Ramp장치를 이용한 철도차량 거동모드 주파수에 관한 연구

A Study for behavior mode frequency of railway vehicle using ramp device

양희주† 우관제* 성재호*

Yang, Hee-Joo Woo, Kwan-Je Seong, Jae-Ho

ABSTRACT

The railway vehicle is a multi-body system running on the track which consists of carbody, bogie and wheelset, each of components is connected with rigid mass, spring and damper. each of components has translation motions of longitudinal (X axis), lateral(Y axis) and vertical(Z axis) direction, and rotation motions of X, Y, Z axis which are named Rolling, Pitching and Yawing. The vibration mode of railway vehicle is difficult to find the characteristics of motion during the operation on the track because these happen to independence or duplication motion caused by vehicle, wheel/rail and track irregularity etc.

This paper presents the result of ramp test to show the bounce, roll, pitch and yaw mode frequency of the railway vehicle.

1. 서론

철도차량은 차체와 대차와 차축으로 구성되어 선로 위을 주행하는 다물체 시스템으로서, 각각의 구성품들은 강체와 스프링과 댐퍼로 연결되어 있다. 각각의 구성인자들은 전후, 좌우, 상하방향의 병진운동과 각 축에 대한 회전운동을 가지고 있으며, 전후 축 주위의 회전을 롤링(Rolling), 좌우 축 주위의 회전을 피칭(Pitching), 상하 축 주위의 회전을 요잉(Yawing)이라고 한다. 철도차량의 거동을 그림 1에 나타내었다. 철도 차량이 주행 중 나타나는 진동은 차량, 차륜/레일, 궤도불규칙도등 각종 요인의 단독 또는 중복으로 일어나기 때문에 각각의 운동 성분을 분석하기가 힘들다.

본 논문은 차량의 상하방향 Bounce 모드와 Roll, Pitch , Yaw 모드 주파수를 알아보기 위해 ramp를 이용하여 수행된 Ramp test 결과를 기술하였다.

† 책임저자 : 현대 로템(주) 기술연구소, 응용기술연구팀, 책임연구원, 비회원
E-mail : yanghj@hyundai-rotem.co.kr
TEL : (031)596-9497 FAX : (031)596-9747
* 현대 로템(주) 기술연구소, 응용기술연구팀, 수석연구원, 정회원
* 현대 로템(주) 기술연구소, 응용기술연구팀, 주임연구원, 비회원

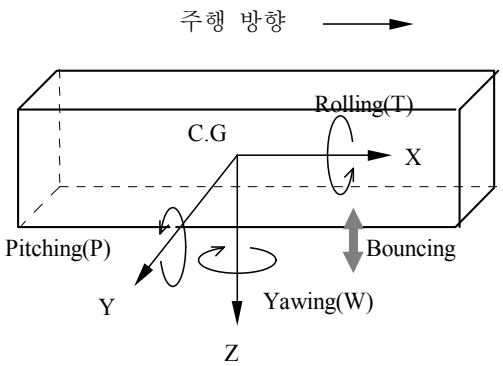


그림 1. 철도차량의 거동

2. Ramp 형상

Ramp test 에 적용된 형상은 그림2와 같으며, 다음과 같은 특징을 가진다.

- Ramp는 레일에 단단히 고정되어야 하며, 차량이 다른 Ramp test를 위해 이동할 수 있도록 레일로부터 제거할 수 있어야 한다. 또한 취부용 볼트를 이용하여 길이방향으로 Ramp를 조정할 수 있어야 한다.
- Ramp 상면까지의 기울기는 4%를 넘지 않아야 한다.
- Ramp 상면은 차량이 정지하거나 서서히 앞으로 움직일수 있도록 평탄해야하며 길이는 200mm로 한다.
- Ramp폭은 차량이동 시 차륜 플랜지와의 간섭이 발생되지 않아야 한다.
- 차량이 Ramp로부터 떨어지기 전에 대차와 차체의 움직임이 없어야 한다.
- Ramp의 높이는 15mm로 한다.

