

밸런스 바가 장착된 레이싱 스펙 브레이크 페달의 경량화 구조 해석을 통한 융합연구

오범석, 조재웅*
공주대학교 기계자동차공학부 교수

A Convergence Study through Structural Analysis for Lightweight of Brake Pedal for Racing Spec Installed with Balance Bar

Bum-Suk Oh, Jae-Ung Cho*
Professor, Division of Mechanical & Automotive Engineering, Kongju National University

요 약 본 연구에서는 4가지 모델의 밸런스 바가 장착되어 있는 레이싱 스펙의 브레이크 페달에 대한 경량화 구조해석을 수행하였다. 강과 알루미늄 합금 2개의 소재를 이용하여 4개의 형상들에 대하여 해석을 진행하였다. 일반적으로 사람이 자동차에 승차했을 때 발생할 수 있는 힘의 크기를 1000N이라 가정한다. 고정점은 볼트와 페달이 고정되는 부분과 마스터실린더의 압력이 상승해 작동이 멈추었을 때 Rod를 통하여 전달되는 응력을 받는 밸런스 바 장착 부분으로 지정하였다. 본 해석 연구를 통하여 각 브레이크 페달 모델의 취약점을 조사하고 브레이크 페달의 전달 효율성을 경량화에 의하여 증가할 수 있다고 사료된다. 본 연구결과를 토대로 얻은 브레이크 페달의 내구성 있는 설계데이터를 활용함으로써 실생활에서의 자동차 부품에 융합하여 그 미적 감각을 나타낼 수 있다.

주제어 : 구조해석, 브레이크 페달, 전변형량, 등가응력, 경량화, 융합

Abstract The structural analysis for light weight on the brake pedal of the racing spec installed with the balance bars of the four models were performed in this study. By utilizing two materials of steels and aluminum alloys, four shapes were analyzed. It is generally assumed that the magnitude of force a person may incur when riding in a car is 1000 N. The fixed points are designated as the parts at which the bolts and pedals are fixed and the mounting part of the balance bar applied by the stress transmitted through the rod when the pressure of the master cylinder rises and the operation stops. Through this analysis study, it is thought that the vulnerability of each brake pedal model can be investigated and the transmission efficiency of the brake pedal can be increased by light weight. As the design data with the durability of brake pedal obtained on the basis of this study result are utilized, the esthetic sense can be shown by being grafted onto the part of car at real life.

Key Words : Structural analysis, brake pedal, Total deformation, Equivalent stress, Light weight, Convergence

1. 서론

브레이크 페달은 자동차를 제동시키기 위하여 중요한

제품이고 자동차의 제동장치의 첫 번째 액츄에이터이며 마스터 실린더와 로드로 연결되어 있다. 그렇기 때문에 브레이크 페달은 충분한 강성이 필요하며 페달 중 가장

*Corresponding Author : Jae-Ung Cho(jucho@kongju.ac.kr)

Received July 26, 2019

Accepted October 20, 2019

Revised August 21, 2019

Published October 28, 2019

견고해야 된다. 그리고 제동력 배분을 위하여 일반적인 양산차량은 프로포셔널 밸브에서 고정식으로 앞, 뒤 제동력을 배분하지만 레이싱 스펙의 경우는 운전자가 원하는 만큼 제동력 배분을 수정할 수 있도록 페달 내부에 밸런스 바가 내장되어 있는 형상을 취하게 된다. 그만큼 페달 내부 공간을 필요로 하기 때문에 구조적으로 취약한 부분이 생길 수 있다. 따라서 본 연구에서는 구조해석을 통해 취약점을 파악하고 안전계수가 충분히 보장되는 범위에서 경량화를 진행하고자 한다. Model 1은 Steel 소재로서 경량화가 진행되지 않은 형상이며, Model 2는 Steel 소재로 경량화가 진행되었고 가공 방법은 레이저 커팅 후 용접을 하는 형상이다. 또한 Model 3은 알루미늄 합금을 이용하여 제작하고 경량화가 진행되지 않은 형상이고 Model 4는 알루미늄 합금이고 경량화가 진행되었으며 알루미늄 절삭가공으로 제작된 형상이다. 본 연구에서는 이러한 소재와 형상으로 구조해석을 하였다 [1-4]. 또한 해석 결과를 통하여 설계에 적용하였을 때 실제 실험을 하지 않고도 예측되는 결과를 잘 검증할 수가 있어서 본 논문 결과를 유용하게 사용할 수 있다고 사료된다[5-9]. 본 연구결과를 토대로 얻은 밸런스 바가 장착된 레이싱 스펙 브레이크 페달의 경량화 구조 해석에 대한 설계데이터를 활용함으로써 실생활에서의 자동차 부품에 융합하여 그 미적 감각을 나타낼 수 있다[10-13].

