JESK J Ergon Soc Korea 2022; 41(4): 277-284
https://dx.doi.org/10.5143/JESK.2022.41.4.277
https://jesk.or.kr eISSN:2093-8462

Development of Automobile Seat Comfort Estimation Models based on Polyurethane Foam

Minjae Kim[1], Dohoon Kwon[1], Sunghoon Lee[2], Byungguk Lim[2], Heecheon You[1]

[1]Pohang University of Science and Technology, Department of Industrial and Management, Pohang, 37673
[2]Hyundai Motor Company, Interior Plastic Materials Development Team, Hwaseong, 18280

폴리우레탄 폼 물성인자 기반 자동차 시트 컴포트 추정식 개발

김민재[1], 권도훈[1], 이성훈[2], 임병국[2], 유희천[1]

[1]포항공과대학교 산업경영공학과
[2]현대자동차 내장플라스틱재료개발팀

Corresponding Author
Heecheon You
Pohang University of Science and Technology, Department of Industrial and Management, Pohang, 37673
Email : hcyou@postech.ac.kr

Received : January 03, 2022
Revised : June 21, 2022
Accepted : June 30, 2022

Objective: The present study is intended to identify the material properties of PU foam through reviews of journal papers and technical documents and develop regression models to estimate seat comfort based on the material properties of PU foam.

Background: Automobile seat comfort is affected by the shape and size of the seat and its location in the driving workstation as well as the material properties of polyurethane foam (PU foam) and seat cover.

Method: A total of 16 material properties of PU foam were identified in the present study, the PU foam property data were extracted using the stress-strain curve data of 28 seats, and outliers were identified. Then, the regression models of seat comfort were constructed by applying the stepwise regression technique to the PU form and seat comfort data.

Results: The adjusted coefficients of determination (adj. R^2) of the seat comfort regression models were found 7.7% to 89.4%.

Conclusion: An Excel-based seat comfort estimation system consisting of the input of PU foam factors, the estimation of seat comfort, the addition of new stress-strain data, and the update of seat comfort regression models was developed to efficiently apply the developed seat comfort estimation models to the design of PU foam.

Application: The seat comfort estimation models developed in the present study would be of use to determine the material properties of PU foam for better seat comfort.

Keywords: Seat comfort, PU foam, Regression model, Material property

Copyright@2022 by Ergonomics Society of Korea. All right reserved.

1. Introduction

자동차 시트 컴포트는 시트 내장재와 시트 커버에 의해 영향을 받으며 운전자의 피로, 사용성 그리고 주행 능력에 영향을 끼쳐 시트 설계 시 중요한 고려 요소이다. 시트 내장재는 PU foam과 스프링 등으로 구성되고 시트 커버는 가죽, 면 등으로 구성되어 있는데, 이들 구성 및 성분의 변화는 시트 컴포트에 유의한 영향을 준다. Amirouche et al. (1997)은 내장재 구성이 다른 시트들에 대한 시트 컴포트 평가를 통해 좌석이 딱딱할수록 시트 컴포트가 낮아져 운전자를 더 피로하게 만든다고 보고하였다. Ebe and Griffin (2001)은 정적 조건에서 쿠션의 물리적 특성과 시트 컴포트의 관계를 조사한 연구에서 시트 강성(stiffness)이 높을수록 시트 컴포트가 높아지고 시트 내장재가 운전자의 하중을 잘 지지할수록 시트 컴포트를 향상시킨다고 보고하였다. 또한, Abdelkareem et al. (2017)은 시트 스프링의 강성에 변화를 주는 실험을 통해 운전자가 느끼는 시트의 컴포트가 높으면 주행 성능이 22%까지 증가되는 것을 파악하였다. 따라서, 운전자의 피로감, 안정성에 영향을 주는 시트 컴포트는 시트의 사용성과 운전자의 주행 능력에 영향을 줄 수 있어 시트 설계 시 필수적으로 고려되어야 한다.

