

Master's Thesis

An Ergonomic Bus Seat Design by Analyzing
the Relationship between Seat Comfort and Seat Profile

Hyewon Lee ()

Department of Industrial and Management Engineering

Pohang University of Science and Technology

2014

**An Ergonomic Bus Seat Design by Analyzing
the Relationship between Seat Comfort and Seat Profile**

An Ergonomic Bus Seat Design by Analyzing the Relationship between Seat Comfort and Seat Profile

by

Hyewon Lee

Department of Industrial and Management Engineering

(Human Factors and Ergonomics Program)

Pohang University of Science and Technology

A thesis submitted to the faculty of the Pohang University of Science
and Technology in partial fulfillment of the requirements for the degree
of Master of Science in the Department of Industrial and Management
Engineering (Human Factors and Ergonomics Program)

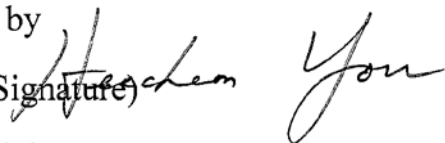
Pohang, Korea

12. 16. 2013

Approved by

Heecheon You (Signature)

Academic Advisor

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Heecheon You', is written over the printed name and extends to the right.

An Ergonomic Bus Seat Design by Analyzing the Relationship between Seat Comfort and Seat Profile

Hyewon Lee

The undersigned have examined this thesis and hereby certify
that it is worthy of acceptance for a master's degree from
POSTECH

12. 16. 2013

Committee Chair

Heecheon You (Seal)

Member

Hyunbo Cho (Seal)

Member

Kihyo Jung (Seal)



DMI 이혜원, Hyewon Lee
20120951 An Ergonomic Bus Seat Design by Analyzing the Relationship between
Seat Comfort and Seat Profile,
시트 컴포트와 시트 형상의 연관성 분석을 통한 인간공학적
버스 승객석 설계,
Department of Industrial and Management Engineering (Human Factors
and Ergonomics Program), 2014, 66P, Advisor: Heecheon You, Text in
Korean.

ABSTRACT

The profile of a bus seat needs to be designed ergonomically for better seating comfort. The present study is intended to develop an ergonomic bus seat design protocol based on seat comfort evaluation and seat profile analysis. The proposed seat profile design protocol consists of five steps: (1) seating comfort evaluation, (2) seat profile measurement, (3) preferred design feature identification, (4) new seat profile design development, and (5) new seat profile design validation. In the comfort evaluation step, 48 participants evaluated 7 parts (headrest, upper-back support, lumbar support, seatback bolster, hip support, thigh support, and seatpan bolster) of 12 existing bus seats from various ergonomic aspects including fitness of shape and overall comfort. In the profile measurement step, the profiles of seatback and seatpan for the bus seats were scanned and analyzed. In the preferred design identification step, preferred design features of the bus seats were identified based on the comfort evaluation results. In the design development step, the identified preferred design features were applied to developing the prototype of an improved bus seat. Lastly, in the validation step, the new bus seat was compared with the reference bus seat by seating comfort evaluation. The proposed bus seat seat ($M = 4.79$, $SD = 1.22$) was found superior to the reference bus seat ($M = 4.32$, $SD = 1.16$) at the seatback and seatpan parts. The proposed seat profile design protocol would be applicable to design various types of seats used in bus as well as passenger cars.

TABLE OF CONTENTS

ABSTRACT	I
TABLE OF CONTENTS.....	II
그림 목차.....	V
표 목차.....	VII
1. 서론	
1.1. 연구의 배경 및 필요성.....	1
1.2. 연구 목적.....	3
1.3. 논문 구조.....	4
2. 문헌 조사.....	5
2.1. Seat comfort의 정의.....	5
2.2. 인간공학적 seat comfort 평가 방법.....	7
2.3. 인간공학적 seat 형상 분석 방법.....	10
3. 버스 승객석의 선호 설계 특성 benchmarking protocol 개발.....	13
3.1. Benchmarking 대상 버스 승객석 선정.....	13
3.2. 버스 승객석의 주관적 만족도 평가 방법 개발.....	14
3.2.1. 주관적 만족도 평가 설문지 개발.....	14
3.2.2. 실험 참여자 모집.....	17
3.2.3. 실험 환경.....	17
3.2.4. 실험 절차.....	19

3.3.	버스 승객석의 물성 측정 및 분석 방법 개발	20
3.4.	버스 승객석의 형상 측정 및 분석 방법 개발	21
3.4.1.	버스 승객석의 주요 외곽선 형상 분석	24
3.4.2.	버스 승객석 부위별 형상 특성 파악	28
4.	버스 승객석의 선호 설계 특성 benchmarking 및 결과	29
4.1.	버스 승객석의 주관적 평가 결과	29
4.2.	버스 승객석 부위별 개선요구사항 및 선호 설계 특성	31
4.3.	버스 승객석 선호 물성 특성	33
4.4.	버스 승객석 부위별 선호 형상 특성 및 설계 전략	35
5.	신규 버스 승객석 설계	38
5.1.	버스 승객석 부위별 선호 설계 dimension 분석	38
5.2.	버스 승객석 부위별 형상 설계	39
5.2.1.	등받이 형상 설계	40
5.2.2.	좌면 형상 설계	41
5.2.3.	신규 버스 승객석의 형상 특성	42
6.	신규 버스 승객석의 개선 효과 검증	43
6.1.	Prototype 제작	43
6.2.	실험실 환경 평가	45
6.2.1.	실험 참여자	45
6.2.2.	실험 절차	46

6.2.3. 평가 결과.....	46
6.3. 실차 환경 평가.....	47
7. 토의	49
7.1. 버스 승객석 benchmarking 방법	49
7.2. 버스 승객석 형상 분석 방법	51
7.3. 버스 승객석 형상 설계 방법	52
7.4. 적용 분야.....	54
참고 문헌.....	56
부록.....	57
A. 버스 승객석 평가 설문지	57
B. 버스 승객석 3D scan data	66

그림 목차

Figure 2.1. Seat comfort 에 영향을 미치는 요인(Kolich, 2008).....	6
Figure 2.2. Seat comfort 개발 절차(Kolich, 2008).....	7
Figure 2.3. Seat comfort 평가 설문지(Kyung et al., 2008).....	8
Figure 2.4. 등받이 형상과 등 외곽선 형상 비교(Zhao & Tang, 1994).....	10
Figure 2.5. 운전석 seat 외곽선(Kolich, 2003).....	12
Figure 2.6. 운전석 seat 외곽선 측정(Kolich, 2003).....	12
Figure 3.1. 버스 승객석 평가 설문지.....	16
Figure 3.2. 인구 분포율이 고려된 실험참여자 모집.....	18
Figure 3.3. 버스 승객석의 주관적 만족도 평가 환경.....	19
Figure 3.4. 버스 승객석 정하중 평가.....	21
Figure 3.5. 3D 스캔된 버스 승객석 예.....	23
Figure 3.6. 최종 완료된 버스 승객석의 3D 스캔 데이터 예.....	23
Figure 3.7. 버스 승객석의 주요 외곽선 추출 방법.....	24
Figure 3.8. 추출 완료된 버스 승객석의 주요 외곽선 예.....	25
Figure 3.9. 버스 승객석 부위별 돌출 높이 측정.....	26
Figure 3.10. 버스 승객석의 너비 측정 방법.....	27
Figure 3.11. 버스 승객석의 높이 측정 방법: 머리 지지부.....	27
Figure 3.12. 버스 승객석 형상 분류: 머리 지지부.....	28
Figure 4.1. 주관적 만족도 평가 결과: 요추 지지부.....	30

Figure 4.2. 기존 승객석의 개선 조치 수준	31
Figure 4.3. 버스 승객석 선호 물성 특성 파악: 등받이	34
Figure 4.4. 버스 승객석 선호 물성 특성 파악: 좌면	34
Figure 4.5. 버스 승객석 머리 지지부의 형상 특성 및 주관적 만족도	36
Figure 4.6. 버스 승객석 요추 지지부의 형상 특성 및 주관적 만족도	36
Figure 5.1. 신규 승객석의 설계 기준선	39
Figure 5.2. 신규 버스 승객석의 형상 설계: 등받이 중앙	40
Figure 5.3. 신규 버스 승객석의 형상 설계: 요추 지지부	41
Figure 5.4. 신규 버스 승객석의 형상 설계: 좌면 중앙 & 허벅지 지지부	42
Figure 5.5. 신규 버스 승객석의 형상 설계: 엉덩이 지지부	42
Figure 5.6. 기존 승객석과 신규 버스 승객석의 형상 특성 비교	43
Figure 6.1. Prototype 제작을 위한 신규 버스 승객석의 3D model.....	44
Figure 6.2. 신규 버스 승객석 prototype	44
Figure 6.3. 실차 환경 평가 주행 도로	48
Figure 6.4. 신규 승객석과 기존 승객석 비교 평가 결과: 실차 주행 평가	48

표 목차

Table 3.1. Benchmarking 대상 버스 승객석	13
Table 3.2. 버스 승객석 평가 부위	15
Table 3.3. 3D 스캐너 정보	22
Table 4.1. 버스 승객석의 VOC Hierarchy: 머리 지지부	32
Table 4.2. 신규 버스 승객석의 부위별 설계 전략	37
Table 5.1. 선호 버스 승객석의 부위별 설계 치수	38
Table 6.1. 검증 실험 참여자 demographic information.....	45
Table 6.2. 신규 승객석과 기존 승객석 비교 평가 결과: 실험실 환경 평가.....	47

1. 서론

1.1. 연구의 배경 및 필요성

버스 승객석은 다양한 인체크기를 가진 승객들이 단시간/장시간 안락하게 착석할 수 있도록 인간공학적인 설계가 요구된다. 국토교통부 (2013)에 따르면, 매년 3천 8백만명 이상의 한국인들이 장거리 이동을 위한 교통 수단으로 버스를 이용하는 것으로 파악되고 있다. 또한, 버스 이용객들의 인체크기 분포는 남녀 성인들을 대상으로 봤을 때 신장과 몸무게 측면에서 다양한 인체크기 분포를 가지고 있기 때문에 다양한 인체크기가 고려된 승객석 개발 및 평가 연구가 수행되어야 한다. Saba et al. (2013)은 미니버스 승객석의 인간공학적 측면을 평가하기 위해 신체 길이와 너비가 다양한 18세 ~ 63세의 남녀 144명을 모집하여 5th, 50th, 95th percentile을 기준으로 분류하였으며, 미니버스 승객석의 크기에 대한 주관적 만족도 평가를 수행하였다.

한편, 자동차 seat의 형상은 승차자의 근육 피로감과 승차 안락감에 유의한 영향을 미치는 것으로 보고되고 있다. Jung et al. (1999)는 승용차 운전석 등받이의 요추 지지부 형상에 따른 운전자의 안락감을 평가하기 위해 요추 지지부의 돌출 높이를 조절할 수 있는 등받이를 이용하여 운전자의 주관적 만족도와 체압 분포를 분석하였다. 분석 결과, 요추 지지부의 돌출 높이가 1cm 에서 5cm 사이에서 변화함에 따라 운전자의 주관적 만족도와 허리부위 체압 분포가 변화하였으며, 돌출 높이가 1 cm일 때 만족도가 최대로 높은 것을

파악하였다. 이와 같이 seat의 형상은 승차자의 만족도와 피로감에 영향을 미칠 수 있으므로 인간공학적 설계가 요구된다.

버스 승객석의 인간공학적 설계를 위해 다양한 연구들이 수행되고 있다. Zhao & Tang (1994)은 30명의 실험 참여자들을 대상으로 버스 승객석의 등받이에 대한 안락감을 평가 한 후 평가자들의 등 형상과 승객석 등받이 상단부의 형상간의 유사성을 시각적으로 비교하였다. 비교 결과, 평가자들의 등 부위 형상과 승객석의 등받이 상단부의 형상이 유사할수록 착좌 안락감 점수가 높은 것으로 나타났다. Jung et al. (1998)은 고속철 승객석의 인간공학적 설계를 위해 승객석의 부위별(예: 머리 지지부, 요추 지지부) 크기 및 각도 조절이 가능한 prototype을 제작하여 다양한 인체크기를 가진 승차자들로부터 안락한 크기 및 각도 범위를 조사한 후 신규 승객석을 설계하였다. Cheng et al. (2010)은 좌석의 인간공학적 형상 설계를 위해 성인 남녀 30명의 좌면 체압을 측정 한 후 체압값을 3D 좌표 상에서 높이값으로 변환 계산하여 착좌시 엉덩이와 허벅지 형상에 맞는 좌면 형상을 설계하였다.

승객석의 형상에 대한 다양한 연구들이 수행되고 있으나 객관적이고 세부적인 설계 protocol 정립에 대한 연구는 미흡한 실정이다. Zhao & Tang (1994)은 착좌 안락감에 기반하여 버스 승객석의 등받이 형상과 등 형상을 비교 분석하였으나 시각적으로 비교하였기 때문에 분석 결과가 객관적이지 못한 한계가 있으며, 승객석의 좌면에 대한 분석은 수행되지 않았다. Jung et al. (1998)은 고속철 승객석의 부위별 선호 크기 및 각도를 분석하였으나 각

부위를 연결하는 부분의 세부적인 형상 profile 분석은 미흡하였다. Cheng et al. (2010)은 성인남녀 30명의 착좌시 엉덩이와 허벅지의 체압을 바탕으로 좌면 형상을 설계하였으나, 인체크기가 큰 일부 남성 착좌자 10명의 체압 측정 결과를 그대로 형상설계에 반영하였기 때문에 다양한 인체크기의 사용자들을 수용하기에는 한계가 있다.

1.2. 연구 목적

본 연구는 다양한 형상 특성을 가진 기존 버스 승객석에 대한 체계적, 정량적, 그리고 종합적 평가를 바탕으로 신규 승객석을 설계하는 방법을 개발하고자 한다. 이를 위해, 본 연구는 다음의 네 가지 세부 목표를 포함한다.

첫째, 국내외 버스 승객석 12종을 선정하여 승객석의 부위별 주관적 만족도를 평가한다. 둘째, 국내외 버스 승객석 12종에 대한 3D 스캔을 통해 형상 특성을 조사한다. 셋째, 12종 버스 승객석의 부위별 주관적 평가 결과를 바탕으로 선호되는 형상 특성을 benchmarking하여 신규 승객석을 제작한다. 마지막으로, 신규 승객석 설계의 개선 효과를 기존 승객석과 비교하여 검증한다.

1.3. 논문 구조

본 논문은 7개의 장과 2개의 부록으로 구성되어 있다. 1장은 연구의 배경, 필요성, 목적과 같은 연구의 전반적인 개요에 대해 서술하고 있으며, 2장은 본 연구와 관련된 seat comfort의 정의, seat comfort 평가 방법, seat 형상 분석 및 설계 방법에 대한 문헌 조사 내용을 설명하고 있다. 3장은 기존 버스 승객석의 선호 설계 특성들을 benchmarking하기 위한 주관적 만족도 평가, 물성 분석, 3D 형상 분석 방법을 설명하고 있다. 4장은 분석된 결과를 바탕으로 기존 버스 승객석의 개선요구사항, 선호 물성, 선호 형상을 기술하며, 신규 승객석 설계 전략을 제시하고 있다. 5장은 설계 전략을 바탕으로 신규 승객석을 설계하는 구체적인 방법을 기술하고 있다. 6장은 신규 승객석의 효과 검증을 설명하고 있다. 마지막으로 7장은 본 연구에서 개발된 버스 승객석의 benchmarking 방법, 3D 형상 분석 방법, 형상 설계 방법에 대한 의의와 추후 적용 분야에 대한 토의를 기술하고 있다.

2. 문헌 조사

2.1. Seat comfort의 정의

Seat comfort는 기존 연구들에서 다양한 의미로 정의되고 있다. Hertzbuerg (1972)는 seat comfort를 ‘discomfort의 부재’로서 정의하였다. 즉, discomfort가 낮으면 comfort가 높은 것으로 판단되었다. Shen & Vertiz (1997)은 comfort와 discomfort는 동시에 존재하며 discomfort 감성이 줄어들 때 comfort 감성이 증가한다고 주장하였다. Lueder (1983)은 seat comfort를 seat의 지지 특성에 의한 감성으로 정의하였다.

Seat comfort는 주로 4가지 요인(vehicle/package factors, social factors, individual factors, seat factors)에 의해 영향을 받는 것으로 알려져 있다(그림 2.1 참조). Vehicle/package factors는 seat의 높이, 운전자의 눈 위치, 운전대 위치와 같이 운전석 공간과 관련이 있다. Social factors는 자동차의 브랜드명이나 가격에서 비롯되는 감성과 관련이 있다. Individual factors는 승차자의 인체특성, 문화적 특성, 자세와 관련된다. 마지막으로 seat factorts는 seat의 형상, 크기, 물성, 디자인과 같이 seat가 가지고 있는 특성을 나타낸다. Kolich (2008)은 4가지 요인 중 seat factors가 comfort에 가장 직접적인 영향을 미칠 수 있으므로 seat 설계시 승차자의 인체특성을 고려하는 것이 중요하다고 하였다.

