

한국형 고속전철용 개발대차의 주행시험대에서 주행성능평가

The Running Test of the Developed Bogie on the Roller Rig for Korean High Speed Train

정 훈** 김 진태***
Hoon Jung, Jin-Tae Kim

Key Words : Roller Rig, Running Stability

ABSTRACT

This Research is to test the running stability of the developed bogie with 350km/h of which conventional speed is faster than Korea TGV 300Km/h. The running stability test has been executed in status of a car with the developed bogie on the roller rigger to adjust similar to the actual condition. And the test has been done in the two rail conditions, i.e. excitation and non-excitation, respectively. Running speed of bogie increased by the roller step by step. In consequence, the developed bogie in the non-excitation has run without any unstable point for 400km/h. Vibration characteristics of carbody also was within the value specified on the UIC 518.

1. 서론

산업 발달과 세계 무역환경의 급속한 변화로 인적, 물적자원의 원활하고 신속한 수송이 요구되고 있는 실정으로 교통의 혼잡이나 기후 변화에 민감하지 않는 철도를 이용한 고속운송이 수송요구 조건에 가장 적합하다고 할 수 있다. 이미 프랑스, 독일, 일본 등 선진 각국에서는 고속전철이 일반화되어 있으며, 우리나라도 서울-부산 구간을 2시간대로 단축시키는 경부고속전철 사업을 진행하고 있다.

한편, 현재까지 고속전철의 일반적인 상용화 속도는 300km/h 이며, 이 보다 더 빠른 고속전철 개발을 위해 전세계적으로 많은 연구가 진행되고 있는 실정이다. 이에 본 연구는 세계적인 추세에 맞추어 상용속도 350km/h 인 한국형 고속전철 대차를 개발하기에 이르렀으며, 그 개발대차는 먼저 철도차량 동특성 해석 프로그램인 VAMPIRE로 주행성능을 시뮬레이션을 하였고 이를 입증하고자 Roller Rig 시험대에서 주행안정성을 시험 평가하였다.

2. 주행성능시험

한국형 고속전철용 개발대차의 주행안정성 평가는 중국의 철도 과학 연구원(China Academy of Railway Sciences)에 의뢰하여 실시 하였다. 실

제 대차의 운행조건을 만족시키기 위하여 차량 조건, 레일 불규칙상태, 하중 조건등을 모두 고려하여 시험을 실시하였다

2.1 시험대차의 제원

개발대차는 볼스터레스 타입의 대차로서 H 형 구조의 대차프레임에 현가시스템으로서 Link Arm 방식의 1 차 현가 장치와 공기스프링 및 사행동 방지를 위한 요 댐퍼의 2 차 현가장치로 구성되어 최고 운행속도를 350Km/h 로 설계되었다. 상세한 내용은 표 1 에서 볼 수 있다

표 1 시험대차 제원

구분	제원	구분	제원
대차 타입	Bolsterless Bogie	궤간	1435mm
1 차 현가	이중 코일스프링 + 링크암 + 수직댐퍼	차축간 거리	3000mm
2 차 현가	공기스프링 + 수직댐퍼 + 횡댐퍼 + 요댐퍼	차륜 직경 (신조/마모)	920 /850mm
차축 베어링	복렬 테이퍼 롤러 베어링	차륜 형상	1/40 (NF F 01112)
대차 프레임	사이드 프레임 + 중앙 크로스 빔	공기스프링간 거리	2080mm
대차/차체 연결	관절 핀	최고 운행 속도	350 Km/h
제동 장치	차륜 디스크 제동	최고 설계 속도	385 Km/h

* ㈜로템 중앙연구소 주행장치개발팀
 E-mail : hjeong@rotem.co.kr
 Tel : (031) 460-1547, Fax : (031) 460-1540

** (주)로템 중앙연구소 주행장치 개발팀



그림 1 개발 대차

2.2 시험 장비

일반적인 Roller Rig 시험장비는 대차 1세트에 한하여 주행성능 시험을 하는 것이 보편적으로 이는 완전한 차량상태의 주행성능을 확인할 수 없는 단점이 있다. 그러나, 본 주행성능 평가를 위한 Roller Rig 시험장비는 차량상태에서 최고 400Km/h까지 주행 가능하도록 되어 있다. 표2에서 시험장비의 상세한 내용을 나타내었고, 그림 2는 시험장비의 개략도이다.

