

충돌 접촉에 있어서의 차체와 승객의 손상

한문식*, 조재웅⁺

(논문접수일 2010. 11. 03, 심사완료일 2011. 01. 27)

Damage of Car Body and Passenger at Impact Contact

Moon-Sik Han*, Jae-Ung Cho⁺

Abstract

This study investigates the durability of car body and the safety of passenger inside car body in the case of the impact contact at passenger and car body. In case of front impact contact, maximum von Mises equivalent stress and principal stress become 3240.7MPa and 1634MPa respectively at the rear part of car body and the neck of dummy. And maximum total deformation occurred with 14.145mm at the hand of dummy. In case of side impact contact, maximum von Mises equivalent stress and principal stress become 7687.9MPa and 1690.7MPa respectively at the front part of car body and the lap of dummy. And maximum total deformation occurred with 16.414 mm at the foot of dummy. In case of rear impact contact, maximum von Mises equivalent stress and principal stress become 2366.6MPa and 1447MPa respectively at the front part of car body and the neck of dummy. And maximum total deformation occurred with 7.548mm at the rear part of car body. As the maximum von-Mises stress at side impact is shown with more than 700MPa as over two times at front or rear impact the danger of car body is increased. The great possibility of damage is shown at neck and hand of dummy with more than total displacement of 10mm.

Key Words : Durability of car body(차체의 내구성), Safety of passenger(승객의 안전성), von-Mises stress(폰 미세스 응력), 전변형량 (Total displacement), Side impact(측면 충돌), Front impact(정면 충돌), Rear impact(후면 충돌), 더미(Dummy)

1. 서론

국내외의 차체 충돌 안전에 대한 관심의 증가와 더불어 충돌 사고 시 승객보호를 위한 안전기준의 제정 등 차량의 충돌 시 승객보호를 위한 많은 연구가 이루어지고 있다. 미연방, 유럽 및 호주 도로 교통 안전국 및 국내의 자동차 안전 기준 등의 법규가 제정되어 있다. 이러한 법규들을 만족시키기 위해서는 각종시험을 실시하여 만족여부를 확인 해야 되지만, 시험에 소

요되는 고가의 비용과 시간, 그리고 충돌성능에 대한 다양한 설계 변수의 영향을 파악하는데 상당한 어려움이 뒤따른다⁽¹⁻³⁾. 이러한 어려움을 최소화하기 위해서는 실차 충돌시험을 수행하기 전 초기설계단계에서 유한요소법을 이용한 컴퓨터해석을 수행함으로써, 그 결과를 예측하여 설계를 변경하고, 많은 비용과 시간을 필요로 하는 실차 충돌 시험 횟수를 줄이는 연구가 선행되어야 한다⁽⁴⁻⁵⁾. 일반적으로 사고는 차량의 앞부분, 측면 및 후면이 상대차량이나 고정벽에 접촉하는 충돌인 정면충

* 계명대학교 기계자동차공학과
+ 공주대학교 기계자동차공학부 (jucho@kong.ac.kr)
주소: 331-717 충남 천안시 서북구 부대동 275번지

들, 측면충돌 및 후면 충돌의 경우를 들 수 있다.

따라서 본 연구에서는 차가 충돌되었을 때, 차체의 내구성 및 차체 내부에 있는 승차자의 안전성을 고찰하였다. 그리고 CATIA V5 R14를 사용하여 한국인 체형 평균의 더미를 설계하고 ANSYS를 사용하여 더미가 받는 충격량과 차체 내부가 받는 변화량을 알아보기로 한다. 해석의 간편 상 승객은 더미로 시뮬레이션 하였다. 해석 조건으로는 정면충돌, 측면 충돌⁽⁶⁾ 및 후면 충돌의 접촉 하중으로 하였다. 또한 본 해석에서는 차량 내부 및 더미가 받는 접촉 하중 시간은 5초 이내로 가정하여 응력 해석을 하였다. 또한 하중의 크기도 통상적인 차량에 가해지는 하중으로서 정하였다.

2. 본 연구에서의 모델 및 해석절차

본 연구에서의 해석모델로서 차체와 더미의 모델 들 및 유한요소분할 모양은 Fig. 1 및 Fig. 2와 같다. Solid 187의 요소로, 절점들과 요소들의 개수는 각각 40086 및 18986 이다. Fig. 3, 4, 5는 각각 정면충돌, 측면충돌 및 후면충돌의 접촉 하중조건 및 구속 조건을 주었으며, 차량 내부 및 더미가 받는 접촉 하중 시간은 5초 이내로 가정하였다. 또한 차체나 더미의 재료로는 구조용 강으로서 그 특성은 Table 1에 나타나 있다⁽⁷⁾. 해석상에 있어 승객을 더미로서 시뮬레이션 하였다.

