

고속열차 견인력 측정 방안에 관한 연구

A device of traction force measurement system for high speed train

김상수† · 이태형* · 윤수환* · 박춘수* · 고재하**

Sang-Soo Kim, Taehoung Lee, Suhwan Wun, Choonsoo Park, and Jaeha Ko

1. 서 론

2004년 한국형고속열차가 국내기술로 개발되어 세계 4번째로 350km/h 증속시험에 성공한 이후, 연구를 거듭하여 이를 모태로 한국형 신형 고속철(KTX산천)가 제작되어 2010년부터 상업운행을 시작하여 국내 운송량에 커다란 이바지를 하고 있다. 이제 세계 고속열차의 개발 개념은 기존의 동력집중식에서 동력 분산형으로의 고속열차 개발 트렌드가 바뀌고 있다. 이에 국내에서도 최고속도 400km/h급의 동력 분산식 차세대 고속열차를 개발하고 있다. 이러한 속도향상을 위하여 철도 차량은 견인력 및 제동력의 증가가 필요하며 설계/제작된 추진장치의 성능 검증이 이루어져야 한다. 본 연구에서는 고속열차의 견인력을 주행중 직접 측정할 수 있는 시스템을 구축하여 향후 차세대고속열차가 본선 시운전 시험을 실시할 때 열차에 전달되는 토오크를 실시간 모니터링 하여 견인력을 측정할 수 있는 방안을 제시하고자 한다.

2. 고속열차 견인력 측정시스템

2.1 측정 개요

철도차량은 기계, 전기, 제어 등 여러 가지 기술이 복합된 시스템으로써, 각 시스템의 성능 검증을 통하여 안전성과 신뢰성 확보가 필요하다. 특히 고속으로 주행하는 열차의 경우, 안전한 출발, 제동, 정속주행, 가속 등의 확인을 위하여 주행시스템의 견인 및 제동성능을 검증해야 한다. 열차의 견인력

을 측정하는 방법은 열차의 거동으로 추정하는 방법과 동력전달경로상에 센서를 설치하여 직접 측정하는 방법이 있다. 추정 방법은 뉴턴 역학에 따라 견인력 작용시 발생하는 열차의 가속도를 이용하여 다음식과 같이 견인력 F_t 를 구할 수 있다.

$$F_t = ma + R + mg \sin \theta \quad (1)$$

여기서 m 은 열차 질량, R 은 주행저항, θ 는 선로 구배를 나타낸다. 이처럼 열차의 주행 상태를 관측하여 얻어진 견인력은 간접적인 추정방법이기에 정확도가 낮을 수 있으며 실시간으로 견인력 상태를 관측하는 것은 불가능하다. 본 연구에서는 직접 견인력을 측정하는 방법을 제안한다. 그림 1의 (a)와 같이 동력전달경축에 견인력 혹은 전기적 제동력이 인가되면, 축은 토오크를 받게되고, 그에 해당하는 전단응력이 발생하게 된다. 이 전단응력은 축에 45° 방향에는 인장 혹은 압축응력이 발생하며, 응력에 따라 축은 변형률이 발생하게 된다. 변형률과 하중(토오크)와의 관계를 시험으로 구하게 되며, 이 변형률을 측정하여 데이터 수집장치로 전송하는 시스템을 구성한다며, 견인력을 측정이 가능하다.

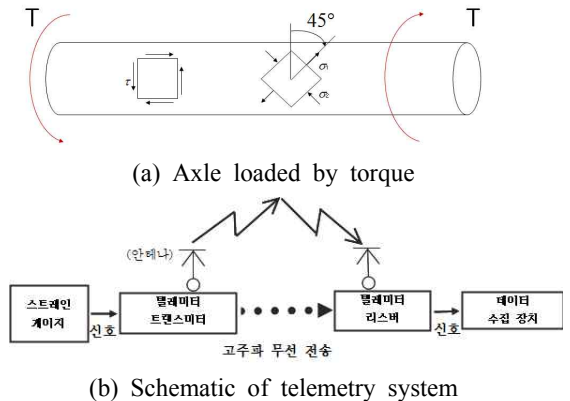


Fig. 1 Basic concept of traction force measurement

† 교신저자; 정회원, 한국철도기술연구원 고속철도연구센터
E-mail : sskim@krii.re.kr

Tel : +82-31-460-5625, Fax : +82-31-460-5649

* 한국철도기술연구원

** 연세대학교 대학원

위에서 기술한 측정 방법을 한국형고속열차 동력 전달축에 적용, 시험을 실시하여 견인력을 측정할 사례가 있다.