2. 연구 결과

2.1 해석모델

본 논문에서는 각각 레이싱 스펙의 밸런스 바가 내장되어 있는 브레이크 페달을 설계하였다[14-16]. Fig. 1과 같이 해석 모델들은 CATIA를 활용하여 구현했으며, 유한요소해석을 위하여 최대의 Mesh 사이즈는 2mm로 지정했으며 Table 1과 같이 각각의 요소와 절점수들을 볼 수 있다. 그리고 Model 1, 2는 Steel 소재의 브레이크 페달이고 Model 3, 4는 알루미늄 합금 소재의 브레이크 페달이다.

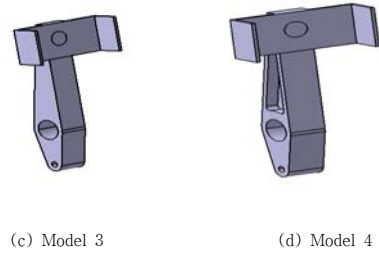
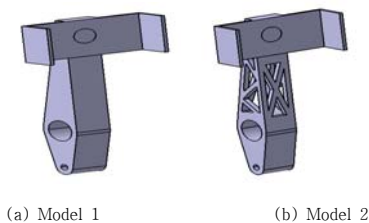


Fig. 1. Brake pedal models

Table 1. List of brake pedal model of 1, 2, 3 and 4

model	nodes	elements
model 1	42646	23808
model 2	45914	24079
model 3	33828	18392
model 4	22496	22496

2.2 모델에 대한 해석 조건

모델의 경계 조건은 Fig. 2에 나타나 있으며 사람의 발이 누르는 지점에 1000N을 가하도록 설정하였다. 또한 고정되는 지점은 실제로 볼트와 구속되어 있는 지점과 마스터 실린더의 압력이 반발되어 로드로 전해져오는 부분인 브레이크 페달과 밸런스 바가 맞닿는 면을 고정 지점으로 설정하였다. 각 모델에서는 붉은색 지점이 1000N의 힘을 가한 지점이고 파란 지점이 고정된 지점이다.

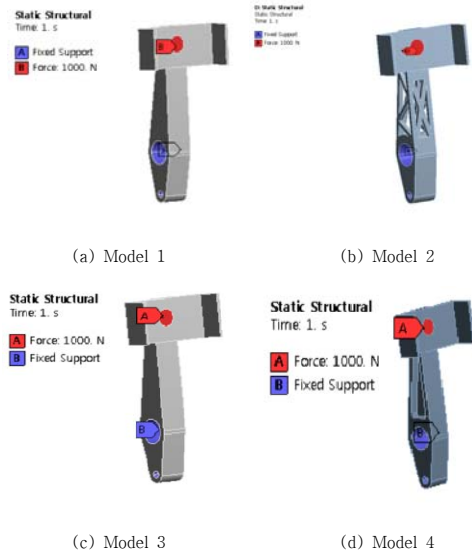


Fig. 2. Constraint conditions of models

2.3 해석결과

모델의 전변형량을 보았을 때 가장 적은 변형량이 나타난 모델이 가장 좋은 모델이라 할 수 있다. Fig. 3을 보았을 때 Model 1이 가장 적은 전변형량을 보여 주었다. 그러나 적합한 모델이라 생각하기에는 중량이 너무 무겁기 때문에 가장 좋은 모델이라고 판단하기에는 이를 수 있으나, Model 3은 전변형량 해석에서 가장 취약한 결과가 나타났다. 더 나아가 등가응력 결과나 안전계수를 종합 판단하여 좋은 모델을 찾을 필요성이 있다.

