

KTX-II 운전훈련용 시뮬레이터 추진/제동모델에 대한 연구

A Study on Propulsion/Brake Model for KTX-II Driving Simulator

박성호†
Park, Seong-Ho

김철호*
Kim, Chul-Ho

윤우경**
Yun, Woo-Kyoung

ABSTRACT

The Training using a simulator comes into the spotlight as effective and safety training tool in a lot of fields. Driving simulator of KTX-II is for driver's actual training using virtual reality to be improved their ability of operation against when they are faced with urgent situation and various accidents.

This paper describes the construction of the propulsion and brake model for KTX-II driving simulator and the utility of the model as a result in comparison with the design data of the real train.

1. 서 론

시뮬레이터를 이용한 실 장비의 훈련 기법은 최근 민, 관, 군을 중심으로 효과적인 훈련과 안전 사고 예방 차원에서 크게 부각되고 있는 분야이다. 특히 가상현실 분야와 시뮬레이터 분야에서 기술적 성과들은 인간의 인지 효과를 극대화 함으로서 보다 현실감 있고 체험적인 상황들의 모사가 가능해졌다. 이러한 흐름에 따라 교육훈련 분야에 시뮬레이터를 이용한 교육 훈련의 중요성이 인식되고 있으며, 선진 외국은 물론 국내에서도 수년 전부터 철도 기관사 양성 및 교육에 효율적 훈련도구로 철도차량 모의운전 연습기가 도입되어 사용되고 있다.

철도차량 모의운전연습기는 운전자가 철도 차량을 운전하는 동안 각종 계기 조작 등을 통해 야기되는 차량의 운동 및 신호 체계를 실시간 시뮬레이션을 수행해 예측하고 그 결과를 운동, 시각 및 음향 큐 등을 통해 운전자에게 피드백 하여, 모의운전연습기에 탑승한 운전자가 실제로 열차를 운전하고 있다는 느낌을 갖게하는 종합적인 가상현실 도구이다. 철도차량 모의운전연습기는 실제 주행에서는 운전자의 생명을 위협하기 때문에 불가능한 위급상황 및 각종 사고를 안전하게 재현하고 이에 대처하는 운전자의 반응을 파악함으로써 운전자 훈련 및 사고 예방 안전 교육 등에 효과적으로 응용된다.

특히 고속철도 기관사의 교육은 실제차량을 이용할 수 없는 경우가 대부분이며 교육에 필요한 공간과 환경 조건을 준비하는데 많은 노력이 필요하며 이례사항 적용 교육이 어렵고 위험 요소를 내포하고 있다. 이를 위해 새롭게 도입되는 KTX-II의 기관사 훈련을 위하여 모의운전연습기를 설계 및 제작하여 차량운전의 실습교육과 가상의 위협체험 훈련, 안전사고예방을 위한 간접체험훈련 등을 교육함으로써 상황 대처능력 향상하고자한다.

본 논문에서는 KTX-II 모의운전연습기에 적용한 추진/제동 모델 구조를 살펴보고 실 차량의 설계 데이터와 추진/제동 모델의 시뮬레이션 결과와의 비교검토를 통하여 모의운전연습기 추진/제동 모델의 유용성을 제시한다.

† 책임저자 : 박성호 현대로템(주) 기술연구소 전장품개발팀 정회원, 책임연구원
E-mail : shpark@hyundai-rottem.co.kr TEL : (031)596-9082 FAX : (031)596-9766
* 김철호, 현대로템(주) 기술연구소 전장품개발팀, 수석연구원
** 윤우경, 현대로템(주) 기술연구소 전장품개발팀, 주임연구원

2. 시스템 구성

KTX-II용 시뮬레이터는 그림 1과 같이 효과적인 교육훈련을 위하여 시뮬레이터가 갖추어야 할 기능에 따라 운전자가 탑승하여 훈련하기 위한 운전자 캐빈, 운전훈련의 제어 및 감시를 위한 교관스테이션, 대기중인 훈련자의 정보공유등을 목적으로하는 관촬자 스테이션 과 현실감 향상을 위한 6자유도의 모션시스템으로 구성되어 있다.

