

철도시설공학

Introduction of Railway Engineering



학과명 : 토목공학과

담당교수명 : 최준혁 교수

연락처 : 공학관 203호 032-610-3311

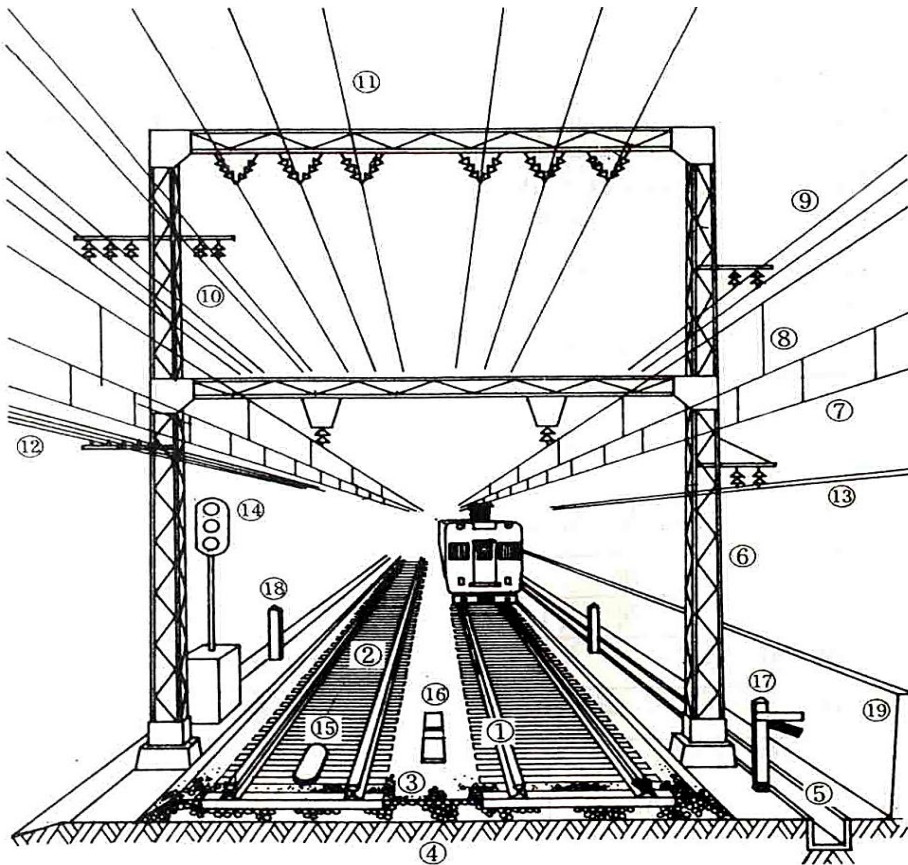
학과사무실 : 032-610-3310, 3319

이메일 : cjunh@bc.ac.kr

참고교재 : 자체 제작(제본)

철도 선로

1.선로 : 열차를 운행하기 위한 전용 도로



- ① 레일
- ② 침목
- ③ 도상
- ④ 노반
- ⑤ 측구
- ⑥ 철주
- ⑦ 전차선
- ⑧ 조가선
- ⑨ 급전선
- ⑩ 고압선
(동력, 신호)
- ⑪ 특별고압선
- ⑫ 통신선
- ⑬ 부급전선
- ⑭ 신호기
- ⑮ ATS지상자
- ⑯ 임피던스, 본드
- ⑰ 기울기표
- ⑱ km 정표
- ⑲ 방음벽

궤 도(Track)
노 반 (Roadbed)

선로구조물 :
노반과 교량,터널
정거장,
부속 시설물 등

2. 용어

1. “차량”이란 선로를 운행할 목적으로 제작된 동력차·객차·화차 및 특수차를 말한다.
2. “열차”란 동력차에 객차 또는 화차 등을 연결하여 본선을 운행할 목적으로 조성한 차량을 말한다.
3. “본선”이란 열차운행에 상용할 목적으로 설치한 선로를 말한다.
4. “부본선(정차본선)”이란 정거장내에서 동일방향의 열차를 운전하는 본선으로서, 여객 및 화물열차 취급, 대피 등을 목적으로 계획한 선로를 말한다.
5. “측선”이란 본선 외의 선로를 말한다.
6. “설계속도”란 해당 선로를 설계할 때 기준이 되는 상한속도를 말한다.
7. “선로”란 차량을 운행하기 위한 궤도와 이를 받치는 노반 또는 인공구조물로 구성된 시설을 말한다.

8. “궤간”이란 양쪽 레일 안쪽 간의 거리 중 가장 짧은 거리를 말하며, 레일의 윗면으로부터 14밀리미터 아래 지점을 기준으로 한다.
9. “캔트”(Cant)란 차량이 곡선구간을 원활하게 운행할 수 있도록 안쪽 레일을 기준으로 바깥쪽 레일을 높게 부설하는 것을 말한다.
10. “정거장”이란 여객 또는 화물의 취급을 위한 철도시설 등을 설치한 장소 [주차장(열차의 조성 또는 차량의 입환을 위하여 철도시설 등이 설치된 장소를 말한다) 및 신호장(열차의 교차 통행 또는 대피를 위하여 철도시설 등이 설치된 장소를 말한다)을 포함한다]를 말한다.
11. “선로전환기”란 차량 또는 열차 등의 운행 선로를 변경시키기 위한 기기를 말한다.
12. “종곡선”이란 차량이 선로 기울기의 변경지점을 원활하게 운행할 수 있도록 종단면에 두는 곡선을 말한다.
13. “궤도”란 레일·침목 및 도상과 이들의 부속품으로 구성된 시설을 말한다.

14. “도상”이란 레일 및 침목으로부터 전달되는 차량 하중을 노반에 넓게 분산시키고 침목을 일정한 위치에 고정시키는 기능을 하는 자갈 또는 콘크리트 등의 재료로 구성된 구조부분을 말한다.
15. “시공기면”이란 노반을 조성하는 기준이 되는 면을 말한다.
16. “슬랙”(Slack)이란 차량이 곡선구간의 선로를 원활하게 통과하도록 바깥쪽 레일을 기준으로 안쪽 레일을 조정하여 궤간을 넓히는 것을 말한다.
17. “건축한계”란 차량이 안전하게 운행될 수 있도록 궤도상에 설정한 일정한 공간을 말한다.
18. “차량한계”란 철도차량의 안전을 확보하기 위하여 궤도 위에 정지된 상태에서 측정한 철도차량의 길이·너비 및 높이의 한계를 말한다.
19. “유효장”이란 인접 선로의 열차 및 차량 출입에 지장을 주지 아니하고 열차를 수용할 수 있는 해당 선로의 최대 길이를 말한다.
20. “전차대”란 기관차의 앞뒤 방향을 바꾸거나, 한 선로에서 다른 선로로 차량의 위치를 이동시키는 장치를 말한다.
21. “전차선로”란 동력차에 전기에너지를 공급하기 위하여 선로를 따라 설치한 시설물로서 전선, 지지물 및 관련 부속 설비를 총괄하여 말한다.

- 22. “기지”란 화물의 취급 또는 차량의 유치 등을 목적으로 시설한 장소로서 화물기지, 차량기지, 주차기지, 보수기지 및 궤도기지 등을 말한다.
- 23. “심플 커티너리(Simple Catenary)”란 전차선로 종류의 하나로서, 단일 조가선과 단일 전차선만으로 전차선로를 가공 현수하는 구조를 갖는 가선 형태를 말하며, 헤비 심플 커티너리(Heavy Simple Catenary)를 포함한다.
- 24. “운전시격”이란 선행열차와 후속열차간의 운전을 위한 배차시간 간격을 말하며, 운전시격의 최소값을 최소운전시격이라 한다.
- 25. “신호소”란 열차의 교차 통행 및 대피를 위한 시설이 없이 열차의 운행에만 필요한 상치신호기(열차제어시스템을 포함한다)를 취급하기 위하여 시설한 장소를 말한다.
- 26. “건널목안전설비”란 도로와 철도가 평면교차하는 건널목에 열차, 자동차 및 사람 등의 통행에 안전을 확보하기 위하여 설치하는 각종 안전설비를 말한다.
- 27. “열차제어시스템”이란 열차운행을 직접적으로 제어하기 위하여 연동장치 및 열차자동제어장치 등을 유기적으로 결합하여 하나의 시스템을 구성하는 것을 말한다.

28. “궤도회로”란 열차 등의 궤도점유 유무를 감지하기 위하여 전기적으로 구성된 회로를 말한다.
29. “신호기”란 폐색구간의 경계지점 및 측선의 시점 등 필요한 곳에 설치하여 열차운행의 가능 여부 등을 지시하는 신호기 및 신호표지 등의 장치를 말한다.
30. “절대신호기”란 신호기에 정지신호가 현시된 경우 반드시 열차를 정차한 후 관계자의 승인을 얻어야만 진입할 수 있는 신호기를 말한다.
31. “허용신호기”란 신호기에 정지신호가 현시된 경우 열차를 정차한 후 승인 없이도 제한속도 이하로 진입할 수 있는 신호기를 말한다.
32. “폐색구간”이란 선로를 여러 개의 구간으로 나누어 반드시 하나의 열차만 점유하도록 정한 구간을 말한다.
33. “연동장치”란 신호기·선로전환기·궤도회로 등의 제어 또는 조작이 일정한 순서에 따라 연쇄적으로 동작되는 장치를 말한다.
34. “통신설비”란 열차운행 및 철도운영에 관한 정보(음성, 부호, 문자 및 영상 등)를 송수신하거나 표출하기 위한 통신선로 등의 통신설비와 이에 부속되는 설비 등을 말한다.

- 35. “철도교통관제설비”(이하 “관제설비”라 한다)란 열차 및 차량의 운행을 집중 제어. 통제. 감시하는 설비로 열차집중제어장치(CTC), 열차무선설비, 관제전화설비 및 영상감시장치(CCTV) 등을 말한다.
- 36. “전기동차전용선”이란 도시교통 처리를 주목적으로 전기동차가 운행되는 선로로서 디젤기관 등에 따른 여객열차·화물열차는 운행되지 아니하는 선로를 말한다.
- 37. “고속철도전용선”이란 철도건설법 제2조제2호에 따른 고속철도 구간의 선로를 말한다.
- 38. “고속화”란 기존선로의 선형, 노반, 궤도, 신호체계 등을 개량하여 열차 운행속도를 향상시키는 것을 말한다.

3. 궤간(gage)

(1) 궤간의 정의

- ◆ 레일두부면으로 부터 아래쪽 14mm 지점에서 상대편 레일두부 내측간의 최단거리.
- ◆ 수송량, 속도, 지형, 안전도 등을 고려하여 결정하며, 철도의 건설비, 유지비, 수송력 등에 영향을 미침.
- ◆ 표준궤간(standard gauge)은 1,435mm(4' + 8½").
- ◆ 표준궤간보다 넓은 것은 광궤(broad gauge), 좁은 것을 협궤(narrow gauge).

4. 곡선(curve)

(1) 곡선의 종류

1) 평면곡선

① 원(단)곡선(simple curve, circular curve)

- 동일한 곡선 반경으로 이루어진 곡선.

② 완화곡선(transition curve)

- 곡선반경이 곡선길이에 따라 변화하는 곡선으로 직선과 원곡선 사이에 삽입하는 곡선.

③ 복심곡선(compound curve)

- 곡선반경이 서로 다르고 접속지점에서 곡선중심이 같은 곡선.

④ 반향곡선(reverse curve)

- 곡선방향이 반대 방향으로 연이은 곡선.

2) 종단곡선

① 종곡선(vertical curve)

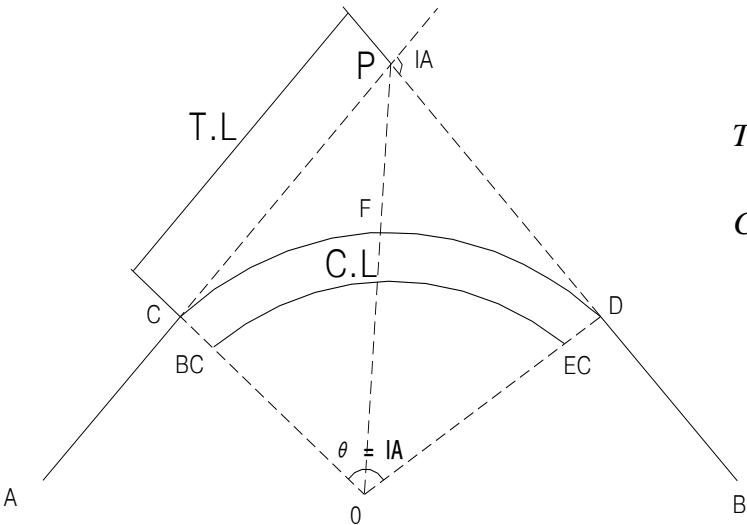
- 레일길이 방향으로 부설하는 곡선으로 기울기 변화점에 설치.

(2) 원곡선(circular curve)

1) 원곡선의 정의

- 곡선반경이 같고 중심이 하나인 단순한 곡선.

2) 원곡선의 표시



$$TL = R \times \tan \frac{IA}{2}$$

$$CL = 2R\pi \times \frac{IA}{360}$$

명 칭	기 호	약 자	원 어
곡선의 시점	C	BC	Beginning Curve
곡선의 종점	D	EC	End Curve
곡선의 중심	F	SP	Secant Point
교 점	P	P	Intersection Point
교 각	∠COD	IA	Intersection Angle
접 선 장	CP, DP	TL	Tangent Length
곡선반경	OC, OD	R	Radius of Curve
외할	PF	ES	External Secant
곡선장	CFD	CL	Curve Length

- ① 직선 AP와 BP 사이에 곡선을 삽입.
- ② 곡선반경 R과 교각(IA)의 크기에 따라 접선장 TL이 결정되며 교점 P 지점에서 각각 A, B 방향으로 TL만큼 이동시킨 지점 C, D는 원곡선 시점(BC), 원곡선 종점(EC)이 된다.
- ③ 이때 C와 D 지점에서는 곡선이 접선하므로 $\angle ACO = \angle PCO = \angle BDO = \angle PDO = 90^\circ$.
- ④ □CPDO에서 내각의 합은 360° 이므로 $\angle \theta + \angle CPD = \angle IA + \angle CPD = 360 - 2 \times 90 = 180^\circ$
- ⑤ $\therefore \angle \theta = \angle IA$
- ⑥ 직선 CP와 DP는 접선장(TL)이며, 호 CD는 곡선장(CL).

(3) 완화곡선(Transition Curve)

1) 완화곡선의 정의

- 열차가 직선에서 원곡선으로 진입하거나 원곡선에서 직선으로 진입할 경우.
- 열차의 주행방향이 급변함에 따라 차량의 동요가 심하여 원활한 운전을 할 수 없음.
- 이 점을 보완하기 위해 직선과 원곡선 사이에 완화곡선을 삽입하여 회전각의 변화(곡률의 변화)를 완화시킴.

2) 완화곡선의 종류

① 3차포물선(cubic parabola) - 국내 철도에서 채택하여 사용.

$y = ax^3$ - 직선과 원곡선 사이에 의 곡선 삽입.

② 크로소이드 곡선 (clothoid curve)(지하철과 도로에서 사용)

- 곡률이 곡선장에 비례하여 체감.

③ 사인반파장 곡선(sin curve)

④ 렘니스케이드 곡선(lemniscate spiral)

- 극좌표의 장현에 비례하여 직선체감

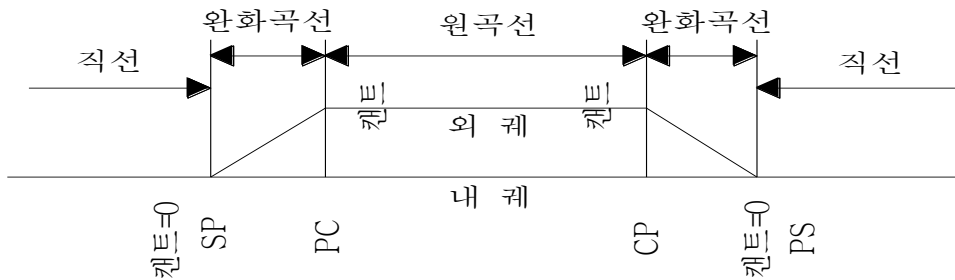
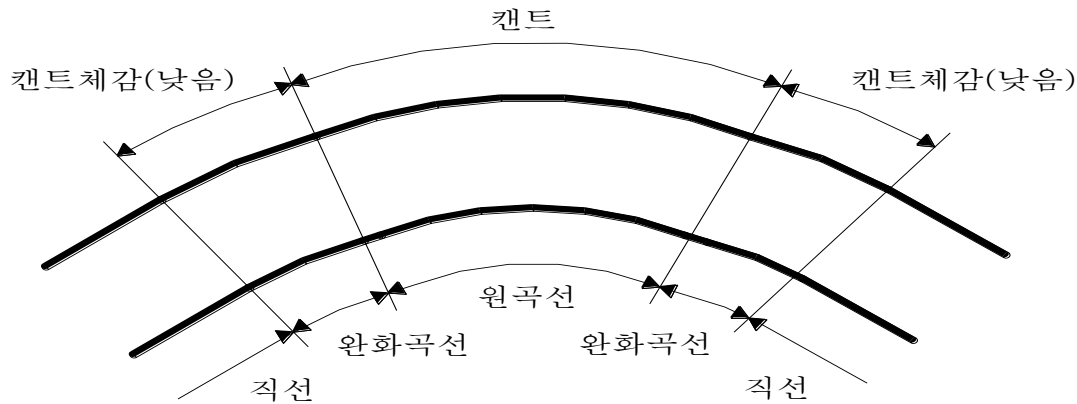
⑤ 4차포물선, 3차나선(cubic spiral), searles나선(searles spiral), AREA나선(AREA tenchord spiral) 등

⑥ 종곡선 상의 완화곡선 종류 ; 원곡선식, 2차포물선식

3) 완화곡선의 길이 결정시 고려사항

- 차량의 고정축거로 3점 지지에 의한 차륜의 부상경향이 있으므로 캔트의 체감을 완만하게 하여 차륜부상으로 인한 탈선의 위험이 없도록 한다.
- 주행차량이 받는 단위시간당의 캔트량의 변화와 캔트 부족량의 변화는 승차감이 나쁘지 않은 범위 내에서 일정한 값 이상이어야 한다.
- 따라서, 완화곡선의 길이는 열차의 운전속도에 비례하여 길이를 정하게 된다.

