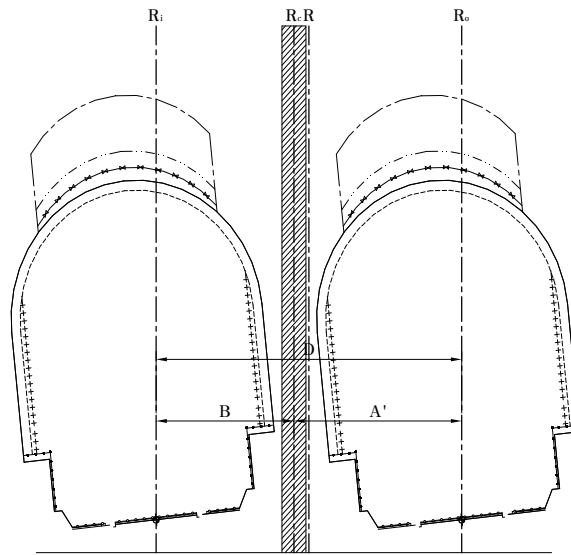
W : 곡선구간 확폭량

C_o : 외측곡선 캔트량

C_i : 내측곡선 캔트량

s : 슬랙량

- (2) 곡선구간의 선로 간에 기둥, 전차선 지지주 및 신호기 시설물이 있는 경우의 궤도중심간 거리(D)는 다음의 거리 이상이어야 한다.



$$D = A' + B$$

$$A' = 2.1 + W + 2.4C + s + \frac{C_w}{2} + W_a$$

$$B = 2.1 + W - 0.8C + \frac{C_w}{2} + W_a$$

여기서, D : 궤도중심간 거리

A' : 구조물 중심에서 외측 궤도중심까지의 거리

B : 구조물 중심에서 내측 궤도중심까지의 거리

W : 곡선구간 확폭량

C : 캔트량 (노반설계시 내.외측 곡선의 캔트량은 동일한 것으로 가정)

C_w : 기둥 또는 시설물 폭

W_a : 건축한계와 구조물 한계간의 여유 폭

s : 슬랙량



- (3) (1)항 및 (2)항에 의하여 곡선구간의 선로간격을 확폭할 경우의 구조물중심, 궤도중심의 곡선반경 및 완화곡선장은 다음의 식에 따른다.

① 외측궤도 중심

$$R' = R + \frac{D}{2}$$

$$L_o = L$$

$$S_o = \frac{L_o^2}{24R'}$$

② 내측궤도 중심

$$R_i = R_o - (A' + B)$$

$$S_i = (A' + B) - D + S_o$$

$$L_i = \sqrt{24R_i S_i}$$

③ 구조물 중심

$$R_c = R_o - A'$$

$$S_c = R' - R_c$$

$$L_c = \sqrt{24R_c S_c}$$

여기서, D : 직선부에서의 궤도중심간 거리

A' : 구조물 중심에서 외측 궤도중심까지의 거리

B : 구조물 중심에서 내측 궤도중심까지의 거리

R : 측량중심 곡선반경

L : 측량중심 완화곡선장

R_o, R_i, R_c : 각각 외측궤도, 내측궤도, 구조물 중심의 곡선반경

L_o, L_i, L_c : 각각 외측궤도, 내측궤도, 구조물 중심의 완화곡선장

S_o, S_i, S_c : 각각 외측궤도, 내측궤도, 구조물 중심의 이정량

- (4) 진입부 선로간격과 진출부 선로간격이 동일한 구간의 궤도중심 반경은 동심원 설계를 원칙으로 한다.
- (5) 진입부 선로간격과 진출부 선로간격이 상이한 구간의 궤도중심 반경은 이심원 설계를 원칙으로 한다.
- (6) 곡선부의 확폭에 따른 계산식을 적용한 경우에는 좌표값에 의한 CAD 선형을 바탕으로 원하는 결과값이 올바르게 계산되었는지 반드시 확인하여야 한다.

【참고】

1. 신간선 궤도시설 실시기준 제26조(궤도중심간격)

본선의 직선에 있어서의 궤도 중심간격은 차량한계의 기초한계의 최대 폭에 900mm 를 추가하는 수치(210km/h 이하로 운전하는 개소는 800mm, 160km/h 이하로 운전하는 개소는 600mm를 추가하는 수치) 이상으로 한다.

곡 선에 있어서의 궤도중심간격은 차량의 편기량을 감안하여 직선에서의 궤도 중심간격에 다음식에 의해 구한 수치를 더하는 것으로 한다. 다만, 곡선반경 2,500m 이상의 경우에는 이것을 생략할 수 있다.

확대치수 (mm) = $A + W_1 + W_2$

$$A = 3.14 \times |C_1 - C_2|$$

$$W_1 = 50,000 / R_1$$

$$W_2 = 50,000 / R_2$$

여기서, A : 캔트차에 의한 편기량(mm)

W_1 : 해당선에 있어서 곡선에 의한 편기량(mm)

W_2 : 인접에 있어서 곡선에 의한 편기량(mm)

C_1 : 해당선에 있어서의 실캔트(mm)

C_2 : 인접선에 있어서의 실캔트(mm)

R_1 : 해당선에 있어서의 곡선반경(m)

R_2 : 인접선에 있어서의 곡선반경(m)

2. 적용사유

선로 사이에 기둥 또는 신호기와 같은 구조물이 없는 경우에는 일본의 사례에서 보듯이 캔트에 의한 편기는 내·외측 곡선의 캔트차에 의한 값만 반영토록 하였으며, 선로 사이에 구조물이 있는 경우에는 직선구간의 건축한계에 추가하여 캔트에 의한 편기량, 건축한계에 의한 확폭량 등을 고려하여 궤도 중심간격을 확보하도록 하였다.

곡선구간에서 선로간격을 확폭할 경우의 구조물중심, 궤도중심의 곡선반경 및 완화곡선장에 관한 식은 “지하철도 측량해설”에 의한 식을 인용하였다.



해설 2. 선로 경합사항

완화곡선, 원곡선, 기울기, 종곡선, 분기기, 신축이음매, 무도상 교량 등이 상호 경합한 경우에 그 조합에 따라서는 열차의 주행 안정성, 열차의 승차감 또는 선로 보수상 좋지 않은 영향이 발생하는 일이 있으므로 다음의 경합조건은 피하는 것이 바람직하다.

1. 완화곡선과 종곡선

완화곡선과 종곡선이 경합하면 선로보수는 극히 곤란하게 되며, 차량의 주행 안정성 및 승차감을 손상하는 결과로 되는 문제점 때문에 이 경합은 피하여야 한다.

2. 분기기와 완화곡선 또는 종곡선

분기기는 그 구조상 작은 반경의 리드 곡선이나 크로싱의 궤간선 결선부를 가지며, 일반 구간과 비교하여 복잡한 구조로 되어 있어 열차가 주행할 때에는 큰 횡압이나 열차 동요가 발생하기 쉽다. 이와 같은 구간에 완화곡선이나 종곡선을 삽입하면, 보수가 곤란한 구간으로 될 뿐만 아니라 운전보안상의 문제가 생기기 때문에 이 경합은 피하여야 한다.

3. 교량과 분기기 및 레일신축이음매 위치

- (1) 교량과 분기기의 위치 경합은 「KR C-14060 궤도재료설계의 3. 분기기」에 의한다.
- (2) 교량과 레일신축이음매 위치 경합은 「KR C-14060 궤도재료설계의 4. 장대레일 신축이음매 장치」에 의한다.

4. 건널목 또는 교대와 이음매와의 위치 관계

궤도에 있어서 약점 개소인 이음매 부분을 침하가 현저한 교대전후 또는 보수작업을 하기 어려운 건널목 내 및 그 전후에 설치하는 것은 가능한 한 피하여야 한다. 이음매를 설치할 거리는 건널목에 대하여는 5m(부득이한 경우에 2m) 이상, 교대에서는 20m(부득이한 경우에 10m) 이상 이격하는 것이 좋다.

