

반응표면법을 이용한 레그레스트 모듈의 경량화 설계

이현택¹, 박수현², 최봉호², 김봉구², 김한상², 홍석무^{3*}

¹공주대학교 미래융합공학과, ²광명산업(주) 총영연구소, ³공주대학교 미래자동차공학과

Light Weight of the Leg rest Module using the Response Surface Method

Hyun-Tack Lee¹, Soo-Heon Park², Bong-Ho Choi², Bong-Gu Kim²,
Han-Sang Kim², Seok-Moo Hong^{3*}

¹Department of Future Convergence Engineering, Kongju National University

²Kwangmyung Industry Company Limited R&D Center

³Department of Future Automotive Engineering, Kongju National University

요약 미래형 자동차에 적용될 시트의 경우 편의성과 안락함에 대한 소비자의 요구가 높아지고 있다. 때문에, 릴렉션 컴포트 시트 등 다양한 시트에 대한 연구개발이 진행되고 있다. 그러나 부품 수의 증가로 인해 연비, 제동거리 및 환경 문제를 발생시킨다. 따라서 본 논문에서는 릴렉션 컴포트 시트에 적용되는 레그레스트 모듈 경량화를 목표로 한다. 실제 레그레스트 모듈의 형상을 모방하여 모델링을 진행했으며, 제품의 신뢰성 검사 기준에 맞게 경계조건을 생성하여 ANSYS를 이용하여 유한요소해석(FEA: Finite Element Analysis)을 진행했다. 전면 패널의 폭(w), 높이(h), 링크 모듈간 거리(l)를 설계 변수로 지정하였고, 전체 무게와 최대 등가 응력을 목적 함수로 지정했다. 설정한 목적 함수를 동시에 최소화시키고자 각 설계 변수를 정규화하여 새로운 목적 함수로 설정했다. 민감도 분석을 통해 설계 변수가 목적 함수에 미치는 영향도를 파악했다. 반응표면법을 통해 설계 변수와 목적 함수에 대한 예측 모델을 도출하여 목적 함수가 최소가 되는 설계 변수를 찾아냈다. 그 결과, 약 7% 경량화에 성공하였으며, 레그레스트 모듈의 새로운 설계안을 제시했다.

Abstract Consumer demand for convenience and comfort of seats to be applied to future automobiles is increasing. For this reason, research and development on various seats, such as relaxation comfort seats, are in progress. On the other hand, various problems arise due to the increase in the number of parts. Therefore, this study aimed to reduce the weight of the leg-rest module applied to the relaxation comfort seat. Modeling was carried out by imitating the actual product, and finite element analysis (FEA) was performed using ANSYS after producing the boundary conditions in accordance with the reliability test standards of the product. The front panel width (w), height (h), and distance between link modules (l) were designated as design variables, and the total mass and maximum equivalent stress were designated as the objective function. To simultaneously minimize the set objective function, each design variable was normalized. A new objective function was derived, and the influence of design variables on the objective function was identified through sensitivity analysis. A prediction function for the design variables and the objective function was derived through the response surface method, and the design variables that minimized the objective function were found. The model reduced the weight by approximately 7% and presented a new design proposal for the leg-rest module.

Keywords : Design Variable, Equivalent Stress, Finite Element Analysis, Leg Rest, Light Weight

본 과제는(결과물)는 2022년도 교육부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 지자체-대학 협력기반 지역 혁신 사업의 결과입니다.
(2021RIS-004)

*Corresponding Author : Seok-Moo Hong(Kongju National Univ.)

