

제5장 폐색(閉塞)장치 (Block System)

정의

- 열차는 충돌, 추돌 사고가 없도록 항상 일정한 간격을 유지하면서 운행해야 하며
- 이를 위해 폐색구간을 설정하여 1 폐색구간에는 반드시 1 개의 열차만 운행 하도록함
- 열차 안전 운행을 위하여 모든 역과 역 사이에는 폐색장치를 설치하여 운용함.
- 일정한 간격을 두고 운행하는 방법으로 공간(거리) 간격법과 시간 간격법이 있음.

공간 간격법

- 열차와 열차 사이에 항상 일정한 공간(거리) 간격을 두고 운행하는 방법.
- 고밀도 및 고속도 운행에 적합
- 공간 간격법과 가변공간 간격법으로 구분

시간 간격법

- 일정한 시간 간격을 두고 연속적으로 열차를 출발시키는 방법
- 선행 열차가 도중에서 정차한 경우 후속 열차는 일정한 시간이 지나면 출발하게 되므로 운행하는 도중에 선행 열차에 유의 해야함.
- 보안도가 낮기 때문에 특수한 경우(전시, 천재지변 등 통신두절시)에만 사용

5.1.1 열차 운행방식

- 열차를 안전하고 신속하게 운행하기 위해서는 대향열차와 선행열차 및 후속열차가 서로 지장되지 않도록 일정한 간격을 두고 운행함.
- 열차를 운행하는 방법
 - = 고정폐색방식
 - = 차상제어거리 연산방식(distance to go system)
 - = 이동폐색방식

5.2 폐색방식의 종류

- **역과 역사이에서** 열차 안전을 우선으로 고려하여 선로의 상태, 수송량의 많고 적음에 따라 폐색방식이 결정됨.

5.2.1 상용 폐색방식

역과 역 사이에서 열차안전운행을 위해 평상시 주로 사용하는 폐색방식임.

1. 복선구간 : 연동 폐색식, 자동 폐색식, 차내신호 폐색식
2. 단선구간 : 연동 폐색식, 자동 폐색식, 통표 폐색식

5.2.2 대용 폐색방식

상용 폐색방식 고장시 대용으로 사용하는 폐색방식임.

1. 복선구간 : 통신식
2. 단선구간 : 지도 통신식, 지도식

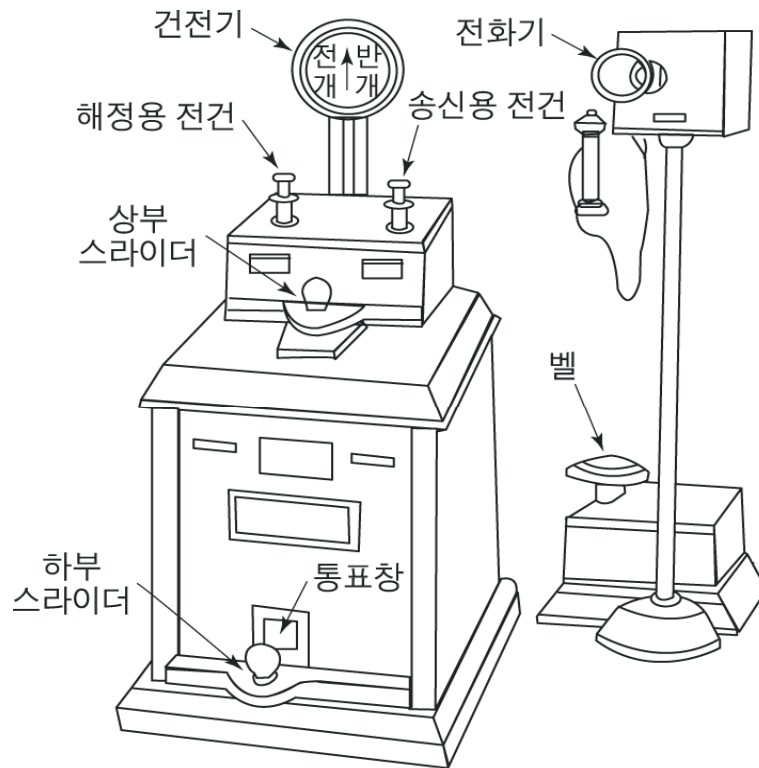
5.2.3 폐색 준용법

상용 또는 대용 폐색방식을 사용할 수 없을때(전시, 천재지변 등) 이에 준하여 사용함.

1. 복선구간 : 격시법, 전령법
2. 단선구간 : 지도 격시법, 전령법

1. 통표폐색식

- 단선구간 운행시 폐색구간의 양쪽 정거장에 서로 전기적으로 쇄정된 통표폐색기를 설치함
- 양쪽 정거장 협의에 따라서 폐색 수속을 하고 수속이 완료되면 어느 한쪽역에 설치된 통표폐색기에서 1개의 통표가 인출되어 이것을 기관사가 휴대하고 열차를 운행하게됨.