5. 무도상 교량과 완화곡선 또는 종곡선

무도상교량(교량침목을 사용한 구간)상에 완화곡선이나 종곡선을 부설하는 경우에 캔트의 체감이나 종거를 붙이기가 곤란하므로 이 경합은 피하여야 한다.

6. 기울기 변경 구간 또는 연속 내려가는 기울기와 평면 곡선

기울기의 변경구간 혹은 연속 내려가는 기울기 구간과 평면의 급곡선이 경합한 경우

는 일반의 구간에 비하여 화물열차의 도중탈선 사고의 확률이 높으므로 조건에 따라

서는 탈선방지 가드레일 등을 부설하고 있다. 가드류는 멀티플 타이앰퍼 작업을 포함하여 궤도보수 작업상으로는 큰 장애가 되기 때문에 신설선이나 대규모 개량 시에는 가드류의 부설을 요하지 않는 선형으로 개량하는 것이 바람직하다.

7. 신축이음매와 완화곡선

완화곡선 중에서는 곡률 및 캔트가 항상 변화하고 있으므로 그 구간용의 신축이음매의 설계, 제작이 어렵고, 보수의 곤란성도 고려하여 그 경합을 피하여야 한다.



해설 3. 정거장 배선계획

1. 배선계획 일반

정거장 구내는 열차의 착발, 해방, 조성 및 유치를 하는 장소로 열차의 운전보안상 모든 선로가 될 수 있는 한 수평인 것이 바람직하나, 건설비가 높아지므로 정거장 내에 있는 본선의 기울기는 1000분의 2 이하로 한다. 다만 차량의 해결을 하지 않는 본선으로서 전기동차 전용선로의 경우에는 1000분의 10까지, 이외의 선로인 경우에는 1000분의 8까지 할 수 있으며, 열차를 유치하지 않는 측선은 1000분의 35까지 할 수 있다.

(1) 정거장 안의 선로배선은 열차의 운행 계획, 운전의 효율성 및 안전 확보와 장래의 확장 가능성 등을 고려하여야 하며, 다음 각 호의 사항을 반영하여야 한다.

- ① 구내 전반에 걸쳐 투자를 좋게 하고 운전보안상 구내배선은 가급적 직선으로 한다.
- ② 본 선상에 설치하는 분기기의 수는 가능한 적게 하고 분기기의 번수는 열차속도를 고려한다.
- ③ 구내작업이 서로 경합됨이 없이 효율적인 입환작업을 할 수 있도록 한다.
- ④ 측선은 가급적 한쪽으로 배치하여 본선 횡단을 최소화한다.
- ⑤ 유지보수상 필요한 정거장에는 장비유치선 및 재료 야적장을 설치한다.

(2) 정거장 안의 선로는 다음 각 호에서 정하는 유효장을 확보하여야 한다. 유효장은 출발신호기로부터 신호 주시거리, 과주 여유거리, 기관차 길이, 여객열차 편성 길이 및 레일 절연이음매로부터의 제동 여유거리를 더한 길이보다 길어야 하며 전기동차나 디젤동차를 전용 운전하는 선로에서는 기관차 길이는 제외한다.

① 본선의 유효장

가. 선로의 양단에 차량접촉한계표가 있을 때는 양 차량접촉한계표의 사이
나. 출발신호기가 있는 경우 그 선로의 차량접촉한계표에서 출발신호기의 위치까지
다. 차막이가 있는 경우는 차량접촉한계표 또는 출발신호기에서 차막이의 연결기받이 전면 위치까지

② 측선의 유효장

가. 양단에 분기기가 있는 경우는 전후의 차량접촉한계표의 사이
나. 선로의 끝에 차막이가 있는 경우는 차량접촉한계표에서 차막이의 연결기 받이 전면까지
다. 분기기 부근에 있어 유효장의 시·종단의 측정은 최내방 분기기가 열차에 대하여 대향인 경우 보통 분기기에서는 포인트 전단

(3) 단선구간 또는 2개 이상의 열차 또는 차량이 동시 출발·진입하는 정거장 구내에는 안전측선을 설치하여야 한다. 다만 운전보안설비가 설치되어 있어 안전측선이 불필요한 경우에는 설치하지 아니할 수 있다.

- (4) 정거장 또는 신호소 외의 곳에서 선로를 분기하거나 평면교차를 시켜서는 아니 된다. 다만, 운전보안설비 등 안전설비를 한 경우에는 그러하지 아니 하다.
- (5) 정거장 배선은 보통역과 조차장, 신호장, 기지 등 사용목적과 필요성에 따른 열차운영계획을 토대로 시행한다.
- (6) 정거장 배선은 여객열차와 화물열차 혼용, 장거리열차의 급행·완행의 통과 대피선, 고속철도 및 지하철과 환승 등을 고려하여 시행한다.
- (7) 각 선군과 그 연락하는 통로선은 합리적으로 연결하고 구내의 각 작업이 서로 제약 받는 일이 적은 배선으로 한다.
- (8) 정거장에서 착발하는 선이 지장되는 경우는 도착 시보다 출발하는 쪽이 경합도가 적으므로 가능한 출발 시의 경합으로 하고 도착 시의 경합이 적은 배선으로 한다.
- (9) 본선과 인상선, 분류선과 대기선을 분리하는 배선으로 하여 선로의 사용용도를 단순화한다.
- (10) 정거장 안의 선로는 유효장을 확보하여야 한다.
- (11) 정거장 배선순서는 유효장, 선수, 승강장수 및 폭, 길이, 출발선, 도착선, 입환선 등의 순서에 의거 시행한다.
- (12) 각 역의 21호, 51호의 외방에는 V형 또는 入형 건늌선을 배선해야 한다.
- (13) 선로 배선시는 각종 건물배치, 지하도, 도로, 우수 배수관로, 오폐수관로, 상·하수도, 전력, 통신, 신호케이블 매설 및 주전식 위치 등을 고려하여야 한다.
- (14) 기존정거장 배선시는 열차운행 및 영업에 지장이 없도록 단계별 시공계획을 고려하여야 한다.
- (15) 정거장 간 거리는 열차의 운전조건을 고려하여 정하여야 한다.

2. 분기기의 배치

정거장은 많은 선로와 분기기로 이루어져 하나의 유기체로 움직이는 것으로 분기의 배치양부는 정거장의 기능을 크게 좌우하는 하나의 요인이 된다.

- (1) 분기부는 열차운전과는 선로의 보수상 취약개소이므로 본선과 주요한 측선에 사용하는 분기기에 대하여는 위치, 방법, 종별에 관하여 충분히 검토하여야 한다.
- (2) 특별분기기의 설치는 보수면을 고려하여 될 수 있는 한 피하고 배선상 큰 이점이 있을 경우에만 설치한다.
- (3) 차량의 입환선에 설치하는 분기기의 배치와 모양은 선형을 좌우하게 되고 건설비는 물론 완성 후 구내작업에 큰 영향을 주게 되므로 면밀히 검토하여 배치하여야 하며 유효장을 균등하게 하고 차량의 주행저항은 균일하게 하여야 한다.
- (4) 비유효장 부분을 적게 하고 총 유효장을 극대화하도록 한다.
- (5) 분기기는 가능하면 집중 배치한다.



- (6) 본선, 부분선, 대피선, 통과선, 유치선, 측선 등은 열차운용의 효율증대와 열차운행 보안을 위하여 상하선 방향별로 배선해야 하며 열차운행 보안을 위하여 상하선 평면교차는 피하여야 한다.
- (7) 정거장 입지조건에 따라 사다리형, 지선형, 병용형으로 배선한다.
- (8) 분기기 배치는 조건에 따라 1선분기형, 1.5선분기형, 2선분기형, 3선분기형으로 배치한다.
- (9) 분기기 배치는 일반적으로 4선까지는 1선분기형 또는 1.5선분기형, 5선 이상은 2선분기형 이상의 지선분기형, 10선 이상은 3선분기형으로 배선한다.
- (10) 분기기 설치는 가능한 한 노반의 종단기울기 15%이하에 설치하여야한다.

