

차량 충돌시 운전자의 앉은 자세와 안전 사이의 관계

김 광 훈¹⁾ · 손 권^{*2)} · 유 완 석²⁾

부산대학교 기계설계공학과¹⁾ · 부산대학교 기계공학부 및 기계기술연구소^{*2)}

Relationship between Comfort and Safety of Sitting Posture of a Driver during Vehicle Crash

Kwang-Hoon Kim¹⁾ · Kwon Son^{*2)} · Wan-Suk Yoo²⁾

¹⁾Department of Mechanical Design Engineering, Pusan National University, Busan 609-735, Korea

^{*2)}Department of Mechanical Engineering and Research Institute of Mechanical Technology, Pusan National University,
Busan 609-735, Korea

(Received 19 February 2003 / Accepted 16 April 2003)

Abstract : Safety and comfort are importance concepts for designers of vehicle seats and instrument panels. There have been a lot of researches on comfortable sitting postures, however, relatively a few researchers have tried to find a desirable driving posture in consideration of both comfort and safety. This study investigates a relationship between comfort and safety of sitting posture of a driver. Since a seat is closely related to comfort, the angular data of comfortable sitting posture were obtained through the correlation between the seat and the driver. In order to acquire the data of safe sitting posture, computer simulations were performed for various seatback angles. Based on comparing and analyzing the data obtained, the optimal sitting posture is suggested for both comfort and safety aspects.

Key words : Vehicle crash(차량충돌), Sitting posture(앉은 자세), Injury criteria(안전기준), Safety(안전도), Comfort(안락)

1. 서론

자동차 문화가 일반화된 시대가 되면서 운전시 안락감과 사고시 안전성이 확보된 차량의 필요성에 대한 운전자들의 인식이 높아지고 있다. 안락감을 위한 운전자의 앉은 자세는 오래전부터 연구되어 온 바이다. 미시간 주립대에서는 앉은 자세에서 인체 거동의 주요 요인으로 척추 곡선을 정의함으로써 인체의 몸통형상과 자세에 대한 표현을 주로 연구하고 있다.¹⁾

운전자의 안락감에 직접적으로 영향을 미치는 것

중 하나가 시트이다. 시트의 설계자와 개발자들은 시트 설계를 위한 보다 해부학적으로 정확한 인체 정보를 필요로 하고 있으며, 차량 내부에서 인체의 앉은 자세와 위치 등과 같은 정보들을 어떻게 정의하는가하는 것이 시트 개발의 주안점으로 여겨져 왔다. 최근에는 운전자가 시트에 앉았을 때 운전자의 대퇴부와 둔부, 요추 부위의 압력 분포 형태와 운전자의 안락감 간의 관계가 주요 관심사가 되고 있다.²⁻⁵⁾ 운전자의 안락감을 위해 앉은 자세를 다방면으로 연구하여 제시하고 있으나 그 제시된 자세가 실제 차량 충돌시 안전성을 확보하고 있는 지에 대해서는 연구된 바가 미비하다.

*To whom correspondence should be addressed.
kson@pusan.ac.kr

본 연구에서는 운전자의 앉은 자세에 대한 안락감과 안전 사이의 관계를 규명하고자 한다. 기존에 연구된 자료들을 통하여 안락한 자세 정보를 얻고, 안전성이 확보되는 앉은 자세의 정보를 얻기 위해 TNO사에서 제공하는 상용 해석 프로그램인 마디모(MADYMO: MAThematical DYnamic MOdel)를 이용하여 시뮬레이션 하였다. 50 km/h의 속도로 전방 충돌시 머리가 벨트로 구속된 상태에서 에어백이 있는 경우와 없는 경우에서 시트의 등판의 기울기에 따른 인체 각 부위의 상해치를 확인함으로써 안전성을 확보한 운전자의 앉은 자세를 제시하였다. 시뮬레이션을 통해 얻은 안전성을 확보한 앉은 자세와 안락감을 확보한 운전 자세간의 관계를 비교하여, 안락감과 안전성을 동시에 만족하는 운전 자세를 알아보았다.