(a) 통표 폐색기

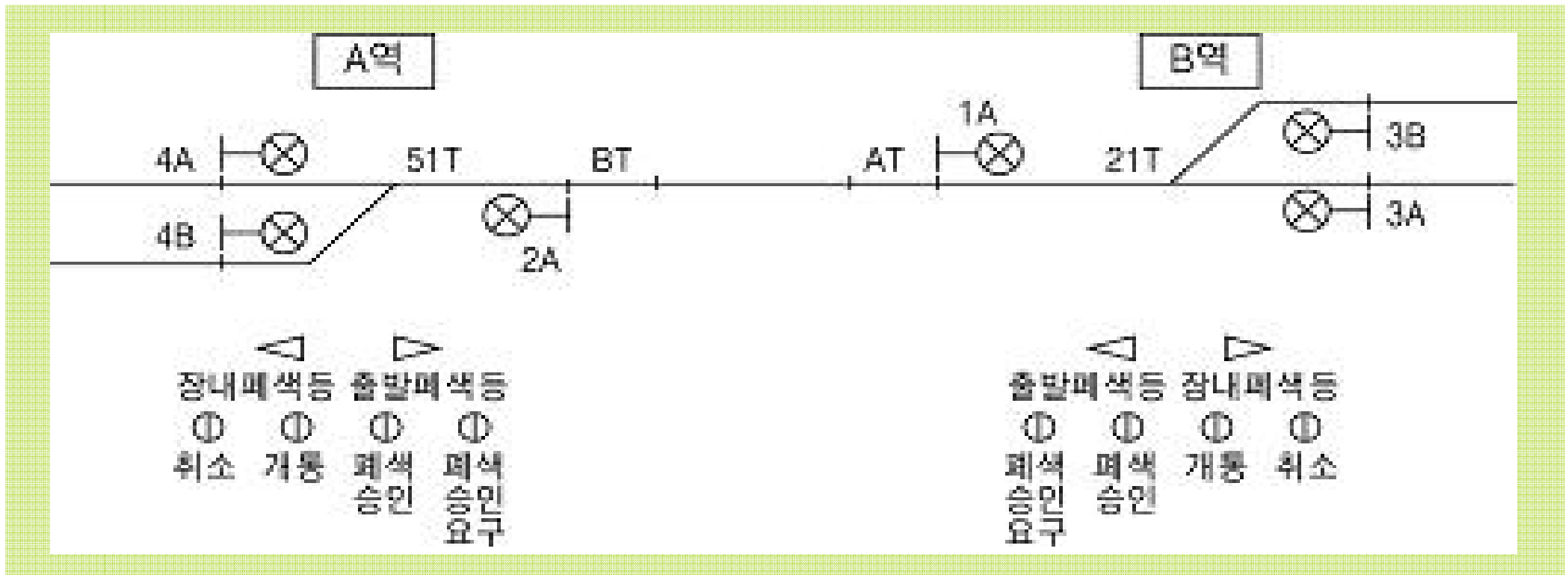


(b) 통표

통표폐색기 및 통표

2. 연동폐색식

- 폐색구간의 양쪽역 조작판에 폐색 취급버튼을 설치하여 이를 신호기와 상호 연동하며,
- 신호현시와 폐색취급의 2중 취급을 단일화한 방식으로 복선과 단선구간에서 모두 사용함.



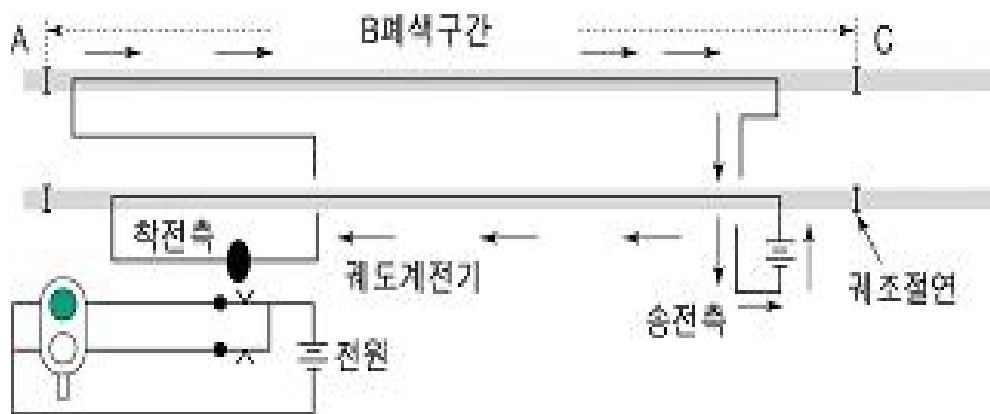
단선 연동폐색장치의 표시

3. 자동폐색식 (ABS : Automatic Block System)

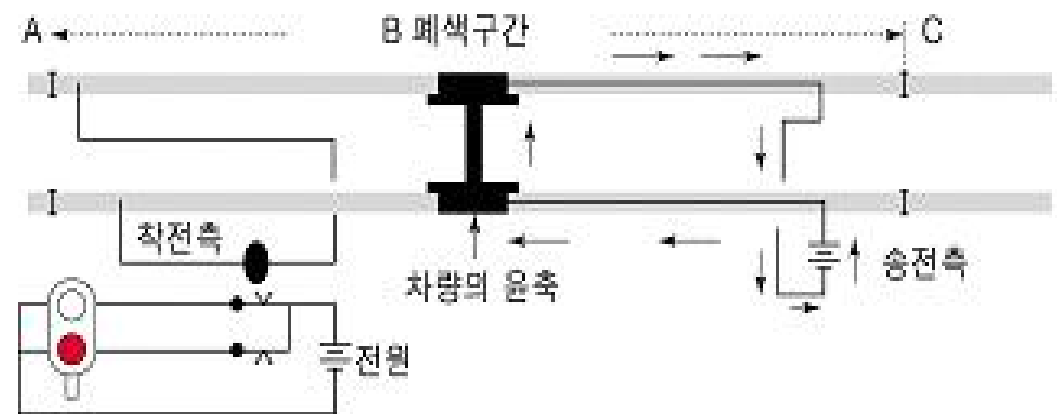
- = 궤도회로를 이용하여 열차에 의해 자동으로 신호를 제어 하는 폐색방식이며,
- = 폐색구간 시점에 설치된 폐색신호기에는 열차가 폐색구간에 있을 때는 정지신호를 현시 하고, 열차가 없을 때는 제한 또는 진행신호를 현시함.
- = 역간에 신호기를 건식하여 폐색구간을 여러개로 분할하여 신호와 폐색을 일원화 하였고 인위적인 취급은 불가함.

