

## 장거리 여행용 버스에서의 멀미발생 예측에 관한 연구

### Study on the Motion Sickness Incidence in Express Buses

장 한기\*, 김승한\*\*, 송치문\*\*, 김성환\*\*, 홍석인\*\*\*

Han-Kee Jang, Seung-Han Kim, Chi-Mun Song, Seong-Hwan Kim, Seok-In Hong

**Key Words** : Motion sickness(멀미), Express bus(관광버스), Long distance traveling(장거리 여행), Motion sickness dose value(멀미 증상 지수), Vomiting incidence ratio(구토 발생 비율)

#### ABSTRACT

This study aims to investigate dynamic properties of express buses in the very low frequencies which affect motion sickness incidence. Since passengers often use express buses for long distance traveling, it is a critical point whether a give rise to motion sickness or not. In the study accelerations at the three points on the floor of the six test vehicles were measured during the driving at constant speeds. By applying frequency weighting curves suggested in ISO 2631-1 and ISO 2631-3, physical amount of accelerations were changed into perceptual amount which determines incidence of motion sickness. Motion sickness dose values were calculated from the frequency weighted time history of accelerations, and compared between the vehicles, driving conditions, and the seat positions in the bus. During the driving on public road and high ways for 50 minutes vomiting incidence ratios ranged 0.4 to 0.8%, which were equivalent to 2.4 to 4.8% for 5 hours' driving. The value of 4.8 % means two among 45 passengers may vomit after the traveling, which is very serious situation. Considering the very smooth driving condition at which the data were collected, motion sickness dose values will increase in real situations

#### 1. 서 론

1 Hz 이상의 진동이 인체에 직접적이고 즉각적인 불편함을 주는 것과 달리 멀미 증상은 0.63 Hz이하의 낮은 주파수의 운동과 관련하여 발생하는 것으로 알려져 있다<sup>(1,2)</sup>. 극저주파수의 운동이 멀미 증상을 발생시키지까지는 적지 않은 시간이 소요되지만 일단 그 증상이 시작되면 정상적인 활동을 저해하고 또 회복에도 많은 시간이 소요되므로, 교통수단에서의 그 심각성이 크다고 하겠다. 이와 같은 극저주파수 운동이 가장 잘 나타나는 교통수단으로서 선박, 비행기를 들 수 있고, 일반 차량의 경우 이동 조건에 따라 발생하는 것으로 알려져 있다. 승용차에서는 이와 같은 진동이 드물게 발생하지만 급 발진, 급제동 시라든가 급격한 코너링

때에 차량 전반에 저주파수 운동이 나타나며, 공기 스프링이 장착된 고급형 버스가 불균일한 노면을 통과할 때 나타나는 거동이 대표적인 예이다. 또 트럭의 경우도 공사장 등과 같이 거친 노면을 매우 낮은 속도로 이동할 때 극저주파수 거동이 발생할 수 있다.

본 연구의 목적은 장시간 대중 교통수단인 버스에서의 멀미 발생 가능성을 관찰하는 것으로서, 이를 위해 관광버스 6대를 임대하여 동일한 코스를 정속으로 주행하면서 차량내에서 수직방향에 대한 저주파수 거동을 측정하고 분석하였다. 본 논문에서는 먼저 멀미 현상의 평가기법에 대해서 간략하게 소개하였으며, 이어서 국도와 고속도로에서 주행시험을 수행하였는데, 버스 실내에서 측정된 가속도로부터 ISO 2631-3에서 제시한 방법으로 멀미발생 지수를 계산하였으며, 이 결과들을 차량별, 주행조건별, 좌석 위치별로 멀미발생 가능성을 각각 비교, 분석하였다.

