

전동차의 축상온도 측정

An Axle Temperature Measurement of Rolling Stock

전창성* 김민석** 김명룡*** 윤성철*** 김원경****

Jeon, Chang Sung Kim, Min Suk Kim, Myung Rong Yoon, Sung Cheol Kim, Weon Kyung

ABSTRACT

This article describes an axle temperature measurement of rolling stock. The characteristics of axle temperature were investigated while the rolling stock was operating. The highest temperature was found at the upper area of the axle and the temperature of end cap was lower than that of other parts. The temperature rises with the velocity and operating time of rolling stock and gradually saturates. The axle temperature changes with atmospheric temperature. It changes at the rate of 4°C while the atmospheric temperature changes at the rate of 10°C . The axle temperature of various newly made rolling stocks has been measured. The temperature of motor car is higher than that of control car and auxiliary car.

1. 서론

열차의 운행 중 차축절손에 의한 탈선사고는 대형 인명피해를 가져올 수 있다. 이를 방지하기 위하여 고속철도에서는 약 50km마다 차축발열감지장치를 설치하여 운행중인 열차의 축상온도를 측정하여 베어링의 온도가 70°C 이상이면 경고, 90°C 이상이면 열차를 정지시켜 사고를 미연에 방지하고 있다.[1] 신조 전동차도 운행에 투입하기 전 안전을 위하여 다양한 성능시험을 수행하며, 축상온도 측정도 이런 시험 중의 일부이다. 본 논문에서는 다양한 노선에 투입된 신조 전동차의 축상온도 거동특성을 살펴보고, 계절별 요인에 따른 외기온도 변화와 전동차의 축상온도와의 관계에 대하여 고찰하였다.

2. 시험방법 및 결과

2.1 시험방법

한국철도공사 경부선 전동차 본선 시운전중 전동차축에서의 축상온도를 측정하고, 속도 및 시간에 따른 온도 분포를 기록하였다. 시험개요는 다음과 같다. 측정 시간은 총 8시간 27분이며, 전동차는 의정부에서 천안까지 왕복한다. 측정을 위하여 8개의 열전대(K-type)가 설치되었으며, 동력차(M-Car)에 5개, 제어차(Tc-Car)에 2개, 1개는 외기온도 측정용으로 사용되었다. 기록은 PC형 데이터 레코더(DEWE-3010)를 이용하였다. 열차의 속도는 VVVF인버터의 출력값을 사용하였다.

Fig. 1과 같이 온도가 높은 동력차 차축의 상하좌우(T1~T4) 및 엔드캡(T5)에 열전대를 설치하고, 외기온도(T0)를 측정하였다. 동력차와의 비교를 위하여 T1과 T4에 해당하는 제어차의 위치에 T6과 T7을 설치하였다.

* 한국철도기술연구원 주임연구원, 정회원

** 한국철도기술연구원 연구원, 정회원

*** 한국철도기술연구원 선임연구원, 정회원

**** 한국철도기술연구원 책임연구원, 정회원

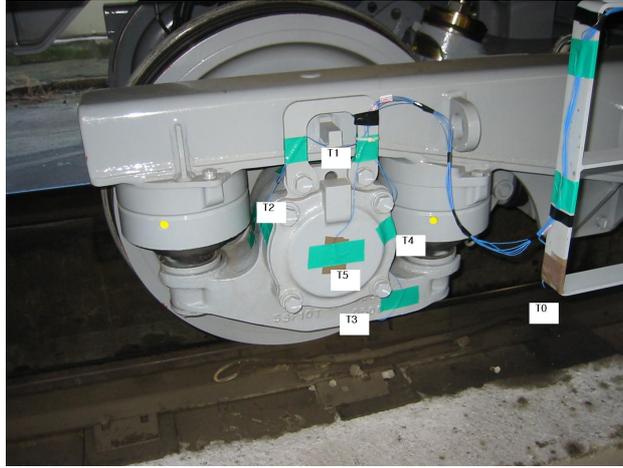


Fig. 1 열전대 설치 지점

2.2 축상온도의 거동특성

차축에서의 주요 발열의 원인은 축이 회전함으로 베어링에서 마찰이 발생하고, 이로 인하여 열이 발생한다. 전동차가 120km/h로 주행 중이라고 가정할 때 베어링 제작사에서 측정한 베어링 외륜의 온도는 Fig. 2와 같다.[2]

