

## 보행자의 두부(頭部)가 승용차의 전면유리에 닿는 최저속도에 관한 연구

### A Study on Minimum Speed of Vehicle in Collision between Pedestrian Head and Windshield

심재귀\*  
(Jae-kwi Shim)  
(The Road Traffic Authority)

이상수\*\*  
(Sangsoo Lee)  
(Ajou University)

#### 요약

본 연구는 차량-보행자 사고시 보행자의 신장에 따라 보행자의 두부가 승용차의 전면유리에 닿을 수 있는 최저 속도를 제시하기 위하여 수행되었다. 마디모(MADYMO) 프로그램을 사용하여, NF쏘나타 차량에 대하여 보행자의 신장을 160cm, 170cm, 180cm로 구분하여 평가하였다. 평가 결과, 승용차의 최저 속도값은 보행자의 신장이 160cm인 경우 약 49km/h, 170cm일 때 약 41km/h, 그리고 180cm일 때 약 29km/h로 나타났다. 이러한 값은 승용차 대 보행자 교통사고에서 승용차의 전면유리에 보행자 두부의 충돌흔적이 있을 시 속도추정의 중요 자료로 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

Key Words : 마디모, 보행자사고, 전면유리, 시뮬레이션, 보행자 신장

#### ABSTRACT

This paper try to identify the minimum speed of vehicles in collision between pedestrian head and windshield at vehicle-pedestrian accidents. The MADYMO program was used with NF Sonata vehicle and pedestrian in height of 160cm, 170cm, and 180cm. From the simulation results, it was found that the minimum speed of vehicle was different for each pedestrian height : 49km/h for 160cm, 41km/h for 170cm, and 29km/h for 180cm. The results could be used in speed estimating process when there is a collision trace between pedestrian head and windshield at vehicle- pedestrian accident investigation.

Key words : MADYMO, pedestrian accident, windshield, simulation, pedestrian height

\* 주저자 : 도로교통공단 경기지부 사고조사연구원

\*\* 교신저자 : 아주대학교 교통시스템공학과 교수

† Corresponding author : Sangsoo Lee(Ajou University), E-mail [sslee@ajou.ac.kr](mailto:sslee@ajou.ac.kr)

† Received 20 September 2016; reviewed 30 September 2016; Accepted 9 October 2016

## I. 서 론

### 1. 연구의 배경 및 목적

경찰청 통계자료에 의하면 2013년에 발생한 차대사람 교통사고 건수는 49,130건으로서 2013년 전체 교통사고 215,354건의 22.8%를 차지하고, 2013년 차대사람 교통사고로 인한 사망자는 1,928명이다[1]. 그리고 2014년에 발생한 차대사람 교통사고는 50,315건으로 2014년에 발생한 전체 교통사고 223,552건의 22.5%를 차지하며, 2014년 차대사람 교통사고로 인한 사망자는 1,843명이다[2]. 위와 같은 통계자료로 볼 때, 차대사람 교통사고는 최근 해마다 약 50,000건 내외, 약 22% 전·후로 꾸준히 발생하고 있는 사실을 알 수 있고 관련된 사망자 수도 큰 것으로 나타났다.

최근 블랙박스를 장착한 차량 및 CCTV의 증가로 인해 차대사람 교통사고가 발생하는 상황을 육안으로 확인할 수 있는 경우가 많아지고 있다. 그러나 블랙박스나 CCTV 영상이 확보되지 않은 차대보행자 교통사고의 경우 대부분 충돌지점을 판단할 수 있는 증거자료가 확인되지 않아 충돌지점을 특정할 수 없는 어려움이 있고, 충돌지점을 특정할 수 없으므로 인해 보행자 충돌 시 최소한의 속도를 추정하여 제시하기 어려운 경우가 많다. 그리고 현재까지 확보된 차대보행자 교통사고 영상이 부족하여 보행자의 차량 충돌에 관련된 속도에 관한 통계적 기법을 활용한 분석도 수행하기 어려운 실정이다. 또한 승용차의 전면 유리에 모발, 화장품흔적 등 보행자 두부의 충돌흔적이 발견되는 경우에도 이와 관련된 연구가 없는 관계로 사고 시 차량의 충돌 속도를 추정하기 매우 어려운 현실이다.

