

차량용 시트의 설계품질 향상을 위한 안전공학 및 인간공학에 관한 연구

A Study on the Safety and Human Engineering for the Design Quality - improvement of Vehicle Seats

이 장 부*, 염 영 하*, 성 명 호*, 신 승 훈*
J. M. Lee, Y. H. Yum, M.H.Sung, S. H. Shin

ABSTRACT

The safety and comfort of car seats were studied by utilization of engineering analysis/experiment and human engineering data. As important factors of the static seating comfort, static spring constant, body pressure distribution, driving posture were discussed. In connection with the dynamic seating comfort, vibrational characteristics of domestic car seats (natural frequencies, damping, frequency spectrum, transmission ratio) were measured and discussed. Finally, the safety of the seat was analyzed and evaluated through calculation and experiments.

1. 서 론

최근 각종 공학의 눈부신 발전에 힘입어서 승용차의 성능, 안락성 및 안정성이 크게 향상되고 있다. 이와 관련하여 운전자 및 승차자와 가장 밀접한 부분인 시트의 안락성(seating comfort)과 안정성 향상에 대한 관심이 더욱 높아지고 있다.

승용차 시트는 시대와 나라의 문화와 그 국민의 체위에 부응하여 변화되고 있으므로 그 설계 형태가 다양하고 최적 시트에 대한 객관적인 정의가 불분명하다. 시트의 안락성에 관하여 수 많은 연구가^(1,2,3,4,5,6,7) 행하여져 왔으나 국내의 승용차의 동적안락성에 대한 연구는 미미하였다. 승용차 시트의 안락성에 대한 정의는 앞으로도 계속 연구될 과제이나 과

거의 연구에(1) 의하면 주관적인 안락감 평가 인자는 체압분포의 안락감, 운전자세의 안락감, 콧손의 안락감, 널직한 느낌의 안락감, 양호한 지지에 따른 안락감과 진동에 대한 안락감으로 분류될 수 있다. 또한 객관적인 안락성 평가 자료는 체압분포 양상, 정적 스프링 상수, 운전자세계수, 고유진동수, 감쇄 및 전달율(transmission ratio)을 생각할 수 있다. 본 연구에서는 상기 주관적인 안락감과 객관적인 안락성 평가자료의 상관관계에 의한 연구자료와(1) 인간공학적 고려를 기초로 하여 실차 시트시험 결과를 분석하였다. 시이트의 안정성을 평가하기 위하여 시트 프레임에 대한 강도해석을 하고 응력측정을 하여 임계 위험하중(임계 감가속도) 및 취약부위를 예측하였다.

* 정회원, 서울대 공대 기계설계과

2. 인체계측치와 시트

시트는 인간과 차를 결합하는 부위로서 자동차 부분중 인간과 가장 생리적으로 밀접한 관계를 가지므로 그 형상 및 치수의 설계와 인간 공학은 불가분의 관계가 있다. 시트는 인체를 지지하여주는 도구이므로 우선 인체의 계측치수를 검토할 필요가 있다. Fig. 1은 일반적인 의자를 설계하는데에 필요한 성인 남녀의 계측부위의 한 예이다.

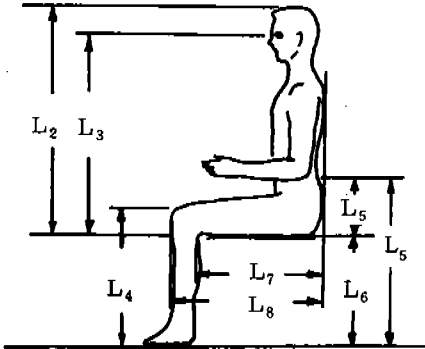


Fig. 1 Anthropometric data

Fig. 1에서 $L_1, L_2, L_3, L_4, L_5, L_6, L_7, L_8$ 은 각각 신장, 앉은 키, 앉은 눈 높이, 대퇴부 높이, 앉은 팔꿈치 높이, 대퇴부 밑 높이, 엉덩

이-무릎굽힌 뒤길이 및 엉덩이-무릎굽힌 앞길이를 의미한다. 시트는 그 나라의 성인 인체계측치에 따라서 다르게 설계되어야 하므로 참고로 한국, 일본, 미국의 주요 인체 계측치를 Table 1에 비교하였다(8). 실제 설계를 위하여는 퍼센타일(percentile)에 의한 데이터(9) 활용하여야 하며 차량과 시트와의 관계, 운전자세 등이 고려되어야 한다. Table 1에서 M 은 체중을 L_1 은 신장을 L_9 은 엉덩이 폭을 L_{10} 은 어깨 폭을 L_{11} 은 팔 길이를 의미한다. 한국과 일본과 미국의 인체 계측치를 동일한 부위에 대하여 비교하면 몇가지 흥미있는 사실을 관찰할 수 있다. 앉은 키에 대하여는 한국의 여자가 다소 작은 것을 제외하면 큰 차이가 없다. 장신이 단신에 비하여 다른 곳은 다리의 길이가 틀리기 때문이므로 미국인과 큰 차이가 없는 것으로 생각된다. 그러나 대퇴 밑 높이, 엉덩이-무릎굽힌 뒤길이, 엉덩이 폭 및 어깨 폭은 미국인이 한국인 및 일본인에 비하여 다소 크므로 미국인이 앉기 편리한 시트는 앉은 자리폭, 앉은 자리 깊이, 앉은 자리 높이, 등기댐 자리폭을 제외하면 한국인들에게도 앉기 편리한 시트가 된다. 뒤에 운전자세 계수에서 논의가 되겠으나 시트의 높이 및 승용차 내부에 대한 상대적인 위치는 천정, 핸들, 브

Table 1 Anthropometric data for Korean, Japanese and American.

Body Name	Korean		Japanese		American	
	Male	Female	Male	Female	Male	Female
Weight (M Kg.)	61.7	51.0	58.8	48.7	76.4	64.5
Height (L1 cm)	167.0	155.2	165.1	154.4	173.2	160.0
Sitting height (L2 cm)	91.3	83.9	91.1	85.6	91.8	85.4
Eye height ; sitting (L3 cm)	79.2	72.2	80.3	74.4	80.6	75.1
Kneescap height (L4 cm)	52.9	49.1	48.0	44.4	51.1	50.0
Elbow rest height (L5 cm)	27.2	25.0	26.0	24.1	24.0	23.3
Popliteal height (L6 cm)	38.6	35.5	41.0	37.5	44.1	42.2
Buttock-popliteal length (L7 cm)	42.5	40.7	45.1	44.2	47.9	46.0
Buttock-knee length (L8 cm)	53.4	50.5	55.7	54.3	58.9	56.8
Hip-breadth ; sitting (L9 cm)	33.7	33.2			35.3	37.1
Shoulder breadth (L10 cm)	43.6	38.5			45.0	40.6
Arm length (L11 cm)	70.8	65.2			72.6	67.3

레이크 및 악셀러레이터 페달, 앞창문의 시계 양호성 등에 의한 운전자세 동도 고려하여 결정되어야 한다. 또한 한국인의 체중은 미국인에 비하여 약 15 kg 정도의 차이가 있으므로 시트의 고유진동수 및 정적 강성 결성에 고려되어야 한다.

