

# 퍼스널 모빌리티 사고 유형별 상해 위험성 분석

김규현\*

## The Analysis of Injury Risk for the Type of Accident by Personal Mobility

Gyuhyun Kim\*

*Key Words* : Personal Mobility(개인형 이동수단), Collision(충돌), Injury(상해), Electric Wheel(전동 휠), Combined Injury Possibility(복합상해 가능성), Dummy(인체모형), Pedestrian(보행자)

### ABSTRACT

Personal mobility, which was used exclusively for leisure activities, has recently been used as a means of transportation, and it is expected to increase its role as the next generation transportation. Sales of personal mobility are increasing rapidly, but the problem is that traffic accidents are also increasing. In this study, human body injury caused by various collisions between electric wheel users and road users that occur on bicycle or pedestrian roads mainly used by personal mobility is analyzed through collision analysis and collision risk analysis. In the case of the collision accident for electric wheel, it is analyzed that the road users are more likely to be injured on the pedestrian road than the bicycle road. In addition, the head hit each other or fall and hit the floor caused severe head injury.

### 1. 서론

레저 활동에 국한되어 사용되던 퍼스널 모빌리티가 최근 이동수단으로 사용되는 경우가 많아지고 있으며, 2017년 7만 5천대 수준의 판매량이 2022년엔 20~30만대까지 가파르게 증가할 것으로 추정되고 있다.<sup>(1)</sup> 대도시화로 인한 출퇴근 교통혼잡, 주차문제를 해결하기 위한 방안 중의 하나로 퍼스널 모빌리티가 차세대 교통수단으로서 역할이 증대될 것으로 예상되며, 이를 통한 대기질 향상, 기존의 대중교통체계와의 효율적인 연계로 도심의 정체 해소에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

공해를 유발하지 않는 친환경 교통수단이라는 이유로 유럽에서도 퍼스널 모빌리티의 이용자가 급격히 증가함에 따라 유럽연합(EU)은 2006년 1월 개인형 이동수단

인 전기 미니 스쿠터의 사용을 합법화한 바 있는데 문제는 안전에 대한 요건<sup>(2)</sup> 미비 등으로 교통사고도 늘고 있다는 것이다. 스웨덴 교통청은 2010년 세그웨이 등 모페드에 대해 제동장치, 등화장치, 반사장치 등에 대한 기술 기준과 속도가 25km/h 이하로 제조토록 하는 등의 규정을 제정하였으며<sup>(3)</sup>, 네덜란드는 2014년 유사한 내용으로 규정을 만들어 도로에서 운행토록 하고 있다.<sup>(4)</sup>

우리나라도 전동휠 등 퍼스널 모빌리티 이용자 수가 늘면서 교통사고도 급격히 증가하고 있다. 2019년 2월 한국소비자원이 이용자 200명을 대상으로 한 설문조사 결과, 상당수 이용자는 자전거 도로나 인도를 주로 이용하고 있었다. 공원·대학캠퍼스·아파트 단지 내 등 '도로 이외 장소'가 69.5%, 자전거 도로가 68.0%, 인도가 66.0% 순이었다. 한편 이용자들은 주행공간 개선을 67.5%로 응답하여 가장 시급한 과제로 꼽았다.<sup>(5)</sup> 우리나라는 현행 도로교통법상 퍼스널 모빌리티는 차도의 우측 가장자리

\* 홍익대학교 기계시스템디자인공학과, 교수  
E-mail : kncap@hongik.ac.kr

를 이용하여 주행하여야 하며, 자전거 도로 및 인도를 이용할 수 없다.<sup>(6,7)</sup> 퍼스널 모빌리티에 대한 규정이나 법·제도가 갖추어져 있지 않아 사용자는 물론 주변의 자전거 탑승자 또는 보행자가 위험에 직면하고 있다.

최근 일부 지방자치단체는 출퇴근 시간 교통 혼잡 대책으로 퍼스널 모빌리티 활성화를 위해 2019년 9월부터 지하철역을 중심으로 근거리(3~5km)에서 퍼스널 모빌리티의 자전거 도로 이용을 허용하고 있다.<sup>(8)</sup> 정부는 2018년 10월에 규제도입 당시에는 타당성이 있더라도 시장 성장·기술 발전 등 사회적 변화를 반영하지 못하는 규제를 개선하기 위해 퍼스널 모빌리티의 도시공원 내 주행을 허용할 수 있도록 하였으며, 퍼스널 모빌리티의 자전거 도로 내 주행 허용에 관한 법률 개정안을 상정하여 국회에 계류 중이다.

본 연구에서 퍼스널 모빌리티(Personal Mobility, PM) 중 전동휠이 주로 이용하는 자전거 도로와 보행자 도로인 인도에서 발생하는 전동휠 이용자와 상대방 간의 다양한 충돌로 인한 인체상해 등을 충돌해석을 통해 분석하고 충돌 위험성을 비교분석 함으로써 사고의 위험성과 보다 안전한 이용환경 방안을 제시하고자 한다.

