

스테빌라이저 링크의 종류별 강도 해석을 통한 융합 기술연구

조재웅

공주대학교 기계자동차공학부

Study on Convergence Technique through Strength Analysis of Stabilizer Link by Type

Jae-Ung Cho

Division of Mechanical & Automotive Engineering, Kongju University

요약 본 연구에서는 자동차의 스테빌라이저 링크를 모델로 하여 로워암과 연결되는 곳에 고정을 하고 모멘트를 가한다. Model 1, 2 및 3는 각각 길이 조정형, 일반형 및 일체형들이다. 이 모델들은 CATIA와 ANSYS로 설계 및 강도해석을 통한 융합 기술을 수행함으로써 연구된다. Model 3의 최대 등가응력이 가장 작음으로서 Model 3가 3개의 모델들 중 가장 큰 하중을 견딜 수 있다. 피로 해석으로서는 Model 3가 응력 상태의 빈도수가 일어나는 구간이 가장 작음으로서 세가지 모델 중 가장 안정적이다. 그 다음으로 Model 1, Model 2 순으로 안정적임으로서 응력 상태의 빈도로서 구간 수가 커지고 불안정성이 더 커진다. 그리고 디자인 면에서의 융합 기술로의 접목도 가능하여 미적인 감각을 나타낼 수 있다.

• **Key Words** : 구조해석, 등가응력, 피로해석, 빈도수, 융합 기술

Abstract In this study, the lower arm is connected and fixed at the model of the automotive stabilizer link as the moment is applied. There are models of 1, 2 and 3 as a length control type, a general type and a single body type respectively. These models are investigated by performing the convergence technique through the design and the strength analysis with CATIA and ANSYS. As the maximum equivalent stress of model 3 has the least, model 3 can endure the highest load among three models. As the fatigue analysis, model 3 has the minimum blocks as the frequency of stress state, model 3 becomes also safest among three models. As models of 1, 2 are in the order of the next safety, the number of blocks becomes larger as the frequency of stress state and the instability becomes higher. And it is possible to be grafted onto the convergence technique at design and show the esthetic sense.

• **Key Words** : Structural analysis; Equivalent Stress; Fatigue analysis; Frequency; Convergence technique

1. 서론

최근 들어 유해 가스의 규제와 친환경 자동차의 개발에 부응하여 차체 및 샤시 부품의 경량화에 대한 중요성

이 부각되고 있다. 자동차 부품의 경량화를 구현하기 위한 접근 방법으로서 재료개발과 설계 제조기술의 적용으로 분류할 수 있어 완성차업체나 부품업체의 현장에서도 이의 중요성을 이미 파악하고 있는 상태이다. 그러나 현

*교신저자 : 조재웅(jucho@kongju.ac.kr)

