

신한국형고속열차의 주행저항 성능시험

Running Resistance Performance of New Korea Train Express-II

김상수† · 박찬경* · 한인수* · 박춘수* · 김영국*

Sang-Soo KIM, Chankyong PARK, Insoo HAN, Choonsoo PARK and Young-guk KIM

1. 서 론

철도차량의 주행저항은 견인시에는 열차 진행에 대해 반대의 힘으로 작용하여 추가적인 견인력이 필요하지만 제동시에는 유효한 힘으로 간주되어 필요 제동력을 줄여주는 효과를 갖고 있는 열차의 주요한 성능 중 하나이다. 이러한 주행저항은 이론상으로 철도차량의 성능을 예측하거나 운행계획에 필요한 항목으로 구름마찰, 미끄럼마찰, 공기역학의 기본법칙들을 이용하여 계산하는 것이 가능하지만, 실제적으로는 열차가 주행을 하면서 주행저항 시험을 통해 추정하고 있다[1][3].

한편, 고속철도의 기술을 확립하기 위하여 정부와 산학연이 협조하여 국가 연구 개발사업으로 추진된 고속철도기술개발사업의 결과를 이용하여, 순수 국내 기술로 설계, 제작된 신한국형고속열차(KTX-II)가 완성되었다. 본 논문에서는 신한국형고속열차의 본선 시운전 시험을 통한 주행저항성능을 추정한 결과를 논하고자한다.

2. 열차의 주행저항

2.1 주행저항식

열차가 타행으로 주행할 때 진행방향에 대하여 작용하는 힘(F)과 가속도(γ)는 뉴턴의 운동 법칙에 따라 식(1)과 같다.

$$\Sigma F = kM\gamma = R + Rg + Rc \quad (1)$$

여기서 Rg 는 선로 구배저항, Rc 는 곡선저항을 나타낸다. 식(1)의 주행저항을 수식적으로 표현하는 방식으로 식(2)와 같이 데비스가 제안한 2차식을 주로 사용하고 있다.

$$R = a + bV + cV^2 \quad (2)$$

여기서 V 는 열차의 주행속도이며, 상수 a, b, c 는 각 열차마다 고유한 값을 지니며, 통상 a, b 는 기계적 저항, c 는 공기저항 등으로 결정된다고 알려져 있다.

신한국형고속열차의 설계를 위하여 주행저항의 추정이 필요하였으며, 이를 위하여 한국형고속열차의 실험적 주행저항식, TGV의 일반 주행저항식 등을 이용하여 신한국형고속열차의 주행저항식을 식(3)과 같이 도출하였다 [2].

$$R = 265.4 + 3.654V + 0.0422V^2 \quad (3)$$

2.2 주행저항식의 측정 방법

열차가 주행할 때 속도, 가속도, 주행거리는 식(4)와 같은 관계를 갖는다.

$$2\gamma d = V_2^2 - V_1^2 \quad (4)$$

여기서 V_2 와 V_1 는 각각 시험구간에서의 측정 속도, d 는 주행거리를 나타낸다. 시험구간이 평탄선로이며 구배가 없을 경우, Rg 와 Rc 는 무시할 수 있으며, 식(1)과 식(4)를 이용하여 주행저항 R 을 구하면 식(5)와 같이 나타낼 수 있다.

$$R = \frac{kM\gamma(V_2^2 - V_1^2)}{2d} \quad (5)$$

위 식에 따라 주행저항시험을 위하여 Fig. 1와 같이 속도 및 거리를 측정할 수 있는 계측기를 차내에 설치하고, 시험구간내에서 타행으로 시험을 수행하도록 한다.

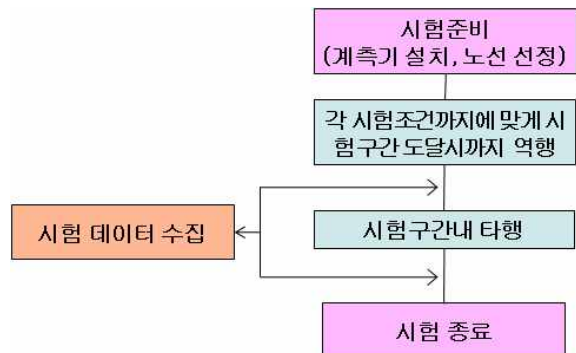


Fig. 1 Running Performance Test Process

† 한국철도기술연구원 차세대고속철도기술개발사업단
E-mail : sskim@krri.re.kr
Tel: (031) 460-5625 Fax: (031) 460-5649

* 한국철도기술연구원 차세대고속철도기술개발사업단

3. 주행저항 성능 시험

신한국형고속열차의 시험대상 편성에 Fig. 2와 같이 속도 및 주행거리를 측정할 수 있는 계측장비를 구성하였다. 장비는 National Instrument의 데이터수집장치(DAQ)로 구성되었으며, 측정 항목들은 1kHz의 샘플링으로 저장하였다.