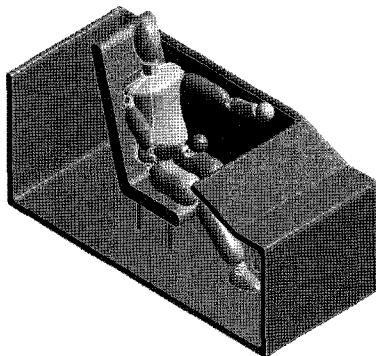


Fig. 1 Models of Car Body and Dummy

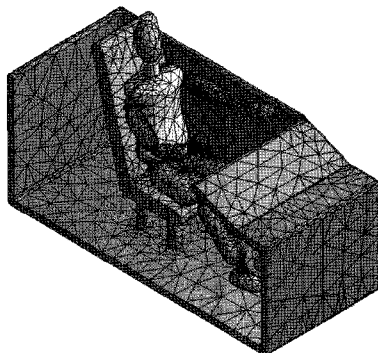


Fig. 2 Meshes of Car Body and Dummy

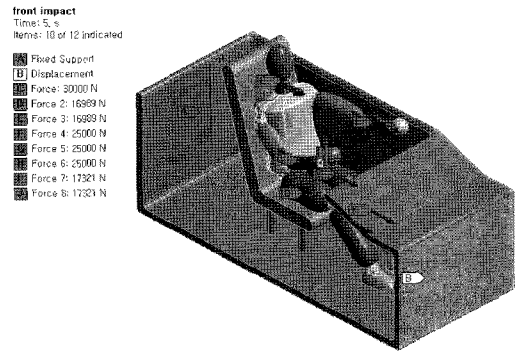


Fig. 3 Conditions of Loads and Constraints of Car Body and Dummy at Front Impact

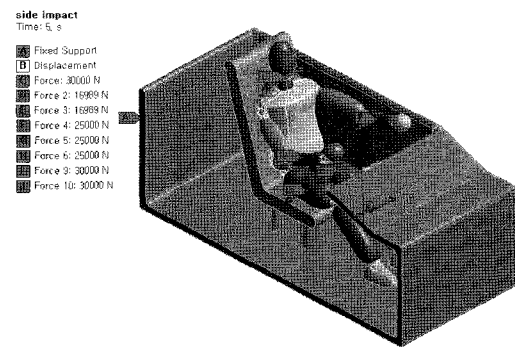


Fig. 4 Conditions of Loads and Constraints of Car Body and Dummy at Side Impact

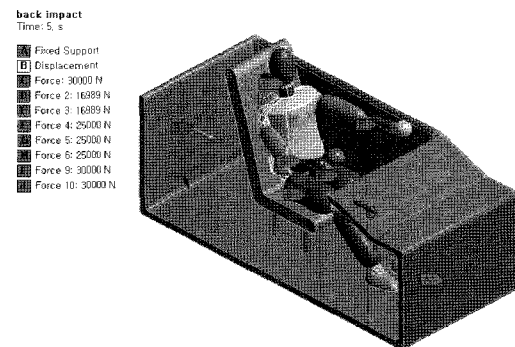


Fig. 5 Conditions of Loads and Constraints of Car Body and Dummy at Rear Impact

Table 1 Material property of Car Body or Dummy

Young's Modulus	193000MPa
Poisson's Ratio	0.31
Tensile Yield Strength	207MPa
Compressive Yield Strength	207MPa
Tensile Ultimate Strength	586MPa
Compressive Ultimate Strength	0Pa
Density	7750Kg/m ³

3. 해석 결과

정면충돌의 경우에 접촉 하중에 대한 Von-mises 응력, 최대 주응력 및 전변형량에 대한 등고선들을 Fig. 6과 같이 보여 주고 있는데, Von Mises 등가 응력은 차량의 뒷부분에서 3240.7 MPa으로 크게 나타났으며, 최대 주응력은 Dummy의 목부분에서 1634MPa로서 크게 나타났다. 또한 전변형량은 Dummy의 손부분에 14.145mm로 크게 나타났다.

측면충돌의 경우에 접촉 하중에 대한 Von-mises 응력, 최대 주응력 및 전변형량에 대한 등고선들을 Fig. 7과 같이 보여 주고 있는데, Von Mises 등가 응력은 차량의 앞부분에서 7687.9 MPa으로 크게 나타났으며, 최대 주응력은 Dummy의 무릎 부분에서 1690.7MPa로서 크게 나타났다. 또한 전변형량은 Dummy의 발부분에 16.414mm로 크게 나타났다.