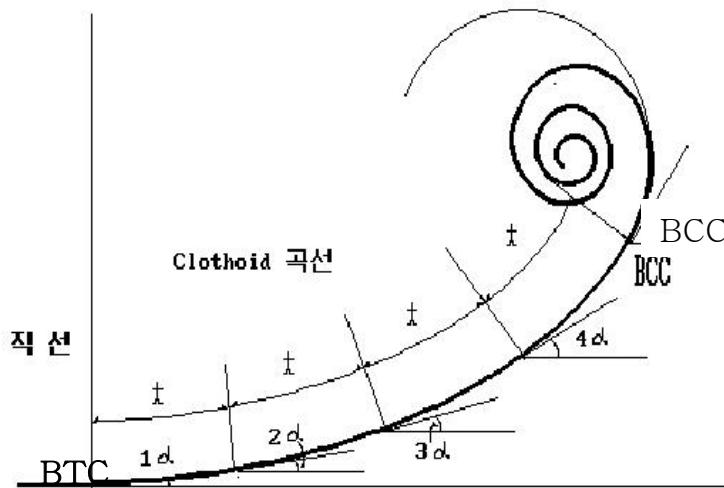
4) 완화곡선과 캔트체감



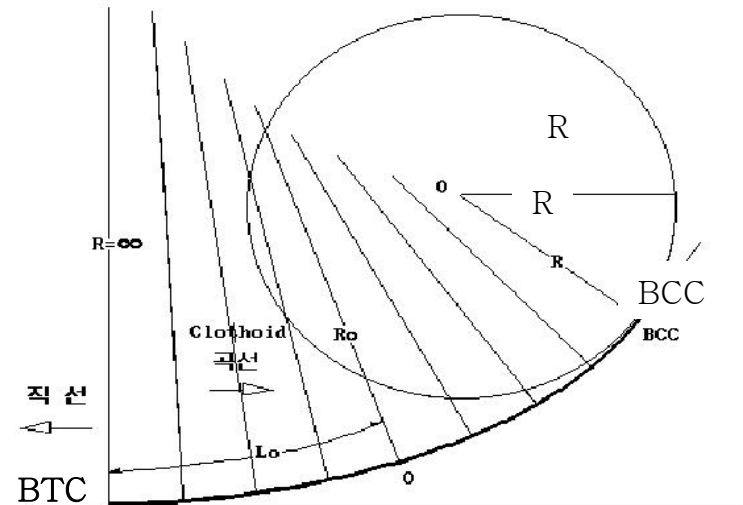
SP : Straight to Parabola
PC : Parabola to Curve
CP : Curve to Parabola
PS : Parabola to Straight

(4) 크로소이드(Clothoid) 곡선

- 자동차 핸들을 중립에 놓고 주행하면 자동차 바퀴의 궤적은 직선을 그리게 되며, 핸들을 일정각도로 고정시키고 주행하면 궤적은 원곡선을 그리게 된다.
- 이때 운전자가 일정한 속도를 유지하면서, 단위시간마다 핸들을 α 각도로 꺾게 되면 주행한 자동차 바퀴의 궤적은 (a)와 같이 크로소이드(Clothoid) 곡선을 그리게 된다.
- (a)와 같이 t 초 후의 핸들각도는 $\beta = t \times \alpha$ 가 되며, 각 지점의 곡선반경은 (b)와 같이 완화곡선 시점(BTC)에서는 ∞ 가 되며, 원곡선 시점(BCC)에서는 기존 원곡선(단곡선) 반경이 된다.
- 이와 같이 곡선반경은 점차 작아져서 완화곡선 길이에 반비례하면서 변화한다.



(a)

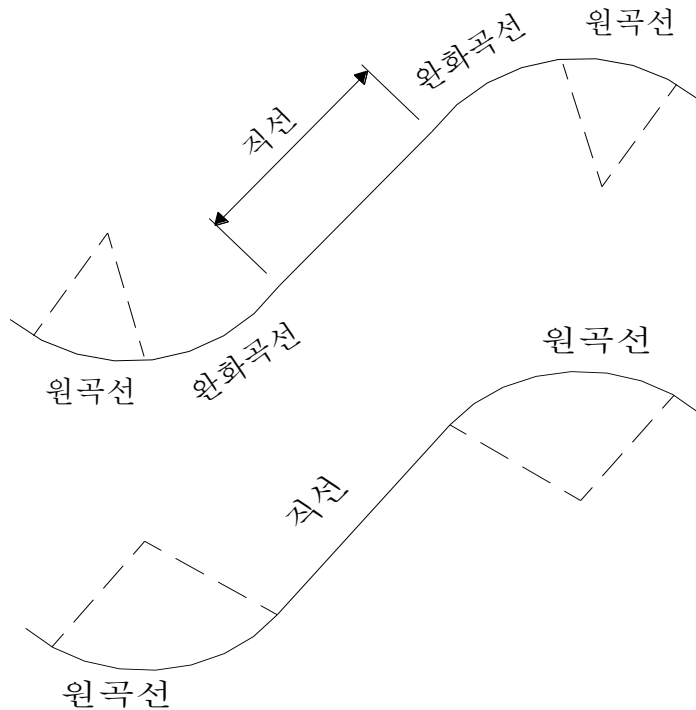


(b)

[그림] Clothoid 곡선의 이해

(5) 반향곡선상간의 최소직선길이

- 방향이 급변하여 차량이 원활하게 운행하기 어려움.
- 양곡선 사이에 상당한 길이의 직선을 삽입.
- 선로의 등급에 따라 인접한 양곡선 간에서 캔트체감 후 일정거리의 직선을 삽입.
(직선길이를 결정하는 기준은 차량의 고유진동주기를 고려)



[그림] 반향곡선간의 직선삽입

[표] 반향곡선간 최소직선거리

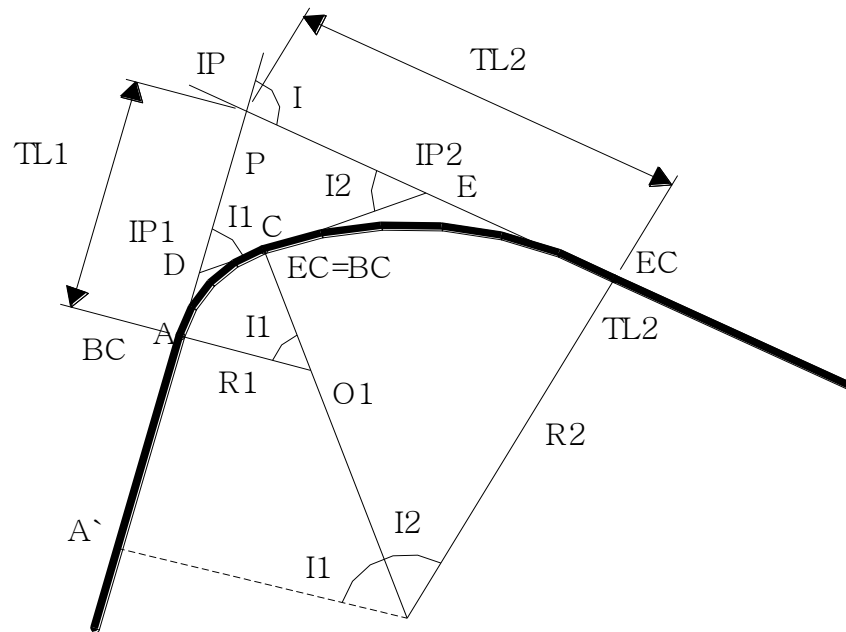
선로 등급	직선거리(m)
고속선	180
1 급선	100
2 급선	80
3 급선	60
4 급선	40

(6) 복심곡선(compound curve)

- 최소직선길이를 둘 수 없는 경우 4급선에 한하여 2곡선의 반경에 큰 차가 없을 시 복심곡선을 인정.
- 복심곡선을 정하는 식

$$\left| \frac{R_1 \times R_2}{R_1 - R_2} \right| \geq 1,200$$

R_1 및 R_2 : 인접곡선의 반경(m)



R_1 : 작은 곡선반경
 R_2 : 큰 곡선반경
 I_1 : 곡선반경이 작은 곡선의 중심각
 I_2 : 곡선반경이 큰 곡선의 중심각
 TL_1 : R_1 의 접선장
 TL_2 : R_2 의 접선장
 P : 곡선의 교점 (IP)
 A : 교점의 교각(I)

[그림] 복심곡선의 표시

5. 기울기(grade)

(1) 개요

- 선로의 기울기는 최소곡선반경보다 수송력 및 열차속도에 직접적인 영향을 미침.
- 가능한 한 수평에 가깝도록 하는 것이 좋으나 수평으로 할 경우 큰 토공과 장대터널이 필요하여 건설비 고가.
- 10‰ 정도보다 완만한 기울기는 기관차의 견인력에 큰 영향을 주지 않으며 배수상으로 필요.

※ 견인력(牽引力, tractive power, tractive force, hauling capacity)

기관차가 주행하면서 당겼다 밀었다하는 작업. 즉, 견인작업에서 작용하는 힘을 말한다.
견인력의 크기는 동륜에 걸리는 하중의 크기에 따라 다른 견인력 계수를 곱하여 구한다.

(2) 기울기의 표시

1) 천분율(permillage of permill) (‰)

- 수평거리 1,000에 대한 고저차를 20/1000 또는 20 ‰ 로 표시.
- 한국, 프랑스, 독일, 일본 등 세계 각국 철도에서 사용.
(예: 수평거리1000m에 대한 고저차가 35m 일 때 35‰로 표시)

2) 백분율(percentage of percent) (%)

- 수평거리 100에 대한 고저차를 2/100 또는 2 %로 표시.
- 미국철도와 한국도로에서 사용.(예 20‰를 2%로 표시한다.)

3) 고저차

- "1" 에 대한 수평거리를 표시.
- 영국에서 사용.
- 일반적으로 고저차는 분자로 하고 수평거리를 분모로 하여 고저차와 수평거리의 비율로 표기.

(3) 기울기의 분류

1) 최급기울기(maximum grade) : 열차 운전구간 중 물매가 가장 심한 기울기.

- 기울기를 완만하게 하는 것이 건설비용이 가장 많이 소요됨.
- 중요 선로는 수송력 및 열차속도에 중점을 두어 설계.
- 하급 선로에는 수송력 및 열차속도를 어느 정도 완화하여 경제적인 선로가 되도록 설계.
- 전동차 전용선의 경우 1,000분의 10까지 그 외의 선로인 경우에는 1,000분의 8까지 허용.
- 전동차 전용선에서 차량을 유치하지 않는 측선의 경우 1,000분의 35까지 허용.
단, 35‰ 기울기로 500m이상 운전시에는 차량에 무리를 초래할 수 있음.
- 정거장내 선로의 기울기는 3‰이하로 설계.

(열차의 출발저항, 차량을 인력으로 떠미는 작업, 정지 중에 차량이 구르는 위험 등을 고려)

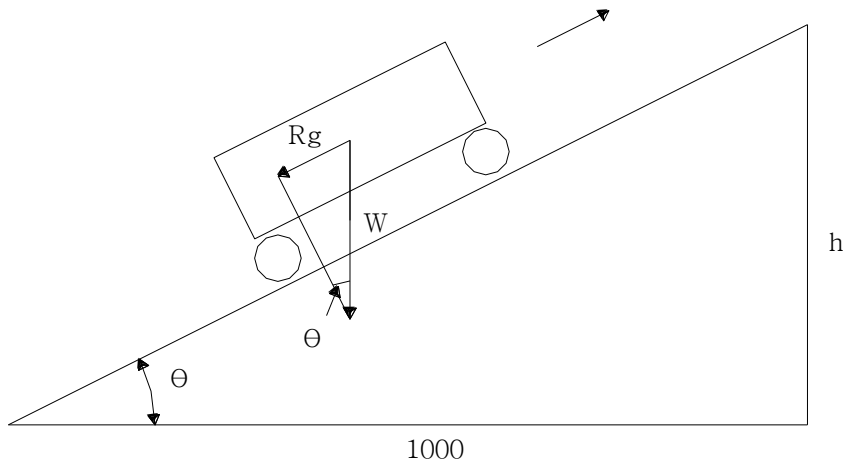
2) 제한기울기(rulling grade): 기관차의 견인정수를 제한하는 기울기 (반드시 최급기울기와 일치하는 것은 아니다)

※ 견인정수(牽引定數)란?

- 기관차가 정해진 운전속도로서 견인할 수 있는 최대 차량수.
- 여기서의 차량수는 실제량수가 아니라 환산량수로서 객차는 40t, 화차는 48.5t을 1량으로 계산한 것으로 견인정수는 주로 동력차의 인장력과 열차저항의 상호관계로 결정되며, 기관차의 종류와 선로의 기울기가 같은 경우에는 운전속도에 따라 정해진다. 인장력은 열차속도가 저속일 때 크고, 열차저항은 저속일 때 적다.

- 3) 타력기울기 (momentum grade) : 제한기울기보다 심한 기울기라도 그 연장이 짧은 경우에는 열차의 타력에 의하여 이 기울기를 통과할 수 있다.
- 4) 표준기울기 (maximum grade continuing 1km or more) : 열차운전계획상 정차장 사이마다 조정된 기울기로서 역간에 임의 지점간의 거리 1km의 연장 중 가장 급한 구배로 조정된다.
- 5) 가상기울기 (virtual grade) : 기울기선을 운전하는 열차속도의 변화를 기울기로 환산하여 실제의 기울기에 대수적으로 가감하여 얻어지는 가상적인 기울기.

(4) 기울기 저항



$$R_g = W \sin \theta$$

$$R_g \approx W \tan \theta = W \frac{h}{1000}$$

$$rg = \frac{R_g}{W} = h$$

R_g : 기울기저항(tf)

rg : 기울기저항(차량중량 1tf당 kgf)

W : 차량중량(tf)

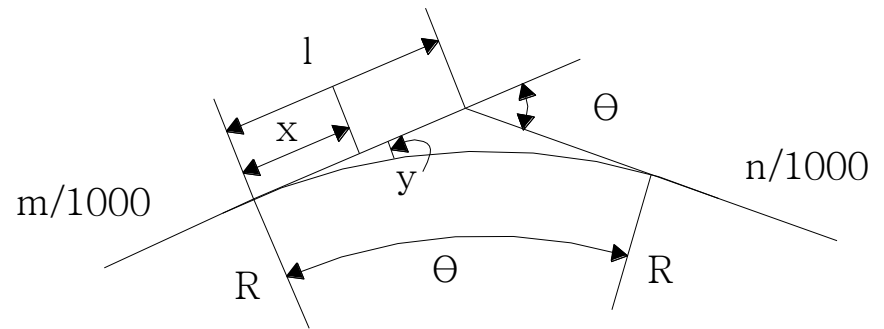
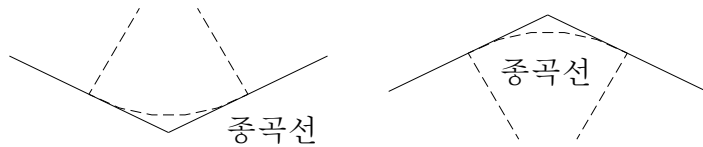
θ : 기울기의 각도(일반적으로 작음)

$h/1000$: 기울기

(5) 종곡선(Vertical Curve)

1) 종곡선의 정의

- 차량이 선로기울기의 변경지점을 원활하게 통과하도록 종단면상에 두는 곡선.
- 선로의 기울기의 변화점에는 열차가 주행할 때 열차 전후방향으로 인장력과 압축력이 크게 작용하여 연결기의 파손위험이 발생될 뿐만 아니라 차량이 부상되어 궤도방향으로 인장력과 횡압 등이 작용하여 탈선위험과 선로의 손상을 주게 되고, 상하 동요가 증대되어 승차감을 악화시키며, 건축한계와 차량한계에 영향을 준다.
- 이러한 악영향을 완화시키기 위하여 기울기 변화점에는 종곡선을 설치하여야 한다.



$$l = \frac{R}{2000}(m \pm n)$$

$$y = \frac{x^2}{2R}$$

R : 종곡선의 반경(m)

l : 종곡선 시점에서 기울기 변화점까지의 계산거리(m)

(m±n) : 양 기울기의 차(‰)

y : 거리 x에 대한 종거(m)

2) 기울기 변경점에서 종곡선을 삽입하지 않을 시 발생 현상

- 연결기 파손 우려
- 차량 탈선 위험
- 승차감 불량
- 궤도 틀림 발생

3) 종곡선을 원곡선으로 설계하고 있으며 그 반경의 크기를 결정하는 요인

- 평면곡선과 경합에 의한 탈선 방지
- 건축한계 및 차량한계와의 관계
- 차량부상에 대한 안전도

(6) 곡선 보정(Curve Compensation)

1) 곡선저항

- 기울기 중에 기울기가 있을 때에는 열차의 저항은 기울기 저항이 가산되므로 이럴 경우 곡선저항과 동등한 기울기량 만큼 최급기울기를 완화시킴.
- 환산기울기 : 곡선저항을 선로기울기로 환산한 것.
- 보정기울기 : 실제기울기-환산기울기
- 보정량은 선로의 상태, 차량의 구조, 열차의 편성과 속도 등에 따라 다르나 일반적으로 다음 식이 널리 적용됨.

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

G_c : 환산기울기(‰)
 R : 곡선반경(m)

- 2) 터널저항 : 열차의 고속화에 따라 터널을 통과할 때의 공기의 점성에 기초한 주행저항도 고려할 필요가 있음.

$$i = \frac{IV^2}{13W}$$

i : 터널의 공기저항에 대한 기울기의 보정(‰)
 I : 터널의 연장(km)
 V : 열차속도(km/h) W : 열차하중(tf)

❖ 연습 문제

[문제1] 표고차가 1,000m당 20m인 A, B 두 점간에 R=500m의 곡선을 둘 때, 이 구간의 기울기(‰)를 구하시오.

$$G_c = \frac{700}{R} = \frac{700}{500} = 1.4 (\text{‰}), \quad \frac{h}{1000} = \frac{20}{1000} = 20 (\text{‰}) \quad \text{기울기: } 20 - 1.4 = 18.6\text{‰}$$

[문제2] 25‰ 상기울기 중에 R=500m의 곡선을 둘 경우 곡선부분의 열차저항을 직선부분과 동등하게 할 때, 이 구간의 기울기(‰)를 구하시오.

$$G_c = \frac{700}{R} = \frac{700}{500} = 1.4 (\text{‰}), \quad \text{기울기: } 25 - 1.4 = 23.6\text{‰}$$

[문제3] 터널의 공기저항에 대한 기울기보정 산정식을 설명하시오.

$$i = \frac{lV^2}{13W}$$

i : 터널의 공기저항에 대한 기울기의 보정(‰)
l : 터널의 연장(km)
V : 열차속도(km/h)
W : 열차하중(tf)

[문제4] 종곡선은 원곡선으로 설계하고 있으며 그 반경의 크기를 결정하는 요인을 3가지 이상 기술하시오.

- 1) 평면곡선과 경합에 의한 탈선방지
- 2) 건축한계 및 차량한계와의 관계
- 3) 차량부상에 대한 안전도

[문제5] 기울기변화점의 종곡선 제원이 다음과 같을 때 접선길이(l)와 횡거 20m 지점의 종거를 구하시오.
(기울기 +30‰, +10‰의 동일방향이며 종곡선 반경 R=3,000m)

1) 접선길이(l)
$$l = \frac{R}{2000} (m \pm n) = \frac{3000}{2000} (30 - 10) = 30m$$

2) 종거(y)
$$y = \frac{x^2}{2R} = \frac{20^2}{2 \times 3000} = 0.07m$$

[문제6] 기울기변화점의 종곡선 제원이 다음과 같을 때 접선길이(l)와 횡거 15m 지점의 종거를 구하시오.
(기울기는 하기울기 24‰, 상기울기 6‰, 종곡선 반경 R=3,000m)

1) 접선길이(l)
$$l = \frac{R}{2000} (m \pm n) = \frac{3000}{2000} (24 + 6) = 45m$$

2) 종거(y)
$$y = \frac{x^2}{2R} = \frac{15^2}{2 \times 3000} = 0.0375m$$

[문제7] 기울기변화점의 종곡선 제원이 다음과 같을 때 접선길이(l)와 횡거 20m 지점의 종거를 구하시오.
(기울기는 +27‰, -3‰, 종곡선 반경 R=4,000m)

1) 접선길이(l)
$$l = \frac{R}{2000} (m \pm n) = \frac{4000}{2000} (27 + 3) = 60m$$

2) 종거(y)
$$y = \frac{x^2}{2R} = \frac{20^2}{2 \times 4000} = 0.05m$$

[문제8] 기울기 제한이 35%인 선로를 설계할 때 곡선반경 300m의 곡선구간의 최대기울기를 구하시오.

$$G_c = \frac{700}{R} = \frac{700}{300} = 2.3(\text{‰}), \quad \therefore 35 - 2.3 = 32.7 (\text{‰})$$

건축한계

(1) 건축한계의 정의

- 차량한계내의 차량이 안전하게 운행될 수 있도록 선로상에 설정한 일정한 공간을 말한다.
- 곡선에서는 직육면체의 차량 운행으로 인한 편기에 대한 확폭치수와 캔트에 의한 차량의 기울기 및 슬랙을 감안하여 직선구간 건축한계보다 넓게 확대하여야 한다.
- 단, 가공전차선과 그 현수장치를 제외한 상부에 대한 한계는 아래 식을 따르지 아니할 수 있다.

