

# 도시철도차량의 횡방향 운동 특성에 대한 실험적 연구

## Experimental Study on the lateral dynamic characteristics of urban railway vehicle

김태호\*  
Kim, Tae-Ho

임원식\*\*  
Lim, Won-Sik

### ABSTRACT

An urban railway vehicle has a characteristics such as that a lot of passenger use it and the major of passenger is standee. The ride comfort of standee is greatly influenced by the lateral dynamic characteristics of vehicle. So the lateral vibration is important factor for the improvement of ride comfort. In this study, vibration test of railway vehicle is carried out under the same condition of field driving to find out the major factor of vibration. By considering the test results under the various driving condition, the vibrational characteristics of vehicle is verified.

### 1. 서론

도시철도차량은 차량 1량당 승객이 많고, 좌석 승객보다 입석 승객이 많은 특성이 있다. 승객이 많을 때 입석 승객은 차량의 움직임에 의한 민감한 정도가 크기 때문에 도시철도차량의 승차감에 있어 횡방향 진동이 중요한 요소라고 할 수 있다.

철도차량의 동특성에 관한 연구는 오래 전부터 진행 되어 오고 있으며, 이러한 연구는 대상차량이 주로 고속주행을 하는 차량에 집중되어 있으며, 주행안정성 및 승차감에 관한 연구가 주로 연구되고 있는 실정이다. 철도에 있어서 안전이 최우선 과제이므로 이러한 연구는 당연한 결과라 할 수 있지만, 도시철도 차량의 경우 저속에서 주행하는 관계로 동특성연구 대상에서 소외돼 왔던 것이다.

따라서 본 연구의 대상차량을 저속에서 운행하는 도시철도차량으로 선정하였으며 차륜의 담면형상에 따라서 횡방향 진동의 특성을 확인하고자 하는 것이 본 연구의 목적이다. 경사형 차륜은 직선구간에서, 원호형 차륜은 곡선구간에서 주행성에 유리한 형상이라고 일반적으로 알려져 있다. 동일 사양의 차량에 경사형 담면 차륜과 원호형 담면 차륜의 차량을 시험하였으며, 상업운행 조건과 동일한 상태인 ATO System에 의한 자동운행으로 시험하여 진동특성을 확인하였다.

\* 서울산업대학교 철도전문대학원 석사과정, 정희원

\*\* 서울산업대학교 자동차공학과 부교수, 정희원

## 2. 차량 조건

### 2.1 차체 및 대차

열차 편성 중 시험차량은 동력차량으로 차체 및 대차의 계원은 도표.1과 같고, wheelset과 대차 장치의 연결은 플고부 스프링으로 이루어 있으며, 대차장치와 차체장치의 연결은 광기스프링으로 되어있고, 대차와 차체에는 평방향 댐퍼 1개가 장착되어 있다.

도표.1 시험차량 계원

항 목	사 양
1. 차체	
1) 차체 길이	19,500 mm
2) 차체 폭	3,120 mm
3) 대차 중심간 거리	13,800 mm
2. 대차	
1) 대차 형식	공기 스프링식 볼스파데스 대차
2) 고정축간 거리	2,100 mm
3) 기초 제동방식	
- 구동 대차	답면 제동
- 부수 대차	티스로 제동
4) 지지 장치	
- 1 차 지지 장치	교부 스프링
- 2 차 지지 장치	공기 스프링

2.2 열차는 8량 편성으로 4M4T로 이루어져 있다.(그림1)

### 2.3 레일 및 차륜

레일은 전구간이 60kg레일이며, 차륜은 1/20 경사형 차륜과 Heumann형 차륜으로 시험을 실시하였다. 그림2는 60kg레일 도면이다. 그림3은 시험에 적용된 차륜 도면이다.



