

물탱크의 형상에 따른 유동 특성에 관한 융합 연구

오범석, 조재웅*
공주대학교 기계자동차공학부 교수

Convergence Study on Flow Characteristic due to the Configuration of Water Tank

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

요 약 본 연구에서는 다양한 물탱크의 형상에 따른 입출구의 유동 조건들에 따른 물탱크 내부에서 발생하는 유동특성을 전산 유체 역학 프로그램인 ANSYS CFX를 이용하여 분석하였다. 또한 다양한 물탱크의 형상에 따른 입, 출구의 유동 조건들에 변화를 주어 어떤 모델이 가장 효율적인지를 알아보았다. 모델 A, B, C에 같은 재질을 적용하였다. 유동 해석 결과로서는 모델 B가 가장 좋은 유동의 속도를 보이고, 모델 C는 유동에 가해지는 압력이 가장 높은 것으로 나타났다. 이로써 물탱크가 제품의 형상에 따라 같은 재질을 가지더라도 그 유동 속도와 압력은 달라졌다. 따라서 본 유동해석 결과를 통하여 제품의 형상에 따라 유동의 흐름에 좋은 탱크를 개발 할 수 있다고 사료된다. 본 연구 결과를 토대로 유체 탱크의 형상에 따른 유동의 해석 데이터를 실생활에 융합하여 그 미적 감각을 나타낼 수 있다.

주제어 : 유동특성, 물탱크, 유동 조건, 탱크 형상, 압력, 융합

Abstract In this study, the flow characteristics happening inside water tank due to the configuration of various water tank were analyzed by using a computation fluid dynamics program, ANSYS CFX. This study also examined which model was most efficient at the flow by changing the flow conditions of the inlet and outlet due to the configuration of various tank. Same material was applied to models A, B and C. As the result of flow analysis, it was shown that model B had the best flow and model C had the highest pressure applied to the flow. So, though the water tank has the same material according to the configuration of product, the velocity and pressure of flow become different. Therefore, it is thought to develop the tank good for the fluid flow due to the product configuration through this flow analysis result. On the basis of this study result, the esthetic sense can be shown as the analysis data of flow due to the configuration of fluid tank are grafted onto the real life.

Key Words : Flow characteristic, Water tank, Flow condition, Tank configuration, Pressure, Convergence

1. 서론

일정 양의 유체를 장시간 저장한 뒤에 필요시에 사용할 수 있는 유체 탱크는 일상생활 및 상업적, 공업적 등 다양한 부분에 널리 이용되고 있다. 하지만 사용 장소나

용도에 따라 사용되는 유체의 종류도 다르고 그에 따른 알맞은 형상을 찾는 것이 문제로 제시되어 왔으며 그에 따른 많은 연구도 이루어져 왔다. 다양한 유체를 사용하는 것도 중요하지만, 사용되는 장소 및 공간에 따라 유체를 담은 탱크의 형상과 그에 따른 유체의 입, 출구를 설

