

# 노후차량 성능 특성에 관한 연구

## A study about an old age car performance characteristic

홍용기\* 권성태\*\*  
Hong Yong-Ki Kwon Sung-Tae

---

### ABSTRACT

In order to investigate performance changes, the acceleration, vibration, and braking performance tests were carried out on the electric multiple units (EMUs) with over 20 years operation. According to the testing results, in vibration and braking performance, the similar performance results were obtained as compared with newly manufactured EMUs. However, in terms of acceleration performance, below reference value (3.0 km/h/s) has been obtained. This is mainly due to performance deterioration including traction motor. The precision diagnosis evaluation of deteriorated EMUs will be provided through the overall evaluation of corrosion testing and structural performance of car body.

---

### 1. 서론

일반적으로 철도차량은 사용연수가 증가함에 따라 차량 각부의 고장률이 증가되고 안전성도 저하되는 경향이 있으며 이에 따른 차량의 제반 보수비용도 증가하는 경향이 있다. 이러한 고장률 증가 및 안전성의 저하를 방지하기 위하여 국내의 철도차량에 대하여는 각각의 차량별로 도시철도법 및 철도안전법에 의하여 차량의 내구수명을 정하고 있다. 본 연구에서는 차량의 내구수명에 따른 차량의 성능 변화를 확인하기 위하여 수행되었다. 이를 위하여 도시철도법에 의하여 차량의 내구수명이 25년으로 되어 있는 도시철도차량 중 차량사용연수가 23년이 된 차량 2편성 선정하여 가감속 및 제동성능, 진동성능을 측정하여 차량의 성능 변화를 확인하고자 하였다.

### 2. 가속 성능시험

본 연구에서는 도시철도차량의 전기적인 특성 중 차량의 최고속도 및 견인력에 가장 중요한 영향을 미치는 가속성능을 측정하여 차량의 노후도에 따른 성능저하를 여부를 판단하였다. 가속도 시험은 출발후 일정속도에 도달 여부를 판단하는 시험으로 현행 도시철도차량 성능시험기준 적합성 여부와 기기 및 제어 장치가 원활하게 작동하는지를 판단할 목적으로 실시하였다.

측정 방법은 평탄 직선 선로에서 편성차량을 정지상태에서 최대 견인력으로 가속시켜 속도가 35km/h까지 도달하는데 걸리는 시간을 측정하였다. 본 시험에서는 편성별로 각각 3회를 측정하여 평균하였으며 참고로 도시철도차량의 가속도 기준은 3.0km/h/s 이상이다. 측정결과 표 1에서와 같이 가속도는 #1, #2편성 모두 기준치인 3.0km/h/s에 미치지 못하고 있다. 따라서 이는 차량이 장기간 사용에 따라 일반적으로 차량의 내구수명과 동일하게 사용되고 있는 TM 등의 전장품이 노후되어 가속성능이 현저히 떨어짐을 이번 시험을 통해 알 수 있었다.

---

\* 홍용기 : 한국철도기술연구원 수석연구원, 정회원

\*\* 권성태 : 한국철도기술연구원 선임연구원, 정회원

표 1. 가속성능 시험결과(5-35km/h)

구 분	#1편성	#2 편성	도시철도차량의 가속도 기준
가속시간(s)	11.2	12.36	3.0km 1/s 이상
가속도(km/h/s)	2.68	2.45	