◆ 일반철도의 경우

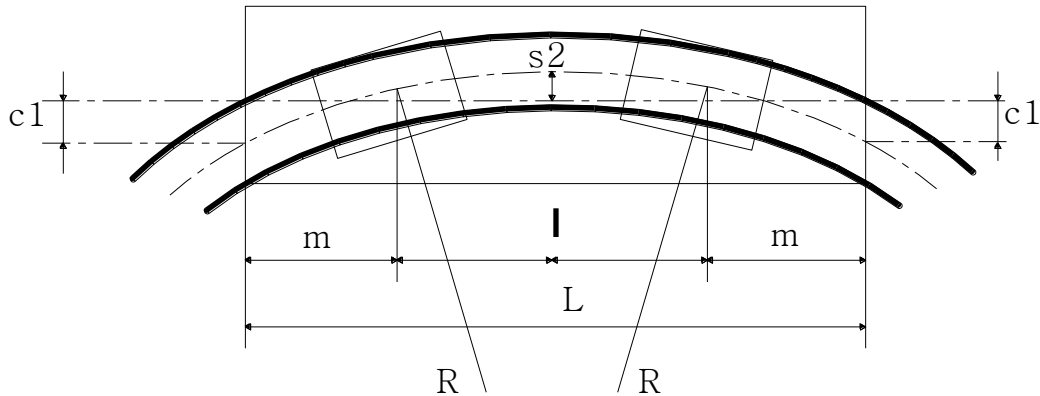
$$W = \frac{50,000}{R}$$

◆ 전동차 전용선의 경우

$$W = \frac{24,000}{R}$$

W : 궤도중심에서 좌우측의 확대량(mm)

R : 곡선반경(m)



[그림] 곡선에 있어서 건축한계 확대

$$C1 = \frac{m(m+l)}{2R}$$

$$S2 = \frac{1}{2R} \cdot \left(\frac{l}{2}\right)^2$$

C1 : 곡선을 통과하는 차량끝이 궤도중심 외방으로 편이량

S2 : 곡선을 통과하는 차량중양이 궤도중심 내방으로 편이량

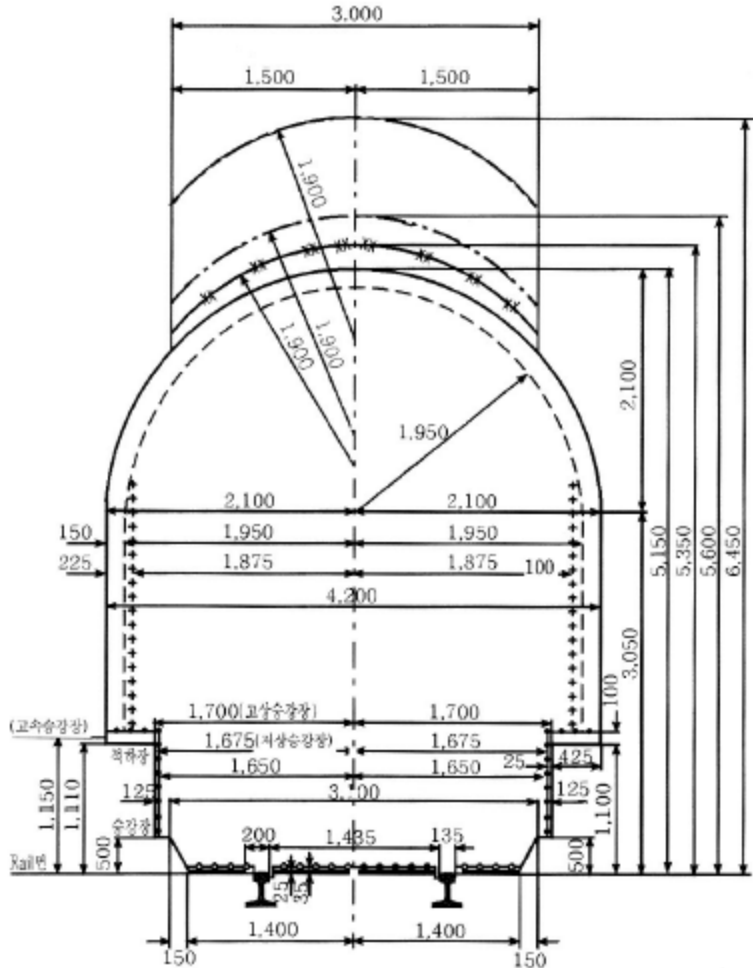
R : 곡선반경

L : 차량의 전장

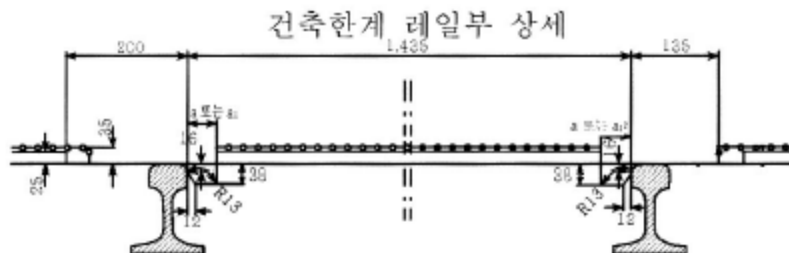
l : 차량의 대차 중심간 거리

m : 대차중심에서 차량 끝단까지의 거리

※ 철도건설규칙(제2장 선로) 참조



[그림1] 철도 건축한계



a, a₁ 또는 a₂ 후렌지웨어

[illegible]

1. 일반의 경우 $a = 75 + S$
2. 한쪽에 가드레일이 있는 경우
가드레일이 있는 쪽 $a = 40 + S$
가드레일이 없는 쪽 $a = 75 + S$
3. 텀레일의 경우 $a = 70 + S$
4. 크로싱부의 경우
 a_1 크로싱 가드레일이 있는 쪽
 a_2 크로싱 텀레일이 있는 쪽
..... $90 + 28$ 로서 $a = 40 + S$
 $a_1 + a_2$
5. 가드레일이 있는 건널목의 경우 $a = 65 + S$

보 기

일반의 경우에 대한 건축한계. 다만, 철도를 횡단하는 시설물이 설치되는 구간에는 7,010밀리미터 이상을 확보하여야 한다.

가공전차선 및 그 현수장치를 제외한 상부에 대한 한계.

이 한계는 교량, 터널, 구름다리 및 그 앞뒤에 있어서 필요한 경우에는 ——— 까지, 기설된 교량, 터널, 눈덮개, 구름다리 및 그 앞뒤에 있어서 필요한 경우에는 개수할 때까지 잠정적으로 —*—*— 로 표시된 한도까지 사전승인을 받은 후 축소할 수 있다.

축선에 있어서 급수, 급탄, 전차, 계중, 세차등의 설비, 신호주, 전차선 로지지지, 차고의 문 및 내부장치 또는 본선(중앙, 태백, 영동, 황지, 고한 각선과 함백선에 한함)에 있어서 기설된 교량, 터널, 구름다리 및 그의 앞뒤에 있어서 부속이 있는 경우에는 가공전차선 지지물에 대한 건축한계를 축소할 수 있는 한계

+++++ 선로전환기 표지등에 대하여 건축한계를 줄일 수 있는 한계

 승강장 및 적하장에 대하여 건축한계를 줄일 수 있는 한계

 타넵기 부분에 대하여 건축한계를 줄일 수 있는 한계(단, $a_1=a_2=70$)

치수단위 : 밀리미터

궤도중심간격

(1) 궤도중심간격의 의의

◆ 궤도가 2선 이상으로 부설되었을 때에는 궤도중심간격을 충분히 확보하여 열차의 교행에 지장이 없고 열차내에 승객이나 승무원에 위험이 없어야 하며, 정거장내에 병렬유치되어 있는 차량사이에서 종사원이 차량정비작업 및 입환작업을 할 수 있는 여유가 있어야 한다. 그러나 궤도중심간격이 너무 넓게 되면 용지비와 건설비가 증대되므로 일정한 한계를 정하는 것이다.

(2) 궤도중심간격(track spacing)

◆ 정거장내의 구간

- ① 궤도중심간격은 4.3m 이상.
- ② 6개 이상의 선로를 나란히 설치할 경우, 5개 선로마다 인접 선로와의 궤도중심간격이 6m 이상인 하나의 선로를 확보하여야 함.
- ③ 단, 고속선의 경우 통과선과 부분선간의 궤도중심간격은 6.5m.

◆ 선로 사이에 전차선로 지지주 및 신호기 등을 설치하여야 하는 경우 궤도중심간격을 그 부분만큼 확대하여야 함.

◆ 곡선구간

- 궤도중심간격에 $W = \frac{50,000}{R}$ 에 의한 건축한계 확대량을 더하여 확대.

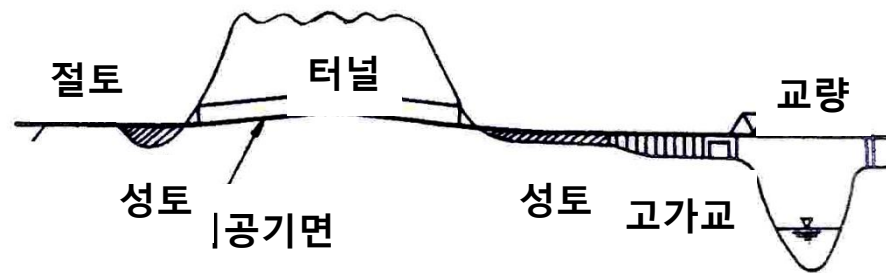
노반

(1) 노반(roadbed)

- 철도노반은 천연의 지반을 가공하여 궤도를 직접 지지하기 위한 흙구조물로서 이 위를 중량이 큰 열차가 고속으로 운전됨.
- 노반은 궤도로부터 작용되는 열차하중에 의한 압력과 충격으로 침하 및 변형이 되어서는 안되며 우수와 유수의 침해를 받아도 안됨.
- 돌기구간 → 노반의 전압(rolling)에 주의
- 깎기구간 → 배수가 양호하도록 주의

(2) 시공기면(formation level : F.L)

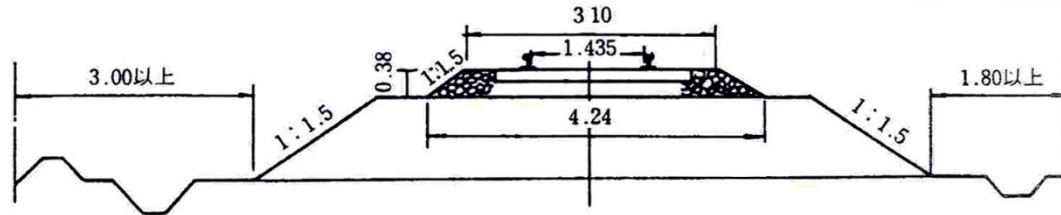
- 선로 중심선에 있어서의 노반의 높이를 표시하는 표준면.
- 시공기면폭 : 노반의 선로중심에서 비탈면 머리까지의 수평거리.
- 전기운전구간에서 전차선지주의 건설부지, 곡선구간의 확대, 캔트에 의한 확폭, 눈이 많은 지역의 배설처리를 위한 확폭 등이 필요.
- 시공기면폭은 열차의 안전주행, 보수작업의 안전을 위해 될 수 있는 한 넓은 것이 좋으나 용지비, 건설비의 증액 때문에 여러 조건을 고려하여 결정함.



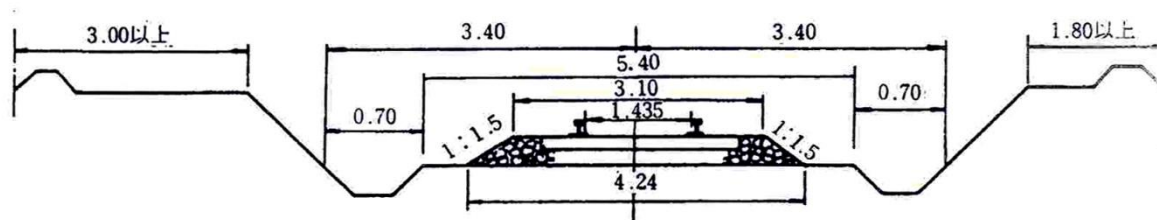
[그림] 선로종단도

(3) 토공정규(roadway diagram or roading diagram)

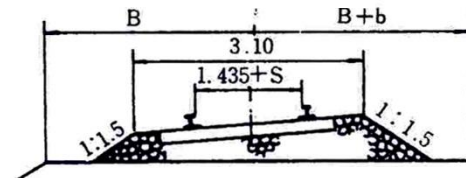
- 시공기면을 포함한 철도선로의 도상 깎기(cutting), 돌기(banking)의 비탈 등 노반횡단형상과 시공기면 이상 부분의 주요치수를 도시한 것.



돌 기



깎 기



S: 슬랙, b: 확대치수

[그림] 토공 및 도상 규정(3급선)



슬랙(slack or widening of gauge)

(1) 슬랙의 의의

- 철도차량은 자동차와 달리 2~3개의 차축을 대차(臺車)에 강결시켜 고정차축으로 구성.
- 고정축거가 곡선을 통과할 때 전·후 차축의 위치이동이 불가능할 뿐 아니라 차륜에는 후랜지(Flange)가 있어 곡선을 원활하게 통과하지 못함.
- 따라서, 곡선부에서는 직선부보다 궤간을 확대시켜야 함.
- 이와 같이 **곡선의 내측레일을 궤간외측으로 확대하는 것을 슬랙(Slack)이라 함.**

(2) 슬랙의 설정

- 일반철도에서는 **$R=600\text{m}$ 이하의 곡선에** 일정량의 슬랙을 붙이며 $R=600\text{m}$ 이상의 곡선이라도 필요에 따라 5mm 까지 붙일 수 있음.
- **슬랙량의 최댓값은 30mm(지하철 : 25mm)를 초과할 수 없으며** 슬랙량이 너무 크면 차륜의 플랜지가 얇게 되었을 때 탈선할 우려가 있기 때문임.

※ 이론상 슬랙공식

$$S(m) = \frac{L^2}{8R}$$

※ 현장실정을 고려한 슬랙 산정식

1. 일반철도 $S = \frac{2400}{R} - S_1$

S : 슬랙

R : 곡선반경

S₁ : 조정치(일반철도: S1= 0~15mm)

2. 지하철 $S = \frac{1250}{R} - S_1$

조정치(지하철: S1= 0~4mm)

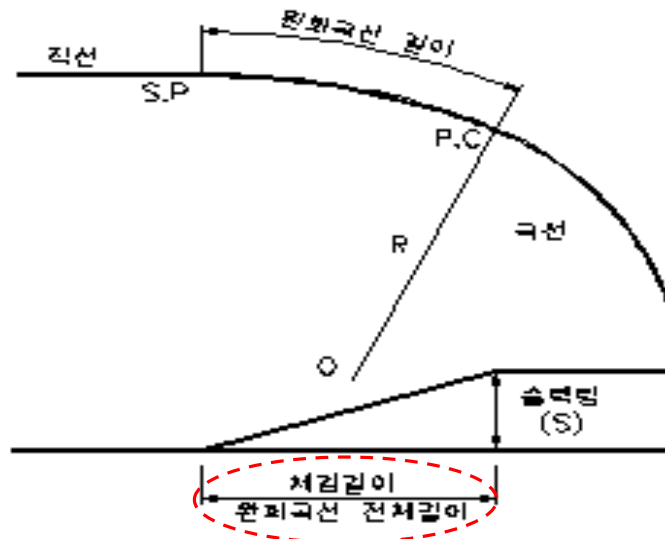
(3) 슬랙의 체감

- 1) 완화곡선이 있는 경우 : 완화곡선 전체의 길이.
- 2) 완화곡선이 없는 경우 : 캔트의 체감길이와 같은 길이.
- 3) 캔트가 없는 경우 : 완화곡선 양단으로부터 직선구간에 각각 4m.
- 4) 복심곡선 안의 경우 : 두 곡선 사이의 캔트 차이의 600배 이상의 길이.

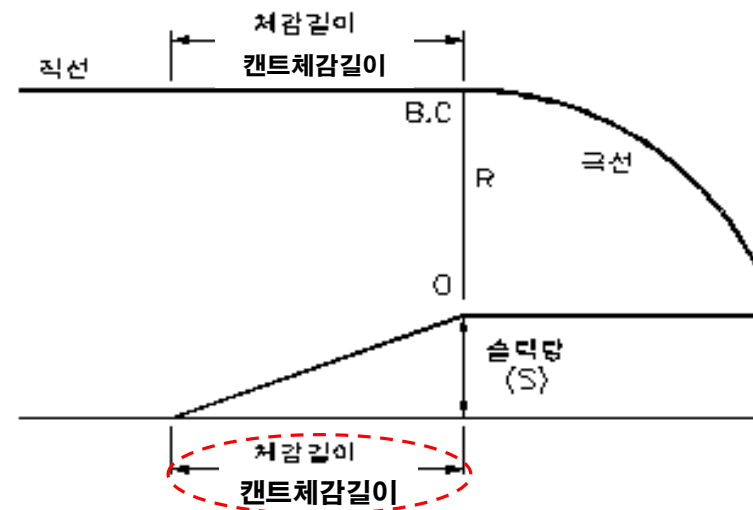
이 경우 두 곡선 사이의 슬랙의 차이를 체감하되 곡선반경이 큰 곡선에서 체감.

(4) 궤간 및 슬랙의 정비 기준치

- 1) 크로싱의 경우 : 종 3mm, 감 2mm
- 2) 크로싱 이외의 경우 : 종 10mm, 감 2mm
- 3) 위 기준치에 슬랙을 가한 치수는 35mm를 초과하지 못한다.



[그림] 완화곡선이 있는 경우



[그림] 완화곡선이 없는 경우

(5) 슬랙축소의 효과

- 최근에는 수송여건과 차량구조가 바뀌고 있으며 속도향상에 따라 슬랙량을 변경하는 경향이 있음.

1) 외국의 사례

(1) 일본

- 이론해석과 각종 주행시험을 실시.
- 슬랙 축소 ➡ 열차의 주행안전에 효과적
- 분기기 및 일반곡선에 대한 슬랙량을 일률적으로 5mm씩 축소.
- 레일교체주기, 궤간과 방향정정주기가 길어짐.
- 탈선에 대한 안전도 향상.
- 슬랙 축소로 급곡선 구간에 PC침목 사용구간 확대.

(2) 프랑스

- 지하철궤도의 급곡선에서는 차륜과 레일의 상호작용에 의해 빠른 마모를 수반할 수 있음.
- 슬랙 축소 ➡ 레일과 체결구의 유지관리, 탈선방지, 승차감 등에 효과적
- 파리 지하철(RATP) 노선에서는 궤도의 슬랙을 $R < 75\text{m}$ 이하에서만 설치함.



캔트(cant, superelevation)

(1) 캔트(cant) 이론

- 열차가 곡선부를 통과할 때 차량에 작용하는 원심력으로 외측레일에는 과도한 부하가 생긴.
- 차량이 외측으로 전복되거나 승차감 저해 및 외측레일에 부담을 크게 주어 궤도보수량을 증가시킴.
- 열차속도가 커지면 차량은 곡선 외측으로 탈선할 우려가 있어 이를 방지하기 위하여 외측레일을 내측레일보다 높게 하여 원심력(F)과 중력(W)과의 합력(P)이 궤간 중앙부에 작용하도록 하여 주행차량의 안전을 도모하기 위함.
- 이와같이 곡선에서 내측레일을 기준하여 외측레일을 높게 하는 것을 캔트(cant)라 한다.

