

폐색 구간 길이에 따른 동대구-부산간 운전 시격 연구

김용규, 양도철, 김종기
한국철도기술연구원

A Study on the Headway between Dongdaegu and Busan by block system length

Yong-Kyu KIM, Doh-Chul YANG, Jong-Ki KIM
Korea Railroad Research Institute

Abstract - In this study, the block section length of the given area has been analyzed to improve the headway which caused by the mixed operation of high speed trains and normal trains on the electrified railway of Dongdaegu to Busan. After establishing the average length of block section and the adjustable average length of block section of Dongdaegu to Busan, it is possible to perform the headway simulation regarding the signal system based on the established length. Although high speed trains as well as low speed trains including freight trains operate together, the experimental results indicate that the modification of the block section length shows the possibility of the improvement of headway.

1. 서론

열차가 정면으로 충돌하거나 후행 열차의 선행 열차 추돌을 방지하기 위해 주어진 선로변 조건에 따라 선로를 일정 구간으로 구분한 후, 이 구간에는 한 개 열차만이 존재할 수 있도록 허용하는 시스템을 폐색 구간이라 한다. 특히 운전 시격으로 주어지는 선행 열차와 후행 열차의 간격은 폐색 구간을 기본으로 유지되며, 열차의 최고 속도에서 정지 지점까지의 거리로 주어지는 제동 거리는 이들 폐색 구간의 갯 수로서 결정된다[1]. 따라서 폐색 구간은 열차 운행 속도, 가속도, 감속도 등으로 주어지는 차량의 특성과 운전 시격에 있어서 중요한 물리적인 변수로 작용한다. 한편 제한된 선로 설비를 복수의 열차가 동시에 점유하려는 상태를 경합(Conflict)이라 정의함에 따라, 설비 사용상의 경합이 발생하였을 경우, 어느 열차에 우선권을 부여할 것인가에 대한 판단 요소로 열차 종별 수송을 효율적으로 실행하기 위한 열차의 상·하행선 방향, 지연 시간 등이 논의된다[2],[3].

동대구-부산간 기존선 전철화 구간은 고속열차와 기존 여객 열차 그리고 저속 화물 열차가 함께 운영됨에 따라 이 구간에서의 운전 시격을 최소화하기 위해서는 위에서 언급한 경합의 문제점이 운영측면에서 주어져야 한다.

본 논문에서는 단지 신호 측면에서 기본적으로 대두되는 폐색 구간의 길이에 따른 운전 시격의 개선 가능성을 확인하기 위해 동대구-부산간 총 선로 길이를 117km로, 기본적인 출발 열차의 운전 시격을 6분으로 추정한 후, 최대 변경 가능한 현재의 폐색 구간 길이에 의한 운전 시격의 시뮬레이션을 신호 차원에서 취급하였다. 이를 위해, 고속열차의 최고 속도를 운영상의 최대 선로 허용 속도 150km/h와 기존 열차의 최대 운행 속도 135km/h의 두 종류로 구분하고, 관련 구간에 대한 기존 열차의 속도는 현재 주어진 기존 열차 속도를 그대로 도입하여 시뮬레이션을 실행하였다.

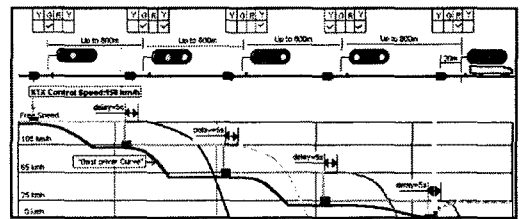
또한 동대구-부산간에 주어진 대피선 수는 현재 약 13개로, 선로 운영상 상시적으로 발생 가능한 궤도 작업 또

는 유지보수 작업은 주간과 야간 각각 2시간씩 실행하는 것으로 간주하였다[4].

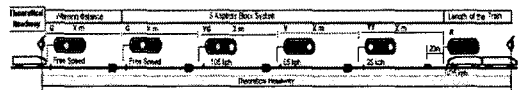
본 논문에서 주어진 시뮬레이션은 모두 운영 측면이 아닌 신호 측면에서 분석되었으며, Skip/Stop 시간의 운영은 여객 열차의 경우에 5분, 화물 열차의 경우에는 10분으로 가정하였다. 한편 최대 운행 속도에 따른 열차 운행 시간은 기관사의 습성에 의한 마진(최대 허용 속도 -7km/h)과 영구적인 속도 제한과 일시적인 속도 제한으로 주어지는 선로에 의한 속도 제한(기본 속도의 12%로 가정)을 고려하였다.

