

# 도시형 자기부상열차 진동 성능 평가

## Vibration evaluation of the Urban Maglev Train under Test

신현재† · 한형석\* · 김영중\* · 김봉섭\* · 강병관\*\*  
 Shin Hyeon-jae , Han Hyung-suk , Kim Young-jung, Kim Bong-sup, Kang Byung-kwan

### 1. 서론

도시형 자기부상열차 실용화 사업의 일환으로 개발된 시제 1 편성 차량이 현재 한국기계연구원 시험선로에서 시험이 진행중에 있다. 이 열차는 2013 년 인천공항 시범 노선에 설치될 3 편성 차량의 시제 차량으로 형태나 구성이 시범 노선차량과 유사하다. 위의 차량의 진동 성능 평가 시험을 실시하여 시제 편성 차량의 승차감 성능을 예측해 본다.



그림 1. 도시형 자기부상열차 시제 차량

### 2. 본론

#### 2.1 절 시험 설계

본 시험은 도시철도법(이하 도철법으로 표기)에 명시된 진동, 승차감 기준에 의거하여, 도시형 자기부상열차에 맞게 설계하였으며, 세부적인 사항은 다음과 같다.

##### (1) 측정위치

가속도 센서를 부착하여 측정하는 위치는 각 대차의 상부 바닥으로 정하였으며, 각 차량당 4, 총 8 군데서 측정한다.

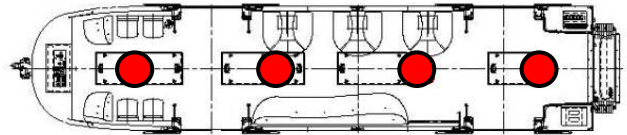


그림 2. 가속도 센서 부착 위치

##### (2) 측정구간

시험 구간은 현재 한국기계연구원에 설치된 자기부상 시험 선로에서 측정하게 되며, 약 1.3km 의 구간을 왕복으로 주행하게 된다. 시험구간에는 곡선구간(180mR, 60mR), 구배구간 (4%, 6%), 분기기 구간(약 25m)이 포함된다.

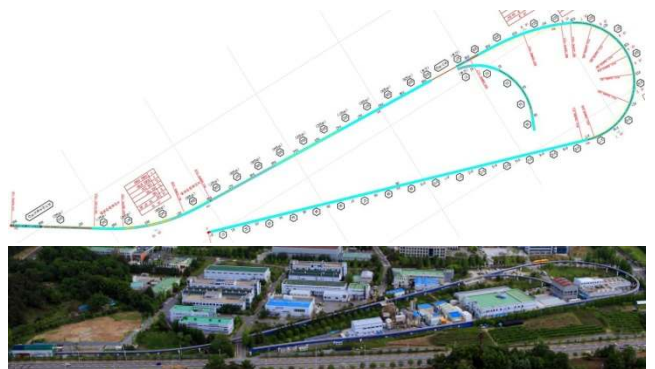


그림 3. 한국기계연구원내 자기부상 시험선로

##### (3) 데이터 분석(도시철도법 도시철도차량의 성능시험에 관한 기준 별표 24 참고)

- 진동 평가 항목에 대한 데이터 분석
  - ① 측정 구간에서 각속도별로 100m 씩 최대 진폭을 취하여 데이터를 분석한다.
  - ② 측정 구간에서 얻은 최대 진동 가속도 값을 각 속도별로 구분하여 산술 평균한다.
  - ③ 주행속도를 가로축으로 진동 가속도를 세로축으로 하여 그래프로 작성하며, 속도구분은 10km/h 로 한다.
  - ④ 진동 가속도는 중력단위인 g 로 한다.
- 승차감 평가의 데이터 분석
  - ① 구간별 최고속도로 차량을 주행하여 그때 발생하는 차체의 상하 좌우 전후 방향의 진동

† 교신저자; 신현재 한국기계연구원 자기부상연구실  
 E-mail : godnow@kimm.re.kr  
 Tel : (042) 868-7433, Fax : (042) 868-7618  
 \* 한국기계연구원 시스템엔지니어링본부  
 \*\* (주)현대로템

가속도 데이터를 수집하여 총 5 회 왕복운행 하였다.