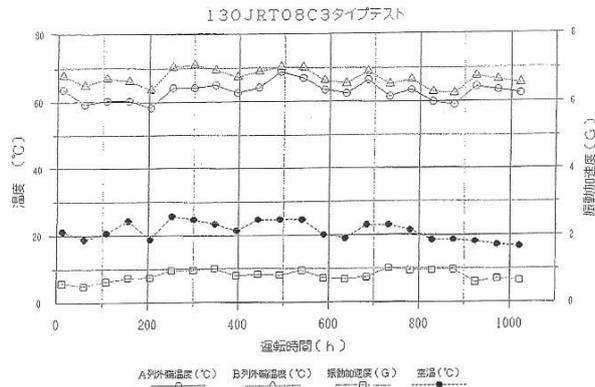


Fig. 2 120km/h 주행 중일 때 베어링 외륜 온도

외기온도가 20~25℃ 정도일 때, 베어링의 외륜은 60~70℃ 정도의 온도 분포를 보이며, 최고 71.8℃까지 측정되었다. 베어링에서 발생한 열은 차축과 베어링을 지지하고 있는 부분으로 전달되어 냉각된다. 전동차가 의정부에서 천안간을 왕복할 때 실차에서의 측정온도는 Fig. 3과 같다. Fig. 3은 열차의 속도, 외기온도, 동력차에서의 온도 측정값이다. 전동차는 구로차량기지를 출발하여 지하구간(서울역~청량리)을 통과하여 의정부에서 1시간가량 정차하고, 천안까지 운행한다. 천안에서 20분 정도 정차한 후 구로기지로 회차한다. 축상에서의 온도분포는 축의 위쪽이 가장 높고, 엔드캠 쪽이 가장 낮다. 축의 좌우측에는 차축을 지지하는 현가장치가 설치되므로 위쪽보다는 두께가 두껍기 때문에 온도가 낮게 된다. 축의 온도는 전동차의 속도와 밀접한 관계가 있다. 열차가 운행중일 때 온도는 올라가며, 정차시에는 냉각된다.

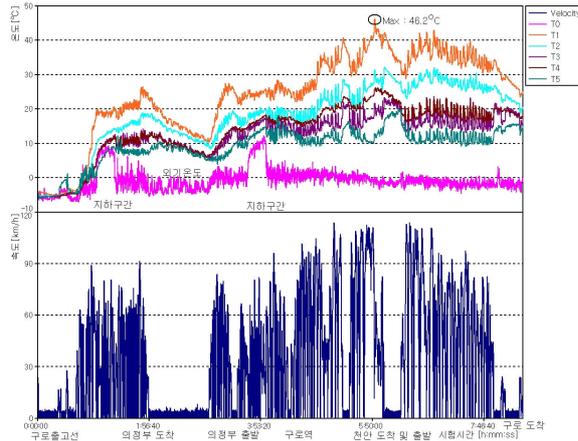


Fig. 3 주행 중 속도와 동력차 축상온도 분포

최고온도는 전동차가 의정부에서 천안까지 고속으로 계속 운행할 때 나타났으며 46.2°C였다. 이때 대기 온도는 -0.9°C이다. 전동차가 지하구간을 통과할 때 외기온도는 10°C 정도 상승하지만 축상온도는 이것에 비례하여 상승하지는 않는다. 지하구간만을 확대하여 Fig. 4에 나타내었다.

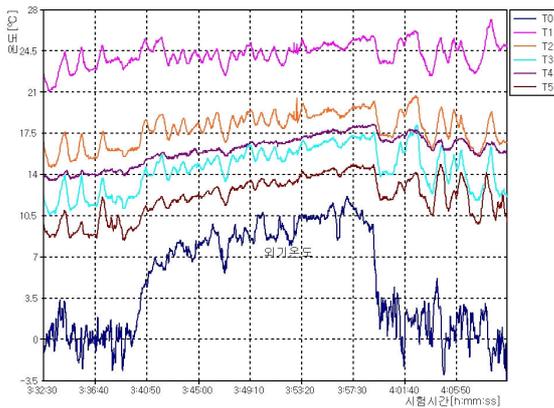


Fig. 4 지하구간 온도분포

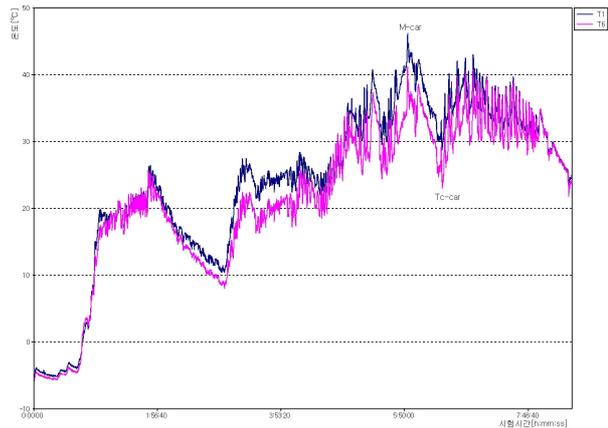


Fig. 5 동력차와 제어차 온도 비교

Fig. 4에서 열차가 지하구간을 통과할 때 외기온도는 10°C 정도 상승하였는데, 축상온도는 평균적으로 4°C 정도 상승하였다. Fig. 5는 동력차와 제어차의 상부의 온도 분포 비교이다. 동력차에는 VVVF인버터, 견인전동기 등 다양한 장치가 설치되기 때문에, 제어차에 비해 무게가 더 무겁다. 이 때문에 축상온도도 더 높게 나타난다.

