Journal of the Korea Convergence Society
Vol. 11. No. 9, pp. 175-180, 2020

ISSN 2233-4890 / eISSN 2713-6353
https://doi.org/10.15207/JKCS.2020.11.9.175

트럭 화물칸 및 윈드 디플렉터에 따른 운행중 공기흐름에 대한 융합 연구

최계광[1], 조재웅[2*]
[1]공주대학교 금형설계공학과 교수, [2]공주대학교 기계자동차공학부 교수

A Convergent Investigation on the Air flow in Driving According to a Cargo Container and the Wind Deflector

Kye-Kwang Choi[1], Jae-Ung Cho[2*]
[1]Professor, Department of Metal Mold Design Engineering, Kongju national University
[2]Professor, Division of Mechanical & Automotive Engineering, Kongju National University

요 약 본 연구에서는 화물 운송 차량들을 모델링하였고 화물 운송 차량의 화물칸 및 윈드 디플렉터의 유무에 따른 유동해석을 수행하였다. Model A, B, C 모두, 100km/hr의 운행 속도를 기준으로 하여, 모델 형상의 윗부분에서 58m/에서 59m/s 사이로 가장 높은 유동 속도가 나타났다. Model A, B, C 세 모델들 모두 모델 형상의 앞부분에서 652Pa에서 671Pa사이에 공기저항의 압력이 가장 높게 나타났다. Model A의 최대 압력은 Model B 및 C에 비하여, 작게 나타나서, 속도에 대한 유동 저항이 가장 적게 작용한 것으로 사료된다. 따라서 Model A가 유류비 측면에서 공기저항에 대한 유리한 조건을 가짐을 알 수 있다. Model C는 화물칸에서 급격하게 유동저항이 발생하는 Model B와 달리 유선형 형상의 윈드 디플렉터를 타고 공기가 조금 더 원활하게 흐르는 것을 확인할 수 있다. 따라서 각진 형상보다 유선형의 형상에서 공기저항 측면에서는 더 유리하다고 사료된다. 트럭 화물칸 및 윈드 디플렉터에 따른 운행중 공기흐름에 대한 해석 연구 결과를 적용함으로서, 본 연구가 실제적인 효율적인 설계와 미적인 융합에 적합하다고 보인다.

주제어 : 화물 차량, 트럭 화물칸, 윈드 디플렉터, 공기 유동, 유동 저항, 융합

Abstract In this study, the freight vehicles were modelled and the flow analysis on the existence or non-existence of a cargo container and the wind deflector were carried out. Based on the driving speed of 100 km/hr, at all models A, B and C, the highest flow rate was shown between 58 m/s and 59 m/s at the top of the model shape. All models A, B and C showed the highest pressure of air resistance between 652Pa and 671Pa at the front of the model geometry. The maximum pressure of model A is considered to be the smallest, with the least flow resistance to speed compared to models B and C. Therefore, it can be seen that model A has an advantageous condition for air resistance in terms of fuel costs. Unlike model B which causes the rapid flow resistance at the cargo compartment, model C can be found to flow a little more smoothly on the streamlined wind deflector. So, the flow air at a streamlined shape is considered to be more advantageous in terms of air resistance than at angular shape. By applying the research analysis result on the air flow in driving according to a cargo container and the wind deflector, it is seen that this study is adequate at the practical efficient design and aesthetic convergence.

Key Words : Freight vehicle, Cargo container, Wind deflector, Air flow, Flow resistance, Convergence

*Corresponding Author : Jae-Ung Cho(jucho@kongju.ac.kr)
Received June 8, 2020 Revised July 24, 2020
Accepted September 20, 2020 Published September 28, 2020