표2. 시험장비 제원

구 분	제 원	구 분	제 원
최고속도	400 Km/h	총 중량	253 ton
축 중	≤ 25 Ton	레일 불규칙도	0 ~ 30 Hz, ± 10mm, 5g
총 길이	30 m	Gauge	1435 ~ 1676 mm

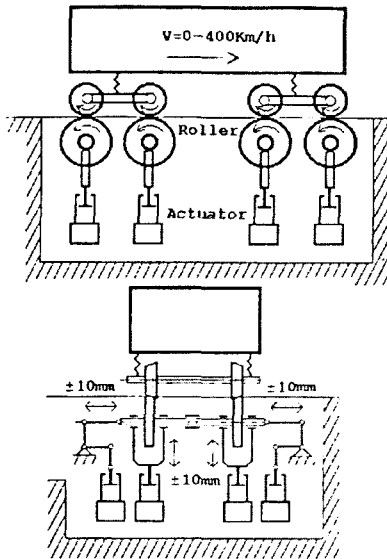


그림 2 시험 장비

2.3 시험차량 구성 및 하중조건

시험 차량의 구성은 그림3에서 보는 바와 같이 Dummy 차체에 전위에 개발대차와후위의 dummy 대차로 Dummy 차체를 지지하도록 구성하여 차량상태로 시험을 실시하였으며, 대차의 하중조건은 차량의 공차/만차 조건을 만족시키기 위하여 차체 바닥에 모래주머니를 적재하였다. 상세 하중 조건은 표 3에 나타내었다.

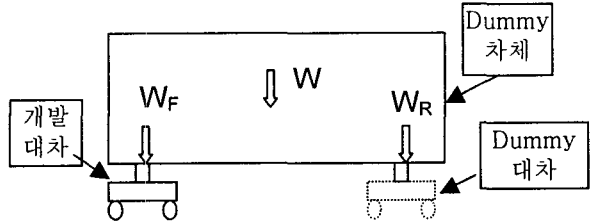


그림 3 시험 차량 구성

표 3. 하중조건

구 분	개발 대차 (W_F)	Dummy 대차 (W_R)
공차 W_0 (Kg)	24,067	20,832
만차 W_2 (Kg)	25,000	20,832

2.4 시험 방법 및 측정부위

시험방법은 표 4와 같이 하중의 변동과 레일 불규칙도(rail irregularity)의 가진 유무 및 대차의 요 댐퍼 유무에 대한 조합으로 총 8가지의 경우로 시험을 실시하였다.

레일 불규칙도는 개발대차의 동특성 해석에 사용되었던 VAMPIRE 270KPH의 레일 형상 불규칙도를 적용하였다.

각 시험 경우에서의 속도 증가 방법은 0 ~ 200 Km/h구간에서는 50km/h씩, 200 ~ 300 km/h는 20km/h씩, 300 ~ 385km/h에서는 10km/h씩 단계별로 속도를 증가시켰고, 각 속도 단계마다 대차가 충분히 그 속도를 유지하면서 주행하도록 몇 분 동안 속도를 유지시킨 상태에서 측정 센서를 통하여 데이터를 저장하여 대차의 주행안정성 여부를 확인하였다

한편, 표4에서의 Case 1과 Case 5는 시험장비의 속도 능력 한계로 인하여 385km/h에서 400km/h까지 속도증가 시킨 후 주행 유지 없이 바로 감속하여 정지하도록 하였다.

표 4 시험방법 및 시험 속도

경우	하중가진요덤퍼					속도 단계(Km/h)			
	W0	W2	유무	취부	탈거	200	300	385	400
1		●		●	●	50	20	10	15
2		●	●		●	50	20	10	
3		●		●		50			
4		●	●		●	50			
5	●			●	●	50	20	10	15
6	●		●		●	50	20	10	
7	●			●		50			
8	●		●		●	50			

개발대차의 주행안정성(임계속도 및 진동특성)을 측정하기 위하여 축상, 프레임과 차체에 변위 센서 13 개소 및 가속도 센서 6 개소를 설치하였다. 측정항목과 센서의 취부상태를 그림 4 에서 간략하게 볼 수 있다.

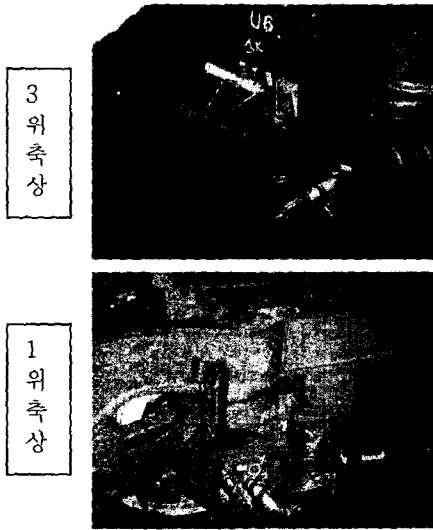


그림 4. 측정용 센서 취부상태

2.5 주행안정성 시험 결과

(1) 임계속도

대차의 임계속도는 레일불규칙도 보다 레일, 차륜 단면 형상 및 현가장치의 특성에 민감하기 때문에 정상상태의 CASE 1, CASE 5와 요덤퍼 파손상태인 CASE 3, CASE7과 같이 외란이 없는 직선 선로에서 대차의 속도를 증가시켜 대차의 자러사행동 현상이 발생하는 속도를 판단하여 임계

속도를 확인하였다.

