

폐색구간 재설정을 통한 선로용량 개선방안

*박석현, *심원섭, **홍순흠
*서울산업대학교 철도기술대학원, **철도기술연구원

Study on the Improvement of Line Capacity by Block Section Redesign

*Sek-Hyun Park, *Won-Sup Shim, **Soon-Heum Hong

*Graduate School of Railway Science & Technology Seoul National University of Technology

**Korea Railroad Research Institute

Abstract - 본 논문은 경부선 서울~시흥구간의 선로용량 향상을 위하여 경부고속철도에서 적용된(1)(2)(3)(5)(6) 방법으로 신호체계 및 폐색구간을 재설정 하였다. 경부선 서울~시흥 구간 현재의 데이터와 새로이 설정된 데이터를 시뮬레이션 한 결과 운전시각이 상선의 경우 현재 238초에서 192초로 하선의 경우 226초에서 179초로 향상되어 선로용량이 하선 약 23.9%, 상선 약 26.2%가 향상됨을 보였다.

- 하며 이 조건에서도 수송능력이 확보되어야 한다.
- 운행에 대한 안전도는 속도제어 기능에 의해서 확보되며, 폐색구간은 어떤 위급한 상황에서도 비상제동이 작동되어 위험위치(danger point) 이전에서 모든 열차를 멈출 수 있어야 한다.
- 폐색구간에서의 인간공학적 측면의 고려는 운전자가 미리 정해진 제동력으로 열차를 정지점에 정지시키거나 혹은 속도제한 개시점 전에서 충분히 미리 이를 수행할 수 있도록 정지 혹은 감속순서들이 정의되어야 한다.

1. 서 론

경부고속철도의 운행은 우리나라 철도역사의 혁신을 가져오는 일이지만 현 경부선 구간에서 고속열차가 운행하기 위해서는 철도시스템 전반에 대한 개선이 요구되고 있다. 본 논문에서는 고속열차가 운행될 경부선의 서울~시흥구간에 대하여 선로용량을 향상시키는 방안에 대하여 고찰하였다. 현재 경부선 서울~시흥구간은 일일 열차회수가 가장 많은 구간이며, 운행하는 열차의 종류도 여객열차, 전동차, 화물열차 등 그 특성이 다양하다. 이 구간의 신호시스템에 의해 운용되고 있는 신호체계 및 폐색구간 구성은(4) 다양한 열차의 특성이 고려된 것으로 선로용량이 효율적이지 못하다. 경부고속철도의 개통과 더불어 경부선 서울~시흥구간에 고속열차가 운행하게 되면 이 구간에서는 화물열차의 운행이 중지되어 전체적으로 운행열차의 속도향상이 예상되며, 아울러 가속 및 제동 성능도 향상될 것으로 기대된다. 이와 같은 운영환경 변화는 신호체계 및 폐색구간을 재설정할 필요가 있으며, 이를 통하여 선로용량을 증대시키는 방안에 대하여 고찰하였다.

- 폐색분할은 필요한 요소를 정의하여 열차가 안전하게 주행하도록 폐색구간을 나누는 것으로 제동거리에 따른 필요한 폐색구간의 수는 그림 2-1 과 같으며 폐색구간의 길이를 결정하는 요소는 다음과 같다.
- 열차들 사이의 간격
- 상용제동하에서 제동거리를 결정해 주는 상용제동 특성
- 제어곡선의 정의
- 기타 인간공학적 측면에서의 고려사항으로는 운전자에게 할당된 반응시간 및 모든 상황에서 열차를 정지시킬 수 있는 제동력의 크기

2. 본 론

2.1 폐색구간 분할 기준

폐색구간은 열차와 열차사이의 안전거리를 확보하기 위한 기본조건으로 수송요구조건, 운전자에 대한 인간공학적 측면 및 안전도 등을 확보할 수 있어야 하며 다음 기준을 충족하여야 한다.