접수일 2014년 11월 14일 수정일 2014년 12월 20일

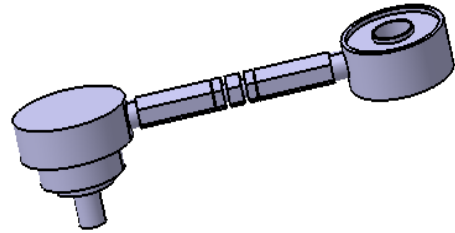
게재확정일 2015년 2월 20일

장에서 구조설계에 의한 강도 해석기법을 적용하기에는 제약이 따르고 있다. 이는 구조설계가 유한요소 해석에 기초를 하고 있어 해석에 있어 타당한 정의와 정확한 결과가 요구되기 때문이다. 현재 타이로드를 생산하는 부품업체에서는 강을 사용한 단조품으로 타이로드를 제작하고 있다[1,2,3]. 자동차에서는 경량화된 알루미늄으로 교체하려 하고 있다고 하지만 가격이나 강도 면에서 알루미늄은 가격도 강보다 높고 강도 면에서 일반적으로 떨어진다. 특히 타이로드의 머리 부분인 볼은 다른 자동차 연결 부품과의 억지 끼워 맞춤을 해야 되어서 강도가 떨어지는 알루미늄보다는 강으로 되어 있는 것이 바람직하다. 또한 타이로드의 몸체 부분을 알루미늄으로 하면 강과 알루미늄의 복합체를 만들어야 된다는 기술적인 점도 있다[4,5,6]. 구태여 알루미늄을 전적으로 사용하여 경량화를 시도하려면 강도가 높은 알루미늄을 사용해야 한다. 따라서 아직은 시중에 일반자동차용으로는 적합하지 않은 면이 있다. 본 연구에서는 구조용 강으로 스테빌라이저 재질을 사용하여 재질 문제라기보다는 스테빌라이저의 형상으로서의 피로 하중에 대한 구조해석에 주안점을 두었다. 또한 본 연구에서는 이러한 스테빌라이저에 대한 구조 및 피로 해석을 하였다. 본 연구의 결과를 종합하여 스테빌라이저의 부품 설계에 응용한다면 그 파손 방지 및 내구성[7,8,9,10,11,12,13,14,15]을 검토할 수 있고 그 설계에 유용하게 활용될 것으로 사료된다. 그리고 디자인 면에서의 융합 기술로의 접목도 가능하여 미적인 감각을 나타낼 수 있다.

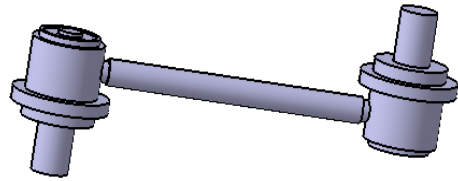
2. 연구내용

2.1 해석모델

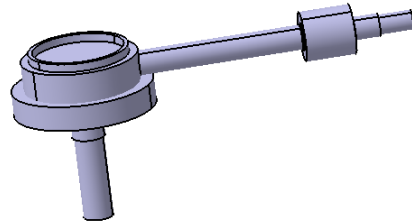
본 연구에서는 자동차의 스테빌라이저 링크를 모델로 삼고 로워암과 연결되는 곳에 고정을 하고 모멘트를 받는 부위에 모멘트를 주었을 때의 변화를 구한다. 모델은 실제 판매되고 있는 길이조정형, 일반형, 일체형(고정형)으로서 3 가지의 형상을 참조하여 CATIA를 이용하여 모델링한 후 ANSYS를 이용하여 해석하였다. Fig. 1, 2 및 3과 같이 Model 1은 길이 조정형이며, Model 2는 일반형이며, Model 3은 일체형이다.



[Fig. 1] Configuration of model 1



[Fig. 2] Configuration of model 2

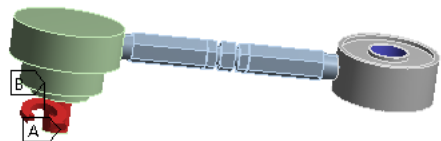


[Fig. 3] Configuration of model 3

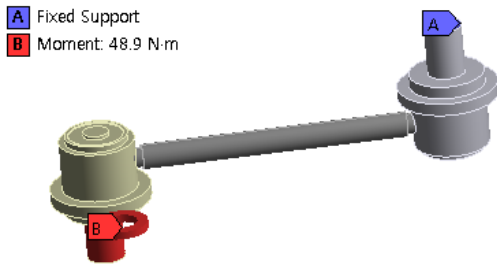
2.2 해석조건

Fig. 4, 5 및 6과 같이, Model 1, 2 및 3 공히 로워암과 스테빌라이저를 연결시켜주는 부위의 고정시키는 볼트 부분에 Fixed support시키고 회전부위에 Moment를 48.9 N·m를 가한다. 이를 이용하여 구조해석 및 피로해석을 수행하였다.