1. 서론

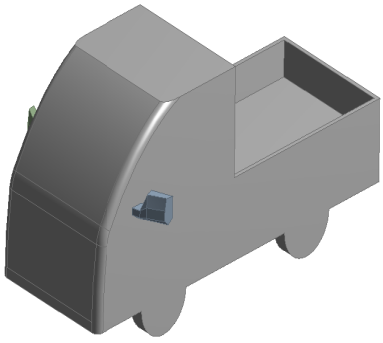
차량에 있어서 운행에 가장 영향을 많이 끼치는 요소는 운행 속도이며 화물 운송에 있어서 차량의 연비를 향상하여 운송비를 절감할 수 있는 중요한 요인이 되고 있다. 특히 유가 상승에 따라 운송 유류비 부담이 증가하는 화물차 업계에서는 조금이라도 연비를 높이기 위해 다양한 노력을 기울이고 있으며 화물 운송 차량의 공기역학적 설계는 연료 효율성 개선뿐만 아니라 높은 속도에서의 안전성 또한 높여서 차량이 전복되는 경향을 줄일 수 있고 안전성에 의한 차량의 조작성이 개선되기 때문에 운전자의 피로감 또한 줄어드는 장점이 있다. 본 연구에서는 화물 운송 차량에 장착되는 적재함과 윈드 디플렉터에 따라서 화물 운송 차량 주위의 공기 유동을 해석하고 그에 따라 발생하는 유동저항을 평가하는데 중점을 두었다. 화물 운송 차량의 유동저항을 해석하기 위해서 대중적인 화물 운송 차량의 형상을 모델링하였고 차량에 장착된 적재함과 윈드 디플렉터에 따라 달라지는 유동저항[1-5]을 해석하기 위해 유한요소 해석프로그램인 ANSYS 프로그램의 CFX 해석[6-10]을 사용하였다. 따라서 그 유동 해석 결과로서 어떠한 모델이 공기저항 측면에서는 더 유리한지를 평가한다[11-15]. 본 연구 결과는 실제적으로 트럭 화물칸 및 윈드 디플렉터에 따른 운행중 공기흐름을 실험하지 않고서도 그 공기저항 값을 조사하는데에 효과적으로 이용할 수 있다. 또한 트럭 화물칸 및 윈드 디플렉터에 따른 운행중 공기흐름에 대한 해석연구 결과를 적용함으로서, 본 연구가 실제적인 효율적인 설계와 미적인 융합에 적합하다고 보인다.

2. 연구 모델 및 유동의 경계 조건

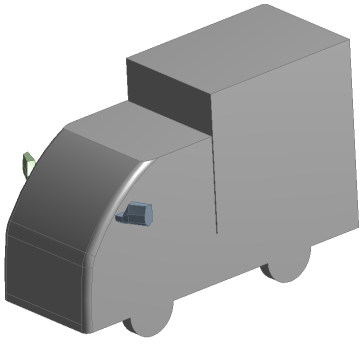
2.1 연구모델

본 연구를 위하여 Fig. 1과 같이 CATIA V5를 이용하여 화물 운송 차량을 모델링하였다. 설계 모델들은 전폭 1740mm, 전장 4850mm, 전고 2100mm로서 세 가지 종류로 모델링하였다. Model A는 본 형상에서 화물칸을 Pocket 기능을 이용하여 모델링하였고, Model B는 화물칸의 형상은 본 형상에서 2200mm를 더 높여서 형상을 모델링하였고, Model C는 Model A에서 윈드 디플렉터를 조립하여 모델링하였다. 본 연구의 해석 모델은 단순한 형상의 화물 운송 차량의 공기의 흐름과 압력을 해석하여 판단하는 연구이므로 모델링의 형상과 크기를 단순화하였다.

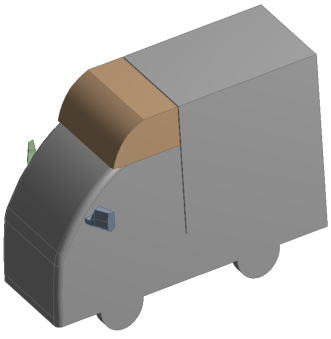
Fig. 1의 연구 모델들을 가지고 ANSYS 프로그램을 이용하여 화물 운송 차량의 흐름을 알기 위해서 주변의 공기 체적을 길이 12000mm, 높이 4100mm, 폭 5800mm를 형성하고 모델링의 형상을 유동 공기의 체적에서 제거한 대표적인 유동 모델은 Fig. 2와 같다. 각 Model들의 요소수와 절점수는 Table 1과 같다.