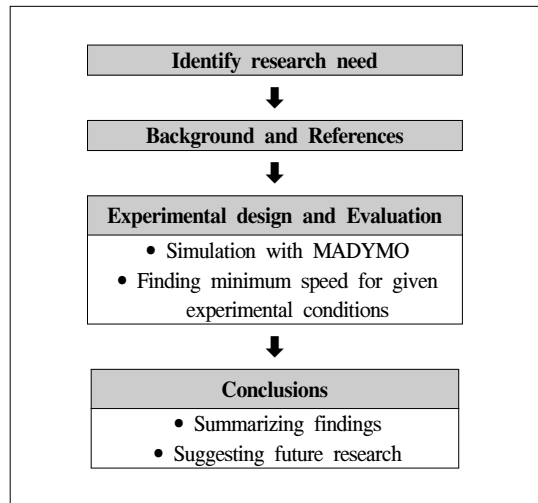
본 연구의 목적은 보행자교통사고를 재현할 수 있는 마디모(MADYMO) 프로그램을 활용하여 차대보행자 교통사고에서 보행자의 두부(頭部)가 승용차의 전면 유리에 닿을 수 있는 최저 속도를 제

시하여, 승용차의 전면유리에 보행자 두부의 충돌흔적이 있을 시 승용차의 속도를 추정할 수 있는 보조 자료로 활용하는데 주안점이 있다. 이를 통하여 차대사람 사고 시 현장에서 측정된 승용차의 속도 추정값의 신뢰도를 높이는 데 크게 기여할 수 있다.

### 2. 연구의 방법 및 범위

본 논문에서는 차대보행자 사고에서 보행자의 두부(頭部)가 승용차(현대자동차 NF쏘나타)의 전면유리와 충돌하는 최저 속도를 추정하기 위해 마디모(MADYMO) 프로그램에서 보행자의 신장의 범위를 160cm, 170cm, 180cm로 적용하여 시뮬레이션을 시행 하였고, 보행자의 두부(頭部)가 승용차의 전면유리에 닿을 수 있는 승용차의 최저속도를 추정하였다.

본 연구의 수행과정은 다음과 같다.



〈Fig. 1〉 Research Process

## II. 이론적 배경 및 문헌고찰

### 1. 차대보행자 충돌현상의 이해

차대보행자 사고 시 보행자는 충돌단계, 비행 단계, 미끄러지고 구르는 3가지 단계를 거치게

된다[3].

첫 번째의 충돌단계(contact phase)에서 보행자는 차의 속도와 거의 가깝게 가속된다. 신체의 일부가 범퍼, 전면부 끝단, 보닛(bonnet) 패널 또는 차량의 전면유리와 접촉할 수 있다. 그리고 어린이, 큰 트럭이나 버스에 치인 성인은 차량 밑으로 들어가 역과 될 수도 있다.

두 번째의 비행단계(flight phase)는 만약에 차량이 제동되었다면 신체는 차량으로부터 분리되고 자유비행(free flight)한다. 보행자가 튕겨 날아간 직후의 속도는 차량의 충돌속도와 같다고 생각해도 된다. 실제로 모형 인형을 이용하여 충돌실험을 한 결과 보행자가 튕겨 날아간 거리는 거의 충돌속도의 제곱에 비례하는 것으로 나타난다.

마지막 미끄럼 단계(Sliding phase)에서 지상에 떨어진 보행자는 노상을 미끄러진 후 정지한다. 이 운동시간은 대개 2초 이내이다. 이 단계에서 보행자는 나무, 바위 연석 등에 충돌될 수도 있고, 미끄러질 때의 감속도는 약 0.7g ~1.2g 사이이다.

## 2. 보행자 신체의 충격손상 유형

차대보행자 충돌 시 보행자 신체가 손상을 입는 경우는 크게 4가지로 구분할 수 있다[4]. 범퍼(bumper)는 차중에 상관없이 최전방에 위치하므로 정면충돌 시 인체와 가장 먼저 접촉하게 되는데 이로 인한 손상을 1차 충격손상(primary impact injury)이라 한다. 1차 충격손상은 차량의 전면 범퍼와 보행자의 하퇴부와 의 접촉이고 범퍼는 많이 변형되지 않지만 보행자의 하체부는 상해를 입는다.