email: smhong@kongju.ac.kr

Received December 21, 2022

Revised January 17, 2023

Accepted February 3, 2023

Published February 28, 2023

1. 서론

시트(Seat)란 운전자 및 탑승자의 위치와 자세를 편안하게 유지시켜줄 뿐만 아니라, 승차자의 안전을 1차적으로 보장시켜주는 부품 중 하나이다. 또한, 차량 내부 부품 중 40%로 가장 큰 부피와 중량을 차지하고 있다. 전기차, 수소차, 자율주행 자동차와 같은 미래형 자동차의 기술이 발전함에 있어 시트의 편의성과 안락성에 대한 소비자의 요구 수준이 증대하고 있고, 이에 발맞추어 레그레스트(Leg rest) 모듈을 적용한 릴렉션 컴포트 시트(Relaxation comfort seat), 회전 모듈을 적용한 스위블 시트(Swivel seat) 등 승차자의 편의성을 고려한 시트의 개발이 활발히 진행되고 있다. Fig. 1에 릴렉션 컴포트 시트와 레그레스트 모듈을 도시하였다. Ryu[1]등은 주행 간 승차자의 안락성을 개선하고자 차량 주행 간 발생하는 진동에 대한 평가 방법을 제시하였고, Yook[2]등의 연구에서는 미래형 자동차 시트에 적용될 회전 모듈의 주요 부품인 상부회전판의 성형을 위한 핫스탬핑(Hot Stamping)공법을 제시했다. 이처럼 미래형 자동차 시트에 대한 연구가 활발히 진행되고 있지만, 이러한 미래형 자동차에 적용되는 시트의 경우 기존 제품 대비 부품 수가 증가하게 되고 이로 인한 무게 증가로 인해 연비 감소, 제동거리 증가, 환경적인 문제가 발생하게 된다. 무게 증가로 인해 발생되는 문제를 해결하기 위해 많은 자동차 산업에서는 이미 경량화를 목적으로 연구가 활발히 진행되고 있다[3-5]. 하지만, 미래형 자동차에 적용될 시트 경량화에 대한 연구는 미흡하다. Lee[6]등은 유한 요소해석과 수치적 최적화 기법을 이용하여 페달 암의 부피를 최소화하는 설계를 제시하였고, Bea[7]등의 연구에서는 이륜자동차 디스크의 성능 향상을 위해 주요 인자를 설정하여 요인배치법(Factorial design)을 활용하여 각 인자가 디스크에 끼치는 영향을 파악했다. 본 연구에서는 릴렉션 컴포트 시트에 적용되는 레그레스트 모듈의 경량화를 목적으로 한다. 설계 변수를 지정하여, 각 설계 변수가 목적 함수에 미치는 영향을 파악하였으며, 각 목적 함수를 정규화하여 서로 다른 목적 함수를 동시에 최소화시키는 새로운 목적 함수를 설정했다. 또한, 반응표면법을 통해 설계 변수와 목적 함수간의 수학적 관계식을 도출하였고, 실제 해석 결과와 예측 모델을 비교하여 본 연구의 신뢰성을 확보했다.

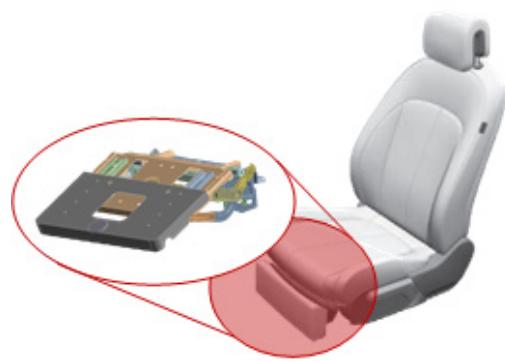


Fig. 1. Relaxed comfort seat with leg rest

2. 본론

2.1 기계적 물성 및 해석 조건

해석에 사용할 모델을 범용 3D모델링 프로그램을 통해 모델링하였고 Fig. 2에 도시했다. 레그레스트 모듈에 적용되는 소재는 총 4가지로 구분하였고, 각 부품 별 적용되는 소재의 기계적 물성을 Table 1에 나타냈으며, 탄성계수(Young's modulus)는 E , 밀도(Density)는 ρ , 포아송 비(Poison's ratio)는 ν , 항복응력(Yield stress)은 σ_Y 으로 나타냈다.

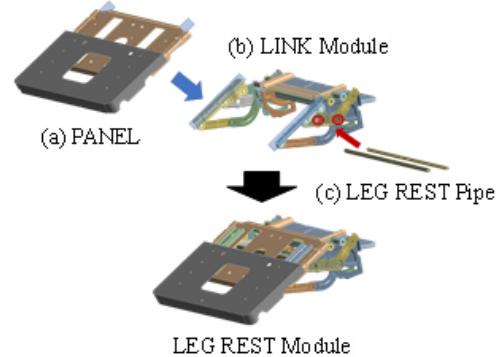


Fig. 2. Initial model (a) panel, (b) link module and (c) pipe

Table 1. Mechanical properties per part

Part	Panel	Link module	Front pipe	Rear pipe
Material	SAPH440-P	SPFH590-P	STKM13B	S45C
$E [MPa]$	210,000	210,000	210,000	210,000
$\rho [kg/m^3]$	7,860	7,860	7,860	7,860
$\nu [-]$	0.3	0.3	0.3	0.3
$\sigma_Y [MPa]$	310	420	305	405

