

차체의 구조 안전 해석

조재웅*, 한문식#

Structural Safety Analysis of Car Body

Jae-Ung Cho*, Moon-Sik Han#

ABSTRACT

The state of deformation and stress and the structural safety are studied at the main frame composed with car body by the impact of front, offset and overturn in this study. The values of maximum deformation and von-Mises stress in case of offset impact are 2 to 3 times as high as those in case of front or offset impact at the parts of front and middle legs of roll cage. The case of front impact is of the greatest safety as compared with the case of offset or overturn impact. As there is a great stress on the side in case of overturn impact, this value is more than 2 times as low as that in case of offset impact. But there is a great possibility of overturn by the buckling on both sides in case of overturn impact.

Key Words : structural safety(구조적 안전성), impact of front, offset and overturn(전면, 오프셋 및 전복 충돌), maximum deformation(최대 변형량), von-Mises stress(폰미이즈응력)

1. 서 론

자동차의 각 장치나 차체를 장착하기 위한 골격으로서의 새시를 구성하는 기본요소로서 Main Frame은 차량의 주행 중 노면으로부터 차체에 전달되는 하중 및 전/후 차축에서의 반력을 지지하는 중요한 부분이다^[1,2]. 또한 차량의 충돌시 운전자의 안전에 가장 밀접한 관계를 가지고 있는 부분이다. 따라서 메인 프레임 설계 목표는 충돌 시 운전자의 안전성 확보와 주행 중 프레임의 변형이나 파손이 없게 하는 데에 있다^[3]. 또한 불필요한 부재의 삭제로 인한 차량의 중량 감소를 하는 데에 있다. 또한 Main Frame은 자동

차를 이루는 각 구성 장치들이 최종적으로 설치되는 곳으로 무엇보다도 안전성과 견고성에 많은 고려를 하여야 한다.

본 연구에서는 이러한 자동차의 Main Frame을 응력 해석프로그램^[4,5]으로 통해 구조 해석을 수행하였다. 그리고 모델링한 Main Frame에서 전면 및 측면 충돌로 인한 응력 상태를 파악하고 전복 하중으로 인한 전 변형량 및, 최대 Von Mises응력의 데이터 등을 바탕으로 하여 Main Frame의 구조적 안전성^[6,7]을 파악하는 동시에 어느 부분이 취약한가를 찾아내도록 하였다.

2. 모델 및 해석

2.1 유한요소모델

본 연구에서의 해석모델의 유한요소분할 모양과

* 공주대학교 기계자동차공학부

교신저자 : 계명대학교 기계자동차공학부

E-mail : sheffhan@kmu.ac.kr

치수는 Fig.1 및 Fig. 2와 같다. 모델의 절점 및 요소들의 개수는 각각 74801 및 34330이다. main frame의 총중량은 260kg이고 KS D 3562 SPP로서 이 재료의 특성은 Table. 1에 나타나 있다¹⁸⁾. 또한 Fig. 3에서도 보는 바와 같이 구속 조건으로서는 Bottom Frame의 ‘o’로 표시한 각 절점에서 X, Y, Z의 모든 방향으로 모든 DOF를 구속조건으로 부여 한다.

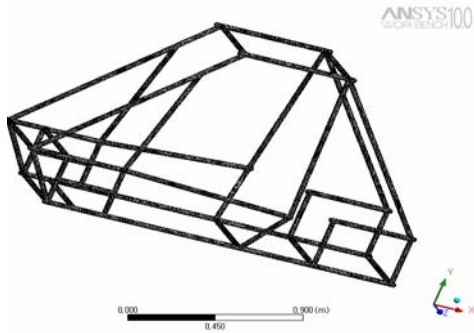


Fig. 1 Finite Element Division of Model

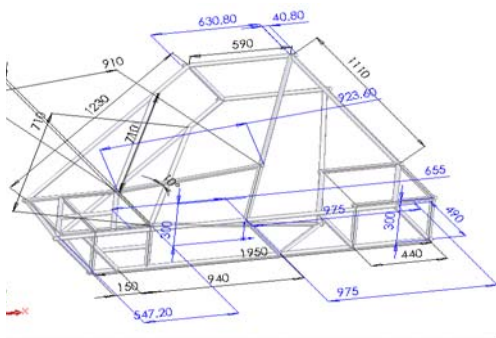


Fig. 2 Dimension of Model (Unit: mm)

