

표준전동차 제동장치에 대한 내구도 평가(I)

Durability evaluation for Korea type EMU's braking system

정 종덕* 최 병기** 한 석윤*** 윤 성철* 이 호용****

Chung, Jong-Duk Choi, Byung-Gy Han, Seok-Youn Yoon, Sung-Choul Lee, Ho-yong

ABSTRACT

This paper describes the result of endurance test of the brake system of the Korean EMU on the Sangju test track. The purpose of the test is to prove the endurance of brake system.

Test conditions are more severe than actual operation on the commercial line. As of October, test result is good without severe problems. 100,000km of test operation will be continued by the end of this year to check the endurance of the brake system.

1. 서론

열차는 계획된 속도 및 시간표에 따라 운행해야 하므로 필요에 따라 그 속도를 가속 또는 감속 할 필요가 있다. 또한 열차는 정해진 위치 또는 비상시에 경우에선 완전한 정지를 할 수 있어야 하는데 이러한 목적을 달성하기 위하여 설치된 시스템이 바로 제동장치인 것이다.

철도차량에서의 제동장치는 승객의 안전과 승차감에 중요한 요소로 작용한다. 표준전동차의 제동 감속도는 상용제동 3.5km/h/s, 비상제동 4.5km/h/s로 설정되어 있다.

제동시스템은 가혹한 상태에서의 운전에서도 정상적인 제어로 승객의 안전과 안락함을 보장하도록 하여야 하기 때문에 지속적인 반복 시험(내구도 시험)을 통하여 제동성능의 변화를 알아보고 이에 따른 정기 보수유지에 중요 포인트를 파악함으로써 제동 시스템의 안전성을 확인한다.

표준전동차 제동장치의 내구도 시험에 대하여 특별한 시험의 방법 및 규정이 없어 도시철도차량 성능시험기준과 별도로 내구도시험에 대한 시험의 방법 및 범위를 선정하여 제동시스템 및 공기압축기에 대하여 내구도시험을 수행하고자 한다.

시험의 조건은 공차 및 만차(20TON) 상태를 모두 수행하였으며 전반적인 제동시스템에 대한 평가를 수행하고자 한다. 제동시스템은 정차시험(정차제동, 보안제동, 주차제동)과 주행시험(상용제동, 비상제동)으로 분류하여 시험을 하였으며, 공기압축기에 대해서는 주공기압축기, 트윈타워공기건조기, 공기압축기시스템, 보조공기압축기에 대하여 시험을 수행하고자 한다.

제동장치 전반적인 시스템에 대하여 상주공장 시험선에서 약 5만 km 에서 주행 후 내구도를 시험하였으며 향후, 10만km 운행시의 제동 내구도 시험 결과 제동장치의 성능이 양호함을 확인하여 유지보수에 따른 제동 장치에 성능 변화에 대하여 알아보기로 하겠다.

* 한국철도기술연구원 선임연구원

** 유진기공(주) 주임연구원

*** 한국철도기술연구원 책임연구원

**** 한국철도기술연구원 주임연구원

2. 제동장치 내구도시험

2.1 제동 시스템 내구도 시험

2.1.1 개요

- 1) 시험조건 : 공차 및 만차(20톤)
- 2) 시험 장소 : KOROS 상주공장 시험선

2.1.2 시험 절차

1) 적용 범위

본 절차는 철도차량에 사용되는 제동 시스템의 내구도 시험에 대하여 적용한다.

2) 시험

가) 시험의 종류

(1) 정차 시험

- (가) 정차제동시험
- (나) 보안제동시험
- (다) 주차제동시험

(2) 주행 시험

- (가) 상용최대제동시험
- (나) 비상제동시험

나) 시험의 방법

(1) 정차 시험

(가) 정차제동시험

제동실린더용 테스트 피팅에 압력계를 설치하고 주간제어기를 중립위치에 놓고 정차제동용 계전기를 여자시켜 정차제동을 체결하고 제동압력을 체크한다.

(나) 보안제동시험

제동실린더용 테스트 피팅에 압력계를 설치하고 보안제동스위치를 눌러 보안제동을 체결하고 제동압력을 체크한다.

(다) 주차제동시험

주차제동실린더용 테스트 피팅에 압력계를 설치하고 제동실린더용 차단콕을 열어 제동을 완해시킨다음 주차제동스위치를 눌러 주차제동전자밸브를 여자시킨다. 이때 공기가 배기되고, 스프링에 의해 주차제동이 체결되는지와 역행이 차단되었는지 체크한다.