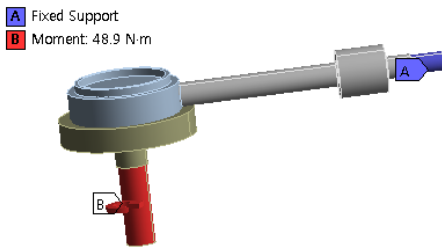
- A Fixed Support
- B Moment: 48.9 N·m



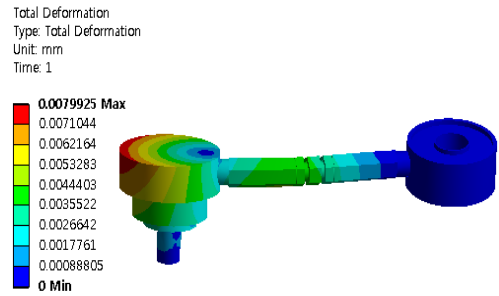
[Fig. 4] Boundary condition of model 1



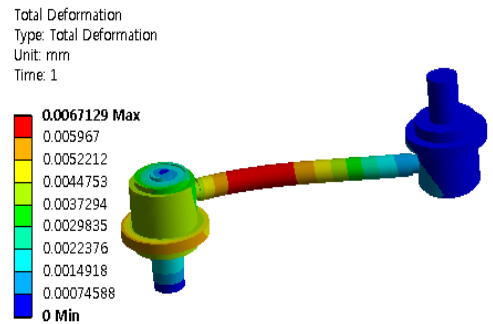
[Fig. 5] Boundary condition of model 2



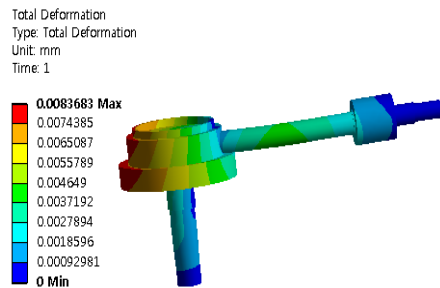
[Fig. 6] Boundary condition of model 3



(a) Model 1



(b) Model 2



(c) Model 3

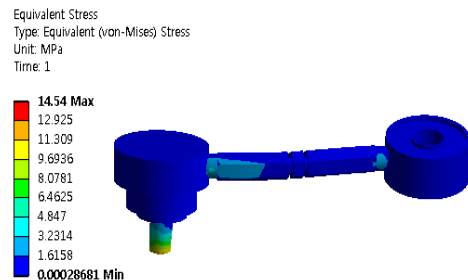
[Fig. 7] Contours of total deformations

3. 연구결과

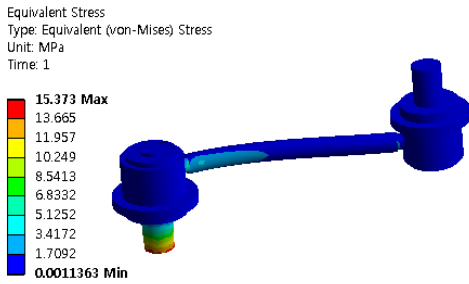
3.1 구조해석 결과

구조해석 결과 Fig. 7은 Model 1, 2 및 3에 대한 각각의 3가지 모델들에 대하여 전변형량을 보았고 Fig. 8은 Model 1, 2 및 3에 대한 각각의 3가지 모델들에 대하여 등가응력을 보았다.

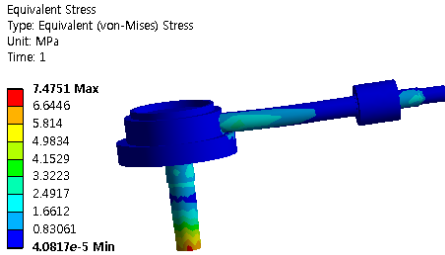
그림들에서 보면, Model 1은 14.51MPa의 최대의 등가응력과 0.0079925mm의 최대변형량을 보이고 Model 2는 15.373MPa의 최대의 등가응력과 0.0067129mm의 최대의 변형량을 보이고 있으며 Model 3은 7.4521MPa의 최대의 등가응력과 0.0083683mm의 최대변형량을 보이고 있음을 알 수 있다. 구조해석 결과, Model 2가 Model 1과 Model 3보다 덜 변형되는 것을 알 수 있다. 하지만 Model 2의 등가응력은 제일 높은 것으로 나타났으며, Model 3의 등가응력은 제일 낮은 것으로 나타났다. 만약에 Moment가 커지면 Model 3의 등가응력이 마지막 항복응력을 넘는 것으로 예상된다. 즉 3개의 모델 중 Model 3이 다른 모델에 비하여 더 큰 하중을 견딜 수 있을 것으로 사료된다.