성인 보행자의 무게중심 위치는 거의 요부 부근으로서 충돌점보다 위에 있으므로 몸은 회전하여 보닛(bonnet) 위로 올라가고, 보행자는 보닛(bonnet) 위를 차량의 후방을 향해 넘어진다. 2차 충격손상은 보닛 위로 들어 올려진 보행자가 보닛의 상면이나 전면유리, 와이퍼(wiper) 또는 프레임(frame)에 보행자의 팔꿈치, 어깨, 두부 및 안면부 등이 충격되어 발생하는 손상된다. 차량의 속도가 높으면 두

부가 전면유리 또는 프레임에 부딪혀 상해를 입으며, 차량의 속도가 더욱 높은 경우에는 보행자는 회전을 계속하여 다리가 차량의 지붕에 충돌한다.

3차 충격손상(tertiary injury)은 자동차에 충격된 후 지상에 직접 쓰러지거나 뺏다가 떨어져 지면이나 지상구조물 등에 의해 입는 손상을 말한다. 차량과 충돌한 보행자는 충격을 가한 차량이나 제 2, 제3의 차량에 의해 역과(run-over injury) 될 수 있다. 차륜에 의해 역과 되었을 때 항상 그렇지는 않지만 매우 심각한 손상을 입을 수 있다.

## 3. 보행자 사고유형

차대보행자 사고에서 충돌 후의 보행자 유형은 다음과 같이 5가지로 분류할 수 있다[5].

첫째는 차량 전면 범퍼와 보행자 신체 경골부와 의 접촉으로 보행자 신체는 후드 위로 들려져 차량을 감싸는 형태를 취한다. 대부분 성인에서 많이 발생하며 충돌 차량이 감속하여 제동한다.

둘째는 무게 중심이 낮은 어린이, 노약자 및 벤, 트럭, 버스와 같이 차량의 전면이 높은 차량과 충돌 시 주로 발생하는 유형이다. 차량 전면과 보행자 충돌로 인해 보행자의 상체가 차량의 진행방향으로 급격히 회전하게 되며, 충격력이 보행자의 무게중심을 향하며, 보행자는 대개 전도된다.

셋째는 차량의 제동여부와는 관계없이 보행자가 차량 가장자리 모서리 등에 충돌될 때 발생한다. 충격력은 보행자의 무게중심 밑으로 작용한다.

넷째는 충돌 시 차량이 제동하지 않거나 무게중심이 높은 보행자와 충돌 시 주로 발생하며, 보행자는 차량의 지붕 위로 넘어가 차량의 뒤에서 최종위치하게 된다. 32km/h 이하의 속도에서는 잘 발생되지 않고, 보통 60km/h 이상에서 발생된다.

마지막으로 충돌 후 높은 충격으로 인해 보행자 신체가 차량 위에서 회전하게 된다. 충돌 시 차량의 속도가 대략 60km/h 이상에서 발생되며, 발생빈도가 낮다.

#### 4. 기존문헌 고찰

RTA(2002)에서 제시하고 있는 결과에 의하면 40km/h 이하(미만)의 경우에는 보행자의 안면과 머리가 전면유리에 접촉하는 일은 적지만 간혹 전면유리 하단에 발생하는 경우가 있다[5]. 충격속도에 따라 시속 20km 내외 이상일 때 보행자가 후드에 충격되고, 두부가 앞 유리에 부딪치는 것은 보행자의 신장에 관계없이 차량의 속도가 40km/h를 초과할 때 발생하는 것으로 알려져 있고, 56km/h일 때 두부는 강성이 높은 프레임에 부딪쳐 손상이 더욱 커진다.

Lee and Ryu(2005)는 국내 최초로 실제 보행자 사고사례를 기반으로 자동차 충돌속도와 보행자 전도거리 간의 회귀분석을 통해 보행자 사고 분석모형을 제시하였으며, 34건의 실제 보행자 사고자료를 근거로 하여 자동차의 파손상태에 따른 자동차의 파손부위 빈도조사를 단계별로 분류하였다[6].

Park and Lee(2006)는 지방부 4차로의 국도를 대상으로 하여 보행자사고를 설명하는 모형을 개발하였다. 도로안전시설물의 설치여부를 설명변수로 하여 로짓모형을 이용하여 구성하였고, 모형을 적용한 분석결과 시거개선 보도설치, 조명등이 보행자 사고에 미치는 영향이 큰 것으로 파악되었다[7].

Cho and Lee(2006)는 국내 사고자료를 이용하여 차대자전거 사고시 충돌속도를 예측하는 모형을 개발하여 제시하였다. 이를 위하여 고려된 변수들 중 자전거 전도거리와 충돌속도의 상관관계를 확인하고, 이를 모형화하여 실제충돌속도와 3%내외의 오차를 갖는 결과를 나타내었다[8].