다양한 물성 특징을 갖고 있는 PU foam은 시트 컴포트 영향을 주는 인자이며, 착좌감, 지지감과 같은 시트 컴포트와 관련된 다양한 특성으로 표현된다. PU foam의 물성은 두께, 밀도와 같은 인자 조정을 통해 변화시킬 수 있으며, 변화된 물성은 지지감, 바닥감 그리고 초기 착좌감과 같은 시트 컴포트와 관련된 특성으로 표현될 수 있다. Mehta and Tewari (2010)은 동적인 조건에서 다양한 물성을 가진 PU foam에 대하여 진동 감쇠율을 측정하였으며, 두께 44mm, 밀도 19.09kg/m^3에서 차체의 진동을 잘 감쇠시켜 주어 시트 컴포트를 증가시켜 주었다고 보고하였다. PU foam의 물성이 시트 컴포트에 영향을 주므로 시트 컴포트에 적합한 PU foam 물성 특성을 파악하는 연구가 필요하다.

선행 연구에서 PU foam의 물성을 바꾸어 시트 컴포트와의 연관성을 파악하였으나, PU foam 인자들이 시트 컴포트에 끼치는 영향을 종합적으로 설명할 수 있는 추정식을 도출한 연구는 수행되지 않았다. Mazari et al. (2016)은 PU foam이 시트 컴포트에 미치는 영향을 알아보기 위해 PU foam의 두께(60mm, 85mm), 구멍의 개수(0, 7), 구멍의 지름(10mm, 15mm, 20mm)을 달리한 총 8가지 PU foam에 대하여 투습성을 기반으로 안락함을 느낄 수 있는 PU foam을 평가하였다. Koshute (1993)은 PU foam의 두께(50mm, 100mm), 밀도(40kg/m^3, 72kg/m^3), 그리고 단단함(soft, hard)의 인자에 대하여 총 8개의 PU foam을 제작하여 indentation residual deflection force (IRDF)과 indentation force deflection (IFD)를 통해 시트 컴포트에 미치는 영향을 평가하였다. 그러나, 선행 연구에서 PU foam 물성인자와 시트 컴포트간의 연관성을 종합적으로 조사하거나 이들간의 관계를 추정하는 식을 개발한 연구가 부족하였다. Koshute (1993)는 IFD 손실률과 PU foam간 선형적 관계를 밝혔으나, IFD를 통해 시트 컴포트를 모두 설명하기는 부족하며 시트 컴포트는 착좌감, 지지감과 같은 요소들도 고려될 필요가 있다. 또한, 시트 착좌감을 평가하는데 있어 초기 착좌감(Kim et al., 2012), 바닥감(Kim et al., 2019), 지지감(Park et al., 2014)이 사용되고 있으며, 동시에 평가한 연구는 부재하여 해당 척도들이 동시에 고려될 필요가 있다.

본 연구는 PU foam 물성인자 기반 시트 컴포트 추정식 개발을 목표로 하였다. 학술논문과 기술문서 분석을 통해 시트 컴포트와 연관된 PU foam 물성인자들을 파악하였으며, PU foam들에 대한 물성인자 데이터를 추출하였고, 추출된 물성인자 값들 중 이상치들을 파악하였다. PU foam 물성인자 데이터와 시트 컴포트 인자 데이터를 통해 시트 컴포트 추정식이 도출되었다. 도출된 시트 컴포트 추정식은 시스템화되어 시트 설계자가 PU foam 인자의 변화에 따른 시트 컴포트 인자의 증감 경향을 확인할 수 있도록 하였다.

