

차종별 차량 옆문의 충돌 해석에 관한 융합 연구

오범석, 조재웅*
공주대학교 기계자동차공학부 교수

A Convergence Study on Impact Analysis of Automotive Side Door by the Class of Vehicle

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

요 약 본 연구에서는 현재 전복 사고가 자주 발생하는 Model A와 Model B의 중형 세단 차량들의 사이드 도어들을 구조 해석으로 서로 비교한다. 구조해석 결과, 두 모델 모두 전복 사고나 충격 시 하중이 작용되는 부분에서 최대 변형이 일어났고 2개의 모델 중 Model A가 Model B와 비교하면 충격력을 더 견딜 수 있다. 또한 도어의 모서리 부분에서 최대 응력이 일어났고 Model B가 Model A보다 2.5 배 더 응력이 커진다. 충돌 사고가 일어날 시, 2개의 모델 중 그 최대 응력이 작은 Model A가 Model B와 비교하면 더 큰 충격력을 견딜 수 있다. Model B가 Model A보다 더 큰 변형량을 갖는 것으로 보아 측면 충돌 사고에서는 Model A보다 위험할 것으로 사료된다. 차종별 차량 옆문의 충돌 해석을 적용함으로써 본 논문에서의 연구 결과는 미적인 설계를 적용할 수 있는 융합 연구자료로서 유리하다고 여겨진다.

주제어 : 옆문, 충격, 구조해석, 전변형량, 등가 응력, 융합

Abstract In this study, the side doors of mid-size sedan vehicles of models A and B which are currently prone to rollover accidents are compared with each other by the structural analyses. As a result of the structural analysis, both models showed the maximum deformation at the point of overturning or impact load, and the model A of the two models was able to withstand greater impact load compared to the model B. In addition, the maximum stress happened at the door edge, and model B was 2.5 times more stressed than model A. In the accident of a crash, model A, which has the smaller maximum stress, is able to withstand greater impact loads than model B. Since model B has a larger deformation than model A, it is considered to be more dangerous than model A in the side impact accident. By applying the impact analysis of automotive side door by the class of vehicle, the study result at this paper is considered to be favorable as the convergent research material which can apply the aesthetic design.

Key Words : Side door, Impact, Structural analysis, Total deformation, Equivalent stress, Convergence

1. 서론

자동차가 발전됨에 따라 자동차의 안전성이 많이 부각되고 있다. 또한 주행 중 자동차 내부에서의 승차감 등

각종 편의성들이 소비자들에 의하여 요구되고 있으며 운전자나 탑승객들의 승차감과 더불어 차량의 접촉 및 충돌 사고에 의한 승차자들을 보호하고 차체의 내구성이 강조되어지고 있다. 따라서 차량의 안전성에 대한 자동차

*Corresponding Author : Jae-Ung Cho(jucho@kongju.ac.kr)
Received January 28, 2020
Accepted April 20, 2020

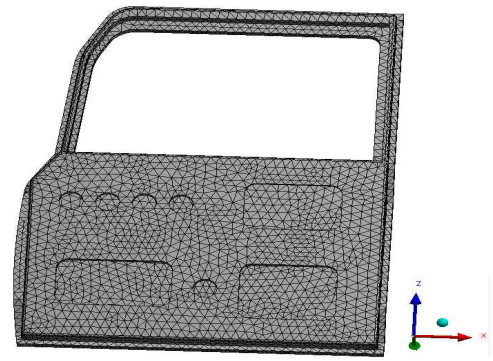
Revised March 30, 2020
Published April 28, 2020