Koji and Janus(2000)는 교통사고 분석과 수학적 시뮬레이션, 머리모양 충돌 테스트를 근거로 보닛(bonnet) 타입 승용차와 보행자가 충돌 시 보행자의 다리에 중대한 상해를 입으며, 보행자가 미니 밴 차량과 충돌 시 보행자의 목과 머리에 심각하고 치명적인 위험이 있음을 발표하였다[9].

Andrew et al.(2000)의 연구는 차량의 손상정도와 손상부위 뿐만 아니라 보행자의 상해 정도 또한 보행자를 충돌하는 순간의 차량의 속도를 측정함에 있어 좋은 증거자료가 된다는 것을 보여주고 있다[10].

Han(2011)은 경사길에서 발생하는 보행자 충돌 사고에서 차량의 충돌속도를 정확하게 추정할 수 있는 지나치게 복잡하지 않은 충돌사고 해석 모델을 제시하였다. 신중하게 검증된 다중물체동역학 시뮬레이션을 국내 상황과 유사한 여러 가지 다양한 계수들과 조건하에서 반복적으로 수행한 결과들을 대상으로 경사길 사고에 대한 비교를 통하여 충돌사고 모델의 유효성을 입증하였다[11].

### Ⅲ. 보행자 충돌 실험 결과

본 연구에서는 마디모(MADYMO) 프로그램 상에서 승용차대보행자 충돌실험을 재현하기 위해 아래와 같은 조건을 설정하였다.

#### 1. 자동차 모델

승용차 모델은 매우 다양하나, 본 연구에서는 일반적인 차량 형태인 Sedan형 모델 중에서 국내에서 가장 많이 이용되고 평균적인 차량으로 인식되는 현대자동차가 제작한 NF쏘나타 모델을 사용하였다. 차량모델은 보행자 충돌로 인해 손상이 거의 없는 강체모델을 전제로 하였으며, 구체적인 NF쏘나타의 제원은 다음 <Table 1>과 같다.

<Table 1> NF Sonata specification

Item	Value
Overall Length(mm)	4,800
Overall Width(mm)	1,830
Overall Height(mm)	1,475
Wheelbase(mm)	2,730
Front Wheeltrack(mm)	1,575
Rear Wheeltrack(mm)	1,560
Curb Weight(kg)	1,450

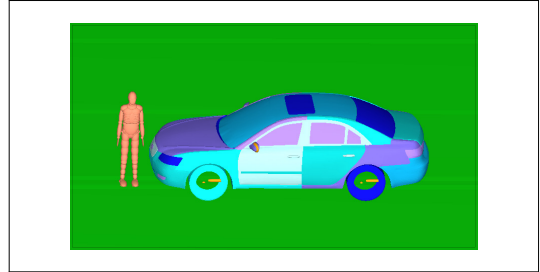
## 2. 보행자 모델

보행자모델은 일반 성인을 대상으로 하여 보행자 신장을 160cm, 170cm, 180cm인 3지 형태로 구분하여 적용하였다. 그리고 문화체육관광부의 2004년~2011년 우리나라 성인 남녀의 평균 체중 자료를 고려하여 보행자 신장이 160cm인 모델의 몸무게는 55kg을, 보행자 신장이 170cm, 180cm인 모델은 몸무게를 70kg으로 적용하였다.

## 3. 시뮬레이션 조건

보행자가 차량과 충돌하는 조건은 매우 다양하다. 본 연구에서는 보행자사고의 대부분을 차지하는 보행자 이동시 차량과 충돌하는 경우를 주 대상으로 설정하였고, 이러한 보행자의 측면과 승용차의 전면부가 충돌하는 상황을 다음 <Fig. 2>와 같이 구성하여 실험을 실시하였다. 보행자 충돌 직후 승용차의 제동이 시작되는 상황을 적용한 상태에서 마디모(MADYMO) 시뮬레이션을 수행하였다.