2. Identification of Material Properties of PU Foam

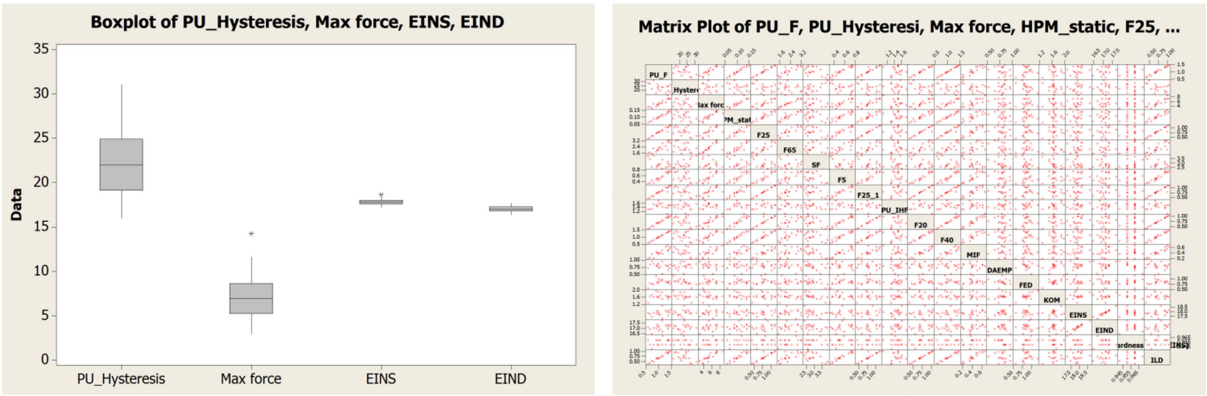
학술논문과 자동차 제조사들의 기술문서에 대한 분석을 통해 16가지의 PU foam의 물성인자가 파악되었다(Table 1 참조). 시트(seat, polyurethane foam), 재료(material, property), 그리고 컴포트 평가 관련(comfort, satisfaction) 키워드를 조합하여 자동차 시트 물성에 관한 인자를 추출하였다. 학술논문 분석을 통해 시트 물성인자 5가지, American Society for Testing Materials (ASTM) 기술문서 분석(ASTM_D3574)을 통해 시트 물성인자 6가지, 그리고 자동차 제조사들의 기존 물성 평가 자료 분석(Johnson Controls, Lear Co.)을 통해 물성인자 8가지가 확인되었다. 확인된 PU foam 물성인자들 중 중복된 인자들을 제외하여 총 16가지의 PU foam 물성인자가 파악되었다.

Table 1. Material properties of polyurethane (PU) foam

Material property	Definition
FED (Spring deflection)	Factor indicating spring deformation
HL (Hysteresis loss rate)	Ratio of area between pressurized and decompressed graphs
IHF (Initial hardness factor)	Ratio of the repulsive force measured at 25% and 5% deformation of the maximum pressurized distance
ILD (Identation load deflection)	Force required to compress the foam to 25% (N)
KOM (Comfort parameter)	Difference between initial and late decompression
MIF (Modulus irregularity factor)	Linearity of 40% and 20% deformation of maximum pressurization distance
SF (Support factor)	Foam's ability to support weight
SR (Spring rate)	Elasticity and repulsion coefficient of spring
ST (Stiffness)	Constant for deformation and repulsive force of foam when pressed
BF (Bottoming feel ratio)	Bottoming feel ratio related factor
DAEMP (Damping parameter)	Difference between pressurization and decompression of the same force applied to the foam
EIND (Identation travel)	Deflection distance at 320N pressurization (mm)
EINS (Sit-in parameter)	Deflection distance at 320N decompression (mm)
F5 / F25 / F65	5%/25%/65% deformation repulsive force of maximum pressurization distance

3. Data Collection and Processing

자동차 시트 28종의 data는 폼 샘플에 가압 및 감압에 따른 폼 하중-변형량 값으로 H사에서 제공받았다. 폼 하중-변형량 값은 표피층이 제거된 50mm × 50mm × 25mm의 폼 샘플 대상으로 원통형 가압판을 이용해 샘플 두께의 75%까지 가압 및 감압을 수행하여 측정되었다. 해당 data는 변위(mm)에 따른 하중(kgf)의 변화가 기록된 폼 하중-변형량 그래프 형태이며, 자동차 시트를 위치에 따라 2가