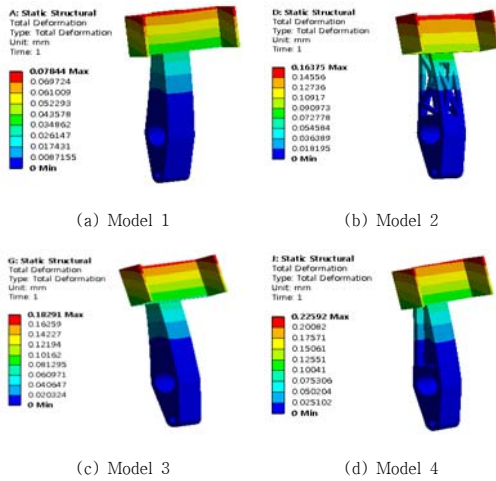


Fig. 3. Total deformations at models

Fig. 4는 모델들의 등가응력 등고선들에 관한 그림들로 최대의 등가응력들이 Model 1이 22.989MPa, Model 2가 138.48MPa, Model 3이 21.364MPa, Model 4가 22.989MPa이 나왔다. Model 3이 가장 낮은 결과를 보여 주었고 Model 2가 가장 높은 결과 값이 나왔다.

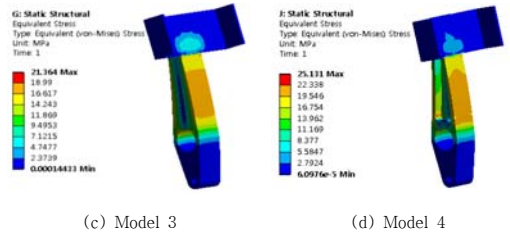
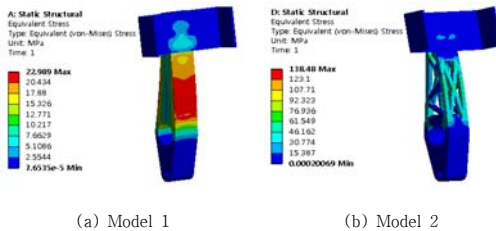


Fig. 4. Equivalent stresses at models

Fig. 5는 피로해석에 있어 안전계수를 나타낸 것들이다. 안전계수는 허용응력과 그 부재의 파괴 응력과의 비를 말한다. 그렇기 때문에 가장 쉽게 양산을 결정하는 요소가 된다. 최소의 안전계수는 Model 1은 3.7497이 나왔으며 Model 2는 0.62245, 그 다음은 Model 3이 3.8728이 나왔으며 마지막으로 Model 4에서는 3.2924가 나왔다. 그렇기 때문에 Model 2의 경우에 있어 양산에 있어서 더 많은 보강이 필요하며 Model 4의 경우 경량화가 되었음에도 Model 3과 비교해서 근소한 차이를 보여주었기 때문에 성공적인 경량화가 되었다고 사료된다.

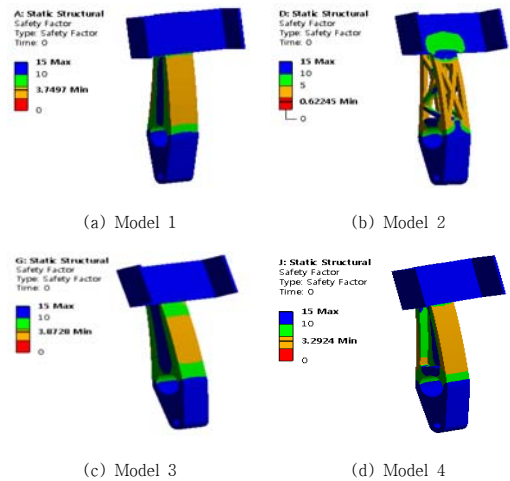


Fig. 5. Fatigue safety factors at models

Fig. 6과 같이 물체의 고유 진동수를 분석하는 Modal 해석을 진행하기 위한 모델별 구속 조건들이다. Modal 해석을 진행하는 이유는 자동차는 주행하면서 지속하여 불규칙한 진동이 발생되기 마련이고 미약한 힘이기도 하지만 ABS가 작동하게 되면 하중이 1초에 수십 번 작용하게 되기 때문에 고유 진동수 분석을 할 필요가 있다.