2. 안전 기준

2.1 안락한 운전자세

안락감에 대한 많은 견해가 있으나 개발자들의 공통적인 인식은 안락감은 불편함이 없는 상태라는 것이다.⁶⁻⁹ 차량문화가 보편화되고 삶의 질이 향상되면서 차량의 설계 관점도 단순한 안전의 개념에서 안락의 개념까지 포함하게 되었다. 연구도 활발하게 진행되고 있는데 최근에는 체압, 앉은 자세, 척추 곡선 형태 등을 기초로한 보다 실제적인 연구들이 이루어지고 있다.^{10,11} 특히 Lee 등¹²은 시트에 운전자의 앉은 자세에 따라 작용하는 압력 분포 형태와 안락감과 안전성의 관계를 규명함으로써 안락감을 확보한 앉은 자세에 대해 발표하였다. 주요값으로 대퇴부 각도는 8~13°, 엉덩이 각도는 94~111°, 몸통 각도는 14~25°이다. Fig. 1은 이러한 앉은 자세에서의 기본적인 설계 변수들이 표현되어 있다.

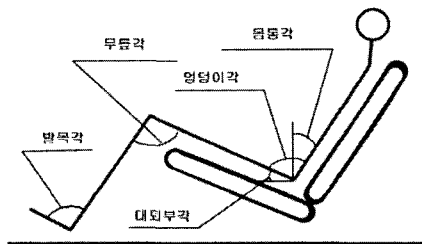


Fig. 1 Basic variables of design for sitting posture

본 연구에서는 안락감을 가지는 운전자세에 대한 여러 설계 변수 중에서 요추와 가장 관계가 깊은 몸통의 각도를 주요 변수로 삼았다. 또한 Lee 등¹²이 조사한 자료 중 몸통 각도인 14~25°를 안락감을 갖는 값으로 적용하여 시뮬레이션에서 얻어진 안전성과 비교하였다.

2.2 상해 기준

자동차 충돌 안전에 대해 국내에서는 자동차 안전 기준에 대한 규칙으로 제정되어 있다.¹³ 대부분이 미연방 도로교통 안전국(NHTSA : National Highway Traffic Safety Administration)에서 제정한 FMVSS(Federal Motor Vehicle Safety Standard)를 따르고 있다. 이는 크게 세 가지로 머리 상해 기준(HIC : head injury criteria), 목 상해 기준(NIC: neck injury criteria), 흉부 상해 기준(TIC: thoracic injury criteria)이다.¹⁴⁻¹⁷ Table 1은 미연방 도로 교통 안전국에서는 각각의 상해 기준에 대한 값들을 나타낸다.

머리 상해 기준에 대한 상해치를 계산하는 시간 간격이 36ms와 15ms가 있는데 본 연구에서는 36ms에 대한 기준값을 사용하였다.

1998년도에 목 상해 기준으로 추가된 것이 Nij(improved neck injury criteria)이고, 흉부 상해 기준으로 추가된 것이 CTI(combined thoracic index)이다. Nij는 목에 걸리는 수직력과 모멘트의 종합적인 영향을 고려한 것으로 다음의 식으로 계산된다.

$$N_{ij} = \left(\frac{F_z}{F_{zc}} \right) + \left(\frac{M_y}{M_{yc}} \right) \quad (1)$$

Table 1 Injury criteria for various dummy sizes

상해 기준 항목	95% ile 성인 남성	50% ile 성인 남성	5%ile 성인 여성	6세 아동	3세 아동	1세 영아
머리:						
HIC (15 ms)	700	700	700	700	570	390
HIC (36 ms)	1000	1000	1000	1000	900	600
목: Nij	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4
인장력 (Fzc, N)	5440	4500	3370	2800	2120	1465
압축력 (Fzc, N)	5440	4500	3370	2800	2120	1465
굴곡 모멘트 (Myc, Nm)	415	310	155	93	68	43
신전 모멘트 (Myc, Nm)	166	125	62	39	27	17
흉부: CTI	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4
가속도 (G)	55	60	60	60	55	50
변형량 (mm)	70	63	52	40	34	30

여기서 Fzc와 Myc는 각각 Table 1에서 제시하는 수직력과 모멘트의 한계값이고, Fz와 My는 목에 걸리는 수직력과 모멘트값이다.

식 (1)의 Nij 값에는 인장과 압축, 굴곡(flexion)과 신전(extension)의 상황에 따라 네 가지의 서로 다른 값들을 얻을 수 있다. 인장과 신전 관계에서 NTE(Nij in Tension and Extension), 인장과 굴곡 관계에서 NTF(Nij in Tension and Flexion), 압축과 신전 관계에서 NCE(Nij in Compression and Extension), 압축과 굴곡 관계에서 NCF(Nij in Compression and Flexion)을 얻을 수 있다.