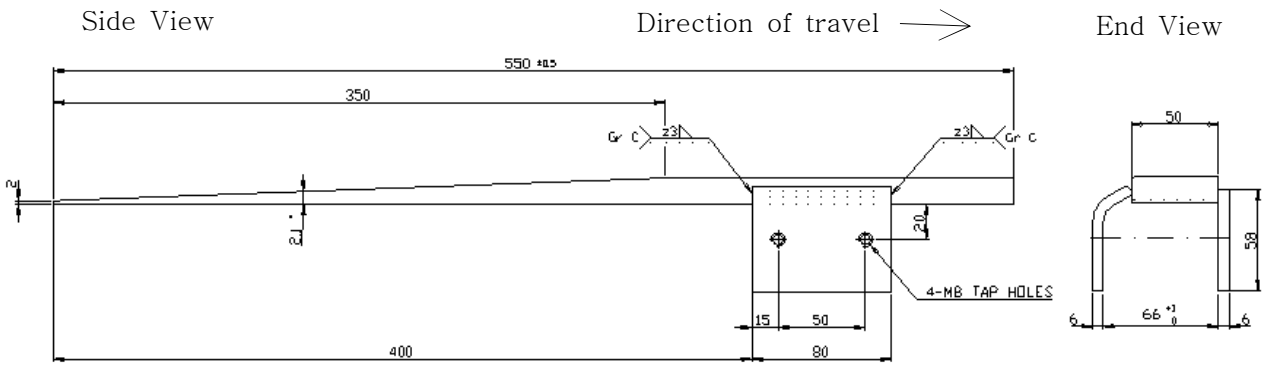


그림 2. Ramp 형상

3. 시험 절차 및 조건

3.1. 시험 조건

본 시험은 공차상태로 실시하였다.

3.2. 시험 장비

- Imc Cronos PL & Cansas system : Data acquisition device
- Notebook
- BNC 연결용 케이블
- 가속도계

3.3. 측정 위치

차량의 진동모드를 측정하기위한 가속도계 설치위치를 표 1과 그림 3에 나타내었다.

표 1. 가속도계 측정위치

Car type	Label	Location	Direction	Range
MC1	Xcb1	Above bogie center, end 1	Longitudinal	+/- 2 g
	Ycb1	Above bogie center, end 1	Lateral	+/- 2 g
	ZcbA1	A side solebar, end 1	Vertical	+/- 2 g
	ZcbB1	B side solebar, end 1	Vertical	+/- 2 g
	Xcb2	Above bogie center, end 2	Longitudinal	+/- 2 g
	Ycb2	Above bogie center, end 2	Lateral	+/- 2 g
	ZcbA2	A side solebar, end 2	Vertical	+/- 2 g
	ZcbB2	B side solebar, end 2	Vertical	+/- 2 g

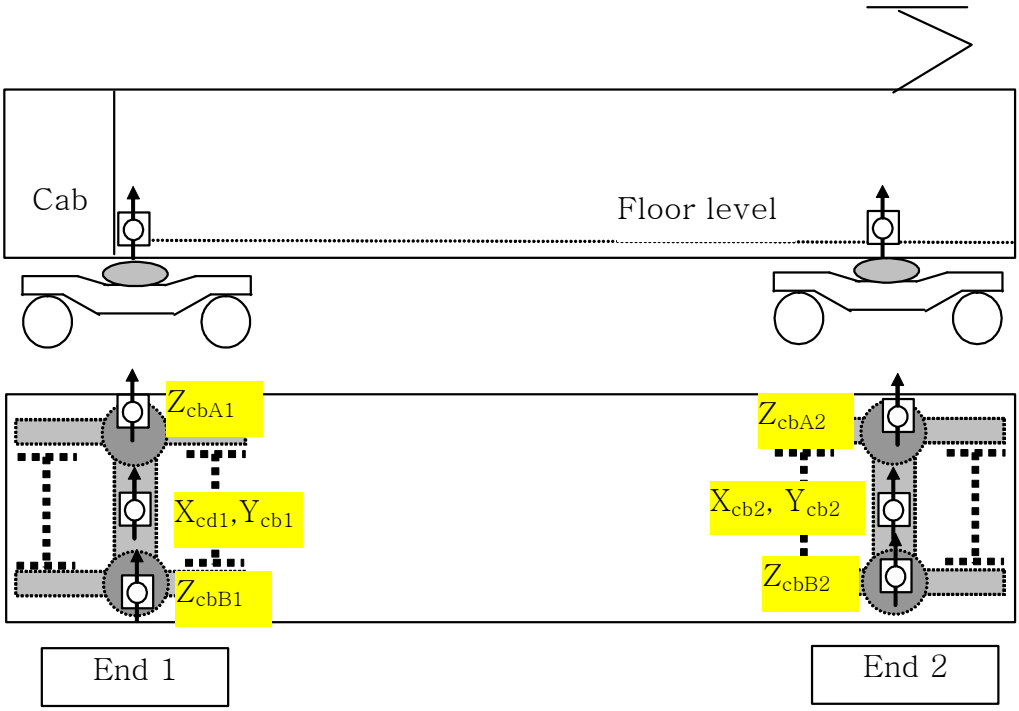


그림 3. 가속도계 설치 위치

3.4. 시험 시나리오

차체 mode 주파수를 측정하기위해 Ramp장치를 이용한 4가지 시험을 수행하였으며 시험 시나리오는 아래와 같다.

