

계절별 기차선로 이음새에서의 내구성 해석을 통한 융합적 고찰

오범석, 조재웅*
공주대학교 기계자동차공학부 교수

Convergent Investigation through Durability Analysis at the Seam of Railroad Track by Season

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

요 약 본 연구에서는 운행하는 기차의 바퀴와 선로 사이에서의 마찰접촉에 의한 열팽창에 따른 선로 간의 이음새의 떨어진 간격에 따라서 그 선로에 대한 구조해석을 하였다. 이음새의 간격이 넓은 조건, 즉 겨울철 조건(모델 B)이 이음새의 간격이 좁은 조건인 여름철 조건(모델 A)보다 똑같은 힘을 주었을 때 등가 응력과 전변형량이 더 발생한다는 것을 알 수 있다. 본 연구 결과를 기차선로 설계에 응용한다면 피로 파손 방지 및 그 내구성을 증대시키는데 활용성이 클 것으로 사료된다. 계절별 기차선로 이음새에서의 내구성 해석을 적용함으로써 본 연구 결과가 미적인 설계에 응용되는 융합 연구에 유리하다고 보여진다.

주제어 : 기차선로, 이음새, 구조해석, 열응력, 변형량, 내구성, 융합

Abstract In this study, the structural analysis of the track was performed according to the gap between the rails due to thermal expansion by the frictional contact between the wheels of the train in motion. The equivalent stress and total deformation at the condition for which the gap between joints are wide as the winter condition (model B) can be seen to happen more than at the summer condition (model A) in which the joints are narrow. If the results of this study are applied to the design of railway tracks, it is thought to be highly useful in preventing fatigue failure and increasing its durability. By applying the durability analysis at the seam of railroad track by season, this investigation result is seen to be favorable as the convergent research applied to the aesthetic design.

Key Words : Railroad track, Seam, Structural analysis, Thermal analysis, Deformation, Durability, Convergence

1. 서론

기차의 선로는 기차가 다니는 길이지만 중간 중간 틈이 있는 것을 보게 된다. 그 틈을 이음새라고 칭하며 그 이음새로 인하여 기차가 덜컹거리는 느낌을 받게 되는데 계절의 열팽창으로 인하여 이음새의 간격은 여름과 겨울

에 큰 폭으로 차이가 나게 된다. 기차의 큰 무게가 선로 위를 달리기에 작용 반작용 법칙으로 힘을 받기 때문에 강한 응력을 받게 된다. 기계 부품을 설계시에는 구조 해석[1–6]을 통하여 각 부품의 내구도를 평가 및 확인할 수 있다[7–12]. 본 연구에서는 운행하는 기차의 바퀴와 선로 사이에서의 마찰접촉에 의한 열에 의하여 팽창을 받

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

Received February 6, 2020

Accepted April 20, 2020

Revised March 27, 2020

Published April 28, 2020

아서 그 이음새가 벌어짐을 가정하였다. 따라서 선로 간의 이음새의 떨어진 간격에 따라서 그 선로에 대한 구조 해석을 하였다. 본 연구 결과는 기차의 탈선방지과 승차감 안전성을 높이기 위해 활용성이 클 것이라고 사료된다[13-16]. 본 논문에서의 연구 결과는 실제적으로 계절별 기차선로 이음새에서의 내구성 실험을 하지 않고서도 기차선로 이음새에서의 내구성을 추측할 수 있어 실제적으로 계절별 기차선로 이음새에서의 내구성있는 설계에 유용하게 적용할 수 있다. 또한 본 연구 결과가 미적인 설계에 응용되는 융합연구에 유리하다고 보여진다 [17-20].