마디모(MAthematical DYnamic Models)는 네덜란드에서 개발되어 미국 NTSB(국가교통안전위원회), 영국 TRL(교통연구소), 스웨덴 SHK(스웨덴사고조사원) 등에서 널리 사용되고 있는 시뮬레이션 프로그램이다. 이 프로그램은 다물체 동역학(Multi-body Dynamic)에 기반을 둔 수치 해석 모델의 구성이 가능하고, 교통사고 해석에 필수 요소인 검증된 인체모델(Human Model)을 제공하며, 인체모형의 근육운동 및 연령별 사이즈 조절이 가능하여 인체모형이 적용되는 교통사고, 특히 보행자 사고 해석과 탑승자 거동 및 탑승자 각 신체부위에 가해지는 충격력에 대한 해석능력이 뛰어난 시뮬레이션 프로그램이다.



<Fig. 2> Example of MADYMO Program Settings

NF쏘나타의 가운데를 기준으로 할 때 본넷의 길이는 110cm이고, 전면유리의 길이는 91cm이다. NF쏘나타의 속도를 10km/h씩 높여가며 보행자와 충돌하는 시뮬레이션을 수행하였으며, 각 충돌상황에서 보행자의 두부가 닿는 부위에 대한 결과는 1차 및 2차 충돌부분을 구별하여 자료를 수집하였다. 그리고 보넷(bonnet)의 경우에는 앞부분에서 후방 쪽으로의 길이를 측정하고, 전면유리의 경우에는 하단에서 상단 쪽으로의 길이를 측정하여 기록하였다.

## 4. 시뮬레이션 결과

### 1) 보행자의 신장 160cm

MADYMO 프로그램에서 보행자의 신장을 160cm로 적용하고, NF쏘나타의 속도를 10km/h부터 100km/h까지 10km/h씩 높여가며 실험한 결과는 다음 <Table 2>와 같다.

<Table 2> Simulation results for 160 cm in height

Speed (km/h)	Collision Spot of Head		Length (cm)
	1 <sup>st</sup>	2 <sup>nd</sup>	
10	n/a		-
20	bonnet	n/a	60/-
30	bonnet	n/a	80/-
40	bonnet	n/a	80/-
50	bonnet	windshield	100/10
60	bonnet	windshield	100/10
70	bonnet	windshield	105/15
80	bonnet	windshield	105/20
90	bonnet	windshield	105/20
100	bonnet	windshield	105/20

시뮬레이션(simulation) 결과에 의하면, 보행자의 신장이 160cm일 경우 차량의 속도가 10 km/h인 매우 낮은 경우에는 1차 및 2차 충돌이 발생하지 않았다. 이는 보행자의 인지반응시간이 작용하고 차량의 제동거리가 크게 감소하기 때문으로 판단된다. 차량의 속도가 20-40 km/h인 경우에는 보닛부분에 1차 충돌이 발생하고, 2차 충돌은 발생하지 않았다. 차량의 속도가 증가한 50-100 km/h 구간에서는 보닛부분에 1차 충돌이 발생하였고, 전면유리부에 2차 충돌이 발생하였다.

보다 상세한 분석을 통하여 차량의 속도가 약 49km/h일 때 보행자의 두부(頭部)가 차량의 보닛(bonnet) 약 100 cm 지점에 닿았고, 이후에 차량의 진행에 의해 보행자의 두부가 전면유리 하부 10cm 지점에 최초로 닿는 것으로 파악되었다.

2) 보행자의 신장 170cm

보행자의 신장을 170cm로 설정하고, NF쏘나타의 속도를 10km/h부터 100km/h까지 10km/h씩 높여가며 실험한 결과는 <Table 3>과 같다.

<Table 3> Simulation results for 170 cm in height

Speed(km/h)	Collision Spot of Head		Length(cm)
	1st	2nd	
10	n/a		-
20	bonnet	n/a	60/-
30	bonnet	n/a	90/-
40	bonnet	n/a	105/-
50	bonnet	windshield	110/10
60	bonnet	windshield	100/10
70	bonnet	windshield	105/15
80	bonnet	windshield	110/20
90	n/a	windshield	- /25
100	n/a	windshield	- /25

보행자의 신장이 170cm으로 변경되어 시뮬레이션을 실시한 결과를 살펴보면, 차량의 속도가 10 km/h인 경우 마찬가지로 1차 및 2차 충돌이 발생

하지 않았다. 차량의 속도가 20-40 km/h인 경우에는 보닛부분에 1차 충돌이 발생하였고, 2차 충돌은 발생하지 않았다. 차량의 속도 50-80 km/h 구간에서는 보닛부분에 1차 충돌이 발생하였고, 전면유리부에 2차 충돌이 발생하였다. 또한 차량속도 90-100 km/h에서는 전면유리부에 2차 충돌만 발생하였다.