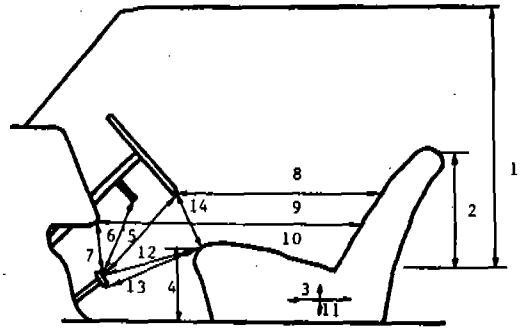


Fig. 2 Car interior dimensions

3. 시트의 정적 특성과 안락성

시트는 차형, 크기 및 성능과 밀접한 관계가 있는 치수, 각도, 최종 안정자세, 체압분포, 쿠션성, 체형 등의 제 정적인자들을 고려하여 설계되어야 한다(3). 시트의 정적특성중 치수 및 각도, 체압분포, 정적 스프링상수 등은 특히 운전자의 주관적인 안락감 평가(체압분포의 안락감, 운전자세의 안락감, 쿠션의 안락감, 널직한 느낌의 안락감 및 양호한 지지의 안락감)와 매우 밀접한 상관관계가 있음이 최근 발표되었다(1). 본 연구에서 검토한 시트의 정적특성과 안락성 관계는 아래와 같다.

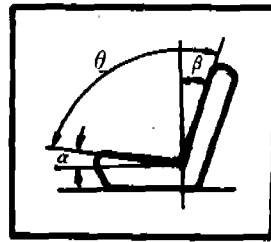


Fig. 3 Seat angles

3.1 치수 및 각도

시트 각 부의 치수 및 각도는 전술한 인체계측치를 고려하여 설계하여야 하며 차체 치수와 장시간 운전하는 경우 자세를 변화하기 위한 여유 등도 고려할 필요가 있다. 특히 운전석인 경우 시야와 용이한 운전조작을 결정하는 운전자세는 Fig. 2에 보인 스테어링 휠, 각종 페달 등의 위치 등의 자동차 내부 치수와 밀접한 관계가 있다. Fig. 2의 자동차 내부 치수는 Fig. 1 및 Table 1의 인체계측치와 관련하여 결정되어야 한다(3). 앉은자리 시트와 등기댐 시트의 각도는 최종 안정자세와 밀접한 관계가 있다. 시트는 승차자가 앉았을 때에 변형되어 휘기 때문에 이 휨을 고려하여야 하나 Fig. 3 및 Table 2와 같이 대체적인 경사각도를 정하고 세부적인 상태는 최종 안정자세에서 검토되어야 한다. 앞자리 시트는 작업성이 중요하므로 다소 경사 각도가 적고, 뒷자리 시트는 휴식성이 중요하므로 경사각도가 크다. 자동차 시트에서는 진동흡수를 위하

Table 2 Recommended values for seat angles

Front seat		Rear seat		Relative angle (θ°)
Cushion (α°)	Back (β°)	Cushion (α°)	Back (β°)	
5-10	17-22	10-15	20-25	100-110

여 각종 쿠션재를 사용하므로 인체는 좌석 후 어느 정도 내려 앉은 후 최종적으로 안정하게 된다. 그러므로 최종적인 안정자세에서 인체의 요추골 곡선이 참고문헌의(8) III형(운전석) 또는 IV형 및 V형(뒷자석)이 되도록 시행오차적으로 설계되어야 한다. 피로감이 적은 등받이 조건으로서 낮은 각도의 경사일 때에는 제 2 혹은 제 4 요추를 지지하고 약간 경사가 있을 때에는 흉추의 하부가 지지되도록 하고 경사가 더 클 때에는 요추와 흉추의 경부를 지지하는 것이 적당하다. 이와 같이 자동차 시트의 치수 및 각도의 개선은 인체계측치를 기초로 하여 수차의 시작을 거듭하고 실험에 의하여 확인하는 절차를 통하여 가능하다 (7).

운전석 시트의 중요한 역할은 차내의 적절한 곳에 운전위치를 설정하는 것이다. 운전위치를

결정하는 중요인자는 시계, 페달과 발의 조작 위치, 스티어링 휠과 손의 위치관계 등이다. 운전자 위치는 차의 종류에 따라 다르므로 Fig. 4에서 볼 수 있듯이 시트의 특성(시트의 높이 및 뒷받침 각도 및 엉덩이 각도 등)에 따라 달라진다. 땅에 대하여 낮은 시계를 유지하는 스포츠 자동차로부터 높은 곳에서 시계를 유지하는 트럭까지 차의 성격과 기능에 따라서 많이 다르다. 운전위치를 정량적인 하나의 수치로 표시한 것은 SAE 핸드북에 제시된 Hammond와 Roe의 운전자세계수 G 이다(8). 이 값은 Fig. 4의 치수를 아래의 식에 대입하여 구할 수 있다.

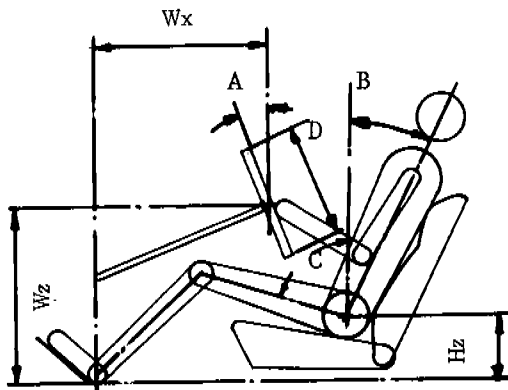


Fig. 4 Dimensions for driving posture constant (general package factor)

$$G = 0.0018H_z - 0.0197B + 0.027D + 0.0106A - 0.0011W_x + 0.0024W_z + 0.0027\alpha - 3.0853 \dots\dots\dots (1)$$

윗식에서 길이는 mm, 각도는 도(°)를 사용한다. G 값이 양의 방향으로 크면 트럭과 같은 경우의 운전자세를 나타낸다. 일반적으로 대형 트럭의 G 값은 1.5 부근의 값을 가지며 스포츠 자동차의 G 값은 -1.0 부근의 값을 갖는다. 본 연구에서는 인체측량데이터를 이용한 승차자의 모형과 시트의 형상, 차량내부의 주요 관련부분(스티어링 휠 및 페달 등)의 자동입력 및 자동제동, 자동수정, 공학계산 (G 값의 계산 등) 및 자동출력을 통하여 시트 치수