(a) Model 1



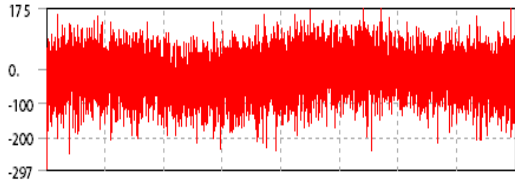
(b) Model 2



(c) Model 3

[Fig. 8] Contours of equivalent stresses

3.2 피로해석 결과

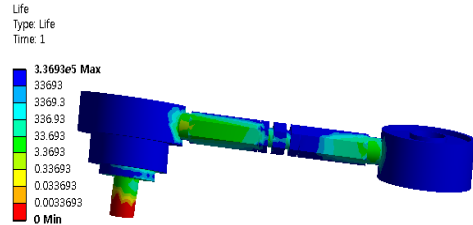


[Fig. 9] Load histories at nonuniform fatigue loads of SAE bracket history

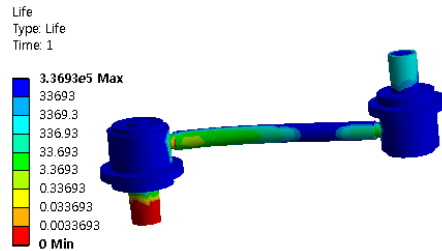
스테빌라이저가 받는 피로 하중에 의한 피로수명과 파손에 대해서 해석하였다. Fig. 9와 같이 경과되는 1 사이클에 대한 응력 진폭과 평균 응력인 피로 하중의 내역으로서 SAE bracket history 모델들에 작용하였다. 진폭 응력은 최대 응력과 최소응력의 차이로 되어지고, 평균 응력은 그 최대와 최소 응력의 중간에 대한 평균 응력을 의미한다. 그림에서도 볼 수 있는 바와 같이 ‘SAE bracket history’의 경우는 그림에서 볼 수 있듯이 산간 지방에서 적용할 수 있는 피로 하중조건이다.

Fig. 10은 모델 1, 2, 3 모델들에 대한 피로수명 등고선으로서 스테빌라이저의 종류에 따라 사용 가능한 수명들을 보여 주고 있다. 피로 수명은 최대 수명으로 된 부분

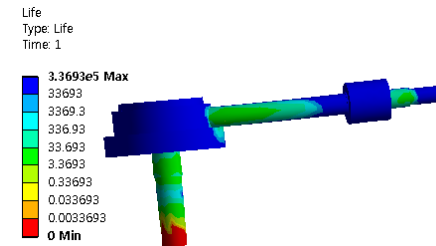
이 모델 3에서 가장 많음을 보이고, 모델 1, 모델 2순으로 되어 있다. Fig. 11은 등고선으로 된 피로 손상으로서 설계 수명을 사용 가능 수명으로 나눈 것이다. 피로 손상은 피로 수명에 관한 Fig. 10의 경우와 같이 모델 3에서 최고의 피로 손상이 되는 부분이 가장 적고 모델 1, 모델 2순으로 되어 있어 모델 2의 경우가 상당히 파단이 진행된 것을 볼 수 있다.



