

후륜 토션빔 서스펜션에 대한 구조해석에 의한 융합연구

최계광¹, 조재웅^{2*}

¹공주대학교 금형설계공학과 교수, ²공주대학교 기계자동차공학부 교수

A Convergence Study by Structural Analysis on Torsion Beam Suspension of Rear Wheel

Gye-Gwang Choi¹, Jae-Ung Cho^{2*}

¹Professor, Department of Metal Mold Design Engineering, Kongju national University

²Professor, Division of Mechanical & Automotive Engineering, Kongju National University

요 약 본 연구에서는 토션빔 후륜 서스펜션의 형상에 따른 구조 및 피로 해석을 하였다. 실제 토션빔 서스펜션의 형상과 비슷한 3종류의 모델들을 해석하여 어떤 것이 강도상에서 가장 좋은 지를 알아본다. 토션빔 서스펜션의 모델들은 CATIA 프로그램을 통하여 Model A, B, C 3종류로 설계하였고 ANSYS 프로그램을 이용하여 구조 및 피로 해석의 결과들을 얻었으며, 어떤 Model이 다른 모델에 비해 더 나은 구조적 형상인지 확인한다. 해석 결과에 따르면 변형은 주로 가운데 부분에서 가장 크게 발생하며 Total deformation의 경우 Model B가 model A, C 에 비하여 변형이 가장 적었다. 마찬가지로 Equivalent stress에서도 Model B가 가장 작은 값이 나타난 것으로 보아 Model B가 가장 강도적인 면에서 가장 좋은 것으로 판단되었으며, 후륜 토션빔 서스펜션 설계 시에 디자인 예술과 융합하는 것이 가장 효율적이라고 사료된다.

주제어 : 구조 및 피로 해석, 토션빔, 변형, 강도, 융합, 등가응력

Abstract In this study, the structural and fatigue analyses were carried out according to the configuration of rear wheel suspension of torsion beam. Three types of models similar to the actual torsional beam suspension are analyzed and we will find out which one is best on strength. The models of torsion beam suspension were designed in three types of models A, B and C through CATIA program and the results of structural and fatigue analyses were obtained by using the ANSYS program. We will confirm which model is better structurally than other models. According to the analysis results, the deformation happens to be the largest in the middle, and model B has the least deformation compared to model A and C. Similarly, model B is shown to have the smallest result at equivalent stress. So, model B is judged to be the best in terms of its strength, and it is thought to be the most efficient to converge into art design at the suspension design with a torsion beam of rear wheel.

Key Words : Structue and fatigue analyses, Torsion beam, Deformation, Strength, Convergence, Equivalent stress