흉부 상해 기준인 CTI(combined thoracic index) 역시 흉부의 변형과 가속도의 복합된 효과를 고려하기 위하여 제안된 것으로 이 값은 다음 식과 같이 정의된다.

$$CTI = \left(\frac{A_{max}}{A_{int}} \right) + \left(\frac{D_{max}}{D_{int}} \right) \quad (2)$$

여기서 Amax는 흉부에 측정되는 최고의 가속도 값, Aint는 흉부 가속도에 대한 한계값, Dmax는 흉부에 측정되는 최고의 변형값, 그리고 Dint는 흉부 변형량에 대한 한계값이다.

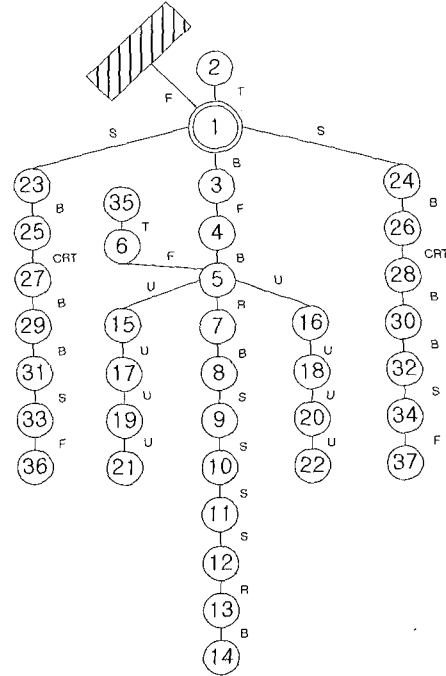
그러나 미연방 도로 교통 안전국에는 60 G 이상의 가속도에서 흉부 상해 정도에 대한 자료가 없기 때문에 이 값만으로는 다소 부족한 면이 있다. 따라서 두 번째 대안으로 기존에 사용하던 방법인 흉부 가속도와 변형량을 별도로 규제하는 기준도 고려되고 있다.

3. 환경 구성

3.1 더미 모델

전방 충돌용으로 자주 쓰이는 Hybrid III 모델에는 성인 남성 95%ile, 50%ile, 성인 여성 5%ile, 6세 아동, 3세 아동, 12개월 된 영아 모델이 있다. 본 연구에서는 남성 50%ile 모델을 사용하였는데 TNO에서는 이 더미 모델을 시뮬레이션용으로 마디모에서 사용할 수 있도록 재모델링하였다.¹⁸⁾

더미 모델 중 가장 기본적인 형태인 타원체 더미 모델의 구성은 Fig. 2와 같다. 더미 모델의 기구학적 구성은 물체 38개(그라운드 포함), 조인트 37개로



약어	조인트 종류
F	자유 조인트
B	고정 조인트
R	회전 조인트
T	병진 조인트
U	유니버설 조인트
S	구면 조인트
CRT	회전-병진 조합 조인트

Fig. 2 Kinematical model of hybrid III

Table 2 Body names of hybridIII

번호	명칭	번호	명칭
1	몸통 하부	20	우하완
2	복부	21	좌수
3	요추 하부	22	우수
4	요추 상부	23	좌대퇴골
5	몸통 상부	24	우대퇴골
6	늑골부	25	좌측 무릎
7	하부 목 고정판	26	우측 무릎
8	1번 경추	27	좌 경골 상부
9	2번 경추	28	우 경골 상부
10	3번 경추	29	좌 경골 중부
11	4번 경추	30	우 경골 중부
12	5번 경추	31	좌 경골 하부
13	머리 연결판	32	우 경골 하부
14	머리	33	좌족
15	좌측 어깨	34	우족
16	우측 어깨	35	흉골
17	좌상완	36	좌측 신발
18	우상완	37	우측 신발
19	좌하완	-	-

구성되어 있으며 그 물체를 표현하기 위한 67개의 타원체로 구성되어 있다. 3차원에서 물체가 38개이므로 좌표수는 228개이고 자유 조인트 다섯 개, 회전 조인트 두 개, 병진 조인트 두 개, 유니버설 조인트 여덟 개, 구면 조인트 여덟 개, 회전-병진 조합 조인트 두 개, 브라켓 조인트 열 개이므로 구속조건은 144개이다. 따라서 이 더미 모델은 자유도가 84이다. 몸통 하부를 1번 물체로 두었으며 관성 좌표계에 대해 자유 조인트로 연결되어 있다. Fig. 2는 기구학적 모델 구성도이며, Table 2에서는 구성된 물체에 대한 인체 관련 설명을 포함하고 있다.