2. 동대구-부산 기존선 전철화 구간

동대구-부산 구간의 신호 시스템은 5현시 열차 자동 정지 시스템(ATS)으로 구성됨에 따라 이와 연관된 신호 체계 및 이론상의 운전 시격은 그림 1과 같이 주어진다. 동대구-부산 구간에서의 2004년 이후의 열차 속도는 150km/h로, 관련 구간에서 운행 예정인 기존 열차의 속도는 현재 주어진 기존 열차 속도를 그대로 적용하였다. 관련 구간의 대피선 수는 약 13개로 예상하며, 상시적으로 발생 가능한 궤도 작업 또는 유지보수 작업은 주간과 야간으로 분류하여 각각 2시간을 적용하였다.



a) 5현시 ATS 신호 체계



b) 이론상의 운전 시격

(그림 1). 5현시 신호 체계의 운전 시격

표 1은 2004년 이후 운행 예정인 동대구-부산간 투입 열차 수를, 표 2는 관련 열차 운행 평균 시간을 나타낸다. 표 1과 2에서 새마을 1은 무정차로 운행하는 차량을, 새마을 2는 1회 정차하는 차량을 의미한다.

(*1)은 철도청의 입력 자료를 기본으로 추정하여 계산한 열차 운행 속도를 나타낸다. (*2)는 현재 운행중인 열차를 기준으로 주어진 자료로 2004년도에 운행이 실행될지는 확인되지 않았다. 특히 아래 표에서 주어진 자료는 모두 운영 측면이 아닌 신호 측면에서 분석된 자료임에 유의해야 한다. 표 2의 출발-정지 시간의 운영은 여객

열차의 경우에 5분을, 화물 열차의 경우에는 10분을 고려하였다.

열차 유형	최대 속도	평균 속도	열차 수
	V1(km/h)	V3(km/h)	
KTX	135	108	44
새마을1	125	98	16
새마을2	125	92(*1)	-
무궁화	120	77	15
화물열차	90	64	41
기타			75(*2)

(표 1) 2004년 이후 운행할 열차 수

열차 유형	Skip/Stop 횟 수	Skip/Stop 시간 t(s)	통과 시간 (min)
KTX(150)	0	181	59
KTX(135)	0	163	66
새마을1	0	163	71
새마을2	1	620	77
무궁화	3	1562	93
화물열차	1	878	110

(표 2) 열차 운행 평균 시간

표 3은 이들 열차에 의해 주어지는 최대 속도에서 정지까지의 제동 시간 및 제동 거리, 표 4는 동대구 부산 열차 유형에 따른 열차 운행 평균 시간을 나타낸다. 표 3과 4의 경우, 최대 운행 속도에 따른 열차 운행 시간은 기관사의 습성에 따른 마진(최대허용 속도-7km/h)과 영구적인 속도 제한과 일시적인 속도 제한으로 주어지는 선로에 의한 속도 제한(기본 속도의 12%로 가정)을 고려하여 제시된 값을 나타낸다.

열차 유형	감속도	시간	목표 거리
	$\gamma d(\%)$	t(s)	td(m)
KTX(150)	0.5	77	1726
KTX(135)	0.5	69	1397
새마을	0.5	66	1203
무궁화	0.5	68	1111
화물열차	0.4	56	773

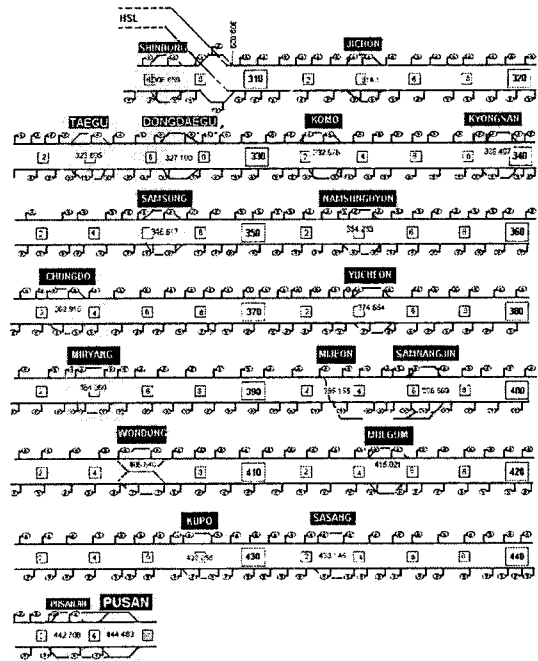
(표 3) 제동 시간 및 거리

열차 유형	가속도	시간	목표 거리
	$\gamma a(\%)$	t(s)	td(m)
KTX(150)	0.4	104	2163
KTX(135)	0.4	94	1767
새마을	0.37	94	1635
무궁화	0.36	96	1579
화물열차	0.3	88	1033

