

열차운행효율화를 위한 운전관계 사규에 대한 연구

The Study on the Rules for Efficiency of Train Operation

오민석† 김호순* 정도원**
Min-Seok Oh Ho-Soon Kim Do-Won Jeong

ABSTRACT

Railway is facing a new era by the remarkable technology-intensive development of railways in the rolling stock and track, trains and infrastructure facilities. But the relevant provisions of the regulations for the various driving speed limit accept most of the past rules and it is desperately needed to realize the efficiency of the train operation. In addition, because the rules that drive too many treats of redundancy(the same information is duplicated in the other company policy provisions), they can cause confusion among employees, and also because of the contents of the detailed provisions dealing with almost same regulations, they can cause probable failure and big accident.

In this study, the relevant provisions of the current rules are analyzed and overcome problems to improve efficiency and duplicated contents of relevant provisions to drive trains are merged. Also by reorganization of complex speed limits, we can understand easily when even the unusual situation and make a simple decision to prevent accidents. As a result, we can establish the system by doing subsequent actions quickly and accurately.

1. 서론

경춘선 및 중앙선(용문~제천) 등 신설되는 선로의 최고운행속도가 200km/h 대역으로 상향 조정됨에 따라 현재 사규에서 규정하고 있는 속도 제한 규정의 적정성 검토가 필요한 실정이며 고속철도와 기존 선간 연계망 확충 및 철도전반의 수송능력향상을 위해서 기존의 철도에 대한 속도향상이 절실한 상황이다. 그러므로 각종 속도제한 사항에 대한 적정성 여부 검토를 통한 속도규제 완화 및 운행속도 향상을 이루어야하며 운전관계 사규에서 정한 제한속도로 인한 에너지 손실 및 운행시간 추가 등 철도 경쟁력 저하 요인을 극복하여야 한다. 이에 본 연구에서는 기존선 속도 향상관련 자료와 속도를 규제하고 있는 제반 사규를 검토함으로써 제한속도의 적정성 검증 및 완화 방안에 대해 고찰해 보려고 한다.

또한 운전관계 사규 내에 유사 중복 조항이 많은 관계로 운전취급 종사원들의 혼란을 야기하여 취급 과오로 인한 사고의 개연성마저 존재하고 있는 상황이다. 열차운행효율화를 위한 운전관계 사규를 중심으로 현행 운전관계 규정의 문제점을 분석할 것이다. 구체적으로 열차운행 효율성을 향상하기 위한 일환으로 관계규정의 유사 내용을 통폐합하는 안을 제시하고자 하며, 현실에 맞는 속도제한 규정 등을 알기 쉽게 재편하여 이례상황 시에도 빠르고 효율적인 대처기능을 향상시키고자 한다. 또한 사고발생 시의 경우는 신속

† 한국철도공사, 연구원, 운전분야연구
E-mail : ohminsok@hanmail.net
TEL : (010)6359-0731 FAX : (02)361-8542

* 한국철도공사, 연구원, 부장
E-mail : khs123@korail.com
TEL : (042)615-4697

** 한국철도공사, 연구원, 운전분야연구
E-mail : bluejdw@hanmail.net
TEL : (042)615-4704

하고 정확한 후속조치를 할 수 있는 틀을 정립하고자 한다. 그 결과 일관된 규정체계를 수립할 수 있으며 규정의 직관적 적용으로 신속하고 정확한 사고 수습을 기대할 수 있다.

2. 본론

2.1 열차의 속도향상

2.1.1 속도향상의 의의

속도향상(speed up)의 목적은 여행시간의 단축으로 교통기관으로서 경쟁력을 높여 수입증가로 연결시키는 것이지만, 차량과 승무원의 회전을 높여 경비를 절감하는 효과가 크다. 중요한 것은 여행시간을 단축하는 것이며 속도향상은 그것을 위한 수단이다. 물론, 최고속도(maximum speed)가 그 교통기관의 이미지를 형성하는 것이기 때문에 대단한 일에는 틀림없지만, 보다 바람직한 것은 여행시간의 단축에 직결되는 구간거리를 도달시간으로 나눈 표정속도(schedule speed)의 향상이다. 따라서 표정속도를 향상하는 것이 한국철도의 과제이다.

