

〈논 문〉 SAE NO. 96370050

# 한국인 인체측정 실험에 의한 자동차 운전석의 안락감 평가

## An Estimation of Comfort on the Automobile Driver Seat Korean Anthropometric Experiment

이 영 신,\* 이 석 기,\*\* 박 세 진\*\*\*  
Y. S. Lee, S. G. Lee, S. J. Park

### ABSTRACT

In this paper, the driver seat comfort of eight automobiles was studied. The joint angles and anthropometric data of eleven subjects sitting on the seating buck were investigated using the instrument devices such as scale, goniometer, vernier calipers, protractor, Martin set. The joint angles of the most comfort posture were found by experiment and compared with previous studies. The anthropometric data of Korean(1992 year surveys) and American(1970~1974 year) were applied to evaluate the driver seat layout of Korean automobile. The joint angles of the most comfort posture for eleven subjects were obtained with experimental results. The joint angles were agreed with reference angles. The driver seat layout was not suited to seat length and accelerator-seatpan forward distance in 5 percentiles female, pedal separation and seatpan-roof height in 95 percentiles male. Korean automobiles were not suited to seatpan length and steering wheel-seatpan clearance, floor-roof height for American 95 percentiles male. The driver anthropometric dimensions were more suitable to middle size than small size automobiles.

주요기술용어 : Percentiles(퍼센타일), Seating Buck(시팅벅), Anthropometric Dimensions(인체 측정치), Driver Seat(운전석), Human Reference Point(인체기준점)

### 1. 서 론

우리나라의 초기 국내 자동차들은 외국 자동차

모델을 그대로 도입하여 생산 및 판매를 하였는데, 이들 자동차들은 외국인 운전자의 신체 조건을 고려하여 만들었기 때문에 운전자들은 운전석에 자신의 신체를 맞추어 운전하였다. 오늘날 자동차는 운전자의 신체조건을 적용하여 시트의 앞뒤 조절, 높낮이 조절, 등판각도 조절, 요추 지지 기능을 추가하여 운전자의 신체 조건을 어느 정

\* 정회원, 충남대 기계설계공학과  
\*\* 충남대 대학원 (현)현대자동차(주)  
\*\*\* 한국 표준과학연구원 인간공학연구그룹

도 만족하게 되었다. 이러한 자동차의 운전석에 관련된 국내의 연구동향으로는 McFarland<sup>1)</sup>가 자동차 사고 방지를 위한 설계에 관련된 좌석과 조종장치의 위치, 눈의 높이와 조향핸들의 위치, 차내 천장의 높이, 조향핸들과 변속기어 손잡이와 거리, 위치관계, 착화(着靴), 착대(着袋) 등의 경우에 있어서의 내부 공간 관계 등 주요 관점을 정의하였다. 자동차에 대한 인간공학적 설계 목적은 쾌적성 향상, 예방 안전의 확보, 피로의 경감이며, 자동차 설계의 제약조건, 자동차 구조, 스타일, 상품성, 법규제 등과 연결시켜 인간 중심으로 자동차를 설계하는 것이 그 요점이 된다<sup>2)~4)</sup>. 자동차에 있어서 운전자와 가장 밀접한 부분이 바로 시트이다. 대부분 자동차의 인간공학적 설계에 관한 연구들 대부분이 시트의 안락감 향상에 관한 것이었다<sup>5), 6)</sup>. Rebiffe<sup>7)</sup>는 안락한 운전자세를 위한 운전자의 관절 각도를 연구하였으며, 작은 사람부터 큰 사람에 이르는 운전자들을 모두 수용할 수 있는 운전대와 페달들에 대한 안락한 영역을 제시하였다. Schneider<sup>8), 9)</sup> 등은 운전자가 선호하는 시트 위치 결정에 페달 위치와 운전대 위치 사이에 복합적인 상호작용을 보여주었다. Manary<sup>10)</sup> 등은 SAE J826 3-D 마네킨으로 쿠션의 경도와 형상을 측정된 시트에서 마네킨 측정치들과 인체 측정치들을 비교하여 HJC(hip joint center) 위치만 약간 차이가 있고 거의 일치하는 것을 알았다. 체압은 시트 특성(크기, 각도, 곡면, 쿠션강도, 커버재료 등)과 운전자 특성(신장, 몸무게, 신체 굴곡, 근육 구성 등)의 일반적인 사항들을 제공한다<sup>11), 12)</sup>. 한국표준과학연구원에서는 시트의 경도, 사용자의 자세, 몸무게의 함수인 체압분포 패턴의 변화를 측정할 수 있는 체압분포 측정시스템을 개발하였다<sup>13)</sup>. 자동차 운전석의 최적자세 및 안락감에 관한 외국의 연구 논문은 위에 열거한 것 처럼 많이 있으나<sup>14)</sup>, 국내에서는 일부 자동차 관련 회사를 제외하고, 학계에서는 학문적으로 거의 다루지 못하고 있는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 인체측정 실험에 의한 국산 자동차의 운전자의 운전자세와 운전석의 레이아웃에 관하여 연구를 하였다.

## 2. 자동차 운전석 설계 기준

자동차 설계에서 가장 먼저 선정하는 순서는 차량을 운전하는 운전자(연령층, 사회 계층, 성별)와 차량 형태(승용차, 승합차, 트럭, 경주용차, 배기량, 차실 용적 등)를 선정하고 판매성, 생산 비용, 승차 인원 순으로 선정한다. 가장 보편적으로 사용하는 승용자동차의 내부 레이아웃 설계 기준이 되는 것은 다음과 같다<sup>14)</sup>.

### 2.1 인체 측정치

인체 측정은 고전적인 정적 인체 측정치와 기능적인 인체 측정치로 구분할 수 있다. 고전적인 정적 인체 측정치는 길이, 넓이, 높이와 둘레로 나타내고, 기능적인 인체 측정치는 운전중 또는 작동중 3차원 좌표축에서 눈 위치, 손 리치, 무릎 여유, 발 페달 운동, 발 위치와 여유치, HP 위치 등등이 있다.