(a) Model 1

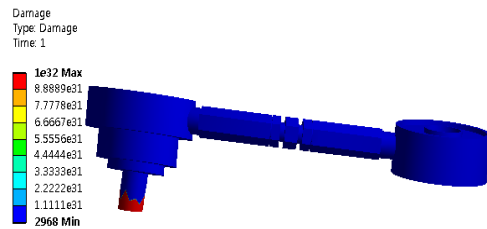


(b) Model 2

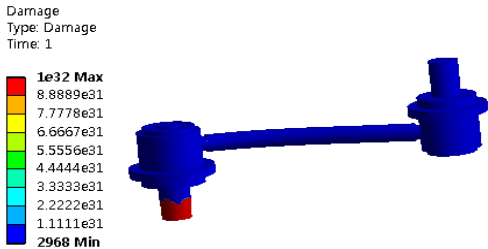


(c) Model 3

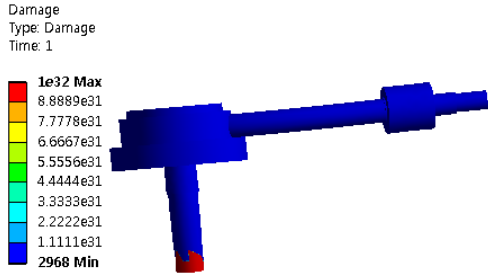
[Fig. 10] Contour plots of fatigue life



(a) Model 1

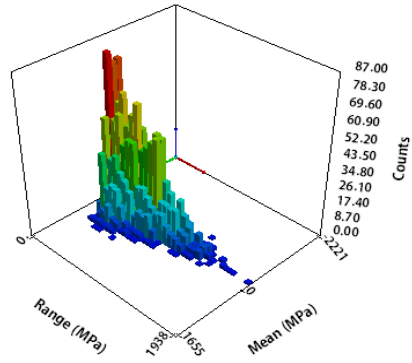


(b) Model 2



(c) Model 3

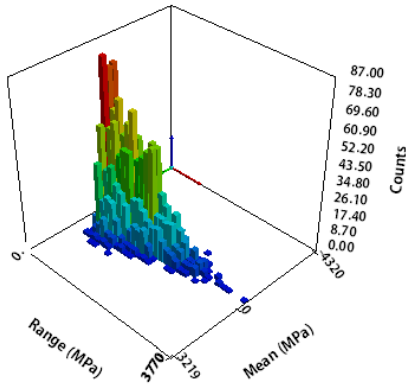
[Fig. 11] Contour plots of fatigue damage



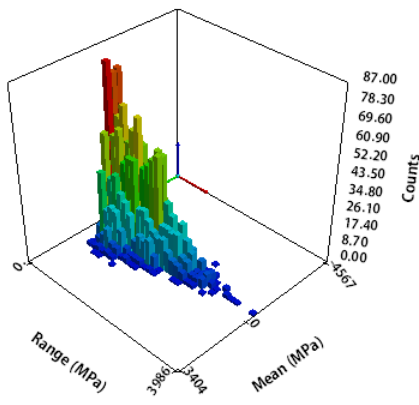
(c) Model 3

[Fig. 12] Contour plots of Rainflow matrices

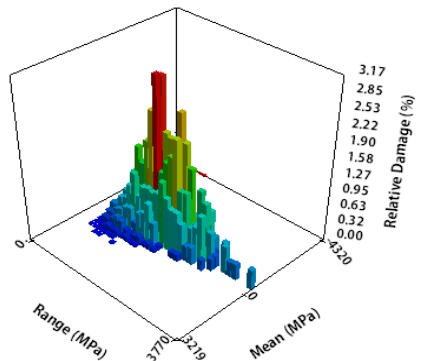
Fig. 12는 진폭 응력과 평균 응력에 대한 그 빈도수들로서 그려지는데, z축은 주어진 응력 진폭과 평균 응력에 대한 그 사이클들의 횟수로 나타내어지는 빈도수에 해당된다. 세 가지 모델들은 그 최대의 빈도수가 87정도이다. 단, 모델 1의 평균 응력범위는 -4320MPa부터 3219MPa이고 응력 진폭범위는 0MPa부터 3770MPa로서 평균 응력이 -300MPa 부근이며 진폭응력이 100MPa 부근에서 최대 빈도수가 나타났다. 모델 2의 평균 응력범위는 -4567MPa부터 3404MPa이고 응력 진폭범위는 0MPa부터 3986MPa로서 평균 응력이 -350MPa 부근이며 진폭응력이 200MPa 부근에서 최대 빈도수가 나타났다. 모델 3의 평균 응력범위는 -2221MPa부터 1655MPa이고 응력 진폭범위는 0MPa부터 1938MPa로서 평균 응력이 -150MPa 부근이며 진폭응력이 80MPa 부근에서 최대 빈도수가 나타났다. 모델 3이 그 빈도수가 일어나는 응력 상태의 구간이 훨씬 적어 가장 안정적인 것을 볼 수 있고, 모델 1, 모델 2 순으로 응력 상태의 구간이 커져서 불안정함을 보이고 있다.