## 2. 퍼스널 모빌리티 현황

퍼스널 모빌리티란 경량화, 소형화된 개인 이동수단으로 전동휠, 세그웨이, 전동킥보드 등 한 사람이 타고 이동할 수 있는 것을 지칭하며 전기에너지로 작동하는 것이 특징이다. 일반적으로 최고속도 20~30km/h, 최대 주행거리 30~40km 등의 성능을 가지고 있는데, Fig. 1과 같이 손잡이 유무에 따라 손잡이가 없는 전동 1휠 보드, 전동 2휠 보드 등과 손잡이가 있는 세그웨이, 전동킥보드 등이 있다.

도로교통공단은 2017년부터 경찰에 신고된 사고로 집



Fig. 1 Type of personal mobility

Table 1 The number of accidents for personal mobility

Year	PM vs. PM & etc.	PM vs. Pedestrian	PM Single	Total
2017	58(1)	33(0)	26(3)	117(4)
2018	141(1)	61(1)	23(2)	225(4)

Note) 1. ( ) is number of fatality.

2. The statistics is accidents by PM drivers attacker.

계된 퍼스널 모빌리티의 교통사고 통계자료 규칙을 작성하기 시작하였으며, Table 1과 같이 사고는 2017년 117건에서 2018년 225건 발생하여 92.3% 증가, 보행자에 부딪힌 사고는 84.8% 증가한 것으로 나타났다.<sup>(9)</sup>

## 3. 해석모델

### 3.1. 개인형 이동수단 해석모델

퍼스널 모빌리티(이하 'PM' 이라 한다.)가 자전거나 자동차에 직접 충돌하는 형상이 아니며 이용자의 이동속도와 충돌 높이만을 고려하면 되므로 Fig. 2와 같이 전동 1휠 보드(이하 '1휠'이라 한다.)와 전동 2휠 보드(이하 '2휠'이라 한다.)를 강체나 부분 강체로 모델링 하였으며, CAD 데이터는 공개자료를 이용하였다.

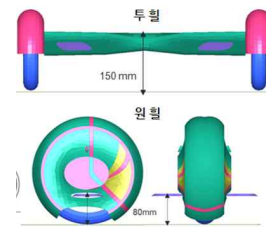


Fig. 2 The modeling of electric wheel board

### 3.2. 자전거 해석모델

자전거와 PM의 충돌을 모사하기 위하여 Fig. 3과 같이 자전거 모델을 구성하고, 탑승자와 충돌 가능성 있는 바퀴와 본체는 변형체로 모델링 하였다.



Fig. 3 The modeling of bicycle

3.3. 인체모형 해석모델

PM 이용자, 자전거 탑승자 또는 보행자에 대한 모델링은 Fig. 4와 같이 ㈜알테어 엔지니어링에서 개발한 RADIOSS 용 인체모형(Dummy) 해석모델을 사용하였으며, 관절 부위가 자유롭게 움직여서 적절한 자세를 취할 수 있도록 모델링 하였다.

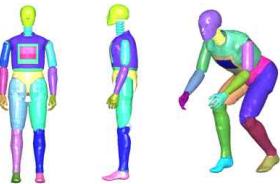


Fig. 4 The modeling of ATD

4. 인체상해 평가 기준

PM의 충돌로 인체의 상해 평가 기준은 자동차를 48.3km/h로 고정벽에 정면충돌하였을 때 요구하는 안전기준으로 하였으며, Table 2와 같이 자동차 충돌시험에 사용되는 Hybrid III 50% lie 성인남성 인체모형의 머리, 목, 가슴 등의 상해 기준을 평가 기준으로 사용하였다.<sup>(10-12)</sup>

Table 2 Requirements of injury criteria

Head	HIC at 36 ms	1,000
Neck	Shear force (Fx)	3.1 kN
	Tension force (Fz)	3.3 kN
	Bending moment (My)	57 Nm
Thorax	Acceleration	60 g
	Deflection	50 mm
	Viscosity criteria	1 mm/ms
Lower extremity	Femur load	9.1 kN
Tibia	Compression	8.0 kN
	Tibia index	1.3

또한, 자동차안전도평가(NCAP)에서 안전도를 평가하는 복합상해가능성 지수( $P_{comb}$ )를 적용하였는데, 이것은 인체 부위 중 가장 치명적인 머리와 흉부에 받게 되는 충격량을 측정하여 그 충격으로 인해 중상(AIS 4)을 입을 가능성을 계산하는 것으로서 산출 식은 다음 식 (1)과 같다.<sup>(13)</sup>

$$P_{comb} = P_{head} + P_{chest} - P_{head} \times P_{chest} \quad (1)$$

$$P_{head} = \{1 + \exp[5.02 - 0.00351 \times HIC]\}^{-1}$$

$$P_{chest} = \{1 + \exp[5.55 - 0.0693 \times Chest\ G]\}^{-1}$$

중상(AIS 4)은 미국의 자동차의학진흥협회에서 마련한 약식상해등급(Abbreviate Injury Scale)에 의한 4등급, 즉 6~24시간의 의식불명, 소 혈종 또는 양쪽 늑골 3개 이상의 골절, 흉부의 손상 이상의 상해를 의미한다.