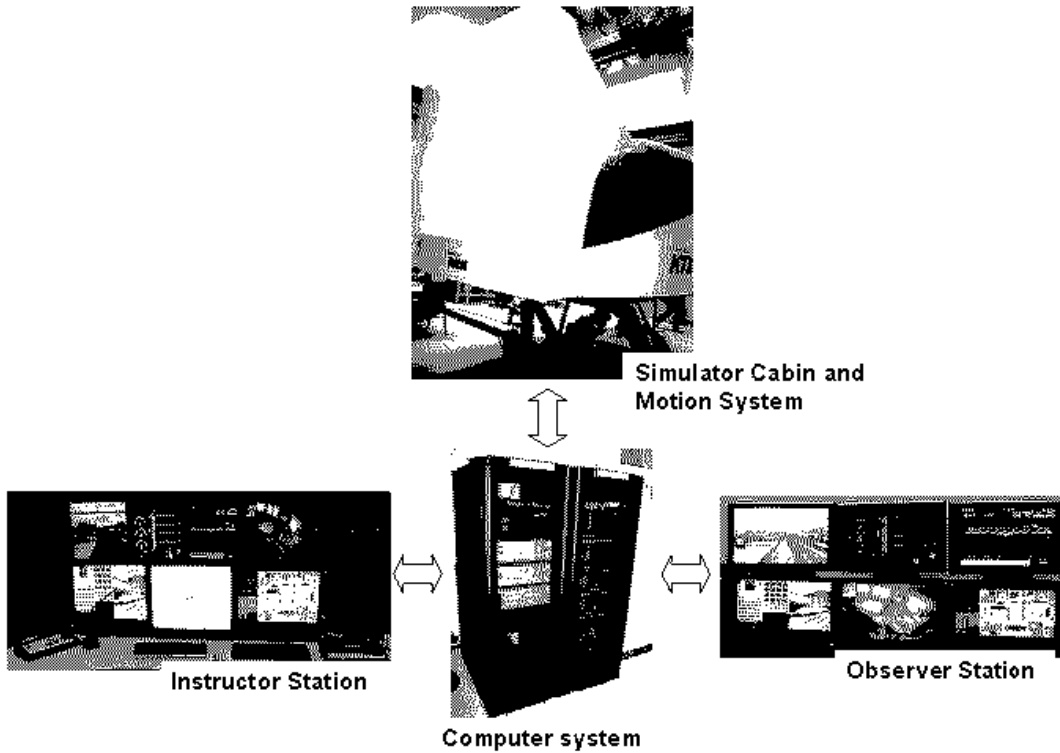


그림1. 시뮬레이터 구성

2.1 시뮬레이터 캐빈

캐빈은 운전자가 탑승하는 부분이다. 크게 각종 계기류가 설치되어 있는 운전대(control desk)와 그 외의 부분으로 나눌 수 있으며 운전대에는 각종 스위치와 램프 및 열차를 운영하기 위한 전장품이 구성되어 있는데 차량의 종류와 발주처의 요구조건에 따라 그 구성이 달라진다. 운전대는 훈련 효과를 최대로 하기 위해 실차와 동일하게 제작하며 각 기기는 운전상황에 따라 적절히 반응하도록 한다. 각 기기의 접점은 I/O 시스템과 전기적으로 연결되어 있어서 시뮬레이션 컴퓨터가 감시 및 제어를 할 수 있다. 전면에는 1 channel screen을 운전자 캐빈과 일체화해서 설치하였다. 모션시스템에 Cabin이 올려지므로 통합 설치시 무게 및 관성을 고려해서 설계하였다.

