

# 컨테이너 화차의 주행안정성 평가에 관한 실험적 연구 The Experimental Study on the Estimation of Running Stability for Container Carrier Car

함영삼\* · 홍재성\*\*

Young-Sam Ham, Jai-Sung Hong

Key Words : Running Stability(주행안정성), Vibration Characteristic(진동특성)

## ABSTRACT

A domestic's freight stock is about 14,000 cars. Most of them is consisted of casting bogie type. Casting bogie type has some problems such as maintenance, part abrasion, running safety etc. Now a day casting bogie type have replaced with welded type bogie for high speed. The maximum speed of the container freight car is 70km/h limit at empty weight condition in case of casting type bogie frame. So there are some difficulty in commercial service for high speed coaches. Then we should re-decide whether the casting bogie type has speed up 90km/h limit at empty weight through out the vibration characteristic.

## 1. 서 론

국내의 화차 보유량은 14,000여대로 다른 차종에 비해 많은 량을 보유하고 있으나 주강대차 주행장치의 경우 마모부가 많은 구조로 이것의 저감과 속도향상을 위하여 습동부가 적은 용접구조형 고속화차로 개조되어 가는 추세에 있으나, 모든 차량을 단시간에 교체하기에는 많은 예산을 필요로 하고 있고 일부 다른 차종에서는 내구성과 강도상의 문제점이 발생하고 있다.

기존의 주강대차는 강도상 안전성이 확인된 구조이나 각 부품이 마모가 많이 발생되어 보수주기 단축, 주행성능 저하 등 문제점이 발생하므로 마모 발생 메커니즘을 일부 변경하거나 개선하여 부품의 수명연장과 예산절감을 이룩하도록 적용하는 방법이 필요하게 되었다.

철도청은 1990년에 컨테이너화차의 운행속도를 70km/h에서 90km/h로 향상시킨 이후 National C-1 대차와 Barber 대차가 공차편성 후부차량에서 차륜부상으로 인하여 탈선하는 사고가 발생하여, 1994년 이후 고속화차를 제외한 공차의 운행속도를 70km/h로 제한하고 있다.

화물을 적재하지 않은 차량의 속도가 70km/h로 제한됨에 따라 운송효율이 떨어지고 물류비 증가의 요인으로 작용하고 있는 현 시점에서 주강대차 공차의 속도향상방안 연구는 반드시 필요하다고 할 것이다.

철도차량의 주행안전성을 저해하는 중요한 요인은 탈선이다. 철도에 있어서 탈선은 대형사고로 직결되기 때문에 결코 쉽게 간과할 수 없는 부분이며, 철도가 다른 교통수단에 비해 상대적인 장점으로 내세울 수 있는 안전성을 확보하기 위하여 반드시 차륜과 레일 사이에서 발생하는 상호 작용력을 측정하여 탈선계수를 평가하고 주행안전성을 확인하여야 한다.

본 논문에서는 컨테이너화차 760815호의 차체와 대차에 대한 상하 및 좌우방향의 진동가속도를 평가하여 주행안정성에 대한 평가만을 다루었다.

## 2. 본선주행시험

### 2.1 시험계획 및 방법

기존 주강대차 화차는 공차 70km/h, 영차 90km/h 등으로 운행 최고속도를 제한하고 있다. 따라서 기존 주강대차 화차의 속도향상 가능성을 검증하기 위하여 본선주행 실차시험을 실시하였다.

시험방법은 다음과 같다.

- 일정 : 2004년 5월 10일 ~ 14일
- 시험구간 : 경부선 용산~부산선
- 시험차종 : 컨테이너화차 760815(바버대차중 내용

\* 한국철도기술연구원

E-mail : ysham@krii.re.kr

Tel : (031) 460-5202, Fax : (031) 460-5279

\*\* 한국철도기술연구원

년수 미경과차량)

- 시험항목

- (1) 탈선계수, 운중감소율, 횡압허용한도
- (2) 차체 및 대차의 진동가속도

- 시험방법 : 99991호에 시험장비를 탑재하여 주행성능시험 실시

## 2.2 열차 편성 및 운영

열차 편성은 DL(특대형)+시험차(99991)+시험대상차(76000호대)+50157+50205+490640로 하였으며 Fig. 1에 나타내었다.