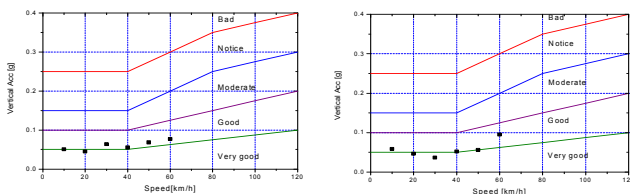
- ② 각 측정 항목별로 측정한 진동가속도 신호에 대해 각 주파수 별로 승차감 평가기준 UIC 513R 에 규정한 가중치 필터를 통과 시킨다.
- ③ 필터를 통과한 신호에 대해 매 5 초마다 실효값(RMS)값을 5 분간 60 개를 구한다.
- ④ 누적빈도분포에서 95%에 해당하는 각각의  $a_{XP95}, a_{YP95}, a_{ZP95}$  를 구한다. 다음식에 의하여 승차감 지수 N 을 구한다.
- ⑤ 매회 측정한 승차감 지수 N 을 산술평균한다.

$$N = 6\sqrt{(a_{XP95})^2 + (a_{YP95})^2 + (a_{ZP95})^2}$$

### 3. 3장 시험 결과

#### 3.1 절 진동 평가

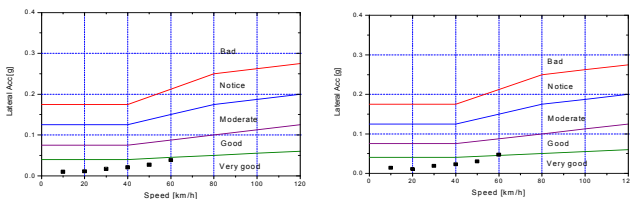
진동평가는 상하(vertical), 좌우(lateral) 판정 기준이 다르며, 그림 4 는 상하 방향의 진동평가 기준과 측정결과를 그림 5 는 좌우 방향의 진동 평가 기준과 측정 결과를 보여준다.



선두차량

후미차량

그림 4. 상하(vertical)방향 진동 평가



선두차량

후미차량

그림 5. 좌우(lateral)방향 진동 평가

상하(vertical)방향 진동평가 결과는 두 차량 모두 0.1g 이하 좋음(Good)으로 도철법 기준 보통(Moderate)이상을 만족한다.

좌우(lateral)방향 진동평가 결과는 0.05g 이하 매우 좋음 (Very good)으로 도철법 기준 보통이상을 만족한다.

#### 3.2 절 승차감 평가

승차감 평가는 UIC 평가 기준 (표 1)과 같으며, 측정결과는 표 2 와 같다. 이는 최고 주행속도 60km/h 로 주행시의 측정결과이며 선두차량, 후미차량이 모두 0.5 이하로 승차감 지수는 매우 안락함(very good comfort)으로 도시철도법 기준 2.5 이하를 만족한다.

표 1. UIC 승차감 지수 평가 기준

승차감 지수(Ride Quality Index : UIC Code)	
N < 1	매우 안락함(very good comfort)
1 < N < 2	안락함(good comfort)
2 < N < 4	보통(moderate comfort)
4 < N < 5	안락하지 않음(poor comfort)
N > 5	매우 안락하지 않음(very poor comfort)

표 2. UIC 평가에 따른 승차감 지수 결과

- 최고 주행 속도 60km/h

차량	평균값	표준편차	최소값	최대값
MC1	0.4438	0.0720	0.3045	0.5493
MC2	0.4194	0.0634	0.3340	0.5324

### 4. 결 론

도시형 자기부상열차 시제차량의 진동 평가 결과 및 승차감 평가가 모두 도시철도법의 기준을 만족하는 결과를 볼수 있었다. 이 결과는 측정구간인 한국기계연구원의 시험선로가 차량의 성능 시험을 위해 매우 악조건을 가지고 있음에도 불구하고 기준을 만족하는 결과를 보여줌으로서 인천에 설치될 시험 선로에서는 보다 좋은 진동 및 승차감 결과를 보여줄 수 있을 것으로 기대하게 된다.

### 후 기

본 시험은 도시형 자기부상열차 실용화 사업의 일환으로 진행되었습니다.