

KR S-05010

Rev.6, 1. July 2015

폐색 일반사항

2015. 7.



한국철도시설공단



목 차

1. 용어의 정의	1
2. 폐색구간의 설정	1
3. 폐색구간의 경계	1
4. 열차의 교행을 할 수 없는 정거장의 폐색설비	1
5. 폐색취급 표시등 설비	1
6. 접근표시 설비	1
7. 폐색분할	2
8. 폐색분할시 고려사항	2
9. 신호기 설비와 운전시격	2
10. 운전곡선도 작성	2
11. 운전곡선도 기본데이터	2
 해설 1. 폐색신호기 위치 선정	3
1. 자동폐색신호기 설치 위치	3
해설 2. 폐색신호기 위치	4
1. 건식위치 결정에 관한 자료	4
1.1 운전시격	4
1.2 열차길이	4
1.3 신호현시를 확인하기 위한 필요한 거리	4
1.4 신호현시가 변화하는데 필요한 시분	5
2. 신호기 건식위치 결정	5
2.1 도면작성	5
2.2 건식위치를 구하는 방법	5
해설 3. 운전시격	7
1. 운전선도와 운전시격	7
1.1 운전선도	7
1.2 운전시격	8
2. 최소운전시격	9
2.1 3현시 폐색구간의 최소운전시격	10

2.2 4현시 폐색구간의 최소운전시격	11
2.3 정거장에 진입할 때의 최소운전시격	11
2.4 정거장에 진출할 때의 최소운전시격	12
2.5 ATC 차내신호 구간의 최소운전시격	12
3. 운전시격의 단축방법	14
3.1 도착선 상호사용	14
3.2 유도신호기 사용	14
3.3 구내 폐색신호기 설치	15
해설 4. 폐색분할	16
1. 개요	16
2. 폐색구간의 분할	16
2.1 $L_4 > 65\text{km/h} \rightarrow 0$ 으로 정지하는데 요구되는 거리	17
2.2 $L_4 + L_3 > 105\text{km/h} \rightarrow 0$ 으로 정지하는데 요구되는 거리	17
2.3 $L_3 > 65\text{km/h} \rightarrow 25\text{km/h}$ 로 감속하는데 요구되는 거리	17
2.4 $L_2 + L_1 > 150\text{km/h} \rightarrow 105\text{km/h}$ 로 감속하는데 요구되는 거리	17
3. 여객열차의 제동거리	17
해설 5. 선로용량	19
1. 선로용량	19
1.1 단선구간의 선로용량	19
1.2 전동차 구간의 선로용량	19
1.3 복선구간의 선로용량	20
RECORD HISTORY	21

1. 용어의 정의

- (1) 폐색구간(Block Section) : 선로에서 반드시 하나의 열차만 점유하도록 정한 구간
- (2) 고정폐색(Fixed Block)방식 : 선로의 간격을 물리적, 전기적으로 분할하여 열차의 운행 속도 정보를 제공하는 폐색방식
- (3) 자동폐색구간(Automatic Block Section) : 자동폐색장치를 설비하여 자동폐색식을 시행하는 구간
- (4) 자동구간 : 이라 함은 자동폐색장치를 설비한 구간을 말하며, "비자동구간"이라 함은 그 외의 구간을 말하며 연동폐색구간
- (5) 폐색구간의 분할(Division of Block Section) : 하나의 폐색구간을 둘 이상의 폐색구간으로 분할하는 것
- (6) 폐색구간의 병합(Incorporation of Block Section) : 둘 이상의 폐색구간을 한 폐색구간으로 하는 것

2. 폐색구간의 설정

- (1) 열차를 안전하게 운전하기 위하여 폐색구간을 설정하고 적합한 폐색장치를 설치한다.
- (2) 당해 구간을 고정폐색방식으로 건설할 경우 최적의 폐색분할을 하여야 한다.

3. 폐색구간의 경계

- (1) 자동폐색구간의 경계에는 장내신호기, 출발신호기, 폐색신호기 또는 열차정지표지를 설치하며, 폐색구간에 평면교차분기 등이 있는 경우에는 엄호신호기를 설치할 수 있다.
- (2) 연동폐색 구간의 경계에는 장내신호기, 출발신호기를 설치하는 것으로 한다.

4. 열차의 교행을 할 수 없는 정거장의 폐색설비

열차를 교행 할 수 없는 정거장은 인접하는 양방향의 정거장에서 동시에 폐색취급이 될 수 없도록 하여야 한다.

5. 폐색취급 표시등 설비

열차를 출발시키기 위하여 폐색취급을 한 후에는 폐색구간에 열차 또는 차량의 유무와 폐색취급을 확인할 수 있는 표시등을 구비한다.

6. 접근표시 설비

- (1) 조작판에는 접근음향기와 표시등을 설비한다.
- (2) 접근음향기와 표시등은 접근쇄정구간의 궤도회로에 의해 제어되는 것으로 하고 열차 또는 차량이 접근쇄정구간에 있을 때에 음향기와 표시등이 작동되는 것으로 한다.



7. 폐색분할

- (1) 열차의 운전속도, 운전시분, 주행거리 등의 상호관계와 선로조건을 고려하여 합리적으로 분할하여야 한다.
- (2) 선구에 운행하는 열차 중 최악조건의 제동거리를 고려하여야 하며, 동일조건하에서 제동거리가 가장 긴 열차를 기준으로 하여 폐색구간을 분할하여야 한다.

8. 폐색분할시 고려사항

- (1) 공주시분
- (2) 가속도, 감속도
- (3) 열차저항, 열차길이
- (4) 각 역의 정차시분
- (5) 선형 및 종단도
- (6) 상·하선의 간격
- (7) 역의 운전경로
- (8) 최소 운전시격
- (9) 인접선구와 인터페이스

9. 신호기 설비와 운전시격

자동구간의 장내신호기, 출발신호기와 폐색신호기는 열차가 소정의 운전시격으로 운전하는 경우 진행 신호현시에 의해 운전할 수 있도록 설비하는 것을 원칙으로 한다.

10. 운전곡선도 작성

운전 곡선도는 열차의 편성량에 따른 열차의 주행저항, 차륜 단면적, 중량, 혼잡율, 제동율 등의 제반 요건을 계산하고 단위편성 톤(ton)당 가속력과 열차운전 속도의 관계를 나타내는 가속력 곡선과 선로의 구배, 곡선 등의 변화에 따른 사항을 고려하여 작성한다.

11. 운전곡선도 기본데이터

- (1) 운전곡선도는 기본적인 자료의 입력에 따른 컴퓨터(Computer)에 의하여 계산, 작성되며 입력되는 기본적인 자료는 다음과 같다.
- (2) 열차편성에 따른 단위편성 당 주행저항, 중량, 제동율 등의 조건에 의하여 계산된 속도별 가감속도 자료
- (3) 선로의 상, 하선 주행거리별 선로조건에 의한 제한속도 자료
- (4) 열차의 최고운전속도 및 정거장의 정차시분 자료

해설 1. 폐색신호기 위치 선정

1. 자동폐색신호기 설치 위치

자동폐색식 구간에 폐색신호기를 많이 설치하면 폐색구간을 단축시켜 운전시격을 짧게 하기 때문에 많은 열차를 운행할 수가 있다. 일반적으로 후속열차의 운행을 원활히 하기 위하여 항상 진행신호 현시로 운행할 수 있게 한다. 그러므로 2개구간 개통까지의 운행시간(T)이 그 구간의 최소운전시격(T_R)보다 짧게 하는 지점에 폐색신호기를 설치하게 된다. 설치위치의 선정에 있어서는 그림과 같이 거리-시간 곡선을 이용하고 최소운전시격 T_R 은 ($T_R > T$)를 만족시켜야 한다.