(2) 주행 시험

(가) 상용최대제동시험

직선으로 평탄한 선로에서 주간제어기를 역행으로 위치하여 열차를 허용 가능한 최고 속도로 가속 후 주간제어기를 B7의 위치에 놓아 제동을 체결하며 각 방향으로 2~3회 실시한다. 이때의 제동압력, 속도, 감속도 등을 시험기를 통해 측정하고 제동감속도의 평균이

정해진 기준에 적합한지를 체크 한다.

(나) 비상제동시험

직선으로 평탄한 선로에서 주간제어기를 역행으로 위치하여 열차를 허용가능한 최고 속도로 가속 후 주간제어기나 비상스위치를 통해 비상제동을 체결하며 각 방향으로 2~3회씩 실시한다. 이때의 제동압력, 속도, 감속도 등을 시험기를 통해 측정하고 제동감속도의 평균이 정해진 기준이 넘는지 체크한다.

3) 합격수준

항목	기준치		
정차 시험	정차제동 (공차)	M	기준 압력에 $\pm 0.2[\pm 20\text{kPa}]$
		T	기준 압력에 $\pm 0.2[\pm 20\text{kPa}]$
	보안제동	공차	기준 압력에 $\pm 0.2[\pm 20\text{kPa}]$
	주차제동	주차제동이 체결되고, 역행이 차단 될 것.	
주행 시험	상용최대제동	공차: 3.5 km/h/s 이상	
		만차: 3.5 km/h/s 이상	
	비상제동	공차: 4.5 km/h/s 이상	
		만차: 4.5 km/h/s 이상	

2.1.3 시험 결과

1) 시험 결과

항 목		기 준 치		시험결과 (km/h/s)
정차 시험 (M-Tc)	정차제동 (공차)	M	$0.8 \pm 0.2 \text{ kgf/cm}^2 [78 \pm 20\text{kPa}]$	0.8
		T	$1.2 \pm 0.2 \text{ kgf/cm}^2 [117 \pm 20\text{kPa}]$	1.2
	보안제동	$4.00 \pm 0.2 [392 \pm 20\text{kPa}]$		4.0
	주차제동	주차제동이 체결되고, 역행이 차단 될 것.		양호
주행 시험	상용최대제동	공차: 3.5 km/h/s 이상		3.69
		만차: 3.5 km/h/s 이상		3.73
	비상제동	공차: 4.5 km/h/s 이상		4.81
		만차: 4.5 km/h/s 이상		4.61

2) 시험그래프

가) 정차 시험

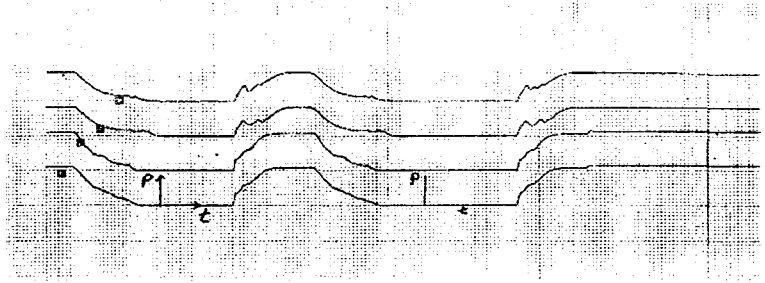
(1) 정차 제동

수동운전모드시 전동차가 제동작용중 일정한 한계 속도(예를들면, 3km/s)이하로 떨어지면 견인전자제어장치(PE)가 정차제동신호를 생성시켜 차상제어정보관리장치(TCMS)를 거쳐 제동작용장치(BOU)로 보내 정차제동이 체결된다.

자동운전모드시 전동차가 제동작용중 일정한 한계속도이하로 떨어지면 ATO장치에 의해 차상제어정보관리장치(TCMS)를 거쳐 상호제동신호계통을 통해 정차제동신호를 제동작용장치(BOU)에 보내 정차제동이 체결된다. 전동차가 정지할 때, 주간제어기가 타행위치에

있거나, 출입문이 개방되었거나, 열린경우도 이 신호는 여자된다. 그때 정차제동페턴이 생성되고 상용최대제동역의 70%에 해당하는 정차제동력이 체결된다. 정차제동이 체결되면 제동불완해 인통선이 차단되어, 제동전자제어유니트(ECU)는 정차제동 체결동안 제동불완해검지 기능을 중단한다. 만일 인통선(Train Line)으로부터 상용, 비상제동지령이 체결되어 있을 경우에는, 상용, 비상제동압력과 정차제동압력이 비교되어 큰쪽이 최종적으로 작용하게 된다.