속도 40-50 km/h 구간에 대한 보다 상세한 분석을 실시하여, 차량의 속도가 약 41km/h일 때 보행자의 두부(頭部)가 차량의 보닛(bonnet) 약 105 cm 지점에 닿았고, 이후에 차량의 진행에 의해 보행자의 두부가 전면유리 하부 2cm 지점에 최초로 닿는 것으로 나타났다.

3) 보행자의 신장 180cm

MADYMO 프로그램에서 보행자의 신장을 180cm로 설정하고, 차량의 속도를 10km/h부터 100km/h까지 10km/h씩 높여가며 실험한 결과를 <Table 4>에 나타내었다.

보행자의 신장이 180cm로 증가된 경우에는 이전과 다른 패턴의 결과가 도출되었다. 차량의 속도가 10 km/h인 경우 1차 및 2차 충돌이 발생하지 않았다. 차량의 속도가 20 km/h인 경우에는 보닛부분에 1차 충돌만 발생하였고, 2차 충돌은 발생하지 않았다. 차량의 속도가 30 km/h인 경우는 보닛부분에 1차 충돌이 발생하고, 전면유리부에 2차 충돌이 발생하였다.

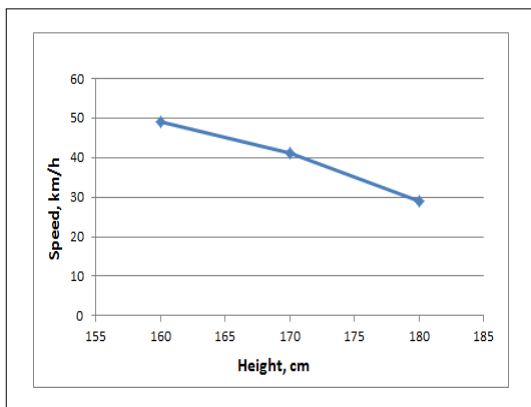
차량의 속도 40-100 km/h 구간에서는 1차 충돌이 발생하지 않고, 전면유리부에 2차 충돌만 발생하였다.

전면유리부에 닿는 최저속도를 측정하기 위하여 속도 20-30 km/h 구간에 대하여 상세한 분석을 실시하였다. 분석 결과, 차량의 속도가 약 29 km/h일 때 보행자의 두부(頭部)가 차량의 전면유리 하부 10cm 지점에 최초로 닿는 것으로 파악되었다.

<Table 4> Simulation results for 180 cm in height

Speed (km/h)	Collision Spot of Head		Length (cm)
	1 <sup>st</sup>	2 <sup>nd</sup>	
10	n/a		-
20	bonnet	n/a	70/-
30	bonnet	windshield	110/10
40	n/a	windshield	- /20
50	n/a	windshield	- /35
60	n/a	windshield	- /25
70	n/a	windshield	- /25
80	n/a	windshield	- /30
90	n/a	windshield	- /30
100	n/a	windshield	- /30

본 연구에서 파악된 실험결과를 활용하여 보행자의 신장별로 충돌 시 전면유리부에 닿는 최저속도를 정리한 결과는 다음 <Fig. 3>과 같다.



<Fig. 3> Summary of Minimum Speed for the Heights Tested

최저속도는 보행자의 신장과 반비례하는 추세 경향을 나타내었으나, 이와 같은 경향이 보행자의 신장 크기에 대하여 선형적으로 감소하지는 않는 것으로 파악되었다. 따라서 다양한 보행자 신장에 대하여는 추가적인 실험을 수행하여 최저 속도를 추정하는 것이 타당하다고 판단된다.

#### IV. 결론 및 향후 과제

본 연구에서는 차대보행자 교통사고에서 승용차의 충돌속도를 추정하는 과정의 신뢰성을 높이고자 보행자의 신장에 따라 보행자의 두부(頭部)가 NF쏘나타의 전면유리에 닿는 최저 속도를 제시하였다.

MADYMO 프로그램을 이용한 시뮬레이션 조사 결과, 보행자의 두부가 NF쏘나타의 전면유리에 닿는 최저속도는 보행자의 신장이 160cm일 경우 약 49km/h, 보행자의 신장이 170cm일 경우 약 41km/h, 그리고 보행자의 신장이 180cm일 경우 약 29km/h로 나타났다. 이와 같이 보행자의 두부가 승용차의 전면유리에 닿을 수 있는 속도가 보행자의 신장에 따라 상이함을 알 수 있고, 이러한 관계가 비선형적인 경향을 보이므로 향후 다양한 신장에 대한 실험결과가 필요하다는 것을 확인하였다.