2.1.2 제약 요인과 대책

속도 향상에는 차량, 선로, 신호, 전력 등의 모든 철도 시스템(railway system)이 관계하지만 궤도는 최고속도 향상에서 주행안전 · 안정성에서의 탈선 방지(derailment prevention), 승차감에서의 궤도틀림으로 인한 차량동요의 억제, 궤도 강도에서의 궤도 파괴량 · 부재 응력의 억제, 곡선 통과속도 향상과 분기기의 통과 속도 향상의 전 항목을 통하여 차량과 궤도의 상호작용(interaction between car and track)에 관계하며, 속도 향상에서의 중요한 역할을 수행한다. 이와 관련하여 궤도에 관한 각종의 측정이 필요하게 된다. 또한 속도 향상의 실현에는 차량 성능의 향상과 지상 설비가 차량 속도의 제약조건으로 되지 않도록 배려하는 것이 필요하다.

최고속도 향상 (하구배 통과속도 향상 포함)	궤도 안전성, 안정성	탈선의 방지
	대차강도	강도 향상과 경량화
	역행기능	구동(점착)력의 확보
	브레이크 성능	브레이크 거리의 확보, 열 강도의 향상
	승차감	궤도틀림으로 인한 차량동요의 억제
	집전성능	팬터그래프 추수성능 향상, 내마모
	궤도강도	궤도틀림진행, 부재응력의 억제
	신호시스템	고속주행시의 보안도 확보
곡선통과속도 향상	환경대책	소음, 진동, 미기압과 등의 억제
	주행안정성	전도, 탈선의 방지
	승차감	좌우동요의 정상 진동성분의 억제 캔트의 울리기, 완화곡선 길이 연장
분기기 통과속도 향상 (직선측, 곡선측)	궤도강도	횡압에 의한 궤간확대, 편향틀림의 방지
	승차감	리드반경, 슬랙, 곡선의 적정
	분기기 부재의 강도	가드레일, 텅레일 등의 강도 향상

그림1. 속도향상을 위한 기술적 검토과제

2.2 속도 제한 사유에 대한 고찰

2.2.1. 제동감도시험

시발역에서 열차 발차 후 및 기관사 교대 후 제동 성능의 적용여부 및 감속 여부를 시험하기 위해 45km/h이하의 속도에서 제동감도시험을 하게 되는데 이는 디젤유의 에너지를 이용하여 높여놓은 속도를 다시 감속시키는 결과를 초래하기 때문에 에너지 효율적이지 못하다. 출고지에서 제동시험을 완료한 후 삼방 차단변을 차단위치에 두는 등 제동관 충기 불능 이외의 위치에 두고 기관사 교대 시 정상적인 제동 작용으로 정착한 열차라면 제동성능은 확보되었다고 봐야한다.

또한 상구배를 앞두고 시행하는 제동감도시험은 에너지 효율적이지 못할뿐더러 구배선상에서 출력을 제대로 발휘할 수 없게 만들기 때문에 열차 지연 요인으로 작용한다. 예를 들어 대전역에서 하행 열차 출발시 기관사 교대 후 제동감도 시험을 하게 되면 세천까지 이어지는 장대한 상구배에서 인출할 때 최대 출력으로도 충분한 견인력을 발휘하기 어려운 경우도 생기게 된다.

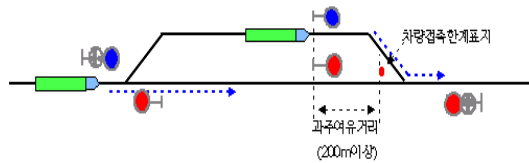
2.2.2 동시진출입

안전측선 설치 시 동시진출입은 가능하지만 같은 방향에서 열차 진입 시 열차의 진입선로에 대한 출발 신호기 또는 정차위치로부터 200m(전기 동차의 경우 150m)이상의 여유거리가 없을 때와 동일방향에서 열차가 동시에 진입 시 과주여유거리(100m이상)가 없으면 후속열차는 장내신호기 외방에 정차해야 하므로 선행열차가 궤도회로 안쪽으로 들어가기 전에는 후속열차는 대기해야하므로 열차의 지연 요인으로 작용한다.