- 폐색구간의 설계에 의해 결정된 운전시각은 선로상의 어떤 위치에서도 후속열차와의 안전이 보장되어야

먼저, 폐색구간 분할을 위해서는 이러한 요소들의 영향을 고려한 후 폐색구간 분할기법에 따라 수행되어진다. 상용제동력을 가진 기준열차의 정지거리는 모든 폐색구간에 걸쳐서 분포되어야 하며, 제동거리는 상용제동이 시작되는 순간부터 측정되므로 제동적용시간(tbs)은 그림 2-1 에서 보는 것처럼 경보구간(warning block section)에서부터 시작된다. 제동거리가 Nca 개의 폐색구간들로 나뉘어져 있다는 것은 총 제동에너지가 각 폐색구간에서 이와 같은 비율로 소모된다는 것을 말하며, 이 에너지는 각 폐색구간의 진출입시에 속도의 제곱함들의 차에 의해서 측정된다. 이론적인 속도조정(theoretical set speed)은 반올림 혹은 반내림 등을 한 후에 운전석에 표시될 속도로 조정된다. 그러므로 궤도의 형상이 어떠한 간에 폐색구간 분할은 속도를 줄이는 모든 정지 시퀀스(Sequence)들을 수행하기 위해 필요한 거리를 제공해야 한다. 각 폐색구간의 길이는 각각의 시퀀스에서 얻어진 속도를

줄이는 모든 기본적인 감속 시퀀스가 허용될 수 있도록 제안되어야 한다(그림 2-1 참조).

즉,

- Vi(5)에서 Vi(4)로의 감속
- Vi(4)에서 Vi(3)로의 감속
- Vi(2)에서 Vi(1)로의 감속

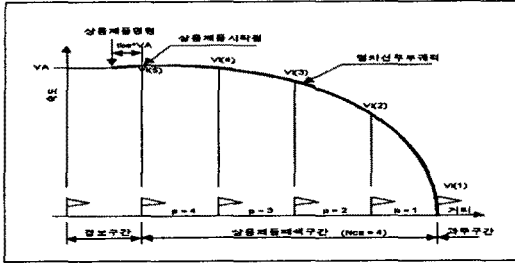


그림 2-1 상용제동 폐색분할
Fig 2-1 block sectioning of service braking

이론적인 조정속도 값들은 열차의 종류별로 모델화하여 그 특성에 따라서 결정된다. 중력의 영향은 열차의 길이에 따라서 다르므로 기준열차 보다 짧거나 길은 열차들에 대해서도 모델화가 이루어져야 한다.

2-2 신호체계 및 폐색구간 기본길이 설정

경부고속철도의 폐색분할 이론을 적용하여(1)(2)(3)(5)(6) 개선방안을 찾기 위하여 새로운 신호체계를 설정하고 이에 기초한 폐색구간 기본길이를 재설정하여 개선방안을 도출하고자 한다.

여기에 적용될 요소는 다음과 같으며 일부항목은 고속열차의 자료를 인용하였다.

- 최대운행속도 : 140km/h
- 상용 감속도 및 가속도 : 0.5m/s²
- 비상 감속도 : 1.8m/s²
- 열차운행 선로 : 경부 1선의 본선 단방향(하행 : 좌측, 상행 : 우측선로)만 고려
- 분기기 통과 제한 : 분기기 반위 통과 없음
- 속도제한 : 서울역 구내 45km/h, 용산~노량진간 90km/h, 영등포 구내 90km/h 이외의 구배, 곡선 속도제한 없음
- 공주시간 : 10.5초(명령수신 2.5s, 기관사 반응 6s, 제동반응시간 2s)
- 차량길이 : 400m
- 운전조건 : 서울~시흥구간 직통열차만 고려

위에서 정의된 항목을 적용하여 주행속도 140km/h의 열차 제동거리를 구하면(6) 1,512m로 속도와 제동거리의 관계는 그림 2-2와 같다.

폐색구간 기본길이를 정의하기 위하여는 우선 그림 2-3에서와 같이 제동거리 전 길이를 균등하게 4등분하고 각 점에서 수직선을 연장하여 제동곡선과 만나는 점의 속도 축이 단계별 속도가 된다.

