

자동차 시트 쿠션 프레임 및 백 프레임의 구조 강도 해석

김성수¹, 김기선², 최두석², 박상흡², 김세환³, 조재웅^{2*}
¹공주대학교 대학원 기계공학과, ²공주대학교 기계자동차공학부
³공주대학교 금형설계공학과

Structural Strength Analysis at Cushion Frame and Back Frame of Automotive Seat

Sung-Soo Kim¹, Key-Sun Kim², Doo-Seuk Choi², Sang-Heup Park²,
Sei-Hwan Kim³ and Jae-Ung Cho^{2*}

¹Division of Mechanical Engineering, Graduate School, Kongju University

²Division of Mechanical & Automotive Engineering, Kongju University

³Department of Metal Mold Design Engineering, Kongju University

요 약 자동차의 다양한 부품 중 자동차 시트는 인간과의 직접 접촉 부위로서 승차감을 평가 할 수 있는 가장 기본적인 항목이다. 따라서 자동차 시트는 승차감과 동시에 충분한 강성과 강도를 가져야 할 것이다. 본 연구에서는 자동차 시트에서의 시트 쿠션 프레임과 백 프레임을 3D 모델링하였고, 쿠션 프레임의 비틀림 강도, 수직하중강도 시험, 백 프레임의 강도 시험 3가지 실험에 대해서 시뮬레이션으로 구조해석을 하였다. 해석결과, 쿠션 프레임 비틀림 강도 시험에서는 초기 전변형량의 최대값은 5.8421mm가 나왔고, 영구 전변형량의 최대값은 0.02539mm가 나왔다. 쿠션 프레임 수직하중강도 시험에서는 쿠션 프레임 앞쪽 끝단의 전변형량은 2.1159mm이고, 뒤쪽 끝단은 0.0606mm 이다. 하중을 더 증가한 경우는 전변형량의 최대값은 3.1739mm가 나왔다. 3 가지의 백 프레임 강도 시험에서는 최대의 전변형량은 0.18634mm로 나타났다. 본 연구결과는 자동차 시트 쿠션 프레임 및 백프레임의 과도한 변형 및 파괴가 없으므로 승객의 안전을 보장하는 충분한 강성과 강도를 검증할 수 있었다.

Abstract Among the various parts of automobile, automotive seat is the most fundamental item that ride comfort can be evaluated as the direct contact part with human body. Automotive seat must have the sufficient rigidity and strength at the same time with ride comfort. In this study, cushion frame and back frame at car seat are modelled with 3D. There are structural simulation analyses about 3 kinds of tests on torsion strength, vertical load strength and back frame strength. In the analysis result, the initial total deformation and the permanent total deformation has the maximum values of 5.4821 mm and 0.02539mm respectively at the torsion strength test of cushion frame. Total deformations at front and rear end parts of cushion frame become the values of 2.1159mm and 0.0606mm respectively at the test of vertical load strength of cushion frame. In case of more than this load, the maximum value of total deformation also becomes 3.1739mm. The maximum value of total deformation becomes 0.18634mm at 3 kinds of the strength tests on back frame. By the study result of no excessive deformation and no fracture cushion frame and back frame at automotive seat, the sufficient rigidity and strength to guarantee the safety of passenger can be verified.

Key Words : Automotive seat, Torsion strength test, Vertical load strength test, Back frame strength test, Total deformation

본 연구는 지식경제부 지정 공주대학교 자동차의장 및 편의부품 지역혁신센터의 지원에 의한 것입니다.

