Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society
Vol. 15, No. 1 pp. 27-31, 2014

http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2014.15.1.27

해석과 실험을 이용한 고장력 강판으로 된 자동차 시트 프레임의 구조적 연구

김기선[1], 조호선[2], 김영춘[1], 조재웅[1*]
[1]공주대학교 기계자동차공학부, [2]공주대학교 대학원 기계공학과

Structural Study of Automotive Seat Frame with High Tension Steel Plate Using Analysis and Experiment

Key-Sun Kim[1], Ho-Sun Cho[2], Young-Chun Kim[1] and Jae-Ung Cho[1*]
[1]**Division of Mechanical & Automotive Engineering, Kongju University**
[2]**Department of Mechanical Engineering, Graduate School, Kongju University**

요 약 시트 프레임의 연구 개발이 활발하게 진행됨에 따라 본 연구에서는 고장력강판으로 제작된 시트 프레임의 전변형량을 실험과 해석을 통하여 고찰하였다. SPFC 980 t=2mm 고장력강판으로 된 시트 프레임을 반복피로 내구 시험기를 이용하여 전변형량 실험을 한 후, 동일한 조건으로 시뮬레이션하여 전변형량을 해석하였다. 실험과 해석 결과 값을 비교 분석한 후 그 값을 토대로 SPFC 780 t=2mm와 SPFC 780 t=1.5mm으로 된 시트 프레임 모델들의 구조적 안전성을 유한 요소 해석으로서 조사하였고 본 연구 결과를 통하여 어떤 모델이 상용화하는데 더 적합한지를 알 수 있었다.

Abstract As research development of seat frame is being studied actively, the total deformation of seat frame made of high tension steel plate(HTSP) is examined in this study. The seat frame made of SPFC 980 t=2mm with HTSP is tested to obtain total deformation through repeated fatigue durability tester and total deformation is analyzed by simulation under the same condition as experiment. After analyzing by comparing the results of experiment and analysis, structural stabilities of seat frame models with SPFC 780 t=2mm and SPFC 780 t=1.5mm are investigated by FEM analysis on the basis of these results. And it is considered that which model is more suitable at commercial use can be found through this study result.

Key Words : Total deformation, FEM analysis, SPFC 980, SPFC 780, Seat frame fatigue durability tester

1. 서론

최근 자동차 산업은 양적 생산에서 기술 개발로 전환되고 있는 시점이다. 과거 자동차를 보급하기 위하여 양적 생산에 주목적을 두었던 것과 다르게 현재는 자동차 산업은 양적생산을 뛰어 넘어 기술개발의 집합점이라고 할 수 있다. 기술개발의 집합점이라고 부를 수 있는 자동차 산업에서는 최근 신기술 개발이 자동차 산업을 이끌어 나갈 수 있는 원동력이라고 할 수 있다[1,2]. 이러한 신기술 개발은 차량의 모든 분야에 적용되고 있다고 해도 과언이 아닐 것이다. 특히 시트에 대해서는 과거 단순 강만을 사용하여 시트프레임을 제작했던 것과 달리 최근에는 고장력 강판을 이용하여 보다 가볍고 내구성이 뛰어난 시트프레임이 개발되고 있다. 최근 시트 프레임의 연구 개발이 활발하게 이루어짐에 따라 본 연구에서는 고장력 강판으로 제작 된 시트 프레임의 내구성을 실험과 유한요소해석을 통하여 알아보았다. 반복 피로 내구성 시험기를 통하여 시트 프레임의 전변형량을 조사하였고 실험과 동일한 조건 하에서 구조해석을 통하여 얻은 시트의 전변형량으로 검증하였다. 또한 구조해석을 통하여

공주대학교 LINC 사업단의 과제 지원에 의한 것입니다.
*Corresponding Author : Jae-Ung Cho(Kongju Univ.)
Tel: +82-41-521-9271 email: jucho@kongju.ac.kr
Received October 11, 2013 Revised (1st October 24, 2013, 2nd October 28, 2013) Accepted January 9, 2014