아래의 표 6 에서 보는 바와 같이 임계속도의 시험결과는 정상상태에서는 설계 기준속도인 385Km/h 를 초과한 400Km/h 에서도 사행동 현상이 없었으며, 매우 안정적으로 주행함을 확인하였다. 또한, 요 덤퍼가 파손이 되었을 경우는 190Km/h 정도에서 사행동이 발생되어 이를 감속하여 150Km/h 에서 차량이 안정화됨을 알 수 있었다. 이는 요 덤퍼 특성이 대차의 속도 200 Km/h 를 초과하는데 필수 요건임을 입증하고 있다

표 6 임계속도 시험 결과

구 분		시험속도 (Km/h)	평 가	비 고
정상 상태	공차 (CASE 5)	400	사행동 없음	
	만차 (CASE 1)	400	사행동 없음	
요덤퍼 파손	공차 (CASE 7)	190	사행동 (190 Km/h)	감속 후 안정된 속도 150 Km/h 임
	만차 (CASE 3)	200	사행동 (190 Km/h)	

(2) 진동특성

진동특성은 레일의 조건이나 차량의 하중조건, 현가장치 이상유무에 영향이 있기 때문에 정상상태 CASE 6, CASE 2 와 현가장치 이상 유무인 요 덤퍼 파손의 경우 CASE 8, CASE 4 에서 진동의 특성을 확인하였다. 표 7 은 각 시험방법에 대한 속도별 차체 진동 특성 결과를 나타내었으며, 각 시험방법에 대한 차체의 수직 및 좌우의 진동가속도가 최고 0.8m/s² 및 0.55 m/s² 로서 모두 UIC 518 의 0.1g(0.98 m/s², Weighted)이내임을 알 수가 있다. 그림 5 와 6 은 정상상태 CASE2 의 수직 및 좌우 진동가속도를 나타내었다.

표 7 속도별 차체 진동 특성

				속도 (Km/h)			
				150	200	300	350
정상 상태	공차 (6)	차체	수직	0.55	0.5	0.7	0.75
			좌우	0.28	0.35	0.55	0.42

구 분				속도 (Km/h)			
				150	200	300	350
정상상태	만차 (2)	차체	수직	0.45	0.55	0.8	0.7
			좌우	0.25	0.45	0.55	0.55
요댐퍼파손	공차 (8)	차체	수직	0.4	0.4	-	-
			좌우	0.4	0.4	-	-
	만차 (4)	차체	수직	0.5	0.6	-	-
			좌우	0.45	0.4	-	-

3. 결 론

한국형 고속전철용 개발대차의 주행안정성 평가는 실제 차량 운행조건과 동일하도록 차량상태에서 차량하중 변화에 따른 요댐퍼 유무 및 외란여부 (rail irregularity, VAMPIRE 270KPH)를 적용하여 개발대차의 임계속도 및 차체의 진동 특성을 확인하였다. 개발대차의 임계속도는 직선선로 상에서 VAMPIRE 에 의한 시뮬레이션에서 확인한 바와 같이 400Km/h 이상임을 확인하였고, 레일의 불규칙상태를 적용한 차체의 진동특성은 CASE 2 에서 수직 진동가속도 최대 $0.8m/s^2$, 좌우 진동가속도 최대 $0.55m/s^2$ 로서 모두 UIC518 에 명기된 $0.1g(0.98m/s^2)$ 을 만족함을 확인하였다. 또한, 개발대차는 속도 200Km/h 이상에서 요댐퍼의 필요성을 재 확인하였고, 운행시 요댐퍼의 파손에 의한 주행 불안정에 대한 대책이 마련되어야 한다.

참 고 문 헌

- (1) UIC 518 OR – Testing and Approval of the railway vehicles from the point of view of their dynamic behavior-Safety-Track-Ride quality
- (2) UIC 513 R – Guidelines for elevating passenger comfort in relation to vibration in railway vehicle
- (3) ISO 2631-1/1985 – Mechanical vibration and shock evaluation of human exposure

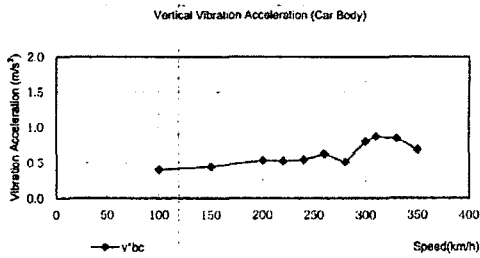


그림 5. 차체 수직 진동 가속도(CASE 2)

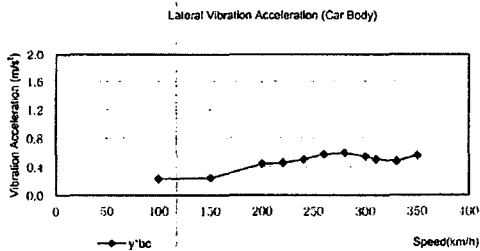


그림 6. 차체 좌우 진동 가속도(CASE 2)