

자동차 로우어 암의 내구성 및 응력 해석

조재웅*, 한문식⁺

(논문접수일 2009. 11. 02, 심사완료일 2010. 03. 09)

Durability and Stress Analysis On Automotive Lower Arm

Jae-Ung Cho*, Moon-Sik Han⁺

Abstract

The capability of automotive suspension system depends on steering safety of knuckle and lower control arm. In this study, light weight is applied with lower arm by the material of aluminium alloy. Distributed stress, fatigue life and proper vibration are analyzed with multiple loads happened by automobile. The durability of lower arm can be verified by the result of structural analysis.

Key Words : Automotive suspension system(자동차 현가장치), Light weight(경량), Fatigue life(피로 수명), Lower arm(로우어암)

1. 서론

기술발전으로 현대의 자동차는 고기능화, 고안전화 및 쾌적성을 추구하고 있다. 또한 차량의 성능향상을 목적으로 각종 부품은 소형화 및 경량화로 되는 추세이다. 기존의 자동차 부품소재로 많이 사용되어온 철강재료는 강도가 높고 성형성이 양호하고 가격도 저렴하여 자동차용 재료로 가장 많이 사용되고 있다. 그러나 자동차 재료의 사용추이를 보면, 1, 2차 오일쇼크를 겪으면서 경량화의 필요성이 증대되었고, 철강재료는 부분적으로 알루미늄이나 플라스틱 재료로 대체되면서 점차적으로 사용량이 줄어들고 있는 추세이다.

국내에서는 자동차 부품 새시계의 모듈화 및 경량화를 동

동시에 추진하면서, 구동부품과 차체부품을 알루미늄 주조 또는 단조재인 경량재료의 사용이 점차 증가하는 추세이다. 특히 승차감과 조종 안전성에 대한 소비자들의 인식이 높아감에 따라, 고속주행 시 차량의 주행성능을 확보하는 동시에 경량화를 할 필요가 있다. 현가장치의 성능은 장치가 차지하는 공간과 너클 및 로우어 컨트롤암의 조향 안전성 등에 의해 결정이 된다. 그 중에서 차축에서 프론트 액슬과 크로스 멤버를 연결하는 구조인 암은 현재의 생산방식과 알루미늄에 대한 재질변경에 따른 문제가 발생하여, 현장에서는 이를 해결하기 위한 연구가 진행되고 있다. 이와 같은 연구는 소재변경에 따른 생산방식의 개선과 구조적으로 다축하중을 받는 암^(1,2)을 각종 차량에 적용 시에 경량화에 상반되는 강

* 공주대학교 기계자동차공학부

⁺ 교신저자, 계명대학교 기계자동차공학부 (sheffhan@kmu.ac.kr)

주소: 704-701 대구광역시 달서구 달구벌대로 2800

도에 따른 안전성 여부의 검토와 그에 만족되는 내구성 있는 설계가 필수적이다⁽³⁻⁶⁾. 또한 자동차의 주행 중 반복하중으로 인한 부품의 피로파손에 대비한 설계의 필요성이 증대되고 있다.

따라서 본 연구에서는 압의 소재변경에 따른 경량화 요구와 강도저하에 따른 안전성 문제에 만족하는 설계와 피로 및 진동 등의 구조해석 방법을 이용하였다⁽⁷⁻¹¹⁾.

2. 본 론

본 연구에서 연구대상으로 하고 있는 로우어 컨트롤 암은 바퀴의 너클과 차체에 연결되어 자동차 현가장치를 구성하고 있다. 로우어 컨트롤 암에 작용하는 하중은 도로 주행시 일정하지 않은 도로조건과 외적요인으로 인한 랜덤하중과 구조적 요인인 다축하중이 발생한다⁽⁶⁻⁹⁾. 이러한 하중조건 하에서 로우어 컨트롤 암이 재료가 철강재료에서 알루미늄 재료로 대체된 경우의 경량화에 맞추어 강도에 따른 안정성 평가를 하였고 로우어 컨트롤 암에 대한 구조해석과 피로해석을 실시하였다. 특히 자동차에 발생하는 복합적인 하중을 고려하기 위해 임의의 하중이력 데이터를 이용하여 로우어 컨트롤 암의 피로 수명 해석을 수행하였다.

Fig. 1은 실차에 장착되어 사용되고 있는 독립 현가장치인 프린트 로우어 암을 나타내고 있는 것으로서 모델의 치수를 나타내고 있다.