\* 책임저자, 회원, 고등기술연구원

Email:hkjang@iae.re.kr

Tel)031-330-7435, Fax)031-330-7116

\*\* 고등기술연구원, 아주대학교 대학원 시스템공학파

\*\*\* 고등기술연구원

#### 2. Motion sickness 평가기법

인체에 영향을 미치는 진동을 분류하는데 가장 중요한

기준은 바로 주파수이다. ISO의 인체진동관련 규격에서는 인체에 영향을 미치는 거동을 극 저주파수 운동(0.63 Hz 이하)과 진동(1~80Hz)으로 나누고 있다<sup>(1,3)</sup>. ISO 2631-1에서는 한편 수진부(受振部)에 따라 진동을 분류하기도 하는데, 착석 상태의 전신진동, 수완계(Hand-arm) 진동, 멀미(Motion sickness)관련 진동으로 나누어 각각에 대한 주파수 가중치를 제시하고 있다. 이들 진동 중에서도 1Hz 부근과 그 이하 저주파수 운동은 사람이 외부 거동(주로 수평방향)에 대하여 자세를 유지하기 위해 힘쓰게 되므로 물리적인 피로감을 주고, 특히 0.63 Hz 이하의 거동은 인체에 멀미 증상을 유발한다.

Griffin<sup>(2)</sup>과 Lawther와 Griffin<sup>(4)</sup>의 연구에 따르면 저주파수 운동이나 진동에 의한 인체의 증상을 'Motion dose'로 명명하여 식 (1)과 같이 정량화하였는데, 일반 진동의 경우 지수 n에 4를, 저주파수 진동의 경우 n에 2를 적용할 것을 주장하였다. 여기서, n=2에 대한 Motion dose를 MSDV (motion sickness dose value)로 지칭하였다.

$$\text{motion dose} = \left[ \int a^n(t) dt \right]^{1/n} \quad (1)$$

ISO 2631-3에서는 멀미현상의 분석에 있어서 가장 영향이 큰 수직방향의 가속도를 이용하여 계산하는 방법만 제시하고 있다. 실제 환경에서는 수직방향 가진 뿐 아니라 다른 방향의 거동도 영향을 미치지만, 수직방향의 영향이 가장 크고 또 다른 방향에 대한 연구결과가 충분치 않은 관계로 현재 규격에서는 수직방향 이외의 운동을 고려하지 못하고 있다.

Alexander<sup>(5)</sup>, McCauley<sup>(6)</sup>, Lawther<sup>(7)</sup> 등은 Motion dose의 증가에 따른 구토 발생율을 결정하는 실험을 수행하였는데, Motion dose의 증가와 멀미 발생율이 거의 선형에 가까운 밀접한 관계가 있음을 확인하였다. Griffin등은 이 결과를 이용하여 Motion dose에 의해 구토증세가 발생할 비율(Vomiting incidence)을 식(2)와 같이 제안하였다. 여기서 상수 K는 1/3을 사용하였다.

$$\text{Vomiting incidence}(\%) = K \times \text{motion dose} \quad (2)$$

식 (1)과 (2)는 BS 6841(1987)에서 활용되고 있다<sup>(8)</sup>. 이들은 또, 0부터 3까지의 4단계의 스케일을 이용한 주관평가에 대해 '고통 호소 평가치(Illness rating)'를 Motion dose를 이용하여 표현하는 수식을 식 (3)과 같이 제안하기도 하였다. 여기서 상수 k는 1/50을 적용하였다. 고통 호소 상태는 물론 구토 발생 보다 훨씬 심한 상태를 의미한다.

$$\text{Illness rating} = k \times \text{motion dose} \quad (3)$$

여기서, 고통 호소 평가치(Illness rating)의 단계는 다음과 같다.

- 0: 아무렇지도 않은 상태
- 1: 약간 불편한 상태
- 2: 불편한 상태
- 3: 매우 심각한 상태

본 논문에서는 버스에서 측정된 신호들로부터 MSDV (motion sickness dose value)와 구토발생 비율을 계산하여 분석하고자 하였다.