5. 충돌방법

PM은 현재 차도로만 주행할 수 있으며 자동차의 주행속도가 일반적으로 높은 관계로 충돌사고 시 자전거 도로나 보행자 도로에서의 사고 보다 이용자가 더 위험할 것으로 예상된다. 여기서는 PM 중 전동휠이 많이 이용하는 자전거 도로와 보행자 도로에서 발생하는 전동휠 충돌사고를 유형화하여 충돌방법을 설정하였으며, 전동휠의 충돌속도는 전기자전거의 전기 동력 보조 기능 최고속도인 25km/h로 설정하였다. 여기서, ‘퍼스널 모빌리티(PM) 이용자’를 ‘PM’으로, ‘자전거 탑승자’를 ‘자전거’ 등으로 운송수단만으로 표기하기로 한다.

5.1. 자전거 도로에서 PM과 자전거 간의 충돌방법

자전거와의 정면충돌의 경우 상호 인지하여 감속함을 가정하여 Fig. 5와 같이 PM(전동휠)과 자전거의 충돌속도를

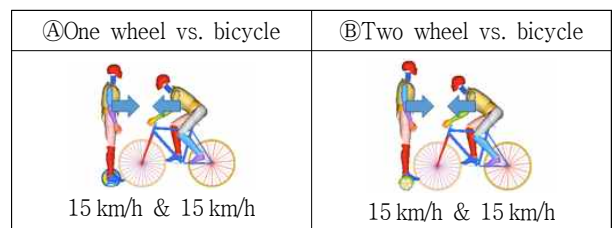


Fig. 5 Frontal collision between PM and bicycle

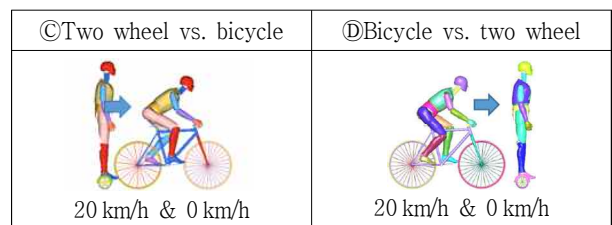


Fig. 6 Rear collision between PM and bicycle

각각 15km/h로 설정하였으며, 자전거 도로에서 추돌의 경우 자전거 또는 전동휠이 전방으로 이동하고 있음을 가정하여 Fig. 6과 같이 추돌 속도를 20km/h로 하였다. 자전거 도로에서 PM(전동킥보드)와의 정면 및 측면충돌 관련 충돌해석 연구에서 충돌속도는 동일한 속도로 수행된 바 있다.<sup>(14)</sup>

5.2. 보행자 도로에서 PM과 보행자 간의 충돌방법

보행자 도로에서 PM(1휠, 2휠)과 보행자 간의 25km/h 정면충돌하는 것으로서 Fig. 7과 같다.

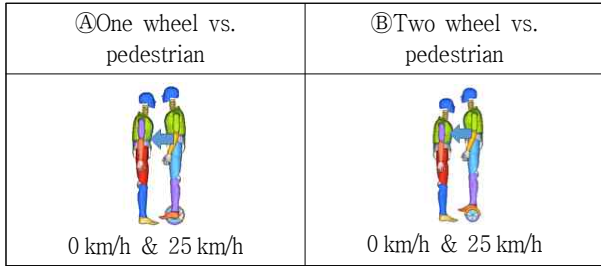


Fig. 7 Frontal collision between PM and pedestrian

PM(1휠, 2휠)과 보행자 간의 25km/h 측면충돌과 전신주나 나무 등 지주와의 25km/h 75도 측면충돌하는 것으로서 Fig. 8과 같다.

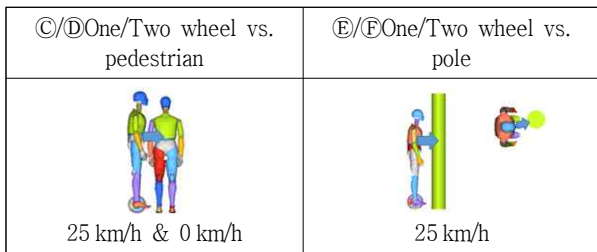


Fig. 8 Lateral collision between PM and pedestrian·pole

PM(1휠, 2휠)과 보행자 간의 25km/h 후면 추돌하는 것으로서 Fig. 9와 같다.