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

Received June 28, 2019

Accepted September 20, 2019

Revised July 23, 2019

Published September 28, 2019

1. 서론

차량의 엔진성능이 점점 발전해 감에 따라서 일반적인 차량들 사이에서도 점점 고풍력 차량들의 등장이 많아지고 그에 상응하는 주행성능 역시 점점 좋아지고 있는 추세이다. 차량의 주행성능, 승차감 등의 요소를 결정짓는 중요한 요소 중의 하나인 현가장치는 차량의 바퀴와 차체 사이에서 차량이 주행 중 노면에 의하여 발생하는 충격을 완화시켜 주행안정성과 차량 탑승객의 안락한 이동을 돕는 역할을 수행한다. 자동차의 현가장치는 전륜에 주로 쓰이는 방식들과 후륜에 주로 쓰이는 방식들로 나뉘는데 일반적인 승용차의 경우 맥퍼슨스트럿(MacPherson strut suspension)방식, 더블위시본(Double wishbone spension)방식 등이 전륜에 주로 쓰이며 후륜에는 멀티링크(Multi-link suspension), 토션 빔(Torsion beam suspension)이 주로 사용되며 상용차에는 큰 무게지탱을 위하여 판스프링이나 리지드 액슬 서스펜션(Rigid axle suspension)방식이 적용된다. 이처럼 현가장치는 여러 종류로 나누어져 있으며, 차량의 특성 및 쓰임새에 따라서 그에 적합한 방식의 현가장치가 차량에 적용된다. 현가장치의 각 방식마다 장단점이 존재하는데 토션 빔 현가장치의 경우 구조적 단순함과 경제성의 이유로 주로 중소형 차량에 적용되고 있다. 현가장치는 차체의 움직임에 매우 중요한 역할을 수행하므로 이곳에 문제가 발생하게 된다면 차량의 무게 밸런스가 무너지게 되고 정상적인 주행이 불가능해지며 조향능력을 상실하여 사고로 연결될 수 있다. 이에 따라 각 현가장치의 설계는 신중하게 고려되어야 한다. 토션 빔 후륜 현가장치의 경우에는 좌우 바퀴가 빔(Beam) 하나로 연결되어 있어서 비틀림(Torsion)에 의해 노면으로부터의 충격을 완화시켜주는 역할을 수행하는데, 빔의 형상이나 받는 힘(Force)에 따라 나타나는 운동이 다르고 차량이 움직이는 동안에 꾸준히 비틀림을 받음으로서 차량의 무게 등 여러 요인에 적합한 안정적인 토션 빔의 구조설계가 필요하다. 따라서 본 연구에서는 토션 빔 서스펜션의 구조해석을 통하여 토션 빔 서스펜션의 피로 내구성을 파악하였다[1-9]. 또한 해석 결과를 통하여 설계에 적용하였을 때 실제적으로 실험을 하지 않고도 예측되는 결과를 검증할 수가 있어서 본 논문의 해석 결과를 유용하게 사용할 수 있다고 사료된다. 본 연구결과를 토대로 얻은 내구성과 안정성 있는 후륜 토션빔 서스펜션의 설계데이터를 활용함으로써 실생활에서의 자동차 부품에 융합하여 그 미적 감각을 나타낼 수 있다.

2. 연구결과

2.1 연구모델

모델의 형상은 실제 쓰이고 있는 토션 빔 서스펜션의 모양을 참고하여 CATIA 프로그램을 이용하여 3D 모델링을 하였다. 토션빔 서스펜션 모델은 Fig. 1과 같다.

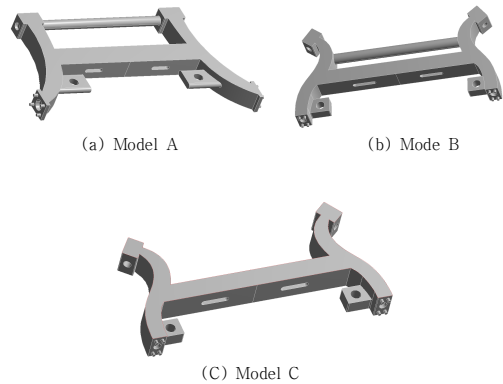


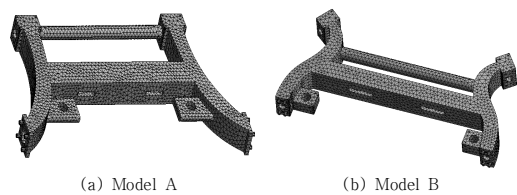
Fig. 1. Types of models

2.2 구속조건

모델의 재질은 주로 쓰이는 구조용 강으로 하였고 그 물성치를 Table 1에 표시하였다. 모델들의 Mesh수는 Model A, B, C 순서대로 32353, 31460, 34339로 설정하였으며, Fig. 2에서는 Mesh수가 설정된 모델들을 나타내었다.

