

보행자 안전을 고려한 자동차 설계 방안

김 태 호 *

Kim Tae Ho

고 재 호 **

Koh Jae Ho

손 완 일 **

Son Wan Il

강 경 식 ***

Kang Kyung Sik

Abstract

자동차를 설계할 때에는 예술적, 기술적으로 뛰어나다 하더라도 공학적으로 실현이 가능하여야 한다. 또한 비용이라든가 품질도 중요한 고려사항이다. 하지만 이것들 보다 자동차 설계에서 더욱더 중요시 되는 것은 안전이다. 사고 시 사람의 생명을 최대한 안전하게 보호할 수 있는가이다. 이번 연구는 'Design for Safety' 중에서도 보행자 안전을 고려한 자동차 설계에 관해 연구하고자 한다. 2005년 교통사고 통계에 따르면 차대사람의 사고발생건수는 총 46,594건에 사망자 2,457명 부상자 47,282명이다. 이는 한 해 전체 교통사고 발생건수에 21.8%를 차지하고 있다. 본 연구는 자동차 사고 중 보행자와 차량의 사고 유형과 상해부위를 파악하여 사례를 중심으로 살펴본 후 이를 자동차 설계에 반영하는 방법에 대한 연구이다.

Keywords : 사고 유형, 상해부위, 보행자, 자동차 설계

1. 서 론

1886년 벤츠의 창업자 중 한 명인 칼 벤츠가 세계 최초의 자동차인 패이턴트 모터 카를 발명한 이후, 20세기 헨리 포드의 대량 생산에 의한 자동차의 대중화가 실현되기 시작하면서 그 수는 비약적으로 증가하여 왔다.

* 명지전문대학 교수

** 명지대학교 산업공학과 석사과정

*** 명지대학교 안전경영연구소 소장

우리나라 역시 1980년대 초반 1인당 국민 소득이 2천불을 넘은 이후 지속적인 경제 성장과 함께 자동차 등록대수가 꾸준히 증가하여, 1997년 1000만대를 넘어선 이후 2003년 1400만대, 2005년 1540만대로 계속 증가하여 10년 만에 1600만대를 돌파, 2007년 2월 현재 16,003,071대로 미국, 일본, 독일 및 캐나다 등에 이어 세계 13번째 자동차 보유국으로 부상하였다. 자동차 1대당 인구수 또한 97년 4.48명에서 현재 3.06명으로 1가구를 4인 가족으로 볼 경우 사실 상 국내 전 가구가 차를 1대 이상 보유하고 있음을 알 수 있다.

이러한 빠른 자동차 수의 증가와 함께 차량 관련사고 또한 빠르게 증가하다가 2000년 290,481건을 정점으로 최근에는 하락 추세에 있다. 하지만 여전히 세계적으로 교통사고가 가장 많은 나라 중 하나로써, 2005년 OECD회원국 중 자동차 1만대 당 교통사고 발생건수 1위, 도로 1Km당 교통사고 발생건수 1위, 인구 10만 명당 교통사고 사망자 수 1위의 부끄러운 3관왕을 차지하였다. 특히 보행자 사망사고는 2,450명으로 전체 사망자 6,300명 가운데 38.5%를 차지해 2004년의 38.7%에 비해 크게 줄지 않아 여전히 높은 비율을 나타냈다. 교통사고를 사회적비용 측면으로 분석해 보았을 때 교통사고 사회적 비용은 연 9조원으로 국내총생산(GDP)의 1.1%에 달하는 것으로 나타났다(2005년).

이에 따라 교통사고를 심각한 사회문제로 인식하고 정부를 중심으로 민·관·경에서 교통안전시설 보강, 초·중·고교생을 상대로 한 교통사고 예방교육 등 교통사고를 줄이기 위한 많은 노력이 실행되어 왔다.

이와 같은 맥락에서 자동차를 사회에 제공하는 기업 또한 교통사고 경감과 함께 사고 발생 시의 인명 피해 감소에 기여 할 수 있는 기술 개발 및 자동차 설계에 힘써야 할 책임이 있다고 생각된다. 따라서 본 논문에서는 ‘Design for Safety’중에서도 보행자 안전을 고려한 자동차 설계에 관해 연구하고자 한다. 먼저 자동차 보행자 안전사고 실태 조사를 통해 보행자와 차량의 사고 유형과 상해부위를 파악한 후 혼다, 도요타, 현대의 사례를 살펴보고 이를 바탕으로 보행자 안전을 고려한 자동차 설계가 나아가야 할 방향에 대해 연구하고자 한다.