(a) Box plotting (b) Data plotting

Figure 1. Example of preprocessing material properties

지로 구분하여 바닥부 seat cushion, 상단부 seat back로 구성되었다. 선정된 16가지 물성인자들에 대한 값이 자동차 시트 28종의 seat cushion과 seat back 부위의 PU foam data를 통해 추출되었다. 추출된 인자들 중 indentation force deflection (IFD)와 hysteresis loss rate를 예로 들어 구체적 설명을 제공하면 다음과 같다. IFD는 시트 폼의 압축량에 따른 힘의 변화를 측정하여 착석 시 인체가 느끼는 안락감으로 표현되며, 데이터는 원판형의 indenter가 장착된 압축시험기를 이용하여 재료를 75% 두께만큼 압축하였다가 다시 초기 위치까지 이완하는 과정에서의 힘을 측정하여 얻는다(Kim et al., 2019). Hysteresis loss rate은 IFD 결과에서 압력을 가해줄 때의 힘과 압력을 감할 때의 힘 사이에서 발생하는 hysteresis의 각 곡선 사이의 면적에 해당되며 시트 폼의 복원력과 관련이 있는 인자이다.

추출된 물성인자는 Minitab® 19 (Minitab, LLC, State College: PA, USA)을 이용한 box plotting과 data plotting을 통한 선형 관계 파악을 통해 이상치와 연관성 경향이 파악되었다(Figure 1 참조). Minitab을 통해 box plotting된 데이터들 중, interquartile range (Q3-Q1)의 1.5배를 넘어서는 데이터는 이상치로 처리하였다. 이후 분석은 전체 데이터를 사용하여 파악된 물성인자 추정식과 이상치를 제외한 데이터를 사용하여 파악된 물성인자 추정식으로 구분하여 진행되었다. 또한, data plotting을 통해 물성인자들간의 선형 및 6종의 비선형 관계(quadratic, cubic, square root, cube root, exponential, logarithmic)를 파악하였다. 물성인자들간의 선형성을 파악한 결과, 73.7%의 물성인자들 관계에서 선형 모형, 26.3%의 물성인자들 관계에서 quadratic 모형이 확인되어 추정식 산출 시에 반영되었다.

물성인자 추정식은 Minitab을 이용하여 stepwise regression 분석으로 추출되었다. 자동차 시트는 부위에 따라 seat cushion과 seat back의 2가지로 구분될 수 있으며, 구성 요소에 따라 pad assembly와 seat assembly의 2가지로 구분될 수 있다. 시트 부위 측면에서, seat cushion은 착석자의 엉덩이(hip)와 허벅지 뒤쪽(hamstring) 부위를 지지하게 되며, seat back은 착석자의 등(back)을 지지하게 된다. 본 연구에서 활용된 물성 데이터는 cushion, back, cushion+back의 3가지로 구분하였다. 시트 구성 요소 측면에서 seat assembly는 천연소재, 고분자 그리고 금속재료의 복합체로 이루어져 있어 커버링과 스프링까지 포함하는 반면 pad assembly는 내장재인 폼 원단만을 포함한다. 본 연구에서는 seat assembly와 pad assembly를 구분하여 분석을 수행하였다. 시트 컴포트 인자인 초기 착좌감, 바닥감, 지지감이 종속변수로 설정되었으며, 해당 변수는 자동차 시트 data을 통해 계산되었다(식1, 식2, 식3 참조). 정리된 데이터는 시트 컴포트 인자(초기 착좌감, 바닥감, 지지감)를 종속변수로 단계적 회귀분석(stepwise regression)을 통해 추정식을 산출하였다. 단계적 회귀분석에서 변수 선택 및 제외 기준으로 0.15가 사용되었다.