Test 1

- 차체의 Bounce모드를 알아보기 위해 두 대차의 8개 차륜 아래에 Ramp를 설치한 후 차륜이 Ramp에서 떨어지도록 한다.

Test 2

- 보기 Pitching motion 에 의한 차체의 Bounce 및 Pitch모드를 알아보기 위해 두 대차의 끝단에 있는 4개 차륜 아래에 Ramp를 설치한 후 차륜이 Ramp에서 떨어지도록 한다.

Test 3

- 차체의 torsion모드를 알아보기 위해 대차 한측당 2개의 차륜 아래에 Ramp를 설치한 후 차륜이 Ramp에서 떨어지도록 한다.

Test 4

- Test 3과 방식은 같으나 Ramp의 위치를 반대편에 설치한다.

3.5. 시험 방법

- 각 시험 항목별 Ramp설치 위치는 그림 4와 같으며, 시험 차량과 Ramp 설치 형상은 그림 5~6과 같다.
- 차량을 이동시켜 Ramp 위에 정지한다.
- Ramp을 올라타는 동안 발생된 차량의 진동이 없어진 후에 차량을 이동시켜 Ramp 에서 차륜이 떨어지도록 한다.
- Ramp 에서 떨어진 후 감쇠 성능을 파악 할 동안 제동을 잡지 않아야 한다.

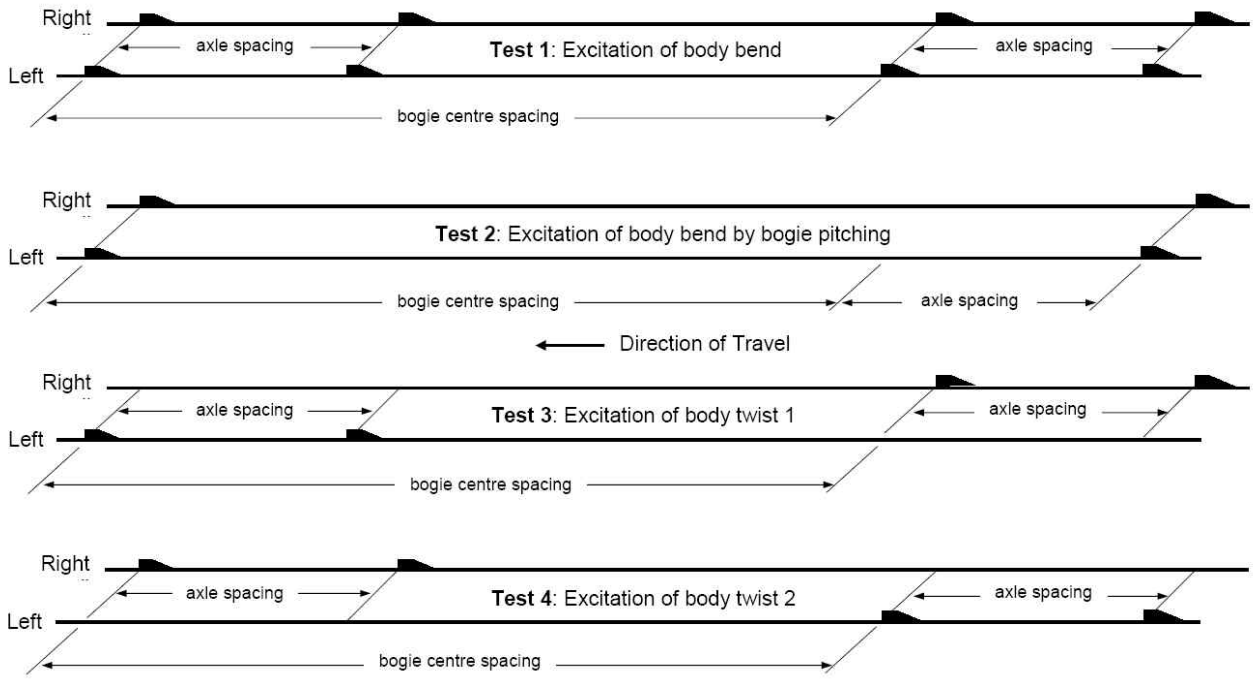


그림 4. Ramp 설치 위치

그림 5. 시험 차량

6. Ramp 설치 형상

4. 시험 결과

차량을 Ramp에서 떨어뜨린 후 차체에서 측정된 좌우방향과 상하방향 가속도신호를 조합하여 차량의 Bounce, Roll, Pitch, Yaw 가속도를 계산하였으며, 이 가속도들의 주파수 분석을 통해 각 모드의 주파수를 구하였다.