이들 인체 측정치는 Gaussian 분포로 안전성, 편안함, 비용과 신뢰성 등 모든 여건을 고려하여 사용자의 90퍼센트(5~95%)를 만족하는 인체 치수로 한계를 설정한다.

### 2.2 앉은 자세의 생체역학적 고찰

자동차는 교통수단 및 레저 대상으로써 운전자

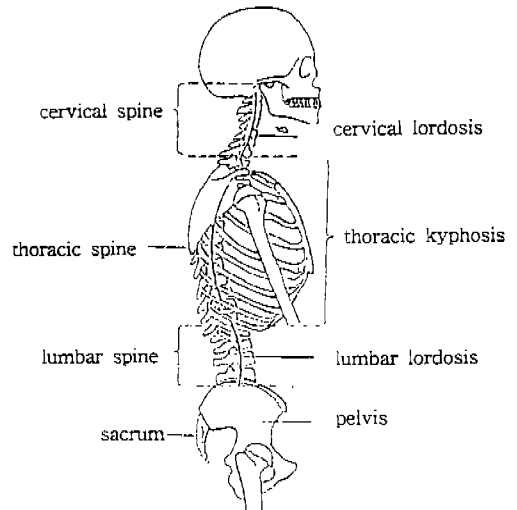


Fig.1 Composition and curve shape of spine

와 승차자가 앉아서 보내는 시간이 매우 많기 때문에 시트가 잘 설계되고 안락해야 한다. 앉는 것에 대한 생체역학적인 측면을 고려할 때 척추(spine)가 매우 중요하다. 기능적으로 척추(vertebral column)는 Fig.1과 같이 네 부분으로 구성된다<sup>4)</sup>.

사람이 똑바로 서 있을 때 척추는 앞이나 또는 뒤에서 보면 직선형태이나 측면에서 보면 굴곡되어 있다. 그 굴곡은 복합적인 것으로서 경추 전만(cervical lordosis), 흉추 후만(thoracic kyphosis), 요추 전만(lumbar lordosis)으로 불린다. 요추가 전만인 이유는 추골(vertebrae)과 원판(disc)이 뒤쪽보다는 앞쪽이 더 두껍기 때문이며, 천골의 윗부분이 수평면에 대하여 각을 이루고 있기 때문이다. 천골이 골반에 고정되어 있으므로 골반의 회전운동은 요추의 형태에 영향을 미친다.

앉은 자세는 중간 자세, 앞쪽으로 기운자세, 뒤쪽으로 기운자세로 분류한다. 이것은 발에 의해 바닥에 전달되는 몸무게의 비율에 영향을 미치는 신체의 무게중심(center of gravity)에 따라 정의하였다.

2.3 시트

자동차에 있어서 운전자 및 승차자와 가장 밀접한 부분이 바로 시트이다. 자동차의 인간공학적 설계에 관한 과거와 현재의 연구들 대부분이 시트의 안락감 향상에 관한 것이었다.

자동차 시트는 넓은 범위(남자 95퍼센타일)의 인체 측정치를 수용해야 하며 진동과 쇼크로부터 운전자와 승차자를 보호해야 한다. 시트는 인간과 자동차를 연결하는 중요한 요소이며, 특히 그 지지기능은 승차자의 적정 자세유지와 피로를 줄여주는 중요한 기능을 한다. 시트의 주요 지지부위(Fig.2)는 인체의 다음과 같은 부분을 고려하여 설계하여야 한다<sup>3), 15)</sup>.

좌골결절지지(ischial tuberosity support)는 승차자의 허리를 전·후 방향으로 지탱하는 중요한 지지이다. 이 지지에 의해 승차자와 시트 동판의 위치관계도 정해진다. 대퇴지지(thigh support)는 페달조작을 포함하여 신체 좌우의 균형

을 유지하여 준다. 그리고 다리 길이가 길고 짧은 것에도 충분히 대응해야 한다. 좌면 앞부분은 높낮이 조절기구로 좌면의 경사각도를 조절하여 대퇴를 균형있게 지지하여 준다. 천골지지(sacrum support)는 적당하고 안락한 쿠션 여유를 잡는데 중요한 역할을 한다. 요추지지(lumbar support)는 시트 설계에 있어서 가장 중요하게 고려해야 하는 부위이다. 상체를 요추만으로 지지하면 하중이 집중되어 요통의 원인이 되기 때문에 흉추지지와의 균형을 이루어야 한다. Kee-

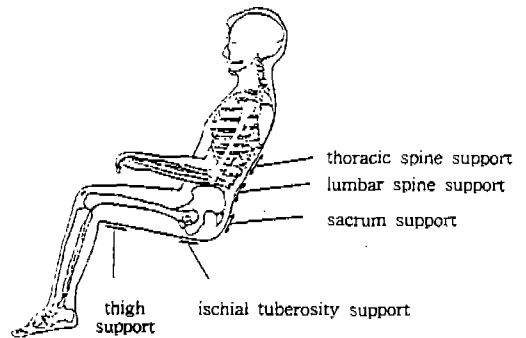


Fig.2 Main support parts of sitting posture

Table 1 Factors effected on seat comfort

Factors	Importance rate
1. Vertically-curved lower lumbar support	20%
2. Minimum trunk-thigh angle	15%
3. Length of seat	10%
4. Height of seat	5%
5. Open front of seat	5%
6. Tilt of seat	3%
7. Free space for sacrum and elbows	•
8. Front and top borders rounded or soft	•
9. Moderate contouring or cushioning	•
10. Porous cover cloth	•
11. Etc.	•

gan<sup>16)</sup>은 자동차용 시트에 있어 요추의 편평화에 대한 의학적 문제를 다루는 연구에서 시트 안락감에 영향을 주는 10개의 요인을 그 중요도에 따라 아래의 Table 1과 같이 나타내었다. 이는 UMTRI(University of Michigan Transportation Research Institute)에서 수행한 승차자들의 인터뷰에서 입증되었다<sup>17)</sup>.