Seat comfort는 일반적으로 그림 2.2과 같은 절차로 개발된다. 먼저, 다양한 문헌들과 자동차 관련 최신 보도자료 등을 참고하여 현재 우수하게

평가받고 있는 seat를 benchmarking 대상으로 선정한다. 그리고 설문평가를 통해 해당 seat가 선호되는 이유들을 파악한 후, 파악된 특성들을 바탕으로 신규 prototype을 제작한다. 마지막으로 신규 제작된 prototype을 benchmarking 대상 seat와 설문평가를 통해 비교한다. 이와 같은 과정은 신규 prototype의 comfort 만족도가 benchmarking 대상과 같거나 높게 나타날 때까지 반복된다.

기존의 seat comfort 개발 방법은 사용자의 주관적 평가를 바탕으로 기존의 우수한 seat의 comfort 특성을 단계적으로 benchmakring 할 수 있으나, 반복적인 prototype 제작 및 평가로 인해 약 3년의 개발 기간이 요구되며 개발된 신규 seat는 약 3년 전에 우수했던 comfort 특성을 가지고 있다는 점에서 한계가 있다(Kolich, 2008). 또한, 반복적인 prototype 제작을 통한 behchmarking은 비용과 시간이 많이 들어 효율성이 낮은 단점이 있다.

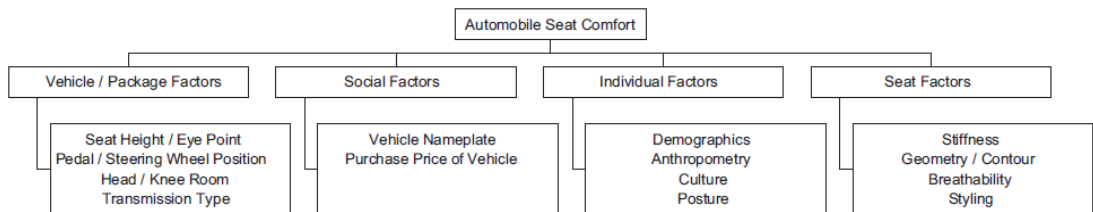


Figure 2.1. Seat comfort에 영향을 미치는 요인(Kolich, 2008)

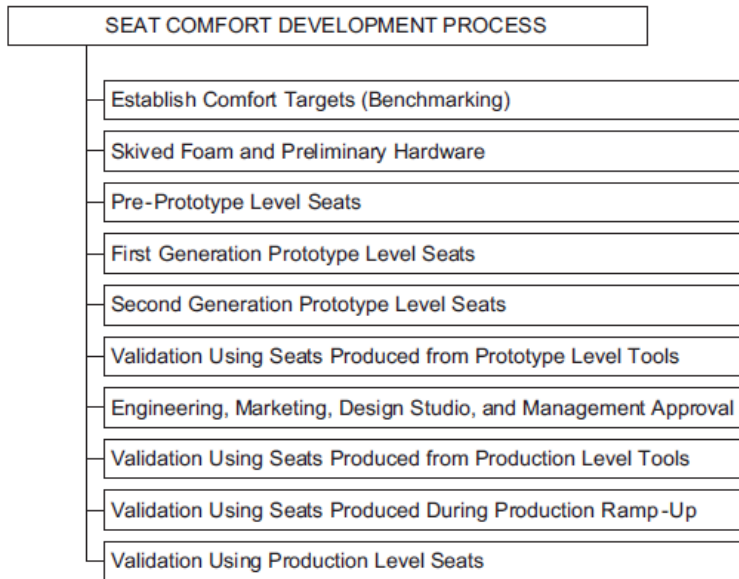


Figure 2.2. Seat comfort 개발 절차(Kolich, 2008)

2.2. 인간공학적 seat comfort 평가 방법

Seat comfort를 평가하기 위해서는 착좌자의 주관적 감성을 정량적으로 파악할 필요가 있다. 착좌자가 느끼는 comfort를 파악하기 위한 효율적, 효과적인 방법은 착좌자에게 감성을 직접 물어보는 것인데, 이를 위해 다양한 기존 연구들은 설문 평가 방법(questionnaire)을 주로 활용하였다(Annett, 2002). Zhao & Tang (1994)는 버스 승객석 등받이의 주관적 만족도를 평가하기 위해 multi-stage comfort scale (MCS) 기법을 이용하였는데, 30명의 응답자에게 등받이에 대한 주관적 만족도와 함께 자신의 감성에 대한 확신 정도를 3단계(slightly, basically, strongly)로 표시하도록 하였다. Kyung et al. (2008)은 승용차 운전석의 comfort 평가를 위해 27명의 응답자에게 등, 허리, 엉덩이, 허벅지, 그리고 신체

전반에 대한 comfort와 discomfort를 양수, 음수로 각각 10점 척도로 평가하도록 하였다. 예를 들어 허리 부위의 comfort가 매우 높은 경우 +10점, 허벅지 부위의 discomfort가 매우 높은 경우 -10점으로 평가하였다(그림 2.3 참조). Saba et al. (2013)은 미니 버스 승객석의 크기와 위치 적합성을 평가하기 위해 144명의 응답자를 대상으로 승객석의 높이, 너비, 좌면 깊이 등을 5점 척도(1점; 매우 불만족 ~ 5점; 매우 만족)로 평가하게 하였다.

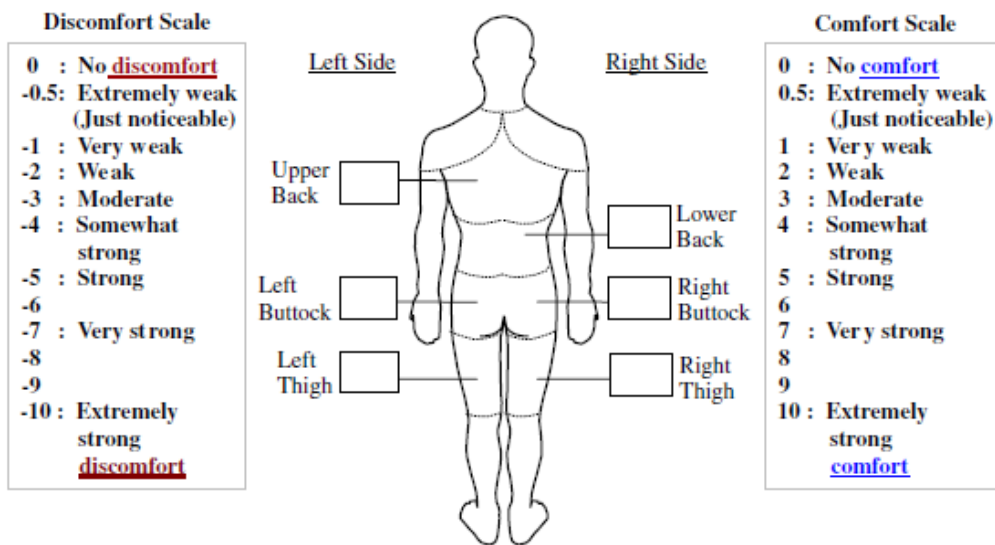


Figure 2.3. Seat comfort 평가 설문지(Kyung et al., 2008)

주관적 만족도 결과가 제품 설계시 설계자의 의사결정에 유용하게 활용되기 위해서는 체계적이고 신뢰성이 높은 설문지가 개발될 필요가 있다. 신뢰도와 타당성이 높은 설문 평가 방법을 위해서는 (1) 설문에 적합한 단어, (2) 적합한 rating scale 종류, (3) 문항의 이해도 향상을 위한 관련 설명, (4) 응답자의 흥미와 참여 동기가 종합적으로 필요하다(Kolich, 2008). 본 연구에서는 버스 승객석에 대한 착좌자의 comfort를 체계적이고 정량적으로 평가하기 위해 인간공학적 버스 승객석 평가 설문지가 개발되었다. 평가 설문지 개발 절차는 3장에서 자세히 다뤄진다.

한편, 정량적이고 객관적으로 seat comfort를 평가하기 위해 근전도(EMG)를 통한 근육 활성화도, 체압 분포(pressure distribution), 진동 전달성(vibration transmissibility), 온도 및 습도(temperature and humidity) 등이 함께 분석될 수 있다. 우수한 seat comfort에서는 근육 피로도가 낮고, 체압 분산이 적절하며, 진동 전달이 4-8 Hz로 최소화 되고(Griffin, 1994), 온도와 습도가 적당하여 피부 접촉면이 끈적이거나 습하지 않게 나타난다. 이와 같은 측정 결과들은 주로 사용자의 주관적 만족도 결과와 비교되어 결과의 객관성과 신뢰성을 높이기 위해 사용된다. 그러나 Kolich (2008)은 이와 같은 실험 방법들을 정확하고 신뢰성 있게 수행하기 위해서는 다양한 임상적 절차들(예: 면도, 표피각질 제거 등)이 요구되고, 복잡한 실험 장비들과 대량의 데이터를 다뤄야 하기 때문에 연구자의 많은 노력과 시간이 요구되는 단점을 언급하였다.

2.3. 인간공학적 seat 형상 분석 방법

기존 연구들은 seat 형상의 인간공학적 측면을 검토하기 위해 다양한 seat 형상 분석 방법들을 시도하였다. Zhao & Tang (1994)은 30명의 실험 참여자를 대상으로 버스 승객석 등받이의 주관적 만족도를 평가하게 한 후, 등받이 단면 형상과 평가자의 등 형상을 비교하였다. 등받이 형상은 중심부의 단면 형상만 비교되었는데, 해당 승객석의 도면이 이용되었다. 등 형상은 sliding gauge를 이용하여 평가자의 목 뒤부터 꼬리뼈까지의 굴곡을 측정한 결과를 바탕으로 외곽선이 CAD 상에 그려졌다. 그리고 승객석의 등받이 중심부 단면과 등 형상이 시각적으로 비교되었다(그림 2.4 참조). 비교 결과, 승객석의 등받이 상단 부분의 형상과 평가자들의 등 형상이 유사할수록 착좌 안락감 점수가 높은 것으로 나타났다.

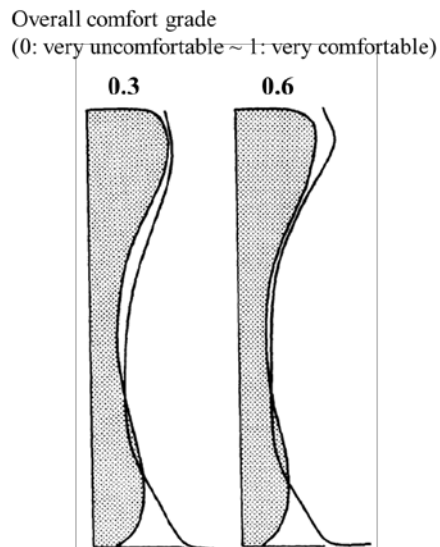


Figure 2.4. 등받이 형상과 등 외곽선 형상 비교(Zhao & Tang, 1994)

Kolich (2003)는 기존의 인간공학적 seat 설계 기준들이 실제로 사용자에게 안락감을 제공하는지 확인하기 위해 제조사가 다른 5종의 승용차 운전석 형상과 12명 평가자의 주관적 만족도를 비교 분석하였다. 형상 분석을 위해 seat 스캔을 통해 2종류의 seat 외곽선이 추출되었다. Seat를 좌우로 나누는 centerline과 등받이와 좌면 너비가 가장 넓은 위치의 cross car section line이 각각 추출되었다(그림 2.5 참조). 그리고 H-point를 기준으로 (1) 요추 지지부의 높이, (2) 흉부 지지부의 너비, (3) 좌면 깊이, (4) 좌면 너비가 측정되었다(그림 2.6 참조). 요추 지지부의 높이는 등받이 요추 지지부 부근에서 가장 돌출된 지점으로부터 H-point까지의 거리로 측정되었다. 흉부 지지부의 너비는 H-point로부터 300 mm 위에 있는 지점의 등받이 cross car section line의 좌우 너비가 측정되었다. 좌면 깊이는 H-point로부터 좌면 끝 지점까지의 수평길이를 측정되었다. 마지막으로 좌면 너비는 H-point 부분의 좌면 cross car section line의 좌우 너비로 측정되었다. Seat 형상 측정 결과와 주관적 만족도를 비교한 결과, 기존 연구들에서 제안한 인간공학적 설계 기준이 반영된 정도와 주관적 만족도가 반드시 일치하지는 않는 것으로 나타났다.

기존의 연구들은 다양한 seat 형상 분석 방법을 통해 인간공학적 측면을 검토하였으나 체계적, 정량적, 실용적인 형상 분석에 대한 연구는 미흡 실정이다. Zhao & Tang (1994)은 버스 승객석의 도면을 이용하여 등받이 단면 형상을 파악하고 사용자의 등 형상을 정량적으로 측정하였으나, 두 가지 형상을 시각적으로만 비교하여 형상의 유사성을 검토하였기 때문에 정량적인

비교 분석이 미흡하다. Kolich (2003)는 운전석 seat의 외곽선을 추출하여 주요 부위들(요추 지지부, 흉부 지지부, 좌면 전반)의 형상을 분석하였으나, 높이, 너비, 깊이와 같은 크기 측면 분석에 초점이 맞춰져 있어 세부적인 seat 형상 분석에는 한계가 있다. 또한, 머리 지지부, 허벅지 지지부, bolster 등 다른 부위들에 대한 분석은 수행되지 않았다.

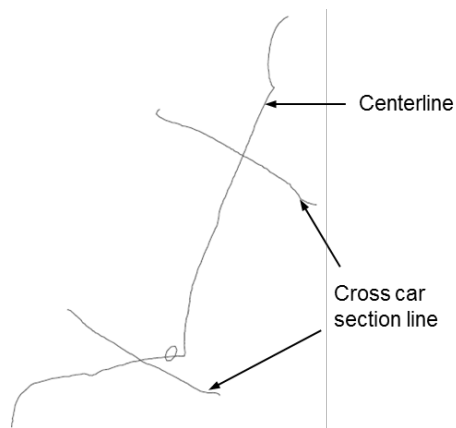


Figure 2.5. 운전석 seat 외곽선(Kolich, 2003)

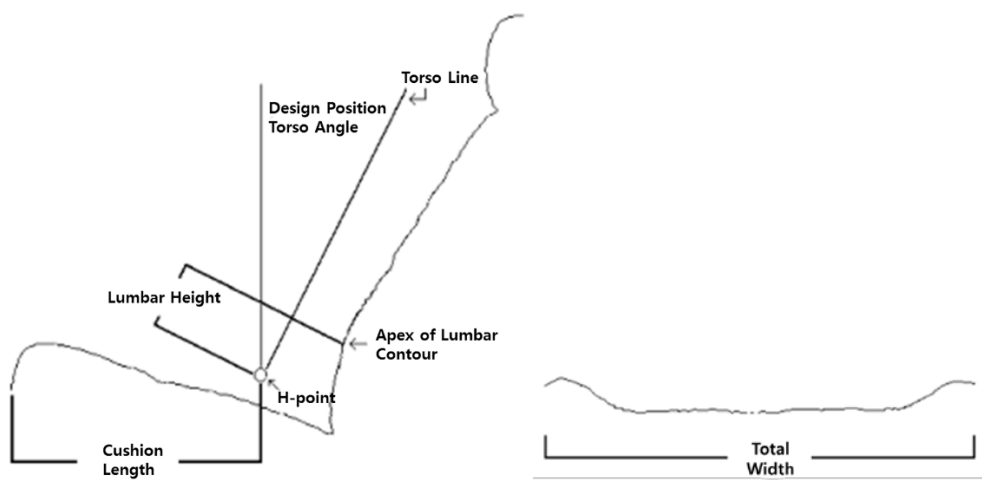


Figure 2.6. 운전석 seat 외곽선 측정(Kolich, 2003)



3. 버스 승객석의 선호 설계 특성 benchmarking protocol 개발

3.1. Benchmarking 대상 버스 승객석 선정

본 연구는 기존 버스 승객석들의 선호 특성들을 benchmarking하기 위해 형상과 물성이 다른 국내외 버스 승객석 12종(한국 7종, 독일 2종, 터키 1종, 일본 1종, 중국 1종)을 선정하였다. 선정된 승객석들은 표 3.1과 같이 국내외 버스 회사들에서 양산형으로 제작된 45인승 버스 승객석들로 구성되었다.