본 연구는 보행자의 신장에 따른 보행자의 두부가 승용차의 전면유리에 닿을 수 있는 최저 속도를 제시했다는 데 의미가 있고, 보행자 대 승용차의 교통사고에서 승용차의 전면유리에 보행자 두부의 충돌흔적이 있을 시 승용차 속도 분석의 보조 자료로 사용할 수 있을 것으로 기대된다.

그러나 본 연구는 대상 차량을 NF쏘나타로 한정하였고, 보행자 모델의 신장을 160cm, 170cm, 180cm로, 보행자 모델의 몸무게를 55kg, 70kg로 한정하였으며, 실제 수집된 동영상 자료가 아닌 MADYMO 프로그램의 시뮬레이션 결과라는 점에서 아쉬움이 남는다. 차대보행자 교통사고에서 보행자의 운동량은 차량의 운동량에 비해 현저히 작고, 최초 충돌부위가 보행자의 하지와 승용차량의 앞 범퍼로 특정되기 때문에 동일 신장에서 보행자의 몸무게에 따른 영향은 적을 것으로 생각되지만, 추후 몸무게의 증감에 따른 충돌패턴의 변화에 대한 연구가 필요하다고 판단된다.

또한 다양한 차종, 속도, 충돌자세, 보행자 모델 등을 고려하여 광범위한 평가를 진행하고, 나아가 실제 수집된 동영상 자료 등을 토대로 분석하여 보다 유용한 자료를 제시할 필요성이 요구된다.

## 감사의 글

이 논문은 2014년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2010-0028693).

## REFERENCES

- [1] National Police Agency(2014), *2014 Traffic Accident Statistics*, pp.43-46.
- [2] The Road Traffic Authority(2015), *2015 Traffic Accident Statistic Analysis*, pp.46-50.
- [3] The Road Traffic Authority(2014), *2014 Traffic Accident Investigation Report*, p.15.
- [4] The Road Traffic Authority(2010), *Traffic Accident Analysis Manual : Vehicle-Pedestrian Accident*, pp. 25-87.
- [5] The Road Traffic Authority(2002), *Traffic Accident Reconstruction Manual*, pp.168-190.
- [6] Lee S. B. and Ryu T. S.(2005), "Development of Korean Pedestrian Accident Reconstruction Model," *Journal of Korean Society of Transportation*, vol. 23, no. 6, pp.103-113.
- [7] Park K. Y. and Lee S. B.(2006), "Estimating the Effectiveness of Road Safety Features using Pedestrian Accident Probability Model," *Journal of Korean Society of Transportation*, vol. 24, no. 4, pp.55-65.
- [8] Cho Y. J. and Lee S. S.(2010), "Development of an Impact Speed Estimation Model using Bicycle Throw Distances," *Journal of Korean Society of Transportation*, vol. 28, no. 1, pp.87-96.
- [9] Koji M. and Janus K.(2000), *Head Injuries in Vehicle-Pedestrian Impact*, SAE TECHNICAL PAPER SERIES 2000-01-0157.
- [10] Andrew H., Michael A., Amrit T., Robert O. and Ravinder J.(2000), *Comprehensive Analysis Method for Vehicle/Pedestrian Collisions*, SAE TECHNICAL PAPER SERIES 2000-01-0846.
- [11] Han I.(2011), "Reconstruction Analysis of Vehicle-pedestrian Collision Accidents : Calculations and Uncertainties of Vehicle Speed," *Transactions of the Korean Society of Automotive Engineers*, vol. 19, no. 5, pp.82-91.

## 저자소개



심 재 귀(Shim, Jae-kwi)  
2009년 2월 아주대학교 ITS대학원 공학석사(교통공학전공)  
1995년 3월~현재 : 도로교통공단 경기지부 사고조사연구원  
e-mail : cokcok2002@koroad.or.kr



이 상 수(Lee, Sang-soo)  
2000년 : Texas A&M University 박사 (교통전공)  
2001년~2002년 : 한국건설기술연구원 선임연구원  
2002년~현재 : 아주대학교 교통공학과 교수  
e-mail : sslee@ajou.ac.kr