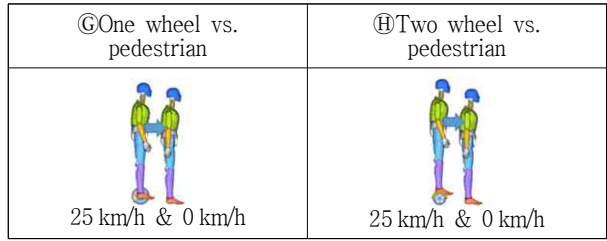


Fig. 9 Rear collision between PM and pedestrian

6. 충돌 해석결과

6.1. 자전거 도로에서의 충돌 해석결과

6.1.1. 정면충돌

자전거 도로에서 Fig. 5와 같이 PM(1휠, 2휠)이 자전거와 정면충돌 시 해석한 결과는 Table 3과 같이 나타났다. 1휠과 2휠이 자전거에 정면충돌한 경우 Fig. 10과 같이 이용자의 머리와 자전거 탑승자의 머리가 서로 부딪치면서 상해값이 매우 높게 나타났으며, 1휠 또는 2휠에 부딪힌 자전거의 복합상해가능성이 100%로 매우 높게 나타났다. 또한, 1휠, 2휠 및 자전거에서 목 상해값이 기준치를 초과하였으며, 자전거에서 대퇴골 또는 경골의 상해값이 기준치를 초과하는 것으로 나타났다.

6.1.2. 추돌

자전거 도로에서 Fig. 6과 같이 PM(1휠, 2휠)이 자전거와 후면 추돌 시 해석한 결과는 Table 4와 같이 나타났다.

Table 3 The results of analysis at frontal collision between wheel board and bicycle

Collision type	Injury Criteria	Speed (km/h)	Head	Neck			Thorax			Femur	Tibia		Possibility of combined injury (%)
			HIC <sub>36</sub>	Fx (kN)	Fz (kN)	My (Nm)	Accel. (g)	Cd (mm)	V*C (mm/ms)	Femur Force(kN)	Comp. (kN)	Tibia Index	
			1,000	3.1	3.3	57	60	50	1	9.1	8.0	1.3	
Frontal (A)	One wheel	15	<b>3,007</b>	<b>3.1</b>	<b>9.3</b>	<b>84.4</b>	24.2	28.3	0.5	4.0	2.6	0.6	<b>100</b>
	Bicycle	15	<b>1,427</b>	1.6	<b>17.7</b>	51.6	3.8	2.1	0.0	5.9	0.4	<b>1.4</b>	<b>50</b>
Frontal (B)	Two wheel	15	552 <b>(1,048*)</b>	1.5	<b>7.1</b>	<b>69.2</b>	59.8	25.4	0.7	5.9	1.7	0.8	<b>23 (36)</b>
	Bicycle	15	<b>4,382</b>	<b>4.0</b>	<b>14.1</b>	<b>85.9</b>	19	2.1	0.0	<b>12.6</b>	0.5	<b>2.9</b>	<b>100</b>

Note) The value marked \* is in case dummy impacts to ground.

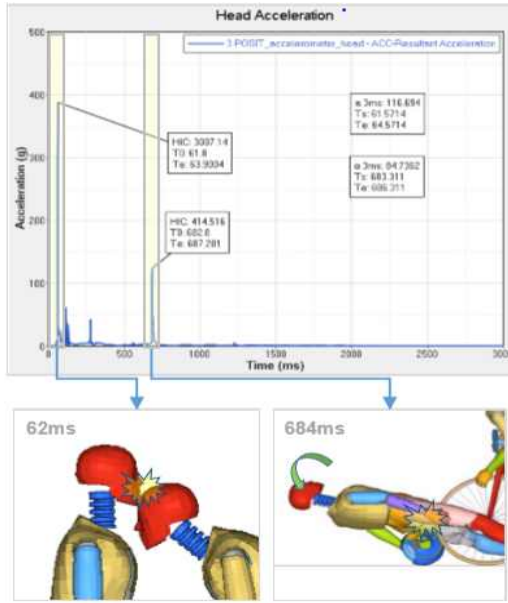


Fig. 10 Head acceleration for one wheel at frontal collision

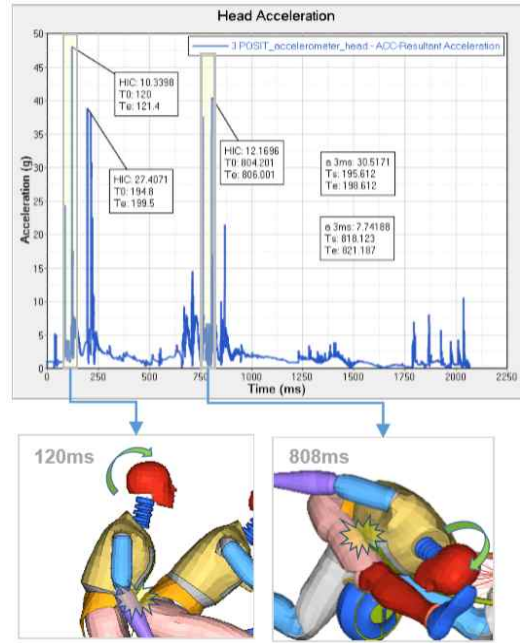


Fig. 11 Head acceleration for one wheel at rear collision

Table 4 The results of analysis at rear collision between wheel board and bicycle