그림1. 시험차량

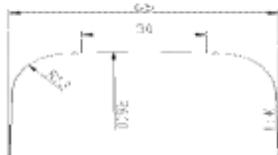
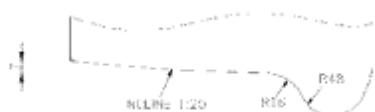


그림2. 60kg레일 도면



(a) 1/20경사답면(직경-838mm)



(b) Heumann답면(직경-841mm)

그림3. 차륜 도면

## 3. 차량 평진동 시험

### 3.1 시험 구간

시험은 2002년 7월 19일에 실시하였으며, 시험구간은 전구간이 지하구간인 서울시 6호선 노

선 중 일부 구간인 봉화산역에서 꼬덕역까지 1/20경사형 차를 이용한 차량과 Heumann형 차를 이용한 차량을 각 1회 왕복으로 실시하였다.

### 3.2 운행 방법

열차 운행은 장거리운전과 동일조건인 ATO System에 의한 자동운전 조건으로 운행하였으며, 차량은 공차 상태에서 운행하였다.

### 3.3 가속도 측정위치 및 장비

가속도계 측정위치는 봉화산역에서 꼬덕역으로 운행할 때는 전방에서 3번에 차량의 전위 대차 중앙 위 차체 바닥에서 측정하였으며, 꼬덕역에서 봉화산역으로 운행할 때는 전방에서 6번에 차량의 후위 대차 중앙 위 차체 바닥에서 측정하였다.

측정장비는 3축 Strain Accelerometer(KYOWA, AS-5TG) 가속도계를 차체 바닥에 고정하여 Strain Amplifier(NEC, Multi acc)를 통해서 증폭하여 DATA Recorder(Sony, SIR-1000)를 이용하여 데이터를 저장하였다.

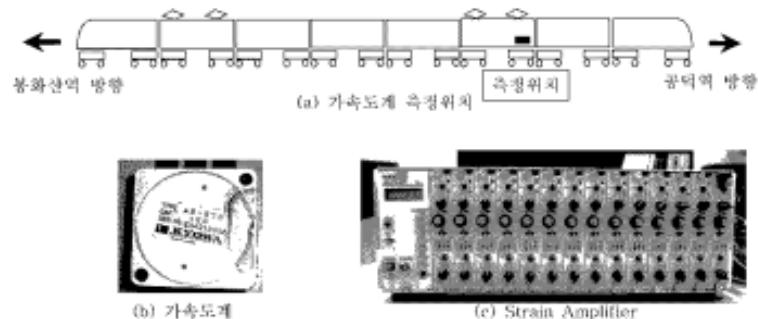
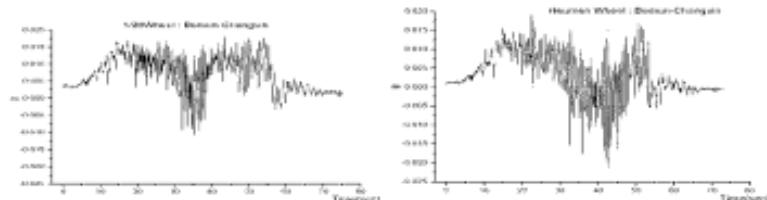


그림4. 측정위치 및 측정장비

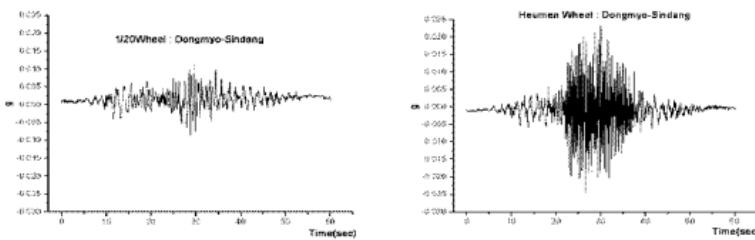
## 4. 시험 결과

시험 데이터는 고주파 진동성분을 제거하기 위하여 10Hz low pass filtering을 하였고, 암석층과의 충돌값을 고려하여 평방향 가속도에 대해서만 분석하였다. 그레프는 Origin7.5를 이용하여 정리 하였다. 시험 결과는 선로조건에 따른 두 가지 차를 담면에 의한 평방향 특성을 비교하였으며, 운행방향의 바뀜에 의해서 변화된 가속도계 위치 변화에 대한 평방향 특성을 분석하였으며, 시험구간 중 특징이 뚜렷한 일부 구간에 대해서만 밝혀하였다.