(표 4) 가속 시간 및 거리

동대구-부산 구간에서의 Skip/Stop 운영을 위한 궤도에 연관된 현존 신호기 간의 위치는 대략 500m~1000m로 주어진다. 그림 2에서 신동-부산간 138km에 대한 하행선 방향의 폐색 신호기의 수가 총 175개로 주어짐에 따라, 관련 구간의 평균 폐색 길이는 800m로 계산된다. 한편 주간과 야간의 열차 운행 시간은 프랑스 철도청(SNCF)의 규정에 따라, 주간의 경우 18시간, 야간의 경우 6시간으로 설정된다. 여기서 주간은 06~24시를, 야간은 00~06시를 의미한다. 만약 주간과 야간에 있어서 유지보수 등의 작업이 각각 2시간씩 주어지는 경우, 실제로 열차 운행이 가능한 선로 용량은 주간은 16시간, 야간은 4시간으로 구성된다.

동대구-부산간의 가장 긴 열차의 길이는 20량의 경부고속열차(KTX) 차량으로 대략 400m로 주어진다. 따라서 관련 운전 시격 거리는 5현시 ABS 시스템을 고려할 경우, $(5 \times (\text{폐색 구간 길이}) + (400\text{m}))$ 로 주어진다. 따라서, 폐색 길이가 600m인 경우에는 약 3400m가, 폐색 길이가 800m인 경우에는 약 4400m가 동대구-부산간 이론상의 운전 시격거리로 가정된다.

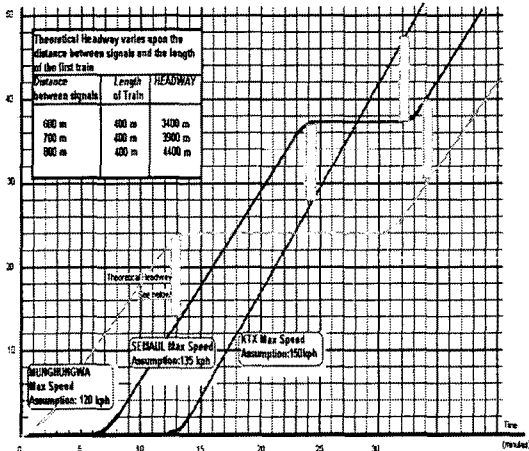


(그림 2) 동대구-부산간 신호기 위치

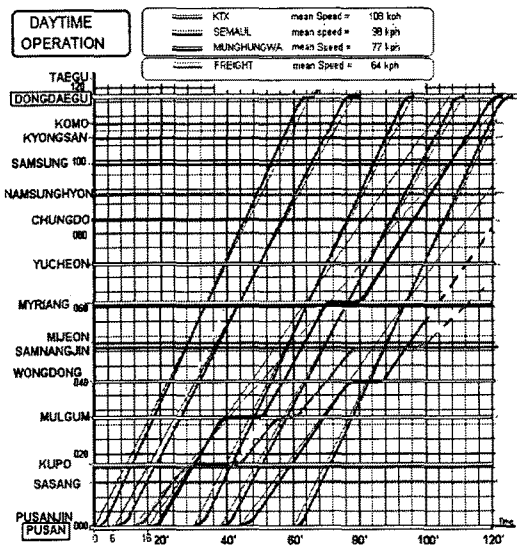
3. 운전 시격 시뮬레이션

본 논문에서 사용된 시뮬레이션 방법은 특별한 소프트웨어 프로그램을 적용한 것이 아니라, 단지 위에서 주어진 자료를 기본으로 하여 신호 차원에서 계산된 결과이다. 고속철도 운영을 위한 동대구-부산간 기존선 전철화 구간의 Skip/Stop에 따른 이론상의 운전 시격도는 그림 3과 같다. 그림 2에서 이론상의 운전 시격은 신호기 사이의 거리 및 첫 번째 운행 열차의 길이에 따라 변화가 예상된다. 따라서 운전 시격의 증가를 위해서는 고속열차 접근시 저속 열차가 충분히 대피할 수 있는 대피선의 적절한 운영을 필요로 한다. 폐색 구간 길이가 800m인 경우, 시간당 운행 열차의 수가 7대를 초과하지 않는 부산을 출발하는 상행 선로에서의 실제적인 열차 점유 다이어그램은 그림 3과 같이 주어진다.