차량이 주행할 때 지면으로부터 전달되는 힘은 각 부품을 거쳐 차량 전체에 영향을 끼친다. 이 과정에서 각 부품사이의 조인트 부분에는 반력이 존재하고 이 반력들은 매우 불규칙적인 진동으로 부품의 수명에 영향을 주게 된다. 로우어

암 모델의 메시 작업을 수행하고 Fig. 2에서 보는 바와 같이 절점이 71,153개와 요소가 43,716개인 육면체 요소로 분할하여 비선형 요소, 선형 및 비선형 재질, 소성 재질을 적용함으로써 복잡한 구조물의 해석을 할 수는 있는 ANSYS 12.0 프로그램⁽¹²⁾으로 해석하였다.

로우어 컨트롤 암에 대해서 Fig. 3과 같이 각 부시 부분들인 B에 대하여 Cylindrical Support조건으로 모든 방향에 대한 구속을 적용하였으며 하중 작용점인 볼 조인트 부분들인 A에 Z방향으로 하중을 적용하였다.

하중은 그랜저 TG의 공차중량 1600kg에 탑승인원의 무게를 예상하여 10000N을 적용하였다. 또한 로우어 암에 대한 알루미늄 합금 재료의 물성치는 Table 1과 같다.

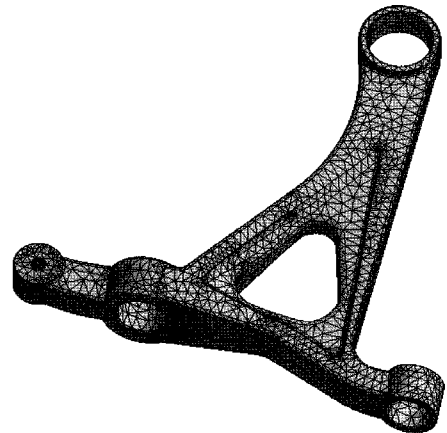


Fig. 2 Mesh of model

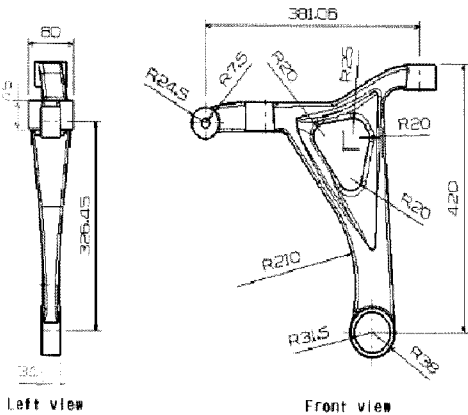


Fig. 1 Dimension of model (Unit: mm)

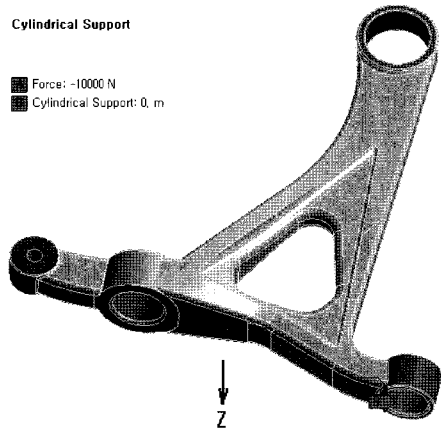


Fig. 3 Constraint conditions of model

Table 1 Material property

Properties	Values
Young's Modulus	$7.1 \times 10^4 \text{MPa}$
Poisson's Ratio	0.33
Density	2770kg/m ³
Tensile Yield Strength	280MPa
Compressive Yield Strength	280MPa
Tensile Ultimate Strength	310MPa
Compressive Ultimate Strength	0MPa

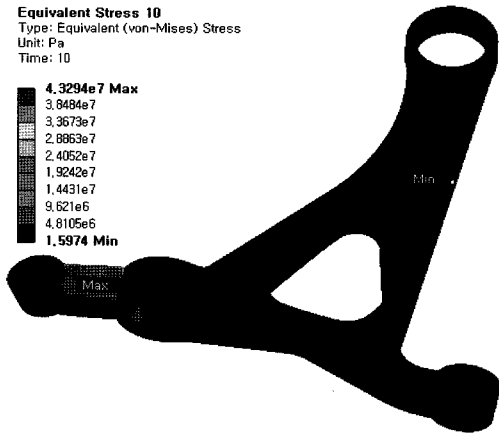


Fig. 4 Equivalent stress of model at elapsed time of 10 second

Fig. 4는 10초가 경과된 시점에서의 동적 구조 해석을 하였다. 곱힘에 의한 위험 부위로서, 부싱이 장착된 취약한 노치 부위에 가까운 리어부싱(Rear Bushing)부위가 응력을 가장 크게 받고 있음을 알 수 있었다. 또한 이 부위에서 응력값이 가장 높게 나온 로우어암의 응력 해석에 관한 기존 논문에서도 확인할 수 있었다⁽¹³⁾. 응력집중이 발생하는 부위의 최대인장 응력은 43.294MPa로서 재료인 알루미늄 합금의 인장항복강도인 280MPa에 비해 작은 값을 보여 안전한 설계를 확인하였다.