및 각도의 적합성을 설계자가 인터랙티브하게 검토 판정하는 컴퓨터 프로그램 패키지 SEAT-CAD를 만들었다. 현재는 2차원 도지만이 가능하나 앞으로 3차원 도시가 되고 인체의 하중에 의한 시트의 변형이 표시되며 체압분포를 계산할 수 있는 유한요소해석 부프로그램도 삽입할 예정이다. 또한 시트의 정적강성, 체압분포, 시트의 변형, 시트의 치수 및 각도와 관련되는 기준 등에 대하여 시트의 양·부를 판정할 수 있는 각종 데이터를 컴퓨터의 데이터 베이스에 내장하여 활용하는 엑스퍼트 시스템으로 확장할 예정이다. 본 연구의 SEAT-CAD에 이용된 시스템의 하드웨어는 CALMA turn-key CAD 시스템, CALCOM 960 플롯터 등이며 소프트웨어는 DDM 및 DAL을 사용하였다. Fig. 5와 Fig. 6에 국산 고급승용차 시트의 높이 및 등기댐 각도의 변화에 따른 시트-운전자-핸들·페달 등의 기하학적 관계를 도시하였고 이 경우의 운전자세계수를 외국승용차의 계수와 비교하였다. Fig. 5(a)는 등기댐 각도가 20°, 시트의 높이가 150 mm(A), 180 mm(B), 220 mm(C)인 경우 50% 퍼센타일의 남자 운전자가 운전하는 특정 국산승용차에 대하여 운전자세 변화를 도시한 것으로 시트 슬라이드등의 조정에 의한 시트의 수평이동에 따라

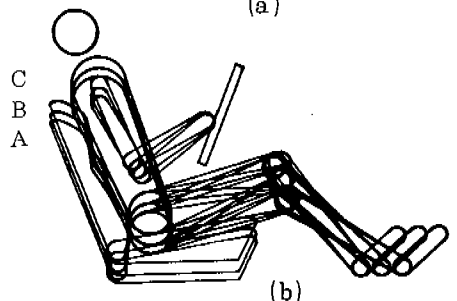
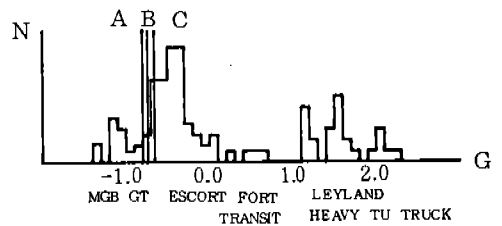


Fig. 5 Variation of driving posture

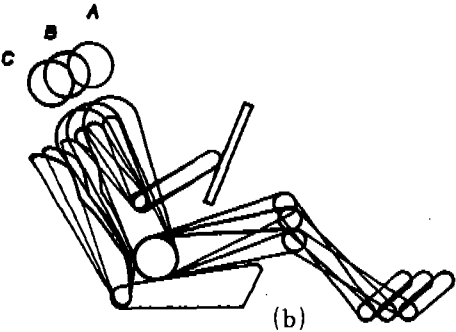
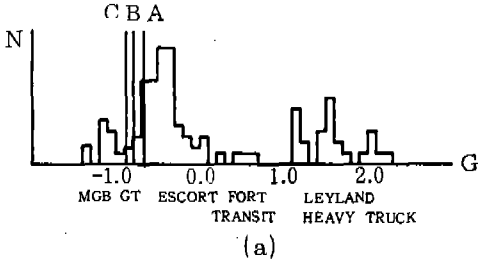


Fig. 6 Variation of driving posture

서도 자세를 변화시킬 수 있다. Fig. 5(b)는 A, B, C의 경우의 G 값을 도시한 것으로 약 0.7의 값을 갖는다. Fig. 6(a)에는 시트의 높이가 220 mm, 등기댐 각도가 18°(A), 25°(B), 30°(C)인 경우 50% 퍼센타일의 남자 운전자의 운전자세를 도시하였고 Fig. 6(b)에는 A, B, C의 경우에 G 값을 도시하였다. 종축의 N은 반도수를 나타낸다. 최적의 운전자세를 찾기 위하여 차량에는 운전자의 체격에 맞도록 각종 조정기구가 부착되어 있다. 시트 슬라이드의 경우 동일한 신장의 운전자들에게서도 약 85 mm 정도의 차이가 있는 것으로 알려져 있다.

3.2 정적 스프링 상수

시트의 쿠션성을 결정하는 정적 스프링 상수는 각 나라의 국민체위의 차이, 도로상태의 차이, 국민성의 차이 등으로 선호가 다르다. 독일의 경우 고속도로의 발달과 장거리 고속주행이 많고 승차자의 체격도 크므로 시트가 단단하고(정적 스프링 상수가 크고), 고속에서 회전할 때 몸이 잘 유지되도록 좌우측의 지지가 견고하다. 시트의 하중-변형 곡선은 비선형관계를 갖고 하중을 가하고 제거 (loading,

unloading)할 때에 다른 특성을 갖는다. 그러므로 통상 하중-변형 곡선에서 하중이 50 kg 일 때의 곡선기울기를 정적 스프링 상수로 사용하여 비교한다. 본 연구에서는 고급승용차용 국산시트 S1에 대하여 하중-변형시험(하중은 시트의 형상과 동일한 모양의 기구를 이용하여 균일하게 하중이 작용하도록함)을 행하고 그결과를 외국시트의 곡선과 (B)비교하여 Fig. 7에 도시하였다. Fig. 7에는 하중을 증가시킨 (loading) 경우만이 도시되어 있으나 감소시킨 (unloading) 경우도 실험하였다. 시트 S1은 미국 고급승용차 및 이탈리아의 뷔쵸 승용차의 시트와 같이 비교적 쿠션이 부드러운 것으로 나타났다. 또한 50 kg에서의 정적 스프링 상수를 구하면 하중 증가시는 $k_s=1.1 \text{ kg/mm}$, 하중 감소시는 $k_s=1.8 \text{ kg/mm}$ 이었다. 이 값을 0 표시로 외국 시트의 정적 스프링 상

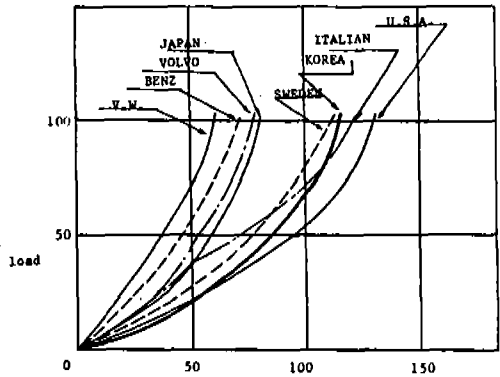


Fig. 7 Load-deformation curves for various seat

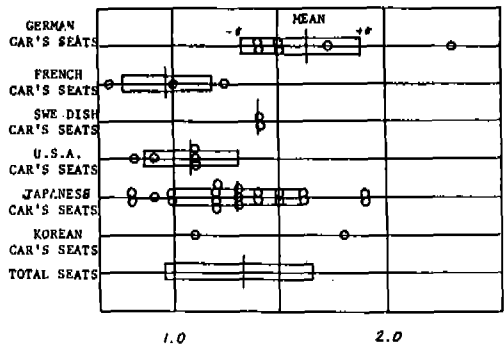


Fig. 8 Comparison of static spring constants of various seats

수와(1) 비교하여 Fig. 8에 도시하였다. 하중 증가시의 경우로 볼 때에 우리나라 시트 S1은 미국 시트와 유사함을 알 수 있다. 최근의 연구에(1) 의하면 정적 스프링 상수가 낮을수록 승차자는 콧손상이 좋은 것으로 평가하였다.