2. 자동차 보행자 안전사고 실태

2.1 보행자 사고 추세

<표 1>에서 보듯이 1995년에 91,395건이었던 보행자 교통사고 발생건수가 2005년에는 46,594건으로 10년 동안 절반 가까이 줄어 든 것으로 나타났다. 2002년에는 사고건수가 59,271건 이었는데 비해 2003년에 89,443건으로 50.9%로 급격히 상승한 것을 제외하고는 2004년 49,626건으로 44.5%감소하고 2005년에도 6.1%가 더 감소되면서 <그림 1>을 통해 쉽게 알 수 있듯이 꾸준히 감소추세를 보이고 있다.

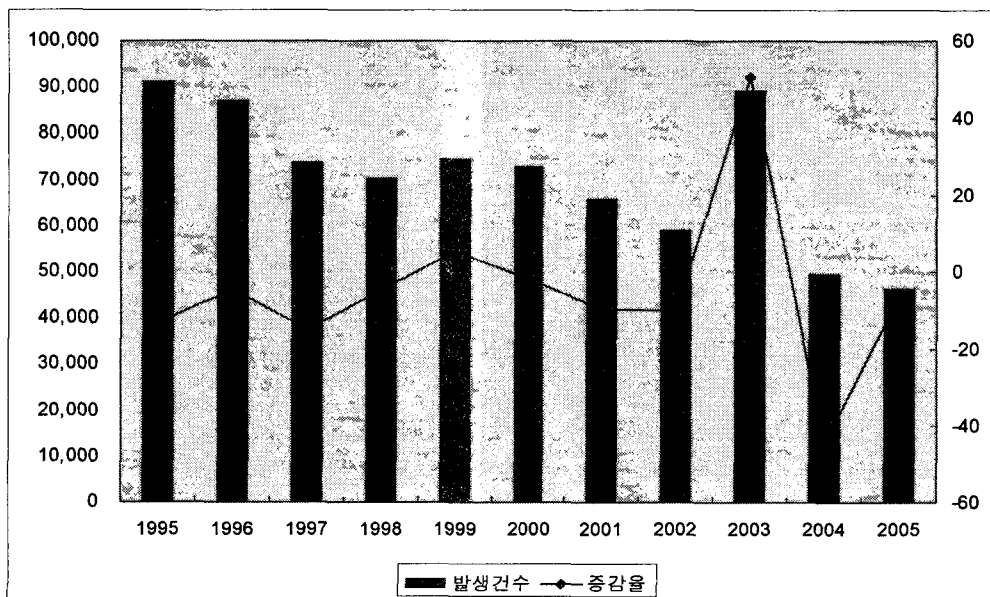
사망자 수 역시 1995년 4,564명이었던 것이 2005년에는 2,457명으로 대폭 감소하였다. 또한 부상자수는 92,669명에서 47,282명으로 전반적으로 줄어드는 경향을 보였다.

2005년도 보행자 교통사고 발생건수는 46,594건이 발생하여 전년에 비해 약 3,032여 건이 감소하여 6.1%의 감소를 나타내었다. 그리고 2,457명이 사망하여 2004년도에 비해 86명이 감소하여 3.4%감소하였고, 2003년도를 제외하고 지속적으로 감소하고 있는 것으로 나타났다.

<표 1> 보행자 사고 추세 현황

구분 연도	발생건수			사망자			부상자	
	(건)	증감율	점유율	(명)	증감율	점유율	(명)	증감율
계	781,753	-	-	40,208	-	-	817,836	-
1995	91,395	-13.2	36.7	4,564	-1.7	44.2	92,669	-13.5
1996	87,292	-4.5	32.9	5,070	11.1	40.1	87,943	-5.1
1997	74,144	-15.1	30.1	4,458	-12.1	38.4	74,756	-15.0
1998	70,631	-4.7	29.5	3,495	-21.6	38.6	71,973	-3.7
1999	74,527	5.5	27.0	3,692	5.6	39.5	76,512	6.3
2000	72,932	-2.1	25.1	3,890	5.4	38.0	74,102	-3.1
2001	65,898	-9.6	25.3	3,243	-16.6	40.1	67,105	-9.4
2002	59,271	-10.1	25.7	3,201	-1.3	44.3	60,325	-10.1
2003	89,443	50.9	37.1	3,595	12.3	49.8	114,922	90.5
2004	49,626	-44.5	22.5	2,543	-29.3	38.7	50,247	-56.3
2005	46,594	-6.1	21.8	2,457	-3.4	38.5	47,282	-5.9