### 3. 버스 주행시험

#### 3.1 버스 선정 및 주행조건 결정

본 연구에서는 국내에서 널리 사용되는 버스를 6대 선정하여 주행시험에 활용하였는데, 3개 제조사의 차량을 각각 두 대씩 선정하였다. 선정된 차량들의 제원은 Table 1에 정리한 바와 같다. 차량은 제조사 별로 A, B, C로 표기하였으며, 차량등급과 판매 가격대가 비슷한 제품으로 선정하고자 하였다. A사의 차량과 C사의 차량은 동일한 모델을 선정하였으나, B사의 경우 차축간의 거리가 짧은 구 모델과 차축간의 거리가 긴 신 모델을 선정하였다. 차량은 가능한 출고 6개월 이내의 신차로 선정하려고 하였으나 두 대의 차량(B1, C1)은 주행거리가 200,000 km 정도인 차량이 포함되

Table 1 Specifications of the express buses

Vehicle ID	A1	A2	B1	B2	C1	C2
Elapsed time after delivery	4 months	6 months	18 months	1 month	14 months	3 months
Milage (km)	43,400	67,196	216,553	8,236	189,178	34,211
Wheel base (mm)	6,100	←	5,700	6,700	6,120	←
Tread (mm)	2,050~2,400					
Floor height (mm)	1,050~1,240					

었다. 참고로, 관광버스의 경우 1년에 100,000 km 정도 주행하는 것이 보통이고, 관리만 적절히 하면 출고 후 2-3년까지는 신차와 성능 면에서 큰 차이가 없다는 것이 업계의 견해이다. Table 2에서 차량의 제원은 줄자를 이용하여 실측한 것으로서 실제 설계상의 수치와 약간의 차이가 있을 수 있다.

각 차량은 동일한 요일(화, 목), 동일한 시간에 국도와 고속도로를 이어서 주행하도록 주행조건을 선정하였다. 주행코스는 경기도 용인과 안성 지역에서 국도와 고속국도를 번갈아 가며 주행하도록 선정하였었다. 17번 국도와 38번 국도가 만나는 안성시 죽산에서 측정을 시작하였으며, 죽산에서 안성IC까지 38번 국도를 시속 80km/h의 속도로 약 40분간 주행하고, 안성 IC에서 경부 고속도로에 진입하여 신갈 IC까지(35km) 약 23분 주행, 신갈 IC부터 호법 IC까지(32km) 영동고속국도를 22분, 호법 IC부터 일죽 IC까지(17km) 중부고속국도를 12분 주행한 후, 다시 죽산으로 돌아오도록 하였다. 전체 주행 거리는 170km정도로 주행 소요 시간은 약 100분 정도이다. 고속국도에서는 시속 100km/h로 정속 주행하도록 하였으며, 전 구간에 걸쳐 과속, 급 발진 및 급제동을 하지 않도록 정속 주행원칙을 준수하도록 하였다. 이와 같이 함으로써 멀미발생 지수가운전자의 운전습관에 의해 영향을 받지 않도록 유도하였다.

### 3.2 신호 측정 및 처리

본 시험에서는 Fig.1에 도시한 바와 같이 버스 실내 바닥의 3지점(회색으로 음영 처리한 지점)을 선정하여 버스의 저주파수 거동을 측정하였으며, 각 지점에서 필요에 따라 1~3축으로 측정하였다. 각 지점에서의 측정방향과 사용 센서는 Table 2에 정리하였다.

버스 실내에서 측정된 가속도는 멀미증상과 관련된 주파수 가중치를 이용하여 체감량으로 환산하였는데, 이 때 사용한 가중치 함수  $H(f)$ 는 ISO 2631-1에 정의되어 있으며, 식 (1)과 같다<sup>1)</sup>.

$$H(f) = H_h(f) \cdot H_i(f) \cdot H_l(f) \cdot H_s(f) \quad (1)$$

Table 2 Measurement informations

Ch. No.	Meas. Point	Quantity	Direction	Transducer
1	1	Acceleration	Z	Kistler 8303A02
2	2	"	Z	
3	2	"	X	
4	2	"	Y	
5	3	"	Z	
6	3	"	Y	
7	vehicle surface	speed	X	Corrsys L-CE

여기서,  $H_h(f)$ ,  $H_i(f)$ ,  $H_l(f)$ ,  $H_s(f)$ 는 각각 다음과 같다.

$$H_h(f) = \sqrt{\frac{f^4}{f^4 + 0.08^4}}$$

$$H_i(f) = \sqrt{\frac{0.1575}{f^4 + 0.1575}}$$

$$H_l(f) = \sqrt{\frac{0.003906}{f^2 - 0.002531f^2 + 0.003906}}$$

$$H_s(f) = \sqrt{\frac{f^4 - 0.001707f^2 + 1.525 \times 10^{-5}}{f^4 - 0.004375f^2 + 0.0001}}$$