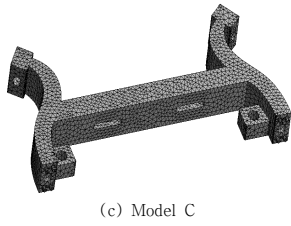
Table 1. Structural steel property

| | |
|---------------------------------|--------|
| Young's Modulus (MPa) | 200000 |
| Poisson's Ratio | 0.3 |
| Density (kg/m ³) | 7850 |
| Tensile Yield Strength (MPa) | 250 |
| Compressive Yield Strength(MPa) | 250 |
| Tensile Ultimate Strength(MPa) | 460 |



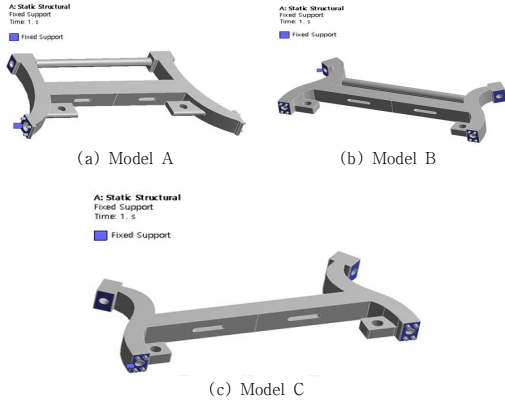
(a) Model A

(b) Model B



(c) Model C

Fig. 2. Meshes of models



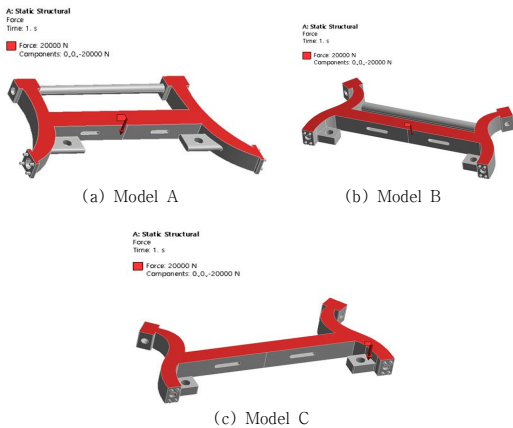
(a) Model A

(b) Model B

(c) Model C

Fig. 3. Fixed supports of models

모델 A, B, C에서 차체에 연결되는 부분들을 고정하였고 Fig. 3에 그 고정 조건들을 나타내었다. 차량 주행 중, 요철 등에 의해 순간적으로 큰 비틀림 하중을 받는 부분과 차량의 무게를 지탱하는 것을 고려하여 토션 빔의 윗부분에서는 Z방향으로 -20000N 을 작용시켰고 Fig. 4에 모델별 그 하중 조건들을 나타내었다.



(a) Model A

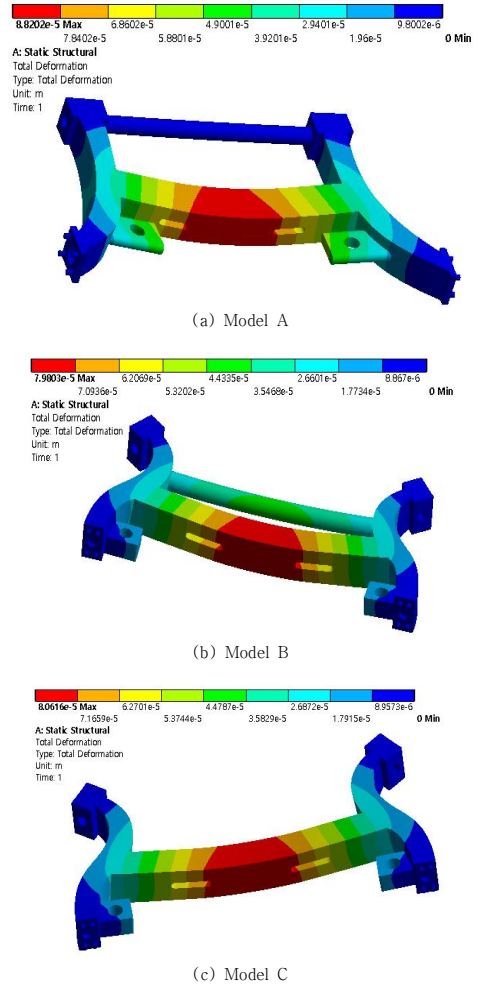
(b) Model B

(c) Model C

Fig. 4. Force conditions of models

2.3 구조 및 피로해석

모델들의 구조해석을 통하여 모델 A, B, C별 전변형량의 결과를 Fig. 5에 나타내었다[10-17].