2.2 교관 스테이션

교관스테이션에서 교관은 시뮬레이터의 모든 기능을 제어할 수 있다. 훈련 상황을 준비, 선택하고 열차의 구성, 출발 위치, 주행 루트, 날씨 정보등과 Signal의 위치 및 상태를 지정할 수 있다. Track의 배치 및 Signal의 상태는 주행시 매우 중요하기 때문에 항상 교관이 컴퓨터 화면을 통해 주행 상태를 지속적으로 관촬할 수 있도록 GUI 환경의 MMI를 제공한다. 또한 각종 고장 및 이벤트를 발생시켜 운전자가 대응하는 훈련을 할 수 있는 기능을 제공한다.

2.3 관찰자 스테이션

훈련 대기생들이 운전자 캐빈에서 훈련중인 훈련생의 모습과 시뮬레이터 상태를 보면서 훈련준비 및 모니터링을 할 수 있도록 구성한 시스템으로 전방 영상 CGI 모니터와 운전실의 각종 계기를 현시하는 모니터, CCTV 카메라 모니터등이 설치되고 스피커를 통해서는 주행 음향과 통신상태를 모니터링할 수 있다.

3. 시뮬레이터 추진/제동모델

3.1 KTX-II 구성 및 성능

KTX-II 고속차량은 기존의 KTX차량과 달리 그림 2와 같이 10량 1편성으로 구성되어있으며 상황에 따라 2개의 10량 편성 차량이 증편하여 운전할수 있도록 구성되어있다. 또한 각 PC차량에는 2대의 추진장치(Motor Block)가 각기 2대의 유도전동기를 구동하도록 되어있다.

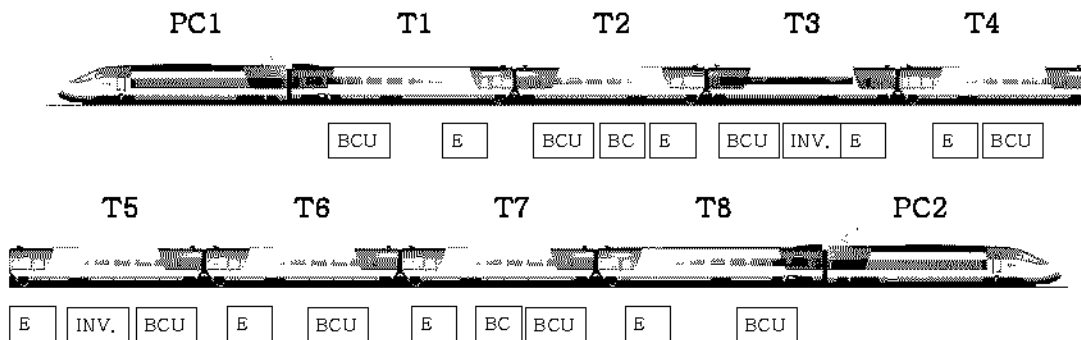


그림2. KTX-II 편성도

각차량에는 제동력을 제어하기 위한 제동제어장치가 각 대차별도 설치되어있으며 요구제동력을 얻기 위하여 PC 차에는 답면제동장치, 각 T 차량에는 디스크 제동장치가 설치되며 각장치간의 제동 블렌딩을 수행하기위한 제동블렌딩장치가 각각의 동력차에 설치되어 제동명령 및 전기제동의 유무, 각제동장치의 상태에 따라 블렌딩 제어를 수행한다.

공기제동장치는 답면제동장치와 디스크제동장치가 사용된다. 답면제동장치는 동력대차에 적용되며, 제동인가지 BC압력으로 압부력을 생성하여 제동력을 발휘한다. 특히, 답면제동은 전기제동 불능시 이를 보완하기 위해 주로 저속영역에서 사용한다. 디스크제동장치는 실린더(피스톤)의 단면적과 제동압력에 의해 제동력을 출력하는 원리이다. 제동실린더에 압력을 가하면 실린더의 단면적에 작용하는 힘이 발생되고 이때 스프링 반력을 감한 후 레버비와 효율을 곱하면 패드에서 작용하는 힘(압부력)을 구한 후 패드의 마찰계수와 디스크와 차륜의 반경비를 고려하면 실제 객차대차에서 발생하는 제동력을 구할 수 있다.