후면충돌의 경우에 접촉 하중에 대한 Von-mises 응력, 최대 주응력 및 전변형량에 대한 등고선들을 Fig. 8과 같이 보여 주고 있는데, von Mises 등가 응력은 차량의 앞부분에서 2366.6 MPa으로 크게 나타났으며, 최대 주응력은 Dummy의 목부분에서 1447MPa로서 크게 나타났다. 또한 전변형량은 차량의 뒷부분에 7.5482mm로 크게 나타났다. 따라서 측면충돌의 경우가 정면이나 후면충돌의 경우보다 2배 이상의 응력으로 700MPa 이상이나 나타나 차체의 위험성이 더 증가됨을 알 수 있었고, 정면충돌과 후면충돌의 순으로 나타났다, 또한 더미의 목 부분이나 발부분에서 10mm이상으로서 손상의 가능성이 큼을 알 수 있었다.

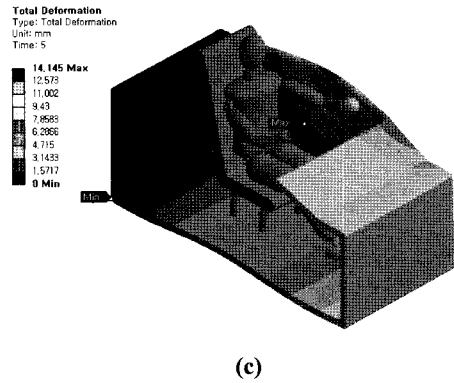
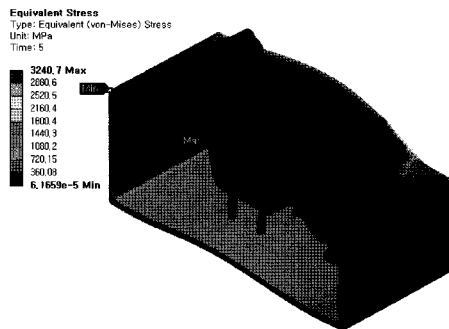
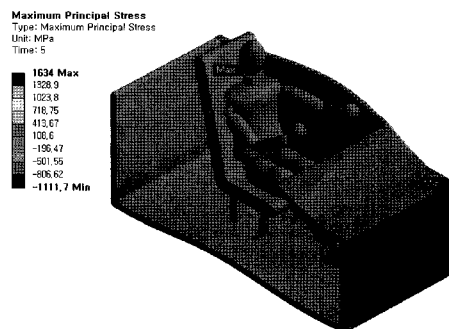


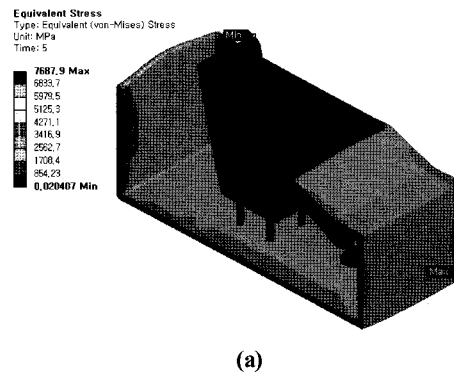
Fig. 6 Contours of (a) Von-Mises Equivalent Stress, (b) Maximum Principal Stress and (c) Total Deformation of Car Body and Dummy at Front Impact



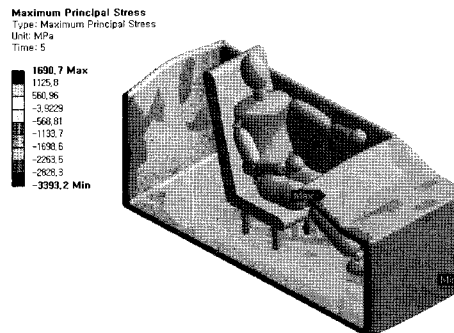
(a)



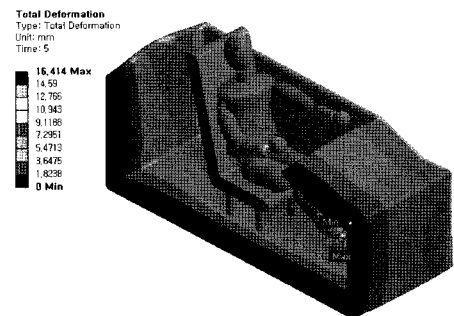
(b)



(a)



(b)



(c)

Fig. 7 Contours of (a) Von-Mises Equivalent Stress, (b) Maximum Principal Stress and (c) Total Deformation of Car Body and Dummy at Side Impact