3. 정거장 평면도 작성

- (1) 배선약도의 축척은 횡방향 1 : 1,000, 종방향 1 : 3,000으로 한다.
- (2) 규정에 따른 세부사항을 검토한다.
- (3) 경제성과 장래계획성을 검토하여 계획한다.
- (4) 필요한 제건물의 위치표시 및 용지를 검토하여 확보한다.
- (5) 계획선은 적색으로 표시(금회 : 실선, 장래 : 점선)한다.

4. 정거장 궤도 중심간격

- (1) 정거장(기지를 포함한다) 안에 나란히 설치하는 부분선 및 측선의 궤도 중심간격은 4.3m 이상으로 한다.
- (2) 6개 이상의 선로를 나란히 설치하는 경우에는 5개 선로마다 궤도의 중심간격을 6.0m 이상 확보하여야 한다.
- (3) 다만, 고속철도의 경우에는 통과선과 부분선 간의 궤도의 중심간격을 6.5m로 하되 방풍벽 등을 설치하는 경우에는 이를 축소할 수 있다.

5. 정거장 승강장

- (1) 승강장은 직선구간에 설치하여야 한다. 다만, 지형여건 등으로 부득이한 경우에는 곡선반경 600미터 이상의 곡선구간에 설치할 수 있다.
- (2) 승강장의 수는 수송수요, 열차운행 횟수 및 열차의 종류 등을 고려하여 산출한 규모로 설치하여야 하며, 승강장 길이는 여객열차 최대 편성길이(일반여객 열차는 기관차를 포함한다)에 다음 각 호에 따른 여유길이를 확보하여야 한다.
 - ① 지상구간의 일반여객 열차는 10미터
 - ② 지상구간의 전기동차는 5미터
 - ③ 지하구간의 전기동차는 1미터

단, 열차자동운전장치(ATO) 또는 스크린도어가 설치되는 전기동차 구간의 경우에는 승강장 여유길이를 삭제할 수 있다.

(3) 승강장의 높이는 다음 각 호에 따른다.

- ① 일반여객 열차로 객차에 승강계단이 있는 열차가 정차하는 구간의 승강장의 높이는 레일면에서 500밀리미터
- ② 화물 적하장의 높이는 레일면에서 1천100밀리미터
- ③ 전기동차 전용선 등 객차에 승강계단이 없는 열차가 정차하는 구간의 승강장(이하 ‘고상 승강장’이라 한다)의 높이는 레일면에서 1천135밀리미터. 다만, 자갈도상인 경우 1천150밀리미터
- ④ 곡선구간에 설치하는 고상 승강장의 높이는 캔트에 따른 차량 경사량을 고려

(4) 승강장의 폭은 수송수요, 승강장 내에 세우는 구조물 및 설비 등을 고려하여 설치하여야 한다.

(5) 승강장에 세우는 조명전주·전차선전주 등 각종 기둥은 선로쪽 승강장 끝으로부터 1.5m 이상, 승강장에 있는 역사·지하도·출입구·통신기기실 등 벽으로 된 구조물은 선로쪽 승강장 끝으로부터 2.0m 이상의 통로 유효폭을 확보하여 설치하여야 한다. 다만, 여객이 이용하지 않는 개소내 구조물은 1.0m 이상의 유효폭을 확보하여 설치할 수 있다.

(6) 직선구간에서 선로 중심으로부터 승강장 또는 적하장 끝까지의 거리는 콘크리트도상인 경우 1천675밀리미터, 자갈도상인 경우 1천700밀리미터로 하여야 하며, 곡선구간에서는 곡선에 따른 확대량과 캔트에 따른 차량 경사량 및 슬랙량을 더한 만큼 확대하여야 한다.

(7) 전기동차전용선의 콘크리트도상궤도에 대해서는 선로중심으로부터 승강장 끝까지의 거리를 1천610밀리미터로 하여야 한다.(차량 끝단으로부터 승강장연단까지의 거리는 50밀리미터를 초과할 수 없다) 다만, 자갈도상인 경우 1천700밀리미터로 하여야 한다.

6. 선로 유효장

6.1 선로 유효장 설정

(1) 본선의 유효장은 화물열차의 길이를 기준하며 다음 식으로 산정한다.

$$E = \frac{\ell \cdot N}{an(1-a) \cdot n'} + L + C$$



- E : 유효장(m)
 ℓ : 화차1량의 평균길이
N : 기관차 견인정수
a : 영차율
n : 영차의 평균 환산량 수
 n' : 공차의 평균 환산량 수
L : 기관차의 길이
C : 여유거리

(2) 여유거리 C는 화물열차의 경우 과주여유거리 20m(전후 각 10m), 신호 주시거리 10m, 연결기의 신축여유 5m, 계 35m로 하고, 여객열차에 대하여는 과주여유거리를 4량 편성 이하는 10m, 5량 이상 편성의 경우는 20m로 하고, 신호 주시거리 10m를 더하는 것을 표준으로 한다.

① 화물열차를 기준할 경우 여유거리는 35m로 한다.

- 과주여유거리 : 20m(전후 각 10m씩)
- 출발신호 주시거리 : 10m
- 연결기의 신축여유 : 5m

② 여객열차를 기준할 경우 여유거리는

- 객차 4량 편성이하 : 10m
- 객차 5량 편성이상 : 20m
- 신호 주시거리 : 10m

(3) 축선의 유효장은 유효장을 구하는 식에서 여유거리는 다음과 같다.

- ① 인 상 선 : 20m
- ② 기관차대기선 : 50m(중련 고려)
- ③ 객 차 유치선 : 20m

6.2 선로 유효장 측정

- (1) 그 선로사이에 차량 접촉한계가 있을 때에는 양 차량접촉한계 표지 사이로 한다.
- (2) 출발신호기가 있는 경우는 차량접촉한계 표지로부터 출발신호기 위치까지이며 출발 신호기 대신 열차정지 표지가 있으면 열차정지 표지 위치까지로 한다.
- (3) 차막이가 있는 경우는 이것과 출발신호기 또는 차량접촉한계 표지까지로 한다.

6.3 선로 유효장 내의 분기기 설치

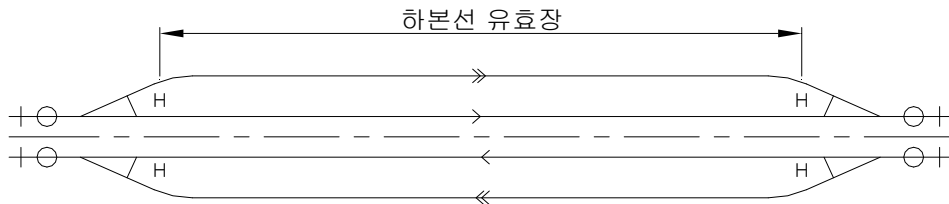
- (1) 본선 유효장 내에는 안전확보를 위해 분기기를 설치하지 않도록 계획한다.
- (2) 부득이한 경우는 다음과 같이 설치할 수 있다.
 - ① 입환작업이 적은 화물적하선을 분기할 때
 - ② 입환작업이 적은 유치선을 분기할 때

- ③ 작업이 적은 인상선, 기대선을 분기할 때
- ④ 보수용 차량의 유치선을 분기할 때

6.4 유효장 산출기준

(1) 본선

- ① 차량접촉한계표(직선측과 분기측이 4m가 되는 지점)가 설치된 지점에서부터 다음 차량접촉한계표가 설치된 지점까지의 거리를 측정하여 표기한다.



(2) 부분선

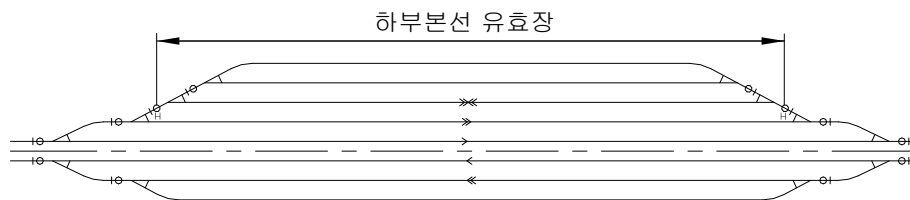
① 측선이 없을 경우

부분선의 유효장은 본선의 유효장과 동일하다.