초기 착좌감 = 25% 압축강도 / 5% 압축강도 (식 1)
바닥감 = (100kgf 가압 시 변위 - 50kgf 가압 시 변위) / (50kgf 가압 시 변위) (식 2)
지지감 = 65% 압축강도 / 25% 압축강도 (식 3)

4. Development of Seat Comfort Estimation Equation and System

단계적 회귀분석으로 추출된 자동차 시트 컴포트 인자 추정식의 수정된 결정계수(adj. R^2)는 7.7%에서 89.4%로 파악되었다(Table 2 참조). 가장 높은 adj. R^2을 가진 추정식은 cushion의 지지감에 대한 추정식으로 adj. R^2는 89.4%로 파악되었다. 평균적으로는 cushion은 51.3% (25.1~89.4%), back은 57.9% (53.0~62.7%), 그리고 cushion+back은 32.7% (7.7~57.7%)로 back이 평균적으로 시트 컴포트 인자들에 대한 추정식이 가장 높은 설명력을 가진 것으로 파악되었다. 예를 들어, cushion에 대해 도출된 추정식은 각 PU foam 인자가 시트 컴포트 관련 인자(초기 착좌감, 바닥감, 지지감)에 끼치는 영향으로 표현되었다(식4, 식5, 식6 참조). 시트 컴포트에 영향을 주는 인자로는 hysteresis loss rate (HL), Initial hardness factors (IHF), indentation load deflection (ILD), sag factor (SF), 그리고 modulus irregularity factor (MIF)가 대표적인 것으로 파악되었으며, max force (MF), rigidity (RG) spring deflection (FED) 등도 영향을 주는 것으로 확인되었다.

초기 착좌감 = 23.0 + 0.438 IHF + 0.167 MIF - 0.375 HL - 0.044 SF + 0.135 EIND (식 4)
바닥감 = 6.72 + 0.756 IHF + 0.058 MIF - 0.865 HL - 0.051 HL^2 (식 5)
지지감 = 0.512 + 0.937 IHF + 0.548 MIF - 0.682 HL - 0.175 FED - 0.026 MIF^2 (식 6)

Table 2. Modified coefficient of determination (adj. R^2) value of seat comfort estimation equation according to seat position

Seat comfort	Cushion	Back	Cushion+back
Initial hardness factor	39.4%	62.7%	57.7%
Bottoming feel ratio	25.1%	N/A	N/A
Support factor	89.4%	53.0%	7.7%

개발된 추정식을 효율적으로 활용하기 위해 Excel 기반 시트 컴포트 인자 추정 시스템이 개발되었다. Figure 2와 같이 시스템은 PU foam 인자 입력, 시트 인자 값 확인, 추정식 확인, 데이터 입력, 그리고 추정식 수정으로 구성되었다. PU foam 인자 값 변경 시, 추정식 기반 시스템을 통해 시트 물성 값 변화가 파악될 수 있으며, 신규 물성 측정치 입력을 통해 수정보완된 추정식이 이용될 수 있다. 또한, 기존 PU foam 인자 데이터의 최대치와 최소치를 제공하여 데이터 입력 시 데이터 입력 범위를 확인할 수 있도록 구성되었으며, 예측에 대한 95% 신뢰수준의 신뢰구간(confidence interval, CI)과 예측구간(prediction interval, PI)을 확인할 수 있다.