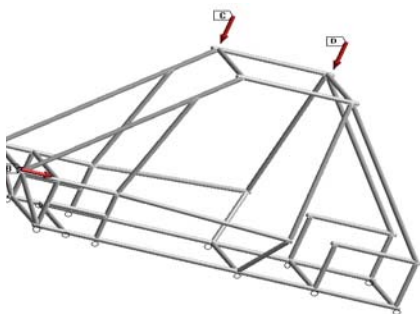


Fig. 3 Constraint Conditions of Model

Table 1 Material of Model

Properties	Values
Young's Modulus	3.42×10 ⁵ Mpa
Poisson's Ratio	0.3
Mass Density	1.775×10 ⁻⁵ kg/mm ³
Tensile Yield	377Mpa
Compressive Yield	250Mpa
Tensile Ultimate	460Mpa

Main Frame에 대한 충돌량을 계산하면 다음과 같다. 차량의 총 중량을 260kg으로 하고 사람의 무게를 60kg으로 하여 평균 속도 45km/h 및 작용 시간은 1 sec로 하여 충격량을 계산하면 식 (1)과 같이 된다.

$$\begin{aligned} \Delta P &= m \cdot v \\ &= (260 + 60) \times (45 \times \frac{1000}{3600}) \\ &= 4000 \text{ kg} \cdot \text{m/sec} \end{aligned} \quad (1)$$

따라서 충격량에 의하여 가해지는 충격력은

$$\begin{aligned} F &= \frac{\Delta P}{\Delta t} \\ &= \frac{4000}{1} = 4000 \text{ kg} \cdot \text{m/sec}^2 \\ &= 4000 \text{ N} \end{aligned} \quad (2)$$

가 된다.

충격력은 Fig. 3에서도 보는 바와 같이 정면 충돌의 경우는 ‘A’ 와 ‘B’ 에서는 X방향으로 각각 2000 kg이 작용하고 옆충돌의 경우는 ‘B’에서만 X방향으로 4000 kg이 작용한다고 본다. 그리고 전복 충돌의 경우는 ‘C’ 와 ‘D’ 에서 각각 2000kg이 -Y방향으로 작용하여 차량이 전복되는 경우를 가정하였다.

2.2 해석결과

2.2.1 정면 충돌의 경우

Fig. 4는 정면 충돌의 경우에 충격 하중에 대하여 모델의 전변형량을 나타낸 것이다. 정면부와 중간부의 다리부분에 있는 롤케이지에서 0.127mm 정도의

최대의 변형량이 생겼다. 연속 웨이브렛 변환이 분석하고자 하는 신호가 연속적인 신호의 경우에 사용됨에 반하여 분석하고자 하는 신호가 연속적인 신호를 표본추출한(Sampled Data)인 경우에는 이산 웨이브렛 변환이 사용된다.

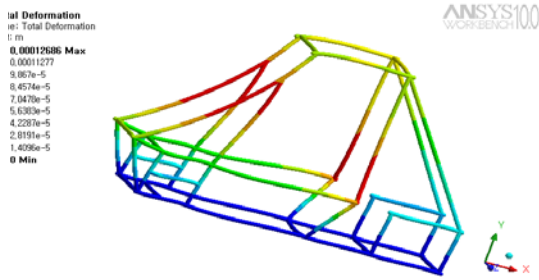


Fig. 4 Deformation Contour of Model by Front Impact

Fig. 5는 정면 충돌의 경우에 충격 하중에 대하여 모델의 von-Mises 응력을 나타낸 것이다. 정면부분에서 아래의 다리부분에 있는 롤케이지에서 16.6Mpa 정도인 최대의 von-Mises 응력이 생겼다.