*Corresponding Author : Jae-Ung Cho

Tel: +82-10-8807-8977 email: jucho@kongju.ac.kr

접수일 12년 10월 22일

수정일 12년 11월 06일

게재확정일 12년 11월 08일

1. 서론

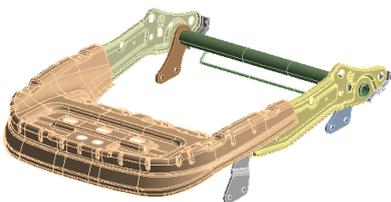
오늘날 승용차의 사용이 점차 증가함에 따라 자동차 본래의 기능인 운반의 수단은 기본적으로 충족되고, 부가적으로 안전이나 승차감, 편리성, 디자인 등에 대한 관심이 날로 높아지고 있는 추세이다[1-2]. 자동차에 다양한 부품 중에서 자동차 시트는 인간과의 직접 접촉부위로서 고가의 부품일 뿐만 아니라 자동차의 승차감을 평가할 수 있는 가장 기본적인 항목이 된다[2-3]. 따라서 견고하고 안락한 시트를 제작하고자 하는 것은 시트 설계에 있어서 가장 중요한 목표이고 이러한 목표를 만족시키기 위해서는 올바르고 객관적인 평가방법의 개발이 선행되어야 할 것이다[4]. 이렇게 복잡하고 다양한 제품에 대한 개발 기간의 단축과 생산비용의 절감을 위하여 CAE (Computer Aided Engineering) 기법을 많이 적용하고 있다. CAE 기법은 설계 단계에서 시트가 가지고 있는 특성을 컴퓨터 시뮬레이션을 이용하여 예측함으로써 실제 제작 단계를 거치지 않고 설계 개선을 통한 최적의 성능을 가지는 제품을 만들 수 있다는 장점이 있다[5-6]. 본 연구에서는 자동차 시트 쿠션 프레임과 백 프레임을 CATIA를 통해 3D 모델링 하였으며, 이를 유한요소 해석 프로그램 ANSYS를 이용하여 구조해석을 수행하였다. 이를 통하여 시제품 제작 이전에 신뢰할 만한 시험 결과를 예측함으로써 최소의 시제품 제작이 가능하게 되었으며 또한 시험 방법 및 결과에 대한 표준화 및 각종 시험 데이터베이스 구축이 용이하게 된다[7-8].

2. 연구 모델

2.1 연구 모델

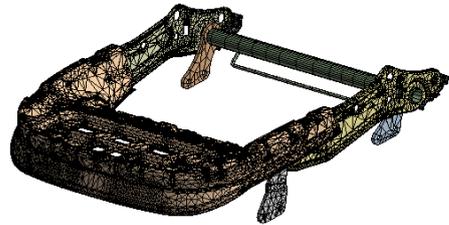
2.1.1 자동차 시트 쿠션 프레임

본 연구에서는 자동차 시트를 실제와 같은 크기로 3D 모델링을 하였다. 3D 모델링은 CATIA를 사용하였으며, 자동차 시트 쿠션 프레임의 모델구조는 Fig. 1과 같다.



[그림 1] 쿠션 프레임 해석모델 형상
[Fig. 1] Configuration of cushion frame model

Fig. 2는 자동차 시트 쿠션 프레임에 대한 유한요소모델이다.



[그림 2] 쿠션 프레임 해석모델의 메시 형상
[Fig. 2] Configuration of analysis model at cushion frame

Fig. 2와 같이 유한요소 모델에서 메시는 사면체요소 (Tetrahedron)로 분할하였으며, 절점과 요소의 수는 각각 169712개와 84408개로 이루어져 있다.

2.1.2 자동차 시트 백 프레임

본 연구에서는 자동차 시트를 실제와 같은 크기로 3D 모델링을 하였다. 3D 모델링은 CATIA를 사용하였으며, 자동차 시트 쿠션 프레임의 모델구조와 유한요소모델의 모습은 Fig. 3과 같다.



[그림 3] 시트 백 프레임의 모델 형상과 메시 형상
[Fig. 3] Configuration of model and mesh of seat back frame

Fig. 3과 같이 유한요소 모델 메시는 사면체요소 (Tetrahedron)로 분할하였으며, 절점과 요소의 수는 각각 100297개와 49575개로 이루어져 있다. 본 연구에서 사용된 자동차 시트 프레임의 물성치는 Table 1과 같다.