2.2 유한요소해석

본 연구에서는 범용 유한요소해석 소프트웨어인 ANSYS 2021 R1을 사용하였으며[8], 유한요소해석의 시간을 절감하고자 시트 형상을 제외하여 레그레스트 모듈이 시트에 고정되어 있음을 가정하여 해당 접촉 부위에 고정 조건을 부여했다. 또한, 제품의 실제 시험 조건인 ES SPEC(ES89110-10)과 동일하게 모듈의 완전히 펼쳐진 상태에서 전면 모듈에 하중을 부여하며 해석을 진행했다. 해석 시간을 절감하기 위해 시트에 고정되어 있음을 가정하여 모듈과 시트가 연결되는 부위에 고정 조건을 부여하여, 정적 구조해석을 진행했다. 해석 격자의 크기 최대 600mm, 응력이 집중될 것이라 판단되는 링크 간 연결부위는 최소 2mm까지 각 파트별로 설정하였으며, 요소 수는 약 170,000개를 사용하였으며, Multizone 방법으로 메쉬를 생성했다. Fig. 3에 해석에 적용한 경계 조건을 나타냈다.

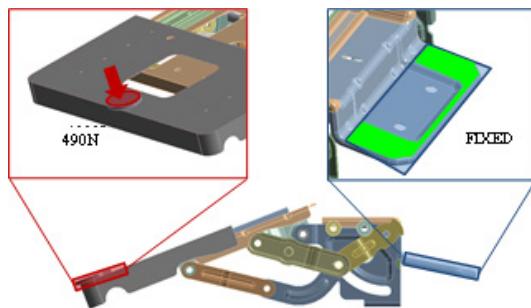


Fig. 3. Boundary conditions

2.3 민감도 분석

민감도 분석(Sensitivity analysis)이란 설정한 설계 변수들의 변화가 목적 함수에 끼치는 영향을 파악하고자 사용된다. Son[9]등의 연구에서는 민감도 분석을 통해 전기자동차의 기어비 변화에 대한 전기 소비 성능을 확인했다. 설계 변수의 영향도는 수치적으로 표현되며, 이를 파레토 차트(Pareto chart)로 나타낼 수 있다[10]. 해당 차트를 통해 각 변수들의 수치가 클수록 목적 함수에 끼치는 영향도가 크다는 것을 뜻한다. 설계 변수는 전면 패널의 폭(w), 높이(h) 및 축간 거리(l)으로 설정하였고, Fig. 4에 설계 변수를 나타냈다. 모듈에 가해지는 최대 등가 응력(Max. σ_{eq})과 전체 무게 (Total mass)에 대한

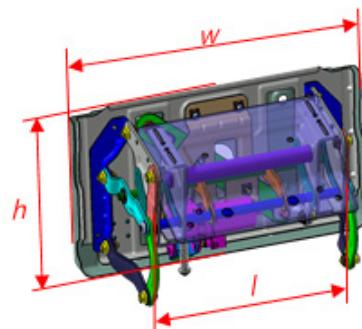


Fig. 4. Boundary conditions

$$H = Y_{Max}, L = Y_{Min} \quad (1)$$

$$Y_{normal} = \frac{Y - L}{H - L} (0 < Y_{normal} < 1)$$

Table 2. Results of FEA

No.	Design variable					Object function		
	w [mm]	h [mm]	l [mm]	Total mass [kg]	Max. σ_{eq} [MPa]	Normalized Total mass, Y_1 [-]	Normalized Max. σ_{eq} , Y_2 [-]	$Y(\text{FEA})$ [-]
1	416	215	250	6.96	292.31	1.00	0.71	0.85
2	416	215	150	6.40	412.18	0.92	1.00	0.96
3	416	150	250	6.39	365.76	0.92	0.89	0.90
4	416	150	150	5.83	394.25	0.84	0.96	0.90
5	370	215	250	6.78	243.51	0.97	0.59	0.78
6	370	215	150	6.25	364.21	0.90	0.64	0.77
7	370	150	250	6.38	281.55	0.92	0.68	0.80
8	370	150	150	5.74	278.26	0.82	0.68	0.75