Collision type	Injury criteria	Speed (km/h)	Head	Neck			Thorax			Femur	Tibia		Possibility of combined injury (%)
			HIC <sub>36</sub>	Fx (kN)	Fz (kN)	My (Nm)	Accel. (g)	Cd (mm)	V*C (mm/ms)	Femur Force(kN)	Comp. (kN)	Tibia Index	
			1,000	3.1	3.3	57	60	50	1	9.1	8.0	1.3	
rearC	One wheel	20	27	0.3	3.1	17.4	56.9	7.3	0.0	6.4	5.3	1.1	17
	Bicycle	0	110	0.2	3.1	15.8	<b>89.9</b>	3.2	0.0	7.4	0.6	1.3	<b>67</b>
rearD	Two wheel	20	492	0.5	<b>4.7</b>	21.2	51.1	7.7	0.0	<b>10.0</b>	4.8	0.9	15
	Bicycle	0	613	2.9	3.1	29.2	58.5	12.4	0.0	8.6	0.8	1.2	23
rearE	Bicycle	20	<b>1,657</b>	1.9	<b>8.1</b>	56.6	23.0	7.0	0.0	2.3	0.4	<b>2.6</b>	<b>69</b>
	Two wheel	0	302	1.9	<b>5.8</b>	34.7	52.1	18.0	0.1	8.6	1.0	<b>9.2</b>	14

Table 5 The results of analysis at frontal collision between wheel board and pedestrian

Collision type	Injury criteria	Speed (km/h)	Head	Neck			Thorax			Femur	Tibia		Possibility of combined injury (%)
			HIC <sub>36</sub>	Fx (kN)	Fz (kN)	My (Nm)	Accel. (g)	Cd (mm)	V*C (mm/ms)	Femur Force(kN)	Comp. (kN)	Tibia Index	
			1,000	3.1	3.3	57	60	50	1	9.1	8.0	1.3	
Frontal A	One wheel	25	<b>1,025</b>	2.3	<b>3.9</b>	34.9	51.9	29.5	0.5	6.4	<b>9.2</b>	0.9	29
	Pedestrian	0	<b>1,118 (2,191*)</b>	2.3*	<b>9.8*</b>	41.6*	<b>65.8</b>	28.6	0.5	4.0	3.3	<b>1.6</b>	<b>45 (95)</b>
Frontal B	Two wheel	25	<b>1,371</b>	2.2	5.5	30.9	31.1	26.1	0.5	<b>11.4</b>	<b>12.8</b>	<b>1.9</b>	47
	Pedestrian	0	<b>1,761 (3,251*)</b>	2.6	<b>8.0</b>	42.2	49.3	29.9	0.7	4.5*	3.3*	<b>1.6*</b>	<b>79 (100)</b>

Note) The value marked \* is in case dummy impacts to ground.



PM(1월, 2월)과 자전거의 후면 추돌 시 Fig. 11과 같이 서로 부딪히며 자전거의 복합상해가능성이 더 높은 것으로 나타났다. 또한, 자전거가 2월에 추돌 시 복합상해가능성은 자전거 69%, 2월 14%로 자전거가 더 위험한 것으로 나타났다.

해가가능성이 더 높게 나타났으며, 이는 보행자가 넘어져 바닥에 부딪히면서 머리는 물론 목 또는 대퇴골 및 경골의 상해값을 증가시키는 것으로 나타났다. 2월의 경우 Fig. 12와 같이 머리가 보행자의 머리와 부딪혀 상해값이 기준을 초과하며 복합상해가능성이 47%로 나타났으며, 보행자는 넘어져 바닥에 부딪히면서 머리와 목의 상해값이 기준을 크게 초과하여 100%로 나타났다.

6.2. 보행자 도로에서의 충돌 해석결과

6.2.1. 정면충돌

보행자 도로에서 Fig. 7과 같이 PM이 보행자와 정면 충돌 시 해석한 결과는 Table 5와 같이 나타났다. PM(1월, 2월)이 보행자에 정면충돌 시 PM 보다 보행자의 상

6.2.2. 측면충돌 및 지주 측면충돌

보행자 도로에서 Fig. 8과 같이 PM이 보행자와 측면 충돌 시 해석한 결과는 Table 6과 같이 나타났다.