동작원리

- = 역간에 신호기를 설치하여 폐색 구간을 여러 개로 분할

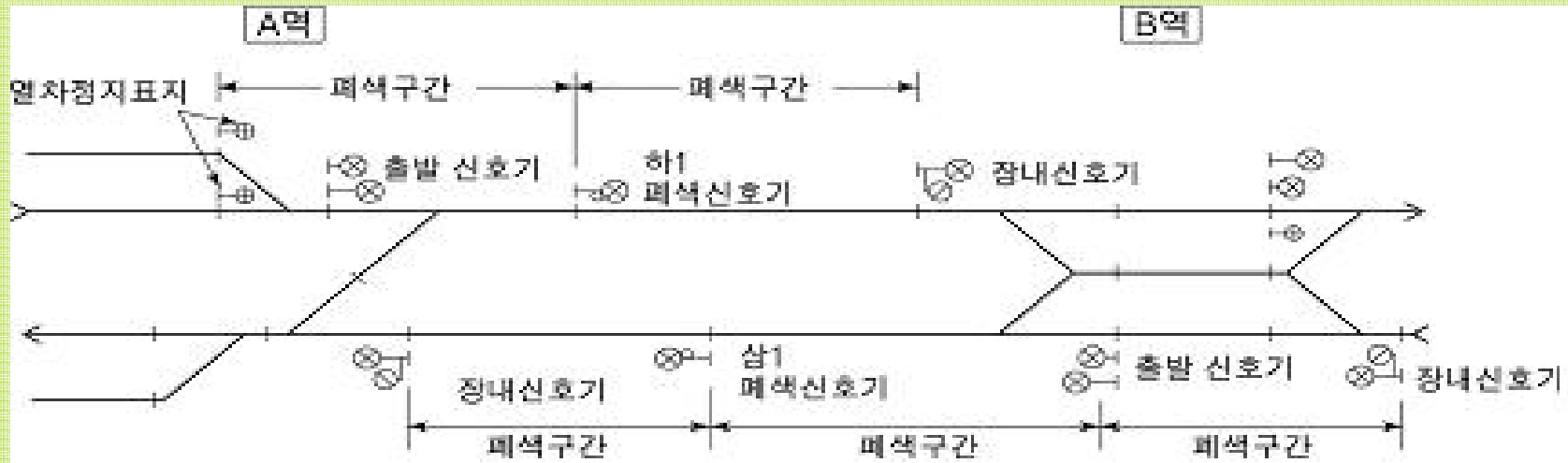


(a) 열차가 없는 경우

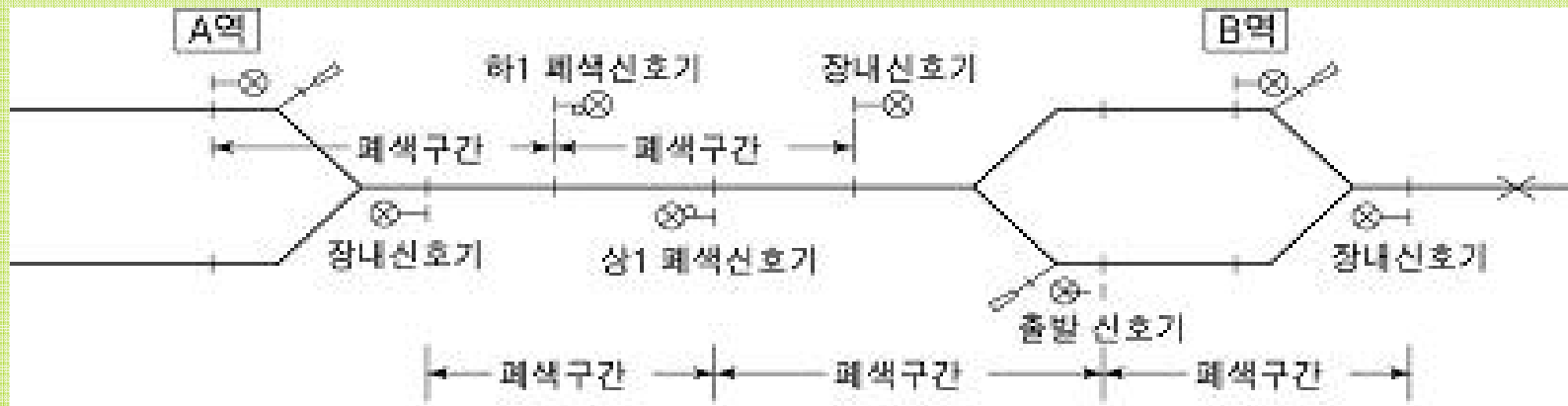


(b) 열차가 있는 경우

자동 폐색식의 동작 원리



(a) 복선



(b) 단선

자동 폐색구간

4. 차내신호폐색식

- ATC(열차자동제어장치) 구간에서 선행 열차와의 간격 및 진로조건에 따라 차내 운전실에 열차운전 허용(지시,지정) 속도를 나타내고 그 허용속도 보다 낮은 속도로 열차를 운행하는 방식임.

5.3.2 대용 폐색방식

1. 통신식

- 복선구간 대용폐색으로 폐색구간 양쪽 정거장에 설치된 폐색전용 직통 전화기를 사용하여 양쪽역 역장이 폐색 수속을 한 후에 열차를 운행함.

2. 지도 통신식

- 단선구간 대용 폐색방식으로 지도표를 발행한 후 기관사가 휴대하고 열차를 운행함.

3. 지도식

- 열차사고 또는 선로고장 등으로 현장과 가까운 정거장간을 1폐색 구간으로 열차를 운행함.

5.3.3 폐색 준용법

1. 격시법

- 복선구간에서 사용하는 폐색 준용법으로 일정한 시간 간격으로 열차를 운행하는 방식

2. 지도 격식법

- 폐색구간 한쪽의 역장이 적임자를 현장에 파견하여 상대역의 역장과 협의한 후 열차를 운행시키는 방식

3. 전령법

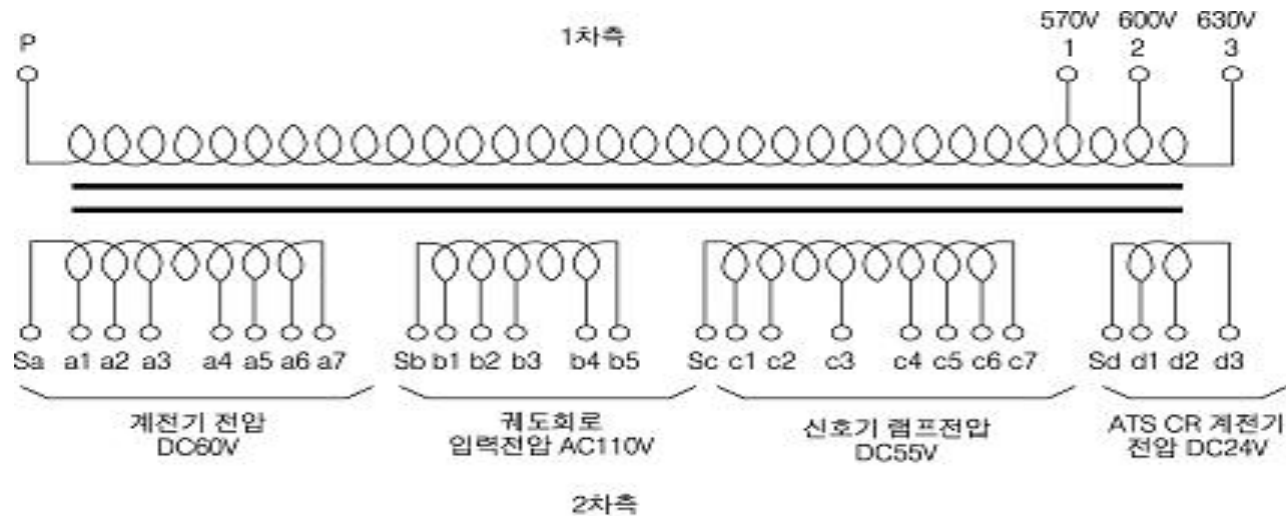
- 폐색구간을 운전하는 열차에 전령자를 동승시켜 열차를 운행시키는 방식

5.4.1 개요

- 폐색 신호기와 역간 궤도회로 및 ATS 등이 연결
- 열차의 진행에 따라 폐색 신호기의 현시를 자동으로 제어
- 역구내 연동장치와 연결되어 폐색의 안전측 동작기능을 수행