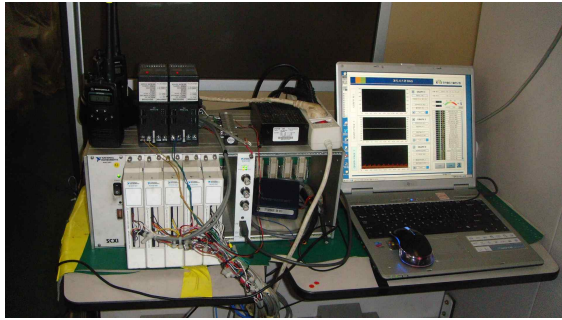


Fig. 2 Test Measurement Equipment

주행저항시험은 시험구간을 구배가 없는 평탄선로로 선정하여 2009년 9월부터 경부고속선로에서 실시하였다. Fig. 3은 160km/h에서의 주행저항 시험 결과이다. x축은 타행구간내에서의 시간이며, y축은 감속도이다. 이 속도에서의 주행저항을 구하기 위하여 163km/h에서 157km/h까지 타행을 하여 0.0341m/s²의 감속도를 구하였다.

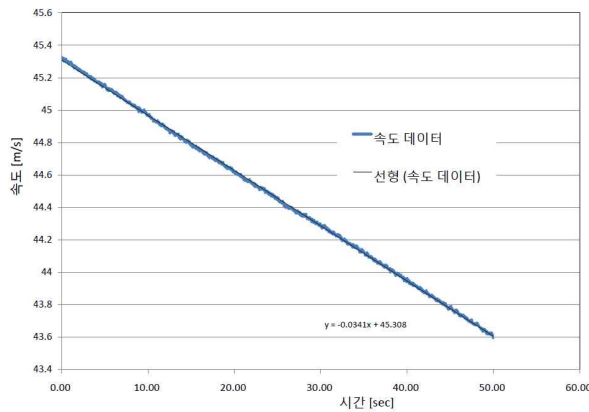


Fig. 3 Test Result of Running Resistance at 160km/h

위 과정을 반복하여, 80, 90, 150, 160, 300km/h 에서 주행저항시험을 실시하였다. 각 속도별 주행저항 결과를 Fig. 4에 나타내었다. x축은 열차의 주행속도이며, y축은 주행저항[daN]을 표시하고 있다. 신한국형고속열차의 추정 주행저항은 식(3)을 이용하여 각 속도별로 계산하여, 파란색 그래프로 나타내었다. 주행저항시험 결과치를 추정

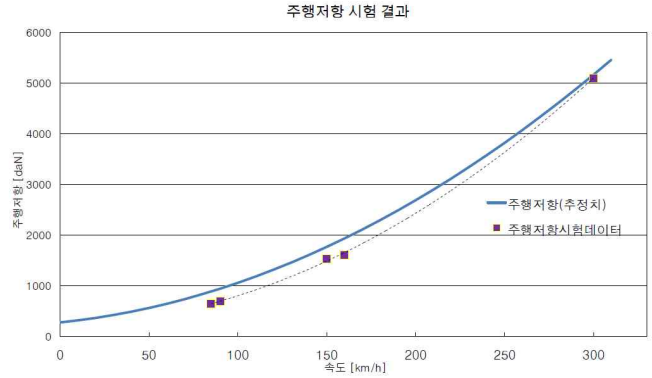


Fig. 4 Test Results of Running Resistance Performance
 치와 비교해 보면, 시험에서 얻은 결과가 추정치를 넘지 않는 것을 알 수 있다. 또한 고속에서는 추정치와 매우 흡사한 값을 가지며, 중/저속에서는 추정치보다 작은 결과를 나타내고 있다. 이는 주행저항식(3)에서 $a+bV$ 에 해당하는 성능이 개선되어, 추정치보다 낮은 주행저항값을 갖는 것으로 판단되어질 수 있다.

4. 결 론

본 논문에서는 국내 독자기술로 개발된 신한국형고속열차의 주행저항 성능을 파악하기 위하여 본선 시운전 시험을 통하여 얻은 결과를 평가하였다. 시험에서 얻은 주행저항값은 설계에서 고려한 추정치를 벗어나지 않은 결과를 나타내고 있어 설계를 만족하고 있음을 확인하였다.

후 기

본 연구는 국토해양부 미래철도기술개발사업의 일환인 차세대고속철도기술개발사업에 의해 수행되었음을 밝힌다.

참 고 문 헌

1. 김영국, 권혁빈, 김석원, 박태원, 2005, “한국형 고속열차의 주행저항 평가”, 한국철도학회논문집, 제8권, 제5호, pp. 405~410
2. 권혁빈, 김석원, 김영국, 박춘수, 2007, “한국형 고속열차의 주행저항식 예측”, 한국철도학회 춘계학술대회 논문집
3. 박찬경, 김상수, 김기환, 김영국, 2009, “철도차량의 주행저항 측정 방법의 관한 고찰”, 한국철도학회 춘계학술대회 논문집