2. 본론

2.1 모델링

본 연구에서의 기차 선로 이음새인 모델 A의 크기는 두께, 길이, 높이 각각 190mm, 3001mm, 275.045mm이며, 모델 B의 크기는 각각 190mm, 3010mm, 275.045mm이다. Fig. 1과 같이 모델 A, 모델 B로 나뉘며 모델들은 구조용 강으로서 기차레일과 연결대, 그리고 기차 바퀴(1개)로 구성되어 있다. 모델 A의 해석상 절점수는 53903개이며 요소수는 29450개이며 모델 B의 해석상 절점수는 53887개이며 요소수는 29444개로 지정하였다. 모델 A는 이음새가 좁은 조건인 여름철 조건으로 하고 모델 B는 이음새가 넓은 조건인 겨울철 조건으로 모델링하였다. 모델 A의 이음새 간격은 10mm, 모델 B의 이음새 간격은 70mm로써 열에 의한 팽창 조건을 먼저 구축하여 두 모델을 비교할 수 있게끔 하였다.

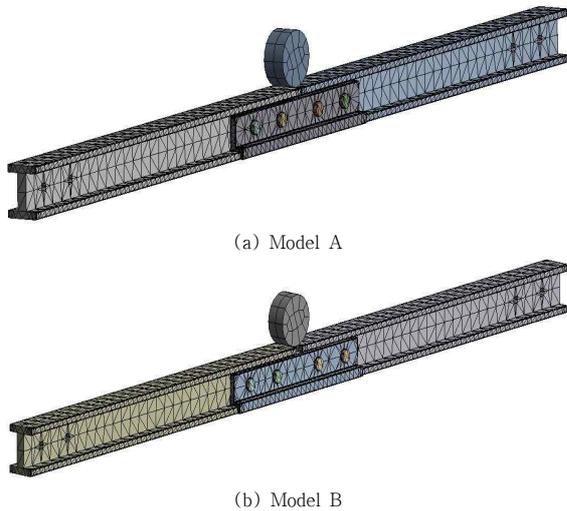


Fig. 1. Meshes of models A and B

열팽창에 의한 변화로 이음새 간격을 다르게 한 조건을 제외한 모든 조건은 두 모델에 동일하게 적용된다. 따라서 본 해석 결과는 철로의 이음새 부분에서의 내구성을 검토하였다.

2.2 구조해석

2.2.1 해석 조건

기차선로 이음새에서의 모델링은 ANSYS를 이용하여 해석하였다. 모델들의 경계 조건들은 실제 기차 운행 중 작용될 수 있는 상황에서 연출 하였다. 기차 레일은 땅에 고정되어 있으므로 하단부 측면을 Fig. 2에서와 같이 Fixed support로 구속 조건을 주었다. 또한 기차 한칸의 무게는 4000kg이므로 바퀴에는 Fig. 3과 같이 40000N의 힘을 주어 계절별 이음새에 끼치는 영향을 확인할 수 있다.

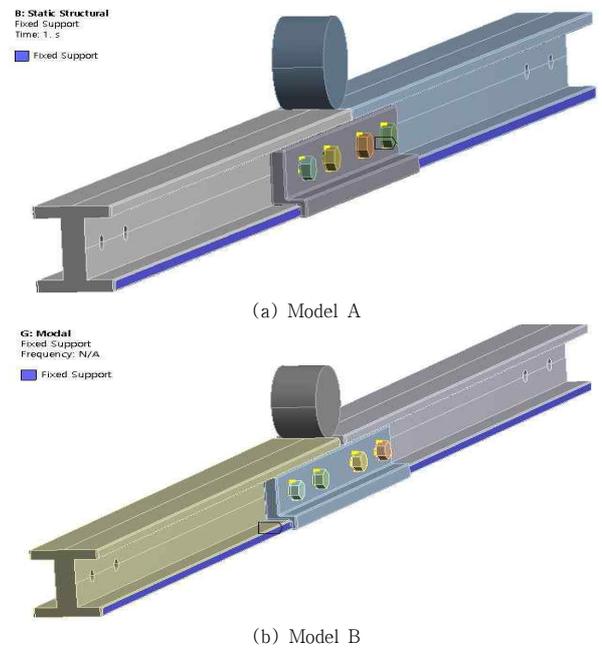
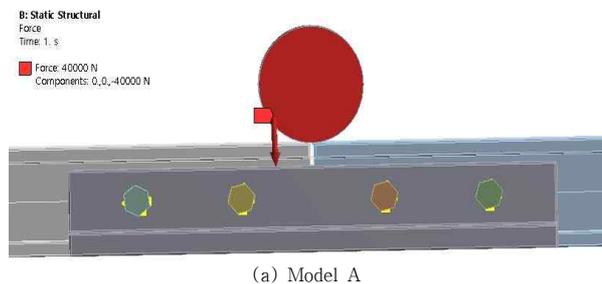
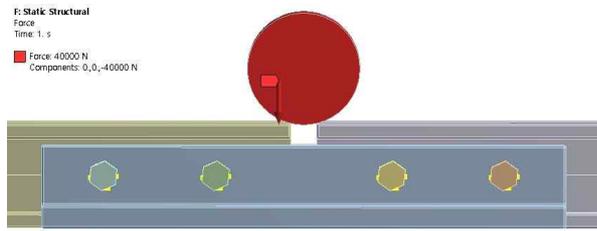