(a) Model A

(b) Model B

(c) Model C

Fig. 5. Total deformations at models

Fig. 5에서는 전변형량의 등고선들을 나타내었다. 각 모델 별 최대 전변형량은 모델 A, B, C에 대하여 $8.82 \times 10^{-5}\text{m}$, $7.98 \times 10^{-5}\text{m}$, $8.06 \times 10^{-5}\text{m}$ 가 되었다. 이 그림들에서와 같이 변형이 가장 많이 일어난 부분은 빔(Beam)의 중앙부분인 것을 볼 수 있다.

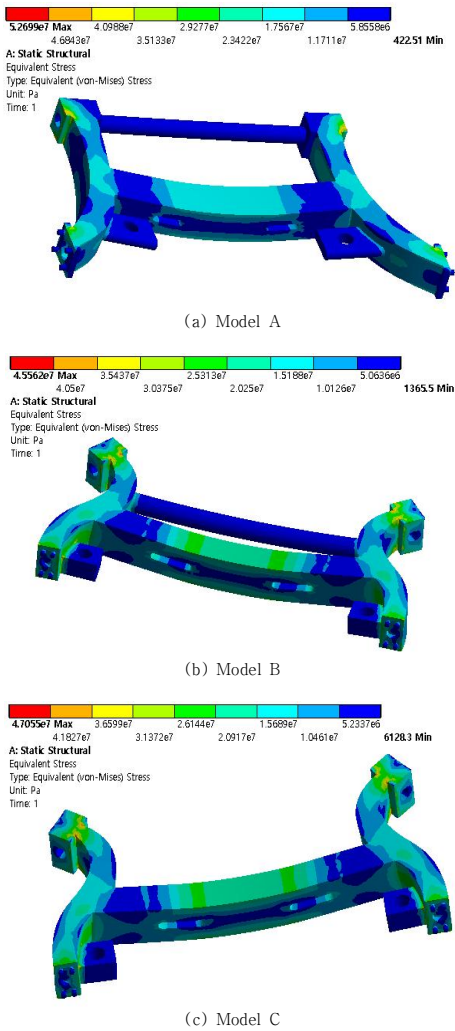


Fig. 6. Equivalent stress at models

Fig. 6에서는 모델별 등가응력의 등고선들을 나타내었으며 이 그림들에서와 같이 각 모델의 최대 등가응력 값들은 A, B, C 순서대로 $5.27 \times 10^7 \text{Pa}$, $4.56 \times 10^7 \text{Pa}$, $4.71 \times 10^7 \text{Pa}$ 이 되었다. 이 그림들에서와 같이 하중을 가장 크게 받는 부분은 빔(Beam)의 중앙부분인 것을 볼 수 있다.

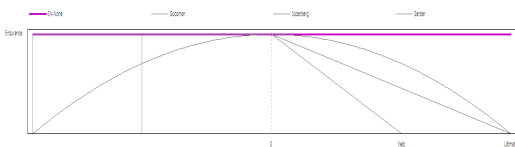


Fig. 7. Mean stress correction theory

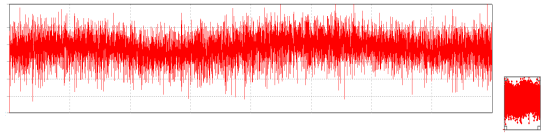


Fig. 8. Load histories(SAE bracket history) at nonuniform fatigue loads

Fig. 7과 같이 평균 수정 응력 곡선을 나타내는데 연성 재료에 적합한 Goodman이론을 적용하였다. Fig. 8은 불규칙 피로 하중조건들의 종류들을 나타낸 그림들로서 바위 등 산간지역에서의 극심한 환경에서 작업할 수 있는 피로 하중 유형으로서의 SAE bracket history의 경우를 나타내고 있다. 경과 사이클들에 대한 응력 진폭과 일정한 평균 응력의 내역을 나타낸다. Fig. 7과 Fig. 8을 이용하여 모델별 수명(Life) 결과를 구하여 Fig. 9와 같이 각 모델별 피로 수명의 등고선을 나타내었다.