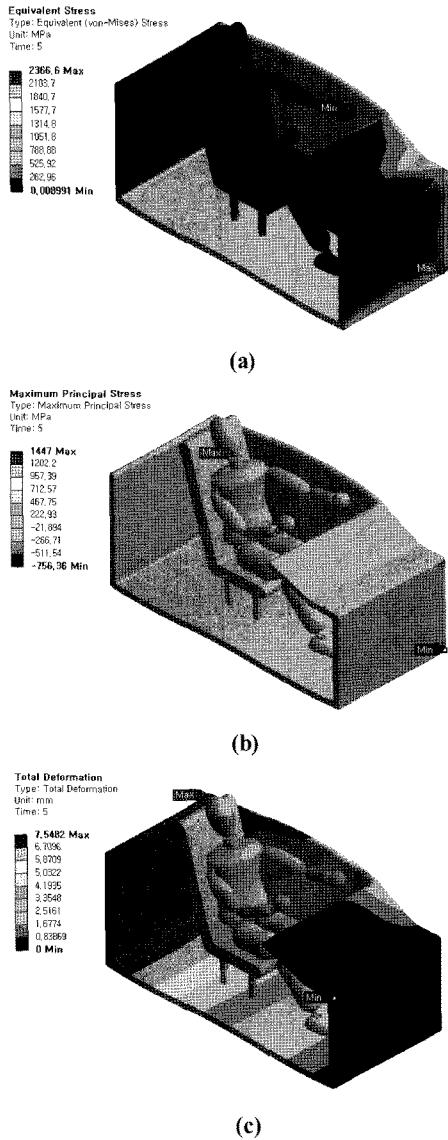


Fig. 8 Contours of (a) Von-Mises Equivalent Stress, (b) Maximum Principal Stress and (c) Total Deformation of Car Body and Dummy at Rear Impact

4. 결론

본 연구를 통하여 차체 충돌 접촉에 의한 차체 및 승객으로 시뮬레이션한 더미에서의 등가응력 및 그 손상의 가능성을 Simulation 해석 할 수 있었으며, 주요한 결론은 다음과 같다.

(1) 정면충돌 접촉의 경우에 있어서는 최대의 Von Mises 등가 응력과 주응력은 차체뒷부분과 Dummy의 목부분에서 3240.7MPa과 1634MPa로 나타났으며, 또한 전변형량은 Dummy의 손부분에 14.145mm로 크게 나타났다.

- (2) 측면충돌 접촉의 경우에 있어서는 최대의 Von Mises 등가 응력과 주응력은 차체앞부분과 Dummy의 무릎부분에서 7687.9MPa과 1690.7MPa로 나타났으며, 또한 전변형량은 Dummy의 발부분에 16.414mm로 크게 나타났다.
- (3) 후면충돌의 접촉의 경우에 있어서는 최대의 Von Mises 등가 응력과 주응력은 차체앞부분과 Dummy의 목부분에서 2366.6MPa과 1447MPa로 나타났으며, 또한 전변형량은 차량의 뒷부분에 7.548mm로 크게 나타났다.
- (4) 측면충돌의 경우가 정면이나 후면충돌의 경우보다 2배 이상의 등가 응력으로서 700MPa 이상이나 나타나 차체의 위험성이 더 증가됨을 알 수 있었고, 정면충돌과 후면충돌의 순으로 나타났다. 또한 더미의 목 부분이나 발부분에서 전변형량이 10mm이상으로서 손상의 가능성이 큼을 알 수 있었다.
- (5) 차체가 충돌되어 접촉되었을 때, 차체 내구성 및 그 내부에 있는 승차자의 안전성을 고찰하였다.

참고 문헌

- (1) Kim, J. H., and Yang, I. Y., 1998, "Development of CFRP Structure Members with Optimum Absorption Energy Characteristics by Crushing Load," *Transactions of the KSAE*, Vol. 22, No. 7, pp. 1316~1325.
- (2) Joo, J. W., Kum, K. J., Jang D. Y., and Kim B. J., 2008, "Study on Analysis of Occupant Safety Index & Behavior Using Full-Scale Crash Test Data of Crash Cushion," *Transactions of the KSCE*, Vol. 28, No. 2 D, pp. 163~170.
- (3) Kim, B. S., 2004, "Crash worthiness and Grade," *Journal of the KSME*, Vol. 44, No. 8, pp. 15~17.
- (4) Lim, J. H., Park, I. S., and Heo, S. J., 2005, "A study on Human Injury Characteristics with Car to Car Crash Test for Car to Car Compatibility," *Proceeding of the KSAE Spring Conference 2005*, Vol. 2, pp. 1160~1164.
- (5) Storvik, S. G., and Stemper, B. D., 2011, "Axial Head Rotation Increases Facet Joint Capsular Ligament Strains in Automotive Rear Impact," *Medical & biological engineering & computing*, Vol. 49, No. 2, pp. 153~161.
- (6) Sin, S. H., 2008, "Seat Static Strength Research Considering Safety of Passenger at Side Impact Crash," *Proceeding of KSAE 2008 Annual Conference*, pp. 404~404.
- (7) Swanson, J., 2008, *Ansys 11.0*, ANSYS Inc.