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

Received April 11, 2019

Accepted June 20, 2019

Revised April 30, 2019

Published June 28, 2019

정하는 것이 또한 필요하다. 연구에 사용된 유체는 가장 흔하게 접할 수 있고 구할 수 있는 물로서 매우 넓은 범위에서 사용 중이고 다양하게 사용될 수 있다는 특징을 가지고 있다. 물은 투명도가 크며 자연 상태에서 기체, 액체, 고체 3개의 상태로 존재한다는 특성을 지니고 있다. 또한 열용량이 크고 열전도율이 높고 원활하여 다양한 유체들 중에서 기초가 되는 결과치를 얻을 수 있는 장점을 가지고 있다. 하지만 물은 액체에서 고체 상태로 되면 부피가 커진다는 다른 유체와는 다른 특성을 가져 단점이 될 수도 있다. 결국 다양한 유체 중에서 물을 사용함으로써 유체 탱크의 형상에 따른 물의 영향을 보았고, 입구와 출구의 위치에 따라서의 유동에 관하여 속도와 압력을 해석을 하였다. 실제로 다양한 곳에 사용되고 있는 다양한 유체 탱크를 참조하여 CATIA를 이용해서 모델링하였다. 3D 모델링 된 다양한 유체 탱크 모델들은 ANSYS를 이용하여 Fluid Flow(CFX) 해석을 통하여 유동 해석을 진행하였다. 이 결과를 통하여 모델 A, B, C를 만들어 해석하였고, 이 세 가지의 모델을 이용하여 다양한 형상에 따른 해석을 할 수 있다. 또한 다양한 유체를 사용할 수 있기 때문에 제일 기초가 되고 쉽게 접할 수 있는 물을 이용하여 유동 해석을 할 수 있다. 본 연구에서는 임의의 다양한 유체 탱크들을 실제 형상과 비슷하게 CATIA를 사용하여 모델링했다. ANSYS를 사용하여 각 모델을 일반 Fluid Flow(CFX) 해석을 통해 해석하였다[1-10]. 위와 같은 유동의 해석 결과 데이터를 이용하여 유체 탱크의 형상에 따른 유동의 해석 데이터를 이용하여 그 설계 시에 융합하여 미적 감각을 더 나타낼 수 있다[11-14]. 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.

2. 해석 및 해석 결과

2.1 모델의 종류

본 연구에서는 다양한 유체 탱크의 형상을 본 따서 3D 모델링을 하였다. 3D 모델링은 CATIA를 사용하였으며, 다양한 탱크에서 대표적으로 인용한 구조는 Fig. 1과 같다.



Fig. 1. Referred fluid tank

Fig. 2는 모델 A와 B, C에 대한 모델링의 형상들이다. 모델 A와 B, C 모두 재질과 유체는 동일하며 모델 C는 A와 B에 비하여 단순하고 쉬운 구조로 형성되어 있다. A와 B는 단면적으로 보면 2개의 층을 가진 구조로 되어 있다. 또한, B는 A, C와 달리 곡선을 이루고 있는 형상으로 제작되어 있다.

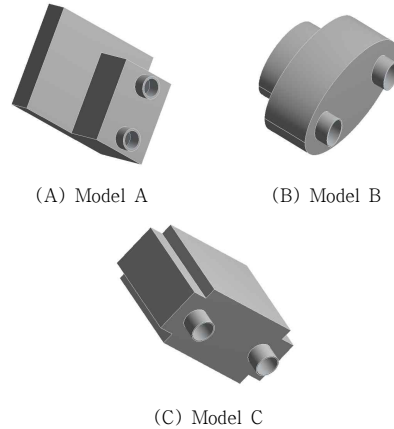


Fig. 2. Fluid tank model

Fig. 3은 유체를 담고 있는 탱크를 제외한 탱크 내부의 유체만을 Mesh를 3mm로 설정하여 나타낸 그림이다.



Fig. 3. Fluid model except fluid tank

각 모델들의 Node들은 모델 A가 15309개, 모델 B가 13412개, 모델 C가 13870개이고 Element들은 모델 A가 51021개, 모델 B가 45003개, 모델 C가 47088개이다.

3. 본문

3.1 CFX 해석 결과

Fluid Flow(CFX) 해석은 복잡한 형상 주위의 층류 및 난류 유동과 열전달 문제를 해석하기 위해 개발된 범용 프로그램으로서 공학문제 해석에 폭넓게 적용될 수 있다. 자동차 외형 모델 및 엔진 유동해석, 생체내 유동, 건물내부의 화염전파와 같은 환경문제, 화학공정, 항공기 날개 주위의 유동장 해석, 원자력 발전소의 냉각시스템 해석 등이 주된 분야이다. 본 논문에서는 Fluid Flow(CFX)로서 ANSYS를 사용하였다[15-19].

3.1 모델 A의 유체 흡입 및 배출

Fig. 4는 모델 A의 유체 흡입 및 배출 조건을 보여 주고 있다. Fig. 4 (a)는 모델 A의 하부 입구로 유체가 흡입되므로 Inlet로 설정하였으며 유속은 3m/s로 설정하였다. Fig. 4 (b)는 모델 A의 하부 출구로 유체가 배출되므로 Outlet로 설정하였다.