- 안전측선이 설치되어 있을 때



- 열차의 진입선로에 대한 출발신호기 또는 정차위치로부터 200m(전기동차의 경우 150m)이상의 여유거리가 있을 때



- 동일방향에서 열차가 동시에 진입 시

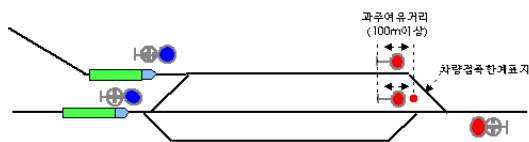


그림2. 열차의 동시진입 및 진출의 예

2.2.3 하구배 속도 제한

열차의 제동성능은 나날이 발전하고 있지만 사규의 내용은 이에 따라가지 못하는 실정이다. 하구배에서 제동거리를 측정하는 등 제동성능을 분석하여 속도정수사정기준규정에서 정한 비상제동 성능(일반열차의 비상제동 성능은 실제제동거리와 공주거리를 합한 전제동거리가 110km/h까지는 600m 이내에서 정지되는 것으로 한다.(다만, 150km의 경우 1,000m 이내))에 부합한다면 하구배 제한속도를 해제 또는 완화하여 하구배에서 얻은 에너지(중력에 의한 속도 증가)를 제동력으로 손실시키지는 말아야한다.

2.2.4 곡선 속도 제한

조향장치가 없는 철도차량의 특성상 곡선부에서는 캔트를 두어 원심력에 의한 횡력을 감소시키게 되는데 이 횡력을 초과하는 속도로 곡선부를 주행한다면 열차는 탈선하게 된다. 그래서 곡선 속도 제한을 두게 되는 것인데 이 제한 속도로 인하여 높여 놓은 속도를 부득이하게 낮추는 에너지 효율적이지 못한 결과를 초래하게 된다. 그래서 국가연구개발 과제로 진행하고 있는 것이 틸팅(경사)열차의 개발이다.

틸팅 열차는 기존 선구의 시설개량을 할 경우에 들어가는 막대한 재정적 손실을 줄여줄 수 있을 뿐만 아니라 곡선부에서도 차량을 궤도 안쪽으로 기울임으로써 기존의 곡선 제한 속도를 향상시킬 수 있는 장점이 있다. 틸팅 열차의 개발이 완료되면 표정시간의 단축을 통한 철도의 경쟁력 강화에도 도움이 될 것이다.

2.2.5 제동축 비율에 따른 운전속도제한

제동축 비율이 100미만인 경우에는 제동성능이 현저히 낮아지기 때문에 비율에 따른 제한속도가 정해진다. 그러나 제동기 성능의 개량 및 주공기관 설치로 인한 총기 속도 향상으로 인하여 전체 제동성능은 좋아진 반면 규정은 예전의 규정을 그대로 준용하고 있어 정확한 제동기 성능의 검증 및 자료 확보를 통한 속도 향상이 필요하다.

최고속도 140km/h와 130km/h인 경우에는 제동축 비율이 100미만인 경우 최고속도를 20km/h 감속해야 하며 최고속도가 120km/h인 경우에는 15km/h 감속, 최고속도가 65km/h, 70km/h, 85km/h~110km/h인 경우에는 10km/h 감속, 최고속도가 75km/h인 경우에는 5km/h 감속하게 되어 있고 최고속도 110km/h인 경우에는 65km/h까지 감속을 하게 되어 있지만 실제로 65km/h, 75km/h, 85km/h, 130km/h같은 최고 속도인 열차는 없는 실정이다. 과거에 만들어 놓은 규정을 그대로 답습하면서 실질적인 제동능력 검증은 이루어진 적이 없기 때문에 생긴 결과이다.

