

열차 제동 성능 시험방법에 관한 연구

The Study On Testing Method For Braking Performance of The Train

**최경진¹, 양도철¹, 황성욱²

*K. J. Choi(kjchoi@krii.re.kr)¹, #D. C. Yang(dcyang@krii.re.kr)¹, S.E.Hyang² (czeous@rowin.co.kr)

¹한국철도기술연구원 시험인증안전센터, ²로윈(주)

Key words : Safety, Braking Performance, Testing, Train,

1. 서론

철도교통의 편리함과 대량수송 및 안전성(safety)에 비추어 각각인 철도차량(rolling stock)을 다량으로 편성하여 열차로 운행하게 된다. 이때 편성차량은 각각의 제동성능을 발휘하게 되지만 열차로서 목적지까지 제동성능을 유지하면서 고장이나 저하 현상이 발생하지 않아야 한다. 운영과 설계에 있어 목표를 달성하기 하여는 중요한 설계인자로서 관리하고 사용 수명(life cycle)중에 유지보수(maintenance)하는 동안 보증해야 한다. 이를 확인하기 위한 절차로서 설계, 제작, 성능시험, 유지보수, 폐기의 장기간에 걸쳐 검증이 있다.

본 연구는 철도차량의 안전을 목표로 제동성능 기술기준을 관리하고 분석함으로써 열차 제동안전이 요구하는 기술기준에 대하여 부품, 구성품, 완성차와 최종의 본선 시운전에서 운용환경 변화에 대응하는 성능시험 및 방법을 제시하고 최적화하는 방안을 연구하였다.

2. 열차제동 성능시험 및 항목

철도차량은 차량의 종류에 따라 다양한 제동장치를 갖추고 구성되어 있다. Table 1 은 제동장치의 종류와 개략적 구성품을 보여주고 있다.

Table 1 The kinds of the Brake System for Rolling Stock

Kinds of brake system	Sub system
1. Air supply system	-Piston type -Rotary type
2. Air brake system	-Air brake system -Electro direct air brake system
3. Electric brake system	-Reostatic brake system -Regenerate brake system
4. Anti-skid system	-Speed sensor
5. Basic brake system	-Brake cylinder -Brake friction lining & shoe
6. Brake I/F control system	-Locomotive, Passenger car, Electric car

최근 다양한 제동장치가 도입되어 운용되고 있으며 철도표준규격(KRS)과 철도차량 안전기준에서

기술표준을 제시하여 설계와 제작기준으로 적용되고 있지만 다양한 요구사항과 세부적 기술요구사항을 제시하는 데는 일부 한계가 있다.

철도차량의 종류에 의하여 기능과 역할이 다르므로 동력차량은 기계와 전기제동의 분담을 명확히 파악해야 하며, 단독과 열차의 차이점에 의한 제동시험의 목적이 다르기 때문에 부품에서 구성품까지 단계별 성능시험 항목을 구분하여 시행해야 한다. 동일한 기능시험은 검사항목에서 다루고 열차안전성능에 영향을 미칠 수 있는 시험항목에 집중할 필요가 있다. Table 2 는 시험단계별 시험항목을 나타내고 있다.

Table 2 Testing item on the braking performance

Test of step		Testing Item
Parts	Brake cylinder	Air system(pressure, leakage) Slack adjusting(gap) Environment(Temp & Vib etc.)
	Brake Pad	Material, Friction & Wear etc.
Component	Brake equipment	Air system, BCU,
Complete	Function and operation test -Braking	Air pressure, Braking time & force(E & M distribution) Pre train condition
Running	Braking	Braking time & distance Interface & Intigration (Train, Car and Car)

Table 2는 현행 철도안전법과 도시철도법에서 정한 것으로 최소의 안전기준을 준수하기 위하여 노력하고 있지만, 최종목표는 열차의 안전한 운영을 위한 제동시스템의 역할과 기능에서 충분한 성능시험의 인증을 유지하고 있는지를 면밀히 검토할 필요가 있다. 선행적인 것은 제작자가 설계에 의한 1차로 자체 검증의 절차와 단계별로 충분한 검증(validation)을 실시하고 있는지 제시되어야 할 것으로 판단된다. 부품의 사용수명에서부터 다양한 운용조건 및 환경조건에 실 사용시간(Time)과 실 주행거리(km)을 고려하여 부품과 구성품의 보수주기를 최적화하는 방안을 제고할 필요가 있다.