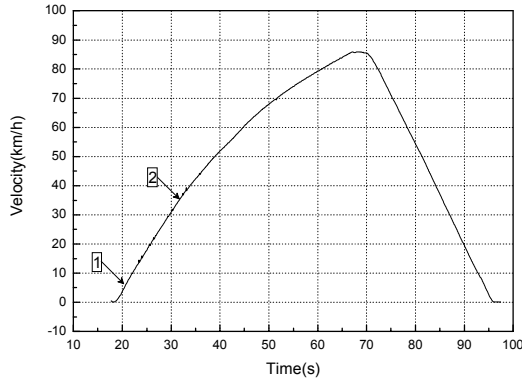


그림1. #1편성 가속도

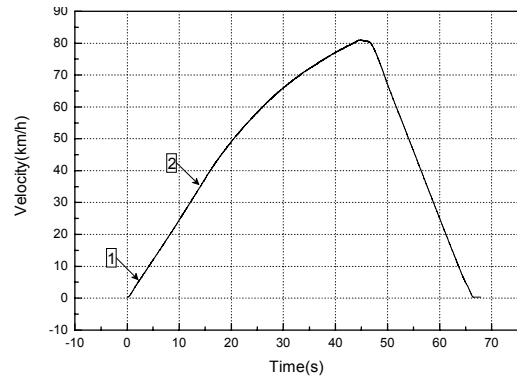


그림2. #2편성 가속도

### 3. 진동시험

차량의 주행안정성의 저하 여부를 판단하기 위하여 주행안정성 시험 방법중 대표적인 시험방법인 차량의 진동성능과 제동시 차량의 충격량의 정도를 확인하는 저크 특성을 측정하였다. 측정방법은 도시철도차량 성능시험기준에 의거하여 측정하였으며 진동가속도 센서 취부 위치는 차량의 진행 방향으로 후부 대차중심 차체에 상하, 좌우, 전후 방향의 가속도계를 설치하고 공차상태에서 측정하였다.

본 시험에 사용된 차량은 사용년수가 20년 이상 된 차량이 60 % 이상 편성되었으며, #1편성의 경우 10량중 6량, #2편성의 경우 10량 중 8량이 노후차량이었으며 사용된 시험장비는 다음과 같다.

- Data Acquisition System
- Kistler 진동가속도계 Power Supply
- Kistler 진동가속도계(2G)

도시철도차량 성능시험기준(진동시험)에 의하여 장기간 사용된 전동차를 대상으로 한 진동 및 저크특성 측정 결과는 그림 3-8과 같다.

이번 진동측정 시험구간은 실제의 영업 선로로서 10량편성 중 전부에서 2번째 차량(M car)에서 측정하였다. 진동시험 결과 노후차량과 혼합으로 편성되어 있지만 #1, #2편성 모두 좌우 및 상하 방향의 진동특성이 “양호” 구간에 들었다. 제동체결 시 전후방향의 충격력인 저크특성은 #1 편성이  $0.36m/s^3$ , #2편성이  $0.41m/s^3$ 로 일반적으로 최근에 실시되고 있는 도시철도차량에서 나타나는 경향과 유사하게 나타났다.