전원장치

- 전원 입력은 600[V] ± 30[V], 60[Hz]로 유지
- 변압기에는 여러개의 권선이 있으므로 입,출력 전압에 따라 전압을 조정



자동폐색장치의 변압기 회로

궤도회로

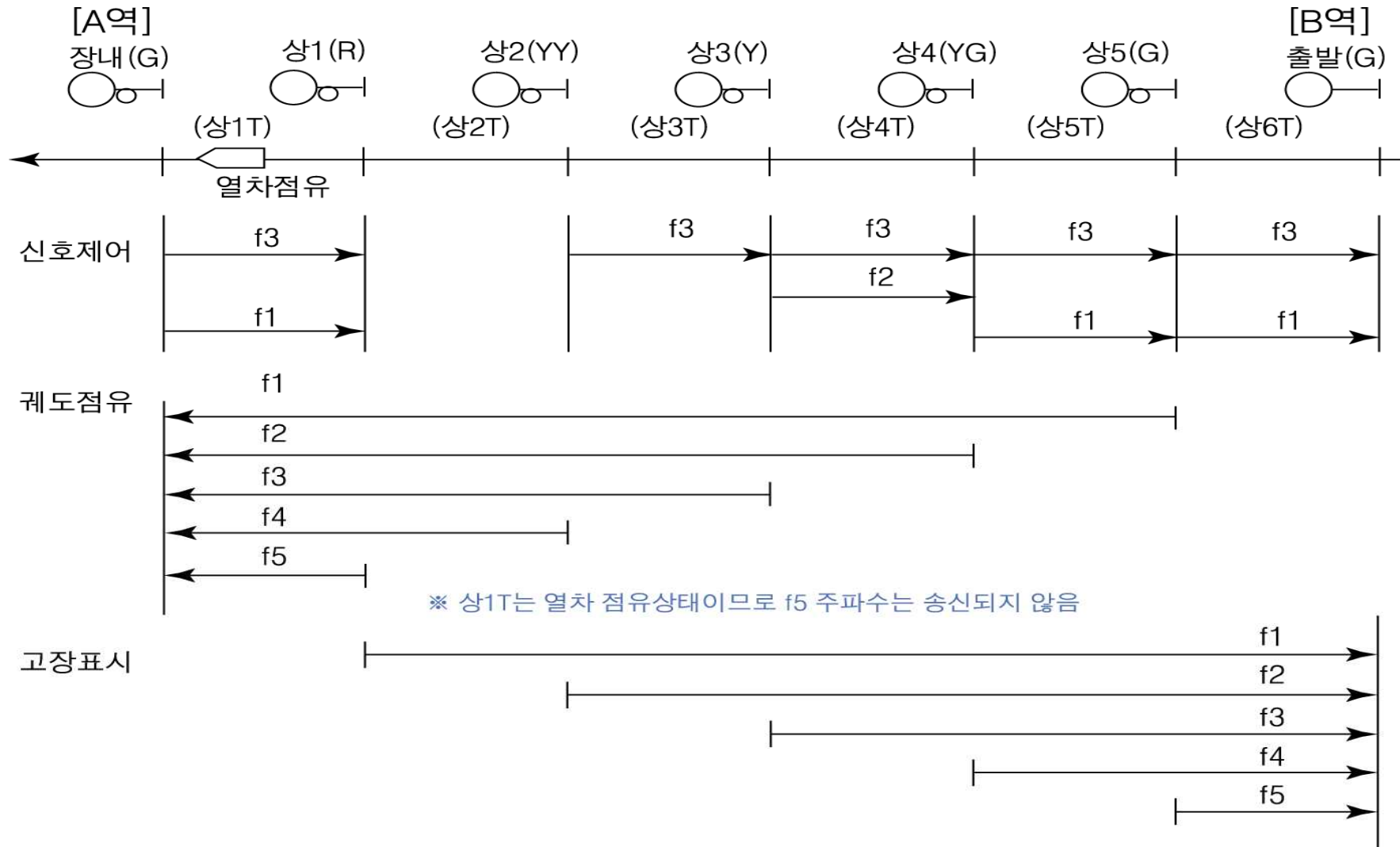
- 복궤조 방식으로 인접 궤도와는 극성이 반드시 이극
- 송전측은 궤도송신 변압기(TR2), 다이오드(BD4), 저항자(R5) 및 송신 쇼크(Dr1)로 구성
- 궤도 송전은 열차 진행과 반대 방향

정격전압	동작전류	낙하전류	권선저항	접점수
1.42[V]	65.5[mA]	45.7[mA]	17.9[Ω]	2F1B

바이어스 궤도계전기의 정격

동작회로

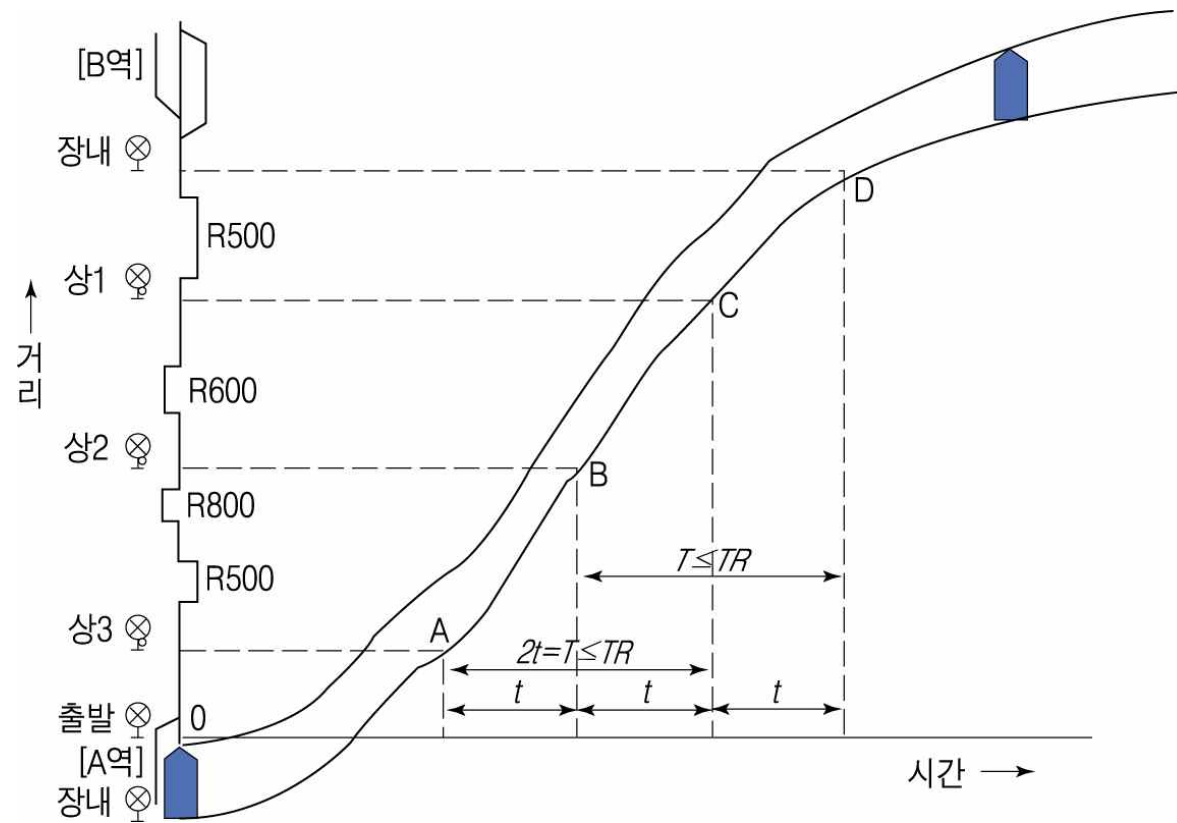
- 궤도회로가 있고 그 반응 계전기 회로로 구성. 역간 궤도회로는 주로 AF, 고압 임펄스, 직류 바이어스궤도회로 등이 설비
- 주파수를 송·수신하여 전방 신호기의 상태 감시와 후방 신호기로 정보 송신 및 궤도점유, 접근 정보 송신, 신호기의 고장표시 정보 송신 등 다양한 기능의 주파수 송·수신 회로가 직접 연결되어 신호제어와 궤도회로 표시 및 고장 감시의 기능을 제어