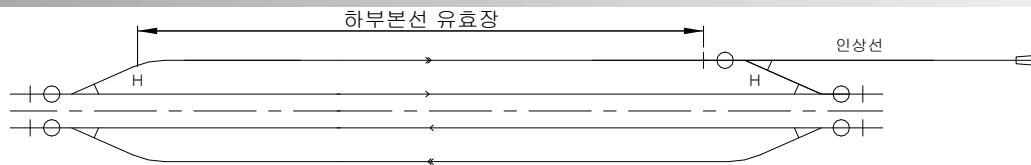


② 측선이 있을 경우

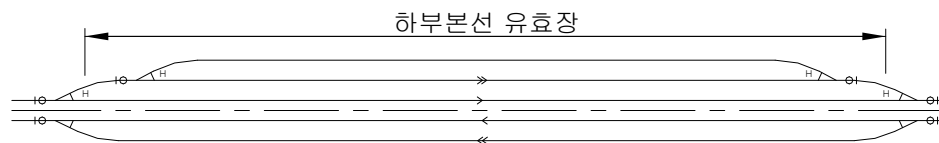
가. 부분선 이후의 측선군이 열차의 유치, 조성, 입환 등에 지장이 있다고 판단될 경우 (즉, 유치 또는 입환기능이 많은 경우)에는 측선측의 분기기의 영향을 고려하여 측선측 분기기의 차량접촉한계표 간의 거리를 부분선의 유효장으로 적용한다.



나. 차량접촉한계표와 차량접촉한계표 사이에 분기기가 놓여있을 경우(인상선 등) 부분선의 유효장은 차량접촉한계표에서부터 분기기 시점까지의 거리를 측정하여 표기한다.

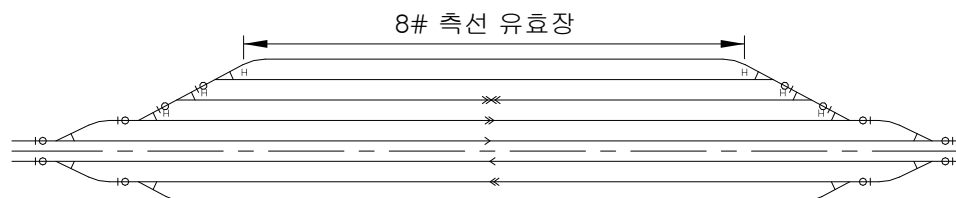
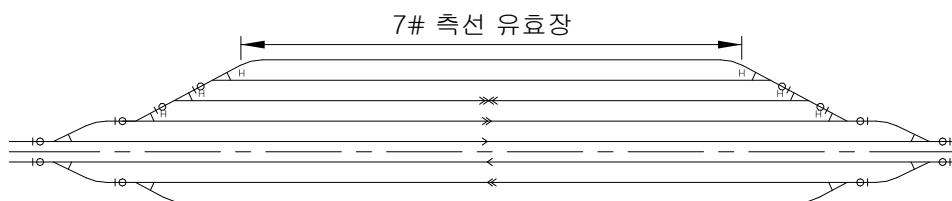


다. 부분선 이후의 측선군이 열차의 유치, 조성, 입환 등에 지장이 없다고 판단될 경우 (즉, 단순 유치기능의 경우, 또는 측선수가 적은 경우)에는 측선측의 분기기의 영향은 무시하고 부분선의 유효장을 본선과 동일하게 적용한다.

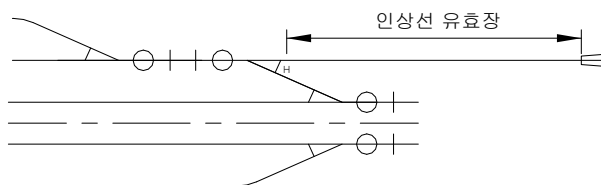


(3) 측선

① 측선의 유효장은 차량접촉한계표 간의 거리를 측정하여 표기한다.



② 인상선 등의 경우 차량접촉한계표에서부터 차막이까지의 거리를 측정하여 표기한다.



③ 열차가 사용되지 않는 선의 유효장은 표기하지 않는다. (예 : 안전측선)

7. 분기기간 이격거리

(1) 분기기의 이격거리 최소 10m 이상, 부득이한 경우 5m이상으로 하되, 분기기가 연속하여 설치될 경우에는 침목간 경합 배제 및 슬랙 확보를 위하여 분기기간 최소한의

이격거리를 확보하여야 한다.

- (2) 또한, 2선 또는 3선이상 병행부설된 구내에서 건널선이 집중배치되는 경우에는 인접 선로간 분기침목이 선로를 횡단하여 연속부설되어야 하는 관계로 침목을 부설할 수 있는 공간확보를 위해 적당한 중심간격이 확보되어야 하며, 장침목을 연결한 분절침

목이 필요해지거나 경우에 따라서는 특별히 제작한 단침목 등이 필요해지기도 한다.

8. 안전측선 설치

8.1 안전측선의 설치개소

- (1) 2개 이상의 열차 또는 차량을 동시에 진입, 진출시킬 경우에 선로의 진로에 지장 우려가 있는 개소
- (2) 본선 또는 중요한 측선이 다른 본선과 평면교차 또는 분기하는 경우에 열차상호 간 충돌 등을 고려 방호할 필요가 있는 개소

8.2 안전측선을 생략하는 경우

- (1) 방호를 위해 신호기 외방의 신호기가 경계신호를 나타내는 장치를 가졌을 때
- (2) ATS의 설비 신호기 또는 열차정지 장치의 위치에서 전방으로 200m이상의 과주여유를 설정했을 때(동차 및 전동차는 150m이상). 단, 정거장내 측선의 경우는 입환신호기 또는 차량정지 표식의 전방으로 50m이상의 과주여유거리를 설치했을 때 또는 구내 운전속도를 25km/h 이하로 했을 때
- (3) ATC를 설치했을 때. 단, 대향열차를 취급하는 경우는 경계신호에 의한 방법을 피하고 안전측선을 설치한다.
- (4) 안전측선의 길이는 안전측선을 설치하는 분기기의 차량 접촉한계에서 60m이상을 표준으로 한다.

9. 포용량 및 입환가능량

- (1) 포용량은 “해당선의 유효장 ÷ 14m(차량 1량의 길이)”으로 산출한다.
- (2) 입환가능량은 “포용량 × 0.7”으로 산출한다.
- (3) 포용량 및 입환가능량은 화물측선, 열차유치선, 적하선등 화물 유치 및 입환이 가능한 선을 대상으로 산출하여 요항표를 작성한다.

10. 정거장선별 번호 및 선명 표기기준

- (1) 정거장선별 번호는 역사에서부터 근접한 선부터 순차적으로 번호를 기재한다.
- (2) 선상 혹은 선하 역사의 경우는 역광장에서부터 근접한 순서, 역광장이 없는 경우에는 주도로에서부터 근접한 선부터 순차적으로 번호를 기재한다.



- (3) 선별 번호는 1#, 2#, 3#……의 형식으로 표기를 하고 선별 번호, 선명, 선로연장, 유효장의 순서로 기재하여 혼란이 없도록 한다.

- (4) 선로연장 및 유효장의 연장은 소수점 둘째자리까지 표기한다.

예) 1# 장비유치선 0km640.00 (0km500.00), 2# 하부분선 0km755.00 (0km500.00)

11. 정거장 선로연장 산출기준

- (1) 정거장 선로연장 산출기준의 기본개념은 정거장 구내 선로 연장에서 주본선 연장을 제외한 나머지 선별 선로연장을 표기하는 데 있다.

- (2) 본선

- ① 본선구간이 복선일 경우 선로연장은 표기하지 않는다.