Fig. 2. Fixed conditions of models A and B



(a) Model A

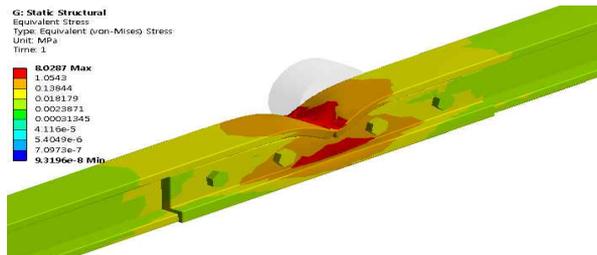


(b) Model B

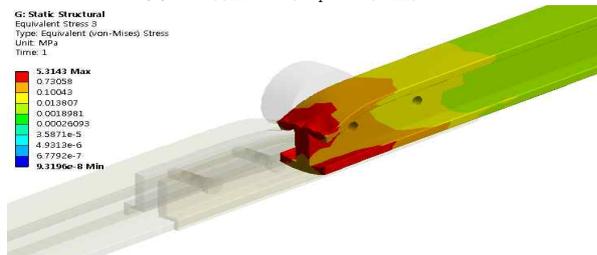
Fig. 3. Forced conditions of models A and B

2.2.2 등가응력 해석

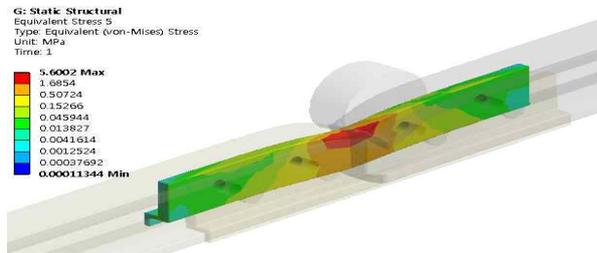
Fig. 4에서 보인 바와 같이 모델 A의 경우, 조합된 전체의 부품들, 레일의 한쪽 부품 및 받침대 부품에 대한 등가응력의 등고선들이다. 이음새 부분에서 최대 8.0287MPa의 등가 응력이 발생하였으며, 레일의 끝부분은 5.3143MPa, 레일 받침대에는 5.6002MPa이 나타났다. Fig. 5는 모델 B의 경우로서, 이음새 부분에서 최대 9.58566 MPa의 등가 응력이 발생하였으며, 레일의 끝부분은 최대 9.2422MPa, 레일의 받침대에서 최대 7.7122MPa이 발생하였다. 따라서 이음새가 작은 모델 A보다 이음새가 큰 모델 B의 등가 응력이 더 크게 발생하였던 것을 알 수 있다.