PM(1월, 2월)이 보행자에 측면충돌 시 PM 보다 보행

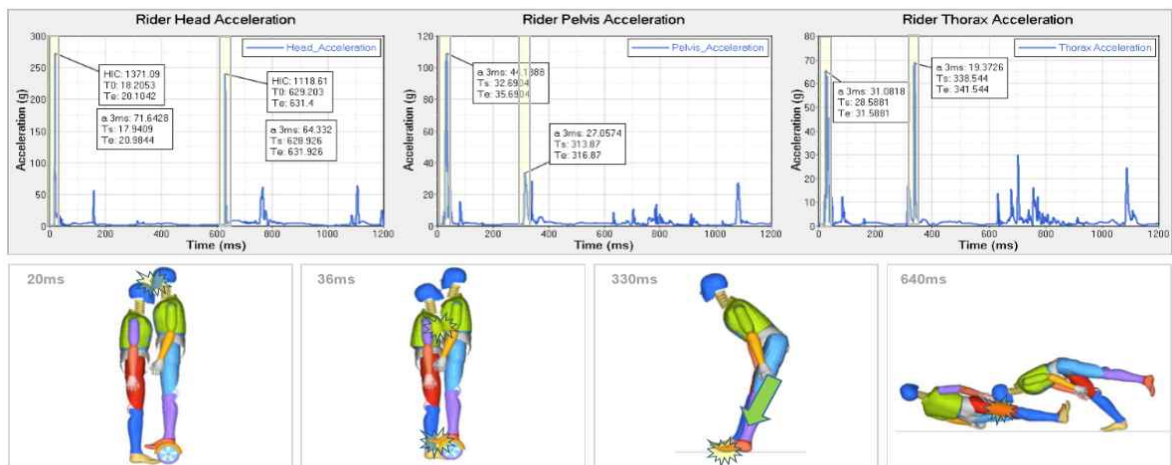


Fig. 12 Acceleration curves for one wheel at frontal collision between one wheel board and pedestrian

Table 6 The results of analysis at lateral collision between wheel board and pedestrian·pole

Collision type	Injury criteria	Speed (km/h)	Head			Neck			Thorax			Femur	Tibia		Possibility of combined injury (%)
			HIC <sub>36</sub>	Fx (kN)	Fz (kN)	My (Nm)	Accel. (g)	Cd (mm)	V*C (mm/ms)	Femur Force(kN)	Comp. (kN)	Tibia Index			
			1,000	3.1	3.3	57	60	50	1	9.1	8.0	1.3			
Lateral ㉠	One wheel	25	961	1.3	2.8	36.3	<b>76.7</b>	20.1	0.3	2.4	2.1	0.5	<b>53</b>		
	Pedestrian	0	<b>1,059 (9,323*)</b>	<b>5.1*</b>	<b>16.0*</b>	<b>175.5*</b>	<b>73.1</b>	4.2*	0.0*	5.9	5.3	2.0	<b>51 (100)</b>		
Lateral ㉡	Two wheel	25	701	1.8	3.2	14.1	<b>105.3</b>	22.7	0.6	4.1	4.7	0.7	<b>86</b>		
	Pedestrian	0	<b>896 (6,374*)</b>	3.0*	<b>14.5*</b>	27.8*	<b>86.3</b>	2.7*	0.0*	7.2*	4.4*	<b>2.3*</b>	<b>66 (100)</b>		
Lateral pole 75° ㉢	One wheel	25	<b>7,701</b>	<b>3.2</b>	<b>6.6</b>	37.5	<b>161.7</b>	36.7	<b>1.1</b>	6.9	4.0	<b>1.8</b>	<b>100</b>		
Lateral pole 75° ㉣	Two wheel	25	<b>10,534</b>	<b>3.7</b>	<b>4.4</b>	112.8	<b>149.2</b>	36.5	<b>1.6</b>	7.3	6.3	<b>2.0</b>	<b>100</b>		

Note) The value marked \* is in case dummy impacts to ground.

자의 상해가능성이 더 높게 나타났으며, 이는 보행자가 넘어져 바닥에 부딪히면서 머리는 물론 목, 또는 대퇴골 및 경골의 상해값을 증가시키는 것으로 나타났다. 2월의 경우 Fig. 13과 같이 2월의 가슴이 보행자의 어깨와 먼저 부딪히고 머리와 부딪혔는데 가슴 상해값이 기준을 크게 초과하며 복합상해가능성이 86%로 나타났으며, 보행자

는 넘어져 바닥에 부딪히면서 머리, 목 및 대퇴골에 큰 충격이 가해져 복합상해가능성이 100%로 나타났다.

지주 75도 측면충돌 시 1월 및 2월 모두 머리와 가슴 상해값이 매우 높게 나타나며 복합상해가능성이 100%로 매우 위험한 것으로 나타났으며, 이를 비교한 그래프는 Fig. 14와 같다.