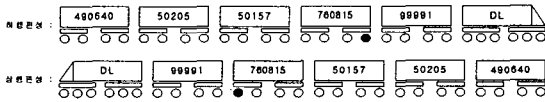


Fig. 1 Formation of test train

열차 운영은 다음과 같이 하였다.

- 공차시험 : 영동↔김천 1왕복, 김천↔왜관 5왕복
- 영차시험 : 왜관↔김천 1왕복

## 2.3 계측시스템 구축

760815호 차량에 진행방향으로 전부대차의 1위축에 탈선계수 측정용 윤축을 투입하고, 차체 및 대차프레임 상단에 진동가속도계를 설치하여 신호를 전송하도록 구성하였으며, 차량내부에 Dynamic Strain Amplifier, Data Recorder, Signal Processor, Notebook Computer, Speed Distance Meter 등을 설치하여 계측시스템을 구축하였다.

차량이 움직이면 진동가속도계의 신호가 전달된다. 이 신호는 차량내부로 전달되어 Dynamic Strain Amplifier를 통해 증폭된 뒤 Data Recorder에 저장됨과 동시에 Signal Processor에서는 실시간 데이터 분석이 이루어진다. Notebook Computer를 통해 모든 신호를 감시하였으며, Speed Distance Meter에서는 속도와 거리를 계산하고 표시하도록 구성하였다.

Fig. 2에 시험차(99991호) 내부의 계측시스템을 나타내었다. 또한 Fig. 3은 계측시스템의 블록 다이어그램을 나타내었다.

760815호에 설치된 진동가속도계는 차체 좌우방향 측정용(5g), 차체 상하방향 측정용(5g), 대차 좌우방향 측정용(10g), 대차 상하방향 측정용(10g) 4개를 설치하였다. Fig. 4는 대차에 설치한 진동가속도 센서를 나타낸다.

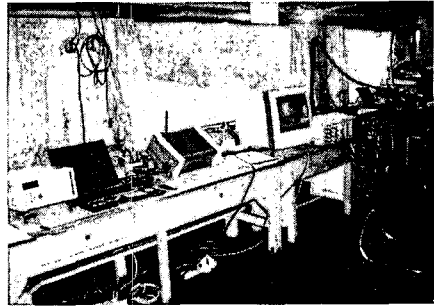


Fig. 2 A measurement system in test car

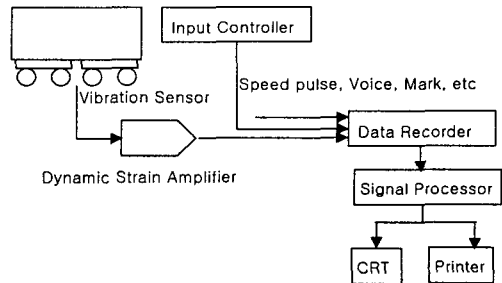


Fig. 3 A block diagram of the measuring system

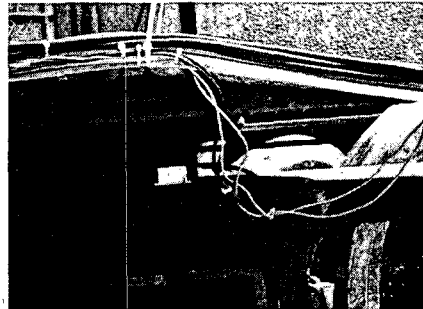


Fig. 4 The accelerometer of the bogie frame

## 3. 진동가속도시험 결과

### 3.1 진동가속도 평가기준

- 3.1.1 국내에서 적용하는 진동가속도 평가기준  
상하 및 좌우방향의 차체진동가속도를 측정하고 평가하는 방법은 다음과 같다.