주행 중 각 지점에서 측정된 가속도 신호는 SONY PC 216A 테이프레코더에 저장하였으며, 실험실에서 National Instrument DAQ Board PCI-6052E가 장착된 PC로 넘겨서 LabView 6.1로 작성된 MSDV(Motion Sickness Dose Value) 계산 프로그램을 사용하여 처리하였다. 이 프로그램은 측정정보 입력부분, 차실내의 원하는 지점에서의 MSDV 계산을 위한 위치선정, 주파수 가중치 적용 및 MSDV계산, 산결과의 도시부분으로 나누어져 있다. 신호처리에 사용한 프로그램은 Fig.2에 도시하였다.

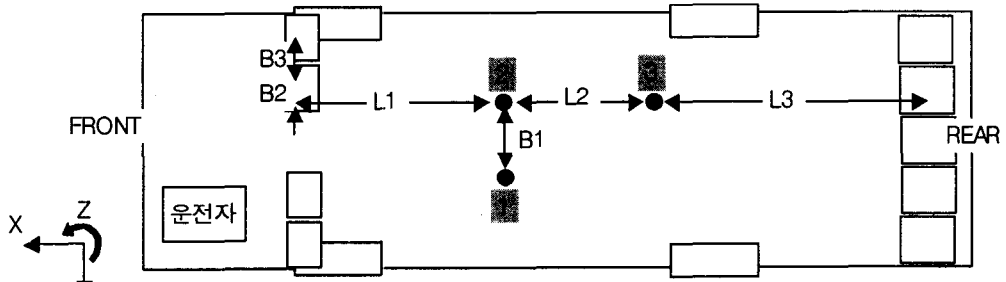
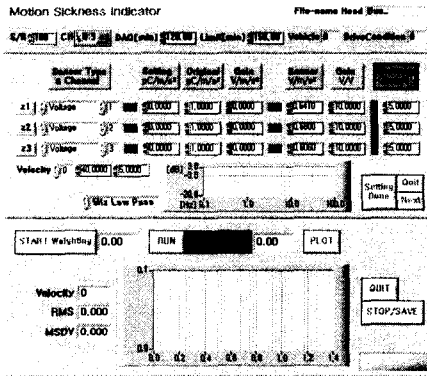
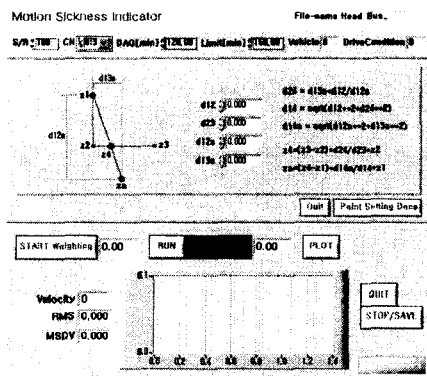


Fig.1 Measurement positions in the floor of a bus



(a) Input of measurement information



(b) Input of geometric information

Fig.2 Program for the calculation of motion sickness dose value

### 3. 주행시험 결과

본 연구에서 선정된 6대의 차량이 약 100분에 걸쳐 주행하면서 신호를 분석하였으며, 일례로, Fig.3에 버스 B2의 중간 지점에서 수직방향으로의 가속도를 측정하여 계산한 MSDV의 변화를 시간에 따라 도시하였다.