제동 블렌딩을 담당하는 제동블렌딩장치(BBCU)는 그림3과 같이 전기제동 모드신호만 입력시 블렌딩을 시행하지 않는다. 제동시스템 정상일 경우, 답면제동은 전기제동 달성값 정도에 따라 전기제동 소멸시점에서 로컬 블렌딩을 실시한다. 전기제동만 사용하는 경우는 제동거리 확보 보다는 감속을 위한 목적으로 주로 사용된다. 따라서 제동블렌딩장치에 의한 제동제어 로직은 고려하지 않는다.

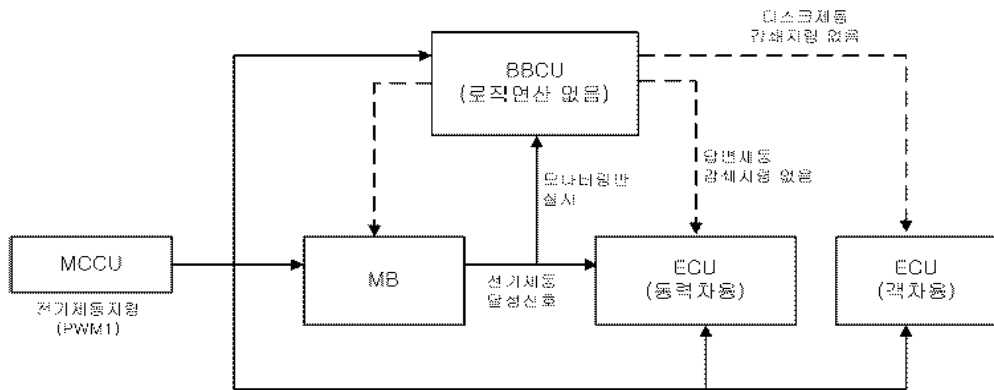


그림3. 전기제동 모드신호만 입력시

그림 4와 같이 차량으로부터 전기제동 모드와 제동레버 모드 디지털 지령이 동시에 입력되면, 제동블렌딩장치는 전기제동명령과 제동레버 제동명령을 합산하여 전기제동 요구지령을 모터블럭으로 출력한다. 이때 모터블럭은 제동블렌딩장치로부터 수신한 전기제동요구지령과 Mascon으로부터 수신한 전기제동지령 중 큰 값을 추종하고 전기제동 달성값을 피드백한다. 제동블렌딩장치는 전기제동 달성값을 수신하여 차량의 전체 제동력에서 전기제동달성값을 감하고 부족한 부분은 공기제동감쇄지령을 사용하여 공기제동으로 보충한다. 또한 전기제동 달성값이 전기제동 요구 값을 충족하지 못하는 경우에는 전기제동이 수용 가능한 범위내에서 전기제동 요구값을 증가하여 출력한다. 디스크 제동장치는 전체 프로파일에서 감쇄지령(BBCU로부터 수신)을 감하고 제동력을 체결한다. 또한 디스크 제동장치의 경우, 공기압 차단 및 Fail 발생시 해당대차의 분담력을 우선 객차대차에서 수용가능한지 여부를 판단하여 객차에서 수용 불가능 할 경우에는 답면제동력을 사용하여 보충한다.