제동축 비율의 정의도 제동축의 양쪽 차륜의 제동이 모두 적용되지 않을 경우를 기준으로 할 것인지 아니면 제동축의 양쪽 차륜 중 한 쪽만 제동 불능인 경우도 제동축 불량으로 볼 것인지에 대한 기준도 명확히 나와 있는 것이 없어 실제 사고 발생 시에는 제동 불능축을 판별 및 규정의 적용을 하는 데 있어서 논란의 여지가 많은 실정이다.

또한 제동축 비율을 산정할 때 동력차의 제동축 비율은 계산에 넣지 않는다(규정 24조 5항 : 연결차수에는 열차에 사용하는 동력차를 포함하지 아니한다.) 제동축 비율이 40미만으로 되어 구원을 받는 경우에도 동력차는 계산에 넣지 않게 되므로 규정대로 한다면 구원을 무한대로 요구해야하는 결과가 생긴다.

도표1. 제동축 비율에 따른 운전속도제한

구성차량별	제동축 비율		비 고
	100	100미만 80이상	
최고속도 140km/h이상의 차량으로 구성한 열차	140 km/h	120 km/h	1. 최고속도가 다른 차량으로 구성된 열차에 대한 이 표의 적용은 지정 속도가 가장 낮은 차량의 최고속도로 한다. 2. 열차운전도중 제동축 비율이 80미만으로 되었을 때에는 최근역까지 주의운전 후 관제사의 지시를 받아야 한다. 3. 제2호의 경우 관제사는 속히 차량교환의 조치를 하고 다음에 의하여 지시를 하여야 한다. 가. 제동축비율 80미만, 60이상으로 되었을 때 : 여객열차 80Km/h, 화물열차 50Km/h 이하운전(수도권전기동차 : 45Km/h이하운전) 나. 제동축비율 60미만, 40이상으로 되었을 때: 여객열차 70Km/h, 화물열차40Km/h 이하운전(수도권전기동차:회송) 다. 제동축비율 40미만으로 되었을 때 : 운전 불가 (구원조치) 라. 최근 차량사업소 소재지역까지 운전 후 차량교체 또는 수리조치<개정 07.7.1>
최고속도 130km/h이상의 차량으로 구성한 열차	130 km/h	110 km/h	
최고속도 120km/h이상의 차량으로 구성한 열차	120 km/h	105 km/h	
최고속도 110km/h이상의 차량으로 구성한 열차	110 km/h	100 km/h	
최고속도 100km/h이상의 차량으로 구성한 열차	100 km/h	90 km/h	
최고속도 95km/h이상의 차량으로 구성한 열차	95 km/h	85 km/h	
최고속도 90km/h이상의 차량으로 구성한 열차	90 km/h	80 km/h	
최고속도 85km/h이상의 차량으로 구성한 열차	85 km/h	75 km/h	
최고속도 75km/h이상의 차량으로 구성한 열차	75 km/h	70 km/h	
최고속도 70km/h이상의 차량으로 구성한 열차	70 km/h	60 km/h	
최고속도 65km/h이상의 차량으로 구성한 열차	65 km/h	55 km/h	
수도권 전기동차	110 km/h	65 km/h	

2.2.6 그 외의 운전제한속도

위에 열거한 제한속도 이외의 제한속도는 평상시의 표정속도를 향상시키는데 영향을 미치지 않을뿐더러 이례적인 상황에서의 제한속도가 대부분이어서 속도를 향상시킬 경우 실익보다는 위험도를 증가시킬 수 있기 때문에 낮은 제한속도를 유지하는 것이 철도의 특징적인 안전성을 유지할 수 있는 길이라고 생각한다.

또한 제한속도를 높이기 위해서 차량, 선로 등의 시스템을 개량하는 데 들어가는 비용이 막대하기 때문에 속도를 올림으로써 얻는 효과보다는 잃는 것이 더 많을 수 있기 때문에 비효율적인 투자가 될 가능성도 배제할 수 없다.