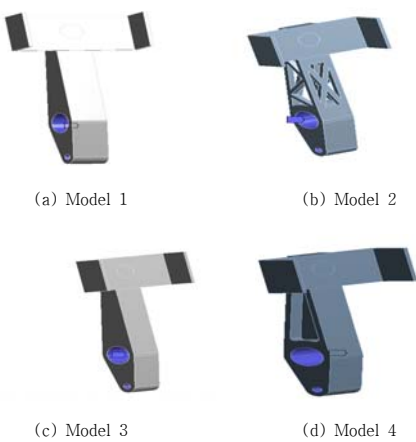


Fig. 6. Constraint conditions at modal analyses of models

Fig. 7부터 10은 Model 1, 2, 3, 4를 모델별로 모드 1부터 6까지 고유진동수에 대한 변형량 해석을 한 것이다. Model 1은 1483.4Hz에서 최대 변형량이 194.33mm 이 나왔고 Model 2는 1399.7Hz에서 245.99mm의 변형량이 나왔다. 그리고 Model 3은 1492.3Hz에서 321.98mm의 변형량이 나왔다. 마지막으로 Model 4의 경우는 1456.76Hz에서 변형량 332.76mm로 결과가 나왔다. Model 3이 진동수가 가장 높게 나왔고 변형량이 가장 큰 모델은 Model 4로 나타났다.

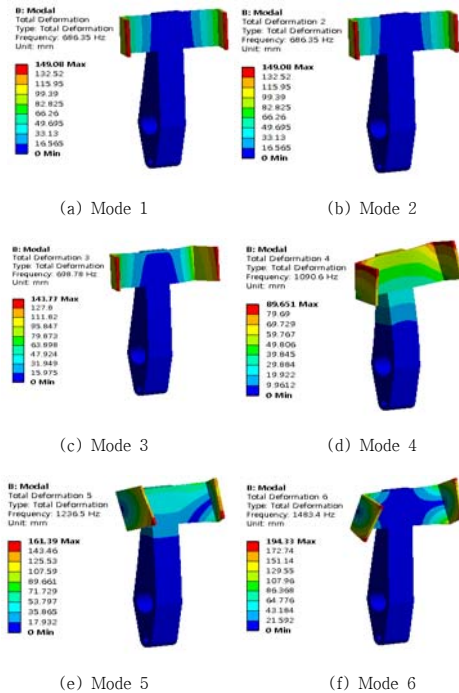


Fig. 7. Modal analyses due to mode at model 1

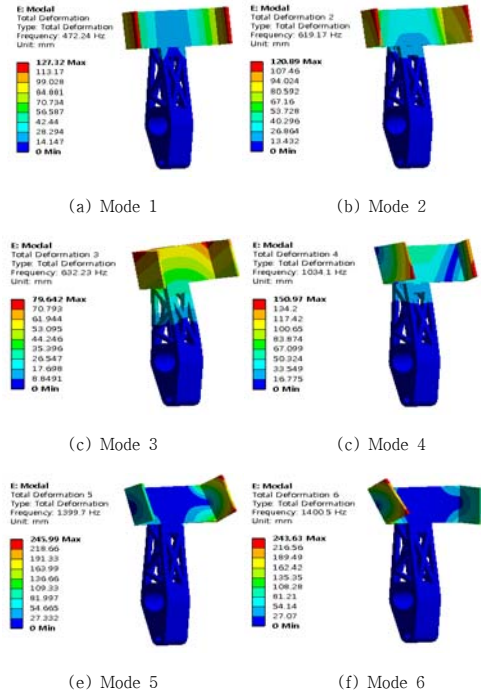


Fig. 8. Modal analyses due to mode at model 2

Model 1이 전반적으로 고유진동해석에서 최대 변형량도 작게 나오고 그 공진할 수 있는 최대진동수도 크게 나와서 Model 1이 내구성에 가장 양호한 모델이라는 것을 확인할 수 있었다.