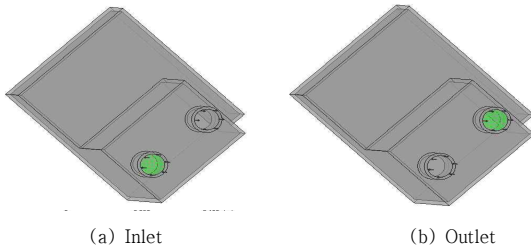


Fig. 4. Inlet and outlet of model A

3.1.1 모델 A의 압력 분석 결과

Fig. 5 (a), (b), (c)들은 모델A의 압력을 일정한 간격의 Plane으로 나타낸 것이고, 모델 A는 탱크 내부의 중심부에서 가장 압력이 낮게 나타났고, 탱크의 가장자리 쪽으로 갈수록 압력이 높아지는 것을 볼 수 있었다. 가장 낮은 부분의 압력은 약 6Pa로 나타났고 가장 압력이 높은 부분은 약 8Pa로 나타났다. 유체가 유동을 할 때 입구와 출구를 통해 나가기 된다. 그러므로 입구와 출구를 임의로 설정하고 XY 면에서 Z방향에 따라 적용되는 면에 적용했다. 분석 결과 탱크 중심부의 압력이 가장 낮고, 가장자리로 갈수록 압력이 조금씩 상승하는 것을 볼 수 있다.

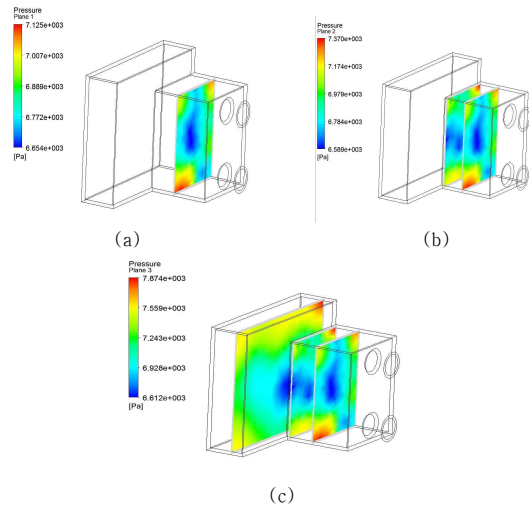


Fig. 5. Pressure contours of mode A

3.1.2 모델 A의 속도 분석 결과

Fig. 6은 모델 A의 Inlet에 유체의 속도를 3m/s로 설정 하였을 때 유체의 속도를 나타낸 것이다. 유체의 유입 속도를 3m/s로 했을 때 유체의 분출 속도는 약 3.8m/s로 나타났다. 분석 결과 유체의 유속은 입구로 들어와 탱크 내부에서는 느려지고, 출구로 배출 될 때는 유속이 빨라지는 것을 알 수 있다.

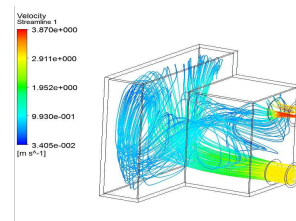


Fig. 6. Flow velocity inside tank of model A

3.2 모델 B의 유체 흡입 및 배출

Fig. 7은 모델 B의 유체 흡입 및 배출 조건을 보여 주고 있다.

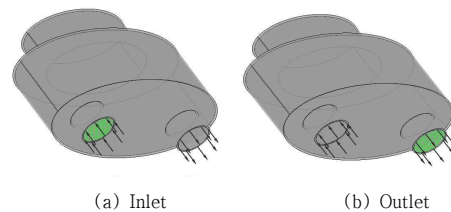


Fig. 7. Inlet and outlet of model B

Fig. 7 (a)는 모델 B의 하부 입구로 유체가 흡입 되므로 Inlet로 설정하였으며 유속은 3m/s로 설정하였다. 또한 Fig. 7 (b)는 모델 B의 하부 출구로 유체가 배출되므로 Outlet로 설정하였다.