3.2 시트 모델

마디모에서 시트를 모델링하기 위해 먼저 시트의 좌표계를 설정해야 한다. 좌표계는 전방을 x축, 좌측을 y축, 위쪽을 z축으로 잡았다. 기구학적으로는 물체 네 개, 조인트 세 개로 이루어진 시스템으로 설계하였다. 물체로는 좌판, 등판, 머리 받침대와 그라운드로 구성되어 있다. 각 물체들 간의 조인트는 좌판과 등판의 연결부위는 구면 조인트, 등판과 머리 받침대의 연결 조인트와 그라운드와 좌판 간의 연결 조인트는 브라켓 조인트로 설계하였다.

시트의 외형 데이터는 승용차의 차량에 보편적으로 쓰이는 시트의 데이터를 직접 측정하여 얻었고, 차량에서의 시트의 위치, 시트 외형 치수와 조인트의 위치 데이터를 이용하였다. 시뮬레이션을 위한 시트의 형상은 타원체로 하였고 변형 특성은 Hontschik¹⁹⁾가 제시한 값을 적용하였다. Hontschik는 시트가 50 mm 변형한 경우 15 kN/m, 50 mm 이상인 경우 100 kN/m의 힘이 가해지는 힘-변형량 관계를 제시하였다. 시뮬레이션을 위한 시트와 더미 모델간의 접촉 정의는 강체 접촉으로 정의하였지만, 이 둘 간의 접촉이 발생했을 때는 변형량에 대해 더미 모델과 시트의 변형 특성이 조합된 상호 반발력이 작용하도록 모델링하였다.

3.3 벨트 모델

마디모의 기본 벨트 시스템은 여러 개의 벨트 세그먼트(belt segment)들로 이루어져 있다.^{20,21)} 벨트의 각 세그먼트들은 시작과 끝 부분이 서로 연결된 체인과 같은 구조로 되어 있다. 이 시작과 끝 부분을 접

착점이라고 하며, 물체나 널 시스템(null system), 관성 공간(inertial space)에 연결될 수 있다.

마디모에서는 벨트의 모델 중 벨트 자체를 유한 요소로 모델링한 것을 제공하고 있다. 벨트의 폭은 50 mm로, 두께는 1 mm로 이루어져 있으며 특별히 더미와 접촉하는 벨트 부분의 요소들은 유한 요소 중 멤브레인 요소로 모델링하였다. 벨트와 더미 모델의 몸체 간의 접촉은 유한 요소와 강체 접촉으로 정의된다.

3.4 초기화

차량에 운전자를 대신하는 더미를 앉히고 충돌 모의 시뮬레이션을 하기에 앞서 더미 모델의 초기 위치를 지정하는 것은 매우 중요하다. 모델간의 평형을 찾는 과정을 통해 관심의 대상인 모델의 초기 위치가 구해진다. 이러한 초기 위치 지정을 필요로 하는 모델에는 크게 시트와의 상호 작용에 의한 더미 모델과 더미 모델의 위치변화에 따라 그 초기 위치가 변하는 벨트 모델이 있다.

더미 모델의 기본 물체는 몸통 하부(lower torso)이므로 가상 환경 내에서 더미 모델의 위치 설정을 위해서는 기본 물체의 위치를 정해주면 된다. 더미 모델의 운전 자세를 결정하는 인자가 골반과 대퇴부가 연결된 부분인데 이 부분을 힙 포인트(H-point)라고 한다. 이는 더미모델에서 몸통하부와 좌우 대퇴부를 연결하는 고관절(hip joint)의 위치이다. 이 조인트의 X, Y, Z 값을 얻기 위해 더미 모델을 시트로부터 약 1 cm 정도 떨어진 높이에 더미 모델을 위치시키고, 중력장에서 더미 모델이 평형 위치를 찾아가도록 시뮬레이션하였다. 중력 이외의 다른 외력이 없는 조건 하에서 단지 시트와 더미 모델 사이의 상호 반력에 의해 더미 모델의 평형 위치를 찾는다. 힙 포인트의 위치값을 얻어서 충돌 시뮬레이션에서의 더미에 적용하여 모의 충돌 해석을 하였다.