- ① 측정구간은 본선 시운전 구간으로 한다.
- ② 차체진동에서 고주파 진동을 제거하기 위한 필터는 10hz로 한다.
- ③ 진동측정데이터는 측정구간을 100m 단위로 나누어 이 구간 내에서 최대치의 전진폭(Peak to Peak)을 취하여 그 때의 속도를 읽고, 이를 5km/h 단위의 같은 속도별로 모아서 평균한다.
- ④ 속도별 진동가속도의 기준은 Table 1과 같다.

Table 1 The vibration accelerator standard per speed  
단위 : 2a(g)

방향 \ 속도 (km/h)	속도 (km/h)			
	40 미만	80	120	160
상하방향	0.35	0.5	0.55	0.6
좌우방향	0.25	0.35	0.4	0.45

### 3.1.2 해외의 주행안정성 평가기준

UIC CODE 518에서는 대차 차량의 진동기준에 대한 규정이 있다. 안전한 조건으로 다음 식을 만족하여야 한다.

$$[ \ddot{y} \quad \dot{s} ]_{lim} = 12 - \frac{M_b}{5}$$

여기서  $[ \ddot{y} \quad \dot{s} ]_{lim}$  는 대차프레임의 횡가속도를 나타내며,  $M_b$  는 대차의 질량(ton)을 나타낸다. 여기서 질량은 모든 부속품과 차축, 차륜의 무게를 포함한다.

보다 안정된 조건은  $[ \ddot{y} \quad \dot{s} ]_{lim} / 2$  이며 100m당 10m씩 옮겨서 RMS 값을 계산하는 방법으로 측정한다. 여기서 band-pass filtering frequency는  $f_0 \pm 2\text{Hz}$ 이고  $f_0$  는 instability frequency를 나타낸다.

### 3.2 시험결과 및 고찰

경부선 김천-동대구 구간의 상·하행선 모두 기준을 만족하고 있으며, 영·공차가 큰 차이 없이 상하방향 및 좌우방향의 기준을 만족하였다. Fig. 5~12은 속도별 진동가속도를 나타낸 것이다.