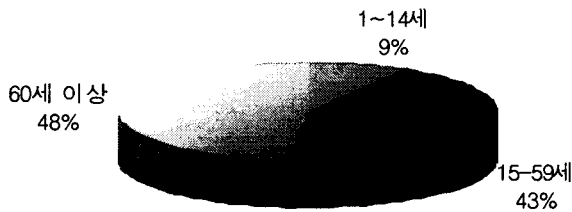
자료출처 : 교통사고 연감 (2005년)



<그림 1> 보행자 사고 추세 현황

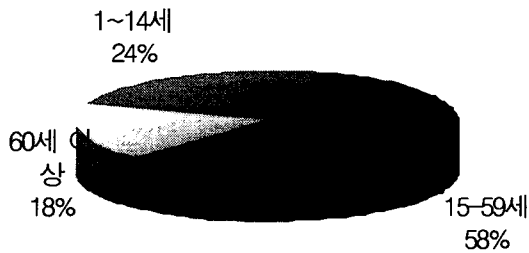
2.2 연령별 보행자 사상자

아래의 <그림 2>와 <그림 3>에서 보는 바와 같이 전체 연령을 1~14세, 15세~59세, 60세이상으로 나누었을 때, 노약자라 판단되는 1~14세, 60세 이상의 연령자의 비율이 사망자의 경우는 57%, 부상자의 경우는 42%로써 전체 사상자의 절반가량을 차지하고 있음을 알 수 있다.



출처 : 교통안전관리공단

<그림 2> 연령별 사망자 비율



출처 : 교통안전관리공단

<그림 3> 연령별 부상자 비율

2.3 사고 유형별 보행자 교통사고 사상자 추세

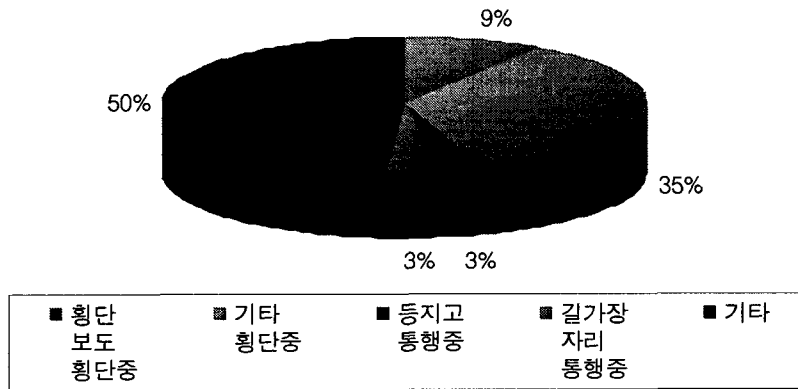
<표 2>를 보면 알 수 있듯이 연도의 흐름과 상관없이 기타 횡단을 제외하고 횡단보도 횡단 중에 사고가 가장 많이 발생하는 것을 알 수 있고, 그 다음으로는, 횡단보도 횡단 중 사상자, 등지고 통행 중 사상자, 길 가장자리 통행 중 사상자, 마주 보고 통행 중 사상자 등의 순으로 사상자가 많은 것을 알 수 있다. 다른 유형의 사고의 사상자수는 지속 감소하거나 비슷한 데 비해, 횡단보도 횡단 중 사상자, 등지고 통행 중 사상자, 마주보고 통행 중 사상자, 횡단보도 부근 횡단 중 사상자 수는 오히려 증가 추세에 있음을 알 수 있다.

<표 2> 사고 유형별 보행자 교통사고 사상자 추세 현황.