주파수 송·수신 계열도

5.5.1 설치 위치 선정

- 3현시 방식의 경우 2개 구간 개통까지의 운행시간이 그 구간의 최소운전시격(T)보다 짧게 하는 지점에 폐색신호기를 건식
- 거리-시간 곡선을 이용하고 최소 운전시격 T_R 은 $T_R > T$ 을 만족시켜야 함



폐색신호기 설치위치 선정(3현시)

5.6.1 열차저항

- 열차가 출발 또는 주행 상태에서는 **운행을 방해하는 힘이 발생하며 이를 열차저항** 이라함.
- 출발저항, 주행저항, 구배저항, 곡선저항 및 가속도저항이 있음.

1. 출발저항

- 정지하고 있는 차량이 움직일때 생기는 저항을 말하며,
- 출발저항은 기온, 정차시간, 동력차의 종류 및 운전상태 등에 영향을 받음.

2. 주행저항

- 열차가 구배가 없는 직선구간에서 공기저항과 차륜의 구름저항 및 회전부위의 마찰력 등을 합하여 받는 저항

3. 구배저항

- 열차가 상구배 선로를 운전할 때 지구의 중력에 반하여 진행하므로 이 중력을 이기기 위한 저항

4. 곡선저항

- 차량이 곡선을 주행할 때 직선보다 더 큰 견인력이 필요. 이처럼 곡선상에서 차량 주행을 방해하는 힘을 곡선저항
- 곡선반경이 짧을수록 곡선 저항은 커짐

5. 가속도 저항

- 정지하고 있는 열차가 어떤 속도에 도달하기까지는 열차 저항에 반하여 가속하여야 하며, 등가속 운행에서 가일층 가속하기 위하여는 여분의 견인력이 필요하게 되는데 이 여분의 견인력을 필요로 한 저항을 가속도 저항이라함.

열차의 가속도

- 열차가 정지상태에서 출발하여 속도를 높여가는 과정을 역행 또는 가속상태
- 또 1초간에 속도가 몇 [km/h]빨라지는가를 숫자로 표시한 것을 가속도. α [km/h/s]로 표시
- 역행(Power Running) : 力行運轉 : 동력운전

타행운전(무동력운전)

- 속도가 일정치에 도달하면 공급하는 동력을 끊어 열차가 타성, 즉 관성력으로 달리는 상태

열차의 감속도

- 정차지점에 가까워지면 브레이크를 잡아 속도를 낮추는 과정을 제동상태 혹은 감속상태
- 가속도와 반대로 1초간에 몇 [km/h]만큼 속도가 내려가는가를 감속도. β [km/h/s]로 표시

열차의 제동거리

- 기관사가 제동을 취급한 후 정차할 때까지의 시간동안 열차가 진행한 거리
- 기관사가 제동을 취급 하더라도 즉시 열차에 제동효과가 생기는 것은 아니고 공기압을 이용하는 제동장치에서의 공기이동과 밸브개폐 등 시간이 필요

2. 열차의 속도

1) 최고속도

- 운전중에 낼 수 있는 최고 속도를 말하며 기관차의 성능, 견인중량, 선로의 상태 등에 따라 좌우됨.
- 현재는 프랑스 TGV와 일본의 신간선 열차가 최고속도 경쟁을 하고 있음.

2) 평균속도

- A역과 B역 사이를 일정한 속도로 주행했다고 가정할때 같은 시간에 B역에 도달하는 속도

$$\text{평균속도} = \frac{A \cdot B \text{역간의 거리}[km]}{A \cdot B \text{역간의 소요시간}[h]}$$

3) 표정속도

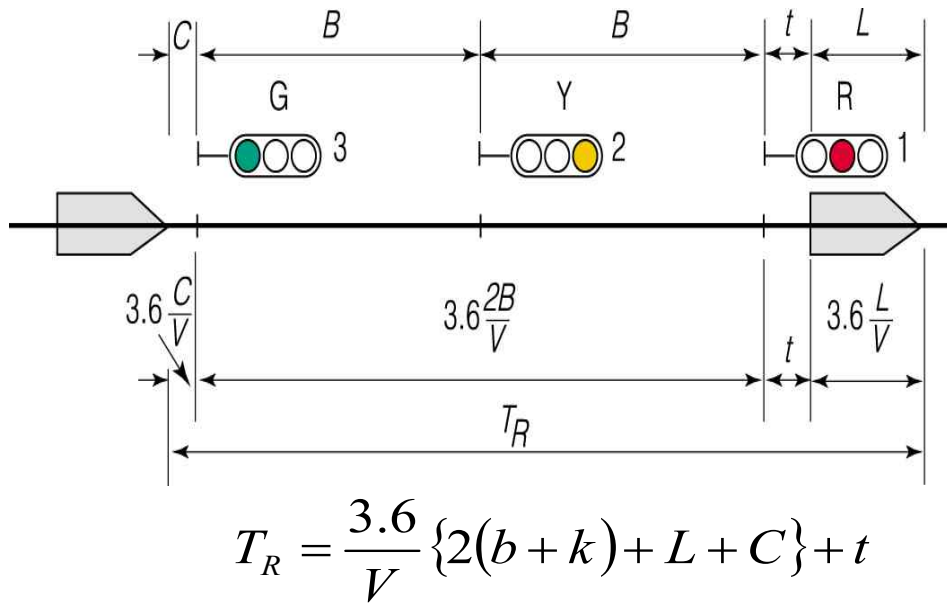
- 어떤 선구의 시발역에서 부터 종착역 까지의 모든 거리를 소요시간으로 나눈것으로 정차 시분도 포함한 것임.

$$\text{표정속도} = \frac{\text{구간 거리}[km]}{\text{정차시분을 포함한 구간 소요시간}[h]}$$

2. 운전시격

- 한 선구에서 선행 열차와 후속 열차 사이의 상호 운행시간 간격을 **운전시격(head way)** 이라 하며 그 최소값을 **최소 운전시격** 이라함.
- 선로를 유용하게 사용하려면 선로에 많은 열차를 운행시켜야 하고 열차와 열차와의 출발 간격을 최소화 해야함.