각 설계 변수들의 영향을 파악했으며, 최대 등가 응력과 전체 무게를 동시에 최소화하기 위해 각 목적 함수의 결과를 정규화(Normalization)하여 나타냈다. 정규화는 Eq. (1)과 같이 유한요소해석을 통해 얻은 응력과 무게 결과에서 가장 큰 값을 찾아 모든 Case에 나누어 0에서 1까지의 값으로 나타냈다. 또한, 이를 통해 정규화된 최대 등가 응력(Normalized Max. σ_{eq} , Y1), 전체 무게(Normalized Total mass, Y2) 및 정규화된 두 결과의 평균(Y(FEA))을 새로운 목적함수로 설정했다. 요인배치법을 활용하여 민감도 분석을 진행하였으며, 3가지 요소에 대해 최대, 최소로 2개의 수준으로 총 8번의 유한요소해석을 통해 민감도 분석을 진행했다. 8번의 해석을 진행하여 얻은 결과를 Table 2에 나타냈으며, 일반적으로 설계 파라미터의 선형 효과를 확인할 때는 2수준, 비선형 효과를 확인할 경우 3수준을 사용한다. 때문에, 수준은 2수준으로 설정하였다[11]. Fig. 5에 민감도 분석을 통해 얻은 파레토 차트를 나타냈으며, 각 설계 변수들의 교호작용을 포함하여 진행하였다. 민감도 분석 결과 전면 패널의 높이가 76.7%로 목적 함수에 대해 가장 민감하게 반응하는 것을 확인했다.

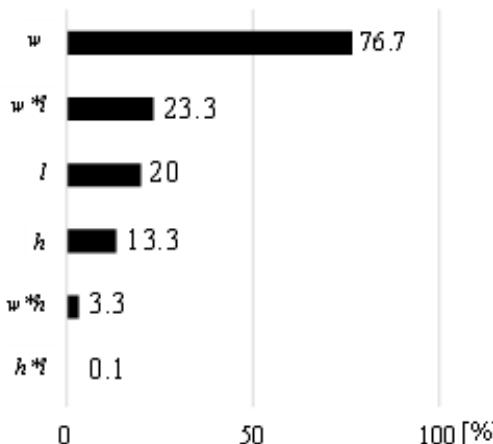


Fig. 5. Pareto chart

2.4 반응표면법

반응표면법(RSM: Response Surface Method)이란, 여러 개의 설계변수가 변함에 따라 교호작용을 하며 설정한 목적 함수에 영향을 주고 있을 때, 설계 변수의 변화가 이루고 있는 반응표면을 예측 함수로 추정하는 통계적인 분석 방법이다[12]. 반응표면법에서는 설계 변수

와 목적 함수의 관계에 대해 그래프를 통해 시각화 할 수 있으며, 만족하는 목적 함수를 얻기 위해 설계 변수를 조정할 수 있다. 반응표면법에는 중심합성법과 박스-베큰법(Box-Behken)이 있고, 그 중심합성법이 일반적으로 가장 많이 사용되고 있다. 때문에 본 연구에서도 해당 방법을 사용했다. 중심합성법은 요인배치 실험 후 추가 실험하여 반응표면을 분석하고 이를 통해 설계 변수 값을 도출한다. 각 설계 변수가 교호작용이 없을 경우 Eq. (2)과 같이 1차항 예측 함수로 표현이 가능하며, 설계 변수 간의 교호작용을 포함할 경우 Eq. (3)과 같이 2차항 예측 함수로 표현이 가능하다. 또한, 2차항 예측 함수는 선형 함수인 1차항 예측 함수와 다르게 비선형 곡선 형태로 보다 오차를 최소화할 수 있다[13]. Y는 예측한 목적 함수, X는 설계 변수, b는 회귀 계수, b0은 Y절편을 나타낸다.

$$Y = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + \cdots + b_k X_k \quad (2)$$

$$Y = b_0 + \sum_{i=1}^n b_i X_i + \sum_{i=1}^n b_{ii} X_i^2 + \sum_{i < j}^n b_{ij} X_i X_j \quad (3)$$

본 논문에서는 각 설계 변수의 교호작용이 발생함을 민감도 분석을 통해 확인하였고, Eq. (3)의 예측 함수를 활용했다. 각 설계 변수는 앞서 설정한 설계 변수와 동일하게 전면 패널의 폭, 높이, 축간 거리로 설정하였으며, 각 X1, X2, X3로 나타냈다. Full factorial로 총 27번의 해석을 진행하였으며, 그에 대한 결과를 Table 3에 나타냈다. 해석을 통해 얻은 반응표면법의 예측 함수를 Eq. (4)에 나타냈다. 해당 예측 함수의 타당성을 검토하고자 조정된 결정계수(Adjusted Coefficient of Determination)를 사용하였고, 결정계수의 경우 설계 변수의 개수를 증가할수록 그 값이 증가한다는 단점을 보완하고자 조정된 결정계수를 사용했다[14]. 조정된 결정계수는 0.0~1.0의 값을 나타내며, 1.0에 가까워질수록 예측함수의 결과가 유효함을 뜻한다. 본 연구에서는 조정된 결정계수 0.94로 해당 예측 함수는 유효하다고 판단했다.