[표 1] 해석모델의 물성치

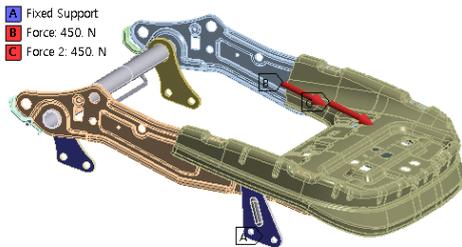
[Table 1] The properties of the analytical model

Material name	Young's Modulus (Gpa)	Density (kg/mm ³)	Bulk Modulus	Shear Modulus
Structural Steel	2×10^{11}	7850	1.6667×10^{11}	7.6923×10^{10}
SAPH440	2.068×10^{11}	7.8×10^{-6}	2.0275×10^{11}	7.7744×10^{10}
SPFC590	2.1×10^{11}	7.8×10^{-6}	1.75×10^{11}	8.0769×10^{10}
SPFH590	2.05×10^{11}	0.000728	1.6348×10^{11}	7.9396×10^{10}
SPRC440E	2.1×10^{11}	7850	1.8421×10^{11}	8.0153×10^{10}

3. 쿠션 프레임 비틀림 강도 시험

3.1 경계 조건

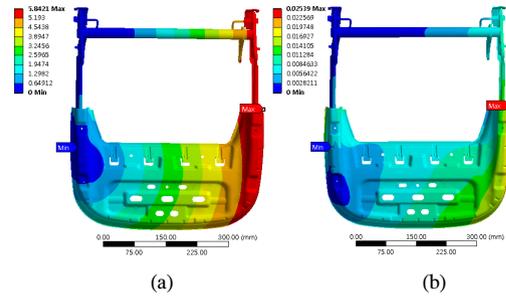
쿠션 프레임의 한쪽 사이드를 고정 시킨 후에 비 고정된 반대쪽 사이드에 490N의 힘을 부하한 후 변형량을 측정하였다. 변형량 측정에는 2가지즉시 변형된 초기 변형량과 하중을 제거한 후의 영구 변형량을 측정하였다. 이에 대한 경계 조건을 Fig. 4에 나타내었다.



[그림 4] 쿠션 프레임 비틀림 강도 시험의 경계 조건
[Fig. 4] Boundary condition at torsional strength test of cushion frame

3.2 해석 결과

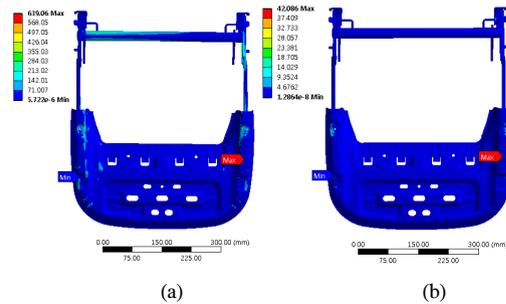
위의 경계 조건을 토대로 자동차 시트 쿠션 프레임 모델의 전 변형량과 등가응력을 해석하였다. 쿠션 프레임 비틀림 강도 시험의 전변형량의 해석 결과를 나타내는 그림은 Fig. 5와 같다. 초기 전변형량을 나타낸 (a)의 기준 요구치는 8mm 이하이고 그 결과 값은 5.8421mm가 나왔고, 영구 전변형량을 나타낸 (b)의 기준 요구치는 2 mm 이하이고 그 결과 최대값이 0.02539mm가 나왔다.



[그림 5] 쿠션 프레임 비틀림 강도 시험의 초기 전변형량 (a) 및 영구 전변형량 (b)

[Fig. 5] Initial (a) and permanent (b) total deformations at torsional strength test of cushion frame

쿠션 프레임 비틀림 강도 시험에서의 (a), (b) 경우의 등가응력 해석 결과를 나타내는 그림은 Fig. 6과 같다. 쿠션 프레임 비틀림 강도 시험, 즉시 변형된 등가응력을 나타낸 (a)의 최대값은 약 639MPa이 나왔고, 영구 변형된 등가응력을 나타낸 (b)의 최대값은 약 42MPa이 나왔다