1. 3현시 구간

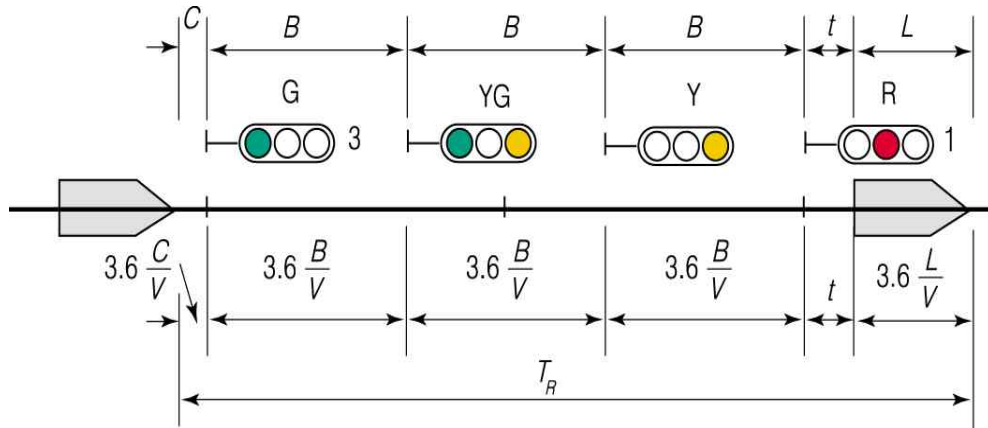


$$T_R = \frac{2B + L + C}{1000 \times V} + t = 3.6 \times \frac{2B + L + C}{V} + t$$

- T_R : 열차 사이의 최소 운전시격[sec]
- B : 폐색구간의 길이[m]
- L : 열차 길이[m]
- C : 신호현시 확인에 요하는 최소거리[m]
- t : 선행 열차가 1의 신호기를 통과할 때 부터 3의 신호기가 진행신호를 현시할 때까지의 시간[sec]
- V : 열차 속도[km/h]

3현시구간 최소 운전시격

2. 4현시 구간



4현시구간 최소 운전시격

$$T_R = \frac{3.6}{V} (3B + L + C) + t$$

여기서 $2B = (b + k)$ 라 하면

$$T_R = \frac{3.6}{V} \{2(b + k) + L + C\} + t \text{ 가 되며}$$

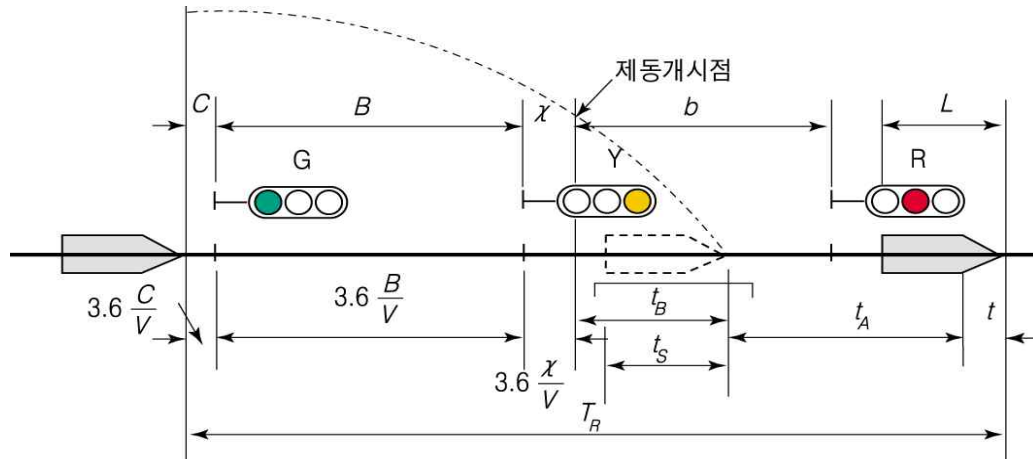
n 현시식 자동폐색구간에서의 운전시격

$$T_R = \frac{3.6}{V} \left\{ \frac{n-1}{n-2} (b + k) + L + C \right\} + t$$

단, $(n-2)B = b + k$ 이다. 따라서 $n \rightarrow \infty$ 라면 $\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{n-1}{n-2} = 1$ 이 되므로