Bounce와 Pitch 모드는 차륜 양측에 설치된 Ramp에서 차량을 떨어뜨렸을 때 발생된 상하방향 가속도를 이용하여 구하였다. Roll고 Yaw 모드는 대차 한측당 2개의 차륜에 설치된 Ramp에서 차량을 떨어뜨렸을 때 발생된 상하방향과 좌우방향 가속도를 이용하여 구하였다.

시험 시나리오별로 수행된 가속도 신호와 주파수 분석 결과를 그림 7에 나타내었으며, 각 모드의 주파수는 아래와 같이 분석되었다.

- Bounce : 1.8Hz,
- Pitch : 1.8Hz
- Roll : 2.5Hz
- Yaw : 1.0Hz

5. 결론

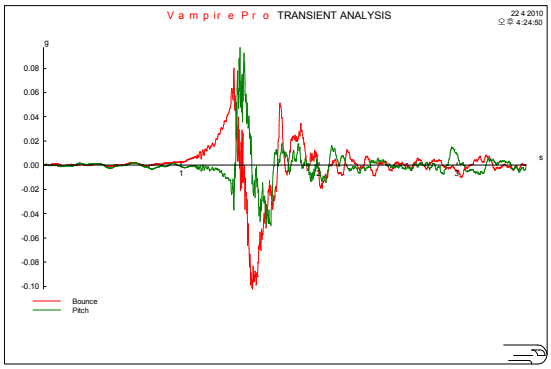
차체의 거동모드 주파수를 알아보기 위해 Ramp장치를 이용하여 시험 시나리오별로 수행하였다. 차체에서 측정된 좌우방향과 상하방향 가속도신호를 조합하여 차량의 Bounce, Roll, Pitch, Yaw 가속도를 계산하였으며, 이 가속도들의 주파수 분석을 통해 각 모드의 주파수를 구하였다.

시험 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

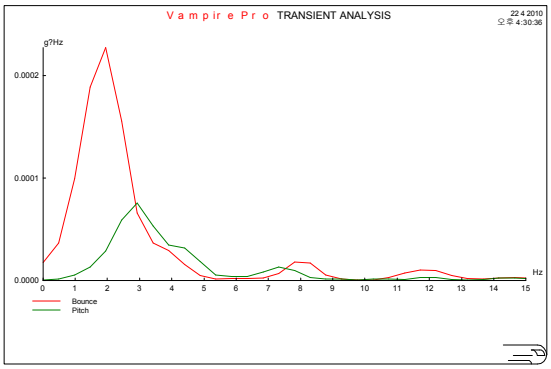
- 차체 Bounce와 Pitching 모드는 각각의 차륜에 설치된 Ramp에서 차량을 떨어뜨렸을 때 정확한 모드가 파악되었음을 알 수 있었다.
- 두 대차의 끝단에 있는 차륜에 설치된 Ramp에서 차량을 떨어뜨림으로서 대차 Pitching motion 에 의한 차체의 Bounce 및 Pitch모드를 알아보았으며, 대차 Pitching motion이 차체에 전달되었음을 알 수 있었다.
- 차체 Roll과 Yaw 모드는 대차 한측당 2개의 차륜에 설치된 ramp에서 차량을 떨어뜨림으로서 파악되었으며, 대차 Rolling motion이 차체 Roll모드에 영향을 미쳤음을 알 수 있었다.
- Ramp를 차륜 한측 모두에 설치하여 시험하면 보다 정확한 차체 Roll 모드가 구해지리라 판단된다.