3.3 체압분포

체압분포는 승차자의 안락감과 관련하여 매우 중요한 인자로서 시트의 치수, 각도, 재질 및 스프링상수의 분포 등 다른 인자들과의 연관성이 높다. 체압분포를 측정하기 위하여는 고가격의 300여개의 로드-셀과 관련 분석장치가 필요하다. 본 연구에서는 제한된 경비와 시간으로 인해서 타연구자의 실험결과를 토대로 분석 검토하는 것으로 축소하였다. 체압은 승차자와 시트 표면간의 접촉압력으로 정의되

며 인체와 시트 표면간의 접촉압력이 어떻게 분포되어 있는가에 따라 양·부가 판정된다. 인체의 부분은 강한 압박을 받아도 잘 견디는 부분(좌골 결절 등)과 견디지 못하는 부분(엉덩이 뒷부분 등)이 있다. 각 부분에 적당한 압력이 분포되지 않으면 혈액순환장애를 일으키거나 앉았을 때 촉감이 좋지 않다. Fig. 9 및 Fig. 10은 참고문헌(1)의 실험결과로서 각각 안락감이 양호한 시트와 불량한 시트의 체압분포를 보여주고 있다. 양호한 시트에서는 체압분포가 대칭적으로 분포되고 압박을 잘 견디고 운전자세를 확실히 유지할 수 있도록 체압이 분포되어 있는 것을 알 수 있다. 즉 허리부분(시트로부터 높이 140-180 mm 위치)에 다소 높은 체압 24-27 g/cm²이 작용하여 양호한 운전자세를 유지할 수 있게 한다. 또한 양호한

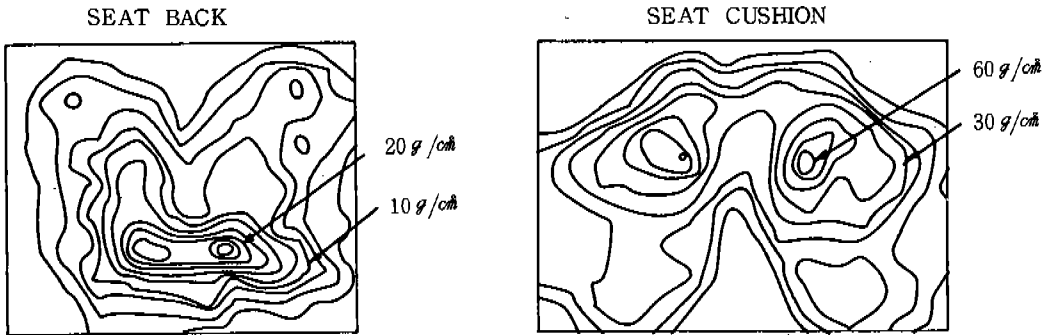


Fig. 9 Comfortable body pressure distribution of a seat(1)

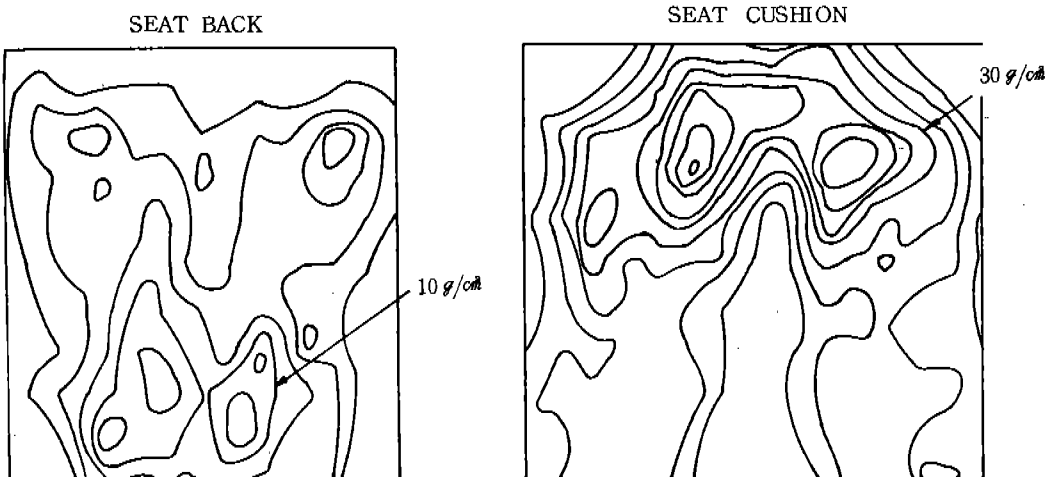


Fig. 10 Uncomfortable body pressure distribution of a seat(1)

앉은 자리 시트의 체압은 압박을 잘 견디는 좌골결절(sciatic node)에서 최대치가 된다. 반면에 시트의 길이가 과도하게 짧은 경우 등에서는 허리를 견고하게 유지할 수 없으므로 어깨가 휘는 운전자세가 되고 과도한 체압이 엉덩이와 허벅지 등에 작용되고 어깨가 압박을 느끼게 된다. 또한 앉은 높이나 앉은 자리 시트 경사각이 적절하지 못한 경우에도 대퇴부 전방 뒷쪽에 과도한 체압이 작용하여 장시간 좌석시에 혈액순환 장애로 발이 부어 오르게 된다. 이와 같이 체압분포는 종합적으로 평가 분석되어야 한다.

4. 시트의 동적 특성과 안락성

시트의 동적안락성에 영향을 미치는 가장 큰 인자인 주행중 승차자가 감지하는 진동의 특성은 진폭, 주파수, 감쇠 등으로 대표되는데 통상 시트-인체계의 고유진동수, 주파수 스펙트럼 및 감쇠계수 등의 측정을 통하여 평가할 수 있다. 최근의 연구에(1) 의하면 고유진동수가 낮고 감쇠특성이 크고 진폭이 적을수록 승차자가 안락감을 느끼는 것으로 되어 있으나 진술한 바와 같이 독일 등의 경우에는 단단한(정적 스프링 상수가 큰) 시트를 선호하므로 고유진동수가 다소 높아지므로 그 나라의 도로사정, 문화, 국민체위 등에 따라 평가에 다소 차이가 있을 수 있다.