$$\begin{aligned} Y = & -8.0854 + 0.042589 X_1 - 0.002538 X_2 + \\ & 0.002577 X_3 - 0.0000465 X_1^2 + 0.0000098 X_2^2 \\ & + 0.0000067 X_3^2 - 0.0000025 X_1 X_2 \\ & - 0.0000152 X_1 X_3 + 0.0000025 X_2 X_3 \end{aligned} \quad (4)$$

Table 3. Results of FEA

No.	Design variable			Object function					
	w, X_1 [mm]	h, X_2 [mm]	l, X_3 [mm]	Total mass [kg]	Max. σ_{eq} [MPa]	Normalized Total mass, Y_1 [-]	Normalized Max. σ_{eq} , Y_2 [-]	Y(FEA) [-]	Y(RSM) [-]
1	416	215	250	6.96	308.54	1.00	0.75	0.87	0.86
2	416	215	200	6.66	335.15	0.96	0.81	0.88	0.87
3	416	215	150	6.40	382.25	0.92	0.93	0.92	0.91
4	416	180	250	6.60	312.21	0.95	0.76	0.85	0.83
5	416	180	200	6.32	337.24	0.91	0.82	0.86	0.84
6	416	180	150	6.04	389.34	0.87	0.94	0.91	0.88
7	416	150	250	6.39	314.98	0.92	0.76	0.84	0.83
8	416	150	200	6.15	327.57	0.88	0.79	0.84	0.83
9	416	150	150	5.83	412.25	0.84	1.00	0.92	0.88
10	393	215	250	6.89	307.65	0.99	0.75	0.87	0.84
11	393	215	200	6.61	316.64	0.95	0.77	0.86	0.84
12	393	215	150	6.33	339.54	0.91	0.82	0.87	0.87
13	393	180	250	6.55	299.25	0.94	0.73	0.83	0.81
14	393	180	200	6.26	308.58	0.90	0.75	0.82	0.81
15	393	180	150	5.98	345.54	0.86	0.84	0.85	0.84
16	393	150	250	6.34	276.51	0.91	0.67	0.79	0.81
17	393	150	200	6.06	293.85	0.87	0.71	0.79	0.80
18	393	150	150	5.80	351.57	0.83	0.85	0.84	0.83
19	370	215	250	6.78	243.51	0.97	0.59	0.78	0.78
20	370	215	200	6.57	251.78	0.94	0.61	0.78	0.76
21	370	215	150	6.25	284.54	0.90	0.69	0.79	0.78
22	370	180	250	6.45	234.87	0.93	0.57	0.75	0.75
23	370	180	200	6.21	244.12	0.89	0.59	0.74	0.73
24	370	180	150	5.93	260.78	0.85	0.63	0.74	0.75
25	370	150	250	6.38	257.54	0.92	0.62	0.77	0.74
26	370	150	200	5.91	267.57	0.85	0.65	0.75	0.72
27	370	150	150	5.74	278.26	0.82	0.67	0.75	0.73

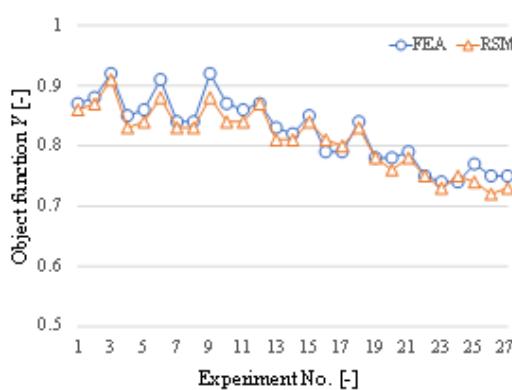


Fig. 6. Results of regression analysis using RSM

반응표면법을 통해 얻은 반응표면 결과와 유한요소해석을 통해 얻은 결과를 비교하였고, 그 결과를 Fig. 6에 나타냈으며, 두 결과에 대한 오차는 1.5%로, 지정한 설계 변수 이외 다른 변수를 고려하지 않아 발생한 것으로 판단된다.