3.2.1 모델 B의 압력 분석 결과

Fig. 8 (a), (b), (c)들은 모델 B의 압력을 일정한 간격의 Plane으로 나타낸 것이고, 모델 B는 탱크 내부의 압력이 거의 일정하게 나타났고, 탱크의 상단부로 올라갈수록 압력이 높게 나타났다. 가장 낮은 부분의 압력은 약 6Pa로 나타났고 가장 압력이 높은 부분은 약 8Pa로 나타났다. 이 모델에 대한 분석 결과 전반적인 탱크의 압력이 일정하다가, 탱크의 천장부로 갈수록 압력이 조금씩 상승하는 것을 볼 수 있다.

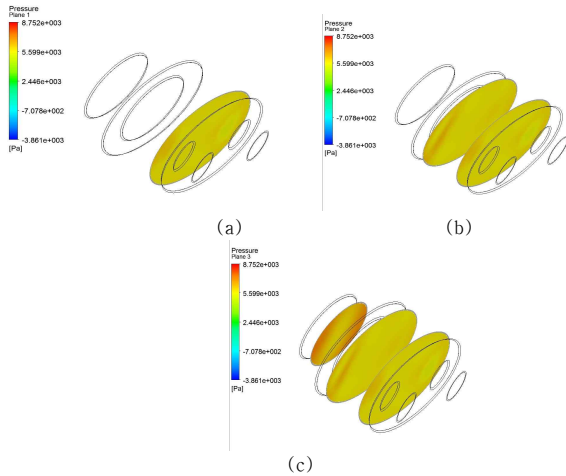


Fig. 8. Pressure contours of mode B

3.2.2 모델 B의 속도 분석 결과

Fig. 9는 모델 B의 Inlet에 유체의 속도를 3m/s로 설정 하였을 때 유체의 속도를 나타낸 것이다. 유체의 유입 속도를 3m/s로 했을 때 유체의 분출 속도는 약 3.7m/s로 나타났다. 분석 결과 유체의 유속은 입구로 들어와 탱크 내부에서는 느려지고, 출구로 배출될 때는 유속이 빨라지는 것을 알 수 있다.

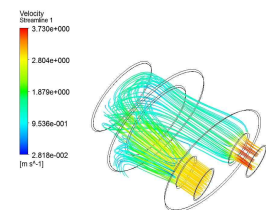


Fig. 9. Flow velocity inside tank of model B

3.3 모델 C의 유체 흡입 및 배출

Fig. 10은 모델 C의 유체 흡입 및 배출 조건을 보여 주고 있다. Fig. 10 (a)는 모델 C의 하부 입구로 유체가 흡입 되므로 Inlet로 설정하였으며 유속은 3m/s로 설정 하였다. Fig. 10 (b)는 모델 C의 하부 출구로 유체가 배출되므로 Outlet로 설정하였다.

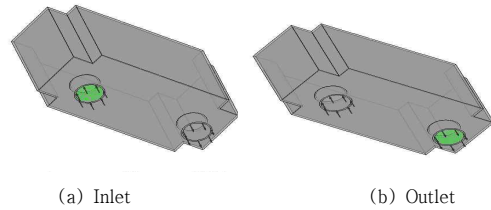


Fig. 10. Inlet and outlet of model C

3.3.1 모델 C의 압력 분석 결과

Fig. 11 (a), (b), (c)들은 모델 C의 압력을 일정한 간격의 Plane으로 나타낸 것이고, 모델 C는 탱크 내부의 압력이 거의 일정하게 나타났고, 모델 B와 다르게 모델의 상부 쪽의 압력 또한 일정하게 나타났다. 모델 C는 평균적으로 압력이 약 7~7.5Pa 정도로 나타났다. 모델 C의 압력 대한 분석 결과, 이 모델은 다른 탱크의 압력과 달리 전반적으로 고르게 압력이 분포하는 것을 알 수 있다.