(a) All combination parts of model A

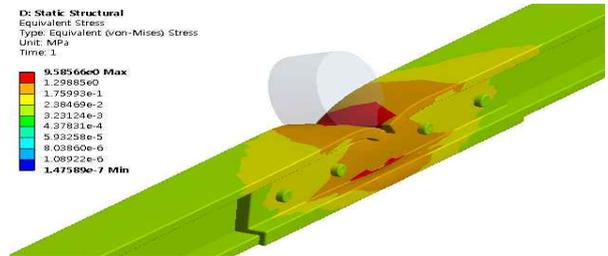


(b) One side part of rail at model A

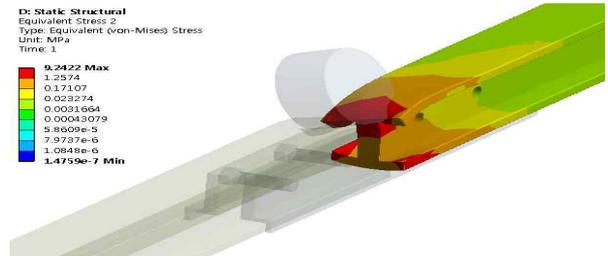


(c) Support fixture part of model A

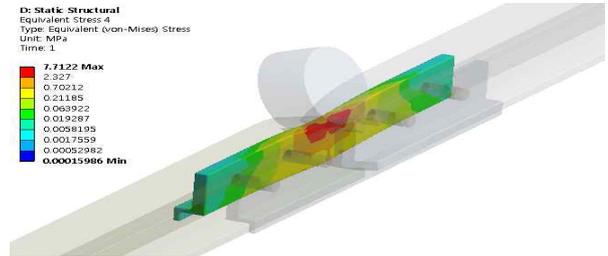
Fig. 4. Contour of equivalent stress on model A



(a) All combination parts of model B



(b) One side part of rail at model B

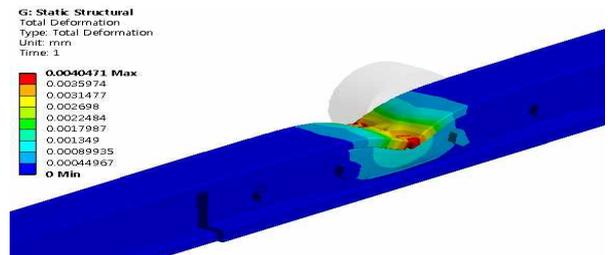


(c) Support fixture part of model B

Fig. 5. Contour of equivalent stress on model B

2.2.3 변형량 해석

Fig. 6에서 보인 바와 같이 모델 A의 경우, 조합된 전체의 부품들, 레일의 한쪽 부품 및 받침대 부품에 대한 전변형량의 등고선들이다. 모델 A의 이음새 최대 전변형량은 0.0040471mm이며 레일의 최대 전변형량은 0.0040471mm이고, 레일 받침대의 최대 전변형량은 0.002127mm이다. Fig. 7은 모델 B의 경우로서, 이음새의 최대 전변형량은 0.0069833mm이며 레일의 최대 전변형량은 0.0069833mm이고, 레일 받침대의 최대 전변형량은 0.0026671mm이다. 최대 전변형량 또한 이음새가 작은 모델 A에 비하여 이음새가 큰 모델 B의 전변형량은 전체적으로 높았다.