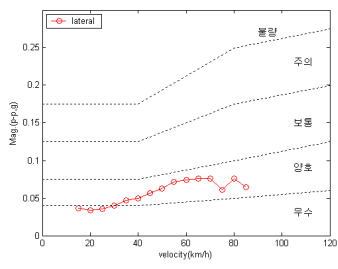


그림4. #1편성 좌우진동특성

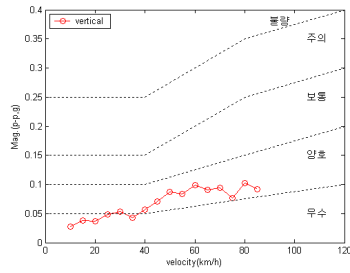


그림4. #2편성 상하진동특성

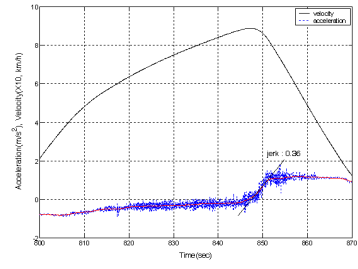


그림5. #1편성 저크특성

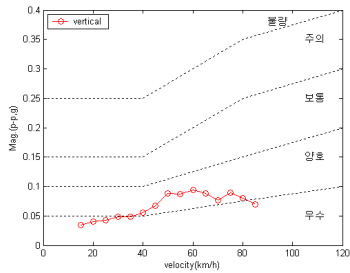


그림6. #2편성 상하진동특성

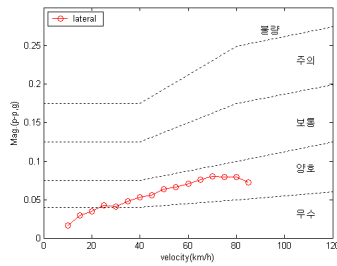


그림7. #2편성 좌우진동특성

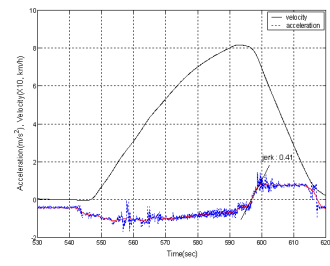


그림8. #2편성 저크특성

표 2. 속도별 진동가속도

속도(km/h)	#1 편성		#2 편성	
	좌우진동(g)	상하진동(g)	좌우진동(g)	상하진동(g)
10	-	-	0.0164	0.0280
15	0.0364	0.0348	0.0290	0.0386
20	0.0340	0.0404	0.0345	0.0366
25	0.0354	0.0430	0.043	0.0480
30	0.0400	0.0481	0.0408	0.0526
35	0.0472	0.0491	0.0475	0.0423
40	0.0492	0.0560	0.0533	0.0572
45	0.0567	0.0673	0.0558	0.0703
50	0.0624	0.0878	0.0637	0.0872
55	0.0712	0.0866	0.0661	0.0836
60	0.0740	0.0943	0.0706	0.0988
65	0.0755	0.0881	0.0761	0.0912
70	0.0758	0.0766	0.0806	0.0945
75	0.0610	0.0890	0.0798	0.0769
80	0.0756	0.0802	0.0793	0.1022
85	0.0643	0.0697	0.0721	0.0912

#### 4. 제동시험

정차시 제동장치의 작동상태를 평가하기 위하여 열차를 편성하여 상용제동, 비상제동 및 주차 제동시의 제동장치에 대한 동작검사를 실시하였다. 상용제동시의 동작상태는 충격이나 이음 발생 여부, 사용제동 체결여부 등을 검사하고 제동실린더의 압력을 측정하여 기준에 적합 여부를 평가하였다.

비상제동시에는 주간제어기 및 비상제동스위치에 의한 비상제동체결 여부를 검사하였으며, 주차제동시에는 주차제동의 원활한 체결 및 완해 여부를 검사하고 각각의 제동충기시간을 검사하였다.

#### 4.1 시험개요 및 조건

기능검사는 열차의 정차상태에서 상용제동, 비상제동 및 정차제동검사의 제동실린더 압력을 측정하여 기준치에 만족하는지를 측정하였다. 검사횟수는 적어도 3회 이상으로 하는 것을 원칙으로 하고 필요에 따라 압력을 조정하여 시험을 실시하였다.

본 시험에서의 차량 편성은 그림9와 같은 편성으로 되어 있으며 전체 10량 편성중 6량이 23년 경과된 차량으로 제동관 및 주공기통에서의 제동압력과 시간을 동시에 측정하였다.

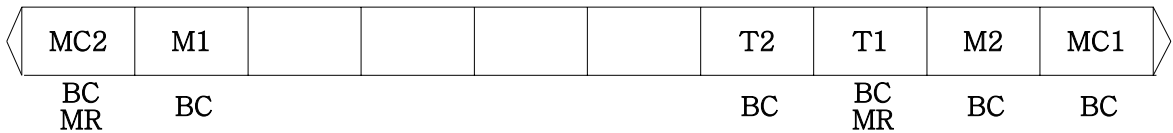


그림9. 제동시험 차량편성

#### 4.2 정차상태에서의 시험결과

정차상태에서의 제동시험 결과 제동시에는 제동 충격이나 이음이 발생하지 않았으며 원활한 제동이 체결되었다. 그림은 각각의 제동시험 조건에서 측정한 제동관의 압력 변화로 각각 3회씩 측정한 결과이다. 제동시험결과 상용제동시 측정된 압력은 3.8 kg/cm<sup>2</sup>이었고 비상제동시에는 4.9 kg/cm<sup>2</sup>로 각각의 조건에서 설계시의 제반 기준을 만족하고 있었다.