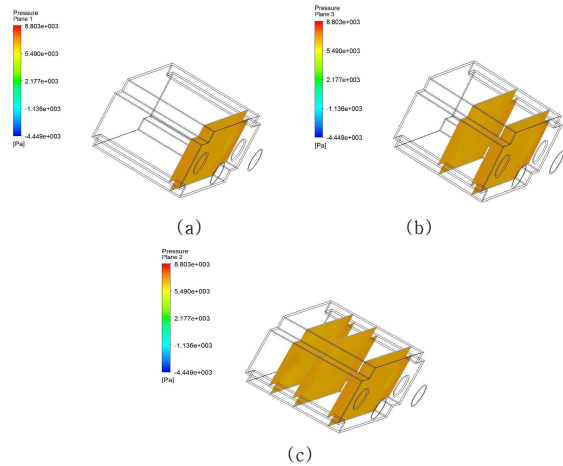


Fig. 11. Pressure contours of model C

3.3.2 모델 C의 속도 분석 결과

Fig. 12는 모델 C의 Inlet에 유체의 속도를 3m/s로 설정 하였을 때 유체의 속도를 나타낸 것이다. 유체의 유입 속도를 3m/s로 했을 때 유체의 분출 속도는 약 3.8m/s로 나타났다. 모델 C의 분석 결과 유체의 유속은

입구로 들어와 탱크 내부에서는 다른 모델의 유속보다 눈에 띄게 느려지는 것을 볼 수 있고, 출구로 배출될 때는 유속이 빨라지는 것을 알 수 있다.

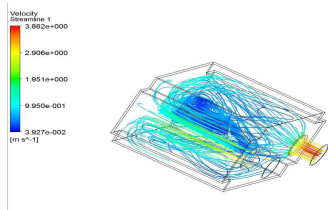


Fig. 12. Flow velocity inside tank of model C

4. 결론

본 연구에서는 임의의 다양한 유체 탱크들을 실제 형상과 비슷하게 CATIA를 사용하여 모델링하였고 ANSYS를 사용하여 각 모델들을 Fluid Flow(CFX) 해석을 통해 해석하였다. 그 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

- 1) 해석 결과 공통적으로 모델 A, B와 C 모두 출구에서 유체의 압력과 속도가 상승하는 것으로 보였다. 유체의 속도는 모델 C의 변화가 가장 두드러지며 빠른 것으로 나타났다.
- 2) 3개의 모델들에 대한 해석 결과들을 비교 분석하면, 같은 재질의 Tank이어도 또한 같은 물성치의 유체인 물을 사용하여도 모델의 형상에 따라 압력과 속도가 달라짐을 알 수 있었다.
- 3) Streamline을 사용하여 3개의 모델을 비교 분석하여 본 결과 모델 A는 유체가 모델 내부를 3~5번 정도 거쳐 출구로 배출되었고, 모델 B는 유체가 입구로 들어가 바로 모델의 천장 부분을 거쳐 출구로 배출되는 것을 확인 할 수 있었다. 마지막으로 모델 C는 유체가 입구로 들어가 모델 내부를 소용돌이 치며 유동하다가 출구로 배출되는 것을 알 수 있었다.
- 4) 본 해석을 통하여 실제 적용되었을 때, 예상되는 현상으로서 다양한 유체를 사용하는 것도 중요하지만, 사용되는 장소 및 공간에 따라 유체를 담은 탱크의 형상과 그에 따른 유체의 입, 출구를 설정하는 것이 필요하다. 본 연구 결과로서의 그 장점으로서 본 연구에 사용된 유체는 물로서 가장 흔하게 접할 수 있고 구할 수 있는 물로서 매우 넓은 범위에서 사용 중이고 다양하게 사용될 수 있다는 특징을 가지고 있다.

- 5) 다양한 유체 중에서 물을 사용함으로써 유체 탱크의 형상에 따른 물의 영향을 보았고, 입구와 출구의 위치에 따라서의 유동에 관하여 속도와 압력을 해석을 하였다. 본 연구에서는 쉽게 접할 수 있는 물을 이용하여 유동 해석을 할 수 있었다. 임의의 다양한 유체 탱크들을 실제 형상과 비슷하게 하여 실제 실험을 하지 않고도 예측되는 결과를 잘 검증할 수가 있어서 본 논문 결과를 유용하게 사용할 수 있다고 사료된다.
- 6) 위와 같은 유동의 해석 결과 데이터를 이용하여 유체 탱크의 형상에 따른 유동의 해석 데이터를 이용하여 그 설계 시에 융합하여 미적 감각을 더 나타낼 수 있다.