- ② 본선구간이 단선일 경우

가. 정거장 시점부분과 종점부분이 동일선상으로 진행되지 않으면 하본선을 기준으로 하되, 하본선의 연장은 표기하지 않으며, 상본선의 연장을 표기한다.

이때 상본선의 선로연장은 21호 텀레일에서부터 51호 텀레일까지의 실제 궤도부설연장을 측정하여 표기한다.



나. 정거장 시점부분과 종점부분이 동일선상으로 진행되면 해당선의 선로연장은 표기하지 않고, 분기선의 선로연장만 표기한다.

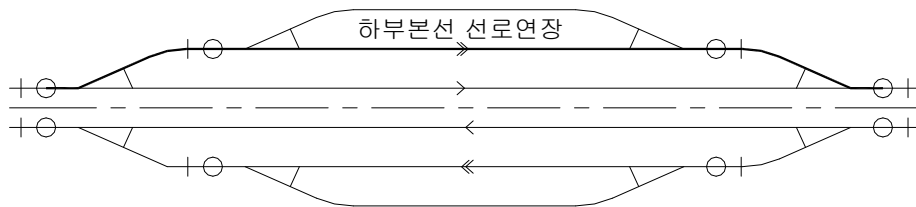
이때 분기선의 선로연장은 21호 분기기 텀레일에서부터 51호 분기기 텀레일까지의 실제 궤도부설연장을 측정하여 표기한다.



- (3) 부분선 및 측선

- ① 부분선

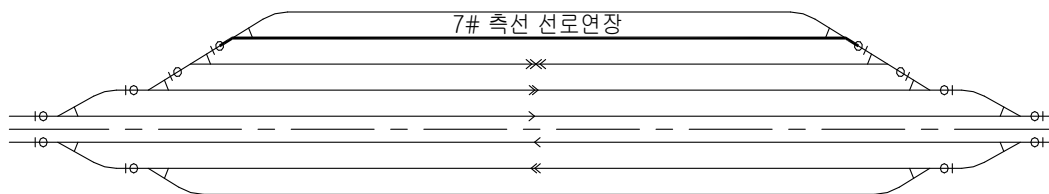
가. 부분선의 선로연장은 해당 선로를 분기한 분기기 텀레일에서부터 합류한 분기기 텀레일까지의 실제 궤도부설연장을 측정하여 표기한다.



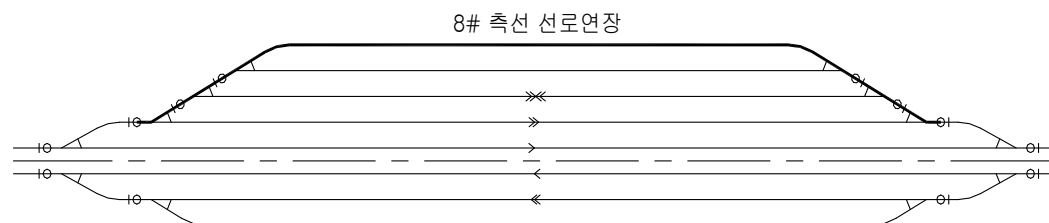
② 측선

가. 측선의 선로연장은 해당 선로를 분기한 분기기 텀레일에서부터 합류한 분기기 텀레일까지의 실제 궤도부설연장을 측정하여 표기한다.

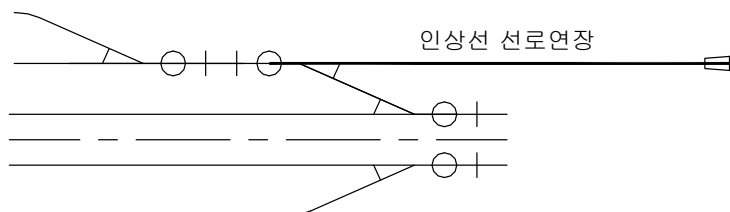
나.



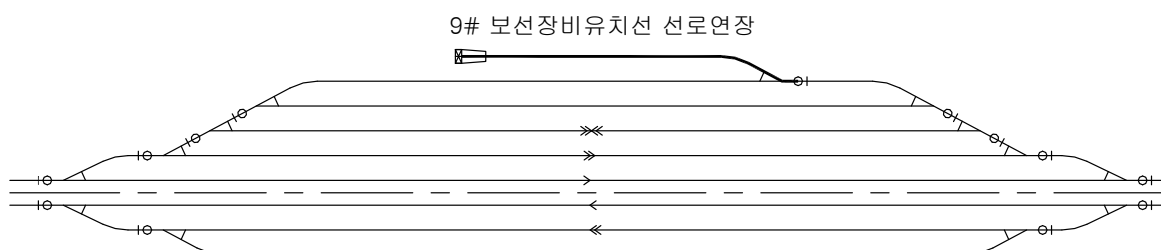
다.



라.

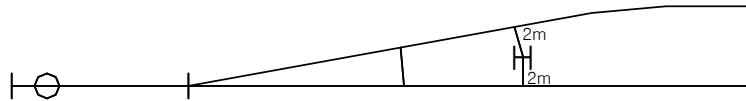


마.





12. 차량접촉한계표의 표기기준

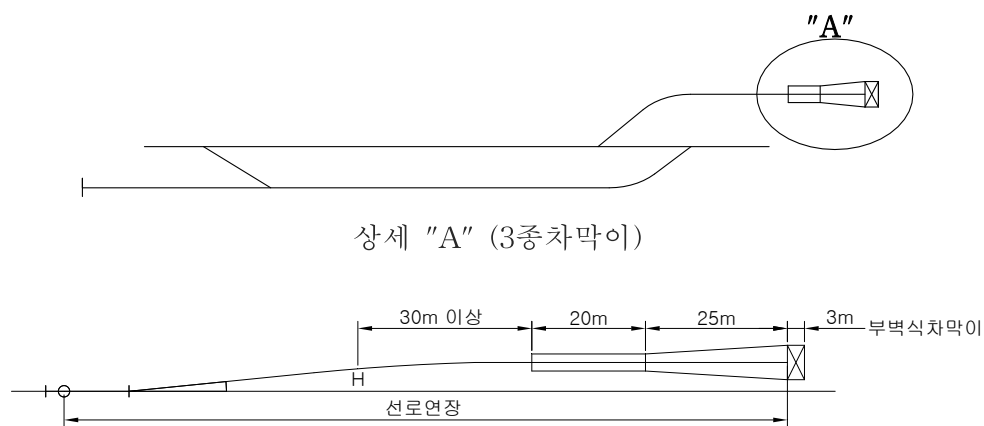


13. 본선 선별방향 표기기준

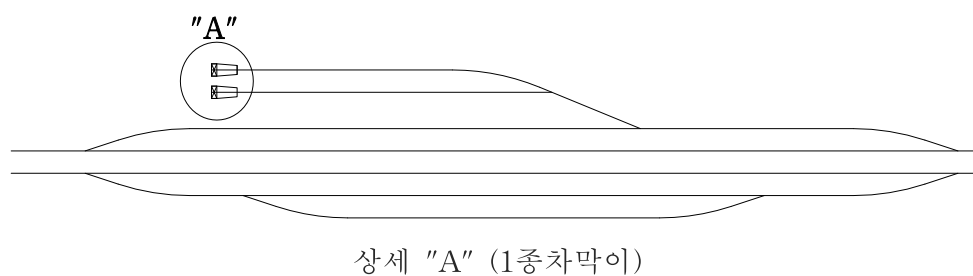
착발선등 본선	_____ >><< _____
하부분선	_____ >> _____
하 본 선	_____ > _____
상 본 선	_____ < _____
상부분선	_____ << _____

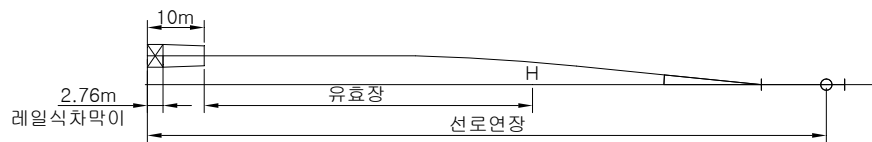
14. 유치선 및 안전측선 종점 표기기준

(1) 안전측선, 피난선, 선로종단



(2) 유치선, 인상선 등 측선 종점





15. 분기기 스켈톤 표기기준

정거장 배선상의 분기기 스켈톤은 다음과 같이 표기한다.