2.4 내부설계

자동차 내부에서 인간과 차량의 관계를 찾기 위해서는 우선 인체기준점을 설정하고, 이 점을 중심으로 자동차 설계를 시작한다. 인체기준점으로는 운전중 비교적 잘 움직이지 않는 원점으로서, 상반신과 하반신의 회전중심에 해당되는 HP(hip point)가 대표적으로 사용된다. 이 외에 사용되는 AHP(accelerator heel point)와 EP(eye point), EO(ergosphere origin)가 사용된다.

2.4.1 거주공간

HP를 기준으로 자동차 내부 천장까지의 높이로 헤드룸(head room)이 구해진다(Fig.3). 일반적으로 운전시 운전자의 머리부분의 포락선(일정한 조건에 따라 한 무리의 모든 곡선에 접하는 곡선), 즉, HPC(head position contour)를 구하고, HPC와 천장간의 간격으로 헤드 클리어런스(head clearance)를 선정한다.

승차자의 레그룸(leg room)은 AHP와 HP의 수평거리와 높이의 관계로 구해지며, 대부분 운전자를 기준하여 앞 레그룸을 설정한다. 같은 사람이 앉아도 HP가 높은 트럭에서는 수평거리가 짧고, HP가 낮은 스포츠카에서는 수평거리가 커진다<sup>3), 15)</sup>.

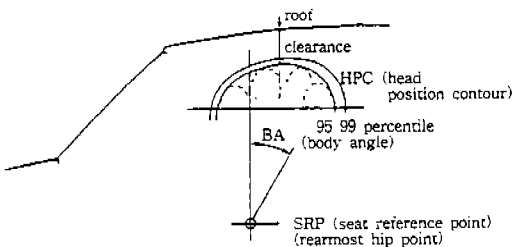


Fig.3 Head room of automobile driver seat

2.4.2 운전자 시계

주행 중에 있는 운전자는 정보의 90% 이상을 시계에 의존하며, 이 시계는 사고를 피하는 데 매우 중요한 요소이다. 운전시계를 연구할 때는 우선 자동차 내부에서 운전자의 눈의 위치를 알아야 한다. Fig.4에 SAE J 941에 정해진 미국인의 눈의 위치분포와 일본인의 눈의 위치분포를 나타내었다.

여러 종류의 자동차는 기본배치가 서로 다르기 때문에 운전자세와 시야는 완전히 다르게 된다.

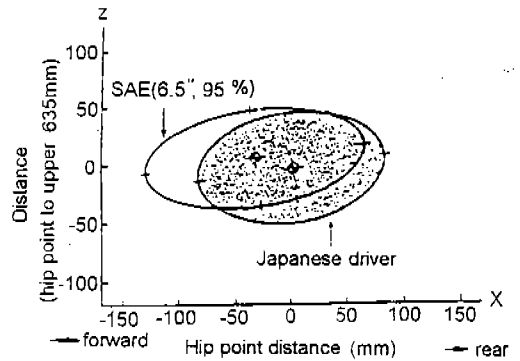
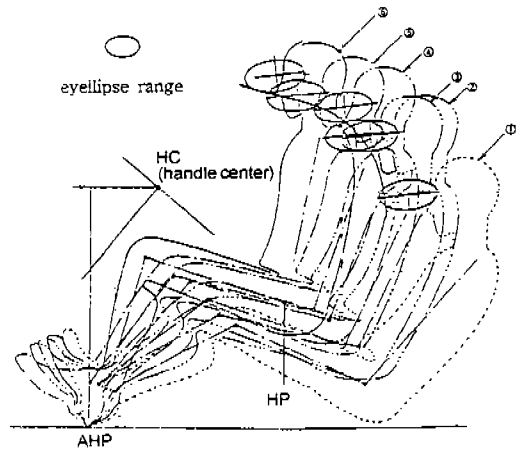


Fig.4 Eyellipse of SAE and Japanese



- ① Lotus Europe
- ② 1500cc automobile
- ③ Light automobile
- ④ Small cap over truck
- ⑤ Semi cap over truck
- ⑥ Middle cap over truck

Fig.5 Driver posture and eyellipse

스포츠카에서 트럭에 이르는 시야의 예를 Fig.5에 나타내었다<sup>16)</sup>.

#### 2.4.3 조향핸들

운전자가 운전할 때에 가장 안락한 조향핸들의 각도는 약 60° 만큼 기울어져 있을 때이며, 운전대의 직경은 운전시 운전자의 두 팔 사이의 거리(34.0~40.0cm)가 적당하다. 조향핸들의 두께는 5퍼센타일 여자도 손으로 잡을 수 있는 두께(2.5~4.0cm)이어야 한다. 조향핸들 두께가 너무 작으면 조향핸들 커버를 씌워 두께를 크게 하여 운전자가 운전하기에 적합한 두께를 유지하면 된다. 그리고 운전대에서 시트 등판까지의 거리와 운전대 높이, 운전자 무릎과 운전대 간격을 고려하여 운전대의 기울기를 선정해야 한다.

#### 2.4.4 브레이크, 액셀레이터 및 클러치

브레이크는 정지시 일정량의 힘이 들기 때문에 운전자의 다리와 발은 브레이크 페달의 위치와 각도와와의 관계를 고려해야 한다. 브레이크 페달의 크기는 발의 길이와 너비보다 크지 않아야 하고, 이들이 놓여질 위치와 운전석으로부터의 거리 및 위치, 각도 등은 다리 각 부위의 측정을 근거로 무릎 관절각도 및 발목각도, 신발높이, 발길이, 다리의 운동영역이 설계되어야 한다. 그리고 브레이크와 액셀레이터, 브레이크와 클러치 간 이격거리도 고려해야 한다. 액셀레이터와 클러치도 브레이크와 같이 고려해야 한다.

#### 2.4.5 계기판

계기판은 조향핸들에 가리어 보이지 않거나 멀리 떨어져 있어 식별이 어렵지 않고 계기의 형태, 크기, 눈금의 분할, 숫자, 바늘의 굵기와 길이 등의 확인이 용이해야 한다. 또한 조명, 색채 등도 고려해야 한다.