		계	마주 보고 통행중	등지고 통행중	횡단 보도 횡단중	횡단 보도 횡단중	육교 부근 횡단중	기타 횡단중	노상 유회중	노상 작업중	길가 자정중	보도 통행중	길가장 자리통 행중	기타
계	사망	35,631	811	985	3,365	981	258	12,594	527	268	422	332	1,313	13,775
	부상	724,995	19,006	23,289	76,115	16,738	2,425	195,280	10,896	3,082	7,995	9,085	21,774	339,310
1996	사망	5,070	56	111	542	114	23	1,766	73	39	48	38	192	2,068
	부상	87,943	561	1,654	10,056	1,509	277	27,822	1,108	266	888	1,024	2,263	40,515
1997	사망	4,458	61	90	358	98	19	1,658	68	38	69	38	182	1,779
	부상	74,756	620	1,395	7,244	1,604	269	23,191	896	308	852	842	2,129	35,406
1998	사망	3,495	33	60	247	70	28	1,307	45	25	55	32	132	1,461
	부상	71,973	540	1,265	6,354	1,126	249	22,801	1,053	230	833	588	1,911	35,023
1999	사망	3,692	34	80	289	77	29	1,359	62	9	35	25	109	1,584
	부상	76,512	586	1,397	6,498	1,523	308	23,057	1,220	233	803	757	1,725	38,405
2000	사망	3,890	49	84	324	117	37	1,341	68	22	51	36	143	1,618
	부상	74,102	580	1,038	6,268	2,038	245	21,160	1,553	357	951	811	1,899	37,202
2001	사망	3,243	35	81	294	76	24	1,141	49	27	48	22	138	1,308
	부상	67,105	498	1,182	6,513	1,388	226	19,513	1,111	258	960	691	2,404	32,361
2002	사망	3,202	50	73	340	75	22	1,211	48	29	44	20	117	1,173
	부상	60,325	471	1,031	7,346	1,310	191	17,845	1,008	236	783	660	2,066	27,378
2003	사망	3,595	305	146	340	116	21	1,008	40	26	47	42	108	1,396
	부상	114,922	11,736	9,713	8,313	1,975	205	14,546	1,076	285	1,158	1,086	2,728	62,101
2004	사망	2,533	98	129	271	74	22	855	47	21	25	43	84	864
	부상	50,247	1,938	2,237	7,663	1,504	92	11,846	1,063	314	767	1,347	2,046	19,430
2005	사망	2,457	90	131	360	164	33	948	27	32	-	36	108	524
	부상	47,282	1,476	2,377	9,860	2,761	363	13,499	808	595	-	1,279	2,603	11,489

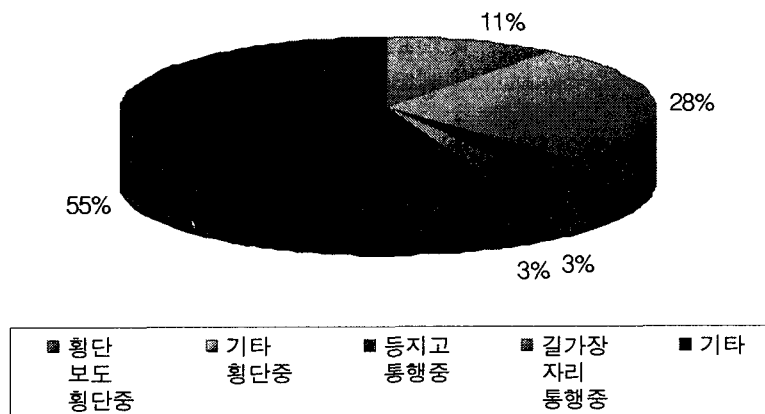
자료 : 교통사고 연감(2005년)

아래의 <그림 4>, <그림 5>를 보면 쉽게 알 수 있듯이 기타 유형을 제외한 횡단 보도 횡단 중 사상자와 기타 횡단 중 사상자, 등지고 통행 중 사상자 및 길 가장 자리 통행 중 사상자가 전체 사고 유형 중 절반 가량을 차지하고 있음을 알 수 있다.



출처 : 교통안전관리공단

<그림 4> 보행자 교통사고 사고유형별 비율(사망자)



출처 : 교통안전관리공단

<그림 5> 보행자 교통사고 사고 유형별 비율(부상자)