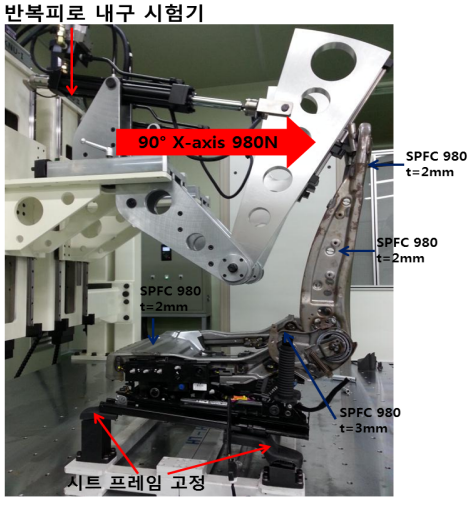
얻은 검증된 결과를 이용하여 다양한 두께와 고장력강판을 이용하여 제작될 시트 프레임에 대하여 구조적 안전성을 예측해 봄으로써 다양한 부품 설계방안을 제시하였다[3-5].

2. 실험 및 해석 조건

2.1 실험 모델 및 조건

본 연구에 사용된 시트 프레임은 고장력강판의 한 종류인 SPFC 980으로 제작되었다. 상부 시트 프레임과 하부 시트 프레임의 두께는 2mm이며 하부 시트 프레임과 상부 시트 프레임을 연결하는 리크라이너 부분만 두께 3mm의 고장력 강판으로 제작되었다. 시트는 실제 차량과 동일한 조건으로 고정시켰다.

실제 차량 안에서 시트의 주 역활은 탑승객의 하중을 지탱해 주는 것이다. 따라서 실제 차량 시트에 가해지는 하중 조건을 실험 조건으로 설정한 뒤 실험을 수행하였다. 국내 시트 제조 회사(D업체)의 안전 기준에 의거하면 Hip point를 중심으로 상단 프레임에 100kg(약 980N)의 하중을 10시간동안 가해졌을때 발생되는 전변형량이 50mm이내이면 충분한 내구성을 가지고 있는 시트 프레임이라 한다. 이러한 D업체의 기준을 표준으로 정한 후 본 실험을 수행하였다. 실험에는 공주대학교 자동차 의장 및 편의부품 지역혁신 센터에 있는 반복피로 내구성 시험기가 사용되었다. 본 시험기는 최대 200kg의 하중을 발생 시킬 수 있으며 최대 Stroke는 270mm이다. 다음 Fig. 1은 실험장비와 실험 모델 및 조건을 나타내고 있다.

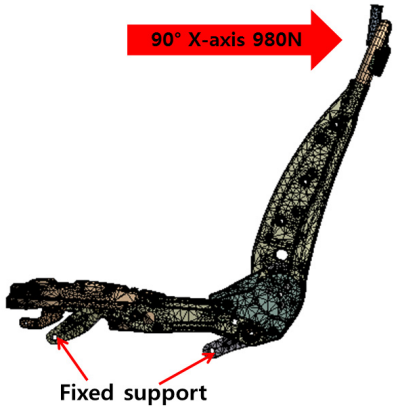


[Fig. 1] Experimental setup and condition

2.2 해석 모델 및 조건

CATIA 5V를 이용하여 실제 모델과 동일하게 모델링한 후 ANSYS를 이용하여 실험과 동일한 조건하에 전변형량을 알아보았다. Mesh는 사면체요소(Tetrahedron)로 분할하였으며, 절점과 요소 수는 각각 649345개 338667개 이다[6,7].

모델링 된 시트는 실제 차량과 동일하게 고정되어 있다고 설정 하였으며 해석에 불필요한 부분은 해석시간을 단축하기 위하여 삭제하였다. Fig. 2는 유한요소해석을 수행하기 위한 조건을 나타내고 있고, Table 1은 유한요소해석을 수행하기 위한 고장력강판들인 SPFC 980, 780의 물성치들이다.