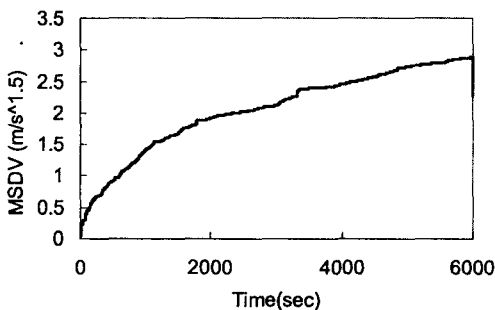


Fig.3 Increase of MSDV with the travel time

약 100분 동안 주행하는 동안 6대의 해당 차량들에 대해 MSDV의 변화를 계산한 후, 주행 구간별로 정속을 유지한 구간을 발췌하여 해당구간에서의 MSDV값의 증가를 Table 3에 정리하였다. Table 3의 첫 컬럼에 명시한 구간 I은 각각 국도(38번)를 80km/h로 주행한 구간을, II는 아스팔트 노면인 경부 고속국도를 100km/h로 주행한 구간을, III은 콘크리트 노면인 영동 및 중부고속 국도를 100km/h로 주행한 구간을 나타낸다. 표의 마지막 컬럼의 좌석위치 a, b, c는 순서대로 운전석 바로 뒷자리, 차량 중심 위치, 제일 뒷열 우측 자리를 나타낸다. 본 연구에서는 차량별 특성뿐만 아니라 버스내 좌석 위치별 멀미 발생 가능성을 분석하기 위해 세 지점에서의 MSDV를 계산하고 분석하였다. 각 셀에 표시된 숫자들은 대상 구간을 주행하는 동안 누적된 MSDV값을 의미한다. 이 수치가 크기가 바로 멀미발생율의 크고 작음을 의미한다. 마지막 행의 MSDV값의 합계는 구간 I, II, III 동안의 MSDV값의 변화량의 총합을 의미한다. 표에서 회색으로 음영처리된 부분은 구간별로 MSDV값의 증가가 가장 작은 경우를 나타낸다.

Table 3 Comparison of MSDV's

구간	차량	A		B		C		좌석 위치
		1	2	1	2	1	2	
I	20분	1.332	1.506	1.436	1.283	1.104	1.469	a
		1.224	1.145	1.215	1.33	1.085	1.241	b
		1.243	1.437	1.229	1.34	1.071	1.343	c
II	15분	0.179	0.085	0.336	0.076	0.157	0.099	a
		0.176	0.076	0.136	0.100	0.121	0.130	b
		0.174	0.089	0.177	0.100	0.156	0.080	c
III	15분	0.088	0.167	0.652	0.082	0.143	0.127	a
		0.063	0.086	0.18	0.090	0.094	0.109	b
		0.068	0.103	0.306	0.100	0.118	0.076	c
MSDV 합계	50분	1.599	1.757	2.424	1.441	1.404	1.693	a
		1.463	1.306	1.530	1.517	1.300	1.480	b
		1.484	1.628	1.711	1.527	1.345	1.498	c

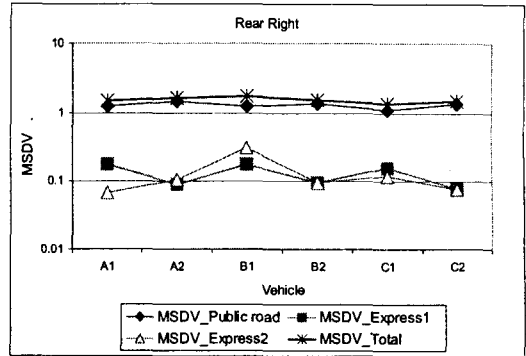
(Seat position: a-Front Left, b-Middle Center, c-Rear Right)

우선, 전체 구간에 대한 멀미 발생 지수를 보면 차량 B1이 가장 큰 값을 나타내고 있다. 이 차량은 시험대상 차량 중에서 축간 거리가 가장 짧은 차량이다. 대상 차량들 중에서 MSDV값이 가장 적은 차량은 C1인데, 해당 차량은 주행거리가 190,000km 정도에 이르고 있음에도 불구하고 오히려 주행거리가 34,000km 정도인 동일한 모델의 차량보다도 멀미 발생 지수가 더 낮은 것으로 나타나고 있다. 그 다음으로 양호한 결과를 나타내고 있는 차량은 차축간의 거리가 가장 긴 B2 차량이고, 그 외의 3개 차량(A1, A2, C2)은 대동소이한 결과를 보이고 있다. 좌석별 멀미발생 지수에 대한 분석결과를 보면 6개 차량 모두 좌석 a, 즉, 가장 앞 열의 좌

석에서 멀미발생 가능성이 가장 높고 차량 중심부에서 가장 낮은 것으로 나타나고 있다.