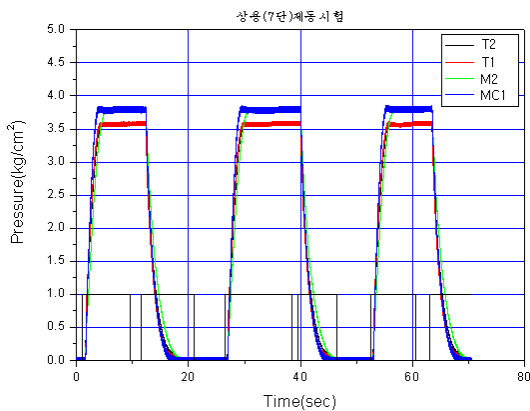


그림 10. 상용제동

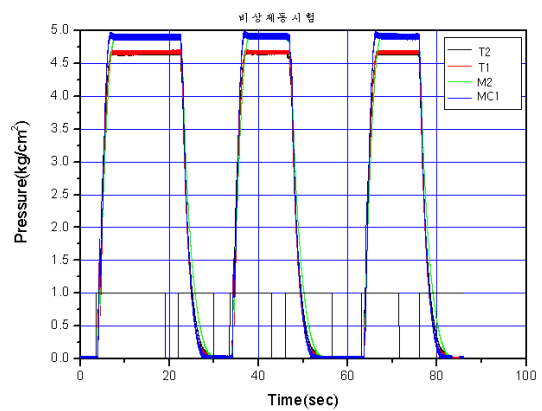


그림 11. 비상제동

### 4.3 제동공기 누설시험

공기제동장치의 주공기통 및 주공기 배관, 제동실린더에서의 공기누설여부를 검사하기 위하여 시험조건에 따라 압력을 측정하였다. 시험방법은 압력 충전 후 5분이 경과한 후에 압력강하는 0.3kg/cm<sup>2</sup> 이하이어야 하고, 제동실린더의 경우 압력 충전 후 5분이 경과한 후에 압력강하는 0.1kg/cm<sup>2</sup> 이하이어야 한다. 그림 12는 제동 공기 누설 시험결과를 나타내고 있으며 압력충기 후 제동 압력의 변화를 나타내고 있다. 제동 실린더의 경우는 6량을 측정한 결과 제동실린더의 압력강하 기준치인 0.1kg/cm<sup>2</sup> 이하이었으나 주공기통의 경우에는 공기압축기와 연결이 되어있어서 설정하한 값 이하로 도달하면 공기압축기가 가동되어 주공기통 자체의 누설 판정은 제외하였다.

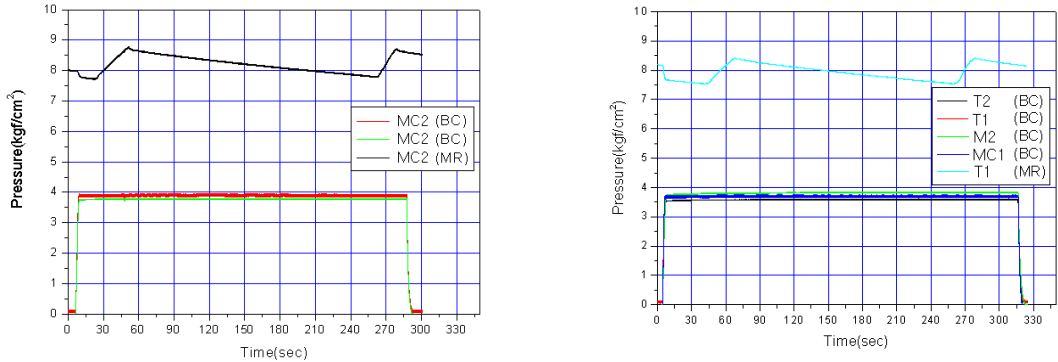
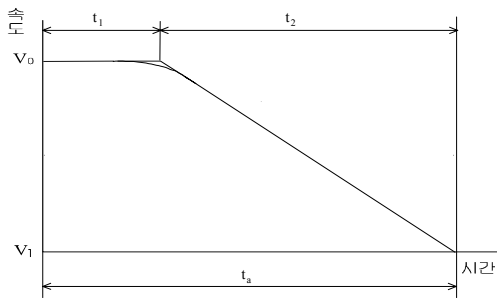


그림 12. 제동공기 누설시험결과

### 4.4 주행상태에서의 제동시험

차량의 운행 중 감속성능을 평가하기 위하여 감속도, 제동거리 및 공주시간을 측정하였다. 이러한 시험은 열차운행상태 및 본선에서 실시하여야 한다. 또한 선로조건은 평탄하고 직선 선로에서 실시, 만족하는 선로가 없으면 동일구간에서 평균치를 평가기준으로 적용하도록 되어 있으며 시험 횟수는 적어도 3회 이상으로 하고 있다..