(a) All combination parts of model A

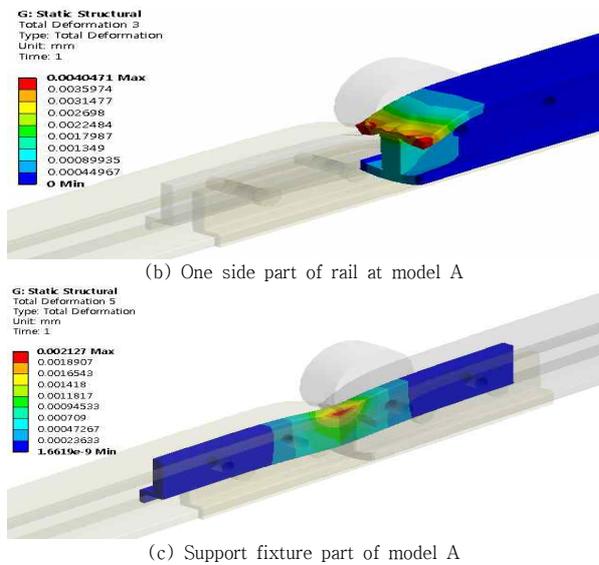


Fig. 6. Contour of total deformation on model A

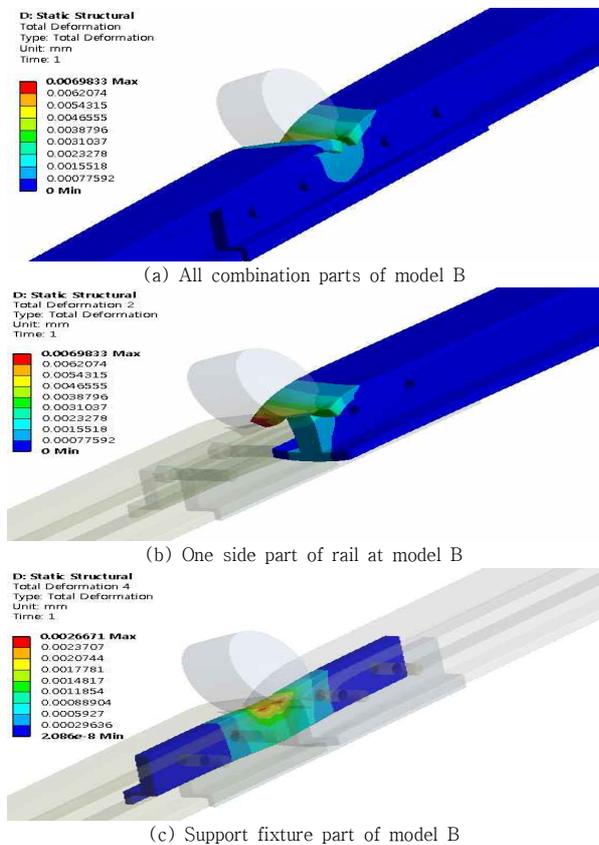


Fig. 7. Contour of total deformation on model B

3. 결론

본 연구에서는 운행하는 기차의 바퀴와 선로 사이에서 마찰접촉에 의한 열팽창에 따른 선로 간의 이음새의

떨어진 간격에 따라서 그 선로에 대한 구조해석을 하였다. 해석 결과는 다음과 같다.

1. 모델 A의 경우 이음새 부분에서 최대 8.0287MPa의 등가 응력이 발생하였으며, 레일의 끝부분은 5.3143MPa, 레일 받침대에는 5.6002MPa로 나타났다. 모델 B의 경우 이음새 부분에서 최대 9.58566MPa의 등가 응력이 발생하였으며, 레일의 끝부분은 최대 9.2422MPa, 레일 받침대 최대 7.7122MPa이 발생하였다. 이음새가 넓은 조건, 즉 겨울철 조건(모델 B)이 이음새가 좁은 조건인 여름철 조건(모델 A)보다 똑같은 힘을 주었을 때보다 등가 응력이 더 발생한다는 것을 알 수 있다.
2. 모델 A의 이음새 최대 전변형량은 0.0040471mm이며 레일의 최대 전변형량은 0.0040471mm이고, 레일 받침대의 최대 전변형량은 0.002127mm이다. 모델 B의 이음새 최대 전변형량은 0.0069833mm이며 레일의 최대 전변형량은 0.0069833mm이고, 레일 받침대의 최대 변형량은 0.0026671mm이다. 겨울철 조건이 여름철 조건에 비하여 변형량 자체가 더 높다.
3. 본 연구 결과를 종합하여 기차선로 설계에 응용한다면 피로 파손 방지 및 그 내구성을 증대시키는데 활용성이 클 것으로 사료된다. 또한 본 연구 결과가 미적인 설계에 응용되는 융합연구에 유리하다고 보여진다.