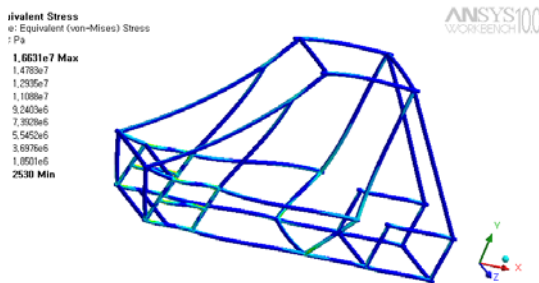


Fig. 5 Von-Mises Stress Contour of Model by Front Impact

Fig. 4 와 Fig. 5를 보면 주행 평균 속도 45Km/h에서 벽에 정면 충돌을 가정하여 이때의 순간 충격치를 ANSYS를 이용하여 Main Frame에 적용시켜본 결과이다. Main Frame의 전체에는 큰 변형은 일어나지 않았으나, 롤케이지가 조금 휘어지는 현상이 발생하였다. 롤케이지는 전복시 운전자를 보호하는 구조물이므로, 롤케이지 안에 위치하는 운전자가 안전 벨트를 착용하였을 경우에는 아무런 영향이 가해지지 않

았다는 것을 확인 할 수 있었다.

2.2.2 옆셋 충돌의 경우

Fig. 6은 옆셋 충돌의 경우에 충격 하중에 대하여 모델의 전변형량을 나타낸 것이다. 옆셋 충돌이 되는 쪽에서 작용하여 정면부와 중간부의 다리부분에 있는 롤케이지에서 0.45mm 정도의 최대의 변형량이 생겼다.

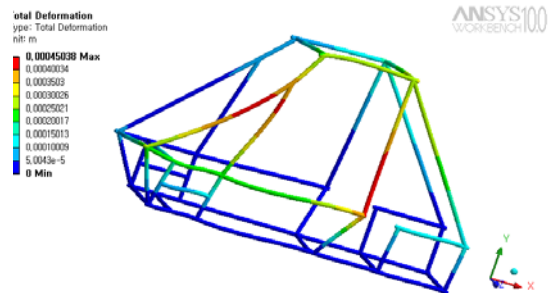


Fig. 6 Deformation Contour of Model by Offset Impact

Fig. 7은 옆셋 충돌의 경우에 충격 하중에 대하여 모델의 von-Mises 응력을 나타낸 것이다. 옆셋 충돌이 되는 쪽에서 작용하여 정면부분에서 아래의 다리부분에 있는 롤케이지에서 49.4 Mpa 정도인 최대의 von-Mises 응력이 생겼다.

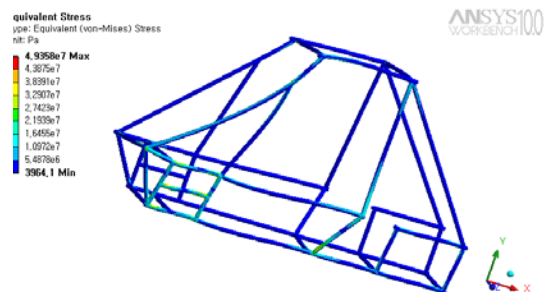


Fig. 7 Von-Mises Stress Contour of Model by Offset Impact

Fig. 6 과 Fig. 7을 보면 주행 중에 옆셋충돌을 가정하여 해석해 본 결과 롤케이지 보강재 연결부위에 약간의 변형이 발생함을 알 수 있었다. 그러나 운전자는 롤케이지안에 안전벨트를 착용하고 있기 때문

에 롤케이지의 아래의 다리 부분에 다소 응력이 발생되었으나 그다지 영향이 가해지지 않았다는 것을 확인할 수 있었다.

2.2.3 전복 충돌의 경우

Fig. 8은 전복 충돌의 경우에 충격 하중에 대하여 모델의 전변형량을 나타낸 것이다. 전복시 충돌이 되는 쪽에서 작용하여 중간부의 다리부분에 있는 롤케이지에서 0.20mm 정도의 최대의 변형량이 생겼다.