(a) Model A



(b) Model B



(c) Model C

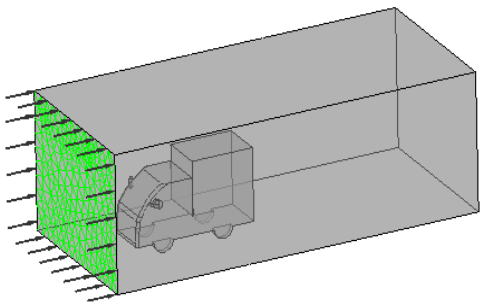
Fig. 1. Configurations of models

Table 1. Informations of flow models

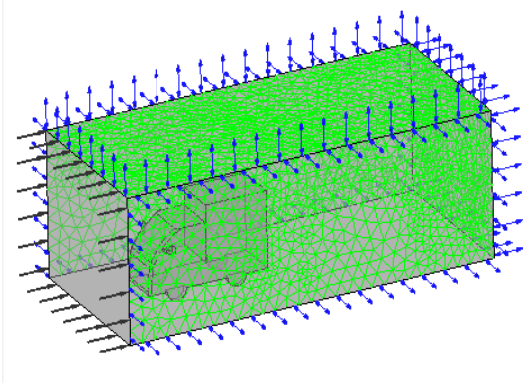
	Number of Elements	Number of Nodes
Model A	216979	39793
Model B	228305	41671
Model C	221255	40876

2.2 유동 모델에 대한 경계 조건

화물 운송 차량이 100km/hr의 속도로 주행하는 상황에서의 유동 저항을 알기 위한 연구이므로 대표적으로 유동 모델의 경계조건으로서 그 유동 속도와 입출구의 압력 조건을 Fig. 2와 같이 설정하였다. 25℃의 공기로 설정하였고 공기 체적의 앞면(Inlet) 부분에는 100km/hr의 속도를 주었고 차량이 주행하는 도로를 고려하여 바닥(Ground) 부분에는 Wall 조건을 주어 No slip wall의 설정을 하였다. 유동 모델의 네 면의 측면들은 Opening의 조건을 주었다. Opening 조건은 0Pa인 대기압의 압력 조건으로 설정하였다.



(a) Inlet (Flow rate: 100km/hr)

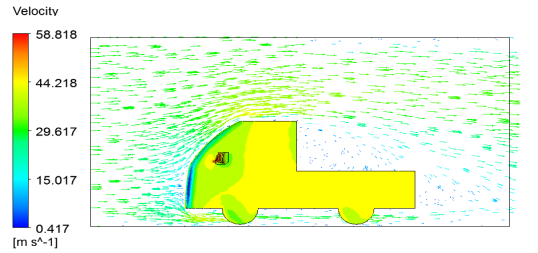


(b) Opening (Pressure: 0Pa)

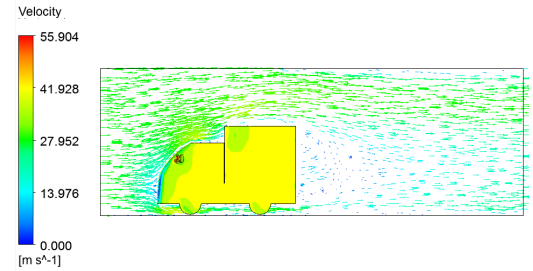
Fig. 2. Conditions of flow models

3. 유동 해석 결과

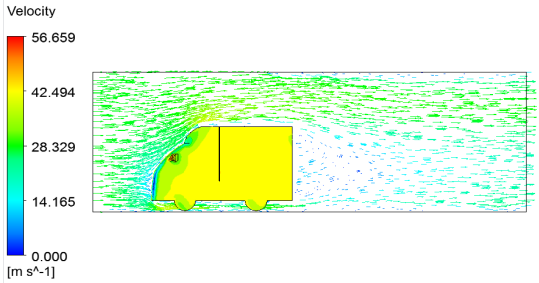
유동 모델들에서 설정한 유동조건으로 해석을 하였다. 해석 결과, 유체는 화물 운송차량을 지날 때 속도가 변하고 화물 운송 차량은 그에 따른 압력을 받게 됨을 보인다. Fig. 3은 Model A, B, C에 대한 공기의 유동속도를 크기와 방향으로 나타내는 벡터로 그린 그림들이다. Model A는최고 속도가 58.8m/s가 나왔으며 차량의 벡터가 나타내는 천장 부분에서 최고 속도가 됨을 알 수 있다. Model B는 최고 속도가 55.9m/s로 측정되며 Model A, C와 비교하여 보았을 때 화물칸에서 받는 유동저항이 시각적으로 더 크다는 것으로 판단할 수 있다. 또한 Model A, C의 유동흐름에 있어서는 운행으로 인한 저항을 받아 원활히 흐르지 않는 것을 보이고 있다. Model C는 최고 속도가 56.6m/s가 되며 윈드 디플렉터에 의해 Model B보다 화물칸에서의 유동흐름이 원활하다는 것을 판단할 수 있고 화물칸에 받는 저항이 없으므로 조금 더 안정적인 주행이 가능할 것으로 판단된다.