신호기 사이를 운행하는 시간 t 와 같게 곡선 반지름, 터널, 교량 등의 지장물 유·무를 검토하고 신호기 설치위치로서 적합한지를 현지 조사한 다음 선정해야 한다.

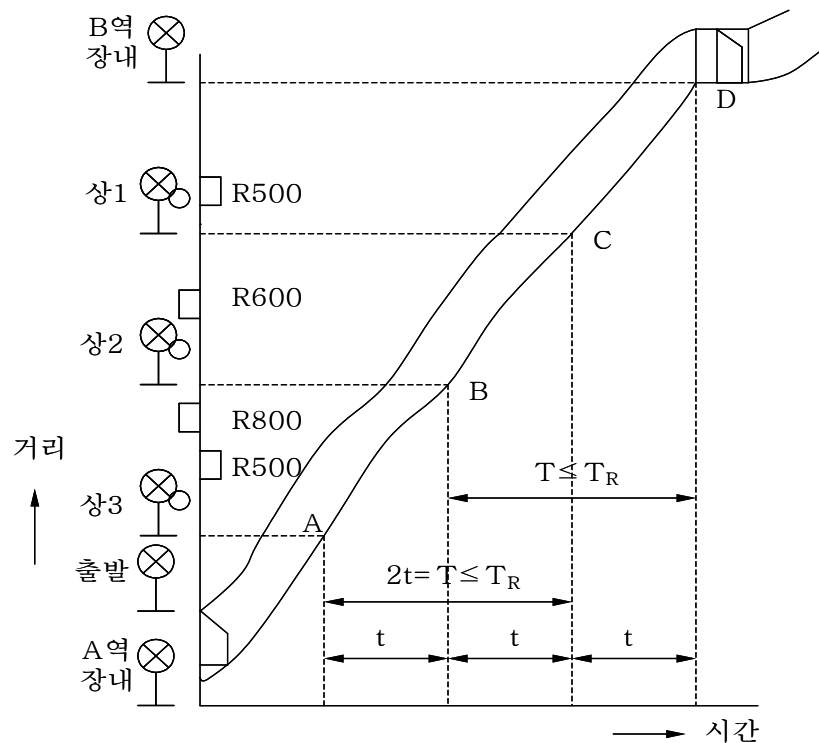


그림 1. 폐색신호기 설치위치 선정(3현시)



해설 2. 폐색신호기 위치

1. 건식위치 결정에 관한 자료

1.1 운전시각

선구 내를 주행하는 열차의 종별, 역구내의 배선상황 등에 유의하여 열차 다이어로 부터 운전간격을 구하고 이를 역간마다 결정한다.

1.2 열차길이

대상으로 하는 열차의 길이

1.3 신호현시를 확인하기 위한 필요한 거리

선행열차의 후부가 한 개의 신호기를 통과한 직후 바깥쪽 5의 신호기의 현시가 진행 신호로 변한다. 이때 후속열차가 제동을 걸지 않고 바깥쪽 5의 신호기에 접근할 수 있는 거리를 구한다. 5현시인 경우에는 ATS지상자 응답가능한 최고속도 140km/h에서 105km/h로 감속하는데 요하는 거리는 다음에 의한다. 다만, G 현시를 지나서 YG 현시로 접근하는 경우이며 구매는 없는 것으로 한다.

$$S = S_1 + S_2 + L = \frac{V}{3.6}t + \frac{V_2}{7.2\beta} + L \quad (1)$$

S : 제동거리[m]

S₁ : 공주거리[m]

S₂ : 실제제동거리[m]

t : 공주시간[초]

L : 제도 여유거리[m]

β : 감속도

표 1. 신호현시를 확인하기 위한 필요한 거리

종 별	최고속도 [km/h]	공주시분 [초]	감속도	필요한 거리[m] (제동거리+공주거리)
KTX	140	7	2.1	567 + 390 = 957
여객 열차 (예 8량 편성)	140	7	3.0	396 + 390 = 786
전기동차(열차-간선형)	140	6.3	3.0	396 + 390 = 786
전기동차	110	2(4)	3~3.5	50 + 61 = 111
화물열차 (예 40량 편성)	85	8.5	1.3	제외(제한 속도 미만)

1.4 신호현시가 변화하는데 필요한 시분

열차가 어느 신호기 안쪽에 진입했을 때 후방 5의 신호현시가 YG로부터 G로 변화하는데 필요한 시분으로 한다. 일반적으로 1초 이내로 하고 여유로 감안하여 2초로 한다. 따라서 시간 $t1$ 로 주행하는 거리 $\ell 1$ 은 다음과 같이 주어진다.

$\ell 1 = t1 \times V$ 단, $V[m/sec]$ 는 열차속도로 한다.

2. 신호기 건식위치 결정

2.1 도면 작성

- (1) 종축에 거리, 횡축에는 운전시분으로 하여 정거장 상호간의 열차계획 운전속도를 열차의 최전부와 최후부의 궤적(軌迹)을 나타낸 속도곡선을 그린다.
- (2) 속도곡선의 종축 측에 구배 및 곡선을 기입한다.
- (3) 장내신호기 및 출발신호기의 위치를 기입한다.

2.2 건식위치를 구하는 방법

- (1) 하행 장내신호기 (P역)를 기준으로 하여 종축에 $\ell 6$ 을 잡아 이를 D점으로 한다.
- (2) D점에서 횡축방향으로 T를 잡아 최후부의 운전곡선과의 교점을 구해 이를 E점으로 한다.
- (3) E점에서 종축에 내린 수직선과 종축과의 만나는 점을 F로 하고 F에서 $\ell 1$ 만을 잡은 점이 하행 1폐색신호기에 대하는 가상점 G이다. 이는 P정거장 하행 장내에서 본 두 구간 전방의 신호기이다.
- (4) 같은 방법으로 상행 폐색신호기에 대하여 가상점 J를 구한다.
- (5) 단선 자동폐색구간에서는 상,하 신호기를 1개소에 건식하는 것이 경제적이기 때문에 G~J의 중간점에서 K를 건식 예정위치로 한다.
- (6) 현지 입회
운전관계자는 건식위치를 현지 조사하여 확인한다.
- (7) 곡선, 구배, 터널 등 확인거리를 지장하거나 건식위치가 어려운 장소를 피하여 운전시격에 만족하도록 한다.
- (8) 투시거리는 실측하여 기록하여야 한다.
- (9) 기타 궤도회로 절연위치 및 설치방법의 양부 등의 관련 시공사항을 검토한다.
- (10) 향후 예상되는 신호기 지장유무, 증설 선로 및 그밖에 지장을 주는 위치를 검토한다.