법규가 강화되어져 가고 있다. 차량의 충돌은 차체의 정면 충돌, 후면 충돌 및 측면 충돌로 분류될 수 있다. 정면 충돌은 차체의 앞 범퍼 부분에서 충격을 흡수하고 차량 내부에서 전면부에 에어백을 설치하여 승차자를 보호하도록 되어 있고 차량의 후면에서는 뒷 범퍼 등에서 차체의 충돌을 완화시키도록 하고 있다. 그러나 측면 충돌의 경우는 차량의 정면 및 후면 부위에 비하면 그 충격의 흡수 정도가 적은 편이고 차체가 전복시에는 자동차 측면에서의 도어 등을 강화하여 승차자들의 안전에 대하여 보완 및 개발을 할 여지가 보이며 이에 대한 많은 연구가 있다[1-5]. 본 연구에서는 최근 박스형 차량의 공도 주행에서 코너링 시 전복 사고가 많은 것을 바탕으로 국산 박스형 차량인 Model A와 일반적으로 많이 이용하고 있는 Model B의 Side door를 전복 사고나 충격력을 받았을 때의 구조 해석을 하였다[6-9]. 측면충돌이 일어났을 때를 각각 비교함으로써 전복 사고가 일어났을 때 그 응력과 변형량으로서 강성이 있는 도어를 조사한다. 또한 이 해석을 통하여 차량의 종류에 따라 어떤 형상의 내구성이 충격 흡수에 좋은 사이드 도어를 설계할 수 있을 것으로 사료된다[10-12]. 본 논문에서의 연구 결과는 차종별 차량 옆문의 충돌을 하지 않고서도 차종별 차량 옆문의 충돌 해석에 대한 결과를 예상할 수 있어 실제적인 차종별 차량 옆문의 설계에 유용하게 적용할 수 있다. 또한 본 연구 결과는 미적인 설계를 적용할 수 있는 융합 연구 자료로서 유리하다고 보인다[13-16].

2. 모델 및 해석조건

2.1 연구 모델

자동차 사이드 도어로서의 Model A와 B로 본연구에서는 설계하였으며, Model A는 가로 60.402mm, 세로 75.078mm, 높이 8.22mm이고 Model B는 가로 68.153mm, 세로 60.22mm 높이 9.54mm이다. 본 연구 모델은 측면 충돌을 받는 차량의 실제 사이드 도어에 비하여 18배로 축소하여 설계하고 해석을 진행하였다. 실제적인 사이드 도어의 설계 모델의 크기로는 해석시에 요소와 절점 개수가 많아져 컴퓨터 해석 시간이 많이 소요되어서 효율적으로 모델을 작게 축소하여 구조 해석을 하였다. Fig. 1은 Model A와 B의 형상들에 대한 Mesh들이다. 본 연구 모델은 구조용 강이고 Table 1과 같이 그 물성치가 되어 있다. Model A와 Model B의 절점수와 요소수는 Table 2와 같다.



(a) Model A



(b) Model B

Fig. 1. Meshes of side doors

Table 1. Material property

Parameter	Values
Young's Modules	2×10^5 MPa
Poisson's Ratio	0.3
Density	7850 kg/m^3
Tensile Yield Strength	250 MPa
Compressive Yield Strength	250 MPa
Tensile Ultimate Strength	460 MPa

Table 2. Informations of meshes at models

Model	Number of nodes	Number of elements
Model A	76257	43204
Model B	97643	53513

2.2 모델의 경계조건

이 모델들의 경계조건은 Fig. 2와 같이 도어의 외측 부분을 Fixed Support로 하였으며, 하중은 Fig. 3과 같이 도어의 중심부에 5360N을 작용하였다. 5360N으로 계산한 근거는 아래와 같다.