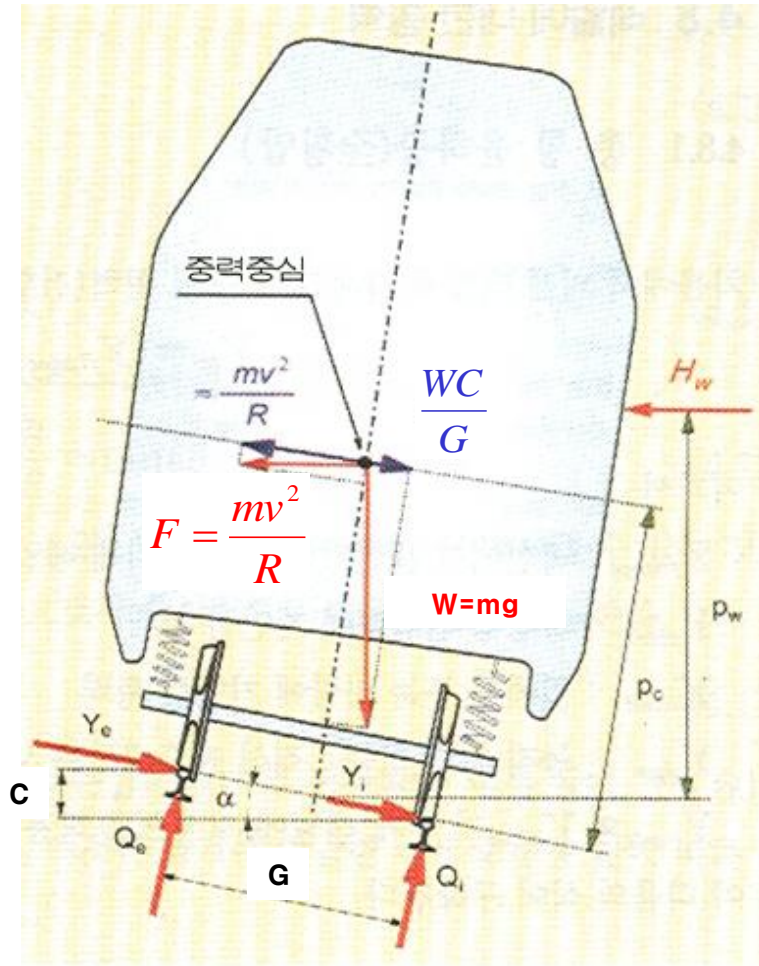
1) 직선부

- 양쪽 레일의 높이를 균등하게 유지.
- 수평을 유지하기 위해 틀림의 한도를 규정해야 함.

2) 곡선부

- 캔트의 적용여부는 열차 및 궤도에 종대한 영향을 줌.
- 캔트>>열차속도 : ① 열차하중은 내측레일에 편의하여 내측레일에 손상을 크게 줌.
② 레일의 경사 및 궤도의 틀림을 조장하여 승차감을 저해시킴.
- 캔트<<열차속도 : ① 열차하중은 외측레일에 편의하여 외측레일에 손상을 크게 줌.
② 차량이 레일위로 승상탈선할 위험이 있음.

(2) 캔트공식의 유도



W : 차량중량, m : 차량의 질량, F : 원심력
 g : 중력가속도(9.8m/sec²), R : 곡선반경
 G : 궤간, C : 캔트, v : 물체의 원주속도

$$\tan \alpha = \frac{F}{W} = \frac{C}{G}$$

$$\therefore C = \frac{FG}{W} = F \times \frac{G}{W} \quad (1)$$

- 원 운동을 하고 있는 물체의 원심력(F)은

원심력 = $\frac{\text{물체의 원주운동가속도}}{\text{원의반지름}}$, 물체의 중량 = 질량 × 중력가속도

$$F = m \times \frac{v^2}{R}, \quad W = mg, \quad m = \frac{W}{g}$$

$$F = \frac{W}{g} \times \frac{v^2}{R} = \frac{Wv^2}{gR} \quad (2)$$

이때 차량의 중심과 원심력의 합력은 궤간의 중심을 지나야 한다.
 따라서 캔트를 기하학적으로 구하면

$$C = F \times \frac{G}{W} = \frac{Wv^2}{gR} \times \frac{G}{W} = \frac{v^2 G}{gR} \quad (3)$$

(3)식에서 열차의 속도 $v(\text{km/h})$ 를 $v(\text{m/sec})$ 으로 환산하면

$$v = \frac{v \times 1,000}{60 \times 60} (\text{m/sec}) = \frac{1}{3.6} v$$

$$C = \frac{\left(\frac{1}{3.6} \times v\right)^2 \times G}{gR} = \left(\frac{1}{3.6}\right)^2 \times \frac{v^2 G}{gR}$$

여기서 중력가속도 $g = 9.8\text{m/sec}^2$ 을 대입하면

$$C = \left(\frac{1}{3.6}\right)^2 \times \frac{1}{9.8} \times \frac{v^2 \times G}{R} = \frac{v^2 G}{127R} \quad (4)$$

여기서 C 는 단위가 m 이므로 1,000을 곱하여 mm 로 고치고, G 는 양측차륜의 접촉점간 거리(캔트의 적용거리)이다.

(구) $G =$ 궤간(1,435 m)을 적용하였으나

(신) $G =$ 궤간 + 레일 두부 폭(50 kgN , 60 kg 레일 모두 65 mm)
 $= 1,435 + 65 = 1,500(\text{mm})$

$$\therefore C = \frac{V^2 \times 1,500}{127 \times R} = \frac{1,500}{127} \times \frac{V^2}{R} = 11.8 \times \frac{V^2}{R}$$

그러나 실제 필요한 현장 부설 캔트공식은

$$C = 11.8 \times \frac{V^2}{R} - C_1$$

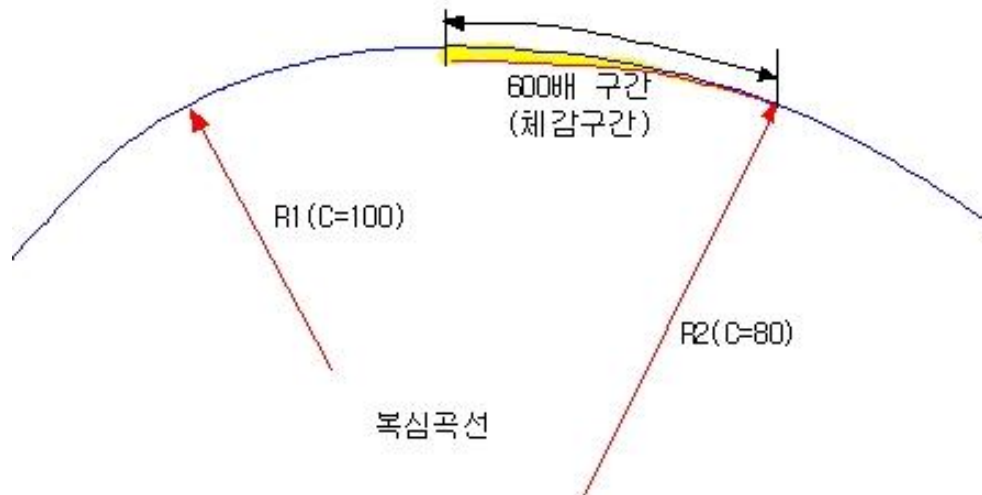
C : 적정캔트량

C_1 : 조정량(0~100 mm)

조정량(C_1)의 최대값을 100 mm 로 한것은 안전율과 승차감을 고려하여 허용캔트 부족량을 100 mm 로 한 것임.

(3) 캔트의 체감

- 1) 완화곡선이 있는 경우 : 완화곡선의 전 연장에서 체감한다.
- 2) 완화곡선이 없는 경우 : 원곡선 시·종점으로부터 직선방향으로 **캔트의 600배 이상의 길이에서 체감**
체감구간의 캔트가 원곡선내에서는 최고속도 통과열차에 대하여 100mm
이상 부족하지 않도록 한다.
- 3) 복심곡선의 경우 : 반경이 큰 곡선쪽으로 캔트차의 600배 이상의 길이에서 체감한다.



[그림] 복심곡선에서의 캔트체감

(4) 최대 캔트량의 결정

1) 정차중 차량의 전복한도 계산

$$\tan \alpha = \frac{\frac{G}{2}}{H} = \frac{C}{G} \Rightarrow \frac{G}{2H} = \frac{C}{G} \Rightarrow 2HC = G^2$$

$$\therefore C = \frac{G^2}{2H} \quad (\text{차량의 중심선이 } G/2 \text{를 벗어날 때 전복된다})$$

G : 좌우 차륜 접촉간의 거리

H : 레일면에서 차량 중심까지의 거리 2,000mm를 대입하면

$$\therefore C_1 = \frac{1500 \times 1500}{2 \times 2000} = 563 \text{mm}$$

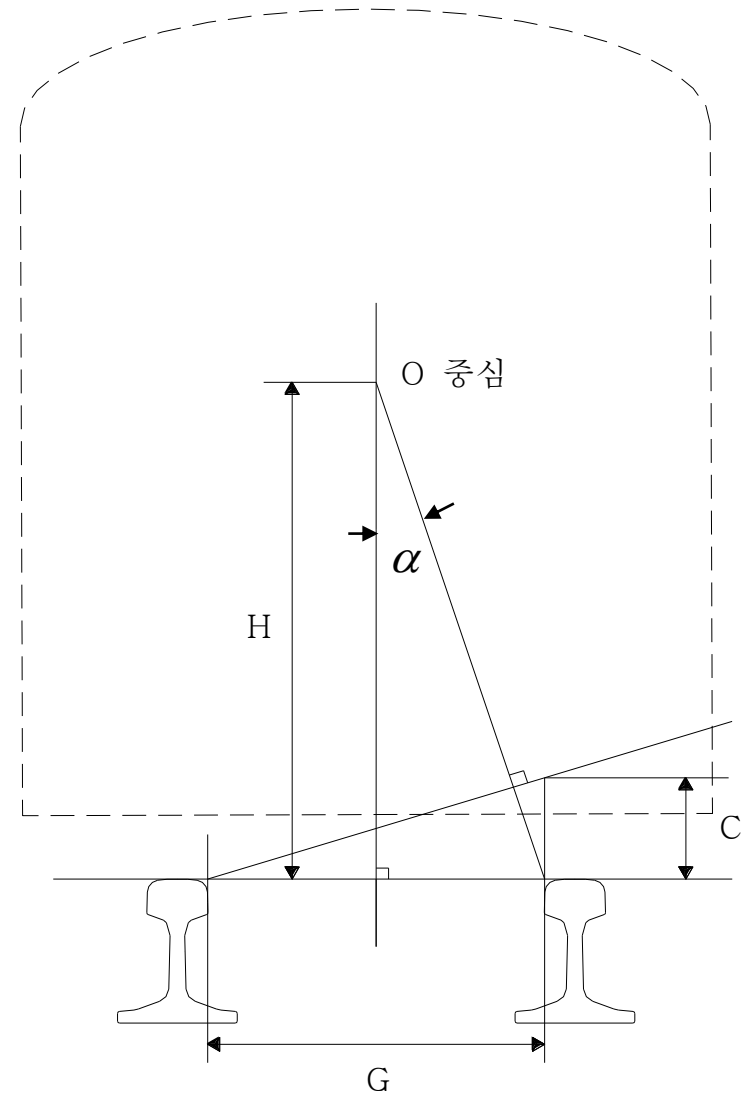
즉, 정차중인 차량은 캔트가 563mm일 때 전복한다는 뜻이다.

안전율을 3.5배로 고려하여 최대 캔트량을 160mm로 한 것이다.

$$S = \frac{C_1}{C} = \frac{563}{160} = 3.5 \quad \text{or}$$

$$S = \frac{G^2}{2 \cdot C \cdot H} = \frac{1500^2}{2 \times 160 \times 2000} = 3.5$$

최대캔트량 160mm는 어떠한 차량에도 정차중 전복에 대하여 안전함.



[그림] 정차 차량중심방향

2) 캔트를 160mm를 초과하지 못하도록 정한 이유

- 정차중 차량의 전복한도
- 안전율과 차량중심의 방향
- 차량의 속도와 전복에 대한 안전율을 감안

3) 안전율과 차량중심의 방향에 대하여 편의거리에 대한 안전율

$$\tan \alpha = \frac{X}{H} = \frac{C}{G} \quad \therefore X = \frac{C \cdot H}{G}$$

X = 편의거리

H = 레일면에서 차량중심까지의 거리 2,000mm

C = 최대 캔트량 (160mm)

G = 궤간 1,500mm

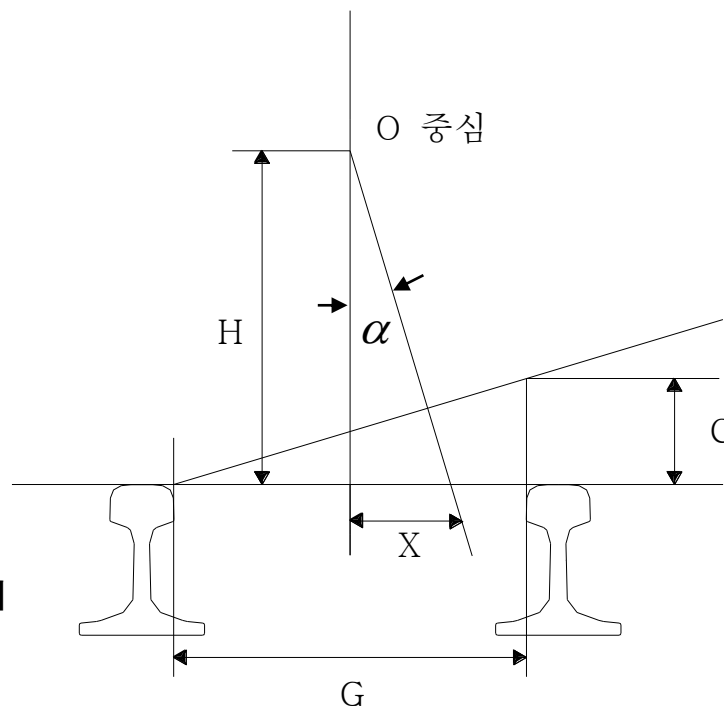
$$\therefore X = \frac{160 \times 2000}{1500} = 213mm$$

즉, C=160mm일 때 편의거리 X=213mm는 좌우 차륜 접촉점간 거리 궤간 G=1500에 대하여 1/7.0에 해당하므로 middle third에 있음.

$$\therefore X = 213mm \approx \frac{G}{7.0} = \frac{1}{3.5} \times \frac{G}{2} = \frac{G}{2S} = \frac{CH}{G}$$

$$\therefore S = \frac{G^2}{2CH}$$

정차중 차량이 캔트에 의하여 경사되는 안전율을 구하는 식.



[그림] 차량중심방향과 궤도중심관계

(6) 각국의 캔트량 산출공식

국 명	캔 트 공 식	최대캔트량	최대 캔트 부족량
미 국	$C = 0.000660DV^2 \text{ (in)}, \quad V = \text{mile/h}$	150	76
	미터법으로는 $C = 11.3 \times \frac{V^2}{R}$		
영 국	$C = \frac{GV^2}{127R} \quad V = \text{mile/h}$	150	89~51
프랑스	$\frac{0.5 \times 11.8V^2}{11.8 \frac{V^2}{R} R} < C < \frac{0.7 \times 11.3}{R}$	180 (실용 160)	150 (실용 130)
일 본	일반 $C = 10 \times \frac{V^2}{R} \quad V = \text{최대속도}$	협궤 : 115 광궤 : 170 최대 : 180	100
	최소 $C = 8 \times \frac{V^2}{R}, \quad \text{신간선} =$		
독 일	표준 $C = 8 \frac{V^2}{R}, \quad \text{최소} C = 11.8 \frac{V^2}{R} - 90$	150	100
스위스	$C = \frac{8(V+5)^2}{R}$	150	121~96
오스트리아	$\frac{9 \frac{V^2}{R}}{1 + 0.025 \frac{V^2}{R}} < C < \frac{13 \frac{V^2}{R}}{1 + 0.025 \frac{V^2}{R}}$	150	90 (실용 60)
한 국	$11.8 \frac{V^2}{R} - C', \quad C' = 0 \sim 100$	160	100

[최대칸트, 최대부족칸트]

선로에는 다양한 속도의 열차가 주행한다.

그러므로 그 곡선을 통과하는 최고속도의 열차를 기준으로
위의 균형 칸트 식에 의해서 칸트 값을 구한다.

하지만 다양한 속도의 열차가 운행하는 경우 그 칸트량은 가장 적당하다고 할수 없다.

그래서, 어떤 선로의 곡선에서 고속으로 달리는 열차가 많으면 칸트를 높게 하고,
저속으로 달리는 열차가 많으면 칸트를 적게 한다.

또한, 유지보수를 하면서 외측레일에 횡압이 많이 가해져서
설정 칸트 보다 칸트가 부족하게 되면 칸트를 조금 높여 주어야 하고,
내측레일에 수직하중이 가해져 칸트가 초과하면 칸트를 줄이게 된다.

따라서, 곡선을 통과하는 최고속도의 열차에 맞게 균형칸트공식을 적용하여
칸트를 설정하면 원심력에 의한 열차의 안전성은 좋아지나
열차가 곡선에서 정차하였을 경우 차량의 무게중심이 내측으로 기울어져
탈선의 우려가 있기 때문에 "최대설정칸트"를 두는 것이고
반대로, 칸트를 낮추었을 때 그 곡선을 최고속도로 통과시
열차가 원심력에 의해 곡선외측으로 탈선하지 않도록 하기 위해서
부족한 칸트량의 최대값을 정하게 되는데 이것을 최대부족칸트라고 한다.

[철도의 건설기준에 관한 규정 2023.2.7개정]

설계속도	자갈도상 궤도		콘크리트도상 궤도	
	최대 설정칸트 (밀리미터)	최대 부족칸트 ⁽¹⁾ (밀리미터)	최대 설정칸트 (밀리미터)	최대 부족칸트 ⁽¹⁾ (밀리미터)
$350 < v \leq 400$	-(²)	-(²)	180	130
$250 < v \leq 350$	160	80	180	130
$v \leq 250$	160	100 ⁽³⁾	180	130

⁽¹⁾ 최대 부족칸트는 완화곡선이 있는 경우, 즉, 부족칸트가 점진적으로 증가하는 경우에 한한다.

⁽²⁾ 설계속도 $350 < v \leq 400$ 킬로미터/시간 구간에서는 콘크리트도상 궤도를 적용하는 것을 원칙으로 하고, 자갈도상 궤도 적용 시에는 별도로 검토하여 정한다.

⁽³⁾ 기존선을 250킬로미터/시간까지 고속화하는 경우에는 최대 부족칸트를 120밀리미터까지 할 수 있다.

5) 최고칸트와 열차속도

- C=160mm, 안전율=4일 때, H=2,000mm

$$v = \sqrt{127R\left(\frac{G}{2SH} + \frac{C}{G}\right)} = \sqrt{127 \times R\left(\frac{1,500}{2 \times 4 \times 2,000}\right) + \frac{160}{1,500}} = 5.05\sqrt{R} \text{ (km/h)}$$

- C=160mm, 안전율=6.4일 때, H=2,000mm

$$v = \sqrt{127R\left(\frac{G}{2SH} + \frac{C}{G}\right)} = \sqrt{127 \times R\left(\frac{1,500}{2 \times 6.4 \times 2,000}\right) + \frac{160}{1,500}} = 4.54\sqrt{R} \text{ (km/h)}$$

- C=0mm, 안전율=6.4일 때, H=2,000mm

$$v = \sqrt{127R\left(\frac{G}{2SH} + \frac{C}{G}\right)} = \sqrt{127 \times R\left(\frac{1,500}{2 \times 6.4 \times 2,000}\right) + \frac{0}{1,500}} = 2.61\sqrt{R} \text{ (km/h)}$$

6) 역칸트일 때 속도제한

v : 열차최고속도(km/h)

R : 곡선반경, G : 좌우 차량접촉간의 거리(1,500mm)

H : 레일면에서 차량중심까지의 거리(2,000mm)

S : 안전율(7.0)

C : 역칸트량(mm)

$$\therefore v = \sqrt{127R\left(\frac{G}{2SH} - \frac{C}{G}\right)}$$

7) 설계속도를 산정하는 공식

① 최고속도를 설계속도로 하는 방법

$$V_d(\text{설계속도}) = V_{\max}(\text{최고속도})$$

③ 열차종별 평균방법

▪ 일반자승평균법

$$V_d = \sqrt{\frac{v_1^2 + v_2^2 + v_3^2 + v_4^2 + \dots + v_n^2}{N}} = \sqrt{\frac{\sum v^2}{N}}$$

▪ 특정가중 자승평균법

$$V_d = \sqrt{\frac{4 \sum v_1^2 + \sum v_2^2}{4N + n}}$$

v_1 : 여객열차속도 v_2 : 화물열차속도

N : 여객열차수 n : 화물열차수

▪ 열차종별 자승평균법

$$V_d = \sqrt{\frac{n_1 v_1^2 + n_2 v_2^2 + \dots + n v_n^2}{N}} = \sqrt{\frac{\sum n v^2}{\sum N}}$$

v : 대표열차속도, n : 종류별 열차회수

② 통과속도의 평균치를 산술평균하는 방법

$$V_d(\text{설계속도}) = \frac{V_{\max}(\text{최고속도}) + V_m(\text{평균속도})}{2}$$

▪ 충격가중 자승평균법

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

v : 대표열차속도
 n : 종류별 열차회수

▪ 최대최소 자승법

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

▪ 종류별 열차평균속도의 자승평균법

$$V_d = \sqrt{\frac{V_a^2 + V_b^2 + V_c^2 + V_d^2}{4}}$$

V_a : 특급열차의 평균속도, V_b : 통과여객열차의 평균속도

V_c : 정차여객열차의 평균속도, V_d : 통과화물열차의 평균속도

❖ 연습 문제

[문제1] P.C 침목의 검사주기와 검사사항 및 갱환(불량)기준을 쓰시오.