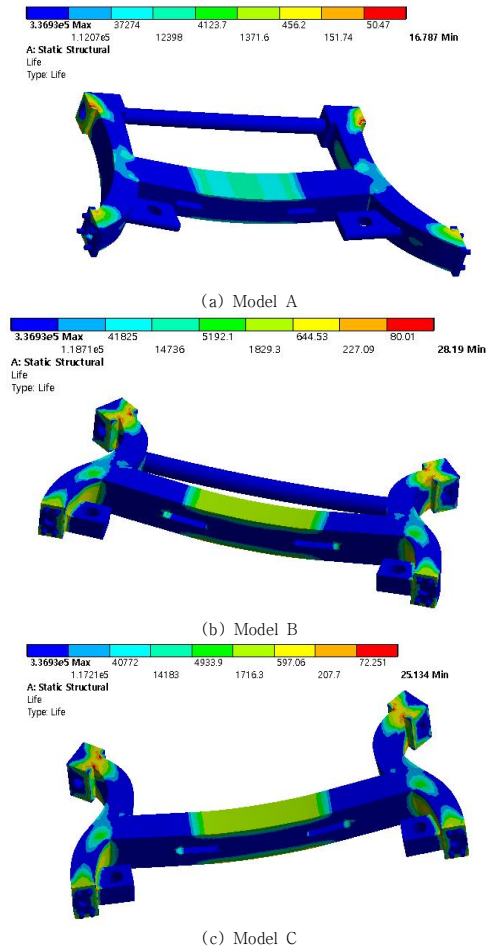


Fig. 9. Fatigue lives of models

Fig. 9에서 볼 수 있는 바와 같이 Model A에서는 SAE bracket history를 적용하였을 때 피로수명은 최대값이 3.37×10^5 , 최소값이 16.79가 나왔고 Model B는 최대값이 3.37×10^5 , 최소값이 28.19가 나왔고 Model C는 최대값이 3.37×10^5 , 최소값이 25.134가 되었다. Model A, B, C 공히 SAE bracket history인 피로 하중을 적용한 결과, 최대수명이 3.37×10^5 이 되었다. 최소 피로 수명으로 비교하여 본 바, Model B가 상대적으로 Model A 나 Model C 보다는 전체적으로 최대수명을 좀 더 유지하는 결과가 나온 것을 확인할 수 있었다.

3. 결론

본 연구에서는 후륜 토션 빔의 구조해석을 위해 CATIA 프로그램을 이용하여 실제 토션 빔 서스펜션과 비슷하게 모델링을 하였고 3종류의 Model A, B, C를 가지고 ANSYS를 이용하여 구조 및 피로 해석을 통하여 얻은 결과는 다음과 같다.

- 1) 해석 결과에 따르면 변형은 주로 가운데 부분에서 가장 크게 발생하며 전변형량의 경우, Model B가 Model A, C에 비하여 7.98×10^{-5} m로 최대 변형이 가장 적게 발생하였고, 마찬가지로 등가응력에서도 Model B가 최대 응력이 4.56×10^7 Pa로 가장 작은 값을 보였다.
- 2) 해석을 통한 결과를 종합해보면 전체적으로 Model B가 다른 두 Model A, C에 비하여 강도면에서 좀 더 안정적인 구조임을 확인할 수 있다.
- 3) 본 연구를 통해 후륜 토션빔 서스펜션의 구조적 해석을 시행한 결과 내구성 측면에서 실제 토션 빔 서스펜션의 설계에 적용할 수 있다고 사료된다.
- 4) 피로해석에는 Model A, B, C 공히 SAE bracket history인 피로 하중을 적용한 결과, 최대수명이 3.37×10^5 이 되었다. Model B가 상대적으로 Model A 나 Model C 보다는 전체적으로 최대수명을 좀 더 유지하는 결과가 나온 것을 확인할 수 있었다.
- 5) 본 연구결과를 토대로 얻은 내구성과 안정성 있는 후륜 토션빔 서스펜션의 설계데이터를 활용함으로써 실생활에서의 자동차 부품에 융합하여 그 미적 감각을 나타낼 수 있다.