(a) Model A



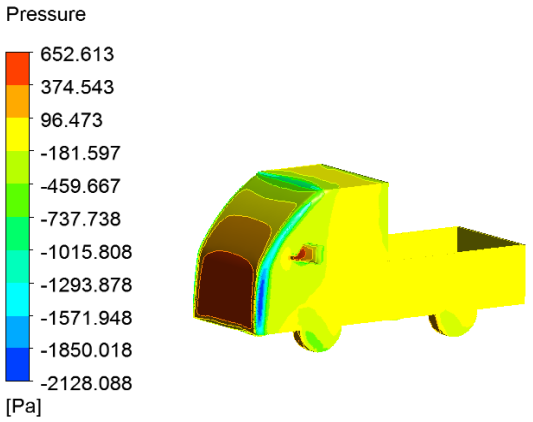
(b) Model B



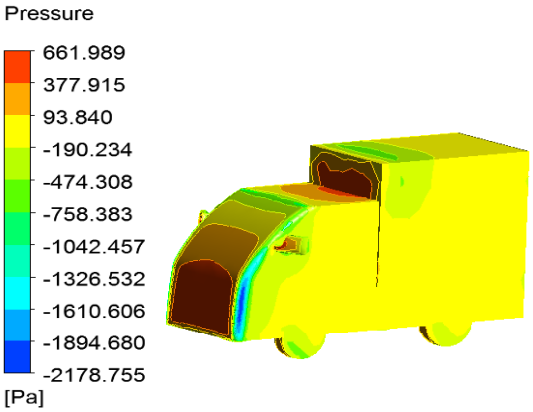
(c) Model C

Fig. 3. Contours of flow velocity vectors

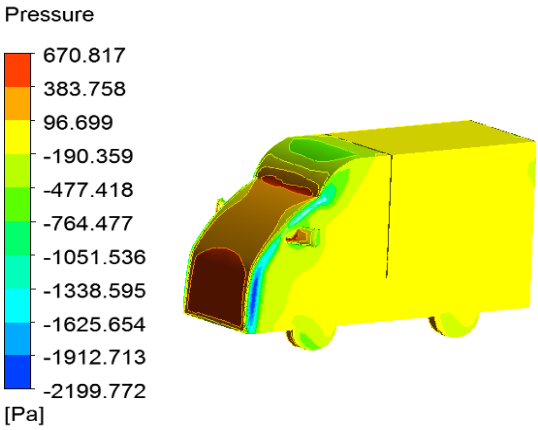
Model A, B, C 모두, 100km/hr의 운행 속도를 기준으로 하여, 모델 형상의 윗부분에서 58m/에서 59m/s 사이로 가장 높은 유동 속도가 나타났다.