본 연구는 선정된 12종 승객석 중 현재 국내 고속 버스에서 대표적으로 사용되고 있는 1번 승객석을 기준 승객석으로 선정하여 나머지 11종의 승객석과 주관적 만족도, 물성, 형상 측면에서 비교 분석하였다. 분석 결과를 바탕으로 1번 승객석의 인간공학적 측면을 검토하였으며, benchmarking이 요구되는 부분들을 도출하였다.

Table 3.1. Benchmarking 대상 버스 승객석

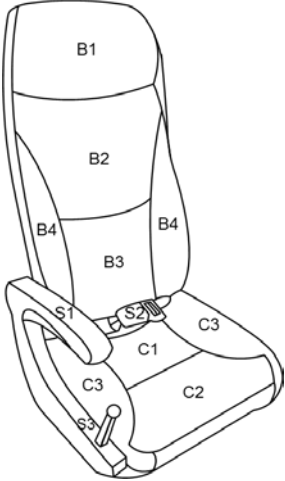
1	2	3	4	5	6
					
7	8	9	10	11	12
					

3.2. 버스 승객석의 주관적 만족도 평가 방법 개발

3.2.1. 주관적 만족도 평가 설문지 개발

본 연구는 선정된 버스 승객석들의 부위별 주관적 만족도를 평가할 수 있도록 인간공학적 평가 설문지를 개발하였다. 평가 설문지는 4단계 절차(버스 승객석 task 선정, 버스 승객석 평가 부위 선정, 버스 승객석 인간공학적 평가 기준 선정, 연관성 분석)로 개발되었다. 버스 승객석 task 선정 단계에서는 승차자가 버스를 이용할 때 발생 가능한 상황 안에서의 task들을 도출하였다. 구체적으로, 승차자가 버스 정류장에서 탑승, 이동 중, 휴게소 정차, 목적지 하차까지의 상황 안에서 발생할 수 있는 task들이 도출되었다. 그리고 안락감에 직접적인 영향을 미치는지 여부에 따라 major task와 minor task로 분류되었다. Major task로는 이동 중 착석, 업무(독서, 모바일 기기 조작 등), 취침이 선정되었으며, minor task로는 안전벨트 체결 및 등받이 조절 레버 조작이 선정되었다. 버스 승객석 평가 부위 선정 단계에서는 승차자의 안락감에 직접적으로 영향을 미칠 수 있고, 승객석 형상이 고려된 10가지 세부 평가 부위가 선정되었다(표 3.2 참조). 등받이(seat Back, B)에서는 (1) 머리 지지부, (2) 흉부 지지부, (3) 요추 지지부, (4) 등받이 측면 지지부가 선정되었으며, 좌면(Cushion, C)에서는 (1) 엉덩이 지지부, (2) 허벅지 지지부, (3) 좌면 측면 지지부가 선정되었다. 마지막으로 보조장치(Support, S)로서 (1) 팔걸이, (2) 안전벨트, (3) 등받이 조절레버가 선정되었다.






Table 3.2. 버스 승객석 평가 부위

버스 승객석	평가 부위	
	등받이(Back)	B1. 머리 지지부
		B2. 흉부 지지부
		B3. 요추 지지부
		B4. 등받이 측면 지지부
	좌면(Cushoin)	C1. 엉덩이 지지부
		C2. 허벅지 지지부
		C3. 좌면 측면 지지부
	보조 장치(Support)	S1. 팔걸이
		S2. 안전벨트
S3. 등받이 조절 레버		

버스 승객석 평가 부위 선정 단계에서는 시트의 안락감 평가와 관련된 기존 연구들(Kim et al., 2010; Kolich, 2003; Smith et al., 2006)을 참조하여 17가지 평가 항목들(도달 용이성, 조작 용이성, 체결 용이성, 분리 용이성, 조절 용이성, 복부 압박감, 크기 적절성, 형태 적합성, 체압 분산 적절성, 이물감, 지지 적절성, 허깅성, 접촉감, 축신함, 쾌적성, 그림감, 전반적 안락감)이 선정되었다. 마지막으로, 연관성 분석 단계에서는 선정된 task, 평가 부위(component), 평가 기준(measure) 간의 연관성이 분석되었다. 연관성 분석을 통해 중복 문항과 연관성이 낮은 문항이 제거되었으며, pilot test와 seat 평가 전문가와의 논의를 통해 최종적으로 그림 3.1와 같은 인간공학적 버스 승객석 평가 설문지가 개발되었다. 평가는 해당 항목에 대해 주관적 만족도를 1점(매우 불만)부터 7점(매우 만족)까지 평가할 수 있도록 7점 척도로 개발되었다.

등받이(1/3)

성명: _____

부위	Task	평가 항목	A							B							C							D												
			매우불만	←	중립	→	매우만족	매우불만	←	중립	→	매우만족	매우불만	←	중립	→	매우만족	매우불만	←	중립	→	매우만족														
머리 지지부 	편안한 자세로 착석한 후 설문 	높이 적절성	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦													
		너비 적절성	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦													
		형태 적합성	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦													
		지지 적절성	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦													
		*허킹성	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦													
		전반적 만족도	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦													
	취침 	높이 적절성	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦													
		크기 적절성	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦													
		형태 적합성	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦													
		허킹성	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦													
		전반적 만족도	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦													
		추가 의견	1) _____ 2) _____																																	
	흉부 지지부 	편안한 자세로 착석한 후 설문 	너비 적절성	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥								⑦					
			형태 적합성	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥								⑦					
허킹성			①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦													
어깨걸림(이물감)			①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦													
지지 적절성			①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦													
전반적 만족도			①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦													
추가 의견		1) _____ 2) _____																																		

* 허킹성: 몸을 감싸주는 정도에 대한 적절성

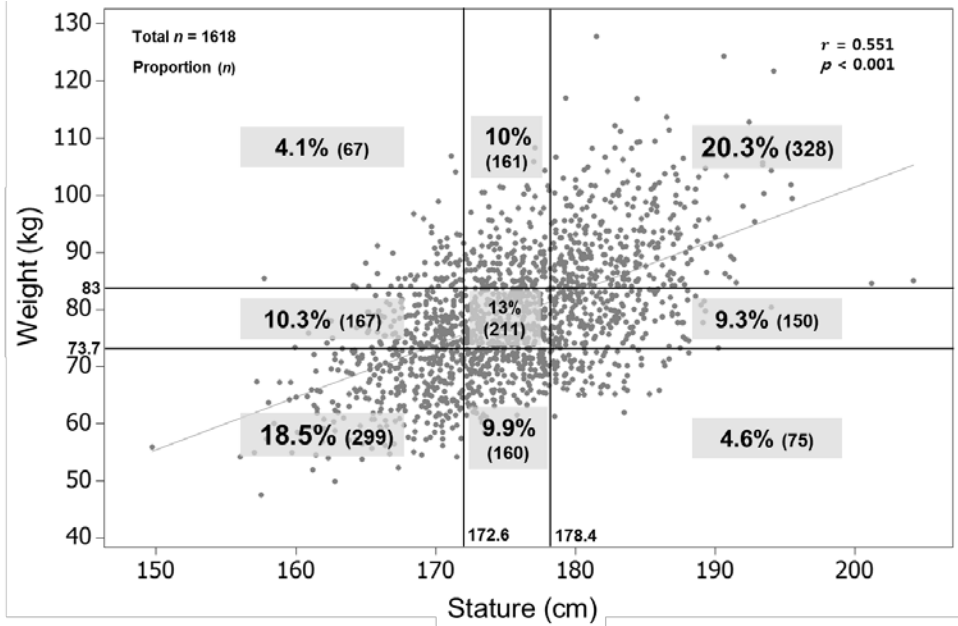
Figure 3.1. 버스 승객석 평가 설문지

3.2.2. 실험 참여자 모집

본 연구는 버스 승객석의 주관적 만족도 평가를 위해 키와 몸무게 측면에서 한국인의 인체크기를 통계적으로 적합하게 대표할 수 있는 남녀 48명(남성 23명, 여성 25명, 평균 연령 = 39.2세, 표준편차 = 11.4세, 범위 = 20 ~ 59세)을 모집하였다. 본 연구는 Gordon et al. (1988)의 US Army 인체측정결과(남성 1618명; 여성 2027명; 연령: 20대 ~ 50대)를 참조하여 키와 몸무게 측면에서 33rd %ile 미만, 33rd ~ 66th %tile, 66th %tile 초과로 구분된 9개의 영역에 대해 인구 분포율을 분석하였다(그림 3.2a 참조). 그리고 본 연구는 분석된 결과를 바탕으로 SizeKorea (2010)인체측정 자료를 이용하여 한국인의 키와 몸무게 정보에 따른 인구분포율을 고려하여 실험참여자들을 그림 3.2b와 같이 모집하였다.

3.2.3. 실험 환경

본 연구는 실험 참여자들이 실제 버스 승객석과 유사한 환경에서 평가할 수 있도록 seating buck을 제작하였다. 버스 승객석 seating buck에는 그림 3.3과 같이 2열로 승객석들이 배치되었으며, 좌우에 일반 버스 승객석과 같이 창문이 배치되었다. Seating buck 위에 배치된 버스 승객석들 간 간격(pitch)은 규정에 맞춰 850 mm로 설정되었다. 한편, 본 연구는 승객석의 이름이 주관적 만족도 평가 결과에 영향을 미치지 않도록 승객석 상단에 이름 대신 알파벳(A ~ L)을 붙이고 평가를 진행하였다.



(a) US Army 남성 인구 분포(Gordon et al., 1988)

		Stature (cm)		
		< 33 rd %tile	33 rd - 66 th %tile	> 66 th %tile
Weight (kg)		< 168.8	168.8 - 174.0	> 174.0
> 66 th %tile	> 75.2	1	2	5
33 rd - 66 th %tile	66.3 - 75.2	2	4	2
< 33 rd %tile	< 66.3	5	2	1

(b) 키와 몸무게에 따른 남성 실험참여자 수

Figure 3.2. 인구 분포율이 고려된 실험참여자 모집



Figure 3.3. 버스 승객석의 주관적 만족도 평가 환경

3.2.4. 실험 절차

실험은 3단계 절차(실험 소개 및 동의서 작성, 인체 크기 측정, 주관적 만족도 평가)로 진행되었다. 실험 소개 및 동의서 작성 단계에서는 실험에 대한 전반적인 개요, 주의사항, 실험 참여자의 권리 등이 소개되었다. 인체 크기는 디지털 신장체중계(GL-150 KT P, GTech, Korea)를 이용하여 키와 몸무게가 측정되었다. 마지막으로 주관적 만족도 평가 단계에서는 12 종의 승객석이 3일에 걸쳐 부위별로 평가되었다.

본 연구는 버스 승객석 평가 순서가 결과에 미치는 영향(ordering effect)을 배제하기 위해 random table을 사용하여 실험 참여자들에게 승객석 평가 순서를 지정해주었다. 또한, 반복적인 실험으로 인한 피로 효과(fatigue

effect)를 줄이기 위해 하루에 2시간씩 3일에 걸쳐 평가하도록 하였다(첫째날: 안전벨트, 등받이 조절레버, 팔걸이 평가; 둘째날: 등받이 머리지지부, 흉부지지부, 요추지지부, 요추 측면 지지부, 등받이 전반; 셋째날: 좌면 엉덩이 지지부, 허벅지 지지부, 좌면 측면지지부, 좌면 전반). 이 외에도 본 연구는 실험 참여자들이 객관적으로 12 종 버스 승객석들을 비교할 수 있도록 평가 시작 전 모든 승객석들을 충분히 앉아볼 수 있도록 하였다. 또한, 승객석에 대한 개인의 주관적인 의견을 다른 실험 참여자들과 공유하지 않도록 하였다.

3.3. 버스 승객석의 물성 측정 및 분석 방법 개발

본 연구는 버스 승객석들의 물성을 분석하기 위해 등받이와 좌면의 정하중 평가를 수행하였다. 정하중 평가는 그림 3.4와 같이 각 승객석의 등받이와 좌면에 대해 seat reference point (SRP)를 기준으로 20 cm 떨어진 위치에서 정하중을 가할 때 변형되는 길이를 측정하였다. 승객석의 등받이에는 15 kgf와 30 kgf의 힘이 가해졌으며, 좌면에는 25 kgf와 55 kgf의 힘이 가해졌다. 정하중 평가 및 변형길이 측정은 seat 설계 및 양산 업체 (주)한일내장의 협조로 진행되었다.



Figure 3.4. 버스 승객석 정하중 평가

3.4. 버스 승객석의 형상 측정 및 분석 방법 개발

본 연구는 버스 승객석의 형상을 분석하기 위해 기존 12종 승객석의 등받이와 좌면을 3D 스캔하였다. 스캔 장비는 portable 3D 스캐너(Artec EVA-M, Artec Inc., USA)가 사용되었으며(표 3.3 참조), 프로그램은 Artec Studio 9 (Artec Inc., USA)가 사용되었다. 3D 스캔은 한 개의 승객석 당 약 5분이 소요되었으며, 그림 3.5와 같이 승차자의 몸이 직접적으로 닿는 승객석의 앞면에 대해서만 수행되었다. 등받이와 좌면이 교차하는 부분과 같이 세밀한 부분은 데이터가 누락되지 않도록 따로 스캔하여 프로그램 상에서 기 스캔된 승객석 데이터와 통합되었다. 그리고 승객석의 앞면 이외에 스캔된 다른 부분들은 제거되어 최종적으로 그림 3.6과 같은 승객석 스캔 데이터가 완성되었다.

본 연구는 12종 버스 승객석의 형상 비교를 용이하게 할 수 있도록 스캔 데이터들을 각 승객석의 SRP를 기준으로 3D 프로그램 상의 원점에 정렬시켰다. 그리고 실제 버스 승객석이 놓여 있는 조건과 동일하게 정렬하기 위해 각 승객석의 좌면과 바닥이 이루는 경사 각도를 측정하여 스캔 데이터에 반영하였다.

Table 3.3. 3D 스캐너 정보

제품 사진	제품 사양	
	해상도	0.5 mm
	포인트 정확도	0.1 mm
	광원	플래시 전구
	프레임 속도	16 fps
	노출 시간	0.0002 s
	데이터 수집 속도	288,000 point/s

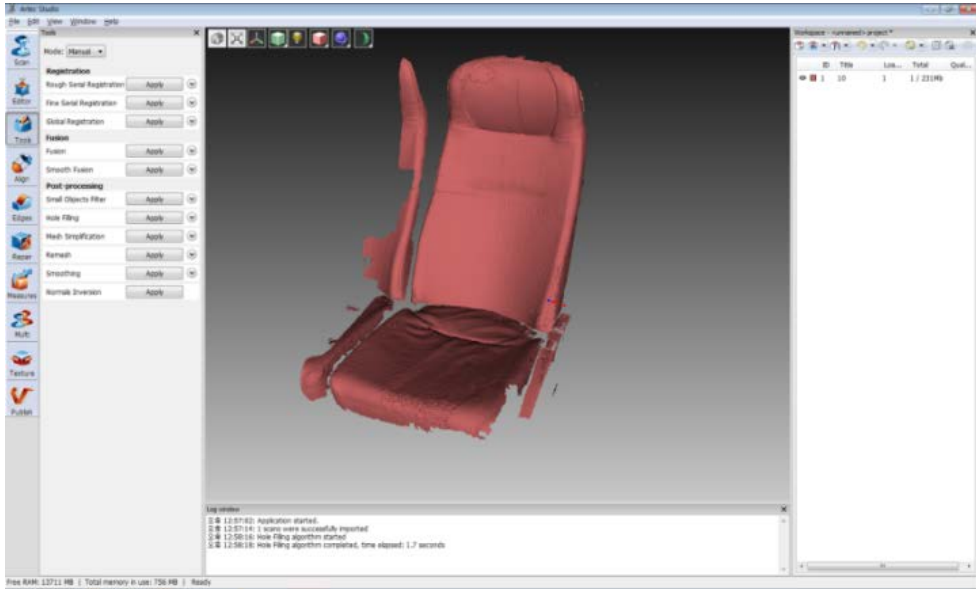


Figure 3.5. 3D 스캔된 버스 승객석 예



Figure 3.6. 최종 완료된 버스 승객석의 3D 스캔 데이터 예

3.4.1. 버스 승객석의 주요 외곽선 형상 분석

본 연구는 승객석의 형상 분석을 위해 3D 스캔 데이터로부터 주요 외곽선들(centerline, seatback lines, seatpan lines)을 추출하였다(그림 3.8 참조). 주요 외곽선들은 그림 3.7과 같이 3D modeling program (Autodesk Alias, Autodesk Inc., USA)에서 스캔 데이터를 평면으로 나누었을 때 형성되는 교선에서 추출되었다. Centerline은 승객석의 sagittal plane 측면에서 SRP를 지나는 외곽선이다. Seatback lines는 등받이를 transverse plane 측면에서 SRP로부터 100 mm 간격으로 나누었을 때의 외곽선들이다. Seatpan lines는 좌면을 coronal plane 측면에서 SRP를 기준으로 100 mm 간격으로 나누었을 때 추출되는 외곽선들이다. Centerline은 승객석의 중심 부분 형상을 분석하는데 사용되었으며, seatback line과 seatpan line은 승객석의 좌우 bolster를 분석하는데 사용되었다.