[Fig. 2] Model and analysis condition

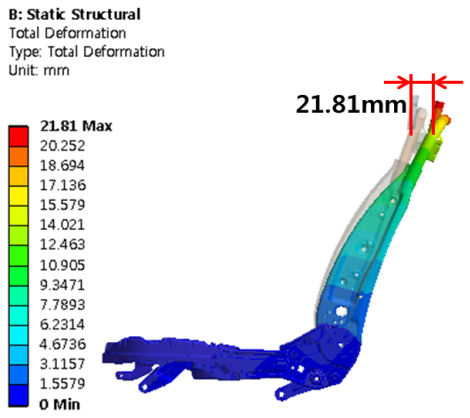
[Table 1] Material properties of SPFC 980, 780

Item	Value
Young's Modulus (GPa)	342.2 314.4
Poisson's Ratio	0.3 0.3
Tensile Yield Strength(MPa)	690 490
Tensile Ultimate Strength(MPa)	980 780

3. 실험과 해석 결과

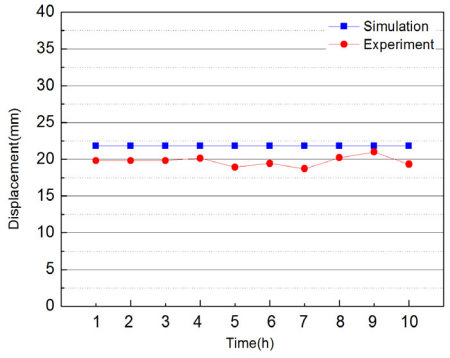
3.1 SPFC 980 t=2mm 실험과 해석 결과 비교

실험 조건과 같이 SPFC 980 t=2mm 고장력강판으로 된 시트 프레임에 980N의 하중이 10h 동안 작용하였다고 하였을 시 유한 요소 해석 결과는 Fig. 3과 같다.



[Fig. 3] Total deformation of seat frame of SPFC 980 t=2mm

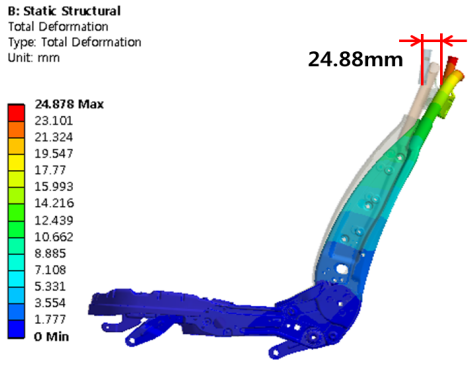
980N의 힘이 작용하였을 시 시트는 최대 21.81mm의 유격이 발생되는 것을 볼 수 있다. 유한 요소 해석 결과와 실제 실험 결과를 Fig. 4와 같이 비교해 보았다. 실제 실험에서 시트의 전변형량은 해석과 동일 한 부분에서 약 19.81mm 발생한 것을 볼 수 있는데 이는 유한 요소 해석 결과와 거의 일치한다고 볼 수 있으며, 최대 약 2.8mm 차이밖에 나지 않는 것을 볼 수 있다. 또한 유한 요소 해석 결과는 21.81mm로 일정한 것을 볼 수 있는 반면에 실험 결과 값은 변위량의 증가와 감소가 반복적으로 일어나는 것을 볼 수 있다. 이는 실험장치 내부에서 발생되는 진동 및 기계적 결함 때문에 발생되는 현상으로 사료된다.