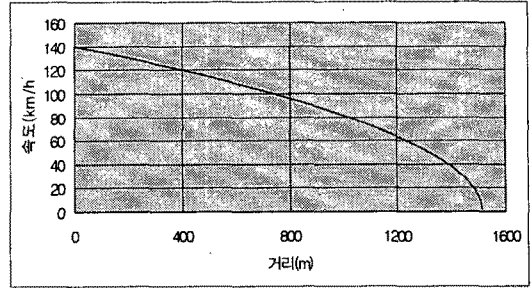


그림 2-2 제동곡선
Fig 2-2 breaking curve

과주여유거리 확보를 위하여 공주시간 10.5초 동안 최대속도에서 주행한 거리를 더하여 최종적으로 폐색구간 기본길이를 구한다.

공주시간은 기관사 반응시간과 기계적 동작 반응시간 동안의 주행 여유거리를 반영하기 위한 것이다.

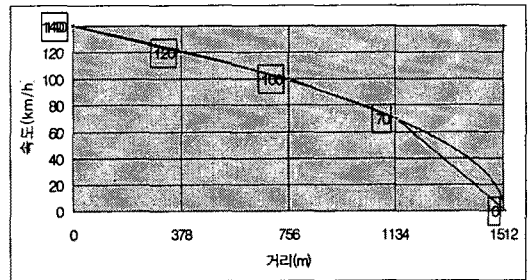


그림 2-3 속도단계
Fig 2-3 speed aspect

첫 번째로 속도단계는 그림 2-3에서와 같이 상용제동 전체거리에서 균등하게 4구간으로 분할하여 이 점에서의 속도 값을 구하면 140-120-100-70-000의 5단계로 정의된다.

두 번째로 폐색구간 기본길이에 공주시간 10.5초 동안의 주행거리 388m를 4개의 폐색구간에 분배하고, 여기에 여유거리 25m를 추가하여 그림 2-4에서와 같이 1개의 폐색구간 기본길이를 500m 정의한다.

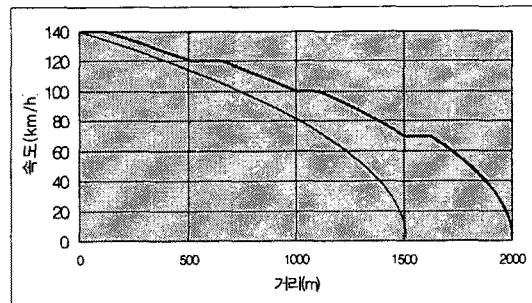


그림 2-4 폐색구간 기본길이
Fig 2-4 basic length of block section

여기에서 정의한 속도단계 140-120-100-70-000와 1개의 폐색구간 기본길이 500m로 하는 새로운 기준을 적용하여 개선안을 고찰하였다.

2-3 폐색구간 재설정 및 시뮬레이션 결과 비교

서울~시흥구간에 대하여 앞에서 정의한 속도단계와 폐색구간 기본길이를 기본으로 하고 여기에 폐색구간 분할에 가장 영향을 주는 분기기 위치가 반영된 새로운 폐색구간을 분할하여 시뮬레이션 하였다. 분기기 개소에서 폐색구간 경계 설정은 분기기의 허용통과 속도 및 이상(異狀)상황에 대처할 수 있는 안전거리를 확보하기 위하여 폐색구간 경계를 기준으로 내방분기기의 경우 150m 이상을 이격하고, 외방분기기는 배향인 경우 70m 이상, 대향인 경우 30m 이상을 확보토록 하였다. 이러한 조건하에서 얻은 결과와 현 경부선 서울~시흥구간의 데이터를 적용하여 시뮬레이션 한 결과를 비교하면 표 2-1과 같다.