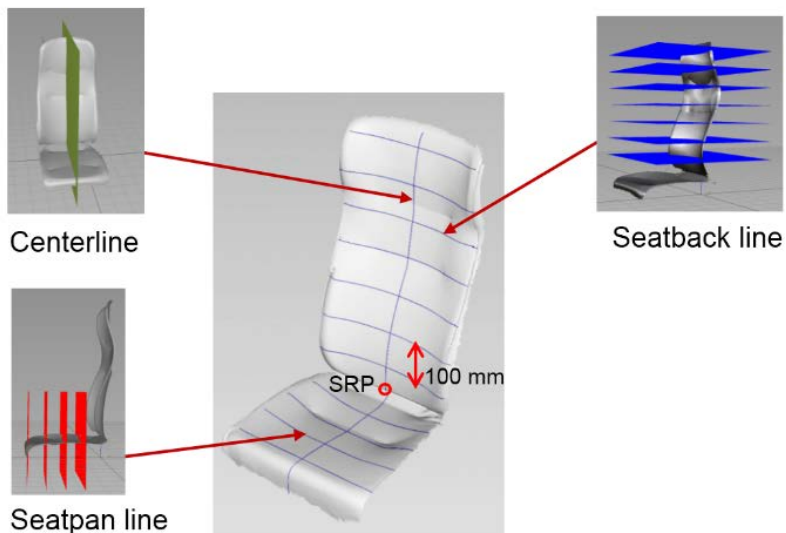


Figure 3.7. 버스 승객석의 주요 외곽선 추출 방법

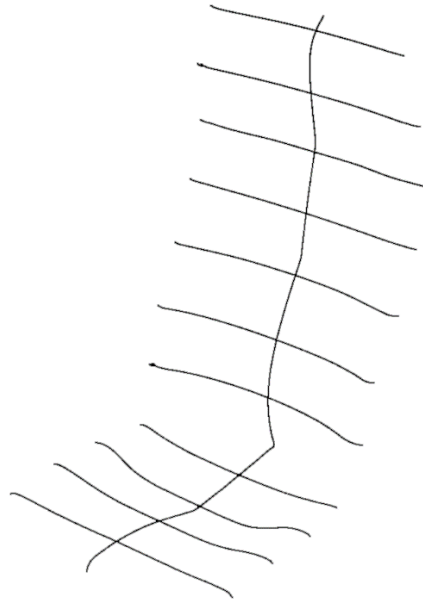


Figure 3.8. 추출 완료된 버스 승객석의 주요 외곽선 예

본 연구는 버스 승객석의 부위별 형상 특성을 분석하기 위해 추출된 주요 외곽선들에서 분석 위치를 선정하였다. 분석 위치는 12종 승객석 외곽선들의 형상을 비교하여 승차자의 인체 부위가 공통적으로 닿을 것으로 예상되는 위치로 선정 되었다. Centerline에서는 12 승객석 간의 형상 차이가 있는 머리 지지부, 요추 지지부, 허벅지 지지부가 분석 부위로 선정되었다. Seatback line에서는 SRP를 기준으로 600 mm 지점의 머리 지지부, 400 & 500 mm 지점의 흉부지지부, 200 mm 지점의 요추 지지부가 선정되었다. 마지막으로 seatpan line에서는 SRP를 기준으로 좌면쪽으로 200 mm 지점의 엉덩이 지지부가 선정되었다.

본 연구는 버스 승객석의 형상을 정량적으로 분석하기 위해 3D 모델링 프로그램을 이용하여 추출된 주요 외곽선들의 부위별 돌출 높이를 측정하였다. Centerline은 승객석의 중심 부위 돌출 높이를 측정하는데 사용되었으며, seatback line과 seatpan line은 승객석의 좌우 bolster의 돌출 높이를 측정하는데 사용되었다. 승객석 중심부위의 돌출 높이는 해당 부위의 시작점과 끝점을 연결한 직선으로부터 최대 돌출된 외곽선 지점까지의 수직길이를 측정되었다(그림 3.9a 참조). Bolster의 돌출높이는 해당 부위 외곽선의 최대 돌출된 두 지점을 연결한 직선으로부터 중심까지의 수직거리가 측정되었다(그림 3.9b 참조).

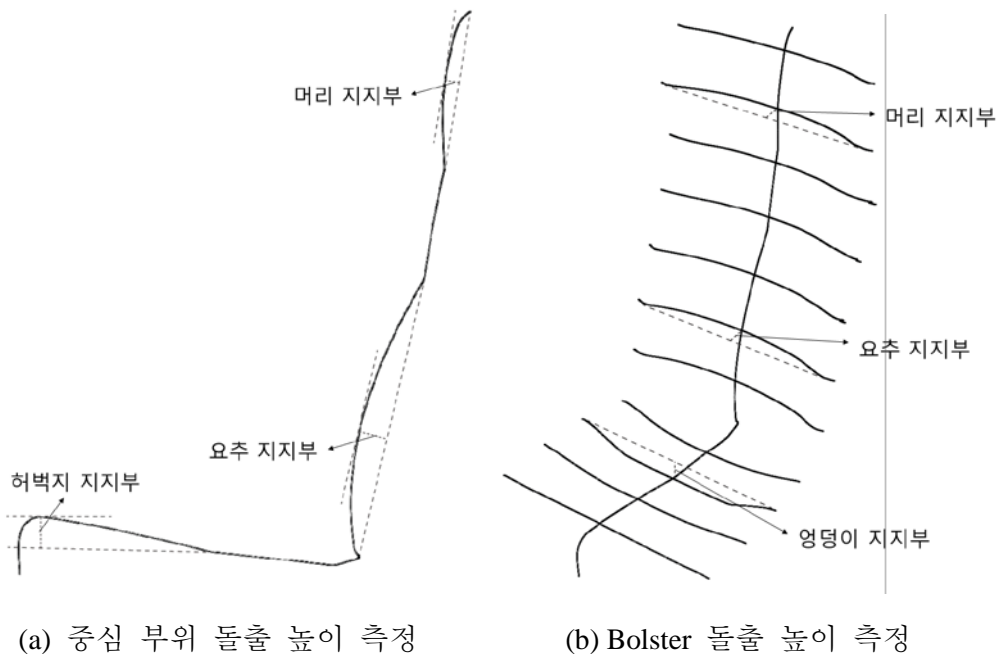


Figure 3.9. 버스 승객석 부위별 돌출 높이 측정

본 연구는 주요 외곽선을 이용하여 승객석의 부위별 너비 및 높이를 측정하였다. 부위별 너비는 seatback line과 seatpan line을 이용하여 좌우 끝 지점을 연결하는 직선 길이로 측정되었다(그림 3.10 참조). 부위별 높이는 centerline을 이용하여 등받이 머리 지지부의 높이와 요추 지지부의 높이가 측정되었는데, seating reference point (SgRP)로부터 해당 부위의 외곽선 높이까지 측정되었다(그림 3.11 참조)



Figure 3.10. 버스 승객석의 너비 측정 방법

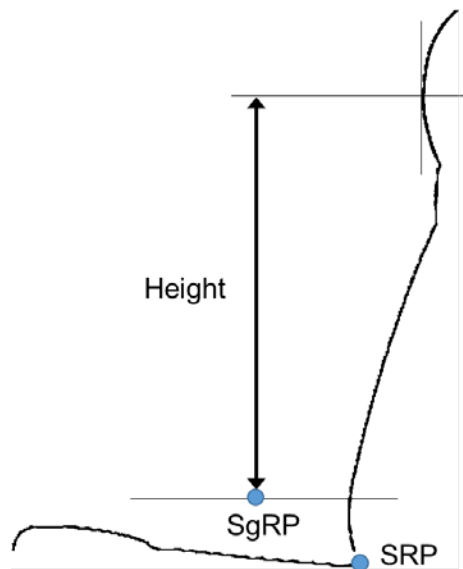


Figure 3.11. 버스 승객석의 높이 측정 방법: 머리 지지부

3.4.2. 버스 승객석 부위별 형상 특성 파악

본 연구는 측정된 주요 외곽선들의 돌출 길이를 이용하여 12종 승객석의 부위별 형상을 centerline과 bolster 돌출 높이에 따라 분류하였다(그림 3.12 참조). 12종의 버스 승객석들은 부위별 돌출 높이의 평균값($C = 20\text{mm}$, $B = 20\text{mm}$)을 중심으로 centerline과 bolster 측면에서 돌출된 형상과 평평한 형상으로 분류되었다. 예를 들면, 1번 승객석의 머리 지지부는 centerline과 좌우 bolster가 돌출된 형상으로 분류되었으며, 2번 승객석의 머리 지지부는 centerline은 평평하고 좌우 bolster는 돌출된 형상으로 분류되었다. 이와 같은 방식으로 승객석의 나머지 부위들(흉부 지지부, 요추 지지부, 엉덩이 지지부, 허벅지 지지부)에 대한 형상 특성이 파악되었다.

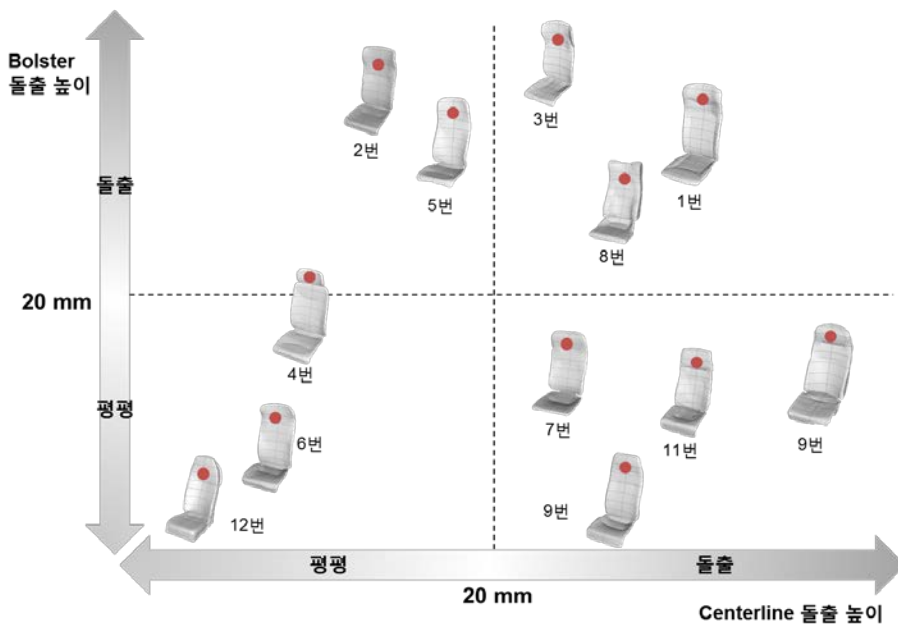


Figure 3.12. 버스 승객석 형상 분류: 머리 지지부

4. 버스 승객석의 선호 설계 특성 benchmarking 및 결과

4.1. 버스 승객석의 주관적 평가 결과

본 연구는 1번 승객석을 기준으로 12종 승객석의 설계 부위별 주관적 만족도 평가 결과들을 비교하였다. 예를 들어, 그림 4.1과 같이 승객석의 요추 지지부에 대해 평가 기준별로(높이 적절성, 크기 적절성, 형태 적합성 등) 1번 승객석이 받은 점수와 가장 높은 선호도 점수를 받은 승객석의 점수가 비교되었다. 평가 기준별로 1번 승객석에 대한 평균 결과를 100점으로 환산한 후 주관적 만족도에서 가장 높은 점수를 받았던 승객석의 요추 지지부의 점수가 비교되어, benchmarking을 할 경우 몇 퍼센트의 만족도를 향상시킬 수 있는지 계산되었다. 요추 지지부의 높이 적절성은 12종 승객석 중 8번 승객석이 가장 우수한 만족도 점수를 받았고, 1번 승객석 보다 11% 높은 만족도를 받은 것으로 나타났다. 전반적 안락감, 크기 적절성, 접촉감, 지지성은 5번 승객석이 가장 우수한 만족도 점수를 받았고, 1번 승객석보다 4% ~ 14% 만큼 높은 만족도를 받은 것으로 나타났다. 쿠션감은 11번 승객석이 1번 승객석보다 4% 높은 만족도 점수를 받았으며, 형태 적합성은 8번 승객석과 5번 승객석과 동일하게 가장 높은 점수 점수를 받은 것으로 나타났다. 그리고 나머지 9개 설계 부위(등받이 3개 부위, 좌면 3개 부위, 보조장치 3가지)에 대해서도 같은 방식으로 비교 평가되었다.

본 연구는 모든 설문 문항(117개)에 대해 1번 승객석과 가장 높은 만족도를 받은 승객석의 점수차를 분석하여 1번 승객석의 개선 조치 수준을 파악하였다. 주관적 만족도의 점수차와 1번 승객석에 대한 2점(불만) 이하의 응답자 비율(%)을 고려하여 그림 4.2와 같은 4단계(필수 개선, 권장 개선, 선택 개선, 현행 유지)의 조치 기준이 수립되었다. 1번 승객석과 가장 높은 만족도를 받은 승객석의 주관적 만족도 점수차가 0.6점 이상이고 2점 이하의 응답자 비율이 15% 이상인 문항들은 필수 개선으로 분류되었으며, 전체 문항 중 40.2% (47개)가 포함되었다. 주관적 만족도 점수차가 0.4 ~ 0.6점이고 2점 이하의 응답자 비율이 10 ~ 15%인 문항들은 권장 개선으로 분류되었으며, 전체 문항 중 29.1% (34개)가 포함되었다. 선택 개선으로는 전체 문항 중 23.9% (28개)가 분류되었으며, 전체 문항 중 6.8% (8개)가 현행 유지로 분류되었다.

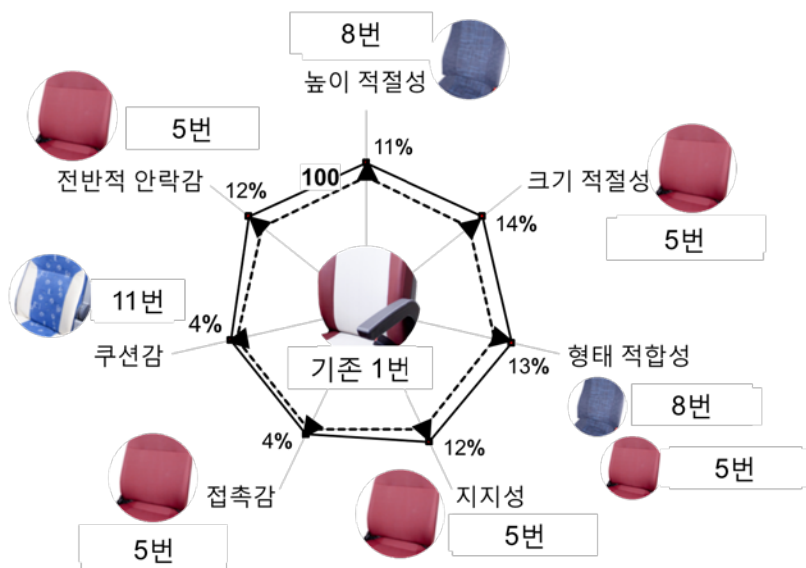


Figure 4.1. 주관적 만족도 평가 결과: 요추 지지부

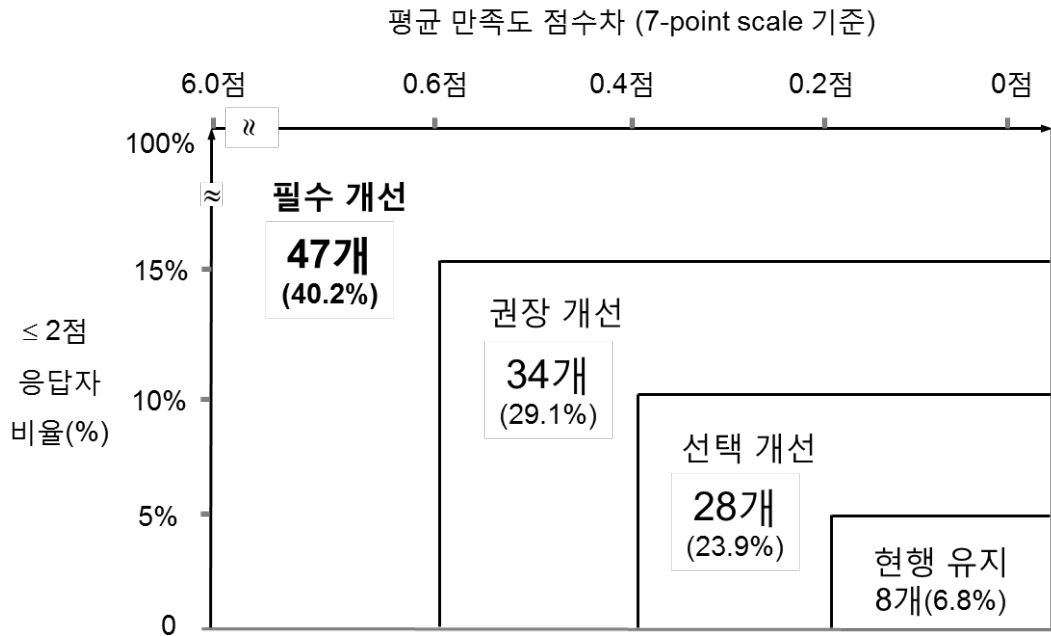


Figure 4.2. 1번 승객석의 개선 조치 수준


4.2. 버스 승객석 부위별 개선요구사항 및 선호 설계 특성

주관적 만족도 평가에서 설문 문항 이외에 추가적으로 수집된 기타 의견들을 통해 버스 승객석에 대한 80가지 개선요구사항(Voice of Customer, VOC)이 도출되었다. 도출된 개선요구사항들은 버스 승객석의 형태, 쿠션감, 위치, 크기, 재질감 등에 관련된 내용들로 분류되었다.