- 1) 검사주기 : 본선 년 2회이상, 측선 년 1회이상
- 2) 검사사항 : ① 침목구체 손상유무 ② 체결구 손상 상태 ③ 마모기능 상태
- 3) 불량판정 : ① 구체가 균열되어 기능유지가 곤란한 것
② 스프링클립(왓사)탄성기능이 상실되고 재질이 손상된 것
③ P.C 강선 등의 강재가 절손된 것
④ 체결구(볼트 및 너트)가 훼손되어 체결기능이 상실된 것

[문제2] 침목의 P.C화 효과를 쓰시오.

- 1) 궤도강화로 열차 안전운행의 확보
- 2) 선로보수주기 연장 및 보수비 절감
- 3) 수명이 길고, 경제적임
- 4) 기상작용에 대한 저항력이 큼
- 5) 부식의 염려가 없음

[문제3] P.C 침목 부설시 유의사항을 쓰시오.

- 1) P.C 침목을 취급 할 때에는 콘크리트가 파손되거나 응력이완이 일어나지 않도록 주의하고 특히 1m 이상 높은곳에서 떨어뜨려서는 안된다.
- 2) P.C침목을 부설할때에는 목침목과 혼용하여 부설하여서는 안되며 P.C 침목만을 몰아서 부설하여야 한다.
- 3) 급곡선용으로 특별히 제작하지 아니한 P.C침목은 반경 600m이상의 곡선에 부설하는 것을 원칙으로 하되 반경 600m 미만의 곡선에 부설할 경우에는 침목의 횡저항력 강화에 유의하고 특히 도상을 보강하여야 한다.
- 4) P.C침목을 운송할때에는 반드시 상당한 크기의 목재 받침목을 사용하여 손상 또는 편압, 이상응력이 발생되지 않도록 하여야 한다.

[문제4] 콘크리트침목은 제조방법에 따라 철근콘크리트(R.C침목)과, 프리스크레스트 콘크리트침목(P.C침목)으로 구분되나 현재 P.C침목이 많이 이용되고 있다. P.C침목은 프리스트레스를 주는 시기에 따라 프리텐션공법과 포스트텐션 공법으로 구분된다. 각 공법에 대해 설명하시오.

- 1) 프리텐션 : 긴장아바트먼트에 P.C강선을 병렬하고 소정의 인장력을 준 상태에서 콘크리트를 넣고 양생하여 경화한 후 거푸집 외측의 강선을 절단하므로써 P.C강선과 콘크리트와의 부착력에 의하여 침목에 압축응력을 도입시키는 것이다.
- 2) 포스텐션 : P.C강봉이 콘크리트에 부착되지 않도록 한 후에 콘크리트를 경화시킨 후 P.C강봉에 인장력을 주어 콘크리트에 압축응력을 도입시키는 공법이다. 따라서 P.C강봉 끝부분에 정착장치가 필요하며 압축응력 도입후에는 P.C강봉과 콘크리트 틈에 시멘트페이스트를 주입시켜 부착력이 작용할 수 있도록 하는 것이다.

[문제5] P.C침목 양생방법 및 특징을 쓰시오.

1) 양생방법 : 가) 프리텐션공법 나) 포스텐션공법

2) 특징

- 가) 허용하중에 대하여 균열을 완전히 방지시킬 수 있으며, 혹시 과대하중으로 균열이 발생하였어도 P.C강선의 탄성한계 내에서는 실사용상 지장이 없다.
- 나) 철근콘크리트 침목보다 단면이 적으므로 자중이 적고 재료를 절약 할 수있다.
- 다) 수입 목침목에 비하여 가격에 대차가 없다.
- 라) 목침목보다 종량이 커서 궤도의 안전도가 높다.

분기장치(Turnout)

분기기의 정의

(1) 정의

열차 또는 차량을 한궤도에서 타궤도로 전환시키기 위하여 궤도상에 설치한 설비를 분기장치 또는 분기기(turnout)라 함.

(2) 분기기 구성

- 1) 포인트부(point)-진입부
- 2) 리드부(lead)-방향전환부
- 3) 크로싱부(crossing or frog)-통과부

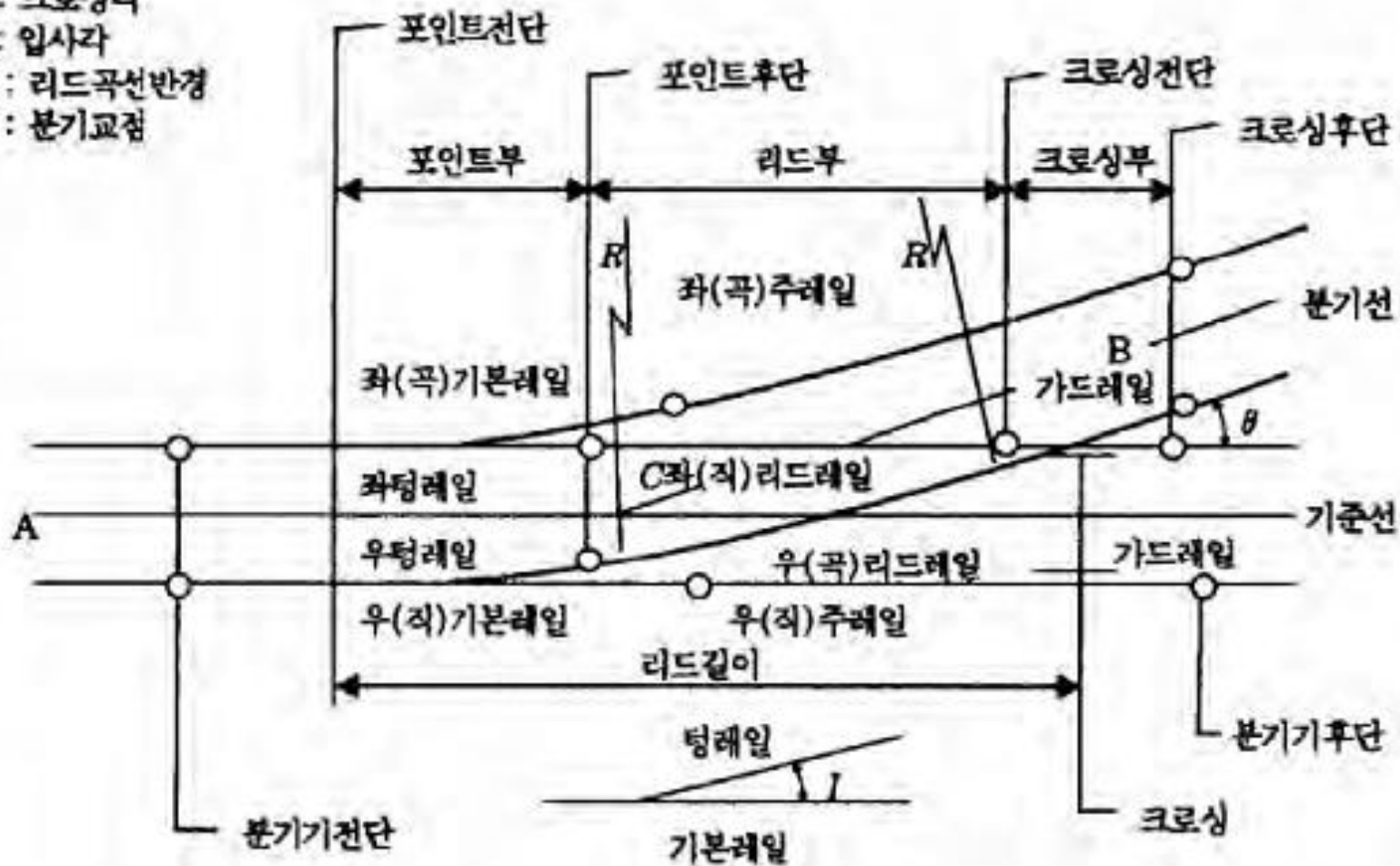
(3) 용어의 정의

- 1) 대향 : 열차가 분기기를 통과할 때 포인트에서 크로싱방향 즉 분기기 전단에서 후단으로 진입.
- 2) 배향 : 열차가 분기기를 통과할 때 크로싱에서 포인트방향으로 진입. 대향보다 운전속도가 높다.
- 3) 직선텁레일 : 열차진입 시 기본레일과 텁레일 사이에 입사각 1°가 형성되는 텁레일.
- 4) 곡선텁레일 : 기본레일과 텁레일 사이의 입사각이 없으며 열차진동의 감소효과가 있음.

(4) 분기기 주요 부재

- | | | |
|--------|--------|---------|
| 1) 텁레일 | 2) 크로싱 | 3) 가드레일 |
|--------|--------|---------|

θ : 크로싱각
 I : 입사각
 R : 리드곡선반경
 C : 분기교점



[그림] 분기기 각부의 명칭



분기기의 종류(kind of turnout)

(1) 배선에 의한 종류

- 1) 편개분기기(simple turnout) : 가장 일반적인 기본형으로 직선에서 적당한 각도로 좌우로 분기한 것.
- 2) 양개분기기(double curve turnout) : 직선궤도로부터 좌우 양측으로 같은 각도로 분기하는 것.
- 3) 진분분기기(unsymmetrical double curve turnout) : 배선에 의한 분기기중 구내 배선상 좌우 임의 각도로 분기각을 서로 다르게 하는 것.
- 4) 곡선분기기(curve turnout) : 기준선이 곡선인 것.
- 5) 내방분기기(double curve turnout in the same direction) : 곡선궤도에서 분기선을 곡선내측으로 분기시킨 것.
- 6) 외방분기기(double curve turnout in the opposite direction) : 곡선궤도에서 분기선을 곡선외측으로 분기시킨 것.
- 7) 복분기기(double turnout) : 하나의 궤도에서 3 또는 2 이상의 궤도로 분기한 것.
- 8) 3지분기기(three throw switch) : 직선 기준선을 중심으로 동일 개소에서 좌우대칭 3선으로 분기시킨 것. 화차조차장에 많이 사용.
- 9) 3선식분기기(mixed gauge turnout) : 궤간이 다른 두 궤도가 병용되는 궤도에 사용.

(2) 편개분기의 종류

- 1) 좌(左)분기기(left hand turnout) : 분기기 전단에서 봤을 때 기본선에서 좌측으로 굴곡된 분기기.
- 2) 우(右)분기기(right hand turnout) : 분기선이 기준선 우측으로 굴곡된 분기기.

(3) 교차(cross)에 의한 종류

- 1) **다이아몬드 크로싱** : 두 선로가 평면 교차하는 개소에 사용(직각 또는 사각으로 교차).
- 2) **한쪽 건널 교차(single slip switch)** : 다이아몬드 크로싱 내에서 좌 또는 우측의 한쪽으로 건널선을 설치한 것.
- 3) **양쪽 건널 교차(double slip switch)** : 2개의 사각 다이아몬드 크로싱을 사용하여 다이아몬드 크로싱 내에서 좌·우측 양쪽으로 건널선을 설치한 것.

(4) 특수용 분기기의 종류

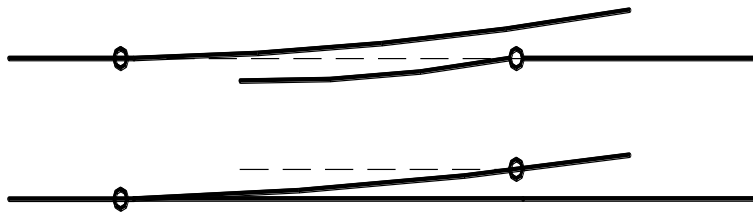
1) 승월분기기(run-over type switch) : 분기선이 본선에 비해 중요하지 않거나 사용회수가 적은 경우 사용. 기본선에는 텅레일, 크로싱이 없고 보통 주행레일로 구성된 편개분기기.

(분기기선 외궤륜은 결선이 없는 주행레일 위로 넘어가게 됨.)

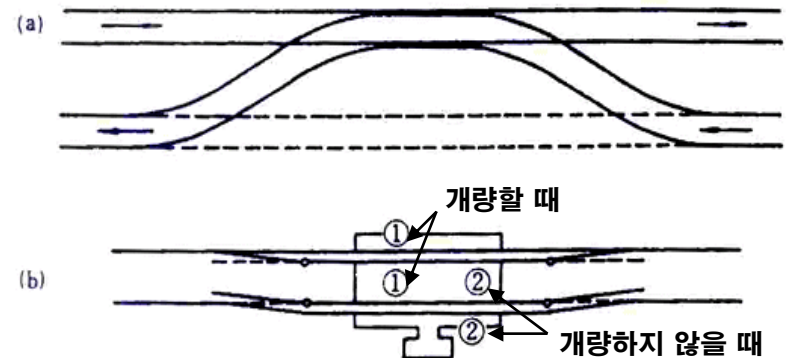
2) 천이분기기(continuous rail point) : 승월분기기와 비슷하나 분기선을 배향통과시키지 않는 것.

3) 탈선분기기(derailing point) : 단선구간에서 신호기를 오인하는 경우 운전보안상 중대한 사고가 예측될 때 고의로 탈선시켜 마주 오는 열차 또는 구내진입시 유치열차와 충돌을 방지하기 위해 사용.

4) 간트렛궤도(gantlet track) : 복선중의 일부 구간에 한쪽 선로가 공사 등으로 장애가 있을 때 사용. 포인트 없이 2선으로 크로싱과 연결선으로 되어있는 특수선.



[그림] 탈선 포인트



[그림] 간트렛 궤도

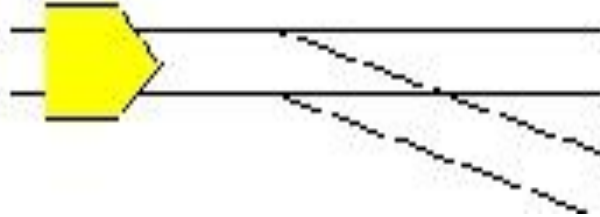
(a) 편개 분기기	(b) 양개 분기기	(c) 진분 분기기
(d) 내방 분기기	(e) 외방 분기기	(f) 다이아몬드 크로싱
(g) 건넘선	(h) 시저스크로소버	(i) 싱글슬립스위치
(j) 더블슬립스위치	(k) 3지분기기	(l) 3선식분기기

[그림] 분기기의 종류

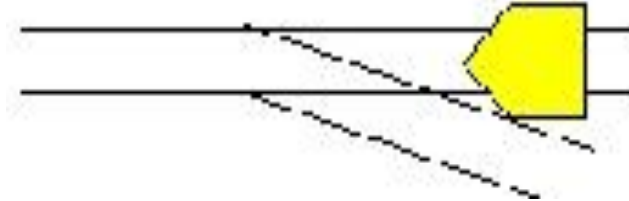
(4) 분기기 사용방향에 의한 호칭

1) 대향(對向)분기(facing of turnout) : 열차가 분기를 통과할 때 분기기의 전단으로부터 후단으로 진입할 경우

2) 배향(背向)분기(trailing of turnout) : 주행하는 열차가 분기기 후단으로부터 진입할 때
- 운전상 안전도는 배향분기는 대향분기보다 안전하고 위험도가 적다.



(a) 대향



(b) 배향

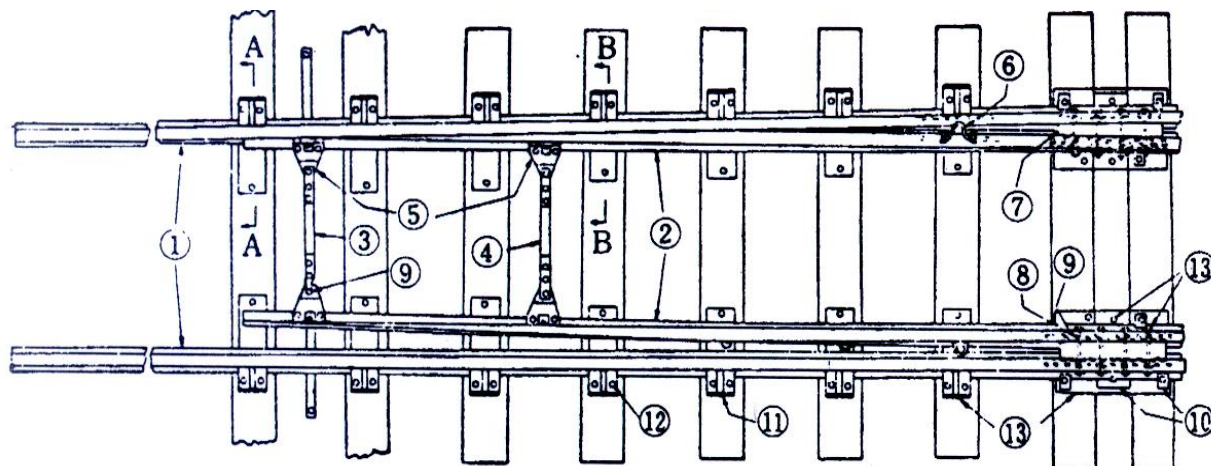
[그림] 분기기의 대향과 배향



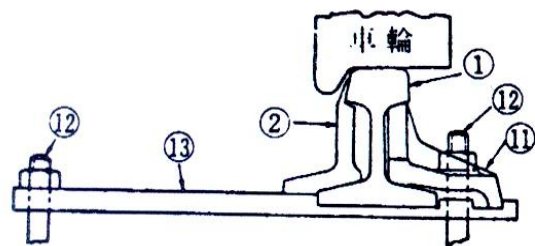
포인트(팅레일, point)

(1) 개요

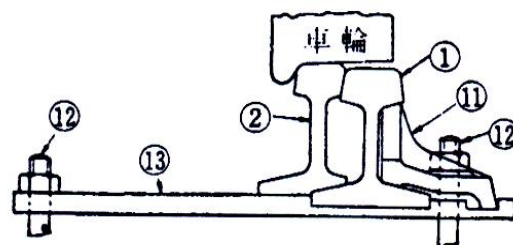
- 차량을 2개 또는 3개의 궤도 중에서 어느 궤도로 진입시킬 것인가를 선택하는 부분.
- 차량의 주행 방향을 결정하는 2개의 팅레일이 존재.
- 직선에 가까워 고속으로 주행할 수 있는 쪽 - **기준선 측**
- 일정한 각도를 가지고 분기되며 분기에 있어 속도를 부득이하게 제한하는 쪽 - **분기선 측**



- ① 기본레일
- ② 첨단레일
- ③ 전철간
- ④ 조절간
- ⑤ 연결판
- ⑥ 멈춤쇠
- ⑦ 간격재
- ⑧ 이음매판
- ⑨ 카라
- ⑩ 좌철
- ⑪ 레일 버팀쇠
- ⑫ 나사보울트
- ⑬ 상판