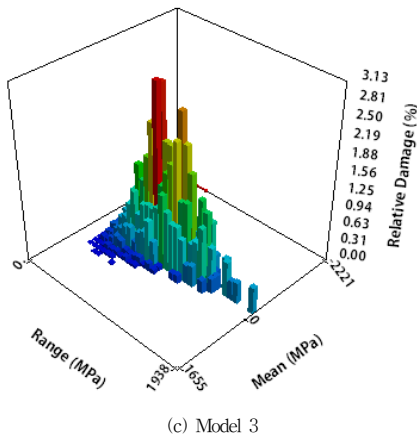
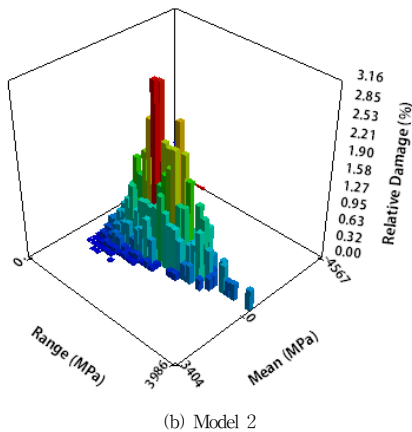
(a) Model 1



(b) Model 2



(a) Model 1



[Fig. 13] Contour plots of Damage matrices

Fig. 13은 세 가지 모델들에서 파손에 대한 가능성을 진폭 응력과 평균 응력에 대하여 Damage 매트릭스들에 대한 그림들을 표시하고 있다. 이 그림들은 불규칙 진폭 하중에 대해서만 적용되는데 10^9 Cycle은 설계수명으로서는 무한 수명이다. 그리고 피로 수명으로 그 설계 수명을 나누어 백분율로 표시하여 그 상대적 손상 가능성을 나타내고 있다. Fig. 13에서 보면 모델 1은 상대적인 손상은 평균응력이 -300MPa 이고 진폭응력이 1000MPa 의 경우로서 최대의 상대적인 손상의 범위가 약 3.17%를 보이고 있다. 모델 2는 상대적인 손상은 평균응력이 -310MPa 이고 진폭응력이 1500MPa 의 경우로서 최대의 상대적인 손상의 범위가 약 3.16%를 보이고 있다. 모델 3은 상대적인 손상은 평균응력이 -150MPa 이고 진폭응력이 500MPa 의 경우로서 최대의 상대적인 손상의 범위가 약 3.13%를 보이고 있다. 이 결과들을 통해서 세 가지 모델

은 이러한 응력 상태에서 파손의 가능성이 많다고 예측할 수 있다.

4. 결론

본 연구는 자동차 스테빌라이저의 형상에 따른 구조 및 피로 해석을 통하여 다음과 같은 해석 결과를 보였다.

- 1) 구조해석 결과, Model 1이 14.51MPa 의 최대의 등가응력과 0.0079925mm 의 최대변형량을 보이고 Model 2는 15.373MPa 의 최대의 등가응력과 0.0067129mm 의 최대의 변형량을 보이고 있으며 Model 3은 7.4521MPa 의 최대의 등가응력과 0.0083683mm 의 최대변형량을 보이고 있음을 알 수 있다. Model 3의 최대 등가응력이 제일 낮은 것으로 나타났다. Moment가 커지면 Model 3의 최대 등가응력이 마지막 항복응력을 넘은 것으로 예상된다. 즉 3개의 모델 중 Model 3이 다른 모델에 비하여 더 큰 하중을 견딜 수 있을 것으로 사료된다.
- 2) 피로해석 결과, 모델 3이 피로 수명은 가장 많음을 보이고, 피로 손상은 가장 적은 것을 확인하였다.
- 3) 모델 3이 피로의 빈도수가 일어나는 응력 상태의 구간이 훨씬 적어 가장 안정적인 것을 볼 수 있고, 모델 1, 모델 2 순으로 응력 상태의 구간이 커져서 불안정함을 보이고 있다. 또한 모델 3의 상대적인 손상은 평균응력이 -150MPa 이고 진폭응력이 500MPa 의 경우로서 최대의 상대적인 손상의 범위가 약 3.13%를 보이고 있다.
- 4) 본 연구의 결과를 종합하여 스테빌라이저의 부품 설계에 응용한다면 그 파손 방지 및 내구성을 검토할 수 있고 그 설계에 유용하게 활용될 것으로 사료된다. 그리고 디자인 면에서의 융합 기술로의 접목도 가능하여 미적인 감각을 나타낼 수 있다.