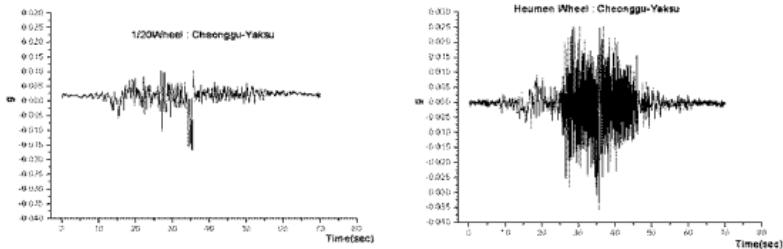
### 4.1 선로조건에 따른 분석



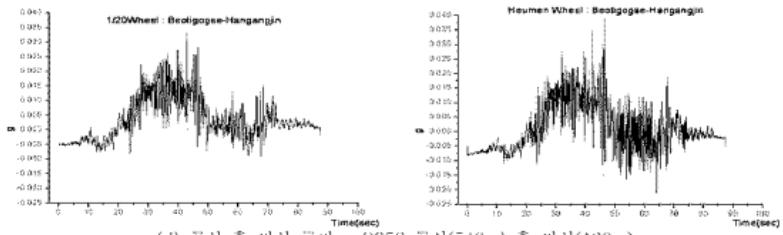
(a) 곽선구간-R577((750m))



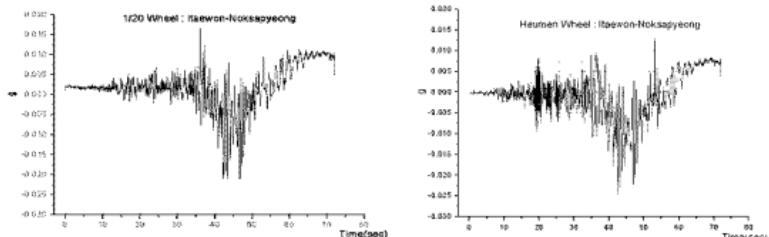
(b) 직선구간 - 직선(600m) 구간



(c) 직선구간 - 150m지점에 R4030후 직선, 450m지점에 R2002후 직선(총800m)



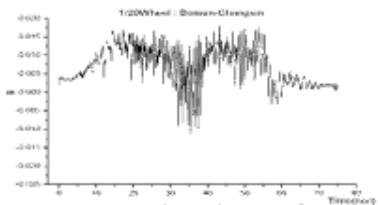
(d) 곡선 후 직선 구간 - R352 곡선(540m) 후 직선(460m)



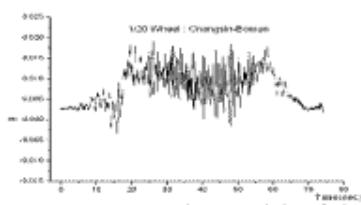
(e) 직선 후 곡선 구간 - 직선(400m) 후 R391 곡선(200m) 구간