자동차의 도어가 닫혀있다는 가정하에, 도어의 바깥면에서 96605N의 충격력을 가하였다. 이 충격력은 다음과 같이 산출된다. 운동량 보존의 법칙에서 나온 운동 모멘트를 극히 미소한 시간으로 미분하여 그 충격력을 구하는 방정식 (1)은 다음과 같다.

$$F = \frac{dv}{dt} = \frac{d(mv)}{dt} = m \times \frac{dv}{dt} \quad (1)$$

$$= 1000(kg) \times \frac{13.9(m/s)}{dt(s)}$$

(1) 식에서는 1000kg의 물체가 50km/h의 속도로 충돌하는 것으로 보고 그 충격력을 계산하였다. 운행 속도 50km/h를 m/s의 속도 단위로 환산해 주면 약 13.9m/s의 속도가 된다. 여기서 dt의 충돌 시간은 약 0.14초로 극히 미소한 시간으로 잡아서 충격력의 값은 (1)식에서와 같이 산출된다. 이러한 운동 모멘트 방정식에 의하여 구한 충격력 값을 실제 크기의 1/18 배로 축소된 도면의 배율을 적용하여 (1)식에서 산출된 96605N의 충격력에 1/18 배로 곱하면 약 5360N이 된다. 따라서 본 연구에서는 이 충격력을 차량 옆문에 힘으로 가하였다.