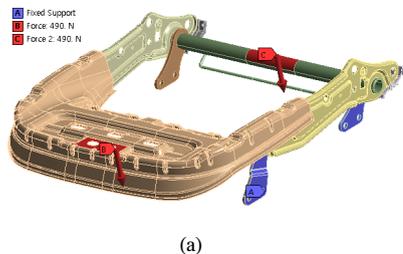


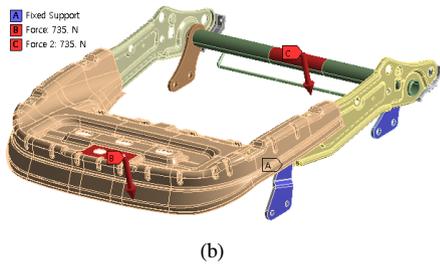
[그림 6] (a) 및 (b) 경우에서의 쿠션 프레임 비틀림 강도 시험의 등가 응력

[Fig. 6] Equivalent stress at torsional strength test of cushion frame in cases of (a) and (b)

4. 쿠션 프레임 수직하중강도 시험

4.1 경계 조건



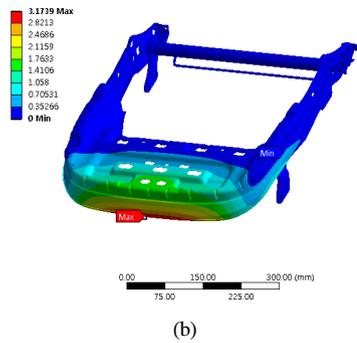
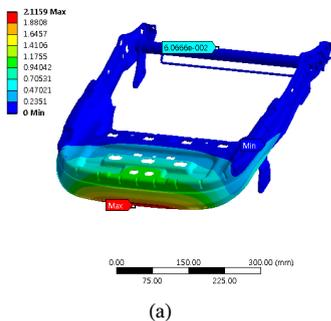


[그림 7] 쿠션 프레임 수직하중강도 시험의 경계 조건
[Fig. 7] Boundary condition at vertical load strength test of cushion frame

쿠션 프레임 수직하중강도 시험에서는 하중을 2분류로 나누어 (a)의 경우는 표준 1인당 안전기준인 980N을 적용하였고 (b)의 경우는 하중을 더 증가하여 1인당 1470N을 적용하였다. 여기서 하중은 쿠션 프레임의 센터 라인으로 앞쪽과 뒤쪽에 주었다. 이와 같은 경계 조건을 Fig. 7에 나타내었다.

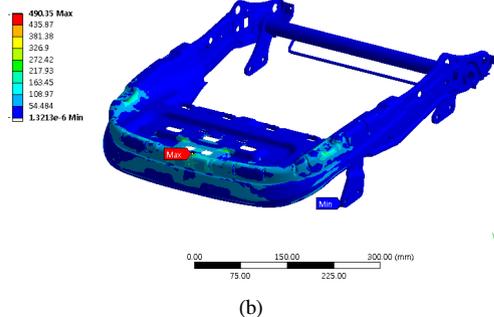
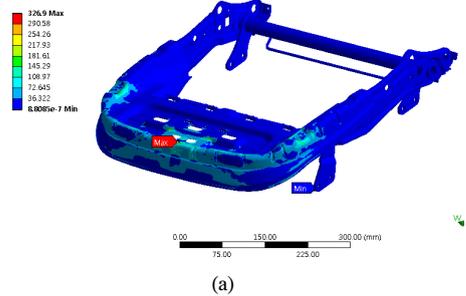
4.2 해석 결과

위의 경계 조건을 토대로 시트 쿠션 프레임의 전변형량과 등가응력을 해석하였는데 전변형량의 결과값에 있어서는 그 측정 위치를 2분류로 나누었다. (a)의 경우에는 시트 쿠션 프레임 센터 라인의 앞쪽 끝단과 뒤쪽 끝단으로 하였고, (b)의 경우에는 최대 변형량의 발생지를 측정 위치로 하였다. 이 결과를 Fig. 8에 나타내었다. 그 결과 값은 (a)의 경우, 앞쪽 끝단에서의 최대 변형량은 2.1159mm이고, 뒤쪽 끝단에서의 최대 변형량은 0.0606mm가 나왔다. (b)의 경우에는 최대 변형량이 3.1739mm가 나왔다. 그 결과, 시트 및 부착부의 어떠한 부위에도 실용상 유해한 변형 또는 과도한 파괴가 발생하지 않음을 알 수 있었다.