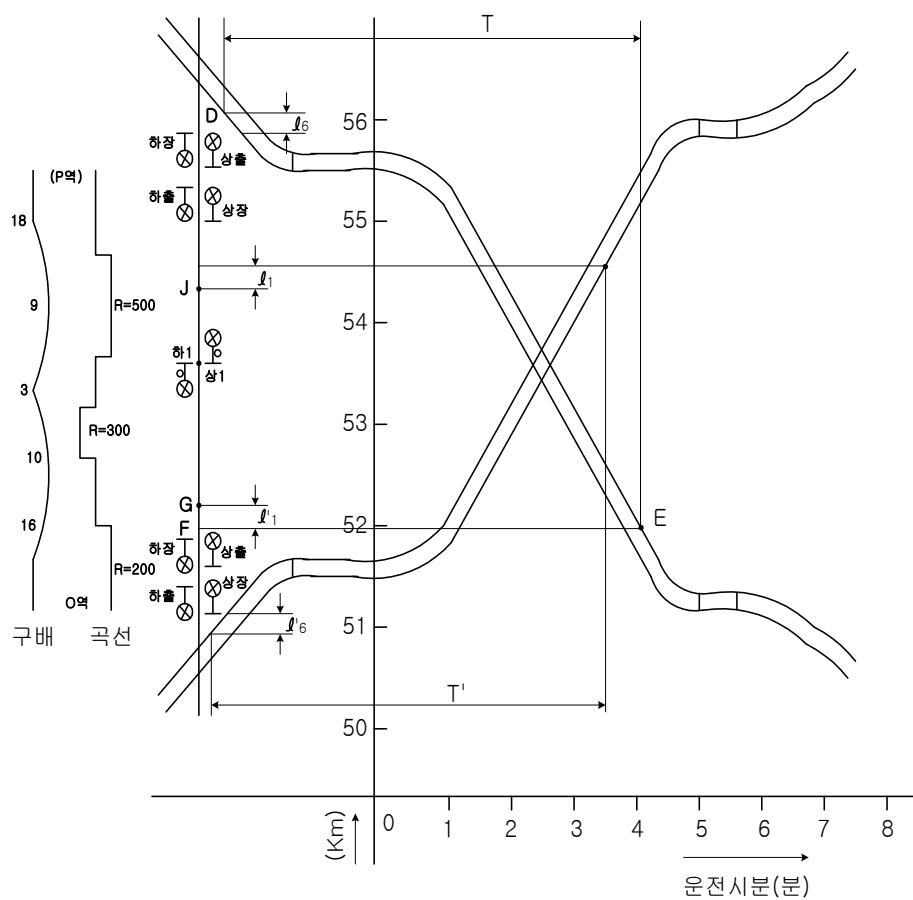


그림 2. 단선 자동폐색신호기 건식위치

해설 3. 운전시격

1. 운전선도와 운전시격

1.1 운전선도

열차의 운전상태, 운전속도, 운전시분, 주행거리, 전기소비량 등의 상호관계를 열차 운행에 수반하여 변화하는 상태를 역학적으로 도시한 것을 운전선도(Run-Curve Diagram)라고 한다. 운전선도는 주로 열차운전계획에 사용하여 신선건설, 기존선 전철화, 동력차종변경, 선로의 보수 및 개량 시 역간 열차운전시분을 설정하여 열차 운전에 무리가 없도록 하는 외에 동력차의 성능비교, 견인정수의 비교, 운전시격의 검토, 신호기의 위치결정, 사고조사, 선로개량계획 등의 자료가 된다.

1.1.1 운전선도의 분류

운전선도는 그 구성과 작도방법 및 사용목적에 따라 여러 가지로 분류한다.

(1) 시간기준 운전선도

시간을 횡축으로 하고 종축에 속도·거리·전력량을 표시하여 작도한 것으로 열차의 가속도나 전력소비량을 계산과 작도는 편리하나 응용범위가 좁아 실제 운전지침으로는 불편하다. 그 구성은 다음과 같다.

- ① 속도시곡선 : 시간과 속도와의
- ② 거리시곡선 : 열차의 주행거리와 운행시분의 관계 곡선으로 시간의 경과에 따른 열차 위치 표시
- ③ 전류시곡선 : 각 시각에 대한 전류치 표시
- ④ 전력량곡선 : 운전에 소요한 전력량 표시

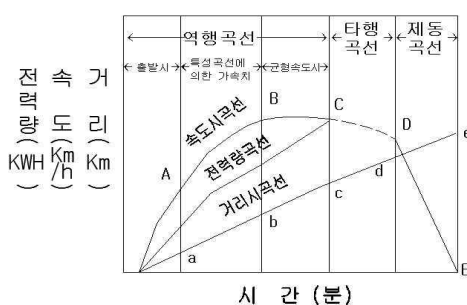


그림 3. 시간기준선도

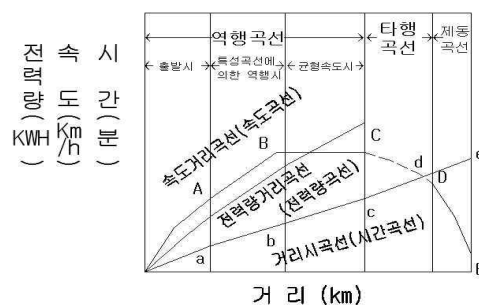


그림 4. 거리기준선도

(2) 거리기준 운전선도

거리를 횡축으로 하여 종축에 속도·시간·전력량 등을 표시하여 작도한 것으로 열차의 위치가 명료하고, 임의지점 위치에 운전속도와 소요시간을 구하는데 편리하여 운전선도라 함은 보통 이 거리기준운전선도를 말한다.

- ① 속도거리곡선(속도곡선) : 거리 즉 열차의 위치에 표시하고 그 구성은 다음과 같다.



- ② 역행곡선 : 역행시 속도거리곡선을 말한다.
- ③ 타행곡선 : 역행시 속도거리곡선을 말한다.
- ④ 제동곡선 : 제동중의 속도거리곡선을 말한다.

(3) 거리시간곡선(시간곡선)

주행거리와 운전시분의 관계를 표시한 것을 말한다.

- (4) 전력량곡선 : 운전에 소요되는 전력량을 표시한 것을 말한다.

1.1.2 운전선도의 사용목적에 의한 분류

(1) 계획운전선도

동력차 견인력과 열차저항의 관계에서 열차운전속도의 결정, 운전시분의 사정, 연료 소비량 및 전력소비량 결정 등 주로 운전계획에 사용하는 것이다.

(2) 실제운전선도

운전실력을 기초로 하여 운전속도와 시분, 전동기의 전류, 전차선 전압, 전력 소비량 등을 도시한 것으로 동력차의 조정기준에 따라 작도한 것이며 특히 이를 기준운전선도 라고도 한다. 동력차 조정기준기법과 견인정수 및 운전시분의 검사 등에 사용하며 승무원의 표준운전법 습득에 사용한다.

(3) 가속력선도

열차의 속도를 높이기 위한 동력차 인장력과 이를 방해하는 열차저항과의 차이가 가속력으로 표시된다. 즉 가속력의 대소는 열차의 속도변화를 좌우하게 된다. 이와 같이 동력차 인장력과 열차저항의 관계에서 인장력과 속도관계로 가속력 특성을 나타내는 선도를 말한다. 운전선도의 직접 작도법의 기초자료이다.