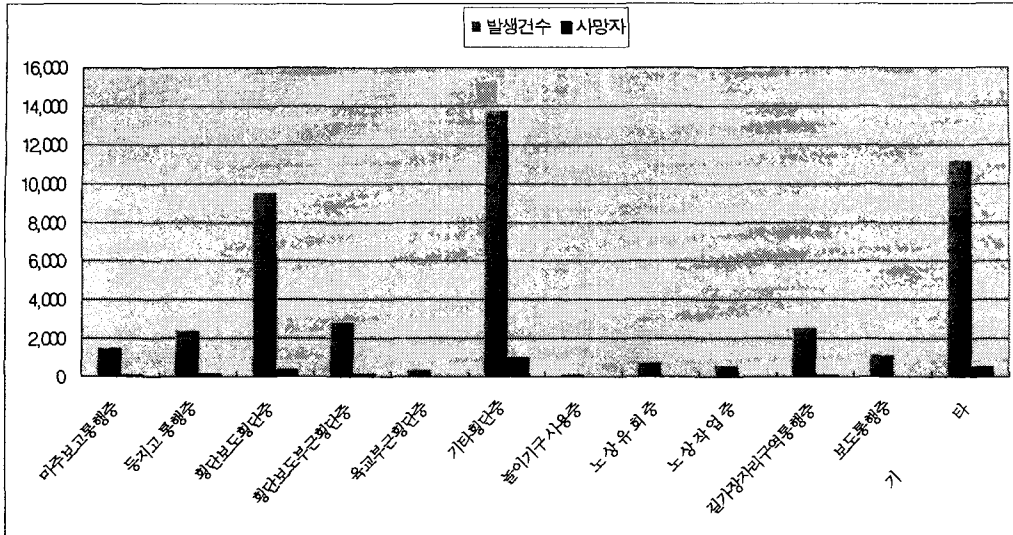
2.4 보행자 행동유형별 보행자 교통사고 현황

가장 최근의 통계인 2005년도 자료를 중점으로 보행자 교통사고를 행동 유형별로 살펴보면 횡단보도 횡단 중 20.4%, 횡단보도 부근 횡단 중 6%, 기타횡단 중 29.5% 등 횡단과 관련된 사고가 전체 보행자 사고의 55.9%로 보행자 교통사고 중, 횡단 중의 사고가 가장 많은 것으로 나타났다.

<표 3> 보행자 행동 유형별 보행자 교통사고 현황(2005년)

	발생건수		사망자		부상자	
	(건)	구성비	(명)	구성비	(명)	구성비
계	46,594	100	2,457	100	47,282	100
마주보고통행중	1,455	3.1	90	3.7	1,476	3.1
등지고 통행중	2,362	5.1	131	5.3	2,377	5.0
횡단보도횡단중	9,505	20.4	360	14.6	9,860	20.9
횡단보도부근횡단중	2,802	6.0	164	6.8	2,761	5.9
육교부근횡단중	366	0.8	33	1.3	363	0.7
기타횡단중	13,779	29.5	948	38.5	13,499	28.5
놀이기구사용중	167	0.4	4	0.2	172	0.4
노상유희중	778	1.7	27	1.1	808	1.7
노상작업중	588	1.3	32	1.3	595	1.3
길가장자리 구역통행중	2,503	5.3	108	4.4	2,603	5.5
보도통행중	1,141	2.4	36	1.5	1,279	2.7
기 타	11,148	24.0	524	21.3	11,489	24.3

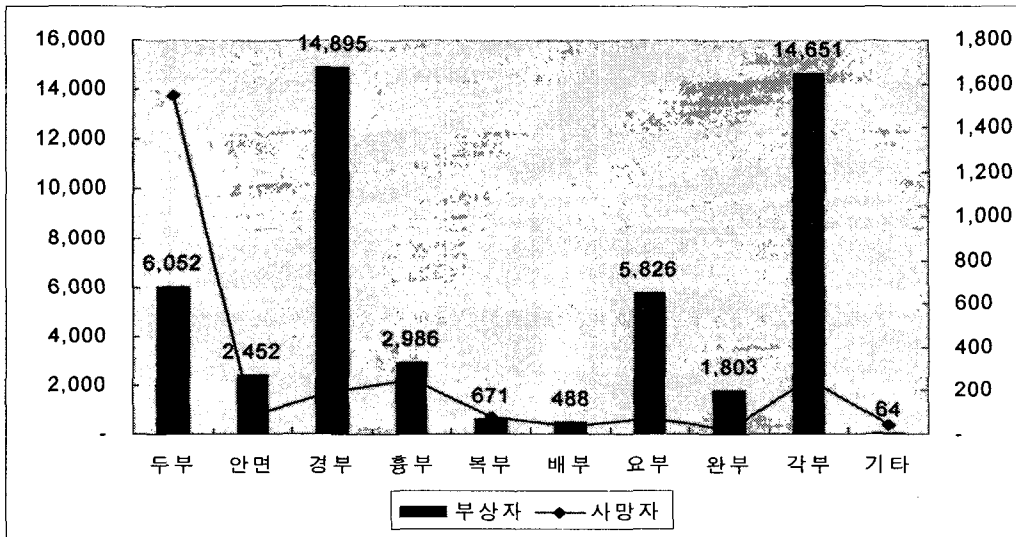
자료 : 교통사고 연감(2005년)