(1) 50kg WT 일반 분기기(고정크로싱)의 최소 필요 이격거리 및 스켈톤

분기기 종류	전단부 최소 필요 이격거리(m)	후단부 최소 필요 이격거리(m)	비 고
50kg #8 WT용 NS I 분기기(고정크로싱)	3.6	-	
50kg #10 WT용 NS I 분기기(고정크로싱)	3.6	-	
50kg #12 WT용 NS I 분기기(고정크로싱)	-	-	
50kg #15 WT용 NS I 분기기(고정크로싱)	-	-	

분기기 종류	스켈톤
50kg #8 WT용 NS I 분기기 (고정크로싱)	
50kg #10 WT용 NS I 분기기 (고정크로싱)	
50kg #12 WT용 NS I 분기기 (고정크로싱)	
50kg #15 WT용 NS I 분기기 (고정크로싱)	



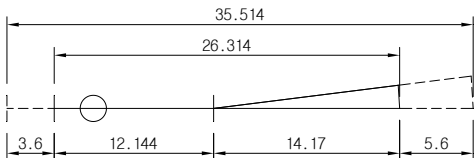
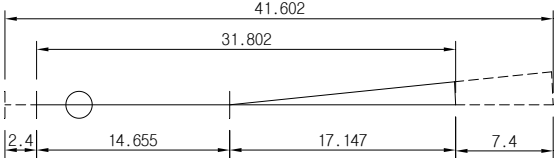
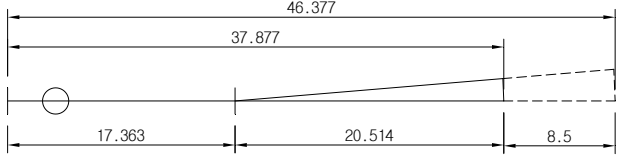
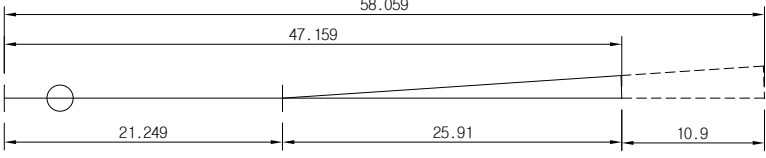
(2) 50kg PCT 일반 분기기(고정크로싱)의 최소 필요 이격거리 및 스켈톤

분기기 종류	전단부 최소 필요 이격거리(m)	후단부 최소 필요 이격거리(m)	비 고
50kg #8 PC침목용 NS I 분기기(고정크로싱)	1.8	5.4	
50kg #10 PC침목용 NS I 분기기(고정크로싱)	-	7.2	
50kg #12 PC침목용 NS I 분기기(고정크로싱)	-	9.0	
50kg #15 PC침목용 NS I 분기기(고정크로싱)	-	10.8	

분기기 종류	스켈톤
50kg #8 PC침목용 NS I 분기기 (고정크로싱)	
50kg #10 PC침목용 NS I 분기기 (고정크로싱)	
50kg #12 PC침목용 NS I 분기기 (고정크로싱)	
50kg #15 PC침목용 NS I 분기기 (고정크로싱)	

(3) 60kg PCT 일반 분기기(고정크로싱)의 최소 필요 이격거리 및 스켈톤

분기기 종류	전단부 최소 필요 이격거리(m)	후단부 최소 필요 이격거리(m)	비 고
60kg #8 PC침목용 탄성분기기(고정크로싱)	3.6	5.6	
60kg #10 PC침목용 탄성분기기(고정크로싱)	2.4	7.4	
60kg #12 PC침목용 탄성분기기(고정크로싱)	-	8.5	
60kg #15 PC침목용 탄성분기기(고정크로싱)	-	10.9	

분기기 종류	스켈톤
60kg #8 PC침목용 탄성분기기 (고정크로싱)	
60kg #10 PC침목용 탄성분기기 (고정크로싱)	
60kg #12 PC침목용 탄성분기기 (고정크로싱)	
60kg #15 PC침목용 탄성분기기 (고정크로싱)	



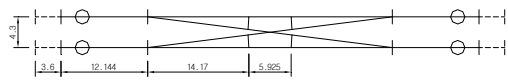
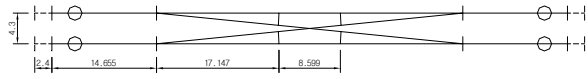
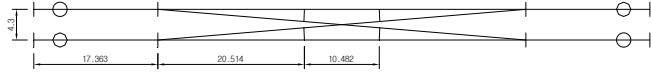
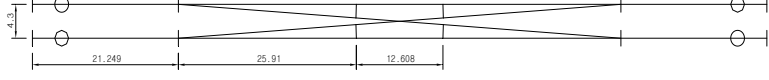
(4) 60kg PCT 건넘선 분기기(D=4.3m)의 최소 필요 이격거리 및 스켈톤

분기기 종류	전단부 최소 필요 이격거리(m)	후단부 최소 필요 이격거리(m)	비 고
60kg #8 PC침목용 건넘선분기기(고정크로싱)	3.6	5.5	
60kg #10 PC침목용 건넘선분기기(고정크로싱)	2.4	8.1	
60kg #12 PC침목용 건넘선분기기(고정크로싱)	-	9.4	
60kg #15 PC침목용 건넘선분기기(고정크로싱)	-	10.9	

분기기 종류	스켈톤
60kg #8 PC침목용 건넘선분기기 (고정크로싱)	
60kg #10 PC침목용 건넘선분기기 (고정크로싱)	
60kg #12 PC침목용 건넘선분기기 (고정크로싱)	
60kg #15 PC침목용 건넘선분기기 (고정크로싱)	

(5) 60kg PCT S.C.O (D=4.3m)의 최소 필요 이격거리 및 스켈톤

분기기 종류	전단부 최소 필요 이격거리(m)	후단부 최소 필요 이격거리(m)	비 고
60kg #8 PC침목용 S.C.O(고정크로싱)	3.6	-	
60kg #10 PC침목용 S.C.O(고정크로싱)	2.4	-	
60kg #12 PC침목용 S.C.O(고정크로싱)	-	-	
60kg #15 PC침목용 S.C.O(고정크로싱)	-	-	

분기기 종류	스켈톤
60kg #8 PC침목용 S.C.O (고정크로싱)	
60kg #10 PC침목용 S.C.O (고정크로싱)	
60kg #12 PC침목용 S.C.O (고정크로싱)	
60kg #15 PC침목용 S.C.O (고정크로싱)	



(6) 60kg PCT 일반 분기기(노스가동크로싱)의 최소 필요 이격거리 및 스켈톤

분기기 종류	전단부 최소 필요 이격거리(m)	후단부 최소 필요이격거리(m)	비 고
60kg #8 PC침목용 탄성분기기(노스가동크로싱)	3.6	3.6	
60kg #10 PC침목용 탄성분기기(노스가동크로싱)	2.4	4.8	
60kg #12 PC침목용 탄성분기기(노스가동크로싱)	-	5.4	
60kg #15 PC침목용 탄성분기기(노스가동크로싱)	-	7.0	

분기기 종류	스켈톤
60kg #8 PC침목용 탄성분기기 (노스가동크로싱)	
60kg #10 PC침목용 탄성분기기 (노스가동크로싱)	
60kg #12 PC침목용 탄성분기기 (노스가동크로싱)	
60kg #15 PC침목용 탄성분기기 (노스가동크로싱)	

(7) 스켈톤 수정(안) 적용방안

- ① 스켈톤 실선부는 레일, 체결구, 침목 일체가 납품 조건이며, 점선부는 레일을 제외한 체결구, 침목 납품 조건을 기준으로 한다. (점선부 레일은 설계 시에 반영)
- ② 배선계획시 분기기와 분기기 또는 분기기와 곡선 간에 분기기 스켈톤 수정(안)의 실선부 및 점선부가 중첩되지 않도록 설계하는 것을 원칙으로 하고, 분기기의 간격에 대한 관련 규정 검토는 다음과 같이 한다.