REFERENCES

- [1] 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
- [2] M. J. Kang & J. U. Cho. (2014). A Study on Structural Durability due to the Configuration of Ripper at Excavator. *Journal of the Korea Convergence Society*, 5(2), 13-18. DOI : 10.15207/JKCS.2014.5.2.013
- [3] K. K. Choi & J. U. Cho. (2018). A Convergence Study through Durability Analysis due to the Shaft Length of Automotive Constant Velocity Joint. *Journal of the Korea Convergence Society*, 9(8), 179-184.
- [4] 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
- [5] J. H. Lee & J. U. Cho. (2015). Study on Convergence Technique through Structural Analysis due to the Configuration of Guitar. *Journal of the Korea Convergence Society*, 6(4), 9-14.
- [6] Y. 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.
- [7] B. H. Lee, C. R. Lee, Y. J. Jeong & B. H. Kim. (2018). A Study on the Structural Analysis of Electric Vehicle Rotor Shaft for Light-Weight. *Journal of Korean Society Mechanical Technology*, 20(2), 154-159.
- [8] Z. H. Wang & Y. C. Kwon. (2018). Structural Analysis of Center Pillar according to Applied Load. *Journal of Korean Society Mechanical Technology*, 20(4), 401-406.
- [9] 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/ksmp.2019.18.4.062
- [10] J. H. Kim. (2016). Structural Analysis of the Valve Block of a Swash Plate-Type Axial Piston Pump. *Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers*, 15(3), 52-57. DOI : 10.14775/ksmp.2016.15.3.052
- [11] J. W. Choi. (2015). Automation of One-Dimensional Finite Element Analysis of a Direct-Connection Spindle System of Machine Tools Using ANSYS. *Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers*, 14(2), 127-133.
- [12] D. B. Kim, G. T. Lee, I. H. Lee & H. Y. Cho. (2015). Finite Element Analysis for Fracture Criterion of PolyJet Materials. *Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers*, 14(4), 134-139.

DOI : 10.14775/ksmpe.2015.14.4.134

- [13] Y. J. Kim. (2014). FE Analysis of Forging Process for Improving Tool Life in Hot Forging of CV Joint Outer Race. *Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers*, 13(3), 56-62.
DOI : 10.14775/ksmpe.2014.13.3.056
- [14] 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
- [15] J. L. Cui, M. H. Chey & S. I. Kim. (2016). Seismic Performance of Urban Structures with Various Horizontal Irregularities using Equivalent Static Analysis. *Journal of Convergence for Information Technology*, 6(1), 25-32.
DOI : 10.22156/CS4SMB.2016.6.1.025
- [16] M. S. Koh, S. K. Kwon & S. Lee. (2015). A Study for the Dynamic Characteristics and Correlation with Test Result of Gantry Robot based on Finite Element Analysis. *Journal of Digital Convergence*, 13(1), 269-274.
DOI : 10.14400/JDC.2015.13.1.269
- [17] W. B. Lee, S. H. Ryu, W. Y. Hao & B. P. Kyung. (2015). Dismantling Simulation of Nuclear Reactor Using Partial Mesh Cutting Method for 3D Model. *Journal of Digital Convergence*, 13(4), 303-310.
DOI : 10.14400/JDC.2015.13.4.303

조 재 응(Jae-Ung Cho)

[중신화원]



- 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

최 계 광(Gye-Gwang Choi)

[장학원]



- 1993년 2월 : Pusan University of Technology Metal mold Engineering (공학사)
- 1995년 8월 : 국민대학교 대학원 기계설계학과 (공학석사)
- 2005년 2월 : 국민대학교 대학원 기계설계학과 (공학박사)
- 2005년 8월 : (주) 현대배관 기술부장
- 2006년 5월 ~ 현재 : 공주대학교 금형설계공학과 교수
- 관심분야 : 3D CAD, CAM Programing
- E-Mail : cckkwang@kongju.ac.kr