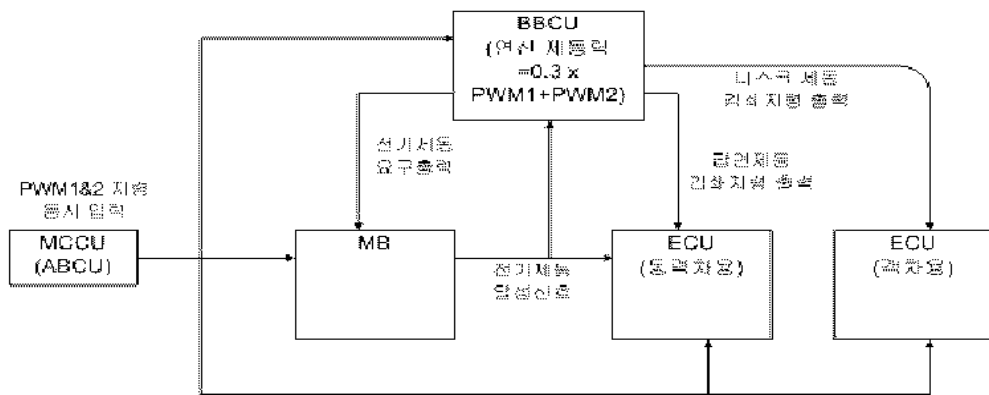


그림4. 전기제동지령(PWM1)과 제동레버 제동지령(PWM2) 동시 입력 시

그림 5는 열차의 가속성능 곡선으로 전체동력조건에서 만차부하인 경우 평탄선로에서 주행성능을 계산한 결과이다. 300km/h 도달거리는 약 16.6km이고 도달시간은 약 301초이다. 그림 6은 열차의 제동성능을 계산한 곡선에서는 견인시와 동일한 주행저항을 적용하였다.

그림5. 가속성능곡선

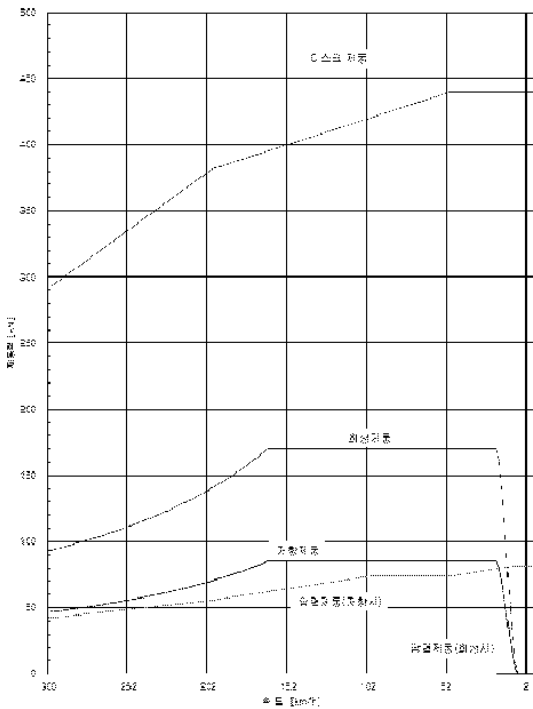
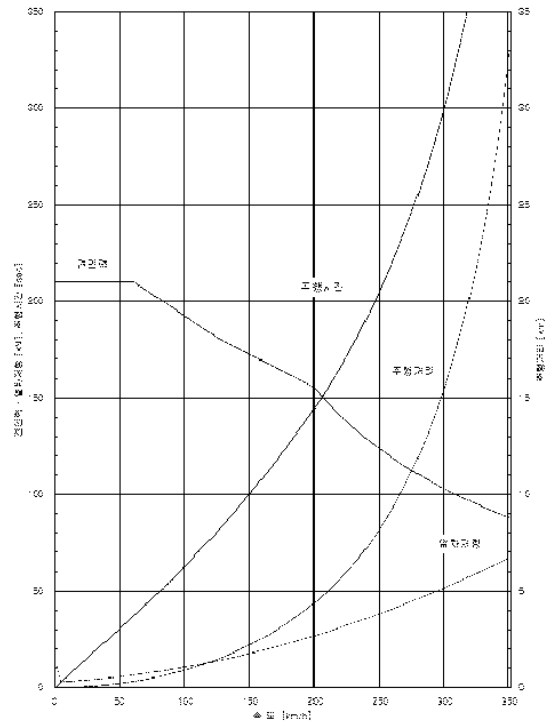


그림6. 제동성능곡선



3.2 추진/제동 모델 구성

시뮬레이터는 열차의 기능을 구현하기 위하여 그림6과 같이 열차에 대한 모델과 지상신호에 대한 모델을 구성하며 열차모델은 실차량과 유사한 기능적인 요소를 갖추도록 구성하였다. 동력차의 경우 신호시스템의 기능은 선두동력차를 기준으로 구성되므로 모델의 구성시에는 선부동력차에서만 신호에 대한 요소가 기능되도록 하므로써 시스템이 효율적 운영되도록 구성하였다.