Fig. 3은 더미 모델의 기본 물체의 시간에 따른 Z축의 변위를 그래프로 도시한 것이다. 더미가 약 5 초 이후에는 거의 변화 없이 안정된 상태를 찾아감을 확인할 수 있다. 또한 벨트의 초기 위치에 따라 자유도가 큰 더미 모델의 거동 해석에 많은 영향을 준다. 더미가 등판의 각도에 따라서 그 힙조인트의 위치가 조금씩 달라지며 그 상체는 많은 변위가 발

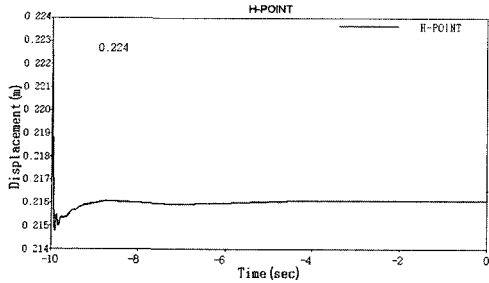


Fig. 3 Displacement of H-point vs. time

생한다. 이것을 실제 계산하여 그에 따른 벨트의 모델링을 하는 것은 거의 불가능하다.

벨트와 더미 모델간에는 접촉이 정의되어 있다. 실제 상황에서는 벨트에 어느 정도의 장력이 걸리며 사람의 몸에 접촉되어 일정한 압력을 주는 형태로 존재한다. 그런데 등판의 각도에 따라 인체모델의 상체가 전후로 회전을 하면 벨트와 더미간의 상호작용력이 사라지며 기대하지 않는 엉뚱한 해석결과가 발생할 수 있다. 따라서 기본적으로 구성된 시스템 중에서 앞에서 구한 평형상태에 있는 더미모델의 힙 포인트 위치와 전후로 회전한 상체의 수치 데이터를 이용하여 상체와 접촉하는 벨트 각 요소의 위치를 결정하기 위해 미리 한 번더 시뮬레이션을 해야한다.

Fig. 4는 등판 각도 20°일 때 벨트모델을 초기화하는 작업을 시간에 따라 그림으로 정리한 것이다. Fig. 4(a)와 같이 기본 시스템에서 더미를 가져와서 움직이지 않도록 고정시킨 후, 더미모델에서 어느 정도 이격된 위치에 변형이 되지 않은 벨트모델을 위치시킨다. 벨트의 끝단을 시뮬레이션하기 위해 위치시키는 지점까지 이동시켜서 더미모델과 접촉하는 벨트의 각 요소들의 위치 좌표값을 얻는다. 얻어진 위치 좌표값을 기본 시스템에서의 벨트 요소들의 좌표 설정하는 위치에 덮어써서 등판의 기울어진 각도에 따라 각 개별적으로 충돌 시뮬레이션을 실시하였다.

4. 시뮬레이션

4.1 시뮬레이션 방법

차량의 전방 충돌을 컴퓨터 시뮬레이션으로 더미를 통한 상해 정도를 예측하여 상해 정도가 낮은 안

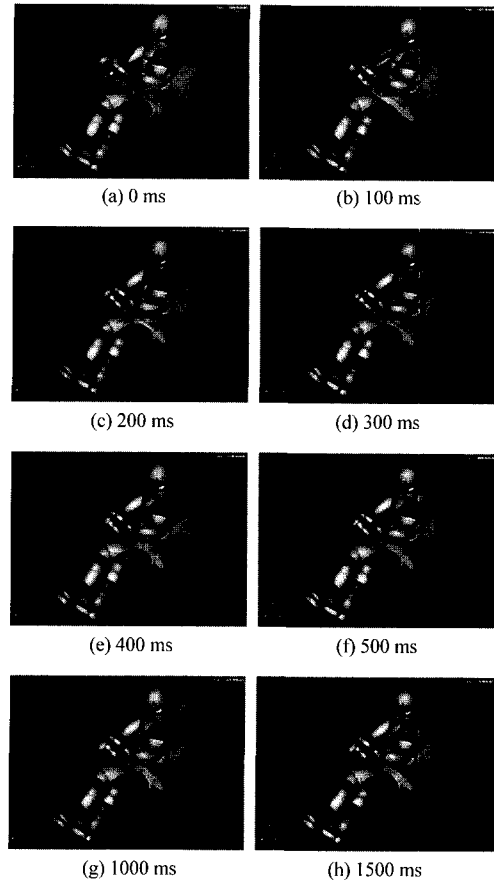


Fig. 4 Initialization of belt position with time

전성이 확보되는 운전자의 앉은 자세를 찾으려고 한다. Park 등²²⁾은 자세의 변화에 가장 큰 요인이며 안락감에 대해서도 큰 역할을 하는 것이 몸통과 대퇴부사이의 각이라고 언급하였다. 따라서 본 연구에서는 좌판은 15°로 고정하고, 등판을 일정 각도만큼 변화시키면서 그에 따른 상해 정도를 확인하여 원하는 앉은 자세 정보를 얻으려고 한다.