BC 압력 M-F
 BC 압력 M-R
 BC 압력 Tc-F
 BC 압력 Tc-R



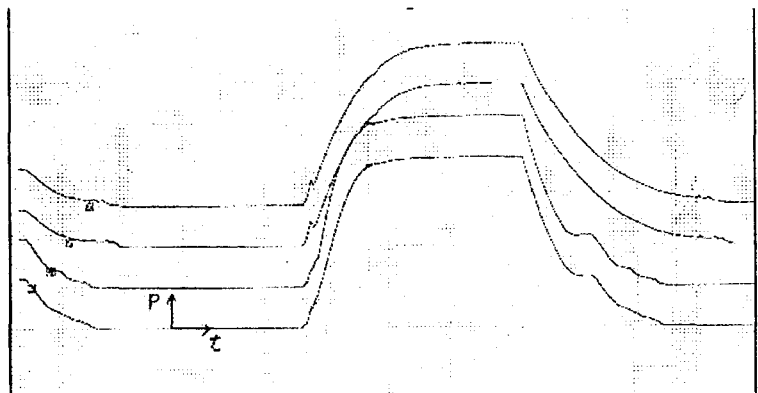
(2) 보안제동

보안제동 공기통의 압력공기는 보안제동장치 내의 압력조정밸브에서 4.0 kgf/cm²으로 감압된후 정상운전시 보안제동전자밸브에 도달되어 대기상태에 있다.

보안제동전자밸브는 On 타입으로 제동지령선이 가압되면 밸브통로를 열어 BC공기를 내보내게 되며 제동작용장치(BOU)측과 복식역지밸브(DCHV)로 연결되어 상용제동 및 비상제동의 경우와 동일하게 제동통에 공급된다.

보안제동의 완해시는 제동지령선이 무가압되므로 보안제동전자밸브의 공급통로는 닫히며 BC관측의 공기가 보안제동전자밸브의 배기구를 통해 배기되어 완해가 이루어 진다.

BC 압력 M-F
 BC 압력 M-R
 BC 압력 Tc-F
 BC 압력 Tc-R



3) 시험 진행 사진



2.2 공기압축기 내구도 시험

2.2.1 개요

- 1) 시험조건 : 공차
- 2) 시험 장소 : KOROS 상주공장 시험선
- 4) 내구도 시험 절차 및 기준에 따라 시험 실시하고, 시험결과를 기록함.

2.2.2 시험 절차

1) 적용 범위

본 절차는 철도차량에 사용되는 공기 압축기의 내구도 시험에 대하여 적용한다.

2) 시험

가) 시험의 종류

- (1) 주공기 압축기
 - (가) 회전방향시험
 - (나) 회전속도시험
 - (다) 오일온도시험
 - (라) 배기전자밸브 시험
 - (마) 누기 및 누유 시험
 - (바) 써비스인디케이터(진공표시기)작동 시험
- (2) 트윈타워 공기건조기
 - (가) 성능 시험
 - (나) 공기누설 시험
- (3) 공기압축기 시스템
연동작용 시험
- (4) 보조공기 압축기

(가) 온도상승 시험

(나) 누설 시험

나) 시험의 방법

(1) 주공기 압축기

(가) 회전방향시험

공기 압축기 전동기에 전원을 공급하고 공기 압축기를 순간적으로 회전시켜 회전방향 표시와 일치여부를 확인한다.

(나) 회전속도시험

10kgf/cm²의 토출 압력으로 운전시 전동기 구동축의 회전속도가 1750 rpm±5% (1667~1837 rpm) 인지 확인한다.

(다) 오일온도시험

10kgf/cm²의 토출 압력으로 30분간 연속운전 후 스크루 그룹(에어엔드)내의 오일온도가 95℃이하이어야 한다.

(마) 배기전자밸브 시험

공기 압축기를 10kgf/cm²으로 가동하다가 멈추었을 때 배기밸브가 열려 압력 공기배출이 이루어지는 것을 확인한다.

(바) 누기 및 누유 시험

10kgf/cm²으로 공기 압축기를 약 20분간 연속 가동후 공기 압축기에 비눗물을 도포하여 누기 및 누유시험을 실시한다. 이때 어떠한 누기 및 누유도 없어야 한다.

(사) 써비스인디케이터(진공표시기)작동 시험

공기 압축기를 10kgf/cm² 압력으로 부하 가동하여 흡입구를 차단했을 때 써비스 인디케이터의 빨간색 피스톤이 보이는가를 확인한다.