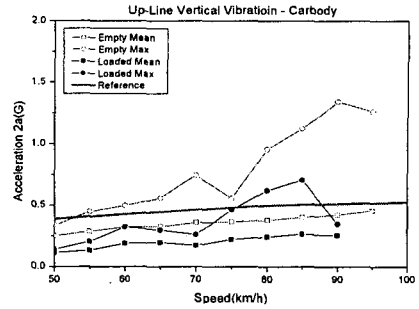


Fig. 5 A vertical vibration of the carbody for up-line

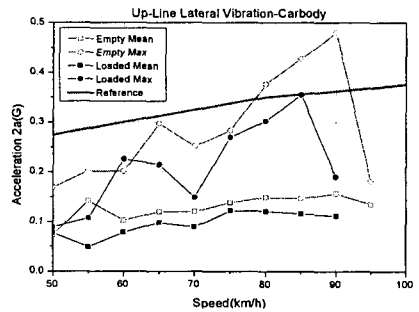


Fig. 6 A lateral vibration of the carbody for up-line

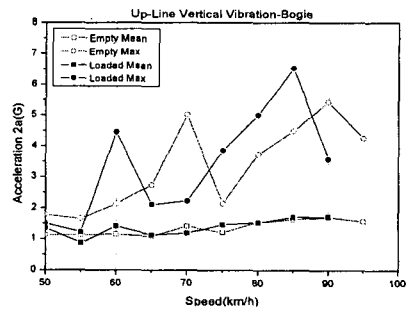


Fig. 7 A vertical vibration of the bogie for up-line

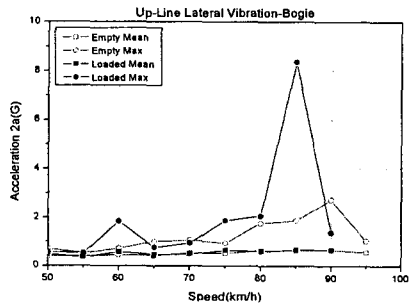


Fig. 8 A lateral vibration of the bogie for up-line

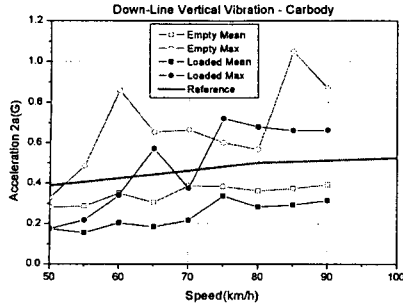


Fig. 9 A vertical vibration of the carbody for down-line

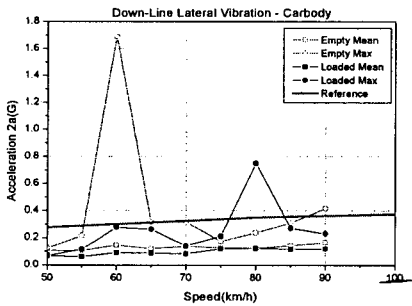


Fig. 10 A lateral vibration of the carbody for down-line

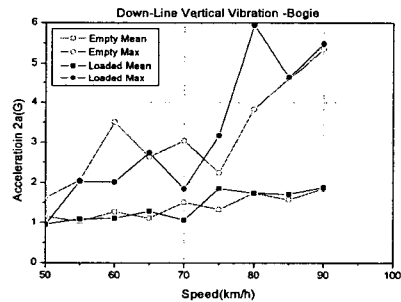


Fig. 11 A vertical vibration of the bogie for down-line

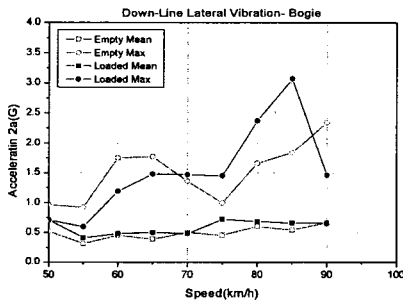


Fig. 12 A lateral vibration of the bogie for down-line

## 5. 결론

하중을 적재하지 않은 자중만의 조건을 하중을 적재한 상태와 비교해 볼 때 상하방향에서 최대값은 크지만 평균값은 오히려 작은 것을 볼 수 있었으며, 주행안정성 측면에서 상하방향보다 중요한 좌우방향 진동은 영·공차가 큰 차이 없이 기준을 만족하였고, 평균값으로만 보면 영차보다 공차가 양호하였다.

## 참 고 문 헌

- (1) 철도기술연구소, 철도차량의 주행안전성 평가방법, 철도 기술연구보 VOL23 NO1, pp. 198~204, 1989
- (2) 함영삼, 오택열, 화물수송용 철도차량의 주행안정성 향상에 관한 실험적 연구, 2000년도 한국소음진동공학회 창립10주년기념 소음진동학술대회논문집, pp. 888~893, 2000. 6
- (3) 함영삼, 문경호, 홍재성, 이동형, 서정원, 태백선을 주행하는 화차 엔드빔의 진동특성에 관한 연구, 2004년도 한국소음진동공학회 춘계학술대회논문집, pp. 378~383, 2004. 5
- (4) 홍재성, 함영삼, 백영남, 벌크시멘트화차의 대차 하중시험과 진동성능시험 및 동특성 해석 연구, 한국철도학회 논문지 제6권 제3호, pp. 186~193, 2003. 9
- (5) UIC CODE 518 OR, Testing and approval railway vehicles from the point of view of their dynamic behaviour - Safety - Track fatigue - Ride quality, 2nd edition, April 2003