REFERENCES

- [1] Y. J. Ahn, B. J. Kim & B. R. Shin. (2007). Numerical Analysis on Flow Characteristics of High Pressure Drop Control Valves With Anti-Cavitation Trim. *Korean Society for Fluid Machinery*, 10(4), 61-70.
- [2] C. W. Kang & K. S. Yang. (2011). REYNOLDS NUMBER EFFECTS ON TURBULENT PIPE FLOW. *Korean Society for Computational Fluids Engineering*, 16(4), 28-38.
- [3] C. Oh, S. B. Mun & Y.G. Son. (2006). An experimental study on ice slurry fluid and pressure drop characteristics in along a horizontal circular tube around the valve. *Journal of the Korean Society of Marine Engineers*, 30(3), 382-388.
- [4] S. H. Park, S. K. Kim & M. Y. Ha. (2013). Numerical Study on Flow and Heat Transfer Characteristics of Pipes with Various Shapes. *The Korean Society of Mechanical Engineers*, 37(11), 999-1007.
- [5] G. K. Lee, N. K. Hur & G. H. Son. (2012). A NUMERICAL ANALYSIS ON THE BEHAVIOR OF LIQUID FILM AROUND A CURVED EDGE. *Korean Society for Computational Fluids Engineering*, 17(4), 75-80.
- [6] O. B. Suk & J. U. Cho. (2018). A Convergence Study through Flow Analysis due to the Configuration of Automotive Air Breather. *Journal of the Korea Convergence Society*, 9(10), 265-270.
- [7] J. U. Cho. (2015). Study on Convergence Technique through the Flow Analytical Study inside the Faucet for Bathroom. *Journal of the Korea Convergence Society*, 6(2), 37-42.
- [8] H. C. Lee & J. U. Cho. (2014). A Study on Air Flow Analysis due to the Shape of Automotive Body. *Journal of the Korea Convergence Society*, 5(2), 19-23.

[9] Jung-Ho Lee & Jae-Ung Cho. (2015). Study on Convergence Technique through Flow Analysis at the Flexible Joint of the Pipe Laying. *Journal of the Korea Convergence Society*, 6(3), 13-18.

[10] K. S. Kim, J. C. Lee & Y. J. Kim. (2005). Thermal Stress Analysis and Flow Characteristics of a Bellows-Seal Valve for High Pressure and Temperature. *Korean Society for Fluid Machinery*, 8(6), 40-46.

[11] 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.

[12] 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.

[13] 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.

[14] 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.

[15] S. G. Kim, J. H. Kang, X. Song & Y. C. Park. (2007). Relationship of Flow coefficient and Accuracy of opening Bellows Seal Valve", *The Korean Society of Manufacturing Process Engineers*. 10(11). 205-208.

[16] S. G. Kang, S. H. Kim, Y. J. Jo, Y. C. Park & J. H. Kang. (2011). Relationship of Flow coefficient and Accuracy of opening valve for Design of bellow Seal Valve", *The Korean Society of Mechanical Engineers*. 14(16), 146-149.

[17] J. G. Park, J. H. Park & Y. C. Park. (2013). A FLOW CHARACTERISTICS FOR Y-CONNECTION IN HIGH-REYNOLDS- NUMBER FLOW SYSTEM. *Korean Society for Computational Fluids Engineering*, 18(2), 1-8.

[18] C. W. Kang & K. S. Yang. (2012). THE EFFECTS OF WALL BOUNDARY CONDITIONS ON MASS TRANSFER IN TURBULENT PIPE FLOW. *Korean Society for Computational Fluids Engineering*, 17(2), 42-52.

[19] T. S. Bae, S. P. Kim & K. H. Lee. (2009). Structural Optimization of a Manifold Valve for Pressure Vessel. *Korean Society for Precision Engineering*, 26(12), 102-109.

오 범 석(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 : bumsuh@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