(4) 구배별 속도곡선도

동력차의 가속력과 각종 구배의 속도와 관계의 역행·타행별로 속도곡선을 작도한 것으로 위에서 기술하는 간접 작도법의 운전선도를 작성할 때 기초자료가 되며 속도 곡선 형상이 버들가지 모양이라 하며 일명 유선도 라고도 한다.

1.2 운전시격

한 선로에서 선행열차와 후속열차 사이의 상호운행간격 시간을 운전시격(Head Way)이라 하는데 그 최소값을 최소운전시격이라 한다.

선로를 효율적으로 운용하려면 그 선로에 가능한 한 많은 열차를 운행시켜야 하고 열차와 열차와의 출발간격을 최소로 해야 한다. 자동폐색식 구간의 두 정거장 사이가 1폐색구간인 경우 이 구간이 개통되지 않으면 다음 열차는 출발할 수 없게 되므로 최소운전시격은 정거장의 거리에 따라 크게 좌우된다. 그러나 자동폐색식을 시행하는 구간에서 역간에 자동폐색신호기를 많이 설치하면 신호기와 신호기 사이가 1폐색구간이 되므로 운전시격을 단축시킬 수 있다.

자동폐색신호 구간에서의 폐색구간 거리는 선별로 서로 다르고 운행하는 열차의 제동거리에 따라 제한되어 있다.

2. 최소운전시격

선행열차와 후속열차 상호간의 최소운전시격은 운전시격도에 의하며, 실제 운전할 수 있는 최대 총 열차횟수는 신호기의 간격, 신호현시계통, 착발선 수, 차량성능, 정차시분 등을 감안하여야 한다.

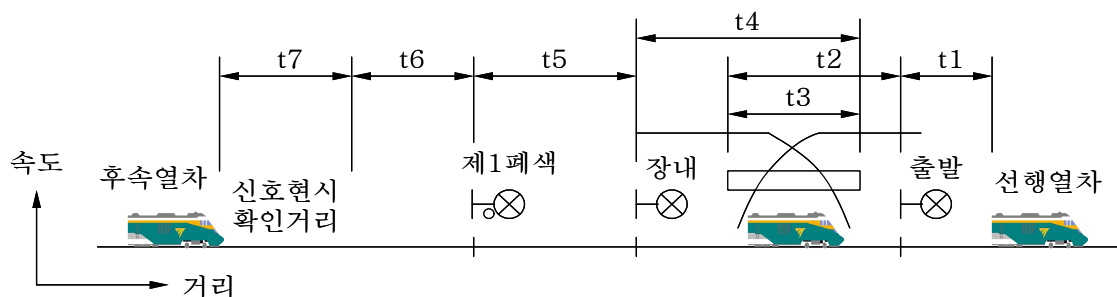


그림 5. 운전시격 산출도

[예] 1선 착발의 경우로 3현시인 경우 최소운전시격은 착발선이 1개 선로이고 선행열차가 출발신호기를 지난 시점을 유념하여 최소운전시격도는 시간곡선에 의한 최소운전시격의 조사도에 표시한 바와 같고 이때의 최소운전시격(T_R)은 다음 식에 의해 표시된다.

$$T_R = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6 + t_7$$

여기서, t_1 : 신호현시가 변화하는 시분

t_2 : 선행열차가 발차 후 그 후부가 출발신호기의 안쪽에 진입할 때까지의 시분

t_3 : 정차시분

t_4 : 열차의 앞부분이 장내신호기의 안쪽에 진입 후 정차할 때까지의 시분

t_5 : 열차가 후방 제1폐색신호기와 장내신호기와의 사이를 주행하는 시분

t_6 : 열차가 계획속도에 의해 제1폐색신호기의 신호현시(이 경우 주의신호 45 km/h)로 감속하는데 요하는 거리를 계획속도로 주행하는 시분

t_7 : 승무원이 신호현시를 확인하고 제동할 때까지의 시분(약3초)

열차는 상시진행신호를 확인하면서 운전해야 하기 때문에 후속열차가 그림의 위치 즉 폐색신호기의 확인지점에 도착한 시점에 선행열차는 출발신호기 안쪽에 진입하고 장내신호기, 폐색신호기의 신호현시도 변화하지 않으면 안 된다. 따라서 그림에 표시한 바와 같이 선행열차에 이어서 후속열차의 시간곡선을 작성하여 최소운전시격(T_R)을 정한다.

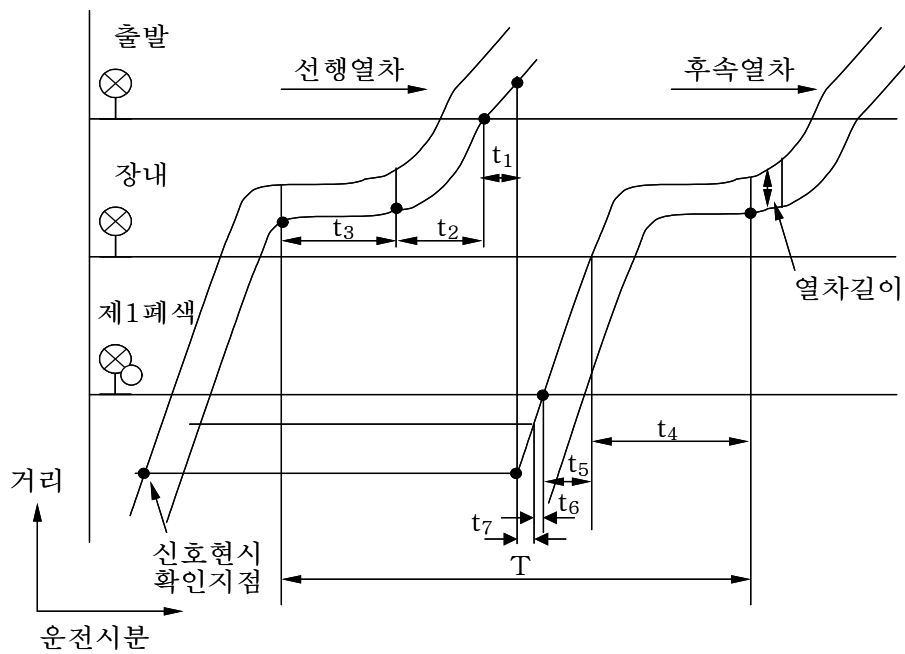


그림 6. 시간곡선에 의한 최소운전시격의 검토

2.1 3현시 폐색구간의 최소운전시격

그림과 같이 역 사이에 설치된 3위식 자동폐색구간에서 항상 진행신호로 운행하는 경우의 최소운전시격은 다음과 같다.

$$T_R = \frac{2B + L + C}{\frac{1,000 \times V}{3,600}} + t = 3.6 \times \frac{2B + L + C}{V} + t \quad (2)$$

여기서, T_R : 열차 사이의 최소운전시격[sec]

B : 폐색구간의 길이[m]

L : 열차 길이[m]

C : 신호현시 확인에 요하는 최소거리[m]

t : 선행열차가 1의 신호기를 통과할 때부터 3의 신호기가 진행신호를 현시할 때까지의 시간[sec]

V : 열차속도[km/h]