#### 2.4.6 실내 높이

차의 용도에 따라 실내높이가 정하여 지는데, 일반적으로 자동차는 95퍼센타일의 운전자가 운전석에 똑바로 앉았을 때 운전자의 앉은 높이와 운전자에 의한 시트 쿠션의 눌림, 운전자 엉덩이 쪽 의복의 두께에 의한 여유치와 모자 또는 헬멧을 쓰고 운전하는데 천장에 닿지 않는 높이이어야 한다.

#### 2.4.7 실내등 위치

실내등은 운전자의 시야를 방해하지 않고 5퍼

센타일 운전자가 운전석에 앉아 실내등을 ON/OFF 할수 있는 작업역 이내에 위치해야 한다.

#### 2.4.8 각종 조종장치

방향지시등, 전조등, 윈도우, 트렁크, 핸드브레이크, 변속기 레버, 카오디오 등은 5퍼센타일 운전자가 운전석에 앉아서 손으로 조작할 수 있는 작업역 이내에 위치시켜야 한다.

### 3. 실험방법

자동차 운전석의 기본 레이아웃에 관하여 기존 국산 자동차가 한국인의 체형에 맞게 설계되어 생산되었는지를 알아보기 위해 시팅벅(Seating Buck : 자동차 운전석 모형)에 11명의 운전자가 운전석에 앉아 최적의 운전자세를 취하였을 때의 인체치수와 관절각도를 측정하고, 기존 자가용 승용차 8대를 선정하여 실내 레이아웃을 측정하였다. 이들 측정자료와 레이아웃의 분석은 PC용 통계 패키지인 SAS(Statistical Analysis System)를 이용하였다.

#### 3.1 시팅벅 최적 운전자세 측정

##### 3.1.1 실험내용

먼저 피실험자에 대하여 정적상태에서 앉은 자세 및 선자세의 인체치수를 측정한 후 시팅벅에 피실험자가 가장 편안하게 운전할 수 있는 자세로 앉았을 때의 각 관절별 적정 운전자세 각도 및 운전대, 액셀레이터와 피실험자의 거리, 높이 등을 측정하였다.

##### 3.1.2 실험대상자 선정

운전경험이 많은 운전자들은 자신의 차량에 운전자세가 완전히 확립되어서 시팅벅에서 최적의 운전자세를 형성하기가 어렵기 때문에 본 실험에서는 운전 경험이 5년 미만인 운전자를 선정하였다. 이들 피실험자들은 대전지역에 거주하는 20세 이상으로 운전 경험이 5년 미만인 남자 11명을 선정하였다. 피실험자에 관한 나이, 신장, 몸무게, 운전경력울 아래의 Table 2에 나타내었다. 이들의 나이 범위는 21~27세이고, 키는 167.3~176.1cm이며, 몸무게는 53.3~85.0kg이었다.

Table 2 Classification of subject

Classification	Age	Height (cm)	Body weight (kg)	Driver career (year)
Average	24.5	171.2	66.7	2.4
Standard deviation	2.0	3.2	8.9	1.2
1	24	176.0	79.0	2
2	24	168.4	60.7	2
3	26	169.5	63.5	4
4	26	169.5	60.5	3
5	26	176.1	65.5	5
6	26	172.3	53.3	2
7	21	172.0	70.0	1
8	21	170.5	85.0	1
9	25	174.4	68.0	3
10	27	167.5	62.0	1.5
11	24	167.3	66.0	2

Table 3 Main function of seating back

Classification	Function
Steering Wheel	360° rotation
	tilt angle adjustment(-80° ~84°)
	fore and rear length adjustment(0~900mm)
	left and right length adjustment : (left : 250mm, right : 650mm)
Accelerator	height adjustment(0~600mm)
	tilt angle adjustment(30~85°)
Seat	seatback angle adjustment
	height adjustment
	fore and rear movement length adjustment
	lumbar support
3D measurement device	x, y, z axis coordinates

3.1.3 실험방법

본 실험에서 사용된 시팅벽은 자동차 운전석을 연구하기 위하여 만든 운전석의 개략적인 모형대로써 차체, 조향핸들조종장치, 액셀레이터, 시트, 3차원 측정기로 구성되어 있다. 조향핸들조종장치와 액셀레이터는 상하로 높낮이를 조절할 수

있는 모터가 부착되어있고, 시트는 각 자동차의 취부 조건(AHP-시트 LEG거리)에 맞게 시팅벽에 장착하였다. 시팅벽은 아래의 Table 3과 같이 크게 4가지의 기능을 가진다.

기본 인체 치수의 측정은 KS A 7003(인체측정용어)과 KS A 7004(인체측정방법)의 선자세와 앉은자세에서 아래 Fig.6과 같이 측정을 하였으며, 이때 각 항목에 대한 변수 21개를 측정하였다. Fig.7은 시팅벽에 앉은 피실험자들이 평상시 착용한 복장과 신발을 신은 상태에서 시트,

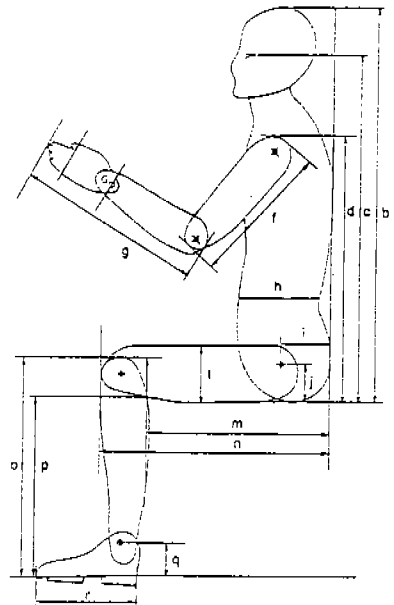


Fig.6 Static anthropometric posture



Fig.7 Measurement of subject

조향핸들, 액셀러레이터를 조작하여 가장 안락하다고 느낄 때 측정된 것이다. 이때 피실험자의 각 관절각도, 피실험자와 조향핸들, 시트 액셀레이터 사이의 길이, 각도, 높이 등을 측정하였다.