시트-인체계의 진동은 (1)상하진동, (2)좌우진동, (3)전후진동, (4)좌우 비틀림 진동, (5)전후 요동진동 및 (6) 좌우 요동진동으로 분류되므로(15) 본 연구에서는 운전석열 시트위에 한국 남자의 평균체중인 62 kg의 원주형 철제중량(외국 문헌의(1) 경우 50 kg을 사용하기도 함)을 설치하고 Fig. 11에 보인 바와 같이 가속도계를 1, 2, 3과 같이 설치하여 각각 상하진동, 좌우진동 및 전후진동을 측정하였다. 회전운동에 의한 진동을 측정하는 것은 매우 어렵고 여러가지 방법을 이용할 수 있으나 본 연구에서는 Fig. 11에 보인 바와 같이 좌우 비틀림진동을 측정하기 위하여는 두개의 가속도계(4-

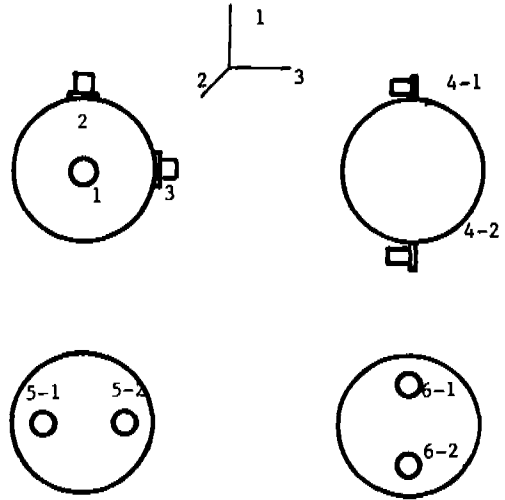


Fig. 11 Location of accelerometers of the measurements of seat vibrations



Fig. 12 Accelerometer for vertical vibration measurements

1 및 4-2)를 좌우에 같은 방향으로 전후 요동의 진동을 측정하기 위하여는 두개의 가속도계(5-1 및 5-2)를 전후에, 좌우 요동의 진동을 측정하기 위하여는 두개의 가속도계(6-1 및 6-2)를 좌우에 같은 방향으로 부착한 후 두 가속도계의 신호를 상호 감하여(감할 경우 병진운동은 상쇄되고 회전운동만 가하여짐) 비틀림 및 요동진동을 측정하였다. Fig. 12 및 Fig. 13은 각각 실제 차량 시트의 원주형 철제중량에 부착되어 상하 병진진동 및 좌우요동진동을 측정하는 저주파용 가속도계를 보여주고 있다. 또한 3과 같이 설치하여 각각 상하진동, 좌우진동 및 전후진동을 측정하였다.

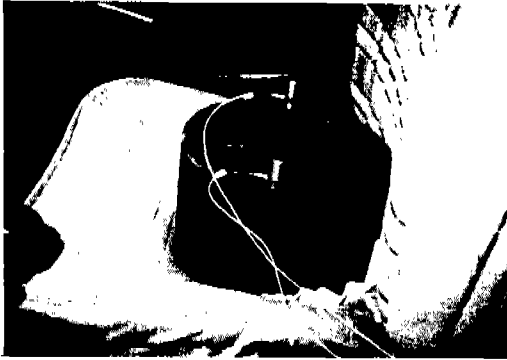


Fig. 13 Accelerometers for left-right rotation vibration measurements

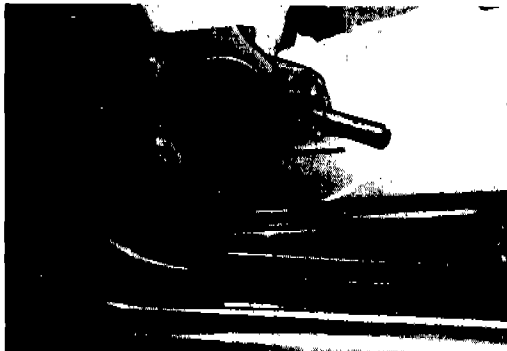


Fig. 14 Accelerometer for car floor vibration measurements

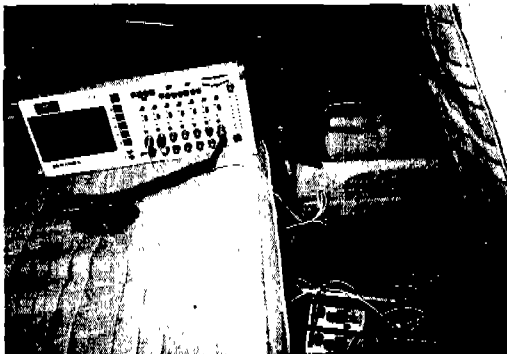


Fig. 15 Experimental equipments for measuring seat vibrations during driving

회전운동에 의한 진동을 측정하는 것은 매우 어렵고 여러가지 방법을 이용할 수 있으나 본 연구에서는 Fig. 11에 보인 바와 같이 좌우 비틀림 진동을 측정하기 위하여는 두개의 가속도

계(4-1 및 4-2)를 좌우에 같은 방향으로 전후 요동의 진동을 측정하기 위하여는 두개의 가속도계(5-1 및 5-2)를 전후에, 좌우 요동의 진동을 측정하기 위하여는 두개의 가속도계(6-1 및 6-2)를 좌우에 같은 방향으로 부착한 후 두 가속도계의 신호를 상호 감하여(감할 경우 병진운동은 상쇄되고 회전운동만 가하여짐) 비틀림 및 요동진동을 측정하였다. Fig. 12 및 Fig. 13은 각각 실제 차량 시트의 원주형 철제중량에 부착되어 상하 병진진동 및 좌우요동진동을 측정하는 저주파용 가속도계를 보여주고 있다. 또한 자동차의 바닥면으로부터 시트에 전달되는 진동의 전달율을 측정하기 위하여 Fig. 12의 가속도계와 더불어 Fig. 14와 같이 자동차 바닥면에 부착된 시트-프레임 위에 제 2의 가속도계를 부착하여 운행중 자동차 바닥면과 시트상의 철제중량의 두 가속도를 동시에 측정한 후 2 채널 신호 분석기를 이용하여 전달율을 구하였다. 운행중의 진동을 측정하기 위하여 사용된 장비는 Fig. 15에 보인 바와 같이 PCB가속도계, PCB 전원공급 앰프, 승용차용 축전지, Kyowa FM 데이터 레코더 등이며 데이터 레코더에 기록된 진동신호들은 Onosokki 2 채널 신호분석기를 이용하여 분석하였다. 주행조건에 관하여 기술하면 서울대학교 구내도로 및 구내 순환도로의 콘크리트 도로, 아스팔트 도로, 범퍼가 있는 아스팔트 도로에서 “가” 회사 제품의 시트-1 및 “나” 회사제품 시트-2에 대하여 여러가지 주행속도에서 병진 및 회전 진동을 측정하였고 또한 경인고속도로에서 주행속도 80 km~100 km에서 “가” 회사제품 시트-1 및 “나” 회사제품 시트-2에 대하여 병진진동을 측정하였다.