또 폐색구간의 길이와 그 구간을 운행하는 열차의 제동거리와의 관계는 $B=b+k$ 가 된다. 여기서 b 는 제동거리[m], k 는 제동여유거리[m]이다. 따라서 이것을 관련식에 대입하면 최소운전시격 T_R 는 다음과 같이 된다.

$$T_R = \frac{3.6}{V} 2(b + k) + L + C + t \quad (3)$$

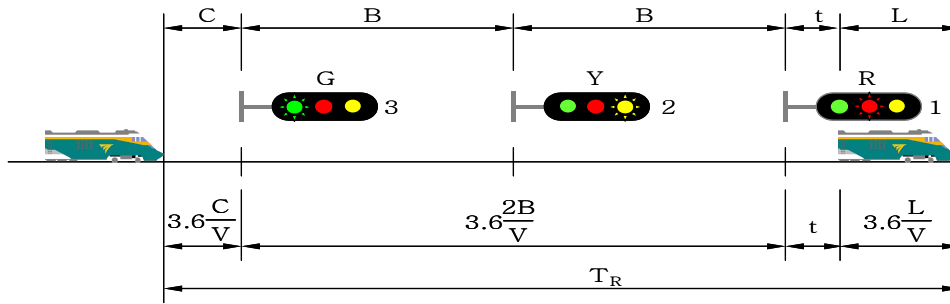


그림 7. 최소운전시격 산출도

2.2 4현시 폐색구간의 최소운전시격

그림에 나타난 바와 같이 4현시 자동폐색구간의 운전시격은 3현시구간의 최소운전시격과 같은 방법으로 다음과 같다.

$$T_R = \frac{3.6}{V} (3B + L + C) + t \quad (4)$$

여기서 $2B = (b+k)$ 라 하면 다음과 같이 된다.

$$T_R = \frac{3.6}{V} \left\{ \frac{3}{2} (b+k) + L + C \right\} + t \quad (5)$$

n현시식 자동폐색구간의 운전시격은 다음과 같다.

$$T_R = \frac{3.6}{V} \left\{ \frac{n-1}{n-2} (b+k) + L + C \right\} + t \quad (6)$$

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

$$T_R = \frac{3.6}{V} (b+k+L+C) + t \text{ 가 운전시격의 극한값이다.}$$

그러나 4현시식 이상의 자동폐색식으로서 신호기를 많이 설치하여 신호현시를 복잡하게 하더라도 운전시격은 비례하므로 최소가 되지 않는다.

2.3 정거장에 진입할 때의 최소운전시격

정거장에 진입할 경우의 운전시격은 그림과 같다.

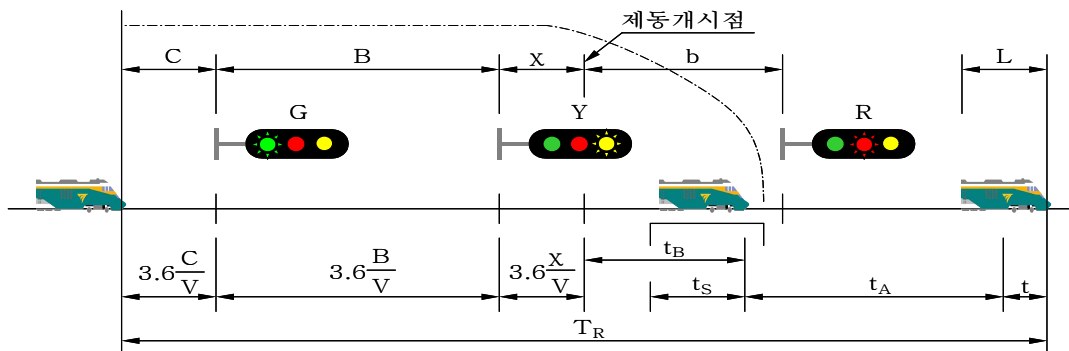


그림 8. 최소운전시격 산출도



T_S : 정거장에 있어서의 운전시각[sec]

C : 신호현시의 확인 최소거리[m]

B : 폐색구간의 길이[m]

X : 제동개시지점과 장내신호기간의 거리

장내의 안쪽은 (+)부호, 바깥쪽은 (-)부호[m]

t_B : 제동시간[sec]

t_S : 정차시간[sec]

t_A : 열차가 출발하여 출발신호기를 넘을 때까지의 시간[sec]

t : 신호현시가 변화하는데 필요한 시간[sec]

$$T_{S1} = 3.6 \times \frac{C+B+X}{V} + t_B + t_S + t_A + t \quad (7)$$

2.4 정거장에 진출할 때의 최소운전시각

정거장에 진입할 때의 최소운전시각에서와 같은 방법으로 정거장으로부터 열차가 출발할 경우의 운전시각은 그림과 같다.

t_y 를 출발신호기를 넘어서 속도 V 가 될 때까지의 시간이라 하면 이 경우의 최소운전시각은 다음과 같다.

$$T_{S2} = \frac{3.6}{V}(C+X+L+B-Y) + t_B + t_S + t_A + t_y + t \quad (8)$$

이들 식으로부터 명확히 역 사이의 최소운전시각에 의해서 정거장에 발착하는 경우의 운전시각 T_S 가 약간 크게 되어 어떤 선로 구간의 운전시각은 큰 정거장의 운전시각보다 크게 제한을 받는다.

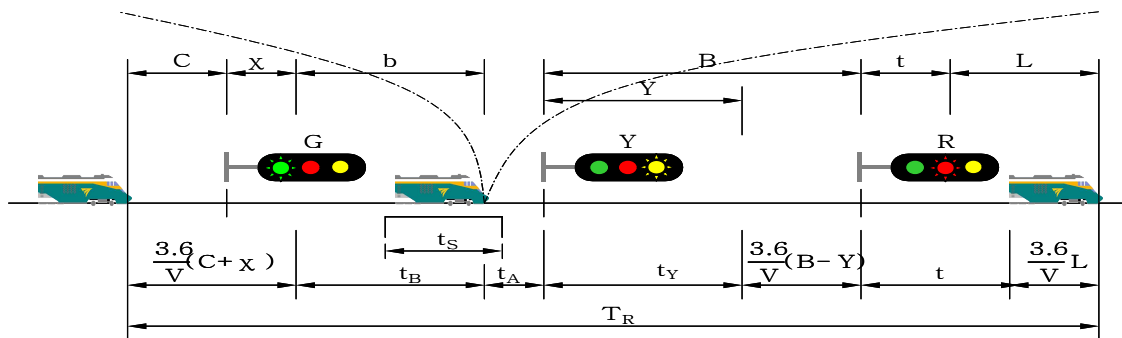


그림 9. 최소운전시각 산출도

2.5 ATC 차내신호 구간의 최소운전시각

ATC 차내신호장치는 고속에서도 열차를 안전하고 고밀도로 운행시킬 수 있는 설비로 250km/h 이상의 고속으로 운행되기 때문에 제동거리 또한 상당히 길어진다. 제동거리는 열차의 감속성능에 좌우되는 요소이며 길어진 제동거리에서도 고밀도 운행을 위해서는 적절한 폐색구간 구분이 필수적이다.