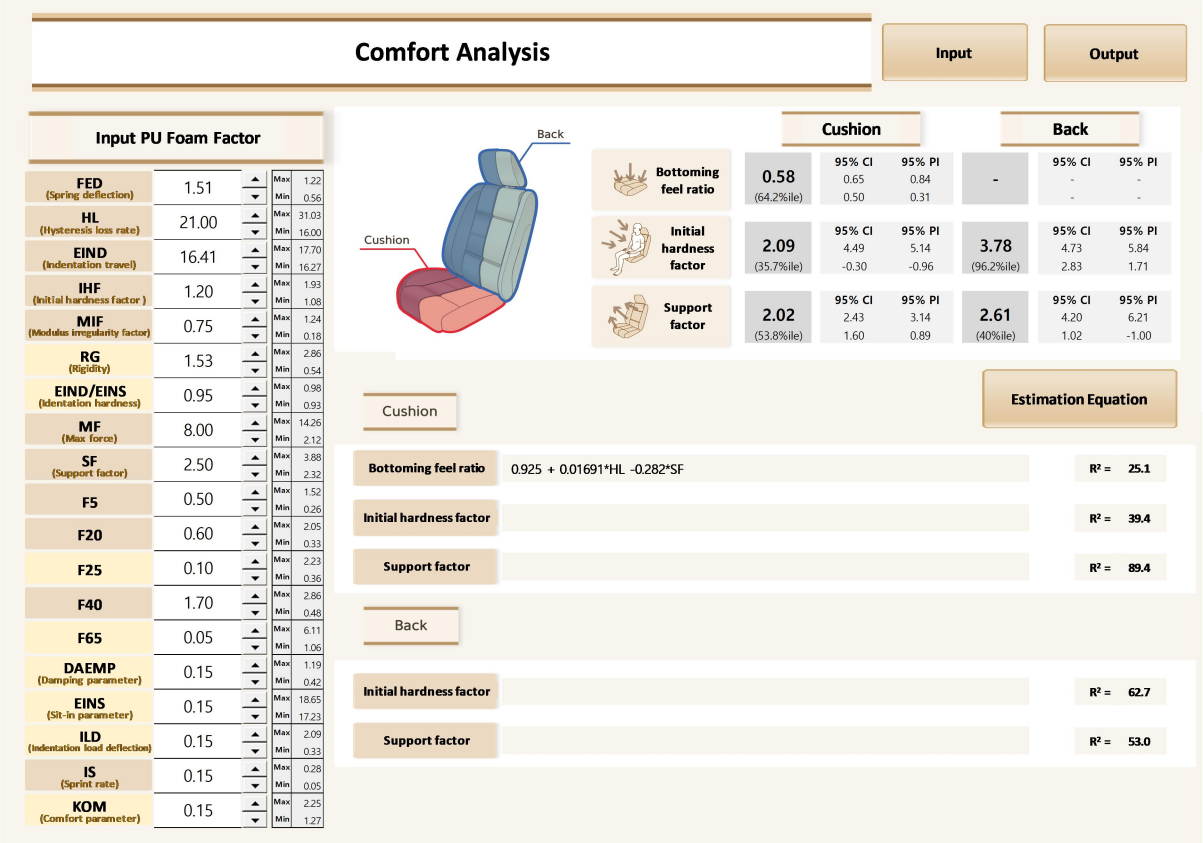


Figure 2. Example of Excel-based seat comfort estimation system

5. Discussion

본 연구는 문헌조사와 기술문서 분석을 통해 PU foam 물성인자 16가지를 파악하여 이를 활용하는 방법을 제시하였다. PU foam의

변화를 통해 시트 컴포트 인자를 추정할 수 있도록 16가지의 PU foam 물성인자가 문헌조사, 기술문서, 자동차 제조회사 자료 분석을 통해 파악되었다. 16종의 물성인자는 Excel을 통해서 추출할 수 있도록 정리되었으며, 물성인자들간의 함수적 관계 여부가 파악되었다. 또한, 추출된 물성인자들을 통해 시트 컴포트 인자 추정식이 산출되었으며, 이를 통해 물성인자들의 활용 가능성을 확인하였다.