<그림 6> 보행자 행동 유형별 보행자 교통사고 현황(2005년)

2.5 상해 주 부위별 사상자

2004년도의 상해 주 부위별 사상자를 살펴보면 경부(脛部, 정강이)와 각부(脚部, 다리) 부상자가 각각 14,895명, 14,651명으로 가장 많은 것으로 나타났고, 두부(頭部, 머리)가 6,052명, 요부(腰部, 허리)가 5,826명, 흉부(胸部, 가슴)가 2,986명 등의 순으로 나타났다.



출처 : 교통안전관리공단

<그림 7> 상해 주 부위 별 사상자(2004년)

3. 보행자 안전을 고려한 설계(사례연구)

자동차의 안전도 평가에서 보통의 경우 차량에 탑승한 승객의 안전만을 생각하기 쉽다. 하지만 유럽 등의 경우, 안전도 평가에 탑승객들의 안전만이 아닌 보행자의 안전도를 평가하는 항목도 있다.

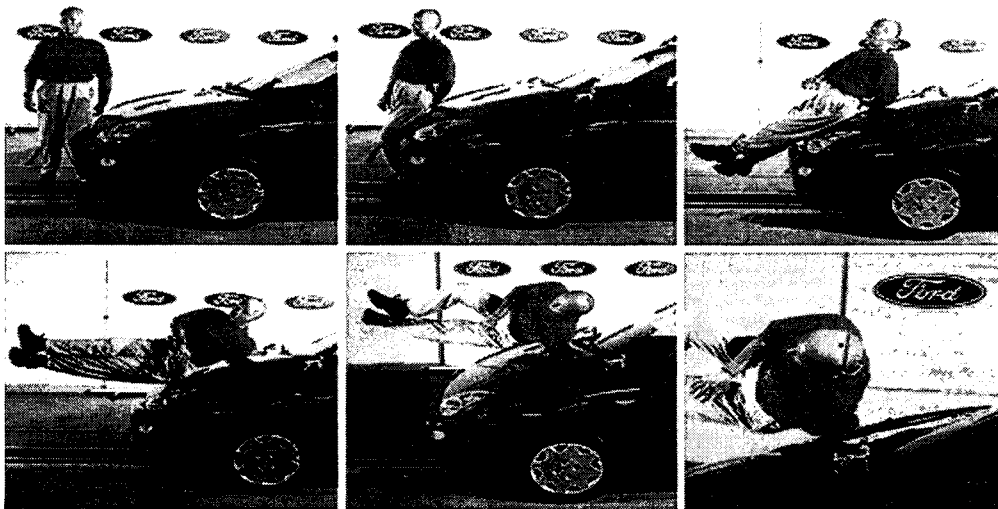
해마다 전 세계적으로 자동차 사고로 죽는 사람은 120만 명이며 부상자는 1000만 명에 이른다. 이 가운데 3분의 1 이상이 보행자. 그럼에도 불구하고 자동차 설계 시의 안전문제는 탑승자에만 집중돼 왔다. 하지만 이제는 많은 자동차제조업체에서 다양한 시도를 하고 있고, 이미 시판중인 차에서도 보행자 안전을 생각한 배려들을 찾아볼 수 있다.

3.1 팝업 보닛 (Pop-Up Bonnet)

보행자가 자동차와 충돌하자마자 센서가 이를 감지해 자동차의 엔진룸 덮개인 보닛을 살짝 들어올리는 것이다.<그림 8> 참고.

미국 교통국에 따르면 자동차와 보행자의 충돌 시 보행자가 입는 부상의 71%, 사망의 85%가 정면충돌에서 일어난다. 사람이 자동차와 정면충돌하게 되면 0.03초 만에 무릎 아래 다리가 꺾이고 0.23초 뒤에는 온 몸, 특히 머리가 보닛과 앞유리에 충돌하게 된다. 그래서 보행자가 입는 중상의 80%가 머리에 집중된다.