도합 53개 조합에 대한 실험을 수행하여 자동차 바닥면 및 시트의 진동 가속도를 Fig. 16과 같이 각각 (a) 자동차 바닥 프레임의 진동신호 (b) 시트의 진동신호 (c) 프레임의 진동주파수 스펙트럼 및 (d) 시트의 진동주파수 스펙트럼으로 출력시켜서 분석하였다. Fig. 16은 콘크리트 도로에서 30 km/hr로 주행할 때의

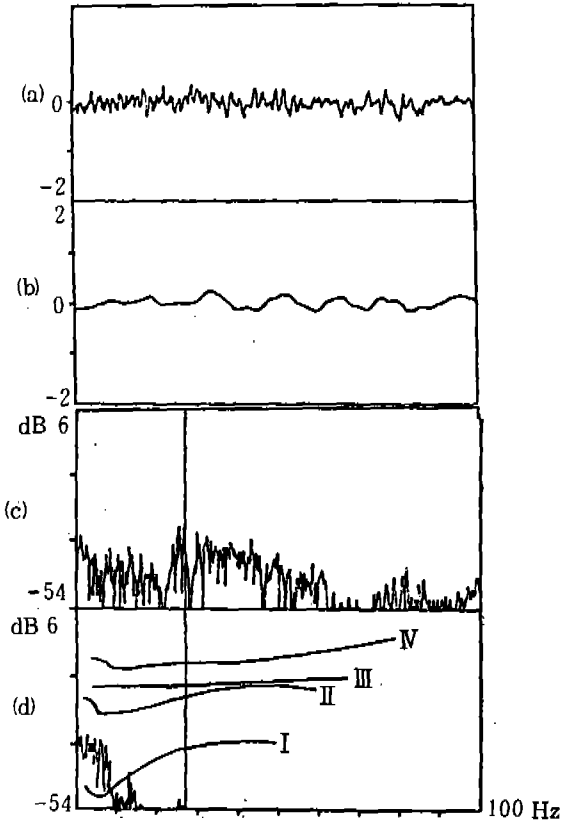


Fig. 16 Vibration analysis data, Time signal of

- (a) floor vibration and
- (b) seat vibration ; frequency spectrum of
- (c) floor vertical vibration and
- (d) seat vertical vibration ; seat-1;
- I ; Threshold of perception
- II ; Lower limit of unpleasant vibration
- III ; Line of 50% uncomfortable vibration⁽¹⁵⁾
- IV ; Lower limit of intolerable vibration

시트-1의 진동특성을 보여주고 있으며 참고 문헌(14)의 안락감 한계이내에 있는 양호한 시트임을 알 수 있다. 또한 주파수 스펙트럼으로부터 3 Hz 부근 및 5 Hz의 진동성분이 주로 많이 포함되어 있는 것을 알 수 있다. Fig. 17 (a), (b), (c), (d), (e), (f), (g), (h), (i), (j)는 아스팔트 도로를 60 km/hr로 범퍼를 통과할 때의 상하진동 및 아스팔트 고속도로를 주행할

때의 시트-1의 상하, 좌우, 전후진동의 주파수 스펙트럼을 나타내고 있다. 0 dB는 1g의 가속도를 나타낸다. 대부분의 경우 진동 스펙트럼은 약 8 Hz 미만, 5 Hz 부근에 집중적으로 분포되어 있고 안락감 한계 이내에 있는 양호한 시트임을 알 수 있다. 여기서 I은 감지 한계, II는 불편 한계, III은 50% 불편, IV는 인내 한계이다. (14)(15) 또한 고속도로에서 고속주행시는 스펙트럼의 레벨이 낮으며 상하진동이 다른 방향의 진동에 비하여 큰 것을 알 수 있다.

Fig. 18은 시트-2에 대한 실험결과중 일부로서 (a)는 콘크리트도로에서 30 km/hr로 주행할 때의 상하진동, (b)는 50 km/hr로 아스팔트 도로상의 범퍼를 통과할 때의 상하진동, (c)는 100 km/hr로 고속도로상을 주행할 때의 상하진동에 대한 주파수 스펙트럼을 보여주고 있으며 시트-1과 유사한 경향을 보이고 있다.

운행중 시트의 진동특성을 나타내는데 있어서 진동의 주파수별 진폭을 나타내는 주파수 스펙트럼도 중요하나 시트-인체계의 고유진동수 및 감쇠도 매우 중요하다. 시트의 고유진동수 및 감쇠를 측정하기 위하여 50 kg의 원통형 철제중량을 시트위에 놓고 상하방향으로 자유진동을 시키면 Fig. 19와 같이 지수적으로 감소하는 자유진동신호를 얻는다. 이로부터 계산한 고유진동수는 약 3.65 Hz 이었고, 감쇠계수는 약 0.2로서 비교적 높았다(시트의 구조는 지그재그 스프링과 우레탄이 일체로 발포됨).

흥미있는 사실은 자유진동시험에서 주행시험에서와 같이 63 kg의 중량을 시트위에 설치하고 고유진동수를 측정하면 질량의 증가에도 불구하고 시트의 강성의 비선형적 증가로 인하여 고유진동수는 5 Hz에서 관찰되었다. 중량 50 kg인 경우의 시트의 고유진동수를 외국의 수치에 비교하면 Fig. 20과 같으며 국산 고급차량용 시트인 시트-1은 독일 시트와 미국 시트 중간에 위치한 것을 알 수 있다. 또한, 자동차 바닥면(floor)과 시트-인체계의 상하진동 전달율을 구하여 Fig. 12에서 외국의 예와 비교하였다. 국산 시트의 전달율이 외국산 보다 낮아서 상당히 양호한 것을 알 수 있다.