REFERENCES

- [1] J. U. Cho, M. S. Han, "Structural Durability Analysis According to the Thickness of Bicycle Frame Tube", Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol. 11, No. 3, pp. 122-129, 2012

- [2] J. M. Kim, K. T. Lee, H. Y. Kim, "Numerical Modeling to Evaluate Reat Crashworthiness for Round Recliner of Automotive Seats", Transactions of the Korean Society of Automotive Engineers, Vol. 17, No. 1, pp. 64-71, 2009.
- [3] T. K. Lee, B. S. Kim, "The structure of an Automotive Woofer Speaker", Journal of Korean Society of Mechanical Technology, Vol. 14, No. 2, pp. 19-24, 2012.
- [4] B. C. Yu, G. S. Lee, "A Study on the Development of Skateboard by Motion Capture and Theory of Inventive Problem Solving(TRIZ)", Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol. 24 No. 7, pp. 83-89. 2007.
- [5] J. S. Lee, "Design Parameters for Supporting Frame in a Twist screen", Journal of Korean Society of Mechanical Technology, Vol. 15, No. 2, pp. 85-91, 2013
- [6] H. K. Choi, J. U. Cho, "Structural Analysis on the Fracture of Bonded Double Cantilever Beam Model", Journal of Korean Society of Mechanical Technology, Vol. 14, No. 4, 2012.
- [7] J. K. Kim, B. H. Jang, Y. C. Park, K. H. Lee, "Durability Evaluation of Automobile Control Arm", Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol. 11, No. 4, pp. 168-172, 2012.
- [8] M. S. Han, J. U. Cho, "Structural and Fatigue Analysis on Shock Absorber Mount of Automobile", Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol. 11, No. 1, pp. 125-133, 2012.
- [9] G. H. Kang, C. S. Kim, "Damping Characterization of the Double-skin Aluminum Extruded Panels for Rolling Stock Carbody", Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society, Vol. 14, No. 7, pp. 3197-3202, 2013.
- [10] A. K. Kim, K. Tunvir, S. J. Park, G. D. Jeong, M. A. Hasan, S. S. Cheon, "Study on Compressive Behavior of Heterogeneous Al-alloy Foam by Cruciform-Hemisphere Model", Modelling and Simulation in Materials Science and Engineering, Vol. 14, Issue 6, pp. 933, 2006.
- [11] H. H. Kwon, K. J. Moon, S. E. Song, "Forging Process Analysis of the Multi-forging Die for the United Universal Pipe Joint of the Intermediate Shaft," Journal of the Korean Society of Manufacturing Technology Engineers, Vol. 19, No. 1, pp. 33-41, 2010.
- [12] S. N. Park, "Development Trend of Car Seat Technology", Journal of the Korea Society of Automotive Engineers, Vol. 31, No. 4, pp. 26-33, 2009.
- [13] J. H. Kim, D. U. Park, J. H. Lee, M. G. Kim, W. S. Yoo, "Evaluation of Ride Comfort considering Seat Vibration", Spring Conference of the Korean Society of Automotive Engineers, pp. 933-938, 2002.
- [14] H. Y. Kim, K. T. Lee, H. I. Choi, S. T. Kim, C. S. Park, D. J. Lee, "Structural Analysis for the Development of Round Recliner", Autumn Conference of the Korean Society of Automotive Engineers, pp. 1361-1366, 2003.
- [15] J. Swanson, 2009, Ansys 120.0, Ansys Inc., USA.

저자소개

조재웅(Jae-Ung Cho)

[중신회원]



- 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