3. 결과

모듈의 무게와 최대 등가 응력의 관계를 구속 조건으로 설정하여 반응표면법을 통해 얻은 새로운 예측 함수의 최적설계조건을 얻었다. 축간 거리의 경우 실제 시트와 조립 시, 고정된 값으로 값의 변경이 어려워 150mm로 고정했다. 이 후, Fig. 7에 전면 패널 폭이 393mm,

Table 4. Compare results

No.	Design variable			Total mass [kg]	Max. σ_{eq} [MPa]	Object function		
	w, X_1 [mm]	h, X_2 [mm]	l, X_3 [mm]			Normalized Total mass, Y_1 [-]	Normalized Max. σ_{eq} , Y_2 [-]	Y(FEA) [-]
Origin	416	215	250	6.96	308.54	1.00	0.75	0.87
Opt.	390	165	150	5.87	318.51	0.84	0.77	0.81 (6.90%↓)

축간 거리가 150mm일 때, 전면 패널의 높이에 대한 전체 무게와 최대 등가 응력의 관계를 나타냈다. 전면 패널의 높이가 커질수록 무게는 증가함에 비해 응력은 줄어드는 것을 확인했다. 따라서 두 곡선의 교차점을 패널 높이로 설정했다. 또한, 그 결과에 따라 Fig. 8에서 패널 높이는 165mm이고 축간 거리가 150mm일 때, 패널 폭에 대한 무게와 응력의 관계를 나타냈다. 앞서 진행한 방식과 동일하게 두 곡선의 교차점을 패널의 폭으로 설정하였고, 이 때, 교차점에서 패널의 폭은 393.26mm이지만, 실제 제품의 생산성을 고려하여 390mm로 설정했다. Fig. 9는 축간 거리 150mm일 때, 반응표면법의 3차원 그래프이다. 그래프의 X축은 패널의 높이, Y축은 패널의 폭, Z축은 반응표면법에 의한 목적함수 Y이다. 앞서 설정한 구속조건을 그래프 상에 나타냈고, 이 때, 얻을 수 있는 목적 함수의 값은 0.84로 예측되었으며, 실제 유한요소해석을 통해 얻은 결과는 0.81로 두 결과가 유사함을 확인했다. Table 4에 기존 설계 조건과 유한요소 해석을 통해 얻은 목적 함수를 비교했다. 초기 설계 조건에서는 목적 함수의 값이 0.87로 반응표면법을 통한 설계 조건으로 얻은 목적 함수의 값과 비교했을 때, 약 7% 경량화 되었음을 확인했다.

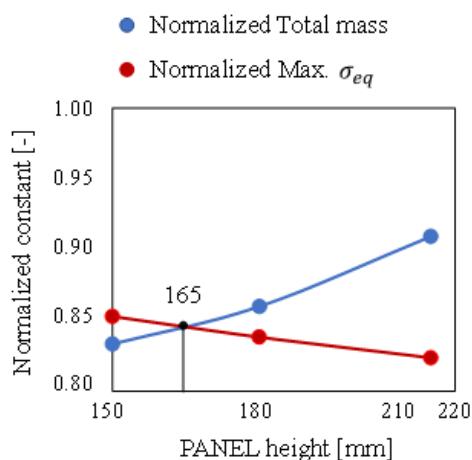


Fig. 7. Results of regression analysis using RSM

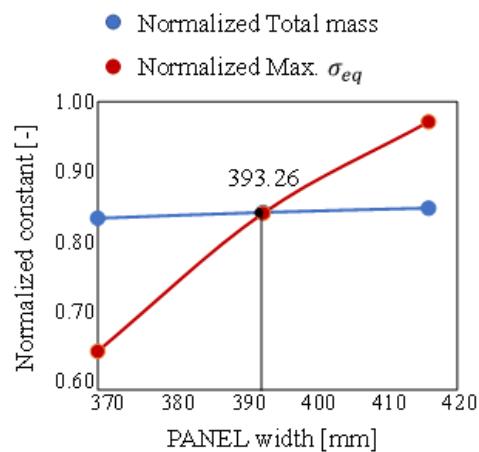


Fig. 8. Results of regression analysis using RSM

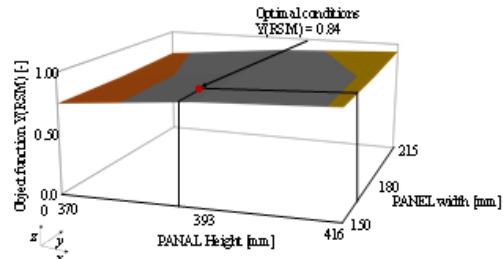


Fig. 9. 3D graph of RSM

4. 결론

본 연구에서는 릴렉션 컴포트 시트에 적용되는 레그레스트 모듈의 무게 감량과 최대 등가 응력을 최소화했다.