(a) Model A

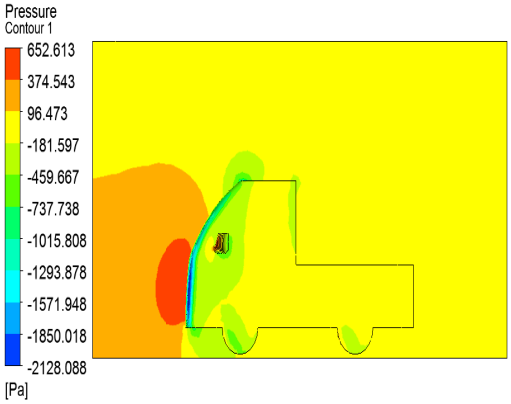


(b) Model B

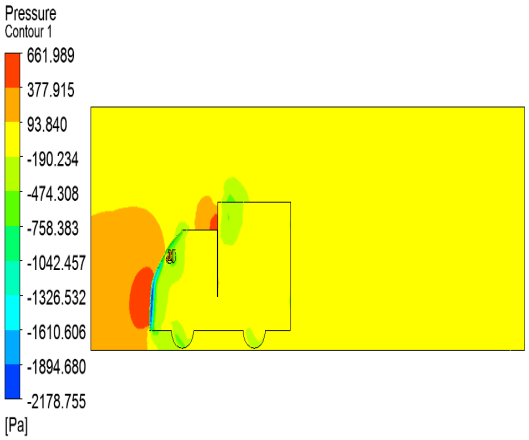


(c) Model C

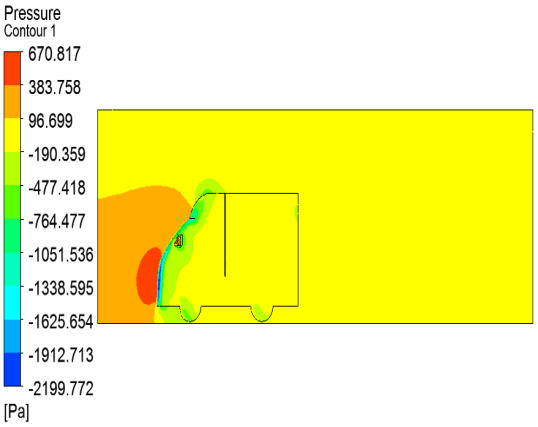
Fig. 4. Contours of pressures



(a) Model A



(b) Model B



(c) Model C

Fig. 5. Contours of pressures on ZX plane

Fig. 4는 각 모델들의 차체 표면에 대하여 공기 유동으로 인한 압력 분포를 나타내고 있다. 그리고 Fig. 5는 유동 모델들의 중앙의 측면인 ZX면에 대한 분포된 압력들의 등고선들을 나타내고 있다. Model A, B, C 세 모델링 모두 모델 형상의 앞부분에서 652Pa에서 671Pa사이에 공기저항의 압력이 가장 높게 나타나서, 세가지의 모델링들은 모두 앞면에서 가장 큰 압력을 받는 것을 볼 수 있다. 또한 Model A의 최대 압력은 Model B 및 C에 비하여, 작게 나타나서, 속도에 대한 유동 저항이 가장 적게 작용한 것으로 사료된다. 따라서 Model A가 유류비 측면에서 공기 저항에 대한 유리한 조건을 가짐을 알 수 있다. 본 연구 결과에서는 화물 운송 차량에 큰 화물칸을 장착하는 것은 무게적인 측면뿐만 아니라 유동에 따른 압력차에 의한 유동 저항 측면에서도 불리한 것으로 판단된다. 이는 유류비 및 안정성에 영향을 끼친다. Model C는 유동적인 형상의 윈드 디플렉터를 장착한 모델링으로 유동 속도의 흐름에서도 예상된 것 같이, Model B보다는 항력의 영향에서 유리한 값을 보였다. Model C는 Model B에 비교하여 와류가 조금 더 적다는 것을 확인할 수 있고, 화물칸에서 급격하게 유동저항이 발생하는 Model B와 달리 유선형 형상의 윈드 디플렉터를 타고 공기가 조금 더 원활하게 흐르는 것을 확인할 수 있다. 따라서 각진 형상보다 유선형의 형상에서 공기저항 측면에서는 더 유리하다고 사료된다.

4. 결론

본 연구에서는 화물 운송 차량들을 모델링하였고 화물 운송 차량의 화물칸 및 윈드 디플렉터의 유무에 따른 유동해석을 수행하였다. 연구 결과는 다음과 같다.

1. Model A, B, C의 세 모델 모두, 100km/hr의 운행 속도를 기준으로 하여, 모델 형상의 윗부분에서 58m/s에서 59m/s로 가장 높은 유동 속도가 나타났다.
2. Model A, B, C의 세 모델들 모두, 모델 형상의 앞부분에서 652Pa에서 671Pa로 공기저항의 압력이 가장 높게 나타났다.
3. Model A의 최대 압력은 Model B 및 C에 비하여 작게 나타나서, 운행 속도에 대한 유동 저항이 가장 적게 작용한 것으로 사료된다. 따라서 Model A가 유류비 측면에서 공기 저항에 대한 유리한 조건을 가짐을 알 수 있다.
4. Model C는 Model B에 비교하여 와류가 조금 더 적다는 것을 확인할 수 있고 화물칸에서 급격하게 유동저항이 발생하는 Model B와 달리 유선형 형상의 윈드 디플렉터를 타고 공기가 조금 더 원활하게 흐르는 것을 확인할 수 있다. 따라서 각진 형상보다 유선형의 형상에서 공기저항 측면에서는 더 유리하다고 사료된다. 트럭 화물칸 및 윈드 디플렉터에 따른 운행중 공기흐름에 대한 해석연구 결과를 적용함으로서, 본 연구가 실제적인 효율적인 설계와 미적인 융합에 적합하다고 보인다.