[Fig. 4] Comparison of experimental data and simulation data

3.2 SPFC 780 t=2mm 해석 결과

3.1절에서 실험과 유한 요소 해석 데이터를 비교해 본 결과 거의 비슷한 결과 값을 도출할 수 있다는 것을 증명하였다. 이를 토대로 실험 장비를 이용하여 실험을 수행하는 과정을 생략하고 유한요소해석을 통하여 동일한 시트 프레임 구조에 SPFC 780 t=2mm 고장력강판이 사용되었을 때 구조적 안전성을 알아보았다. 해석 조건은 앞에서 설정한 조건과 동일하게 설정하였다.

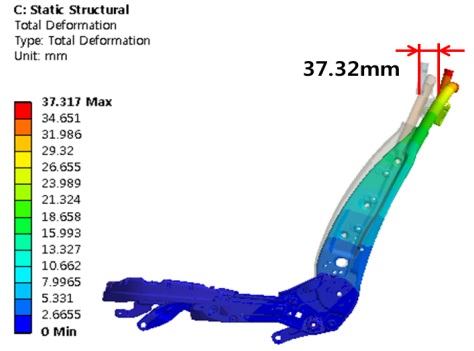


[Fig. 5] Total deformation of seat frame made of SPFC 780 t=2mm

Fig. 5에서 보는 바와 같이 동일한 시트 프레임 구조에 SPFC 780 t=2mm를 적용 하였을 때 980N에 대한 전변형량은 안전 기준 50mm 이내에 적합한 24.878mm 인 것을 확인할 수 있다.

3.3 SPFC 780 t=1.5mm 해석 결과

SPFC 780 고장력 강판을 이용하여 두께 1.5mm의 시트 프레임을 모델링 한 후 동일한 해석 조건하에 유한 요소 해석을 수행하였다. Fig. 6의 해석 결과와 같이 동일한 고장력 강판을 사용하였지만 약 0.5mm의 강판의 두께의 차이 때문에 시트 프레임의 변형량은 약 13mm 증가한 것을 볼 수 있다. 두께 1.5mm의 시트 프레임 또한 변형량이 50mm 이내이므로 구조적으로 안전성에 문제가 없다고 할 수 있다.



[Fig. 6] Total deformation of seat frame made of SPFC 780 t=1.5mm

4. 결론

고장력강판으로 제작된 차량용 시트 프레임의 대한 기계적 내구성을 전변형량 실험과 해석을 통해 알아본 결과 다음과 같은 결론을 도출할 수 있었다.

1. SPFC 980 t=2mm로 제작된 시트 프레임의 기계적 내구성을 반복피로 내구 시험기로 시험해 본 결과와 실험과 동일한 조건하에 유한요소해석을 수행한 결과 시트 프레임의 전변형량은 실험 결과값과 평균적으로 약 2mm 차이가 나는 것을 볼 수 있다. 이처럼 실험과 유한요소해석 모두 50mm 이내의 전변형량을 보여 주고 있으므로 본 연구에 사용된 시트 프레임은 충분한 강도와 안전성이 있다는 것을 실험과 유한요소해석을 통해 증명할 수 있었다.
2. 실험과 해석 결과 값이 거의 일치함을 토대로 실험 과정을 생략 후 SPFC 780 t=2mm와 SPFC 780 t=1.5mm가 적용된 시트 프레임의 강도 및 안전성을 유한요소해석을 통해 알아본 결과 두 모델 모두 변형량이 50mm 이내이므로 시트로서 충분한 강성과 안전성이 있다고 볼 수 있었다.
3. SPFC 780 t=2mm 고장력 강판을 사용 하여 제작된 시트 프레임의 변형량은 24.878mm 이고 SPFC 980 t=2mm 고장력 강판을 사용하여 제작된 시트 프레임의 변형량은 약 19.81mm로 두 모델 모두 시트로써 충분한 강성과 안전성이 있다고 할 수 있다. 그러나 SPFC 780 고장력강판이 SPFC 980 고장력강판보다 가격 면에서 저렴하기 때문에 두 모델 모두 충분한 강도와 안전성이 있다면 생산 비용 절감 효과를 기대할 수 있는 SPFC 780 고장력강판을 사용하는 것이 더 좋다고 사료된다.
4. 본 연구에서 이용된 방법과 같이 실험과 해석을 병행하여 제품에 대한 연구를 수행한다면 제품 개발 및 제작 비용을 절감시킬 수 있으며 또한 개발 시간을 단축할 수 있다.