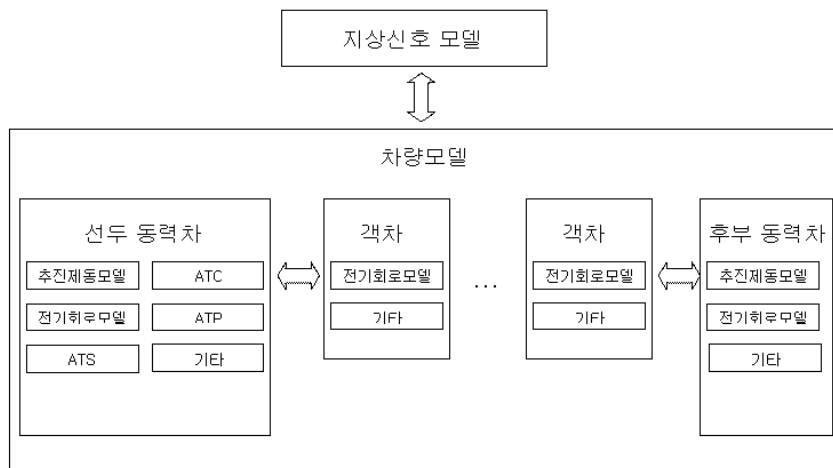


그림7. 열차 시뮬레이션 모델

시뮬레이터에서 열차의 추진제동기능 구현을 위하여 추진제동 모델을 구성하여 운전자의 조작에 따른 추진제동력의 계산, 열차속도 및 가속도의 계산 및 운전자 캐빈내부의 콘트롤 데스크에 취부된 각종 기기에 관련된 정보를 제공하기 위한 데이터의 계산을 시행한다. 또한 추진제동 모델은 차량을 기준으로 다음과 같은 3가지의 다른 구성을 갖는다.

- 동력차를 위한 추진제동모델

- 두 개의 대차를 갖는 차에 대한 추진제동모델
- 하나의 대차를 갖는 차에 대한 추진제동모델

그림 8과 같이 동력차를 위한 추진제동 모델의 경우 실제동력차와 유사하게 기능별 구성을 한다. 즉, 동력차와 동일하게 제동블렌딩 기능을 하도록 제동블렌딩 모듈과 주공기와 관련하여 주공기압축기의 시뮬레이션을 담당하는 주공기(압축기)모듈을 구성하였으며, 동력차에만 존재하는 추진제어장치를 포함하였다. 객차의 경우는 동력차와는 달리 제동변(대차)모듈만으로 구성된다.

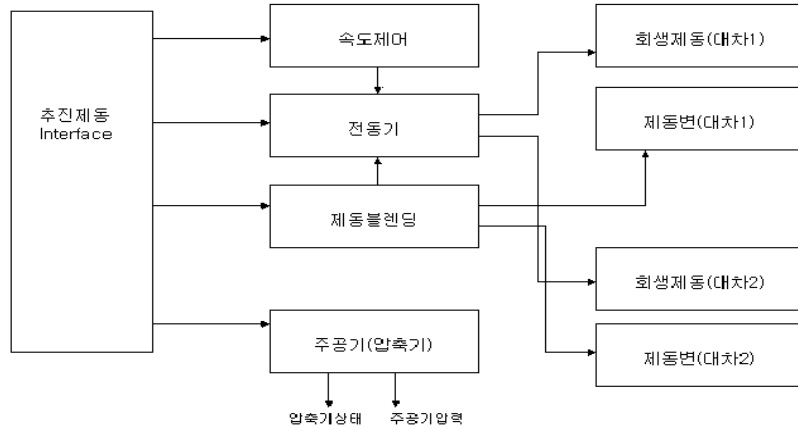


그림8. 동력차 추진제동모델

3.2 시뮬레이션 결과

앞에서 기술한바와 같이 추진제동모델을 구성하여 시뮬레이션을 시행한 결과 그림 9와 그림10과 같이 KTX-II 고속열차에 대한 추진제동 시뮬레이션 결과를 확인하였으며 결과는 그림5와 그림6에서 제시된 가속성능곡선 및 제동성능곡선과 유사함을 알수있다.