그림5. 선로 조건에 따른 시현 결과

#### 4.2 앞의 그림4-(ii)에서 차 같이 운행방향 외한 가속도 측정 위치에 따른 분석

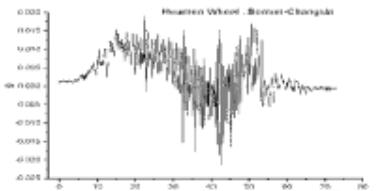


(a) 진행방향 3번째 칸에서 측정

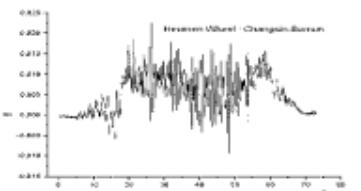


(b) 진행방향 6번재 칸에서 측정

그림6. 꼭선구간(R577~750m)에서의 1/20경사형 차륜 차량의 가속도계 위치 변화에 따른 꼭선

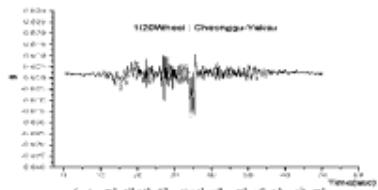


(a) 진행방향 3번재 칸에서 측정

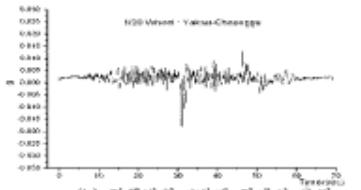


(b) 진행방향 6번재 칸에서 측정

그림7. 꼭선구간(R577~750m)에서의 Heumann형 차륜 차량의 가속도계 위치 변화에 따른 꼭선

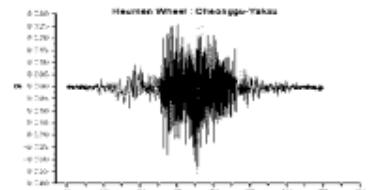


(a) 진행방향 3번재 칸에서 측정

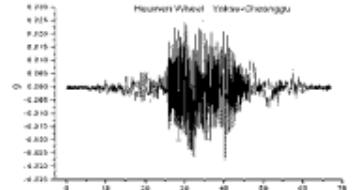


(b) 진행방향 6번재 칸에서 측정

그림8. 꼭선구간에서의 1/20경사형 차륜 차량의 가속도계 위치 변화에 따른 꼭선



(a) 진행방향 3번재 칸에서 측정



(b) 진행방향 6번재 칸에서 측정

그림9. 꼭선구간에서의 Heumann형 차륜 차량의 가속도계 위치 변화에 따른 꼭선

## 5. 결론

본 시험은 차륜 형상 변화에 의한 도시철도차량의 횡방향 진동의 특성을 확인하는데 목적이 있었다. 시험을 통하여 차륜의 형상이 직선구간에서 횡방향 진동에 많은 영향이 있음을 확인하였고, 다음과 같은 결론을 얻었다.

곡선구간에서 차륜 변화에 의한 영향은 큰 차이가 없는 것으로 나타났고, 직선구간에서는 경사형 차륜이 횡방향 진동에 유리한 차륜임을 확인 되었다. 곡선과 직선이 같이 있는 선로에서도 직선구간에서 차이가 크게 나타나다가 곡선으로 접어들면서 비슷한 크기의 진동값이 나타났다.

8량 편성 중 진행방향 3번째와 6번째 차량에서 측정한 가속도 값도 비슷한 결과를 얻었다. 따라서 전부와 후부의 진동 차이는 크지 않다는 것을 확인 할 수 있었다.

## 참고문헌

1. 도시철도차량의 성능시험에 관한 기준, 건설교통부고시 제2000-126호
2. 철도차량의 진동특성-측정방법, 한국산업규격 KS R 9160
3. 박찬경외 3인, 한국형 고속전철의 주행시험을 통한 진동모드 분석 연구, 한국철도학회 추계학술대회논문집(I) 2003.
4. 박찬경외 4인, “한국형 고속전철의 주행조건에 따른 진동특성 분석에 관한 연구”, 한국철도학회 추계학술대회논문집(I) 2003.
5. 양희주외 3인, “97'-신조 무궁화객차의 차량동특성 해석 및 시험” 한국철도학회 춘계학술대회 논문집 1998.
6. 김영국외 4인, “시운전 시험을 통한 한국형 고속전철 차체진동 특성의 분석 및 평가” 한국철도학회 논문집 제6권 제4호, 2003.
7. 혀현우외 3인, “원호형 차륜답면형상(안) 설계 및 현차시험 결과” 한국철도학회 논문집 제7권 제2호, 2004.
8. 구병춘외 3인 “전후동력 새마을호 열차의 속도향상시 승차감에 관한 실험적 연구” 한국철도학회 추계학술대회 논문집, 2000.