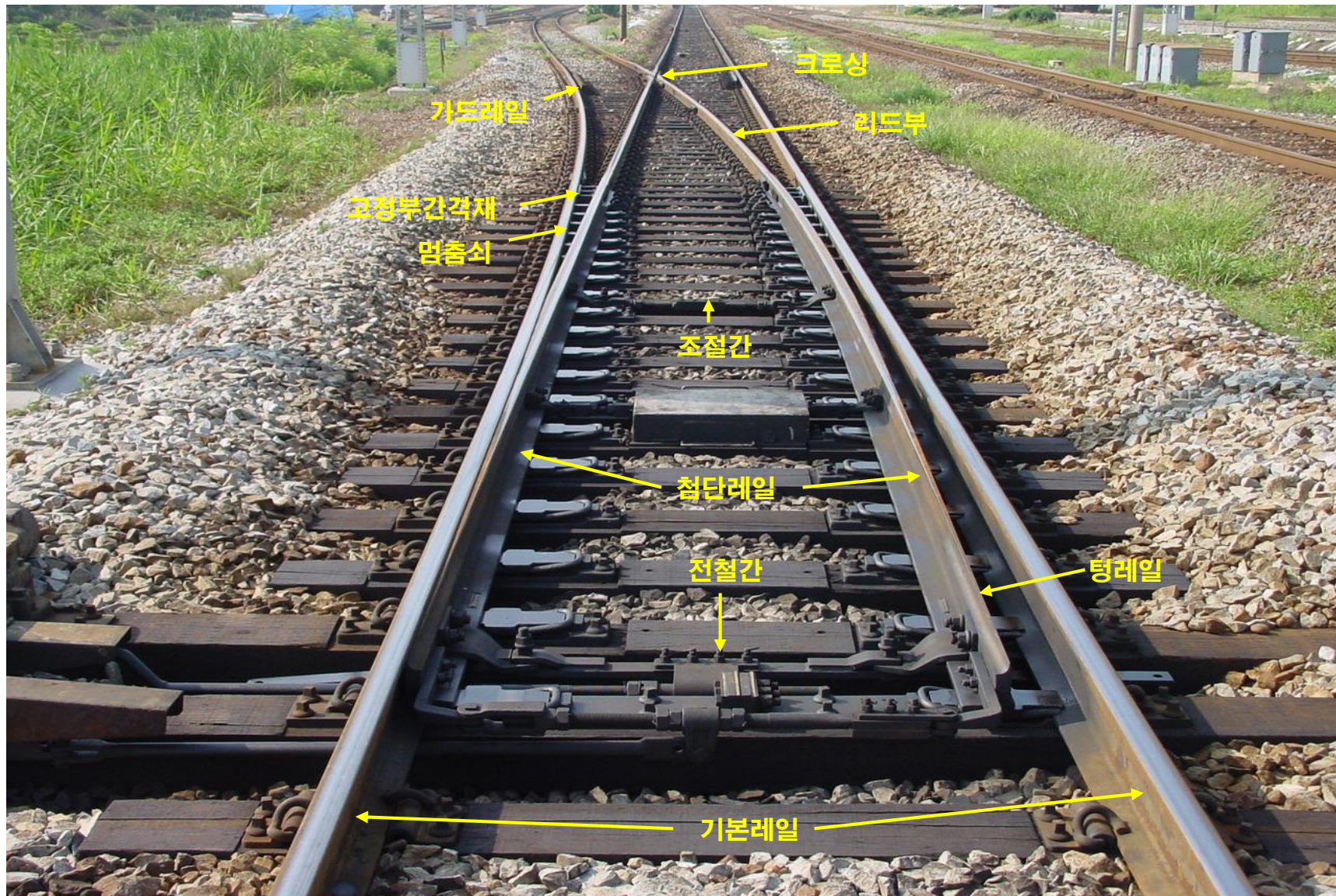


단면 A-A



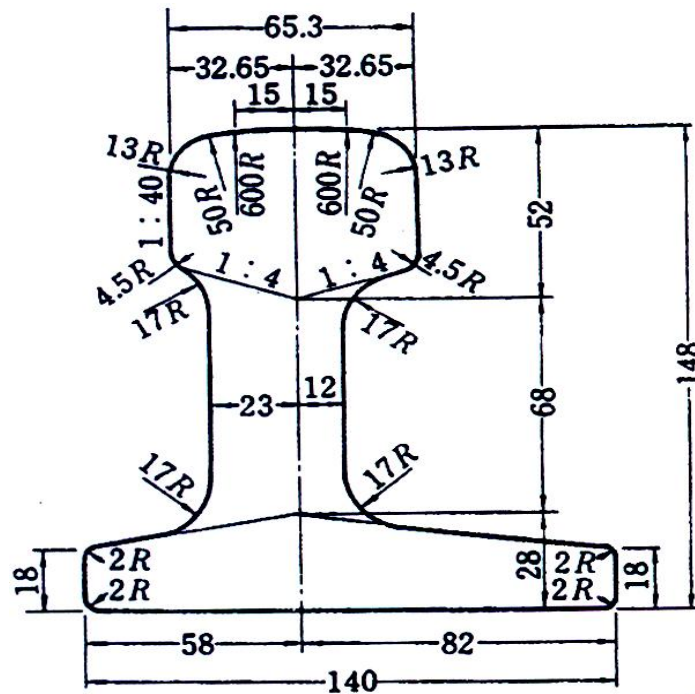
단면 B-B

[그림] 첨단포인트의 구조

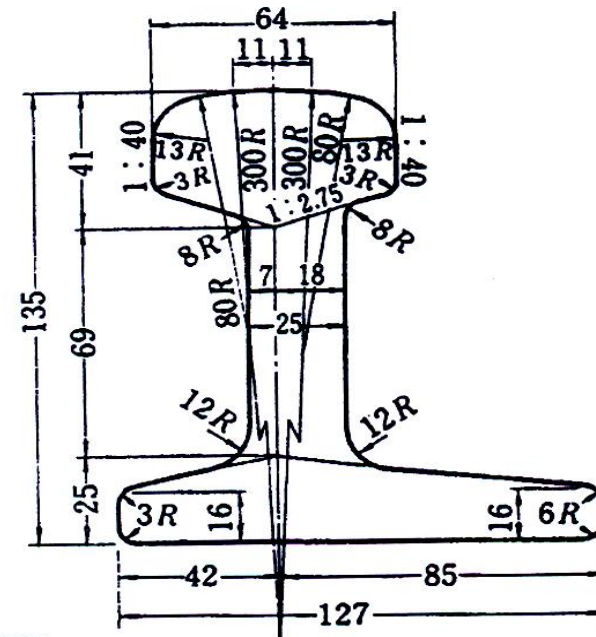


(2) 텅레일(tongue rail)

- 텅레일은 보통레일을 얇게 깎아서 기본레일에 밀착시켜 전환하는 구조.
- 건축한계 내에서 가능한 큰 강도를 갖는 것이 유리함.
- 아래 그림과 같은 비대칭 단면의 레일을 삭정하여 사용.



(a) 70S형 레일



(b) 50S형 레일

단위 : mm

[그림] 분기기용 S형레일

(3) 구조에 의한 포인트의 분류

1) 둔단포인트(stub switch) :

- 보통레일 모양의 가동레일을 이용하여 가동레일과 포인트 전후의 레일과의 접속부가 보통이음매와 같은 모양의 구조.
- 구조가 간단하고 견고하나 분기선에 진입할 때 레일의 결손구간이 레일에 충격을 줌. 근래는 사용하지 않음.

2) 첨단포인트(split switch or point switch) :

- 가장 많이 사용되는 포인트이며 2개의 첨단레일을 설치.
- 선단부분이 뿔뿔하게 되어 있는 형상을 한 텅레일을 이용한 포인트.
- 선형에 따라 직선포인트, 입사각이 없는 곡선포인트, 입사각이 있는 곡선포인트의 3형식으로 나뉨.

① 직선포인트

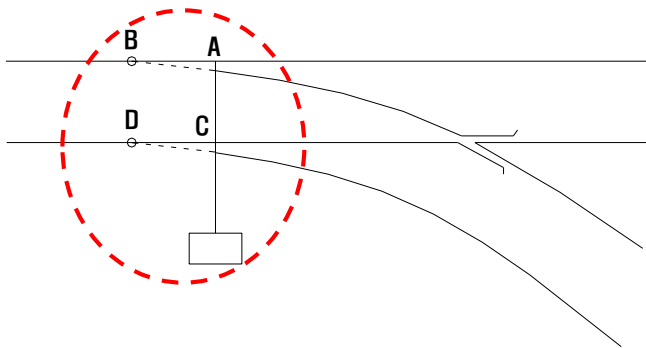
- 편개, 양개, 진분 분기기에 공통인 포인트 사용가능.
- 입사각이 존재하므로 차량의 동요가 크고, 레일의 마모가 현저함.
- 텅레일의 가공이 용이함.

② **입사각이 있는 곡선 포인트**

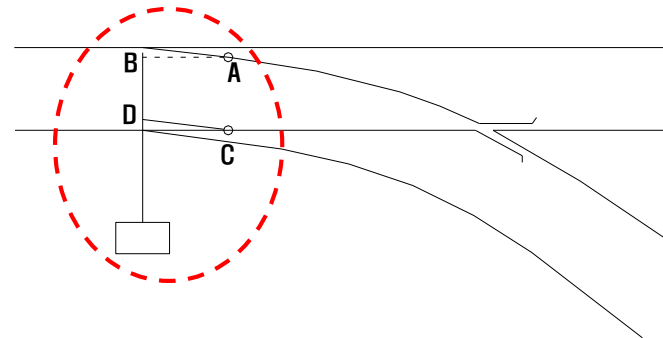
- **팅레일의 가공이 어려움.**
- **팅레일의 길이가 비교적 짧음.**

③ **입사각이 없는 곡선 포인트**

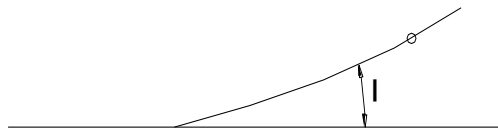
- **팅레일의 곡선이 기본레일에 접선이므로 입사각이 없음.**
- **편개, 양개, 진분 분기기에 대해 각각 별개의 포인트를 설계해야 함.**
- **팅레일의 가공이 어려움.**



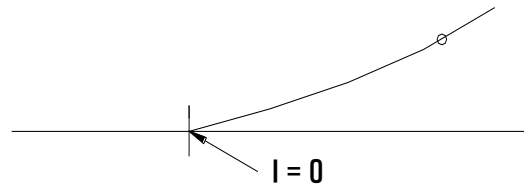
[그림] 둔단 포인트



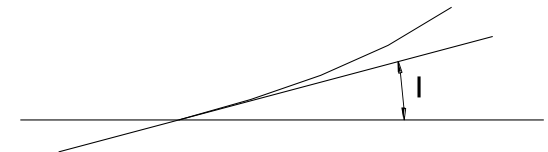
[그림] 첨단 포인트



(a) 직선 텅레일



(b) 곡선 텅레일(입사각 무)

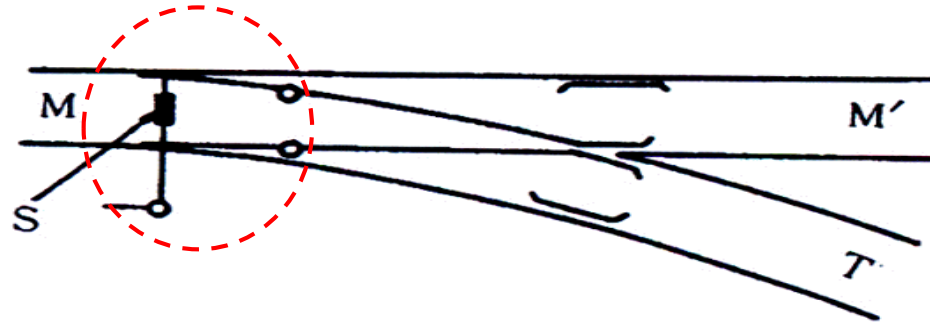


(c) 곡선 텅레일(입사각 유)

[그림] 첨단포인트의 종류

3) 스프링포인트(spring point) :

- 강력한 스프링의 작용으로 평상시는 통과량이 빈번한 MM' 방향으로 개통되어 있는 포인트(전철기).



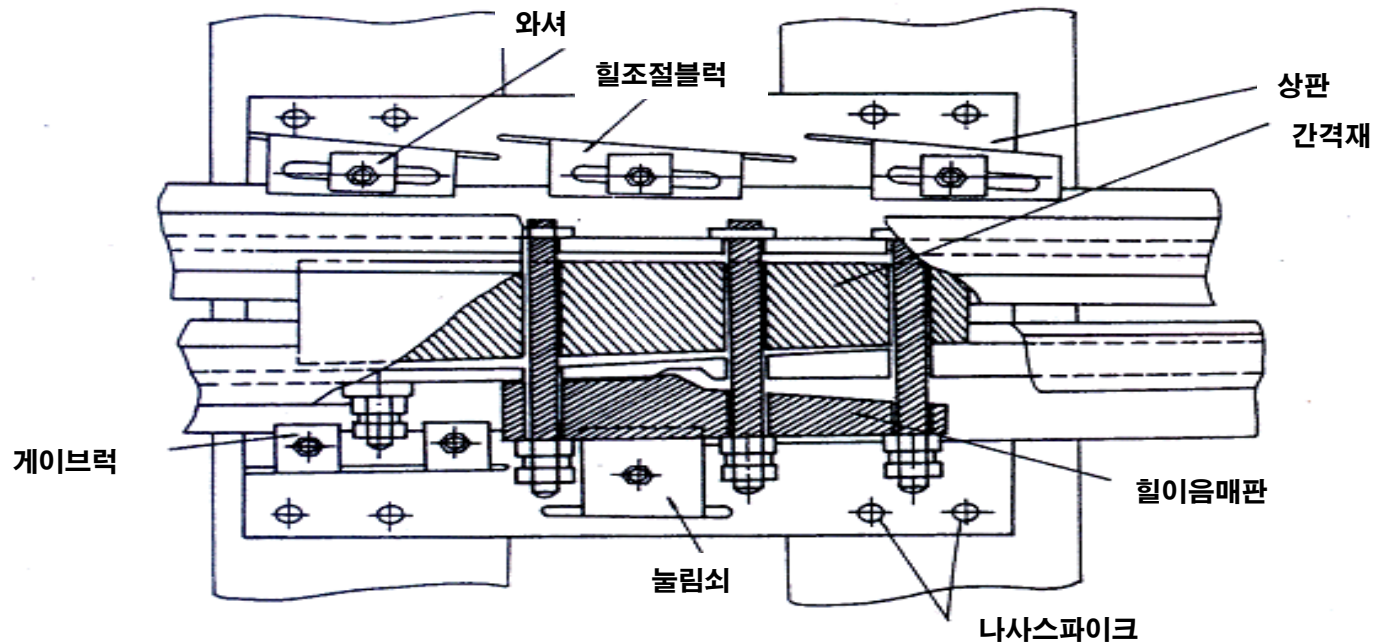
[그림] 스프링 포인트

4) 승월포인트(run over type switch) :

- 분기선이 본선에 비하여 중요치 않은 경우, 또는 분기선을 사용하는 횟수가 드문 경우에 사용.

(4) 후단 이음매(heel joint)

- 후단이음매는 팅레일의 후단으로써 기본레일과 텡레일 간에 차륜 통과에 필요한 윤연로(flange way)가 확보되어야 함.
- 팅레일 전환을 쉽게하고 차륜 통과 시 진동을 최대한 적게시키는 이음매 구조라야 함.
- 후단이음매 구조에 의한 포인트의 구분 : 활절포인트, 관절포인트, 탄성포인트(통포인트)
- 고번분기인 경우 용접으로 고정시켜 전환할 때 텡레일을 휘게하여 승차감과 보수효과를 얻는 탄성포인트를 많이 사용하고 있음.



[그림] 후단 이음매의 구조

(5) 입사각(incident angle, switch angle)

- **이론교점(theoretical point)** : 기본레일의 궤간선과 텅레일 궤간의 교점.
- **실제교점(sctual point)** : 텅레일 선단은 약간의 살이 있어 실제로는 조금 뒤에서 교차하는 점.
- **입사각(switch angle)** : 이 궤간선의 교각.
- 분기시 차륜이 텅레일에 닿는 부분을 적게 하기 위하여 입사각을 될 수 있는 대로 작게하는 것이 좋음.
- 입사각이 작으면 텅레일이 길어지고 곡선반경이 커지며 곡선형 텅레일의 경우 입사각을 0으로 할 수 있음.
- 한국철도의 경우 직선형 텅레일 → 곡선형 텅레일을 사용.



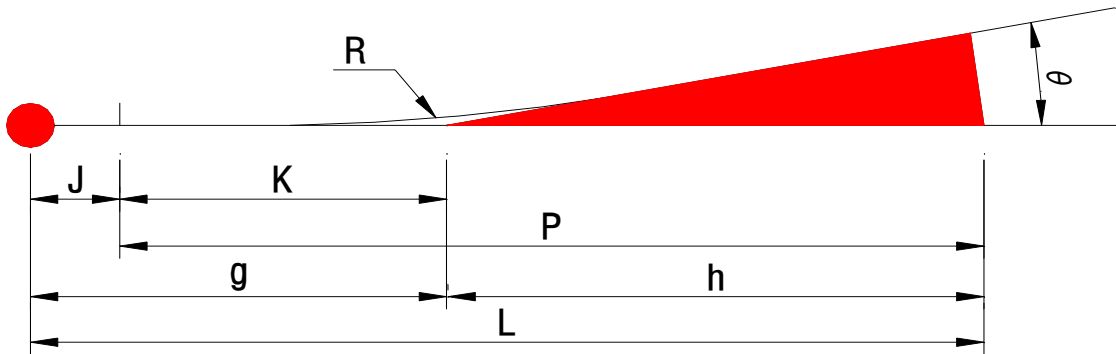
[그림] 분기입사각

[표] 각종 포인트의 침단레일과 입사각

포인트종별	레일종별(kg)	분기기번호	침단레일길이 (mm)	입사각
보통 포인트	30, 37	8	3,658	2° 05′ 01″
		10	4,572	1° 40′ 01″
		12	5,486	1° 23′ 21″
	50	8	4,000	2° 00′ 21″
		10	5,000	1° 36′ 16″
		12	6,000	1° 20′ 13″
모자형 포인트	50	8	4,500	1° 04′ 00″
		10	5,500	0° 57′ 20″
		12	6,500	0° 47′ 43″
		16	7,000	0° 47′ 48″

(6) 분기기의 스켈톤(skeleton)

- 분기기 배선계획 시 수치로 기재하는 그림.
- 분기기 전장과 분기교점에서 분기 전후 끝까지의 거리.
- 벌어짐과 크로싱각 등을 표시.