2.5.1 폐색분할

폐색분할을 시행하는 목적은 최소운전시격을 확보하는데 있다. 가장 효율적인 폐색구간 분할은 상위속도 V_1 에서 하위속도 V_2 까지 감속시키는 거리와 V_2 에서 다음 하위속도 V_3 까지 감속시키는데 소요되는 거리가 거의 비슷하게 결정되는 것이다. 이를 관계식으로 나타내면 다음 식과 같다.

$$V_2 = \sqrt{\frac{V_1^2}{2} + (V_1 - \sqrt{\frac{V_1^2}{2}}) \times t \times \beta} \quad (9)$$

여기서, V_2 : 단계별 하위속도[km/h]
 V_1 : 단계별 상위속도[km/h]
 t : 공주시간(ATC에서 일반적으로 3초 이하)
 β : 열차의 감속도[km/h/s]

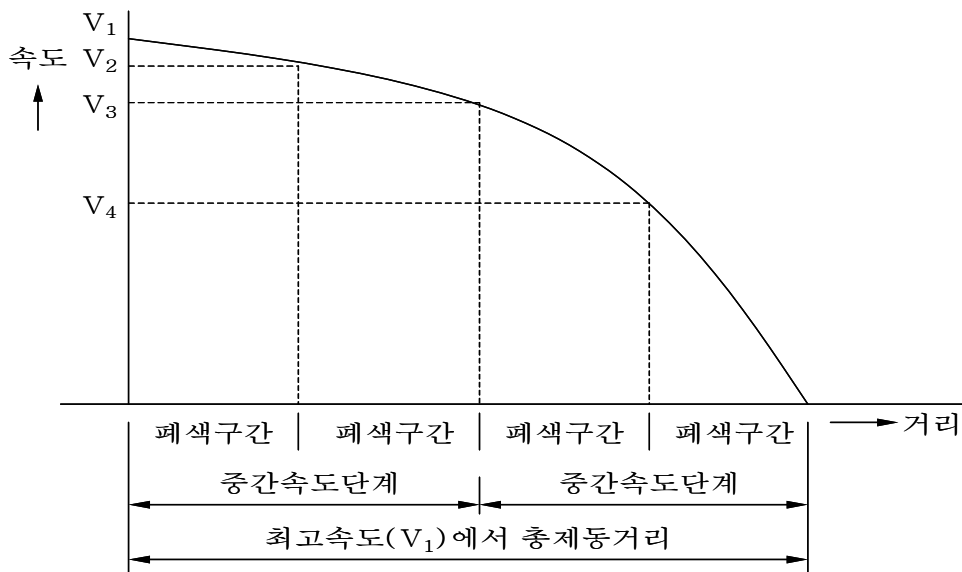


그림 10. 폐색구간 분할

폐색분할의 다른 방법으로는 열차의 감속성능에 의한 제동곡선표에 의하여 속도 코드를 정하는 것이 있다.

그림과 같이 최고속도 V_1 에서 정차하는 데까지 소요되는 제동거리의 약 1/2 구간을 V_3 로 선정하고 V_3 와 V_1 사이, V_3 와 정지지점 사이를 2등분하여 V_2 와 V_4 의 속도 단계를 지정해준다. 이렇게 함으로 각 속도단계별 감속 소요거리는 같아지게 되어 어떤 상황의 열차운전에도 적용할 수 있는 기본적인 폐색분할이 되는 것이다. 이러한 기본속도단계 외에 승차감향상, 선로조건에 따른 감속요인 등에 대비하여 필요한 속도단계를 추가하는 것이 바람직하다.

2.5.2 ATC 구간의 최소운전시격

ATC 구간에서의 최소운전시격 산출은 n현시식 자동폐색구간의 운전시격 산출식을 적용시킬 수 있다. 단, ATC 구간에서 달라지는 요소는 신호기 투시거리가 불필요하고 공주시간 또한 많이 단축될 수 있다는 것이다. 이러한 요소들을 고려하여 보면 다음 식과 같이 된다.

$$T_R = \frac{3.6}{V} \left\{ \frac{3}{2}(b+k) + L \right\} + t \quad (10)$$

3. 운전시격의 단축방법

최소운전시격을 단축하여 선로이용률을 최대한으로 높이기 위해서는 속도 가감이 용이한 고성능 동력차를 사용하여 제동거리를 짧게 하거나 정차시간을 단축하는 방법이 필요하다.

운전시격을 단축시킬 수 있는 방안으로는 정거장의 도착선을 2개 이상 설치하여 선행열차가 1번 선에 도착하면 후속열차를 2번 선에 도착하게 하는 방법이 있으며, 또한 열차가 장내신호기 전방에 정지하는 횟수를 적게 하기 위하여 열차운행이 빈번한 역 구내에서는 유도신호기를 설치하고 또 역 구내에서도 구내폐색신호기를 설치하든가 타임 시그널(Time Signal)을 사용함으로써 운전시격을 최소한으로 줄일 수 있다.

3.1 도착선 상호사용

그림과 같이 정거장에 있어서 도착선을 2개로 하고 선행열차 A가 1번 선에 도착하면 후속열차 B는 2번 선에 도착하도록 한다. 이와 같이 하면 t_s , t_A , t 의 조건에는 아무 관계가 없고 대신 21호 선로전환기를 전환하여 신호를 현시 할 때까지의 시간 t_p 를 가산하고 이 경우의 최소운전시격 T_s 는

$$T_s = 3.6 \frac{C+B+x}{V} + t_B + t_P \quad (11)$$

가 되어 운전시격의 단축에 효과가 있다.

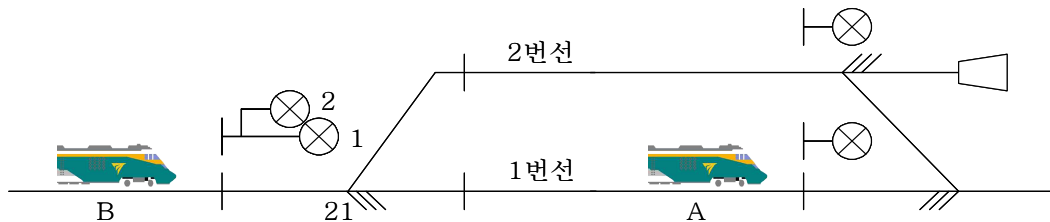


그림 11. 도착선의 상호사용에 의한 방법

3.2 유도신호기 사용

운전시간의 단축 면에서는 별 효과가 없으나 열차운행이 복잡하고 열차를 장내신호기 앞에 정차할 기회를 적게 함으로써 여객에게 편의를 줄 수 있다.

그림은 선행열차가 b점을 지나면 장내신호기에 유도신호를 현시하고 시속 15km/h 이하로 진입을 허용하는 방법이다. T_H 가 T_H' 로 적어질 경우에 운전시격 T_R 가 T_R' 로 단축된다. 그러나 15km의 제한속도의 주행시간 및 감속운전에 소요되는 시간이 많은 경우에는 여객에게는 편리하나 운전시격의 단축에는 별 효과가 없다.