(2) 트윈타워 공기건조기

(가) 성능 시험

- 작용 사이클 시간의 기능시험:전력 스위치를 돌린 후 3번 이상 절환 하고서 작용 사이클을 확인한다. 작용 사이클...120초 ±6초

- 전력 재투입 시험:절환 하자마자 60초 후 전기 스위치를 끈 후 약 30초 동안 상기와 같은 상태를 유지하고 스위치를 켜다. 그때 절환을 확인한다. 동일사이클이 이루어 질 것

(나) 공기누설 시험

제습통과 공기 배관 위에 9kgf/cm² 을 공급하여 비눗물을 바른다. 공기 누설이 없어야 한다.

(3) 공기압축기 시스템 시험

연동작용 시험

공기 압축기의 조압기 ON/OFF시 자동배수 전자밸브 유분리기의 자동배수 밸브와의 연계 작용 및 공기건조기의 재생, 건조작용 사이클을 확인한다.

(4) 보조공기 압축기

(가) 온도상승 시험

토출 압력을 7.0kgf/cm² 로 유지하고 정격 전압으로10분간 연속 운전한 직후온도계로 측정 한다. (전동 기계자틀: deg 30이하, 실린더 뚜껑: deg 90이하, 실린더 몸체: dge 80이하)

(나) 누설 시험

온도상승 시험 후 부하압력을 7.0kgf/cm² 로 유지한 상태에서1분간 누설이 없어야 한다.

2.2.3 시험 결과

항목	기준치		시험결과
1. 주공기압축기			
회전방향시험	전동기의 회전방향이 회전방향표시와 일치할 것		이상 없음
회전속도시험	10kg f/cm ² 의 토출압력으로 운전시 구동축의 회전속도가 1750rpm ±5%이내일것		1802rpm
오일온도시험	10kg f/cm ² 의 토출압력으로 30분간 연속운전후 오일온도가 95℃이하일것		85℃
배기전자밸브시험	공기압축기를 10kg f/cm ² 으로 가동하였다가 멈추었을 때 밸트벨트가 열려 압력 공기배출이 이루어질것		이상 없음
누기 및 누유시험	공기 압축기를 약 20분간 연속가동후 어떠한 누기 및 누유도 없어야 한다.		이상 없음
진공표시기 시험	공기압축기 가동하여 흡입구를 차단했을 때 진공표시기의 빨간색 피스톤이 보일것		이상 없음
2. 트윈타워 공기 건조기			
성능시험	작용 사이클 시간	120±6초	118초
	전력 재투입 시험	전기 스위치 off후 약 30초 동안 같은 상태를 유지되고 스위치 on시 동일 사이클이 이루어 질 것	이상 없음
공기누설시험	제습통과 공기 배관사이에 공기 누설이 없을 것		이상 없음
3. 공기압축기 시스템			
연동작용 시험	조압기 ON/OFF시 자동배수 전자밸브 유분리기의 자동배수 밸브와의 연계작용 및 공기건조기의 재생, 건조작용 사이클 정상적으로 동작할 것.		이상 없음
4. 보조공기 압축기			
온도상승시험	전동 기계자틀	deg 30 이하	29.4℃
	실린더 뚜껑	deg 90 이하	30.1℃
	실린더 몸체	deg 80 이하	29.1℃
누설시험	온도상승 시험후 1분간 누설이 없어야 한다.		이상 없음

4. 결론 및 향후 연구방향

본 연구는 도시철도 표준화·국산화 사업을 통해 개발된 표준전동차의 제동장치 내구도 주행 시험에 대한 내용과 시험결과를 기술하였다. 상주시험선은 회생제동 투입이 어려워 제동력을 공기 제동으로만 충족시키고 있어 실제 본선에 비해 악조건에서 내구도 주행시험이 이루고 지고 있으나 공차와 만차시 상용 및 비상제동 모두 사양기준치를 만족하고 있음을 알 수 있다.

제동시스템의 정차시험(정차제동, 보안제동, 주차제동) 및 주행시험(상용제동, 비상제동)모두 양호한 결과를 얻었으며, 주공기압축기, 트윈타워공기건조기, 공기압축기시스템, 보조공기압축기에 대해서도 양호한 결과를 얻었다.

향후, 표준전동차에 장착된 제동장치를 통하여 10만km 운행시의 제동 내구도 시험 결과 제동장치의 성능이 양호함을 확인하여 유지보수에 따른 제동 장치에 성능 변화에 대하여 알아보기로 하겠다. 또한, 신뢰성이 입증되면 수입에 의존하고 있는 주요부품들이 국산화되어 실용화 되기를 바란다.