측정항목 : 인체 치수, 액셀레이터, 조향핸들, 시트 등

측정장비 : 줄자, 버어니아 캘리퍼스, 각도기, 유연성 측정기, Seating Buck

측정방법 : 기본 인체 치수의 측정은 KS A 7003(인체측정용어)과 KS A 7004(인체 측정 방법)를 따랐으며, 관절각도는 먼저 시팅백의 시트에 피실험자가 앉았을때 랜드마크를 부착한 후, 액셀레이터의 발뒤꿈치점을 기준으로 하여 시트의 전후 길이, 등판각도, 좌면각도, 액셀레이터의 경사각도, 조향핸들의 높이, 조향핸들의 좌우거리 또는 팔 길이 등을 조절하여 가장 편안하게 앉은 운전자의 관절각도, 운전자와 관계된 각종 장치와의 거리를 측정하였다.

3.2 자동차 운전석 레이아웃 측정

3.2.1 실험내용

자동차 운전석의 내부 레이아웃에 관련된 시트, 조향핸들, 브레이크, 클러치, 액셀레이터, 실내등, 내부 천장 등에 관련된 정적치수를 측정하였다.

3.2.2 실험대상 선정

본 연구에 사용된 차량은 현재 국내에서 생산된 자동차 중에서 사용하고 있는 임의의 차를 소

형에서 중형까지 8대를 선정하였다. 이들 차량에 대한 분류는 Table 4에 나타내었다.

3.2.3 실험방법

자동차 내부 운전석의 측정은 차량을 수평상태로 놓은 후 시트, 조향핸들, 액셀레이터, 브레이크, 클러치의 조작상태의 이상유무를 점검하고 측정하였다.

측정항목 : 브레이크, 액셀레이터, 클러치, 조향핸들, 시트, 내부 천장 등

측정장비 : 줄자, 버지니아 캘리퍼스, 각도기, 유연성 측정기, 자동차(8대)

측정방법 : 자동차 내부 운전석에 관련된 모든 치수는 자동차 시트를 움직여서 운전대와 클러치, 액셀레이터, 브레이크 사이의 거리, 높이, 이동범위, 각도 등은 위 측정장비를 사용하여 측정하였다.

Table 5 Static anthropometric data of 11 subjects (unit : cm)

Variable	Item	Present	95' Korean <sup>19)</sup>
a	Height	167.3-176.1	148.9-177.5
b	Sitting height	87.6-93.0	81.1-96.9
c	Sitting eye height	78.5-83.6	70.6-85.0
d	Sitting shoulder height	58.3-64.9	52.7-64.7
e	Sitting shoulder breadth	37.7-42.7	28.9-41.0
f	Shoulder-elbow length	32.1-35.0	29.5-36.6
g	Elbow-hand end length	42.2-46.5	37.8-47.2
h	Abdominal depth	15.5-26.8	16.9-24.7
i	Buttock-hip point length	10.7-14.3	-
j	Sitting hip point lengthe	6.6-8.5	-
k	Sitting buttock breadth	32.2-36.4	30.7-37.4
l	Thigh height	13.5-17.2	11.7-16.4
m	Buttock-popliteal length	44.0-49.0	40.7-49.8
n	Buttock-knee length	53.7-59.3	49.0-59.0
o	Sitting knee height	47.5-52.5	42.5-53.3
p	Sitting popliteal height	38.2-43.0	34.5-44.4
q	Ankle height	6.6-7.8	-
r	Foot length	23.3-25.3	21.3-26.5
s	Foot breadth	9.0-10.2	8.4-11.0
t	Hand grip	13.0-15.2	-
u	Body weight(kg)	53.3-85.0	45.0-80.0

Table 4 Classification of experimental automobiles

Classification	Displacement	Clutch type	Remark
A	800cc	manual	small
B	1300cc	manual	small
C	1500cc	manual	small
D	1500cc	automatic	small
E	1500cc	manual	small
F	1500cc	manual	small
G	2000cc	manual	middle
H	2000cc	manual	middle

## 4. 측정결과

### 4.1 시팅백에 앉은 최적 운전자세 분석

자동차 시팅백(자동차 운전속 모형)에 앉은 운전자의 최적 운전자세에 관한 피실험자인 21~27세 범위의 남자 대학생 11명의 인체 측정자료는 Table 5와 같다. 이들 피측정자들이 한국인 운전자를 대표할 수 없으므로 92년도 국민표준체위조사보고서<sup>19)</sup>를 참조하여 18~50세 범위의 남자 1,788명과 여자 1,580명의 인체 치수의 90퍼센타일(5~95%) 범위에 속하는 성인의 범위를 분석하였다.

피측정자의 키는 167.3~176.1cm, 몸무게는 53.3~85.0kg, 앉은 키는 87.6~93.0cm의 범위에 있는 11명에 대하여 전체 21개 부위에 대하여 측정을 하였다. 이들 자료와 92년도 국민표준체위 조사보고서의 5~95퍼센타일 범위의 자료와 비교하였을 때 몸무게와 배두께(15.5~26.8cm), 대퇴높이(13.5~17.2cm)만 범위를 벗어났다. 이는 국한된 남자 대학생들의 자료이기 때문에 90퍼센타일 범위를 초과하였다.

자동차 시팅백에 앉은 피실험자의 최적 운전자세에 대한 관절 각도 측정 결과를 Table 6에 나타내었다. 여기에서 발목각도는 83~98°, 무릎각도는 111~128°, 대퇴각도는 8~13°, 엉덩이

각도는 94~111°, 어깨각도는 6~29°, 팔꿈치각도는 95~135°, 몸통각도는 14~25°, 시트 좌면각도는 9~13°, 시트 등판각도는 14~23°, 액셀레이터 각도는 43~55°의 영역에 분포하였다. 최적 적정 운전자세 관절각도<sup>4), 21)</sup>와 본 실험 결과를 비교하여 Fig.8에 나타낸 것처럼 비슷한 영역의 각도를 나타내었다.