본 연구는 수집된 개선 요구사항들을 표 4.1와 같이 승객석의 부위별로 정리하여 VOC hierarchy를 파악하였다. 예를 들면, 등받이 머리 지지부의 경우 좌우 지지대의 형태, 뒷목 지지에 적합한 형상과 같이 머리 지지부의 형상에 대한 요구사항이 34%로 가장 높게 나타났으며, 물성에 대한 요구사항이 30%로 두 번째로 높게 나타났다. 그리고 위치(16%), 재질(14%), 크기(6%)에 대한

요구사항들이 순차적으로 높게 나타났다. 본 연구는 이와 같은 방식으로 나머지 9개 평가 부위(등받이 3개, 좌면 3개, 보조장치 3개)에 대한 개선 요구사항을 정리하였다. 정리 결과, 버스 승객석의 등받이에는 형태(42%), 쿠션감(28%)에 대한 요구사항이 높게 나타났으며, 좌면에는 형태감(31%), 쿠션감(27%), 크기(25%)에 대한 요구사항이 높게 나타났다.

Table 4.1. 버스 승객석의 VOC Hierarchy: 머리 지지부

평가 부위	구분	개선요구사항(VOC)
	형태 (34%)	적절한 좌우 지지 형상(미끄러짐 방지) 머리와 뒷목 지지에 적절한 형상
	물성 (30%)	적절한 쿠션감
	위치 (16%)	착석과 취침 자세에 적절한 높이
	재질 (14%)	따뜻한 재질감 쾌적한 재질감
	크기 (6%)	취침 자세에서도 목이 미끄러지지 않는 적절한 너비

4.3. 버스 승객석 선호 물성 특성

12종의 버스 승객석들은 정하중 평가에서 측정된 버스 승객석의 등받이와 좌면의 변형 길이를 통해 3단계의 물성 특성(Hard, Intermediate, Soft)으로 분류되었다. 등받이와 좌면의 변형 길이는 정하중 평가 시 가해진 압력(등받이: 15 kgf, 30 kgf; 좌면: 25kgf, 55kgf)에서 측정된 변형 길이의 평균값으로 계산되었다.

물성 특성은 평균변형길이(mm) \pm 표준편차(mm)를 기준으로 분류되었다. 12종 버스 승객석의 등받이들은 10.7 mm \pm 2.4 mm를 기준으로 3단계의 물성 특성으로 분류되었다. 변형 길이가 짧은 Hard 단계에는 4번과 9번 승객석이 포함되었으며, 변형길이가 긴 Soft 단계에는 2번 승객석과 8번 승객석이 포함되었다. 버스 승객석의 좌면들은 18.3 mm \pm 2.9 mm를 기준으로 분류되었다. Hard 단계에는 4번, 1번, 11번 승객석이 포함되었으며, Soft 단계에는 2번과 3번 승객석이 포함되었다.

본 연구는 정하중 평가를 통해 분류된 물성 특성과 주관적 만족도 평가 문항 중 쿠션감에 대한 평가 결과를 비교하여 선호되는 물성 특성을 파악하였다(그림 3.3, 그림 3.4 참조). 버스 승객석의 등받이는 물성 특성이 Intermediate에서 Soft 단계 사이에 포함된 승객석들이 선호되는 것으로 파악되었다. 좌면은 물성 특성이 Intermediate 단계에 포함된 승객석들이 선호되는 것으로 파악되었다. 기준 승객석인 1번 승객석의 등받이 물성 특성은 Intermediate단계에 있어 우수한 만족도를 받은 반면, 좌면의 물성 특성은 Hard 단계에 포함되어 있어 Intermediate 단계로 물성 개선이 필요함을 파악하였다.

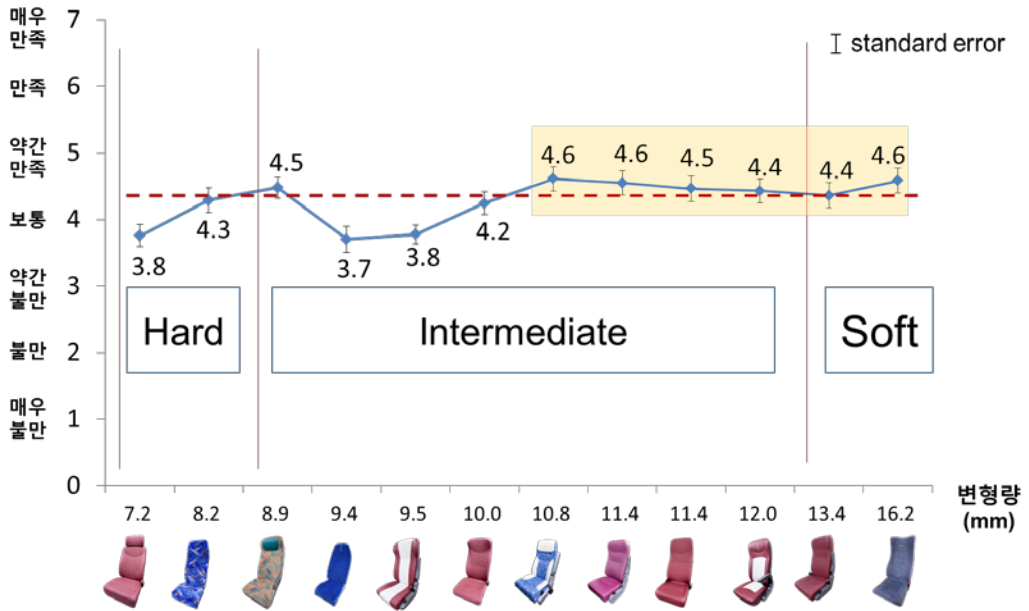


Figure 4.3. 버스 승객석 선호 물성 특성 파악: 등받이

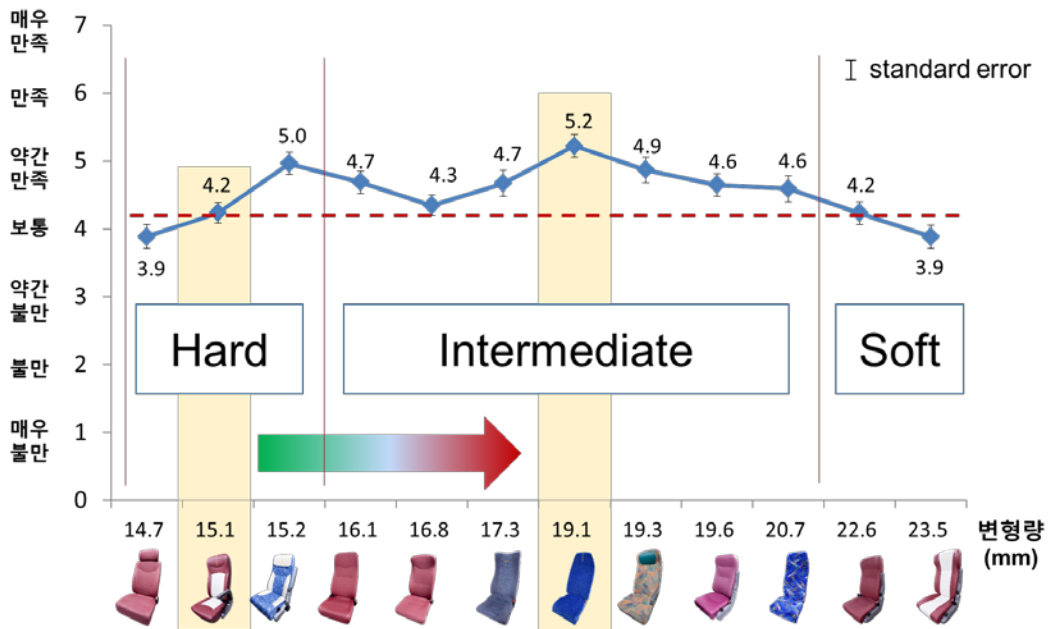


Figure 4.4. 버스 승객석 선호 물성 특성 파악: 좌면

4.4. 버스 승객석 부위별 선호 형상 특성 및 설계 전략

본 연구는 부위별로 형상 특성이 분류된 12종의 승객석을 주관적 평가 결과 중 형태적합성 평가 결과와 비교하였다(그림 4.5 참조). 형태적합성에서 가장 우수한 점수를 받은 승객석의 형상 특성을 통해 선호 형상이 파악되었다. 예를 들면, 머리 지지부는 1번 승객석과 8번 승객석이 우수한 성적을 받았으므로, 중심부위와 좌우 bolster가 돌출된 형상이 선호되는 것으로 파악되었다. 요추 지지부는 5번과 8번 승객석이 우수한 성적을 받았으므로 중심부위는 평평하고 좌우 bolster는 돌출된 형상이 선호되는 것으로 파악되었다(그림 4.6 참조). 이와 같은 방법으로 엉덩이 지지부, 허벅지 지지부의 형상 분류와 선호 형상이 도출되었다.

또한, 본 연구는 형상 분석 단계에서 측정된 버스 승객석들의 너비, 길이를 주관적 평가 결과 중 너비적절성, 좌면깊이적절성 결과와 비교하여 선호되는 버스 승객석의 크기를 파악하였다. 예를 들면, 요추 지지부의 너비적절성 점수는 5번 승객석이 가장 우수한 것으로 나타났는데, 너비 측정 결과 12종 승객석 중에 가장 넓은 것으로 나타났다. 따라서 요추 지지부의 너비가 넓은 승객석이 사용자에게 선호되는 것으로 파악되었다. 좌면깊이적절성 점수도 깊이가 가장 길게 측정된 5번 승객석이 가장 높은 점수를 받은 것으로 나타나, 좌면깊이가 긴 승객석이 선호되는 것으로 파악되었다. 이와 같은 방법으로 머리 지지부, 흉부 지지부, 엉덩이 지지부의 선호 형상과 크기가 파악되었다.

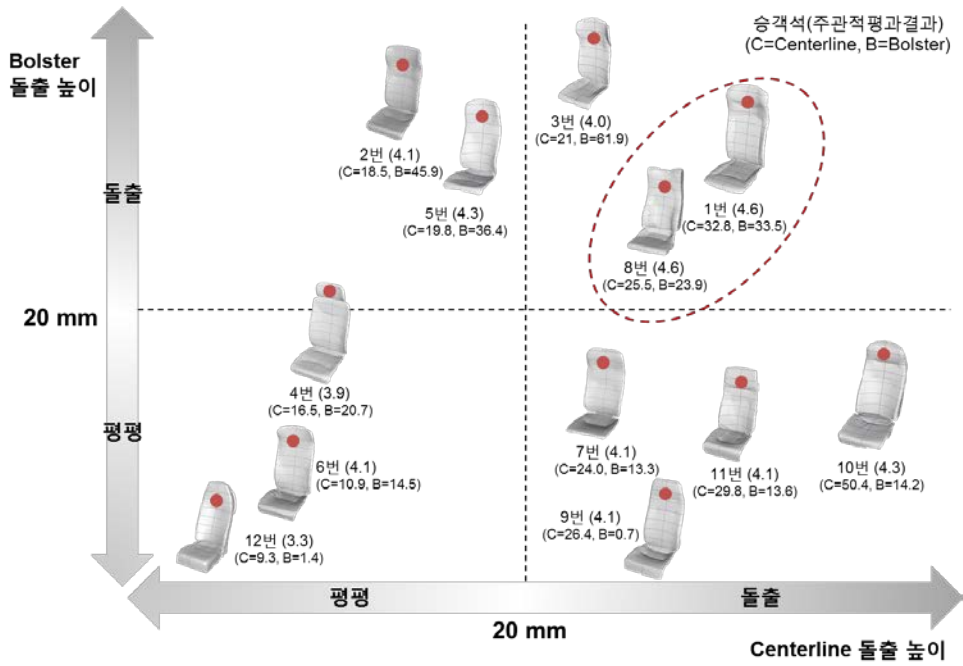


Figure 4.5. 버스 승객석 머리 지지부의 형상 특성 및 주관적 만족도

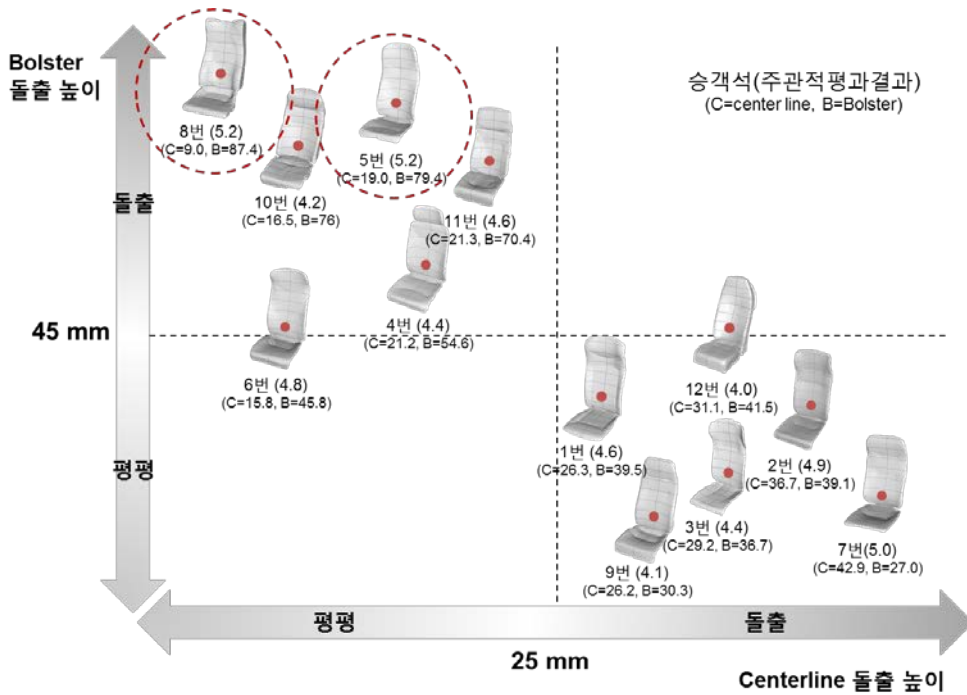


Figure 4.6. 버스 승객석 요추 지지부의 형상 특성 및 주관적 만족도

본 연구는 형태적합성, 너비적절성, 좌면깊이적절성의 평가 점수가 우수한 승객석들을 통해 신규 승객석의 부위별 설계 전략을 표 4.2와 같이 수립하였다. 머리 지지부와 흉부 지지부는 기존 승객석인 1번 승객석의 만족도가 우수하게 나타났기 때문에 현재의 형상과 너비를 유지하도록 설계 전략이 수립되었다. 요추 지지부, 엉덩이 지지부, 허벅지 지지부는 선호 버스 승객석을 참조하여 bolster의 돌출 높이를 증가시키고 너비를 확장시키는 설계 전략이 수립되었다.