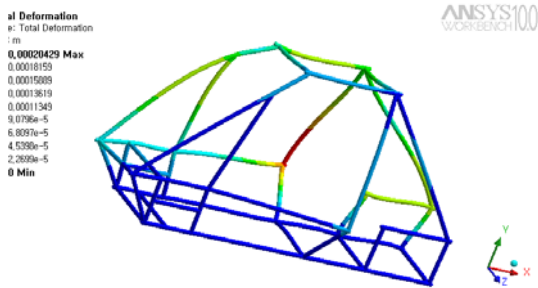


Fig. 8 Deformation Contour of Model by Overtum Impact

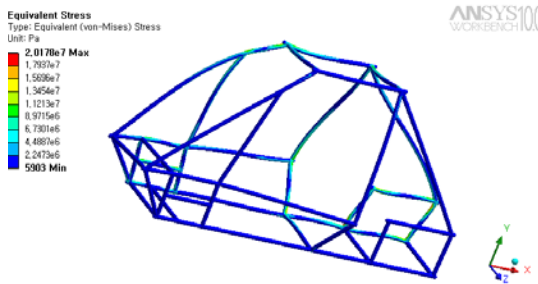


Fig. 9 Von-Mises Stress Contour of Model by Overtum Impact

Fig. 9는 전복 충돌의 경우에 충격 하중에 대하여 모델의 von-Mises 응력을 나타낸 것이다. 전복 충돌이 되는 쪽에서 작용하여 전반적으로 전복이 일어나는 측면에 걸쳐서 롤케이지에서 응력이 많아졌음을 볼 수 있다. 최대의 von-Mises 응력은 20Mpa이 되었지만 양쪽 측면이 좌굴이 일어나려고 하여 전복될 가능성을 보이고 있다. 또한 롤케이지와 메인 후프사이의 연결부분의 과도한 변형이 발생하였다. 이로 인한 해

석 결과는 주행 중 전복을 가정한 것으로서 이 부분에 대한 보강 작업을 통하여 전복 사고시에 대한 안전성을 확보 할 필요가 있다고 사료된다.

3. 결 론

본 연구를 통하여 폭과 길이가 각각 0.88m 및 2.20m이고 높이가 1.20m인 경주용 차체를 이루는 Main Frame의 전면 및 측면, 전복 충돌 하중으로 인한 변형량 및 응력 상태에 대한 데이터를 바탕으로 하여 그 구조적 안전성을 분석하였는데, 이러한 결과들을 이용하여 얻은 주요한 결론은 다음과 같다.

1. 읍셋충돌의 경우, 롤케이지의 정면부와 중간부의 다리 부분에서 0.45mm 정도의 최대의 변형량과 50 Mpa의 최대의 von-Mises 응력이 생기므로서 정면 충돌이나 전복 충돌의 경우보다 2내지 3배이상이나 크게 생겼다.
2. 정면 충돌의 경우가 0.127mm정도의 최대의 변형량과 16.6 Mpa의 최대의 von-Mises 응력이 생기므로서 읍셋 충돌이나 전복 충돌의 경우보다는 가장 안전하다고 사료된다.
3. 전복 충돌의 경우, 측면에 걸쳐서 전반적으로 응력이 많아져서 0.20mm 정도의 최대의 변형량과 20 Mpa의 최대의 von-Mises 응력이 생겨서 읍셋 충돌의 경우보다 2배이상 작지만, 양쪽 측면에 좌굴이 일어나 정복될 가능성이 커짐을 알 수 있다.

참고문헌

1. Park, I. S., Kim, G. H., Hong, S. J., "Research on Vehicle Crash Compatibility Through Car to Car Frontal Crash Test," Trans. of KSAE, Vol. 15, No.5, pp.72~77, 2007.
2. Jang, I. S. and Chae, D. B., "The Derivation of Simplified Vehicle Body Stiffness Equation Using Collision Analysis," Trans. of KSAE, Vol. 8, No. 4, pp.177~185, 2000.
3. Kim, M. H., Cho, S. S. and Ha, S. K., "Design and

- Structural Analysis of Aluminum Bumper for Automobiles,” Trans. of KSAE, Vol. 7, No. 4, pp.217~227, 1999.
4. Swanson, J., Ansys Workbench Training Manual, ANSYS Version 10.0, 2005.
 5. Swanson, J., LS-DYNA Theoretical Manual, ANSYS Version 10.0, 2005.
 6. Bergmark, A. and Kao, H. R., “Dynamic Crack Initiation in 3PB Ductile Steel Specimens,” Technical Report, LUTFD2 TFHF-3041, Lund Institute of Technology, Sweden, pp.1~23, 1991.
 7. Cho, J. U. and Han, M. S., “Study on the Dynamic fracture of Rod Impacting on Plate at High Speed,” Trans. of KSMTE, Vol. 16, No. 4, pp.108~112, 2007.
 8. Cho, J. U. and Yang, S. Y., “2004 Mini Baja Korea at Yeongnam University Design Report”, 2004.