먼저 본 충돌 시뮬레이션을 하기 전 단계로 더미의 평형 위치와 벨트의 초기 위치를 정하는 초기화 작업을 한다. 일반적으로 사람들이 많이 앉는 등판 각도 범위인 10~25°범위 내에서 1~2°씩 등판의 각도를 변화시키면서 시뮬레이션을 실시하여 안전성을 확보한 범위를 추려낸다. 에어백이 있는 경우와 없는 경우를 구분하여 얻어진 해석결과에 대해 상해기준과 어떠한지를 확인한다. 확인하는 항목은 머리 상해 기준인 HIC 값, 목 상해 기준인 Nij 값, 흉

상 상해 기준인 CTI 값을 확인하여, 상호 보완적인 관찰을 통해 적합한 각도 범위를 얻고자 한다.

4.2 충돌 시뮬레이션 결과

앞의 2.2절에서 언급된 머리, 목, 흉부 상해 기준에 따라 충돌시 예측되는 값을 충돌 시뮬레이션을 통해서 다음과 같은 결과들을 얻었다. 각 기준에 따라 얻어진 값들을 등판 각도에 따라, 에어백이 있을 때와 없을 때를 비교하여 살펴보았다.

먼저 에어백이 있는 경우와 없는 경우에 대한 HIC 값의 결과를 비교하였다. Fig. 5는 등판각도에 따른 HIC 값의 결과를 그래프로 도시한 것이다. 에어백이 없는 경우에는 등판 각도 23°에서 한계값인 1000을 넘었다. 즉 머리 상해에 대한 안전한 범위로 22°이하의 각도 영역을 택할 수 있다. 에어백이 있는 경우에는 전범위에서 안전하게 나타났다. 그림에서 알 수 있듯이 50 km/h의 전방충돌의 경우 에어백이 있는 경우가 없는 경우보다 약 2배 가량 안전한 것으로 나타났다.

Fig. 6은 에어백이 있는 경우 목 상해 기준인 Nij에 대한 NTE, NTF, NCE, NCF 값을 나타낸 그래프이다. Nij 값에 대해서는 모두 다 안전한 것으로 나

타났다. Fig. 7은 에어백이 없는 경우 목 상해 기준에 대한 Nij 값을 도시한 것이다. Nij 값에 대해서도 모든 값이 기준인 1.4에 대해 낮은 값을 보이고 있다. 따라서 에어백이 있는 경우나 없는 경우나 등판각 10~25°의 전영역에서 안전함을 알 수 있었다.

Fig. 8은 흉부 상해 기준인 CTI 값에 대한 그래프이다. 에어백이 없는 경우에는 21°이상에서 한계값인 1.0보다 낮은 값을 가지는 안전한 영역을 확인할 수 있다. 에어백이 없는 경우에는 24°에서만 한계값인 1.0보다 낮은 값을 보이고, 나머지지역에서는 모두 기준값보다 0.07정도 위쪽에서 완만한 기울기를 가짐을 알 수 있다. 이 값에 대한 상해 정도를 명확히 하기 위해, 앞에서 언급한 흉부 상해 정도를 알 수 있는 또 다른 기준인 흉부의 가속도와 변형량에 대해 살펴보았다.

Fig. 9와 10에서 알 수 있듯이 전체 등판 각도에 대해서 흉부 가속도와 변형량에 대한 기준값보다 아래에 위치함을 볼 수 있다. 즉 에어백이 있는 경우는 등판 각도가 전체 영역에서 안전하게 나타났다. 이는 에어백의 팽창 속도나 작동 시점과 같은 값들을 적절히 바꾸어 줌으로써 CTI 값도 기준 아래의 값을 얻을 수 있을 것이다.