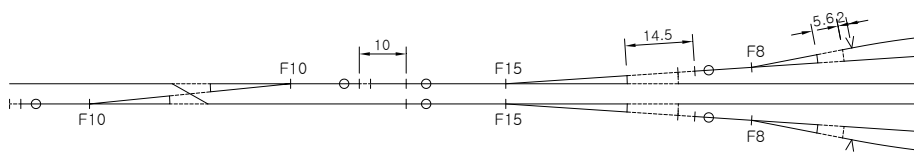
가. 상대하는 분기기의 간격은 실선부를 기준으로 한다.

나. 분기기간 거리는 실선부를 기준으로 한다.

다. 분기기와 곡선 간의 필요한 직선길이는 점선부를 기준으로 한다.

(단, 슬랙이 설치되는 R300 이하 곡선구간의 경우 슬랙체감구간 4m 중 직선구간으로 2m는 별도로 확보하여야 함.)

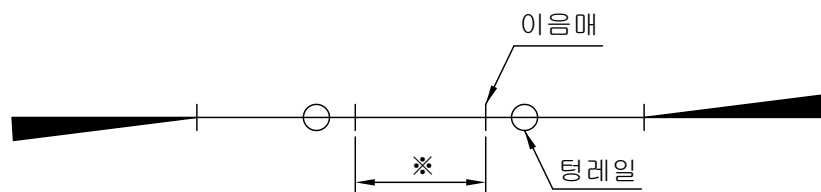
Ex)



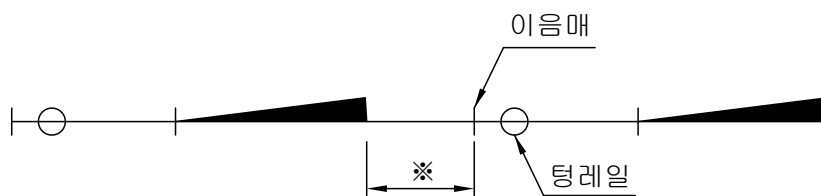
【참고】

1. '철도설계기준'(노반편) 분기기의 간격

- (1) 상대하는 분기기의 간격 : 고속주행열차를 운전하는 본선 10m
(기타본선 및 측선 5m)



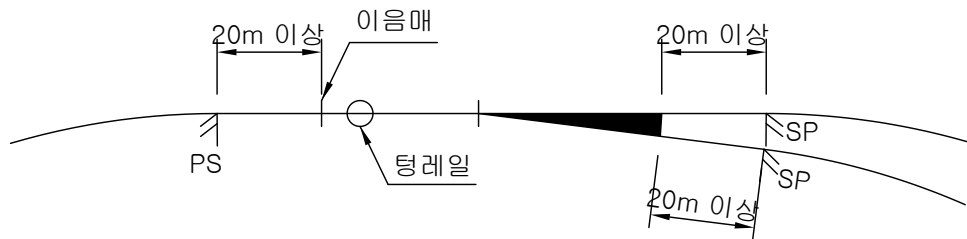
- (2) 분기기간 거리 : 본선 10m (부득이한 경우 5m), 측선 5m





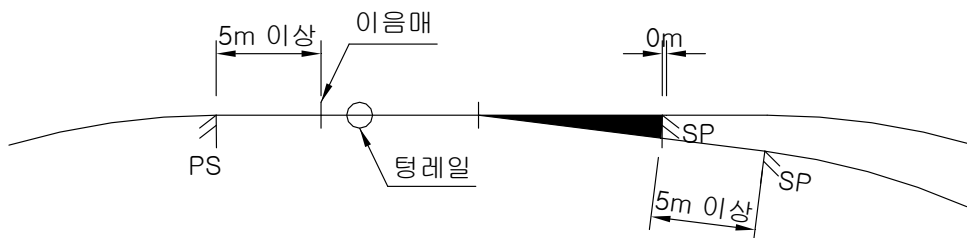
(3) 분기기와 곡선 간의 필요한 직선길이

① 바람직한 경우 : 20m 이상

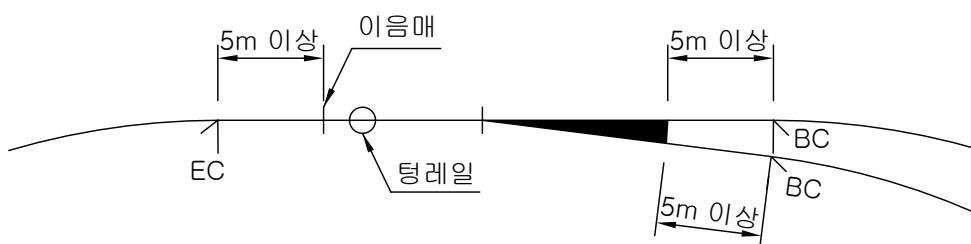


② 부득이한 경우(완화곡선 있을 때)

- 분기기 시점부 : 이음매에서 5m 이상
- 분기기 종점부(정위) : 크로싱 후단
- 분기기 종점부(반위) : 크로싱 후단에서 5m 이상



③ 부득이한 경우(완화곡선 없을 때) : 5m 이상



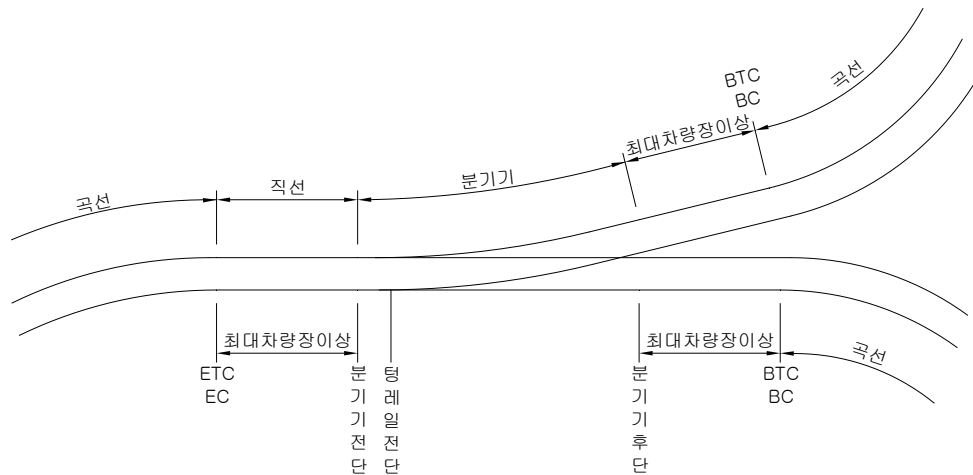
2. ‘선로정비지침’ 제53조 “상대하는 분기기의 간격”

고속열차를 운전하는 본선에 있어서 분기기를 상대하여 부설하는 경우 그 열차가 분기곡선을 통과하는 배선에 있어서는 양 분기기의 포인트 전단 사이가 10m 이상 간격을 두어야 한다. 다만, 기타 본선과 주요한 측선에 분기기를 상대하여 부설할 때 또는 분기기를 연속하여 부설할 때에는 5m 이상으로 하여야 한다.