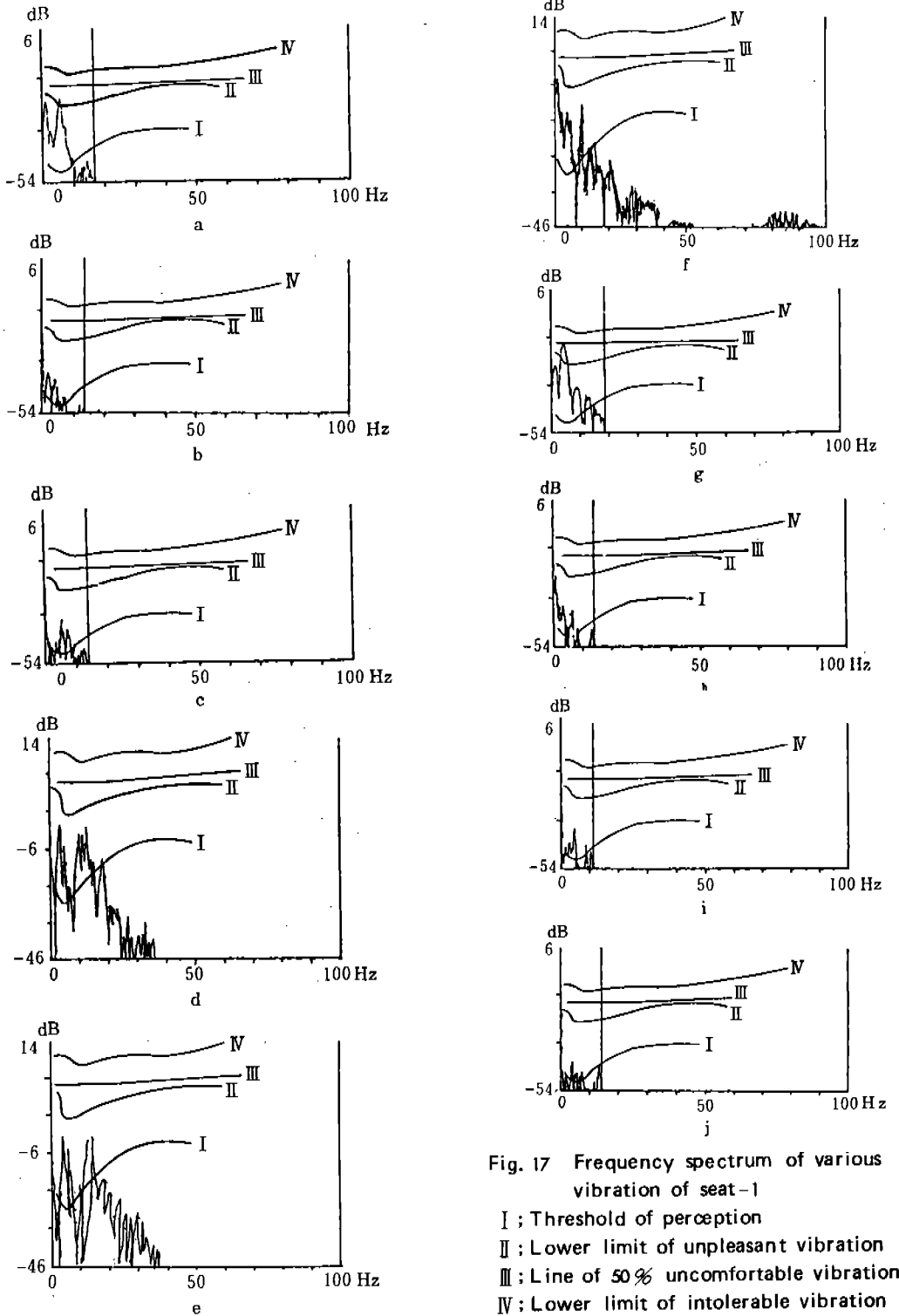


Fig. 17 Frequency spectrum of various vibration of seat-1
 I ; Threshold of perception
 II ; Lower limit of unpleasant vibration
 III ; Line of 50% uncomfortable vibration⁽¹⁵⁾
 IV ; Lower limit of intolerable vibration

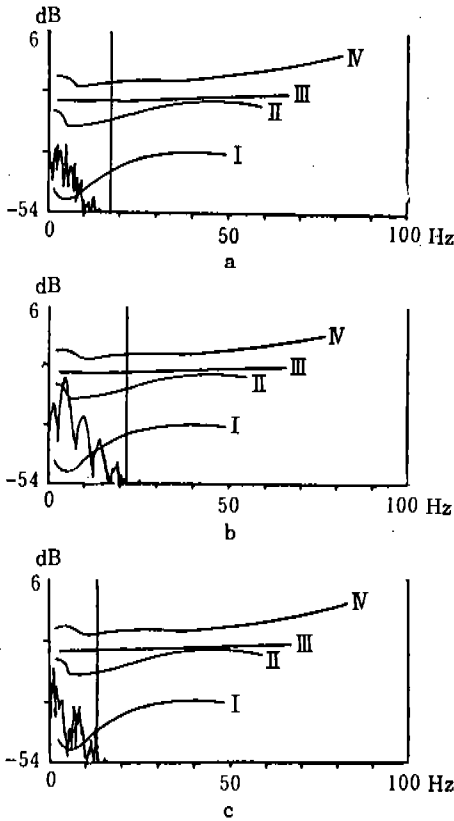
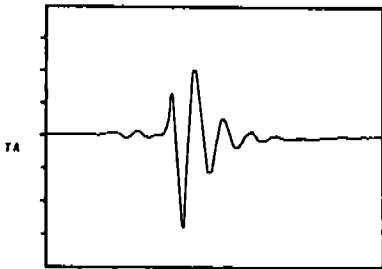


Fig. 18 Frequency spectrums of various vibrations of seat-2

- I; Threshold of perception
- II; Lower limit of unpleasant vibration
- III; Line of 50% uncomfortable vibration
- IV; Lower limit of intolerable vibration

A: .2 50 I 0 MI: 1
 B: 20V 50Hz I 0/2 MI: 1



HI -
 LO-A 3.1250 SEC -2.5 m VOLT

Fig. 19 Free vibration tests to determine the natural frequencies and damping ratio of seat-body system

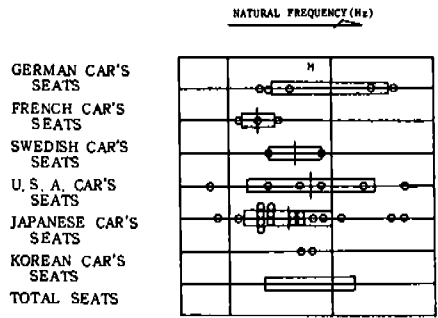


Fig. 20 Comparison of natural frequencies of seat-1 and foreign seats

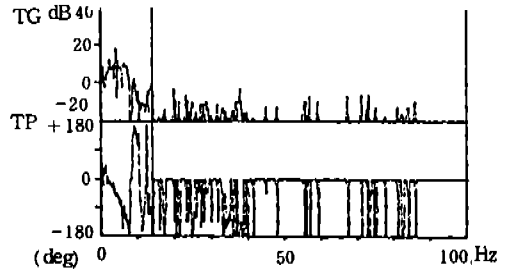


Fig. 21 Transmission ratio of car floor-seat vibrations of seat-1

5. 시트의 응력해석 및 안전성

시트의 등기댐 부분은 돌발적 사고가 발생하였을 때에 과도한 힘을 받아서 파괴될 수 있으며 이때에 인체가 부상을 입을 수 있다. 등기댐 부분 시트는 Fig. 22에 보인 프레임 및 리클라이너에 스프링과 우레탄이 부착되어 있는 형태이다. 따라서 과도한 힘을 받을 때에 어느 곳에서 응력이 최대가 되고 위험임계하중은 얼마인가를 구하였으며(하중P는 등기댐 시트 상단 중앙에 집중된 것으로 이상화하고 편과 볼트에서의 마찰력은 무시하였다), 계산 결과는 아래와 같다. 프레임의 B점에서, B점의 볼트에서, C점의 볼트에서 리클라이너 기어에서 각각 항복이 일어나는 임계하중 P_{cr} 은 각각 .60 kgf, 566 kgf, 16850 kgf, 230 kgf 이므로 가장 취약한 부분은 프레임의 B부분 부근이며 시트의 임계하중은 60 kgf가 된다.

이상의 계산 결과를 실험적으로 확인하기 위하여 KFC-2-04-11 스트레인 게이지 로켓

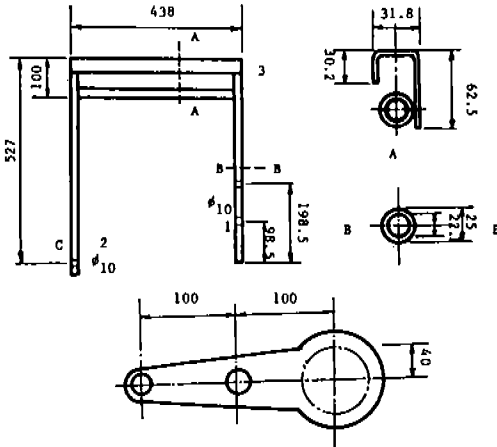


Fig. 22 Seat Frame and recliners

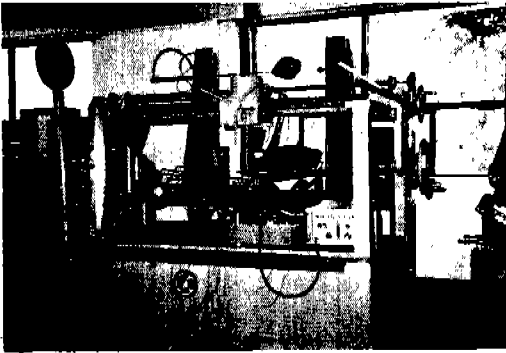


Fig. 23 Experimental stress analysis of seat frame

Table 4 Experimental stress analysis result of seat

load		(kgf/mm^2)		
		P = 10 kg	P = 25 kg	P = 50 kg
1	σ_1	6.156	15.632	26.087
	σ_2	-0.084	0.187	-0.237
2	σ_1	0.626	4.515	2.725
	σ_2	1.615	5.865	-7.105
3	σ_1	0.635	-0.494	5.779
	σ_2	-0.777	-2.442	-5.779