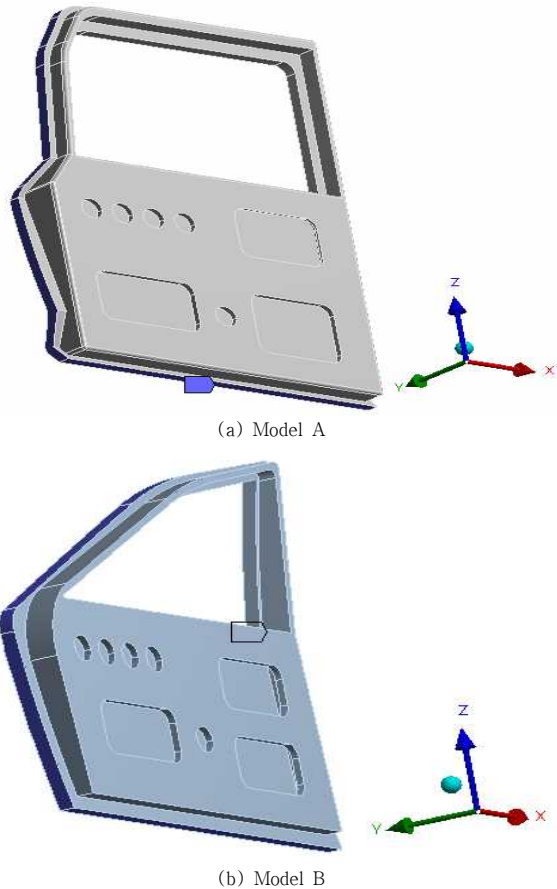


Fig. 2. Fixed support conditions of models

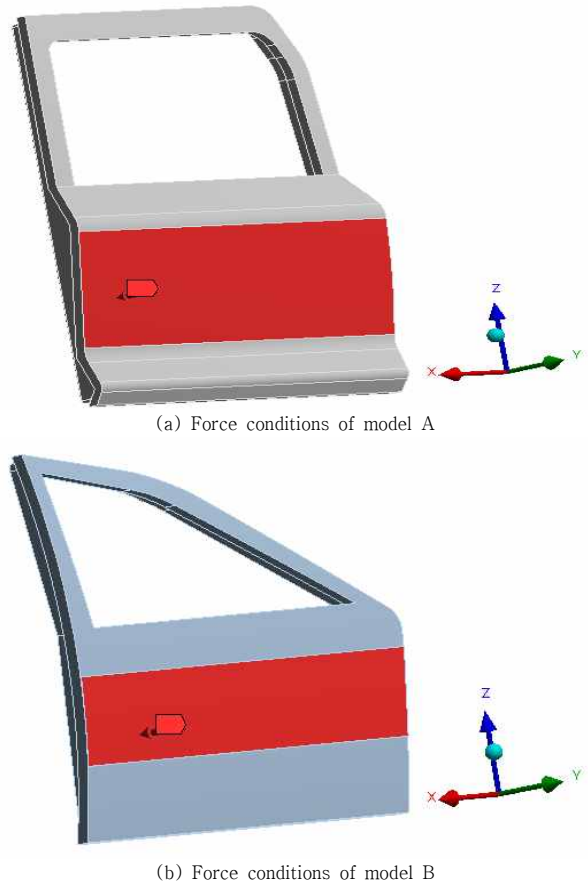


Fig. 3. Force conditions of models A and B

3. 해석 결과

구조해석 결과, Figs. 4, 5는 Model A와 Model B에 대한 각각 두 가지 모델들에 대하여 각각 변형량 및 등가응력을 나타낸다. 그림들에서 보면, Model A는 387.26MPa의 최대 등가응력과 0.064298mm의 최대 변형량을 보이고 Model B는 1004.9MPa의 최대 등가응력과 0.31543mm의 최대의 변형량을 보인다. 구조해석 결과, 같은 힘을 받았을 때 Model B가 5배 가량 더 변형이 일어난다. 두 모델 다 파단이 되는 것으로 확인되나 Model A가 더 큰 힘에 견디는 것으로 확인되었다. 그리고 최대 등가응력 역시 Model B가 Model A에 비하여 크고, Model A와 B는 힘이 작용되는 부위에서 최대의 등가응력이 생겨 변형의 가능성이 많다. 즉 2개의 모델 중 Model A가 Model B와 비교하면 더 큰 충격력을 견딜 수 있다.