표 2-1 시뮬레이션 결과
Table 2-1 simulation result

구 분		하 선			상 선		
		최대	최소	편차	최대	최소	편차
폐색구간 길이 (m)	현재	1,519	315	1,204	1,384	220	1,164
	재설정	636	490	146	587	490	97
구간별 운행시간 (초)	현재	39	8	31	35	5	37
	재설정	16	12	4	15	12	3
운전시격 (초)	현재		226			238	
	재설정		179			192	

3. 결 론

열차운행제어를 위한 신호시스템은 컴퓨터 기술의 발전에 따른 제어시간의 단축 및 운행관리의 최적화 그리고 신호체계의 개선 등을 통하여 선로용량 향상에 상당한 현실성이 예상되고 있어 지속적인 연구가 필요한 분야라고 볼 수 있다.

본 논문에서는 선로용량 향상을 위하여 신호시스템의 신호체계와 폐색구간 분할에 대하여 고찰하였다.

연구의 대상 구간인 서울~시흥 구간은 현재 주행성능 및 제동성능이 다른 모든 열차와 운영제한 조건을 충족하기 위하여 효율성이 저하된 신호체계가 유지되고 있는 것으로 분석되었다.(그림 3-1 참조)

경부선 서울~시흥구간에 고속열차가 운행하게 되면 주행성능과 제동성능이 가장 낮은 화물열차의 운행중지가 예상되어 신호체계 개선 요인으로 작용될 것이다. 본 논문에서 새로이 정의한 신호체계 및 폐색구간 길이를 적용하여 얻은 데이터와 현재의 체계에 의해 얻은 데이터를 시뮬레이션 하여 표 2-1과 같은 결과를 얻었다.

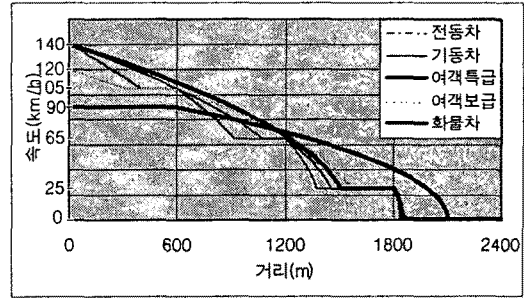


그림 3-1 차종별 제동곡선

Fig 3-1 breaking curve of operation train

이 결과에 의하면 운전시격이 상선의 경우 현재 238초에서 192초로 하선의 경우 226초에서 179초로 향상되어 선로용량이 하선 약 23.9%, 상선 약 26.2%가 향상될 것으로 예상된다.

그러나 여기에서 적용된 폐색구간 분할은 경부고속철도의 이론에 따른 것으로 프랑스 고속철도에서 적용된 것과 같은 개념이지만 연구의 대상은 기존선 구간이므로 고속철도와 다른 이론으로 접근한다면 좀더 효과적인 수 있으나, 열차의 운행제어를 위한 신호시스템은 안전확보가 최우선으로 고려되어야 하는 기본조건은 같으므로 작은 요소라도 간과되지 않도록 하여야 한다.

아울러 본 논문에서는 고속열차가 운행하는 서울~시흥구간 본선에서 정차열차가 없는 것으로 가정하였으며, 현장에 적용할 수 있는 정확한 결과를 얻기 위해서는 여기에서 고려하지 않은 구배, 구내 선로배선 및 기타 정차/통과 열차와 같은 운용여건상 필요한 조건의 보완이 필요하다.

(참 고 문 헌)

- [1] Internet : wysiwyg://4/http://www.inforoute.cgs.fr/davroux/signaux4a.htm 1998. 2. 25
- [2] GEC ALSTHOM, Proposal of TGV FRENCH GROUP, Vol 3.5.6, P50~65, 1992. 1
- [3] S.H RYU, 철도기술 연구성과 발표논문집, "A study on the block sectioning procedure of high speed railway system", P245~249, 1998. 5
- [4] 철도청, 신호보안장치설계시공표준, 1996. 12
- [5] Bernard GUILLEUX, GAUTHIER VILLARS, "The transition to the TVM 430 system", P59~65, 1995. 3
- [6] J. JOUANNEAU, "DESCRIPTION OF THE BLOCK SECTIONING ALGORITHM", 1996. 1
- [7] ARDILIO, "HEADWAY VALIDATION FILE" 1997. 3