1. 패널의 폭, 높이, 축간 거리를 설계 변수로 설정하였고, 모듈 전체의 무게와 최대 등가 응력에 영향도를 확인하기 위해 각 설계 변수에 대한 민감도 분석을 진행했다. 그 결과 폭, 축간 거리, 높이 순으로 무게와 응력에 대해 민감하게 영향을 미친다는 것을 확인했다.
2. 민감도 분석을 바탕으로 모듈의 전체 무게와 최대

- 등가 응력을 동시에 최소화시키고자 새로운 목적 함수를 설정하고 반응표면법을 통해 목적 함수와 설계 변수에 관한 방정식을 도출했다. 축간 거리의 경우 실제 시트와 조립 시, 고정된 값으로 값의 변경이 어려워 150mm로 고정했다. 이 후, 예측 수를 통해 목적함수가 0.84로 최소가 되는 설계 변수 값인 $b=165\text{mm}$, $w=393.26\text{mm}$ 을 도출하였고, 생산성을 고려하여 폭의 길이를 390mm로 설정했다.
3. 앞서 예측 함수를 통해 얻은 설계 변수 값을 바탕으로 유한요소해석 진행하여 전체 모듈의 무게와 최대 등가 응력을 초기 설계의 무게와 응력 값과 비교한 결과 목적함수 0.81로 약 7% 경량화 설계가 성공적으로 수행됨을 확인했다

References

- [1] S. C. Ryu, Y. D. Jun, "Hold Feeling Assessment of Vehicle Seat Cushion", *KSAE*, Vol. 29, No.11, pp. 1015~1032, 2021.
DOI: <http://dx.doi.org/10.7467/KSAE.2021.29.11.1025>
- [2] H. S. Yook, J. K. Pyun, C. H. Suh, S. G. Oh, T. H. Kwon, B. K. Kim, D. K. Park, "Study on Hot Stamping of the Rotating Module Upper Plate for an Autonomous Vehicle Seat", *KSMPE*, Vol. 20, No. 10, pp. 44~49, 2021.
DOI: <http://doi.org/10.14775/ksmpe.2021.20.10.044>
- [3] S. H. Park, J. E. Lee, "The Effect of automotive industry vehicle weight reduction market environment on corporate technological innovation and technological performance", *JCI*, Vol. 44, No. 2, pp. 171~187, 2021.
DOI: <http://doi.org/10.22778/jci.2021.44.2.171>
- [4] G. J. Kim, "Development of Aluminum 5182 - Polypropylene Sandwich Panels for Light-Weight of Automotive Body", *KSMT*, Vol. 21, No. 4, pp. 578~592, 2019.
DOI: <http://doi.org/10.17958/ksmt.21.4.201908.587>
- [5] M. Y. Lyu, T. G. Choi, H. S. Cho, "Application Trend of Plastics: Manufacturing Technology of Plastics for Lightweight Automobile", *Trans. Mater. Process*, Vol. 24, No. 6, pp. 443~450, 2015.
- [6] B. Y. Lee, H. W. Lee, "Shape Optimal Design to Minimize the Weight of the Pedal Arm of an Automotive Clutch", *KSME*, Volume A, Vol. 21, No. 2, pp. 269~276, 2007.
- [7] H. J. Bae, K. J. Park, M. R. Ryu, H. S. Park, "A Study on Friction Characteristics of Motorcycle Disk Brake Using Design of Experiment", *KSTLE*, Vol. 32, No. 4, pp.177~179, 2007.
- [8] https://ansyshelp.ansys.com/account/secured?returnurl=/Views/Secured/main_page.html?lang=en, Nov, (2022).
- [9] Y. K. Son, J. M. Kim, "Sensitivity Analysis on Driving Characteristics According to Change in Gear Ratio of a Front Wheel Drive Electric Vehicle", *KSMPE*, Vol. 21, No. 9, pp. 50~55, 2022.
DOI: <http://doi.org/10.14775/ksmpe.2022.21.09.050>
- [10] B. J. Gu, S. M. Hong, "Numerical Approach to Optimize Piercing Punch and Die Shape in Hub Clutch Product", *KAIS*, Vol. 20, No. 9, pp. 517~524, 2019.
DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2019.20.9.517>
- [11] B. M. Ku, T. H. Kim, J. S. Park, "Determination of the Temperature Coefficient of the Constitutive Equation using the Response-Surface Method to Predict the Cutting Force", *KSMPE*, Vol. 20, No. 10, pp. 9~18, 2021.
DOI: <https://doi.org/10.14775/ksmpe.2021.20.10.009>
- [12] Y. W. Yun, G. J. Park, "An Optimal Design of the Curtain Airbag System Using the Response Surface Method", *Trans. Korean Soc. Mech. Eng. A*, Vol. 37, No. 1, pp. 129~135, 2013.
DOI: <https://doi.org/10.3795/KSME-A.2013.37.1.129>
- [13] D. S. Kim, J. S. Lee, H. Y. Choi, "Optimization of Stress and Deformation of Culvert Gate by using RSM and NSGA-II", *KSOE*, Vol. 27, No. 2, pp. 27~32, 2013.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5574/KSOE.2013.27.2.027>
- [14] M. K. Choi, H. S. Shin, J. H. Lee, E. S. Kwon, "Performance Prediction of Torque Converter Using Multiple Regression Analysis - Focused on Stator Shape -", *KCDE*, Vol. 24, No. 1, pp. 39~48, 2019.
DOI: <https://doi.org/10.7315/CDE.2019.039>