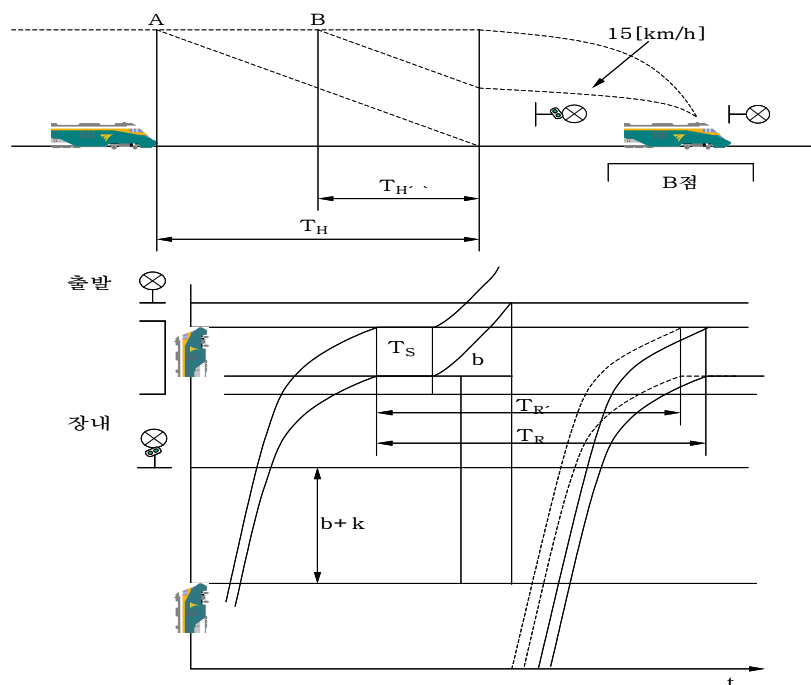


그림 12. 유도신호기의 방법

3.3 구내 폐색신호기 설치

정거장의 장내와 출발신호기간에 폐색신호기를 설치하여 정거장진입 시 최소운전 산출식에서 t_A 를 t_A' 로 줄여 운전시격을 단축하는 방법이다.

그림과 같이 폐색신호기를 설치하여 이 신호기와 신호기 4L과의 거리를 주의신호 65(45)km/h의 속도에서 제동을 체결한 경우의 제동거리 이상으로 하여 선행열차의 후미가 구내의 폐색신호기를 넘어서면 신호기 4L은 주의 신호를 현시하게 하여 운전시격을 단축하는 방법이다.

이상에서 설명한 방법 외에도 타임시그널 방법이 있는데 이 방법은 선행열차와 후속열차와의 간격이 제동거리에 상당하도록 신호기를 많이 설치하는 것이다.



그림 13. 구내폐색신호기 방법

해설 4. 폐색분할

1. 개요

폐색구간길이 분할은 균등분할과 5구간 분할원칙에 따라 열차가 항상 진행신호를 보고 운전하는 조건을 주어야 한다. 또한 열차의 운전속도, 운전시분, 주행거리 등의 상호 관계와 선로조건을 고려하여 합리적으로 분할되어야 한다.

그림과 같이 선행열차의 후방신호 현시가 진행신호로 되는 5번째 신호기의 바깥쪽에 후속열차가 있도록 시간 T_0 이상의 간격으로 후속열차를 설정하여야 한다. 후속열차가 진행신호를 보고 진행할 수 있는 5폐색구간을 확보하였을 때 선행열차와 후속열차와의 시간적 관계를 T_0 로 표현되며 T_0 는 그 선구에 있어서 최소운전시간이 된다.

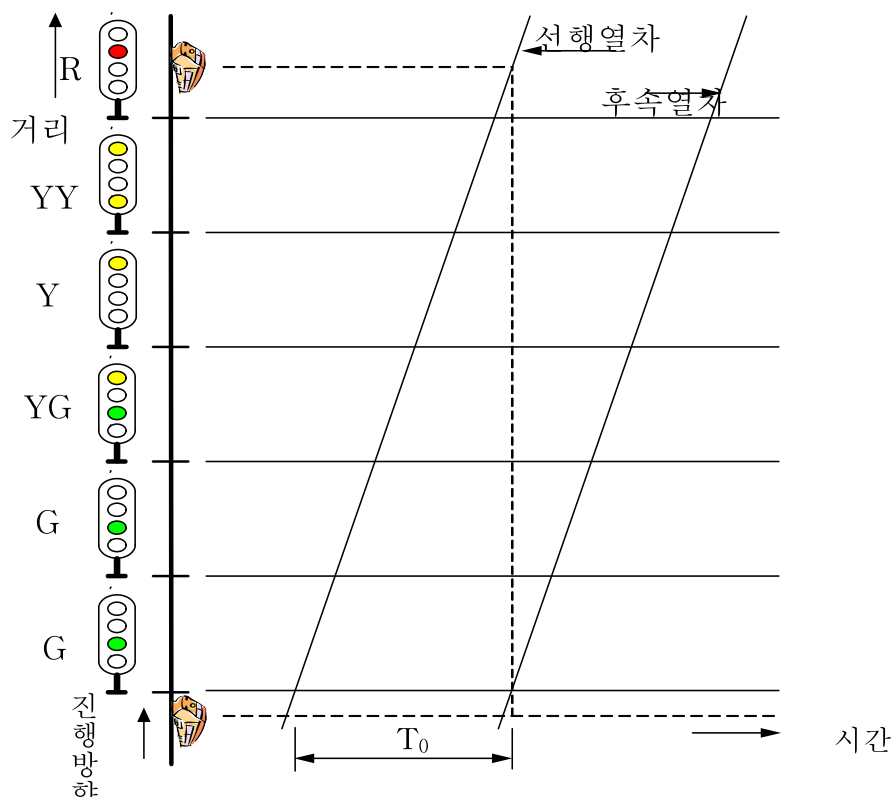


그림 14. 5구간 폐색분할의 원칙

2. 폐색구간의 분할

폐색분할은 열차별 제동거리가 다르므로 폐색구간의 분할은 선구에 운행하는 열차 중 최악조건의 제동거리를 고려하여야 한다. 그러므로 동일조건 하의 제동거리가 가장 긴 열차를 기준으로 하여 폐색구간을 분할한다. 5현시구간의 폐색구간 길이는 그림과 같이 다음의 조건을 동시에 만족하는 값이다.

2.1 $L_4 > 65\text{km/h} \rightarrow 0$ 으로 정지하는데 요구되는 거리

비상제동을 작동하여 R전방의 여유거리에서 열차가 완전히 정지할 수 있는 거리 이상으로 한다.

2.2 $L_4 + L_3 > 105\text{km/h} \rightarrow 0$ 으로 정지하는데 요구되는 거리

비상제동을 작동하여 R전방의 여유거리에서 열차가 완전히 정지할 수 있는 거리 이상으로 한다.

2.3 $L_3 > 65\text{km/h} \rightarrow 25\text{km/h}$ 로 감속하는데 요구되는 거리

상용제동으로 감속하여 YY전방의 여유거리에서 열차가 25km/h로 감속할 수 있는 거리 이상으로 한다.

2.4 $L_2 + L_1 > 150\text{km/h} \rightarrow 105\text{km/h}$ 로 감속하는데 요구되는 거리

상용제동으로 감속하여 Y전방의 여유거리에서 열차가 65km/h로 감속할 수 있는 거리 이상으로 한다.

이상과 같이 제동거리의 여유를 감안하면 폐색구간은 600~800m가 된다.