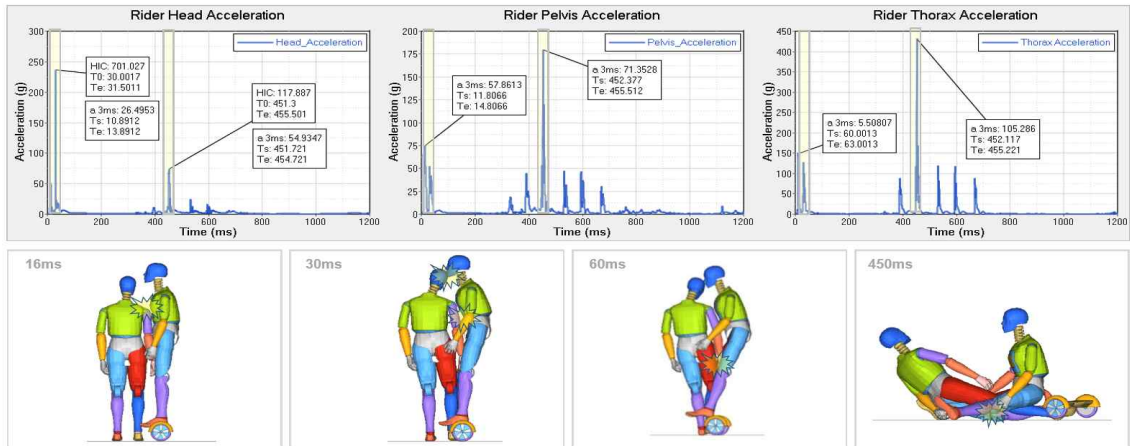


Fig. 13 Acceleration curve for one wheel at lateral collision between two wheel board and pedestrian

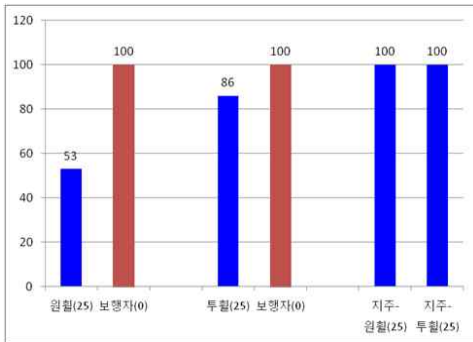


Fig. 14 The comparison of combined injury possibility (%) at lateral collision

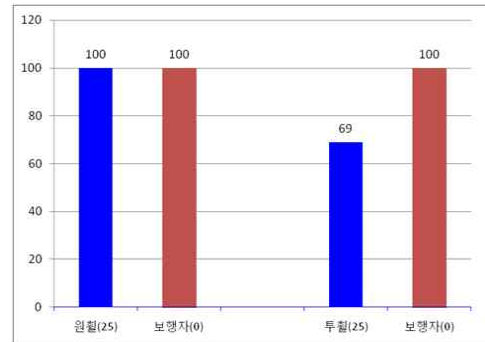


Fig. 15 The comparison of combined injury probability (%) at rear collision

Table 7 The results of analysis at rear collision between wheel board and pedestrian

Collision type	Injury Criteria	Speed (km/h)	Head	Neck			Thorax			Femur	Tibia		Possibility of combined injury (%)
			HIC <sub>36</sub>	Fx (kN)	Fz (kN)	My (Nm)	Accel. (g)	Cd (mm)	V*C (mm/ms)	Femur Force(kN)	Comp. (kN)	Tibia Index	
			1,000	3.1	3.3	57	60	50	1	9.1	8.0	1.3	
rear <sup>Ⓒ</sup>	One Wheel	25	<b>4,408</b>	1.3	<b>3.3</b>	34.3	57.1	22.3	0.6	7.6	4.6	<b>2.4</b>	<b>100</b>
	Pedestrian	0	<b>3,787</b>	2.2	<b>9.7*</b>	<b>98.0*</b>	<b>85.7</b>	8.8*	0.1	4.9*	4.9*	<b>1.5*</b>	<b>100</b>
rear <sup>Ⓓ</sup>	Two wheel	25	<b>1,211 (1,592*)</b>	2.2	<b>7.5</b>	<b>94.2</b>	55.1	14.2	0.2	5.6	5.9	1.2	<b>42 (69)</b>
	Pedestrian	0	<b>1,873 (5,090*)</b>	1.1	<b>3.3*</b>	31.6*	58.4	8.7*	0.1	5.5	3.8	<b>1.8</b>	<b>86 (100)</b>

Note) The value marked \* is in case dummy impacts to ground.

PM(1월, 2월)이 보행자에 후면 충돌 시 1월·2월 및 보행자 모두 머리 상해값이 매우 높게 나타났으며, Fig. 15와 같이 복합상해가능성은 보행자가 모두 100%, 1월이 100%, 2월은 69%로 매우 위험한 것으로 나타났다. 또한, 2월에 부딪힌 보행자가 넘어져 바닥에 부딪히면서 머리 상해값이 크게 초과하는 것으로 나타났다.

## 7. 종합 분석

자전거 도로의 경우, 정면충돌하는 PM(1월, 2월)에 정면으로 부딪힌 자전거는 복합상해가능성이 100%로 나타나 매우 위험한 것으로 나타났으며, 후면 충돌 시 PM보다 자전거의 복합상해가능성이 더 높게 나타났다.

보행자 도로의 경우, PM(1월, 2월)이 보행자에 정면 또는 측면충돌 시 PM보다 보행자의 상해가능성이 대체로 2~3배 높게 나타났으며, 특히 보행자가 넘어져 바닥에 부딪히면서 복합상해가능성이 95~100%로 매우 위험한 것으로 나타났다. PM(1월, 2월)이 보행자에 후면 충돌 시 PM 및 보행자 모두 머리 상해값이 매우 높게 나타났으며, 복합상해가능성이 보행자는 모두 100%, 1월 100%, 2월 69%로 매우 위험한 것으로 나타났다.