[그림 8] 쿠션 프레임 수직하중강도 시험의 전변형량
[Fig. 8] Total deformation at vertical load strength test of cushion frame

쿠션 프레임 수직하중강도 시험의 등가응력 해석에서는 (a) 및 (b)의 경우, 모두 최대 응력 발생지의 값을 측정값으로 하였다. 이 결과를 Fig. 9에 나타냈다. 이 결과 값은 앞쪽 끝단과 뒤쪽 끝단을 측정한 (a)의 경우에는 그 최대값이 약 327MPa이 나왔고, 최대 변형량 발생지를 측정한 (b)의 경우에는 그 최대값이 약 490MPa이 나왔다.

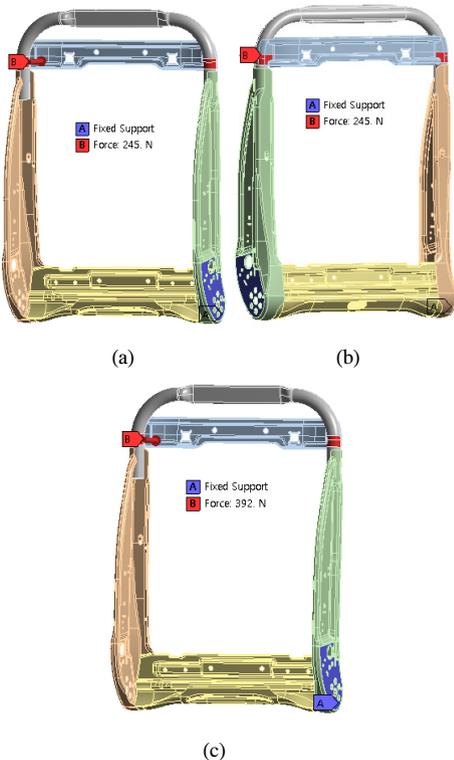


[그림 9] 쿠션 프레임 수직하중강도 시험의 등가응력
[Fig. 9] Equivalent stress at vertical load strength test of cushion frame

5. 백 프레임 강도 시험

5.1 경계 조건

백 프레임 강도 시험은 3가지 방법으로 하였다. 첫 번째, 백 프레임의 마운팅 포인트를 기준으로 승객 1인당 490N의 전방 모멘트를 시팅 센터 라인에 부하하였다. 이를 Fig. 10의 모델 (a)에 나타냈다. 두 번째는 첫 번째와 같은 위치로 부하 방향만 후방으로 바꾸어 모멘트를 부하하였다. 이를 Fig. 10의 모델 (b)에 나타냈다. 마지막 세 번째도 마찬가지로 모멘트 부하 위치는 위와 같고 부하 방향은 전방 모멘트를 적용하였고, 부하 하중을 최대 하중까지 부하한 784N을 적용하였다. 이를 Fig. 10의 모델 (c)에 나타냈다. 또한 모든 모델의 백 프레임 사이드 밀면을 고정하였다.

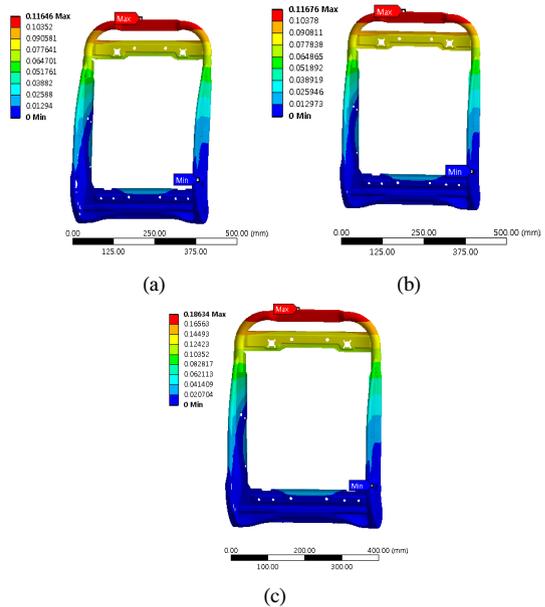


[그림 10] 백 프레임 강도 시험의 경계 조건
[Fig. 10] Boundary condition of back frame strength test