$$T_R = \frac{3.6}{V} (b + k + L + C) + t$$

3. 정거장 진입시의 최소 운전시격

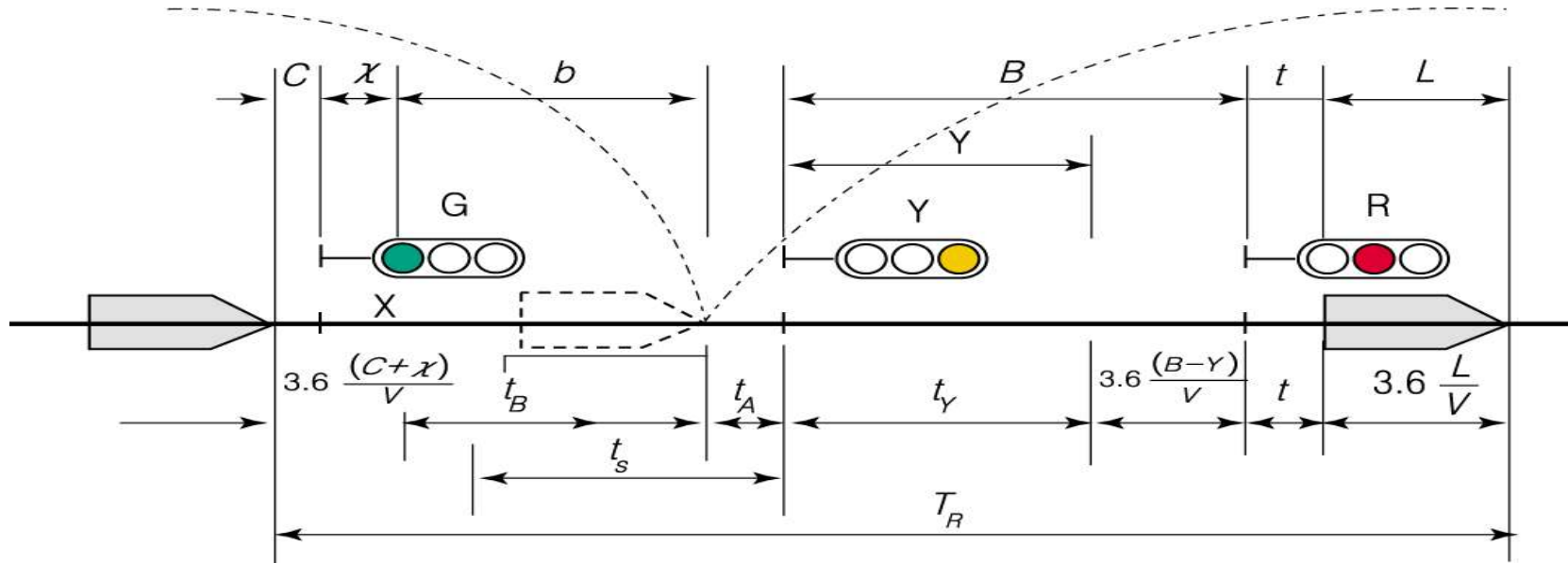


$$T_{S1} = 3.6 \times \frac{C + B + x}{V} + t_B + t_S + t_A + t$$

4현시구간 최소 운전시격

- T_S : 정거장에 있어서의 운전시격[sec]
- C : 신호현시의확인최소거리[m]
- B : 폐색구간의길이[m]
- x : 제동 개시점과 장내신호기간의 거리[m]
- 장내의 내방은 (+)부호, 외방은 (-)부호
- t_B : 제동시간[sec]
- t_S : 정차시간[sec]
- t_A : 열차가 출발하여출발신호기를 넘을때까지의 시간[sec]
- t : 신호현시가 변화하는 데필요한 시간[sec]

4. 정거장 진출시의 최소 운전시격



정거장에서 진출시의 최소 운전시격

t_y 를 출발신호기를 넘어서 속도 v 가 될 때까지의 시간이라고 하면 최소운전시격

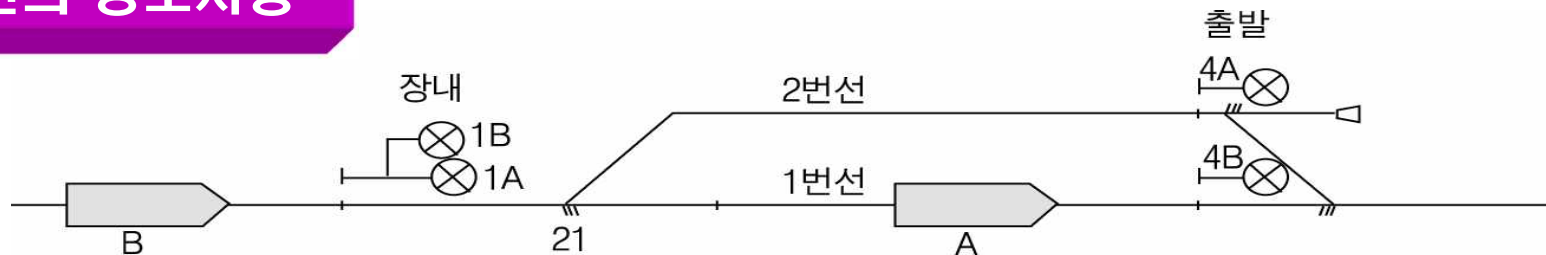
$$T_{S2} = \frac{3.6}{V} (C + x + L + B - Y) + t_B + t_S + t_A + t_y + t$$

5.6.5 운전시격 단축 방안

1. 최소 운전시격을 단축하여 선로 이용률을 최대한으로 높이기 위해서는 속도 가·감이 쉬운
고성능 동력차를 사용하여 제동거리를 짧게 하거나 정차 시간을 단축하는 방법필요
2. 정거장의 도착선을 2개 이상 설치하여 선행 열차가 1번선에 도착하면 후속 열차를 2번선에 도착 하는 방법
3. 장내신호기 전방에 정지하는 횡수를 적게 하기 위하여 열차 운행이 빈번한 역 구내에서는 **유도신호기를 설치**
4. 정거장의 장내신호기와 출발신호기 사이에 **구내 폐색신호기를 설치하는 방법.**

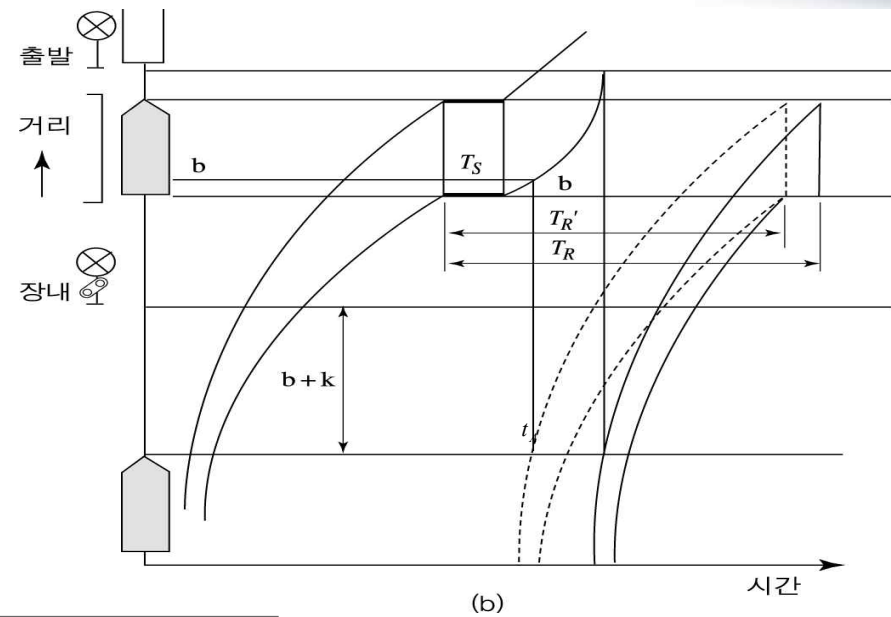
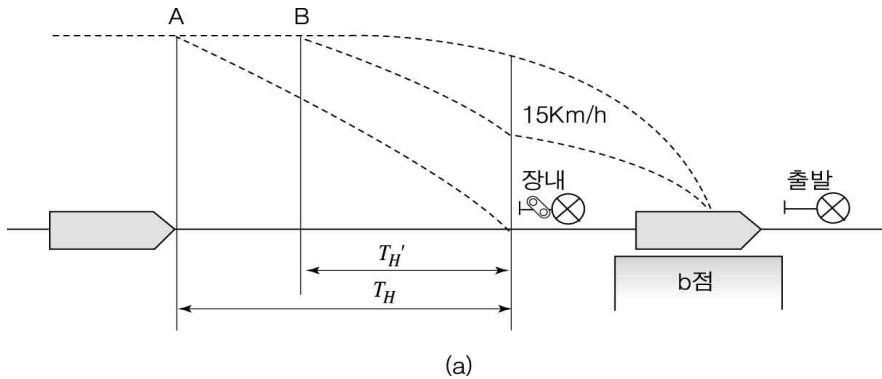
1. 고성능 동력차 사용