주행 도로에 따른 경향을 분석해 보면 다소 양상이 다르게 나타나고 있다. 전체 구간에서 가장 낮은 멀미발생 지수를 보인 C1차량의 경우 국도에서 매우 작은 값을 보이고 있었으나 경부고속도로에서는 A2차량이, 영동 및 중부 고속도로에서는 A1 차량이 가장 작은 값을 보였다. 차측간 거리가 가장 긴 B2차량의 경우 특히 고속도로에서 우수한 특성을 보이고 있었다. B1차량의 경우 콘크리트 노면인 영동, 중부 고속도로에서의 특성이 매우 열악하게 나타나서 전체적인 멀미발생 지수가 높아졌다.

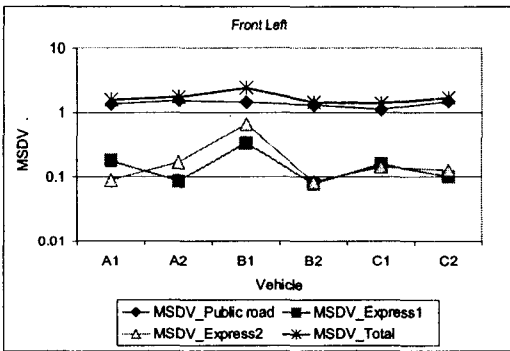
Fig.4에는 차실내 3가지 위치에서의 차량별 멀미발생지수를 주행 구간에 따라 도시하였다. 마름모 표시로 연결한 선이 국도 주행 구간에 대한 6개 차량의 MSDV값이고, 사각형이 경부고속도로, 삼각형이 영동 및 중부 고속도로에서의 MSDV를 나타내고 있다. 3가지 위치 중에서 앞 열 좌석 위치에서의 값이 전반적으로 크게 나타나고 있음을 알 수 있



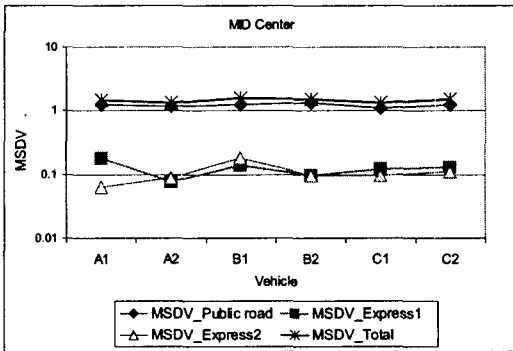
(c) Rear right seat

Fig.4 Motion sickness dose values of 6 test vehicles in the three seat positions

고 버스 실내의 중간 지점의 MSDV가 낮은 결과를 보이고 있다. 3가지 그림의 공통사항은 전체 구간의 MSDV값을 결정하는데 있어서 국도주행에서 결정된 MSDV값이 가장 큰 영향을 미친다는 것이다. 즉, 주행 노면이 상대적으로 고르지 못한 국도에서의 멀미발생 가능성이 고속도로에서보다 훨씬 더 크다는 것이다. 이와 같은 결과로 볼 때, 시내구간이나 지방도로를 주행할 경우 멀미발생 지수가 국도보다도 더 커질 것이라고 유추할 수 있다. 앞서 언급한 바와 같이 차측간의 거리가 가장 짧은 B1차량의 경우 고속도로에서도 앞 열과 뒷 열의 좌석에서의 MSDV값이 매우 높게 나타나고 있음을 주지할 필요가 있다. 나머지 차량 중에서 A2, B2, C1, C2차량은 전체 구간에서 전반적으로 비슷한 수준의 MSDV를 나타내고 있다.



(a) Front left seat



(b) Middle center

#### 4. 차량별, 위치별 구토발생율 분석

3절에서는 주행 조건에 따라 차량별, 좌석별 멀미 발생 지수(MSDV)를 각각 계산하였는데, 4절에서는 실제로 몇 % 정도의 탑승자가 본격적인 멀미를 할 것인가를 나타내는 구토 발생율(Vomiting incidence ratio)을 계산하였다. 주행 조건과 시간은 국도 20분 주행, 경부고속도로 15분과 영동 및 중부 고속도로 15분 주행으로, 총 50분 주행에 대한 구토 발생율을 구하였다. 따라서 국도와 고속도로의 혼합비율이 유사한 주행 조건일 경우에 대해 300분 주행을 한다면 구토발생율은 5배가 증가하는 것이다.