본 연구는 자동차 시트 측정 data에서 유효한 물성인자를 파악하여 물성치 추정에 활용할 수 있도록 하였다. 본 연구에서는 시트의 부위와 구성 요소에 따른 세분화 분석을 수행하였다. 시트 물성 데이터는 부위에 따라 cushion+back, cushion, 그리고 back의 3가지로 세분화되었으며, 구성 요소에 따라 seat assembly와 pad assembly 2가지로 분류되었다. 부위와 구성에 따라 세분화된 data를 통해, PU foam 인자가 시트 컴포트 인자(초기 착좌감, 바닥감, 지지감)를 나타낼 수 있도록 추정식을 도출하였으며 인자간 연관성을 파악하였다. Adj. R^2은 평균적으로 cushion은 51.3% (25.1~89.4%), back은 57.9% (53.0~62.7%), 그리고 cushion+back은 32.7% (7.7~57.7%)로 back과 관련된 추정식이 가장 높은 설명력을 가진 것이 파악되었다. 파악된 PU foam 인자 중 시트 컴포트(초기 착좌감, 바닥감, 지지감)에 영향을 끼치는 인자는 hysteresis loss rate (HL), Initial hardness factors (IHF), indentation load deflection (ILD), sag factor (SF), 그리고 modulus irregularity factor (MIF)가 대표적인 것으로 확인되었다. HL의 값이 높을수록 PU foam의 복원력이 높아짐을 뜻하며, ILD 값의 높을수록 견고성이 높아짐을 뜻한다(Mills, 2007). SF 값은 쿠션의 지지 특성을 나타내는 지표로 낮을수록 쿠션의 꺼짐감이 높아지게 된다(Moon et al., 2019). 확인된 PU foam 인자의 변화는 시트 컴포트의 변화에 유의미한 영향을 주어 내장재 개발 시 필수적으로 고려되어야 할 사항으로 사료된다.

본 연구에서 개발된 물성인자 추정식은 시트 컴포트를 향상시킬 수 있는 PU foam 개발에 활용될 수 있으며 시트 내장재 개발의 방향성을 제시할 수 있는 가이드라인으로 활용될 수 있다. 본 연구에서 개발된 추정식은 물성인자를 초기 착좌감, 바닥감, 그리고 지지감 인자로 나타내어 시트의 사용성을 평가할 수 있으며, 시트 컴포트 관련 인자의 변화를 확인하여 사용자가 선호하는 PU foam을 개발하는데 활용될 수 있다. 또한, 본 연구에서 개발된 추정식은 적절한 시트 컴포트 인자 값을 찾아내어 추후 시트 내장재 개발에 가이드라인으로 활용될 수 있다. 예를 들어, 흔들림이 잦으며 장시간 운전을 요하는 트럭의 경우 내장재의 spring rate와 MIF에 변화를 주어 시트의 지지감을 강화할 수 있으며, 이를 통해 사용자의 운전 피로를 저감시키는데 활용될 수 있다.

시트 컴포트는 주관적 만족도 평가 결과와 비교 평가되어 시트 컴포트 인자의 경향과 선호도가 함께 고찰될 필요가 있다. 본 연구에서는 시트 컴포트 인자(초기 착좌감, 바닥감, 지지감)를 추정할 수 있는 추정식을 추출하였으나, 시트 컴포트 인자와 실제 사용자 안락감과의 경향성에 대해 연관시켜 파악되지 않았다. 따라서, 시트 컴포트 인자들과 사용자의 주관적 안락감을 파악하여 시트 컴포트 향상에 적용할 필요가 있다. 이를 위해 동일한 시트에 대해 시트 컴포트 인자 추출과 시트 컴포트 주관적 평가를 진행하여 물성인자와 시트 컴포트의 경향성 파악이 향후 수행된다면 시트 컴포트 인자 추정식이 보다 유용하게 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

Acknowledgement

This research was jointly supported by the research program of Hyundai NGV, the National Research Foundation of Korea (NRF) grants (2018R1A2A2A05023299; 2022R1A2C1013198) funded by Korean Government, and Jeonbuk Research & Development Program grant (RA2021-02-C1-10) funded by Jeonbuk Province.