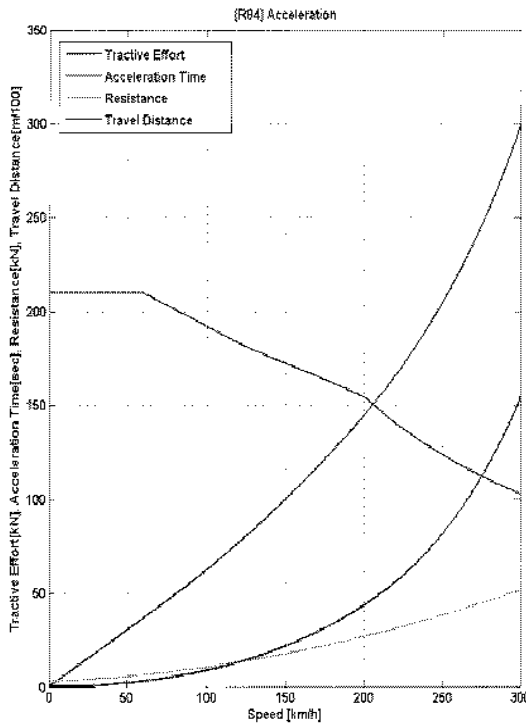


그림9. 가속성능곡선

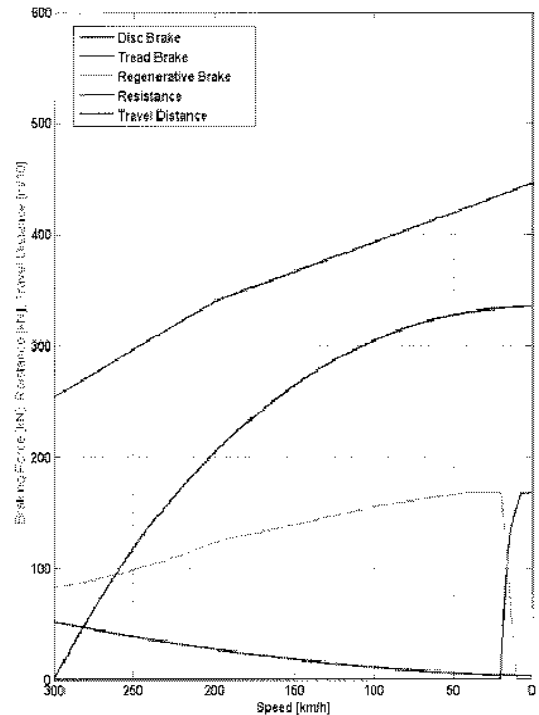


그림10. 제동성능곡선

4. 결 론

본 연구에서는 현재 개발하여 시운전중인 KTX-II 고속열차 운전자 훈련용 시뮬레이터의 추진제동 모델설계 및 제작 결과를 토대로 시뮬레이션을 시행한 결과 KTX-II 고속열차의 설계데이터와 유사함을 제시하였다. 향후 KTX-II의 본선시운전 완료결과를 바탕으로 시뮬레이터의 튜닝을 실시하여 KTX-II 실차와 유사한 추진제동 성능을 기반으로 보다 정확한 운전자 교육훈련이 이루어지도록 할 예정이다.

참고문헌

1. 고속전철기술개발사업 1차연도 연구보고서(1997), "고속전철 동역학적 설계 및 해석기술 개발"
2. 김봉택, 최성(1999), "철도차량 시뮬레이터의 디지털 영상제어 시스템 연구", 한국철도학회 추계학술대회 논문집
3. 이지선, 박성호(2005) "철도차량 운전자교육을 위한 훈련용 시뮬레이터의 설계", 한국철도학회 추계학술대회 논문집