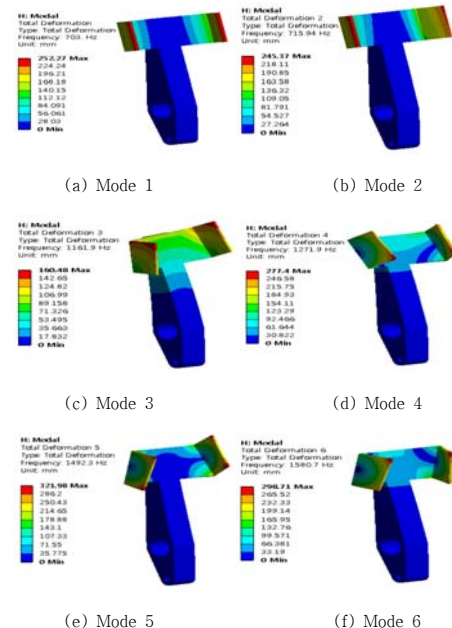


Fig. 9. Modal analyses due to mode at model 3

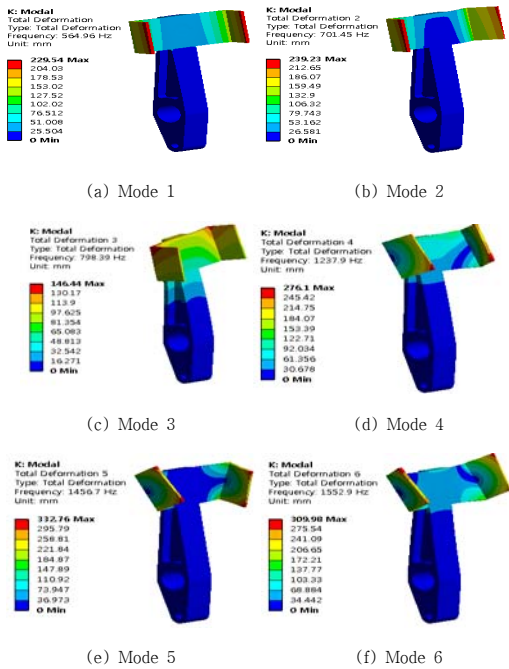


Fig. 10. Modal analyses due to mode at model 4

3. 결론

본 연구를 통하여 얻은 결론은 다음과 같다.

1. Model 1이 전반적으로 고유진동해석에서 최대 변형량도 작게 나오고 그 공진할 수 있는 최대진동수도 크게 나와서 Model 1이 내구성에 가장 양호한 모델이라는 것을 확인할 수 있었다.
2. Model 1이 경량화가 되지 않은 Steel이고 Model 2는 경량화가 된 Steel Type이었지만 안전계수가 충족되지 않아 적합하지 않은 모델임을 알아낼 수 있었다.
3. Model 4가 0.22592mm로 가장 큰 변형량을 보여주었으나 경량화가 되지 않은 Model 3과 비교하여 그다지 큰 차이를 보여주지 않았기 때문에 경량화에 있어서는 양호한 결과로 사료된다.
4. 본 연구결과를 토대로 얻은 밸런스 바가 장착된 레이싱 스펙 브레이크 페달의 경량화 구조 해석에 대한 설계데이터를 활용함으로써 실생활에서의 자동차 부품에 융합하여 그 미적 감각을 나타낼 수 있다.