5.2 해석 결과

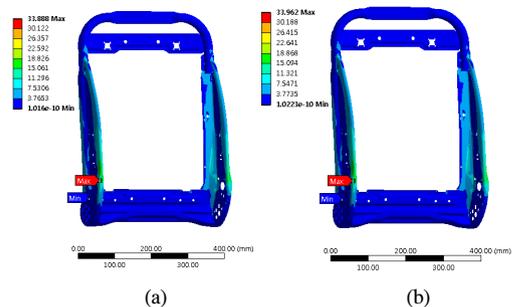
위의 경계 조건을 토대로 백 프레임 모델을 전 변형량을 해석하였다. 전, 후방 모멘트를 부하한 결과 (a), (b) 경우의 전변형량 최대값들의 요구 기준치는 10mm이며, 전방 및 후방 모멘트 부하시 최대 전변형량은 (a)와 (b)의 경

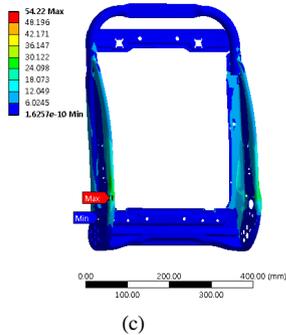
우에 각각 0.11646mm 및 0.11676mm가 나왔다. 최대 하중까지 부하한 전변형량 결과, (c)의 경우는 0.18634mm가 나왔다. 이 결과를 Fig. 11에 나타내었다. 이를 통해 백 프레임 및 결합부의 과도한 변형 또는 파괴가 없음을 볼 수 있다.



[그림 11] 백 프레임 모멘트 강도 시험의 전 변형량
[Fig. 11] Total deformation at moment strength test of back frame

백 프레임 모델의 등가응력 해석 결과를 Fig. 12에 나타내었다. 전, 후방 모멘트를 부하시 등가응력 결과 (a) 및 (b)의 경우, 공히 등가응력의 최대값은 약 34MPa이 나왔다. 그리고 (c)의 경우는 최대의 등가응력 값은 약 54MPa이 나왔다.





(c)
[그림 11] 백 프레임 모멘트 강도 시험의 등가응력
[Fig. 11] Equivalent stress at moment strength test of back frame

6. 결론

본 연구에서는 자동차 시트 쿠션 프레임과 백 프레임을 구조해석을 통해 쿠션 프레임 비틀림 강도 시험, 쿠션 프레임 수직하중강도 시험, 백 프레임 강도 시험에 대한 구조 해석을 하였다. 이에 대한 연구 결과는 다음과 같다.

1. 쿠션 프레임 비틀림 강도 시험에서는 초기 변형된 전 변형량은 최대값이 5.8421mm가 나왔고, 등가응력의 최대값은 약 639MPa이 나왔다. 영구 변형된 전 변형량은 최대값이 0.02539mm가 나왔고, 등가응력의 최대값은 약 42MPa이 나왔다.
2. 쿠션 프레임 수직하중강도 시험에서 쿠션 프레임 앞쪽 끝단과 뒤쪽 끝단의 전변형량은 앞쪽 끝단 측정시 2.1159mm이고, 뒤쪽 끝단측정시 0.0606mm이다. 또한 최대의 변형량 값은 3.1739mm가 나왔다. 또한 앞쪽 끝단과 뒤쪽 끝단의 최대의 등가응력 값은 약 327MPa 이 나왔고, 최대의 변형량값은 490MPa이 나왔다.
3. 백 프레임 강도 시험에서는 전변형량 최대값이 각각 약 0.11646mm가 나왔고, 최대 하중 부하시 최대값은 0.18634mm가 나왔다. 또한 등가응력 해석에서는 최대 값이 약 34MPa이 나왔고 최대 하중 부하시 약 54MPa 이 나왔다.
4. 본 연구결과는 자동차 시트 쿠션 프레임 및 백 프레임의 과도한 변형 및 파괴가 없으므로 승객의 안전을 보장하는 충분한 강성과 강도를 검증할 수 있었다.