Table 4.2. 신규 버스 승객석의 부위별 설계 전략

설계 부위	제원	선호 버스 승객석	만족도	설계 전략
머리 지지부	형상	1번	4.6	기존 유지
	너비	1번	4.6	기존 유지
흉부 지지부	형상	1번	4.5	기존 유지
	너비	1번	4.6	기존 유지
요추 지지부	형상	8번	5.2	좌우 bolster 돌출
	너비	5번	5.3	너비 확장
엉덩이 지지부	형상	7번	5.3	좌우 bolster 돌출
	너비	5번	5.3	너비 확장
허벅지 지지부	형상	7번	5.3	허벅지 지지부 돌출
	너비	5번	5.1	너비 확장
좌면 전반	깊이	5번	5.4	길이 확장

5. 신규 버스 승객석 설계

5.1. 버스 승객석 부위별 선호 설계 dimension 분석

신규 버스 승객석에 대한 부위별 설계 전략을 바탕으로 표 5.1과 같이 부위별 선호 버스 승객석의 형상과 너비에 대한 설계 치수가 파악되었다. 형상에 대한 설계 치수는 seatback line과 seatpan line을 통해 측정된 좌우 bolster의 돌출높이를 나타내며, 너비는 좌우 폭을 나타낸다. 좌면 전반의 깊이는 centerline을 통해 측정된 허벅지 지지부 끝점부터 SRP까지의 길이를 나타낸다.

Table 5.1. 선호 버스 승객석의 부위별 설계 치수

설계 부위	제원	선호 버스 승객석	설계 치수(mm)
머리 지지부	형상	1번	33
	너비	1번	402
흉부 지지부	형상	1번	35
	너비	1번	405
요추 지지부	형상	8번	87
	너비	5번	430
엉덩이 지지부	형상	7번	35
	너비	5번	450
허벅지 지지부	형상	7번	48
	너비	5번	450
좌면 전반	깊이	5번	466

5.2. 버스 승객석 부위별 형상 설계

본 연구는 측정된 선호 승객석의 부위별 외곽선들의 치수를 적용하여 신규 버스 승객석의 형상을 설계하였다. 부위별 외곽선 설계 위치는 그림 5.1과 같이 기존 승객석들의 형상 분석이 수행된 위치와 동일하게 선정되었다. 신규 버스 승객석의 형상 설계는 3D modeling program (Autodesk Alias, Autodesk Inc., USA)을 사용하여 3단계(외곽선 형상 설계, 표면 형성, 모서리 마감) 절차로 진행되었다. 외곽선 형상 설계 단계에서는 부위별로 선호되는 버스 승객석의 외곽선 형상과 너비가 benchmarking되었다. 너비는 1번 승객석의 금형 크기를 기준으로 설계 허용치에 만족되도록 설계되었다. 표면 형성 단계에서는 설계된 외곽선들을 지나도록 승객석 앞면의 표면의 형성이 되었다. 마지막으로, 모서리 마감 단계에서는 승객석의 부위별 표면간에 맞닿은 부분들이 마감처리 되었다.



Figure 5.1. 신규 승객석의 설계 기준선

5.2.1. 등받이 형상 설계

신규 버스 승객석 등받이의 형상 설계를 위해 등받이 중앙, 머리 지지부, 흉부 지지부, 요추 지지부의 설계 외곽선 형상이 설계되었다. 등받이 중앙 부위 설계는 그림 5.2와 같이 1번 승객석의 머리 지지부, 흉부 지지부, 그리고 5번 승객석의 요추 지지부 centerline이 종합되었다. 머리 지지부와 흉부 지지부는 기존 1번 승객석의 형상으로 유지되었다. 마지막으로 요추 지지부는 그림 5.3과 같이 5번 승객석의 너비와 8번 승객석의 형상이 종합되어 설계되었다. 5번 승객석 요추 지지부의 너비는 430 mm로 측정되었으나, 1번 승객석의 최대 설계 허용치를 고려하여 425 mm로 설계되었다. 또한, 본 연구는 요추 지지부의 외곽선 형상 설계시 큰 체격을 가진 사용자들을 수용할 수 있도록 접촉면을 넓게 설계하였다. 8번 승객석 요추 지지부의 bolster 돌출 높이를 반영하되, 허리가 닿는 부분의 접촉면을 넓게하여 큰 체격의 사용자들이 느낄 수 있는 이물감을 최소화하였다.

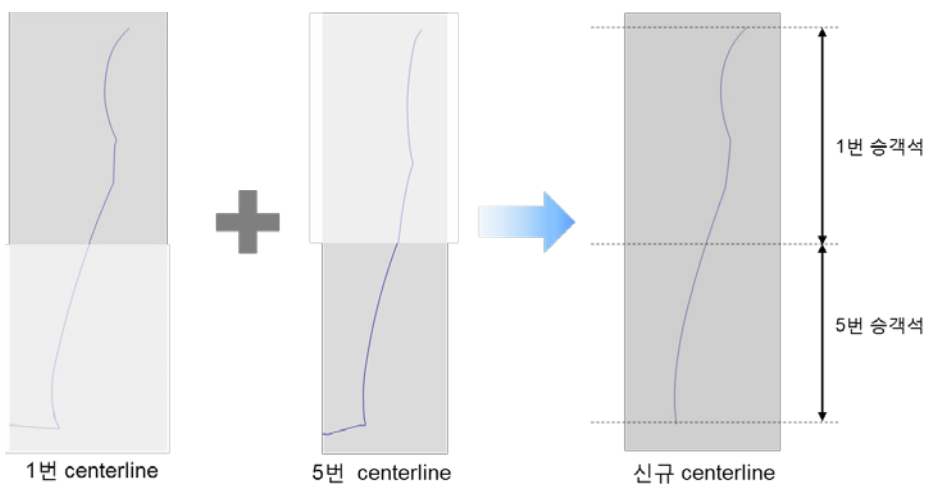


Figure 5.2. 신규 버스 승객석의 형상 설계: 등받이 중앙

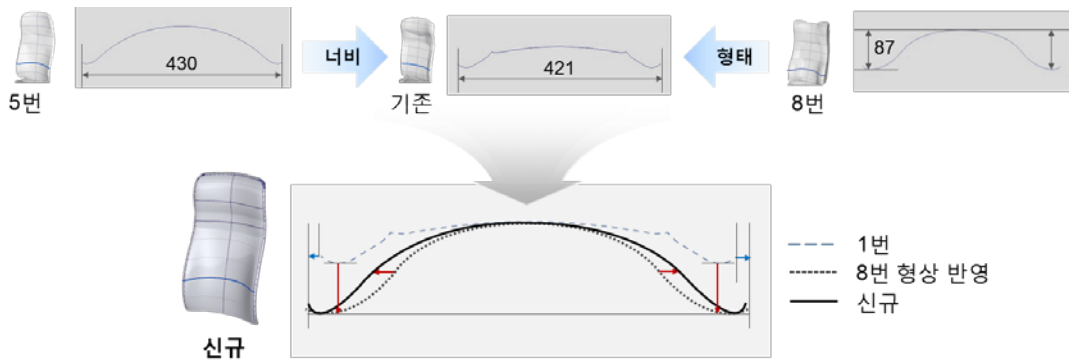


Figure 5.3. 신규 버스 승객석의 형상 설계: 요추 지지부

5.2.2. 좌면 형상 설계

신규 버스 승객석 좌면의 형상 설계를 위해 좌면 중앙, 허벅지 지지부, 엉덩이 지지부의 외곽선 형상이 설계되었다. 좌면 중앙 부위는 그림 5.4와 같이 5번 승객석의 centerline 길이와 7번 승객석의 형상이 종합되어 설계되었다. 5번 승객석의 centerline 길이는 466 mm로 측정되었으나, 1번 승객석의 최대 설계 허용치를 고려하여 453 mm로 설계되었다. 허벅지 지지부는 7번 승객석의 돌출 높이를 반영되어 48 mm 돌출되도록 설계되었다. 엉덩이 지지부는 그림 5.5와 같이 5번 승객석의 너비와 7번 승객석의 형상이 종합되어 설계되었다. 5번 승객석 엉덩이 지지부의 너비는 450 mm이지만, 1번 승객석의 최대 설계 허용치를 고려하여 440 mm로 설계되었다.

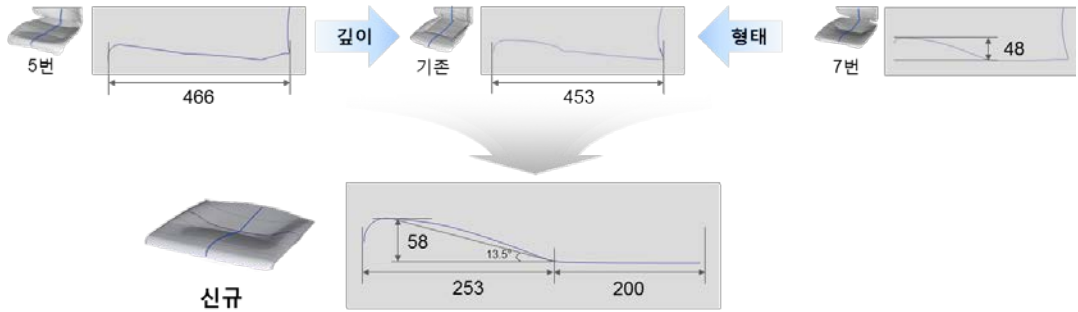


Figure 5.4. 신규 버스 승객석의 형상 설계: 좌면 중앙 & 허벅지 지지부

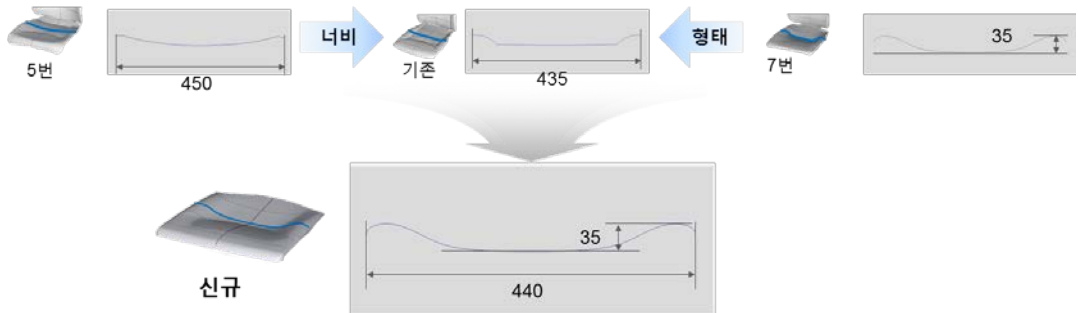


Figure 5.5. 신규 버스 승객석의 형상 설계: 엉덩이 지지부

5.2.3. 신규 버스 승객석의 형상 특성

3D modeling program을 통해 부위별 신규 외곽선들을 연결하는 표면이 형성되었으며 그림 5.6과 같이 신규 버스 승객석의 앞면 형상이 최종적으로 설계되었다. 신규 버스 승객석은 기존 1번 승객석보다 요추 지지부와 좌면 전반의 너비가 확장되어 사용자에게 보다 여유있는 착석감을 제공할 수 있으며, 요추 지지부와 엉덩이 지지부의 centerline은 완만해지고 bolster는 돌출되어 사용자의 신체를 감싸주는 형상으로 설계되었다. 허벅지 지지부는 1번 승객석보다 돌출되어 사용자의 다리를 보다 효과적으로 지지할 수 있도록 설계되었다.

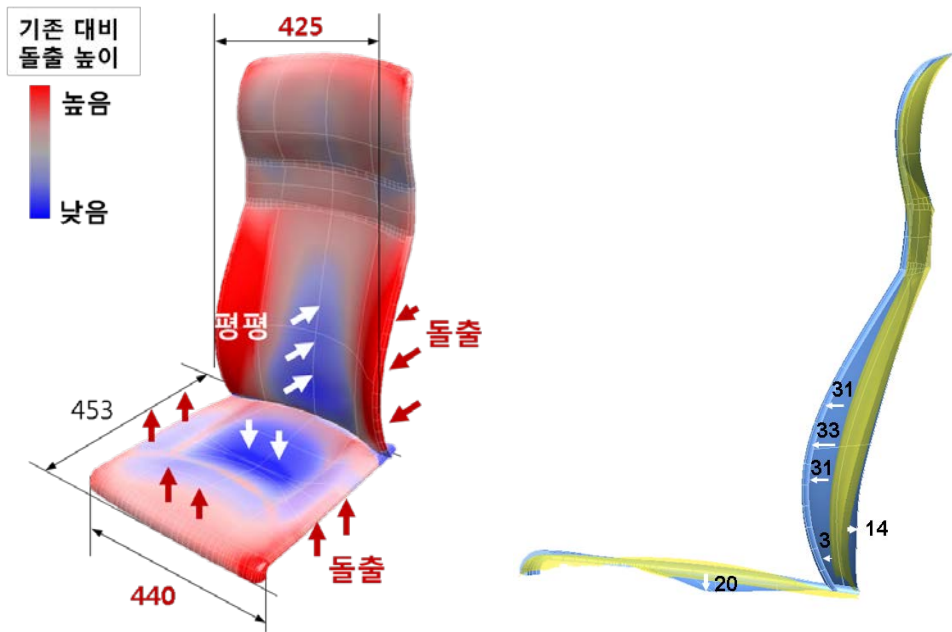


Figure 5.6. 기존 승객석과 신규 버스 승객석의 형상 특성 비교

6. 신규 버스 승객석의 개선 효과 검증

6.1. Prototype 제작

본 연구는 최종적으로 설계된 신규 버스 승객석의 앞면 형상을 바탕으로 prototype 제작용 3D model을 설계하였다. 3D modeling program (CATIA, 3DEXPERIENCE., USA)을 이용하여 신규 승객석의 앞면과 기존 1번 승객석의 뒷면이 결합될 수 있도록 그림 6.1과 같은 3D model이 완성되었다. 그리고 시트 설계 및 양산 업체 (주)한일내장의 협조로 그림 6.2와 같은 신규 버스 승객석 prototype이 제작되었다.



Figure 6.1. Prototype 제작을 위한 신규 버스 승객석의 3D model



Figure 6.2. 신규 버스 승객석 prototype

6.2. 실험실 환경 평가

6.2.1. 실험 참여자

신규 버스 승객석의 효과 검증을 위해 다양한 인체크기를 가진 한국인 125명(남성 59명, 여성 66명, 평균 연령 = 41.6세, 표준편차 = 13.2, 범위 = 15 ~ 77세)이 모집되었다. 본 연구는 모집된 실험 참여자들의 키와 몸무게의 평균을 Size Korea (2010)의 인체측정자료와 비교하여 실험 참여자들이 한국인의 인체크기를 적합하게 대표할 수 있는지 확인하였다. 확인 결과, 모집된 실험 참여자들의 키와 몸무게는 한국인의 평균 인체크기와 유사한 것으로 나타났다(표 6.1 참조).

Table 6.1. 검증 실험 참여자 demographic information

	Stature (cm)				Weight (kg)			
	Male		Female		Male		Female	
	Present study	Size Korea	Present study	Size Korea	Present study	Size Korea	Present study	Size Korea
Mean	172.8	171.1	161.6	158.3	71.1	68.7	58.8	55.2
SD	5.6	6.2	5.6	5.8	8.8	11.1	7.0	7.9

6.2.2. 실험 절차

신규 버스 승객석의 효과 검증 실험은 기존 1번 승객석과 신규 버스 승객석을 부위별로 비교 평가할 수 있도록 진행되었다. 평가 설문지는 기존 버스 승객석의 주관적 만족도 평가와 동일한 평가 항목들을 적용하여 7점 척도로 평가할 수 있도록 개발되었다. 실험 환경은 seating buck 안에 기존 1번 승객석, 신규 버스 승객석, 그리고 환경 조성용으로 2종의 승객석들이 설치하여 실제 버스 안과 유사한 환경을 조성하였다. 평가는 약 30분이 소요되었으며, 1번 승객석과 신규 버스 승객석을 모두 착석해본 후 시작하도록 하였다.

6.2.3. 평가 결과

실험실 환경 검증 평가 결과, 신규 버스 승객석은 표 6.2와 같이 기존 승객석 대비 등받이 및 좌면 설계 부위에서 모두 개선 효과가 있는 것으로 나타났다. 기존 1번 승객석의 부위별 만족도 평균은 7점 만점에서 약 4.32점으로 중립 수준의 만족도를 보였으나 신규 설계된 버스 승객석의 만족도 평균은 4.78점으로 약간 만족 수준으로 향상되었으며, 부위별 만족도 점수가 4.5%에서 23.0% 개선된 것으로 나타났다. 신규 승객석의 주관적 만족도 결과는 benchmarking 대상 12종 승객석들에 비해서도 우수한 편에 속하는 것으로 분석되었다.