감속도의 계산은 아래의 그림과 같이 제동시간에 따른 거리로 다음 식으로 계산하며 그림에서 공주시간은  $t_1$ 을 나타내고 제동거리는 그림에서  $t_a$  를 나타낸다. 따라서 차량의 감속도는 차량의 제작시 설계기준으로 되어 있다.



$$\beta = \frac{V_0 - V_1}{t_2} \text{ (km/h/s)}$$

여기서  $\beta$  : 감속도,

$V_0$  : 등감속도가 발생하는 시점의 속도

$V_1$  : 열차가 정지하는 시점의 속도

그림 13. 제동시간에 따른 제동거리

표 3에서 보는바와 같이 10량 1편성으로 감속도를 측정한 결과 기준치인 3.5km/h/s 보다 높은 3.7km/h/s로 나타났다. 이 시험은 주행본선의 직선 평탄구간에서 3회 실시한 값을 평균한 값을 사용하였다.

표 3. 주행 시 제동시험결과

횟수	제동초속도(km/h)	제동거리(m)	공주시간(sec)	감속도(km/h/s)	비고
1	86.2	309.3	1.1	3.4	감속도기준 3.5이상
2	89.2	312.0	1.8	3.8	
3	89.0	312.0	1.8	3.8	
평균	88.1	311.1	1.6	3.7	

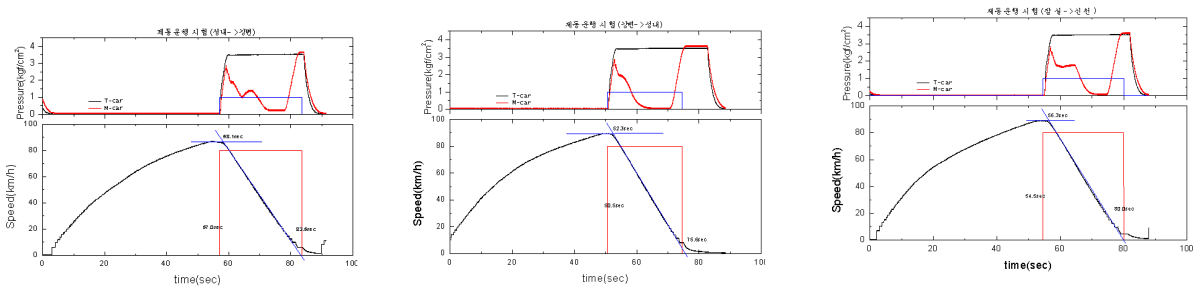


그림 14. 주행 시 제동시험결과

## 5. 결론

본 연구는 20년 이상 경과하여 사용한 도시철도차량에 대하여 성능변화 추이를 살펴보기 위하여 가속성능시험, 진동성능시험 및 제동성능시험을 실시하였다. 이 외에도 차량의 부식상태 및 차체 및 대차의 균열 등의 안전적인 측면에서도 실시하였지만 이 논문에는 포함하지 않았다. 이 3가지 시험결과만을 종합하여 보면 진동성능과 제동성능에서는 차량의 설계 기준에 비교적 크게 저하되지 않은 것으로 나타났다. 그러나 가속성능에서는 기준치인 3.0km/h/s에 미달하였다. 이는 견인전동기 등의 전장품 성능저하 원인으로 추정된다. 이상에서와 같이 노후차량이라도 일부 시험 항목에서 성능저하는 미미한 수준으로 나타났으나 차량의 부식 및 차체구조, 기타 수명 평가 등을 종합하여 차량의 계속 사용 여부를 판단함이 바람직하다.

## 참고문헌

1. 도시철도차량의 성능시험에 관한 기준, 2000, 건설교통부
2. 도시철도차량의 정밀진단지침, 2000, 건설교통부
3. "Loadings of Coach bodies and their components", UIC Code 566
4. "Testing and approval of railway vehicles from the point of view of their dynamic behaviour - safety - track fatigue - ride quality", UIC Code 518 2nd Edition
5. "철도차량의 주행안전성 평가방법", 1989, Vol. 23, pp. 198 - 204 철도기술연구소보고서