References

Abdelkareem, M.A., Makrahy, M.M., Abd-El-Tawwab, A.M., EL-Razaz, A., Kamal Ahmed Ali, M. and Moheyeldein, M., An analytical study of the performance indices of articulated truck semi-trailer during three different cases to improve the driver comfort. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part K: Journal of Multi-Body Dynamics*, 232(1), 84-102, 2017. DOI: 10.1177/1464419317709895

Amirouche, F.M.L., Xu, P. and Alexa, E., Evaluation of Dynamic Seat Comfort and Driver's Fatigue. *SAE Technical Paper Series*. SAE International, 1997. DOI:10.4271/971573

Ebe, K. and Griffin, M.J., Factors affecting static seat cushion comfort. *Ergonomics*, 44(10), 901-921, 2001. DOI:10.1080/00140130110064685

Kim, T.H., Kim, D.Y., Kim, H.Y., Oh, J.S., Lee, S.H., Choi, K.Y., Park, B.H. and Yim, C.K., Prediction of Supporting Behavior for Seat Foam Pad Considering Viscoelastic Properties. 2012 Spring Conference of The Korean Society Automotive Engineers, 1877-1879, 2012.

Kim, W., Kim, S.W. and Lee, M.R., A Study on the Possibility of Slim Seat for Cushion by Components and Structural Change. 2020 Spring Conference of The Korean Society Automotive Engineers, 1320-1324, 2019.

Kim, I.T., Moon, J., Ryu, J.H., Yi, C.H., Lee, W.K. and Oh, J.S., Perceptual Evaluation of Automotive Polyurethane Foams. *Polymer Science and Technology*, 30(6), 527-531, 2019.

Koshute, M.A., Influence of PU Foam Thickness, Density, and Hardness on Seat Cushion Durability. *SAE Technical Paper Series*. SAE International, 1993. DOI:10.4271/930633

Mazari, F.B., Chotebor, M., Naeem, J., Mazari, A. and Havelka, A., Effect of Perforated Polyurethane Foam on Moisture Permeability for Car Seat Comfort. *Fibers & Textiles in Eastern Europe*, 24(6), 165-169, 2016. DOI:10.5604/12303666.1221752

Mehta, C.R. and Tewari, V.K., Damping characteristics of seat cushion materials for tractor ride comfort. *Journal of Terramechanics*, 47(6), 401-406, 2010. DOI:10.1016/j.jterra.2009.11.001

Mills, N., Polymer foams handbook: engineering and biomechanics applications and design guide. Elsevier, 2007.

Moon, J., Kwak, S.B., Lee, J.Y., Kim, D., Ha, J.U. and Oh, J.S., Synthesis of Polyurethane Foam from Ultrasonically Decrosslinked Automotive Seat Cushions. Waste Management, 85, 557-562, 2019. DOI:10.1016/j.wasman.2019.01.018

Park, H.K., Kim, Y.S. and Lee, J.W., Quantification of Seat Comfort Feeling Long-term Comfort. *Transaction of the Korean Society of Automotive Engineers*, 22(5), 1-4, 2014.

Author listings

Minjae Kim: minjae@postech.ac.kr
Highest degree: BS, Department of Industrial and Management, Pohang University of Science and Technology, Pohang, Korea
Position title: PhD candidate, Department of Industrial and Management, Pohang University of Science and Technology, Pohang, Korea
Areas of interest: Ergonomics design, Usability evaluation, Health care product

Dohoon Kwon: kydson@postech.ac.kr
Highest degree: BS, Department of Industrial and Management, Pohang University of Science and Technology, Pohang, Korea
Position title: PhD candidate, Department of Industrial and Management, Pohang University of Science and Technology, Pohang, Korea
Areas of interest: Bio-signal, Human-computer interaction, Usability evaluation, User interface

Sunghoon Lee: sabion@hyundai.com
Highest degree: Master's degree
Position title: Senior research engineer
Areas of interest: Seat comfort, Polyurethane, Foam

Byungguk Lim: bklim@hyundai.com
Highest degree: Bachelor's degree
Position title: Research engineer
Areas of interest: Seat comfort, Polyurethane, Foam

Heecheon You: hcyou@postech.ac.kr
Highest degree: PhD, Department of Industrial Engineering, The Pennsylvania State University, Pennsylvania, USA
Position title: Professor, Department of Industrial and Management, Pohang University of Science and Technology, Pohang, Korea
Areas of interest: Ergonomics design, Usability engineering, User experience design, User interface design