을 시트 프레임의 1, 2, 3 위치에 부착하고 200 kg 용량 SS1-200 하중시험기를 이용하여 Fig. 23에 보인 바와 같이 응력해석실험을 수행하였다. 시험에서 나타난 결과를 Table 4

에 보였다. 역시 B점 하측부인 1점이 가장 응력이 높으며 하중이 100 kgf 미만에서 항복이 일어나는 것을 확인할 수 있다.

6. 결 론

본 연구에서는 자료조사, 실험 및 해석을 통하여 시트의 안락성과 안정성에 대하여 고찰하였다. 본 연구는 매우 제한된 시간과 비용으로 수행되었으므로 시트의 안락성과 안정성 전반에 대하여 일반적인 결론을 기술하는 것은 어려우나 주요 결과를 기술하면 아래와 같다.

1) 시트의 정적 특성과 안락성 :

본 연구대상의 국산차종과 시트의 운전자세계수는 Fig. 5에 제시된 바와 같이 경기용 차량과 승용차의 계수의 중간에 위치하며 운전자세계수를 다소 높이는 것이 바람직하다. 국산 시트의 하중-변형곡선은 미국 고급승용차와 이탈리아의 뿌조 승용차의 시트와 같이 비교적 부드러운 것으로 판명되었고 표준시트 하중인 50 kg에서의 정적 스프링 상수는 $1.1 kg/mm$ (하중 증가의 경우)와 $1.8 kg/mm$ (하중 제거의 경우)이었다. 최종적인 시트의 형상과 특성은 한국인의 인체계측치, 인체의 요추굴 곡선 및 체압분포 실험을 추가로 고려하여 결정하여야 한다.

2) 시트의 동적 특성과 안락성 :

국산 시트에 한국남자의 평균체중인 62kg의 철제중량을 설치하여 진동을 측정 한 결과는 다음과 같다. 전반적으로 3 Hz 부근과 5 Hz 부근의 진동성분이 관측되었고 50 km/hr 로 아스팔트 도로상의 범퍼를 통과하는 경우를 제외한 통상의 주행조건하에서의 진동은 불쾌한 계치보다 낮았다. 콘크리트도로를 주행할 경우(Fig. 16-d)의 시트 진동스펙트럼은 0-10 Hz 부근에 고르게 분포되어 있는 반면 고속도로를 100 km로 주행할 때의(Fig. 17-h)진동스펙트럼은 낮은 주파수(0Hz 부근)에 주로 집중되어 있는 것을 알 수 있다. 이것은 고속도로의 표면이 매끄러워서 가진이 적어지고 진

동보다는 강제운동이 추가 되는 것을 의미한다. 시트의 지지하중 50 kg에서 국산시트의 고유진동수는 3.65 Hz로 외국차량 시트의 평균치와 같았고 독일 차량 시트보다는 낮았다. 감쇠비(damping ratio)는 약 0.2로서 외국차량의 감쇠비(0.13-0.25)에 비하여 상당히 좋았다.

3) 시트의 응력해석 및 안전성

국산시트의 등기댐 프레임에 대한 응력해석과 실험결과, Fig. 22의 프레임 B점, B점의 볼트, C점의 볼트, 리클라이너 기어에서 항복이 시작되는 임계하중은 각각 60 kgf, 566 kgf, 16850 kgf, 230 kgf 이었다. 프레임의 가장 취약한 부분은 프레임 B점이었다. 충돌, 감속시 60 kg의 승차자가 1g의 가속도를 받으면 프레임 B점에서 항복이 시작되므로 프레임 B점을 다소 보강하는 것이 바람직하다.

4) 앞으로의 연구 방향

차량용 시트의 안락성 연구를 위하여는 보다 정확한 측정방법, 인체측치의 활용, 승차자의 주관적 평가의 고려, 체압분포, 시트의 형상과 재질 변경 등을 종합적으로 고려하여 체계적인 많은 연구가 추후 진행되어야 한다.

부 기

이 연구는 1985~1986 산학협동재단의 연구비 지원하에 대원강업주식회사의 도움으로 수행되었으며 관계자에게 감사한다.

참 고 문 헌

1. K. Kamijo, H. Tsujimura, H. Obara and M. Katsumata, "Evaluation of Seating Comfort", SEA Paper 820761, 1982.
2. 염영하, 조선희, 염성하, 윤계주, 조천식, 김영배, "우리나라 실정에 적합한 자동차 시이트 개발에 관한 연구", 과학기술처 1970년도 연구개발사업보고서, 1970.
3. 김영배, "자동차 시이트 설계 및 시험" 대원기술보고 No. 2, 1969.

4. J. Keegan, "Design Vehicles Seat for Greater Comfort", Transactions of SAE, Vol. 72, 1964.
5. R. Thier, "Measurement of Seat Comfort", Automobile Engineer, Feb. 1963.
6. R. Oliver, "A Study of the Comfort Characteristics of Production Car Seats", MIRA, 1970.
7. S. Habasburg and L. Middendorf, "What Really Connects in Seating Comforts?- Studies of Correlates of Static Seat Comfort", SAE Paper 770247, 1977.
8. 이장무, 광병만, 이영배, 사무용가구 (책, 결상 및 캐비닛) 설계 기준, KSCP - G 01001, 공업진흥청, 1985. 9. 9.
9. 한국과학기술연구소 : 산업의 표준치 설정을 위한 국민표준체위 조사연구 보고서, 1980.
10. L. Schneider, C. Anderson and P. Olson, "Driver Anthropometry and Vehicle Design Characteristics Related to Seat Positions Selected Under Driving and Non-Driving Conditions", SAE Paper 790384, 1979.
11. SAE: Motor Vehicle Dimensions, SAE J1100 JUN84, 1984.
12. 공진청 ; 자동차 실내 치수 측정방법, 한국 공업규격 KS R 0017, 1980.
13. K. Kamijo, "Seat: Connector of Car and Driver", Automotive Technology, Vol. 19, No. 5, 1985.
14. C. Harris and C. Crede, Shock and Vibration Handbook, McGraw-Hill, 1961.
15. M. Griffin, E. Whitham and V. Parsons, "Vibration and Comfort, I. Translational Seat Vibration, II. Rotational Seat Vibration, III. Translational Vibration of Feet and Back, IV. Application of Experimental Results", Ergonomics, Vol. 25, 1982.