Fig. 5는 1차에서 4차에 이르는 고유 진동수에 대한 형상들을 보이고 있다. 고유 진동수에 따라 최대와 최소의 전변형량이 바뀔 수 있다.

Fig. 3과 같이 구속 조건을 주어 Fig. 6과 같이 Frequency Response를 확인하면 Frequency가 2380Hz일 때 최대의 진폭 변위를 갖는다. 이 Frequency에서의 Z 방향 변위를 확

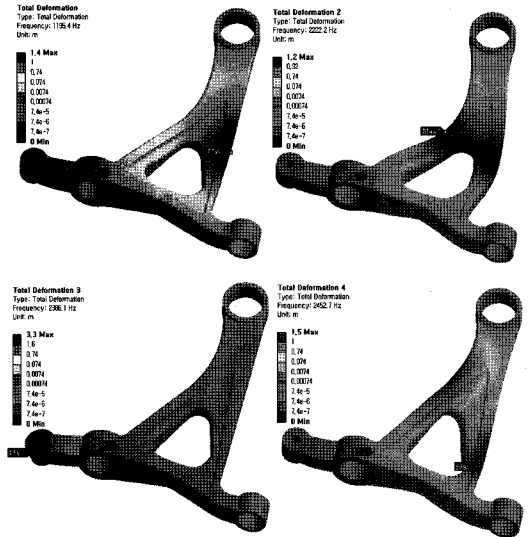


Fig. 5 Model configuration according to natural frequency

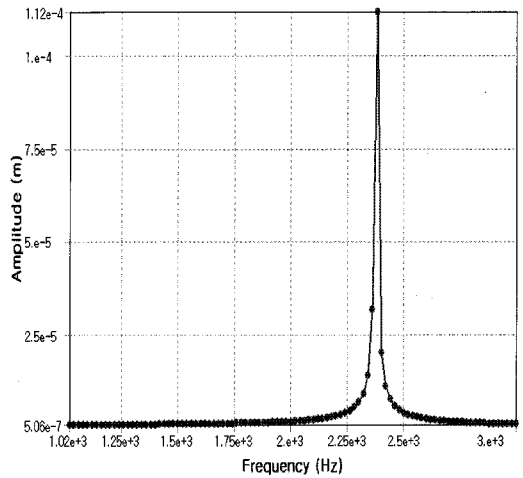


Fig. 6 Frequency response

인하면 Fig. 7과 같다.

Fig. 8은 피로 해석에 대한 하중이력을 나타내는 것으로서 기본하중에 대한 배율을 보이고 있다. 이에 대한 피로 수명은 Fig. 9와 같다. 로우어 컨트롤암의 리어부싱(Rear Bushing) 부위에서 국부적인 피로수명의 저하가 현저하게 나타남으로서, 이 부분을 고려한 피로특성 평가가 필요할 것으로 보인다.