Table 6.2. 신규 승객석과 기존 승객석 비교 평가 결과: 실험실 환경 평가

평가 부위	평가 결과: 평균 ± 표준편차				
	 기존	 신규	t	p	개선율(%)
머리 지지부	4.4 ± 1.2	4.6 ± 1.2	- 5.13	< .001	4.5
흉부 지지부	4.3 ± 1.1	4.6 ± 1.2	- 4.58	< .001	7.0
요추 지지부	4.3 ± 1.0	4.7 ± 1.2	- 8.11	< .001	9.3
측면 지지부	4.1 ± 1.1	5.0 ± 1.3	- 11.31	< .001	23.0
등받이 전반	4.3 ± 1.1	4.9 ± 1.2	- 10.58	< .001	14.0
엉덩이 지지부	4.4 ± 1.0	4.8 ± 1.0	- 5.21	< .001	9.1
허벅지 지지부	4.4 ± 1.1	4.8 ± 1.0	- 9.06	< .001	9.1
측면 지지부	4.3 ± 1.1	4.8 ± 1.2	- 6.96	< .001	11.6
좌면 전반	4.3 ± 1.1	4.8 ± 1.1	- 7.17	< .001	11.6

6.3. 실차 환경 평가

신규 버스 승객석의 실차 환경 평가를 위해 다양한 인체크기(5th ~ 95th %ile)를 가진 seat 관련 전문가(seat 설계 전문가, 엔지니어, 버스 운전자) 17명이 모집되었다. 평가는 현재 국내에서 사용되고 있는 버스에 신규 승객석과 1번 승객석을 탑재한 후 그림 6.3과 같은 도로에서 6일 동안 주행하면서 진행되었다. 평가 방법은 실험실 환경 평가에서의 동일한 방식으로 진행되었다.

실차 환경 평가 결과, 신규 버스 승객석은 그림 6.4와 같이 기존 승객석 대비 등받이 및 좌면의 모든 설계 부위에서 개선 효과가 있는 것으로 나타났다. 특히, 평가 부위 중 등받이 측면 지지부와 요추 지지부에서 높은 개선 효과가 있는 것으로 나타났다.



Figure 6.3. 실차 환경 평가 주행 도로

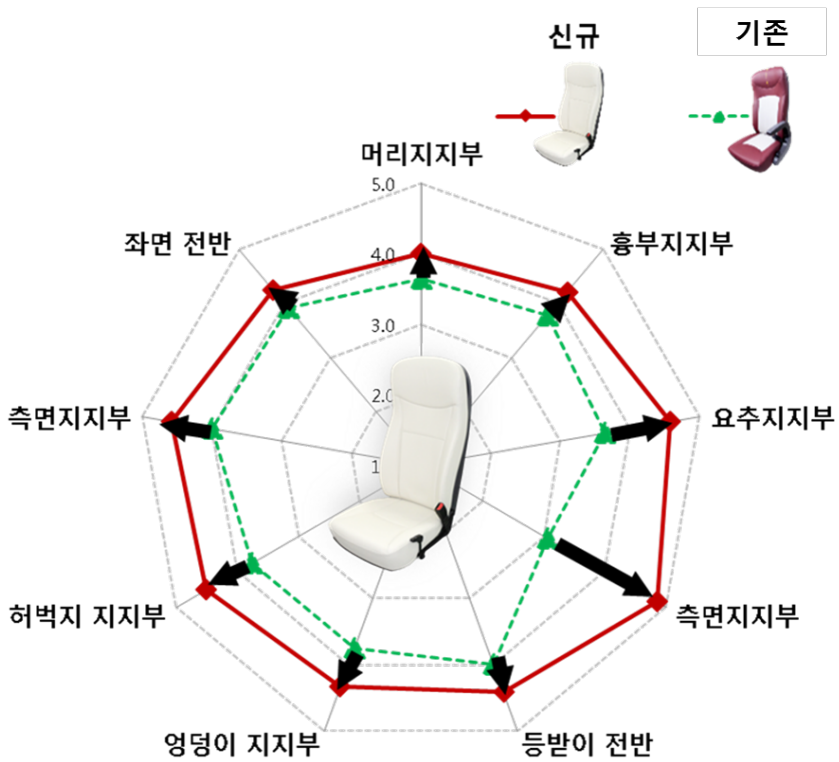


Figure 6.4. 신규 승객석과 기존 승객석 비교 평가 결과: 실차 주행 평가

7. 토의

7.1. 버스 승객석 benchmarking 방법

본 연구는 체계적이고 종합적으로 버스 승객석들의 주관적 만족도를 평가할 수 있는 인간공학적 평가 protocol을 개발하였다. 본 연구에서 개발된 평가 설문지는 버스 승객석의 12개 부위를 다양한 인간공학적 평가 기준에 의거하여 종합적으로 평가할 수 있으며, 여러 승객석들을 동시에 비교 평가하는데 용이하다. Zhao & Tang (1994)은 버스 승객석 등받이의 전반적 안락감만을 평가하였으며, Saba et al. (2013) 미니 버스 승객석의 너비, 깊이와 같은 크기 측면에 대한 만족도만을 평가하였다. 본 연구는 전반적 만족도뿐만 아니라 버스 승객석 평가에 특화된 평가 기준(예: 형태 적합성, 쿠션감, 허깅성)들을 적용하였을 뿐만 아니라 버스 안에서 발생할 수 있는 task(착석, 업무, 취침)을 수행하며 평가하도록 하였다. 또한, 본 연구에서 개발된 버스 승객석 평가 설문지는 버스 승객석에 대한 정량적 및 정성적 평가가 가능하여 버스 승객석의 설계 부위별 선호 설계 특성을 파악하는데 용이하다. 본 연구에서 개발된 설문지는 평가 문항에 범주형 평가 척도가 적용되어 정량적인 점수를 얻는데 용이하며, 평가 부위에 대한 추가 의견 및 개선요구사항(voice of customer, VOC)을 수집하는데 효과적이다. 한편, 본 연구는 seating buck을 제작하여 실제 버스 실내와 유사한 환경을 재현함으로써 평가자들이 보다 실제와 같은 환경에서 평가할 수 있도록 하였다. 실험 설계는 평가자들의 승객석 평가 순서에 따른 효과(ordering effect)와 실험 진행에 따른 피로

효과(fatigue effect)가 없도록 설계되었다. 순서에 따른 효과를 제거하기 위해서는 평가 참여자들의 승객석 평가 순서를 random하게 정해주었으며, 피로 효과 제거를 위해서는 실험을 3일로 나누어 평가하고 실험 전날에는 충분한 숙면을 취하도록 통제하였다. 그리고 본 연구는 버스 승객석들 간 비교를 효과적으로 할 수 있도록 평가 시작 전 모든 승객석들을 앉아 보도록 통제하였다.

본 연구는 인체크기에 따라 추정된 인구분포율과 남녀 성비를 고려하여 실험 참여자들을 모집하여 평가단의 대표성 및 평가 결과의 신뢰성을 확보하였다. 본 연구는 Gorden et al. (1998)의 US Army 인체측정자료를 통해 한국인 남녀 모집단의 키와 몸무게의 다른 인구분포율을 추정하였다. 추정된 인구분포율을 바탕으로 한국인의 인체크기분포가 반영된 남녀 24명씩을 모집함으로써 통계적으로 대표성을 가지는 표본을 활용하고, 결과의 일반성(generalizability)를 높이고자 하였다.

본 연구의 평가 설문지 개발 절차는 버스 승객석뿐만 아니라 다양한 유형의 의자들을 평가하기 위한 설문지 개발에 적용될 수 있어 활용성이 높다. 본 연구의 설문지 개발 절차는 승용차 시트, 비행기 시트, 사무용 의자 등에 범용적으로 적용될 수 있으며, 실험의 목적과 대상에 따라 관련 task, 설계 부위, 인간공학적 평가 기준 등을 가변적으로 적용할 수 있다.

7.2. 버스 승객석 형상 분석 방법

본 연구는 3D 스캔을 이용하여 기존 버스 승객석의 3D 형상을 정량적으로 분석하고, 선호되는 형상 특성을 benchmarking하는 방법을 개발하였다. 본 연구는 다양한 형상을 가진 12종의 기존 버스 승객석들을 3D 스캔하여 세부 형상을 분석할 수 있는 3D 스캔 데이터를 확보 하였으며, 확보된 데이터로부터 3가지 주요 외곽선(centerline, seatback line, seatpan line)을 추출하여 승객석의 부위별 형상을 정량적으로 분석하였다. Zhao & Tang (1994)의 연구는 버스 승객석 등받이의 형상을 시각적으로 분석하였으나, 본 연구는 3D 스캔 데이터로부터 추출된 3가지 주요 외곽선의 부위별 돌출 높이를 측정함으로써 보다 정량적인 형상 분석을 수행하였다. 또한, Jung et al. (1998)의 연구는 기차 승객석을 설계하기 위해 승객석의 선호 각도 와 크기에 중점을 두어 세부 profile 형상 분석은 미흡하였으나, 본 연구는 추출된 주요 외곽선들 중 분석위치로 선정된 부위의 돌출 높이 측정과 함께, 선정된 부위 이외에 외곽선들의 세부 profile 형상을 비교함으로써 분석의 신뢰도를 향상시켰다.

본 연구에서 개발된 형상 분석 방법은 다양한 profile 형상을 가진 버스 승객석들의 부위별 형상들을 효과적으로 비교하기에 용이하다. 본 연구는 형상 측면에서 서로 다른 12종의 버스 승객석들을 비교하기 위해 중심부위와 측면 bolster의 형상 특성을 확인할 수 있는 3가지 주요 외곽선들을 추출하였다. 그리고 3D modeling tool을 이용하여 추출된 외곽선들의 SRP를 원점에 맞춰 12승객석의 형상을 동일한 선상에서 비교할 수 있도록 하였다. 또한, 12종 버스 승객석 외곽선의 각도를 실제 승객석이 놓여 있는 각도를 측정하여

반영함으로써 실제 승객석과 같은 조건에서 형상을 비교할 수 있도록 하였다.

본 연구는 portable 3D 스캐너를 이용하여 기존 버스 승객석들의 형상 데이터를 확보함으로써 연구의 효율성, 신뢰성을 높였다. 핸디형 스캐너를 이용하면 하나의 버스 승객석을 5분 이내에 스캔 할 수 있으며, 승객석의 세부적인 형상 및 profile 정보를 정확하게 추출할 수 있다(측정오차범위: ± 0.1 mm). 더불어, 3D 스캔은 승차자의 몸이 닿는 버스 승객석의 앞면에 대해서만 수행되어 효율적으로 측정되었다. 또한, 3D 스캔 데이터를 이용한 seat 형상 분석은 연구자가 분석을 원하는 부위의 형상을 세부적, 정량적으로 측정할 수 있기 때문에, 보다 정확한 형상 분석이 가능하다는 장점이 있다.

7.3. 버스 승객석 형상 설계 방법

본 연구에서 개발된 버스 승객석의 형상 설계 방법은 3D 스캔 데이터로부터 추출된 승객석들의 주요 외곽선을 신규 승객석 설계에 적용할 수 있다는 점에서 실용적이다. 본 연구는 12종 승객석들의 주요 외곽선 형상을 분석하여 선호되는 형상을 부위별로 파악하였으며, 선호되는 부위별 외곽선들을 종합하여 신규 승객석의 외곽선을 설계하였다. 서로 다른 승객석들의 부위별 장점들을 종합하여 신규 승객석을 설계하면 사용자가 원하는 승객석 형상을 구현할 때 발생할 수 있는 시행착오를 줄일 수 있다. Kolich (2008) 연구에서 언급된 기존의 seat 개발 방법은 시장 조사를 통해 우수하게 평가되는 seat를 benchmarking 대상으로 선정한 후, 설문 평가를 통해 선호되는 이유를 도출하고 평가용 prototype을 제작한다. 그리고 prototype

설계를 반복적으로 수정하면서 설문 평가를 진행하여 benchmarking 대상 seat 만큼 우수한 평가를 받게 되면 seat 설계가 완료된다. 이와 같은 기존의 설계 방법은 사용자가 선호하는 seat 특성을 찾기 위해 반복적으로 prototype이 제작되고 설문 평가가 진행되기 때문에 오랜 시간이 소요된다. 그러나 본 연구에서 개발된 설계 방법은 3D 스캔 데이터를 이용하여 선호되는 승객석 부위의 형상을 정량적으로 측정하고, 추출된 외곽선을 바로 신규 설계에 적용할 수 있기 때문에 사용자가 선호하는 승객석 형상을 정확하고 효율적으로 구현할 수 있다. 실제로, Kolich (2008)에서 언급된 설계 방법은 약 3년이 개발 기간이 필요하지만 본 연구에서는 승객석 설계를 위해 약 1년이 소요되어 효율성이 높음을 알 수 있다.

한편, 본 연구는 서로 다른 승객석들의 형상들을 부위별로 종합할 때, 부위별 형상 간의 이질성이 형성되지 않도록 설계 기준이 되는 1번 승객석과 유사한 형상을 가진 승객석들의 형상을 선택적으로 종합하였다. 예를 들어 2개 이상의 승객석이 유사하게 우수한 점수를 받았을 경우, 1번 승객석의 형상과 비슷한 승객석을 선택함으로써 신규 승객석의 부위별 형상간의 조화성을 유지하였다. 또한, 설계 후 3D 프로그램 상에서 가상의 인체 모델을 착좌시켜 인체와 승객석간의 간섭으로 인한 이물감이 형성되지 않는지도 검토하였다.

본 연구의 benchmarking을 통한 신규 승객석 설계 방법은 비교적 짧은 시간 내에 우수한 안락감을 제공하는 승객석을 설계할 수 있으나, benchmarking 대상 승객석들을 종합하여 설계하기 때문에 최적의 안락감을 제공하는

승객석을 개발하는 데는 한계가 있다. Benchmarking 대상으로 선정된 승객석에 따라 신규 승객석에서 구현할 수 있는 안락감이 영향을 받으므로 승객석 선정시 다양한 자료 조사를 바탕으로 만족도가 우수한 승객석을 선정하는 것이 중요하다. 또한, 본 연구에서는 각 부위의 형상을 종합할 때, 부위별 형상들의 상호작용에 의한 주관적 만족도 변화가 고려되지 않았기 때문에 추후 연구로 형상 조합에 따른 주관적 만족도 변화를 파악하여 최적의 설계 조합을 찾아낼 필요가 있다.

7.4. 적용 분야

본 연구에서 개발된 버스 승객석 benchmarking protocol은 다양한 유형의 의자들을 평가하고 선호 특성들을 benchmarking하는데 활용될 수 있다. 승용차 시트, 비행기 시트, 사무용 의자 등 다양한 의자들의 사용 특성과 실험 목적에 따라 관련 task, 설계 부위, 인간공학적 평가 기준 등을 가변적으로 적용하여 인간공학적 평가 설문지를 개발할 수 있다. 또한, 각기 다른 의자의 부위별 형상, 물성, 크기 특성과 주관적 만족도 결과를 비교하여 사용자가 선호하는 특성들을 benchmarking함으로써 다양한 인간공학적 의자 설계에 기여할 수 있다.

본 연구에서 개발된 3D 스캔 데이터를 이용한 형상 분석 방법은 다양한 의자 형상 분석 및 설계에 범용적으로 적용 가능하다. 3D 스캔 기법을 활용하면 자동차 시트뿐만 아니라 고속전철 시트, 자전거 의자, 휠체어 의자 등 다양한 형상 특성을 가진 의자들의 부위별 3D 형상을 정량적, 효율적으로

분석할 수 있다. 의자의 형상 특성에 따라 주요 외곽선, 분석 위치 등을 가변적으로 선정할 수 있으며, 돌출 높이에 따라 형상 특성을 분류하여 신규 의자 설계 전략을 도출해낼 수 있다. 또한, 3D 스캔을 활용한 형상 분석은 의자 제품군 뿐만 아니라 사용자의 신체와 접촉하는 다양한 제품들(예: 팔걸이, 휴대폰, 마우스 등)의 인간공학적 형상 설계에도 유용하게 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

참고 문헌

1. 국토 교통부, 수송수단별 여객수속 현황. Retrieved April 26, 2013, from http://www.index.go.kr/egams/stts/jsp/potal/stts/PO_STTS_IdxMain.jsp?idx_cd=1258.
2. Annett, J. (2002). Subjective rating scales: science or art? *Ergonomics*, 45(14), 966-987.
3. Cheng, D., Sun, S., Yang, Z., & Shao, M. (2010). Seat surface design due to the analysis of body pressure test data. Paper presented at the Computer-Aided Industrial Design & Conceptual Design (CAIDCD), 2010 IEEE 11th International Conference.
4. Griffin, M. J. (1994). *Handbook of Human Vibration*: Elsevier Academic Press.
5. Gordon, C. C., Bradtmiller, B., Churchill, Y., Clauser, C. E., McConville, J. T., Tebbetts, I. O., & Walker, R. A. (1988). *Anthropometric Survey of U.S. ARMY*.
6. Hertzbuerg, H. T. E. (1972). The human buttocks in sitting: pressures, patterns, and palliatives. Paper presented at the Society of Automotive Engineers, Inc.
7. Jung, E. S., Han, S. H., Jung, M., & Choe, J. (1998). Coach design for the Korean high-speed train: a systematic approach to passenger seat design and layout. *Applied Ergonomics*, 97(6), 507-519.
8. Jung, J., Jung, M., Na, S., & Im, S. (1999). The effect of lumbar support prominence upon comfort and body pressure distribution of an automobile seat in short-duration driving. Paper presented at the Korean Institute of Industrial Engineers (KIIE).
9. Kim, J., Na, H., Joe, D., Shin, Y., Park, S., & Kim, J. (2010). Development of Questionnaire for Automobile Seat Comfort Evaluation. *Journal of Korean Society for Emotion & Sensibility*, 13(2), 381-390.
10. Kolich, M. (2003). Automobile seat comfort: occupant preferences vs. anthropometric accommodation. *Applied Ergonomics*, 34, 177-184.
11. Kolich, M. (2008). A conceptual framework proposed to formalize the scientific investigation of automobile seat comfort. *Applied Ergonomics*, 39, 15-27.
12. Kyung, G., Nussbaum, M. A., & Babski-Reeves, K. (2008). Driver sitting comfort and discomfort (part I): Use of subjective ratings in discriminating car seats and correspondence among ratings. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 38, 516-

525.