일반적으로 설계 사용수명과 실제 사용수명은 다른 결과를 나타내는 경우가 많으며 그 차이를 통계적으로 비교 분석하고, 실제 시간과 거리의 이력을 비례하여 설계 표준 값에서 연장하거나 단축할 수 있도록 보정계수를 도입하여 부품과 완성차량의 성능기준을 관리하거나 이후의 설계 파라미터에 반영되도록 하는 전주기 관리가 타당하다고 생각된다.

3. 제동성능 시험방법

제동 성능시험은 크게 나누면 속도조건과 하중 조건, 환경조건으로 구분할 수가 있다. 속도는 정차 조건과 최고속도, 상용속도, 역속제동으로 구분되어지며, 하중은 빈차(W_min)와 만차(W_max), 영업하중(W_biz)이 있다. 환경은 건조와 습윤 시, 진동, 온도시험로 구분되며 실차모의실험이 어렵기 때문에 신중하게 기준을 정하여 실시할 필요가 있다. 운행환경 변화가 없는 경우(λ_1)와 많은 경우(λ_2)로 구분하여 사용수명 보정 값을 구하는 식은 다음과 같이 할 수 있다.

$$L_s = L_{(D,M)}(1 + \lambda_1 + \lambda_2) \quad (1)$$

- L_s : 사용수명 보정 값
- L_L : 설계수명(L_M 제작사양)
- λ_1 : 운행거리 및 시간 보정계수
- λ_2 : 운용환경 변화 보정계수

운행환경 변화가 없는 경우는 표준 값 차이를 백분율로 계산하여 간단하게 Table 3 과 같이 보정하도록 제시하고, 환경변화가 과다한 경우는 하중 조건(사람, 화물, 변형), 유지보수(방청, 캠버상태), 운전조건(속도, 노선, 전식), 자연환경(온도, 습도, 부식)에 대하여 설계조건보다 유불리를 판단하여 증감비율을 Table 4 와 같이 제시하였다.

Table 3 Ratio η_1 of correlation in the static operation

Parameters(\pm 5% above)		η_1
Ratio of Dist.(D)	Ratio of Time(T)	
$\frac{D_s - D_s}{D_s}$	$\frac{T_s - T_s}{T_s}$	$D+T$

철도차량에서 제동시스템과 부품, 구성품들이 일정 기간을 경과한 상태의 수명을 파악하기 위하여 부품(제동 실린더, 공기탱크 및 전기용품들)의

피로상태를 실물로 평가해야 하지만 이는 훼손을 의미하므로 실행이 어렵다. 따라서 외관의 심한 영구변형을 판단하거나 부식과 균열등을 검사를 통하여 판단하는 근거가 필요하며 제작 당시의 부품 수명 예측과 실험적 데이터를 지속적으로 DB로 저장해야 한다.

Table 4 Ratio η_2 of correlation in severe environment

Condition Division	Parameters(\pm 5% above)		η_2
	Decrease(-)	Increase(+)	
Loaded(a_1)	$-0.3 \leq$ (Below)	$0.3 \geq$ (Over)	$\sum_{a_1}^{a_4}$
Maintenance(a_2)	$-0.1 \leq$ (Good)	$0.1 \geq$ (Bad)	
Operation(a_3)	$-0.1 \leq$ (Good)	$0.1 \geq$ (Bad)	
Nature Envi.(a_4)	$-0.1 \leq$ (Good)	$0.1 \geq$ (Bad)	

현재의 성능시험 방법은 상태중심의 현상을 나타내는 것으로 만족하고 있으며 초기 설계 및 제작 사양의 목표를 만족하는지를 확인하므로 개선에 대한 문제는 운영기관이 사용 후의 환경에서 검사를 통하여 상태와 수준을 분석하고 있다.

4. 결론

열차제동에 대한 성능시험과 방법에 대하여 다양한 조건의 수용은 현실적 어려움이 있으며 독점 기업의 설계기술까지를 안전기준으로 도입은 제약이 있다. 다만, 열차제동의 요구사항인 안전항목을 검토하고 설계기술기준을 제시하는 것은 기술 사양관리의 목표가 되어야 한다.

본 연구는 제동부품 기술사양과 열차제동으로 나타나는 안전기준 적용 방안을 제시하고, 성능시험방법을 운행환경 변화에 대한 환경인자를 고려한 수명설계 안전기준을 적용하는 방안을 제안하고자 하였다.

후기

본 연구는 한국철도기술연구원의 자체연구사업의 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

1. 철도차량안전기준에관한규칙(2010.9.3 부령 제280호), 국토해양부
2. UIC544-1. "Brake Power," 2003
3. JIS E 6004, Electric rolling stock-General rules for performance tests, 1992