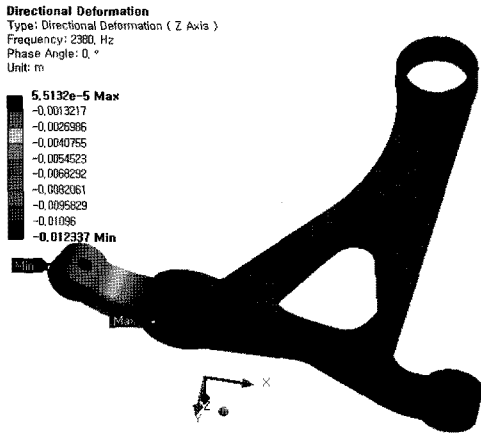


Fig. 7 Directional deformation of Z-direction at 2380Hz

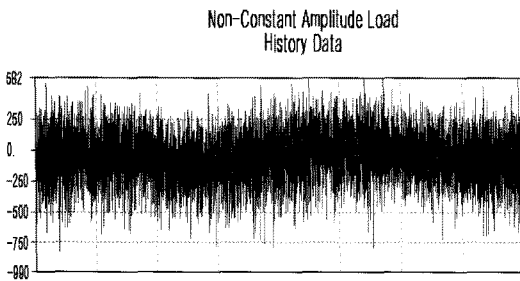


Fig. 8 Load history of fatigue analysis

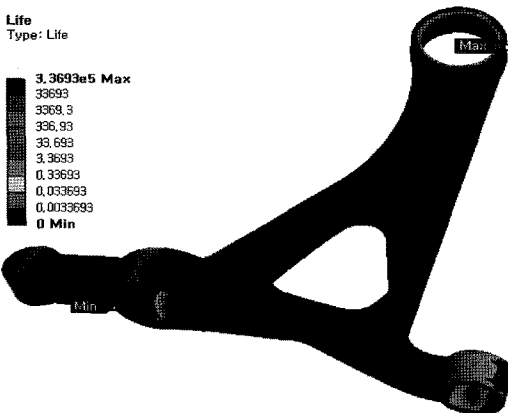


Fig. 9 Fatigue life of model

3. 결론

자동차 현가장치 부품인 알루미늄으로 된 로우어 암의 설

계 모델에 대한 응력, 피로 수명 및 내구성을 예측한 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 응력집중이 가장 크게 발생하는 리어부싱(Rear Bushing) 부위의 최대인장 응력은 43.294MPa로서 알루미늄 합금의 인장항복강도인 280MPa에 비하여 작은 값을 보여 안전한 설계 모델임을 확인하였다.
- (2) Frequency Response를 확인하면 Frequency가 2380Hz 일 때 최대가 되고 부위에서 위험성이 있음을 알 수 있었다.
- (3) 로우어 컨트롤암의 리어부싱(Rear Bushing)부에서 피로수명의 저하가 현저하게 나타났다.
- (4) 상기 결과를 바탕으로 알루미늄으로 되어 경량화가 된 로우어 암에 있어 내구성이 확보된 모델을 얻을 수 있었다.

참고 문헌

- (1) You, M. S., Kyun, O. H., and Bae, W. B., 2003, "A Study on the Manufacture of Lower Control Arm by Casting/Forging Process," *2003 Spring Conference Proceedings of the KSTP*, pp. 139~142.
- (2) Park, Y. C., Yun, D. P., Han, G. J., Bae, M. H., Jin, D. B., and Lee, B. J., 1998, "Stress Analysis of LOWER ARM for Change of Section Shape (I)," *Transactions of the KSAE*, Vol. 6, No. 1, pp. 99~107.
- (3) Kim, G. H., Kang, W. J., Kim, D. S., Ko, W. H., and Lim, J. Y., 2006, "The Durability Performance Evaluation of Automotive Components in the Virtual Testing Laboratory," *Transactions of the KSAE*, Vol. 14, No. 3, pp. 68~74.
- (4) Kim, J. S., Jeong, J. C., and Seo, S. I., 2007, "Durability Evaluation of a Composite Carbody for Korean Tilting Train under Repeated Loadings," *Journal of the Korean Society for Railway*, Vol. 10, No. 1, pp. 39~44.
- (5) Kim, M. S., Park, D. W., Park, S. J., and Yoo, W. S., 2004, "Durability analysis techniques of vehicle components," *2004 Spring conference Proceeding of the KSAE*, pp. 25~29.
- (6) Kwac, L. K. and Kim, H. H., 2009, "A Study on the Durability of a Wedge for Transportation of Rolled Steel Plates Using FEM," *Transactions of*

- KSMTE*, Vol. 18, No. 3, pp. 328~335.
- (7) Baek, W. K., 1994, "Stress Analysis and Fatigue Durability Test of Vehicle Suspension Components," *1994 Autumn conference Proceeding of the KSAE*, Vol. 2, pp. 424~431.
- (8) Kang, Y. G., Suh, H. C., Choi, S. H., Kwon, J. H., and Hwang, K. J., 2002, "Design system development of fatigue life and durability for exhaust system of vehicle," *2002 Spring conference Proceeding of the KSAE*, Vol. 2, pp. 883~888.
- (9) Kwon, J. H., 1994, "Review of Technology Status for Durability of Fatigue Life and Damage Tolerance in Aircraft Structural Design," *Journal of KSAS*, Vol. 22, No. 3, pp. 119~129.
- (10) Pinfold, M. and Calvert, G., 1994, "Experimental analysis of a composite automotive suspension arm," *Composites*, Vol. 25, No. 1, pp. 59~63.
- (11) Morris, C. J., 1986 "Composite integrated rear suspension," *Composite Structures*, Vol. 5, Issue 3, pp. 233~242.
- (12) Swanson, J., 2009, *Ansys 12.0*, Ansys Inc., USA.
- (13) Park, Y. C., Yun, D. P., Han, G. J., Bae, M. H., Jin, D. B., and Lee, B. J., 1998, "Stress Analysis of LOWER ARM for Change of Section Shape(I)," Vol. 6, No. 1, pp. 99~107.