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] 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
- [3] J. H. Lee & J. U. Cho. (2015). Study on Convergence Technique through Structural Analysis due to the Height of the Walker, *Journal of the Korea Convergence Society*, 6(2), 19–24. DOI : 10.15207/jkcs.2015.6.2.019
- [4] D. H. Lee & J. U. Cho. (2018). Convergence Study on Damage of the Bonded Part at TDCB Structure with the Laminate Angle Manufactured with CFRP. *Journal of the Korea Convergence Society*, 9(12), 175–180.

DOI : 10.15207/JKCS.2018.9.12.175

- [5] J. H. Lee & J. U. Cho. (2015). Study on the Convergent Life Evaluation due to the Bumper Configuration of Multipurpose Vehicle. *Journal of the Korea Convergence Society*, 6(5), 85-90.
DOI : 10.15207/JKCS.2015.6.5.085
- [6] J. U. Cho. (2014). Analytical Study on Durability due to the Load of Artificial Knee Joint. *Journal of the Korea Convergence Society*, 5(2), 7-11.
DOI : 10.15207/JKCS.2014.5.2.007
- [7] 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
- [8] 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.
DOI : 10.15207/JKCS.2018.9.5.145
- [9] J. W. Park. (2017). Structural Analysis of a Tractor Cabin Considering Structure Production Error. *Journal of the Korea Convergence Society*, 8(5), 155-160.
DOI : 10.15207/JKCS.2017.8.5.155
- [10] J. H. Lee & J. U. Cho. (2015). Study on Convergence Technique through Structural Analysis due to the Height of the Walker. *Journal of the Korea Convergence Society*, 6(2), 19-24.
DOI : 10.15207/jkcs.2015.6.2.019
- [11] J. H. Lee & J. U. Cho. (2015). Study on Convergence Technique due to the Shape of Cruiser Board through Structural Analysis. *Journal of the Korea Convergence Society*, 6(4), 99-105.
DOI : 10.15207/jkcs.2015.6.4.099
- [12] G. G. Choi. (2018). A Convergence Study through Durability Analysis due to the Configuration of Automotive Frame Butted. *Journal of the Korea Convergence Society*, 9(11), 271-276.
DOI : 10.15207/JKCS.2018.9.11.271
- [13] C. W. Park. (2011). Injection Molding and Structure Analysis of Inline Skate Frames Using FEA. *Journal of the Korean Society of Mechanical Technology*, 35(11), 1507-1514.
DOI : 10.3795/ksme-a.2011.35.11.1507
- [14] D. R. Lee. (2015). Flow Analysis of a Thermopneumatic Micropump For Different Shapes of PDMS Membrane. *Journal of the Korean Society of Mechanical Technology*, 17(2), 245-250.
DOI : doi.org/10.17958/ksmt.17.2.201504.245
- [15] S. J. Cho, J. W. Han, Y. J. Park & G. H. Lee. (2014). Structural analysis of a planetary gear carrier in the slewing reducer for tower crane. *Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers*, 13(5), 1-7.
DOI : 10.14775/ksmpe.2014.13.5.001
- [16] S. W. Choo & S. H. Jeong. (2017). Structural and Dynamic Characteristic Analysis of a Feeder for an Automatic Assembly System of an LED Convergent Lighting Module. *Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers*, 16(1), 124-133.
DOI : 10.14775/ksmpe.2016.16.1.124
- [17] J. S. Lim. (2019). A Design of Small Size Sensor Data Acquisition and Transmission System. *Journal of Convergence for Information Technology*, 9(1), 136-141.
- [18] 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.
- [19] K. S. Ahn, J. G. Oh, T. H. Yang & G. T. Yeo. (2019). An analysis of the Factors of Moving in and Activation Strategies for Incheon Cold-Chain Cluster using LNG cold energy. *Journal of Digital Convergence*, 17(2), 101-111.
- [20] S. Y. Min & S. I. Kim. (2018). Study on Improvement of tap water drinking rate of Seoul city Tap water 'Arisu' through usage and recognition analysis. *Journal of Digital Convergence*, 16(9), 399-404.

오 범 석(Bum-Suk Oh)

[중환원]



- 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 : bumsuh@kongju.ac.kr

조 재 응(Jae-Ung Cho)

[중환원]



- 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