13. Lueder, R. K. (1983). Seat comfort: a review of the construct in the office environment. *Human Factors*, 25(6), 710-711.
14. Saba, G., Gergs, G., Yesus, Ajit, P. S., Guteta, K. W., & Solomon, S. (2013). Ergonomics Assessment of Passenger Seats of Mini-Buses in Ethiopia. *Global Journal of Researches in Industrial Engineering*, 13(1).
15. Shen, W., & Vertiz, A. M. (1997). Redefining seat comfort. Paper presented at the Society of Automotive Engineers, Inc.
16. Size Korea (2010). Report on the Fifth Survey of Korean Anthropometry. Retrieved from <http://sizekorea.kats.go.kr/>.
17. Smith, D. R., andrews, D. M., & Wawrow, P. T. (2006). Development and evaluation of the automotive seating discomfort questionnaire (ASDQ). *International Journal of Industrial Ergonomics*, 36, 141-149.
18. Zhao, J., & Tang, L. (1994). An evaluation of comfort of a bus seat. *Applied Ergonomics*, 25(6), 386-392.

부 록

부록 A. 버스 승객석 평가 설문지

승객석 종류: A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L

버스 승객석 안락감 평가 설문지

이름: _____ 성별: 남 / 여 나이: _____ 평가 회차: _____

안녕하십니까?

바쁘신 중에도 귀중한 시간을 내어 주셔서 감사합니다. 본 설문은 포항공과대학교 산업경영공학과 인간공학 설계기술 연구실(유희천 교수)의 "인간공학적 버스 승객석 설계를 위한 선호 형상 및 물성치 분석" 연구의 일환으로 진행되고 있습니다.


설문 평가의 전반적인 내용은 다음과 같습니다.

- 평가 대상: 버스 승객석 12종
- 평가 방법: 착석, 독서 또는 모바일기기 사용, 취침, 안전벨트 착용, 그리고 등받이 각도 조절작업을 수행하신 후, 주관적으로 느껴지는 안락감을 각 문항에 해당하는 점수를 표시(✓)하시면 됩니다.
- 예상 소요시간: 1시간 30분

설문예시

2. 착석

> 승객석에 앉는 작업을 수행하신 후, 각 문항에 해당하는 점수에 표시(✓)하여 주십시오.

부위	Task	평가 항목	A					B					C					D				
			1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
 측면 지지부 (만약 자세로 적어도 # 표시)	너비 적당성	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩ ⑪ ⑫ ⑬ ⑭ ⑮ ⑯ ⑰ ⑱ ⑲ ⑳ ㉑ ㉒ ㉓ ㉔ ㉕ ㉖ ㉗ ㉘ ㉙ ㉚ ㉛ ㉜ ㉝ ㉞ ㉟ ㊱ ㊲ ㊳ ㊴ ㊵ ㊶ ㊷ ㊸ ㊹ ㊺ ㊻ ㊼ ㊽ ㊾ ㊿																				
	형태 적당성	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩ ⑪ ⑫ ⑬ ⑭ ⑮ ⑯ ⑰ ⑱ ⑲ ⑳ ㉑ ㉒ ㉓ ㉔ ㉕ ㉖ ㉗ ㉘ ㉙ ㉚ ㉛ ㉜ ㉝ ㉞ ㉟ ㊱ ㊲ ㊳ ㊴ ㊵ ㊶ ㊷ ㊸ ㊹ ㊺ ㊻ ㊼ ㊽ ㊾ ㊿																				
	하당성	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩ ⑪ ⑫ ⑬ ⑭ ⑮ ⑯ ⑰ ⑱ ⑲ ⑳ ㉑ ㉒ ㉓ ㉔ ㉕ ㉖ ㉗ ㉘ ㉙ ㉚ ㉛ ㉜ ㉝ ㉞ ㉟ ㊱ ㊲ ㊳ ㊴ ㊵ ㊶ ㊷ ㊸ ㊹ ㊺ ㊻ ㊼ ㊽ ㊾ ㊿																				
	부담감	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩ ⑪ ⑫ ⑬ ⑭ ⑮ ⑯ ⑰ ⑱ ⑲ ⑳ ㉑ ㉒ ㉓ ㉔ ㉕ ㉖ ㉗ ㉘ ㉙ ㉚ ㉛ ㉜ ㉝ ㉞ ㉟ ㊱ ㊲ ㊳ ㊴ ㊵ ㊶ ㊷ ㊸ ㊹ ㊺ ㊻ ㊼ ㊽ ㊾ ㊿																				
	안전벨트 만족도	① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩ ⑪ ⑫ ⑬ ⑭ ⑮ ⑯ ⑰ ⑱ ⑲ ⑳ ㉑ ㉒ ㉓ ㉔ ㉕ ㉖ ㉗ ㉘ ㉙ ㉚ ㉛ ㉜ ㉝ ㉞ ㉟ ㊱ ㊲ ㊳ ㊴ ㊵ ㊶ ㊷ ㊸ ㊹ ㊺ ㊻ ㊼ ㊽ ㊾ ㊿																				
	추가 의견	1) _____ 2) _____																				








평가 중 질문이 있으시거나, 휴식이 필요하시면 언제든지 말씀해 주십시오.

2012년 7월

포항공과대학교 산업경영공학과 인간공학 설계기술 연구실

버스 승객석 평가 부위




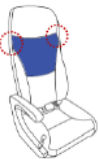



평가 요소	번호	설문 문항	설명
등받이 각도조절레버	1	도달 용이성	등받이각도조절레버에 손을 뻗어 닿기 쉬운 정도
	2	조작 용이성	등받이각도조절레버를 조작하기 쉬운 정도
 머리 지지부	1	높이 적절성	돌출된 머리 지지부의 상하 높이가 적절한 정도
	2	크기 적절성	머리 지지부의 돌출된 크기가 적절한 정도
	3	형태 적합성	머리 지지부의 형태가 머리를 기대는 데 적합한 정도
	4	지지성	머리 지지부의 지지하는 능력이 적절한 정도
	5	허킹성(미끌림 방지성)	머리 지지부가 머리 미끌림을 방지하는 정도
	6	접촉감	머리 지지부의 표면 재질감이 적절한 정도
	7	쿠션감	머리 지지부의 쿠션이 폭신한 정도
	8	전반적 안락감	머리 지지부에 대해 전반적으로 편안한 정도
 등받이 흉부 지지부	1	크기 적절성	등받이 흉부 지지부의 크기가 적절한 정도
	2	형태 적합성	등받이 흉부 지지부의 형태가 적합한 정도
	3	지지성	등받이 흉부 지지부가 승차자를 지지하는 능력이 적절한 정도
	4	접촉감	등받이 흉부 지지부의 표면 재질감이 적절한 정도
	5	쿠션감	등받이 흉부 지지부의 쿠션이 폭신한 정도
	6	전반적 안락감	등받이 흉부 지지부에 대해 전반적으로 편안한 정도
 등받이 요추 지지부	1	높이 적절성	등받이 요추 지지부의 상하 높이가 적절한 정도
	2	크기 적절성	등받이 요추 지지부의 크기가 적절한 정도
	3	형태 적합성	등받이 요추 지지부의 형태가 적합한 정도
	4	지지성	등받이 요추 지지부의 지지하는 능력이 적절한 정도
	5	접촉감	등받이 요추 지지부의 표면 재질감이 적절한 정도
	6	쿠션감	등받이 요추 지지부의 쿠션이 폭신한 정도
	7	전반적 안락감	등받이 요추 지지부에 대해 전반적으로 편안한 정도
 등받이 측면 지지부	1	크기 적절성	등받이 측면 지지부의 돌출된 크기가 적절한 정도
	2	형태 적합성	등받이 측면 지지부의 형태가 적합한 정도
	3	지지성	등받이 측면 지지부가 승차자를 지지하는 능력이 적절한 정도
	4	접촉감	등받이 측면 지지부의 표면 재질감이 적절한 정도
	5	쿠션감	등받이 측면 지지부의 쿠션이 폭신한 정도
	6	전반적 안락감	등받이 측면 지지부에 대해 전반적으로 편안한 정도
 등받이 전반	1	크기 적절성	등받이 크기가 적절한 정도
	2	형태 적합성	등받이의 형태가 적합한 정도
	3	압박감	등받이와 접촉하는 부분에 압박이 느껴지는 정도
	4	지지성	등받이가 승차자를 지지하는 능력이 적절한 정도
	5	허킹성(미끌림 방지성)	등받이가 등 미끌림을 방지하는 정도
	6	접촉감	등받이의 표면 재질감이 적절한 정도
	7	폭신함	등받이의 쿠션이 폭신한 정도
	8	쾌적성	등받이의 쿠션이 통풍을 방해하지 않아 쾌적함을 주는 정도
	9	전반적 안락감	등받이에 대해 전반적으로 편안한 정도
 팔걸이	1	높이 적절성	팔걸이의 높이가 적절한 정도
	2	너비 적절성	팔걸이의 너비가 적절한 정도
	3	길이 적절성	팔걸이의 길이가 적절한 정도
	4	형태 적합성	팔걸이의 굴곡이나 형태가 적합한 정도
 좌면 허벅지 지지부	1	크기 적절성	좌면 허벅지 지지부의 크기가 적절한 정도
	2	형태 적합성	좌면 허벅지 지지부의 형태가 적합한 정도
	3	압박감	좌면 허벅지 지지부와 접촉하는 부분에 압박이 느껴지는 정도
	4	접촉감	좌면 허벅지 지지부의 표면 재질감이 적절한 정도
	5	폭신함	좌면 허벅지 지지부의 쿠션이 폭신한 정도
	6	전반적 안락감	좌면 허벅지 지지부에 대해 전반적으로 편안한 정도

평가 요소	번호	설문 문항	설명
좌면 엉덩이 지지부 	1	크기 적절성	좌면 엉덩이 지지부의 크기가 적절한 정도
	2	형태 적합성	좌면 엉덩이 지지부의 형태가 적합한 정도
	3	압박감	좌면 엉덩이 지지부와 접촉하는 부분에 압박이 느껴지는 정도
	4	접촉감	좌면 엉덩이 지지부의 표면 재질감이 적절한 정도
	5	폭신함	좌면 엉덩이 지지부의 쿠션이 폭신한 정도
	6	전반적 안락감	좌면 엉덩이 지지부에 대해 전반적으로 편안한 정도
좌면 측면 지지부 	1	크기 적절성	좌면 측면 지지부의 노출된 크기가 적절한 정도
	2	형태 적합성	좌면 측면 지지부의 형태가 적합한 정도
	3	압박감	좌면 측면 지지부와 접촉하는 부분에 압박이 느껴지는 정도
	4	접촉감	좌면 측면 지지부의 표면 재질감이 적절한 정도
	5	폭신함	좌면 측면 지지부의 쿠션이 폭신한 정도
	6	전반적 안락감	좌면 측면 지지부에 대해 전반적으로 편안한 정도
좌면 전반 	1	높이 적절성	좌면의 높이가 적절한 정도
	2	크기 적절성	좌면의 크기가 적절한 정도
	3	너비 적절성	좌면의 가로 너비가 적절한 정도
	4	깊이 적절성	좌면의 깊이가 적절한 정도
	5	형태 적합성	좌면의 형태가 적합한 정도
	6	좌면 경사의 적절성	좌면의 경사가 적절한 정도
	7	압박감	좌면에 체압이 잘 분산되는 정도
	8	허깅성(미끌림 방지성)	좌면이 하체 미끌림을 방지하는 정도
	9	접촉감	좌면의 표면 재질감이 적절한 정도
	10	폭신함	좌면의 쿠션이 폭신한 정도
	11	쾌적성	좌면의 쿠션이 통풍을 방해하지 않아 쾌적함을 주는 정도
	12	전반적 안락감	좌면에 대해 전반적으로 편안한 정도






등받이(1/3)

성명: _____



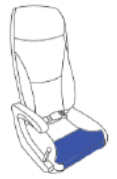


부위	Task	평가 항목	A							B							C							D														
			①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦								
머리 지지부 	편안한 자세로 착석한 후 설문 	높이 적절성	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦															
		너비 적절성	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦															
		형태 적합성	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦															
		지지 적절성	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦															
		*허강성	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦															
		전반적 만족도	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦															
		취침	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦															
		높이 적절성	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦															
		크기 적절성	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦															
		형태 적합성	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦															
		허강성	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦															
		전반적 만족도	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦															
		추가 의견	1)	_____																																		
			2)	_____																																		
흉부 지지부 	편안한 자세로 착석한 후 설문 	너비 적절성	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦															
		형태 적합성	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦															
		허강성	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦															
		어깨걸림(이물감)	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦															
		지지 적절성	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦															
		전반적 만족도	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦															
		추가 의견	1)	_____																																		
	2)		_____																																			

* 허강성: 몸을 감싸주는 정도에 대한 적절성





등받이(2/3)

부위	Task	평가 항목	A							B							C							D						
			매우불만	←	중립	→	매우만족	매우불만	←	중립	→	매우만족	매우불만	←	중립	→	매우만족	매우불만	←	중립	→	매우만족								
요추 지지부 	편안한 자세로 착석한 후 설문 	높이 적절성	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
		너비 적절성	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
		형태 적합성	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
		지지 적절성	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
		허깅성	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
		전반적 만족도	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
		취침 	높이 적절성	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥
	너비 적절성		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
	형태 적합성		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
	지지 적절성		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
	허깅성		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
	전반적 만족도		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
	추가 의견		1) _____ 2) _____																											
	측면 지지부 	편안한 자세로 착석한 후 설문 	너비 적절성	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥
형태 적합성			①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
허깅성			①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
쿠션감			①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
전반적 만족도			①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
추가 의견		1) _____ 2) _____																												







좌면(1/2)

부위	Task	평가 항목	A							B							C							D						
			매우불만	←	불만	→	매우만족	매우불만	←	불만	→	매우만족	매우불만	←	불만	→	매우만족	매우불만	←	불만	→	매우만족	매우불만	←	불만	→	매우만족			
영명이 지지부 	착석 	너비 적절성	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦							
		형태 적합성	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦							
		허깅성	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦							
		전반적 만족도	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦							
	추가 의견	1) _____ 2) _____																												
허벅지 지지부 	착석 	너비 적절성	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦							
		형태 적합성	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦							
		허깅성	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦							
		압박감	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦							
	취침 	형태 적합성	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦							
		허깅성	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦							
		압박감	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦							
		전반적 만족도	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦							
추가 의견	1) _____ 2) _____																													

좌면(2/2)

부위	Task	평가 항목	A							B							C							D						
			매우불만	←	중립	→	매우만족	매우불만	←	중립	→	매우만족	매우불만	←	중립	→	매우만족	매우불만	←	중립	→	매우만족								
	착석 	너비 적절성	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦							
		형태 적합성	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦							
		허깅성	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦							
		엉덩이부분 걸림감	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦							
		전반적 만족도	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦							
	추가 의견	1) _____ 2) _____																												
	착석 	좌우 너비 적절성	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦							
		앞뒤 길이 적절성	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦							
		형태 적합성	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦							
		경사 적절성	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦							
		허깅성	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦							
	전반적 만족도	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦								
추가 의견	1) _____ 2) _____																													

부록 B. 버스 승객석 3D scan data

Seat 1	Seat 2	Seat 3	Seat 4	Seat 5	Seat 6
					
Seat 7	Seat 8	Seat 9	Seat 10	Seat 11	Seat 12