REFERENCES

[1] S. W. Park, I. S. Choi, K. C. Noh, S. P. Ryu & K. S. Yoon. (2012). An Experimental Study on Measurement of Flow Coefficient Using the Steady-Flow Test Rig. *Journal of the Korean Society of Marine Engineering, 36(4),* 423-429.
DOI : 10.5916/jkosme.2012.36.4.423

[2] D. W. Jeong, Y. S. Won & S. H. Kang. (2019). Comparison Study on Aerodynamic Performance and Wake Flow Field for a MW-Class Wind Turbine Model. *Journal of the Korean Society of Visualization, 17(2),* 32-38.
DOI : 10.5407/jksv.2019.17.2.032

[3] 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.
DOI : 10.15207/JKCS.2014.5.2.019

[4] B. S. Oh & J. U. Cho. (2019). Convergence Study on Durability Analysis of Scooter Seat. *Journal of the Korea Convergence Society, 10(6),* 165-170.
DOI : 10.15207/JKCS.2019.10.6.165

[5] J. H. Lee & J. U. 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.
DOI : 10.15207/JKCS.2015.6.3.013

[6] 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.
DOI : 10.15207/JKCS.2015.6.2.037

[7] H. J. Kim & S. H. Kim. (2015). A Study on Air Flow Characteristics of Mid-mower for Tractor(I). *Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, 14(3),* 27-35.
DOI : 10.14775/ksmpe.2015.14.3.027

[8] C. S. Won, N. K. Hur & S. H. Kwon. (2013). Flow Analysis of Automotive Oil Pump of Gerotor Type. *The KSFM Journal of Fluid Machinery, 6(4),* 7-13.
|DOI : 10.5293/KFMA.2003.6.4.007

[9] C. H. Choi, J. G. Noh & J. H. Kim. (2010). Numerical Simulation of Cavitating Flow Around Turbopump Inducer. *The KSFM Journal of Fluid Machinery, 13(3),* 49-53.
DOI : 10.5293/KFMA.2010.13.3.049

[10] S. H. Jo, J. I. Park & K. W. Nam. (2006). Numerical Simulation in the IC Engine Lubricating Gerotor Oil Pump. *Transactions of the Korean Society of Mechanical Engineers B, 30(10),* 1019-1025.
DOI : 10.3795/KSME-B.2006.30.10.1019

[11] S. C. Yoo. (2018). Development of the Design and Manufacturing Technologies of the Experimental Four-Valve SI Engine for In-Cylinder Air Flow Study Using the Laser Based Flow Diagnostic Techniques. *Journal of the Korean Society of Mechanical Technology, 20(3),* 377-382.
DOI : 10.17958/ksmt.20.3.201806.377

[12] C. R. Lee & B. H. Kim. (2018). Flow Analysis of Cylindrical Helical Water Turbine for Micro Hydro-power. *Journal of the Korean Society of Mechanical Technology, 20(2),* 187-193.
DOI : 10.17958/ksmt.20.2.201804.187

[13] S. W. Jung, S. H. Park, M. J. Song & Y. Lee. (2018). Flow Characteristics of Double-Venturi Abrasive Blasting Nozzle. *Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, 17(2),* 8-14.
DOI : 10.14775/ksmpe.2018.17.2.008

[14] 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.

[15] 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.

최 계 광(Kye-Kwang Choi) [정회원]

· 1993년 2월 : Pusan University of Technology Metalmold 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
· 2013년 1월 ~ 현재 : 공주대학교 글로벌 금형 기술 연구소 소장
· 관심분야 : 3D CAD, CAM Programing
· E-Mail : ckkwang@kongju.ac.kr

조 재 웅(Jae-Ung Cho) [종신회원]

· 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