2. 도착선의 상호사용



도착선의 상호사용에 의한 방법

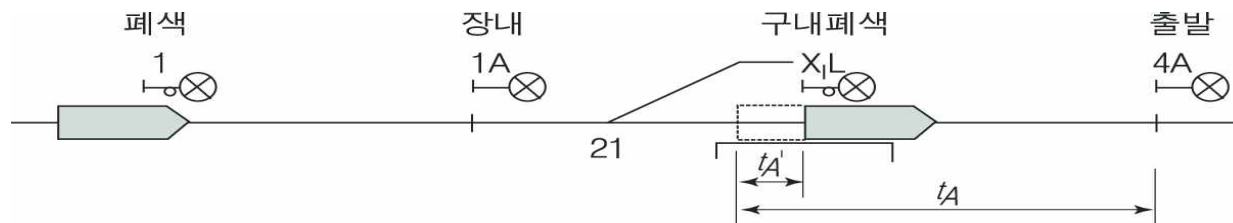
3. 유도신호기의 사용



유도신호기 사용의 경우

4. 구내 폐색신호기 설치

- 정거장의 장내신호기와 출발신호기 사이에 구내 폐색신호기를 설치
- 정거장 진입시 최소운전시격의 산출식에서 t_A 를 t_A' 로 줄여 운전시격을 단축하는 방법



구내 폐색신호기 방법

5.6.6 선로 용량

- = 선로상에 운행할 수 있는 1일 최대 열차 횟수를 말하며
- = 역 사이의 운행시간, 폐색방식, 운행 열차의 속도, 대피시설의 설치 가·부 등에 따라 좌우됨.

1. 단선 구간의 선로용량

$$N = \frac{1,440}{T + C} \times f$$

여기서 N : 역 사이의 선로용량 [열차회수 1일]

T : 역 사이의 평균 열차 운행 시간 [분]

C : 폐색 취급 시분 [분]

폐색취급 시분은 통표폐색의 경우 보통 2분 30초, 자동폐색은 1분 30초를 사용하고 선로이용률은 보통 0.5~0.7사이의 값을 가짐.

2. 통근 전동차 구간의 선로용량

$$N = \frac{1,440}{h} \times f$$

여기서 h : 최소 운전 시격 (분)

f : 선로 이용률 (0,6~0,75)

3. 복선 구간의 선로용량

$$N = \frac{1,440}{hv + (r + u + l)v} \times f$$

여기서 f : 선로 이용률 (0,6)

h : 속행하는 고속열차 상호 운전시격(4~6분)

r : 정거장에 선착한 저속열차와 후착 고속열차간에 필요한 최소 운전시격(3~4분)

u : 정거장에 선발 고속열차와 후발 저속열차간에 필요한 최소 운전시격(2,5분)

v : 고속열차 회수비 (고속열차 회수/편도열차 회수)

v : 저속열차 회수비 (저속열차 회수/편도열차 회수)

1. 자동폐색장치(ABS)의 기능 중 가장 적합한 설명은?

- ㉠ 수송능력 증가 ㉡ 열차 안전운행
- ㉢ 인력절감 ㉣ 열차 속도향상

풀이 자동폐색장치는 운전시격을 단축하여 선로용량을 증대시키며 안전도를 향상시킨다.

2. 대용폐색방식이 아닌 것은?

- ㉠ 통신식 ㉡ 지도통신식
- ㉢ 지도식 ㉣ 전령법

풀이 대용폐색방식에는 통신식, 지도통신식, 지도식이 있으며 대용폐색불가시에는 폐색준용법으로 전령법 또는 격시법, 지도격시법이 사용된다.

3. 상대방역의 전원에 의하여 폐색취급이 이루어지는 폐색식은?

- ㉠ 연동폐색식 ㉡ 표권 ㉢ 자동폐색식 ㉣ 쌍신폐색식

풀이 연동폐색식은 폐색구간의 양 끝에 폐색정자를 설치하여 이를 신호기와 연동시켜 신호현시와 폐색취급의 2중 취급을 단일화한 방식이다. 비자동구간에 쓰이는 폐색방식 [역간]

4. 궤도회로에 의하여 자동적으로 폐색이 이루어 지는 폐색방식은?

- ㉠ 자동폐색식 ㉡ 연동폐색식 ㉢ 통표폐색식 ㉣ 대용폐색식

풀이 궤도회로를 이용하는 폐색방식은 자동폐색식이다.

5. 단선구간과 관계가 없는 폐색방식은?

- ㉠ 자동폐색식 ㉡ 지도통신식 ㉢ 지도식 ㉣ 통신식

풀이 통신식은 상대적으로 보안도가 떨어져 복선 운전구간에서만 사용된다.

1 ㉠ 2 ㉡ 3 ㉢ 4 ㉣ 5 ㉣

6. 1 폐색구간의 최대 허용 열차 수는?

- ㉠ 1개 열차 ㉡ 2개 열차 ㉢ 3개 열차 ㉣ 4개 열차

풀이 열차의 운전에 있어 일정한 간격을 두어 운전하는 공간간격법에서는 1폐색구간에 1개의 열차만 운행한다.

7. 열차운전의 안전을 위하여 정상적으로 사용하는 운전 방식은?

- ㉠ 시간간격법 ㉡ 연동간격법 ㉢ 차동간격법 ㉣ 공간간격법

풀이 공간 간격법은 열차와 열차 사이에 일정한 공간(거리)을 두고 운행하는 방법으로써 고속운행을 하는데 적합하다.

8. 동일선로에서 수송능력을 증가시키기 위하여 설치한 폐색방식은?

- ㉠ 통표폐색식 ㉡ 자동폐색식 ㉢ 통신식 ㉣ 연동폐색식

풀이 자동폐색장치는 역간에 신호기를 여러개 설치하여 폐색구간을 쉽게 분할 할 수 있어 열차운행 간격을 좁힐 수 있다.

9. 안전도가 가장 낮은 폐색방식은?

- ㉠ 자동폐색식 ㉡ 연동폐색식 ㉢ 통표폐색식 ㉣ 통신식

풀이 자동폐색식, 연동폐색식, 통표폐색식은 상용[常用]폐색방식이고 통신식은 대용[代用]폐색방식이다.

10. 폐색신호기 하위에 설치하는 표지는?

- ㉠ 서행표지 ㉡ 허용표지 ㉢ 식별표지 ㉣ 입환표지

6 ㉠ 7 ㉡ 8 ㉢ 9 ㉣ 10 ㉣