3. 여객열차의 제동거리

(1) 여객열차가 진행신호(G : 150km/h)에서 정지신호(R : 0km/h)로 감속하는데 필요한 상용 제동거리는

$$S = \left(\frac{V_{\max}^2}{7.2\beta} + \frac{V}{3.6}t \right) \times 1.2 = \left(\frac{150^2}{7.2 \times 1.8 \sim 2.0} + \frac{150}{3.6} \times 5 \right) \times 1.2 \quad (12)$$

$$\approx 2,333 \sim 2,125\text{m} = 2,224\text{m}$$

(2) 여객열차가 진행신호(G : 150km/h)에서 감속신호(YG : 105km/h)로 감속하는데 필요한 상용 제동거리는

$$S = \frac{V_1^2 - V_2^2}{7.2\beta} = \frac{150^2 - 105^2}{7.2 \times 1.8 \sim 2.0} \quad (13)$$

$$\approx 885 \sim 797\text{m} = 840\text{m}$$

이므로 1폐색구간거리는 840m이상으로 설계하여야 한다. 이 경우 선로최고속도 150km/h에서 정지하는데 필요한 3폐색구간(YG \rightarrow Y \rightarrow YY \rightarrow R)의 거리는 840m x 3[구간] = 2,520m이므로 150km/h에서 정차시까지 상용제동거리 2,224m를 확보할 수 있다.

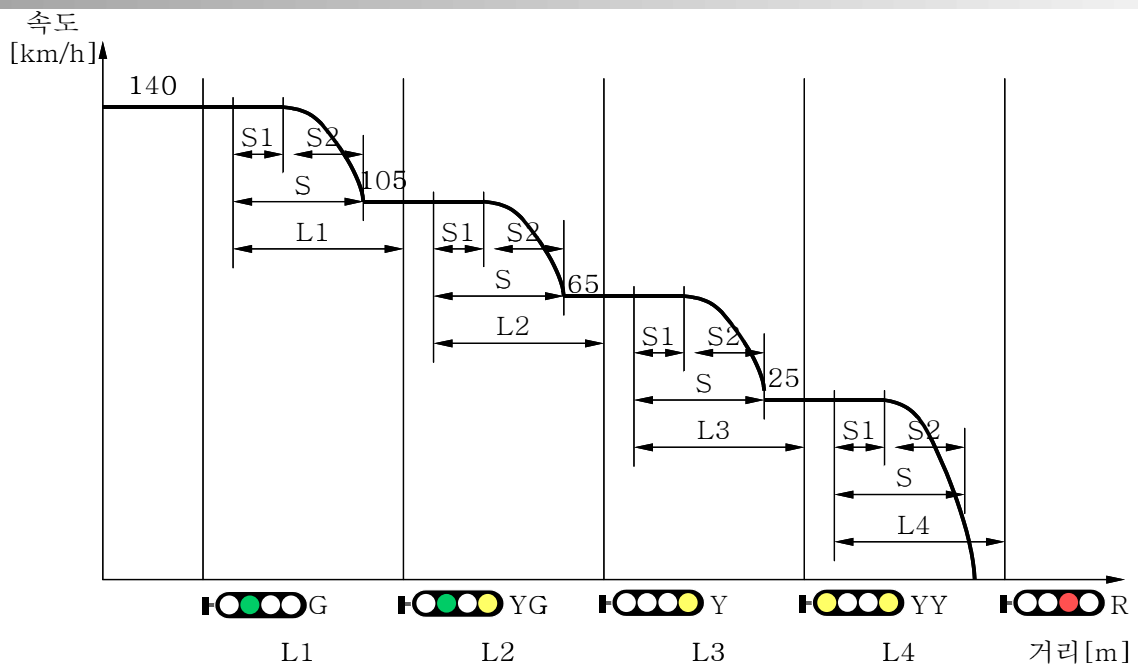


그림 15. 여객열차의 제동거리

해설 5. 선로용량

1. 선로용량

선구에 있어서 수송을 증대시키는데 열차횟수의 증대, 편성차수의 장대화 등이 필요하다. 열차횟수를 증대함에는 1선구를 운전할 수 있는 열차횟수의 한계에 영향을 받게 된다. 선로용량이란 선로상에 운행할 수 있는 1일의 최대열차횟수를 말하는데 역 사이의 운행시간, 폐색장치의 방식, 운행열차의 속도, 대피시설의 설치 가부 등 여러 가지 조건에 따라 좌우된다. 또 폐색방식과 정거장 사이의 운행시간의 관계에 따라 선로용량은 매우 다르다.

1.1 단선구간의 선로용량

$$N = \frac{1,440}{T+C} \times f \quad (14)$$

여기서, N : 역 사이의 선로용량[열차 횟수 1일]

T : 역 사이의 평균 열차운행시간[분]

C : 폐색취급시간[분]

연동폐색식일 경우의 폐색취급시간은 보통 2분 30초를 사용하고 자동폐색식일 경우에는 1분 30초를 사용하는데 f는 선로 이용률로서 보통 0.5~0.7 사이의 값을 가진다. 선로용량의 계산은 수송력이 증가함에 따라 단선자동으로 할 것인지, 선로를 증설하여 복선자동으로 할 것인지를 결정하는 데 중요한 역할을 한다.

표 2. 폐색취급 시간표(단선)

종 별		시간(분)	선로이용률(%)
폐색방식	연동	2.5	60
	자동	1.5	

1.2 전동차 구간의 선로용량

전동차 전용구간에는 고속열차와 저속열차의 구분이 없으므로 고속열차 대피에 따라 지연되는 시분을 고려할 필요가 없으나, 앞으로의 추세는 선로의 고속화 및 직통열차가 운행되고 있으므로 열차 운행 계획을 감안하여야 한다.

$$N = \frac{1,440}{h} \times f \quad (15)$$

여기서, h : 최소운전시격[분]

f : 선로이용률(0.6~0.75)



1.3 복선구간의 선로용량

$$N = \frac{1,440}{hv' + (r + u + l)v} \times f \quad (16)$$

여기서, f : 선로이용률 (0.6이 원칙)

h : 속행하는 고속열차 상호 운전시격(일반적으로 4~6분)

r : 정거장에 선착한 저속열차와 후 착 고속열차 간에 필요한 최소운전시격
(일반적으로 3~4분)

u : 정거장을 선발하는 고속열차와 후발하는 저속열차 간에 필요한 최소운
전시격(일반적으로 2.5분이 원칙)

v : 고속열차회수 비 (고속열차회수 / 편도열차회수)

v' : 저속열차회수 비(저속열차회수 / 편도열차회수)

RECORD HISTORY

Rev.4('12.12.5) 철도설계기준 철도설계지침, 철도설계편람으로 나누어져 있는 기준 체계를 국제적인 방법인 항목별(코드별)체계로 개정하여 사용자가 손쉽게 이용하는데 목적을 둬.

Rev.5('14.06.30) 폐색구간의 분할내용 문구조정

Rev.6('15.07.01) 차내신호구간 신호기 확인거리 예외조항 삽입으로 일부분구 삭제(KR S-02020 : 신호기 2.항에 일괄 반영), 평면교차분기 등에 암호신호기 설치근거 마련