6. 참고자료

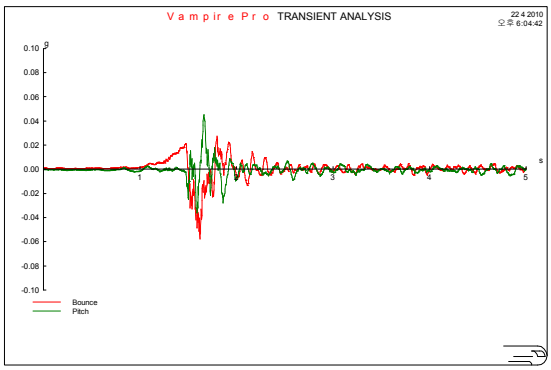
1. Simon Iwnicki, "Handbook of Railway Vehicle Dynamics"
2. DeltaRail, "Introduction to Railway Vehicle Dynamics"
3. H.J Yang, "Test Report of Ramp -REDD102934"



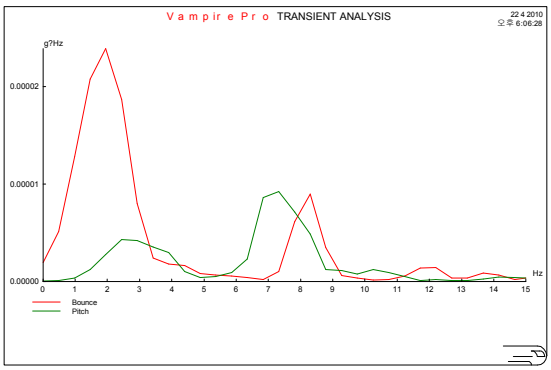
Test 1 - time history plot



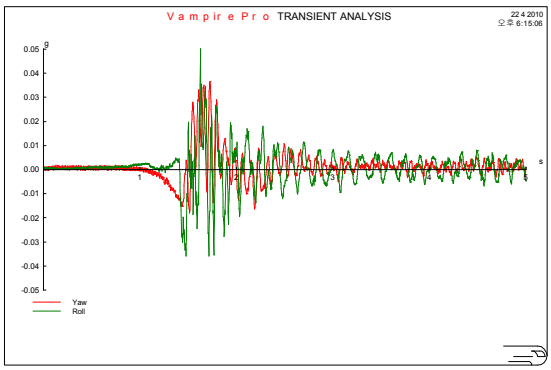
Test 1 - PSD plot (Bounce and Pitch)



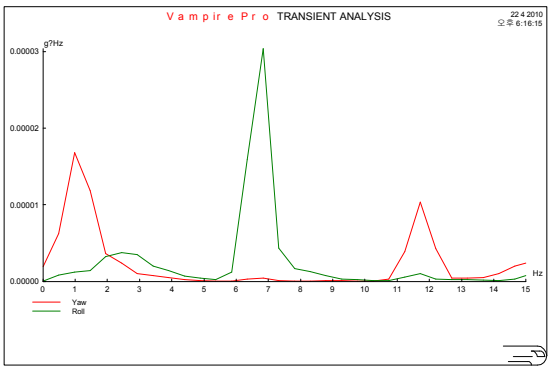
Test 2 - time history plot



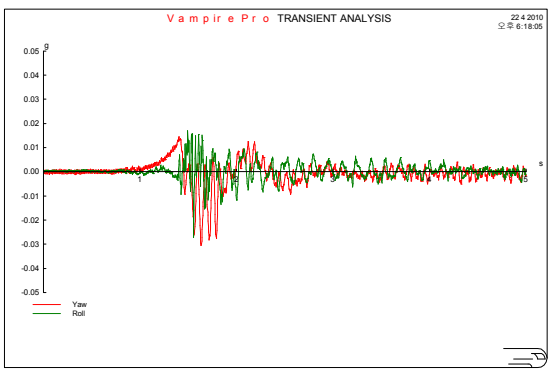
Test 2 - PSD plot (Bounce and Pitch)



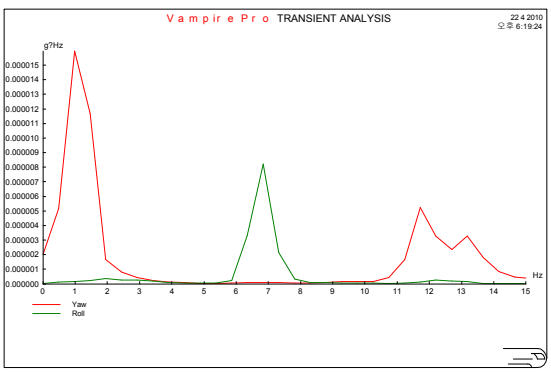
Test 3 - time history plot



Test 3 - PSD plot (Yaw and Roll)



Test 4 - time history plot



Test 4 - PSD plot (Yaw and Roll)

그림 7. 가속도 신호와 주파수 분석