2.3 신조 전동차의 축상온도 측정

다양한 신조 전동차에 대한 주행 후의 축상온도 측정값을 Fig. 6~9에 나타내었다. 측정에 사용된 온도계는 Raytek사의 비접촉식 온도계인 RAYST30 XXUS이며, 측정의 정확도는 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 이다. 각 노선마다 운행조건이 다르고, 측정시기도 다르기 때문에 축상온도도 차이가 난다. 각 전동차의 사양 및 축상온도 측정조건 및 측정값은 Table 1에 나타내었다.

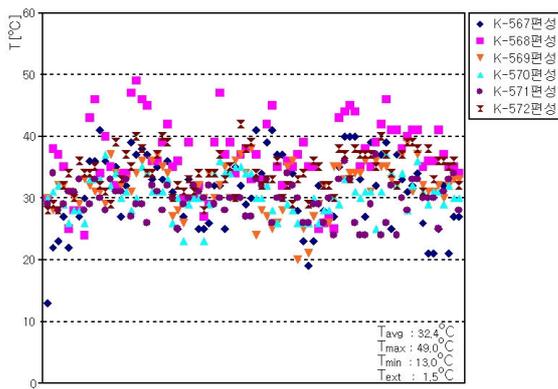


Fig. 6 경부선 신조 전동차 축상온도
(Tc-M-M'-T-M'-T1-T-M-M'-Tc)

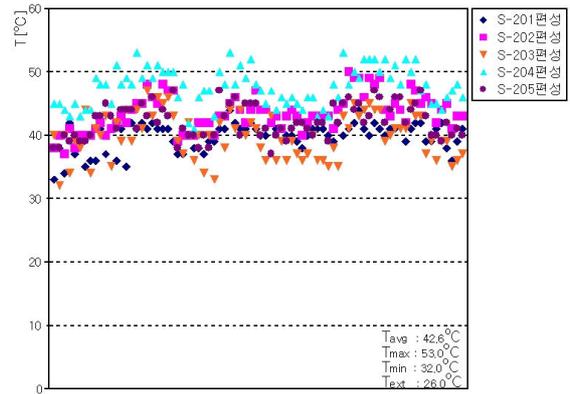


Fig. 7 서울시 2호선 신조 전동차 축상온도
(Tc1-M1-M2-T1-M2-T2-T1-M1-M2-Tc2)

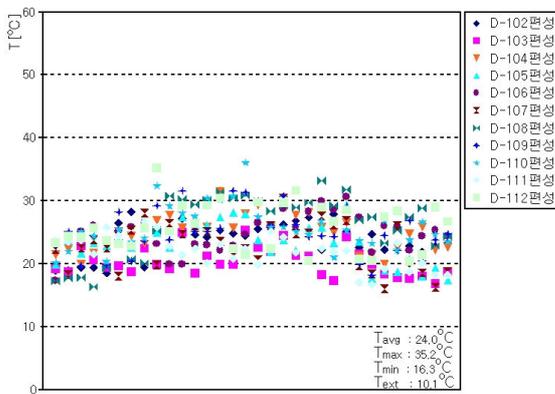


Fig. 8 대전 1호선 신조 전동차 축상온도
(Tc1-M1-M2-Tc2)

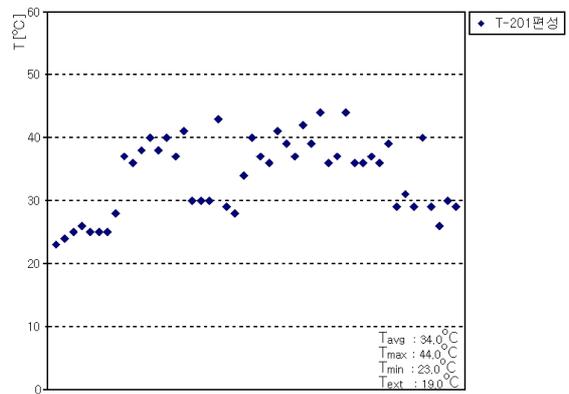


Fig. 9 대구시 2호선 신조 전동차 축상온도
(Tc1-M1-T1-M2-M1-Tc2)