3. 일본의 경우 (일본 철도시설협회 신선로 P.311 참조)

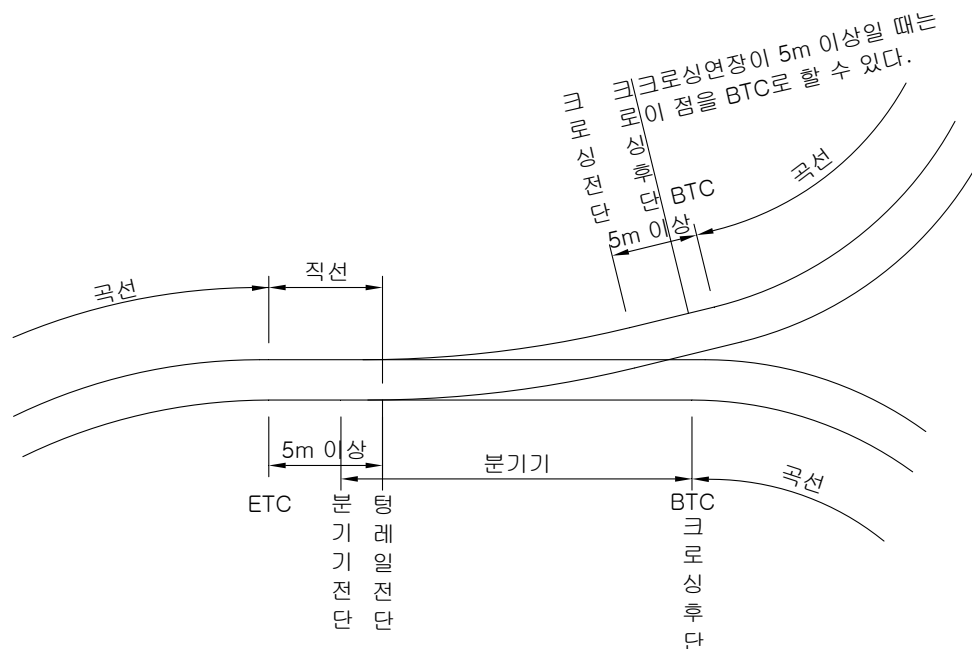
(1) 분기기와 곡선 간의 필요한 직선길이

① 일반의 경우 : 최대 차량장 이상



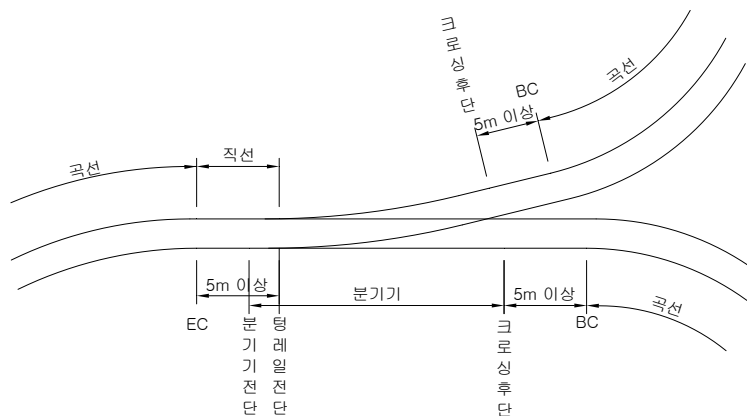
② 부득이한 경우(완화곡선 있을 때)

- 분기기 시점부 : 텅레일 전단에서 5m 이상
- 분기기 종점부(정위) : 크로싱 후단
- 분기기 종점부(반위) : 크로싱 전단에서 5m 이상





③ 부득이한 경우(완화곡선 없을 때) : 5m 이상

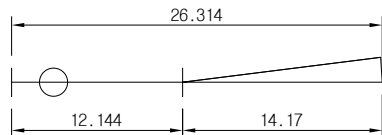
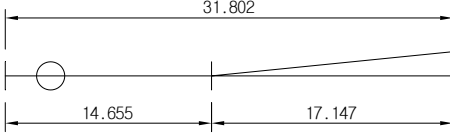
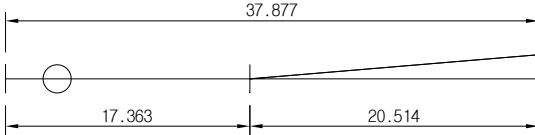
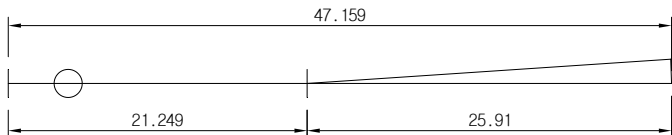


4. 우리 나라에서 현재 사용 중인 분기기 스�কে톤

(1) 50kg NS I형 분기기 스�কে톤

분기기 종류	스 케 툐 톤
50kg #8 PC침목용 NS I 분기기 (고정크로싱)	
50kg #10 PC침목용 NS I 분기기 (고정크로싱)	
50kg #12 PC침목용 NS I 분기기 (고정크로싱)	
50kg #15 PC침목용 NS I 분기기 (고정크로싱)	

(2) 60kg PCT 분기기 스켈톤

분기기 종류	스켈톤
60kg #8 PC침목용 탄성분기기 (고정크로싱)	
60kg #10 PC침목용 탄성분기기 (고정크로싱)	
60kg #12 PC침목용 탄성분기기 (고정크로싱)	
60kg #15 PC침목용 탄성분기기 (고정크로싱)	

5. 실제 납품하는 50kg, 60kg PCT 분기기 채원

- (1) 50kg, 60kg PCT 분기기 스켈톤 연장은 포인트부에서 크로싱부까지 적용하고 있으나, 분기기 제작사의 분기기 용품도에 따르면 F8번과 F10번의 경우 분기기 시점에서 전방으로 일정거리를 슬랙체감구간으로 두고 있고 모든 분기기의 후단은 장침목구간 연장을 확보토록 하고 있다.
- (2) 분기기 제작사에서 납품하는 품목은 크게 레일류와 침목류, 체결구류로 나눌 수 있는데, 레일류는 포인트부에서 크로싱부까지, 침목류 및 체결구류는 포인트부에서 크로싱부 후단의 장침목부분까지 납품하고 있다.

6. 50kg, 60kg PCT 분기기 스켈톤 사용에 대한 문제점

- (1) 상기 규정 및 분기기 현행 납품 실점으로 인하여 분기기가 연속적으로 설치되는 정거장 구간에서는 슬랙체감구간 및 장침목구간의 연장이 부족하여 분기기간 경합사항이 발생하는 개소가 다수 발생된다. (문제점 : PC분기 침목의 특성상 궤간이 고정되어 슬랙조정이 곤란하고 장침목 중복개소는 침목위치 조정이 곤란함)
- (2) 분기기 품질을 최우선토록 하기 위해서는 궤도설계시 배선을 변경하는 방법과 특수분기기 제작을 요청하는 방법이 있으나,



- (3) 배선을 변경하기 위해서는 제한된 용지내에서 유효장을 축소시키거나, 유효장의 변경없이 정거장 용지를 확대하여야 하는 단점이 있고, 배선변경에 따른 추가 절차로 인하여 행정력이 낭비되는 문제점이 있다.
- (4) 해당구간에 대하여 특수분기기 제작을 요청하는 방법도 있으나, 경합되는 부분이 다수 발생하게 될 경우 제작사에서 여러 종류의 특수분기기를 제작하는데 대하여 곤란함을 표명하고 있다.

7. 50kg, 60kg PCT 분기기 스켈톤 확대

- (1) 기존에 사용하는 스켈톤은 기본적인 치수이므로 실선으로 표현하고, 슬랙체감 구간 및 장침목구간을 점선으로 표현하여 스켈톤을 확대, 적용함으로써 배선설계 당시부터 경합사항이 원천적으로 발생하지 않도록 하는 것이 바람직하다고 판단된다.

분기기 경합사항 예시

#8전단-#8전단 (슬랙체감 불완전)	
#8전단-#10후단 (침목 경합 및 슬랙체감 불완전)	
#8후단-#10후단 (침목 경합)	
#10후단-곡선부 (슬랙체감 불완전)	

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('14.1.?) 철도의 건설기준에 관한 규정(국토교통부고시제2013-236호, '13.5.16)이 개정 고시됨에 따라 개정내용을 반영

Rev.2('17.3.13) “합리적인 선로배선계획연구”결과 반영

Rev.3('17.7.25) 최대부족칸트 개정(상위기준 반영)