REFERENCES

- [1] J. U. Cho & M. S. Han. (2011). Structural Analysis on Durability of Pedal. *Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers*, 10(4), 88–95.
- [2] S. H. Cho, S. K. Kang & H. G. Kim. (2016). Durability Analysis of Aluminum Alloy Brake Pedal Manufactured by Die Casting. *Journal of the Korean Society of Manufacturing Technology*, 25(3), 198–203. DOI :10.7735/ksmte.2016.25.3.198.
- [3] B. Y. Lee & H. W. Lee. (2006). Structural Analysis and Topology Optimization of an Automotive Pedal Arm Considering Qualification Test Specifications. *Journal of the Korean Society of Marine Engineering*, 30(5), 562–571.
- [4] M. S. Han & J. U. Cho. (2012). Structural and Fatigue Analysis on Bicycle Pedal. *Journal of the Korean Society of Manufacturing Technology Engineers*, 21(1), 51–57. DOI : 10.7735/ksmte.2012.21.1.051
- [5] J. S. Lee. (2018). Structural Analysis of a 24 Person Elevator Emergency Brake. *Journal of the Korea Convergence Society*, 9(12), 189–194. DOI : 10.15207/JKCS.2018.9.12.189.
- [6] J. W. Park & J. U. Cho. (2017). Convergence Study on Composite Material of Unidirectional CFRP and SM 45C Sandwich Type that Differs in Stacking Angle. *Journal of the Korea Convergence Society*, 8(7), 231–236. DOI :10.15207/JKCS.2017.8.7.231.
- [7] J. I. Lee. (2017). The Convergence Design for Stiffness and Structure Advancement of Automotive Body. *Journal of the Korea Convergence Society*, 8(4), 189–197. DOI :10.15207/JKCS.2017.8.4.189.
- [8] J. U. Cho. (2015). Study on Convergence Technique through Strength Analysis of Stabilizer Link by Type. *Journal of the Korea Convergence Society*, 6(1), 57–63. DOI :10.15207/JKCS.2015.6.1.057.
- [9] M. K. Park & B. G. Lee. (2018). A Study on the Structural Analysis of the Spindle of Swiss Turn Type Lathe for Ultra Precision Convergence Machining. *Journal of the Korea Convergence Society*, 9(5), 145–150.
- [10] S. Y. Oh. (2012). A Traffic Hazard Prediction Algorithm for Vehicle Safety Communications on a highway. *Journal of Digital Convergence*, 10(9), 319–324. DOI :10.14400/JDPM.2012.10.9.319.
- [11] K. H. Ko. (2018). An Estimating Algorithm of Vehicle Collision Speed Through Images of Blackbox. *Journal of Digital Convergence*, 16(9), 173–178.
- [12] J. H. Hyeon, Y. H. Moon & S. W. Ha. (2018).

Development of Automation Software for Corner Radius Analysis of Composite Laminated Structure. *Journal of Convergence for Information Technology*, 8(3), 107-114.
DOI :10.22156/CS4SMB.2018.8.3.107.

[13] J. H. Ku. (2017). A Study on the Platform for Big Data Analysis of Manufacturing Process. *Journal of Convergence for Information Technology*, 7(5), 177-182.
DOI :10.22156/CS4SMB.2017.7.5.177.

[14] Z. H. Wang, S. J. Byun & Y. C. Kwon. (2018). Fatigue and Vibration Analysis of Table according to Applied Loads. *Journal of Korean Society of Mechanical Technology*, 20(5), 568-573.

[15] B. H. Kim, K. C. Ahn & C. W. Lee. (2014). Dynamic characteristics of graphite/epoxy laminated composites. *Journal of Korean Society of Mechanical Technology*, 16(4), 1653-1658.

[16] D. S. Kang, E. I. Jung, K. H. Kim, I. C. Baek & C. S. Yi. (2019). Structural Analysis of a Carriage Shuttle System : A Material Supply Device for Small-Scale Machine Tools. *Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers*, 18(4), 62-68.
DOI :10.14775/ksmppe.2019.18.4.062.

오 범 식(Bum-Suk Oh)

[정회원]



- 1980년 2월 : 인하대학교 기계공학과(공학사)
 - 1982년 2월 : 인하대학교 기계공학과(공학석사)
 - 1987년 2월 : 인하대학교 기계공학과(공학박사)
 - 1989년 3월 ~ 현재 : 공주대학교 기계·자동차공학부 교수
- 관심분야 : 기계 및 자동차 부품 의 강도평가 및 파손해석
· E-Mail : bumsoh@kongju.ac.kr

조 재 응(Jae-Ung Cho)

[정회원]



- 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
· E-Mail : jucho@kongju.ac.kr