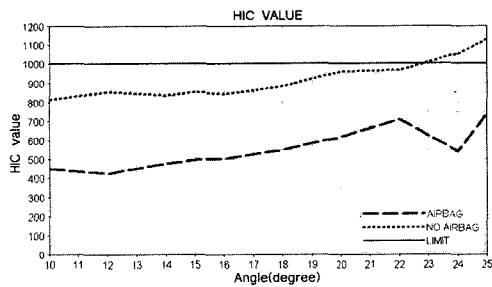


Fig. 5 HIC value vs. back angle

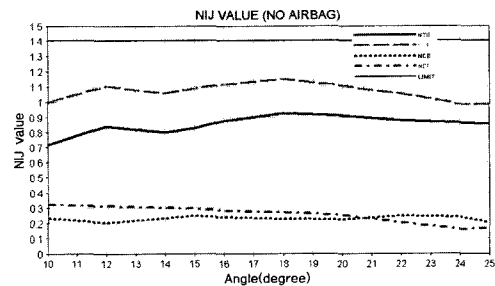


Fig. 7 NIJ value without airbag

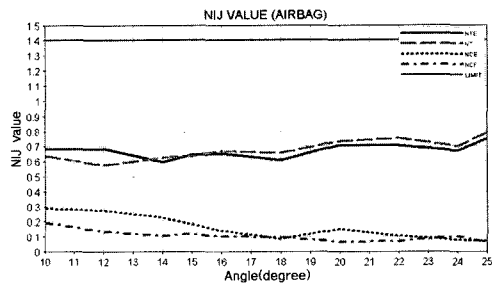


Fig. 6 NIJ value with airbag

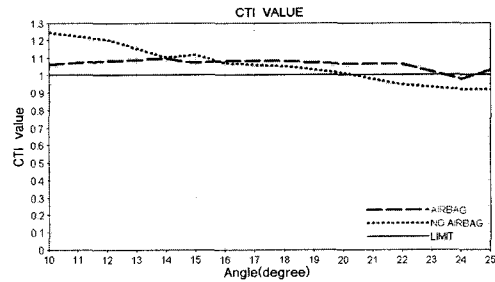


Fig. 8 CTI value vs. back angle

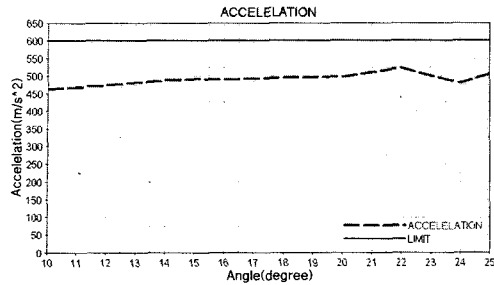


Fig. 9 Thoracic acceleration with airbag

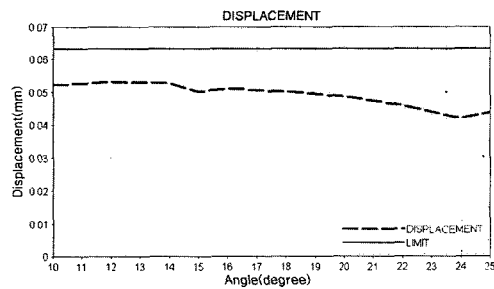


Fig. 10 Thoracic displacement with airbag

상기의 결과들을 종합해 보면 에어백이 없는 경우는 안전한 영역의 등판 각도 영역이 약 20°초과에서 23°미만인 경우이다. 에어백의 경우 전체 각도 영역에서 안전한 것으로 나타났다.

5. 결론

차량이나 내부 구조물을 설계할 때에 안락감과 안전성을 모두 고려해서 설계하는 것은 까다로운 문제이다. 안전성을 확보한 상태에서 안락감 여부를 확인한다든지, 안락감을 확보한 상태에서 안전성 정도를 확인해야 한다.

본 연구에서는 안락감을 확보한 자세를 정하고, 등판 각도를 변화에 따라 충돌 시뮬레이션하여 안전성이 확보되는 영역을 확인하였다. 안락감을 갖는 앉은 자세는 앞에서 언급한 것과 같이 안락감이 확보되는 운전자의 앉은 자세로 몸통의 각도는 14~25°이다. 에어백이 없는 경우와 에어백이 있는 두 가지 경우에 대해서 차량 충돌 시뮬레이션을 한 결과는 다음과 같다.

1) 에어백이 없는 경우에는 등판 각도가 20~23° 영역에서 안전한 것으로 밝혀졌다. 목 상해치는 전 영역에 걸쳐 비교적 안전한 것으로 나타났으나, 흉

부와 머리 상해치로 인해 안전한 영역이 20~23°로 나타났다.

2) 에어백이 있는 경우에는 등판 각도가 전체 영역에서 안전하게 나왔으며, 특히 24°에서 가장 안전한 것을 확인하였다. 머리와 목의 상해에 대해서는 각도에 관계없이 안전한 것을 확인할 수 있다. 흉부에 대한 시뮬레이션 값이 한계값을 약간 벗어하는 값이 나왔으나 흉부 가속도와 변형량에 대한 한계값을 넘지 않았으므로 안전함을 알 수 있었다.