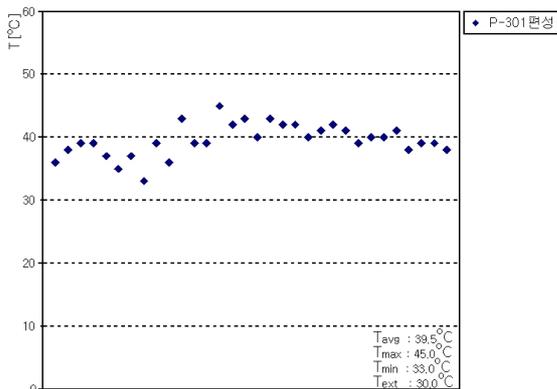


Fig. 10 부산 3호선 신조 전동차 축상온도
(Tc1-M1-M'1-Tc2)

Fig. 6은 경부선 신조 전동차의 축상온도이다. 전동차는 10량 1편성이며, 구성은 Fig. 6에 나타내었다. 전체적으로 제어차(Tc)나 부수차(T)의 온도가 동력차(M, M')의 축상온도보다 낮다. 측정은 겨울(외기 온도평균 1.5°C)에 실시하였으며 최고온도는 49.0°C이며, 평균축상온도는 32.4°C였다.

Fig. 7은 서울시 2호선 신조 전동차의 축상온도 측정결과이다. 축상온도의 분포경향은 경부선 신조 전동차와 비슷하다. 측정은 여름(외기온도평균 26.0℃)에 실시하였고, 최고온도는 53.0℃이며, 평균축상온도는 42.6℃였다. Fig. 6과 Fig. 7에서 경부선과 서울2호선 전동차는 크기 및 구성이 비슷하고, 무게 및 축상온도 측정시의 주행거리도 비슷하여 계절별 외기온도에 따른 축상온도의 분포를 비교할 수 있다. 외기온도가 24.5℃변할 때 평균 축상온도는 10.2℃정도 변하였다. 환산하면 외기온도가 10℃정도 상승할 때 축상온도는 4.1℃정도 상승하여 Fig. 4에서 얻은 결과와 비슷하다.

Fig. 8은 대전 1호선 신조 전동차 축상온도 분포이다. 4량 1편성이며 운행거리가 짧아(45.2km) 축상온도가 많이 상승하지 않았다. Fig. 9와 Fig. 10은 각각 대구 2호선과 부산 3호선 신조 전동차의 축상온도 분포이다. 경부선이나 서울시 2호선 보다 주행거리가 짧고, 무게도 가벼워 축상온도도 많이 상승하지 않는다.

	경부선	서울2호선	대전1호선	대구2호선	부산3호선
1편성	10량	10량	4량	6량	4량
1량 크기[m]	19.5×3.12×3.75	19.5×3.12×3.75	17.5×2.75×3.6	17.5×2.75×3.6	17.5×2.75×3.6
전체 무게[t]	373.5	337.8	118.6	186.3	122.3
주행거리[km]	159.5	146.1	45.2	112	72.4
측정일시	2005년 12월	2005년 6~9월	2005년 11월	2005년 4월	2005년 6월
외기온도평균[℃]	1.5	26.0	10.1	19.0	30.0
평균온도[℃]	32.4	42.6	24.0	34.0	39.5
최고온도[℃]	49.0	53.0	35.2	44.0	45.0
최저온도[℃]	13.0	32.0	16.3	23.0	33.0

Table 1 신조 전동차 사양 및 축상온도

3. 결론

전동차 주행시의 축상온도 거동특성을 고찰하였으며, 다양한 신조 전동차의 주행 후의 축상온도를 측정하였다. 축상에서의 온도분포는 축의 위쪽이 가장 높고, 엔드캡 쪽이 가장 낮다. 전동차 운행시 축상온도는 속도 및 운행시간에 비례하여 증가하다가 포화된다. 외기온도가 변하면 축상온도도 변하지만, 외기온도 증감량만큼 축상온도는 변화하지는 않는다. 외기온도가 10℃정도 변할 때 축상온도는 4℃정도 변함을 알 수 있었다. 전체적으로 제어차(Tc)나 부수차(T)의 축상온도가 동력차(M, M')의 축상온도보다 낮다.

4. 참고문헌

- [1] 고속철도 차량일반 및 정비 시스템, 2003, 고속전철PM
- [2] 130JRT08C3 타입 테스트 결과, 設外第940250号, 1994, 日本精工株式會社