References

[1] H. Y. Lee, J. Y. Lim, H. T. Bom, "A Study on the Structural Analysis of Car Seat Frame", Annual

Conference of KSAE, Vol. 2, pp. 170-176, June, 1997.

- [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] 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.
- [4] H. J. Lee, J. H. Won, S. H. Son, S. J. Heo and J. H. Choe, "Fatigue Life Prediction Algorithm and Analysis Programming of Vehicle Components", Journal of the Korea Society of Automotive Engineers, Vol. 2, pp. 1345-1352, June, 2006.1.
- [5] J. M. Lim, I. S. Jang, "The Strength Analysis of Passenger Car Seat Frame", Journal of KASE, Vol. 11, No. 6, pp. 205-212, 2003
- [6] K. S. Kim, W. H. Han, Y. H. Youn, B. J. Hwang, "Design of Magnesium Seat Back Frame Using Sensitivity analysis", Annual Conference of KSAE, pp. 2122-2126, November, 2009
- [7] D. M. Park, K. S. Kim, D. S. Choi, S. H. Kim, W. S. Park, J. U. Cho, "A basic study on plastic suspension system for automotive seat under consideration of body pressure distribution", Journal of KAIS, Vol. 12, No. 11, pp. 4751-4755, November, 2011
- [8] J. U. Cho, K. S. Kim, D. S. Choi, S. H. Kim, S. O. Bang, C. K. Cho, "Development of plastic suspension system for automotive seat", Journal of KAIS, Vol. 12, No. 3, pp. 1091-1097, March, 2011

김 성 수(Sung-Soo Kim)

[준회원]



- 2011년 2월 : 공주대학교 자동차 공학과 (공학사)
- 2012년 3월 ~ 현재 : 공주대학교 기계공학과 (공학석사)

<관심분야>

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

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 부품 제조공정

김 세 환(Sei-Hwan Kim)

[종신회원]



- 1971년 2월 : 수도공과대학 기계공학과 (공학사)
- 1986년 2월 : 국민대학교 대학원 기계설계학과 (공학석사)
- 1997년 2월 : 국민대학교 대학원 기계설계학과 (공학박사)
- 1997년 2월 : (주) 삼아 공장장

- 1982년 3월 : 천안공업대학 금형설계과 교수
- 2010년 2월 : 공주대학교 기계자동차공학부 교수
- 2012년 2월 : 공주대학교 금형설계공학과 교수

<관심분야>

프레스 금형, 단조가공, 금형열처리

최 두 석(Doo-Seuk Choi)

[정회원]



- 1981년 2월 : 충남대학교 기계공학과(공학사)
- 1984년 2월 : 충남대학교 기계공학과(공학석사)
- 1996년 8월 : 충남대학교 기계공학과(공학박사)
- 2010년 1월 ~ 현재 : 한국자동차공학회 대전충청지부 지부장

- 2010년 2월 ~ 현재 : 공주대학교 그린카기술연구소 소장
- 2006년 6월 ~ 2008년 6월 : 공주대학교 산학협력단장
- 1994년 3월 ~ 현재 : 공주대학교 기계자동차공학부 교수

조 재 응(Jae-Ung Cho)

[종신회원]



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

<관심분야>

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

박 상 흘(Sang-Heup, Park)

[정회원]



- 1984년 2월 : 단국대학교 기계공학과 (공학사)
- 1986년 8월 : 단국대학교 기계공학과 (공학석사)
- 2000년 2월 : 홍익대학교 기계공학과 (공학박사)
- 1989년 4월 ~ 현재 : 공주대학교 기계·자동차공학부 교수

<관심분야>

용접 시공 및 용접 자동화, 비파괴시험