References

[1] K. S. Kim, S. S. Kim, S. H. Kim, J. U. Cho, "Study on Structural Strength Analysis of Automotive Seat Frame", Journal of Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol. 14, No. 1, pp. 39-44, 2013. DOI: http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2013.14.1.39

[2] S. H. Hwang, K. N. Lee, S. D. Park and J. K. Pyun, "Driving Adaptive control System Development for Air-Bladder Seat", Journal of the Korea Society of Automotive Engineers, Vol. 4, pp. 2237-2244, June, 2007.

[3] R. L, Masahiro Ando, J. Sukumaran, “Fatigue and damage analysis of elastomeric silent block in light aircrafts”, Materials & Design, vol. 52, pp. 384-392, 2013. DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.matdes.2013.05.039

[4] S. N. Park, "Development Trend of Car Seat Technology", Journal of the Korea Society of Automotive Engineers, Vol. 31, No. 4, pp. 26-33, August, 2009.

[5] S. S. Kim, H. Y. Choi, S. H. Kim, J. U. Cho, "Analysis comparing on shape of seat back frame using FEM", Journal of Korea Academia-Industrial cooperation Society, Spring conference, Vol. 2, pp. 565-568, 2012.

[6] Z. J. Yuan, H. Xuan, T. Disi, W. Hongbin, “CAE analysis and design modification for rear seat safety during vehicle frontal crash”, Qiche Gongcheng/ Automotive Engineering, vol. 33, no. 9, pp. 767-771, 2011.

[7] J. M. Lim, I. S. Jang, "The Strength Analysis of Passenger Car Seat Frame", Journal of KSAE, Vol. 11, No. 6, pp. 205-212, 2003

김 기 선(Key-Sun Kim) **[종신회원]**

- 1980년 2월 : 인하대학교 기계공학과 (공학사)
- 1983년 2월 : 인하대학교 기계공학과 (공학석사)
- 1994년 2월 : 인하대학교 기계공학과 (공학박사)
- 1989년 7월 : 기계제작 기술사
- 1994년 3월 ~ 현재 : 공주대학교 기계·자동차공학부 교수

<관심분야>
자동차 내장 및 시트 부품, 자동차 내외장 부품제조공정

조 호 선(Ho-Sun Cho) **[준회원]**

- 2013년 2월 : 공주대학교 자동차공학과 (공학사)
- 2013년 3월 ~ 현재 : 공주대학교 기계공학과 (공학석사)

<관심분야>
기계 및 자동차 부품 설계 및 내구성 평가, 기계재료 성능 평가 방법 연구 및 특성 연구, 피로 또는 충돌 시 동적 해석

김 영 춘(Young-Chun Kim) **[정회원]**

- 1989년 8월 : 명지대학교 전기공학과 (공학석사)
- 1997년 2월 : 명지대학교 대학원 전기공학과 (공학박사)
- 2006년 3월 ~ 현재 : 공주대학교 공과대학 기계자동차공학부 교수

<관심분야>
전기자동차전력변환, 전장제어, 태양광에너지

조 재 웅(Jae-Ung Cho) **[종신회원]**

- 1980년 2월 : 인하대학교 기계공학과 (공학사)
- 1982년 2월 : 인하대학교 기계공학과 (공학석사)
- 1986년 8월 : 인하대학교 기계공학과 (공학박사)
- 1988년 3월 ~ 현재 : 공주대학교 기계·자동차공학부 교수

<관심분야>
기계 및 자동차 부품 설계 및 내구성 평가, 피로 또는 충돌 시 동적 해석