Fig.5에는 차량별, 좌석 위치별 구토 발생율을 %로 계산하였는데, 전반적으로 0.4%에서 0.8%의 분포를 보이고 있다. 이 결과는 본 연구에서 조합한 주행 코스를 50분 주행할 때 0.4~0.8 %의 탑승자에게서 구토가 발생할 것으로

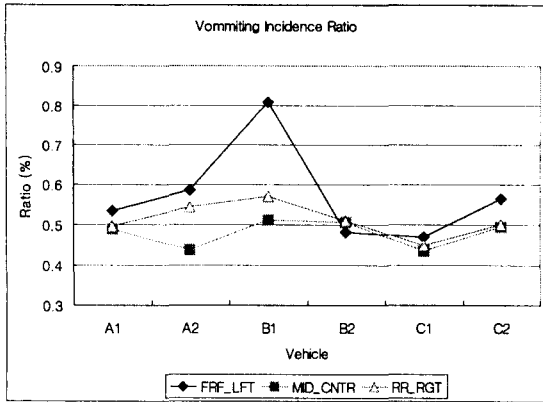


Fig.5 Vomiting incidence ratios of the selected seat positions in the 6 test vehicles

예상됨을 의미하고, 유사한 조건으로 5시간 주행한다면 2.4~4.8%의 탑승자에게서 멀미가 발생할 수 있음을 예상할 수 있다. 5시간의 이동 시간은 관광버스를 이용하여 중부 지방에서 영남 또는 호남 지방까지 고속도로와 국도를 통해 여행을 하는 경우 소요되는 시간이다. 이 때, 4.8%의 구토 발생률은 45명 탑승시 2명이 구토에 이를 수 있는 것으로 심각하게 고려해야 할 수치이다. 특히, 본 연구에서는 운전자로 하여금 급 가속, 감속을 하지 않고 국도에서 80km/h, 고속도로에서 100km/h로 정속 주행하도록 요구하였다. 따라서 주행 구간에 정체가 포함되거나 시내 구간의 통과할 경우에 이 비율은 상승할 것이 예상되며, 운전자의 성향에 따라 운행 조건이 열악해 질 경우 구토 발생률은 급격히 증가할 것이 예상된다.

좌석별 분포는 전술한 바와 같이 제일 앞 자리에서의 구토 발생률이 가장 크게 나타나고 있으며 중간 지점에서 가장 낮게 나타나고 있다. 일반적으로 버스에서 뒷 자리에서 멀미 발생이 많다는 견해가 있는데, 이는 엔진에서 새어 들어오는 기름 냄새나 배기가스 냄새에 의해 메스꺼움이 발생하거나 본 연구에서 고려하지 못한 횡방향의 거동에 의한 영향을 받기 때문인 것으로 사료된다. 실제로 멀미 발생은 인체 환경의 저주파수 운동이 결정하지만 배기가스나 기름 냄새 등이 멀미발생을 가속화시키는 것으로 알려져 있기 때문이다<sup>2)</sup>. 그리고, 뒷 자리 아래 부분에 위치한 엔진의 진동 성분 또한 인체의 복부에 불쾌감을 주기 때문에 멀미 발생을 가속시키는 성분으로 작용할 수 있다.

## 5. 결 론

본 연구에서는 국내시장에서 많이 운행되고 있는 3개사의 대표적인 관광버스를 각각 2대씩 선정하여 동일한 코스

를 정속 주행하는 경우에 대해 멀미발생 가능성을 분석해 보았다. 국도와 고속도로를 조합하여 정속 주행하여 차실내의 가속도를 측정하고 이로부터 멀미발생지수 및 구토 발생을 분석을 수행한 본 연구의 결론은 다음과 같다.

1) 차량에 대한 경향을 볼 때, 차축간의 거리가 짧은 B1 차량에서의 멀미발생 지수가 가장 높았으며, 그 외의 차량은 상대적으로 낮은 값을 보였다. 이 중에서도 특히 C1 차량이 가장 양호한 결과를 나타냈다.