Fig. 2 Traction force measurement system of HSR-350x

2.2 분산형 고속열차 견인력 측정시스템 구축방안

차세대고속열차 시제편성은 5량의 동력차와 객차 1량으로 6량 1편성의 구성을 갖고 있으며, 동력대차는 견인전동기와 유도전동기를 사용하고 있다. 전체 추진 성능을 파악하기 위해서는 각각 전동기의 특성을 관측할 필요가 있어 2곳 이상에서 견인력을 측정하고자 한다. 분산형고속열차의 동력전달경로는 모터축-커플링-기어축-1차기어-2차기어-차축-차륜으로 이어진다. 본 열차에서는 차축에 스트레인게이지로 이루어진 토오크로드셀을 부착하고, 로드셀에 전원공급 및 신호는 무선송수신 장치(텔레메트리)를 사용한다. 현재 열차의 최대속도(430km/h) 및 최대 구동토크에 적합한 장비의 설계 및 검토를 마친 상태이다. 또한 구동토크에 대한 차축의 응력 및 변형률을 시뮬레이션하여 토크와 변형률 관계를 계하고 있다.



Fig. 3 Schematic of EMU type high-speed train

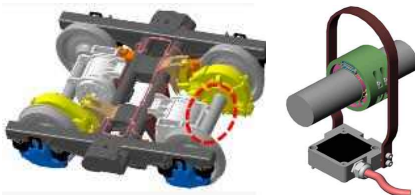


Fig. 4 Bogie and telemetry system

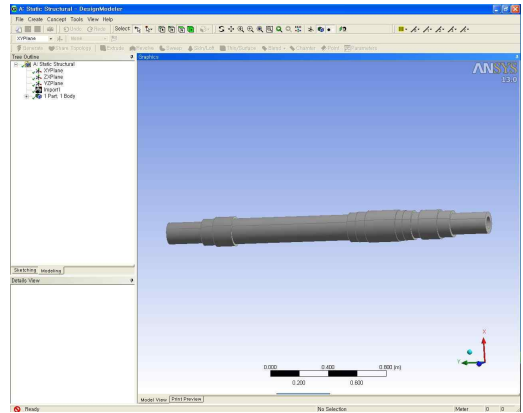


Fig. 5 Strain Calculation

3. 결론

본 논문에서는 고속열차의 견인력을 측정하기 위한 시스템의 설계법 및 설치방안을 논하였다. 현재 분산형고속열차 시제편성이 제작되고 있으며, 제작중에 측정시스템이 설치될 예정이다. 열차가 본선에서 시운전시험을 실시하면서 실시간 견인력 측정을 수행할 계획이다.

후 기

본 연구는 국토해양부에서 시행하는 차세대 고속철도기술개발사업의 "분산형 고속철도 시스템엔지니어링 기술개발" 과제로부터 지원을 받고 있음을 밝힌다.

참고 문헌

1. 김영국, 김석원, 김기환, 목진용(2006), “가속도/감속도를 이용한 열차 견인력/제동력 추정 방법에 대한 고찰”. 한국철도학회논문집, 제9권 6호, pp. 682~688
2. 김상수, 김영국, 김기환, 한영재(2007), “고속열차의 동력전달축 부하측정시스템 구축 방안”, 한국철도학회 추계학술대회논문집
3. 김상수, 김영국, 김기환(2007), “한국형고속열차의 동력전달축 부하 측정”, 한국철도학회논문집, 제10권 6호, pp. 660~664