도표2. 주요 속도 제한 사유

내용	속도	속도향상방안(시험, 연구)
제동감도시험	45km/h	감가상각에 대한 연구
동시진출입		제동 성능 분석
방호신호로 정지후 전방 1km주의 운전	15km/h	제동 성능 분석
자동폐색 정지시 일단정차후 진입속도	15km/h	제동 성능 분석
관제사 확인시 승인속도(최초열차)	45(25)km/h	제동 성능 분석
유도신호의 지시	25km/h	제동 성능 분석
경계신호의 지시	25km/h	제동 성능 분석
주의신호의 지시(5현시 구간)	45(65)km/h	제동 성능 분석
감속신호의 지시(5현시 구간)	65(105)km/h	제동 성능 분석
구내운전구간의 속도	차량입환속도	제동 성능 분석
하구배 속도 제한		제동 성능 분석
곡선 속도 제한		차량 시스템 연구(틸팅 기술)
제동축 비율에 따른 운전속도제한	구원~120km/h	제동 성능 분석
자동폐색구간에서 승인받고 퇴행시	25km/h	제동 성능 분석
기타구간에서 승인받고 퇴행시	25km/h	제동 성능 분석
기타구간에서 승인받지 않고 퇴행시	15km/h	제동 성능 분석
유류열차의 퇴행	15km/h	
전령법에 의하여 운전시	25km/h	제동 성능 분석
단선자동구간에서 전령법 시행시 1km전방까지	45km/h후 25km/h	제동 성능 분석
장내, 출발 대응 수신호(수신호등의 의할 경우)	25(45)km/h	제동 성능 분석
잠기지 않은 선로전환기에 대항 운전 시	25km/h	선로전환기 특성연구
통과열차로서 통표 주는걸이 및 받는 걸이에 의하지 않을 시	25km/h	수수 방법 변경
추진운전시(뒤 기관차가 견인형태 시)	25(45)km/h	제동 성능 분석
돌방입환시	25km/h	연결기 강도 특성 연구
차량입환시	25km/h	선로전환기 특성연구
전기기관차 또는 동차로서 뒤운전실에서 운전시	45km/h	제동 성능 분석
7000호대 기관차를 역향 운전시	25km/h	제동 성능 분석
입환신호기 진행신호에 의해 열차 출발시 (도중폐색구간 없는 구간제외)	45km/h	제동 성능 분석
출발신호 없는 선로에서 열차출발 시킬 경우의 취급	25km/h	제동 성능 분석
자동폐색구간에서 궤도회로 장애시 대응폐색방식 또는 폐색준용법시 최초열차	25km/h	제동 성능 분석
복선구간 일시 단선운전 시 선로작업등 시행 시 통과속도(필요한 경우)	60(40)km/h	시설분야 안전에 관한 연구
진행수신호현시 생략 승인번호를 통고받은 기관사의 조치	25km/h	선로전환기 특성연구
기적고장시 구원요구후 동력차 교체 가능 최근 정거장까지 주의운전 속도	30km/h	기적 대체 수단에 대한 연구

3. 결론

검토한 내용과 같이 운전관계사규내에는 여러 가지 종류의 제한 속도들이 존재함으로써 정확히 속도를 숙지하지 못하고 있을 경우, 특히 이례 사항 시에 사고로 이어질 수 있는 개연성이 존재한다. 비슷한 제한속도들은 통폐합하여 직관적인 판단으로 제한속도를 적용할 수 있게 해야 하며 표정속도를 저하시키는 위의 속도들은 하구배 등에서의 제동거리 시험 등을 통해 검증하여 해제 및 완화함으로써 다른 교통수단과의 경쟁력을 확보해야 한다.

참고내용

본 연구는 한국철도공사 수송안전실 수송조정팀의 의뢰로 연구원에서 올해 기본과제로 수행중인 “운전관계 사규에서 규제하고 있는 제한속도 향상 방안 연구”와 연계하여 작성한 논문으로써 수송조정팀과 하구배에서의 제동거리 산정 및 동시진출입 해제를 위한 연구 등이 공동 연구로 진행 중임을 알려드립니다.

참고문헌

1. 권순정의 16명, “호남선 송정리-목포간 열차속도 향상 실행방안 연구,” 한국철도공사 연구원, pp.3-6, 2008.
2. 한국철도공사, “운전취급규정”, pp. 42-210, 2009.