자전거 도로의 PM(1월, 2월) 및 자전거의 인체상해를 총 10회 분석한 결과, 사고 시 사망가능성이 가장 높은 신체부위인 머리상해기준값(HIC)이 1,000을 초과한 것이 5회(50%), 복합상해가능성이 90%를 초과한 것이 2회(20%)로 나타난 반면, 보행자 도로의 PM 및 보행자의 인체상해를 총 14회 분석한 결과 머리상해기준값이 1,000을 초과한 것이 12회(86%), 복합상해가능성이 90%를 초과한 것이 9회(64%)로 분석되어 자전거 도로에서의 PM 운행이 상대적으로 보행자 도로보다 안전한 것으로 사료된다.

상기의 분석에서 실제 사람이 충돌하는 상황이라면 사고를 인지한 경우 충돌을 완화하는 움직임 등으로 상해가 해석결과 보다 감소할 수 있을 것으로 사료된다.

## 8. 결 론

본 연구는 최근 국내에서 급격히 증가하고 있는 퍼스널 모빌리티(1월, 2월)가 자전거 도로 또는 보행자 도로에서 운행되면서 도로 이용자와의 충돌로 인한 사고 발생 시 충돌해석을 통한 인체상해 위험성 등을 분석하였다.

본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 보행자 도로의 경우, PM이 보행자에 정면 또는 측면충돌 시 PM보다 보행자의 복합상해가능성이 대체로 2~3배 높게 나타났으며, 특히 보행자가 넘어져 바닥에 부딪히면서 복합상해가능성이 매우 높게 나타났다.
- 2) PM과 자전거 또는 보행자 간의 충돌 시 PM 운전자와 자전거 탑승자의 머리가 서로 부딪치거나 충돌 후 넘어지면서 바닥에 부딪혀 심한 머리 상해가 발생하는 것으로 나타났으며, 헬멧 착용이 필요한 것으로 사료된다.
- 3) PM 충돌사고 시 자전거 도로보다 보행자 도로에서 도로 이용자의 복합상해가능성이 더 높은 것으로 분석되어 PM은 보행자 도로보다 자전거 도로에서 운행하는 것이 보다 안전한 것으로 사료된다.
- 4) 퍼스널 모빌리티의 운전자가 자전거 도로, 또는 보행자 도로에서 운행을 위한 적정속도, 헬멧을 착용 시 상해감소 효과 등 추가 연구가 필요한 것으로 사료된다.

## 후 기

본 연구는 홍익대학교 신임교수 연구지원비에 의하여 지원되었습니다.

## 참고문헌

- (1) 김사리, 2017, “스마트모빌리티 브리프”, 한국교통연구원 KOTI Brief, 2017 Vol. 1, No. 3, pp. 5.
- (2) B J Hardy, J A Carroll, M Pitcher, 2008, “Comparison of safety requirements in quadricycles and cars”, TRL PPR 669, S801/V6, pp. 8~11.
- (3) 스웨덴 교통청, 2010, “규정 2010-144: Transport Agency regulations amending Regulations (TSFS 2009: 31) on bicycles, horse-drawn vehicles and kick sleds”.
- (4) 네덜란드, 2014, “정부관보-34933(2014.12.3): STAATSCOURANT Nr. 34933, 3 December 2014”.
- (5) 윤혜성, 2019, “개인형 이동수단 안전실태조사” 한국소비자원, pp. 27 & 39.
- (6) 행정안전부, 2019, “도로교통법”, 제6조(통행의 금지 및 제한).
- (7) 행정안전부, 2019, “자전거 이용 활성화에 관한 법률”, 제32조(자전거 도로의 구분).



- (8) 중앙일보, 2019, “FOCUS 안전과 혁신 줄 타는 전동킥보드”, 중앙SUNDAY 2019.8.17일~18일, pp. 17.
- (9) 도로교통공단, 2019, 전동킥보드 사고통계.
- (10) 국토교통부, 2018, “자동차 및 자동차부품에 관한 성능과 기준에 관한 규칙”, 자동차관리법, pp. 863~864.
- (11) Gyuhyun Kim, Ouksub Lee, Siwon Hwang, 2000, “Experimental Study on Neck Injury in Low Speed Frontal and Rear-End Collisions”, KSME International Journal, Vol. 14, No. 11, pp. 1233~1234.
- (12) Gyuhyun Kim, Ouksub Lee, Seungsuk Yoo, 1997, “Experimental Study on Impact Absorbing Performance of Motorcycle Helmets”, KSME International Journal, Vol. 11, No. 3, pp. 293~294.
- (13) 국토교통부 고시 제2019-142호, 2019, “자동차 안전도 평가시험 등에 관한 규정”, 제5조(평가시험 방법 등).
- (14) 김사리, 2017, “스마트모빌리티 브리프”, 한국교통연구원 KOTI Brief, 2017 Vol. 1, No. 4, pp. 5~6.