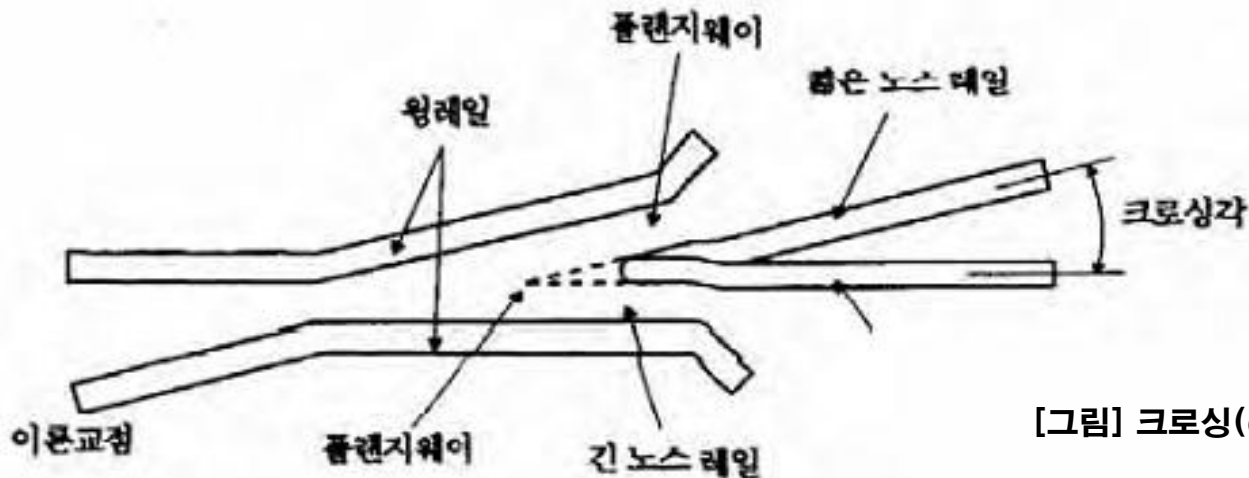
[그림] 스켈톤(skeleton)



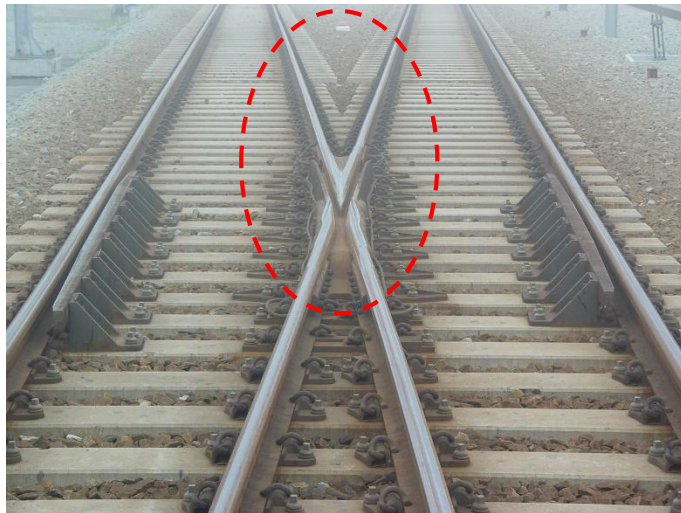
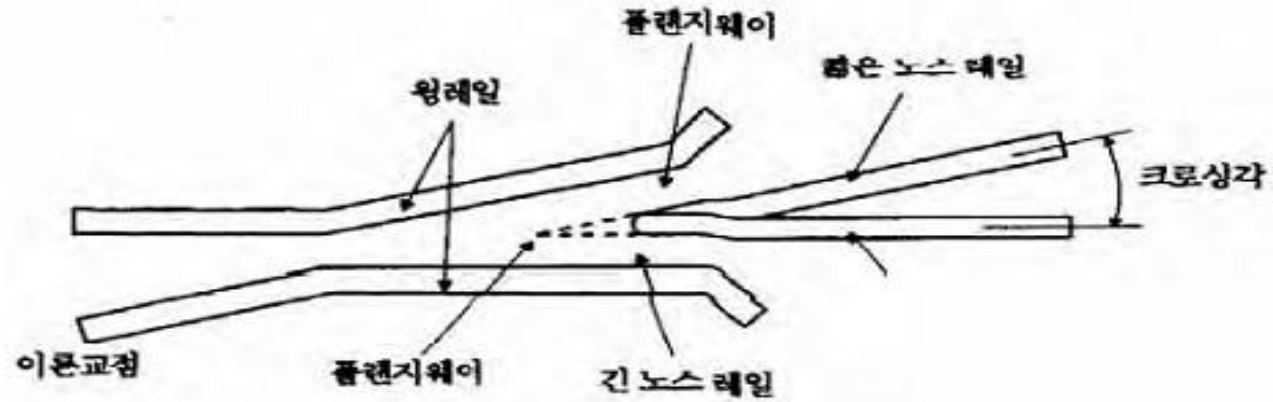
크로싱(crossing)

(1) 크로싱의 기본 개념

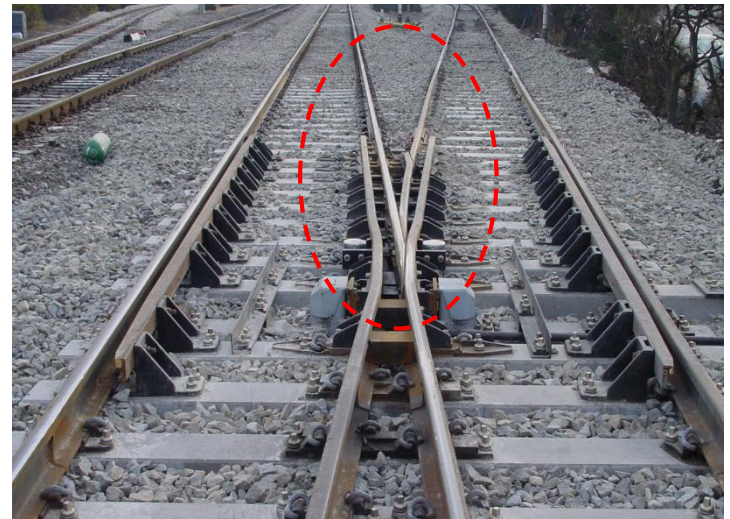
- 크로싱부 : 궤간선이 서로 교차하는 부분.
- V자형의 노스레일(nose rail)과 X자형의 윙레일(wing rail)로 구성.
- 기본선과 분기선이 교차하는 곳에 윤연로를 확보하려면 일반적으로 궤간선에 결선부가 생김.
- 이 부분에 차량이 통과할 때 차륜은 노스레일의 선단을 밟아 손상과 마모가 생기기 쉬움.
- 이론상의 크로싱 궤간선의 교점보다 약간 후단쪽에 두고 높이도 윙레일보다 낮게 함.
- 최근에는 망간크로싱을 많이 사용하고 있음.
- 결선부를 없애기 위해 가동노스크로싱을 사용하기도 함.



[그림] 크로싱(crossing)의 구조



(a) 망간크로싱



(b) 가동 노스크로싱

[그림] 분기기 크로싱의 대표형식

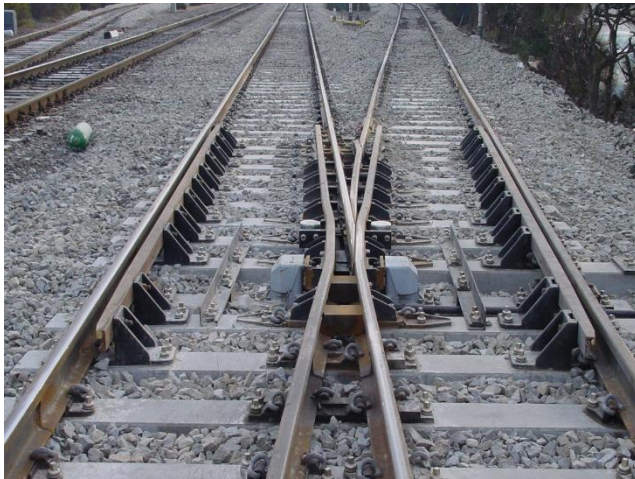
(2) 크로싱의 종류(kind of crossing)

1) 고정크로싱(rigid frog or rigid crossing) :

- 크로싱의 각부가 고정되어 윤연로가 고정되어 있는 것.
- 차량이 어떤 방향으로 진행하든지 결선부를 통과하여야 하므로 차량의 진동과 소음이 크고 승차감 나쁨.

2) 가동크로싱(movable frog) :

- 크로싱의 최대 약점인 결선부를 없게 하여 레일을 연속시켜 차량의 충격, 동요, 소음 등을 해소하고 승차감을 개선하여 고속열차운행의 안전도 향상을 도모하는데 그 목적이 있음.



① 가동 노스 크로싱(movable nose crossing):

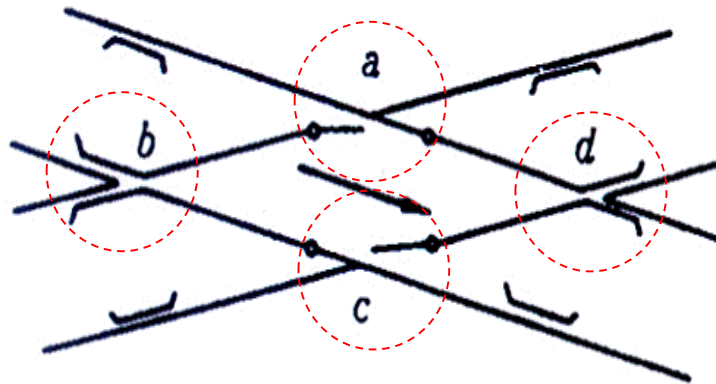
- 크로싱의 노즈 일부가 좌우로 이동할 수 있는 구조로 되어 있어 노즈의 선단부가 양측 워레일 측면에 밀착하여 결선부분을 차량의 진행방향으로 개통시키고 연결시켜 차량통과를 원활하게 한 크로싱.

② 가동 둔단 크로싱(천이 포인트, movable stub crossing) :

- 정척레일을 그대로 사용하여 한쪽은 크로싱 교차 위치에서 제자리회전만 가능하게 하고 다른 한 쪽은 좌우로 이동이 가능하여 차량의 진행방향으로 개통시켜 연속된 레일상을 주행할 수 있도록 한 것.
- 신호의 오작동 우려가 크고 열차운전 부주의에 대한 사고 우려가 커 사용하지 않고 있음.

③ 가동 K 크로싱(movable K type crossing) :

- 분기 번호가 8번 이상인 분기기에서는 결선 길이가 길어져 차륜이 다른 선으로 진입할 우려가 있음.
- 다이아몬드 크로싱에서 가동부분의 레일을 K자 형태로 **첨단레일 2조와 크로싱 2조로 구성**하게 한 크로싱.



[그림] 가동 K 크로싱

3) 고망간크로싱(high manganese steel crossing)

- 보통레일로 된 크로싱은 구조상 노스레일 선단부에 차륜의 충돌이 심하여 마모로 인한 수명이 단축됨.
- 내마모성이 큰 망간강을 사용하여 내구연한을 늘린 것으로 주강이 단일체임.
- 차량의 동요가 적고 보수노력이 절감되며 내구연한이 큰 크로싱.
- 고망간강의 경도는 보통레일과 거의 같음.
- 브리넬경도는 200전후이나 충격을 받으면 H_B500 정도로 급속히 증가함.

① 장점

- 내마모성이 강하여 내구연한이 길다.
- 차량동요가 적다.
- 보수노력이 경감되는 크로싱이다.

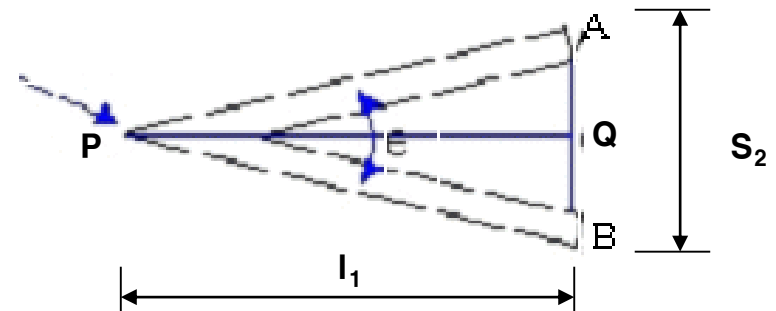
(3) 크로싱 번호(crossing number of frog number)

- 분기기는 보통 크로싱각의 대소에 따라 다르며 크로싱번호는 N으로 표시 됨.
- 즉 분기번호를 정하는 방법은 크로싱의 노즈레일의 각도를 크로싱각의 크기(코탄젠트(cotangent)) 값으로 정한다.
- 공식

$$N = \frac{1}{2} \cot \frac{\theta}{2}$$

$$\left(\cot \frac{\theta}{2} = l_1 \div \frac{S_2}{2} \quad \therefore \frac{l_1}{S_2} = \frac{1}{2} \cot \frac{\theta}{2} \right)$$

이론교점



- 크로싱번호 N= 8이란 위 그림에서 PQ:AB = 8:1 이 되는 것을 말함.
- 종래 사용한 것은 대부분 8~10번이나 분기고번화로 이것을 12~16번 등으로 대체하고 있음.

◆ 크로싱각

50kg NS 8# : 7° 09' 09"

50kg NS 10# : 5° 43' 29"

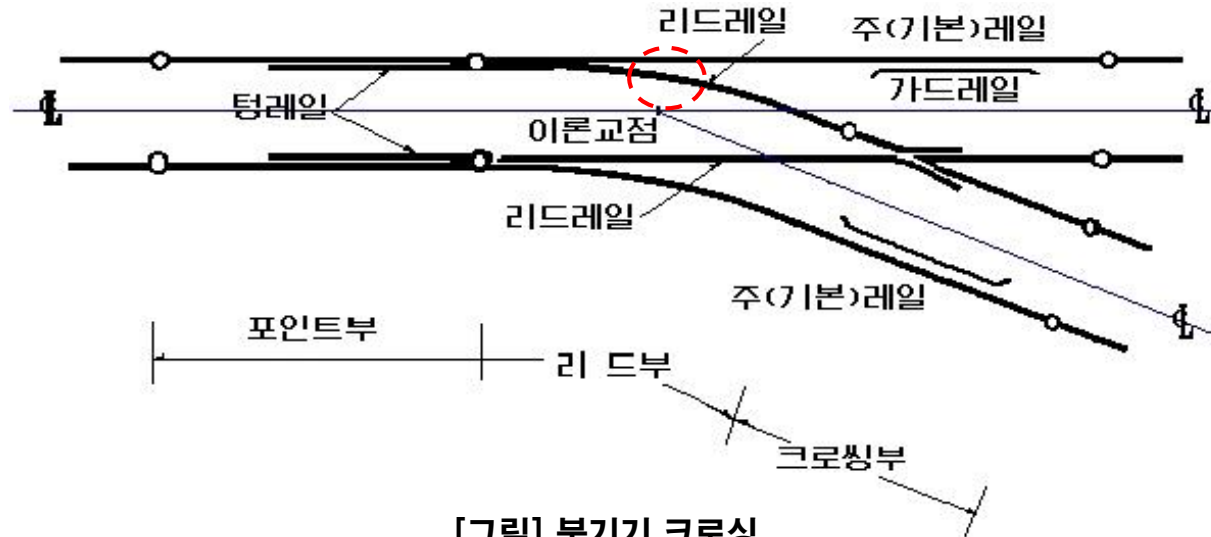
50kg NS 12# : 4° 46' 18"

50kg NS 15# : 3° 49' 05"

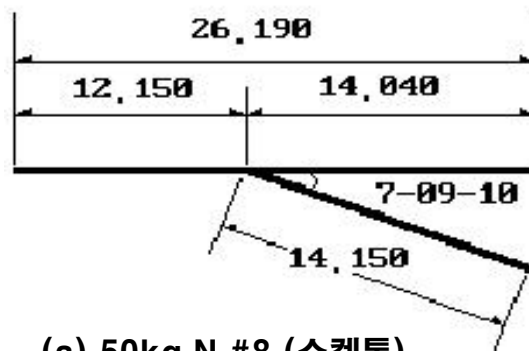
※ 크로싱각이란?

크로싱 부분에 있어서의 기준선과 분기선의 각도. 그 만나는 점을 크로싱 교점이라 한다. 크로싱각은 분기의 성질을 결정하는 요소로서 그것을 정각으로 하는 이등변삼각형의 높이와 저변과의 비를 크로싱번수라 하며, 분기기를 구별하는데 사용된다.

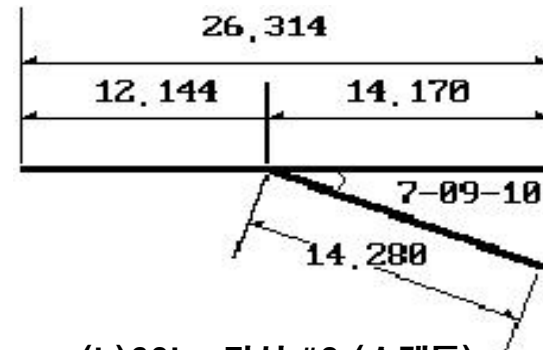
(4) 분기기의 측량 시 주요지점



[그림] 분기기 크로싱



(a) 50kg N #8 (스켈톤)



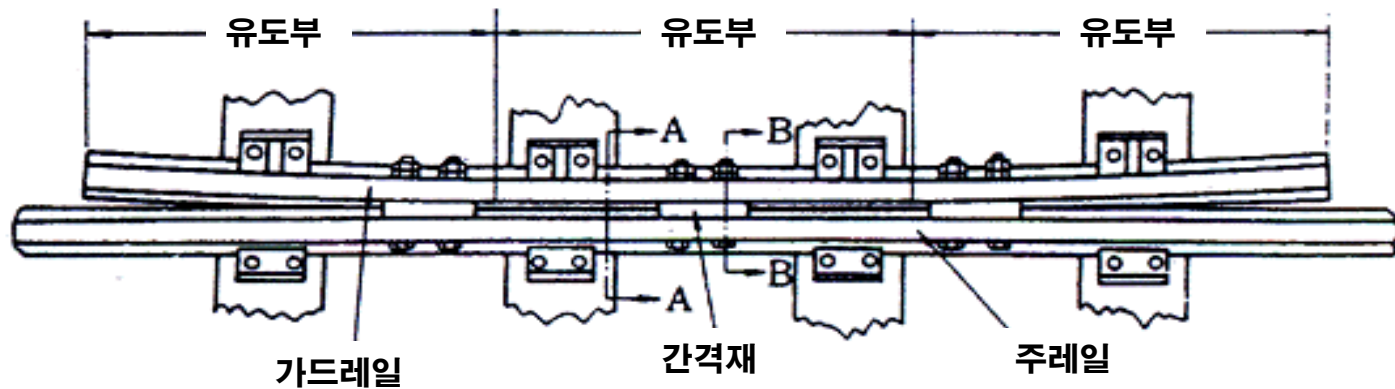
(b) 60kg 탄성 #8 (스켈톤)

[그림] 레일중량에 따른 크로싱 각

가드레일(호륜레일, guard rail or guard)

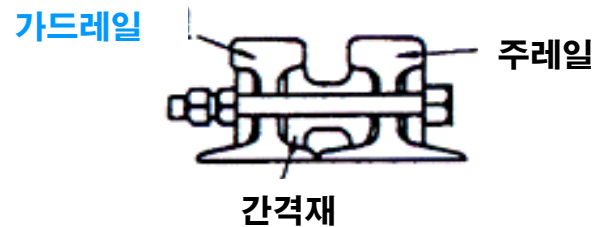
- 차량이 대향분기를 통과할 때 크로싱의 결선부에서 차륜의 플랜지가 다른 방향으로 진입하거나 노스의 단부를 훼손시키는 것을 방지하며 차륜을 안전하게 유도하기 위하여 반대측 주레일에 부설하는 레일.
- 분기기 가드레일의 부설목적
 - 차륜을 안전하게 유도하기 위해서 반대측 주레일에 부설
 - 대향으로 차량통과시 이선진입 방지
 - 크로싱 노스부의 손상방지
 - 분기부 결선부 차량통과 시 탈선방지

가드레일(호륜레일, guard rail or guard)



(a) 단면 A-A

(b) 단면 B-B





분기기의 열차통과속도

- 분기기는 일반궤도에 비해 구조상, 선형상 취약하므로 열차의 통과속도를 제한하도록 되어 있음.
- 분기기가 일반 궤도와 다른 점
 - ① 텡레일 앞, 끝부분의 단면적이 작다.
 - ② 텡레일은 침목에 체결되어 있지 않다.
 - ③ 텡레일 뒷부분 끝 이음매는 느슨한 구조로 되어 있다.
 - ④ 기본레일과 텡레일 사이에 열차통과 시 충격이 발생한다.
 - ⑤ 분기기 내에는 이음부가 많다.
 - ⑥ 슬랙에 의한 줄들림과 궤간 들림이 발생한다.
 - ⑦ 크로싱 노스부에 차륜충격이 발생한다.
 - ⑧ 차륜이 웁레일 및 가드레일을 통과할 때 충격으로 배면횡압이 작용한다.



분기기의 열차통과속도

• 분기기의 열차통과속도 향상을 위한 방법

- ① 윤축과 궤간 등에 의한 보수기준치를 엄격하게 한다.
- ② 윙레일 및 가드레일의 배면횡압을 줄이기 위해 분기기용 침목을 강화한다.
- ③ 힐볼트및 상판의 강화로 차륜 및 레일의 보수한도를 좋게 한다.
- ④ 리드곡선을 연장하고 리드곡선 반경을 크게 한다.