그림 3에서 폐색 구간 길이를 600m로 가정할 경우에는 시간당 운행 열차의 수가 8대로 증가하게 된다. 따라서 이를 기본으로 선로의 용량에 따른 이득(Gain)을 분석한 결과, 폐색 구간 길이를 800m에서 600m로 조정할 경우에는 선로 용량이 12.5% 증가한다. 그러나, 실제적인 대피선을 고려할 경우에는 10%까지 감소하게 된다. 같은 방법으로 폐색 구간 길이를 700m로 조정할 경우에는 대략 6%의 선로 용량 증대를 기대할 수 있다.



(그림 3) 운전 시격도



(그림 4) Skip/Stop 운전 시격(주간)

800m의 폐색 구간 길이에 의한 선로 용량을 "K=1"이라 하면, 700m의 폐색 구간 길이에 의한 선로 용량은 "K1=1.06", 600m의 폐색 구간 길이에 의한 선로 용량은 "K2=1.10"로 주어진다. 이는 야간 열차의 운행에 고려하지 않은 상태로, 주간에 운행하는 열차는 주로 열차 유형 및 관련 열차 속도가 상이하지만, 야간에 운행하는 열차는 대부분이 화물 열차로 주어짐에 따라 열차 속도 및 열차 유형을 일정하게 유지하는 것으로 간주하였다. 그러나, 폐색 구간의 길이 변화는 단지 열차의 유형 및 관련 열차의 평균 속도만을 고려하여 실행되지 않아야

한다. 만약 열차 속도가 같은 경우에는 신호기 위치에 관계없이 운전 시격을 3분까지 단축하는 것이 가능하지만 그렇지 않은 경우에는 운전 시격의 단축은 불가능하다. 위와 같은 시뮬레이션을 통해 분석된 결과에 의하면 주간의 운행 열차수는 표 5와 같이 주어진다

폐색 길이	주간	야간	전체
600m	112	32	144
700m	119	34	153
800m	123	35	158

(표 5) 폐색 길이에 따른 운행 열차 수

그 결과, 동대구-부산 구간의 폐색 구간 길이 변화에 따른 선로 점유율은 표 6과 같이 주어진다.

폐색 길이	운행 열차 수	열차 수/h	이용 가능 시간	선로 점유율
600m	112	7	16	33%
700m	119	7.42	16	41%
800m	123	7.7	16	46%

(표 6) 주간 운행 열차의 선로 점유율

야간의 선로 용량은 80%가 화물 열차로 주어지며, 위와 동일한 방법으로 분석한 결과는 표 7과 같다.

폐색 길이	운행 열차 수	열차 수/h	이용 가능 시간	선로 점유율
600m	32	8	4	21%
700m	34	8.48	4	27%
800m	35	8.8	4	33%

(표 7) 야간 운행 열차의 선로 점유율

5. 결 론

동대구-부산간 기존선 전철화 구간에서의 폐색 구간의 길이는 최대 600m까지 감소할 수 있을 것으로 예상됨에 따라, 현재의 폐색 구간 길이 800m를 600m로 조정할 경우, 실제의 선로 용량은 대피선의 위치를 충분히 고려함으로써 약 10%의 증가를 실행할 수 있음을 시뮬레이션을 통해 확인하였다.

또한 유지보수 작업이 주간과 야간에 주어질 경우를 고려한 최종적인 동대구-부산간 열차 운행 횟수는 기존의 폐색 구간 길이 800m에서 주어지는 144대의 열차 편성보다 14대의 열차 편성이 증가함을 알 수 있었다.

(참 고 문 헌)

- [1] 2001년 신호업무 자료 제 17호, 2001, 철도청
- [2] 열차 운용 시뮬레이션 프로그램 개발에 관한 연구(2차년도 보고서), Dec, 1997, 한국철도기술연구원
- [3] 열차 운용 시뮬레이션 프로그램 개발에 관한 연구(3차년도 보고서), Dec, 1998, 한국철도기술연구원
- [4] 동대구-부산간 기존선 전철화에 따른 신호 설비 실시 설계 설계 보고서, Dec, 1999, 철도청.