2) 주행 조건별로 살펴보면 국도에서는 C1 차량과 현대 A1 차량이 가장 좋은 결과를 나타냈고, 경부고속도로에서는 A2, B2, C2 차량이 양호한 결과를 보였다. 그리고 콘크리트 도로인 영동, 중부 고속국도에서는 A1, B2, C2 차량의 멀미 지수가 낮게 나왔다.

3) 좌석 위치별 분포를 보면 앞 열 좌석에서 멀미지수가 높게 나타났고, 중간 지점에서 낮게 나타났다. 뒷 쪽 좌석에서는 멀미지수가 앞 좌석 보다 더 낮게 나타났지만 엔진의 배기가스 냄새와 횡방향으로의 거동에 의해 멀미 발생률이 증가할 가능성이 높다. 결국 멀미를 피하려면 중간 부분의 좌석 가장 유리함을 알 수 있다.

4) 탑승자 표본 집단에서의 구토 발생률 데이터를 보면 B1 차량이 50분 주행에 0.8%로 가장 크게 나왔으며, 좌석별로는 앞 자리가 가장 높게 나왔다. 차량별, 좌석별 구토발생률 분포를 보면 전체적으로 0.4% 이상의 값을 보이고 있었다. 이 값은 비교적 완만한 코스를 정속하게 정속 주행하면서 얻은 값으로서, 실제의 상황에서는 이 값보다 훨씬 높은 값이 얻어질 가능성이 매우 크다고 하겠다.

본 연구에서는 차량의 수직방향 진동과 롤 및 피치 거동을 고려하여 차실내 세 지점에서의 수직방향 진동을 산출하였으나 멀미발생 현황 분석은 수직방향 진동량만을 고려하였다. 실제로 멀미 발생에는 다른 방향의 거동도 기여할 것으로 예상되지만 이들에 평가 기준이 아직 정립되어 있지 않고, 이와 같은 이유로, 본 연구에서는 국도와 고속도로와 같이 곡선 주행이 비교적 적은 코스를 정속 주행하면서 차량을 비교하였다. 추후 방향의 진동이 멀미발생에 미치는 영향에 대한 연구들이 진행된다면 여러 방향의 진동을 동시에 고려한 멀미발생 현황의 예측이 가능해 질것으로 기대한다.

## 후 기

본 연구는 국가지정연구실 사업의 지원으로 수행되었으며, 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

## 참 고 문 헌

- (1) ISO 2631-3, Evaluation of human exposure to whole-body vibration-Part 3 : Evaluation of exposure to whole-body z-axis vertical vibration in the frequency

range 0.1 to 0.63 Hz, 1985.

(2) M. J. Griffin, *Handbook of Human Vibration*, Academic Press, 1990.

(3) ISO 2631-1, *Mechanical vibration and shock-Evaluation of human exposure to whole-body vibration*, 1997.

(4) A. Lawther and M. J. Griffin, "Prediction of the Incidence of Motion Sickness from the Magnitude, Frequency and Duration of Vertical Oscillation," *The Journal of the Acoustical Society of America*, 82, pp.957-966, 1987.

(5) S. J. Alexander and et al., "Studies of Motion Sickness; XVI, The effects upon sickness rates of waves and various frequencies but identical acceleration," *Journal of Experimental Psychology*, 37, pp.440-447, 1947.

(6) M. E. McCauley, J. W. Royal, C. D. Wylie, "Motion Sickness Incidence: Exploratory Habituation, Pitch and Roll, and the Refinement of Mathematical Model," Technical Report No. 1733-2, AD-A024 709. Human Factors Research Inc., Goleta, California, 1976.

(7) A. Lawther and et al, "The motion of a ship at sea and consequent motion sickness amongst passengers," *Ergonomics*, 29, pp.535-552, 1986.

(8) *British Standard Guide to Measurement and evaluation of human exposure to whole-body mechanical vibration and repeated shock (BS 6841)*, British Standards Institution, 1989.

(9) R. N. Andrew and A. R. J. M. Lloyd, "Full-scale Comparative Measurements of the Behavior of Two Frigates in Severe Head Seas," *Transactions of the Royal Institution of Naval Architects*, 123, pp.1-31, 1981.