본 연구에서는 운전자의 상해 중 치명적인 상해와 관련된 사항만을 고려하였다. 머리와 목과 흉부의 상해가 사람에게는 치명적이기 때문에 몸통의 변화 즉 좌석의 등판의 각도에 변화를 주어서 등판 각도에 따른 앉은 자세의 변화와 그에 따른 상해 정도를 확인하였다. 이번에는 단순히 몸통의 기울기의 변화를 통해서만 안전도 검사를 하였으나 차후에는 시트의 전후 위치나 시트의 머리 받침대 등의 높낮이 등과 같은 상해와 관련성이 비교적 큰 인자들을 고려하여 시뮬레이션하는 것이 더 좋은 결과를 얻을 것이다.

후 기

본 연구는 국가지정연구실(부산대학교 기계공학부 CAE 연구실, M1-0203-00-0017-02J0000-00910)의 지원으로 이루어졌습니다.

References

- 1) D. F. Ekern, C. J. Gedraitis, R. P. Hubbard, N. J. Bush, "Kinetic Computer Modeling of Human Posture in Automotive Seats," SAE 970592, 1997.
- 2) S. J. Park, C. B. Kim, "The Evaluation of Seating Comfort by the Objective Measures," SAE 970595, 1997.
- 3) W. Diebschlag, F. Heidinger, B. Kuurz, R. Heiberger, "Recommendation for Ergonomic and Climatic Physiological Vehicle Seat Design," SAE 880055, 1988.
- 4) K. Kamijo, H. Tsujimura, H. Obara, M. Katsumata, "Evaluation of Seating Comfort," SAE 820761, 1982.

- 5) R. Thier, "Measurement of Seat Comfort," *Automobile Engineer*, 1963.
- 6) K. Slater, *Human Comfort*, C. C. Thomas, 1985.
- 7) D. J. Osborne, M. J. Clarke, "The Development of Questionnaire Surveys for the Investigation of Passenger Comfort," *Ergonomics*, Vol.16, pp.855- 869, 1973.
- 8) H. T. E. Hertzberg, "The Human Buttocks in Sitting: Pressures, Patterns, and Palliatives," SAE 720005, 1972.
- 9) W. Shen, A. M. Vértiz, "Redefining Seat Comfort," SAE 970597, 1997.
- 10) R. E. Thomas, J. J. Congleton Jr., R. D. Huchingson, J. R. Whiteley, C. C. Rodrigues, "An Investigation of Relationships between Driver Comfort, Performance and Automobile Seat Type during Short Term Driving Tasks," *International Journal of Industrial Ergonomics*, Vol.8, pp.103- 114, 1991.
- 11) Y. M. Matsuoka, T. Hanai, "Study of Comfortable Sitting Posture," SAE 880054, 1988.
- 12) Y. S. Lee, S. G. Lee, S. J. Park, "An Estimation of Comfort on the Automobile Driver Seat Korean Anthropometric Experiment," *Transactions of KSAE*, Vol.4, No.3, pp.61-72, 1996.
- 13) MOCT: Ministry of Construction & Transportation, <http://www.moct.go.kr>
- 14) NHTSA: National Highway Traffic Safety Administration, <http://www.nhtsa.dot.gov>
- 15) M. Kleinberger, E. Sun, R. Eppinger, S. Kupp, R. Saul, "Development of Improved Injury Criteria for the Assessment of Advanced Automotive Restraint Systems," NHTSA Technical Report, 1998.
- 16) R. Eppinger, E. Sun, S. Kupp, R. Saul, "Supplement: Development of Improved Injury Criteria for the Assessment of Advanced Automotive Restraint Systems- II," NHTSA Technical Report, 2000.
- 17) NHTSA, Federal Register: Part III Department of Transportation, Vol.64, pp.60556-60629, 1999.
- 18) TNO Automotive, MADYMO Database Manual Version 6.0, April, 2001.
- 19) H. Honschik, "Necessities and Possibilities of Improving the Protective Effect," SAE 770933, 1977.
- 20) TNO Automotive, MADYMO Theory Manual Version 6.0, April, 2001.
- 21) TNO Automotive, MADYMO Applications Manual Version 6.0, April, 2001.
- 22) S. J. Park, C. B. Kim, C. J. Kim, J. W. Lee, "Comfortable Driving Postures for Koreans," *International Journal of Industrial Ergonomics*, Vol.26, pp.489-497, 2000.