이현택(Hyun-Tack Lee)

[준회원]



- 2022년 2월 : 국립공주대학교 기계자동차공학부
- 2022년 9월 ~ 현재 : 국립공주대학교 미래융합공학과 석사과정

<관심분야>

유한요소해석, 최적 설계

박 수 현(Soo-Heon Park)



[정회원]

- 2011년 2월 : 경남과학기술대학교 자동차공학과 (학사)
- 2013년 ~ 현재 : 광명산업(주) 중앙연구소 설계팀 책임연구원

〈관심분야〉

프레스 및 용접, 유한요소해석, 최적 설계

최 봉 호(Bong-Ho Choi)

[정회원]



- 2016년 ~ 2019년 : 애디언트 동성연구소 파견 설계파트 시트설계 담당
- 2019년 ~ 2021년 : 대원강업 및 씨엠텍 연구소 파견 설계파트 시트 설계담당
- 2021년 ~ 현재 : 광명산업(주) 중앙연구소 선행연구팀 선임연구원

〈관심분야〉

프레스 및 용접, 유한요소해석, 최적 설계

김 봉 구(Bong-Gu Kim)

[정회원]



- 2022년 8월 : 국립공주대학교 기전공학과 (기전공학 석사)
- 1995년 4월 ~ 1999년 11월 : (주) 고려기술연구소 연구원 (대우자동차 시트 자회사)
- 2002년 8월 ~ 2008년 3월 : (주) CES 책임연구원 중국채리자동차 외장/시트 Supervisor, GMK 기술연구소 라쎄티 시트설계 담당
- 2010년 1월 ~ 2016년 11월 : (주)KM&I (주)고려) 기술총감, 중국주재원(소주/연태)
- 2020년 1월 ~ 현재 : 광명산업(주) 중앙연구소 수석연구원 선행연구팀장, 정부과제 수행 총괄책임자

〈관심분야〉

프레스 및 용접, 유한요소해석, 최적 설계

김 한 상(Han-Sang Kim)

[정회원]



- 1993년 2월 : 숭실대 기계공학과 졸업 (기계공학 학사)
- 1993년 3월 ~ 2004년 4월 : 대원 강업 시트 연구실 선임 연구원
- 2004년 5월 ~ 2008년 11월 : DK-LEAR KOREA 설계팀 책임 연구원
- 2009년 6월 ~ 2017년 7월 : 광성기업 설계팀 수석연구원
- 2018년 8월 ~ 현재 : 광명산업(주) 중앙연구소 설계실 실장

〈관심분야〉

프레스 및 용접, 유한요소해석, 최적 설계

홍 석 무(Seok-Moo Hong)

[종신회원]



- 1999년 2월 : 서강대학교 기계공학과 (기계공학 학사)
- 2001년 1월 : 서강대학교 기계공학과 (기계공학 석사)
- 2007년 3월 : Technical University of Munich, Germany, Department of Mechanical Engineering (기계공학 박사)
- 2007년 4월 ~ 2015년 2월 : 삼성전자 GTC, 수석연구원
- 2015년 3월 ~ 현재 : 국립공주대학교 미래자동차공학과 교수

〈관심분야〉

금속 판재성형 및 단조, 유한요소해석, 최적 설계