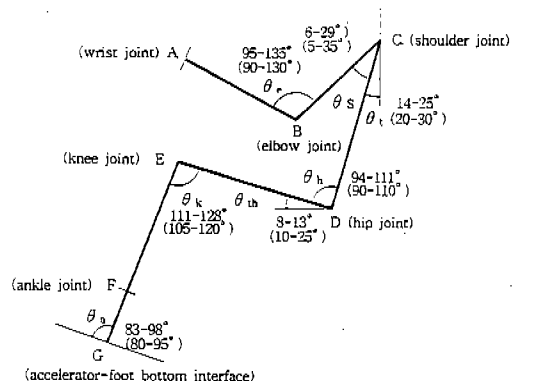
### 4.2 자동차 레이아웃 분석

국산자동차 8대의 레이아웃은 현재 사용중인 자동차를 측정하였기 때문에 운전자에 의한 시트, 액셀레이터, 브레이크, 클러치, 조향핸들 등이 완성차의 형상과 완전히 일치한다고 할 수 없다. 따라서 본 측정자료가 그 차량의 레이아웃이라고는 할 수 없지만 측정된 결과를 토대로 분석해 보면 다음과 같다.

좌면길이 47.0~53.0cm는 운전자 엉덩이-오금길이의 95퍼센타일(49.8cm)을 만족시켜야 되는데, H차량은 체중에 의한 시트 쿠션의 눌림(약 3~5cm)과 의복두께(0.5cm)에 의해 만족한다. 그러나 5퍼센타일의 운전자에게는 시트 길이가 약간 크기 때문에 엉덩이를 약간 앞으로 앉아서 운전하거나 방석을 등뒤에 보강하여 시트 길이를 조절하고 있다. 그러므로 이를 조절할 수 있는 장치가 있어야 한다. 좌면높이 50.5~55.0cm는 운전자의 앉은 엉덩이 넓이에 대하여 95

Table 6 Body joint and seat angles of the most comfort area

Classification	Average	Standard deviation	Range	Reference angles <sup>4)</sup>
Ankle angle	87.4	4.5	83~98	80~95
Knee angle	12.5	6.1	111~128	105~120
Thigh angle	10.1	1.4	8~13	10~25
Hip angle	101.5	5.3	94~111	90 above
Shoulder angle	15	7.4	6~29	5~35
Elbow angle	116.5	13.2	95~135	90 above
Trunk angle	19.6	4.0	14~25	20~30
Seatpan angle	10.8	1.1	9~13	10~20
Seatback angle	19.7	2.6	14~23	20~30
Accelerator angle	50.1	3.8	43~55	45~65



( ) : Reference angles

Fig.8 Diagram of comfort area angles of body joints with reference angles



퍼센타일(37.4cm)을 충분히 만족한다. 이는 실내 공간과의 조화를 고려하여 좌면 넓이를 넓게 하였다. 액셀레이터에서 좌면 앞까지의 최소거리 35.0~42.2cm는 운전자의 5퍼센타일 오금 높이(34.5cm)와 시트의 놀림(약 3~5cm), 신발의 높이(약 3cm), 의복 두께(약 0.5cm)를 고려하여 40cm 이내가 되었을 때 만족하는데, 본 실험에서 C, D 차량은 약간 더 커서 90퍼센타일 범위를 만족하지 않았다. 액셀레이터에서 좌면 앞까지의 최대거리 52.0~58.0cm는 운전자의 95퍼센타일 오금높이(44.4cm)와 신발의 높이, 시트의 놀림, 의복두께를 보상하고도 충분히 만족하였다. 실내등의 위치 41.0~70.0cm는 운전석에서 5퍼센타일 운전자 팔길이(70cm)의 작업역 이내에 위치하여 만족하였다. 조향핸들의 직경은 37.0~40.0cm는 운전자의 95퍼센타일 어깨넓이(41.0cm)보다 작아야 운전 중 피로를 적게 해준다. 조향핸들 두께 2.6~3.8cm는 대부분 커버를 사용하고 있고, 5퍼센타일의 작은 여성이 잡을 수 있는 두께이고, 두께가 작으면 조향핸들에 커버를 씌워 자신의 손 그림에 적합한 두께를 사용하였다. 좌면-조향핸들 거리 범위 13.0~19.0cm는 운전자의 대퇴높이(11.7~16.4cm)에 여유치를 더하여 주고 시트의 놀림을 감하여 준다. 이는 조향핸들의 낮아짐을 조절할 수 있으므로 적합한 높이를 선정하여 만족하였다. 시트 등판-조향핸들 최소거리 24.0~31.5cm는 5퍼센타일 운전자의 배두께(16.9cm)보다 커야 한다. 등판-조향핸들 최대거리 43.5~50.5cm는 95퍼센타일 운전자의 배두께(24.7cm)보다 커야 한다. 바닥에서 조향핸들의 중앙 높이 62.0~66.4cm는 운전자의 앉은 무릎높이에 여유치를 감안하여 60.0cm 이상이어야 한다. 액셀레이터에서 조향핸들의 최소거리 62.0~68.0cm는 운전자의 앉은 무릎높이에 여유치를 감안하여 60.0cm 이상이어야 한다. 액셀레이터, 브레이크, 클러치의 가로, 세로 길이는 운전자의 발길리와 발넓이의 범위 내에 있어야 하고, 액셀레이터와 브레이크 사이의 간격 4.8~8.0cm는 발목의 운동범위와 신발의 넓이를 고려하여 선정하여야 한다. 브레이크와 클러치 사이의 간격은 5.5~10.0cm인데,

브레이크 가로 중심과 클러치 가로 중심사이의 길이는 발 넓이와 신발여유를 고려하여 최소 13cm 이상이 되어야 하는데, A, B, D, E 차량은 95퍼센타일 운전자에게는 약간 작아 불편하였다. 페달의 경사각도 44~64°는 각도 조절이 가능하여 모든 운전자에게 만족되었다.