교통사고 피해로 인한 장애 원인 중 상당수가 머리 부상에서 기인한다. 자동차 보닛은 얇은 판금이어서 충격이 크지 않으나 그 아래 있는 엔진이 문제이다. 자동차 제작사들은 이 문제를 해결하기 위해 보닛과 엔진사이를 최소 10cm의 공간을 두고 있지만 보행자에게 가해지는 충격을 모두 흡수하기에는 무리다. 만약 충돌시 보닛이 올라간다면 그 공간이 훨씬 커지고 머리가 자동차 앞 유리에 부딪히는 것도 막을 수 있다. 여기에 들어올려진 보닛과 앞 유리 사이에 에어백을 터뜨리면 보행자에게 더 높은 안전성을 제공할 수 있다.



<그림 8> Pop-Up Bonnet

3.2 도요타 자동차의 안전 설계

보행자상해경감 바디는 인사사고의 경우에 보행자의 손상을 경감하기 위한 바디구조이다. 보행자 머리상해를 줄이기 위해 본넷이나 하이바 주변 등에 충격흡수구조를 갖고, 허리부위에 상해를 줄이기 위해 충격흡수 밤바를 채용하고 있다.

또한 팝업 보닛의 작동과 함께 열려진 보닛과 전면유리 사이에 에어백을 펼쳐 보행자에게 가해지는 충격을 더욱 감소시키는 장치도 개발 중이며 '고등안전차량(ASV)'등에 도입될 전망이다.

3.3 현대자동차

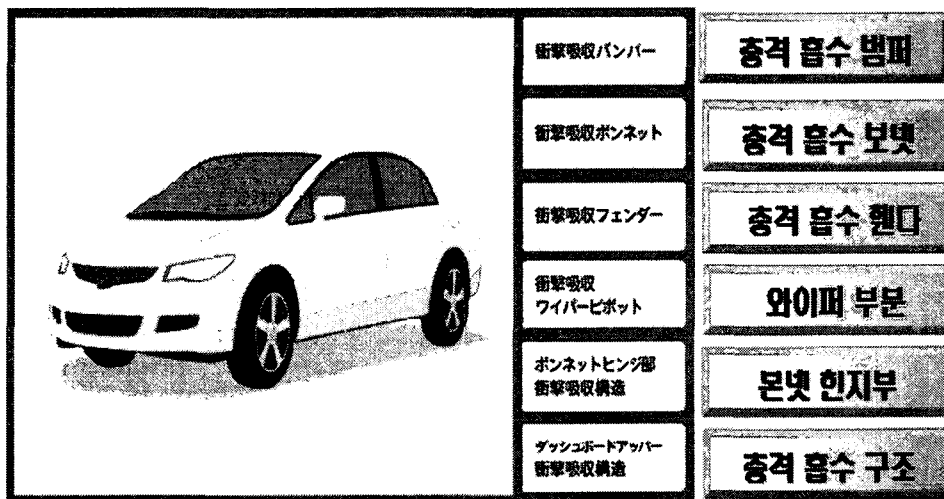
국내에서 차대 보행자 사고로 인한 사망자의 상해부위는 머리부위가 약 70%이며, 부상자의 상해부위는 다리부위가 약 60%로 가장 많습니다.

이에 현대자동차에서는 실제 충돌 시 보행자의 충돌 위치, 차체 및 머리/다리 부위의 충돌 속도 등을 분석하고, 인체 모델 등을 이용하여 보행자 충돌상황을 재현함으로써 상해를 최소화하기 위한 목적으로 보행자 친화차량 제작에 반영시키고 있다.

3.4 혼다의 안전설계 (G-CON)