• 분기기 통과속도

• 일반철도

$$V = 1.5 \sim 2.0\sqrt{R}$$

• 고속용 분기기

$$V = 2.6 \sim 2.9\sqrt{R}$$

V : 열차통과속도(km/h)

R : 곡선반경(m)

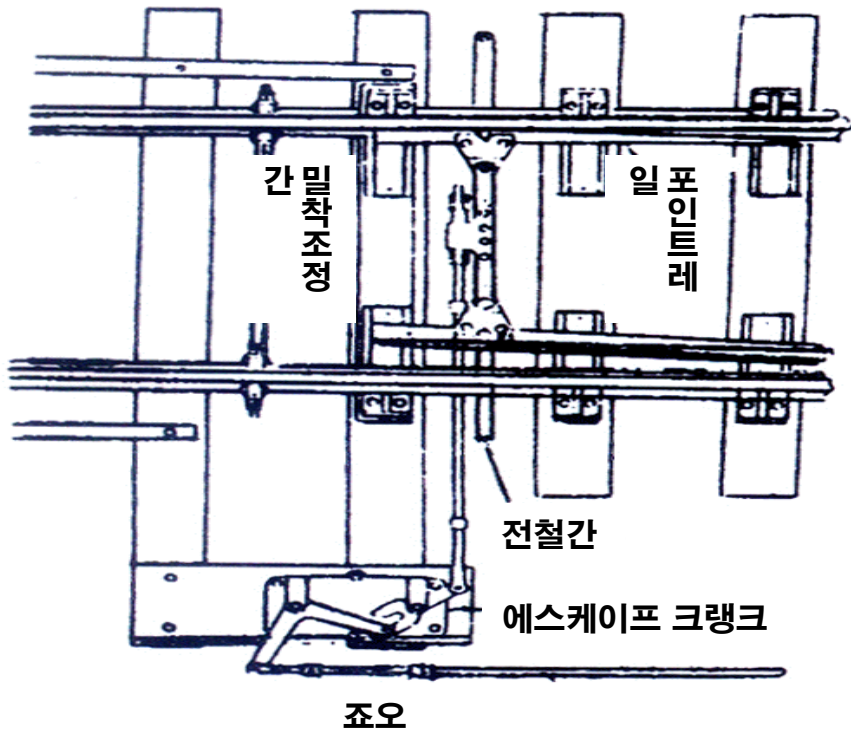
[표] 분기 종별 및 번호별 속도 제한표

분기번호 종별	# 8	# 10	# 12	# 15
편개분기기	20km/hr	30km/hr	40km/hr	50km/hr
양개분기기	35km/hr	45km/hr	55km/hr	65km/hr

[표] 분기 종별 및 번호별 슬랙표

분기기내의 슬랙표준		50kgNS 편개분기기의 슬랙		
곡선반경(m)	슬랙(mm)	번 수	포인트전단(mm)	리드곡선내(mm)
110미만	20	# 8	14	10
110이상 ~ 140미만	15	# 10	9	5
140 ~ 190 미만	10	# 12	4	0
190이상 ~ 300미만	5	# 15	4	0
300이상	0	# 18	4	0

분기기 전환장치[switch throwing of turnout]



[그림] 전철기전환장치

(1) 개요

- 포인트의 첨단 레일을 기본레일에 밀착 또는 분리시켜 포인트를 목적하는 방향으로 개폐하는 장치로서 작업이 간단하고 정확하여야 함.
- 수동식, 동력식이 있음.

(2) 종류

1) 수동식 전환기(manual switch) : 레버 또는 손잡이를 인력으로 취급하여 전환.

① 추전환기(weighted point lever or switch stand with weight) :

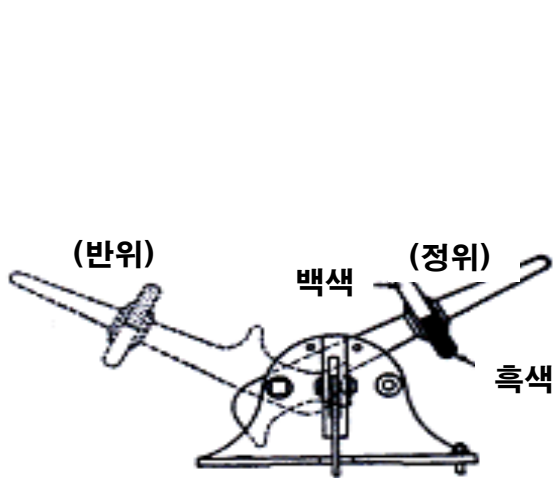
- 제일 간단한 것으로 추로 침단레일을 기본레일에 밀착시키는 역할

② 표지전환기(switch stand with ratch handle) :

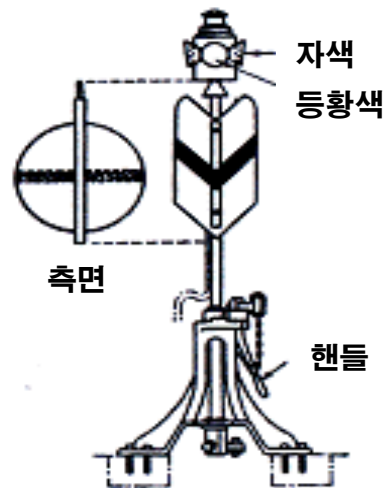
- 손잡이를 들어 수평방향으로 회전시켜 포인트의 개통방향 표시

③ 랫치 달린 전환기(switch stand with ratch handle) :

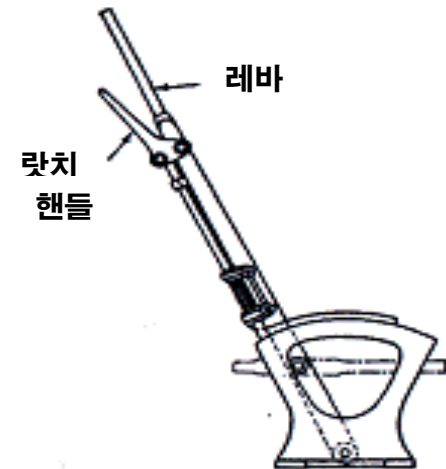
- 랫치 달린 손잡이를 잡고 레버를 이동



(a) 추전환기



(b) 표지전환기



(c) 랫치 달린 전환기

[그림] 각종 전환기

2) 동력식 전환기(mechanical switch)

① 전기 포인트(electric switch machine) :

- 전동기 회전을 톱니 바퀴(치차) 또는 크랭크 등의 왕복운동으로 전환시켜 포인트를 전환하는 장치

② 전공 포인트(electropneumatic switch machine) :

- 압축공기에 의해 포인트를 전환. 전환시간이 짧다.

(3) 전환기의 정위와 반위(normal position and reverse position)

- 포인트는 전환기에 의하여 임의의 개통방향으로 진로를 개통시킬 수 있으나 이것을 주의상태로 방치하는 것은 운전 보안상 대단히 위험하다.
- 평상시에는 일정방향으로 개통시키고 사용이 완료된 후에는 원래의 방향으로 복귀시키게 되어 있음.
- 이 경우 항상 개통되어있는 방향을 정위(定位, normal position).
- 반대로 개통되어 있는 것을 반위(反位, reverse position).
- 전철기 정위의 표준
 - ① 본선 상호간에는 중요한 방향, 그러나 단선의 상하 본선에는 열차의 진입 방향.
 - ② 본선과 측선에서는 본선의 방향.
 - ③ 본선, 측선, 안전측선 상호간에는 안전측선의 방향.
 - ④ 측선 상호간에는 중요한 방향.
 - ⑤ 탈선포인트가 있는 선은 차량을 탈선시키는 방향.

❖ 연습 문제

[문제1] 18# 분기기의 각도는 얼마인가 계산하시오.

$$\text{답) } \theta = \cot \frac{1}{2N} \times 2 = \cot \frac{1}{2 \times 18} \times 2 = 3^\circ 10' 47''$$

$$\text{or } N = \frac{1}{\tan \theta} = \theta = \tan^{-1} \frac{1}{N}$$

[문제2] 분기기의 개량 방법을 쓰시오.

- 1) 분기기의 중량화
- 2) 분기기의 고변화
- 3) 분기기의 탄성화
- 4) 분기기의 망간화
- 5) 가동노스 크로싱화

[문제3] 분기기의 개량 효과를 쓰시오.

- 1) 열차 안전운행의 확보
- 2) 진동 및 소음감소로 승차감 향상
- 3) 열차 통과속도 향상(고속화에 유리함)
- 4) 보수주기 연장 및 유지비 절감

[문제4] 분기기를 고변화로 대체 시 기대되는 효과를 쓰시오.

- 1) 열차주행이 원활함
- 2) 고속화에도 유리함
- 3) 보수 노력이 절감
- 4) 수송능력을 증강시킬 수 있다

[문제5] 교량상 가드레일 부설조건을 쓰시오.

- 1) 트러스교, 플레이트거드교 및 전장 18m이상의 교량
- 2) 곡선상에 있는 교량
- 3) 10%이상 구배 중 또는 종곡선 중에 있는 교량
- 4) 열차 진입쪽에 반경600m미만의 곡선이 연결된 교량
- 5) 필요하다고 인정되는 교량

[문제6] 구조에 의한 크로싱의 분류 중 가동크로싱의 종류를 들고 장점과 특징에 대하여 3가지 이상 기술하시오.

- 1) 가동크로싱의 종류 ... ① 가동 노스 크로싱 ② 가동 둔단 크로싱 ③ 가동 K 크로싱
- 2) 가동크로싱의 장점 ... ① 차량의 충격,동요,소음을 해소함
② 승차기분을 개선 쾌적한 승차감 제공
③ 고속열차 운행의 안전도 향상
- 3) 가동크로싱의 특징 ... ① 크로싱의 결선부가 없다.
② 열차의 이선진입이 없다.
③ 열차의 동요가 적다.
④ 분기곡선은 일반곡선과 같이 취급한다.



분기기의 열차통과속도

- 분기기는 일반궤도에 비해 구조상, 선형상 취약하므로 열차의 통과속도를 제한하도록 되어 있음.
- 분기기가 일반 궤도와 다른 점
 - ① 텡레일 앞, 끝부분의 단면적이 작다.
 - ② 텡레일은 침목에 체결되어 있지 않다.
 - ③ 텡레일 뒷부분 끝 이음매는 느슨한 구조로 되어 있다.
 - ④ 기본레일과 텡레일 사이에 열차통과 시 충격이 발생한다.
 - ⑤ 분기기 내에는 이음부가 많다.
 - ⑥ 슬랙에 의한 줄들림과 궤간 틀림이 발생한다.
 - ⑦ 크로싱 노스부에 차륜충격이 발생한다.
 - ⑧ 차륜이 웁레일 및 가드레일을 통과할 때 충격으로 배면횡압이 작용한다.



분기기의 열차통과속도

▪ 분기기의 열차통과속도 향상을 위한 방법

- ① 윤축과 궤간 등에 의한 보수기준치를 엄격하게 한다.
- ② 원레일 및 가드레일의 배면횡압을 줄이기 위해 분기기용 침목을 강화한다.
- ③ 힐볼트및 상판의 강화로 차륜 및 레일의 보수한도를 좋게 한다.
- ④ 리드곡선을 연장하고 리드곡선 반경을 크게 한다.

▪ 분기기 통과속도

• 일반철도

$$V = 1.5 \sim 2.0\sqrt{R}$$

• 고속용 분기기

$$V = 2.6 \sim 2.9\sqrt{R}$$

V : 열차통과속도(km/h)

R : 곡선반경(m)

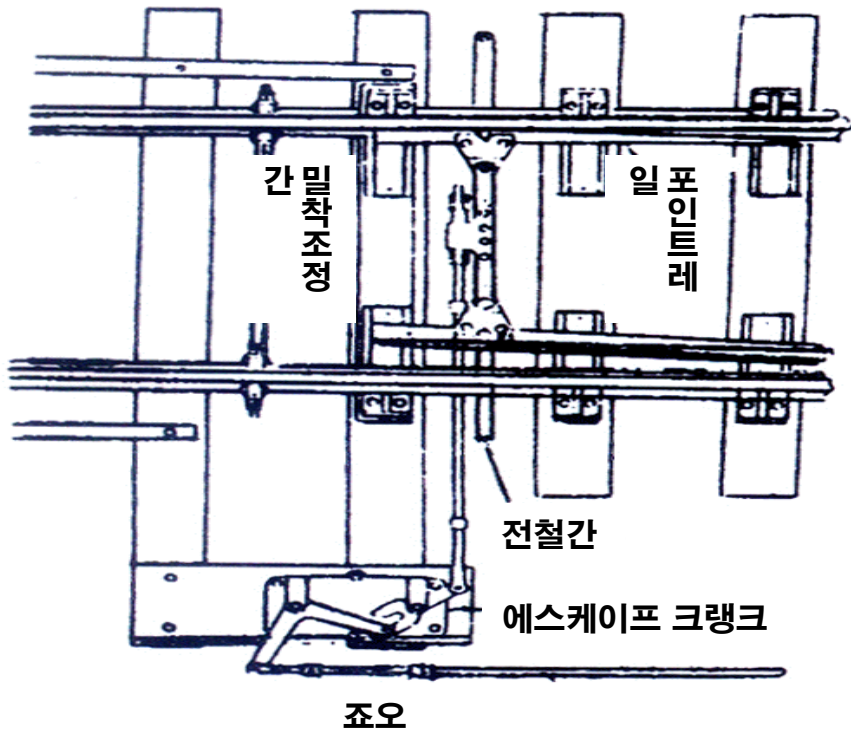
[표] 분기 종별 및 번호별 속도 제한표

분기번호 종별	# 8	# 10	# 12	# 15
편개분기기	20km/hr	30km/hr	40km/hr	50km/hr
양개분기기	35km/hr	45km/hr	55km/hr	65km/hr

[표] 분기 종별 및 번호별 슬랙표

분기기내의 슬랙표준		50kgNS 편개분기기의 슬랙		
곡선반경(m)	슬랙(mm)	번 수	포인트전단(mm)	리드곡선내(mm)
110미만	20	# 8	14	10
110이상 ~ 140미만	15	# 10	9	5
140 ~ 190 미만	10	# 12	4	0
190이상 ~ 300미만	5	# 15	4	0
300이상	0	# 18	4	0

분기기 전환장치[switch throwing of turnout]



[그림] 전철기전환장치

(1) 개요

- 포인트의 첨단 레일을 기본레일에 밀착 또는 분리시켜 포인트를 목적하는 방향으로 개폐하는 장치로서 작업이 간단하고 정확하여야 함.
- 수동식, 동력식이 있음.

(2) 종류

1) 수동식 전환기(manual switch) : 레버 또는 손잡이를 인력으로 취급하여 전환.

① 추전환기(weighted point lever or switch stand with weight) :

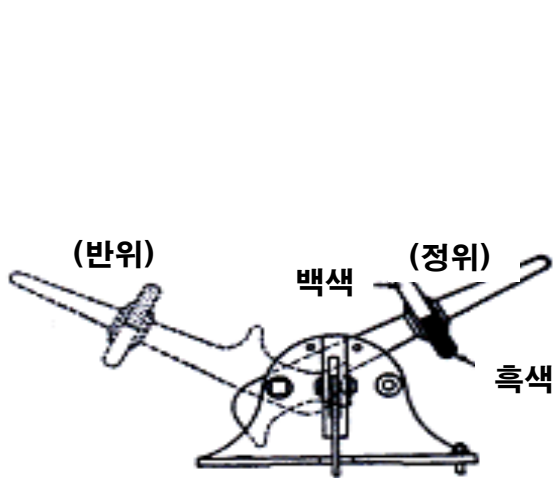
- 제일 간단한 것으로 추로 침단레일을 기본레일에 밀착시키는 역할

② 표지전환기(switch stand with ratch handle) :

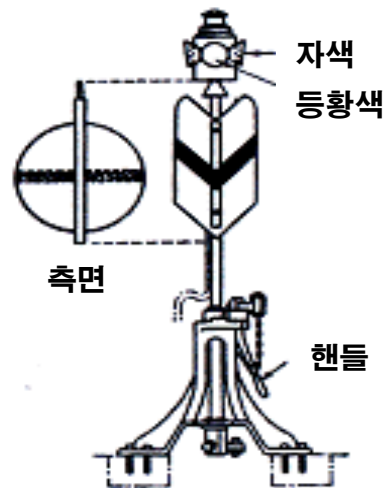
- 손잡이를 들어 수평방향으로 회전시켜 포인트의 개통방향 표시

③ 랫치 달린 전환기(switch stand with ratch handle) :

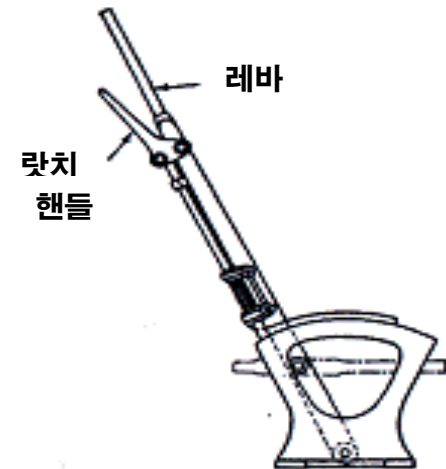
- 랫치 달린 손잡이를 잡고 레버를 이동



(a) 추전환기



(b) 표지전환기



(c) 랫치 달린 전환기

[그림] 각종 전환기

2) 동력식 전환기(mechanical switch)

① 전기 포인트(electric switch machine) :

- 전동기 회전을 톱니 바퀴(치차) 또는 크랭크 등의 왕복운동으로 전환시켜 포인트를 전환하는 장치

② 전공 포인트(electropneumatic switch machine) :

- 압축공기에 의해 포인트를 전환. 전환시간이 짧다.

(3) 전환기의 정위와 반위(normal position and reverse position)

- 포인트는 전환기에 의하여 임의의 개통방향으로 진로를 개통시킬 수 있으나 이것을 주의상태로 방치하는 것은 운전 보안상 대단히 위험하다.
- 평상시에는 일정방향으로 개통시키고 사용이 완료된 후에는 원래의 방향으로 복귀시키게 되어 있음.
- 이 경우 항상 개통되어있는 방향을 정위(定位, normal position).
- 반대로 개통되어 있는 것을 반위(反位, reverse position).
- 전철기 정위의 표준
 - ① 본선 상호간에는 중요한 방향, 그러나 단선의 상하 본선에는 열차의 진입 방향.
 - ② 본선과 측선에서는 본선의 방향.
 - ③ 본선, 측선, 안전측선 상호간에는 안전측선의 방향.
 - ④ 측선 상호간에는 중요한 방향.
 - ⑤ 탈선포인트가 있는 선은 차량을 탈선시키는 방향.

❖ 연습 문제

[문제1] 18# 분기기의 각도는 얼마인가 계산하시오.

$$\text{답) } \theta = \cot \frac{1}{2N} \times 2 = \cot \frac{1}{2 \times 18} \times 2 = 3^{\circ}10'47''$$

$$\text{or } N = \frac{1}{\tan \theta} = \theta = \tan^{-1} \frac{1}{N}$$

[문제2] 분기기의 개량 방법을 쓰시오.

- 1) 분기기의 중량화
- 2) 분기기의 고변화
- 3) 분기기의 탄성화
- 4) 분기기의 망간화
- 5) 가동노스 크로싱화

[문제3] 분기기의 개량 효과를 쓰시오.

- 1) 열차 안전운행의 확보
- 2) 진동 및 소음감소로 승차감 향상
- 3) 열차 통과속도 향상(고속화에 유리함)
- 4) 보수주기 연장 및 유지비 절감

[문제4] 분기기를 고변화로 대체 시 기대되는 효과를 쓰시오.

- 1) 열차주행이 원활함
- 2) 고속화에도 유리함
- 3) 보수 노력이 절감
- 4) 수송능력을 증강시킬 수 있다

[문제5] 교량상 가드레일 부설조건을 쓰시오.

- 1) 트러스교, 플레이트거드교 및 전장 18m이상의 교량
- 2) 곡선상에 있는 교량
- 3) 10%이상 구배 중 또는 종곡선 중에 있는 교량
- 4) 열차 진입쪽에 반경600m미만의 곡선이 연결된 교량
- 5) 필요하다고 인정되는 교량

[문제6] 구조에 의한 크로싱의 분류 중 가동크로싱의 종류를 들고 장점과 특징에 대하여 3가지 이상 기술하시오.

- 1) 가동크로싱의 종류 ... ① 가동 노스 크로싱 ② 가동 둔단 크로싱 ③ 가동 K 크로싱
- 2) 가동크로싱의 장점 ... ① 차량의 충격,동요,소음을 해소함
② 승차기분을 개선 쾌적한 승차감 제공
③ 고속열차 운행의 안전도 향상
- 3) 가동크로싱의 특징 ... ① 크로싱의 결선부가 없다.
② 열차의 이선진입이 없다.
③ 열차의 동요가 적다.
④ 분기곡선은 일반곡선과 같이 취급한다.