좌면-천장높이 91.0~98.0cm는 95퍼센타일 운전자(96.9cm)가 운전석에 슬럼프 자세로 앉아서 머리를 움직이는데 불편함이 없어야 한다. 등판의 기울기(약 1.5~5cm 감소)와 쿠션의 놀림(2~5cm), 의복두께(0.5cm), 슬럼프 자세(2.5cm 감소)와 머리 여유치를 고려하여 93cm 이상이 되어야 하는데, B, G 차량은 95퍼센타일 운전자에게는 높이가 약간 낮다. 바닥-천장 높이 115.0~119.0cm는 좌면높이와 운전자의 앉은 높이를 고려하여 120cm 이내이어야 한다.

#### 4.3 외국인 인체치수를 이용한 운전석 레이아웃 비교

일반적으로 국내에서 생산된 모든 자동차들은 외국인의 인체치수를 기준으로 설계한 자동차 도면을 국내에 도입하여 생산하여 왔으므로 한국인의 체형에 잘 맞지 않고 외국인에게는 적합하다고 생각해 왔다. 그러므로 한국인의 체형에 맞는 지 알아보기 위하여 측정한 국산 자동차 8대의 레이아웃 자료와 미국인 인체치수<sup>20)</sup>를 비교하여 Table 7에 나타내었다.

본 연구에서 측정한 국산 자동차 레이아웃 측정치 37개 항목 중 거의 대부분이 미국인의 인체치수를 만족하였다. 그 중에서 시트의 좌면길이(47~53cm)는 시트의 놀림, 의복두께를 고려하여 8대중 5대가 미국인 95퍼센타일 운전자(55cm)에게 약간 작았고, 액셀레이터-좌면앞 최소거리는 시트의 놀림, 의복두께를 고려하여 8대중 3대가 5퍼센타일 운전자(36cm)에게 너무 커서 적합하지가 않았다. 조향핸들-좌면 사이의 여유치는 시트의 놀림, 의복의 두께를 고려하여 미국인 95퍼센타일의 대퇴높이(18.5cm)를 2대가 만족하지 못하였다. 그리고 좌면-천장높이는 시트의 놀림, 의복두께, 슬럼프자세, 시트등판의 기울기 등을 고려하여 95퍼센타일 미국인 운전

Table 7 Estimation of automobile driver seat comfort using American anthropometric data

Measurement variable	range	Anthropometric data		Remark
		Korean <sup>19)</sup>	American <sup>20)</sup>	
Seatpan length	47.0~53.0	41.7~49.8	44.0~55.5	Buttock-popliteal length(95%)
Seatpan breadth	50.5~55.0	30.7~37.0	31.0~44.0	Sitting buttock breadth(95%)
Slider movement length	16.0~21.2	8.1	11.5	Buttock-popliteal length difference(95~5%)
Height range	0~4.0	4.7	6.0	Thigh height difference(95~5%)
AHP-seatpan front minimum length	35.0~42.2	34.5~44.4	36.0~49.5	Sitting popliteal height(5%)
AHP-seatpan front maximum length	52.0~58.0	34.5~44.4	36.0~49.5	Sitting popliteal height(95%)
Seatback length	48.0~58.0	52.7~64.7	51.0~65.5	Trunk length(95%)
Seatback breadth	47.0~53.0	28.9~41.0	33.0~43.5	Shoulder breadth(95%)
Seatpan-lumbar height	9.0~21.0	-	-	Lumbar height range(5~95%)
Seatback-light minimum length	41.0~56.7	76.7~86.9	65.5~85.0	Arm length(5%)
Seatback-light maximum length	43.0~70.0	76.7~86.9	65.5~85.0	Arm length(95%)
Head support plane length	16.0~26.0	20.0~24.9	16.2~21.0	Head length(95%)
Head support plane breadth	25.0~28.0	14.2~17.3	13.5~16.5	Head thickness(95%)
Wheel diameter	37.0~40.0	28.9~41.0	33.0~43.5	Shoulder breadth(95%)
Wheel thickness	2.6~3.8	-	-	Hand grip(5%)
Seatpan-wheel minimum length	13.0~19.0	11.7~16.4	12.5~18.5	Thigh height(5%)
Seatpan-wheel maximum length	15.0~19.0	11.7~16.4	12.5~18.5	Thigh height(95%)
Seatback-wheel minimum length	24.0~31.5	16.9~24.7	21.0~33.0	Abdominal thickness(5%)
Seatback-wheel maximum length	43.5~50.5	16.9~24.7	21.0~33.0	Abdominal thickness(95%)
Bottom-wheel height	62.0~66.4	42.4~53.4	46.0~60.5	Sitting knee height(95%)
AHP-wheel minimum length	62.0~68.0	42.4~53.4	46.0~60.5	Sitting knee height(95%)
Accelerator breadth	4.0~7.0	9.3~11.0	8.0~11.0	Foot breadth(95%)
Accelerator length	7.1~15.0	23.1~26.5	22.0~29.5	Foot length(95%)
Accelerator minimum height	8.5~14.0	23.1~26.5	22.0~29.5	Foot length(5%)
Accelerator separation length	4.0~15.0	23.1~26.5	14.5	Foot length × sin30(95%)
Brake breadth	4.5~13.0	9.3~11.0	8.0~11.0	Foot breadth(95%)
Brake length	4.8~8.9	23.1~26.5	22.0~29.0	Foot length(95%)
Brake minimum height	13.0~16.0	23.1~26.5	22.0~29.0	Foot length(5%)
Brake separation length	3.0~6.0	9.3~11.0	14.5	Foot length × sin30(95%)
Accelerator-brake minimum gap	4.8~8.0	9.3~11.0	8.0~11.0	Foot breadth(95%)
Clutch breadth	4.5~9.3	9.3~11.0	8.0~11.0	Foot breadth(95%)
Clutch length	4.8~8.6	23.1~26.5	22.0~29.0	Foot length(95%)
Clutch minimum height	13.5~16.0	23.1~26.5	22.0~29.0	Foot length(5%)
Clutch separation length	5.0~15.5	23.1~26.5	14.5	Foot length × sin30(95%)
Brake-clutch minimum gap	5.5~10.0	9.3~11.0	8.0~11.0	Foot length(95%)
Bottom-roof height	115.0~119.0	-	-	Bottom-sitting height(95%)
Seatpan-roof height	91.0~98.0	81.1~96.9	80.0~97.5	Sitting height(95%)

자의 앉은 높이(97.5cm)에 비해 4대의 차량 천장높이가 낮아 미국인에게는 적합하지 않았다. 여기에서 미국인 95퍼센타일을 만족하는 높이는 95~100cm이었다.