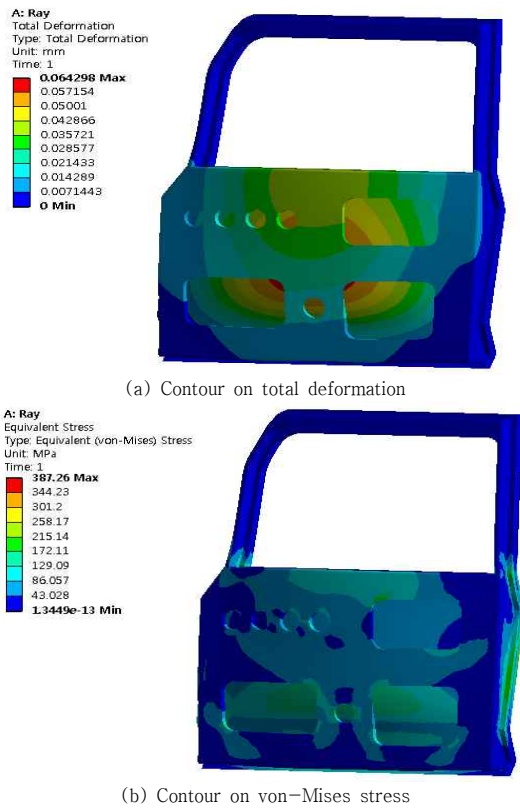


Fig. 4. Structural analysis in case of model A

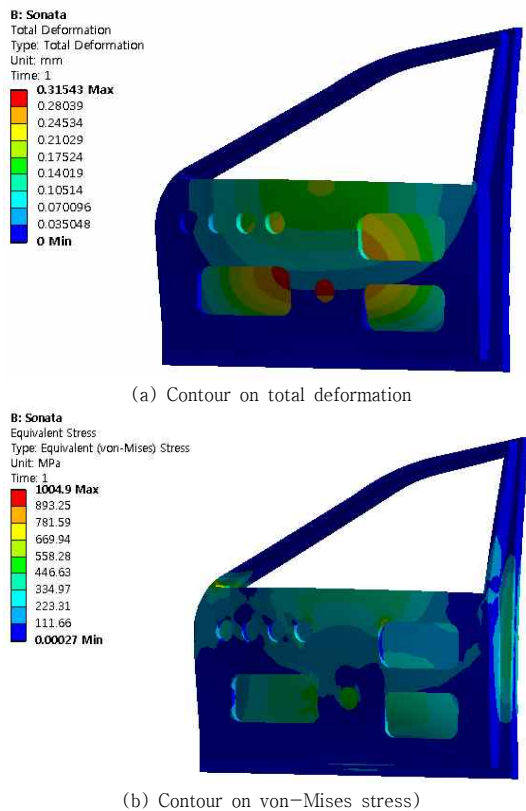


Fig. 5. Structural analysis in case of model B

4. 결론

자동차가 측면충돌이 일어났을 때를 각각 비교함으로써 전복 사고가 일어났을 때 그 응력과 변형량으로서 강성이 있는 도어를 해석하여 고찰한 연구 결과는 다음과 같다.

- 1) 구조해석 결과, 두 모델 모두 전복 사고나 충격시 하중이 작용되는 부분에서 최대 변형이 일어났고 Model A는 약 0.06mm, Model B는 약 0.3mm의 변형을 보이고 있어 Model B가 Model A보다 더 변형된다. 측면에서 충돌 사고가 일어날 시, 2개의 모델 중 Model A가 Model B와 비교하면 충격력을 더 크게 견딜 수 있다.
- 2) 두 모델 모두 전복 사고나 충격시 도어의 모서리 부분에서 최대 응력이 일어났고 Model A는 약 387.26 MPa, Model B는 약 1004.9 MPa을 보이고 있어 Model B가 Model A보다 2.5 배 더 응력이 커진다. 충돌 사고가 일어날 시, 2개의 모델 중 그 최대 응력이 작은 Model A가 Model B와 비교하면 더 큰 충격력을 견딜 수 있다.
- 3) 종합적으로 연구 결과를 보면, 전복 사고나 측면 충돌 사고 시 Model B가 Model A보다 변형량을 더 크게 갖는 것으로 보아 측면 충돌 사고에서는 Model A보다 위험할 것으로 사료된다.

또한 본 연구 결과는 미적인 설계를 적용할 수 있는 융합 연구자료로서 유리하다고 보인다.

REFERENCES

[1] C. W. Park. (2011). Injection Molding and Structure Analysis of Inline Skate Frames Using FEA. *Transactions of the Korean Society of Mechanical Engineers-A*, 35(11), 1507-1514. DOI : 10.3795/ksme-a.2011.35.11.1507

[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. 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. 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

[8] 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

[9] J. M. Cha, S. J. Byun, Z. H. Wang & Y. C. Kwon. (2017). Study on Structural and Fatigue Analysis according to Shape change of Automatic Press. *Journal of the Korean Society of Mechanical Technology*, 19(2), 156-161.
DOI : 10.17958/ksmt.19.2.201704.156

[10] 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 the Korean Society of Mechanical Technology*, 20(2), 154-159.
DOI : 10.17958/ksmt.20.2.201804.154

[11] J. H. Ko & D. M. Kang. (2014). CAE Analysis on Strength and Fatigue of Rear Door of Passenger Car. *Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers*, 13(3), 63-69.
DOI : 10.14775/ksmpe.2014.13.3.063

[12] S. H. Ha, S. J. Kim & J. I. Song. (2014). Structure Analysis and Torque Reduction Design of Industrial Ball Valve. *Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers*, 13(6), 37-45.
DOI : 10.14775/ksmpe.2014.13.6.037

[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.
DOI : 10.22156/CS4SMB.2019.9.1.136

[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.
DOI : 10.22156/CS4SMB.2017.7.5.177

[15] 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.
DOI : 10.14400/JDC.2019.17.2.101

[16] 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.
DOI : 10.14400/JDC.2018.16.9.399

오 범 석(Bum-Suk Oh)

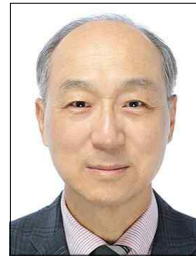
[정회원]



- 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