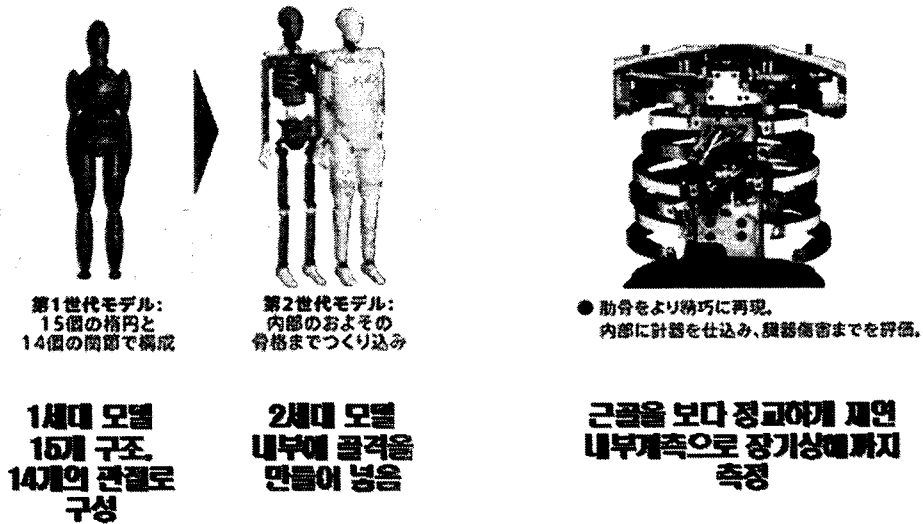
보행자 상해를 가능한 경감하기 위해 밤바나 본넷 등에 충격을 완화하기 위한 구조를 채용하기 위한 독창적인 충돌안전기술이 혼다의 G-CON 기술이다. 혼다는 공존안전 사상으로 약한 존재인 보행자의 안정을 최우선으로 하여 독자적인 기술을 개발하게 되었다.

G-CON기술은 보행자 상해 경감을 위한 구조로서 충돌시에 차체로부터 받는 보행자의 충격을 통제하여 보행자 상해경감 바디등으로 상해를 경감한다.



출처 : 혼다 홈페이지

<그림 9> 혼다의 충격흡수 장치



출처 : 혼다 홈페이지

<그림 10> 혼다의 2세대 모델

혼다는 차대 사람사고 충돌시를 재연하기 위해 모형에 내부 골격을 만들어 넣었으며 근골을 보다 정교하게 재연하기 위해 내부계측으로 장기 상해까지 측정할 수 있게 하였다.

4. 결론

현재 국내 자동차 제조사들의 보행자를 고려한 자동차 설계 단계는 미비하다고 할 수 있다. 선진 자동차 제조사들은 운전자 및 탑승자의 안전을 고려한 안전설계이외에 보행자를 고려한 안전설계가 상당히 진척되어 있다. 혼다의 G-CON 이나 도요타의 보행자 안전을 위한 보닛과 차 앞 유리사이의 에어백 등 보행자 안전을 자동차 설계단계에서 반영해야 한다. 또한 사고통계 및 보행자 사고 시 상해를 입는 부위를 파악하고 연구하여 차대 사고시 보행자 사망률을 감소시켜야 한다.

또한 자동차 본넷 끝에 붙은 엠블럼(새의 날개 모양이나 메이커의 휘장)등은 우리나라에서는 많이 쓰고 있지만 외국에서는 보행자에게 치명적일수 있다고 해서 돌출된 엠블럼은 쓰지 못하게 법적으로 금하고 있다.

짙차등에 많이 달고 있는 범퍼가드는 원래 호주같은곳에서 밤에 사막이나 들판을 주행할때 라이트를 보고 달려드는 야생동물로 부터 운전자나 승객을 보호하기 위한 장치인데 우리나라는 반대로 보행자를 위협하는 장치가 되었다.

유럽의 자동차제조사들은 자발적인 협약을 맺고 2010년 이후 도입되는 차량은 EEVC(유럽 자동차 안전성 강화 위원회)의 보행자안전 요구사항을 준수하기로 했다. 즉 앞으로 유럽에 자동차를 수출하기 위해서도 보행자 안전을 고려한 자동차 설계가 필수가 될 것이다.

5. 참 고 문 헌

- [1] www.toyota.co.jp
- [2] www.honda.co.jp
- [3] www.hyundai-motor.com
- [4] 교통사고 연감 2005년
- [5] 자동차 부수장치의 안전성 제고 방안. 건설교통부 학술정보, 김준식, 1989.
- [6] 자동차 안전 정책과 향후 전망, 한국자동차공학회 학술강연 초록집, 이재천, 1997.
- [7] 안전을 위한 자동차 개발 방향, 한국자동차공학회 학술강연 논문집, 김동석, 1999.
- [8] 일본의 자동차 안전대책에 관한 동향, 오토저널, 이성욱, 2004.
- [9] 보행자 안전을 위한 유럽 자동차 법규 및 차량 Front End Module부 충돌해석, 한국자동차공학회, 김현진, 김진곤, 박용국, 2003.