이아웃 비교에서 95퍼센타일 운전자는 시트 좌면길이와 조향핸들-좌면 사이의 여유치, 천장의 높이가 약간 작다는 것을 알았다.

## 5. 결 론

인체 측정치를 이용한 자동차 운전석의 레이아웃 치수들은 주로 시트와 조향핸들, 조향핸들과 페달, 페달과 시트의 사이의 최대, 최소 치수를 근거로 분석하였다.

본 연구를 통하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 11명의 최적 운전자세 실험각도와 정상운전시 관절 각도범위는 비교적 잘 일치한다는 것을 알 수 있었다. 즉 발목각도는 83~98°, 무릎각도는 111~128°, 대퇴각도는 8~13°, 엉덩이각도는 94~111°, 어깨각도는 6~29°, 팔꿈치각도는 95~135°, 몸통각도는 14~25°, 시트 좌면각도는 9~13°, 시트 등판각도는 14~23°, 액셀레이터 각도는 43~55°의 영역에 분포하였다.
- 2) 좌면 길이는 모든 운전자를 만족하는 범위에 있지만 작은 5퍼센타일의 운전자에게는 너무 크다. C, D 차량은 액셀레이터-좌면 앞 끝단까지의 최소거리는 5퍼센타일 운전자의 오금 높이범위를 초과하여 작은 여자 운전자에게는 적합하지 않았다. 브레이크와 클러치, 액셀레이터간의 간격은 자동변속 차량은 큰 불편함이 없지만, 수동 변속 차량은 변속, 감속, 가속시 페달을 조작할 때 인접 페달을 동시에 조작하는 경우가 종종 발생한다. 본 실험에서는 A, B, D, E 차량의 페달간격이 약간 좁아 운전하는데 불편하였다. 좌면-천장 높이는 B, G 차량은 95퍼센타일 운전자가 운전하기에는 약간 낮았다.
- 3) 중형차량보다는 소형차량이 운전자의 인체치수에 부적합하다는 것을 본 실험을 통하여 알 수 있었다.
- 4) 미국인 인체치수와 국산자동차 운전석 레

## 참 고 문 헌

1. 한석우, "디자이너를 위한 인간공학", 조형사, pp. 241~251, 1994.
2. 한국 공업 표준 협회, "도해 에르고노믹스", 1990.
3. 박세진, "자동차 설계와 인간공학", 측정표준, 14권, 4호, pp. 32~40, 1991.
4. 박세진, "체압분포를 이용한 시트 안락감 평가에 관한 연구", 고려대학교 대학원 박사학위 논문, 1994.
5. S. Habsburg and L. Middendorf, "What Really Connects in Seating Comfort? Studies of Correlations of Static Seat Comfort", SAE paper no. 770247, 1977.
6. Y. M. Matsuoka and T. Hanai, "Study of Comfortable Sitting Posture", SAE paper no. 880054, 1988.
7. R. Rebiffe, "General Reflections on the Postural Comfort of the Driver and Passengers; Consequences on Seat Design", Human Factors in Transport Research, pp. 240~248, 1980.
8. L. W. Schneider, C. K. Anderson and P. L. Olson, "Driver Anthropometry and Vehicle Design Characteristics Related to Seat Positions Selected under Driving and Non-driver Conditions", SAE paper no. 790384, 1979.
9. L. W. Schneider and M. A. Manary, "An Investigation of Preferred Steering Wheel Location and Driver Positioning in Late-model Vehicles", Report no. UMTRI-91-29, University of Michigan Transportation Research Institute, 1991.
10. M. A. Manary, L. W. Schneider, C. C.

- Flannagan and B. H. Eby, "Evaluation of the SAE J824 3-D Manikin Measures of Driver Positioning and Posture", SAE paper no. 941048, 1994.
11. H. T. E. Hertzberg, "The Human Buttocks in Sitting : Pressures, Patterns, and Palliatives", SAE paper no. 720005, 1972.
  12. C. A. Dempsey, "Posture and Sitting", pp. 165~180, McGraw-Hill, 1963.
  13. 김철중, 이남식, 박세진, 김창범, 김충웅, 이상춘, "자동차용 시트의 체압분포 측정기 및 측정기술개발", KRISS-92-149-IR, 과학기술처, 1992.
  14. B. Peacock, and W. Karwowski, "Automotive Ergonomics", Taylor & Francis, pp. 11~42, 1993.
  15. 이순요, "미래지향적인 인간공학", 박영사, pp. 339~374, 1992.
  16. J. Keegan, "The Medical Problem of Lumbar Spine Flattening in Automobile Seats", SAE paper no. 838A, 1964.
  17. UMTRI, 1988, "A Preliminary Investigation of Driver Lean in Late Model Vehicles with Bench and Bucket Seats", UMTRI-88-49.
  18. 山中 旭外, 1980, "自動車の 基本計劃과 디자인", 自動車 工學全書 2拳, 山海堂.
  19. 김철중 외 9명, "산업제품의 표준치 설정을 위한 국민표준채워 조사 보고서", KRISS-92-144-IR, 공업진흥청, 1992.
  20. S. Pheasant, "Bodyspace : Anthropometry, Ergonomics and Design", Taylor & Francis, 1994.
  21. F. W. Babbs, "A Design Layout Method for Relating Seating to the Occupant and Vehicle", Ergonomics, Vol. 22, no. 2, pp. 227~234, 1979.